

継続的な価値創造を可能とする技術の探索・深化・普及メカニズムの研究

同志社大学大学院総合政策科学研究科  
技術・革新的経営専攻 一貫制博士課程

2013年度 1006番

## 目 次

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第1章 序章                       | 1   |
| 第1節 はじめに                     | 1   |
| 第2節 研究の背景                    | 2   |
| 第3節 「技術者の思考傾向」の重要性           | 5   |
| 第4節 「技術のS字カーブ」解明の重要性         | 8   |
| 第5節 本論文における研究の手法             | 9   |
| 第2章 電子ディスプレイの技術と歴史           | 11  |
| 第1節 電子ディスプレイの分類              | 11  |
| 第2節 CRT技術の概要と歴史              | 18  |
| 第3節 PDP技術の概要と歴史              | 21  |
| 第4節 LCD技術の概要と歴史              | 25  |
| 第3章 電子ディスプレイ産業の概要調査          | 39  |
| 第1節 電子ディスプレイ産業の生産量推移         | 39  |
| 第2節 電子ディスプレイ産業の歴史            | 43  |
| 第3節 電子ディスプレイにおけるイノベーションのタイプ  | 46  |
| 第4節 電子ディスプレイメーカーにおける戦略の差異    | 53  |
| 第5節 業界団体と標準化における企業戦略の差異      | 58  |
| 第6節 電子ディスプレイ産業に関する先行研究       | 62  |
| 第4章 技術者の判断による産業ライフサイクル予測     | 65  |
| 第1節 電子ディスプレイにおける産業予測の歴史とその分析 | 65  |
| 第2節 技術領域の限界予測における集団思想的判断の影響  | 69  |
| 第3節 他産業における技術者による集団思想的判断の実例  | 80  |
| 第4節 技術者の集団思想的判断についての先行研究     | 85  |
| 第5節 専門職共同体の集団思考についての考察       | 88  |
| 第6節 第4章のまとめ                  | 106 |



## 1. 序章

### 1. 1. はじめに

日本の家電量販店では入口付近に数多くの大画面デジタルテレビ受像機<sup>1</sup>が展示され、鮮やかな色彩の映像を映し出している。現在、その主役は液晶ディスプレイ（Liquid Crystal Display : LCD）である。しかしながら、2000年後半頃までの家電量販店には、LCDと対峙するようにプラズマディスプレイ（Plasma Display Panel : PDP）が展示販売され、デジタルテレビ受像機の覇権を競い合っていた。現在では、PDPを生産しているメーカーは世の中に存在しておらず、市場からは完全に姿を消している。短命に終わるPDPに多くの日本電機メーカーが巨額の投資を行うという、まるでレミングの集団自殺行為のような行動に至ったのか、また、そこには「ハーメルンの笛吹き男」のような集団の指導的なものが存在していたのか、これまで当事者である電機メーカーは何も語っていない。本研究では、デジタルテレビ受像機に使われている電子ディスプレイの研究開発に携わってきた技術者の思考傾向を分析することで、この不可解な現象について考察する。

また、現在ではデジタルテレビ受像機以外にも数多くの電子ディスプレイが世の中に溢れている。1953年の日本放送協会（NIPPON HOSO KYOKAI : NHK）による白黒テレビ本放送開始以降、1955年に始まった神武景気と共にブラウン管（Cathode Ray Tube : CRT）テレビ受像機は「三種の神器」の一つとして普及し、1958年には年産100万台を超えるまでに急成長した（吉野 2004）。そして、CRTテレビ受像機は「家電の王様」として「一家に一台」の時代を経て、「一部屋に一台」と言われるまでに普及した。現在では、スマートフォンに代表されるほとんどの携帯情報端末には電子ディスプレイが搭載され、今では当たり前のように「一人が一台以上」の電子ディスプレイが搭載された機器を保有している。その電子ディスプレイの主役がLCDであることはデジタルテレビ受像機と同じである。LCD産業はデジタル時計や電子式卓上計算機などの数字表示用ディスプレイから始まったが、その当時に、将来においてデジタルテレビ受像機やスマートフォン、ノートコンピュータ（Notebook Computer）など多岐にわたってLCDが組込まれ、世の中に広く普及してい

---

<sup>1</sup> 「テレビ」とは「テレビジョン」の略語である。「テレビジョン」は日本の電波法施行規則2条1項22号において「電波を利用して、静止し、又は移動する事物の瞬間的影像を送り、又は受けるための通信設備」と定義されており、正確には「テレビ放送システム全体」を指している。しかしながら、一般的には市販されている「テレビ受像機」を指す場合が多い。本論文では混同を避けるため、電波法で定義するテレビジョンを「テレビ」と表記し、その一部である受像機を「テレビ受像機」と表記する。

現在の姿を容易に予測することははたして可能であったであろうか。

現在において LCD 産業の歴史を「普及曲線」や「技術の S 字カーブ」を用いて、その全体像を俯瞰することは可能である。しかしながら、LCD 産業が立ち上がる初期段階において産業の行末を予測することは簡単なことではない。仮に LCD 産業黎明期において現在に見られるような LCD の普及が容易に予測可能であったのであれば、LCD と同じ電子ディスプレイでありながら 2013 年には国内生産が終息することになる PDP に多くの日本電機メーカーが巨額の投資をすることなく、代わりにそのリソースを LCD へ集中することが出来たのではないだろうか。本研究では、従来の「普及曲線」や「技術の S 字カーブ」だけに頼った将来予測では不十分であると考え、特許文献情報を用いた技術の多様性分析により未だ概念に留まっている「技術の S 字カーブ」の本質を解明し、産業の将来予測における判断材料の一つとなる新たな客観的手法を提案することを目標としている。

## 1. 2. 研究の背景

2009 年に産業活力再生法に基づき 15 年間の時限組織として官民共同出資により設立された投資ファンドである株式会社産業革新機構は、オープンイノベーションにより次世代の国富を担う産業を創出すべく、産業界との幅広い連携を通じた投資活動等を行うことを基本理念としている (URL 1)。2009 年施行の産業活力再生法は「産業活力の再生及び産業活動の革新に関する特別措置法」の略称であり、2014 年には産業競争力強化法の施行に伴い廃止されたが、その規定の多くは産業競争力強化法に受け継がれている。現在は産業競争力強化法を根拠法とする産業革新機構の投資対象は「大学や研究機関に分散する特許や先端技術による新事業」、「ベンチャー企業の有望な技術」、「国際競争力の強化につながる大企業の事業再編」などとなっている。よって、成長分野への投資を目的とした産業革新機構は、株式会社産業再生機構法に基づき 2003 年に設立されて 2007 年に清算終了した事業再生の支援を目的とした株式会社産業再生機構とは、その存在目的が大きく異なる組織である。

産業革新機構本社の入口には、その投資活動において代表的な出資案件に関する二つの盾が額に入った状態で飾られている。図 1-1 に産業革新機構本社の入口に飾ってある二つの盾を示す。入口から向かって左側は、システム半導体の研究開発、設計、製造、販売を事業としているルネサスエレクトロニクスへの出資に関する盾である。ルネサスエレクトロニクスは、NEC エレクトロニクスとルネサステクノロジーの経営統合により 2010 年 4 月に設立された。ルネサステクノロジーは日立製作所と三菱電機の半導体部門の事業統合会社とし

て2003年4月に設立された会社であり、ルネサスエレクトロニクスは日本を代表とする半導体製造会社3社を統合した会社となっている。2013年には産業革新機構、トヨタ自動車、日産自動車など9社を割当先とする1,500億円の第三者割当増資を実施し、産業革新機構が筆頭株主となった（URL2）。盾にはコンソーシアムを設立して共同出資を行った8社の社名ロゴと出資金額の記載と共に、産業革新機構がルネサスエレクトロニクスに出資したことが記載されている。



図 1-1 産業革新機構の入口に飾ってある二つの盾

入口から向かって右側は、モバイルディスプレイの研究開発、設計、製造、販売を事業としているジャパンディスプレイへの出資に関する盾である。ジャパンディスプレイは、産業革新機構が主導してソニー、東芝、日立製作所の中小型液晶ディスプレイ事業を統合する目的で2011年9月に統合準備会社を設立した（URL3）。2012年3月にはジャパンディスプレイへと商標変更を行い、事業活動を開始すると共に産業革新機構が第三者割当増資として2,000億円を出資、2013年4月に合併統合を完了した。ジャパンディスプレイの2014年2月「新株式発行並びに株式売出届出目論見書」には、ジャパンディスプレイの成り立ちを「3社統合による技術の集結」としており、「当社グループ事業統合前の3社各社は、中小型ディスプレイの開発・生産技術において、それぞれが異なる強みを有し、イノベーションをリードしてきました。当社グループは、各社よりこれらの技術的強みとそれを担う開発要員を引き継ぎ、融合させたことにより、高精細、広視野角、低消費電力、薄型軽量、狭額縁等の顧客の幅広い要求に応えることの出来る技術力を有しています。」として国際競争力の向上を統合後の特徴として記載している（URL4）。図1-2にジャパンディスプレイ設立までの沿革図を示す。ジャパンディスプレイは単なるソニー、東芝、日立製作所3社の液晶ディスプレイ事業統合会社ではなく、更に歴史を遡ると、キヤノン、松下電器産業、セイコーエプソン、三洋電機を加えた、電機メーカー計7社の中小型液晶ディスプレイ事業の統合会社であることが確認出来る。盾には共同出資を行った3社の社名ロゴと共に、産業革新機構がジャパンディスプレイに出資したことが記載されている。

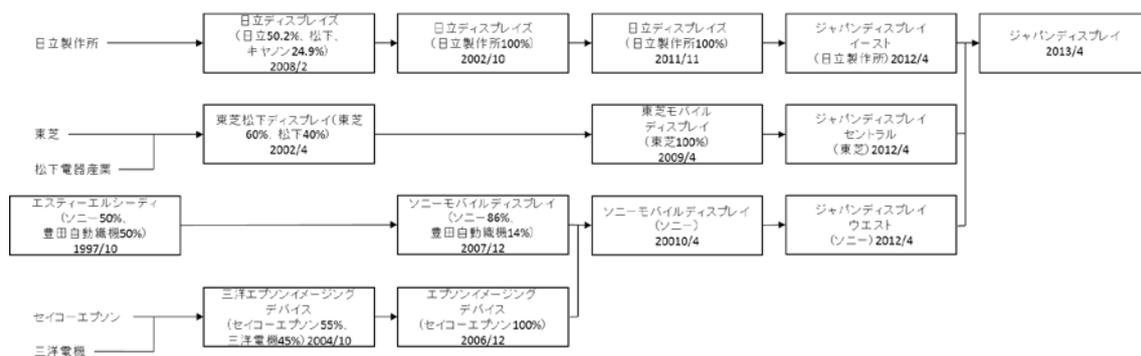


図 1-2 ジャパンディスプレイ設立までの沿革図

これらの産業革新機構による出資は、産業革新機構が投資対象としている「国際競争力の強化につながる大企業の事業再編」に類するものであり、産業革新機構にとっては誇るべき巨額投資案件である。しかしながら、どちらの案件も電機メーカーの視点から考えると、電機メーカー単独での事業継続が困難となった結果、公的支援を受けることになった事業再生の支援としての意味合いが強く感じられる。それは、産業革新機構出資後における株主構成の変化に現れている。ルネサスエレクトロニクスは、産業革新機構が出資を完了した 2013 年 9 月 30 日において、日立製作所、三菱電機、日本電機の 3 社が「主要株主及びその他の関係会社に該当しなくなったもの」としてプレスリリースを行っている。2016 年 3 月 31 日における株主構成は、産業革新機構 69.15%に対して日立製作所 7.66%、三菱電機 6.26%、日本電機 0.75%であり、3 社は産業革新機構による事業再生の支援後にシステム半導体事業の経営から手を引いたことが読み取れる。同様に、ジャパンディスプレイの 2016 年 3 月 31 日における株主構成は、産業革新機構 35.58%に対してソニー1.78%、東芝 1.78%であり、日立製作所は 2015 年 5 月までに保有していたジャパンディスプレイ株の売却を全て完了している。3 社は産業革新機構による事業再生の支援後に、中小型液晶ディスプレイ事業の経営から手を引いたのは明らかである。産業革新機構の出資を得ることにより、その目的である「国際競争力の向上」が実現出来ているのであれば、電機メーカーはそれぞれの事業において撤退をする必要はないはずであり、違和感を感じざるを得ない。

筆者は日本の総合家電メーカーに入社して以来、LCD における表示技術の研究開発に従事してきた。1991 年の入社当時、液晶ディスプレイメーカー各社はアクティブ駆動型 LCD の量産を軌道に乗せてノートコンピュータ用ディスプレイの供給を開始した。以降、携帯電話や携帯ゲーム機、デジタルスチルカメラなどのモバイル機器や、デジタルハイビジョン放

送の開始後はデジタルテレビ受像機などに用途を急速に拡大し、現在においても生産数量・金額共に成長を続けている。このように産業のライフサイクルとしては成長期に位置すると考えられる電子ディスプレイ業界ではあるが、近年、日本の電子ディスプレイ業界では上記の産業革新機構による出資案件を含めて以下のような大きな構造変化が見られた。

- ・ PDP 国内生産の完全終息（2013 年）。
- ・ 産業革新機構主導による LCD メーカーの再編・統合（2012 年）。
- ・ 産業革新機構主導による有機 EL ディスプレイ（Organic Light Emitting Diode : OLED）メーカーの設立（2015 年）。
- ・ LCD を主要事業とするシャープに対する外国企業の出資（2016 年）。

OLED メーカーである JOLED の設立は、産業革新機構の主導によりジャパンディスプレイ、ソニー、パナソニックの 3 社が保有する OLED の開発部門を統合して 2015 年 1 月に発足したものであり、現在は事業化前の段階ではあるものの、ジャパンディスプレイの設立経緯と非常に酷似していて、それは「革新」というより「救済」の色合いが濃く読み取れる。

電子ディスプレイ業界と同様に成長を続けているシリコン系半導体業界においても、日本のシリコン系半導体業界では、ルネサスエレクトロニクスへの産業革新機構による出資案件を含めて、以下のような構造変化と公的資金の投入が行われた。

- ・ システム LSI 統合会社が産業革新機構を割当先として増資（2013 年）。
- ・ DRAM 統合会社への産業活力再生法適用による公的資金投入（2009 年）  
と会社更生法適用（2012 年）。

電子デバイス業界としては未だ市場成長が続く中、2010 年頃から始まった日本の電子ディスプレイ業界とシリコン系半導体業界の凋落について、その原因究明を目的とした多くの研究が行われている。しかしながら、明確な原因については未だ明らかにはなっていない。

### 1. 3. 「技術者の思考傾向」の重要性

あらゆる産業<sup>2)</sup>には規模と寿命において、それぞれの産業に固有のライフサイクルが存在

---

<sup>2)</sup> 本論文において使用する「産業」の定義を行う。日本の公的統計に用いられる、総務省告示の日本標準産業分類では、大分類として A から T の 20 種類の分類から始まり、中分類（2 桁の分類番号）、小分類（3 桁）、細分類（4 桁）の順に細分化されている。例えば、電子ディスプレイ分野では、大分類「E 製造業」、中分類「28 電子部品・デバイス・電子回路製造業」、小分類「281 電子デバイス製造業」、細分類にブラウン管（CRT）が属する「2811 電子管製造業」、LCD、PDP が属する「2815 液晶パネル・フラットパネル製造業」に産業分類が行われている。

する。よって、産業のライフサイクルは企業の戦略に大きな影響を与える。いかに企業が一般的に正しいと言われる戦略を策定し、実行したとしても、産業ライフサイクルとして規模が小さく、また寿命が短い産業に対しては得られるものは少ないものとなる。よって、企業の戦略はその企業が関わる産業ライフサイクルに大きく依存しており、戦略策定には産業ライフサイクルの正確な予測と見極めが非常に重要であると考えられる。

逆に、企業の戦略に基づく活動は産業ライフサイクルには大きな影響を及ぼさない。産業ライフサイクルはその産業を構成する技術、ビジネスモデルを基盤としており、その産業で活動する企業の戦略からの影響を受けることなく、独立している。電子ディスプレイ業界では、かつてテレビ受像機用電子ディスプレイとして、CRT が規模、寿命において唯一無二の絶対的な存在として産業を形成していたが、現在では姿を消して LCD にその座を譲っている。つまり、現在において CRT の産業ライフサイクルは終焉し、代わりに LCD の産業ライフサイクルが立ち上がって、より巨大な産業を形成している。ここで、テレビ受像機用電子ディスプレイとして日本国内で唯一、戦略的に LCD へ傾倒し、業界の中でいち早く事業化を実現したシャープというプレイヤーが仮に LCD 産業の中に存在していなかったとしても、代わりに他のプレイヤーがテレビ受像機用電子ディスプレイとして LCD を事業化していたことは容易に想像することが出来る。テレビ受像機用電子ディスプレイ業界における CRT から LCD への主役交代は、その産業におけるプレイヤーが誰であるか、またそのプレイヤーが選択した戦略が何かによって、若干の時期的な変化はあるにせよ、変わらずに必ず行われていたと考えられる。

テレビ受像機用電子ディスプレイの CRT から LCD への移行と同時期に、産業ライフサイクルとしては小規模でかつ短命に終わった PDP が存在していたが、その当時に PDP 産業に関わる企業が実行した戦略や活動をどのように変えても、また PDP 産業に関わるプレイヤーの変更や増減があったとしても、現在において PDP が LCD に取って代わり、テレビ受像機用電子ディスプレイの絶対的な存在として産業を形成するようなことを想像する

---

また、日本標準産業分類に基づき経済産業省が告示している工業統計調査用産業分類・商品分類では 6 桁の品目番号で更に細分類が行われている。例えば、電子ディスプレイ分野では製造品名として「281112 ブラウン管」、「281511 液晶パネル」、「281512 プラズマディスプレイパネル」として分類されている。このように、一般的な「産業」の定義は非常に幅広いものであるが、本研究においては、工業統計調査用産業分類・商品分類で 6 桁の品目番号で分類されるレベルを一つの「産業」の単位として扱う。例えば、電子ディスプレイ分野には CRT 産業、LCD 産業、PDP 産業が存在し、それぞれを独立した「産業」として扱う。

のは困難である。なぜならば、テレビ受像機用電子ディスプレイの主役が CRT から LCD へと完全に移行し、PDP が小規模かつ短命に終わったのは、電子ディスプレイ業界に大なり小なり関係する企業にとって抗うことが出来ない現象であり、そこには企業の戦略や行動が及ぼす影響は僅かなものと考えられる。この様な同一市場における産業ライフサイクルに関する事例としては、撮像素子業界における CCD (Charge-Coupled Device・電荷結合素子) イメージセンサー産業から CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor・相補性金属酸化膜半導体) イメージセンサー産業への主役の交代など、多くの業界における産業分野で確認されている。過去を振り返って「あの企業があの産業を作った」と言われることがよくあるが、実際は「あの企業がいなくても、あの産業は別の企業が代わりに作っていた」というのが真実であり、産業ライフサイクルは企業戦略からは独立したものである。よって、図 1-3 に示すように、企業の戦略と行動は産業ライフサイクルに従属するが、産業ライフサイクルは企業の戦略・行動から独立している。

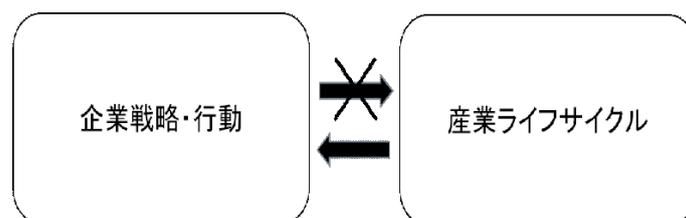


図 1-3 企業戦略・行動と産業ライフサイクルの関係

企業の戦略策定には、企業が関わることになる産業の技術領域の本質を理解して、未だ全貌を現していない産業ライフサイクルの姿を正確に予測することが重要となる。また、産業ライフサイクルの予測を行う上で、その産業がどのような技術領域を基盤として構成されているかは必要不可欠な情報である。経営者が行う技術選択において、産業を構成している技術領域に対する、社内外の技術的専門家である技術者による見解は重要な判断材料の一つとして扱われる。技術領域は時間と共に変化するため、経営判断には技術領域の将来予測が必要となる。技術者は、専門職として保有する高い専門性と深い経験を活用することで、その技術領域と保有する専門性が一致する限り、技術領域の本質である幅（多様性）と奥行き（限界）を正確に把握することが可能と考えられる。つまり、技術者による産業ライフサイクル予測は高精度なものであり、それに基づく技術的判断は正しいと考えられてきた。

技術者の正しい技術的判断により経営者が技術選択し、経営判断を行うのであれば、技術選択の間違いに起因する戦略策定の失敗は発生しない。しかしながら、多くの産業分野にお

いて、産業ライフサイクルの予測を見誤り、企業が投資を十分に回収することなく産業が終息することになる、間違った技術選択が散見される。技術者による技術領域の限界予測において正しい判断がされていないのであれば、技術者が陥る間違った判断の要因について分析を行うことは非常に有益である。

#### 1. 4. 「技術の S 字カーブ」 解明の重要性

企業の戦略策定には、企業が関わることになる産業の技術領域の本質を理解して、未だ全貌を現していない産業ライフサイクルの姿を正確に予測することが重要となることを指摘した。しかしながら、産業ライフサイクルの予測については、過去から現在に至る生産や販売の実績に基づく成長率予測や、マーケティングを用いた市場動向調査などの手法に留まっており、正しい戦略策定を行うために必要となる予測精度には至っていない。そこで、本研究では、技術領域の本質を理解することにより企業が正しい戦略を策定し、継続的な価値創造を可能とする、高精度な産業ライフサイクル予測を視点とした、技術の探索・深化・普及メカニズムの研究を目的とする。

産業ライフサイクルの予測を行う上で、その産業がどのような技術領域を基盤として構成されているかは重要な情報となる。産業ライフサイクルにおける技術領域の経時変化には、「技術の S 字カーブ」が密接に関連している。図 1-4 に技術の S 字カーブと産業ライフサイクルの関係を示す。横軸は時間、技術の S 字カーブの縦軸は技術的成果、産業ライフサイクルの縦軸は生産規模として模式的に図示している。図示するとおり、技術の S 字カーブが立ち上がってから、その後に産業ライフサイクルが立ち上がるので、産業ライフサイクルの予測には、時間軸として先行する「技術の S 字カーブ」の変化を分析・評価することが有効である。

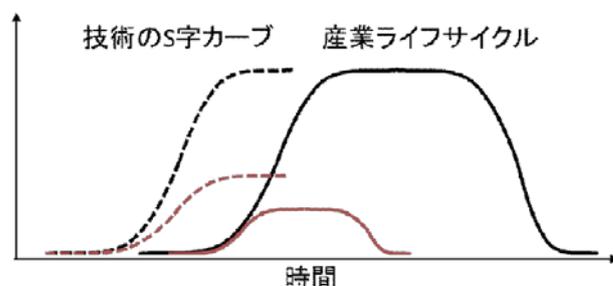


図 1-4 技術の S 字カーブと産業ライフサイクルとの関係

しかしながら、「技術の S 字カーブ」の理論は経験則に基づく概念的な考え方に留まっている。本研究では、技術領域の本質である「技術の多様性」について着目し、「技術の S 字カーブ」の各段階において技術領域がどのように変化するかの特許文献情報を用いて分析・検証することにより、未だ概念に留まっている「技術の S 字カーブ」の本質を明らかにすると共に、それに基づく新しい技術領域の評価・予測手法を提案することを目標とする。

#### 1. 5. 本論文における研究の手法

本研究では日本の電子ディスプレイ業界を対象として分析を行った。電子ディスプレイ業界では、1990 年代後半から 2010 年代前半にかけて、テレビ受像機用電子ディスプレイの絶対的王者として君臨していた CRT の置き換えを目指して、PDP と LCD の二つの技術が熾烈な競争を行い、結果として LCD に収斂した。テレビ受像機用電子ディスプレイという目的を同じくして PDP、LCD の二つの技術がほぼ同時期に産業として立ち上がったが、PDP 産業は多数の電機メーカーが巨額の投資を行いながらも小規模かつ短期間に終息したのに対して、LCD 産業は現在においても規模の拡大を継続している。そこで、電子ディスプレイ業界の技術領域における、技術者の限界予測を分析・検証することにより、技術領域の本質である幅（多様性）と奥行き（限界）について技術者がどのような思考に基づき判断をしていたのかを明らかにすることで、技術者の思考傾向を明らかにする。

また、LCD、PDP、CRT 産業の技術領域における特許文献情報の経時変化を比較分析・検証することにより、技術領域の本質である幅（多様性）と奥行き（限界）について「技術の S 字カーブ」の各段階との関連性から法則を見出し、産業ライフサイクルの将来予測における判断材料の一つとなる新たな手法を提案する。

本論文の構成は以下の通りである。本研究では電子ディスプレイ業界における技術者の思考傾向と特許文献情報による技術領域の幅と奥行きを分析の対象としているが、それぞれの分析には各種電子ディスプレイの技術内容についての理解が必要である。そこで、第 2 章では、本研究の分析対象である電子ディスプレイ業界における技術領域の構造を理解するために、各種電子ディスプレイについて技術と歴史の整理を行う。また、技術者が属する産業における企業戦略による技術者の思考傾向への影響も無視することは出来ない。よって、第 3 章では、電子ディスプレイ業界における LCD、PDP、CRT 産業の歴史とその産業に属する企業の戦略を調査することにより、産業構造について整理する。第 4 章では、電子ディスプレイ業界における、過去を振り返ると明らかに不可解である産業予測について過

去からの推移を整理した上で、仮説を設定する。また、仮説の検証と共に、その不可解な産業予測に至った原因として技術者の集団思考的判断が技術領域の評価と限界予測に及ぼす影響について、技術者へのインタビューによって明らかにする。これにより、少なくとも専門分野においては科学とデータに基づく客観的な判断を行い、正しい技術的判断を考えると考えられていた技術者の思考傾向について分析を行う。更に、技術者の集団思考的判断についての考察を行う。第5章では、「技術のS字カーブ」を含めた技術領域の分析に関する先行研究について整理する。そして、電子ディスプレイ業界を対象として特許文献情報による技術の多様性について分析を行い、より正確な産業の将来予測における判断材料の一つとなる新たな手法について提案し、考察する。第6章は終章として、本研究における成果の企業戦略論への適用について考察を行うと共に、日本電機メーカーへの提言としてまとめる。

## 2. 電子ディスプレイの技術と歴史

本研究では電子ディスプレイ業界における技術者の思考傾向と技術領域の幅と奥行きを分析の対象としているが、それぞれの分析には各種電子ディスプレイの技術内容についての理解が必要である。第2章では、電子ディスプレイの分類と、それに基づく各種電子ディスプレイごとの技術概要について整理する。特に、本研究の分析対象となるCRT、PDP、LCD産業に関する技術についてはより詳細な技術内容の整理を行う。

### 2. 1. 電子ディスプレイの分類

電子ディスプレイは生態系と同様に数多くの種類が存在する。それはまるでそれぞれが異なる生物種であるかのように数多く誕生し、その中には既に絶滅した電子ディスプレイも存在する。図2-1に社団法人電子情報技術産業協会（Japan Electronics and Information Technology Industries Association : JEITA 編、2009）が整理した、表示方式による電子ディスプレイの分類を示す。以降、図2-1に示す分類に基づき各種電子ディスプレイについて個別の説明を行う。

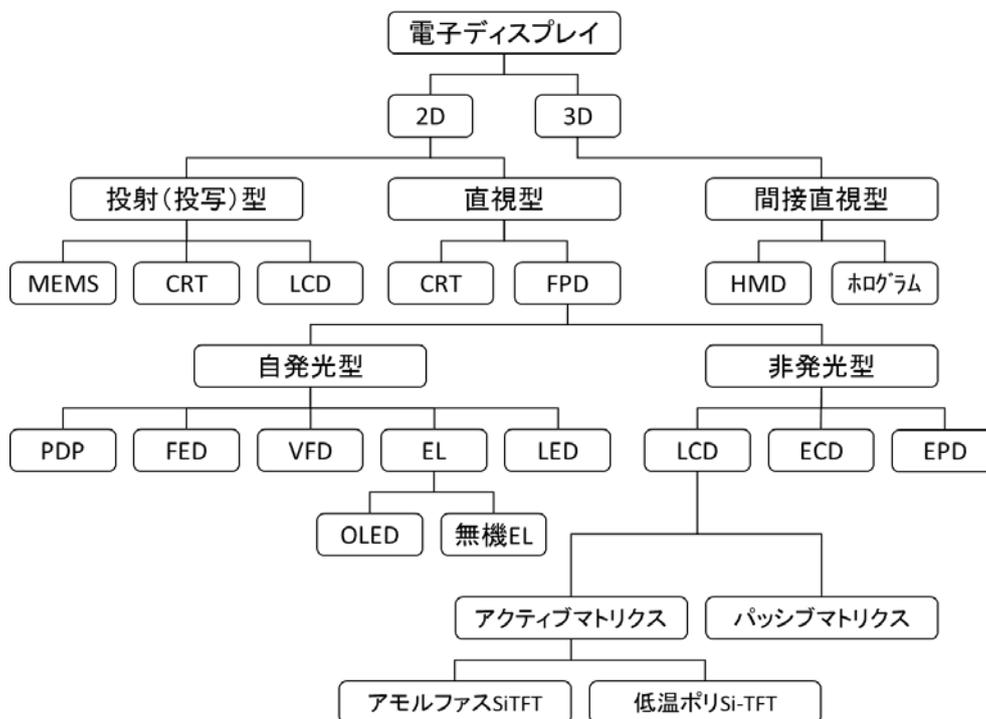


図 2-1 表示方式による電子ディスプレイの分類

## 2. 1. 1. 2次元表示と3次元表示ディスプレイ

電子ディスプレイには2次元表示(Two-Dimensional Display:2D)と3次元表示(Three-Dimensional Display:3D)が存在する。3Dについては、左右の眼から見える物体像の差異、つまり「両眼視差」により奥行き感を知覚させる電子ディスプレイが実用化されている。前川(2011)は3Dのテレビ応用について、1853年に左右で異なるフィルタを用いた眼鏡により左眼用と右眼用の映像を分割する「アナグリフ方式」の原理が考案されて以降、3D映像には三度の大きなブームが到来し、一度目は米国で家庭用テレビ受像機が普及し始めた50年代、二度目が米国でケーブルテレビの普及が始まった80年代であり、どちらも3年程度で終息している、とまとめている。三度目のブームは2005年の映画興行関係者向けコンベンション「ShoWest」でのシンポジウムが発端としているが、テレビへの応用としては3D対応ブルーレイ・ディスクの規格策定が完了した2009年12月からとなる。まるで三度目の正直を期待したかのように、多くの電機メーカーは「デジタルハイビジョン(Digital Hi-Vision:HV)」に続く新機軸として「3D」を大々的に打ち出し、2010年にこぞって3D対応テレビ受像機を発売した。しかしながらその期待を大きく裏切るように、2012年のロンドンオリンピックをピークに3D対応テレビ受像機は急速に失速することになる。2010年開始の日本スカパー3D放送(Ch.596スカチャン3D)の終了、2010年開始のアメリカスポーツ専門チャンネル「ESPN」の3D番組配信終了、2011年開始の英国放送協会(British Broadcasting Corporation:BBC)の3D番組制作からの撤退など、2013年には3D放送は早々と終息を迎え、過去に繰り返した「3D映像のブームは3年程度」の呪縛から逃れることなく短命に終わった。3D対応テレビ受像機としては、2016年Samsung Electronics社が撤退をいち早く発表し、2017年に最後まで継続生産していたLG社とソニーが生産終了を発表したことで、全世界における3D対応テレビ受像機の生産は終息した(URL5)。最近では、8Kスーパーハイビジョン(Super Hi-Vision:SHV)などの超高精細映像において強い立体感が感じられるとして表示解像度と立体感の関係に関する研究が進んでおり、表示解像度が高いほどより強い奥行き感を感じる事が明らかになっている(小峰ほか2015)。電子ディスプレイにおける超高精細化の進行に伴い、3Dディスプレイの必要性はより低下することになった。現在では一部の携帯ゲーム機器用3Dディスプレイを除いて、電子ディスプレイは2Dが主流となっている。

## 2. 1. 2. 投射型ディスプレイ

電子ディスプレイは映像の表示方法によって、「投射（投写）型」、「直視型」、「間接直視型」の3種類に分類される。「投射型」は画像を投影することで表示を行う方式で、主にプロジェクタで用いられている。初期にはレンズを使用して3原色の単色CRTに表示した画像を投影する方式が主流であったが、近年では光源からの光をライトバルブで変調して投影する方式が主流となっている。ライトバルブとしては初期にはLCDが主に用いられていたが、現在ではMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）デバイスの一種である、マイクロミラーで変調するDMD（Digital Micromirror Device）に主役は移行している。DMDは1987年にTexas Instruments社のHornbeckによって発明された、CMOSプロセスによる集積回路上にMEMSを組み合わせる技術で製造されている（Van Kessel et al. 1998）。投射型ディスプレイにおける電子管であるCRTの拡大投影から半導体プロセスで製造されるDMDを使ったライトバルブ方式への移行は、スイッチング素子における真空管から半導体への移行と同様に、「素子の固体化」というごく自然な技術の流れとして捉えることが出来る。1990年代においては次世代大型テレビ受像機用ディスプレイの有力候補の一つとして考えられていたが、PDPとLCDの急速な大型化に伴いテレビ受像機用途としては大きな市場を形成することなく現在に至っている。しかしながら最近では、DMDはHMD（Head Mounted Display）などへの応用を期待して、次世代電子ディスプレイである網膜走査方式ディスプレイの走査手段として研究が盛んに行われている（志水 2011）。また、DMDプロジェクタは光造形3Dプリンタの一般的な製造手法としても応用が進んでおり、電子ディスプレイ以外に用途を拡大している（桐原 2014）。

## 2. 1. 3. 直視型ディスプレイ（自発光型）

「直視型」は過去から現在に至るまで最も世の中に普及している表示方式である。まずは形状として電子管の一種で奥行きがあるCRTと薄型で平面画面のFPD（Flat Panel Display）に分類される。FPDは更に自発光型表示（Emissive Display）と非発光型表示（Non-Emissive Display）に分類される。自発光型は表示素子が自ら発光する表示方式の総称であり、FPDではないがCRTも自発光型に分類される。自発光型には電子管系電子ディスプレイと固体デバイス系電子ディスプレイが存在する。図2-1に記載の自発光型においては、電子管系電子ディスプレイにはCRT、PDP、FED（Field Emission Display）、VFD（Vacuum Fluorescent Display）、固体デバイス系電子ディスプレイにはEL

(Electroluminescence)、LED (Light Emitting Diode) が相当する。CRT は真空中で加速電子ビームを蛍光物質に衝突させることで発光を得る。また、PDP は蛍光灯と同様の原理で、希ガスへの高電圧の印加によりガス放電を行い、発生した紫外線を蛍光物質に照射させて光ルミネセンス (Photoluminescence : PL) により発光を得る。CRT と PDP は LCD と共に本研究における分析対象となる技術分野であり、詳細な技術概要と歴史については後述する。

FED の基本原理は CRT と同じであり、真空中で陰極から放出した加速電子を蛍光物質に衝突させることで発光を得る。CRT はフィラメントなどの熱陰極電子源方式であるのに対して、FED は電界放出電子を用いた冷陰極電子源方式が特徴である。電界放出とは、金属表面に強電界を印加することで、真空との境界におけるポテンシャル障壁が極めて薄くなり、トンネル効果により電子が真空中に放出される現象である。電界放出の電子ディスプレイへの応用は、1968 年の Charles が回転蒸着法による微小円錐形状のスピント (Spindt) エミッタを開発し、それを FPD へ応用するアイデアから始まる (Hart, Lenway and Murtha 1999)。原理的には FED は CRT と同じ表示品位が実現可能な FPD であり、多くの電機メーカーが次世代テレビ受像機用電子ディスプレイとして実用化を目指し、2007 年度には本格量産が始まると期待されていた (高井 2007)。しかしながら、競合する PDP と LCD における低コスト化の進行に対抗することは出来ず、量産に至る前に終息している (URL 6)。

VFD は日本で発明され、完成された数少ない電子ディスプレイである (森本 1989)。真空中で電子ビームを蛍光物質に衝突して発光を得ており、この点では CRT と同じであるが、三極真空管の構造で低電圧による低速電子ビームを用いることが特徴である。初期は 1964 年に製品化された真空管そのものの形状をした単管であり、以降多桁表示が可能となると共に、1973 年に陽極基板をセラミックから印刷による多層厚膜技術を用いたガラス基板へと進化した製品が開発され扁平化した。VFD は表示中、カソードに電流を流し続ける (電流駆動) 必要があるため常時電力を消費するが、他の電子管系電子ディスプレイと比較すると遥かに低消費電力であり、内蔵電池で駆動する小型卓上電子計算機 (電卓) に多く使われた。その後、電卓においては電圧駆動でより消費電力の低い LCD の登場で置き換えが急速に進んだが、高輝度発光による高い視認性が好まれ、自動車用のデジタルメーターや家庭用電気製品の表示部に長い間使われ続けている。しかしながら、固体化の流れには逆らえずに後述する固体デバイス系電子ディスプレイへの置き換えが進行している。

無機 EL (Inorganic Electro-Luminescence : IEL) は固体デバイス系電子ディスプレイであり、固体内の加速電子により蛍光物質を励起することで発光を得ている。伊東 (2005) はその当時、無機 EL のフルカラー化を期待して、過去からの研究について整理している。1960 年前後には次世代照明として盛んに研究がなされたが、LED と比較して短寿命でかつ低輝度であることを理由に研究は衰退した。1970 年代に入り電卓用電子ディスプレイとして見直されることになり、1974 年に発表された「二重絶縁層構造の薄膜 EL」などにより寿命と輝度の課題は解決し、FPD の本命と目されるようになった (猪口 1991a, 1991b)。1990 年代後半に色純度の高い青色 EL 素子が開発されてフルカラー化が期待されることになるが、現在において劇的に高品位かつ低コスト化が進んだ LCD を脅かす存在には至っていない。

LED は pn 接合へのキャリア注入による再結合により発光を得ている。その歴史は古く、Holonyak Jr and Bevacqua (1962) による赤色 LED の発明から始まる。以降、比較的安価でかつ消費電力の少ない LED は電卓や時計などの電気製品に電子ディスプレイとして利用されるようになったが、青色 LED が登場するまでフルカラー電子ディスプレイの実現には至らなかった。1993 年の窒化インジウムガリウム (Indium Gallium Nitride : InGaN) 高輝度青色 LED の実用化により (中村 1994)、一般照明用途として幅広く世の中で利用されて認知されるようになると共に、電子ディスプレイとしては赤青緑の 3 色 LED を用いた大型映像表示装置が開発され、高輝度を活かして屋外などで多用されている。近年、LED チップの小型化と実装技術の高精度化が進み、従来に比べて高精細なマイクロ LED 電子ディスプレイの開発が進んでおり、次世代大型高精細電子ディスプレイの有力な候補として名乗りを上げている。

OLED は発光層に有機材料を用いた LED である。日本では OLED を有機 EL と表現するケースが多いが、発光の原理は無機 EL とは異なるものであり、LED と同じである。田中 (2000) が整理した OLED に関する研究開発の歴史によると、OLED の最初の発光検証は、1960 年代半ばにおける Helfrich et al. によるアントラセン単結晶による発光実験であるとしている。しかしながら、その発光には高電圧の印加が必要であるにもかかわらず低い発光効率に留まっており、電子ディスプレイへの応用を考えるレベルでは無かった。その後、Tang and Van Slyke (1987) によりブレークスルーとなる発表が行われた。それは、「発光材料と正孔輸送材料を組合せた機能分離」と「薄膜化による高電界の実現」を実現する積層構造が特徴であり、低電圧で効率が高い EL 発光を得ることが可能となることから、電子デ

ディスプレイへの応用について興味を持たれるようになった。OLED は LED と比較して早い段階で実用的な RGB3 原色発光を実現し、有機材料を使う上で課題であった寿命についても解決しつつあることから、現在はフルカラー電子ディスプレイとしてスマートフォンやテレビ受像機など、その用途を急速に拡大している。

以上をまとめると、FED、VFD は CRT と同じ電子管、無機 EL、LED、OLED は半導体素子と分類される。

#### 2. 1. 4. 直視型ディスプレイ（非発光型）

非発光型は表示素子が自ら発光するのではなく、外部光源を反射、散乱、干渉などの光変調することで表示を行う。LCD、ECD (Electrochromic Display)、EPD (Electrophoretic Display) が非発光型に分類される。LCD は液晶物質の電気光学効果を利用して外部光の強度を制御することで表示を行う。LCD は本研究における分析対象となる電子ディスプレイのため、詳細については後述する。ECD は電解酸化還元反応などの電気化学的可逆反応により物質の色が変化する現象である「エレクトロクロミズム (Electrochromism)」を利用して外部光を制御することで表示を行う。1973 年に Shoot et al.により電子ディスプレイへの利用可能性が示されて以降、LCD と競合する形で開発が行われた (Kitani, Yano, and Sasaki 1986)。しかしながら、化学反応を利用するため応答時間が遅く、電子ディスプレイへの応用は進んでおらず、ガラスや眼鏡、防眩ミラーなどの調光機能に活用されている。昨今の省エネルギー志向の高まりに合わせて、低消費電力と読み易さを特徴とする電子ペーパー向けに成長が期待されている (小林 2010)。

EPD は色素の電気泳動 (Electrophoresis) を利用して表示を行う。電気泳動とは、溶液中において電荷を帯びた粒子が電界に応じて移動する現象であり、現在では電子ペーパーの大半がこの方式を用いている。電子ペーパー開発の歴史は経済産業省特許庁発行の「平成 23 年度特許出願技術動向調査」にまとめられている (2011)。電気泳動の電子ディスプレイへの応用は 1969 年に太田による日本特許出願から始まっている (太田 1975)。当時 FPD の最有力候補と見られていたが、LCD との競争に敗れて一度は表舞台から姿を消している。しかしながら、LCD では原理的に実現不可能な高い反射率と表示メモリ性による超低消費電力という特徴が評価されて、1990 年代後半にはモバイル機器に搭載される電子ペーパー向けの表示技術として再び表舞台に登場することになる。1987 年には粒子を分散した溶液をマイクロカプセルに封入した構造の EPD について日本特許が出願され、製造法の

確立と共に実用化が一気に進むことになる（井上ほか 1989）。現在では多くのモバイル機器に採用されており、特に電子書籍端末では EPD がほぼ独占状態となっている。しかしながら、LCD と比較して応答速度が遅く、階調表示が困難であるため、テレビ受像機やスマートフォンなどの高品位な動画表示が必要な用途の電子ディスプレイには不向きである。EPD は LCD の市場を脅かすまでには至っておらず、EPD と LCD はそれぞれの特徴を活かせる市場に展開することで共存している。

以上より、非発光型電子ディスプレイの LCD、ECD、EPD は自発光型電子ディスプレイとは異なり、単純に電子管か半導体素子に分類することは出来ない。

## 2. 1. 5. 間接直視型ディスプレイ

「間接直視型」は電子ディスプレイそのものを直視するのではなく、ミラーなどで得られる虚像を見る表示方式である。観察者があたかも電子ディスプレイが遠くに存在するよう感じたり、空間に映像が浮いているように感じたりなど、直視型では得ることが困難な存在感を得ることが可能であり、HMD の一部に利用されている。また、ホログラフィ（Holography）の原理を用いた電子ディスプレイも間接直視型の表示方式である。一般的な電子ディスプレイは光の強度情報を信号として表示を行うが、本来光は波であり、強度情報と共に位相情報を持っている。ホログラフィは光波の振幅と位相を参照光と干渉させることにより干渉縞として記録を行い、回折現象により記録した光波を再生する。その干渉縞を記録したものがホログラム（Hologram）であるが、ホログラムを単に直視しても記録されている情報を見ることは出来ない。ホログラムを結像素子として虚像を得ることであたかも物体が実在するかのような情報を観察者に与え、ミラーを用いた虚像と同様に観察者に電子ディスプレイの存在を意識させることなく空間に映像が浮いているように感じさせることが可能である。最近では、VR（Virtual Reality: 仮想現実）や AR（Augmented Reality: 拡張現実）、MR（Mixed Reality: 複合現実）用電子ディスプレイなどの、「電子ディスプレイの存在を意識させない」という特徴を好む用途に間接直視型表示方式の活用が始まっており、今後の市場拡大が期待されている。

## 2. 2. CRT 技術の概要と歴史

CRT は電子管の一種であり、その名の通り陰極線（電子線）を使った電子ディスプレイである。山崎（2008）と吉野（2004）は CRT の歴史について詳細な整理を行っている。表 2-1 に示す CRT の開発略歴に沿って CRT 技術の概要と歴史について説明を行う。CRT は陰極、陽極、蛍光面、ビームの集束、偏向などの要素で構成されているが、1897 年の Braun による発明はこの要素を全て満たすものであり、日本では CRT について発明者の名前を冠した「ブラウン管」という名称で広く認知されている（山崎 2008）。

表 2-1 CRT 開発略歴

| 年    | CRTの歴史  |
|------|---|
| 1897 | K.F.Braunによる陰極線管の発明                             |
| 1899 | J.Zenckによるオシロスコープの試作                            |
| 1906 | M.DieckmannとG.GlagelによるCRTテレビ受像の提案              |
| 1926 | M.Dieckmannによるテレビ送受信実験の成功                       |
| 1926 | 高柳健次郎によるテレビ送受信実験の成功 (CRTに「イ」の文字)                |
| 1929 | 高柳健次郎による高真空、高輝度CRTの開発                           |
| 1929 | W.K.Zworkinによるバイポテンシャルレンズ方式CRT「Kinescope」の開発    |
| 1938 | W.Flechsigtによるシャドウマスク方式カラーCRTの特許出願              |
| 1946 | メタルバック蛍光面を用いた輝度倍増                               |
| 1950 | RCAによるシャドウマスク方式カラーCRTの開発                        |
| 1964 | 希土類蛍光体を用いたカラーCRTの輝度向上と色度改善                      |
| 1968 | ソニーによるストライプ蛍光面、インライン配列電子ビーム方式のカラーCRT「トリニトロン」の開発 |
| 1969 | ブラックマトリクス技術を用いたコントラスト輝度の改善                      |
| 1970 | 110° 偏向角の導入                                     |
| 1972 | インライン電子銃と組み合わせたセルフコンバーゼンス偏向ヨークの導入               |
| 1972 | コンピュータモニタ用カラーディスプレイモニタ管の開発                      |

「ブラウン管開発110年の歴史(山崎・2008)」記載のブラウン管開発略歴を元に加筆修正

図 2-2 に示す Braun の CRT の概念図を用いて動作原理を説明する。減圧しているガラス管内に陰極と陽極を設置し、その電極間に高電圧を印加すると放電現象が発生する。ガラス管中のガスが放電により電離され、電子が放出しプラス電位の陽極に向かって走ることによって陰極線となる。陽極に穴を開けると、その穴を通った電子（ビームの集束）は蛍光面に衝突し、蛍光物質が励起し発光する。図示する磁気コイルに電流を流すと発生する磁界により陰極線は曲り（偏向）、蛍光面の光る位置が変化する。この変化量を調べることで磁気コイルに流れた電流を計算することが可能であり、Braun は CRT を測定装置として発明した。1899 年に Zennik により CRT を用いた最初のオシロスコープが試作されたものの、当時の CRT はテレビ受像機として使うには光のスポット径が大きく、光の強弱の制御も出来ないような代物であり、CRT をテレビの送受像に使うという考え方には至らなかった（吉野 2004）。1926 年には東芝により日本初の測定用ブラウン管が試作されている。

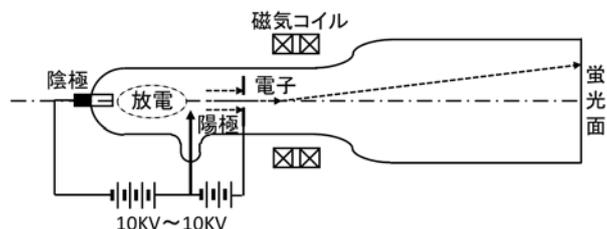


図 2-2 Braun の CRT の概念図

テレビ受像機用の CRT もほぼ同じ構造をしているが、ガス放電のパルス電圧によるコーールドエミッションの電子放出ではテレビ画像に必要な強弱のある繊細な絵を表現することは難しく、オシロスコープ用途が限界であった。そこで、テレビ受像機用には直流の一定電圧によるホットエミッションを用いた電子銃が用いられている。図 2-3 に電子銃の概念図を示す。電子銃は加熱されたフィラメント（熱陰極）から放出された電子を陽極との電場で加速することで高エネルギーの電子線を得ている。電子線の強度は制御電極への印加電圧で調整し、電子線の方向は偏向ヨークと呼ばれる電磁石で変えることが出来るため、蛍光面の目標とする位置に必要な強度の電子線を当てることが可能となる。この電子線を用いることで、CRT はテレビ画像の繊細な絵を表示する性能を実現した。

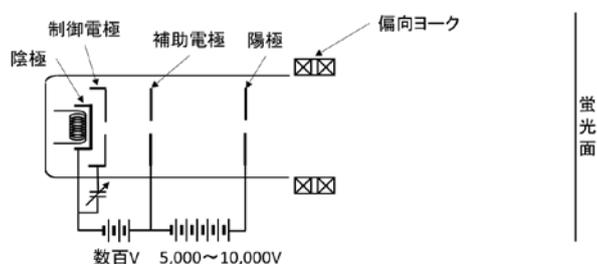


図 2-3 電子銃の概念図

テレビの送受信に CRT を使用する構想は 1906 年 Dieckmann and Glage の基本的な提案から始まった。Dieckmann が送受信実験に成功する 1926 年と同じ年に、日本においても高柳が「イ」の文字を CRT 上に表示させることに成功した。1929 年には高柳は CRT の高真空化とバイポテンシャルレンズを導入して CRT 高輝度化と高性能化を行っている。また、同じく 1929 年に Zworykin がバイポテンシャルレンズ方式の CRT 「Kinescope」を開発し、1930 年代に CRT の量産が始まった。1935 年頃にテレビ定時放送が各地で開始されると同時に CRT は加速的に技術進化を遂げる。1946 年にはガラス面に塗布された蛍光面

の裏面にアルミニウム薄膜を形成し、後方放射光を前方に反射することで輝度を向上させる「メタルバック蛍光面」が開発され、輝度は倍増した。

次に CRT はカラー化を目指すようになる。シャドウマスク方式のカラー CRT が 1938 年 Flehsig により特許出願され、1950 年 RCA により開発された。カラー CRT は電子ビームを赤・青・緑の 3 色に混色することなく割り振ることが必要である。シャドウマスクとは穴が開けられた厚さ約 0.15mm の金属薄板であり、蛍光面と平行に設置される。シャドウマスクの穴は、赤・青・緑の電子銃からシャドウマスク越しに蛍光面を見るとそれぞれの色の蛍光体だけが見える様に設計・配置されている。また、シャドウマスクは半導体技術の応用であるフォトリソグラフィ法を用いた薄膜金属のエッチング技術で製造されている。これは後日談になるが、LCD への置き換えによる CRT の生産終息によりシャドウマスクは使命を終えたが、その製造技術は同じ電子ディスプレイ産業の中で、OLED 生産における発光材料の蒸着プロセスで使用される赤・青・緑色材料塗り分け用マスクの製造に使われるという奇妙なつながりで復活・存続しており、半導体技術分野の技術領域の広さを感じられる。

シャドウマスク方式はカラー化において優れた技術であるが、シャドウマスクそのものが電子ビームを遮断する効果もあるため電子ビームの透過率は 15~20% しかなく、白黒 CRT と比べて輝度不足が課題であった。初期の硫化物-珪素系蛍光体を用いたシャドウマスク管では 24cd/m<sup>2</sup> しかなく、ほとんど暗室下でしか映像を見ることは出来なかった。そこで、輝度不足を解消するため蛍光体の改良が行われた。1961 年に硫化物蛍光体、1964 年には更に発光効率の良い希土類蛍光体が開発され、輝度は 100cd/m<sup>2</sup> 程度まで改善した。また、1970 年には赤・青・緑の蛍光体の間に黒のパターンを形成したブラックマトリクス管が開発され、輝度は 150cd/m<sup>2</sup> 程度という白黒テレビ受像機を越えるレベルまで改善した。また、図 2-3 に図示するような補助電極を追加した多極管構造などによる投入電力アップにより、輝度向上と共にコントラスト改善による表示性能向上が図られた。

以上に示すカラーテレビ受像機用 CRT における輝度向上の技術はシャドウマスクそのものが持つ電子線の低い利用効率に対して直接手を入れたものではなく、その周辺の部材を改良したに過ぎない。初期のシャドウマスク管は赤・青・緑用の 3 本の電子銃をデルタ状に配列し、そこから放出される 3 本の電子ビームを一点に集中させる高度なコンバーゼンスが必要なため、電子線の透過率が低いシャドウマスクを組合せることで実現していた。1968 年にソニーが 3 本の電子銃をインライン配列にした「トリニトロン管」を開発した。電子銃のインライン配列によりコンバーゼンスは簡素化されることになり、トリニトロン管以外

の CRT についても電子銃のインライン配列によるセルフコンバーゼンス化が進んだ。また、3色の蛍光体もデルタ配列からストライプ配列に変更となり、蛍光面における蛍光体の面積比率は増加した。結果、蛍光体に合わせてシャドウマスクの開口部を大きくすることが可能となり、シャドウマスクそのものの課題であった電子線透過率の向上を実現した。

進化を遂げた CRT はテレビ受像機用途として唯一無二の電子ディスプレイとして完成した。更に、シャドウマスクピッチの高精細化と電子線スポット径の縮小、コンバーゼンス精度の向上が図られ、1972年のコンピュータモニタ用カラー CRT の開発以降、コンピュータモニタへの応用も一気に進むことになる。20世紀は CRT が唯一無二の電子ディスプレイとして君臨していたが、2004年には CRT の全世界生産が減少に転じて、その地位も FPD の台頭により終焉を迎えることになる。しかしながら、2000年後半においては CRT と FPD との間にはサイズによる棲み分けが存在し、CRT から FPD への移行は徐々に行われる、というのが一般的な判断であった。例えば、山崎（2008）は「現在テレビ受像機産業が発展途上にあたる中国、インドなどにおいては、ブラウン管はその優れたコストパフォーマンスによりフル生産の状態にある。そしてこの状況は、今後も10年、20年あるいはそれ以上にわたって続くものと見られている。」と CRT の産業ライフサイクルの寿命を予測していた。しかしながら、IHS Global 社の市場調査によると、CRT の世界生産個数は2002年の248,444千個から2014年には2,823千個と大幅に縮小している。また、JEITAの民生用電子機器国内出荷統計における民生用機器主要品目国内出荷実績においても CRT テレビ受像機の統計は2009年を最後に終了し、2010年以降は FPD テレビ受像機のみが取扱いとなっている。このように、CRT の生産は業界の予測を裏切り早期に終息を迎えることになった。これは、産業ライフサイクル予測の困難さを示す一例となっている。

### 2. 3. PDP 技術の概要と歴史

PDP は希ガスへの高電圧の印加によりガス放電を行い、得られた発光を用いて表示する電子ディスプレイである。PDP の発光原理は照明用光源の放電ランプと同じであり、複数の放電ランプ（PDP では放電セルと呼ぶ）を並べてそれぞれの発光を制御することで表示を行っている。照明用光源には放電の発光そのものを直接利用するネオン管（Neon Tube）と、放電による紫外線を蛍光体に当てることで可視光に波長変換した発光を利用する蛍光灯（Fluorescent Lamp）の2種類が存在する。初期のモノトーン PDP はネオン管と同じ放電光を直接使って表示を行っていたが、放電光だけで赤青緑の3原色を得るには色に合

わせてガスの種類を変える必要があるため実現は困難である。そこで、カラーPDPは蛍光灯と同じ放電による紫外線の蛍光変換による赤・青・緑3色の発光を使って表示を行っている。蛍光変換を利用しているため、カラーPDPは微細な赤・青・緑3色の蛍光灯を並べたものと例えられることが多い。しかしながら、照明用として使われている蛍光灯の多くは家庭用として使用可能なレベルに低電圧化するため熱陰極管（HCFL：Hot Cathode Fluorescent Lamp）の構造をしているのに対して、PDPは冷陰極管（CCFL：Cold Cathode Fluorescent Lamp）という、厳密には異なる原理の電子管である。LCD用の外部光源として、現在主流となっているLEDの前に多く使われていたCCFLの方がPDPと同じ原理とすることが出来る。次世代テレビ受像機の覇権をCRTから奪うために熾烈な戦いを繰り広げたPDPとLCDは異なる技術を使った全く別の電子ディスプレイとして一般的には認識されているが、2000年代前半のデジタルテレビ放送黎明期にはLCDテレビ受像機用の外部光源にはCCFLが使われており、実は同じ蛍光変換の原理を使った電子管による発光を表示に利用した、まるで兄弟の関係にある電子ディスプレイ同士の戦いであったことはあまり世の中では認知されていない。

図2-4にPDPを構成する放電セルの概念図を示す（吉岡 1996）。モノトーンPDPでは図示する蛍光体は存在せずに、ガスにNe等を用いて放電発光した光を表示に用いる。一方、カラーPDPはガスに主としてXeを用いて共鳴線の147nmや分子線の173nmの波長の紫外線を発生させ、蛍光体を励起させて赤・青・緑の可視光を得てカラー表示に用いている。図2-2に示すBraunのCRTの概念図と比較すると、CRTとPDPは同じ電子管であり、電極構成は非常に酷似していることが確認出来る。PDPには図2-4（1）の様に電極が露出した状態で、単極性電圧により放電を得るDC型PDPと、図2-4（2）の様に電極が誘電体層で覆われて、両極性電圧により放電を得るAC型PDPの2種類が存在する。発光原理は電極間に電圧を印加することで得られる放電により紫外線が発生し、紫外線がセル内の蛍光体を励起して可視光を得る、というCCFLそのものである。ディスプレイは映像信号に合わせて階調表示が必要であり、CRTでは電子線の強度を制御して発光強度をアナログ的に変化していた。一方、PDPでは発光強度をアナログ的に制御することは困難なため、一定強度の発光を用いてパルス放電の回数によりデジタル的に階調制御を行う「時間分割法」を採用している。それは人間の目では分解不可能な時間周波数で高速にオン・オフを繰り返して調光することを示しており、表示するための放電は高速かつ確実な発生と消滅が必要であり、放電セルに印加する電圧パルスにより制御を行っている。

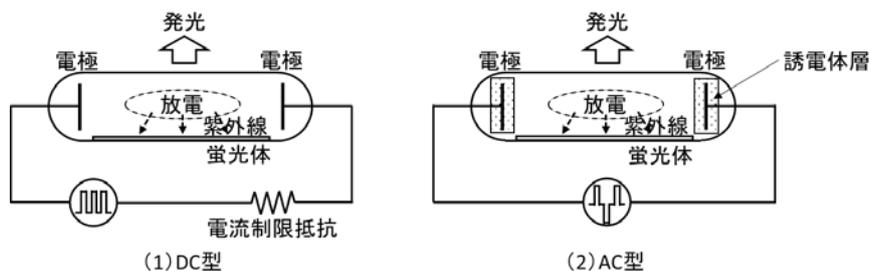


図 2-4 PDP 放電セルの概念図

図 2-4 は放電セルを一般的な電子管の形状で表記した概念図であり、PDP の原理説明を行うには適しているが、実際に多数の放電セルが並んだディスプレイを具体的に想像するのは困難である。そこで、図 2-5 に示す PDP の放電セル構造を用いて説明を行う。DC 型 PDP では電極がむき出しになっているのに対して、AC 型 PDP では電極の上に保護層 (MgO) が形成されている。また、DC 型は隔壁をセル状に形成して放電セルごとに独立した放電空間を形成しているが、AC 型はストライプ状の隔壁 (図示していない) を形成するためより単純な構造となっている。図 2-5 には放電方式として放電空間をはさんで互いに直交する電極の交点で放電を行う対向放電方式を図示したが、同一基板上的電極間で放電を行う面放電方式も存在する。DC 型では簡単な構造を活かした対向放電方式が主流であったが、AC 型では対向放電方式で問題となるプラズマ照射による蛍光体の劣化を回避するため、主流は面放電方式へ移行している。

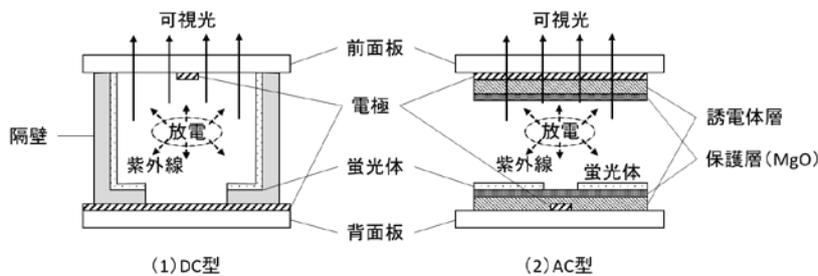


図 2-5 PDP の放電セル構造

DC 型 PDP は 1968 年にフィリップス社のポーアにより発表され、1969 年にはバローズ社で列電極に自己走査機能と補助放電の機能を備えたセルフスキャンが開発された (渡辺 1987)。それまでの表示管は単なる数字や文字しか表示することが出来ないセグメント方式であったが、バローズ社が開発した DC 型 PDP は現在の LCD や OLED テレビ受像機でも使われている、多数のドットを使って数字や文字を含む所望の図形が表示可能なドットマトリクス方式を初めて導入した。以降、文字表示用 DC 型 PDP の実用化が進むと同時に表

示可能な文字数は増加し、CRT のように磁力を利用していないという特徴を活かして、列車の座席予約端末、銀行端末、POS（販売拠点端末）などに採用された。但し、まだカラー化は行われておらず、発光色はネオンオレンジ色と蛍光変換による緑色の 2 色に限定されていた。DC 型 PDP においてバローズ社が発明した基本原理は NHK 放送技術研究所を中心として更なる改良が加えられた。放電現象の非線形（ヒステリシス）を利用したパルスメモリ駆動技術が確立し、1984 年にはコンピュータモニタ用電子ディスプレイとして 640×400 ドットのネオンオレンジ色 DC 型 PDP の発売までに至った（大前・川原 2011）。DC 型カラーPDP についても同じく NHK 放送技術研究所が中心となって次世代高精細テレビ受像機の実現に向けて開発が進められた。しかしながら、電極が放電空間に剥き出しのまま存在する構造のため、「電極のスパッタ現象による短寿命」という本質とも言える課題を解決することは出来ず、テレビ受像機用電子ディスプレイとして後述する AC 型 PDP との戦いに敗れ姿を消すことになる。

AC 型 PDP は 1964 年にイリノイ大学の Bitzer and Slottow によって発明された (Weber 2006)。構造は図 2-5 (2) と酷似しているが、図示する保護層は用いられていなかった。1970 年における富士通のガラス層の表面を保護層で覆うことで放電特性を改善する発明により、1970 年代に実用化が進んだ (安藤 1987)。まずはセグメント方式による数字や固定パターンのディスプレイが実用化され、株価表示、POS 端末、時計表示など広い分野に用いられた。その後、ドットマトリクス方式に移行し、CRT より小型であることを特徴にして DC 型 PDP と競合しながら銀行窓口端末、POS 端末などのディスプレイとして普及し、更に表示容量の拡大と共に 640×400 ドットのコンピュータモニタとして利用されるまでに至った。並行してカラーPDP の開発が進められていたが、対向放電方式ではプラズマ照射による蛍光体の劣化が著しく、DC 型 PDP と同様にテレビ受像機用途に用いるのは困難であった。1981 年に富士通の Shinoda et al. (1981) は面放電方式による AC 型カラーPDP を発表して蛍光体劣化について解決を図ったが、今度は電極交差部における強電界発生に起因する誘電体劣化の問題が発生した。1984 年には Shinoda and Niinuma (1984) により開発された三電極面放電方式により誘電体劣化が回避された。テレビ受像機に必要な性能を実現するために、反射型構造、ADS サブフィールド法 (Address Display Period Separated Sub Field Method)、ストライプ隔壁などの技術が開発され、1992 年の大阪エレクトロニクスショーには富士通からその全てを盛り込んだ 21 インチ VGA フルカラー PDP が出展、翌年には製品化されて、PDP の方式は徐々に AC 型へと一本化された。以降、

次世代大型テレビ受像機市場において AC 型カラーPDP は LCD との過酷な生き残り競争へと突入することになる。以上の様に、PDP は CRT とは形状こそ大きく異なるが、表示原理としては CRT と同じ電子管に分類される。

#### 2. 4. LCD 技術の概要と歴史

図 2-6 に LCD の断面概略図を示す。LCD を構成する主要部材は、①偏光フィルタ、②ガラス基板、③透明電極、④配向膜、⑤液晶、⑥スペーサ、⑦カラーフィルタ、⑧バックライトの 8 種類である。⑤液晶は 2 枚の②ガラス基板に挟持されている。⑤液晶が外気と直接接触すると液晶材料の劣化が発生するため、⑤液晶と外気の境界部には図示しないシール材を用いた樹脂の壁を設けることで接触を防止している。また、2 枚の②ガラス基板を数ミクロンの間隔を保持したまま均一な状態で貼り合わせるため、⑥スペーサが設けられている。⑥スペーサはかつて、プラスチックビーズを②ガラス基板に空中散布して形成していたが、現在ではフォトリソグラフィ法を用いて有機樹脂材料の柱を形成するのが主流になっている。2 枚の②ガラス基板の⑤液晶側には、⑤液晶に電圧を印加するための③透明電極が形成されている。③透明電極を通った光を利用して表示を行うため、③透明電極は光透過率が高い材料であることが好ましく、一般的には ITO (Tin-doped Indium Oxide) の薄膜が用いられている。⑤液晶への電圧印加法は 2 種類存在し、縦電界印加の場合は 2 枚の②ガラス基板にそれぞれ⑤液晶を挟む形で③透明電極が形成される。また、横電界印加の場合は片側一方の②ガラス基板のみにくし歯形状の③透明電極を形成する。⑤液晶と②ガラス基板の間の⑤液晶に接触する部分には、液晶分子を一定方向に並べるための④配向膜が形成されている。かつては有機材料である④配向膜の表面を布で擦って⑤液晶を配向させる「ラビング法」が主流であったが、②ガラス基板のマザーサイズの拡大と共に、有機材料である④配向膜の表面に UV 光を照射して⑤液晶を配向させる、より生産性の高い「光配向法」などによるラビングレス化が進んでいる。また、カラー表示を行うため、片側の②ガラス基板には光の 3 原色に合わせた⑦カラーフィルタが形成されている。以上の構成が入射光の透過率を制御するシャッターの役割を果たし、その構成の外部に設置された⑧バックライトからの光を調光して表示を行っている。⑧バックライトにはかつては CCFL が用いられていたが、現在では低消費電力化のため LED への切替えが完了している。

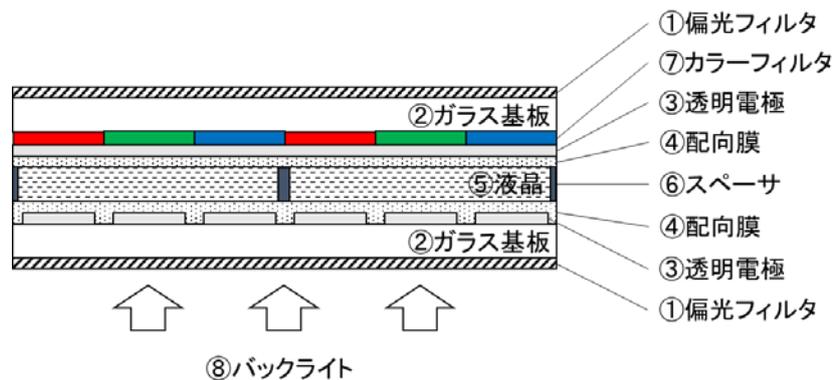


図 2-6 LCD の断面概略図

#### 2. 4. 1. パッシブ駆動型 LCD

LCD 産業において最初に立ち上がったパッシブ駆動型 LCD について整理を行う。Geelhaar, Griesar and Reckmann (2012) と川上 (2000) が LCD の歴史について全体像の整理を行っている。液晶は液体と結晶の中間物質であり、液体のように分子間結合は弱いですが、結晶のように分子配列に規則性を有している。よって、液晶は液体の性質を示すとともに、結晶に特有とされていた屈折率や誘電率などの異方性を示す材料である。その歴史は、オーストリアの植物学者 Reinitzer (1888) が安息香酸コレステリルの結晶を加熱することで 145.5°Cにおいて白濁した粘性のある液体となり、また 178.5°Cにおいて透明な液体になることを研究し、二つの融点があることを報告したことから始まる。その後、ドイツの物理学者 Lehmann (1889) の研究により、結晶の特徴とされてきた屈折率の異方性が確認され、「液体なのに結晶=液晶」と論文で報告した。この「結晶特有の特徴である屈折率異方性を有する液体」が、現代における LCD の表示原理として利用されることになる。しかしながら、Ferguson (1960) によるコレステリック液晶の熱による色変化を温度測定に利用する温度像表示素子 (Thermal Imaging Device) に関する特許の出願まで、長期間に渡り液晶の実用的な用途については見出されることはなかった。

液晶の電子ディスプレイへの応用は、RCA 社の Williams (1963) による液晶の電気光学効果の報告から始まった。以降、「液晶の電子ディスプレイへの応用」という目的の実現を目指して多種多様な表示技術 (表示を行う基本原理) に関する技術が研究開発により誕生するが、その中には量産されることが無かった技術、もしくは量産されても現在では既に終息している技術が多く含まれている。1964 年に RCA 社の Heilmeyer が電圧効果型の GHM (Guest-Host Mode) を発明した (Heilmeyer and Zanoni 1968)。続いて、同じく Heilmeyer

が電流効果型の DSM (Dynamic Scattering Mode) 液晶を発明した (Heilmeier, Zanoni and Barton 1968)。1968 年に RCA はセグメント方式のデモ機と共に LCD の開発についてプレスリリースを行っている。このプレスリリースには LCD のテレビ受像機への応用についても含まれており、平面ディスプレイ、低消費電力、明所環境下における高い視認性といった LCD の長所を世の中に示した。一方、壁掛けテレビ受像機の実現に対して「実用技術的問題解決には途方もないチャレンジが必要である」とも付け加えられており、その後課題解決の目途は立つことなく、RCA では 1969 年末にはテレビ受像機用 LCD の研究が完全に中止されることになる。しかしながら、多くの研究開発が液晶の電子ディスプレイへの応用を実現するため継続され、前述の Heilmeier, Zanoni and Barton (1968) の DSM に関する論文に記載されている「印加電圧によって移動するイオンによる破壊的な効果 (disruptive effects) により、電気光学的異方性媒体の中に散乱中心が生じる」という表現がまるで将来を暗示するかのようになり、CRT に対する破壊的イノベーション (disruptive innovation) となる、当時は取るに足りない表示性能しか有しない LCD の産業化へ向けた幕が開かれることになった。

LCD の先駆けとなった DSM 液晶は初期の腕時計や電子式卓上計算機に搭載されたものの、現在においてその生産は終息している。その DSM 液晶を駆逐し、現在においても LCD の基本技術として生産が継続している、電界効果型の ECB (Electrically Controlled Birefringence) 液晶、TN (Twisted Nematic) 液晶、くし歯電極方式液晶の 3 種類の表示技術が相次いで発表された。現在、VA (Vertical Alignment) 液晶としてテレビ受像機用 LCD の多くに採用されている ECB 液晶は、電圧で液晶分子の傾斜角を制御して表示を行うもので、1970 年に Hass, Adams and Flannery によって報告された。デジタル時計やノートコンピュータ用 LCD として使われている TN (Twisted Nematic) 液晶は、1971 年に Hoffmann-La Roche 社の Schadt and Helfrich によって報告された。現在において IPS (In-Plane Switching) 液晶としてスマートフォン用 LCD の多くに採用されているくし歯電極方式液晶は、米 Sperry Research Center の Soref により 1973 年に発表された。

ここまでの研究開発は主に基礎研究の段階であり、その中心は欧米諸国の企業であった。しかしながら、それ以降における LCD の産業化は日本企業を中心にして進められることになった。日本企業は最初に DSM 液晶を産業化して製品に搭載を始めたが、DSM 液晶より低電圧で駆動可能であると共に、液晶に電流を流す必要がないために寿命が長いという特徴を有している TN 液晶への置き換えが急速に行われた。例えば、シャープは世界に先駆け

て 1973 年に DSM 液晶搭載の電池駆動型電卓の量産を始めたが、1976 年には DSM 液晶の採用を中止して TN 液晶へと移行している。

数字や簡単なアルファベット表示を行うセグメント型 LCD の事業化後、より大容量の表示が可能となるドットマトリクス型 LCD への進化を目指すことになる。セグメント型 LCD はセグメントごとに液晶への電圧印加を同時に行うための電極配線を用いたスタティック駆動により表示を行うが、要求される表示容量の増加に対して駆動回路への負担の増加とコストアップによる限界に到達した。代わりに、表示容量の増加に対応するためセグメント型からドットマトリクス型に表示方法を変更し、時間を分割して液晶を駆動する、時分割駆動法によるダイナミック駆動が用いられることになった。具体的には、ドットに合わせた電圧印加のための縦横 2 方向の電極を兼ねた配線を、液晶を挟んで上下に配置した構造に対して、各行を一方向から順に書き込んでいくダイナミック駆動線順次走査をすることで表示を行う。この方式は 1973 年に「任意バイアス法の電圧平均化法」として日立製作所から特許出願され、ドットマトリクス方式のパッシブ駆動型 LCD における基本的な駆動方式となった（川上 1975）。

C-MOS IC の高速化と低コスト化に伴い表示の大容量化が進み、必要とされるディスプレイの縦横を構成するドット数は急速に増加した。ここで新たな問題として挙げたのが「デューティ比」の壁である。デューティ比とは時間分割法における分割比であり、英数字、カタカナ、記号を表示するには  $1/8$  から  $1/16$  のデューティ比が必要であった。しかしながら、時間分割法で行ごとに配線を選択して、その選択行配線の液晶に電圧を印加するように駆動しても、同時に非選択行配線の液晶にも電圧が印加されるため光漏れが発生する。これはクロストーク（Crosstalk）と呼ばれる現象で、表示としては見辛いものとなる。TN 液晶は横軸を液晶印加電圧、縦軸を光透過率としての電圧－光透過率特性を図示した場合、勾配が比較的緩やかな S 字のカーブをした光学特性を有しているため、非選択行配線の液晶へ印加されるレベルの比較的低電圧であっても光透過率の変化が発生する。このクロストークが発生し易い電圧－透過率特性により、デューティ比  $1/64$  までが TN 液晶における実使用上の限界であった。

更なる走査線本数増加の要望に応えるため、ドットマトリクス方式のパッシブ駆動型 LCD におけるクロストークの対策として 2 種類の解決策が登場する。そのうちの 하나가、液晶の電圧－透過率特性における光学特性の勾配を急峻化することで、非選択行配線の透過率変動を抑制する方法である。Brown Boveri Research Center の Scheffer and Nehring

(1984)により、液晶分子のツイスト角を TN 液晶の 90 度から 270 度にするこゝで電圧－透過率特性における光学特性を急峻にすることを可能にした STN (Super Twisted Nematic) 液晶が発表された。この試作パネルでは配向膜の形成方法として斜方蒸着法が用いられていたが (Scheffer et al. 1985)、より大量生産の容易なラビング法 (といつても有機配向膜の上を布で擦る、という「工業」とはとても言い難い方法ではあるが) を用いた STN 液晶が日立製作所から発表され、それが STN 液晶の基本形となった (Kinugawa, Kondo, and Kanasaki 1986)。初期の STN 液晶は、液晶の旋回性と複屈折性の影響で白色ではなく黄緑色や青色に着色していた。そこで、1980 年に特許出願されたシャープの Funada, Matsuura and Wada (1984) による 2 層 TN 構造を原型として、1987 年にはセイコーエプソンの和田ほかにより、ツイスト角の方向を反対にした STN 液晶を従来の STN 液晶に 2 枚重ねにして干渉色を補償することで白色化する 2 層 STN 液晶が特許出願された (和田ほか 1997)。続いて翌年 1988 年に、液晶セルの代わりに一枚もしくは 2 枚の複屈折高分子位相差フィルムを使う、フィルム STN 液晶の特許が出願された (和田ほか 1989)。白色化の実現と共に、1981 年に内田より発表された「カラーフィルタ法」との組合せによるカラー化が行われ (Uchida, Yamamoto and Shibata 1983)、これが STN 液晶の技術を用いた LCD の最終形となり、日本語ワードプロセッサやノートコンピュータなどに幅広く搭載された。

以上のパッシブ駆動型 LCD の表示技術に関する研究開発の歴史を年表として整理する。欧米の企業と研究機関によるものを●印、日本企業によるものを○印で分類している。

- 1964 年 DSM 液晶 Heilmeyer (米 RCA)
- 1964 年 GHM 液晶 Heilmeyer (米 RCA)
- 1970 年 ECB 液晶 Hass, Adams and Flannery (米 Xerox)
- 1971 年 TN 液晶 Schadt and Helfrich (スイス Hoffmann-La Roche)
- 1973 年 くし歯電極液晶 Soref (米 Sperry Research Center)
- 1974 年 任意バイアス法の電圧平均化法 川上 (日立製作所)
- 1984 年 STN 液晶 Scheffer (スイス Brown Boveri Research Center)
- 1986 年 ラビング法による STN 液晶 衣川・近藤・金崎 (日立製作所)
- 1987 年 2 層 STN 液晶 和田ほか (セイコーエプソン)
- 1988 年 フィルム STN 液晶 和田ほか (セイコーエプソン)

波動光学を科学のベースとして、液晶の有する屈折率や誘電率などの異方性を利用した「表示技術」について数多くの研究開発を行い、提案したのは欧米の企業か研究機関であり、そこには LCD を産業化した日本企業の名前を確認することは出来ない。逆に、日本企業は欧米の表示技術に関する研究成果を積極的に取り入れ、LCD を産業化するために必要となるクロストーク対策としてのダイナミック駆動線順次走査駆動法、STN 液晶の白色化、カラーフィルタによるカラー化などの「性能改善」と、ラビング法などの「生産方法」に関する研究開発に注力しており、逆にこの領域には欧米企業と研究機関の名前は確認されない。これが意識的に行われたかどうかは不明であるが、日本企業の「オープンイノベーション」がパッシブ駆動型 LCD の産業化における特徴となっている。

#### 2. 4. 2. アクティブ駆動型 LCD (表示技術)

パッシブ駆動型 LCD の産業化以降、パッシブ駆動型 LCD で行われた表示技術に関する研究開発は、アクティブ駆動型 LCD の表示技術としてそのまま継続されることになる。International Display Workshop 2013 (IDW'13) で行われた「20 周年記念展示」において、「今日のディスプレイを支えているキーとなった技術」として 8 件の技術が展示紹介されたが、そのうちの 4 件が LCD の表示技術に関するものであった。一つ目が 1995 年に日立製作所の Kondo et al.によって発表された「In-Plane Switching (IPS) LCD」の論文である。前述の 1973 年に発表されたくし歯電極方式液晶を更に発展させた表示技術であり、現在におけるスマートフォンに代表されるモバイル機器用 LCD の主流として採用されている。二つ目が 1996 年に富士フイルムの Mori et al.によって発表された「Wide-Viewing-Angle Film for LCD」の論文である。これは、1971 年に発表された TN 液晶の視野角特性を大きく改善する広視野角フィルムに関する論文であり、この技術によりコンピュータモニタ市場における CRT から LCD の置き換えが急速に進むことになった。三つ目が 1997 年に富士通の Koike et al.によって発表された「Vertical Alignment (VA) LCD」の論文である。前述の 1970 年に発表された ECB 液晶の原理を利用した表示技術である。液晶分子を配列させるために布で有機配向膜を擦るという、明らかに工業的ではないラビング法が不要となり、LCD 製造工程で用いるガラス基板（マザーガラス）の大型化が可能になった。この技術は 2000 年代における大画面 LCD テレビ受像機の実用化には不可欠な技術である。最後が 2002 年に東芝の Okumura et al.によって発表された「Overdrive Technology for LCD」の論文である。LCD は有機材料である液晶分子を印加電圧で制御するため応答速度

が遅く、CRT や PDP と比較して動画の表示に弱いとされていた。その対策として、液晶分子に通常より高い電圧をかけることで液晶分子の動きを速くする「オーバードライブ技術」が提案された。この技術により LCD の動画特性が大幅に改善され、大画面テレビ受像機用 LCD のほぼ全数に採用されている。

LCD の表示技術はパッシブ駆動型 LCD の量産からアクティブ駆動型 LCD の普及まで絶え間なく進化を続けてきた。以上のアクティブ駆動型 LCD の表示技術に関する研究開発の歴史を年表として整理する。欧米企業によるものを●印、日本企業によるものを○印で分類している。

- 1995 年 In-Plane Switching (IPS) LCD 近藤ほか (日立製作所)
- 1996 年 Wide-Viewing-Angle Film for TN-LCD 森ほか (富士フイルム)
- 1997 年 Vertical Alignment (VA) LCD 小池ほか (富士通)
- 2002 年 Overdrive Technology for LCD 奥村ほか (東芝)

パッシブ駆動型 LCD とは異なり、アクティブ駆動型 LCD では「表示技術」についても日本企業の名前を確認することが出来るが、IPS 液晶と VA 液晶はパッシブ駆動型 LCD で提案された原型となる表示技術の発展形に留まっており、アクティブ駆動型 LCD を産業化するために必要となる表示品位を実現するための改良技術に過ぎない。上記 4 件の技術は全て日本企業によって開発が行われているが、それは基本原理となる表示技術ではなく、既存の表示技術に対する「性能改善」に関する技術であるのが特徴となっている。

#### 2. 4. 3. アクティブ駆動型 LCD (半導体技術)

次に、現在の LCD 産業において主流となっている、LCD のアクティブ駆動に関する技術について説明する。前述のドットマトリクス方式のパッシブ駆動型 LCD のクロストークに対する 2 種類の解決策の内のもう一つとして、薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor: TFT) を用いたアクティブ駆動が採用され、現在に至っている。図 2-7 にパッシブ駆動 LCD とアクティブ駆動 LCD の等価回路を示す。図 2-7 (a) に示すパッシブ駆動 LCD において、信号線 X<sub>2</sub> と信号線 Y<sub>2</sub> の交点に存在する液晶 LC<sub>22</sub> に電圧を印加する場合、X<sub>2</sub> から Y<sub>2</sub> へ一筆書きで繋がる経路が複数存在するため、液晶 LC<sub>22</sub> 以外の周囲の液晶へも電圧印加されてクロストークが発生する。その対策として、電圧-透過率特性における光学特性の勾配を急峻にした「STN 液晶」が用いられているが、液晶ドット間の干渉を完全に消すことは原理的に不可能である。

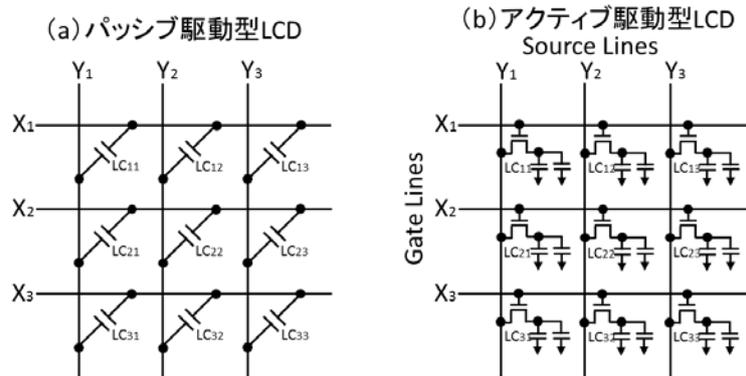


図 2-7 パッシブ駆動型 LCD とアクティブ駆動型 LCD の等価回路

対して、図 2-7 (b) に示すアクティブ駆動 LCD では、信号線 X と信号線 Y の交点にはアクティブ素子が存在しており、ゲート線 X にはアクティブ素子制御信号、ソース線 Y には液晶 LC に印加する電圧データ信号が出力される。よって、信号線 X<sub>2</sub> と信号線 Y<sub>2</sub> の交点に存在する液晶 LC<sub>22</sub> に電圧を印加する場合、X<sub>2</sub> にはオン信号、X<sub>1</sub> と X<sub>3</sub> からはオフ信号が出力され、X<sub>2</sub> に繋がるアクティブ素子のみがオン状態になる。そのタイミングに合わせて Y<sub>2</sub> から LC<sub>22</sub> への印加電圧データを出力することで、液晶 LC<sub>22</sub> 以外の周囲の液晶からは完全に独立した状態で LC<sub>22</sub> への印加電圧が行われる。この場合、液晶ドット間の干渉は全く起こらず、クロストークは発生しない。よって、ドットマトリクス方式のパッシブ駆動型 LCD のクロストークに対する解決策としては、アクティブ駆動 LCD がより理想的な手段と言える。現在における LCD のアクティブ素子には、大型 LCD には大型ガラス基板への成膜が容易なアモルファスシリコン、中小型高精細 LCD には高電子移動度を特徴とする多結晶シリコンというように、シリコン系半導体材料の TFT が多く採用されている。近年、その中間的な特徴を有する IGZO (Indium-Gallium-Zinc-Oxide) などの非シリコン系の酸化物半導体材料を用いた TFT の導入が進行している。

DSM 液晶から STN 液晶までのパッシブ駆動型 LCD の進化は全て波動光学を科学のベースにした表示技術に関する連続的なイノベーションであった。しかしながら、アクティブ駆動型 LCD は量子力学を科学のベースにした半導体をアクティブ素子として利用しており、これまでの波動光学による表示技術に量子力学による半導体を組合せた非連続的なイノベーションと考えられる。そこで、引き続きアクティブ素子技術の視点で歴史を整理する。

TFT は最初から LCD をアクティブ駆動することを目的として研究開発が行われた訳ではない。TFT の歴史については奥山 (2009) と薄膜材料デバイス研究会 (2008) がその概

要の整理を行っている。1906年に米国の発明家である De Forest (1907) によって特許出願された三極真空管が増幅素子としての主役であった時代、1926年と1928年の Lilienfeld (1930, 1933) による特許出願から増幅素子の固体化に関する研究開発が活発に行われるようになった (奥村 2009)。今日における半導体素子の主流である電界効果トランジスタの概念は Lilienfeld により既に示されていたが、その当時の作成技術は未熟な状態であり、現在の半導体産業で使用されている良好な半導体結晶を得ることは出来なかった。そこで、当時の研究では真空蒸着した薄膜半導体が主に用いられていた。1947年に Bell Telephone Laboratories の Brattain and Bardeen (1950) によって点接触トランジスタが発明され、翌年1948年に同じく Bell Telephone Laboratories の Shockley (1951) によってバイポーラトランジスタが提案されると同時に、増幅素子の固体化がスタートした。

1950年代にはバイポーラトランジスタの研究が盛んに行われ、ディスクリート素子が普及すると同時に、デジタルの概念を用いた複雑な論理回路の考案も行われていた。半導体結晶を用いたトランジスタが産業化されると、半導体結晶の製造法は急速に進歩し、1953年に Bell Telephone Laboratories の Little and Teal がチョクラルスキー (Czochralski : Cz) 法によるゲルマニウム単結晶の作成に成功した (Little and Teal 1954 ; Teal 1955)。Cz 法によるシリコン単結晶の作成により、1956年から1957年頃には半導体材料の主役がゲルマニウムからシリコン単結晶への移行が始まり、現在の半導体産業における半導体材料の主流となっている。1959年に Fairchild Camera Instrument 社の Hoerni (1962) による熱酸化膜とフォトエッチを用いたプレーナー法の発明により、バイポーラトランジスタの製造プロセスが完成した。同時期に、1959年には Texas Instruments 社の Kilby (1964) による集積回路 (Integrated Circuit : IC) の特許出願が行われ、また Fairchild Semiconductor 社の Noyce (1961) によりバイポーラ IC の特許が出願され、複雑な論理回路を単一素子に集積する研究開発が開始された。その後、IC の集積度向上を目的として、バイポーラトランジスタからより簡単に作れる小型スイッチング素子へ研究の関心は移行する。

集積回路の提案とほぼ時を同じくして、1960年に Bell Telephone Laboratories の Kahng (1963) と Atalla (1962) により、シリコン基板の上にゲート絶縁膜として  $\text{SiO}_2$  (Silicon Dioxide) 膜を形成するシリコン MOS 電界効果トランジスタ (Metal Oxide Semiconductor type Field Effect Transistor : MOSFET) の特許が出願される。ほぼ同時期の1961年には、RCA 社の Weimer (1966) による CdS を半導体材料とした TFT が提案され、MOSFET と

TFT の開発競争へと突入した。MOSFET は半導体材料として既になじみが深く、物性が明らかになっているバルク結晶シリコンを使用するのに対して、TFT の半導体材料としては CdS、CdSe、Te などの再現性が悪くて不安定な材料が用いられていた。1965 年には MOS-IC、1968 年には MOS-LSI が生産された（奥山 2010）。結果、1960 年代後半には、研究者数と研究量の圧倒的な差により MOSFET が IC の主役となり、TFT は研究開発の表舞台からは遠ざかることになる。このように、TFT は半導体集積回路を目指して MOSFET に敗れ去った技術である。

半導体産業において TFT が忘れられた存在になった時代に、パッシブ駆動型 LCD の表示品位を革新するために、RCA 社の Lechner et al. (1971) によりアクティブ駆動型ディスプレイが提案される。それは使用するアクティブ素子を TFT に限定したものではなかった。アクティブ駆動を行う方式としては、ダイオード・アドレス方式 LCD、Field-Effect-Transistor-Capacitor (FETC)・アドレス方式 LCD、Gas Discharge Device・アドレス方式 LCD の 3 方式が提案された。図 2-8 に Lechner et al. が提案した 3 種類のアクティブ駆動法を示す。この 3 方式についてはそれぞれ産業化を目指して多くの LCD メーカーにより研究開発が行われ、淘汰の結果、現在はアクティブ素子として FET に TFT を用いた図 2-8 (b) に示す「TFT・アドレス方式 LCD」のみが生き残っている。

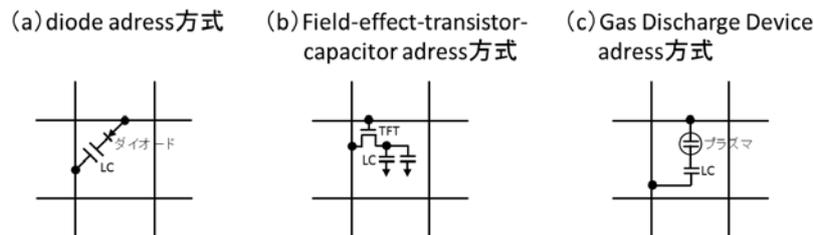


図 2-8 Lechner のアクティブ駆動型 LCD

図 2-8 (c) に示す Gas Discharge Device・アドレス方式 LCD は、前述の PDP の様にプラズマ放電でスイッチング機能と発光を同時に行うのではなく、プラズマ放電をアクティブ駆動するためのスイッチング機能としての利用に限定して、表示は LCD で行うという PDP・LCD のハイブリッド型電子ディスプレイである。1990 年代には PDP の方が LCD より大型化が先行していたのを背景にして、大型壁掛テレビ受像機をターゲットにした Plasma Addressed Liquid Crystal (PALC) ディスプレイの研究開発が盛んに行われた。しかしながら、PALC は波動光学を科学のベースにした LCD に電磁気学を科学のベースに

した電子管を組合せたものであり、電磁気学から量子力学への固体化の流れに逆らうことは出来ず、LCD に量子力学を科学のベースにした TFT を組合せた TFT-LCD に敗れ去り、極めて小規模な生産のみで終息を迎えた。

図 2-8 (a) に示すダイオード・アドレス方式 LCD はという二端子素子であるダイオードを使ってアクティブ駆動を行う。「金属・絶縁層・金属」の積層構造をもつことから MIM (Metal Insulator Metal) -LCD という名称で、1990 年代前半にはノートコンピュータ用途をターゲットにして TFT-LCD と覇権を争った。図 2-7 (b) の FETC・アドレス方式 LCD ではスイッチング素子として TFT を用いた LCD を例として記載しているが、TFT は三端子素子であるため X、Y、共通電極という 3 種類の電極が必要になる。一方、図 2-8 (a) のダイオード・アドレス方式 LCD は二端子素子のダイオードをスイッチング素子として用いるため、図 2-7 (a) に示すパッシブ駆動型 LCD と同様に X、Y の 2 種類の電極しか必要としない。よって、製造コスト面で MIM-LCD は TFT-LCD より有利であるとしてノートコンピュータの需要拡大に合わせて普及が期待された。しかしながら、MIM と TFT との間にはスイッチング素子の電気特性としての歴然とした性能差が存在し、MIM-LCD は TFT-LCD に対して表示品位では劣るものであった。TFT-LCD の製造コストダウンの進行と共に次第に MIM-LCD は市場から姿を消し、その生産は終息している。

Lechner et al.の提案を受けて、1975 年には Westinghouse Electric 社 の Brody et al.により、CdSe を半導体材料に用いた TFT によるアクティブ駆動型エレクトロルミネッセンスディスプレイの試作が発表された。しかしながら、1960 年代と変わらずに不安定で再現性の悪い半導体材料であるため、CdSe-TFT を用いたアクティブ駆動型電子ディスプレイが産業化されることはなかった。TFT が再び研究開発の表舞台に登場するのは、1975 年のイギリス Dundee 大学の Spear and Le Comber による、グロー放電によるプラズマ CVD 水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 薄膜の価電子制御の発表からである。1979 年には Le Comber, Spear and Ghaith により a-Si:H を用いた TFT の試作が、また 1981 年に同じく Dundee 大学の Snell et al.により a-Si TFT によるアクティブ駆動型 LCD が試作され、現在におけるテレビ受像機用などの大型 LCD の原型となった。その後、日本企業が中心となって量産性を高める研究開発が積極的に行われ、大面積ガラス基板への均一な薄膜成膜、容易な微細加工、低温での薄膜形成という a-Si TFT 製造プロセスの特徴を活かして、シリコン基板を用いた半導体産業とは異なる、ガラス基板を用いたジャイアントマイクロエレクトロニクスという新しい産業を生み出した。

また、1979年には日立製作所の松井ほかにより、超真空蒸着法を用いた多結晶シリコンを半導体材料に用いた TFT (poly-Si TFT) の特許出願が行われた (Matsui et al 1980)。以降、poly-Si TFT の研究開発が積極的に行われるようになり、1994年にはセイコーエプソンの Mano, Kodaira and Ohshima より、量産性に優れたレーザーアニール法による低温ポリシリコン TFT-LCD の特許が出願された。a-Si:H における電子移動度は  $0.5\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$  前後であり、また正孔移動度が  $0.01\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$  以下で極端に低く、n チャネルの TFT しか作ることが出来ない。一方、poly-Si TFT における電子移動度は約  $100\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$  前後であり、また正孔移動度も電子移動度と比較出来る程度に高いため、CMOS 構造による理論回路を組み込むことが可能である。その poly-Si TFT の特徴を活用してドライバ回路をモノリシックにすることで、ドライバ端子の高密度実装を不要とするだけでなく、ドライバ IC の削減によるコストダウンが実現し、現在におけるスマートフォン用 LCD に代表される中小型高精細 LCD の産業を立ち上げる原動力となった。また、2005年には東京工業大学の Hosono et al. (2007) により酸化物半導体を用いた TFT の特許が出願されている。酸化物半導体 TFT は、poly-Si TFT には劣るものの a-Si TFT に比べて 20 から 50 倍の高い電子移動度と、シリコン系半導体では望むことの出来ない a-Si TFT の 3 桁以上、poly-Si TFT の 4 桁以上の超低リーク特性を有している。その特徴のあるトランジスタ特性を活用して、低消費電力の低周波駆動 LCD や大型高精細 LCD への採用が始まり、拡大を続けている。

このように、アクティブ駆動型 LCD を構成する TFT は、電子ディスプレイ産業の技術領域で研究開発が行われたものではなく、全く別の産業である半導体産業の技術領域に属するものであった。これは、パッシブ駆動型 LCD が波動光学という科学をベースにして、連続的なイノベーションにより進化したものとは全く別の、半導体産業における量子力学を科学のベースにした技術領域が融合したものである。図 2-9 にアクティブ駆動型 LCD と、半導体産業における主力製品の一つである DRAM (Dynamic Random Access Memory) の等価回路を示す。アクティブ駆動型 LCD と DRAM の等価回路は非常に酷似しており、「液晶は電荷を貯めるための容量」と考えれば、アクティブ駆動型 LCD はメモリそのものである。視点を電子ディスプレイ産業から半導体産業に変えると、アクティブ駆動型 LCD は半導体産業における技術領域の連続的なイノベーションに過ぎないとも言える。

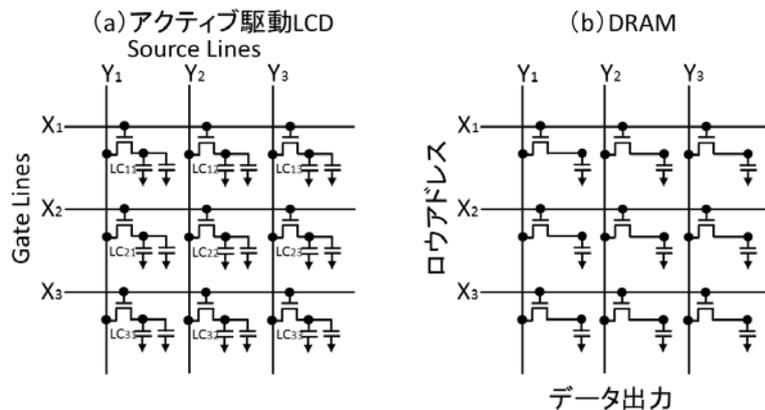


図 2-9 アクティブ駆動型 LCD と DRAM の等価回路

ここで、これまでのアクティブ駆動型 LCD が産業化されるまでの半導体に関する研究開発の歴史を年表として整理する。ここで、欧米の企業と研究機関によるものを●印、日本企業によるものを○印で分類している。

- 1928年 電界効果型トランジスタのアイデア特許 Lilienfeld (米)
- 1947年 点接触型トランジスタ Bardeen and Brattain  
(米 Bell Telephone Laboratories)
- 1948年 バイポーラトランジスタ Shockley (米 Bell Telephone Laboratories)
- 1953年 チョクラルスキー法による Ge 単結晶作成 Little and Teal  
(米 Bell Telephone Laboratories)
- 1959年 プレーナー法 Hoerni (米 Fairchild Camera Instrument)
- 1959年 集積回路 (Integrated Circuit : IC) Kilby (米 Texas Instruments)
- 1959年 バイポーラ IC Noyce (米 Fairchild Semiconductor)
- 1960年 シリコン MOSFET Kahng and Atalla (米 Bell Telephone Laboratories)
- 1961年 CdS-TFT Weimer (米 RCA)
- 1971年 アクティブ駆動型ディスプレイ Lechner et al. (米 RCA)
- 1975年 CdSe-TFT アクティブ駆動型 EL Brody et al. (米 Westinghouse Electric)
- 1975年 グロー放電による a-Si:H 薄膜の価電子制御 Spear (英 Dundee 大学)
- 1979年 a-Si:H-TFT Le Comber, Spear and Ghaith (英 Dundee 大学)
- 1979年 超真空蒸着法を用いた poly-Si TFT 松井ほか (日立製作所)
- 1981年 a-Si-TFT アクティブ駆動型 LCD Snell (英 Dundee 大学)

○1994年 低温ポリシリコン TFT-LCD Mano, Kodaira and Ohshima

(セイコーエプソン)

○2005年 酸化物半導体 TFT Hosono et al. (東京工業大学)

前述のパッシブ駆動型 LCD と同様にアクティブ駆動型 LCD においても、量子力学を科学のベースとして TFT を研究開発し、LCD をアクティブ駆動することを提案したのは米国の企業か研究機関であり、そこにはアクティブ駆動型 LCD を産業化することになる日本企業の名前はどこにも表れていない。逆に、日本企業は、米国の TFT に関する基本的な研究開発と、LCD をアクティブ駆動する提案を積極的に取り入れ、アクティブ駆動型 LCD を産業化するために必要となる「性能改善」と「生産方法」に関する研究開発に注力している。アクティブ駆動型 LCD の産業化においても日本企業の「オープンイノベーション」を確認することが出来る。

### 3. 電子ディスプレイ産業の概要調査

技術者はその技術分野の専門職共同体と企業組織の異なる二つの集団に属している。本研究の分析対象である電子ディスプレイ業界における技術者の思考傾向については、技術者が専門職として保有する電子ディスプレイ分野の技術領域の知識だけでなく、技術者が所属する企業組織の戦略と行動からの影響も受ける。よって、第 3 章では電子ディスプレイ産業の概要について整理を行う。

第 3 章の構成は以下の通りである。第 1 節では電子ディスプレイ産業の生産量推移をまとめる。第 2 節では各種電子ディスプレイ産業の歴史について整理する。また、各種電子ディスプレイに関する技術はそれぞれが独立したものではなく、時間軸において相互関係を有している。そこで、第 3 節ではテレビ受像機用電子ディスプレイとして激しい競争を行った CRT、PDP、LCD 産業におけるそれぞれのイノベーションのタイプについて、それぞれの技術領域の拠り所となっている科学のベースを視点に加えて考察を行う。第 4 節では電子ディスプレイメーカーにおける戦略の差異をまとめる。第 5 節では複数の電子ディスプレイメーカーで構成される業界団体における企業戦略について整理する。第 6 節では電子ディスプレイ産業における日本企業の凋落要因についての先行研究調査を行い、本研究の技術者の思考傾向と技術領域の幅と奥行きに関する分析についてオリジナリティの確認を行う。

#### 3. 1. 電子ディスプレイ産業の生産量推移

電子デバイスは製品の使用者からは直接見ることが出来ない、正に装置の中の「部品」であることが多いが、その中で電子ディスプレイは人間の目と直接的な接点を持つデバイスであり、人間が目を使って外部からの情報を得る限り、マンマシンインターフェイスとしての電子ディスプレイは必要なものとして存在し続ける。表 3-1 に本章で用いる電子ディスプレイの種類一覧を示す。第 2 章では電子ディスプレイを表示原理に基づいて分類を行ったが、第 3 章では生産数量と生産金額の時間的推移を整理するため、電子ディスプレイの分類については IHS Technology 社（旧 Display Search 社）の情報を用いてより細分化を行い、生産量の観点でデータの加工集計を行った。

CRT、VFD、PDP、FED は電子管の原理による電子ディスプレイであり、全て蛍光発光を用いた自発光型表示である。PM-LCD (Passive Matrix LCD) はパッシブ駆動を行う LCD であり、a-Si (Amorphous Silicon) TFT LCD、HTPS (High Temperature Poly-Silicon)

TFT LCD、LTPS (Low Temperature Poly-Silicon) TFT LCD、Oxide TFT LCD は用いる半導体材料の種類は異なるが、現在の電子ディスプレイ産業において主流となっているアクティブ駆動を行う LCD である。これら LCD は外部光源に対するシャッターとしての機能しか有していない非発光型表示であり、ほとんどの LCD では外部光源として LED を用いたバックライトを組合せて電子ディスプレイとしている。その LED そのものを画素駆動して電子ディスプレイとしたものが、PMOLED (Passive Matrix OLED)、AMOLED (Active Matrix OLED) であり、電子ディスプレイメーカーは AMOLED による LCD の置き換えを目指して積極的な研究開発と設備投資を行っている。

それ以外の電子ディスプレイとしては、OLED 同様に半導体に電界を印可して得られる電界発光を利用した EL、外光を利用する低消費電力を特徴とした EPD が存在する。但し、本章では微細加工技術を用いて電子回路と機械構造を融合した MEMS について、プロジェクタ用の光学エンジンとして使われている DMD を利用した電子ディスプレイを DLP、DMD を利用しない MEMS による電子ディスプレイを MEMS と分類して標記している。表 3-1 に示すように、原理の異なる多種多様な電子ディスプレイが研究開発を経て生産され、多岐の用途に合わせて使われてきた。

表 3-1 電子ディスプレイの種類一覧

|               |   |                          |
|---------------|---|--------------------------|
| CRT           | Cathode Ray Tube  | ブラウン管                    |
| VFD           | Vacuum Fluorescent Display                                    | 蛍光表示管                    |
| PDP           | Plasma Display Panel  | プラズマディスプレイ               |
| FED           | Field Emission Display  | 電界放出ディスプレイ               |
| PMLCD         | Passive Matrix Liquid Crystal Display                         | パッシブマトリクス型液晶表示装置         |
| a-Si TFT LCD  | Amorphous Silicon Thin Film Transistor Liquid Crystal Display | アモルファスシリコン薄膜トランジスタ液晶表示装置 |
| HTPS TFT LCD  | High-temperature Poly-Silicon Liquid Crystal Display          | 高温ポリシリコン液晶表示装置           |
| LTPS TFT LCD  | Low-temperature Poly-Silicon Liquid Crystal Display           | 低温ポリシリコン液晶表示装置           |
| Oxide TFT LCD | Oxide Thin Film Transistor Liquid Crystal Display             | 酸化物薄膜トランジスタ液晶表示装置        |
| LCOS          | Liquid Crystal on Silicon                                     | LCOS                     |
| DLP           | Digital Light Processing                                      | DLP                      |
| EL            | Electroluminescence   | エレクトロルミネセンス              |
| PMOLED        | Passive Matrix Organic Light Emitting Diode                   | パッシブマトリクス型有機EL           |
| AMOLED        | Active Matrix Organic Light Emitting Diode                    | アクティブマトリクス型有機EL          |
| EPD           | Electronic Paper Display                                      | 電子ペーパー                   |
| MEMS          | Micro Electronic Mechanical Systems                           | マイクロエレクトロニクスメカニカルシステム    |

図 3-1 に電子ディスプレイ産業における電子ディスプレイの種類別生産推移（左：数量、右：金額）を示す。2014 年における電子ディスプレイの生産規模は、数量・金額共に LCD が支配的であることが確認出来る。年間生産数量と年間生産金額の間でそれぞれの電子デ

ディスプレイに対応する割合に差があるのは、電子ディスプレイの用途によって主に使われる画面サイズと精細度が異なるためである。大画面で単価の高いテレビ受像機用電子ディスプレイとして主に使われてきた CRT、PDP、a-Si TFT LCD は、年間生産数量におけるそれぞれが占める割合より、年間生産金額に対する占める割合の方が大きくなっている。

まずは生産数量推移について動向を確認する。生産数量に対しては比較的画面サイズの小さい携帯機器用電子ディスプレイの影響が大きく、過去には数字や文字表示などの単純な情報を表示するパッシブ駆動表示の VFD と PMLCD が高い比率を示していた。しかしながら、時間経過と共に携帯機器の高性能化に対応するように表示容量増加と表示品位向上の要求が高まり、加えてデジタルテレビ受像機の市場投入により a-Si TFT LCD、LTPS TFT LCD、AMOLED などのアクティブ駆動表示の電子ディスプレイへと主役は移行している。また、2014 年において PMLCD を含める LCD が非常に高い割合を占めているのに対して、過去には電子ディスプレイ産業の主役であった VFD と CRT などの電子管の原理による電子ディスプレイは市場から姿を消す寸前まで比率を低下させている。

次に生産金額推移について動向を確認する。生産金額に対しては比較的画面サイズの大きいテレビ受像機用電子ディスプレイの影響が大きく、その主役である CRT が高い比率を占めていた。しかしながら、テレビ放送のデジタル化と同時に PDP と a-Si TFT LCD の比率が上昇したが、PDP については 2006 年をピークに前年比減少に転じ、2014 年においては a-Si TFT LCD が市場において支配的な割合を示している。現在に至るまで CRT、PDP、a-Si TFT LCD、AMOLED の 4 種類がテレビ受像機用電子ディスプレイとして産業化されたが、その中で CRT と PDP の世界生産は 2014 年をもって共に終息を迎え、現在生産を継続しているのは LCD、OLED のみである。また、表示容量と表示品位において優位なアクティブ駆動表示の電子ディスプレイの方がパッシブ駆動表示より高い単価であることも背景にして、2014 年においては a-Si TFT LCD、LTPS TFT LCD、AMOLED などのパッシブ駆動表示の電子ディスプレイが生産金額として支配的な割合であることが確認出来る。

電子ディスプレイの種類別生産推移動向により、テレビ受像機用電子ディスプレイ産業において、1950 年頃のテレビ放送開始から半世紀以上の間、LCD に取って代わられるまで絶対的な存在として君臨し続けた CRT とは対照的に、PDP は小規模かつ約 20 年という短命に終わっていることが確認出来る。数多くの電子ディスプレイメーカーが PDP 産業に巨額の研究開発と設備投資を行ったにもかかわらず、PDP の産業ライフサイクルを拡大維持することは出来ず、小規模かつ短命に終息を迎えることになった。現在では、LCD 産業が

かつての CRT 産業の数量・金額を凌駕する規模まで拡大し、電子ディスプレイ産業を牽引する形で成長を続けている。

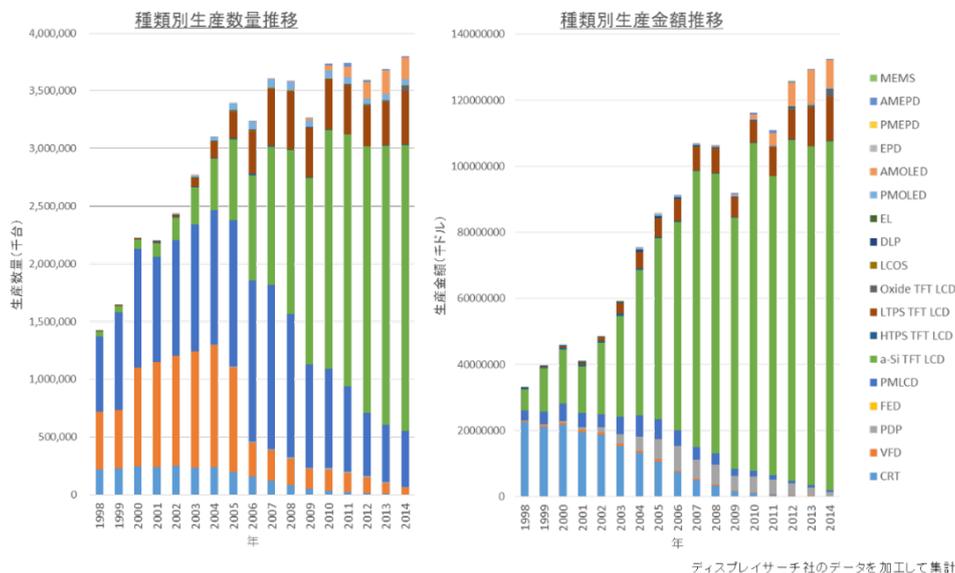


図 3-1 電子ディスプレイの種類別生産推移

次に LCD により電子ディスプレイ産業が急拡大した理由について考察を行う。図 3-2 に TFT-LCD の用途別生産推移（左：数量、右：金額）を示す。数量ベースでは Mobile Phone/Smart Phone が、金額ベースでは LCD TV の著しい成長が確認出来る。LCD は CRT の限定された用途である、TV と Desktop Monitor を単に置き換えるだけでなく、軽量、薄型、低消費電力の特徴を活かした、Mobile Phone/Smart Phone、Notebook PC、Tablet などに代表される、高電圧が必要で、重くて分厚い CRT では実現不可能である多種多様な新規の携帯機器を創出した。CRT と同様に電子管の原理による電子ディスプレイである PDP では、LCD のような新規アプリケーションの創出は不可能なことであった。PDP は CRT と比較すれば大型画面サイズに対応可能であり、薄型軽量ではあるが、LCD の軽薄短小には遠く及ばず、また CRT の欠点である高い消費電力を引き継いでいる。よって PDP の用途は CRT の用途である TV と Desktop Monitor に加えて、大型薄型を活かした Public Display の 3 種類に限定されたものとなった。

PDP より LCD の方が軽薄短小で低消費電力であることは表示原理から明らかであった。よって、PDP の用途は限定されて、LCD の用途は拡大したという事実は、過去を振り返っての結果でしか判断出来ないことではなく、それぞれの産業が始まる前から判断出

来る自明の理であったのかもしれない。この点については、第4章において技術者へのインタビューにより技術者がどのように思考していたのかについて分析を行う。

また、LCDの技術開発において、用途別に特化した技術は存在するものの限られており、ほとんどが用途に関係なく共通に使える技術で構成されている。LCDの構成部材についても用途に関係なく共通に使えるものが多い。LCDの用途拡大は産業に関連する企業の増加を促し、それによりLCD技術の進化を急加速した。このことが、現在の電子ディスプレイ産業において、PDPを排除し、かつてのCRTに取って代わってLCDが支配的な地位を占めている要因の一つであると考えられる。この点については、第5章において特許文献情報による技術領域の多様性分析により考察を行う。

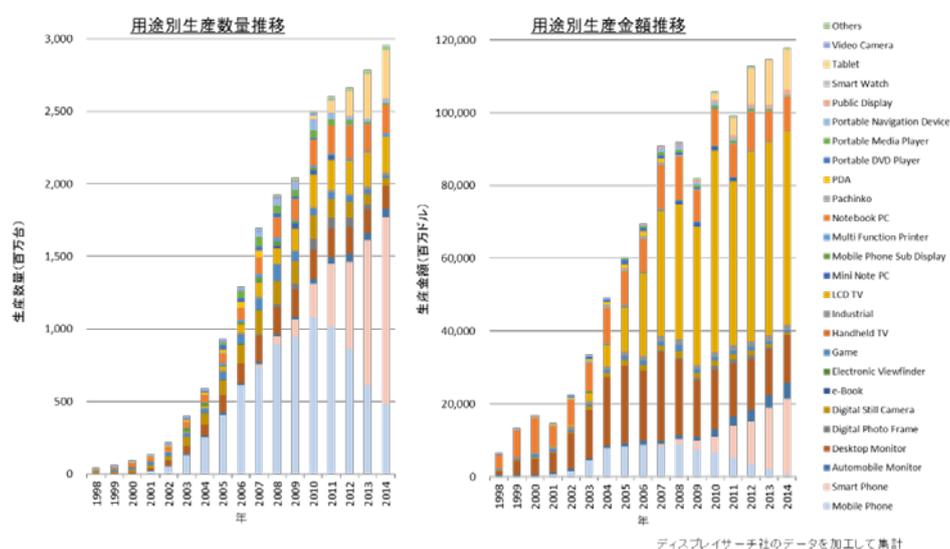


図 3-2 TFT-LCD の用途別生産推移

### 3. 2. 電子ディスプレイ産業の歴史

各種電子ディスプレイと用途の関係を明らかにするために、図 3-3 に電子ディスプレイ産業の歴史を整理する。横軸は各電子ディスプレイの量産開始時期を記載している。電子ディスプレイ産業において、CRT と放電表示管、非常に初期の LCD を除いて、日本のディスプレイメーカーによって量産化されたものがほとんどである。よって、横軸の時期については日本メーカーによる各種電子ディスプレイ（CRT と放電表示管、LCD を含む）の量産開始時期を用いて図示している。但し、量産開始まで至らずに終わった電子ディスプレイについては開発発表時期を記載している。また、縦軸は電卓に代表される数字表示からテレビ受像機に代表される映像表示への、表示容量の拡大を表している。また、表示

原理として真空管、半導体、それ以外の3種類に分類して表記を行った。

テレビ受像機用電子ディスプレイの産業化について歴史を整理する。日本における CRT の製造は東京電気（現東芝）により 1925 年にオシロスコープ等の観測用からスタートしたが、テレビ受像機用については同じく東京電気による 1937 年の開始まで待たなければならなかった（大石 1988）。1953 年の日本におけるテレビ本放送開始に合わせて、国産のテレビ受像機用 CRT は 1954 年から 1955 年にかけて活発化した。テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて、CRT は PDP と LCD の量産開始までテレビ受像機用電子ディスプレイとしては唯一無二な存在として君臨し続けた。

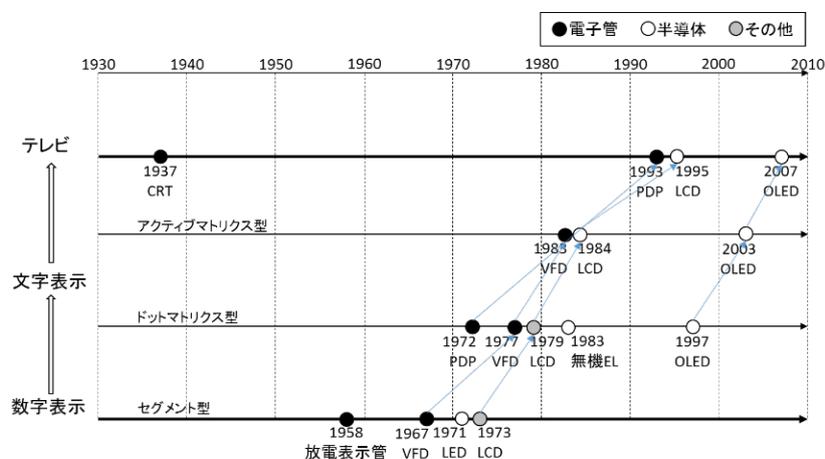


図 3-3 電子ディスプレイの歴史（量産開始時期）

1993 年に富士通からテレビ受像機用 PDP の原型となる、広告媒体や公衆表示などのモニタ用対角 21 インチ型カラー PDP の製造が開始された（荻原 2004a）。CRT は構造的に対角 40 インチ型を超えると重量が 100kg を超えるため、対角 36 インチ型程度が家庭用として実用的な限界であった（井上 1999）。そこで、PDP は CRT を超える大型 FPD の実現を目指し、1996 年にはテレビ受像機用対角 42 インチ型カラー PDP の量産を開始した（荻原 2004b）。一方、LCD は 1980 年代後半に数社から CRT では製造困難な対角 3 インチ型程度の小画面テレビ受像機の量産がスタートしたが、これは携帯用という特殊目的のテレビ受像機であった（船田 2007）。CRT の置き換えを狙った LCD は 1998 年にシャープによる、2014 年度 IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) Milestone に認定された対角 14 インチ型 LCD テレビ受像機の試作機開発を経て、1995 年にシャープから対角 10.4 インチ型 TFT アクティブ駆動型 LCD を用いたテレビ受像機の量産が開始されたのが最初となる（武 2015）。また、OLED テレビ受像機については

2007年のソニーによる対角10.9インチ型の量産から始まった（森 2008）。

文字表示用電子ディスプレイの産業化について歴史を整理する。1956年にニクシー管と呼ばれる放電表示管を最初に開発したバローズ社の後を追う形で、1958年に岡谷電機、日本電気などにより数字表示が可能な放電表示管の量産が始まり、1964年に電卓の数字表示部として使われた（小泉 1988）。以降、図 3-3 における右方向の動きとして、バッテリーによる駆動が可能な電卓などの携帯機器への搭載を目指して電子ディスプレイの低消費電力化の要望が高まり、1967年に放電表示管と比較して低電圧で表示可能な VFD の量産が伊勢電子工業（現ノリタケ伊勢電子）により始まった（森本 1987）。VFD は低電圧駆動の特徴を活かして携帯機器だけでなく、オーディオ用やビデオレコーダー用、自動車用などに用途を拡大した。続いて、1971年には赤色 LED がビジコン社の小型電卓に初めて搭載された。また、1973年にはシャープより小型電卓向け LCD の量産が始まった（瀬尾 2006）。これらの電子ディスプレイの量産は小型軽量化と低消費電力を伴うものであり、それぞれの世代でその特徴を活かして応用分野の拡大を進めた。

一方、低消費電力化と共に、図 3-3 における上方向の動きとして、大表示容量化（大型化と高精細化）を目的とした技術開発が盛んに行われた。当初、数字やアルファベットなどの比較的簡単な文字を表示するために、複数のセグメントを平面的に配置して、その一部のセグメントを選択駆動して表示する「セグメント型」が使われていた。次に、多数のドットの点滅を組合せることで自由度の高い図形、漢字や画像などのグラフィックが表示可能な、パッシブ駆動の「ドットマトリクス型」へと進化した。日本におけるパッシブ駆動ドットマトリクス型電子ディスプレイの量産は、1972年から1976年にかけての DC（Direct Current）型 PDP の実用化から始まった。以降、1977年には VFD がマトリクス型へと進化した（森本 1987）。また、LCD も 1979年にドットマトリクス型へと進化した（武 2015）。PDP と共に、無機 EL と OLED はパッシブ駆動ドットマトリクス型から始まった電子ディスプレイである。1983年にはシャープから橙黄色の無機 EL が製品化され、1997年にはパイオニアから緑色 OLED が製品化された（森 2015）。

更なる大表示容量化を目指して、ドットマトリクスを個別にアクティブ駆動する方式へと移行し、動画などの高品位が必要とされる画像まで表示することが可能となる。1983年には伊勢電子よりビデオカメラのビューファング用にアクティブ駆動化された VFD が発表された（森本 1987）。翌年 1984年には諏訪精工舎（現セイコーエプソン）より p-Si TFT を用いた対角 2 インチ型携帯カラー LCD テレビ受像機が製品化されたが、アクティ

ブ素子としては高温でアニールすることでシリコンの結晶化を行う高温ポリシリコン (HTPS) を用いていた。現在ノートパソコン用とテレビ受像機用 LCD の主流であるアモルファスシリコン (a-Si) をアクティブ素子に使った LCD は、1986 年に松下電器産業から市販された対角 3 インチ型カラー TFT-LCD テレビ受像機が世界初である (武 2015)。また、スマートフォン用 LCD の主流である低温ポリシリコン (LTPS) をアクティブ素子に使った LCD は、1996 年にソニーと三洋電機の協業で開発され、JVC のビデオカメラに搭載された対角 2.5 インチ型フルカラー TFT-LCD が世界初となっている (米田 2012)。また、2003 年にはサンヨーコダックディスプレイよりアクティブ駆動 OLED の製品化が行われた (森 2015)。

こうして、文字表示用電子ディスプレイにおける大表示容量化の進行と共に、画面サイズと精細度の点で CRT との境界は曖昧なものとなり、PDP は 1993 年、LCD は 1996 年に、CRT の独占市場であったテレビ受像機へと参入を果たした。以上のように、電子ディスプレイは低消費電力化と大表示容量化の二つの軸で進化し、その時代において一番性能とコストのバランスが取れた電子ディスプレイが用途に合わせて選ばれてきたと考えられる。

### 3. 3. 電子ディスプレイにおけるイノベーションのタイプ

第 2 章では各種電子ディスプレイの技術概要と歴史について整理を行った。また、第 3 章第 2 節では各種電子ディスプレイの産業化について整理を行った。しかしながら、それぞれを独立した技術と産業して個別に整理しただけであり、異なる電子ディスプレイにおける技術領域間の相互関係についてはまだ明らかになっていない。そこで、本研究における分析対象であるテレビ受像機用電子ディスプレイにおけるイノベーションについて考察を行い、CRT と PDP、LCD の関係について整理する。

テレビ受像機用電子ディスプレイの主役が CRT であった時代に、モノトーン表示しか出来ない当時の PDP は銀行窓口端末、POS 端末など非テレビ受像機用電子ディスプレイから産業をスタートした。また、当時の LCD は CRT の表示性能には遠く及ばないことを理由の一つとして、得意な軽薄短小と低消費電力を活かして数字表示用電子ディスプレイから産業をスタートした。どちらの市場も巨大なテレビ受像機用電子ディスプレイ市場と比べれば取るに足らない市場規模であった。しかしながら、時間と共に PDP はカラー化を実現して、CRT が独占していたテレビ受像機用電子ディスプレイにおいて大型画面テレ

び受像機用電子ディスプレイとして参入を果たした。また、LCD はアクティブ駆動法などの新技術を組合せることで CRT の表示性能を凌駕して、最終的にテレビ受像機用電子ディスプレイの主役を CRT から奪った。

Christensen (1997=2001) は持続的イノベーション (Sustaining Innovation) と破壊的イノベーション (Disruptive Innovation) の 2 種類にイノベーションを分類している。しかしながら、Christensen は破壊的イノベーションについて、その定義を具体的に明文化していない。そこで、文献の内容から Christensen の提唱するイノベーションの定義を整理すると以下の通りになる。持続的イノベーションが主流市場で認められている価値基準に沿って製品の性能を向上させるのに対して、破壊的イノベーションは、

1. 製品の性能を一時的に主流市場では認められないほどあえて落とすイノベーション
2. 主流市場から見ると取るに足らない市場規模の新市場が発見され、

その新市場が時間と共に主流市場を破壊するイノベーション

となる。そこで、電子ディスプレイにおける上記の事実を Christensen が提唱するイノベーションの定義に合わせ込んだ場合、CRT から PDP へのイノベーションと CRT から LCD へのイノベーションはどちらも破壊的イノベーションに分類される。しかしながら、テレビ受像機用電子ディスプレイ市場では PDP は LCD に駆逐されて消滅し、破壊的イノベーションが別の破壊的イノベーションにより淘汰されるような様相を呈している。そこで、電子ディスプレイにおけるイノベーションについて、山口 (2006) が提唱する「イノベーション・ダイヤモンド」を用いて、「科学のパラダイムシフト」という視点で整理を行う。

Christensen は、ハードディスクドライブ (HDD) 産業において、フェライト・ヘッドから薄膜ヘッド、磁気抵抗 (MR) ヘッドといった、記録密度を指数関数的に伸ばすイノベーションを「持続的イノベーション」の例として挙げている。また、14 インチから 8 インチ、5.25 インチ、3.5 インチ、2.5 インチ、1.8 インチと小型化のためにインチ数を縮小することで、記録容量としては「性能を引き下げる」イノベーションを「破壊的イノベーション」と定義している。同様の考え方により、Christensen が真空管からトランジスタへのイノベーションを「破壊的イノベーション」に分類したことに対して、山口 (2006) は反論を行った上でイノベーションについて再定義を行っている。トランジスタは真空管に対して「性能をあえて引き下げた」のではなく、「技術の未熟によって期待する性能が出なかった」のであり、原理的にはトランジスタは真空管の性能を凌駕する「持続的イノ

バージョン」とした上で、科学のパラダイムを破壊した「パラダイム破壊型イノベーション」と定義し分類した。図 3-4 に山口が提唱している「イノベーションの 2 次元構造」を示す。Christensen が提唱した「性能持続型」と「性能破壊型」の性能軸における定義を水平軸とした場合、山口はそれに直交する形で「パラダイム持続型」と「パラダイム破壊型」のパラダイム軸を追加して、その二軸によりイノベーションを再定義している。

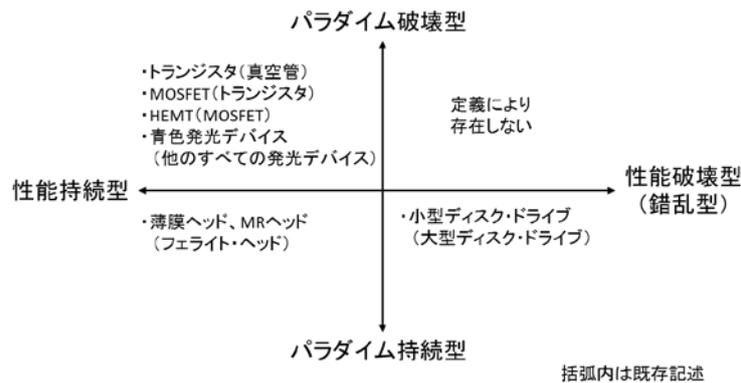


図 3-4 山口の「イノベーションの 2 次元構造」

「パラダイム」とは Kuhn (1970=1971) が初めて世の中に示した科学史上の概念であり、以下の様に定義を行っている。

1. 他の対立競争する科学研究活動を捨てて、それを支持しようとする熱心なグループを集めるほど、前例のないユニークさを持っている業績。
2. その業績を中心として再構成された研究グループに解決すべきあらゆる種類の問題を提示してくれる業績。

以上の定義を前提として、「その科学者集団のパラダイムに立脚し、そのパラダイムを受け入れた上で、自然界に問いかけ、そこから回答を引き出そうとすること」を通常科学と呼んでいる。これは、山口が提唱する「パラダイム持続型イノベーション」に対応する。また、「そのパラダイムでは処理出来ない自然現象が見出されたとき、科学は危機的状況を迎え、突然の大転換が起こる」ことを科学革命と定義している。これは、山口が提唱する「パラダイム破壊型イノベーション」に対応する。

ここで、図 3-5 に山口が提案した「イノベーション・ダイアグラム」を示し、これを用いて上記 2 種類のイノベーションについて説明する。イノベーション・ダイアグラムでは、縦軸を価値の創造（開発）、横軸を知の創造（研究）としてイノベーションのプロセスを図示している。また、価値付けされた「技術」と価値付けされていない「知」との境

界線を明確にし、境界線の下の領域を「土壌」として定義している。既存の知である S を基礎とする既存技術 A と、同じ既存の知 S を基礎として、A を出発点として、その延長上にあるパラダイムを持続した技術 A' に対して、A→A' の経路をパラダイム持続型イノベーションとして図示する。また、既存の知 S とはパラダイムの異なる、新しく創造された知 P を基礎とする技術 A\* に対して、A→S→P→A\* の経路をパラダイム破壊型イノベーションとして図示する。

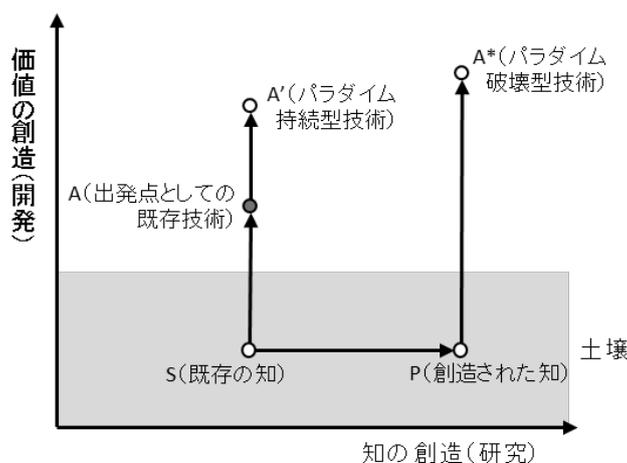


図 3-5 イノベーション・ダイアグラムにおけるパラダイム持続型/破壊型イノベーション

電子ディスプレイを含む電子デバイスのイノベーションは「電子管から固体素子への移行」という大きな流れで進んでいる。既に、多くの電子デバイスの産業分野において電子管から半導体を用いた固体素子への置き換えが急速に進行している。例えば、

- ・整流素子：電子管の二極真空管から固体素子のダイオードへ
- ・増幅素子：電子管の三極真空管から固体素子のトランジスタへ
- ・撮像素子：電子管の撮像管から固体素子の CCD/CMOS イメージセンサーへ
- ・光源：電子管から白熱電球、蛍光灯から固体素子の LED へ

などが挙げられる。ニュートン力学と電磁気学では説明をすることが出来ない現象に対して、それを解消するために量子力学という新しい物理学が誕生した。電磁気学と量子力学は無関係ではないが、異なる科学のパラダイムである。電子管は電磁気学を、また半導体は量子力学を科学のベースにしている。それは電子管から固体素子への移行は、産業における科学のベースが電磁気学から量子力学へ変化したことを表しており、パラダイム破壊型イノベーションに分類される。電子管と固体素子は全く異なるパラダイム上の技術であ

る以上、そこには明確な境界線を引くことが出来るのが一般的である。よって、電子管から固体素子への移行が進んでいる上記の電子デバイスにおいては、その間に明確な境界線が存在している。言い換えれば、上記の電子デバイスには電磁気学を科学のベースにしたものと量子力学を科学のベースにしたものとの間に明確な境界が存在しており、どっちつかずの曖昧な電子デバイスは存在していない。

しかしながら、他の電子デバイスに比べて電子ディスプレイ産業は電子管から固体素子への置き換えにおいて非常に複雑な動きを見せている。そこで、山口が提唱するイノベーションの定義に基づき電子ディスプレイにおけるイノベーションについて整理を行う。図 3-6 に電子ディスプレイのイノベーション・ダイアグラムを示す。テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて、絶対的王者として君臨していた CRT の置き換えを目指して、PDP と LCD の二つの技術が熾烈な競争を行った。これは、「CRT から PDP」と「CRT から LCD」の異なる 2 種類のイノベーションがほぼ同時期に行われたと言える。

PDP は高電圧のマトリクス駆動にパワー半導体という固体素子を使用しているものの、単純マトリクス状に多数の蛍光灯を並べただけの、CRT と同じ「電子管」に属している。よって、CRT と PDP はどちらも電磁気学を科学のベースとしていることに変わりはなく、図 3-4 における左下の「性能持続型・パラダイム持続型」に分類することが出来る。よって、図 3-6 (a) に示すように、イノベーション・ダイアグラムにおいては、既存の知 S (電磁気学) の縦軸方向に、既存技術 A (CRT) とパラダイム持続型技術 A' (PDP) が存在し、A→A'のパラダイム持続型イノベーションとして図示することが出来る。

一方、テレビ受像機用 LCD は高い表示品位を必要とするためアクティブ駆動を用いている。LCD は液晶分子の屈折率異方性を利用した波動光学に基づいている。LCD を構成する 2 枚のガラスの間に挟持された液晶分子層への電圧印可を変化させて、光の偏向状態を制御して表示を行う電子ディスプレイである。光は電磁波の一部であり、偏向制御はマックスウェルの方程式で表すことが出来るので、波動光学は電磁気学に含まれる。ここには量子力学の概念は全く存在していない。よって、LCD は「真空管ではないが、電磁気学をベースにしたもの」となる。ここで、一般的には科学の分類として波動光学は電磁気学の一部と判断されているが、本研究においては、異なる原理の LCD と真空管との関係を明確に分類するため、真空管における科学のベースである電磁気学と、LCD における科学のベースである波動光学を別の科学のパラダイムとして表記を行う。

LCD の技術開発が深耕すると、液晶分子層の駆動法が単純に外部から電圧を印可するパッシブ駆動表示から、TFT を用いたアクティブ駆動表示へと進化する。TFT は半導体薄膜を用いたトランジスタであり、量子力学を科学のベースにしている。よって、アクティブ駆動型 LCD は、CRT が科学のベースとしている電磁気学ではなく、波動光学を科学のベースにした LCD 部分と、量子力学を科学のベースにしたアクティブ駆動用 TFT の組合せであり、パラダイムの変化がみられる。よって、CRT からアクティブ駆動型 LCD へのイノベーションは、図 3-4 における左上の「性能持続型・パラダイム破壊型」に分類することが出来る。よって、図 3-6 (a) に示すイノベーション・ダイアグラムにおいては、既存の知 S（電磁気学）の横軸方向に新たに創造された知 P（量子力学）が存在し、また P の縦軸方向にパラダイム破壊型技術 A\*（アクティブ駆動型 LCD）が存在し、それらを繋いだ A→S→P→A\*のパラダイム破壊型イノベーションとして図示される。

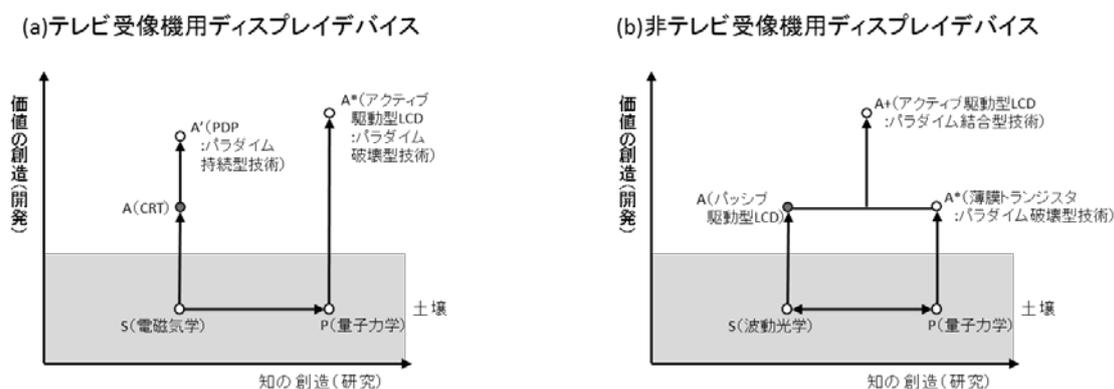


図 3-6 電子ディスプレイにおけるイノベーション・ダイアグラム

次に、数字・文字表示から始まって、現在ではスマートフォンに搭載されるまでに性能を進化させた携帯機器用電子ディスプレイにおけるイノベーションについて整理を行う。携帯機器に搭載する電子ディスプレイにはモバイル性を実現するために軽薄短小と低消費電力が要求される。よって、サイズが大きく電力消費量が多い電子管である CRT を用いた携帯機器はほとんど存在しない。よって、携帯機器用電子ディスプレイはデジタル時計や電卓へ搭載されたパッシブ駆動型 LCD から始まり、アクティブ駆動化することで性能を向上すると共に用途を拡大し、現在に至っている。ここで、携帯機器用電子ディスプレイにおいて確認されるパッシブ駆動型 LCD からアクティブ駆動型 LCD へのイノベーションでは、LCD 部分は波動光学のパラダイムを持続しながらも、新たにアクティブ素子として量子力学のパラダイムが組み込まれているため、パラダイム持続型とパラダイム破壊

型のどちらか一方に分類することは困難であり、図 3-4 において図示することは出来ない。よって、このイノベーションを山口が提唱するイノベーションの分類には存在しない新たなイノベーションとして「パラダイム結合型イノベーション」と定義する。

図 3-6 (b) に「パラダイム結合型イノベーション」をイノベーション・ダイアグラムの表記法に沿って図示する。既存の知 S (波動光学) の縦軸方向に、既存記述 A (パッシブ駆動型 LCD) が存在する。また、既存の知 S (波動光学) の横軸方向に新たに創造された知 P (量子力学) が、P の縦軸方向にパラダイム破壊型技術 A\* (アクティブ駆動型 LCD) が存在する。ここで、パラダイム結合型技術 A+ は  $S \rightarrow A \rightarrow A+$  と  $P \rightarrow A^* \rightarrow A+$  の二つの経路が最終的に統合する場所に存在し、これらの経路がパラダイム結合型イノベーションとして図示される。Schumpeter (1912=1977) はイノベーションの定義として「経済活動の中で生産手段や資源やそして労働力などを今までとは異なる仕方で『新結合』すること」と述べているが、その考え方に沿うのであれば、パラダイム結合型イノベーションは「異なるパラダイムの『新結合』によるイノベーション」と定義することが出来る。

LCD は自発光ディスプレイではなく、液晶は光シャッターの役割を果たしているに過ぎない。よって、情報を表示するためには外部に光源を必要とする。初期の LCD は太陽光を光源としていたが、TFT-LCD が普及し始めたころの光源は電子管である CCFL を使ったバックライトが主流であった。LCD は「電磁気学をベースにした光源を、量子力学をベースにした TFT で、波動光学をベースにした液晶シャッターを駆動して情報表示を行う」という、3 種類のパラダイムを結合する特殊な構成をしていた。現在では LCD 用の光源のほとんどは LED に変わり、更に量子ドット材料を組み合わせることで高演色化が行われており、LCD はより量子力学をベースにしたものに近づいている。しかしながら、液晶シャッターの部分だけは波動光学のパラダイム上に存在したままであり、これは LCD であり続ける限りは変わることはない。今後、どれだけ LCD が量子力学に擦り寄って行っても、LCD である限り永遠に量子力学をベースにした固体素子にはなれない運命を背負っている。現在、不完全な固体素子である LCD に対して、完全な固体素子である OLED に全てが置き換わるまでにはまだ至っていない。

このように、科学のパラダイムシフトという視点において、電子ディスプレイ産業には、他の電子デバイス産業に見られる「電磁気学から量子力学」の明確な境界は存在しない技術領域が存在する。しかも、電子ディスプレイ業界において境界が見えない科学のパラダイムシフトは遅れながらも現在でも進行している。これが、CRT から PDP へのイノ

バージョンと CRT から LCD へのイノベーションは共に破壊的イノベーションに分類されて、テレビ受像機用電子ディスプレイ市場において破壊的イノベーションの PDP が破壊的イノベーションの LCD に淘汰されたという誤った認識の要因の一つとなった可能性が考えられる。テレビ受像機用電子ディスプレイ市場において、CRT から PDP へのイノベーションはパラダイム持続型イノベーションであり、また CRT から LCD へのイノベーションはパラダイム破壊型イノベーションであり、パラダイム破壊型イノベーションが市場で生き残ったという整理が妥当と考えられる。また、LCD のイノベーションにおいてパラダイム結合型イノベーションという新たな定義のイノベーションの存在を確認した。第 4 章では、技術者がこれらの電子ディスプレイにおける LCD と PDP とのイノベーションの違いを認識していたのかどうか、また技術者の思考傾向に対してどのような影響を与えたのかについて、技術者を対象としたインタビューにより考察を行う。また第 5 章では、LCD と PDP とのイノベーションの違いがそれぞれの技術領域の多様性に対してどのような影響を与えたのかについて、特許文献情報を対象にして分析を行うことで考察する。

### 3. 4. 電子ディスプレイメーカーにおける戦略の差異

次に、電子ディスプレイ産業で起こったイノベーションに対して、日本の電子ディスプレイメーカー各社が選択し実行した戦略について整理する。ここで、CRT から PDP への移行に代表される「パラダイム持続型イノベーション」、CRT から LCD への移行に代表される「パラダイム破壊型イノベーション」、パッシブ駆動型 LCD からアクティブ駆動型 LCD への移行に代表される「パラダイム統合型イノベーション」に対する企業戦略の影響を既存企業と新規参入企業の観点で考察を行う。検証する仮説は以下の通りである。

仮説 1 「パラダイム持続型イノベーションでは既存企業が有利であり、新規参入は困難」

既存企業はそのパラダイムにおける技術領域において既に活動しているため、それが新規参入に対する障壁となる。

仮説 2 「パラダイム破壊型イノベーションでは既存企業の参入は困難であり、相対的に新規参入が容易になる」

既存企業はそのパラダイムにおける技術領域における活動が、異なるパラダイムにおける技術領域への移行の阻害要因となる。

仮説 3 「パラダイム統合型イノベーションでは既存企業の参入と新規企業の参入はどちらも容易になる」

パラダイム統合型イノベーションは持続型イノベーションと破壊型イノベーションの両方の特性を持つため、既存企業と新規企業の参入障壁は比較的拮抗する。

図 3-7 にテレビ受像機用電子ディスプレイにおける生産メーカー<sup>3</sup>を示す。全体像として、テレビ受像機を生産していたメーカー各社はキーデバイスである電子ディスプレイの内製化を積極的に進める戦略であったことが確認出来る。白黒テレビ受像機、カラーテレビ受像機という最終製品を生産していたのは 12 社である（吉野 2004）。その中で、主要部品である受信管（国内生産開始 1917 年）を生産していたメーカーは 7 社であった（武市・池谷 1988）。それから 20 年後の 1937 年に国内生産が始まった CRT の生産メーカーは 8 社であったが、7 社は受信管メーカーであり、非受信管メーカーの新規参入はソニーの 1 社に留まった（大石 1988）。次世代の壁掛けテレビ受像機を目指して 1995 年に生産が始まった PDP の生産メーカーは 6 社である（望月・和泉・高橋 1998）。また、FED への参入メーカーはソニーと、FED の一種である SED の生産を目指した東芝、キヤノンの 3 社であるが、いずれもテレビ受像機用としての生産には至らなかった（高井 2007・URL 6）。PDP と FED は電子管に分類される電子ディスプレイである。その PDP と FED を生産するメーカー合計 9 社の中で新規参入は 2 社に留まり、CRT を生産していた 7 社全社（日本コロニアの CRT 生産は日立に統合されたので、CRT メーカーは国内 7 社）が PDP 生産に参入、または FED の生産を目指したことになる。

| 生産期間   | 生産期間   | 生産期間   | 生産期間   | 生産期間  |                                 |                             |
|--|--|--|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| 1917年～1986年  | 1937年～2009年  | 1995年～2013年  | 生産まで至らず  | 1995年～  |                                 |                             |
| 白黒受像機  | カラー受像機   | 受信管  | CRT  | カラーPDP  | FED・SED                         | LCD                         |
| 日本コロニア<br>三菱(1954)<br>シャープ(1952)<br>三洋(1953)<br>日立(1956)<br>東芝(1955)<br>松下(1952)<br>ゼネラル(1953)<br>ビクター(1953)<br>ソニー(1960)<br>NEC<br>富士電機 | 日本コロニア(1955)<br>三菱(1960)<br>シャープ(1960)<br>三洋(1960)<br>日立(1960)<br>東芝(1960)<br>松下(1960)<br>ゼネラル(1960)<br>ビクター(1960)<br>ソニー(1965)<br>NEC(1968)<br>富士電機 | 日本コロニア<br>三菱電機<br><br>日立製作所<br>東芝<br>パナソニック<br>富士通(神戸工業)<br><br>日本電気 | 日本コロニア→日立<br>三菱電機<br><br>日立製作所<br>東芝<br>パナソニック<br>富士通(神戸工業)<br><br>ソニー<br>日本電気 | 三菱電機<br><br>日立製作所<br>パナソニック<br>富士通<br><br>パイオニア | (東芝)<br><br>(ソニー)<br><br>(キヤノン) | シャープ<br><br>日立製作所<br>パナソニック |

注: 太字: 受信管, CRTメーカー  
細字下線: 非受信管, CRTメーカー

図 3-7 テレビ受像機用電子ディスプレイにおける生産メーカー

ここまでは電磁気学を科学のベースにした電子管という分野の中で起こったパラダイム持続型イノベーションであり、まとめると以下の通りになる。

- ・受信管から CRT へのパラダイム持続型イノベーションでは、参入企業 8 社の内、既存企業 7 社に対して新規企業は 1 社に留まった。

<sup>3</sup>会社名については生産していた時期の旧社名を記載している。また、分社化した子会社と、事業統合して合弁会社を設立した子会社については親会社の名称を記載している。

- ・ CRT から PDP・FED へのパラダイム持続型イノベーションでは、参入企業 9 社の内、既存企業 7 社に対して新規企業は 2 社に留まった。

これらは仮説 1 を支持する結果となった。

1995 年に生産が始まったテレビ受像機用アクティブ駆動型 LCD については、生産した日本メーカーは 3 社であった。その中でシャープは非電子管メーカーとしてはテレビ受像機用電子ディスプレイへは新規参入である。注目すべきなのは、それまで積極的に次世代テレビ受像機用電子ディスプレイへの参入を進めた CRT メーカー 7 社の内、テレビ受像機用アクティブ駆動型 LCD に参入したのは 2 社に留まったことである。その 2 社の内、パナソニックは日立ディスプレイズ主体で東芝と 3 社で 2005 年に設立した IPS アルファテクトロジーの事業継承をして現在に至っており、PDP への積極的な投資とは対照的に LCD テレビ受像機の市場が確立してからの参入であった。また、図 3-8 に示すシャープ・日立製作所のテレビ受像機用 TFT-LCD 工場稼働時期比較に示す通り、日立製作所におけるテレビ受像機専用のアクティブ駆動型 LCD 工場立上げはシャープに対して第 6 世代 (G6) で 2 年、第 8 世代 (G8) で 4 年遅れであり、積極的な参入とは言い難い。

|                        |  |
|------------------------|--|
| シャープ:                  | 日立:                                    |
| ・2000年G4稼働(680×880)    | ・2001年G4.5稼働(730×920)                  |
| 以降、テレビ専用工場             |  |
| ・2004年G6稼働(1500×1800)  | ・2006年G6稼働(1500×1850)                  |
| ・2006年G8稼働(2160×2460)  |  |
| ・2009年G10稼働(2880×3130) | ・2010年G8.5稼働(2200×2500)⇒パナソニック液晶ディスプレイ |

図 3-8 シャープ・日立製作所のテレビ受像機用 TFT-LCD 工場稼働時期比較

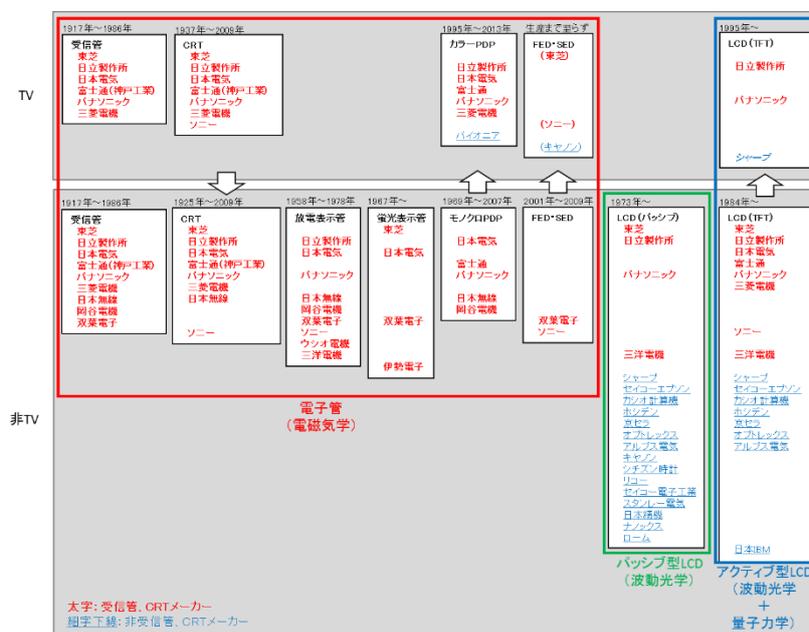
図 3-7 に示す電磁気学を科学のベースにした CRT から波動光学と量子力学を組み合わせたアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションについてまとめると以下の通りになる。

- ・ CRT からアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションでは電子管メーカーである既存企業 7 社の内 2 社の参入に留まり、非電子管メーカーである新規企業 1 社が参入。

これは仮説 2 の「既存企業の参入困難」を支持する結果となった。しかしながら、新規企業は 1 社のみの参入であり、「新規企業の参入容易」を支持するには不十分である。

続いて、図 3-9 に非テレビ受像機用電子ディスプレイにおける生産メーカーを示す。上段は図 3-7 に示したテレビ受像機用電子ディスプレイを対比用として記載し、下段には電

卓、PC モニタなどの非テレビ受像機用電子ディスプレイに分けて整理を行った。尚、図 3-7 では電子ディスプレイメーカーが過去に電子管を生産していたかどうかを判断するため、全ての受信管メーカーではなく電子ディスプレイの製造を行った受信管メーカーのみ記載している（武市・池谷 1988）。また、LCD については黎明期において多数企業の参入により生産の事実確認が困難なため、パッシブ駆動型 LCD とアクティブ駆動型 LCD についてはそれぞれ 1989 年と 1998 年時点における生産の事実確認が可能な LCD メーカーを記載している（日経 BP 社電子グループ編 1989；舟木・望月・和泉 1998）。



非テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて、放電表示管、VFD、モノトーン PDP、FED を生産したメーカー13 社中 10 社は、テレビ受像機用に受信管、CRT を生産していたメーカーである（見目 1988・大石 1988）。ここまでは電磁気学を科学のベースにした電子管という分野の中で起こったパラダイム持続型イノベーションであり、まとめると以下の通りになる。ここで、数字表示のセグメント型から始まった放電表示管と VFD、グラフィック表示のドットマトリクス型から始まったモノトーン PDP と FED はそれぞれ目的を異としているため、二つのグループに分けて整理を行った。

- ・受信管・CRT から放電表示管・VFD へのパラダイム持続型イノベーションでは、参入企業 11 社の内、既存企業 8 社に対して非電子管メーカーである新規企業は 3 社に留まった。

- ・放電表示管・VFD から PDP・FED へのパラダイム持続型イノベーションでは、  
参入企業 7 社の内、既存企 6 社に対して新規企業は 1 社の参入に留まると共に、  
その 1 社は受 信管・CRT を生産する電子管メーカーであった。

これらは仮説 1 を支持する結果となった。

次に、電磁気学を科学のベースにした表示管から波動光学を科学のベースにしたパッシブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションについてまとめると以下の通りになる。

- ・表示管からパッシブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションでは、参入  
企業 19 社の内、非電子管メーカーである新規企業 15 社に対して電子管メーカーで  
ある既存企業は 4 社に留まった。

これは仮説 2 を支持する結果となった。また、波動光学を科学のベースにしたパッシブ駆動型 LCD から波動光学と量子力学を組合せたアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム統合型イノベーションについてまとめると以下の通りになる。

- ・パッシブ駆動型 LCD からアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム統合型イノベーション  
ンでは、参入企業 16 社の内、既存企業 11 社に対して新規企業は 5 社参入した。

これは仮説 3 を支持するとはならなかった。更に、電磁気学を科学のベースにした表示管から波動光学と量子力学を組合せたアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションについてまとめると以下の通りになる。

- ・表示管からアクティブ駆動型 LCD へのパラダイム破壊型イノベーションでは、参入  
企業 16 社の内、非電子管メーカー 8 社に対して電子管メーカー 8 社の同数であった。

これは仮説 2 を支持する結果とはならなかった。以上の結果を表 3-2 にまとめる。

表 3-2 電子ディスプレイのイノベーションにおける参入企業動向

|   | イノベーション |                        |                | 参入企業 |    | 備考          |
|---|---------|------------------------|----------------|------|----|-------------|
|   | 分野      | 種類                     | 科学             | 型    | 既存 |             |
| ① | テレビ受像機  | 受信管→CRT                | 電磁気学→電磁気学      | 持続型  | 7  | 1           |
| ② | テレビ受像機  | CRT→PDP・FED            | 電磁気学→電磁気学      | 持続型  | 7  | 2           |
| ③ | テレビ受像機  | CRT→アクティブ駆動型LCD        | 電磁気学→波動光学+量子力学 | 破壊型  | 2  | 1           |
| ④ | 非テレビ受像機 | 受信管・CRT→放電表示管・VFD      | 電磁気学→電磁気学      | 持続型  | 8  | 3           |
| ⑤ | 非テレビ受像機 | 放電表示管・VFD→PDP・FED      | 電磁気学→電磁気学      | 持続型  | 6  | 1 全て電子管メーカー |
| ⑥ | 非テレビ受像機 | 表示管→パッシブ駆動型LCD         | 電磁気学→波動光学      | 破壊型  | 4  | 15          |
| ⑦ | 非テレビ受像機 | パッシブ駆動型LCD→アクティブ駆動型LCD | 波動光学→波動光学+量子力学 | 統合型  | 11 | 5           |
| ⑧ | 非テレビ受像機 | 表示管→アクティブ駆動型LCD        | 電磁気学→波動光学+量子力学 | 破壊型  | 8  | 8           |

仮説 1 については①、②、④、⑤の結果により支持された。仮説 2 については、⑥では支持する結果が得られたものの、⑧では既存企業における明確な参入障壁を確認することは出来ず、仮説を支持する結果とはならなかった。これは、既存企業 8 社は全て電磁気学

を科学のベースにした電子管のメーカーであると同時に、量子力学を科学のベースにしたシリコン系半導体のメーカーでもあるため、企業内における電子ディスプレイとシリコン系半導体の産業分野を越えたパラダイム持続型イノベーションの影響により、実質的にはパラダイム統合型イノベーションであった可能性がある。結果、仮説 2 は⑥によって支持され、⑧は仮説 3 を支持する結果であるとも考えられる。しかしながら、仮説 3 において⑦は新規企業より既存企業数が多くて拮抗した結果にはなっておらず、支持していない。これは、パラダイム統合型イノベーションは持続型と破壊型の二つのイノベーションの特徴を合わせ持つとして仮説 3 を設定したが、仮説 1 におけるパラダイム持続型イノベーションの特徴をより強く受け継いでいる可能性が高い。また、⑧はシリコン系半導体から電子ディスプレイへの産業分野を越えたパラダイム持続型イノベーションであり、仮説 1 で支持されたパラダイム持続型イノベーションの特徴が低減されたことにより、偶然既存企業と新規企業の数が拮抗した可能性も考えられる。

以上の仮説検証の結果を踏まえて第 4 章における技術者の思考傾向に関する分析を行うことで、イノベーションの形態と技術者の思考傾向との相互影響について考察を進める。

### 3. 5. 業界団体と標準化における企業戦略の差異

次に、電子ディスプレイ産業における、特許出願と標準化の歴史について整理を行う。御子柴 (2009) が「標準は特許と並ぶ知的所有権」と述べている通り、企業は戦略的に知的所有権としての優位性を確保するために特許出願と標準化を行う。しかしながら、特許出願と標準化における企業としての戦略は全く異なる。特許出願については、企業は独自に重点的に取り組む分野を戦略的に選定し、研究開発を行うことで特許出願に必要な新規性、進歩性を得て特許出願を行う。ここには、戦略的な協業が行われる場合を除いて、企業間の連携は見られず、企業は独立して特許の出願活動を行う。特許には国際特許分類 (International Patent Classification : IPC)、F ターム分類体系 (File Forming Term : F ターム) などの、その特許がどの技術分野に属するのかを管理するための技術分類体系が存在するが、IPC の場合は世界知的所有権機関 (World Intellectual Property Organization : WIPO)、F タームの場合は日本国特許庁 (Japan Patent Office : JPO) など、公的機関がその体系を決定する。出願した特許がどの技術分類に属するかは特許の知的財産としての価値には直接影響を与えないので、企業は技術分類体系の決定には関与することはない。よって、特許の技術分類体系において、特許は単純に特許本文の記載内容に合わせて技術的に分類が行われる。

図 3-10 に電子ディスプレイ分野の特許技術分類体系を整理する。図 3-10 の上段には IPC の技術分類体系、下段には F タームの技術分類体系を記載している。日本国特許庁が公開している IPC 分類表によると、IPC 第 8 版の技術体系において CRT (H01J29)、PDP (H01J11)、FED (H01J1/30) は照明用放電管 (H01J61) と同じ H セクション「電気」に属する H01J 「電子管または放電ランプ」に分類されている (URL 7)。よって、CRT から PDP・FED への進化は「パラダイム維持型イノベーション」と判断出来る。また、LCD (G02F1/13) は G セクション「物理学」に属する G02F 「光の強度, 色, 位相, 偏光または方向の制御, 例. スイッチング, ゲーティング, 変調または復調のための装置または配置の媒体の光学的性質の変化により, 光学的作用が変化する装置または配置; そのための技法または手順; 周波数変換; 非線形光学; 光学的論理素子; 光学的アナログ/デジタル変換器」に分類されている。よって、H セクション「電気」に属する CRT から G セクション「物理学」に属する LCD への進化は「パラダイム破壊型イノベーション」と判断出来る。

これは日本国特許庁が編纂している分類体系である F タームにおいても同様の傾向を確認することが出来る。日本国特許庁が公開している F ターム・テーマコード表によると、CRT、PDP、FED は技術分類「ナノ物理」の中の、技術分野「G11 電子管」に白熱電球、照明用放電管と共に分類されている (URL 8)。一方、LCD は技術単位「液晶素子」の中の、技術分野「液晶」に分類されており、CRT とは異なる技術単位に属している。よって、CRT から PDP・FED への進化は「パラダイム維持型イノベーション」、CRT から LCD への進化は「パラダイム破壊型イノベーション」と判断することが出来る。この様に、特許技術分類体系の様に、企業から独立した第三者の公的機関による技術分類においては、電子ディスプレイ分野におけるイノベーションの形態は単純かつ明確に判別することが可能である。

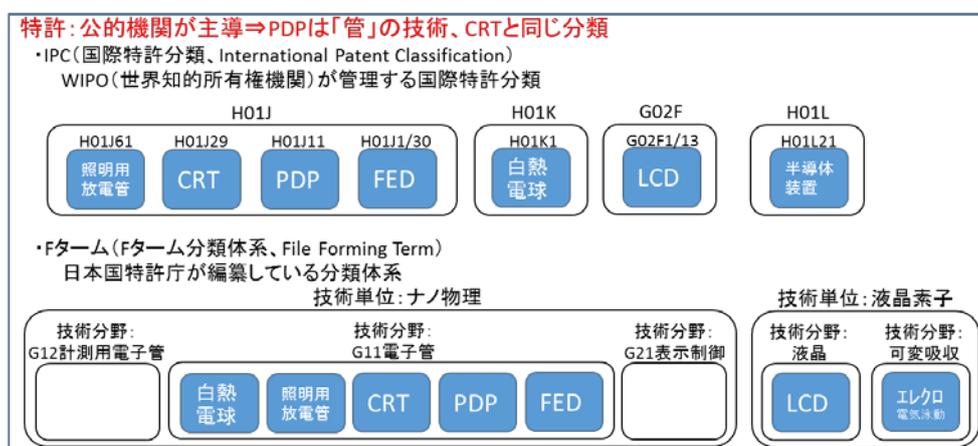


図 3-10 電子ディスプレイ分野における特許技術分類体系

次に、標準は特許と並ぶ知的所有権である標準規格について同様の考察を行う。図 3-11 に電子ディスプレイ分野の標準規格を整理する。IEC 標準規格は電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体である国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission : IEC）が規定する標準規格である。IEC のメンバーである National Committee（NC）は標準化活動において国の利益を守ることが認められている（御子柴 2009）。IEC には技術分野ごとに規格を開発するための TC (Technical Committee) と呼ばれる専門技術委員会があり、日本では業界団体を通じて民間企業が参画している。つまり、特許の技術分類体系とは異なり、標準規格の体系を開発する部分に企業が深く関わっている。この IEC 標準規格において、CRT は TC39 という CRT の TC で規格を開発しているが、LCD、PDP はそれぞれ WG2、WG4 として TC110 という Flat panel display devices（現在は Electronic display devices）で規格開発を行っている。このように、特許技術分類体系では明確に分かれて分類されていた、LCD と PDP が同じ TC に属しているため、ここからはイノベーションの形態を判断することは出来ない。



図 3-11 電子ディスプレイ分野における標準規格

企業の戦略が影響しない特許技術分類においては明確であったイノベーション形態が、企業戦略の影響を受ける標準規格において不明瞭になった理由について明らかにするために、IEC 標準規格の TC110 の設立経緯について更なる調査を行った。IEC 標準化に対して日本では、電子情報技術産業協会（JEITA : Japan Electronics and Information Technology Industries Association）が国内企業の取りまとめを行い、国内標準を作成し、IEC に提案して国際標準としている。1997 年以前は、TC47（半導体）傘下の subcommittee である SC47C（半導体技術を応用した光やディスプレイの標準化）として標準規格開発を行っていたが、1998 年には SC47C は対象を FPD に特化することに変更された。岩間（2011）は、FPD というタイトルは、既に TC となっている CRT を強敵と意識して、CRT に対抗

し対峙したタイトルであったと述べている。2002年には FPD の売上が CRT を超えることを機に、2003年には TC110 (Flat panel display devices) として、日本が主導して格上げを果たした。つまり、TC110は TC47 (半導体) から独立することになった。岩間 (2011) によると、TC 格上げの大義名分は、

- ・売上などのビジネスが CRT を超えた
- ・LCD、PDP に加えて OLED などの技術が加わり、FPD の範疇が広がった
- ・FPD の技術は電子・電気に業界 (IEC) の主流になる
- ・FPD は TC47 半導体とは材料・機能が異なる

となっている。よって、1997年以前の「半導体」という技術分野による分類は消え去り、CRTとは異なる、平面ディスプレイというデバイス形状で分類されることになった。

TC47から独立してTC110が設立された2003年では既に半導体であるTFTを用いたアクティブ駆動型LCDが主流となっていたにもかかわらず、「LCDは半導体ではなく、むしろ電子管であるPDPと同列」という奇妙な分類が行われたことになる。これでは、標準化活動において前述の「パラダイム持続型イノベーション」、「パラダイム結合型イノベーション」、「パラダイム破壊型イノベーション」という、技術のベースを視点としたイノベーション形態に関する判断は困難であったと考えられる。業界団体に参加するデバイスメーカーは、LCDやPDPなどのFPDをCRTや半導体と異なる技術を使った新しいデバイスとして認識し、LCD、PDPのイノベーション形態を、CRTに対する「革新的なイノベーション」という漠然としたイノベーション形態として捉えていた可能性が高い。

標準規格では電子ディスプレイ産業に関わる企業が主体となり、「半導体とLCDは別物」として、半導体からLCD、PDPなどの平面ディスプレイが独立することになったが、その標準規格を日本国内で開発しているJEITAにおいては全く逆の興味深い事実が存在する。2000年11月のJEITA発足時、「電子デバイス部会」には複数の委員会が存在し、そのうちの 하나가電子ディスプレイで、それ以外は半導体関連の委員会であった。電子デバイス部会における生産金額の約8割を占める半導体産業は、部会の名称が「半導体」でないことに不満を抱え、2004年に電子デバイス部会からの独立を宣言して、ディスプレイデバイス委員会を除く委員会で半導体部会を設立した。その際、残されることになったディスプレイデバイス委員会も部会として独立せざるを得ず、ディスプレイデバイス部会を設立している。2004年7月21日に行われた理事会において、電子デバイス部会のディスプレイデバイス部会・半導体部会分離独立が承認されたが、その際に説明のため使用された、『「半導体部会」

の設置及び傘下委員会の再編（資料 No.4 半導体部会の新設に伴う委員会構成提案書）』の資料内容が非常に充実したものであったのに対して、『「ディスプレイデバイス部会」の設置提案（資料 No.5 ディ스플레이デバイス部会新設に関する提案書）』においては再編案の記載もなく、空欄が目立つ資料であったことから、ディスプレイデバイス側からは考えてもいなかった半導体側からの突然の提案であったことが確認出来る。つまり、標準規格の時とは逆で、半導体産業に関わる企業が主体となり、「半導体と LCD は別物」として半導体部会が独立することになった。

以上のように、「半導体である TFT を使ったアクティブ駆動型 LCD」という技術領域として共通項があるにもかかわらず、電子ディスプレイ産業、半導体産業がお互いに「半導体と LCD は別物」として行動した理由の一つとして、企業の各産業に対する戦略が存在していると考えられる。ここで、①半導体と LCD を異なる分類体系として捉えた、②LCD と PDP を同一の分類体系として捉えた、という事実に対して、産業ライフサイクルの立上げにおいて重要な役割を担っている技術者が、技術分類としては明らかである「アクティブ駆動型 LCD は量子力学を科学のベースにした半導体」、「PDP は CRT 同様に、電磁気学を科学のベースにした電子管」という技術分類を本当に理解して研究開発を行っていたのかについて疑問が生まれる。産業ライフサイクルの予測において「データによる客観的な判断」が要求される技術者が、自分が専門とする分野の「技術のパラダイム」を意識することなく技術的判断を行っていないのであれば、産業ライフサイクルの正確な予測は困難なものとなる。この点については次章において技術者へのインタビューにより分析を行う。

### 3. 6. 電子ディスプレイ産業に関する先行研究

電子ディスプレイ産業において、LCD、PDP 共に日本メーカーがテレビ受像機用電子ディスプレイとして実用化に成功し、それぞれを産業として立ち上げて以降、LCD 産業の市場拡大は継続しているにもかかわらず、日本メーカーの市場シェアは低下傾向を示している。また、PDP 産業において日本メーカーは高い市場シェアを維持したが、市場が消滅している。このような状況に対して、どのようにして LCD 産業と PDP 産業が立ち上がったについては、起業工学の視点などから数多くの先行研究がなされている。例えば、倉重(2011)と青砥(2008、2010)は、1994年にNHKが主導でコンソーシアム(PDP開発協議会)を設立して、潜在市場を顕在化することでシーズイノベーションから一気にプロダクト/プロセスイノベーションへ移行したことがテレビ受像機用PDP事業の立ち上がった理由とし

ている。また、PDPにより「今日の薄型テレビ時代を拓くことに成功した」と述べている。しかしながら、現実には薄型テレビ受像機用電子ディスプレイとしてPDPは短命に終わっていることに対して、PDPに対する産業ライフサイクル予測の言及までには至っていない。

また、LCD産業において日本メーカーが韓国と台湾メーカーに生産シェアで追い抜かれた原因、またPDP産業において日本メーカーが高いシェアを維持出来た原因についても多くの研究がなされている。LCD産業における日本メーカーの凋落について、中田（2007、2008）は日本と韓国、台湾メーカーにおける投資戦略の相違と、暗黙知が埋め込まれた製造装置の国外移転による技術流出が原因であると指摘している。また、新宅（2008）は日本の部材と製造装置が後発である韓国、台湾メーカーによるキャッチアップの背景にあると指摘している。長野・石田・玄場（2013）は電子デバイス産業における、製品デザインと製造プロセスの固定化による、後発優位のメカニズムの存在を指摘している。

また、PDP産業で日本メーカーが高いシェアを維持出来た原因としては、倉重（2009）、青砥（2010）はLCD産業とPDP産業における技術と事業戦略における差を指摘している。LCD産業は技術と事業戦略においてオープンであるのに対して、PDP産業はクローズであり、両者は対照的であるとしている。また、事業アーキテクチャについてもLCD産業は水平分業型デバイス生産であり、要素技術分野ごとに参入し易いデバイスを扱っているが、PDP産業は垂直統合型デバイス生産であり、擦り合わせが必要なデバイスを扱っているので、それが参入障壁となっていると述べている。論文中においては、産業の成熟に伴いPDP産業もLCD産業同様に水平分業が進むと予測しているが、結果として短命な産業ライフサイクルに終わったPDP産業の水平分業が進行することを確認することは出来なかった。また長野・石田・玄場（2014）は、PDP産業は比較的小規模なテレビ受像機用電子ディスプレイ市場を狙い、加えて製造技術の標準化を積極的に行わなかったため、LCD産業がはまった後発優位のメカニズムを回避出来たことが原因と指摘している。しかしながら、長野・石田・玄場はPDP産業が短命に終わったことに対して、電子ディスプレイ業界では代替品の脅威となるはずの大画面LCDテレビ受像機の性能向上に対して楽観的見通しを持っていたためとの指摘に留まり、その楽観的見通しに至った原因については言及していない。どちらにおいても、クローズなPDP産業構造により日本メーカーが優位性を維持出来たとしている。しかしながら、PDPの産業ライフサイクルにおいて、単に小規模で短命な産業ライフサイクルそのものが韓国と台湾メーカーの参入意欲を阻害し、結果としてクローズな環境を維持した原因となっただけとも考えられる。

いずれの文献においても、LCD 産業と PDP 産業に対する、国もしくは企業単位における事業経営の視点による研究に留まっている。産業ライフサイクルそのものを対象とした研究、もしくは産業ライフサイクル予測のベースとなる、技術者の思考・判断や技術領域の幅と奥行きに関する研究は存在しておらず、電子ディスプレイ業界における技術領域の本質を明らかにしようとする本研究のオリジナリティは高いと考える。

#### 4. 技術者の判断による産業ライフサイクル予測

LCD と PDP はデジタルテレビ受像機の覇権を競い合い、結果として LCD に収斂した。現在、PDP を生産しているメーカーは世の中に存在していない。本章では、デジタルテレビに使われている電子ディスプレイの研究開発に携わってきた技術者の思考傾向を分析することで、短命に終わる PDP に多くの日本電機メーカーが巨額の投資を行ったという不可解な現象について、その要因を考察する。

第 4 章の構成は以下の通りである。第 1 節では電子ディスプレイ業界における、過去を振り返ると明らかに不可解である産業予測について過去からの推移を整理した上で、本研究における仮説を設定する。第 2 節では不可解な産業予測に至った原因として、仮説の検証と共に、技術者の集団思考的判断が技術領域の評価と限界予測に及ぼす影響について、技術者へのインタビューによって明らかにする。これにより、少なくとも専門分野においては科学とデータに基づく客観的な判断を行い、正しい技術的判断をすると考えられていた技術者の思考傾向について分析を行う。第 3 節では電子ディスプレイ業界以外の他産業における、技術者の集団思考的行動の実例についてまとめる。第 4 節では技術者の集団思考的判断に関する先行研究について整理を行う。第 5 節では技術者の集団思考的判断について、技術の S 字カーブ理論に基づき考察を行う。最後に第 6 節では本章のまとめを行う。

##### 4. 1. 電子ディスプレイにおける産業予測の歴史とその分析

###### 4. 1. 1. 産業予測の歴史

電子ディスプレイ業界について過去から現在までを俯瞰的に振り返ると、テレビ受像機用電子ディスプレイの歴史の中で長きに亘り絶対的な王者として君臨していた CRT に対して、その置き換えを目指した PDP の産業ライフサイクルは小規模でかつ短命に終わり、LCD が産業ライフサイクルとして大規模かつ長期間継続していることは容易に理解することが出来る。しかしながら、PDP と LCD のカラー化が実現し、熾烈な競争が始まることとなる 1990 年代当時の電子ディスプレイ業界では、現在における結果とは全く異なる産業ライフサイクルの予測が行われていた。ここで、1990 年代から 2000 年代にかけての期間、電子ディスプレイメーカー各社の産業ライフサイクル予測に基づく戦略を時系列で調査することで、電子ディスプレイ業界における産業予測の経時変化について整理を行う。

調査対象として、日経 BP 社が 1989 年から 2008 年までの間、年 1 回発行していた、電子ディスプレイ業界専門誌の「フラットパネル・ディスプレイ」を用いた。複数の業界紙が

存在する中、日経 BP 社が出版した「フラットパネル・ディスプレイ」では電子ディスプレイメーカーの戦略について「トップ・インタビュー」という形で、名前・写真と共に事業責任者の発言として記載しており、本研究の調査には適切であると判断し採用した。LCD と PDP のディスプレイメーカー各社における戦略を比較整理するため、調査対象とした時期は、PDP メーカー各社が PDP の壁掛けテレビ受像機事業計画を一斉に発表した 1995 年から、対角 108 インチ型の液晶テレビ受像機をシャープが発売し、LCD が民生用テレビ受像機として必要となるサイズを超えた 2008 年までの期間を含む、1994 年 12 月発行の「フラットパネル・ディスプレイ 1995」から、2007 年 12 月発行の「フラットパネル・ディスプレイ 2008」の 14 年間分とした（日経 BP 社編 1994-2007）。

付録 1 に調査対象期間における、日経 BP 社「フラットパネル・ディスプレイ」に記載されたトップ・インタビューの抜粋を示す。日本の電子ディスプレイメーカーが出そろった「フラットパネル・ディスプレイ 1997」において、LCD メーカーとしては日本企業 6 社、韓国企業 2 社の計 8 社、PDP メーカーとしては日本企業 5 社のトップ・インタビューが記載されていた。次に、付録 1 に基づき、電子ディスプレイメーカー各社の戦略について時系列に整理した。電子ディスプレイ業界における産業予測の経時変化を図 4-1 に示す。電子ディスプレイ業界における LCD と PDP の産業予測は、下記の 4 期間に分類される。

- ①用途による棲み分け（～1997 年）
- ②画面サイズによる棲み分け（1998～2002 年）
- ③価格競争（2003～2006 年）
- ④性能による差別化（2007 年～）

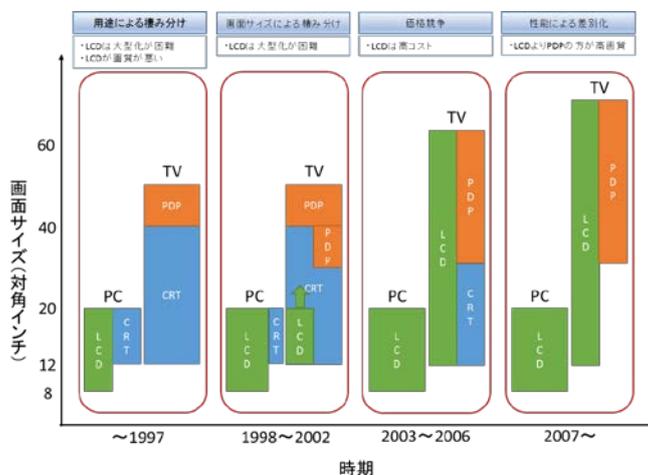


図 4-1 電子ディスプレイ業界における産業予測の経時変化

「①用途による棲み分け（～1997年）」期には、CRTがPC用、テレビ受像機用電子ディスプレイとして絶対的な存在として君臨していた。LCDは大型化が困難、画質が悪くテレビ受像機用途は不向きとの判断のため、LCDの用途は自らが産業として新たに生み出したノート型PC用に限定されていた。また、CRTでは技術的には生産可能であったが、テレビ受像機として総重量が100kgを越えるため民生用としては製品化が困難とされていた対角40インチ型以上のサイズにおいて、PDPは大型壁掛けテレビ受像機としてCRTを補完する位置付けであった。その当時、業界ではCRTの絶対的地位が脅かされるとは誰も考えておらず、CRTでは出来ない隣接領域、つまり軽薄短小が特徴のLCDはバッテリー駆動の携帯機器、大型でCRTよりは軽量が特徴のPDPは壁掛けテレビ受像機をターゲットにして、電子ディスプレイ業界の拡大戦略を描いていた。

「②画面サイズによる棲み分け（1998～2002年）」期に入ると、LCDはCRTが支配的であった据置型PCモニタ用への展開を図るため、CRTをLCDに置き換え可能とする、業界の想像を超えた高画質化が進んだ。また、画面の小型化を苦手としていたPDPは新しい駆動法の開発により対角30インチ型クラスの生産が可能となり、電子ディスプレイ業界はLCDとPDPがCRTの領域を一部侵害するような戦略を描くようになる。しかしながら、LCDは大型化が困難、という業界の予測は相変わらず根深く存在し、テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて「LCDは対角20インチ型以下、PDPは対角30インチ型以上、その間のサイズはCRT」、という画面サイズによる棲み分けが業界の標準的な考え方であった。

「③価格競争（2003～2006年）」期においては、LCDの製造工程で使用するマザーガラスのサイズ拡大が一気に進むと同時に、2003年には日本において三大都市（東京、大阪、名古屋）で地上デジタル放送が開始された。LCDメーカーは大型画面サイズの製造が可能となったLCDをポストCRTの本命として戦略を組んだ。一方、PDPメーカーは巨額の投資と複雑な構造を必要とするLCDに対して、シンプルな構造のPDPは同じサイズを低コストで作ることが可能と考え、「価格競争」戦略を進めた。

「④性能による差別化（2007年～）」期に入ると、LCDのコストは一気に低下して、PDPと同等以下の価格を実現するようになる。ここで、PDPの牙城であった大型テレビ受像機市場において、お互いの欠点を指摘して貶し合うという、客観的に見れば非常に意識レベルの低い戦いに突入する。PDPメーカーは「LCDより価格は高いが高画質」を主張して「性能による差別化」戦略を進めたが、LCDの急速な低価格化、高画質化の進行に対して形勢が不利な状態が継続した。ついには、2015年に全世界においてPDP生産は終息し、現在で

は PDP メーカーは存在していない。

#### 4. 1. 2. 産業予測と現実との比較分析

1994 年から 2007 年の 14 年間に業界の電子ディスプレイ産業に対する将来予測が大きく変化したことを確認した。図 4-2 に LCD と PDP の画面サイズ推移の比較を示す。前述の業界紙「フラットパネル・ディスプレイ」において、試作品もしくは生産品として登場した時期で画面サイズの整理を行った、また、期間は図 4-1 に示す 4 期間と合わせて表記している。LCD の大型化への予測については、今まで存在していなかった画面サイズが世の中に出てから、その都度、業界としての認識を修正していることが確認出来る。このように、電子ディスプレイ業界が考えていた「技術的限界」を越える製品が世の中に登場してから業界予測を変更し、それに合わせて企業が戦略を修正するという事実を目の当りにすると、その業界に属する企業において正しい戦略に基づく経営が行われているとは言い難い。

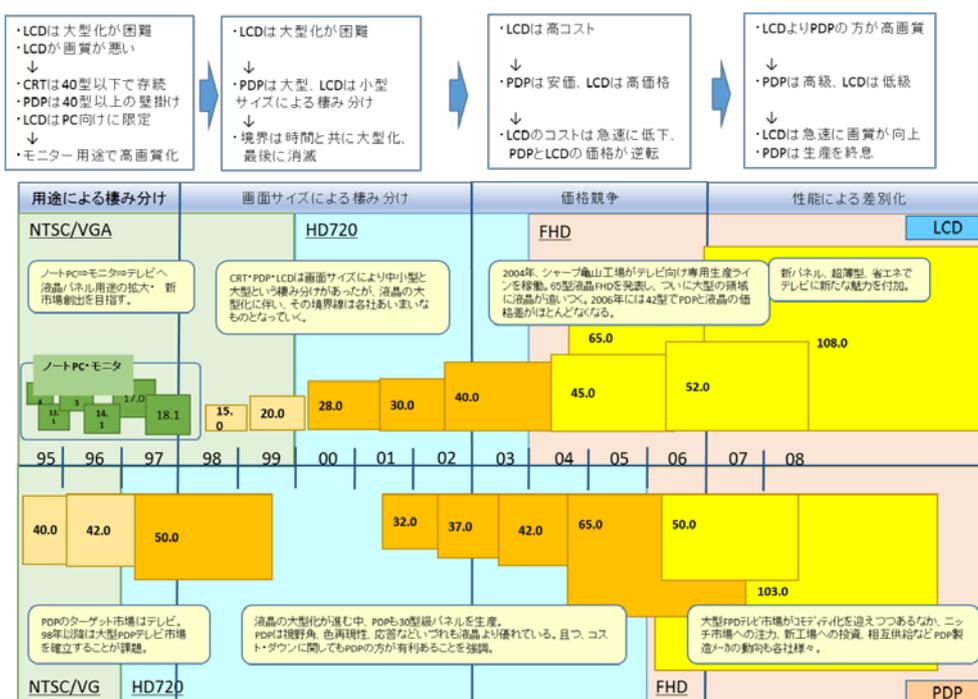


図 4-2 画面サイズ推移比較

電子ディスプレイ産業を含む電子デバイス産業において、産業を立上げて持続的に成長させるには巨額の設備投資が継続して必要であり、企業は巨額投資に見合うリスクマネジメントの観点を入れながら産業の将来予測を行い、その予測に基づき戦略を策定している。

しかしながら、電子ディスプレイ産業のように、ほぼ 4 年ごとに大きく将来予測を変更するような状況では、企業が正しい戦略を決定し、実行することは困難である。上記①～④のいずれの期においても、その当時の「LCD の技術的限界」に基づいて産業の将来予測が行われ、修正を行っている。このように多くの企業が間違った産業予測を繰り返した真因について、要因と仮説を設定し、その検証を行うことは非常に有意義であると考えられる。

#### 4. 1. 3. 要因・仮説の設定

電子ディスプレイメーカーは多くの電子ディスプレイ関連の技術者を社内に抱えて技術的判断を行い、戦略を策定・実行している。しかしながら、技術者の技術的判断と企業の経営判断は必ずしも一致しているとは限らない。技術者は「科学とデータに基づく客観的な判断」を思考のベースにして、電子ディスプレイ業界における産業予測とは異なる技術的判断、つまり「次世代テレビ受像機用電子ディスプレイの本命は LCD」と正しい技術的判断をしていたにもかかわらず、企業の経営陣が「次世代テレビ受像機用電子ディスプレイの本命は PDP」と経営判断した可能性も考えられる。よって、以下の仮説を設定する。

・仮説 1 「電子ディスプレイにおいて、産業予測と技術者の技術的判断は一致していた」  
また、技術者が専門職として「科学とデータに基づく客観的な判断」を思考のベースにしていると考えることがそもそも思い込み過ぎない可能性がある。よって、以下の仮説を設定する。

・仮説 2 「電子ディスプレイにおいて、技術者は主観による間違った技術的判断を行った」  
第 4 章において、多くの企業が間違った産業予測を繰り返した真因を明らかにすべく、電子ディスプレイ関連技術者へのインタビューを行うことで仮説の検証を行う。

### 4. 2. 技術領域の限界予測における集団思考的判断の影響

#### 4. 2. 1. インタビュー手法

技術者による技術領域の本質に対する正確な把握が可能なのかどうかについて、技術者へのインタビューによる検証を行った。PDP と LCD のカラー化技術が同時に立ち上がり、企業として次世代テレビ受像機用電子ディスプレイの技術的判断と選択を迫られた 1990 年代において、研究開発の中心として従事していた電子ディスプレイ関連の技術者 24 名をインタビュー対象者として選定し、インタビューを実施した。1990 年代当時におけるインタビュー対象者の所属団体は、日本企業 9 社と、研究機関 1 社である。インタビュー対象者

の選定には、可能な限り所属団体による偏りを排除した、多面的なインタビューを目指した。また、対象とする技術者 24 名の専門とする技術分野は、液晶 16 名（太陽電池からの移行者 1 名を含む）、電子管 6 名、半導体 2 名であり、こちらも現在において産業が継続している液晶分野を専門とするインタビュー対象者の比率が高くなるのは仕方がないにせよ、可能な限り技術分野として多面的なインタビューの実現を目指した。事前に対象とする技術者へ提示したインタビュー内容を図 4-3 に示す。

1. 1990年代前半当時のお考えを中心にお考えをお聞かせください

  - ・1991 カラー・アモルファスSi-TFTマトリクス液晶搭載ノート・パソコンの発売
  - ・1992 21型VGA、26万色表示のPDPモニターの発売
  - ・1995 NEC、松下電子工業、富士通、パイオニアがPDPの壁掛けTV事業計画を発表

① PDPをどう見ていたのか

② LCDをどう見ていたのか、LCD開発の背景について

③ 次世代TV用ディスプレイデバイスをどう見ていたのか

2. 以下は年代に関係なく、お考えをご自由にお聞かせください

① 何故、多数の企業が次世代TV用ディスプレイデバイスとしてPDPを選択したのか

② CRTメーカーは全てPDPを選択したのは何故か

③ LCDに対して他分野から展開された技術、または他分野と共通する技術について

④ LCDは半導体か

図 4-3 インタビュー内容

インタビュー内容の前半は、1990 年代前半において、次世代テレビ受像機用電子ディスプレイとして、PDP と LCD の 2 種類の電子ディスプレイを技術者がどの様に考えて、判断していたのかについて語るように設定している。日本における 1990 年代は、テレビ受像機市場では RCA が規格化した NTSC 方式の CRT テレビ受像機が主役であるが、NHK の独自規格である MUSE 方式(Multiple Sub-Nyquist-Sampling Encoding system)のアナログハイビジョン放送が開始され、続いてデジタル放送開始が控えていた、次世代放送方式への転換期であった。日本におけるアナログ放送の歴史を以下に示す。

- ・1953 年 地上アナログ放送開始
- ・1984 年 MUSE 方式発表
- ・1985 年 「ハイビジョン」と命名

- ・1989年 BS 放送によるハイビジョン実験放送（技術実験）開始（NHK、1日1時間）
- ・1991年 試験放送開始（ハイビジョン推進協会、1日8時間）
- ・1994年 実用化試験放送開始（NHK・民放、1日10時間）
- ・2007年 MUSE方式アナログハイビジョン終了

また、日本におけるデジタル放送の歴史は以下の通りである。

- ・1996年 CS デジタル放送開始
- ・2000年 BS デジタル放送開始（7チャンネルのハイビジョン放送）
- ・2003年 地上デジタル放送開始（東京・大阪・名古屋の3大都市圏）
- ・2006年 地上デジタル放送 全都道府県に視聴エリア拡大
- ・2011年 地上アナログ停波（東日本大震災被災3県（岩手・宮城・福島）を除く）
- ・2012年 地上アナログ完全停波

正に、現在において放送方式の主流になっているデジタルハイビジョン方式を構成する「ハイビジョン」と「デジタル」の二つの技術が、時期としてほぼ同時に、しかしながら独立して次世代テレビ放送技術として導入されている。また、インタビュー内容の後半は期間を設定せずに、結果として次世代高画質テレビ受像機の電子ディスプレイとして本命視されていた PDP が産業として終焉し、LCD が絶対的の王者として君臨している原因について、技術者が過去を振り返り、語るように設定している。

#### 4. 2. 2. インタビュー結果の概要

前半のインタビュー内容に対して技術者24人全員が同じ思考傾向を示した。次世代高画質テレビ受像機に対して、「LCDはPCなどのデータディスプレイには使えるが、画質レベルが低く、大型化が出来ないのでテレビ受像機には使えない」、「PDPは大型化が容易であり、壁掛けテレビ受像機の本命である」という考え方である。これは、液晶、電子管、半導体という技術分野が異なる技術者全員が同じ思考傾向を示したことになる。インタビュー対象者の技術的判断は業界の産業予測と企業の経営判断と一致しており、仮説1「電子ディスプレイにおいて、産業予測と技術者の技術的判断は一致していた」は正しいと検証された。

また、後半のインタビュー内容については、テレビ受像機用電子ディスプレイにおけるPDPの生産終息と、LCDの絶対的の王者としての君臨について、技術者24人全員がLCDの「予想を超える進化」、「想像を超える進化」を原因として挙げている。液晶分野の技術者が、専門であるLCDの進化について限界を予測することが出来なかったことには違和感を感じ

ざるを得ない。インタビューの結果、技術者は、

- ・「データに基づく客観的な判断」ではなく「主観」で技術の限界を判断、
  - ・技術の限界の予測・判断に対して、現在の延長上である連続的な限界判断に留まる、
- という思考傾向を示した。以降、インタビュー結果について詳細分析を行うことで、仮説2の検証を行う。

#### 4. 2. 3. 半導体技術者へのインタビュー結果

テレビ受像機用LCDにはアクティブ駆動するためのスイッチング素子として半導体である薄膜トランジスタ (TFT) が採用されている。そこで、2名の半導体技術者への直接インタビュー、また16名の液晶技術者から間接的に半導体技術者がどう考えていたのかをインタビューし、半導体技術者の「LCDの大型化」に対する技術的見解を確認した。半導体技術者は共通して、「ムーアの法則 (半導体の集積率は3年間で4倍になる)」という経験則を思考の大前提として、「半導体は微細加工技術により面積当たりの容量を向上し、シリコン基板サイズに依存せずに基板単価を上げていくビジネスモデル」に対して、「LCDの大型化はガラス基板サイズを拡大し、精細度と価格を下げるビジネスモデル、よってLCDは半導体ではない」と判断した。半導体技術者は、LCDは半導体とは技術的にも、またビジネスモデルとしても全く別物という認識を有していた。しかしながら現実には、半導体製造プロセスにおいて大きな設備投資となる成膜工程では、厚み方向に対する成膜時間は基板サイズに依存しないため、基板面積の拡大と共に単位時間当たりの処理面積が増加し、投資回収効率が高まる、というのは半導体でもLCDでも同じであった。LCDのガラス基板サイズ拡大は半導体のシリコン基板サイズ拡大と同様に理に適っていると考えられ、半導体技術者の判断・予測とは異なりLCDの大型化は進んだ。

また、半導体技術者は「ウルトラクリーン」という視点において、「半導体ではシリコン基板上にダストが1個、存在するかしないかのレベル」であり、また「基板当たりの取れ数が多いので、ダストによる不良品は捨てればよい」という考え方に対して、「LCDを大型にすると、半導体用基板より遥かに大型のガラス基板上に存在するダスト数が増加し、不良率は半導体より高くなる」ため、「LCDは基板当たりの取り数が少なく、不良品を廃棄するとコスト高」と考え、LCDの大型化は困難と考えていた。しかしながら現実には、ガラス基板の拡大と共にLCDの画面サイズを大きくすると、ダストが存在しても不良にならない開口部 (バックライト光が透過する領域) の比率は増加するため、ダスト起因で不良となるガ

ラス基板上の領域比率は低下し、画素数が同じであれば画面サイズが大きいほど歩留まりが上がる、という半導体技術者の予測とは逆の結果となった。

更に、半導体技術者の「ウルトラクリーン」という視点において、「半導体は汚染に敏感な物性の材料であり、LCD のガラス基板に含まれる Na は汚染物質、そのような汚染された基板の上に半導体層を形成するなんてありえない」と考えていた。インタビュー対象者から得られた情報として、あるガラスメーカーがガラス基板上に絶縁層・半導体層を積層して Na の影響を分析し、ガラス・絶縁層間に Na が集中、半導体層には Na は検出されなかったことを確認した。つまり、パネルメーカーではなくガラスメーカーがガラス基板上にも半導体層が形成可能であることを証明した。その結果を知った後も、国内 LCD メーカー6 社により設立された、次世代液晶技術を開発する ALTEDEC (Advanced LCD Technologies Development Center 液晶先端技術開発センター) の半導体技術者は、ガラス基板を汚染物質として考えて試作ラインに流すことは認めず、石英基板を使って研究開発を継続した。半導体技術者は、「Na という汚染物質を含んだガラスは使えない」という先入観で検証実験を行うこともなく、またガラスメーカーの検証結果が出た後もガラス基板上への半導体形成について否定的であったと考えられる。

以上の様に、LCD のスイッチング素子として使われる TFT と、半導体で用いられている Si 基板の金属-酸化物-半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) は「電界効果トランジスタ」という同じ基本原理における技術にもかかわらず、半導体技術者はガラス基板の TFT に対して薄膜半導体としての物理限界について客観的に議論を行うことなく、シリコン系半導体産業における「常識」と「思い込み」で LCD の大型化は困難と判断した。本来、LCD の大型化における限界の予測は、半導体の移動度、配線抵抗、配線容量などの設計パラメータから論理的に導くことが可能であり、これは 1990 年代後半においても同じである。しかしながら、半導体技術者はシリコン基板上での現象に囚われて、何の実験検証をすることもなく主観的に「LCD の大型化は出来ない」と技術的判断を行い、多くの他分野の技術者は半導体技術者の判断を受入れたと考えられる。

#### 4. 2. 4. 液晶技術者へのインタビュー結果

「LCD のテレビ受像機用電子ディスプレイとしての表示品位の限界」について、16 名の液晶技術者へのインタビュー結果を以下にまとめる。液晶技術者は共通して、「LCD は液晶分子を電圧で制御する光シャッターであり、TFT でアクティブ駆動したとしても、有機物

である液晶分子を電圧印可で動かしている以上、『応答速度、コントラスト、視野角特性』という表示性能においてテレビ受像機に使えるような表示品位には成りえない」という技術的判断を共有していた。

1990年代前半当時、ノートコンピュータ用 LCD には競合となるディスプレイは無く、表示品位向上に対する市場からの要求はそれほど高くなかった。1990年代後半のデスクトップ PC モニタへの展開において、既存の CRT を置き換えるために表示品位向上の要求が高まり、新たな表示技術・材料の研究開発が活発に行われた。2000年頃には、同時進行していた LCD の画面サイズ拡大と合わさることで、LCD のテレビ受像機用電子ディスプレイとしての市場拡大が始まった。以上の歴史をふまえて、LCD のテレビ受像機用電子ディスプレイにおける前述の「三つの表示品位の限界」について考察すると以下の通りになる。

#### ①応答速度

液晶層厚と駆動電圧、液晶材料の粘性や比誘電率、界面のアンカリング力等の物性値で決まるものであり、将来の液晶材料開発を見越した上での限界予測は可能。

#### ②コントラスト

液晶層のリタデーションをゼロに近づけることで、偏光板偏向軸クロスニコルのコントラスト比 10000 対 1 に限りなく近づけることが可能。

#### ③視野角特性

光学補償計算で限界を算出可能。

この様に、現在では当たり前のように「データに基づく客観的な判断」により容易に導き出される表示品位の限界を導いているが、それは 1990年代後半においても不足する情報はなく、同じく可能であった。しかしながら、インタビューからは、1990年代当時の液晶技術者は電子卓上式計算機用に代表されるパッシブ駆動型 LCD 時代からの経験と、化学・光学の高い専門性に基づく「常識」、「思い込み」により限界を主観的に予測し、「LCD はテレビ受像機として使用可能な表示品位には到達しない」と判断したことが分かった。インタビューでは 1名の技術者が、コントラストについて上記の偏光板クロスニコルの数値まで出せるはずと考えていたが、その当時に実現していた表示品位とのギャップが余りにも大きく、社内で受け入れられることは無く技術的判断の主流とはならなかった、というコメントであった。

#### 4. 2. 5. 元太陽電池技術者へのインタビュー結果

薄膜太陽電池から LCD に専門分野を移行した液晶技術者 1 名へ行った、「LCD の大型化」についてのインタビュー結果を示す。薄膜太陽電池用のアモルファス Si 薄膜はロール・ツウ・ロール方式で大面積に成膜するので、アモルファス Si 薄膜の成膜に対してガラス基板サイズの制約はない、と考えていた。よって、大型ガラス基板に対する成膜以外の製造プロセスについても前向きに可能性を追求し、LCD 用ガラス基板拡大の原動力となった。結果、テレビ受像機用 LCD の大型化に否定的な液晶技術者、半導体技術者の意見が業界の主流である中、ある日本企業では 1980 年代後半に、対角 30 インチ型サイズ（縦横比 3 対 4）に対応するガラスサイズが流動する製造装置を、薄膜太陽電池から異動した技術者が主導して導入することになった。液晶とは畑違いの薄膜太陽電池技術者が LCD 開発に携わることで、薄膜太陽電池技術者が保有する過去からの経験に基づく「常識」と前向きな「思い込み」で、ガラス基板の大型化に対する装置限界の拡大を推進することが可能になったことが、その日本企業がテレビ受像機用 LCD の大型化で業界を先行した要因の一つとして考えられる。

#### 4. 2. 6. 電子管技術者へのインタビュー結果

6 名の電子管技術者のインタビュー結果について述べる。PDP は CRT 同様に電子管を用いたディスプレイである。電子管技術者は、テレビ放送開始から 50 年間、絶対的存在であった CRT への思い込みが強く、1990 年代前半には以下の技術的判断を有していた。

- ・ CRT はなくならない、PDP とは画面サイズによるすみ分けをして共存。
- ・ テレビ受像機用電子ディスプレイは CRT 同様にパッシブ駆動でなければならない。
- ・ PDP は投資金額も少なく、LCD より低コストで作れる。
- ・ PDP は CRT に原理が近いので、表示性能は同じレベルまでいけるはず。

しかしながら、現実には以下の結果となった。

- ・ LCD の大型化に伴い、CRT の生産は終息。
- ・ テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて、パッシブ駆動の CRT、PDP は生産を終息、現存するのはアクティブ駆動の LCD、OLED のみ。
- ・ LCD はガラス基板の大型化により急激に低コスト化、ドライバにパワー IC が必要な PDP より低価格化が進行。
- ・ PDP の表示品位は CRT に限りなく近づいたが、LCD も実用十分な表示品位に到達。

この様に、電子管技術者は LCD の限界について半導体技術者と液晶技術者の技術的判断を受け入れると共に、CRT の成功体験と、それに基づく「常識」、「思い込み」により主観的に限界を判断していたと考えられる。

#### 4. 2. 7. インタビュー結果のまとめと考察

電子ディスプレイ関連技術者 24 名のインタビュー結果に基づき、1990 年代当時に業界で考えられていた「次世代テレビ受像機用ディスプレイに関する限界」についてまとめると図 4-4 の通りになる。

| 技術者の分野 | LCD    |        | PDP   |
|--------|--------|--------|-------|
|        | 大型化    | 表示品位   |       |
| 半導体    | 不可     | 判断できない | できるかも |
| 液晶     | 判断できない | 不可     | できるかも |
| 薄膜太陽電池 | できるかも  | 判断できない | できるかも |
| 電子管    | 判断できない | 判断できない | 可能    |

|       |    |    |    |
|-------|----|----|----|
| 業界の常識 | 不可 | 不可 | 可能 |
|-------|----|----|----|

図 4-4 技術者が判断した「次世代テレビ受像機用電子ディスプレイに関する限界」

次に、インタビュー結果についての考察を行う。藤村（2000）は著書『半導体立国ふたたび』において、図 4-5 に示す「三つの限界」を定義している。

- ・物理限界（Physical Limit: PL）
- ・装置限界（Equipment Limit: EL）
- ・実行限界（Operation Limit: OL）

本来、技術領域は物理限界で判断・選択をすべきである。また、装置限界、実行限界は判断する時点における限界に過ぎず、技術領域における将来の限界を示しているものではない。

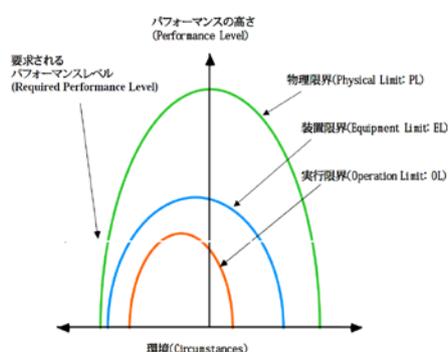


図 4-5 藤村の「三つの限界」

この「三つの限界」に基づいて電子ディスプレイ関連技術者へのインタビュー結果を整理した結果を図 4-6 に示す。現在テレビ受像機用ディスプレイとして主流となっている LCD の技術領域は、図 4-6 における「液晶」と「TFT」の二つの技術分野で構成されている。今回のインタビュー対象者は半導体技術者、液晶技術者、電子管技術者の 3 分野に分類され、半導体技術者は量子力学、液晶技術者は化学・光学、電子管技術者は電磁気学というように、科学のベースを異としており、夫々の技術的専門分野は分離されている。図 4-6 における電子管技術者の専門領域である「CRT と PDP」、半導体技術者の専門領域である「半導体と TFT」において、技術者が保有する、既に産業として成立している CRT、半導体の経験と専門性が、新しい産業である PDP、TFT の技術限界の予測に大きく影響していた。また同様に、液晶技術者の専門領域で、規模としては小さいながらも既に産業として成立している「液晶」では、そこに関わる液晶技術者の経験と専門性が、LCD の表示品位に対する技術限界の判断に大きく影響を及ぼしていたと推測される。

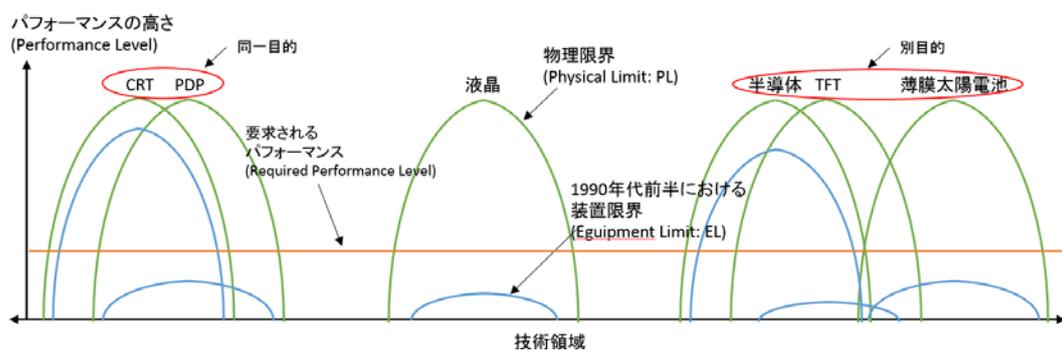


図 4-6 電子ディスプレイにおける各分野の限界

本来、半導体技術者は LCD の大型化に関する物理限界に対して、「入力信号波形がどの程度遅延するのか」という回路設計の視点で判断すべきである。これは配線の材料、配線幅、膜厚で決まる配線抵抗  $R$  と、その配線に対する寄生容量  $C$  で容易に計算することが可能である。LCD の大型化と共に配線の長さは増加するため、信号遅延の対策として配線膜厚を厚くするか、配線幅を太くすることで配線の断面積を増加させて配線抵抗を下げるように回路設計を行う。配線の厚膜化については、ガラス基板平面における段差を大きくすることになり、複数配線の積層構造において断線などの不良の原因となるため、いくらでも厚膜化が可能な訳ではない。また、外部光源を利用する LCD では、配線は遮光体のため、光が透過して利用出来る領域（開口部領域）と配線領域は、ガラス基板上の画面領域を取り合う関

係になっている。そのため、配線を低抵抗にするために単純に配線幅を太くすると、開口部領域減少による外部光源の光透過率が低下するため、電子ディスプレイの本質である表示性能に影響を及ぼすことになる。よって、低抵抗化を目的とした配線膜厚と配線幅の増加には限界が存在し、想定する画面サイズの LCD に必要となる光透過率を決めれば、その LCD における配線幅と膜厚の限界について数値化が可能である。

配線材料の変更は、配線抵抗を減少させるもう一つの手段である。LCD の配線材料は 1980 年代後半の TFT 量産開始当時に使われていた、耐熱性に優れる Ti、Cr、Mo、Ta などの高融点金属から始まり、次に信号遅延を解決するため電気抵抗率が 1 桁程度低くなる Al 系配線材料へと変化した（大西ほか 1998）。現在では大型高精細に対応すべく更なる低電気抵抗率化のため一部では Cu 系材料が採用されている（熊倉 2012）。これは、LSI などのシリコン基板上の半導体プロセスにおいて先行して行われた、微細加工の進行に伴う Al 系材料からの低電気抵抗化を目的とした Cu 系材料の配線への採用と同じ変化である（高辻 1999）。半導体技術者にとっては、LCD における大型化に伴う低電気抵抗率材料への変更は容易に予測可能であると推測出来る。表 4-1 に LCD と半導体産業で使われる代表的な配線材料と、その電気抵抗率を示す。金属系材料について電気抵抗率が低い順に記載している。表 4-1 における下段の材料から、上段に位置する配線材料を使うことで低電気抵抗率化が図れるが、金属系材料を配線材料として利用する限り電気抵抗率がゼロになることはなく、物理限界が存在する。

表 4-1 配線材料と電気抵抗率

| 材料 | 20°Cにおける電気抵抗率[E-6 Ω・cm] |
|----|-------------------------|
| Ag | 1.59                    |
| Cu | 1.67                    |
| Au | 2.35                    |
| Al | 2.655                   |
| Mo | 5.2                     |
| W  | 5.65                    |
| In | 8.37                    |
| Fe | 9.71                    |
| Cr | 12.9                    |
| Ti | 42                      |
| Nd | 64                      |

どこまでの画面サイズの LCD が製造可能なのかについては、配線材料の電気抵抗率における物理限界と、その LCD が必要とする光透過率に対する配線膜厚と配線幅の限界から計算される「入力信号波形の遅延となまり」のデータで客観的に判断することが可能であり、LCD の大型化における物理限界を導くことは難しいことではない。しかしながら、インタ

ビュー結果に示す通り、半導体技術者は「ムーアの法則」というシリコン系半導体における経験則により、LCDの大型化における物理限界について主観的な判断を行っていた。

また、液晶技術者は応答速度、コントラスト、視野角特性の「三つの表示品位」に対する物理限界について、波動光学に基づき客観的に判断すべきであった。前述のように、応答速度は、液晶層厚と駆動電圧、液晶分子の粘性や比誘電率、界面のアンカリング力などで決まる。液晶材料が有機材料単品の混合品である限り、化学材料としての物性についての物理限界を認知・予測することは可能である。よって、想定するLCDの液晶層厚と駆動電圧を決めれば、液晶材料の物性としての物理限界から応答速度の物理限界を計算することが出来る。それは、その物理限界における物性値を有する液晶材料がまだ世の中に存在していない場合でも、応答速度の物理限界を予測して導き出すことは可能である。しかしながら、液晶技術者はその当時におけるLCDの非常に悪い応答特性を目の当りにして、「LCDは有機材料分子を電圧変化で動かすので、自発光型ディスプレイと比較して応答速度が速くなることはない」と主観的に物理限界を判断した。コントラスト、視野角特性についても同様に、物理限界の予測が「データに基づく客観的な判断」により可能であったにもかかわらず、その当時のLCDにおける表示品位の物理限界について主観的な判断を行っている。

技術領域の判断・選択を阻害する要因として「電子ディスプレイ関連技術者の専門性」が存在しており、技術者は高度な専門性による「常識」、「思い込み」で技術限界を判断していた可能性がある。技術者はその経験と専門性から従来からの連続的な範囲に限界を設定していた。よって、技術者による、その技術分野の技術領域における物理限界の予測は間違っただけのものとなった。また、インタビューの結果、専門外の技術分野については自らで判断を行わず、その分野における専門性の高い技術者の判断を全面的に信用することが判明した。

以上により、仮説2「電子ディスプレイにおいて、技術者は主観による間違っただけの技術的判断を行った」は正しいと検証された。産業ライフサイクル予測に必要な将来における技術領域の変化を判断することに対して、専門職である技術者は容易に可能であると考えていたが、電子ディスプレイ関連技術者24名という限られた範囲のインタビューではあるものの、逆に技術者の高い専門性と経験が正確な判断を阻害するという結果になった。また、他社との差別化を図ることを常に要求される、異なる企業に属する技術者が、結果として間違っていた、同一の技術的判断に対して正しいと信じて収斂したことも興味深い。技術者が技術的判断するときに陥りやすい思考パターンが存在することを確認した。

#### 4. 3. 他産業における技術者による集団思考的判断の実例

##### 4. 3. 1. 日本半導体産業の凋落に関する先行研究

テレビ受像機用電子ディスプレイ以外の産業で、異なる企業に在籍する技儒者による集団思考的な技術的判断の存在について検証する。本章では半導体産業を調査対象に選定した。半導体産業は電子ディスプレイ産業同様に、かつては日本企業がリーダーとなって産業を牽引し、その後に海外企業に主導権を奪われて現在に至っている。そのような日本における半導体産業の凋落については多くの先行研究が行われている。

湯之上（2004）は半導体産業の主力製品の一つである DRAM における日本半導体メーカーの敗因について分析を行っている。DRAM は半導体を使用した記憶素子の一種で、記憶する間は電頭の供給が必要な揮発メモリに分類される。DRAM の歴史は米国 Intel 社により世界初の記憶容量 1 K ビット DRAM 「Intel 1103」が製品化された 1970 年から始まった。DRAM は 3 年ごとに容量 4 倍化という「ムーアの法則」を守るかのように容量を上げて世代交代が行われた。以降、コンピュータ用メインメモリとして容量と数量を拡大した DRAM に対して日本半導体メーカーは研究開発と設備投資を積極的に行い、大きな市場シェアを獲得した。結果、1980 年代初頭には米国から日本へ DRAM 生産拠点の中心が移行した。1986 年に日本半導体メーカーの市場シェアは 80% に到達し、1985 年に Intel 社は DRAM 事業から撤退した。しかしながら、1986 年をピークに日本の市場シェアは減少に転じて、1990 年代後半には韓国に抜かれることになる。

1970 年から 1980 年までの間、日本半導体メーカーは要素技術の研究開発による極限性能を追求し、高品質 DRAM の生産を第一とする技術文化が日本の半導体産業に形成された。日本の半導体メーカーは 1980 年代には市場シェア世界一となったが、1990 年代にはコスト競争力で諸外国に抜かれ、国際競争力を低下させている。湯之上はその原因として技術力については問題なかったものの、経営と戦略、コスト競争力が原因となり「技術的を外している」と指摘している。日本半導体メーカーには高品質な DRAM を作る技術力ではなく、安価で大量生産する技術力が必要だったとしている。1980 年代において、市場シェア世界一になった日本半導体メーカーに対して、追いかける立場であった海外の半導体メーカーがとった戦略は以下の低コストかつ大量生産する技術力の向上であった。

- ・要素技術
  - ・装置メーカーから製造プロセスが含まれている標準装置を新規購入
  - ・既存技術と装置を極力延命する

- ・インテグレーション技術
  - ・究極性能を目指すのではなく、適正性能の半導体デバイスを実現する工程フローを短期間で構築
    - ・マスク枚数と工程数を極力減らす
    - ・デバイス構造を単純にし、ダメージを低減すると共に検査工程を削減  
(例えば、当時の米国 Micron Technology 社は日本メーカーの 2/3 のマスク枚数で DRAM を製造)
- ・生産技術
  - ・最低限の目標品質を満たした上で、新製品立上げにおいて速やかに高歩留りを実現
  - ・各製造装置のスループットを向上させると共に、プロセスマージンを拡大

それに対して、日本半導体メーカーは、25 年前に形成された技術文化を変えることが出来なかったため、過剰な要素技術を使って過剰品質の DRAM を生産し続けた。湯之上が提示した DRAM における日本半導体メーカーの凋落は、経営と戦略の問題が原因としており、本論文の研究対象である技術者の技術的判断における思い込みについては述べられていない。

また、中馬 (2014) は DRAM 産業における日本半導体メーカーの凋落要因について以下の様にまとめている。まずは技術面として、容量 64M ビットの DRAM 以降、日本は量産化スピードで韓国サムソン電子に、チップ面積の縮小スピードで Micron Technology 社に負け始めたとしている。市場シェアの低下を続けていた 1990 年代に入っても、日本の技術者は「先行量産品は少々チップ面積が大きくても売れる」という信念を持っていた。また、生産面として、容量 64M ビットの DRAM の総サイクルタイムの差を挙げている。サムソン電子は 1996 年初頭の総サイクルタイムが 90 日前後であったのに対して、リーンシステムアーキテクチャを導入することで生産システム改革を実行し、1998 年末には 30 日強まで短縮を実現している。それに対して、日本は従来からのプッシュ型生産に拘り続けたため、当時の日本半導体メーカーにおける総サイクルタイムの水準は 60 日前後であり、このサムソン電子に対して約 2 倍となる総サイクルタイムが日本半導体メーカー凋落の原因の一つであると分析している。この研究では技術面と生産面における技術者の思い込みによる戦略的判断における集団思考は見られるが、本研究において対象としている「技術者の専門職共同体における集団思考」については触れられていない。

#### 4. 3. 2. 日本半導体産業における技術者の集団思考的判断

第4章第3節第2項に示すように、湯之上と中馬の日本半導体産業の凋落要因に関する研究では、技術者の集団思考についての指摘はあるものの、それは専門領域以外での思い込みに留まっている。それは、例えば過去の成功体験による影響を大きく受けた、企業における経営と戦略面での思考傾向であり、本研究が対象としている「技術者の専門技術領域分野における思考傾向」には当てはまらない。そこで、湯之上と中馬が指摘しなかった技術者の専門技術領域分野における思考傾向に起因する、日本半導体メーカー凋落の原因について分析を行う。

DRAMを含むシリコン系半導体製品はシリコンウェーハ（Silicon Wafer）上にウェーハ処理プロセスを経て製造される。ウェーハ処理プロセスは、①酸化物・窒化膜形成、②フォトリソグラフィ（Photolithography）法によるパターン形成、③素子分離形成、④ゲート電極形成、⑤イオン注入法による不純物導入、⑥コンタクト形成、⑦多層配線形成、⑧ウェーハ検査に代表される複数の工程から成り立っており、1枚のウェーハ上に多数のLSIチップを形成する。尚、LCDやOLEDなどのアクティブ駆動型FPDにおけるTFTアレイプロセスにおいても、順番と基板は異なるがウェーハ処理プロセスとほぼ同様の工程から成り立っており、共通する点が多い。ウェーハ処理プロセスはコンタミネーションによる不良発生を抑制するために空気清浄度を高めたクリーンルーム（Clean Room）という閉鎖空間中で行われる。また、クリーンルーム内には、薄膜形成に必要なCVD（Chemical Vapor Deposition：化学気相蒸着）やスパッタリング（Sputter Deposition）などの成膜装置、フォトリソグラフィに必要なフォトレジスト塗布、露光、現像、エッチング、レジスト剥離・洗浄のプロセス装置、イオン注入装置や表面を研磨して平坦化するCMP（Chemical Mechanical Polishing：化学機械研磨）装置、ウェーハ検査装置などの多種多様な設備が導入されている。よって、半導体製品の製造には巨額の設備投資を必要とするため、コスト低減にはシリコンウェーハの大口径化が有効な手段の一つと考えられていた。

日本半導体メーカーが海外半導体メーカーに市場シェアで負け始めた1990年代後半は、シリコンウェーハの直径が200mm（8インチ）から300mm（12インチ）へ移行した時期に重なる。ここで、直径300mmウェーハの工程間搬送方式について技術者による技術的判断を視点とした考察を行う。ウェーハ処理プロセスには多数の工程が含まれているため、それぞれの工程間でコンタミネーションを対策しながらウェーハを搬送する必要

がある。300mm ウェーハの搬送方式についての標準化において、日本半導体メーカーは開放型のオープンカセット方式、台湾・韓国半導体メーカーは FOUP（Front Opening Unified Pod：密閉型カセット）方式を推進し、結果二つの方式が並行して標準化された。長広（2002）によると、2001年において300mm ウェーハを用いた量産工場を建設しようとしている日本半導体メーカーでオープンカセット方式を採用するところは1社も存在していない。長広はその理由を「200mm ウェーハ時代にオープンカセット方式で採用した全面ダウン・フロー技術で高い歩留まりを達成した日本勢が、その成功体験から抜けられずに技術革新に消極的になったことがマイナスに働いた」と分析している。

1990年代後半の200mm ウェーハを使った工場において、日本半導体メーカー各社はオープンカセット方式で世界一の歩留まりを実現していた。一方、台湾・韓国半導体メーカー各社においては人がウェーハを開放型のカセットに入れて運ぶオープンカセット方式では日本半導体メーカーと比較してコンタミネーションが原因で歩留まりを上げることが出来なかった。そこで、台湾・韓国の200mm ウェーハ工場ではウェーハを密閉容器に入れて運ぶ局所クリーン化による搬送を採用していたが、それでも日本の工場におけるオープンカセット方式の歩留まりには敵わなかった。以上の背景により、日本半導体メーカーの技術者は、

- ・クリーンルームは空気が流動することでクリーンを保っているのに、空気の流動がない密閉容器の局所クリーンではウェーハのコンタミネーションが起こる
- ・密閉容器を使うと可動部でのダスト発生が起こる

という理由をまるで実際に比較検証したかのように示したが、実験検証することなく技術者の主観による判断で300mm ウェーハ工場においてもオープンカセット方式が一番のウェーハ搬送方法であると考えた。

その当時の様子について、1984年に局所クリーン化という新しい生産技術を持って会社を設立し、積極的に販売活動を展開していた Parikh（1999）は、LSI 工場で高効率生産とライン構成の自由度向上が叫ばれていた1989年から1990年頃の様子について「世界中のLSI工場にこの新技术を提案したところ、米国や台湾メーカーからは歓迎されたが、日本のLSIメーカーからは一部を除いてあまり採用されなかった」と述べている。また、日本半導体メーカーの多くが採用しなかった理由として以下の二つを挙げている。

- ・日本半導体メーカーが開発した生産技術力が強すぎた。
- ・歩留まりが十分に高かった日本半導体メーカーに対して、局所クリーン化の説得力の

あるデータを示せなかった。

結果、1999年までに世界で67の工場が局所クリーン化を採用したのに対して、日本では5工場のみという極端に少ない数に留まった。

しかしながら、空間のクリーン化における物理限界としては、高度にクリーン状態を保持しなければならない体積の視点で、クリーンルーム全体が対象となる開放型のオープンカセット方式よりも、より体積が小さい密閉型カセットの内部が対象となるFOUPによる局所クリーン化の方が、クリーン化のパフォーマンスが高くなるのは明白と考えられる。図4-7に直径200mmから300mmへのウェーハサイズ移行時における、二つの搬送方式の物理限界と装置限界を図示する。日本半導体メーカーの技術者はその当時の200mmウェーハ工場におけるオープンカセット方式のレベルの非常に高い装置限界で判断し、二つの搬送方式について正確な物理限界を予測することが出来なかったと考えられる。結果、多くの日本半導体メーカーは300mmウェーハ工場においてオープンカセット方式を採用することになった。ここで、台湾・韓国半導体メーカーの技術者は、当時の200mmウェーハ工場においてオープンカセット方式より密閉容器に入れて運ぶ局所クリーン化の装置限界が高かったため、300mmウェーハ工場においてもFOUPを選択したとも考えられるため、二つの搬送方式についてより正確な物理限界を判断して行動したのかどうかは情報不足のため判断することは出来ない。少なくとも日本においては、異なる複数の半導体メーカーに属する技術者が主観的に同じ方向の技術的判断をしたのは事実であり、これは「技術者による集団思考的な技術的判断」とであると判断出来る。

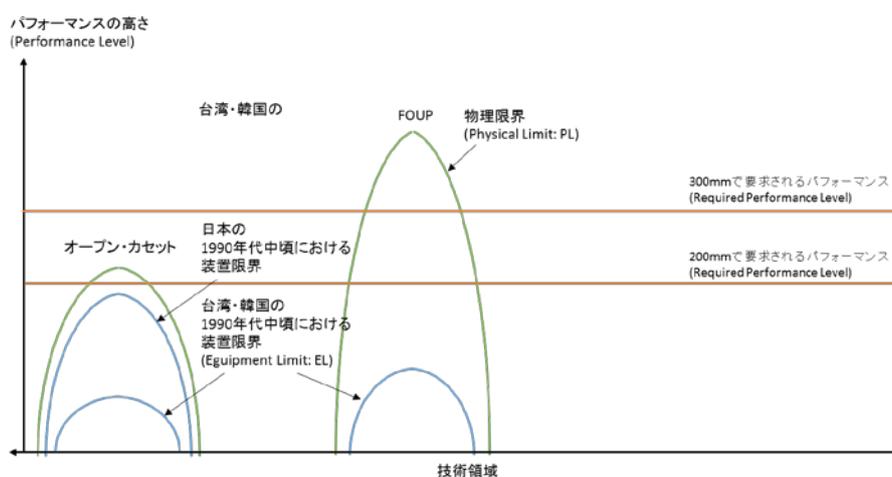


図 4-7 300mm ウェーハサイズ移行時の二つの搬送方式における物理限界と装置限界

#### 4. 4. 技術者の集団思考的判断についての先行研究

##### 4. 4. 1. 集団思考に関する先行研究

技術者は「企業組織」と「専門職共同体」という二つの集団に同時に属している。蔡(2007)は専門職共同体について先行研究をもとにして次のように定義している。職業共同体とは、同じ職業に従事してかつ、「同類意識 (consciousness of kind)」を強く持っている人々の集団であり、建設現場における職人、警察官、消防士、鉄道や航空機の運転手、医者、看護師、科学者、技術者などがそれに相当する (Van Maanen & Barley 1984)。その職業共同体の中でも、専門職共同体は著しく共同体としての特徴を有しており、更に社会において強い影響力を保有し、また行使している集団である。医者や弁護士、科学者、技術者がそれに相当する。この中で、医者や弁護士の多くが個人で活動するのに比較して、技術者は企業組織に属して活動している場合が多い。よって、技術者の専門職共同体は企業組織の競争優位に決定的に重要となる知識を独占している集団であり、企業組織に対して強い権威 (authority) を持っている。本研究のインタビューで明らかになった技術者が陥りやすい思考パターンは、技術者が属する企業組織の内部ではなく、技術者が属する専門職共同体の内部で集団思考が行われた可能性が考えられる。そこで、まずは「専門職共同体における集団思考」について先行研究整理を行う。

白樫 (2012) は、Whyte (1952) が提唱し、Janis (1972) が検証を行った「集団思考 (groupthink)」について、その体系を詳細にまとめている。Janis は集団思考の前提条件を「凝集性の高い内集団」としているのに対して、Baron (2005) は集団思考に対する Janis の「高い集団凝集性要因の存在」へ疑問を投げかけ、集団思考はかなり広範囲な状況で頻繁に発生していると指摘している。Baron は集団思考の前提条件として、

- ・ 集団成員がその諸個人の集まりに対して社会的同一視を感じている、
- ・ 集団内に支配的な規範が存在している、
- ・ 集団成員の自己効力感が低下している、

を挙げている。

集団思考について、Stoner (1961) が「リスクシフト」を提唱している。集団討議による意志決定は、一人での意思決定に比べて、常により冒険的な性格を帯び、危険な決定になる傾向があり、これを「リスクシフト」と呼んでいるが、本インタビューの結果はリスクを取らない方向に思考が向かっているため、同じく Stoner (1968) が提唱する「コーシャスシフト」の方に近い。Stoner はコーシャスシフトの前提条件として、集団に抜き出たり

ーダーがおらず、集団構成員の力がそれぞれ拮抗しているときに見られる、としている。Janis が示した「集団思考」については、Kahneman (2011=2012) が示した「個人のヒューリスティック（思考の手抜き）とバイアス（先入観）」による間違いに対して、集団が間違いを軽減することが出来ないだけでなく、逆に間違いを増幅することについての実験検証が盛んに行われている。例えば、Buehler, Griffin and Peetz (2010) は、「計画錯誤」が集団においては更に悪化、つまり増幅することを示した。また、中西 (2006) は、集団のほうがよりサンクコスト（埋没費用）の影響により、失敗が判明しつつあるときにその方針にのめり込む確率が高いことを実験で検証している。

ヒューリスティックとバイアスに起因する企業組織の集団思考は、企業の競争優位確立に対する課題の一つとなると考えられ、その克服方法についての提案が行われている。例えば、Sunstein and Hastie (2014=2015) は集団思考のメカニズムを整理した上で、集団思考の弊害に対する克服方法について提案をしている。この様に、集団思考については盛んに研究が行われてきたが、これらは企業組織や政府機関に代表される「非専門職共同体」を研究対象としている。

また、「技術者の集団思考」について論じている先行研究が多数存在するが、それらは技術者が属する非専門職共同体における集団思考の研究であり、専門職共同体における集団思考についての研究は見当たらない。例えば、スペースシャトル・チャレンジャー号やコロンビア号で発生した爆発事故の事例研究などの、技術者倫理 (engineering ethics) として技術者が不祥事を起こさないための考え方に留まっている。それは、大統領直轄の事故調査委員会である Rogers 委員会 (1986) および CAIB (Columbia Accident Investigation Board) (2003) による調査報告書を基礎にした、NASA という一つの組織における集団思考についての分析である (澤岡 2004)。

また、太田 (1993) は「非専門職共同体」に雇用される専門職を研究対象として、専門職の価値観・目的を整理した上で、研究者・技術者という専門職個人と企業組織という非専門職共同体との間の関係について、官僚制、キャリア志向、昇進、人事管理制度、QWL (quality of working life) という観点で研究を行っている。藤本 (2005) は、組織間移動が極めて少ない日本の専門職を研究対象として、専門職の移動可能性について研究を行っている。どちらも、専門職共同体に属する「個人」と、企業組織という「集団」との関係についての研究であり、専門職共同体における集団思考については述べられていない。

以上に示すように、技術者の「専門職共同体における集団思考」については、その存在を先

行研究で確認することは出来なかった。

#### 4. 4. 2. 技術者の専門職共同体における集団思考に関する先行研究

技術者の専門職共同体は、企業組織の競争優位に決定的に重要となる知識を独占している集団であり、企業組織に対して強い権威（authority）を持っている。よって、技術者は保有する知識を活用して正しい技術的判断を行うことを企業組織から期待されている。

技術者は保有する専門的知識を活用することで、個人のヒューリスティックとバイアスの影響を軽減することが可能かもしれない。しかしながら、本研究におけるインタビュー調査の結果、日本の電子ディスプレイ技術者は保有する専門的知識を十分に活用することなく、ヒューリスティックとバイアスによる集団思考に陥り、「LCDは大型テレビ受像機には使えない」という間違った技術的判断を示した。強い権威を持つ専門職共同体に属する技術者による間違った技術的判断は、企業組織の経営判断に大きな影響を与えたと考えられる。日本では、企業は従業員の組織への一体感や忠誠心を出来るだけ高める戦略を取り、それが長期雇用、年功賃金に代表される日本的雇用慣行と相まって、技術者の企業組織への属性を高めている。藤本（2005）が明らかにした日本の科学者・技術者の組織間移動における非常に低い流動性に対して、蔡（2007）は日本の科学者・技術者には企業組織への包摂の圧力が強く働いているため、科学者・技術者に対して企業組織の論理が広く行き渡っている可能性を示している。

日本の電子ディスプレイ技術者も「技術者の専門職共同体」への属性より、「デバイスメーカー」への属性が高い可能性が考えられる。常に競争環境に置かれている企業組織は、差別化を図るため他社とは異なる成果を技術者に要求するので、異なる企業組織に属する技術者は、それぞれの企業組織の集団思考の影響を受けて、違った思考傾向を示しても不思議ではない。そして、正しい技術的判断と間違った技術的判断をした企業組織のどちらもが存在し、正しい技術的判断をした企業組織が競争優位に立つ、という考え方である。しかしながら、本研究におけるインタビューでは、企業組織の境界を越えて、全ての技術者が同じ方向の間違った技術的判断に至っている。これは、技術者の専門職共同体における集団思考発生の可能性を示唆している。

しかしながら、独立した企業組織内での集団思考の結果、たまたま多数企業の内部で同じ方向の集団極性化現象が起こったために、その結果、「専門職共同体の集団思考」があたかも発生したように見えるだけとも考えられる。これは、今回のインタビュー対象者全員が日

本企業、もしくは日本の研究機関に属しているため、日本における技術者特有の均一化された思考パターンが原因である可能性も否定出来ない。例えば、オフィスのレイアウト、人事制度、報奨制度、キャリア制度、権限の範囲など、日本型組織の特徴はどの企業においてもほぼ同じである。その日本型組織により形成される企業文化の影響で、異なる企業においても技術者の判断が同じ結論に至り、結果として業界としての統一見解となったのであり、企業組織という枠組みを超えて、あたかも「専門職共同体の集団思考」が行われたように見える可能性もある。

#### 4. 5. 専門職共同体の集団思考についての考察

##### 4. 5. 1. インタビュー結果に対する「知識のスピルオーバー」の影響

技術者の専門職共同体における集団思考の要因としては、研究開発における「知識スピルオーバー」の存在が考えられる。大西（2006）はLCD産業の研究開発における「知識スピルオーバー」の効果を分析している。日本LCDパネルメーカー20社を対象に、競合他社、製造装置・部材材料メーカー、米国メーカーとの研究開発における知識スピルオーバー効果を分析し、知識スピルオーバー発生の原因として、開発当初のLCDの研究開発体制は各企業とも極めて貧弱であり、研究員の数も少なかったため、お互いの足りない知識を補う目的で、企業の枠を超えた情報交換が積極的に行われていたとしている。具体的には、

- ・国内外の学会の発表や出席を通じた個人的な強いつながり
- ・製造装置・部品材料メーカー間の研究者の緊密な交流
- ・リバーズエンジニアリング、文章化された情報源（学術論文や特許の明細書）

を挙げている。ここで、上記3点の内、3点目以外については非公式な情報交換の場における知識スピルオーバーであり、その存在が証明されたものではない。そこで、大西はLCD産業では非公式な知識スピルオーバー効果が本当に存在していたのかについて、研究者同士の交流に焦点をあてて事例を検討している。テクノタイムズ社発行の『月刊ディスプレイ』に掲載された、主要な液晶関連の研究者、技術者の随想を一冊にまとめたものである、資料『液晶紳士随想録～日本の液晶を立ち上げた人たち～』の複数の随想を鑑みることで、社外の研究者との情報交換する場として、

- ・学会などの公式カンファレンス
- ・大学、特に大学教員の個人的な繋がり
- ・取引関係による研究者間のコミュニケーション・ネットワーク

を挙げている。対話を中心とした非公式な情報交換する場が存在していれば、技術者が「境界が見えない非公式な集団」を形成することになり、集団思考的判断に陥る原因となる。

しかしながら、『液晶紳士随想録～日本の液晶を立ち上げた人たち～』に取り上げられているのは TFT-LCD 以前の、LCD 黎明期における話である。本論文が分析の対象としている TFT-LCD 時代には、LCD メーカーは競合他社に対する機密保持重視、差別化技術重視の戦略を進め、企業が装置・部材メーカーの囲い込みを行うと共に、研究開発の中心が大学から企業へ移行した時期であった。よって、TFT-LCD 時代における非公式な情報交換の場については、その存在は説明することは難しい。逆に、特許出願件数は急増が見られ、特許明細書などの文章化された公式な情報源による「知識スピルオーバー」は増大し、支配的となる。よって、非公式か公式かにかかわらず、この「知識スピルオーバー」の存在こそが、個別の企業や研究機関に属しているにもかかわらず、技術者が陥る企業間の垣根を越えた「専門職共同体の集団思考」の要因となりえる。

#### 4. 5. 2. 企業組織に属する人間と「知識のスピルオーバー」の関係

技術者の専門職共同体における集団思考について要因を明らかにするために、技術者の思考と「知識のスピルオーバー」の関係について考察を行う。一般的に、人間の思考による判断は自分が保有する内部の知識だけでなく、自分が費用負担しているのかいないのかにかかわらず、外部に存在する知識にも大きく影響を受ける。つまり、「知識のスピルオーバー」が人間の思考傾向に大きな影響を与えられとされる。

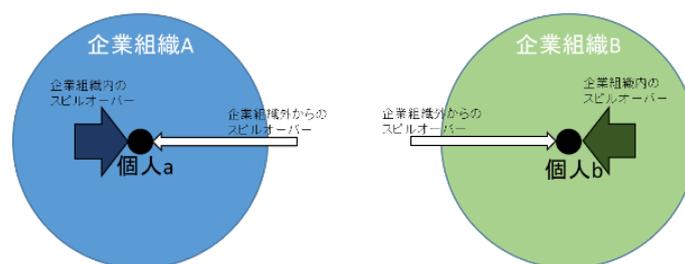


図 4-8 企業組織に属する個人における「知識のスピルオーバー」

図 4-8 に企業組織に属する個人における「知識のスピルオーバー」の概念図を示す。企業組織に属する人間は、企業組織の外部からのスピルオーバーより、企業組織内部における知識のスピルオーバーの方が遥かに容易なため、そのボリュームは大きくなる。その企業組織外部からと企業組織内部におけるスピルオーバー量の差は、企業組織における集団思考の

要因の一つと考えられる。更に、集団内部においてスピルオーバーにより得られる知識は、文化、組織、事業や活動内容、規模などの集団が保有する特性によって個人の中で重み付けがされる。例えば、知識の内容と質には関係なく、企業組織における下位職より上位職からのスピルオーバーの方が主観的に重要な知識として扱われる。その結果、人間の思考において重要であるとランク付けされた知識による判断の偏り（バイアス）や、重要でないとランク付けされた知識を軽視することによる判断の手抜き（ヒューリスティック）が行われ、その個人の集合体としての企業組織は、バイアスやヒューリスティックに満ちた集団思考に陥る。図 4-8 において、企業組織 A と B では集団内の知識のスピルオーバーがそれぞれ独立して異なると共に、文化、組織、事業や活動内容、規模などの企業集団が保有する特性も異なるのが一般的である。結果、企業組織 A と B ではたまたま偶然に同じ判断をする場合もあるが、それぞれの集団思考により異なる判断をすることが多いと考えられる。企業組織における集団思考は、他の企業に対するその企業の独自性を高める要因の一つでもあり、必ずしもその存在を否定されるものではない。

これは企業組織に属する研究者・技術者などの技術者の思考傾向にも当てはまる。技術者は個人として保有する高い専門的知識や経験により、専門とする技術分野の物理限界を理解して、それに基づき客観的に実行限界の将来予測について正しい判断をすることが出来ると考えられる。結果、企業組織に対して強い権威（authority）を有しかつ、企業組織においてその権威を維持している。しかしながら、企業組織に属している限りは、集団内部で主観的に重み付けされた知識のスピルオーバーからの呪縛から逃れることは難しく、企業組織におけるバイアスやヒューリスティックに満ちた集団思考の参加者となってしまう。前述の、技術者が事前に危険を察知していたにもかかわらず、スペースシャトル・チャレンジャー号やコロンビア号の事故を未然に防ぐことが出来なかった要因について、企業組織における集団思考に関する多くの先行研究が行われているのが一つの例である。

この様に、集団思考はその集団に特有の思考傾向であり、異なる集団においてはそれぞれの思考傾向により異なる判断がなされる。つまり、集団外部からと集団内部におけるスピルオーバー量の非対称性と主観的な知識の重み付けがある限り、複数の集団には異なる複数の判断が存在することになる。しかしながら、技術的判断においては、複数の企業がそろって全く同じ判断し、現在から過去を振り返ってみると、その判断が間違っていた事例が散見される。その例の一つが、1990 年代後半における「次世代テレビ受像機用ディスプレイの本命は何か」という命題に対する、企業の垣根を越えた間違った集団思考的判断である。企

業は他社とは異なる戦略を策定することで差別化を図ろうとして行動するにもかかわらず、技術的判断における企業組織の境界を越えて行われている集団思考的判断の要因について「知識のスピルオーバー」の視点で考察を進める。

#### 4. 5. 3. 企業組織に属する技術者と「知識のスピルオーバー」の関係

企業における技術的判断に大きく影響を与えるのは、その企業組織に属する技術者の思考傾向である。また、技術者は「企業組織」と「専門職共同体」という二つの集団に同時に属している。この点が、企業組織内における専門職の技術者と非専門職の構成員との大きな相違点である。前述のように、非専門職の構成員は以下の理由で企業組織内において集団思考に陥りやすいと考えられる。

- ・「集団内部における知識のスピルオーバー量」は「集団外部からの知識のスピルオーバー量」より大きい
- ・集団内部の知識のスピルオーバーは、文化などの企業特性によって重み付けされる  
よって、偶然同じ判断となる場合を除いて、異なる企業集団 A と B では異なる判断をする。  
よって、電子ディスプレイ産業の企業組織が行う技術的判断において起こった異なる企業集団 A と B で同じ判断をしたことを説明することは困難であり、そこには専門職である技術者特有の、専門職共同体に属するゆえの「企業組織外部からの知識のスピルオーバー」の影響に起因する可能性が考えられる。専門職の技術者における外部からの知識スピルオーバーには、論文や特許文献などの世の中で明文化された知識や学会での発表などの「公式な場」と、専門職共同体内部における個人同士の対話による「非公式な場」の2種類が存在する。前者は自らが知識を発信しなくても外部からの知識を入手することが可能な単方向の情報伝達であり、後者は知識の入手先にも自らの知識を提示することで知識が得られる双方向の情報伝達であることが特徴である。これらの公式な場と非公式な場を組合せたスピルオーバーネットワークの存在を前提にして、技術者における「知識のスピルオーバー」の構造について考察を行う。「技術の S 字カーブ」における各段階（導入期、成長期、成熟・衰退期）において、技術者の思考傾向に対する知識のスピルオーバーネットワークの影響を整理するため、山口（2006）が提唱する「イノベーション・ダイアグラム」に、藤村（2000）の「三つの限界」を導入する手法を用いた。

まずは技術者として、基礎研究を主に行う研究者と、製品開発までを担当する技術者が存在する。イノベーション・ダイアグラムでは、「研究」と「開発」を以下の様に定義してい

る。研究とはこの世にないものを創る、もしくは見つける「知の創造」であり、科学と呼ばれるものの全てと技術と呼ばれるものの一部がその対象である。また、開発は価値を創造「知の具現化」であり、技術と呼ばれるもののほとんどがその対象である。図 3-5 に示すイノベーション・ダイアグラムにおいて、横軸に平行した横向きの矢印で示される活動が研究を表し、縦軸に平行した上向きの矢印で示される活動が開発を表している。以降、本論文で扱う「研究」と「開発」についてはこの定義を用いる。

続いて、イノベーション・ダイアグラムにおける「研究」「開発」と「三つの限界」の関係を整理する。図 4-9 にイノベーション・ダイアグラムにおける「既存の知」と「三つの限界」の関係を示す。図 4-9 において、S（既存の知）を基にして、それに対応する三つの限界（物理限界、装置限界、実行限界）が存在している。また、実行限界が価値付けされていない「知」と価値付けされた「技術」との境界線を越えて土壌の上に出ることによって、つまり開発により実行限界 A が実行限界 B に拡大した時に「既存の知」は「技術」として価値付けられると仮定する。

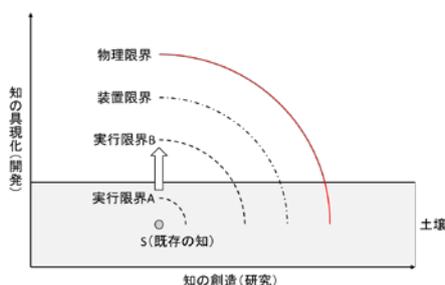
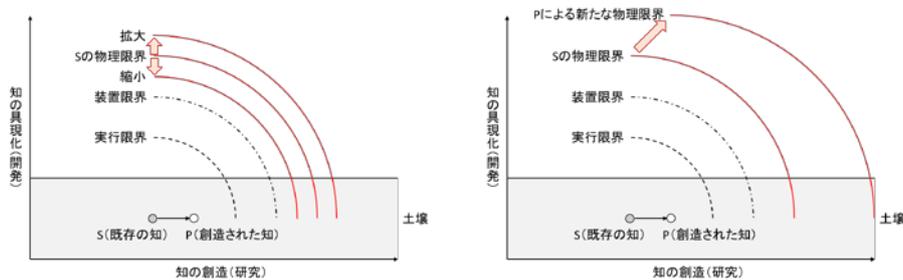


図 4-9 イノベーション・ダイアグラムにおける「既存の知」と「三つの限界」の関係

次に知の創造が行われた時の物理限界について整理を行う。図 4-10 に新たに創造された知による三つの限界への影響を示す。研究により新しい知が創造されると、その知に基づく理論による新しい物理限界が定まり、それには 2 種類が存在する。一つは、図 4-10 (a) に示すように既存の知 S による物理限界を変化させるものであり、既存の物理限界を拡大する場合と縮小する場合がある。これは山口 (2006) の「パラダイム持続型イノベーション」と言われるものに相当する。物理限界が縮小することは決して悪いことではなく、物理限界と実行限界との距離が縮まることにより、物理限界が夢物語ではなくより現実的な存在として世の中に認知される。もう一つは、図 4-10 (b) に示すように既存の知 S による物理限界とは全く別の領域に、創造された知 P による新規の物理限界を規定する場合である。これは、山口 (2006) の「パラダイム破壊型イノベーション」と言われるものに相当する。



(a) 既存の物理限界の変化

(b) 新たな物理限界の創出

図 4-10 研究による三つの限界への影響

既存の物理限界の変化と新規の物理限界の創出のどちらにおいても、既に過去ものとなった物理限界ではなく、開発を行う時点における物理限界を対象として、技術者の開発による装置限界と実行限界の拡大は行われる。図 4-11 に開発による三つの限界への影響を示す。開発の結果、実行限界が拡大することにより、過去には実現不可能であったものが実現可能なものとなり、技術が創造する価値が向上する。また、実行限界の拡大により実行限界と物理限界の距離が縮まるので、物理限界がより現実的な存在として認知されるようになる。これは、「夢物語だったことが現実になるかも」という物理限界に対する認知の変化であり、研究により物理限界が縮小した結果、実行限界に近づいた時の現象と同じである。

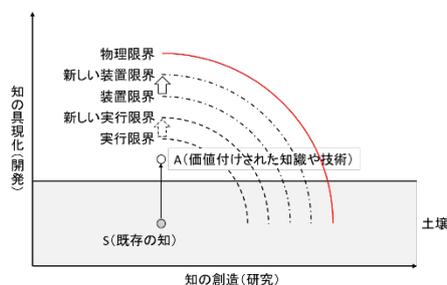


図 4-11 開発による三つの限界への影響

以上の「研究」「開発」と「三つの限界」の関係を前提にして、技術の S 字カーブの各段階における技術者による「専門職共同体の集団思考」について、「知識のスピルオーバー」を視点にして考察を行う。尚、物理限界の理論的背景となる科学においても、技術の S 字カーブと同様に「科学の S 字カーブ」が存在することを前提として整理を行う。図 4-12 に科学と技術の二つの S 字カーブと、ある時点における「既存の知」に対する物理限界と実行限界を示す。横軸は時間を表し、科学の S 字カーブは土壌の中の実線で、技術の S 字カーブは土壌の上の破線で記載しており、右縦軸の「技術的成果・科学的成果」を縦軸

としている。また、時間軸におけるある時点の「既存の知」に基づく物理限界を実線、実行限界を破線で示し、左縦軸の「限界のレベル」を縦軸として図示している。尚、物理限界と実行限界の間には装置限界が存在するが、装置限界については図示を省略する。

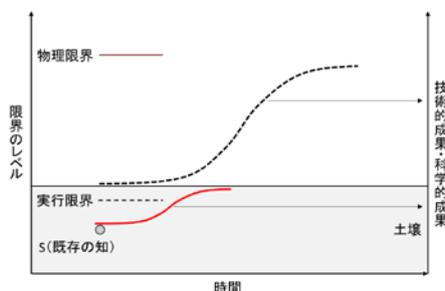


図 4-12 科学と技術の S 字カーブと「既存の知」に対する物理限界と実行限界

「科学の S 字カーブ」の導入期においては、まだその科学分野を扱う研究者数は少なく限られているが、物理限界については新しい知の創出によって大きく変化する可能性が高い。成長期になるとその科学分野における研究者数は増大し、活発な研究による多くの知により物理限界の変化は徐々に小さくなると共に確固たるものへとなる。成熟・衰退期に入るとその科学分野における研究者数は減少に転じて限られた研究者だけが扱うようになり、新たな知の創造の停滞と共に物理限界は固定化される。この前提においては、科学による「知の創造」が存在しなければ技術による「知の具現化」は始まらないので、「技術の S 字カーブ」が「科学の S 字カーブ」より先行して立ち上がることはないとする。

#### 4. 5. 4. 技術の S 字カーブが導入期である場合の知識スピルオーバー

まず、科学の S 字カーブと技術の S 字カーブが共に導入期である場合について、図 4-13 を用いて考察する。科学の S 字カーブはまだ成長期には入っておらず、新たに創造された知 P によって物理限界は大きく変化する。よって、研究と開発の実行には物理限界を熟知することが必要であり、それは科学と技術との距離が近くて寄り添った関係であると言える。物理限界を変えようとする研究に携わる研究者と、実行限界を物理限界に近づけようとする開発に携わる技術者の絶対数は少なく、また論文や特許文献などの数も限定されるため、物理限界を認知して共有化して研究と開発をするためには大学や企業組織の垣根を越えた交流が必要であると考えられる。これは、前述の LCD 黎明期における「国内外の学会の発表や出席を通じた個人的な強いつながり」による知識のスピルオーバーが当てはまる。

その特徴としては以下が考えられる。

- ・ 交流による情報を出すデメリットより、得られるメリットの方が大きかった。
- ・ 知識のスピルオーバーにおいて、論文や特許文献などの公式な情報が限られていたので、人と人のつながりによる非公式な情報により補完していた。

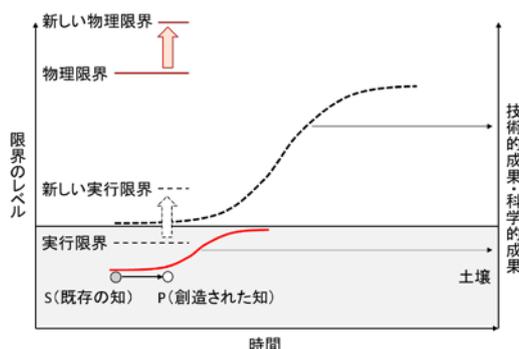


図 4-13 科学と技術の S 字カーブが共に導入期である場合の物理限界と実行限界

また、その時期における具体的な例としては、

- ・ 日亜化学工業が InGaN 青色 LED の量産を開始する 1993 年より前の化合物半導体産業
- ・ シャープが TV 用対角 10.4 インチ型 TFT-LCD の量産を開始する 1996 年より前の LCD 産業
- ・ 富士通が対角 21 インチ型フルカラー PDP モニタの量産を開始する 1992 年より前の PDP 産業

が挙げられる。技術の S 字カーブにおける導入期では、人と人のつながりによる非公式な「場」による知識スピルオーバーにより、技術者はその「場」で常識として共通認識されていた将来の実行限界予測（それは「場」における集団思考の影響を既に受けているため、必ずしも物理限界に基づく正しい将来の実行限界予測ではないのにもかかわらず）を主観的に受け入れたのではないだろうか。結果、どの会社においても物理限界を認知し、それに基づいて独自に将来の実行限界を予測することなく、技術者の共通認識となった将来の実行限界予測を受入れ、競合相手となる企業の間には存在する垣根を越えた「集団思考的判断」に陥る可能性があると考えられる。前述の三つの産業において、非公式な「場」による知識スピルオーバーに起因する集団思考に影響を受けた技術的判断の結果、

- ・ InGaN はサファイア基板との間に格子整合性の問題があり、良好な InGaN 結晶を

得ることは出来ない

- ・ 高密度微細加工で深化したシリコン系半導体の経験では、TFT-LCD の大型化は出来ない
- ・ PDP は発光寿命が短く、フルカラーテレビ受像機への展開は出来ない

という将来の実行限界を多くの企業が共有化していた。しかしながら、当時の同業の企業で行われた「集団思考的判断」は、日亜化学工業による InGaN 青色 LED の量産、シャープによる大型 TFT-LCD の量産、富士通によるフルカラーPDP の量産という、大多数の企業が受け入れた将来の実行限界予測を越えた実行限界レベルにおける、少数の企業による価値創造によって否定されることになった。

次に、科学の S 字カーブが成熟・衰退期で技術の S 字カーブが導入期である場合について図 4-14 を用いて説明する。科学の S 字カーブが技術の S 字カーブより先に立ち上がると仮定しているので、科学の S 字カーブが立ち上がった後に直ぐには技術の S 字カーブが立ち上がらずに、二つの S 字カーブが大きく乖離している場合も考えられる。科学の S 字カーブの成熟・衰退期に入った科学分野では物理限界の変化は停滞し、その分野の研究者数は激減する。物理限界の変化を気にする必要がなくなるため、技術者は物理限界を考えることなく、公式な場から道具として必要となる最低限の知識さえ入手して保有すれば開発が可能になるため、公式な場からの知識のスピルオーバーによる主観的な技術的判断による集団思考の可能性も否定は出来ない。しかしながら、技術者は過去の多数の論文などの公式な場における知識のスピルオーバーにより、不変なものとなった物理限界を共通認識として認知し、物理限界に基づき論理的に正しい将来の実行限界予測が可能と考えられる。

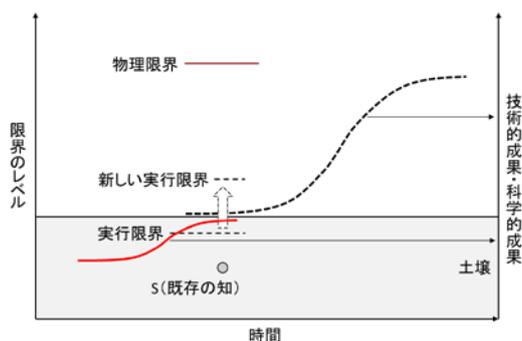


図 4-14 S 字カーブにおいて科学が成熟期で技術が導入期である場合の限界

産業の技術領域は複数の技術分野から構成されている場合が多い。技術の S 字カーブの導入期において企業による間違った「集団思考的判断」の要因となるのは、産業を構成する

複数の技術分野の中で、科学の S 字カーブにおける成熟期の技術ではなく、科学の S 字カーブにおける導入期の技術である可能性が高いと考えられる。

#### 4. 5. 5. 技術の S 字カーブが成長・成熟期である場合の知識スピルオーバー

技術の S 字カーブが成長・成熟期である場合について、図 4-15 を用いて考察する。成長・成熟期においては、物理限界の変化は徐々に小さくなり固定化に向かうため、技術者は物理限界を理解しなくても開発が可能となるのではないだろうか。科学と技術の乖離が進むと同時に、技術者の開発は実行限界の持続的な進化の実現に集中する。よって、技術者が物理限界を正しく理解することなく主観的に判断したのは、物理限界を正しく理解することが出来なかったのではなく、理解する必要が無かったのではないかという可能性も考えられる。そうであれば、技術者は物理限界を理解せずに「業界の常識」をそのまま受け入れ、理論限界による判断ではなく、ヒューリスティック（手抜き）とバイアス（先入観）による、必ずしも正しいとは限らない判断が行われ、企業を越えた集団思考的判断へと繋がる。これは、シャープが TV 用対角 10.4 インチ型 TFT-LCD の量産を開始する 1996 年以降の、次世代 TV 用電子ディスプレイとしての PDP と LCD に対する技術的判断を行った、LCD 産業の技術者の変化がこれに相当する。

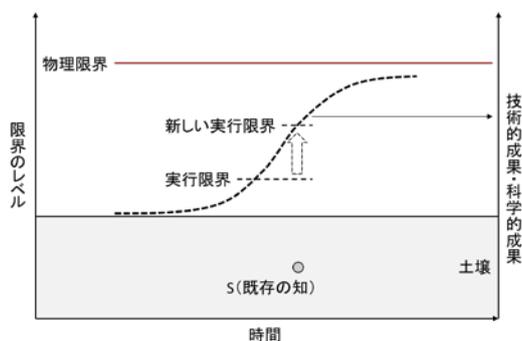


図 4-15 技術の S 字カーブが成長・成熟期である場合の物理限界と実行限界

筆者は LCD 産業の技術の S 字カーブにおける導入期である 1991 年に電機メーカーに入社して LCD の研究開発に従事したが、LCD 技術者数は非常に限られたものであった。量子力学を科学のベースにした半導体素子と化学・光学を科学のベースにした液晶分子配向制御という、全く異なる科学をベースにした分野についての研究開発からスタートしたが、当時は当たり前のように一人の技術者が異なる科学分野に属する複数の技術領域を同時に対象にして研究開発を行っていた。業務ミッションには「論文、特許の作成と学会発表」が

明文化されていたが、これは社内における LCD 産業の技術者数不足を補うための、知識のスピルオーバーネットワーク形成が目的の一つであった。当時の LCD 産業に関係する日本の学会は半導体技術と液晶技術では属する大分類分科は異なっていたが、共に応用物理学会講演会であった。多くの企業から研究者と技術者が参加して、発表の質疑応答だけでなく会場外においても活発に意見交換をしていた。まさに非公式な場における知識のスピルオーバーである。この業務ミッションは 1990 年代後半の学会発表と論文公開が禁止されるまで続いた。大きく方針転換したのは、同時期に日本の大企業における中央研究所制度の崩壊により基礎研究を放棄したこと以外にも、LCD 産業が技術の導入期から成長期に移行したことが要因の一つだと考えられる。

しかしながら、1996 年頃以降には LCD 産業に関わる技術者の環境は劇的に変化する。パーソナルコンピュータのノート化が進行すると共に 1996 年に小型画面ではあるが TV 用対角 10.4 インチ型 TFT-LCD の量産が始まると、LCD 産業に関わる研究者・技術者は急増するとともに、専門分野ごとの分離と分断が進んだ。例えば、

- ・ ガラス基板上にアクティブ素子を形成する半導体前半工程を専門とする半導体技術者
- ・ 液晶分子を配向制御して表示素子を形成する液晶後半工程を専門とする液晶技術者
- ・ TFT 特性や配線抵抗、液晶層容量などを考慮してパネルの構造設計を専門とするパネル設計技術者
- ・ 光源となるバックライトの構造や光学シートの光学設計と開発を専門とするバックライト技術者
- ・ LCD をアクティブ駆動するために必要な外付け駆動回路の設計を専門とする電気回路技術者

など、多岐にわたる分野に技術者は分化された。1996 年頃から入社した技術者は最初から分化された後の専門分野ごとに振り分けられるため、自分の専門分野以外の技術領域については理解することなく、その分野を専門とする技術者に任せるようになる。技術者による分業は開発効率とスピードを高めるためには有効な手段ではあるが、技術者の理解する技術領域の範囲を狭めることになる。分業の進化は分化された後の専門分野内部での更なる分化へと進み、技術者は専門分野における物理限界を認知しなくても必要な道具となる知識の保有だけで十分となる。例えば、先行するシリコン系半導体産業における技術者の構造に合わせるかのように、LCD 産業の半導体技術者は成膜工程、フォトリソグラフィにおける露光工程、ドライエッチング工程、ウェットエッチング工程、検査工程などの工程ごとに

細分化され、技術者は担当する工程に必要な知識と経験を保有するのみで開発が可能であった。ここまで技術者の分化が進むと技術的判断に物理限界の入る余地はなくなり、専門とする分野の限られた知識による実行限界の進化のみが行われる。また、専門外の分野については、その真偽は問われることなく技術的判断の結果のみが伝えられ、受け入れられるようになる。これは決して悪いことではなく、製造業における少品種大量生産での社内分業による高効率生産と同様に、持続的な技術の進化においては非常に高い開発効率を得られる。これが、技術者が物理限界を理解せずに、ヒューリスティック（手抜き）とバイアス（先入観）による、必ずしも正しいとは限らない判断が行われ、企業を越えた集団思考的判断が行われる要因の一つであると考えられる。

技術の S 字カーブの成長・成熟期における技術者の分化の例としては、

- ・日本のシリコン系半導体産業
- ・日亜が InGaN 青色 LED の量産を開始した 1992 年以降の青色 LED 産業
- ・シャープが TV 用対角 10.4 インチ型 TFT-LCD の量産を開始した 1996 年以降の TV 用 LCD 産業
- ・富士通が対角 21 インチ型フルカラー PDP モニタの量産を開始した 1992 年以降のカラー PDP 産業

が考えられる。特に、シリコン系半導体産業では、基礎研究の中心はアメリカであったため、日本はイノベーション・ダイアグラムにおける土壌の上から研究開発がスタートしたため、他の産業と比べて早い段階で技術者の分化が進行した。

技術の S 字カーブの成長・成熟期においては実行限界の持続的進化による他社との競争が激化し、開発スピードが最優先になる。よって、研究者・技術者数は急増して自社内で閉じた研究開発が可能になる。また、論文と特許文献数も急増し、公式な情報における知識スピルオーバーが主流になる。技術者同士の個人的な繋がりによる非公式な知識のスピルオーバーの場では情報を出すメリットよりデメリットの方が上回るようになり、その場は消滅へと向かう。8名の化合物半導体研究者にその当時の状況についてインタビューを行った結果、化合物半導体の分野では応用物理学会講演会に韓国、中国の研究者と技術者が参加し始めた 1990 年代後半頃から情報を取りっぱなしで収集する企業が出現し、活発な議論が出来る場でなくなったとの発言を得ている。

次に、技術者が物理限界を認知することなく技術的判断を行うことによる、企業のイノベーションへの影響について図 4-16 を用いて考察する。技術者が物理限界を認知しなくなる

と、物理限界を変えることを目的とする科学者の研究は、その産業分野における技術の S 字カーブとは独立したものとなり、技術の S 字の導入期の段階にある別の産業分野と繋がろうとして科学と技術の乖離は進行すると考えられる。理論限界を考えなくても土壌の上の S の実行限界拡大は可能なため、その産業で成功した企業は理論限界の概念を忘れる。結果、既存の知 S を基にする技術の S 字カーブにおいて成長期から成熟期へ移行したと判断することなく、また新たに創造された知 P についてその存在を理解しても、P による物理限界を認知することは困難になると考えられる。成功した企業は企業集団内部の知識のスピルオーバーに起因するヒューリスティック（手抜き）とバイアス（先入観）に支配された技術的判断により、理論限界と実行限界のギャップが分からずに実行限界を高めようとして研究開発のリソースを投入し続ける。対して、新規参入の企業は新たに創造された知 P の存在と、P による物理限界を認知することは比較的容易であるため、P に基づく新しい技術の S 字カーブを予測することは既存企業に比べて比較的容易だと推察される。これが、大企業が新規企業の破壊的イノベーションに脅かされる要因の一つではないかと考えられる。

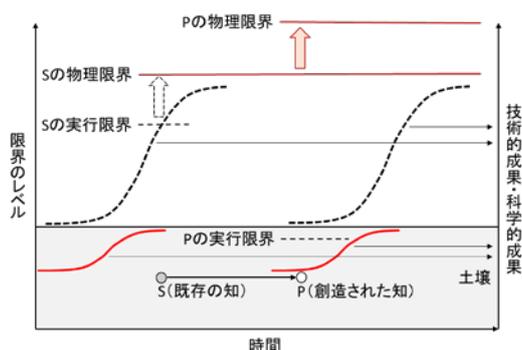


図 4-16 知の創造と物理限界・実行限界の関係

#### 4. 5. 6. 下田ワークショップにおける知識スピルオーバーの検証

LED やレーザ等の発光素子に代表される化合物半導体産業においては、科学の S 字カーブと技術の S 字カーブが共に導入期である時期に誕生した、公式でありながら「双方向の知識交流によるスピルオーバー」という非公式な場の特徴を有する、「下田ワークショップ（下田 WS）」という非常に特殊な場の存在が確認されている。林（1987）と上田（2004）、渡辺（2015）は下田 WS の概要について簡単に説明をしているが、その内容は限られたものであり、全貌を掴むことは困難である。長谷川（1988）は GaAs 中の Midgap Level EL2 に関する論文中において、「Au 電極で測定された EL2 は、Au と GaAs の反応によってで

きた 2 次的欠陥準位であるという結論は、あまりにも重大な間違いであると思う。このことに関しては、応物講演会や下田 WS などの非公式な場でずいぶん議論したが、残念ながら、まともな討議になっていないように思う。」と記載している。これが下田 WS を「非公式な場」と表現している数少ない論文となっている。そこで、当時下田 WS の運営に関係していたオーガナイザ 5 名を含む、化合物半導体研究者 9 名へのインタビューにより下田 WS の内容調査と分析を行うことで、第 4 章第 5 節における考察の検証を行った。

下田 WS とは Gordon Research Conference (GRC) を手本とした化合物半導体分野を対象として討論を行う研究会である。1931 年から始まった GRC は生物学、化学、物理学 の重要領域における研究集会の一つである。それは confidential communication を前提に未公表の成果について秘密主義を約束した上で議論する場であり、発表内容の撮影、録音、メモが禁止されている。また、研究会への参加にはオーガナイザによる招待、参加の承認を原則としている。下田 WS は GRC の運営手法を取り入れて 1979 年に第 1 回を開催し、以来年 1 回の開催を継続後、2004 年の第 25 回で終了した (2002 年は未開催)。下田 WS は単なる研究成果の発表の場ではなく、問題を解決することを目的として、ギブ・アンド・テイクを精神に運営されていた。その参加ルールは以下の通りである。

- ・ 1 回の発言は 5 分以内、用いる図表は 2 件以内。
- ・ 全員がデータを持ち寄り、必ず 1 回は発言する。
- ・ データの写真撮影や録音、他への引用はしない。

第 1 回から第 14 回までは、化合物半導体ワークショップ (WCSMD : Workshop on III-V Compound Semiconductor Materials and Devices) という名称で開催され、第 15 回以降は下田 WS (Workshop on Advanced Materials and Devices) に改称して開催された。以降、この研究会を下田 WS と記載する。下田 WS は研究会という公式な場であるにもかかわらず、非公式な場の特徴であった双方向の情報伝達による知識のスピルオーバーネットワークを実現していた。よって、下田 WS で扱うテーマと企業からの参加者の推移を分析することで、技術の S 字カーブにおける各段階での企業に属する技術者の行動と思考傾向について確認が可能であると考えられる。

表 4-2 に下田 WS におけるテーマの推移を示す。奥村 (2003) は化合物半導体産業における開発フェーズを次のように整理している。それは、①バルク結晶開発、②エピ成長・構造、③評価、④プロセス、⑤素子特性向上、⑥実用化・量産、の 6 段階である。下田 WS では主に開発フェーズ前半の①から④までを議論の対象としていた。主要メンバーとしては

応用物理学会講演会の「半導体 B」セッションのメンバー中心でスタートし、「結晶工学」セッションに属していた窒化物系化合物半導体とはコミュニティが異なっていた。よって、当初はガリウム砒素集積回路（Gallium Arsenide Integrated Circuit : GaAs IC）をテーマの中心として開催され、1983年の第5回までは少なくともテーマの一つには「GaAs IC」が含まれていた。当時、GaAs IC はシリコン系半導体より高い電子移動度と高周波数特性を活かして超高速コンピュータなどの実現に向けて主流だったシリコン系 IC の次世代技術として産業界から期待されていた。しかしながら、GaAs IC の産業化は実現することなくテーマとしては下火となり、代わって1986年の第8回から第12回までは「ヘテロエピタキシー (Heteroepitaxy)」がキーワードとしてテーマの一つに記載されるようになった。エピタキシーとは基板結晶上に基板と一定の結晶方位関係を有した状態で結晶相を成長させる成長様式であり、成膜する単結晶薄膜と異なる材料の基板結晶を用いるのがヘテロエピタキシーである。

以降、研究会の改称が行われた1993年の第15回以降に、これまでは応用物理学会講演会で異なるコミュニティであったために扱われることがなかった窒化物系半導体がテーマに追加された。これは、1993年の日亜化学工業による InGaN 青色 LED の商品化が要因の一つであると考えられる。また、1994年の第16回以降にシリコン系半導体がテーマ追加された。インタビューの結果、1993年頃において、電機メーカーで ULSI の研究に集中するようになり、下田 WS に企業から継続して参加してもらうにはシリコン系半導体をテーマに入れる必要があったのが理由であった。1998年の第20回からは窒化物系半導体を専門とするテーマが無くなり、新たにカーボンナノチューブなどの新材料が新規テーマに加わった。これは、化合物半導体産業が技術の S 字カーブにおける導入期の段階で下田 WS はスタートし、その中で1993年以降に InGaN 青色 LED 産業が技術の S 字カーブにおける成長期に入ると同時に下田 WS のテーマに組み入れたが、成長期には企業の知識のスピルオーバーネットワークが論文や特許文献などの公式な場における単方向の情報伝達が中心となる構造に変化したため、その分野に関わる研究者と技術者の人数は急増したにもかかわらず窒化物系半導体を専門とするテーマは短期間で終わることになった。それを裏付ける様に、インタビューにおいて多くの研究者から、青色 LED が技術の S 字カーブにおける成長段階に入った途端に下田 WS における企業からの青色 LED に関する具体的な発表が出来なくなったので、より一般的な理論に関するテーマと産業化が始まっていない分野のテーマに移行したという一致した見解が得られた。

表 4-2 下田 WS のテーマ推移

| Workshop on III-V Compound Semiconductor Materials and Devices (WCSMD) | 下田ワークショップ Workshop on Advanced Semiconductor Materials and Devices |
|--|--|
| 1979 1 -GaAs ICは光なしで自立できるか-  | 1993 15 "見直そう、今こそ、既成概念を"   |
| 1 -GaAs LSI-現状の問題点と将来を占う   | 1 青色レーザーの発光メカニズムは?   |
| 2 -GaAsの結晶成長と基板-   | 2  |
| 3 -GaAs ICと光-  | 3 Advanced Semiconductor Materialsの将来                              |
| 4 -GaAsへのイオン注入-  | 4A III-V族の短波長化はほどまで可能か?  |
| 5 -GaAsの結晶評価-  | 4B 電子走行デバイス  |
| 6 -GaAs ICをめざしたゲート絶縁膜及び表面保護膜-  | 5 半導体中水素の効果と役割   |
| 1980 2 -光デバイスとGaAs ICの基礎的諸問題について                                       | 6 近接成長による半導体微細構造制御   |
| 1 化合物半導体のエピタキシャル成長とデバイス特性  | 1994 16 "現象があるからPhysics、かPhysicsで現象を創る、か"                          |
| 2 半導体レーザーの構造とモード制御   | 1 原子オーダープロセス技術   |
| 3 半導体性基板の評価と改善   | 2 微細構造シリコンからの発光  |
| 4 IG FETの特性と界面物性   | 3 Advanced Semiconductor Materialsの将来                              |
| 1981 3 -マイクロストラクチャーを中心に-   | 4A 化合物半導体HBTの実用化に向けて   |
| 1 超微細構造の物理とその応用  | 4B 青-紫外域発光材料の本命は?  |
| 2 微細構造に適したエピタキシャル成長技術  | 5 半導体プロセスダメージの理解は、どこまで進んだか?  |
| A GaAs ICの高集積化にもなるプロセス・材料の問題点  | 1995 17 "ダメージに打ち、信頼性を高めるには"  |
| B 長波長発光デバイスの温度特性   | 1 半導体プロセスダメージの理解は、どこまで進んだか?  |
| 3 マイクロキャラクタリゼーションと新評価技術  | 2 青色発光材料の問題点を探る  |
| 4 光デバイスと電子デバイスの集積  | 3 Advanced Semiconductor Materialsの将来                              |
| 1982 4 Opto-Electro-Integrated Systemsに向けての化合物半導体の物理と技術                | 4A 結晶成長による2次元、3次元構造の直接制御は可能か?                                      |
| 1 ヘテロ接合界面の制御と成長法-多元素、多層化への対応-  | 4B 光・量子デバイスの高信頼性のために   |
| 2 化合物半導体の結晶欠陥はどこまで見えるか   | 5 金属/半導体の界面制御と電気的特性  |
| 3 化合物半導体の将来像(自由討論)   | 1996 18 "制御はまず理解から"  |
| 4 長波長帯(1~1.6μm)用高速受光デバイス   | 1 半導体のキャリア飽和現象はどうして起こるのか   |
| 5 GaAs集積回路の高密度化に伴う諸問題  | 2 N系半導体レーザーの実現に向けて   |
| 1983 5 "Take offはしたが…… 上昇を維持するためのphysicsは、さて……"                        | 3 Advanced Semiconductor Materialsの将来                              |
| 1 短波長発光材料の成長法  | 4A 基板/エピ界面は十分制御されているか  |
| 2 半導体性GaAsのphysics   | 4B 量子構造形成の新アプローチ   |
| 3 化合物半導体研究・開発のあり方  | 5 表面界面の微視的評価   |
| 4 これからの光デバイス   | 1997 19 "光なしの自立まであと一歩"   |
| 5 GaAsIC用FETの本命は?  | 1 フッ素によるキャリア不活性化現象-水素との比較-   |
| 1984 6 -True path for expanding III-V Semiconductor applications-      | 2 ショットキー障壁形成機構と制御可能性   |
| 1 半導体性基板の物理  | 3 Advanced Semiconductor Materialsの将来                              |
| 2 新しい評価法を求めて   | 4A 金属/Si面相成長、界面反応、相変化と電気的諸特性                                       |
| 3 化合物半導体研究・開発のあり方(自由討論)  | 4B GaN系発光素子の問題点を探る   |
| A プロセスで導入される欠陥   | 5 走査プローブ顕微鏡によるプロセス、デバイス評価の新展開                                      |
| B III-V表面で何が起きているのか  | 1998 20 "GaAs ICは光なしで自立できるか"から20年、次の20年は?                          |
| 4 完全なMBEを求めて   | 1 ミクロな結晶成長メカニズムの解明に向けて   |
| 5 新デバイスの提案と実現  | 2 シリコン、ダイヤモンド、化合物半導体のコンタクト特性に及ぼす水素の影響                              |
| 1985 7 "化合物半導体結晶はどこまで制御できるか"   | 3 半導体技術と下田ワークショップのこれから   |
| 1 デバイス特性と結晶欠陥  | 4A ワイドギャップ半導体電子デバイス  |
| 2 結晶成長と結晶欠陥  | 4B 次世代の光通信用材料はなに? 成長の問題と期待される光学特性                                  |
| 3 化合物半導体研究・開発のあり方(自由討論)  | 5 Exotic doping: 不純物を添加して新規機能を発現する                                 |
| 4.5(a) 電子デバイス用、光デバイス用半導体材料の結晶性と何か                                      | 1999 21 "一層の高度情報化をリードするデバイス、材料を"                                   |
| 4.5(b) 転位の物性と制御  | 1 ミクロな結晶成長メカニズムの解明に向けて   |
| 4.5(c) Superlattice何が可能か   | 2 Exotic doping: 不純物を添加して新規機能を発現する                                 |
| 6 Physicsはわかってきた? さて次は…  | 3 半導体技術のこれから   |
| 1986 8 "見つめ直そう足元を、Physicsの目で"  | 4A トンネルデバイスのゆえ   |
| 1 求められる半導体性結晶とは?   | 4B GaN系レーザーの寿命はなぜ延びないのか?   |
| 2 超格子の構造と安定性   | 5 化合物HBTの信頼性と材料物性  |
| 3 化合物半導体研究・開発のあり方(自由討論)  | 2000 22 "基本技術の確立で材料、デバイスの拡大を"                                      |
| 4(a) EL2は解明できるか?   | 1 III-V窒化物薄膜中の欠陥低減化に向けて  |
| 4(b) 超格子に期待される新機能とは  | 2 SiGe系FET実現のための課題は?   |
| 5 Heteroepitaxyの挑戦   | 3 半導体技術のこれから   |
| 6 DXセンター、今はもうDなのか?   | 4A 量子ドットの現状と展望   |
| 1987 9 "今、求められるミクロな解明とマクロな洞察"  | 4B GaN系電子デバイスの将来   |
| 1 HM2ヘテロエピタキシー   | 5 ドーピングと半導体物理設計  |
| 2 ストイキオメトリは制御されているか  | 2001 23 "物性制御で次のITへ"   |
| 3 化合物半導体研究・開発のあり方(自由討論)  | 1 ドーピングと半導体物理設計  |
| 4(a) 極薄膜超格子の電子状態   | 2 GaInNAsデバイスは従来のデバイスを凌駕できるか?                                      |
| 4(b)   | 3 半導体技術のこれから   |
| 5 (A) GaInPの物性   | 4 2001年、GaN系電子デバイスの実用化に向けて   |
| 6 ヘテロ界面の結晶構造評価   | 5 走査プローブ顕微鏡によるプロセス、デバイス評価の新展開                                      |
| 1988 10 "自立から飛躍へ、ヘテロなるものへの果敢な挑戦を"                                      | 2003 24 "今こそハードの再浮揚を"  |
| 1 HM2ヘテロエピタキシー   | 1 ドーピングと半導体物理設計  |
| 2.3.4 1. GaAs LSIの将来   | 2 カーボンナノチューブ(CNT)の成長・評価技術  |
| 2. GaAsnoエピタキシー  | 3 半導体技術のこれから   |
| 3. 長波長発光デバイス   | 4A GaInNAsは本当に使えるか   |
| 4. GaAs基板の評価・物理  | 4B GaN電子デバイスの進展と課題   |
| 5. これからの光デバイス  | 5 ドーピングと半導体物理設計 ZnOの場合   |
| 6. 完全なMBE  | 2004 25 "経験を活かして新分野の展開を"   |
| 7. デバイス特性と結晶欠陥   | 1 過去の議論を振り返って:エピタキシャル、解決したもの、未解決のもの                                |
| 8. EL2   | 2 ドーピングと半導体物理設計  |
| 9. HM2   | 3 半導体技術のこれから   |
| 5 自然超格子  | 4A GaN電子デバイス実用化への課題は何か   |
| 6 超微細構造における量子伝導-Physics and feasibility-                               | 4B カーボンナノチューブ(CNT)の成長・評価技術   |
| 1989 11 "育てようPhysicsの根を、寒い今こそ、大輪の開花を思い浮べて"                             | 5 MBE法による立方晶電子デバイス実現を可能ならしめるには?                                    |
| 1  |  |
| 2 気相成長ALEの新しい展開  |  |
| 3A 化合物半導体の将来(自由討論)   |  |
| 3B 不純物の極限高濃度化に関連した問題   |  |
| 4 超高速デバイス-デバイス物理とその現状は-  |  |
| 5 メソスコピック系の量子伝導  |  |
| 6 HM2ヘテロエピタキシー: 欠陥の低減  |  |
| 1990 12 "ニューテクノロジーに着実な歩みが、キーテクノロジーに新たな芽が、今……"                          |  |
| 1  |  |
| 2 最近の表面原子制御技術とその評価: パンペーション技術とMIS構造の飛躍のために                             |  |
| 3 化合物半導体の将来(自由討論)  |  |
| 4A 化合物デバイスのInsrabilityと寄生効果  |  |
| 4B HM2ヘテロエピタキシー: 転位密度10 <sup>6</sup> cm <sup>-2</sup> の壁とブレイクスルー       |  |
| 5 人工量子構造の多様化: 新構造・新現象の探索   |  |
| 6 不純物ドーピング   |  |
| 1991 13 "物理的認識なくしてブレイクスルーはあるか"   |  |
| 1  |  |
| 2 ALEの成長機構を探る-自己停止機構とドーピング-  |  |
| 3 化合物半導体の将来(自由討論)  |  |
| 4A ヘテロ接合トランジスタ(HBT)の現状と可能性   |  |
| 4B 面発光レーザーの現状と問題点  |  |
| 5 "窒"超格子: 量子井戸構造の新たな展開   |  |
| 6 励起ビームプロセスの機構と可能性   |  |
| 1992 14 "Technologyでは競争を、Physicsでは協力を"                                 |  |
| 1 原子レベルでの成長素課程の評価  |  |
| 2  |  |
| 3 化合物半導体の将来(自由討論)  |  |
| 4A GaAs系HBTの現状と集積化に向けての基本的問題   |  |
| 4B   |  |
| 5 ひずみ量子井戸レーザーは本物か?   |  |
| 6 ドライブプロセス: デバイス応用への現状と問題点   |  |

また、下田 WS の開催までの事前準備の流れは以下の通りである。

- ・夏頃：東京大学河東田隆教授が何人かのキーパーソンを招集
- ・7月：テーマとオーガナイザを決定
- ・8月：オーガナイザが発表者・招待者と討議する内容を決定
- ・9月：秋の応用物理学会講演会でテーマを発表、一般の参加募集を開始
- ・翌2月：下田 WS 開催

春の応用物理学会講演会で発表する内容の前哨戦という位置付けもあり、参加企業は積極的にデータを持ち寄って議論した。オーガナイザが議論の対象となる内容と発表者・招待者を決定し、下田 WS 開催当日には各セッションを仕切って運営することから、オーガナイザが下田 WS におけるキーパーソンズだと言える。図 4-17 にオーガナイザが属する大学、研究機関、企業の構成比率推移を示す。

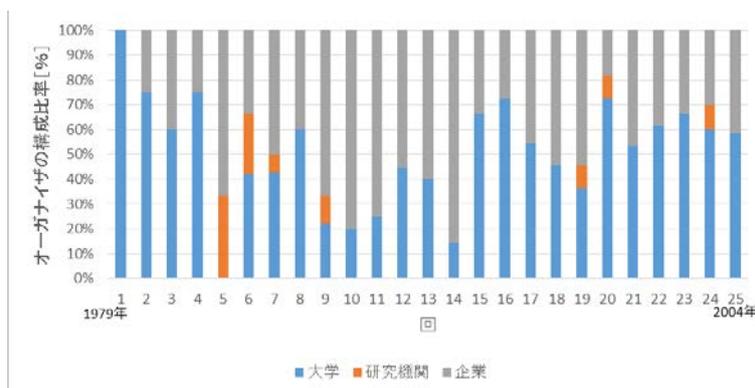


図 4-17 オーガナイザの構成比率推移

インタビューの結果、オーガナイザの世代で分類すると第 1 期（第 1 回～第 10 回）、第 2 期（第 11 回～第 19 回）、第 3 期（第 20 回～第 25 回）に分けられる。第 1 期のオーガナイザは大学の重鎮と呼ばれる先生が中心となって始まって、徐々に企業メンバーの比率が上昇した。第 2 期は企業メンバーを加えた若手研究者が中心となったが、第 15 回の議論するテーマの対象分野を拡大して以降は企業メンバーの比率が低下した。第 3 期には更にテーマの対象分野を拡大し、従来とは異なるコミュニティの人がオーガナイザとして参加したが、企業メンバーの比率は低いまま推移している。図 4-17 において、第 14 回までは企業メンバーのオーガナイザ参加比率が徐々に増加する傾向であったが、InGaN 青色 LED が商品化された 1993 年に開催された第 15 回以降は、企業メンバーのオーガナイザ参加比率が一気に低下する傾向が確認出来る。これは、化合物半導体産業における主要製品を扱う

LED 産業において、青色 LED 商品化で技術の S 字カーブにおける導入期から成長期に移行した際に、企業メンバーの知識のスピルオーバーネットワークが変化したことが影響していると考えられる。

図 4-18 に下田 WS の参加者数推移を示す。参加者の所属（大学、研究機関、企業）が名簿から分類可能な開催回については内訳を記載し、内訳が不明な開催回については黒色で記載している。参加者は 1983 年開催の第 6 回 138 人をピークに以降減少傾向を示し、2004 年の第 25 回には 42 人まで減少して終焉を迎えた。また、参加者の所属について傾向を確認すると、大学からの参加者数は安定しているが、企業からの参加者減少が止まらなかったことが判明した。下田 WS は特定のスポンサーが存在しない、参加者の手弁当による運営を行っており、企業からの参加メンバー減少が下田 WS の継続出来なかった原因であると考えられる。インタビューの結果、次のことが判明した。1993 年の日亜化学工業による InGaN 青色 LED 商品化後、多くの企業の化合物半導体開発は窒化物系半導体を選択、集中した。企業は窒化物系半導体しかやらなくなったが、窒化物系半導体は工学のステージになっていたので企業は発表をしなくなった、というのが企業からの参加メンバー減少の原因の一つだと考えられる。企業からの参加メンバー減少の原因は、下田 WS は物理(Physics) と理論(Theory) & 実験(Experiment) が議論の対象であり、工学(Engineering) についての議論は対象としていなかったため、工学のステージに到達すると企業からの発表が激減した可能性が高い。一方、1990 年代後半にはアメリカに続いて日本でも中央研究所制度が崩壊し、大企業では基礎研究を行わなくなったことも企業からの参加メンバー減少に影響していると考えられる。

一方、化合物半導体産業において現在でも下田 WS と同様の議論する場は存在する。それは「電子材料シンポジウム (Electronic Materials Symposium : EMS)」である。EMS の歴史は、1982 年に京都大学の佐々木昭夫教授（当時）を代表者として文部省科学研究費補助金特定領域研究「混晶エレクトロニクス」の研究会として発足し、1990 年には一般に開かれた「混晶エレクトロニクスシンポジウム (ASPECS)」へ、1995 年には対象分野を拡大して討議を行う研究会として EMS に改称している。EMS の特徴としては、企業からの参加者はほとんど無く、ほぼ大学と研究機関の研究者のみが参加する研究会となっている。下田 WS は企業参加者により運営していたので、化合物半導体産業の技術の S 字カーブにおける導入期から成長期への移行に伴い、純粋に科学のみを対象にして議論を継続することが出来なくなった。EMS のように科学のみを対象として、科学分野の研究者のみで運営す

れば、公式でありながら「双方向の知識交流によるスピルオーバー」という非公式な場の特徴を有する場を維持することが可能であると考えられる。

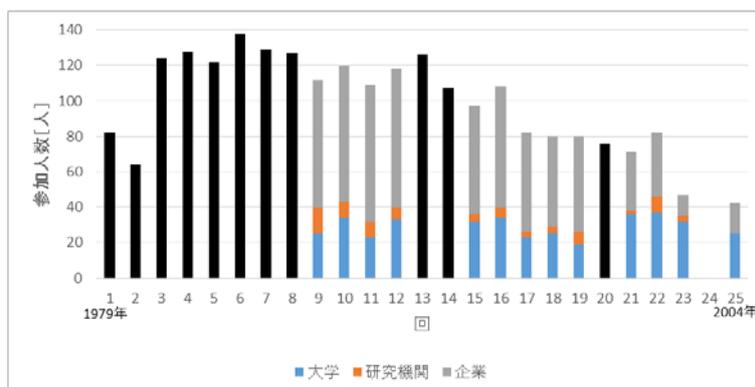


図 4-18 下田 WS の参加人数推移

下田 WS に代表される知識のスピルオーバーネットワークの存在はヒューリスティックとバイアスによる専門職共同体における集団思考の原因であることは明らかであり、それは間違った技術的判断の要因となる。しかしながら、必ずしも間違った技術的判断をする訳ではない。一方、知識のスピルオーバーネットワークは基礎研究における高効率化というメリットも有している。デメリットを低減してメリットを最大化する手法の解明についても今後の研究として進める予定である。

#### 4. 6. 第 4 章のまとめ

本章では、先行研究がなされている「非専門職共同体における集団思考」とは発生要因の異なる、専門職共同体における技術者特有の思考傾向について、その存在の可能性を示し、研究開発における「知識スピルオーバー」が原因であると考察した。結果、「技術者の専門職共同体における集団思考」の存在が、多数の日本電機メーカーが PDP への集団自殺的な投資に至った要因であると判明した。

図 4-19 に図示するように、技術領域は階層構造で表すことが出来る。一番下のベース部は基礎研究 (科学) のレイヤーであり、続いて上に向かって製品・サービス毎に応用研究 (技術)、開発、製造のレイヤーが重なっている。また、同じ基礎研究 (技術) のレイヤー上に存在していても、異なる製品・サービス間のスピルオーバーネットワークは非常に弱くて断絶状態であり、知識スピルオーバー量は少なく限定的である。イノベーションシステムは単

独もしくは複数の製品・サービスによって構成されている。

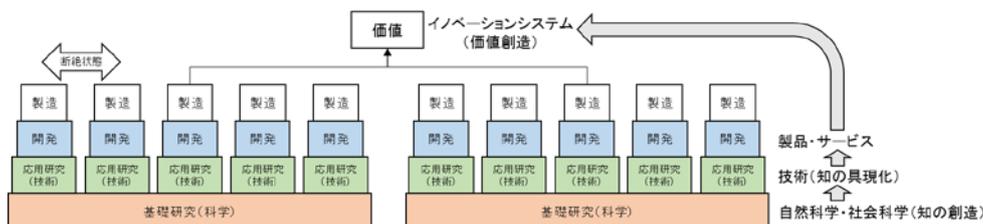


図 4-19 技術領域の階層構造

しかしながら、実際の技術領域は図 4-19 に図示するようにきれいにそろった階層で示される訳ではない。図 4-20 に複数の技術領域における階層構造を示す。複数の技術領域において、土台となる基礎研究（科学）領域の幅には差が存在し、立ち上がっている階層レベルは製品・サービス毎にまちまちである。技術者の多くは応用研究（技術）と開発のレイヤーに存在し、上方向のベクトルで思考している。基礎研究（科学）のレイヤーについて技術者は専門職として自らの専門分野について技術領域全体を俯瞰することは可能である。一方、専門分野以外については、自分が属する専門職共同体とは異なる専門職共同体の存在を認識している。また、技術者は自分が属する製品・サービスの分野において専門職共同体における知識のスピルオーバーが豊富である。よって、新規の製品・サービスが立ち上がる際には、既存の製品・サービス分野からの技術者の移動が行われ、技術者は既存の製品・サービス分野を物差しとして、新規分野について技術的判断をすることになる。

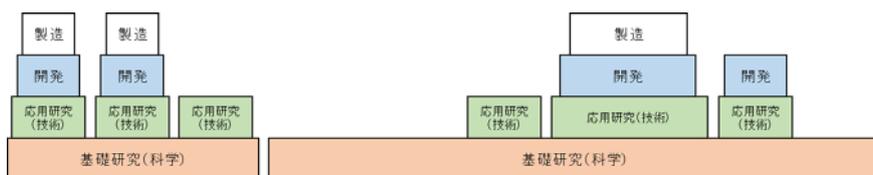


図 4-20 複数の技術領域における階層構造

図 4-21 に第 2 章第 4 節第 3 項における「半導体に関する研究開発の歴史」を整理したイノベーション・ダイアグラムを示す。シリコン系半導体産業分野の「MOS-IC」と LCD 産業分野の「 $\alpha$ -SI TFT-LCD」「低温 Poly-Si TFT-LCD」で使われているスイッチング素子は、半導体薄膜表面に垂直電界を加えてキャリアを励起し、薄膜の面導電率を変化させて半導体薄膜に流れる電流を制御するものであり、「電界効果トランジスタ」という同じ原理である。LCD 分野に移行したシリコン系半導体分野出身技術者が LCD も同じ「半導体」とであると認識していたのであれば、半導体分野の専門職として LCD の「ジャイアントマイクロエ

「レクタロニクス」の限界」について客観的に技術的判断をすることが出来たはずである。しかしながら、半導体技術者はシリコン系半導体とは異なるビジネスモデルの a-Si TFT-LCD、低温 Poly-Si TFT-LCD を「半導体」と認識していなかった。これは異なる製品・サービス間の断絶を表している。結果、知識のスピルオーバーによる「技術者の専門職共同体における集団思考」により、シリコン系半導体の物差しで LCD の限界を主観的に判断した。

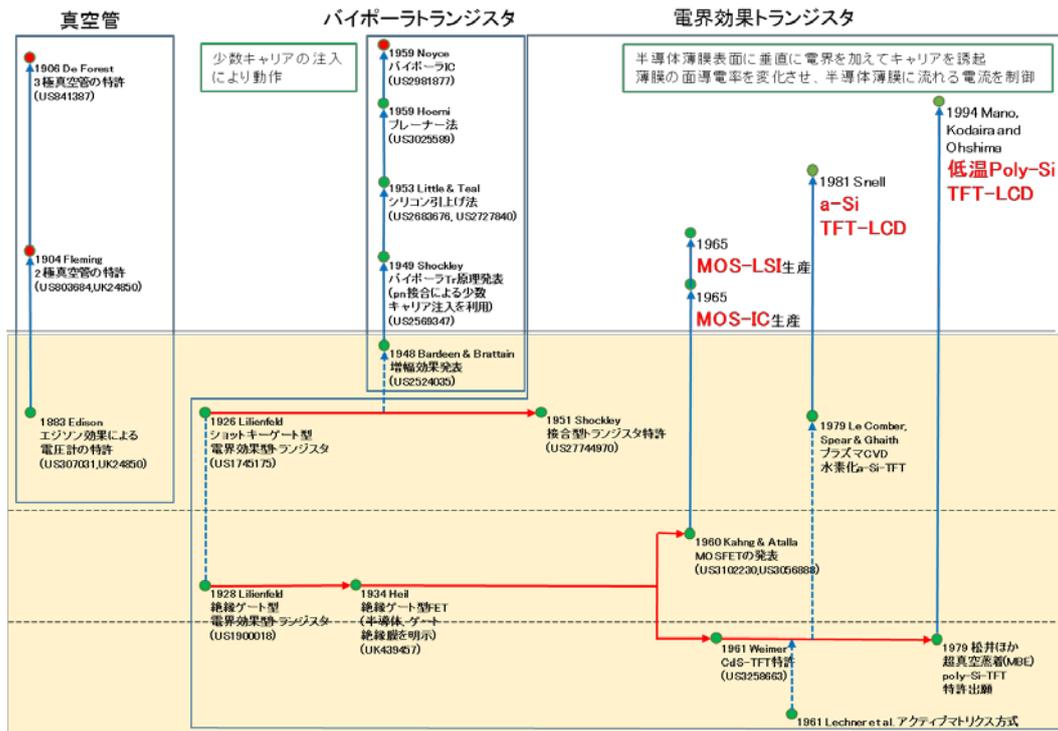


図 4-21 トランジスタのイノベーション・ダイアグラム

図 4-22 に電子ディスプレイ産業における技術領域の階層構造を示す。図 4-6 の「電子ディスプレイにおける各分野の限界」と製品・サービスの配置を合わせて図示を行っている。PDP は CRT、また TFT-LCD は MOS-IC という異なる製品の物差しで技術的判断が行われている。技術者が「専門職共同体における集団思考」に陥り、技術領域を主観的に判断するのであれば、技術領域の客観的情報を提供することは非常に重要である。



図 4-22 電子ディスプレイ産業における技術領域の階層構造

## 5. 特許文献情報の分析を用いた客観的手法による産業ライフサイクル予測

第4章において、技術者特有の思考傾向における「専門職共同体における集団思考」の存在を明らかにした。技術者が専門とする技術領域の本質である幅(多様性)と奥行き(限界)について集団思考の影響により正しい判断が出来ないのであれば、正確な産業ライフサイクル予測は困難である。そこで、技術領域に関する客観的な情報を技術者へ提供することが、技術者を正しい判断へ導く要件の一つになると考えられる。しかしながら、多数の電機メーカーが行った短命に終わることになるPDPへの積極的な巨額投資などの失敗事例から類推すると、従来の「普及曲線」や「技術のS字カーブ」だけに頼った将来予測では不十分であると言わざるを得ない。そこで本章では、技術者の判断における集団思考の影響を考慮した上で、従来の「技術のS字カーブ」に新たな手法である特許文献情報を用いた技術領域の多様性分析を組み合わせることで、産業ライフサイクルの将来予測において有効となる判断材料の技術者への提供を可能とする新たな手法を提案する。

本章の構成は以下の通りである。第1節では、「技術のS字カーブ」を含めた、技術領域の分析に関する先行研究について整理する。第2節では、本研究で用いた「技術の多様性」の定量化手法について説明する。第3節ではLCD産業、第4節ではCRT産業、第5節ではそれぞれの産業において従来手法である「技術のS字カーブ」について特許出願件数推移による分析と、「技術のS字カーブ」に特許文献情報による技術領域の多様性分析を組み合わせる新たな手法を適用して結果を確認する。第5節では、更に詳細な多様性分析を行うことにより、特許文献情報による多様性分析の有効性について考察する。第6節では本章のまとめとして、より正確な産業の将来予測を可能とする新手法について提案する。

### 5. 1. 技術領域の分析に関する先行研究

#### 5. 1. 1. 技術のS字カーブ

「技術のS字カーブ」に関する先行研究について整理を行う。Griliches (1957)により、技術に対してS字カーブを用いた、既存技術から新規技術への置換に対する最初の研究が報告された。以降、1960年代初頭において、技術予測にS字カーブが使われるようになった。例えば、Mansfield (1961)は、イノベーションの普及が革新的企業を模倣する速度に依存すると述べている。また、Rogers (1962)は、S字カーブにおけるEarlier Adoptersから始まり、Take-Off後のLater Adoptersに至るまでの技術の拡散プロセスを論じている。そして、Fisher and Pry (1971)によって、既存技術から新規技術への置換における単

純モデルの提案に至っている。

ここまでは、技術の普及が S 字カーブに沿うとしながらも、技術領域そのものの成長と変化を対象にしているのではなく、生産量や普及率などに代表される、その技術が導入された産業におけるアウトプットを用いて間接的な技術的成果として評価していた。つまり、新技術が導入された製品がどのように普及・拡大するか、という視点の調査研究である。技術が研究開発によりレベルが変化する時期と、産業において技術が導入されて生産・普及する時期にはずれが存在する。従って、技術領域の変化そのものを分析しているのではなく、あくまでも研究の対象は産業であり、新技術が導入された産業の普及メカニズムの解明と予測に留まっていた。

続いて、S 字カーブを用いた研究の対象が産業ではなく、技術領域となった先行研究について整理する。Arthur (1981) は技術変化の評価を目的として、「技術のライフサイクル」の概念を提案している。Arthur は技術のライフサイクルを 4 段階に分類し、それぞれにおける技術の特徴を次のようにまとめた。第 1 段階の導入期では、競争力が低く、製品・プロセスとの統合が少ない「新技術 (a new technology)」が特徴である。第 2 段階の成長期では、製品・プロセスとの統合はまだ少ないが、競争力が高い「使えそうな技術 (pacing technologies)」が生まれる。第 3 段階の成熟期では、高い競争力を維持しつつ、いくつかの使えそうな技術は製品・プロセスへ統合されて「主要技術 (key technologies)」へと変化する。第 4 段階の飽和期では、技術の競争力は低下し「基盤技術 (a base technology)」となり、次の「新技術」によって置き換えられる可能性が生まれる。Arthur の提唱した技術のライフサイクルに関する概念は、技術の S 字カーブの基本となる考え方ではあるものの、その具体的な提案までには至っていない。

次に、Foster (1986=1988) は技術のライフサイクルの概念に基づき、技術の S 字カーブ理論を展開した。技術開発において S 字カーブを描く理由について、期間を以下に示す 3 段階に分類して説明している。

- ・初期段階：なかなか成果があがらず、開発の足取りは遅々として進まない。
- ・普及段階：開発を前進させる鍵となる情報が集まり、全ての制約が一挙に取り払われ、急速に進展する。
- ・成熟段階：開発に多額の資金を注ぎ込むにつれ、技術進歩が困難かつ高くなるようになる。

Foster は横軸を労力（資金）、縦軸を技術的成果として技術の S 字カーブを表し、新技術の登場時にその新技術を採用するのか、それとも現行技術を継続するのかという、「技術選択におけるジレンマ」の要因について説明した。そのジレンマへの対応方法として、技術の S 字カーブにおける「変曲点」を見極めることが重要であると指摘している。しかしながら、縦軸の「技術的成果」という定義が非常に曖昧なため、複雑でかつ多岐の分野にわたる技術で構成される産業においては、縦軸の定量化は困難であった。よって、Foster が提唱した技術の S 字カーブは概念的な理論として扱われるに留まっていた。

Christensen (1997) は、この技術の S 字カーブが技術戦略を考える上で最も重要なものとして捉えて、縦軸に「製品の性能」という定義を導入している。Christensen and Rosenbloom (1995) によって導入された「バリュー・ネットワーク」という概念を用いて、Foster が縦軸として定義した「技術的成果」を「バリュー・ネットワークにおける製品の性能」として説明した。彼らはバリュー・ネットワークを「ある共通するニーズを持つ顧客層と、それに価値を提供する企業群によって構成される機能的な集合体」、いわば価値を生み出すイノベーションシステムと定義した。そして、企業の投資判断に影響する収益・コスト構造や価値基準は、その企業自身の意志や判断ではなく、彼らがバリュー・ネットワークと呼ぶこのイノベーションシステムという外部環境によって定まるとしている。つまり、同じ技術領域における複数の商品・サービスであって、それぞれが異なるバリュー・ネットワークに属しているのであれば、それぞれに異なる価値基準が存在することになる。しかしながら、縦軸の定義を単に「価値基準」としても定量化は困難である。そこで、Christensen (1997) は、「バリュー・ネットワークにおける価値基準」を「バリュー・ネットワークにおける価値と見なされる製品の性能」と置き換えて定量化を行っている。例えば、バリュー・ネットワークによる特性に対する評価の違いについて、1976 年から 1989 年の間に販売された数千モデルのディスク・ドライブに対して、価格、特徴、性能指標をもとにヘドニック回帰分析を用いて分析した。結果、潜在価格として、メインフレームにおけるバリュー・ネットワークの顧客は記憶容量の増加に対して高い価格を支払う意思を持っていたが、ミニコン、ディスクトップ、ポータブル・パソコンのバリュー・ネットワークへ順に移行すると共に、記憶容量の増加に対して支払う意思は低下した。また、バリュー・ネットワークの移行と共に、小型化に対して高い価格を支払う意思は逆に増大していることを導き出した。

この分析における価値基準は、「1MB の記憶容量増加に対する潜在価格」、「1 立法インチの容積減少に対する潜在価格」として定量化されている。これを一般化すると、複数のバリ

ユー・ネットワーク「A」、「B」において、「用途 A の観点でみた性能」、「用途 B でみた性能」となる。Christensen が導入した「バリュー・ネットワークにおける価値基準」に対するヘドニック回帰分析を用いる手法により、価格、特徴、性能指標などの個々のデータに対して市場がどのように評価し、その価値が時間経過と共にどのように変化したのかを知ることが可能である。これは、既にバリュー・ネットワークの存在が明確になっており、過去について分析するには非常に有効な手段である。しかしながら、価値基準が明確になっていない、未だ存在していない将来のバリュー・ネットワークに対しては、必要不可欠な情報源となる顧客が定まっていないため定量化は困難であり、将来予測には適さないという問題も同時に抱えている。Christensen は技術の S 字カーブにおいて、ヘドニック回帰分析を用いた個々のデータに対する潜在価格・価値を縦軸に用いるだけでなく、ヘドニック回帰分析により潜在価格・価値に変換される前の、ハードディスクの記録容量や鉄鋼品質などの「製品の性能」そのものも縦軸に用いている。どちらにおいても、これらの定量化手法が「価値」の将来予測に適さないのは明らかであり、過去検証による企業への「破壊的イノベーション」についての警鐘に留まっている。よって、将来予測には「価値」についての別の定量化手法が必要であった。

未だ存在していないイノベーションシステム（ここからはバリュー・ネットワークではなく、より一般的な概念であるイノベーションシステムと呼ぶ）における「技術のライフサイクル」の将来予測手法としては、将来のイノベーションシステム形成を見越して研究開発を行い、得られた知識を知的財産化するために出願される特許の情報を用いるのが有効と考えられる。Ernst (1997) は技術のライフサイクルを具体的に説明するため、定義が曖昧であった技術の S 字カーブの縦軸である「技術的成果」として、年間特許出願件数と累積特許出願件数の実績を採用した。更に、Altshuller and Shapiro (1956) による膨大な特許文献情報の分析結果より導き出した一連の発明の法則を思考支援ツールとしてまとめた革新的問題解決実践理論 (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch : TRIZ) において、その実践と効用について体系的技術革新としてまとめた Mann (2004=2004) が、技術の S 字カーブにおける縦軸の「技術の進歩度合」についての定量的な評価法を提案している。無秩序に見える技術進化プロセスは実は普遍性を持っており、それは発明家により変わるものではないとしている。それは生物学的システムと類似しており、あらゆる分野の技術進化は工学システム進化の法則として、S 字曲線を呈する特定のパターンに従い進化するとしている。Mann は技術の S 字カーブによる技術進化の普遍性を説明するにあたり、技術的パラ

メータは幼少期、成長期、成熟期、衰退期へと遷移するとした上で、技術の S 字カーブによる評価法として、横軸を工学システムの寿命、縦軸を①技術的パラメータ、②発明の数、③発明のレベル、④利益の 4 項目としている。技術的成果を特許出願件数とした Ernst の提案に対して、より多面的な技術的成果に対する評価項目が追加されている。

しかしながら、この技術的成果における 4 項目の中で、「①技術的パラメータ」と「③発明のレベル」の 2 項目は、多種多様な技術分野により構成される産業において定量化が困難である。また、「④利益」については、ある産業における複数企業の活動による利益の総和をその産業における利益とすることで、容易に定量化することが可能である。しかし、その利益の中には、Foster が提唱した技術の S 字カーブの縦軸に対応する技術的成果により実現した利益は含まれるものの、企業ごとの戦略と活動による利益への影響が余りにも大きく、その分離は困難であり、技術的成果の定量的指標としては不適切であると言わざるを得ない。よって、Ernst の研究と同様に、定量的な評価法として利用が可能なのは「②発明の数」のみであることには変わりはない。以降、技術の S 字カーブに関する研究は、特許出願件数を技術的成果として扱う実証研究が多く続くことになる。

技術の S 字カーブと特許出願件数の関係についての実証研究の多くは、既知の成長曲線モデルへのフィッティングを前提として行われている。生物の個体数、新製品の販売数、プログラムのバグ発見数など、時間推移に対する累積量が S 字の成長曲線を描く現象の予測に用いられるゴンペルツ曲線とロジスティック曲線が、技術の S 字カーブにおける累積特許件数にも適合するものとして、その実証研究が盛んに行われている。ゴンペルツ曲線 (1) とロジスティック曲線 (2) はそれぞれ以下の式で表させる。

$$Y_t = Le^{-ae^{-bt}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{L}{1+ae^{-bt}} \quad (2)$$

$L$  は時間経過と共に収束する累積特許出願件数の限界値を表している。先行研究では、これらの成長曲線と技術の S 字カーブとの適合において、各産業分野における時間推移に対する累積特許出願件数の実績データに対して、 $L$ 、 $a$ 、 $b$  の係数をフィッティングして求める手法が用いられている。

例えば、Bengisu and Nekhili (2006) は、①水素貯蔵水素化ホウ素ナトリウム (Sodium borohydride for H<sub>2</sub> storage)、②微小電気機械システム (Micro electro mechanical systems : MEMS)、③水素貯蔵金属水素化物 (Metal hydrides for H<sub>2</sub> storage)、④水素貯

蔵カーボンナノチューブ (Carbon nanotubes for H<sub>2</sub> storage)、⑤家庭用補助デバイス (Assistive devices for homes)、⑥改善された触媒/フィルタを用いた超低公害車 (Development of Ultra Low Emission Vehicle (ULEV) using improved catalyzers or filters)、⑦ナノリソグラフィー (Nanolithography)、⑧ディスプレイ用有機/高分子材料 (Organic/polymeric LEDs for displays) の 8 種類にわたる技術分野について、科学技術データベースの特許文献情報を活用した実証検証を行い、ゴンペルツ曲線とロジスティック曲線を用いて効果的な技術成長予測を行うツールを開発した。それを企業が技術管理、研究資金、技術投資において健全な意思決定を行うために有効なツールであると主張している。Intepe and Koc (2012) は 3 次元 (3D) テレビ受像機産業を対象として、累積特許出願件数のロジスティック曲線によるフィッティングを行い、テレビ受像機という同一製品カテゴリーで、既に成熟している技術である高精細度テレビ受像機 (High Definition Television : HDTV)、LCD テレビ受像機、LED テレビ受像機と比較検証することで、3D テレビ技術の開発予測を行っている。また、Gao et al. (2011) は CRT と LCD 産業において、特許出願件数に加えて、企業・非企業の出願人数、発明者数、特許技術分類 IPC (International Patent Classification) などによる 13 の定量的データを補足情報として用いて、技術のライフサイクル分析を行っている。また、Daim et al. (2006) は特許出願件数に加えて、計量書誌学、システムダイナミクス、成長曲線、シナリオを加えた 5 種類の手法を組合せることによる、将来技術の予測手法を提案している。

いずれにしても、シンプルな成長曲線モデルをベースとしているため、現在が技術の S 字カーブのどの段階にいるか、また将来どのような形状になるかの予測判断がし易い反面、以下の課題が存在する。

①複数の技術分野で構成されている産業における成長曲線の予測は困難。

②予測した技術の S 字カーブの形状と、産業ライフサイクルとの関係が不明瞭。

よって、特許文献情報の活用における技術の S 字カーブに関する先行研究は、時間推移に対する累積特許件数の成長曲線モデルへのフィッティングによる形状予測を行うだけに留まっている。

#### 5. 1. 2. 特許文献情報によるサイテーション分析

Foster から始まった技術の S 字カーブ理論における技術的成果の定量的指標が、特許出願件数に限定されていることが分かった。しかもシンプルな成長曲線モデルを用いている

ため、企業が技術選択を行う上で十分な精度の判断材料になっているとは言い難い。そこで、技術の S 字カーブに限定することなく、Arthur の「技術のライフサイクル」を対象として、産業ライフサイクル予測へと繋がる特許文献情報に基づく技術選択や将来予測に関する先行研究について調査を行った。

特許文献情報を用いて技術選択を行う手法としては、まずは全特許を対象としたキーワード検索や産業・用途分類により、研究の対象となる特許の母集団を選定している。その母集団に対して、技術のライフサイクルや技術領域について特許出願件数や既存・新規の発明者数の年別推移を用いて分析する先行研究が少数存在するものの、特許文献情報における引用関係を用いるサイテーション分析が全体 38 件に対して 33 件と圧倒的多数であることが分かった。サイテーション分析に関する先行研究をまとめた Vladimir (2003) によると、「引用分析の原点は、1964 年に自然科学系の論文の引用検索を発表したアメリカの Garfield, Sher and Torpie (1964) である。この論文はコンピュータを使って科学の歴史を分析出来るか、ということを目的に引用データの活用方法を提案している。そして 1967 年に引用ネットワークにおけるグラフ理論の可能な活用概要を発表した。次のステップとして、1989 年から 1990 年にかけて、Hummon and Doreian (1989, 1990) と Hummon, Doreian and Freeman (1990) が、引用ネットワークの重要な部分を見極めるためのオートマティックな手法として、引用の繋がりや強さをみる NPPC (Node Pair Projection Count)、SPLC (Search Path Link Count)、SPNP (Search Path Node Pair) という手法を考案した。」とまとめている。

特許引用を用いて技術動向を分析する文献が見られ始めた 1987 年から現在に至るまでの間に、コンピュータの技術革新と普及が進み、2000 年に入ってから 1989 年、1990 年に発表された NPPC、SPLC、SPNP などの引用分析手法の精度をより向上する研究や、他の分析手法と組み合わせることで目的に沿った用途に適用するなどの研究がみられる。技術予測と技術選択をすることを目的とした特許文献情報の活用において、引用分析の手法が支配的である理由としては、単に技術の経緯や蓄積を確認することが出来るというだけでなく、「技術の S 字カーブ」理論とは異なる手段で、その情報の視覚化も多種多様な方法で可能であることが調査した論文から確認出来る。和田 (2009) は「これまで知識フローないし技術累積関係の統計的な追跡手段としてもっとも用いられてきているのは特許引用である。」としている。また、渡部 (2011) は、特許引用件数の分析に関して、「知識マネジメントに関する既往の学術研究において、特許引用件数は、知識がどこからどこに移動してい

るのか（知識フロー）、もしくは技術がどのように累積しているのか（技術累積）に関係する統計的な追跡手段として用いられることが多い」と説明している。

先行研究調査により、特許引用によるサイテーション分析が多数を占めており、更に特許引用分析を行う目的は大きく二つに分類出来ることが分かった。連続的なイノベーションとして既存の技術を発展させる目的と、非連続的なイノベーションとして全くの新規技術を探る二つの視点である。一つ目は、特許引用の流れを汲み、自社技術の位置から既存の延長線上にある技術を選び、開発するという目的である。その中には、特許引用分析と他の分析手法とを組み合わせることにより、技術の将来予測をするものもあった。二つ目は、特許引用の既往を確かめながら、これまでの技術との繋がりのないブランク（空間）の場所に注目し、その隙間に新規の技術を求めて参入する、という目的である。

以下に示す二つの論文は、持続的なイノベーションとしての、既存技術を基にして次の技術選択を行う目的で特許引用を活用している。Archibugi and Pianta (1996) は、自社における既存コア技術の技術変化を認識することで、次にリソースをどこにけるべきかという、ビジネスにおいて重要な判断が可能であるとしている。特許引用法としては、Narin and Olivastro (1988)、Trajtenberg (1990) の先行研究を受けて、特許引用数をその特許発明における技術インパクトを測る指標として活用している。この論文では自社技術に焦点を当て、自社の視点から次に移行すべき技術を選択する手法の提案を行っている。

Giorgio (2014) は、技術のライフサイクルと新規発明者の特徴的パターンとの関係を解明する目的で、技術ライフサイクルの技術領域において特徴的なブレイクスルーエリアの存在に、①新規参入の出現、②異業種による必要にかられた開拓、③技術領域が飽和状態になると必然的に現れる、という発生要因の考察を行っている。それには、Batageli (2003) が発展させた SPNP アルゴリズムを使い、各引用の重みを計算している。更に、図 5-1 に示す、Verspagen (2007)、Fontana, Nuvolari, and Verspagen (2009)、Bekkers and Martinelli (2011) らが開発し発展させた、引用による各特許の繋がりを視覚的に表現するメインパスネットワークの解析法を行い、新技術の出現や移行を特許引用により分析している。この論文では自社技術の視点だけでなく、新規参入として出現することになる他社の視点も取り入れて、技術フローや技術領域を考察している。

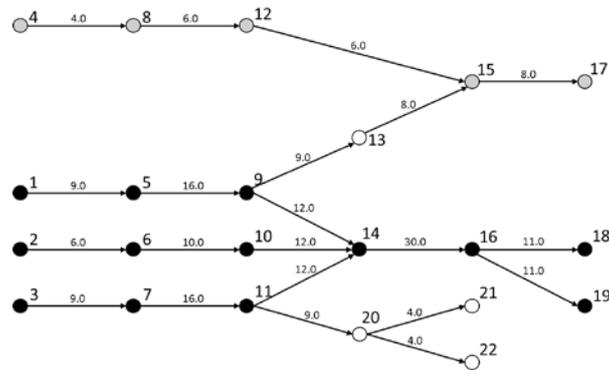


図 5-1 特許引用分析によるメインパスネットワーク解析

非連続的なイノベーションを対象とした、既存技術の延長上にない、全く新たな技術領域を探索することを目的とする論文として次が挙げられる。坂田ほか (2009) は、学術知識を俯瞰的に理解することを目的に、引用ネットワーク分析の手法を用いて知的財産権分野における学術知識の俯瞰を行っている。俯瞰するにあたり特許引用情報を可視化した結果、次のように示唆している。「可視化により、研究領域間の関係が明らかとなり、幾つかの研究領域の間に谷が存在していることが示された。これらの谷は、お互いの認知、知識交流が不十分であることを示している。特に、経済学的アプローチや情報科学と制度研究の中心となっている法制度研究との融合の必要性が示唆される。」とある。これまでの先行研究と同様に、引用件数から特許群を分別し視覚化した後、坂田ほかは技術領域に存在する「空洞化」や「谷」に注目することで、今までの技術とは繋がりのない新規分野を見極め、開拓することを目的にしている。

特許引用と他の分析方法を組み合わせることによる、新技術の創出領域の発見を提案している論文も確認した。Lee and Olav (2001) は、キーワードベース分析を特許マップ作成に活用し、特許引用における繋がり的重要性度を評価している。手法としては、テキストマイニングを用いて、特許ドキュメントからキーワードベクトルを見極めるための構成化データに変換する。その情報を視覚化するための分析を加えてマップ化を行う。特許マップから空洞化している箇所を特定し分析した後、そこに新規技術創出の可能性があると述べている。この中で用いられる分析手法の一つが特許引用であり、特許引用の回数/頻度を測定するのは引用と特許価値との間に重要な関係が存在するからだとしている。更に、隣り合った特許間の引用数の平均は、特許マップ上における空洞化した箇所の特定に重要であると述べている。

技術の S 字カーブ理論に拘らない、特許文献情報に基づく技術選択や将来予測に関する先行研究調査では特許引用によるサイテーション分析が多数を占めており、その中でも持続的なイノベーションとして既存の技術を発展させる目的と、非持続的なイノベーションとして全くの新規技術を探索する二つの視点に目的が分かれることが分かった。特許文献情報における引用数は定量化が容易であり、技術の S 字カーブ理論とは異なる形ではあるが、技術領域の可視化による状況把握への活用が可能である。特許引用分析は、過去から現在に至るまでの技術推移や累積を考察するという点で優れた手法であるが、技術の S 字カーブにおける特許出願件数分析との関連性は限定的である。よって、技術領域の状況把握を行うための手法としての特許引用分析は、技術の S 字カーブ理論における特許出願件数分析とは独立した手法として扱われていると判断出来る。

### 5. 1. 3. 技術の多様性に関する先行研究

特許文献情報と技術の多角化・多様性の関係についての先行文献調査を行った。この先行研究論文群においては、産業全体を研究対象にするのではなく、企業単位での技術の多様性や事業の多角化を分析する内容のものがほとんどであった。その中でも日本企業を研究の対象とした論文が多数を占めた。その理由としては、多くの日本企業が経験した、過去の成長・成熟期から今日の停滞期へ至った流れに対して、各企業がどのような技術の変遷を辿ったかを振り返り、合わせ込むことで、事業や技術の多様性/多角化を研究する対象として非常に適切な存在であることが考えられる。

以降、代表的な先行研究をまとめる。鈴木・児玉（2005）は、「研究開発や事業の多様性は、企業の盛衰や国のイノベーションシステムと深い関係を持つものと考えられる。」と述べている。特許文献情報は企業の研究開発におけるコア技術の変遷や技術分野間の関係の分析に用いられている。二つの企業を対象にして、産業単位の分析結果がそのまま企業単位へ適用可能かについて検証を行っている。技術分野別に特許出願数の推移を見て、変遷時期の動向を分析している。事業分野の多様性に関しては、事業分野（売上げ）の多様性と技術分野（特許）の多様性について、エントロピー値を用いて定量的に評価を行っている。また、企業が保有する特許に対して、技術のドメインごとの IPC 数をドメイン単位で集め、その年次推移から企業内技術のドメインの動向を見る。そこから事業と技術の多様性をエントロピー値として計算し、企業における事業変遷の特徴を考察している。過去の数値を検証することで、各企業の事業と技術の多角化の傾向を分析し、その特徴をモデル化している。

しかしながら、新しい技術への移動や融合において組織的な実施の必要性があると言及しながらも、具体的なアプローチ方法については今後の課題としており、提案までには至っていない。

#### 5. 1. 4. 先行研究調査まとめ

先行研究調査の結果について図 5-2 にまとめる。初期の技術に関する S 字カーブの研究は、産業における技術の普及に関する調査であった。以降、技術の S 字カーブ理論をベースにした研究は、技術そのものを研究対象としたものへと移行し、縦軸の技術的成果に対する定量的指数として特許出願件数を用いた調査が行われている。しかしながら、単純な成長曲線モデルとのマッチングによる予測に留まっており、技術の S 字カーブの形状を把握しているだけに過ぎず、その本質を説明するまでには至っていない。また、技術の S 字カーブを用いずに、技術のライフサイクル評価を対象とした、特許文献情報により技術領域を評価する手法としては、特許引用分析を用いる先行研究が支配的であった。しかしながら、過去から現在に至るまでの技術の流れと蓄積の状態を可視化することによる、連続的なイノベーションとして現行技術の次に何が起こるか、または非連続的なイノベーション発生の可能性として現在技術の隙間が何処に存在するかといった、技術選択の方向性について分析・判断をするに留まっている。また、本研究で扱う「技術の多様性」に関する先行研究についても調査を行ったが、研究対象が産業全体ではなく、企業単位であり、事業の多角化に関する分析研究が行われているに過ぎない。

特許出願件数による分析は高高度の視点からの分析であり、「技術の S 字カーブ」の成長曲線モデルへのフィッティングを前提にした、産業全体を俯瞰的に捉えてマクロな動きを判断することは可能だが、その産業において誕生する複数のイノベーションシステムの動きを捉えることは困難である。また、特許引用による分析は低高度の視点からの分析であり、論文や特許間のサイテーション情報を用いた分析によるネットワーク上の関連性や空隙の存在からイノベーションシステム誕生のきっかけをつかむ、ミクロな動きを判断することは可能ではあるが、産業全体を俯瞰的に捉えることは困難と考えられる。本研究では、特許出願件数に加えて特許文献情報を用いた「技術の多様性」を分析することで、高くも低くもなく、適切な高度の視点から俯瞰的に複数のイノベーションシステムの動きを捉えることによる高精度な産業ライフサイクル予測を目指しており、オリジナリティは非常に高い。

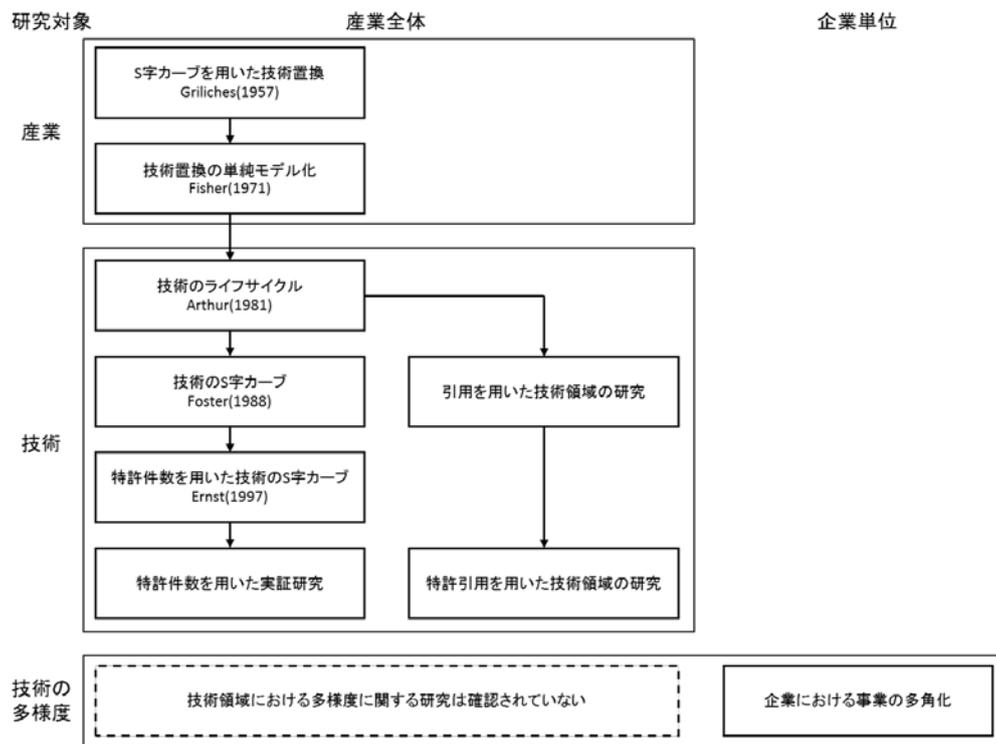


図 5-2 技術領域の分析に関する先行研究

## 5. 2. 「技術の多様性」の定量化手法

### 5. 2. 1. 特許の技術分類コードの目的と概要

「特許の多様性」を導入するに当たり、特許に付与される技術分類コードによる技術の多様性の定量化を行った。まずは特許の技術分類コードの目的と概要について整理を行う。企業は研究開発、設計、製造、出荷というバリューチェーンの各段階で様々な目的で特許調査を行う。研究開発においてはテーマ設定のために技術動向調査を行う。また、研究開発、設計における発明創出では権利を獲得するため特許出願前に新規性、進歩性の調査を行う。設計、製造、出荷においては他社の特許侵害を回避するため他社権利調査を行い、回避困難な場合にはライセンス交渉や無効審判などの対応を行う。製造、出荷において侵害警告を受けた場合には公知例調査をおこない、他社の権利の無効化が可能かを探る。また、特許庁では出願された特許についての新規性・進歩性を確認するため先行例調査を行う。これらの調査を特許庁、企業、大学などが効率良く行うために、特許には技術分類コードが付与されている。

技術分類コードの種類は複数存在し、日本国特許庁(JPO)は世界知的所有権機関(WIPO)が管理する国際特許分類IPC、JPO独自の分類であるFI(File Index)とFタームを採用している。他の技術分類コードとしては、欧州特許庁(European Patent Office:EPO)の分類であるECLA(European Classification)と米国特許商標庁(United States Patent and Trademark Office:USPTO)の分類であるUSPC(United States Patent Classification)と、分類付与業務の軽減と調査業務の効率化などを目的にEPOとUSPTOの間で合意された新たな特許分類で、2013年1月からELCAとUSPTOから切り替わり付与が開始されたCPC(Cooperative Patent Classification)が使われている。これらの技術分類は技術の進歩に合わせて更新されるため、最新の技術分類を用いることが分析の前提となる。また、技術分類そのものの変化だけでなく、特許に付与される技術分類も見直しが行われるので、その変化は「特許の多様性」の重要な情報となりえる。

JPO(2016)で用いられるIPC、FI、Fタームについては、JPOがホームページで公開し、JPO主催の講習会で用いられている「特許分類の概要とそれらを用いた先行技術調査～IPC、FI、Fターム編～(平成28年度)」において、その詳細がまとめられている(URL9)。IPCは、過去に各国が独自の特許分類を採用していたのに対して、技術交流の国際化に伴う外国特許文献の利用を円滑に行うため、1968年に各国共通の技術分類としてIPC第1版が作成されたのが始まりである。以降、5年前後の間隔でIPCリフォームが行われ、現在は2006年1月1日から有効となった第8版が使用されている。その分類項目と階層構造について図5-3に示す。IPCの階層構造として、まずは全技術領域を8つのセクションに分類し、サブセクション、クラス、サブクラス、メイングループ、サブグループの順に細分化されている。サブグループはタイトルの前にドット「・」を付与し、そのドットの数でサブグループの中で階層構造を形成して更なる細分化を行っている。角田(2016)は特許の技術分類と生物学の分類との類似性について指摘している。生物学の分類は階層構造としてドメイン、界、門、綱、目、科、属、種の順に細分化されており、その階層構造は特許の技術分類と似ている。大きく異なるのは、生物学では自然界における一つの生物に複数の分類が付与されることは無いのに対して、特許分類では一つの特許に複数の技術分類が付与される場合が多いことである。これは、多くの特許において、一つの特許に新規性と進歩性を確保する範囲で複数の異なる技術要素が組込まれていることが理由である。

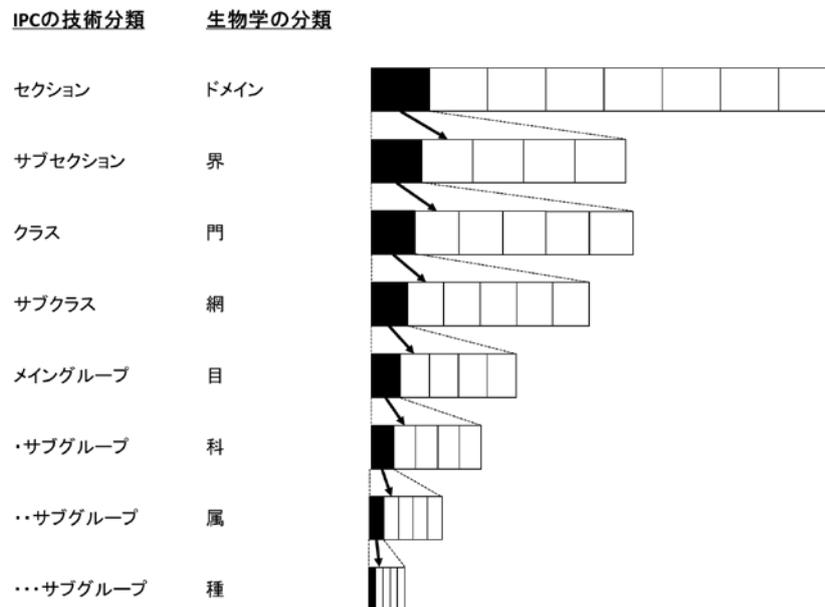


図 5-3 IPC と生物学の分類階層

第 7 版までの IPC は分類が大まかなものであり、扱う特許文献数が膨大となる大規模庁では特許検索ツールとしての利用が困難であった。結果、大規模庁では JPO の FI などの独自に IPC を細分化した分類体系を構築したため、IPC 本来の目的である外国特許の検索に対して逆に困難さを伴う様になった。そこで、第 8 版ではより精度の高い特許検索を目的として、3 ヶ月ごとに改正実施される約 69,000 項目の「アドバンスレベル」と、分類項目数をアドバンスレベルに対して 3 割程度の約 17,000 項目に絞り込んだ、3 年ごとに改正実施される「コアレベル」の 2 層構造からスタートした。2011 年 1 月には 2 層構造の複雑性を回避するため「フル IPC」として一本化が実施され、IPC 改正周期は年 1 回で毎年 1 月 1 日に発効となっている。この IPC 改正は、JPO、EPO、USPTO の三極特許庁に中国国家知識産権局（State Intellectual Property Office : SIPO）と韓国特許庁（Korean Intellectual Property Office : KIPO）を加えた五大特許庁協力の下、分類調和と分類細分化について WIPO に提案され、IPC 化することで国際的に統一された分類としての特許文献検索への活用が担保されている。IPC は特許出願の発明主題に対して付与されるため、単一の技術的観点からの分類である。

FI は JPO 内の検索データベースに利用されている特許技術分類であり、基本的に最新版 IPC を日本の技術事情を考慮して分冊識別記号と展開記号により約 19 万項目に細分化、展開している。図 5-4 に IPC と FI の関係を示す。日本における特有の技術や日本が先行して

いる技術の領域に対して IPC の細分化を行うことで特許検索の効率化を図っている。JPO では技術の変化に合わせて適切な検索が行えるようにするため、年に 1 回から 2 回の頻度で必要とされる分野の改正を行い、JPO 調整課が FI 改正情報として JPO のホームページにおいて追加、廃止、更新などの改正を行った分野の FI について公開しており、特許文献検索には常に最新の FI を活用することが可能となっている。JPO では FI とは異なる観点での特許検索を目的として、FI には付与されている IPC の分類展開とは異なる観点で展開された、三つの英数字で表記される「ファセット分類記号」を併記している。しかしながら、FI そのものが特許出願の発明主題に対して付与される IPC の細分化展開を基本として細分化展開しているため、ファセット分類記号は十分に活用出来るレベルには至っていない。よって FI は主に単一の技術的観点からの技術分類に留まっている。また、CPC は IPC を欧州と米国の技術事情を考慮して約 25 万項目に細分化したもので、その成り立ちは FI と同じである。よって、CPC も IPC 同様に単一の技術的観点からの分類である。

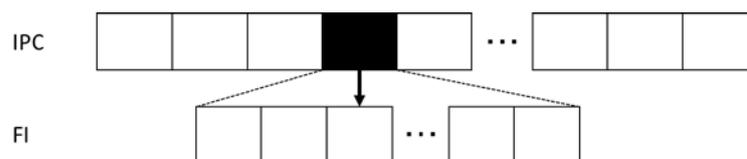


図 5-4 IPC と FI の関係

IPC と FI は主に単一の技術的観点を中心に展開しているため、最近における技術が複合化・融合化された分野や製品が多様化した、膨大な特許文献量の分野に対する特許文献検索には不向きとなっている、そこで、FI を所定の技術範囲ごとに種々の観点から細分化したものを F タームとし、複数の F タームによる理論積で特許論文を絞り込むことで、機械検索を用いた迅速な特許論文調査が可能となった。図 5-5 に IPC と FI、F タームの関係を示す。FI の一定の技術範囲に対してテーマが定められ、英数字 5 桁のコードで表示される。例えば、LCD 関連のテーマコードの一つである「2H088」は「液晶 1 (応用、原理)」という技術範囲を示している。テーマコードで定義される技術範囲ごとに複数の技術観点から分類を行って F タームは定義される。F タームの表記形式を以下に示す。

「テーマコード (英数字) 5 桁」 + 「観点 (英字) 2 桁」 + 「数字 2 桁」

IPC と FI は単一の技術分野ごとに階層的構造区分を行っているが、F タームは目的、用途、構造、材料、製法、処理操作方法、制御手段等の複数の技術的観点から技術を分類している。

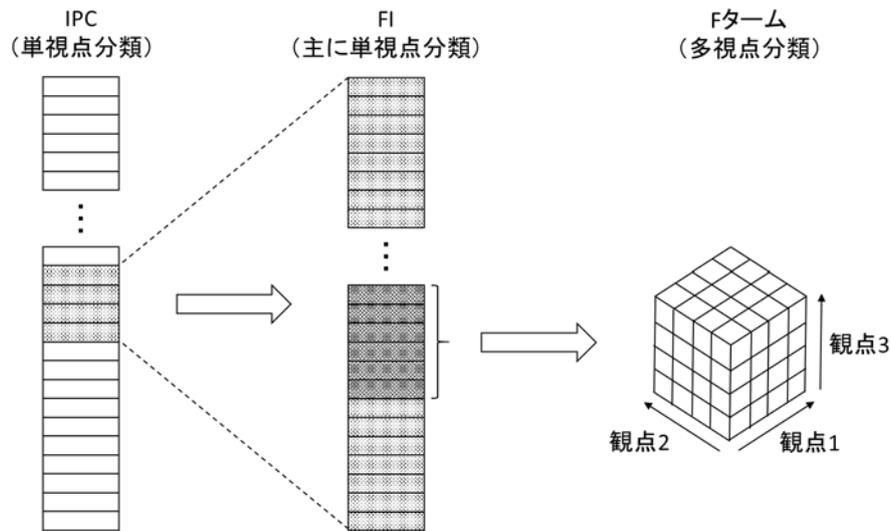


図 5-5 IPC と FI、及び F タームの関係

### 5. 2. 2. 技術の多様度指数の定義

技術は時間経過に伴い、今まで使われてきた目的とは異なる目的で使われることが多々あり、技術の目的、用途は時間と共に変化する。本研究の分析では技術の多様性の定量化に対して、時間経過に伴う技術の目的、用途の変化を考慮する必要がある。よって、複数存在する特許の技術分類コードに対して、本研究では単観点からの技術分類である IPC と FI ではなく、多観点からの技術分類である F タームを選定して特許文献情報分析を行った。

次に特許技術分類コードの集計手法について述べる。特許には特許技術分類 F ターム・テーマコードとして「主分類」が付与され、必要に応じて「副分類」が付与される、例えば、

・テーマコード: 【主分類】 , 【副分類 1】 , 【副分類 2】 , . . .

という形式である。主分類のテーマコードは必ず付与されるが、副分類のテーマコードについての限定は無く、付与されていない場合も存在する。本研究においては、各特許に付与されているテーマコードに対して、付与されているテーマコードで出願特許件数を按分して集計した。例えば、

・テーマコード: 【5C580】 , 【5C058】 , 【5C080】

に対しては按分集計として、5C580 1/3 件、5C058 1/3 件、5C080 1/3 件、として集計する。集計した結果は、テーマコードの上位分類である「グループ」の単位で分析を行った。

特許の多様性の定量化については、「ハーフィンダル・ハーシュマン指数 (HHI)」を用いて数値化を行った。按分集計した結果からハーフィンダル指数を計算し、集中度を表すハー

フィンダール指数を1から引いて得られる指標を、産業の技術領域における「技術の多様度指数」と定義し導入した。

$$HHI = \sum_{i=1}^n Ci^2$$

$Ci$ :  $i$ 番目の技術分野の占拠率 (%)

$n$ : 技術分野数

技術の多様度指数 =  $1 - HHI$

### 5. 3. LCD 産業における特許文献情報分析

#### 5. 3. 1. 累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析

産業を構成する技術領域について判断する手法として、技術者の知見に基づく主観的判断と、特許文献情報を用いて技術領域を俯瞰することによる客観的判断が考えられる。前者については「専門職共同体における集団思考」の影響を大きく受けるため、技術領域における判断について精度を高めるには後者の重要度が非常に高いと考えられる。しかしながら、特許文献情報を用いて技術領域を俯瞰することによる客観的判断については、先行研究調査の結果、高高度の視点からの特許出願件数によるマクロ分析と、低高度の視点からの特許引用によるミクロ分析に留まっている。そこで、電子ディスプレイ業界における LCD 産業を分析対象として、従来手法である特許出願件数推移を用いた「技術の S 字カーブ」によるマクロ分析を行い、その課題について考察を行う。

LCD 産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報の分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・ 検索対象：日本特許
  - ・ 公報データ（電子化以降）1993年1月～2013年12月31日
  - ・ 整理標準化データ（JPO作成）1964年1月～2013年12月31日
- ・ 検索期間：1964年1月～2013年12月31日
- ・ 特許分類（IPC）：G02F 1/13（LCD）
  - +H04N 5/66 102（LCDテレビ受像機）
  - +G09G 3/36（LCD表示装置）
  - +G09F 9/35（LCD表示装置）

抽出した189,813件のLCD産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許

出願件数による技術の S 字カーブ分析を行う。図 5-6 に LCD 産業関連特許の出願件数推移を示す。

図 5-6 (a) において、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がプラスでかつ、増減数の傾向が増加に転じた時期を初期段階から普及段階への移行と判断した。また、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がマイナスに転じた時期を普及段階から成熟段階と判断した。分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字における 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階：1964 年から 1980 年
- ・ 普及段階：1980 年から 2006 年
- ・ 成熟段階：2006 年から 2013 年

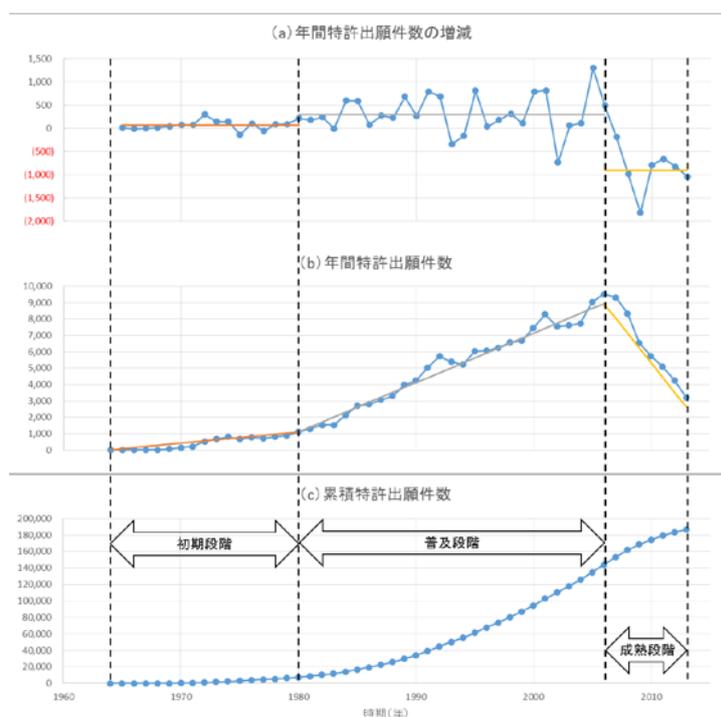


図 5-6 LCD 産業関連特許の出願件数推移

次に、図 5-7 に LCD 産業における、累積特許出願件数と生産金額の推移を示す。図 5-7 (b) の「生産金額」については、LCD 産業全体の推移と共に、以下に示す LCD 産業を構成する 4 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産金額推移も図示している。

- ・ LCD 産業全体：LCD
- ・ 電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒 LCD：PMLCD

- ・ノートコンピュータ用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV 以外)
- ・デジタルテレビ受像機用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV)
- ・フィーチャーフォン、スマートフォン用カラーLCD : LTPS TFT LCD

また、縦軸における「1E+04 千ドル」の水平方向に、4 種類のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。イノベーションシステムが誕生した時期については、以下の事象により特定した。

- ・電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒 LCD : PMLCD  
 : シャープが電子式卓上計算機のディスプレイに LCD を採用した、「エルシーメイト EL-805」を発売した 1973 年。
- ・ノートコンピュータ用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV 以外)  
 : 松下電器産業が 3 インチ LCD テレビ受像機「Pana Crystal」を発売した 1986 年。
- ・デジタルテレビ受像機用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV)  
 : CRT テレビ受像機代替の民生用商品として、シャープが 10.4 インチ LCD テレビ受像機「ウインドウ LC-104TV1」を発売した 1996 年。
- ・フィーチャーフォン、スマートフォン用カラーLCD : LTPS TFT LCD  
 : 日本ビクターが LTPS TFT-LCD 搭載のカメラ一体型 VTR を発売した 1996 年。

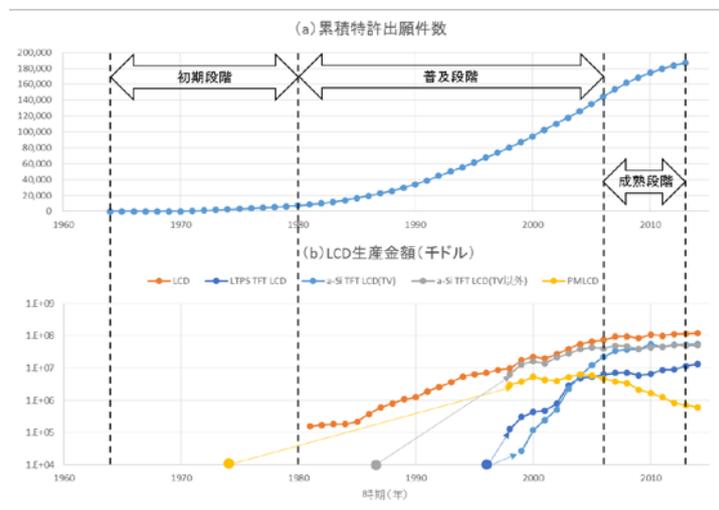


図 5-7 LCD 産業における累積特許出願件数と生産金額の推移

図 5-7 (a) に示す累積特許出願件数による技術の S 字カーブと、(b) に示す LCD 産業全体の生産金額推移を比較すると、技術の S 字カーブにおける普及段階には急速に生産金額が増加しているのに対して、成熟段階になると生産金額の伸びが鈍化していることが分

かる。このように、LCD 産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断する場合には、先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いる手法で十分である。しかしながら図 5-7 は、LCD 産業における、発生時期の異なるイノベーションシステムの存在を累積特許出願件数の推移から判断することは困難であることも同時に示している。特許文献情報分析を用いてイノベーションシステムの創出につながる技術領域の変化を分析するには、「特許出願件数」だけでは不十分である。

### 5. 3. 2. 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

LCD 産業において、技術領域の変化を分析するには高高度の視点からの「特許出願件数」だけでは不十分であることを確認した。そこで、従来の特許出願件数推移による「技術の S 字カーブ」分析に、技術領域との密接な関係が期待出来る「技術の多様性」分析を組み合わせることにより技術領域の変化を判断し、適切な高度の視点からの産業ライフサイクル予測を行う手法について検証を行った。図 5-8 に LCD 産業関連特許の技術分類についての概念図を示す。



図 5-8 LCD 産業関連特許の技術分類

図 5-9 に LCD 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。図 5-9 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から⑥の期間に分割することが可能である。しかしながら、図 5-9 (a) の初期段階においては技術の多様度指数は減少傾向であり、普及段階以降は横ばいもしくは増加傾向であり、ただ単に技術の多様度指数の変化にノイズが乗っているだけという可能性も否定出来ない。よって、図 5-9 に示す LCD 産業の分析結果に対して、単回帰分析による検証を行い考察する。

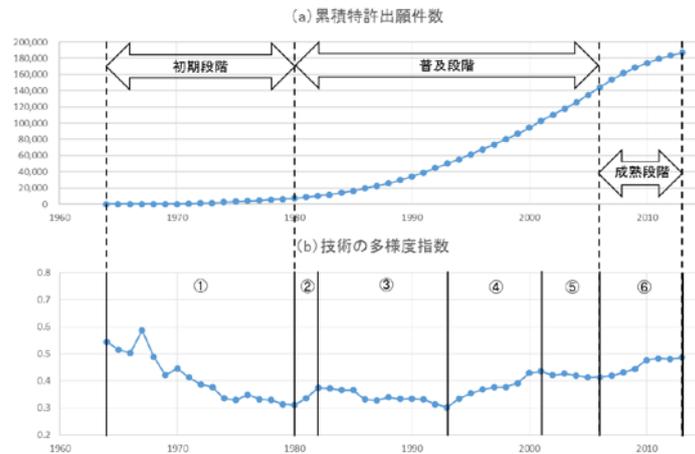


図 5-9 LCD 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移

LCD 産業における技術の S 字カーブの各段階に対して、従属変数：技術の多様度（1-HHI）、説明変数：特許出願件数として単回帰分析を行った。説明変数は、表 5-1 に示す通り、木下（2015）「正と反の経済学」の「サービス材の分類」を参考にして決定した。

表 5-1 特許出願件数の分類

| 数学      | 物理学 | 経済学             | 特許出願      |
|---------|-----|-----------------|-----------|
| もとの変数   | 距離  | 資産<br>(ストック)    | 累積特許出願件数  |
| 時間で1回微分 | 速度  | 所得<br>(フロー)     | 年間特許出願件数  |
| 時間で2回微分 | 加速度 | 成長率<br>(フロー変化率) | 年間出願件数変化数 |

特許権は永久に続くものではなく一定の存続期間を有する有限の権利である。特許法第 67 条に、特許権の存続期間は、出願の日から 20 年をもって終了するとなっている。権利を視点にする場合、「資産としての特許出願件数」は、特許権が存続する特許を対象とする。しかしながら、本研究における「資産としての特許出願件数」は技術の幅と深さを表す「多様度」に対応するものであり、技術のストックとして特許権存続の有無に関係なく特許出願件数を累積した件数を用いた。また、「所得としての特許出願件数」は年間特許出願件数、「成長率としての特許出願件」には前年度に対する年間出願件数変化数を用いた。表 5-2 に単回帰分析に用いた変数を示す。

表 5-2 従属変数と説明変数

| 従属変数 | 技術の多様度(1-HHI)        |
|------|----------------------|
| 説明変数 | 累積出願件数 N             |
|      | 累積出願件数 log N         |
|      | 年間出願件数 n             |
|      | 年間出願件数 log n         |
|      | 年間出願件数変化数 $\Delta n$ |

分析の期間については、

1. 時間軸に対する年間特許出願件数の増加期（1964～2006年）と減少期（2006～2013年）でデータを分割、
2. 時間軸に対する技術の多様度指数の増加期（1980～1982年、1993～2001年、2006～2013年）と減少期（1964～1980年、1982～1993年、2001～2006年）でデータを分割、

の2種類について単回帰分析を行った。

1. 時間軸に対する年間特許出願件数の増加期と減少期でデータを分割

2 区間における単回帰分析の結果を表 5-3 に示す。先行研究において、技術の S 字カーブと累積特許出願件数には強い一致性が存在するとされており、S 字の変曲点の前後となる年間特許出願件数の増加期と減少期でデータを分割して単回帰分析を行った。年間特許出願件数の減少期において、技術の多様度と累積出願件数と年間出願件数とには強い相関がみられるが、増加期においては技術の多様度と特許出願件数との相関は見られない。本研究では技術の多様度によって技術の S 字カーブの各段階を推定しているが、単純に先行研究に示されるように、累積特許出願件数の変曲点だけで技術の S 字カーブの段階を表す技術の多様度を推定するのは困難であることを確認した。

表 5-3 特許出願件数の増加期と減少期における単回帰分析結果

| 増加期(1964～2006年)      |        |                       |       |          |           |
|----------------------|--------|-----------------------|-------|----------|-----------|
|                      | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |                       |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.032  | 0.001                 | 0.838 | 0.384    | 4.85E-08  |
| 累積出願件数 log N         | 0.605  | 0.366                 | 0.000 | 0.518    | -0.034    |
| 年間出願件数 n             | 0.127  | 0.016                 | 0.419 | 0.395    | -2.75E-06 |
| 年間出願件数 log n         | 0.661  | 0.436                 | 0.000 | 0.533    | -0.048    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.085  | 0.007                 | 0.594 | 0.385    | -1.45E-05 |

| 減少期(2006～2013年)      |        |                       |       |          |           |
|----------------------|--------|-----------------------|-------|----------|-----------|
|                      | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |                       |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.959  | 0.920                 | 0.000 | 0.123    | 1.96E-06  |
| 累積出願件数 log N         | 0.955  | 0.913                 | 0.000 | -3.430   | 0.743     |
| 年間出願件数 n             | 0.962  | 0.925                 | 0.000 | 0.536    | -1.25E-05 |
| 年間出願件数 log n         | 0.929  | 0.862                 | 0.001 | 1.093    | -0.169    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.435  | 0.189                 | 0.281 | 0.440    | -1.99E-05 |

2. 時間軸に対する技術の多様度の増加期と減少期でデータを分割

LCD①から⑥の期間における単回帰分析の結果を表 5-4 に示す。累積特許出願件数の変化とは独立して、特許技術分類分析で確認された技術の多様度の変化と技術の S 字カーブ

の各段階の関係に基づき、技術の多様度の増加期と減少期でデータを分割して単回帰分析を行った。技術の多様度の増加期、減少期のどちらにおいても、技術の多様度と累積特許出願件数、年間特許出願件数の間に強い相関関係が存在することが導かれた。また、技術の多様度の増加期よりも減少期の方が傾きの絶対値は小さく、技術の多様度は緩やかに減少することを確認した。相関係数からも、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術のS字カーブにおける段階の推定より、技術の多様度指数による技術のS字カーブにおける段階の推定の方がより精度が高いと判断することが出来る。

表 5-4 技術の多様度指数の増加期と減少期における単回帰分析結果

| 減少期(1964~1980年)      |        |          |       |          |           |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|-----------|
| LCD①                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.812  | 0.660    | 0.000 | 0.474    | -2.86E-05 |
| 累積出願件数 log N         | 0.957  | 0.916    | 0.000 | 0.642    | -0.085    |
| 年間出願件数 n             | 0.916  | 0.839    | 0.000 | 0.503    | 0.000     |
| 年間出願件数 log n         | 0.966  | 0.933    | 0.000 | 0.633    | -0.101    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.278  | 0.077    | 0.297 | 0.418    | 0.000     |

| 増加期(1980~1982年)      |        |          |       |          |          |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|----------|
| LCD②                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |          |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き       |
| 累積出願件数 N             | 0.997  | 0.995    | 0.047 | 0.145    | 2.22E-05 |
| 累積出願件数 log N         | 0.993  | 0.986    | 0.076 | -1.428   | 0.449    |
| 年間出願件数 n             | 0.999  | 0.998    | 0.029 | 0.146    | 0.000    |
| 年間出願件数 log n         | 0.996  | 0.992    | 0.058 | -1.054   | 0.448    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.551  | 0.304    | 0.628 | 0.211    | 0.001    |

| 減少期(1982~1993年)      |        |          |       |          |           |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|-----------|
| LCD③                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.896  | 0.803    | 0.000 | 0.383    | -1.58E-06 |
| 累積出願件数 log N         | 0.920  | 0.846    | 0.000 | 0.751    | -0.094    |
| 年間出願件数 n             | 0.881  | 0.776    | 0.000 | 0.391    | -1.43E-05 |
| 年間出願件数 log n         | 0.894  | 0.800    | 0.000 | 0.712    | -0.106    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.148  | 0.022    | 0.646 | 0.338    | -1.03E-05 |

| 増加期(1993~2001年)      |        |          |       |          |          |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|----------|
| LCD④                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |          |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き       |
| 累積出願件数 N             | 0.972  | 0.944    | 0.000 | 0.203    | 2.30E-06 |
| 累積出願件数 log N         | 0.975  | 0.951    | 0.000 | -1.519   | 0.389    |
| 年間出願件数 n             | 0.943  | 0.890    | 0.000 | 0.109    | 4.13E-05 |
| 年間出願件数 log n         | 0.952  | 0.906    | 0.000 | -2.038   | 0.634    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.751  | 0.565    | 0.020 | 0.354    | 7.33E-05 |

| 減少期(2001~2006年)      |        |          |       |          |           |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|-----------|
| LCD⑤                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.869  | 0.755    | 0.025 | 0.480    | -4.74E-07 |
| 累積出願件数 log N         | 0.877  | 0.770    | 0.022 | 1.108    | -0.135    |
| 年間出願件数 n             | 0.534  | 0.285    | 0.276 | 0.468    | -5.47E-06 |
| 年間出願件数 log n         | 0.521  | 0.271    | 0.289 | 0.830    | -0.104    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.142  | 0.020    | 0.788 | 0.423    | -1.71E-06 |

| 増加期(2006~2013年)      |        |          |       |          |           |
|----------------------|--------|----------|-------|----------|-----------|
| LCD⑥                 | 相関係数 R | 決定係数 R2乗 | 有意確率  | 非標準化係数 B |           |
|                      |        |          |       | 定数       | 傾き        |
| 累積出願件数 N             | 0.959  | 0.920    | 0.000 | 0.123    | 1.96E-06  |
| 累積出願件数 log N         | 0.955  | 0.913    | 0.000 | -3.430   | 0.743     |
| 年間出願件数 n             | 0.962  | 0.925    | 0.000 | 0.536    | -1.25E-05 |
| 年間出願件数 log n         | 0.929  | 0.862    | 0.001 | 1.093    | -0.169    |
| 年間出願件数変化数 $\Delta n$ | 0.435  | 0.189    | 0.281 | 0.440    | -1.99E-05 |

次に、技術の多様度指数の変化で分割した LCD①から⑥の期間と、LCD 産業における複数のイノベーションシステムとの関係について考察を行う。表 5-5 に技術の多様度指数と LCD 搭載製品生産開始時期の関係を示す。表 5-5 の左側に技術の多様性と年間特許出願件数の増加減少傾向を矢印の向きで表記し、右側に各イノベーションシステムにおける LCD 搭載製品の生産開始時期を記載している。

表 5-5 技術の多様度指数と LCD 搭載製品生産開始時期の関係

| 年間特許出願件数 | 技術の多様度指数 | 減少期 (1964~1980年) | 増加期 (1980~1982年) | 減少期 (1982~1993年) | 増加期 (1993~2001年) | 減少期 (2001~2006年) | 増加期 (2006~2013年) |
|----------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| ↑        | ↓        | <b>LCD①</b>      | <b>LCD②</b>      | <b>LCD③</b>      | <b>LCD④</b>      | <b>LCD⑤</b>      | <b>LCD⑥</b>      |
| ↑        | ↑        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| ↑        | ↓        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| ↑        | ↑        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| ↓        | ↑        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |

| 減少期 (1964~1980年)  | 増加期 (1980~1982年) | 減少期 (1982~1993年)      | 増加期 (1993~2001年)      | 減少期 (2001~2006年) | 増加期 (2006~2013年) |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-------|---|------|--------|-----------------------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-------|---|------|--------|-----------------------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-----------|---|------|--------|-----------------------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|----------|---|------|--------|-----------------------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-----------|--|------|--------|-----------------------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|-----------|
| <table border="1"> <tr><th>LCD①</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.812</td><td>0.660</td><td>0.000</td><td>0.474</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.957</td><td>0.918</td><td>0.000</td><td>0.842</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.916</td><td>0.839</td><td>0.000</td><td>0.503</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.966</td><td>0.933</td><td>0.000</td><td>0.633</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.278</td><td>0.077</td><td>0.297</td><td>0.418</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.000</td></tr> </table> | LCD①             | 相関係数 R                | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率             | 非標準化係数 B         | 黒種出願件数 N | 0.812 | 0.660 | 0.000 | 0.474 | 黒種出願件数 log N | 0.957 | 0.918 | 0.000 | 0.842 | 年間出願件数 n | 0.916 | 0.839 | 0.000 | 0.503 | 年間出願件数 log n | 0.966 | 0.933 | 0.000 | 0.633 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.278 | 0.077 | 0.297 | 0.418 |  |  |  |  | 0.000 | <table border="1"> <tr><th>LCD②</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.997</td><td>0.995</td><td>0.047</td><td>0.145</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.993</td><td>0.988</td><td>0.076</td><td>-1.429</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.999</td><td>0.998</td><td>0.029</td><td>0.146</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.998</td><td>0.992</td><td>0.058</td><td>-1.054</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.551</td><td>0.304</td><td>0.628</td><td>0.211</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.001</td></tr> </table> | LCD② | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率 | 非標準化係数 B | 黒種出願件数 N | 0.997 | 0.995 | 0.047 | 0.145 | 黒種出願件数 log N | 0.993 | 0.988 | 0.076 | -1.429 | 年間出願件数 n | 0.999 | 0.998 | 0.029 | 0.146 | 年間出願件数 log n | 0.998 | 0.992 | 0.058 | -1.054 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.551 | 0.304 | 0.628 | 0.211 |  |  |  |  | 0.001 | <table border="1"> <tr><th>LCD③</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.896</td><td>0.803</td><td>0.000</td><td>0.383</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.920</td><td>0.846</td><td>0.000</td><td>0.751</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.881</td><td>0.776</td><td>0.000</td><td>0.381</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.894</td><td>0.800</td><td>0.000</td><td>0.712</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.148</td><td>0.022</td><td>0.646</td><td>0.338</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-1.03E-05</td></tr> </table> | LCD③ | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率 | 非標準化係数 B | 黒種出願件数 N | 0.896 | 0.803 | 0.000 | 0.383 | 黒種出願件数 log N | 0.920 | 0.846 | 0.000 | 0.751 | 年間出願件数 n | 0.881 | 0.776 | 0.000 | 0.381 | 年間出願件数 log n | 0.894 | 0.800 | 0.000 | 0.712 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.148 | 0.022 | 0.646 | 0.338 |  |  |  |  | -1.03E-05 | <table border="1"> <tr><th>LCD④</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.972</td><td>0.944</td><td>0.000</td><td>0.203</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.976</td><td>0.951</td><td>0.000</td><td>1.319</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.943</td><td>0.890</td><td>0.000</td><td>0.109</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.952</td><td>0.906</td><td>0.000</td><td>-2.038</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.751</td><td>0.565</td><td>0.020</td><td>0.354</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>7.33E-05</td></tr> </table> | LCD④ | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率 | 非標準化係数 B | 黒種出願件数 N | 0.972 | 0.944 | 0.000 | 0.203 | 黒種出願件数 log N | 0.976 | 0.951 | 0.000 | 1.319 | 年間出願件数 n | 0.943 | 0.890 | 0.000 | 0.109 | 年間出願件数 log n | 0.952 | 0.906 | 0.000 | -2.038 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.751 | 0.565 | 0.020 | 0.354 |  |  |  |  | 7.33E-05 | <table border="1"> <tr><th>LCD⑤</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.869</td><td>0.755</td><td>0.025</td><td>0.480</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.877</td><td>0.770</td><td>0.022</td><td>1.108</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.534</td><td>0.285</td><td>0.276</td><td>0.468</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.521</td><td>0.271</td><td>0.289</td><td>0.830</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.142</td><td>0.020</td><td>0.788</td><td>0.423</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-1.71E-06</td></tr> </table> | LCD⑤ | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率 | 非標準化係数 B | 黒種出願件数 N | 0.869 | 0.755 | 0.025 | 0.480 | 黒種出願件数 log N | 0.877 | 0.770 | 0.022 | 1.108 | 年間出願件数 n | 0.534 | 0.285 | 0.276 | 0.468 | 年間出願件数 log n | 0.521 | 0.271 | 0.289 | 0.830 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.142 | 0.020 | 0.788 | 0.423 |  |  |  |  | -1.71E-06 | <table border="1"> <tr><th>LCD⑥</th><th>相関係数 R</th><th>決定係数 R<sup>2</sup>乗</th><th>有意確率</th><th>非標準化係数 B</th></tr> <tr><td>黒種出願件数 N</td><td>0.959</td><td>0.920</td><td>0.000</td><td>0.123</td></tr> <tr><td>黒種出願件数 log N</td><td>0.955</td><td>0.913</td><td>0.000</td><td>-3.430</td></tr> <tr><td>年間出願件数 n</td><td>0.862</td><td>0.825</td><td>0.000</td><td>0.536</td></tr> <tr><td>年間出願件数 log n</td><td>0.929</td><td>0.862</td><td>0.001</td><td>1.093</td></tr> <tr><td>年間出願件数変化率 Δln</td><td>0.435</td><td>0.189</td><td>0.281</td><td>0.440</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-1.99E-05</td></tr> </table> | LCD⑥ | 相関係数 R | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率 | 非標準化係数 B | 黒種出願件数 N | 0.959 | 0.920 | 0.000 | 0.123 | 黒種出願件数 log N | 0.955 | 0.913 | 0.000 | -3.430 | 年間出願件数 n | 0.862 | 0.825 | 0.000 | 0.536 | 年間出願件数 log n | 0.929 | 0.862 | 0.001 | 1.093 | 年間出願件数変化率 Δln | 0.435 | 0.189 | 0.281 | 0.440 |  |  |  |  | -1.99E-05 |
| LCD①  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.812            | 0.660                 | 0.000                 | 0.474            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.957            | 0.918                 | 0.000                 | 0.842            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.916            | 0.839                 | 0.000                 | 0.503            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.966            | 0.933                 | 0.000                 | 0.633            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.278            | 0.077                 | 0.297                 | 0.418            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | 0.000            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| LCD②  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.997            | 0.995                 | 0.047                 | 0.145            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.993            | 0.988                 | 0.076                 | -1.429           |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.999            | 0.998                 | 0.029                 | 0.146            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.998            | 0.992                 | 0.058                 | -1.054           |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.551            | 0.304                 | 0.628                 | 0.211            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | 0.001            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| LCD③  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.896            | 0.803                 | 0.000                 | 0.383            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.920            | 0.846                 | 0.000                 | 0.751            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.881            | 0.776                 | 0.000                 | 0.381            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.894            | 0.800                 | 0.000                 | 0.712            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.148            | 0.022                 | 0.646                 | 0.338            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | -1.03E-05        |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| LCD④  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.972            | 0.944                 | 0.000                 | 0.203            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.976            | 0.951                 | 0.000                 | 1.319            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.943            | 0.890                 | 0.000                 | 0.109            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.952            | 0.906                 | 0.000                 | -2.038           |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.751            | 0.565                 | 0.020                 | 0.354            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | 7.33E-05         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| LCD⑤  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.869            | 0.755                 | 0.025                 | 0.480            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.877            | 0.770                 | 0.022                 | 1.108            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.534            | 0.285                 | 0.276                 | 0.468            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.521            | 0.271                 | 0.289                 | 0.830            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.142            | 0.020                 | 0.788                 | 0.423            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | -1.71E-06        |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| LCD⑥  | 相関係数 R           | 決定係数 R <sup>2</sup> 乗 | 有意確率                  | 非標準化係数 B         |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 N  | 0.959            | 0.920                 | 0.000                 | 0.123            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 黒種出願件数 log N  | 0.955            | 0.913                 | 0.000                 | -3.430           |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 n  | 0.862            | 0.825                 | 0.000                 | 0.536            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数 log n  | 0.929            | 0.862                 | 0.001                 | 1.093            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
| 年間出願件数変化率 Δln   | 0.435            | 0.189                 | 0.281                 | 0.440            |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |
|   |                  |                       |                       | -1.99E-05        |                  |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |       |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |               |       |       |       |       |  |  |  |  |          |   |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |  |      |        |                       |      |          |          |       |       |       |       |              |       |       |       |        |          |       |       |       |       |              |       |       |       |       |               |       |       |       |       |  |  |  |  |           |

| 電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒ディスプレイ(セグメント型PMLCD) |
|---------------------------------------|
| ・DSM液晶                                |
| 1971・DSM液晶搭載時計の開発(諏訪精工舎)              |
| 1975・DSM液晶電卓発売(シャープ)                  |
| ・TN液晶                                 |
| 1973・TN液晶搭載時計の発売(服部セイコー)              |
| 1976・TN液晶電卓発売(シャープ)                   |

| パーソナルコンピュータ用カラーディスプレイ(ドットマトリクス型LCD)                |
|--|
| ・STN液晶(ドットマトリクス型PMLCD)                             |
| 1986・STNマトリクス液晶の発売(日立製作所)                          |
| 1987・2層STNマトリクス液晶搭載ラップトップ・パソコンの発売(セイコーエプソン)        |
| 1988・フィルムSTNマトリクス液晶の発売(セイコーエプソン、日立製作所、シャープ)        |
| 1989・フィルムSTNマトリクス液晶搭載ノートパソコンの発売(東芝)                |
| 1990・カラーフィルムSTNマトリクス液晶搭載ラップトップ・パソコンの発売(NEC)        |
| ・TFT液晶(ドットマトリクス型a-Si TFT LCD)                      |
| 1986・a-Si TFT LCD搭載カラー・テレビ受像機の発売(松下電器産業)           |
| 1991・カラー・a-Si TFT LCD搭載ノート・パソコンの発売(NEC、日本アイ・ビー・エム) |

| フィーチャーフォン、スマートフォン用カラーディスプレイ(LTPS TFT LCD) |
|---|
| 1996・LTPS TFT液晶搭載のカメラ一体型VTRの発売(日本ビクター)    |
| 1998・LTPS TFT液晶搭載のノート・パソコンの発売(ソニー)        |
| 2001・LTPS TFT液晶搭載の携帯電話の発売(東芝)             |

| テレビ受像機用カラーディスプレイ(a-Si TFT LCD) |
|--------------------------------|
| 1986・2型液晶テレビ受像機発売(松下電器産業)      |
| 1991・8.6型液晶テレビ受像機発売(シャープ)      |
| 1996・10.4型液晶テレビ受像機発売(シャープ)     |
| 1999・20型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2000・28型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2001・30型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2002・37型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2004・亀山第一工場第5世代ライン稼働(シャープ)     |
| 2004・65型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2005・65型液晶テレビ受像機発売(シャープ)       |
| 2006・亀山第二工場第8世代ライン稼働(シャープ)     |
| 2007・108型液晶テレビ受像機発売(シャープ)      |

LCD 産業において最初に立ち上がったイノベーションシステムは電子式卓上計算機（電卓）、デジタル時計である。電卓、デジタル時計用白黒ディスプレイ用 LCD は 1971 年の諏訪精工舎によるデジタル時計、1993 年のシャープによる電卓への LCD の搭載から市場投入が始まった。数字表示しか必要としないため、パッシブ駆動型セグメント方式白黒 LCD が採用された。しかしながら、電流駆動を行う DSM 液晶はデバイスとしての長期信頼性に課題を抱えていたので、現在における電卓とデジタル時計のほとんどに搭載されている LCD は電圧駆動の TN 液晶であり、それは 1973 年の服部セイコーによるデジタル時計への搭載が最初となっている。1976 年以降、シャープは信頼性向上を目的として電卓用 LCD を DSM 液晶から TN 液晶に変更している。電卓、デジタル時計のイノベーションシステムにおいて、電子ディスプレイの中では突出した低消費電力という特徴を活かして電卓の電池駆動が可能となり、電卓が「電子式卓上計算機」という正式名前の枠を越えて卓上から携帯可能な機器へと進化した。高信頼性の「パッシブ駆動型セグメント方式白黒 TN 液晶 LCD」がドミナントテクノロジーとなり、現在も続く電卓のドミナントデザインが誕生した。この TN 液晶 LCD 搭載の電卓が誕生した 1976 年は、LCD①の「技術の多様度指数が減少」している期間に該当する。

次に LCD 産業において立ち上がったイノベーションシステムはノートコンピュータである。ノートコンピュータ用 LCD は電卓・デジタル時計用 LCD がセグメント型表示であったのに対して、表示可能な情報の大容量化に伴いドットマトリクス型表示へ移行したのが特徴である。1987年にはラップトップコンピュータ用白黒ディスプレイとしてパッシブ駆動方式の STN 液晶が搭載され、1989年にはノートコンピュータに搭載されて新しいイノベーションシステムが誕生した。1990年にはカラーフィルタの採用でカラー表示が可能となった。パッシブ駆動 LCD メーカーは自らが創ったとも言えるノートコンピュータのイノベーションシステムでの主役であり続けることを期待したが、そこには強力なライバルが存在した。その当時、「パッシブ駆動型カラーSTN 液晶 LCD」、「アクティブ駆動型カラーTN 液晶 MIM-LCD」、「アクティブ駆動型カラーTN 液晶 a-Si TFT LCD」がそれぞれの特徴を武器にしてノートコンピュータのイノベーションシステムにおける主役の座を巡ってしのぎを削っていた。1991年には一番高品位な表示性能を特徴とする a-Si TFT LCD 搭載のノートコンピュータが登場し、パッシブ駆動方式の STN 液晶はアクティブ駆動の MIM-LCD と共にノートコンピュータのイノベーションシステムから消滅した。この a-Si TFT-LCD 搭載のノートコンピュータがドミナントデザインとなり現在に至っている。この 1991 年は、LCD③の「技術の多様度指数が減少」している期間に該当する。

続いて LCD 産業において立ち上がったイノベーションシステムは携帯電話・スマートフォンである。携帯電話は 1987 年に NTT よりサービスが開始されたが、初期の携帯電話に搭載された LCD は電話番号などの英数字を数行表示するだけで十分であった。1999 年の NTT ドコモによる i モードサービスの開始により、LCD に要求される表示容量が一気に拡大した。2000年にはカメラ付き携帯電話の登場により LCD のカラー化が一気に進んだが、ここまでの LCD はノートコンピュータのイノベーションシステムでは既に姿を消していた「パッシブ駆動型ドットマトリクス方式白黒 STN 液晶 LCD」が主流であった。カメラの高性能化と通信方式の第 3 世代への移行と共に LCD に要求される表示容量と表示品位が更に向上し、2001年には東芝による「アクティブ駆動型ドットマトリクス方式カラー-LTPS TFT-LCD」を搭載した携帯電話が登場した。これが携帯電話のドミナントデザインとなり、現在におけるスマートフォンに搭載される電子ディスプレイとして LTPS TFT をアクティブ素子に用いた LCD と OLED が使われている。この 2001 年は LCD④と LCD⑤の境界に位置し、「技術の多様度指数が増加から減少へ変化」した時期に該当する。

また、携帯電話・スマートフォン産業とはほぼ同時期にデジタルテレビ受像機のイノベーションシステムが創出されている。日本では2000年にBSデジタルテレビ放送、2003年に地上デジタルテレビ放送が開始され、テレビのデジタル化とハイビジョン化が始まった。LCD搭載のデジタルテレビ受像機としては2000年にシャープから対角28インチ型ハイビジョン対応LCDテレビ受像機によって最初の市場投入が行われた。その当時のLCDテレビ受像機に搭載されていたのは「TN液晶a-Si TFT-LCD」であり、技術的にはノートコンピュータ用LCDの画面サイズを拡大したものに過ぎなかった。TN液晶LCDはノートコンピュータのように他に競合する電子ディスプレイが存在しない「情報ディスプレイ」としては必要十分な表示性能であった。一方、テレビ受像機においてはPDPテレビ受像機との熾烈な競争の中、置き換えを目指したCRTテレビ受像機と同等以上の表示性能が市場から要求された。しかしながら、TN液晶は「映像ディスプレイ」としては市場に受け入れられるレベルには程遠く、「LCDテレビ受像機は画質が悪い」という評価に甘んじていた。2001年には高コントラストで広視野角表示特性を実現する「VA液晶a-Si TFT-LCD」が搭載されたLCDテレビ受像機がシャープから登場した。これがデジタルテレビ受像機のパナソニックデザインとなり、TN液晶はデジタルテレビ受像機のイノベーションシステムから消滅した。この2001年は、期間LCD④と期間LCD⑤の境界に位置し、「技術の多様性指数が増加から減少へ変化」した時期に該当する。

図5-10にLCD産業における累積特許出願件数と技術の多様性指数、生産金額の推移をまとめる。LCD産業における代表的な4種類のイノベーションシステムである「電子式卓上計算機、デジタル時計」、「ノートコンピュータ」、「デジタルテレビ受像機」、「フィーチャーフォン、スマートフォン」について、それぞれのドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。図5-10(a)に示すように、累積特許出願件数による技術のS字カーブとLCD産業における4種類のイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、図5-10(b)に示すように、イノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなるLCDを搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した時には、技術の多様性指数は減少傾向であるもしくは減少傾向に向かうことを確認することが出来る。

技術の多様性指数が減少傾向である期間LCD①、③、⑤の前には、期間LCD①を除いて技術の多様性指数が増加傾向である期間LCD②、④が確認出来る。今回の特許文献情報分析に用いた整理標準化データは、経済産業省所管の独立行政法人である工業所有権情報・研

修館が、日本国特許庁への特許出願等に基づいて作成される産業財産権情報として提供しているものであるが、1964年以降の情報しか提供していないため、期間LCD①より前における技術の多様度指数の変動については予測が困難である。少なくとも期間LCD②と③、④と⑤の組合せでイノベーションシステムの誕生との関係を考察すると、イノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認出来る。

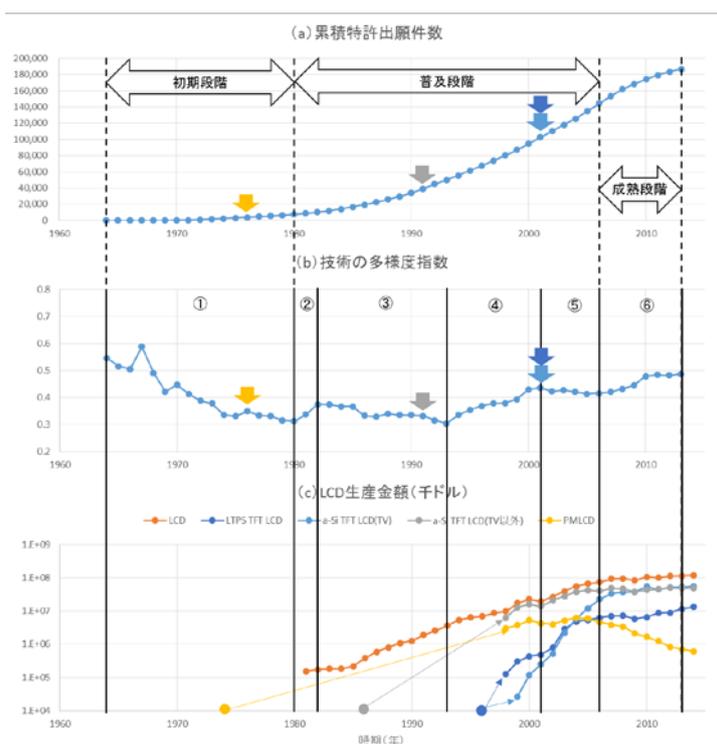


図 5-10 LCD 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産金額の推移

期間LCD⑥において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間LCD⑥が始まった2006年から10年余り経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Fosterが示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

## 5. 4. CRT 産業における特許文献情報分析

### 5. 4. 1. 累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析

LCD 産業と同様に CRT 産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・ 検索対象：日本特許
  - ・ 公報データ（電子化以降）1993年1月～2013年12月31日
  - ・ 整理標準化データ（JPO作成）1964年1月～2013年12月31日
- ・ 検索期間：1964年1月～2013年12月31日
- ・ 特許分類（IPC）：H01J 29/00（陰極線管の細部）
  - +H01J 31/00（陰極線管）
  - +G09G 1/00（陰極線管制御装置）

抽出した 50,027 件の CRT 産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析を行う。図 5-11 に CRT 産業関連特許の出願件数推移を示す。

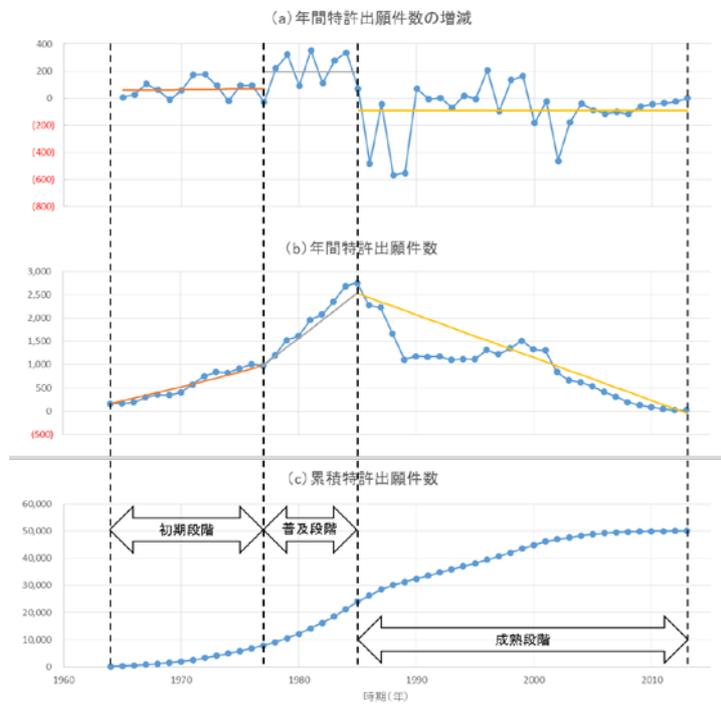


図 5-11 CRT 産業関連特許の出願件数推移

図 5-11 (a) において、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がプラスでかつ、増減数の傾向が増加に転じた時期を初期段階から普及段階への移行と判断した。また、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がマイナスに転じた時期を普及段階から成熟段階と判断した。分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字カーブにおける 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階：1964 年から 1977 年
- ・ 普及段階：1977 年から 1985 年
- ・ 成熟段階：1985 年から 2013 年

図 5-6 に示す LCD 産業と比較して、CRT 産業の技術の S 字カーブは早い段階で立ち上がっており、技術として先行していたことが反映されている。また、普及段階での傾きが大きく短期間で終わっていることは、LCD の用途が多岐にわたったのに対して CRT はテレビ受像機用とコンピュータモニタ用に用途が限定されていることが理由の一つであると考えられる。

次に、図 5-12 に CRT 産業における、累積特許出願件数と生産台数の推移を示す。図 5-12 (b) の「生産台数」については、CRT 産業全体の推移と共に、以下に示す CRT 産業を構成する 2 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産台数推移も図示している。

- ・ CRT 産業全体：CRT
- ・ テレビ受像機用 CRT：テレビ管
- ・ コンピュータモニタ用 CRT：モニタ管

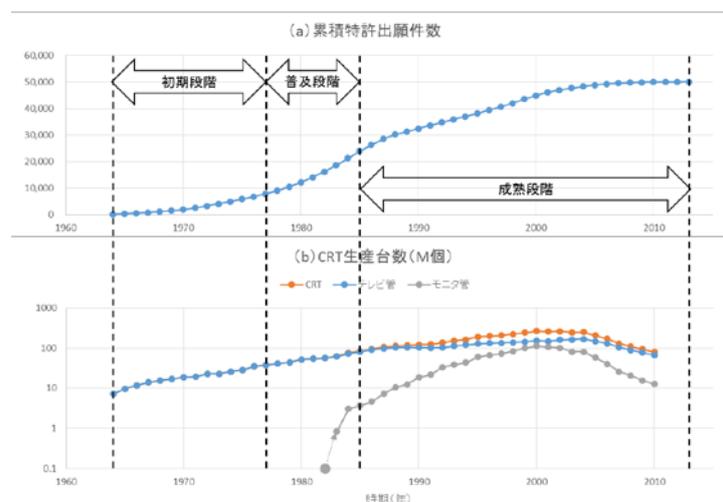


図 5-12 CRT 産業における累積特許出願件数と生産台数の推移

CRT はテレビとコンピュータの技術発展と共に、その黎明期から人間とのインターフェイスとして進化したため、CRT のイノベーションシステムの誕生時期は LCD と比較して特定が非常に困難である。テレビ受像機用 CRT は 1926 年に Dieckmann と高柳が CRT を利用した電子式テレビ受像機を開発したが、まだ実験レベルでイノベーションシステムと言える状態ではなかった。テレビ受像機用 CRT のイノベーションシステムの誕生時期については、米国で NTSC 方式の白黒テレビ放送が開始された 1941 年と考えられる。また、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムの誕生時期については、そのイノベーションシステムにおいて必要不可欠な要素の一つであるグラフィック機能を有するかどうかで判断した。1973 年にゼロックスがコンピュータ Alto を発表し、CRT でビットマップ表示による GUI (Graphical User Interface) を実現したが、市販には至らなかった。そこで、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムが誕生した時期については、ソニーが 16 色グラフィック機能を有するコンピュータ専用の 13 型トリニオンモニタを搭載したビジネス用コンピュータ SMC-70 を発売した 1982 年と判断した。以上により、図 5-12 (b) の縦軸における「0.1M 個」の水平方向に、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。(尚、テレビ受像機用 CRT についてはイノベーションシステムの誕生時期が特許分析対象期間より大幅に遡るため、図示を割愛した。)

図 5-12 (b) に示す CRT 産業全体の生産台数推移では初期段階の 1964 年から成熟段階の 2000 年まで指数関数的に増加している。これは、LCD 産業において確認された「普及段階には急速に生産金額が増加、成熟段階になると生産金額の伸びが鈍化」という傾向とは異なっている。よって、CRT 産業では図 5-12 (a) に示す累積特許出願件数による技術の S 字カーブと (b) に示す CRT 産業全体の生産台数推移との関連は確認出来ない。LCD 産業とは異なり、CRT 産業では先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いて産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断することは困難である。

更に、図 5-12 (b) に示すモニタ管の生産台数推移では普及段階の後半から立ち上がり、成熟段階の 2000 年まで指数関数的に増加していることが確認出来る。よって、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムについて、その存在を累積特許出願件数の推移から判断することは非常に困難である。特許文献情報分析を用いてイノベーションシステムの創出につながる技術領域の変化を分析するには、「特許出願件数」だけでは不十分と考えられる。

#### 5. 4. 2. 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

CRT 産業において、技術領域の変化を分析するには高高度の視点からの「特許出願件数」だけでは不十分であることを確認した。そこで、従来の特許出願件数推移による「技術の S 字カーブ」分析に、技術領域との密接な関係が期待出来る「技術の多様性」分析を組み合わせることにより技術領域の変化を判断し、適切な高度の視点からの産業ライフサイクル予測を行う手法について検証を行った。「特許の多様性」の分析手法は LCD 産業と同様に特許の技術分類コードとしては F ターム・テーマコードを用いて按分集計を行い、テーマコードの上位分類である「グループ」の単位で分析した。また、特許の多様性の定量化については、按分集計した結果からハーフィンダル指数 (HHI) を計算し、集中度を表すハーフィンダル指数を 1 から引いて得られる指標を、産業の技術領域における「技術の多様度指数」と定義し導入した。

図 5-13 に CRT 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。図 5-13 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から④の期間に分割することが可能である。

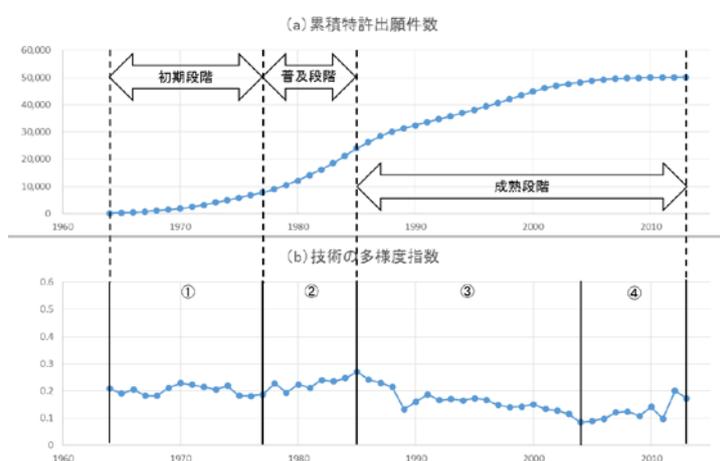


図 5-13 CRT 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移

ここで、技術の多様度指数の変化で分割した CRT①から④の期間と、CRT 産業における 2 種類のイノベーションシステムとの関係について考察を行う。CRT 産業において最初に立ち上がったイノベーションシステムは「テレビ受像機」である。表 2-1 に示す CRT 開発略歴によると、テレビ受像機用 CRT は 1926 年の Dieckmann と高柳によるテレビ送受信実験の成功からその歴史は始まり、1941 年の NTSC 方式白黒テレビ放送開始によりイノベーションシステムとして機能した。以降、デジタルテレビ放送が始まるまでは当時のテレビ

受像機はドミナントデザインとして、その基本構造は変わることなく守り続けられた。1941年以降においてもテレビ受像機用 CRT の性能改善は続けられ、1950年にはカラー化が行われた。このような性能改善は1972年のインライン電子銃を組合せたセルフコンバーゼンス偏向ヨークの導入まで続いたが、その間もテレビ受像機と同様に CRT としての基本構造は変わることなく守り続けられたことから、テレビ受像機用 CRT としてドミナントテクノロジーが誕生したのは1941年と考えることが妥当である。この1941年は期間 CRT①より前の期間に該当するため、技術の多様度指数の増減傾向について判断することは出来ない。

次に CRT 産業において立ち上がったイノベーションシステムは「コンピュータモニタ」である。表 2-1 に記載の通り、1972年には CRT はテレビ受像機用としてほぼ完成形に到達した。同年の1972年に開発されたコンピュータモニタ用 CRT は全くの新規技術によるものではなく、シャドウマスクピッチの高精細化と電子線スポット径の縮小、コンバーゼンス精度の向上といった、テレビ受像機用 CRT で既に導入されている各種技術の更なる改善によるものであった。これはテレビ受像機用 CRT の高精細化という正常進化であり、この技術開発がハイビジョン対応高精細 CRT へと続くことになる。よって、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムが誕生した時期については、テレビ受像機用 CRT にはない新たな機能が追加された、16色グラフィック機能を有するコンピュータ専用の13型トリニオンモニタ搭載コンピュータが登場した1982年と判断したのは前述の通りである。しかしながら、当時のコンピュータモニタ用 CRT は特定のコンピュータに対する専用設計となっており、そのコンピュータとの組合せに限定しなければ電子ディスプレイとして機能しないものであった。つまり、コンピュータモニタのドミナントデザインはまだ生まれておらず、専用品としてコンピュータメーカーが独占していた。LCDのコンピュータモニタに置き換わるまで幅広く使われてきたコンピュータモニタ用 CRT のドミナントデザインが誕生するのは、1995年の Microsoft 社による Windows95 の市場投入によるものであった。このオペレーションシステムの導入により、コンピュータとコンピュータモニタの組合せは自由なものとなった。コンピュータモニタのオープン化がドミナントテクノロジーとなり、汎用品としてコンピュータから独立して市場を形成し、専業メーカーが誕生するまでに至った。この1995年は、CRT③の「技術の多様度指数が減少」している期間に該当する。

図 5-14 に CRT 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産台数の推移をまとめる。CRT 産業における「コンピュータモニタ」というイノベーションシステムについてドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。図 5-14 (a) に示すように、累積特許出願件数による技術の S 字カーブとコンピュータモニタのイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、図 5-14 (b) に示すように、コンピュータモニタのイノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなる CRT を搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した 1991 年は、技術の多様度指数は減少傾向であることを確認することが出来る。

また、技術の多様度指数が減少傾向である期間 CRT③の前には、技術の多様度指数が増加傾向である期間 CRT②が確認出来る。ここからも、LCD 産業と同様にイノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認出来る。

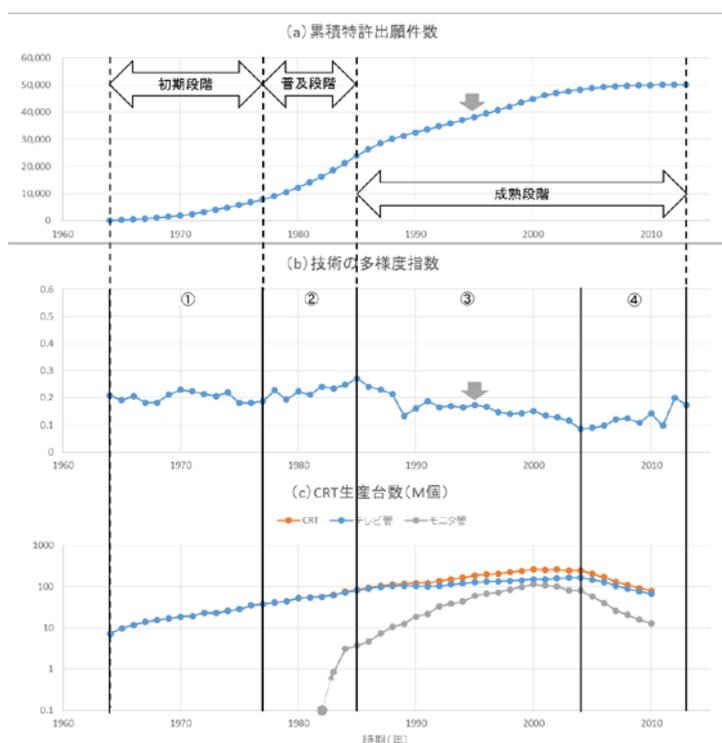


図 5-14 CRT 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産金額の推移

期間 CRT④において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間

CRT④が始まった2004年から10年余り経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、LCD産業と同様に累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Fosterが示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

## 5. 5. PDP産業における特許文献情報分析

### 5. 5. 1. 累積特許出願件数による技術のS字カーブ分析

LCD産業、CRT産業と同様にPDP産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・ 検索対象：日本特許
  - ・ 公報データ（電子化以降）1993年1月～2013年12月31日
  - ・ 整理標準化データ（JPO作成）1964年1月～2013年12月31日
- ・ 検索期間：1964年1月～2013年12月31日
- ・ 特許分類（IPC）：H01J 11/00（AC-PDP）
  - +H01J 17/49（DC-PDP）
  - +H04N 56/61 01（PDPテレビ受像機）
  - +G09G 3/28（PDP表示装置）
  - +G09F 9/313（PDP表示装置）

抽出した17,549件のPDP産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術のS字カーブ分析を行う。図5-15にPDP産業関連特許の出願件数推移を示す。

図5-15(a)において、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がプラスでかつ、増減数の傾向が増加に転じた時期を初期段階から普及段階への移行と判断した。また、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がマイナスに転じた時期を普及段階から成熟段階と判断した。尚、PDP産業においてはLCD産業とPDP産業では見られなかった普及段階の前に前年度に対する年間特許出願件数の増減数がほぼゼロである期間が存在するが、その期間は年間特許出願件数が約1000件という高い数値で安定していることから今回の分析では普及段階であると判断した。

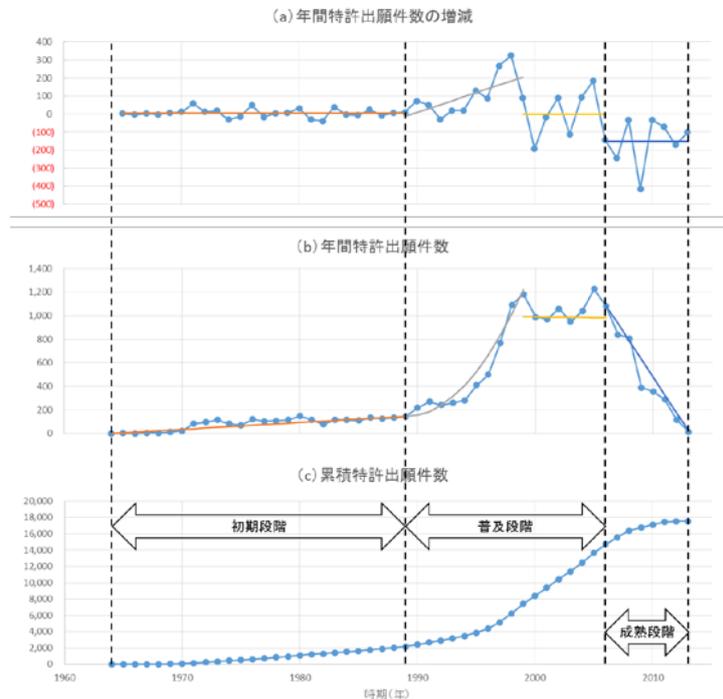


図 5-15 PDP 産業関連特許の出願件数推移

分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字カーブにおける 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階：1964 年から 1989 年
- ・ 普及段階：1989 年から 2006 年
- ・ 成熟段階：2006 年から 2013 年

図 5-6 に示す LCD 産業と比較して、PDP 産業の技術の S 字カーブは少し遅れた時期に立ち上がっているものの重なる期間が多く、同一のイノベーションシステムにおいて PDP は LCD と競合していた可能性がある。また、成熟段階の開始時期が LCD と同じであり、PDP はテレビ受像機用として LCD と共に成熟期に入ったという可能性も考えられる。

次に、図 5-16 に PDP 産業における、累積特許出願件数と生産金額の推移を示す。図 5-16 (b) の「生産金額」については、以下に示す PDP 産業を構成する 2 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産金額推移を図示している。但し、分析対象期間に対してそれぞれのイノベーションの独立した生産金額データしか入手出来なかったため、それぞれの生産金額データに重なる期間が無く、データの無い期間が存在することから LCD 産業と CRT 産業で図示したような PDP 産業全体の生産金額推移については集計を行っていない。

- ・産業機器、デスクトップコンピュータモニタ用モノトーン PDP：モノトーン PDP
- ・テレビ受像機、デジタルサイネージ用カラーPDP：カラーPDP

また、縦軸における「1千ドル」の水平方向に、2種類のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。イノベーションシステムが誕生した時期については、以下の事象により特定した。

- ・産業機器、デスクトップコンピュータモニタ用モノトーン PDP  
：バローズ社がドットマトリクス方式で数字や文字表示を含む図形表示を実現する「セルフスキャン方式 DC 型 PDP」を開発した 1969 年。
- ・テレビ受像機、デジタルサイネージ用カラー PDP  
：富士通が証券取引所向けに「21 型 VGA フルカラー AC 型 PDP」を発売した 1992 年。

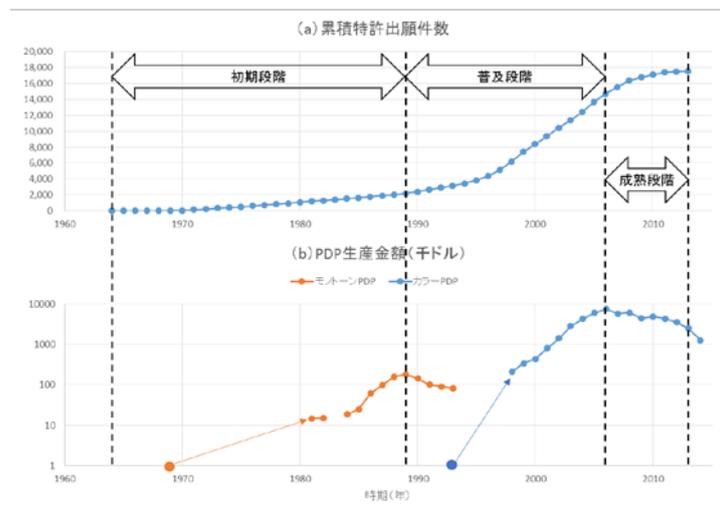


図 5-16 PDP 産業における累積特許出願件数と生産金額の推移

PDP 産業では「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」と「テレビ受像機、デジタルサイネージ」という 2 種類のイノベーションシステムが存在している。「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」のイノベーションシステムはパッシブ駆動型ドットマトリクス方式白黒 LCD、また「テレビ受像機、デジタルサイネージ」はアクティブ駆動ドットマトリクス方式カラー a-Si TFT-LCD との競争に敗れて終焉を迎えている。カラー PDP については、図 5-16 (a) の累積特許出願件数による技術の S 字カーブにおける普及段階に図 5-16 (b) に示すカラー PDP の生産金額は指数関数的に増加し、技術の S 字カーブにおける成熟段階には生産金額は激減していることが確認出来る。これは、LCD 産業において確認された「普及段階には急速に生産金額が増加、成熟段階になると生産金額の伸び

が鈍化」という傾向と似ている。しかしながら、モノトーン PDP については技術の S 字カーブにおける普及段階であるにもかかわらず、生産金額は 1989 年をピークに前年比減少に転じている。よって、モノトーン PDP のイノベーションシステムについて、その存在を累積特許出願件数の推移から判断することは非常に困難である。LCD、CRT 産業と同様に、PDP 産業では先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いて産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断することは困難である。特許文献情報分析を用いてイノベーションシステムの創出につながる技術領域の変化を分析するには、「特許出願件数」だけでは不十分である。

#### 5. 5. 2. 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

PDP 産業において、技術領域の変化を分析するには高高度の視点からの「特許出願件数」だけでは不十分であることを確認した。そこで、従来の特許出願件数推移による「技術の S 字カーブ」分析に、技術領域との密接な関係が期待出来る「技術の多様性」分析を組み合わせることにより技術領域の変化を判断し、適切な高度の視点からの産業ライフサイクル予測を行う手法について検証を行った。「特許の多様性」の分析手法は LCD 産業、CRT 産業と同様に特許の技術分類コードとしては F ターム・テーマコードを用いて按分集計を行い、テーマコードの上位分類である「グループ」の単位で分析した。図 5-17 に PDP 産業関連特許の技術分類についての概念図を示す。

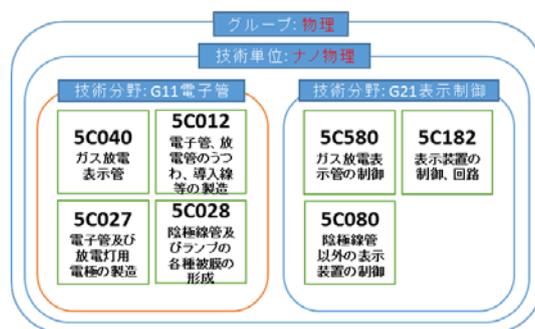


図 5-17 PDP 産業関連特許の技術分類

また、特許の多様性の定量化については、按分集計した結果からハーフィンダル指数 ( $HHI$ ) を計算し、集中度を表すハーフィンダル指数を 1 から引いて得られる指標を、産業の技術領域における「技術の多様度指数」と定義し導入した。図 5-18 に CRT 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。

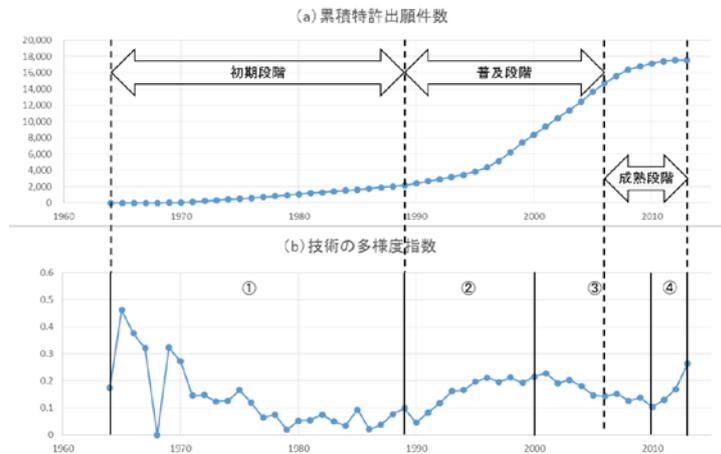


図 5-18 PDP 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移

図 5-18 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から④の期間に分割することが可能である。ここで、技術の多様度指数の変化で分割した PDP①から④の期間と、PDP 産業における 2 種類のイノベーションシステムとの関係について考察を行う。PDP 産業において最初に立ち上がったイノベーションシステムは「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」であり、1969 年のバローズ社によるドットマトリクス方式モノトーン DC 型 PDP の開発から始まった。日本では 1972 年から 1976 年にかけて DC 型 PDP の実用化が行われて、1984 年にはコンピュータモニタとして 640×400 ドットのネオンオレンジ色 DC 型 PDP の発売まで至った。以降、5 年間で年間生産金額が 1 桁成長するまでイノベーションシステムは拡大するが、1989 年からは低消費電力を特徴とするパッシブ駆動型ドットマトリクス方式白黒 LCD との競争に敗れてマイナス成長に転じ、1990 年代には姿を消すことになった。「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」のイノベーションシステムにおいて、モノトーン DC 型 PDP でもパッシブ駆動型白黒 LCD ではなく、「ノートコンピュータ」と同様にアクティブ駆動型カラー a-Si TFT-LCD がドミナントテクノロジーとなってドミナントデザインを創出し、現在に至っている。よって、PDP 産業としての「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」のイノベーションシステムにおけるドミナントデザインは存在していないが、日本では 1972 年から 1976 年にかけて DC 型 PDP の実用化以降、技術的にはほぼ変わらずに表示容量の拡大が行われたので、1972 年頃にドミナントテクノロジーが成立したと判断出来る。この 1972 年は、PDP①の「技術の多様度指数が減少」している期間に該当する。

次に PDP 産業において立ち上がったイノベーションシステムは「テレビ受像機、デジ

タルサイネージ」であり、それは1992年の富士通による証券取引所向け「21型VGAフルカラーAC型PDP」の発売から始まった。1997年にはパイオニアによるハイビジョン対応AC方式カラーPDPを搭載したテレビ受像機が発売された。しかしながら、当時のAC方式カラーPDPはストライプ隔壁が必要であり高精細化に課題を残していた。2006年にはハイビジョン放送フル規格に対応した高精細AC方式カラーPDP搭載のテレビ受像機が発売され、これがドミナントデザインとなってLCDテレビ受像機との戦いに敗れるまで続いた。この2006年は、PDP③の「技術の多様度指数が減少」している期間に該当する。

図5-19にPDP産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産台数の推移をまとめる。PDP産業における2種類のイノベーションシステムについてドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。図5-19(a)に示すように、累積特許出願件数による技術のS字カーブと2種類のイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、図5-19(b)に示すように、2種類のイノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなるPDPを搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した時期は、技術の多様度指数は減少傾向であることを確認することが出来る。

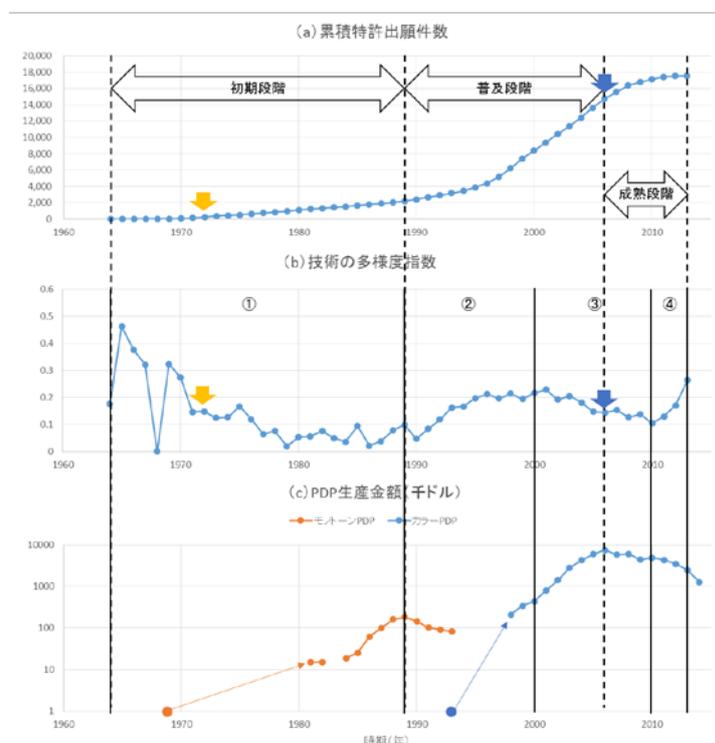


図 5-19 PDP 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産金額の推移

技術の多様度指数が減少傾向である期間 PDP③の前には、技術の多様度指数が増加傾向である期間 PDP②が確認出来る。ここからも、LCD 産業、CRT 産業と同様にイノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認出来る。

期間 PDP④において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間 PDP④が始まった 2010 年から 7 年経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、前述の LCD 産業、CRT 産業と同様に累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Foster が示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

#### 5. 6. 電子ディスプレイ産業における「技術の多様性」の詳細分析

電子ディスプレイ業界の LCD 産業、PDP 産業、CRT 産業においてイノベーションシステムの誕生には「技術の多様度指数の増減」のシグナルが事前に確認出来る可能性を確認した。しかしながら、例えば「LCD 産業における、テレビ受像機用カラーディスプレイ」と「PDP 産業における、テレビ受像機、デジタルサイネージ用カラーPDP」は大型デジタルテレビ受像機向けに時期を重なるようにイノベーションシステムが立ち上がり、一つの市場で同じ顧客層に対して熾烈な競争を行った結果、現在においても拡大を継続するカラー LCD に対してカラーPDP のイノベーションシステムは小規模かつ短命に終わった。このような同時期に発生したイノベーションシステムにおいて、技術の多様度指数とイノベーションシステムの規模や寿命との相関について分析を行う。

##### 5. 6. 1. テレビ規格の歴史

まずは電子ディスプレイ業界に大きな影響を与えたテレビ放送規格の歴史について第 4 章第 2 節をもとにデジタル化と高精細化の視点で整理する（吉野 2004；山野 2013）。

- ・ 1940 年 NTSC (National Television System Committee) 発足 (アメリカ)
- ・ 1941 年 白黒テレビ放送開始 (アメリカ)
- ・ 1953 年 NHK による白黒テレビ本放送開始 (日本)
- ・ 1953 年 白黒テレビ放送上位互換の NTSC 方式カラーテレビ放送規格成立

- ・ 1954 年 NTSC 方式のカラーテレビ放送開始（アメリカ）
- ・ 1960 年 NTSC 方式のカラーテレビ本放送開始（日本）
- ・ 1967 年 PAL（Phase Alternating by Line）方式カラーテレビ放送開始（ドイツ）
- ・ 1967 年 SECAM（Séquentiel Couleur à Mémoire）方式カラーテレビ放送開始（フランス）
- ・ 1984 年（高精細化）NHK 技研が MUSE（Multiple Sub-Nyquist-Sampling Encoding system）方式のアナログハイビジョン開発を発表（日本）
- ・ 1991 年（高精細化）MUSE 方式 BS アナログハイビジョン試験放送開始（日本）
- ・ 1994 年（デジタル化）デジタル衛星放送開始（アメリカ）
- ・ 1994 年（高精細化）BS アナログハイビジョン実用化試験放送開始（日本）
- ・ 2000 年（デジタル・高精細化）BS デジタルハイビジョン放送開始（日本）
- ・ 2003 年（デジタル・高精細化）地上デジタルハイビジョン放送開始（日本）
- ・ 2007 年（高精細化）BS アナログハイビジョン放送終了（日本）
- ・ 2011 年 地上アナログ放送終了（日本）

特許文献情報の分析対象期間において、1984 年に NHK 独自規格である MUSE 方式のアナログハイビジョン規格を発表するまでは、アナログ放送における NTSC と PAL、SECAM の三大放送規格が主流であった。1991 年には衛星放送で MUSE 方式アナログハイビジョンの試験放送が始まったが、2007 年の BS アナログハイビジョン放送終了までの短命に終わった。代わって、1994 年にアメリカで始まったデジタル放送の高精細化により 2000 年には日本で BS デジタルハイビジョン放送が開始された。以降、地上波によるデジタルハイビジョン放送が始まり、全世界における放送規格の主流となり現在に至っている。ここで、アナログ放送とアナログハイビジョン放送におけるテレビ受像機の主役は CRT であり、デジタルハイビジョン放送におけるテレビ受像機の主役の座を巡って LCD と PDP が熾烈な競争を行った。

#### 5. 6. 2. LCD 産業と PDP 産業における技術の多様度指数の比較

図 5-20 に LCD 産業と PDP 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数の比較を示す。累積特許出願件数において、LCD 産業と PDP 産業共に S 字を描いていることは確認出来るが、PDP 産業の累積出願件数は LCD 産業に比べると 1 桁小さい件数に留まっている。また、大型デジタルテレビ受像機のイノベーションシステムに対応する「技術の多

「多様性指数の増加」が始まる時期は PDP が 1989 年、LCD が 1993 年でありほぼ同時期から増加が始まったことは確認出来るが、分析した全期間において PDP 産業の技術の多様性指数の数値は LCD 産業に比べて低い数値を示している。よって、同時期に同一市場を目指した複数のイノベーションシステムが立ち上がった場合、「累積特許出願件数」と「技術の多様性指数」の数値が高いイノベーションシステムが生き残る、という可能性も考えられる。

しかしながら、累積特許出願件数と技術の多様性指数の数値における大小が生まれる背景を明らかにしなければ、その可能性の真偽について判断することは困難である。そこで、LCD 産業と PDP 産業の技術領域における累積特許出願件数と技術の多様性指数について、分析の対象とする特許母集団の抽出をより詳細な分類であるテーマコードごとに細分化した上で、同様の特許文献情報による多様性分析を行った。

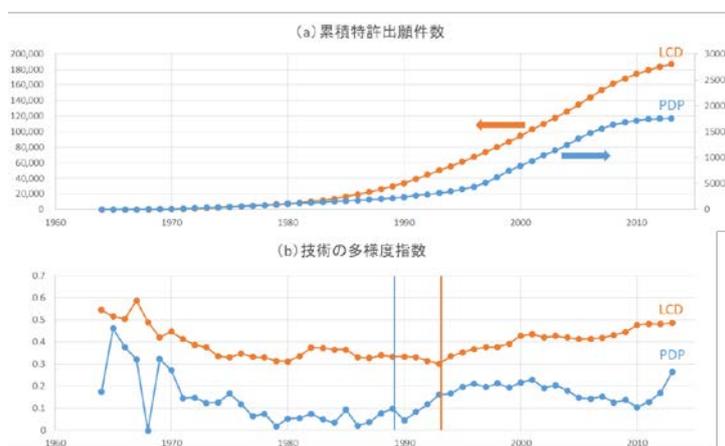


図 5-20 LCD 産業と PDP 産業における累積特許出願件数と技術の多様性指数の比較

### 5. 6. 3. PDP 産業における技術の多様性指数の詳細分析

図 5-21 に PDP 産業における年間特許出願件数と技術の多様性指数の推移を示す。ここで、LCD 産業関連特許と比較して PDP 産業関連特許は 1 桁小さい規模の件数しか出願されていないため、技術の多様性分析をテーマコードごとに行うにはそれぞれの母数が不足する。よって、PDP 産業関連特許全体に対して、パネル構造、製造方法、駆動・制御の 3 種類の技術分野にテーマコードの振り分けを行い、技術分野ごとに多様性分析を行った。細分化分析に用いた PDP 産業に対応するテーマコードの振り分けは以下の通りである。

- ・ パネル構造（製造方法の一部を含む）（累積出願件数 17,549 件）
  - 【5C040】 ガス放電表示管
- ・ 製造方法（累積出願件数 5382 件）

- 【5C027】 電子管及び放電灯用電極の製造
- 【5C012】 電子管、放電灯のうつつわ、導入線等の製造
- 【5C028】 陰極線管及びランプの各種被膜の形成
- ・ 駆動・制御（累積出願件数 6555 件）
  - 【5C580】 ガス放電表示管の制御
  - 【5C080】 陰極線管以外の表示装置の制御
  - 【5C082】 表示装置の制御、回路

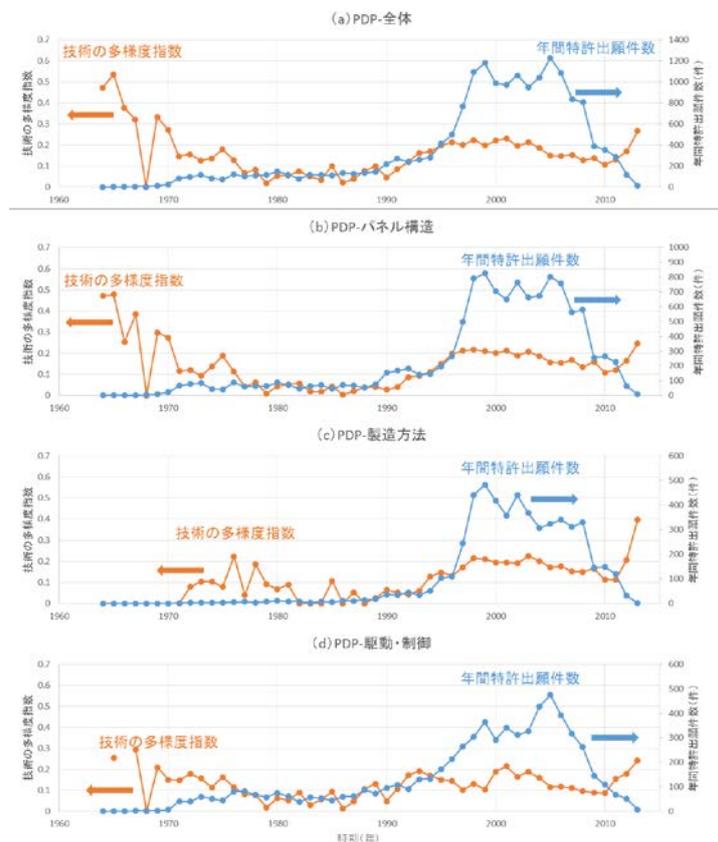


図 5-21 PDP 産業における年間特許出願件数と技術の多様度指数の推移

技術の多様度指数は図 5-21 (b) (c) (d) に示すいずれの細分化分類においても図 5-21 (a) に示す PDP 全体の傾向と同じであり、1990 年前後において年間特許出願件数の増加と共に技術の多様度指数は増加を開始し、多様度指数の数値はいずれも大きな差はないことが確認出来る。これは、1991 年の MUSE 方式 BS アナログハイビジョン試験放送開始頃から大型高精細テレビ受像機のイノベーションシステム創出を目指して開発が活発になったのが背景と考えられる。また、2010 年以降に年間特許出願件数は減少傾向に対して、技

術の多様度指数は増加傾向を示している。これは、PDP 産業としては技術の S 字カーブにおける衰退期において、従来の PDP 産業が形成したイノベーションシステムとは異なる、プラズマチューブアレイなどの新たなイノベーションシステムの創出に向けて、PDP 産業の特許が電子管の一般技術として転用されたことが要因であると推察する。

#### 5. 6. 4. CRT 産業における技術の多様度指数の詳細分析

PDP 産業と比較するために、CRT についてもテーマコードごとに細分化した技術の多様度分析を行った。図 5-22 に CRT 産業における年間特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。PDP 産業と同様に CRT 産業も LCD 産業と比較して特許出願件数が少なく、技術の多様性分析をテーマコードごとに行うにはそれぞれの母数が不足する。よって、CRT 産業関連特許全体に対して、PDP 産業と同様にパネル構造、製造方法、駆動・制御の 3 種類の技術分野にテーマコードの振り分けを行い、技術分野ごとに多様性分析を行った。

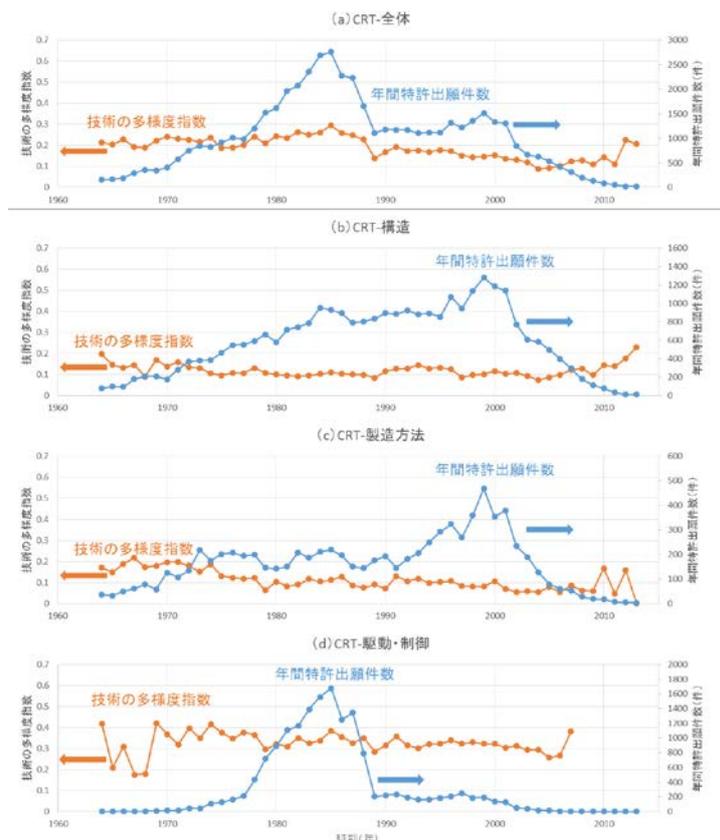


図 5-22 CRT 産業における年間特許出願件数と技術の多様度指数の推移

細分化分析に用いた CRT 産業に対応するテーマコードの振り分けは以下の通りである。尚、テーマコードに PDP 産業と CRT 産業で一部重複しているのは、どちらも F タームにおいて技術分類「ナノ物理」の中の、技術分野「G11 電子管」に属しているため、PDP と CRT に分類出来ない電子管に共通する技術の存在が原因となっている。

- ・ 構造（累積出願件数 28,940 件）
  - 【5C031】 陰極線管用電極
  - 【5C032】 陰極線管用うつわ、導入線、付属装置
  - 【5C036】 各種表示用陰極線管と蛍光面
  - 【5C041】 陰極線管の電子銃
  - 【5C042】 陰極線管のビーム制御と偏向ヨーク等の支持
- ・ 製造方法（累積出願件数 8,048 件）
  - 【5C027】 電子管及び放電灯用電極の製造
  - 【5C012】 電子管、放電灯のうつわ、導入線等の製造
  - 【5C028】 陰極線管及びランプの各種被膜の形成
- ・ 駆動方法・駆動回路・表示制御（累積出願件数 15,676 件）
  - 【5C081】 陰極線管表示装置の制御
  - 【5C082】 表示装置の制御、回路

PDP 産業とは異なり、図 5-22 (d) に示す「駆動・制御」における年間特許出願件数が 1985 年をピークに先に立ち上がり、図 5-22 (b) に示す「構造」と (c) に示す「製造方法」における年間特許出願件数が 1999 年をピークに後から立ち上がっているのを確認した。これは、アナログ放送における NTSC と PAL の二大放送規格が主流であった時期は既に CRT の「構造」と「製造方法」に関する技術は確立しており、開発の中心は美しい絵作りを目的とした「駆動・制御」であったことを反映していると考えられる。1999 年までの CRT 産業の「構造」と「製造方法」の年間特許出願件数の増加期については、PDP 産業の年間特許出願件数の増加期との類似性が見られる。また、「駆動・制御」の技術が確立した後で、アナログ放送で高精細化を目指した MUSE 方式 BS アナログハイビジョン試験放送を開始する 1991 年の頃から新たな「構造」、「製造方法」の大型高精細 CRT が必要となり、積極的に開発が行われたことが CRT の「構造」と「製造方法」における年間特許出願件数が 1999 年をピークに後から立ち上がっている背景と考えられる。しかしながら、2000 年頃以降は PDP 産業と比較して CRT 産業は早い時期から年間特許出願件数は減少に転じている。こ

これは、テレビ受像機黎明期に始まりアナログハイビジョンまでの CRT 産業からデジタルハイビジョン以降の PDP 産業へ、2000 年の BS デジタルハイビジョン放送開始を起点にテレビ受像機用大型ディスプレイの主役が交代したことを反映していると考えられる。

ここで、PDP 産業と比較して、CRT 産業についてはアナログハイビジョンというイノベーションシステム創出に対応する技術の多様度指数の変動を確認することが出来なかった。技術の多様度指数の変動として 1977 年から 1985 年まで増加し、1985 年から 2004 年まで減少が確認された、テレビ管とは全く異なるイノベーションシステムのモニタ管とは対照的である。これは、モニタ管は PC 利用者を最終顧客とした、テレビ管とは全く異なる新規のイノベーションシステムであるのに対して、アナログハイビジョンは従来のアナログ放送テレビ視聴者の一部を最終顧客としているため、従来のイノベーションシステムにおける持続的な技術の深耕であり、新規のイノベーションシステム創出ではなかったことを示唆していると考えられる。また、PDP 産業と同様に、2004 年以降に年間特許出願件数は減少傾向に対して、技術の多様度指数は増加傾向を示している。これは、CRT 産業としては技術の S 字カーブにおける衰退期において、従来の CRT 産業が形成したイノベーションシステムとは異なる、FED や高感度イメージ管などの新たなイノベーションシステムの創出に向けて、CRT 産業の特許が電子管の一般技術として転用されたことが要因であると推察する。

#### 5. 6. 5. LCD 産業における技術の多様度指数の詳細分析

テレビ受像機において CRT 産業は PDP 産業と同じテレビ放送視聴者をメインの顧客としていたが、アナログ放送とデジタル放送で明確に時期が異なっている。また、CRT はアナログ放送の単なる受像機であったが、デジタル化は放送だけでなく通信も含めた映像配信におけるインターフェイスであり、それらは異なるイノベーションシステムと考えるのが妥当である。そこで、映像配信のイノベーションシステムにおいて、同時期に PDP 産業と覇権を争った LCD 産業についてテーマコードごとに細分化した技術の多様度分析を行った。図 5-23 に LCD 産業における年間特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。細分化分析に用いた CRT 産業に対応するテーマコードの振り分けは以下の通りである。尚、F タームの見直しにおいて細分化されたテーマコードが存在する場合は、細分化後の特許出願件数が少数であり分析対象として母数が不足するため、細分化以前の分類にまとめて分析を行った。また、F タームにおける技術単位「液晶素子」の中の、技術分野「液晶」に分

類されていないが、LCD 産業の技術領域に大きく関わっているテーマコード「【2K011】液晶材料」についても分析対象とした。

- ・応用、原理（累積出願件数 40,758 件）  
【2H088】液晶 1（応用、原理）
- ・構造一般、スペーサ、注入口及びシール材（累積出願件数 32,388 件）  
【2H189】液晶 2（構造一般、スペーサ、注入口及びシール材）
- ・基板及び絶縁膜、配向材料（累積出願件数 24,692 件）  
【2H190】液晶 3-1（基板及び絶縁膜）  
【2H290】液晶 3-2（配向部材）
- ・光学部材との組合せ（累積出願件数 66,207 件）  
【2H191】液晶 4（光学部材との組み合わせ）
- ・電極、接続電極、光導電層、スイッチング素子（累積出願件数 42,791 件）  
【2H092】液晶 5-1（電極、接続電極、光導電層）  
【2H192】液晶 5-2（スイッチング素子）
- ・駆動（累積出願件数 34,521 件）  
【2H193】液晶 6（駆動）
- ・液晶材料（累積出願件数 7,562 件）  
【2K011】液晶材料

ここで、テーマコードによる細分化において、前述の PDP、CRT と比べて LCD は分類内容が大きく異なることが確認出来る。PDP、CRT は共に電磁気学を科学のベースにした電子管であり、目的の電子管の構造はどうなっているのか、それをどう製造するのか、それをどう駆動するのか、という比較的シンプルな技術分野によって技術領域が構成されている。一方、LCD は化学・光学を科学のベースにした LCD 表示技術と、量子力学を科学のベースにしたアクティブ駆動をするための半導体技術の技術分野が組み合わさって技術領域が構成されている。



図 5-23 LCD 産業における年間特許出願件数と技術の多様度指数の推移

「液晶 2」は LCD 表示技術に関する構造、「液晶 3」は LCD 表示技術で使用する材料に関するテーマコードであり、「液晶 5」は半導体技術に関するテーマコードになっている。それらの組み合わせをどの様に駆動するのが「液晶 6」である。また、LCD には外部光源やカラー表示を行うための 3 原色カラーフィルタ、光の偏向を制御する偏光板などの多くの技術分野にまたがる多種多様な光学部材が必要であり、この分野のテーマコードが「液晶 4」となっている。また、PDP や CRT の様にシンプルな原理と構造ではなく、LCD は多種の表示方法（例えば、透過型、反射型、透過反射両用型、シースルーディスプレイなど）と用途があるため、LCD をディスプレイとして機能させる基本原理と、LCD の応用に関する技術は「液晶 1」というテーマコードで分類されている。よって、LCD は PDP や CRT に比べて技術領域の多様性が高いと考えられ、それが LCD 産業関連特許分析において高い累積特許出願件数と技術の多様度指数を示す要因である可能性がある。

電子ディスプレイ産業におけるイノベーションを整理した際に、CRT から始まったテレビ受像機用電子ディスプレイにおいて CRT から PDP への移行をパラダイム持続型技術、CRT から LCD への移行をパラダイム破壊型技術と定義した。また、パッシブ駆動型 LCD から始まった非テレビ受像機用電子ディスプレイにおいて、パッシブ駆動型 LCD からアクティブ駆動型 LCD への移行を、パラダイム持続型技術の LCD 表示技術とパラダイム持続型技術であるアクティブ駆動をするための半導体技術が結合した、パラダイム結合型技術と定義した。この定義に基づき図 5-23 に示す技術の多様度指数の推移について考察を行う。図 5-23 (a) の LCD 全体では PDP と CRT に比べて分析対象期間全てにおいて高い技術の多様度指数を示しているが、細分化分析の結果、全てのテーマコードにおいて高い技術の多様度指数を示す訳ではなく、テーマコード間で差の存在が確認出来る。「液晶 1」、「液晶 4」、「液晶 5」、「液晶 6」が比較的高い数値の技術の多様度指数で推移している。一方、「液晶 2」、「液晶 3」は増減が激しい中で、低い数値としては PDP と CRT と同等レベルの 0.1 程度を示している。

「液晶 2」が構造一般、スペーサ、注入口及びシール材、「液晶 3」が基板及び絶縁膜、配向材料という LCD 表示技術の技術分野であり、パッシブ駆動 LCD からアクティブ駆動 LCD への移行におけるパラダイム持続型技術である。また、2 枚のガラス基板に挟まれた内部に関する技術であり、LCD 産業に特化した構造と材料技術については他のイノベーションシステムへの転用が困難である。これは、CRT と、CRT のパラダイム持続型技術である PDP の「構造」と「製造方法」に分類される技術との類似が多い。よって、パラダイム

持続型技術では技術を他のイノベーションへ転用するのが困難であり、技術の多様度指数の推移において低い数値を示していると考えられる。しかしながら、LCD 産業では技術の多様度指数推移において低い数値と共に大きな増減が確認出来る。これは、複数のイノベーションシステムを創出することが出来なかった PDP 産業と CRT 産業と比較して、LCD 産業においては多くのイノベーションシステムを連続して創出したことが要因の一つと考えられる。但し、「液晶 2」におけるスペーサとシール材、「液晶 3」における基板と絶縁膜など、OLED に代表される他の FPD で使用可能な技術が一部含まれているので、他のイノベーションシステムへの技術転用が行われたことの影響も否定することは出来ない。

パッシブ駆動 LCD からアクティブ駆動 LCD への移行におけるパラダイム持続型技術である「液晶 2」「液晶 3」に対して、「液晶 5」はパラダイム破壊型技術である。また、その組み合わせの原理・応用技術である「液晶 1」と駆動技術である「液晶 6」はパラダイム結合型技術と定義することが出来る。これらは技術の多様度指数推移において比較的高い数値を維持しており、LCD 全体の技術の多様度指数における高い数値の要因となっている。これは、パラダイム持続型技術と比較して、パラダイム破壊型技術とパラダイム結合型技術の方が技術領域における多様性が高いことを説明する実例となっている。よって、パラダイム持続型技術で技術領域が構成される PDP 産業と比べて、パラダイム破壊型技術とパラダイム結合型技術で技術領域が構成される LCD 産業の方が技術の多様性が高く、その多様性に適合した多種多様な企業のイノベーションシステムへの参加が電子ディスプレイ産業において LCD 産業が勝ち残った要因であることを定量的に示している。

#### 5. 6. 6. 技術の多様度指数と技術の目的・用途との関係

技術領域の多様性により技術の目的・用途の変動がなければ、異なるイノベーションシステムで別の目的・用途の技術で活動していた企業のイノベーションシステムへの参加を期待することは難しくなる。よって、技術の多様度指数推移で高い数値を示す技術領域において、技術の目的・用途が本当に変動したのかについて検証を行う。分析対象としては、パッシブ駆動 LCD からアクティブ駆動 LCD への移行におけるパラダイム破壊型技術であり、技術の多様度指数推移で高い数値を示した「【2H092】液晶 5-1 (電極、接続電極、光導電層)」と「【2H192】液晶 5-2 (スイッチング素子)」の上位概念であり、目的・用途の限定を行わずに技術内容そのものでテーマコードが設定されている「【5F110】薄膜トランジスタ (TFT)」を母数集団として選定した。また、手法としてはこれまでの主分類、副分類を区

別せずに付与されているテーマコードで出願特許件数を按分して集計を行ったが、今回は目的・用途の変化を明らかにするために、テーマコードの推移について主分類と副分類を明確に区別した上で分析を行った。図 5-24 に TFT 関連特許のテーマコード推移を示す。上段は縦軸を特許出願件数、下段は縦軸に特許出願件数の比率を百分率にして記載している。

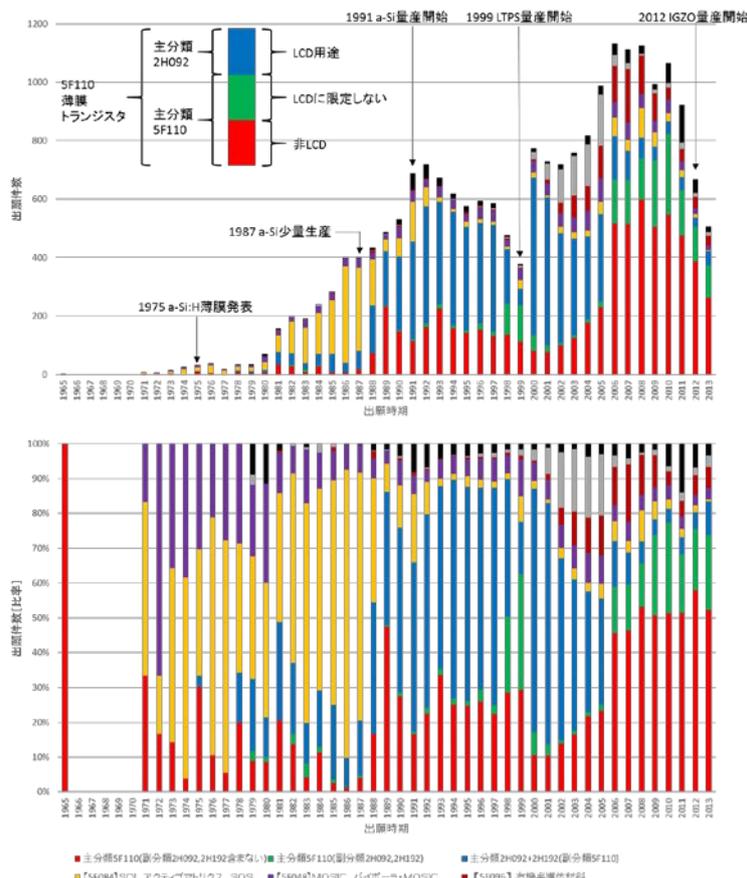


図 5-24 薄膜トランジスタのテーマコード推移

図 5-24 では以下の内容で色分けを行っている

- ①主分類が【5F110】かつ副分類に【2H092】または【2H192】を含まない：赤色  
→用途を限定せずに幅広く使うことを前提にした TFT
- ②主分類が【5F110】でかつ副分類に【2H092】または【2H192】を含む：緑色  
→LCDにも使うが LCD 用途には限定しない
- ③主分類が【2H092】または【2H192】でかつ副分類に【5F110】を含む：青色  
→目的を LCD 用途に限定
- ④主分類が【5F084】でかつ副分類に【5F110】を含む：黄色

→目的を SOI (Silicon on Insulator)、アクティブマトリクス、SOS (Silicon on Sapphire) 用途に限定

⑤主分類が【5F048】でかつ副分類に【5F110】を含む：紫色

→目的を MOSIC (Metal Oxide Semiconductor Integrated Circuit)、バイポーラ・MOSIC 用途に限定

⑥主分類が【5F096】でかつ副分類に【5F110】を含む：えんじ色

→有機半導体材料に限定

⑦主分類が【3K107】でかつ副分類に【5F110】を含む：灰色

→目的をエレクトロルミネッセンス光源用途に限定

⑧主分類が【3F083】でかつ副分類に【5F110】を含む：黒色

→目的を半導体メモリ用途に限定

図 5-24 には LCD 用途におけるアクティブ素子として新しい半導体材料が生産導入された時期を記載している。1975 年の水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 薄膜の発表以前は、薄膜トランジスタの用途はテーマコード【5F084】SOI、アクティブマトリクス、SOS と【5F048】MOSIC、バイポーラ・MOSIC であった。つまり、まだ LCD 用途については考えられておらず、IC 用途にほぼ限定されていた。1975 年の a-Si:H 薄膜の発表でシリコン系 TFT の可能性が世の中に示されてから【2H092】と【2H192】を主分類とする特許が確認されるようになるが、主用途は IC であることには変わりがなかった。しかしながら、1987 年に a-Si を半導体材料に用いた TFT (a-Si TFT) によるアクティブマトリクス型 LCD の少量量産が始まると IC 用途は急激な縮小が見られた。1991 年の a-Si TFT-LCD が本格量産に入る頃には主用途が LCD に移行すると同時に、用途を限定しない TFT 特許が増加して新しい用途を探るようになる。以降、1999 年の低温ポリシリコン (Low Temperature Polycrystalline Silicon : LTPS) を半導体材料に用いた TFT によるアクティブマトリクス型 LCD の量産開始時には、LTPS-TFT による用途拡大の可能性が期待されて【2H092】と【2H192】を副分類とする特許が一瞬増加したのを契機に LCD 用途の比率は低下し、用途は【5F096】有機半導体、【3K107】エレクトロルミネッセンス光源、【5F083】半導体メモリなどに細分化が進んだ。2012 年から量産が始まる酸化物半導体の IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) についての研究開発が活発になる 2006 年以降は、新しい半導体材料による用途拡大の意欲が高まり、用途を限定しない TFT 特許がほぼ半数を占めると同時に、LCD 用途については【2H092】と【2H192】を副分類とす

の特許へと移行し、多種多様な用途が確認されている。TFT は目的・用途を時間と共に大きく変えることで常に新しいイノベーションシステムの創出に向かっていることは明らかであり、この技術分野における技術の多様性を高める要因になっている。

### 5. 7. 第5章のまとめ

図 5-25 に本章で特許文献情報分析を行った電子ディスプレイ業界における技術の多様度分析の結果とイノベーションシステムとの関係を示す。

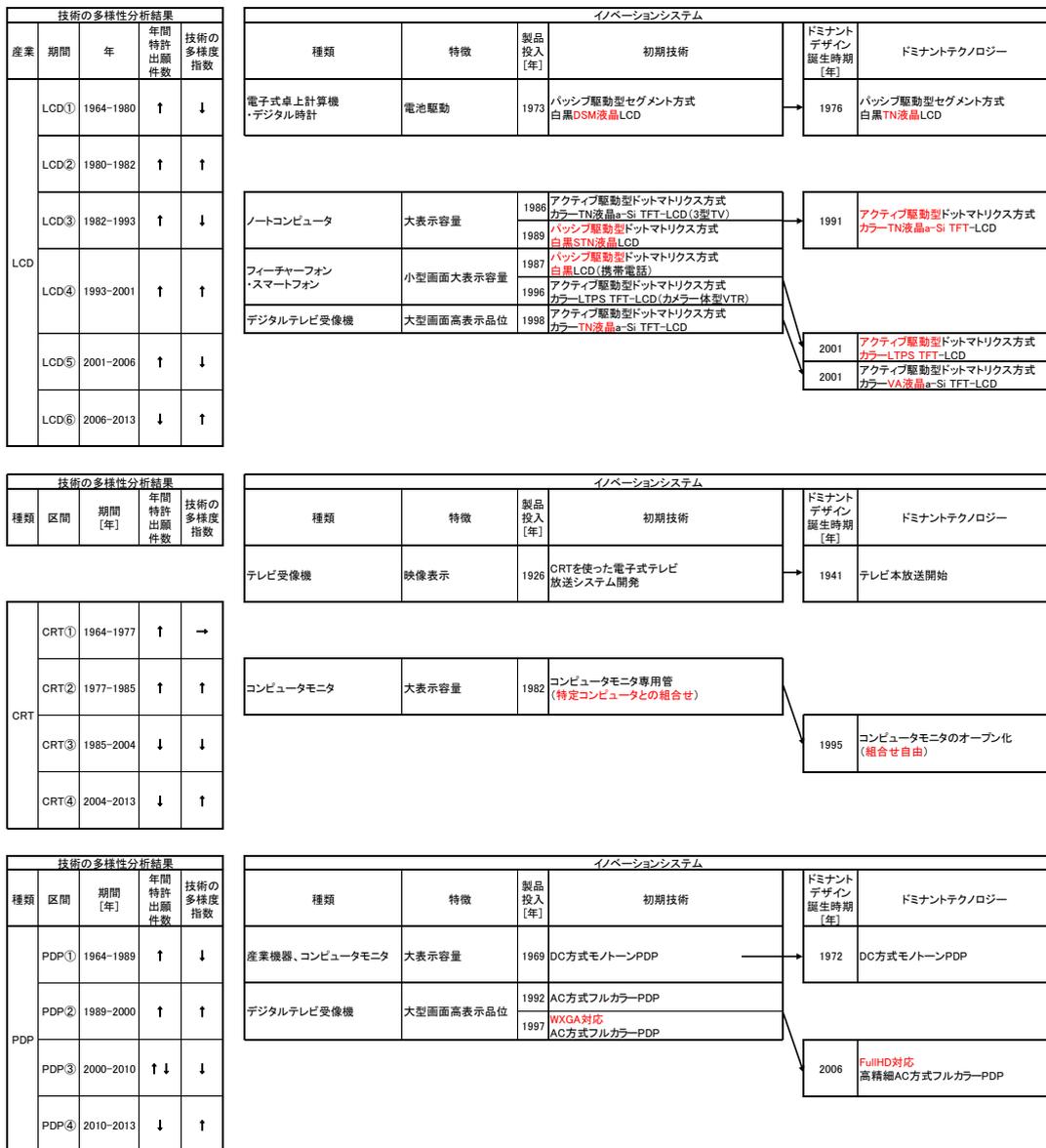


図 5-25 技術の多様度分析の結果とイノベーションシステムとの関係

図 5-25 の左側には 3 種類の産業における技術の多様度指数の増加減少傾向により分割した期間と、その期間における年間特許出願件数推移と技術の多様度指数推移の傾向を矢印で記載している。また、図 5-25 の右側には左側の期間に合わせるように、3 種類の産業におけるイノベーションシステムの発生時期と、ドミナントデザインが誕生した時期を記載している。

本章では LCD 産業 4 種類、CRT 産業 2 種類、PDP 産業 2 種類の計 8 種類のイノベーションシステムを対象として特許文献情報分析を行った。分析対象期間の 1964 年より前に発生した CRT 産業のイノベーションシステム「テレビ受像機」を除く全てのイノベーションシステムにおいて、技術の多様度指数推移が減少傾向の期間にドミナントデザインが発生したことが確認出来る。また、その 7 種類のイノベーションにおいて、6 種類は技術の多様度指数推移が増加傾向の期間にイノベーションシステムが誕生している。また、技術の多様度指数推移が減少傾向の期間 LCD③に誕生している LCD 産業のイノベーションシステム「ノートコンピュータ」においても、その前には技術の多様度指数推移が増加傾向の期間 LCD②が存在していることが確認出来る。

以上に示す通り、電子ディスプレイ業界においてイノベーションシステムが誕生するには、技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じることの必要性について、その可能性を確認した。これは、電子が基底状態から励起状態に遷移し、その後に基底状態へ戻るときに発光する蛍光、LED や有機 EL などの、量子力学に基づくルミネッセンス (luminescence) 現象との一致性が見られる。図 5-26 に技術の多様性と量子力学におけるエネルギー準位の相関を示す。図 5-26 (a) において、本章において電子ディスプレイ業界で確認された「技術の多様度指数」の変化について考察を行う。イノベーションシステムに関わる研究開発活動には、「新規性と進歩性を追求した研究開発」と「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」の 2 種類が存在する。

新たなイノベーションシステムが誕生する前の時期には「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」を行う対象はまだ存在していない。よって、「新規性と進歩性を追求した研究開発」を積極的に行うことで新たなイノベーションシステムの誕生を目指すため、技術の多様性は増加傾向となる。次に、新たなイノベーションシステムが誕生すると、イノベーションシステムにおける将来価値の最大化を目的として、ドミナントデザインの創造を目指した「新規性と進歩性を追求した研究開発」が継続される。同時にイノベーションシステムにおける現在の価値を最大化するために「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした

開発」が始められる。ドミナントデザインの創造に近づくと共に、「新規性と進歩性を追求した研究開発」から「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」へと重点シフトが起こり、そのバランス点において技術の多様性は増加傾向から減少傾向に転換する。ドミナントテクノロジーを含むドミナントデザインの創造後、「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」が重点的に行われるようになるため、技術の多様性は減少傾向となる。

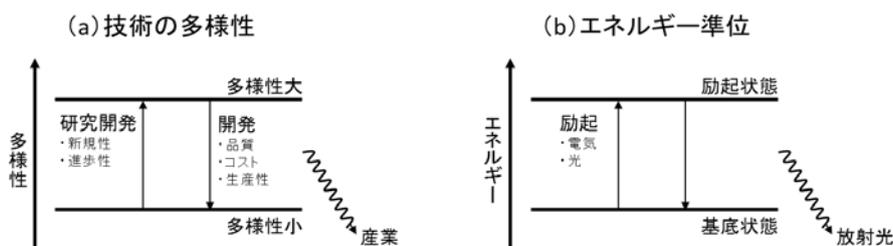


図 5-26 技術の多様性とエネルギー準位との相関

この技術の多様性の動きは、図 5-26 (b) における、電子が基底状態から励起状態に遷移し、その後に基底状態へ戻る時に発光する LED のような量子力学に基づく現象との一貫性が見られる。図 5-26 (a) において、イノベーションシステムの誕生を目指して「新規性と進歩性を追求した研究開発」を行うことで技術の多様性は増加する。その中からドミナントデザインが生まれ、「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」を追求することで技術の多様性は低下する。この技術の多様性の動きは、図 5-26 (b) において、基底状態にある電子が電気エネルギー、光エネルギーを加えることで励起状態に遷移し、再び安定な基底状態に励起状態から遷移するときに光を放射するルミネッセンス (luminescence) 現象と類似する点が多い

イノベーションシステム創出のプロセスとして、その分野における技術の多様性を高めて励起状態にする必要があると仮定した場合、それは「技術の多様度」という技術の「質」を高めるだけでなく、「特許出願件数」という技術の「量」の増加も伴う必要があると考えられる。特許出願件数は特許出願人の数、発明者の数と相関関係があり、特許出願件数の増加が、多くの分野に属する企業のイノベーションシステムへの新規参入や、多岐にわたる分野の新しい技術者の参加による、技術領域における多様性の向上も期待出来る。よって、産業ライフサイクルの予測は「技術の S 字カーブ」の概念を用いることを否定して、「技術の多様性」のみで行うものではない。産業ライフサイクル予測の精度をより高めるために、「特許出願件数による技術の S 字カーブ」に「技術の多様性」を組合せることが好ましいと考

えられる。

本章では技術の S 字カーブを基本として、新たに「技術の多様性」という概念を導入して、産業におけるイノベーションシステムとの関係について分析を行った。結果、電子ディスプレイ産業において「技術の多様性」の増加減少傾向とイノベーションシステムの誕生と、そのイノベーションシステムにおけるドミナントデザインの創出との相関を確認した。技術の S 字カーブに技術領域の多様度変化を組合せることで、技術の S 字カーブ予測における技術者特有の専門職共同体における集団思考の影響を低減する客観的な情報としての活用が可能である。

## 6. 終章

### 6. 1. 本研究の企業戦略への適用についての考察

本研究はイノベーションシステムの誕生と、そのイノベーションシステムにおけるドミナントデザインの創出についての予測に対して技術の多様性分析が有効であることを明らかにした。終章として技術の多様性分析の産業ライフサイクル予測への適用だけでなく、企業戦略への適用について考察を行う。ただし、本来イノベーションシステムにおける企業戦略は技術領域だけでなく顧客やビジネスモデルなどの他の要因も含めて策定されるため、技術の多様性分析で技術領域を明確にするだけでは企業戦略を規定することは出来ない。以降、技術領域は企業戦略に影響を与える要因の一つであるとの前提で考察する。

ある技術分野において新たなイノベーションシステムが生まれるためには技術の多様性が増加して励起状態となり、その後減少に転じて基底状態に向かう中でドミナントデザインが生まれる、という一連の流れを「イノベーションシステム誕生の法則」とする。その法則を理解して技術領域を分析することは、企業が戦略を策定する上で極めて重要である可能性が高い。イノベーションシステム誕生に向かって技術の多様性が増加傾向の段階で、企業が技術の多様性を下げるような戦略を策定し、実行しても、投入したリソースに見合うだけの価値を創造するのは難しいのではないだろうか。また、ドミナントデザイン創出に向かって技術の多様性が減少傾向の段階で、企業が技術の多様性を上げるような戦略を策定し、実行しても、投入したリソースに見合うだけの価値を得ることは困難と考えられる。これらの企業戦略は、自然科学において、基底状態から励起状態に遷移すること無しで、原理原則に反して基底状態のままルミネッセンス現象を得ようとするのと同じだからである。

March (1991) が提唱する「両利きの経営 (Ambidexterity)」のコンセプトは、知の幅を広げるための「知の探索 (Exploration)」と、既に持っている知識や同質の知に改良を重ね、それらを深めて活用する「知の深化 (Exploitation)」を高次元でバランスを取る経営である。事業が成功している企業ほど「知の深化」に傾倒する、「コンピテンシー・トラップ (Competency Trap)」に陥る傾向が高く、これを回避するために「両利きの経営」が重要と指摘している。以降、多くの実証研究が行われているが、「両利きの経営」を実践している企業ほどパフォーマンスが高いという結果検証に留まっていて、「何時、何に対して知の探索を行うべきか、知の深化を行うべきか」について具体的な提示には至っていない。

本研究における、技術の多様性を上げるような戦略は「両利きの経営」における「知の探索」、技術の多様性を下げるような戦略は、「知の深化」に置き換えることが出来る。つまり、

イノベーションシステム誕生を目指して技術の多様性が増加傾向の段階では「知の探索」を、またイノベーションシステムの中でドミナントデザイン創出を目指して技術の多様性が減少傾向の段階では「知の深化」を企業が戦略として選択し、複数のイノベーションシステムに対して「知の探索」と「知の深化」を使い分けて組み合わせるのが最も効率的な戦略策定の手段となる。この手法は、「両利きの経営」の具体的な実行方法の一つとなると考えられる。

以上は、「イノベーションシステム誕生の法則」により、企業における研究開発の在り方についても整理することが出来ることを示している。研究開発は、その対象となる分野における技術の多様性が励起状態に向かっているのか、また基底状態に向かっているのかによって方針を変えるべきではないだろうか。多様性が励起状態に向かっている技術分野では、企業内のリソースについて多様性を増加させる、「知の探索」である研究に振り向けるのが得策であると思われる。また、多様性が基底状態に向かっている技術分野では、企業内のリソースについて多様性を低下させる、「知の深化」である開発に振り向けるのが得策であると思われる。逆に、多様性が基底状態に向かっている技術分野に対して、何も考えずに企業内のリソースについて多様性を増加させる研究に振り向けることは、そこから得られる価値は限られたものであり、費用対効果の面で非常に効率の悪い研究開発となることが懸念される。

また、産業を構成する技術資産のストックに対応する累積特許出願件数の前年比伸長率が増加傾向を示し、技術領域において「多様性の励起から基底状態へ至るサイクル」を繰り返すのであれば、その産業を構成する技術領域のパラダイムが変わることなく継続して、複数のイノベーションシステムが連続的に繋がることを示唆している可能性が高く、企業はパラダイムのベースを変えることなく、連続的なイノベーションを前提とした戦略を策定することが好ましい。一方、たとえ技術領域において「多様性の励起から基底状態へ至るサイクル」が見られても、累積特許出願件数の前年比伸長率が減少傾向を示す場合は、その産業を構成する技術領域とは別のパラダイムをベースにした非連続的なイノベーションシステムが立ち上がろうとしている可能性が高いことを示唆している可能性が高い。そのため、非連続的なイノベーションが新たに発生することを想定した戦略を策定するのが好ましいと考えられる。但し、非連続的なイノベーションシステムが立ち上がったとしても、必ずしもその新技術分野によって必ず既存技術分野によるイノベーションシステムが駆逐されるとは限らない。以上のように、技術の多様性分析は、Christensen (1997) が提唱した「破

壊的イノベーション」について、その発生を完全に予測することは出来ないが、発生する可能性のある時期と産業分野の特定には活用が可能と考える。

Chesbrough (2006) が提唱したオープンイノベーションについても、本研究における「イノベーションシステム誕生の法則」を適用することが出来る。かつて企業は競争優位性を独占し継続するため、その企業が関わる産業分野において、技術の多様性を上げる戦略を自社内に閉じて行っていた。しかしながら、現在のように産業がより複雑な技術とビジネスモデルで構成されるようになると、Teece, Pisano and Shuen (1997) が提唱するダイナミックケイパビリティにおける「共特化資産」を社外から調達するほうが時間とコストの削減になるため、オープンイノベーションの重要性が一般的に認識されている。しかしながら、「何をオープンにして、何をクローズドにするか」については明確な手法は提示されておらず、企業が意識的にオープンイノベーションを実行しようとしても、オープンイノベーションを担当する組織を設立するなどの形ばかりが先行して、戦略遂行の結果としては失敗に終わることが多い。

ここで、ある産業分野において技術の多様性が増加傾向の段階では、時間とリソースにおいて効率良く多様性を高めるためにオープンに多様性を高める戦略（知の探索）を策定し、また技術の多様性が減少傾向の段階では、その産業で生まれる価値の総量からの自社の取り分を高めて利益を最大化するためにクローズドに多様性を下げる戦略（知の深化）を策定すれば、その産業において適切な戦略を実行することが可能である。この様に、本研究で提唱する「イノベーションシステム誕生の法則」は、企業がオープンイノベーションを取り入れる際に、戦略策定時に「何をオープンにして何をクローズドにするか」を判断する手法の一つとして利用可能である。

今後に更なる検証が必要であるが、本研究で提示した「イノベーションシステム誕生の法則」は自然科学に分類される量子力学における現象と類似していることから、技術領域を基礎とするイノベーションシステムに限定されるものではなく、より一般的なイノベーションシステムに適用する普遍的な法則である可能性が考えられる。例えば、ベンチャー企業とベンチャーキャピタルの組み合わせによるイノベーションシステム創出についても、「イノベーションシステム誕生の法則」を当てはめて説明することが出来る。ある産業分野においてベンチャー企業が多く参入することでイノベーションシステムが誕生して、多様性の増加により励起状態になる。その後、ベンチャーキャピタルが選んだベンチャー企業によるドミナント化が進んで多様性が低下する。この場合は技術分野の多様性だけではなく、ビジネ

モデルの多様性を含めた分析が必要である。しかしながら、特許文献情報だけでの多様性分析は困難である。今後、多様性のある産業分野における「ベンチャー企業数」、「新規の特許出願人数」、またベンチャー企業は比較的保有特許が少ないことから「保有特許 10 件以下の企業数」などで定義して、イノベーションシステムの分析と予測が可能かどうかの検証を進めたい。

また、十分な特許文献情報が得られない、特許の技術分類による技術の多様性評価が困難な初期段階の産業分野では、「参入している企業の業種数」、「新規参入企業数」、その分野への新規参入のし易さを表す「年間特許出願件数 1 件の企業数」などによる多様性の評価が可能であるかを分析し、検証を行えば、イノベーションシステムの誕生についてより正確な予測を期待することが出来る。また、初期段階の産業分野では特許文献に限定せずに学術論文を加えて多様性を分析することも興味深い。今後は多様性分析の対象とする産業分野を拡大し、多様性を定義する指標を特許技術分類による多様度指数以外にも拡大することで、本研究で提唱した「イノベーションシステム誕生の法則」の検証を進める予定である。

## 6. 2. 日本電機メーカーへの提言

本研究は 2010 年頃から始まった日本の電子ディスプレイ業界とシリコン系半導体業界の凋落について、その原因となる要素を明らかにすることを背景として進めてきた。ここで、本研究結果を日本の電気メーカーへの提言としてまとめる。

日本電機メーカーは電子ディスプレイ業界、シリコン系半導体業界、化合物半導体業界などの数多くの業界において、複数のイノベーションシステムにおける主役として活躍してきた。電子ディスプレイ業界における CRT 産業、PDP 産業、LCD 産業、シリコン系半導体業界における DRAM 産業や NAND 型フラッシュメモリ産業、化合物半導体業界の LED 産業などがその代表的なイノベーションシステムとして挙げられる。しかしながら、これらのイノベーションシステムにおける活躍は 1990 年代後半までの「中央研究所」、「基礎研究所」という場における基礎研究に基づくものであり、その制度が崩壊してからは日本の電機メーカーによる目立ったイノベーションシステムにおける活躍は見られない。

日本電機メーカーが活躍していたイノベーションシステムにおいては、自らがイノベーションシステムの誕生とドミナントデザインの創出に大きく関わっていることから、技術の多様性を上げる「新規性と進歩性を追求した研究開発」と技術の多様性を下げる「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」のどちらもバランスよく実行出来ていたと考えら

れる。しかしながら、1990年代後半における中央研究所制度の崩壊による基礎研究の放棄により、社内における「新規性と進歩性を追求した研究開発」が不可能となった。結果、「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」に傾倒した企業戦略に陥り、これが「凋落」という表現をされるまでに至った要因である。

「新規性と進歩性を追求した研究開発」は技術の多様性を高めるが、多様性の中で将来のドミナントデザインへと繋がる技術はごく一部であり、それ以外の多くの技術は淘汰される。投入したリソースに対して安定したリターンが期待出来る「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」と比較して、「新規性と進歩性を追求した研究開発」はリスクが高く企業にとっては巨大なコストと扱われる。よって、社内で「新規性と進歩性を追求した研究開発」を行うことを放棄することは利益を追求する企業にとっては自然の流れであり、多くの大企業が一齐に社内における基礎研究を放棄したことは理解出来る。

イノベーションシステムの創出に「新規性と進歩性を追求した研究開発」が必要であることには変わりはなく、基礎研究を放棄しただけで何も手を打たなければイノベーションシステムの創出に関わることは出来なくなる。米国においては研究開発型ベンチャー企業がその役割を果たしている。大企業が放棄した「新規性と進歩性を追求した研究開発」を研究開発型ベンチャー企業が代わりに行うことで技術の多様性を高め、その中からイノベーションシステムの創出が行われている。米国ではアメリカ国立科学財団（National Science Foundation）による I-Corps（Innovation Corps）事業など、基礎研究に対して必要な資金を支援する公的制度が存在する。多くの研究開発型ベンチャー企業がその制度を活用して基礎研究を行っていることから、政策として基礎研究の重要性について理解した上で中央研究所制度崩壊後の対策を行っていた可能性が考えられる。

日本の電機メーカーは中央研究所制度崩壊と共に「新規性と進歩性を追求した研究開発」の存在を忘れたかのように「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」に集中した。結果、短期的には既存のイノベーションシステムから大きな収益を得ることが出来た。しかしながら、新規のイノベーションシステム誕生とドミナントデザイン創出には関わらず、その中における価値の分配で不利な立場に追いやられている。イノベーションシステムにおける価値の分配は不均等であることを改めて認識する結果となっている。

日本電機メーカーは過去の経緯を分析することで、改めて「新規性と進歩性を追求した研究開発」の必要性を理解することが重要と思われる。しかしながら、それは決して全てを社内で行う中央研究所制度の復活でも、米国の基礎研究支援制度の模倣を意味しているので

もない。例えば、社内では基礎研究がリソース的に 10 テーマの技出テーマしか扱えないとする。一方、米国の基礎研究支援制度では 100 の研究開発型ベンチャー企業が基礎研究を行っている技術に目をつけ、その中から 10 社を選んで出資や共同研究を行うことが出来るとする。この二つの比較では、明らかに基礎研究支援制度を活用する方が扱える技術テーマが広範囲に及ぶため、将来価値を創出する技術テーマを手にする可能性が高く、リスクの低減が可能である。よって、オープンイノベーションの時代と言われて久しいなか、クローズドイノベーションである中央研究所制度の復活はあり得ない。

また、米国の基礎研究支援制度をそのまま模倣して日本に導入することも困難である。それは、日本とアメリカの間に存在する個人のアントレプレナーシップと国家の政策の差は何らかの対策を打ったとしても、長い期間の経験と実績に支えられた米国の基礎研究支援制度を超えることは難しいと考えられる。日本独自の「新規性と進歩性を追求した研究開発」を効率良く進める制度の構築が必要と思われる。

大企業における中央研究所制度の崩壊後、日本から基礎研究は消え去った訳ではない。中央研究所の研究者たちの一部は大学などに移動して基礎研究を継続している。つまり、日本では研究開発型ベンチャー企業ではなく、大学に基礎研究が存在すると考えるのが妥当である。日本の電機メーカーは「新規性と進歩性を追求した研究開発」の必要性を理解した上で、これらの基礎研究を取り入れる仕組みを構築すべきだと考える。しかしながら、数多ある基礎研究テーマの何を選択して取り入れるのか、基礎研究を放棄した電機メーカーの技術者による技術的判断だけに頼るのは「専門職共同体の集団思考」の影響を受けるため非常に危険である。そこで、「技術の多様性」による客観的な情報を技術的判断の材料とすることで、主観的な技術者の間違った判断の発生を少しでも低減することが可能かもしれない。日本電機メーカーが技術の多様性を高める「新規性と進歩性を追求した研究開発」の必要性を再認識し、大学などの外部からの基礎研究を適切に選択して社内に取り入れることを実践するきっかけの一つに本研究なることを期待する。

### 6. 3. 今後の研究

本研究では企業ではなく産業を対象として「技術者の専門職共同体における集団思考」の存在を明らかにして、「イノベーションシステム誕生の法則」を導き出した。本研究の成果を企業戦略に活用するために、以下について研究を行い、本研究の価値を高めて参りたい。

①本研究は、キーワード「技術の多能性」を用いてオープンイノベーションへの移行の根拠を示唆している。技術者が先を予見することが出来ず、結果、企業が基礎研究をしても科学のパラダイムシフトを予見することが難しいのであれば、新しい時代を作るにはオープンイノベーションをどの様に起こしていくのかが重要になる。オープンイノベーション実行には、ファイナンシャルなリソース、制約、リスク、リターンストックなどの、エコノミックスファインデーションを持った戦略が必要だが、日本企業はそのメソッドを持っていない。今後の研究として、ビジネス戦略的に Intel、Apple が実行しているオープンイノベーションの構築を参考にして「技術の多様性」のマネジメントについて解析を行い、日本企業に適合したオープンイノベーションのメソッドについて解明し提案する。

②企業においては、企業組織における集団思考の影響を受ける経営者と、専門職共同体における集団思考の影響を受ける技術者の間での社内手続きにより意思決定が行われる。組織で技術者から経営者、経営者から技術者へと、手続きが色々ある中で、最終的にどうやって意思決定をして、何処に問題があったのか、企業が意思決定を間違えるという企業単位の課題については本研究では明らかになっていない。企業集団の集団思考についての考え方については多くの研究が存在しているので、企業における意思決定過程の分析を行うことで、経営のジレンマと技術者のジレンマとの関係について解明し、正しい意思決定を可能とする新しい意志決定プロセスを構築する。

(158160字)

付録 1

「フラットパネル・ディスプレイ」記載のトップインタビュー抜粋

| 年    | PDP  | LCD  |
|------|--|--|
| 1995 |  | 95年の課題の一つに「次の液晶マーケットを探す」ことを挙げる。液晶モニタが次のターゲットだという人がいるが、それではCRTと価格で勝負できない。(東芝 液晶事業部事業部長：佐藤幹郎)、FPD'95、P.59            |
|      |  | ソニーの液晶は、2型以下の高温多結晶Si-TFTに特化する。(ソニー LCD部 統括部長：加藤慶二)、FPD'95、P.66   |
|      |  | 94年の成果の一つに、10.4型・26万画素表示・消費電力3WのコンパクトVGAパネルを製品化したことを挙げる。(日立製作所 常務取締役：竹本猛夫)、FPD'95、P.60                             |
|      |  | 4～15型4種類のパネルを準備。95年はB5サブノート向けに7～8型を開発する。また、AV対応パネル開発し、ワイドTV対応を作ることも課題として挙げる。(松下電器産業 常務取締役情報機器事業担当：東幹男)、FPD'95、P.63 |
|      |  | 出荷しているパネルにはノートPC用とATM用がある。ノートPC用はこれから増える。(富士通 常任顧問LCD事業本部長：小林正明)、FPD'95、P.64                                       |
| 1996 | 42型、852xRGBx480ドットパネルを開発。量産を始める。(富士通 PDP事業部長：松山駿介)、PF'D'96、P.206 | テレビは、映像用と情報ツール用に2極化、大画面と小型・高精細。この二つを完成させると全てのディスプレイが液晶で作れる。(シャープ 電子機器事業本部 液晶映像システム事業部長：香西周二)、'96、P.80              |

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
|                    | <p>40 型、640 x RGB x 480 ドットパネルを開発。テレビ商品化する計画。設備投資に関しては未定。(パイオニア 研究開発本部ディスプレイ研究所 長：田村雅彦)、FPD'96、P.206</p>                                  | <p>ノート PC 向け TFT に集中。低価格化を推し進める。(東芝 液晶事業部長：佐藤幹郎)、FPD'96、P.70</p>  |
|                    |   | <p>広視野角化が液晶の可能性を拡大。550 x 650mm<sup>2</sup>基板をベースに、出来る限り大きな寸法を目指す。TFT で 17 型以上の CRT モニタの代替を狙う。(日立製作所 取締役電子デバイス事業部長：石橋正)、FPD'96、P.71</p>  |
|                    |   | <p>民生中心路線を継続。新応用商品の開発に注力。携帯機器向けは全て液晶、だが大型モニタ/テレビは CRT の低価格に液晶はそう簡単に対抗できないだろう。液晶ディスプレイは、車載向け・ラジカセ・携帯用 VTR・テレビ電話など携帯性を重視する応用機器に積極的に採用する方向になる。(松下電器産業 液晶事業・半導体事業担当/松下電子工業取締役社長：杉山一彦)、FPD'96、P.73</p> |
|                    |   | <p>高画質フルカラーを追求。プロジェクト開発にも注力。(富士通 LCD 事業本部長：小林正明)、FPD'96、P.74</p>  |
| <p><b>1997</b></p> | <p>2000 年に壁掛けテレビの主流は PDP と確信。96 年に PDP メーカーが増えたことで世の中で認知される年となった。97 年は安価に作るためのプロセスと材料開発に注力し、画質向上に努める。(富士通 PDP 事業部長：松山駿介)、FPD'97、P.111</p> | <p>壁掛けテレビの可能性を主張するものとして、40 型(対角 26cmVGA パネルを 100 枚つなげたもの)が開発された。96 年は接合技術を使い 29 型パネルを 2 枚接続している。世の中に CRT モニタが増え続けることに無理があるという雰囲気が出てきている。(シャープ 専務取締役 液晶事業統轄：鷲塚諫)、FPD'97、P.74</p>                   |

|   |  |
|---|--|
| <p>40 型 VGA を製品化する計画。価格は 100 万程度。当面はロビーの掲示版などの用途が中心。最終的には「1 型=1 万円」を実現し、家庭向けテレビを目指す。97 年中には 55 型まで大型化し、ワイド仕様で高精細化する。投資額は 50 億円。(パイオニア プラズマディスプレイ事業推進部 事業企画室長：下田耕嗣)、FPD'97、P.111</p> | <p>CRT モニタ代替の液晶モニタは難しいと思っている。15 型 TFT 液晶モニタを発表したが数は出ていないと見ている。<br/>(東芝 液晶事業部事業部長：佐藤幹郎)、FPD'97、P.74</p>   |
|   | <p>徐々に液晶の比率は増えていくが、2006 年になっても CRT が相当残っていると予測する。液晶のコスト・ダウンにより 2000 年頃に CRT と数が拮抗してくると見ている。PDP や PALC は高精細にできないため、必然的に大型の領域になる。36 型を超える大画面では CRT リア・プロジェクタ、PDP、PALC の競争になる。(ソニー ディ스플레이カンパニー TV ディ스플레이担当 シニアバイスプレジデント：高橋重範)、FPD'97、P.85</p> |
|   | <p>液晶モニタは国内市場では 13.3 型からが対象。価格が下がっていないため CRT の代替として認知されるころまで来ていない。10 万円以下になれば置き換えが進む。(日立製作所 PC 本部 PC 第 2 設計部 主任技師：藤巻文一)、FPD'97、P.83</p>  |
|   | <p>液晶は 17 型級までモニタにしたい。その上は PDP がある。(松下電器産業 ディ스플레이事業部事業部長：永野昇)、FPD'97、P.86</p>  |
|   | <p>アモーフス Si の大型パネルとして 20 型級の量産に挑む。(富士通 LCD 事業本部長：松田嘉博)、FPD'97、P.76</p>   |

|      |  |  |
|------|--|--|
|      |  | 液晶パネル市場を拡大するのは、PC 用<br>モニタしかない。今後はモニタ向け液晶<br>パネルの生産に注力する。まず、14 型と<br>20 型級のパネルを量産する。(三星電子<br>常務 AMLCD 事業部長 : Sang Wan<br>Lee)、FPD'97、P.76      |
| 1998 | ターゲットはあくまでもテレビ市場。<br>98 年以降は大型 PDP テレビ市場を確<br>立することが課題。市場獲得には低コ<br>スト化できるかにかかっている。(富士<br>通 PDP 事業部長 : 松山駿介)、<br>FPD'02、p.242   | 98 年は、液晶モニタ、車載、PDA、民生<br>機器といった PC 分野以外を切り拓く。<br>パネルの価格低下で CRT モニタ代替え<br>に近づく。(シャープ 専務取締役デバ<br>イス事業担当 : 三坂重雄)、FPD'02、p.72                      |
|      | 97 年 12 月に HD 対応 50 型 PDP モニ<br>タを発売。40 型 VGA は 98 年 2 月か<br>ら発売開始。「1 型=1 万円」は 2000 年<br>に実現できる。(パイオニア ホームエ<br>ンタテインメントカンパニー事業部 デ<br>ィスプレイグループ部長 : 下田耕嗣)、<br>FPD'02、p.242  | 550 x 650mm <sup>2</sup> を稼働。次はモニタ専用の<br>ラインが必要。(NEC ディスプレイ事<br>業本部長 : 安達逸郎)、FPD'02、p.73   |
|      | PDP は大型の民生用壁掛けテレビ市<br>場を狙っていく。液晶と PDP は、20<br>型前後を境に棲み分ける。ただし、CRT<br>は 20~30 型でコスト・パフォーマンス<br>が良く、なくなることはないだろう。<br>(日立製作所 新ディスプレイ事業推<br>進センタ センタ長 : 安元精一)、<br>FPD'02、p.243 | 低温多結晶 Si-TFT で CRT、PDP や他<br>のディスプレイ・デバイスにない液晶の<br>高精細化を追求する。(東芝 液晶事業<br>部 事業部長 : 佐藤幹郎)、FPD'02、p.72  |
|      |  | 97 年は高温多結晶 Si-TFT のビジネスを<br>軌道に乗せることができた。今後は AV<br>と PC に対応するリア・プロジェクショ<br>ン・テレビを商品化したい。(ソニー セ<br>ミコンダクタカンパニー LCD 統括部<br>長 : 加藤慶二)、FPD'02、p.75 |

|      |  |  |
|------|--|--|
|      |  | 最も市場に受け入れられるサイズを考えなければならない。当面はカメラ一体型 VTR 向けに 4 型を出荷する。(松下電器産業 液晶事業部事業部長：犬丸重樹)、FPD'02、p.74  |
|      |  | 将来 TFT 液晶モニタの標準サイズは 15 型になると見ている。CRT よりも良いモノを目標に、性能の向上も進めていかなければならない。(サムスン Senior Vice President & General Manager, AMLCD Division Semiconductor Business : Sang-Wan Lee)、FPD'02、p.80  |
| 1999 | 99 年 4 月から ALIS 方式を採用した PDP テレビを市場に投入する。次期ラインへの投資を開始し、2000 年稼働開始を目指す。ガラス基板サイズは 2000 年時点で売れ筋と思われる 42 型に合わせる。(富士通 PDP 事業部長：松山駿介)、FPD'99、P.86 | ノート PC 向け市場では、10.4 型と 11.3 型の TFT 液晶パネルと、メガノート向けの 14 型 TFT パネルの生産を増大する。ホーム、モバイル分野はまだ市場が小さく、需要を開拓している段階である。ホームはテレビを柱に育てる。2005 年を目標に全てのテレビを CRT から液晶に置き換えていく。われわれは CRT を生産していないので、3~500 型の全てのテレビを対象にして最適な液晶パネルを搭載する。(シャープ 副社長 デバイス事業統轄：三坂重雄)、FPD'99、P.72 |
|      | 98 年、「壁掛けテレビは PDP」という認識が世の中に広がった。21 世紀には各家庭に 1 台ずつ PDP テレビが入るだろう。99 年の目標は 50 型を超える PDP の開発を挙げる。(NEC 常務取締役：柴宏)、FPD'99、P.86                  | 99 年は大型の液晶テレビを商品化する。20~30 型を境に、液晶テレビと PDP テレビが棲み分けることになるだろう。事業採算性の改善、実現には相当なコストダウンが必要である。(NEC 常務取締役：柴宏)、FPD'99、P.72  |

|   |   |
|---|---|
| <p>2001年には50型を「1型=1万円」に下げることが目標にする。2000年に50型PDPを効率よく生産できる次期ラインを稼働させる計画である。(パイオニア ディスプレイプロダクトカンパニー プレジデント：中野芳夫)、FPD'99、P.86</p>  | <p>これまでノートPC向け液晶パネルに注力してきた。今後は大型ノートPC、スリムノートPC、液晶モニタの三つに分けて、それぞれ異なる戦略を採る。(東芝液晶事業部 事業部長：住友康祐)、FPD'99、P.73</p>  |
| <p>2000年にPDP事業を黒字転換することを目指している。99年には50型、2000年には60型を製品化したい。市場を海外にも拡大していく。(松下電器産業 取締役 AVC 社副社長兼 PDP事業部事業部長：脇野征一)、FPD'99、P.87</p>  |   |
| <p>現在のPDP市場の大半は業務用モニタで、家庭用のPDPテレビが全体の50%以上を占めるのは2001年と見込む。99年春から民生向けの42型ワイドPDPテレビを市場に投入する。本格的な量産ラインは2000年に稼働したい。(日立製作所 家電・情報メディア事業本部 新ディスプレイ事業推進センター センタ長：安元精一)、FPD'99、P.87</p> | <p>21世紀に向けてモニタに賭けるという戦略を採ってきたが、十分ではない。新しい柱を作りたい。新しい用途はPCとは無関係という可能性がある。(日立製作所 電子デバイス事業部 事業部長：丸山紘一)、FPD'99、P.74</p>  |
|   | <p>液晶事業の収益性を改善するために、従来の製品ラインをそのまま活用して新しいアプリケーションを展開することが必要だと考えている。その一つとして、テレビ向けTFT液晶パネルの生産を狙っていく。2000年までに15型程度のパネルを生産したい。(松下電器産業液晶事業部事業部長：犬丸重樹)、FPD'99、P.74</p> |

|      |   |   |
|------|---|---|
|      |   | <p>ノート PC 向け液晶パネルの構成比を上げていく。15 型以上のモニタを大型、12.1 型を中心とするノート PC 向けの中型、カーナビ向け 8.4 型と携帯向け 5.8 型の小型とパネルをサイズ別に 3 つに分類した。(富士通 LCD 事業本部長：松田嘉博)、FPD'99、P.75</p>   |
|      |   | <p>モニタ向けパネルは、21.3 型、30 型などの大型・高精細モニタの製品化を進める。これらのパネルをテレビ向けとして製品化することも同時に検討している。<br/>( Samsung Electronics Co.,LTD. Senior Vice President &amp; General Manager, AMLCD Division Semiconductor Business, : Sang-Wang Lee)、FPD'99、P.90</p> |
| 2000 | <p>PDP の市場規模は、業務用は順調に伸びたが民生用が遅れている。コスト削減のスピードを速める必要がある。<br/>(NEC ディスプレイ事業本部長：世古澄人)、FPD'00、p.79</p>  | <p>大型パネルを中心にするテレビは、8.4 型から近く製品化する 28 型まで品ぞろえを拡充することができた。(シャープ 常務取締役 液晶開発本部長：栞川正也)、FPD'00、p.64</p>   |
|      | <p>PDP の事業戦略を 2000 年度から転換し、業務用中心から民生のテレビ向けにも重点を置くことにした。(パイオニア 執行役員 ディスプレイプロダクツカンパニー プレジデント：中野芳夫)、FPD'00、p.78</p>  | <p>低温多結晶 Si-TFT 液晶パネルの品揃えを強化する。小型から中型パネルへ展開していく。(ソニー コアテクノロジー &amp; ネットワークカンパニー セミコンダクタカンパニー LCD システム事業部 事業部長：加藤慶二)、FPD'00、p.68</p>   |
|      | <p>PDP が CRT を超えたという認識ができつつあり、PDP 自体に価値が置かれるようになってきた。CRT の代替以上の付加価値を高めたい。2003 年を PDP テレビ市場拡大期と見ている。市場を見ながら投資を決める。(松下電器産業 PDP 事業部 デバイス統轄担当：米澤武敏)、FPD'00、p.79</p> | <p>99 年は、液晶モニタ向けパネルが最大の柱になった。今後求められるのは、大画面化と動画対応である。(富士通 LCD 事業本部長：松田嘉博)、FPD'00、p.68</p>  |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      | <p>現在は業務用が圧倒的に多いが、2001年頃には家庭用の台数と拮抗するようになる。450億円投じて新しいPDP生産ラインを構築。10月には稼働する計画。このラインでは、42型を2面取りする。(富士通日立プラズマディスプレイ 社長：桂田透)、FPD'00、p.78</p>  | <p>液晶モニタと大型液晶テレビ向け、ノートPC向け、デジタル家電向けの3分野に経営資源を集中する。30~40型の液晶テレビを考えている。(Samsung Electronics Co., Ltd. Executive Vice President &amp; General Manager AMLCD Division Semiconductor Business : Sang-Wang Lee)、FPD'00、p.73</p> |
| 2001 | <p>デジタル化により家庭では大画面・高精細のディスプレイが求められるようになる。最適なディスプレイは、40~60型の高精細PDPである。液晶は視野角依存性があり、20型以上は困難である。CRTは30型以上になると重量・奥行などが大きくなり、幾何ひずみなどが発生する。(パイオニア 技術戦略最高顧問：杉本昌穂)、FPD'01、p.142-151</p> | <p>2005年までに国内のカラーテレビをすべて液晶に置き換えることを打ち出している。(シャープ 常務取締役 液晶開発本部長：柊川正也)、FPD'01、p.66</p>  |
|      | <p>ホーム向けに42型からスタートし、まもなく50型を出す。2000年PDPはテレビに特化し、本格化への準備が整った。(松下電器産業 液晶事業担当 PDP 事業担当 松下電子工業 電子管社 社長：大鶴英嗣)、FPD'01、p.61</p>   | <p>今後は、LCD高温多結晶Si-TFT液晶に特化する。PDPに代わるものとして始めたSEDは実用化を目指す。大型FPDという位置づけで40型級を狙っている。(東芝 常務 ディスプレイ部品・材料社 社長：濱野栄三郎)、FPD'01、p.65</p>   |
|      | <p>PDPは家庭用テレビがターゲットである。日本と欧州には42型は大きすぎる。32型が日本市場のサイズである。北米では50型を安くしないといけない。(富士通日立プラズマディスプレイ 代表取締役：桂田透)、FPD'01、p.74</p>   | <p>テレビについては今はPDPが先行している。しかしPDPが本命かはまだ分からない。2005年が本当のスタートだと考えている。大型ディスプレイについては、PALCをシャープと共同開発している。(ソニー 執行役員上席常務 ホームネットワークカンパニー ディスプレイ&amp;デバイス事業本部 本部長：長谷部忠勝)、FPD'01、p.62</p>  |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      |  | <p>富士通の LED はモニタ向けに集中している。しかも大型だけだ。CRT より液晶の方がいいことは分かっている。</p> <p>大型のテレビは液晶ではなく PDP だ。デジタルテレビがインターネット主体になると液晶になる。30 型が液晶で作れるか、境目になる。(富士通 LCD 事業本部長：松田嘉博)、FPD'01、p p.72-73</p> |
| 2002 | <p>これまで 42 型を中心に取り組んできたが、30 型台のパネルサンプルを作る予定である。このサイズはコスト・パフォーマンスを最優先に考える。</p> <p>(NEC エレクトロデバイス ディスプレイ事業本部長：世古澄人)、FPD'02、p.64</p>  | <p>13~28 型とラインアップを整えた。30~40 型のテレビも液晶で攻める。40 型までは液晶の領域と考えている。PDP やプロジェクタは 40 型を超える大画面の領域。(シャープ AV システム事業本部液晶デジタルシステム事業部長：武宏)、FPD'02、p.92</p>                                   |
|      | <p>PDP 各社が家庭用市場に力を入れ始めた。定価格の前倒しで市場はさらに伸びる可能性がある。サイズに関しては、PDP は 37~50 型、CRT は 15~36 型、液晶は 22 型以下。技術的には液晶で 22 型以上も可能ではあるが、価格が高くなるためバランスを考えてのこと。(松下電器産業 常務取締役ディスプレイデバイス社 社長：大鶴英嗣)、FPD'02、p.65</p> | <p>アモーフラス Si-TFT は中小型にシフトした。低温多結晶 Si-TFT で大型パネルに挑戦する。将来に向けて、20 型までのテレビ向けパネルの製品化計画を持っている。(東芝 常務ディスプレイ・部品材料社 社長：濱野栄三郎)、FPD'02、p.62</p>  |
|      |  | <p>現在、10 型以下の小型液晶パネル、37 型以上の大型は PDP や投射型が中心である。(ソニー コアテクノロジー&amp;ネットワークカンパニー デピュティ プレジデント コアテクノロジー開発本部 本部長：鶴島克明)、FPD'02、p.66</p>  |
|      |  | <p>直視型 TFT 液晶の画面サイズは、30 型強までと考えている。35 型以上は、PDP やプロジェクタの領域になる。(日立製作所 ディスプレイグループ グループ長&amp;CEO：米内史明)、FPD'02、p.63</p>  |

|      |   |   |
|------|---|---|
|      |   | <p>これまではノート PC、モニタが市場の中心だったが、今後はテレビ、中小型を拡大していく。2001年に40型テレビ向け液晶パネルを発表。2002年は本格的にテレビ市場に打って出る。(サムスン AMLCD Division President: Sang-Wan Lee)、FPD'02、p.59</p> |
| 2003 | <p>PDPは大型テレビに向いている。液晶テレビは動画表示の点で原理的に難しい。35、42、50、61型のPDPテレビを揃えた。(NEC プラズマディスプレイ 代表取締役社長：中市聰)、FPD'03、p.54</p>                            | <p>そう遠くない時期にPC向けとテレビ向けが同規模になるだろう。PCが15型、テレビが30型と考える。液晶テレビ市場が急激に立ち上がるのは2004～05年と見ている。30型で30万円での実現を目指す。(シャープ 専務取締役 液晶事業統轄：谷善平)、FPD'03、p.44</p>              |
|      | <p>43型と50型に特化している。2004～05年に、このサイズで「1型=1万円」が実現できるだろう。(パイオニア 常務執行役員ホームエンターテイメントカンパニー バイスプレジデント (営業担当) 兼ディスプレイ事業統括部長：五月女勝)、FPD'03、p.54</p> | <p>2002年度は、テレビ向けと中小型を徹底的に強化。テレビ向けでは広視野角・高画質の液晶技術であるIPSで特徴を出している。まずは売れ筋の20型で勝負する。(日立ディスプレイズ 取締役社長：米内史明)、FPD'03、p.48</p>                                    |
|      | <p>家庭のリビングに置くテレビは間違いなくPDPになる。1型=1万円は2004年と見ていたが前倒しそうである。新工場に600億円の投資を決めた。(松下電器産業 ディスプレイデバイス社 PDP事業グループ長：森田研)、FPD'03、p.53</p>            | <p>液晶モニタ市場は、17型と19型でデファクト化を狙う。液晶テレビ市場も活況で、22～40型でテレビ向けに必要なサイズをそろえた。(サムスン AMLCD Division President:Sang-Wan Lee)、FPD'03、p.45</p>                           |
|      | <p>地上波デジタル放送がスタートし、テレビの買い替えが加速する。テレビ向けは、市場は大きいが価格競争が激しい。テレビ以外の応用開発にも力を入れたい。(富士通日立プラズマディスプレイ 代表取締役社長：森本洋一)、FPD'03、p.53</p>               |   |

|      |  |   |
|------|--|---|
| 2004 | <p>PDP の市場ニーズが大型にシフトしているため、2004 年以降は 50 型と 60 型級を事業の主体にする。35 型は 2003 年限りになる。大型化は 80 型まで可能性があると考えている。(NEC プラズマディスプレイ 代表取締役社長：徳山賢二)、FPD'04、p.59</p>                      | <p>2004 年は、世界初のテレビ向け専用の液晶パネル生産ラインを稼働。亀山の第 6 世代である。画質については、CRT に比べて良いところがたくさんあるが、改善すべき点も多い。(シャープ 副社長 液晶事業統轄 兼 三重亀山生産本部長：谷善平)、FPD'04、p.50</p>   |
|      | <p>PDP テレビと液晶テレビは一緒に FPD テレビの市場を作るべきである。PDP は 40 型以上、液晶は 40 型以下で落ち着くだろう。工場投資は継続する。(パイオニア 専務執行役員 ホームエンタテインメントカンパニー バイスプレジデント (営業担当) 兼ディスプレイ事業統括部長：五月女勝)、FPD'04、p.59</p> | <p>2003 年度は、37 型までは液晶が主流となりつつある。40 型台は現時点では、価格対性能比の点でプラズマ・テレビに優位性があるが、2004.~05 年には立場が逆転する可能性もある。2004 年に 40 型を超える液晶テレビの企画を検討している。(東芝 デジタルメディアネットワーク社 CTV 事業部 CVT 商品部主務：木村裕史)、FPD'04、p.63</p> |
|      | <p>37 型以上の領域は PDP が握ると考えている。画質の点で液晶テレビよりも優れているためだ。コストに関しては、42 型 HD で 2005 年に 1 型=1 万円を目指す。(松下電器産業 パナソニック AVC ネットワークス社副社長 映像・ディスプレイデバイス事業グループ次長：森田研)、FPD'04、p.58</p>    | <p>CRT から PDP への流れは確実である。パネルの調達を安定化させるために、液晶パネルと中心に投資の検討を開始した。(ソニー ホームネットワークカンパニー商品企画部統括部長：浪越善一郎)、FPD'04、p.61</p>   |
|      | <p>55 型 PDP を新たに開発した。ターゲットは北米でのリア・プロジェクション・テレビ市場である。(富士通日立プラズマディスプレイ 代表取締役社長：森本洋一)、FPD'04、p.58</p>   | <p>液晶テレビの画質が著しく向上し、プラズマ・テレビと肩を並べるようになってきた。(松下電器産業 木村隆)、FPD'04、p p.90-95</p>   |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      |  | <p>テレビの分野では、液晶、PDP、リア・プロジェクションの間の激しい競争の中で、液晶が浮上する方向が見えてきた。マザーガラス基板の大型化により、30型以上の液晶テレビのコスト競争が飛躍的に向上していることも、需要拡大を後押ししている。(サムスン AMLCD Division President: Sang-Wan Lee)、FPD'04、p.51</p>    |
| 2005 | <p>2004年7月、PDP事業をパイオニアに譲渡。(NEC)</p>  | <p>2004年10月に65型液晶テレビの試作品を発表し、プラズマ・テレビの領域に踏み込んだ。液晶パネルの大型化を進めたのは、確実にビジネスにつながると考えたためである。液晶モジュールの売価が下がっているため、2005年の数字は大化けする可能性も出てきている。(シャープ 専務取締役 液晶事業統轄兼 AVC 液晶事業本部長：中武成夫)、FPD'05、p.65</p> |
|      | <p>2005年にほとんどのプラズマ・テレビの価格が「1型=1万円」を切るようになり、市場は急拡大するだろう。製品群に関しては、61型を導入し、北米で発売する。(パイオニア 専務執行役員 プラズマディスプレイビジネスカンパニー プレジデント：五月女勝)、FPD'05、p.73</p> | <p>キャノンと共同で開発を進めてきた「SED」の量産化を発表。(東芝) SED で大画面テレビ市場を狙い、PDPとコストで真っ向勝負する。(キャノン 取締役 SED 開発本部長；鵜澤俊一)、FPD'05、p.74</p>   |
|      | <p>2004～06年に総額960億円を投じ、尼崎市に42型換算で月産25万枚の工場を建設する。04年秋に65型PDPを製品化。(松下電器産業 パナソニック AVC ネットワークス社副社長 映像・ディスプレイ事業グループ次長：森田研)、FPD'05、p.72</p>          | <p>2004年10月末、日立・東芝・松下の液晶三社連合が正式に契約を締結。社名は「IPSアルファテクノロジー」。(IPSアルファテクノロジー)</p>  |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
|             | <p>リア・プロジェクション・テレビは 60 型以上が中心であり、50 型や 40 型台の中心はプラズマ・テレビである。今後、PDP の方がコスト・ダウンの余地が大きいと見られる。この差は縮まる。(富士通日立プラズマディスプレイ 取締役兼 執行役員専務 兼 開発設計本部長：広瀬忠継)、FPD'05、p.73</p> | <p>パネルサイズの標準化によってマスク・コストやプロセス変更を減らし、パネル製造コストを下げ、装置開発や材料開発の効率化を狙う。われわれは 40 型、46 型を液晶テレビの標準にしようと考えている。サイズや画質の棲み分けなど議論はあるが、40 型は LCD と PDP、40 型以下は LCD 対 CRT、50 型以上は PDP 対 DLP と考えている。(サムスン President, LCD Business: Sang-Wan Lee)、FPD'05、p.64</p> |
| <p>2006</p> | <p>画質の良さを徹底的に追及し、製品市場に投入する。4 月に 50 型 FHD 対応 PDP テレビを発表。(パイオニア 専務執行役員 プラズマディスプレイビジネスカンパニー プレジデント：五月女勝)、FPD'06、p.71</p>  | <p>家庭用テレビにとどまらず、映像制作現場のマス・モニタまで CRT から液晶に置き換えていく。2005 年度投資額は約 1400 億円で、内訳は大型分野、中小型分野にそれぞれ約 700 億円である。2006 年度は、亀山第 2 工場への投資がメインになる。(シャープ 常務取締役液晶事業統轄：片山幹雄)、FPD'06、p.54</p>   |
|             | <p>CRT の置換、40 型以上、デジタル化、これらの巨大市場を見据えて投資は躊躇しない。大型化すると、液晶には視野角や応答の問題があり目立つ。これらの性能改善は構造的に難しい。PDP はコスト・ダウンも含めて余地がある。(松下電器産業 辻原進)、FPD'06、p.208-214</p>              | <p>テレビ全体としては、液晶パネルを使ったテレビの占有率がますます高くなっていくだろう。大型化が進んでいくが、マス・ボリュームがどの大きさなのかというところが大切で、コスト・パフォーマンスが非常に大きなポイントになる。(ソニー SVP セミコンダクタソリューションズネットワークカンパニーイメージングデバイス事業本部 事業本部長 コーポレート・エグゼクティブ：鈴木智行)、FPD'06、p.73</p>                                      |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
|             | <p>2006 年も需要は旺盛と見て、新工場を立ち上げ、2007 年度中に稼働させる。投資額は 100 億円以上積みして約 850 億円とした。技術開発では、FHD パネルを開発。(富士通日立プラズマディスプレイ 代表取締役社長：井本義之)、FPD'06. p.70</p>  | <p>2006 年は、新ラインを立ち上げることで急拡大する市場の中でポジションを確立する。中小型パネルの生産能力も増加する。(IPS アルファテクノロジー)</p>  |
|             |  | <p>2005 年は、ソニーとの合弁製造会社 S-LCD の第 7 世代ラインを立ち上げた。このラインで、これまで PDP の牙城だった 40 型以上の大型テレビ市場に攻め込むことが出来るようになった。(サムスン President, LCD Business: Sang-Wan Lee)、FPD'06、p.53</p> |
| <p>2007</p> | <p>PDP テレビ事業の強みは、自然な色をきれいに映し出せるテレビを安く提供できることにある。画質面では圧倒的に液晶よりも優れている。液晶テレビの販売台数が増えているため、存在感が増しているように感じるが、実力がひっくり返ったわけではない。大画面テレビ用途では PDP が液晶より優れており、PDP を選択したことは今でも正しかったと思っている。(松下電器産業 役員 上席副社長 映像・ディスプレイデバイス事業グループ長：森田研)、FPD'07、p.59</p> | <p>われわれが世界市場で競合他社に勝てる要因は、大画面・高精細テレビのコスト力にある。亀山第 2 工場を稼働させ、われわれだけが打ち出せる価格があるからだ。少なくとも 1 年は先行できる。(シャープ 専務取締役 AV・大型液晶事業統轄 兼 AV システム事業本部長：片山幹雄)、FPD'07、p.58</p>       |
|             | <p>PDP は大型化に向いており、価格帯性能比が非常に良い。42 型を例に取ってみると、投資効率は液晶の 1.5 倍にも達する。(富士通日立プラズマディスプレイ 代表取締役社長：井本義之)、FPD'07、p.68</p>  | <p>液晶テレビと PDP テレビの薄型化、大型化が加速し、プロジェクション・テレビとの競争が厳しくなっている。(ソニー 半導体事業グループ イメージングデバイス事業本部 マイクロディスプレイ事業部 事業部長：橋本俊一)、FPD'07、p.78</p>                                    |

|                    |  |   |
|--------------------|--|---|
|                    | <p>中小型液晶の専業メーカーとして新たなスタートを切った。大型テレビ向け液晶に関しては、IPS アルファテクノロジーが行う。(日立ディスプレイズ 取締役社長：森和廣)、FPD'07、p.72</p>   | <p>テレビ市場だけに社運を懸けるのは危険ではあるが、重要な事業であることに変わりはなく、コスト・ダウンとプロセス技術には今後も注力していく。2006年の黒字化は第7世代工場がカギであった。ここでは生産の60%以上を、40型と46型に充てている。第8工場については2007年春までには完成させる。これは50型級の液晶テレビ市場を狙ってである。(サムスン President, LCD Business: Sang-Wan Lee)、FPD'07、p.60</p> |
| <p><b>2008</b></p> | <p>大型 FPD 市場は既にコモディティ化の時代を迎えつつある。審美眼のあるユーザに向けた革新的な価値提供をすることにより、競合メーカーと一線を画す独自のポジションを目指すべきと決意した。(パイオニア ホームエンタテインメントビジネスグループ事業企画部 PDP 企画部部長：塩田克延、ホームエンタテインメントビジネスグループ グローバル営業戦略部：林佑二)、FPD'08、p p.100-106</p> | <p>2007年7月、堺市に「21世紀型コンビナート」の建設を発表。投資額は、当社の約3800億円に加え、部材・装置メーカーを合わせると総額で1兆円に達する。第10世代は、生産の効率化、低コスト化を進めるだけでなく、製品を差異化する技術も同時に推進する。(シャープ 取締役 ディスプレイ技術開発本部長：水嶋繁光)、FPD'08、p.51</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <p>FHD の普及拡大を見据えて、PDP および液晶でも FHD を「標準」と位置付けて展開していくことにした。</p> <p>これまで 37 型以上を PDP、32 型以下を液晶パネルでラインアップの拡充を図ってきたが、「大画面テレビ」の定義が変わってきた。37 型 FHD の PDP を新規開発するよりも、「37 型 FHD は液晶パネルでいく」という判断をした。</p> <p>工場については、第 3 工場を 2009 年 5 月に稼働させる予定である。投資額は 2800 億円。2007 年 5 月に、日立製作所との間で大型 PDP の相互供給をすることで合意。(松下電器産業 ※役職・人名記載なし。) FPD'08、p.60</p> | <p>われわれのビジネスは、携帯電話機などの汎用量産品は狙わずに、産業用の特殊市場でニーズの高い分野に特化している。技術障害の高い分野で独自性を発揮している。(NEC 液晶テクノロジー代表取締役執行役員社長：上野敏彦)、FPD'08、p.64</p>                    |
|   | <p>2007 年度の事業は、携帯電話機向け液晶パネルに偏り過ぎた。2008 年度は、携帯型ゲーム機や高画質デジタル・カメラ、パーソナル・ナビゲーション・デバイスなどに向けた製品を拡大する。(東芝松下ディスプレイテクノロジー 代表取締役社長：藤田勝治)、FPD'08、p.61</p>   |
|   | <p>大型液晶テレビのバックライトに LED を採用するチャレンジを続けている。</p> <p>(ソニー コアテクノロジー開発本部 アドバンスドライトテクノロジー部：柿沼孝一郎)、FPD'08、p p.70-77</p>                                   |
|   | <p>現在、中小型パネルを生産する「V3 ライン」はフル稼働状態である。2008 年度に 100 億円を投資し、このラインの生産能力を引き上げる。高輝度・高精細の中小型パネルを増産・拡大することを目標とする。(日立ディスプレイズ 代表取締役社長：井本義之)、FPD'08、p.63</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>2008 年にオリンピックがあるため、手強い需要の伸びが期待できるが、10 年後に 40 型以上の需要があるかどうかは疑問である。現在は 30 型台が主流である。</p> <p>(IPS アルファテクノロジー 取締役社長：米内史朗)、FPD'08、p.56</p>                                   |
|  |  | <p>2008 年市場に向けて、第一に製品差異化戦略を実施する。第二に、中小型アプリケーションの拡大。第三は「全世界運営戦略」、第四は、新たな成長の原動力となる次世代ディスプレイの発掘と準備である。(サムスン President &amp; CEO, LCD Business: Sang-Wan Lee)、FPD'08、p.52</p> |

## 参考文献および URL リスト

### 1. 本研究による参考論文

久保真澄・北寿郎 (2017) 「技術領域の限界予測における「集団思考的判断」の影響」『政策科学研究』 19 (1)、261-76。

久保真澄・北寿郎 (2017) 「特許情報を用いた技術の多様性分析による「技術の S 字カーブ」の解明」『BMA ジャーナル』 17 (4)、60-82。

### 2. 日本語文献

青砥宏治 (2008) 「新技術創生型コンソーシアムによるプラズマテレビの開発成功要因分析」『映像情報メディア学会誌』 62 (6)、943-9。

青砥宏治 (2010) 「技術指向事業創造におけるマネジメント課題に関する研究—プラズマディスプレイ事業化プロセスの事例」『高知工科大学博士論文』。

安藤倭士 (1987) 「9・5 AC 型プラズマディスプレイパネル」岡村総吾編『電子管の歴史』 415-20、オーム社。

伊東純一 (2005) 「フルカラー無機 EL ディ스플레이の現状と将来の展望」『表面技術』 56 (5)、10-3。

井上博史 (1999) 「プラズマディスプレイパネル—Technologies and Issues of Plasma Display Panels (PDPs)」『FUJITSU』 50 (4)、271-6。

猪口敏夫 (1991a) 『エレクトロルミネセントディスプレイ』産業図書。

猪口敏夫 (1991b) 「薄膜 EL 実用化の第一歩まで」『応用物理』 60 (4)、371-2。

岩間英雄 (2011) 「IEC/TC 110 国際幹事の経験と若い世代へ贈るメッセージ」『JSA 国際標準化支援センターメルマガ』 35、1-8。

上田修 (2004) 「化合物半導体材料研究の伝承—下田ワークショップなどの議論から」『応用物理学会講演会 講演会予稿集』 65、1247。

大石巖 (1988) 「7・1 ブラウン管製造会社の略歴」岡村総吾編『電子管の歴史—資料編』 322、オーム社。

太田肇 (1993) 『プロフェッショナルと組織』同文館出版。

大西宏一郎 (2006) 「液晶ディスプレイ産業における知識スピルオーバーと研究開発生産性」『研究 技術 計画』 21 (1)、88-104。

大西隆・岩村栄治・高木勝寿・吉川一男 (1998) 「液晶ディスプレイ用 Al-Nd 系合金配線薄

膜および同合金スパッタリングターゲットの開発」『神戸製鋼技報』48 (3)、29-34。

大前秀樹・川原功 (2011) 「民生用ディスプレイデバイス技術の進歩」『Panasonic Technical Journal』57 (2)、69-71。

荻原博之 (2004a) 「開発の軌跡 プラズマテレビ (第 5 回) 形勢逆転」『D&M 日経メカニカル』2 (593)、121-5。

荻原博之 (2004b) 「開発の軌跡 プラズマテレビ (最終回) 暗闇の果てに」『D&M 日経メカニカル』3 (594)、115-21。

奥村次徳 (2003) 「化合物半導体結晶評価の役割再考—過去の応物講演会での議論から学ぶもの」『応用物理学学会講演会 講演会予稿集』64、1275。

奥山幸祐 (2009) 「半導体の歴史 その 5 20 世紀前半 トランジスターの誕生」『SEAJ Journal』119、12-9。

奥山幸祐 (2010) 「半導体の歴史 その 10 20 世紀前半 集積回路への発展 (5)」『SEAJ Journal』124、39-45。

角田郎 (2016) 「特許分類について」『情報の科学と技術』66 (6)、266-71。

川上英昭 (2000) 「液晶ディスプレイを発展させた基本技術をツールから解説」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2001』96-110、日経 BP 社。

木下栄蔵 (2015) 「正と反の経営学」『日本感性工学会論文誌』14 (1)、129-34。

桐原聡秀 (2014) 「光造形 3D プリンタを用いた機能性構造体のスマート創製」『スマートプロセス学会誌』3 (3)、182-90。

熊倉威 (2012) 「世界初スーパーハイビジョン対応 8KLCD の開発」『シャープ技報』104、9-12。

倉重光宏 (2009) 「プラズマと液晶テレビに関する技術標準化視点からの事業アーキテクチャ分析」『映像情報メディア学会技術報告』33 (4)、23-7。

倉重光宏 (2011) 「事例研究 (1) 放送技術のイノベーション事例」『映像情報メディア学会誌』65 (8)、1153-6。

小林範久 (2010) 「エレクトロクロミックディスプレイ」『表面技術』61 (7)、483-7。

小峯一晃・對馬淑亮・澤島康仁・比留間伸行 (2015) 「陰影画像の表示解像度と立体感の関係」『NHK 技研 R&D』151、47-54。

蔡苳錫 (2007) 「専門職集団と組織」『日本労働研究雑誌』565、21-32。

澤岡昭 (2004) 『衝撃のスペースシャトル事故調査報告』中災防新書。

- 坂田一郎・佐々木一・梶川裕矢・森田朗（2009）「特許とイノベーションに関する学術研究の俯瞰－学術俯瞰マップからの示唆」『東京大学・京都大学合同国際シンポジウム』2009、1-12。
- 志水英二（2011）「網膜走査・投影方式ディスプレイ」『映像情報メディア学会誌』65（6）、758-63。
- 白樫三四郎（2012）「集団の愚かな意思決定：ピッグス湾、真珠湾そしてウォーターゲート」『大阪経大論集』62（6）、31-44。
- 新宅純二郎（2008）「韓国液晶産業における製造技術戦略」『赤門マネジメント・レビュー』7（1）、55-74。
- 鈴木潤・児玉文雄（2005）「STI ネットワークの研究－日本企業の本業回帰と新規技術取り組みの分析」『RIETI Discussion Paper』5（10）、1-49。
- 瀬尾悠紀雄（2006）「電子式卓上計算機技術発展の系統化調査」『国立科学博物館 技術の系統化調査報告』6（2）、51-115。
- 高井幹夫（2007）「フィールドエミッションディスプレイ（FED）の開発動向」『生産と技術』59（1）、43-7。
- 高辻博史（1999）「Cu 配線の軌跡・奇跡」『まてりあ』38（1）、36-8。
- 武市武・池谷理（1988）「2・1 電子管製造会社一覧」岡村総吾編『電子管の歴史－資料編』32-5、オーム社。
- 武宏（2015）「液晶ディスプレイ発展の系統化調査」『技術の系統化調査報告共同研究編』8（1）、1-108。
- 田中省作（2000）「有機 EL ディスプレイの歴史と展望」『映像情報メディア学会誌』54（8）、1115-20。
- 中馬宏之（2014）「半導体産業における日本勢の盛衰要因を探る－システム・アーキテクチャの視点から」『IIR Working Paper』14（10）、1-19。
- 電子情報技術産業協会 FPD ガイドブック編集委員会編（2009）『FPD ガイドブック（第3版）』電子情報技術産業協会。
- 特許庁編（2011）『平成23年度特許出願技術動向調査報告書－電子ペーパー』特許庁。
- 中田行彦（2007）「液晶産業における日本の競争力低下原因の分析と「コアナショナル経営の提案」」『RIETI Discussion Paper』7（17）、1-85。
- 中田行彦（2008）「日本はなぜ液晶ディスプレイで韓国、台湾に追い抜かれたのか？」『イノ

バージョン・マネジメント』5、141-57。

中西大輔（2006）「失敗したプロジェクトにもさらにつぎ込め？－集団意思決定における埋没費用（sunk cost）の効果に関する実験研究」『広島修大論集 人文編』47（1）、69-87。

長野寛之・石田修一・玄場公規（2013）「電子デバイス事業における後発優位のメカニズム－液晶事業を事例として」『多国籍企業研究』6、63-86。

長野寛之・石田修一・玄場公規（2014）「後発優位メカニズムにおける液晶パネルとプラズマパネルの比較」『日本経営システム学会誌』32（3）、283-91。

長広恭明（2002）「半導体工場の行方を探る－独 Infineon の 300mm 量産ラインの全貌」『日経マイクロデバイス』2、115-21。

中村修二（1994）「高輝度青色発光ダイオード」『照明学会誌』78、366-7。

日経 BP 社編（1994）「Part 1 トップインタビュー（メーカー編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1995』58-67、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1995）「Part.1-4 トップ・インタビュー（メーカー編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1996』70-7、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1995）「Part.5-2 トップ・インタビュー（PDP 編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1996』206-7、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1996）「Part.1-5 トップ・インタビュー（メーカー編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1997』74-9、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1996）「Part.1-10 トップ・インタビュー（PDP 編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1997』111-2、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1997）「Part.1-4 トップ・インタビュー（メーカー編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1998』72-7、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1997）「Part.8-2 トップ・インタビュー（PDP 編）」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1998』242-3、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1998）「Part.1-Trend-3 LCD 動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1999』72-7、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1998）「Part.1-Trend-5 PDP 動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1999』86-7、日経 BP 社。

日経 BP 社編（1999）「Part.1-3 LCD 動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2000』64-9、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (1999) 「Part.1-5 PDP 動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2000』78-9、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (1989) 「Part7 ディレクターメーカーの研究・開発・生産拠点一覧」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1990』280-5、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2000) 「Part.1-2 動向 トップ・インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2001』60-82、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2001) 「Part.1-3 産業動向 トップ・インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2002 戦略編』58-73、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2002) 「Part.1-1 産業動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2003 戦略編』44-55、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2003) 「Part.1-1 産業動向」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2004 戦略編』50-60、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2004) 「Part.1-1 産業動向 インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2005 戦略編』64-75、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2005) 「Part.1-1 産業動向 インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2006 戦略編』53-77、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2006) 「Part.1-1 産業動向 インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2007 戦略編』58-80、日経 BP 社。

日経 BP 社編 (2007) 「Part.1-1 産業動向 インタビュー」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 2008 トレンド・戦略編』51-68、日経 BP 社。

薄膜材料デバイス研究会編 (2008) 『薄膜トランジスタ付録』薄膜材料デバイス研究会。

長谷川文夫 (1988) 「GaAs 表面酸化によるショットキー障壁高さの変化と EL2・DLTS 信号への影響」『応用物理』57 (1)、97-103。

林巖雄 (1987) 「国内研究の立ち上がりー応用物理学会の盛況」『応用物理』56 (8)、977。

Parikh, M. (1999) 「LSI 生産技術力ー過信し孤立する日本」日経 BP 社編『日経マイクロデバイス 1999 年 11 月号』11、日経 BP 社。

藤村修三 (2000) 『半導体立国ふたたび』日刊工業新聞社。

藤本昌代 (2005) 『専門職の転職構造』文真堂。

舟木洋一・望月洋介・和泉志伸 (1998) 「Part1-Trend-1 LCD 動向ー1990 年は液晶事業の健全化を図る勝負の年に」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1999』54-64、日

経 BP 社。

船田文明 (2007) 「技術開発物語—TFT 研究開発ことはじめ」『シャープ技報』96、4-14。

前川秀正 (2011) 「3D 映像の過去・現在・未来」『みずほ情報総研 調査・研究レポート』2011 (2)、1-6。

御子柴茂生 (2009) 「第 6 回 IEC 国際議長役の勧め」『標準化と品質管理』62 (9)、54-7。

見目正道 (1988) 「9・1 表示管製造会社の略歴」岡村総吾編『電子管の歴史—資料編』435、オーム社。

森竜雄 (2008) 「有機 EL 素子の開発とその展望」『レーザー研究』36、160-1。

森竜雄 (2015) 『トコトンやさしい有機 EL の本』日刊工業新聞社。

小泉直彦 (1987) 「9・2 表示放電管」岡村総吾編『電子管の歴史』402-5、オーム社。

望月洋介・和泉志伸・高橋健太郎 (1998) 「Part1-Trend-5 PDP 動向—スタート・ラインに立った、家庭へ浸透狙う」日経 BP 社編『フラットパネル・ディスプレイ 1999』84-7、日経 BP 社。

森本清 (1987) 「9・3 蛍光表示管 (VFD)」岡村総吾編『電子管の歴史』405-12、オーム社。

森本清 (1989) 「蛍光表示管」『照明学会誌』73 (12)、28-33。

山口栄一 (2006) 『イノベーション破壊と共鳴』NTT 出版。

山崎映一 (2008) 「ブラウン管開発 110 年の歴史」『映像情報メディア学会誌』62 (10)、1560-4。

山野哲也 (2013) 「超高精細度テレビジョン放送の実現に向けた総務省の取組みについて」『電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン』26、140-5。

湯之上隆 (2004) 「技術力から見た日本半導体産業の国際競争力」『ITEC Working Paper Series』04-07、1-21。

吉岡俊博 (1996) 「プラズマディスプレイの放電と紫外線発光」『電気学会誌』116 (8)、508-10。

吉野章夫 (2004) 「テレビ技術史概要と関連資料調査」『国立科学博物館 技術の系統化調査報告』4 (4)、181-233。

米田清 (2012) 「有機 EL ディスプレイ事始め (前編)」『半導体産業人協会 会報』74、9-12。

渡辺聡 (1987) 「9・4 DC 型プラズマディスプレイパネル」岡村総吾編『電子管の歴史』

412-5、オーム社。

渡部俊也 (2011) 「企業経営に資する特許情報とその活用」『Japio Year Book』2011、68-73。

渡辺美代子 (2015) 「表紙の顔」『学術の動向』20、3。

和田哲夫 (2009) 「発明者による先行特許認識と特許後方引用」『RIETI Discussion Paper』10 (1)、1-27。

### 3. 外国語文献

Altshuller, G. S., and Shapiro, R. B. (1956) Psychology of Inventive Creativity, *Issues of Psychology*, 6, 37-49.

Archibugi, D., and Pianta, M. (1996) Measuring Technological Change through Patents and Innovation Surveys. *Technovation*, 16(9), 451-68.

Arthur, D. L. (1981) *The Strategic Management of Technology*, Cambridge, Mass.

Baron, R. S. (2005) So Right It's Wrong: Groupthink and the Ubiquitous Nature of Polarized Group Decision Making. *Advances in Experimental Social Psychology*, 37, 219-53.

Batagelj, V. (2003) Efficient Algorithms for Citation Network Analysis. *Arxiv Preprint Series*.

Bekkers, R. N. A., and Martinelli, A. (2011) The Interplay between Standardization and Technological Change. *In Paper Presented at Conference: DIME Final Conference*, 2011, 4-8.

Bengisu, M., and Nekhili, R. (2006) Forecasting Emerging Technologies with the Aid of Science and Technology Databases. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(7), 835-44.

Columbia Accident Investigation Board (ed.) (2003) *CAIB Final Report*, NASA.

Brody, T. P., Luo, F. C., Szepesi, Z. P., and Davies, D. H. (1975) A 6×6-in 20-lpi Electroluminescent Display Panel. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 22(9), 739-48.

Buehler, R., Griffin, D., and Peetz, J. (2010) The Planning Fallacy: Cognitive, Motivational, and Social Origins. *Advances in Experimental Social Psychology*, 43, 1-62.

- Chesbrough, H. W. (2006) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press.
- Christensen, C., and Rosenbloom, R. S. (1995) Explaining the Attacker's Advantage: Technological Paradigms, Organizational Dynamics, and the Value Network. *Research Policy*, 24(2), 233-57.
- Christensen, C. (1997) *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business School Print. (=2001、玉田俊平太・伊豆原弓訳『イノベーションのジレンマ: 技術革新が巨大企業を滅ぼすとき』翔泳社。)
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H. and Gerdtsri, P. (2006) Forecasting Emerging Technologies: Use of Bibliometrics and Patent Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(8), 981-1012.
- Ernst, H. (1997) The Use of Patent Data for Technological Forecasting: The Diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry. *Small Business Economics*, 9(4), 361-81.
- Fisher, J. C., and Pry, R. H. (1971) A Simple Substitution Model of Technological Change. *Technological Forecasting and Social Change*, 3, 75-88.
- Fontana, R., Nuvolari, A., and Verspagen, B. (2009) Mapping Technological Trajectories as Patent Citation Networks. An Application to Data Communication Standards. *Economics of Innovation and New Technology*, 18(4), 311-36.
- Foster, R. N. (1986) *Innovation: The Attacker's Advantage*, Summit Books. (=1987、大前研一訳『イノベーション: 限界突破の経営戦略』、TBS ブリタニカ。)
- Gao, L., Porter, A. L., Wang, J., Fang, S., Zhang, X., Ma, T., and Huang, L. (2011) Technology Life Cycle Analysis Modelling Based on Patent Documents, *Technological Forecasting and Social Change*, 80(3), 398-407.
- Garfield, E., Sher, I. H., and Torpie, R. J. (1964) *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*, Institute for Scientific Information Inc. Philadelphia PA.
- Geelhaar, T., Griesar, K., and Reckmann, B. (2013) 125 Years of Liquid Crystals: Scientific Revolution in the Home. *Angewandte Chemie International Edition*, 52(34), 8798-809.
- Giorgio, T. (2014) *Technology Life Cycle and Specialization Patterns of Latecomer Countries. The Case of the Semiconductor Industry*. UNU-MERIT Working Paper Series.

- Griliches, Z. (1957) Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 25(4), 501-22.
- Hart, J. A., Lenway, S. A., and Murtha, T. (1999) *A History of Field Emission Displays*. Indiana University.
- Hass, W., Adams, J., and Flannery, J. B. (1970) AC-Field-Induced Grandjean Plane Texture in Mixtures of Room-Temperature Nematics and Cholesterics. *Physical Review Letters*, 24(11), 577-8.
- Heilmeier, G. H., Zanoni, L. A., and Barton, L. A. (1968) Dynamic Scattering: A New Electrooptic Effect in Certain Classes of Nematic Liquid Crystals. *Proceedings of the IEEE*, 56(7), 1162-71.
- Heilmeier, G. H., and Zanoni, L. A. (1968) Guest-Host Interactions in Nematic Liquid Crystals: A New Electro-optic Effect. *Applied Physics Letters*, 13(3), 91-2.
- Holonyak Jr, N., and Bevacqua, S. F. (1962) Coherent (Visible) Light Emission from Ga (As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>) Junctions. *Applied Physics Letters*, 1(4), 82-3.
- Hummon, N. P., and Doreian, P. (1989) Connectivity in a Citation Network: The Development of DNA Theory. *Social Networks*, 11, 39-63.
- Hummon, N. P., and Doreian, P. (1990) Computational Methods for Social Network Analysis. *Social Networks*, 12, 273-88.
- Hummon, N. P., Doreian, P., and Freeman, L. C. (1990) Analyzing the Structure of the Centrality-Productivity Literature Created Between 1948 and 1979. *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, 11(4), 459-80.
- Intepe, G., and Koc, T. (2012) The Use of S Curves in Technology Forecasting and its Application On 3D TV Technology. *In Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 71, 1482.
- Janis, I. L. (1972) *Victims of Groupthink: A Psychological Study of Foreign-Policy Decisions and Fiascoes*, Houghton Mifflin.
- Kahneman, D. (2011) *Thinking, Fast and Slow*, Macmillan. (=2012、村井章子訳『ファスト&スロー (上) (下)』、早川書房。)
- Kinugawa, K., Kondo, Y., and Kanasaki, M. (1986) 640×400 Pixel LCD Using Highly Twisted Birefringence Effect with Low Pretilt Angle. *SID International Symposium*

*Digest of Technical Papers*, 1986, 122-5.

Kitani, A., Yano, J., and Sasaki, K. (1986) ECD Materials for the Three Primary Colors Developed by Polyanilines. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 209(1), 227-32.

Koike, Y., Kataoka, S., Sasaki, T., Chida, H., Tsuda, H., Takeda, A., and Okamoto, K. (1997) A Vertically Aligned LCD Providing Super-High Image Quality. *IDW*, 97, 159-62.

Kondo, K., Konishi, N., Kinugawa, K., and Kawakami, H. (1995) Wide Viewing Angle Displays with In-Plane Switching Mode of Nematic LCs Addressed by TFT. *In Proc. International Display Workshops*, 1995, 43-6.

Kuhn, T. S. (1970) *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Print.  
(=1971、中山茂訳『科学革命の構造』みすず書房。)

Lechner, B. J., Marlowe, F. J., Nester, E. O., and Tults, J. (1971) Liquid Crystal Matrix Displays. *Proceedings of the IEEE*, 59(11), 1566-79.

Le Comber, P. G., Spear, W. E., and Ghaith, A. (1979) Amorphous-Silicon Field-Effect Device and Possible Application. *Electronics Letters*, 6(15), 179-81.

Lee, F., and Olav, S. (2001) Technology as a Complex Adaptive System: Evidence from Patent Data. *Research Policy*, 30, 1019-39.

Lehmann, O. (1889). On Flowing Crystals. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 4, 462.

Mann, D. (2004) *Hands on Systematic Innovation: For Business and Management*, Edward Gaskell Publishers. (=2004、中川徹訳『TRIZ 実践と効用 (1) 体系的技術革新』、創造開発イニシアチブ。)

Mansfield, E. (1961) Technical Change and the Rate of Imitation. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 29(4), 741-66.

March, J. G. (1991) Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*, 2 (1), 71-87.

Matsui, M., Shiraki, Y., Katayama, Y., Kobayashi, K. L. I., Shintani, A., and Maruyama, E. (1980) Polycrystalline - Silicon Thin - Film Transistors on Glass. *Applied Physics Letters*, 37(10), 936-7.

Mori, H., Itoh, Y., Nishiura, Y., Nakamura, T., and Shinagawa, Y. (1996) Optical Performance of a Novel Compensation Film for Wide-Viewing-Angle TN-LCDs. *AM-LCD*,

96, 189-92.

Narin, F., and Olivastro, D. (1988) Technology Indicators Based on Patents and Patent Citations. In Van Raan, A. F. J. (eds.) *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, 465-507.

Okumura, H., Baba, M., Taira, K., and Kinno, A. (2002) Advanced Level Adaptive Overdrive (ALAO) Method Applicable to Full HD - LCTVs. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 33(1), 68-71.

Feynman, R. (1986). *Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident*. Presidential Commission on Space Shuttle Challenger.

Reinitzer, F. (1888) Beiträge Zur Kenntniss des Cholesterins. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 9(1), 421-41.

Rogers, E. M. (1962) Diffusion of Innovations. *New York, USA: Free Press of Glencoe*, 1, 79-134.

Schadt, M., and Helfrich, W. (1971) Voltage-Dependent Optical Activity of a Twisted Nematic Liquid Crystal. *Applied Physics Letters*, 18(4), 127-8.

Scheffer, T. J., and Nehring, J. (1984) Optimization of Contrast Ratio in Reversed-Polarizer Transmissive-type Twisted Nematic Displays. *Journal of Applied Physics*, 45, 908-14.

Scheffer, T. J., Nehring, J., Kaufmann, M., Amstutz, H., Heimgartner, D., and Eglin, P. (1985) 24×80 Character LCD Panel Using the Supertwisted Birefringence Effect. *SID International Symposium Digest of Technical Papers*, 1985, 120-3.

Schumpeter, J.A. (1912) *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, Duncker & Humblot  
(=1977、塩谷谷祐一・東畑精一・中山伊知郎訳『経済発展の理論』、岩波文庫。)

Shinoda, T., Yoshikawa, K., Miyashita, Y., and Sei, H. (1981) Characteristics of Surface-Discharge Color AC-Plasma Display Panels. *SID Symposium Digest*, 1981, 164-5.

Shinoda, T., and Niinuma, A. (1984) Logically Addressable Surface Discharge AC Plasma Panels with New Write Electrode. *SID Symposium Digest*, 1981, 172-5.

Snell, A. J., Mackenzie, K. D., Spear, W. E., Le Comber, P. G., and Hughes, A. J. (1981) Application of Amorphous Silicon Field Effect Transistors in Addressable Liquid Crystal Display Panels. *Applied Physics*, 24(4), 357-62.

- Soref, R. A. (1973) Interdigital Field-Effect Liquid-Crystal Displays. *SID International Symposium Digest of Technical Papers*, 1973, 34-5.
- Spear, W. E., and Le Comber, P. G. (1975) Substitutional Doping of Amorphous Silicon. *Solid State Communications*, 17(9), 1193-6.
- Stoner, J.A. (1961) A Comparison of Individual and Group Decision Involving Risk. *Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology*.
- Stoner, J.A. (1968) Risky and Cautious Shifts in Group Decisions: The Influence of Widely Held Values. *Journal of Experimental Social Psychology*, 4, 442-59.
- Sunstein, C. R., and Hastie, R. (2014) Making Dumb Groups Smarter, *Harvard Business Review*, 12, 90-8. (=2015、倉田幸信訳「いま明かされる集団思考のメカニズム」『Diamond Harvard Business Review』6、12-26。)
- Tang, C. W., and Van Slyke, S. A. (1987) Organic Electroluminescent Diodes. *Applied Physics Letters*, 51(12), 913-5.
- Teece, D. J., Pisano, G., and Shuen, A. (1997) Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-33.
- Trajtenberg, M. (1990) *Economic Analysis of Product Innovation: The Case of CT Scanners*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Uchida, T., Yamamoto, S., and Shibata, Y. (1983) A Full-Color Matrix Liquid-Crystal Display with Color Layers on the Electrodes. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 30(5), 503-7.
- Van Kessel, P. F., Hornbeck, L. J., Meier, R. E., and Douglass, M. R. (1998) A MEMS-Based Projection Display. *Proceedings of the IEEE*, 86(8), 1687-704.
- Van Maanen, J., and Barley, S. R. (1984). *Occupational Communities: Culture and Control in Organizations*. *Research in Organizational Behavior*, 6, 287-365.
- Verspagen, B. (2007). Mapping Technological Trajectories as Patent Citation Networks: A Study on the History of Fuel Cell Research. *Advances in Complex Systems*, 10(01), 93-115.
- Vladimir, B. (2003) Efficient Algorithms for Citation Network Analysis. *Ministry of Education, Science and Sport of Slovenia*.
- Weber, L. (2006) History of the Plasma Display Panel. *IEEE Transactions on Plasma*

*Science*, 34(2), 268-78.

Whyte, W. H. (1952) Groupthink. *Fortune*, 1952(3), 114-7.

Williams, R. (1963) Liquid Crystals in an Electric Field. *Nature*, 199, 273-4.

#### 4. 日本特許

井上修・多田隈昭・森高志・舞田尚之（出願 1987、公開 1989）「電気泳動表示装置」『特許 2551783 号』。

太田勲夫（出願 1969、公告 1975）「表示あるいは記録装置」『特許 0800963 号』。

川上英昭（出願 1973、公開 1975）「液晶マトリックス・ディスプレイの駆動方法」『特許 1210988 号』。

和田啓志・和田信治・飯島千代明・永田光夫・青木和雄（出願 1987、公開 1997）「液晶装置」『特許 2947206 号』。

和田啓志・和田信治・飯島千代明・永田光夫・青木和雄（出願 1987、公開 1989）「液晶装置」『特許 1729110 号』。

#### 5. 外国特許

Atalla, M. M. (Filed 1960 and Issued 1962) Semiconductor Triode. *U.S.P. No. 3056888*.

De Forest, L. (Filed 1906 and Issued 1907) Device for Amplifying Feeble Electrical Currents. *U.S.P. No. 841387*.

Ferguson, J. (Filed 1960 and Issued 1963) Thermal Imaging Devices Utilizing a Cholesteric Liquid Crystalline Phase Material. *U.S.P. No. 3114836*.

Funada, F., Matsuura, M., and Wada, T. (Filed 1981 and Issued 1984) Interference Color Compensation Double Layered Twisted Nematic Display. *U.S.P. No. 4443065*.

Hoerni, J. A. (Filed 1959 and Issued 1962) Method of Manufacturing Semiconductor Devices. *U.S.P. No. 3025589*.

Hosono, H., Hirano, M., Ota, H., Kamiya, T., and Nomura, K. (Filed 2005 and Issued 2007) Amorphous Oxide and Thin Film Transistor. *U.S.P. No. 20070194379*.

Kahng, D. (Filed 1960 and Issued 1963) Electric Field Controlled Semiconductor Device. *U.S.P. No. 3102230*.

Kilby, J. S. (Filed 1959 and Issued 1964) Miniaturized Electronic Circuits. *U.S.P. No.*

3138743.

Lilienfeld, J. E. (Filed 1926 and Issued 1930) Method and Apparatus for Controlling Electric Currents. *U.S.P. No. 1745175*.

Lilienfeld, J. E. (Filed 1928 and Issued 1933) Device for Controlling Electric Current. *U.S.P. No. 1900018*.

Little, J. B., and Teal, G. K. (Filed 1950 and Issued 1954) Production of Germanium Rods Having Longitudinal Crystal Boundaries. *U.S.P. No. 2683676*.

Mano, T., Kodaira, T., and Ohshima, H. (Filed 1992 and Issued 1994) Method of Manufacturing Thin Film Transistor and Active Matrix Assembly Including Same. *U.S.P. No. 5294555*.

Noyce, R. N. (Filed 1959 and Issued 1961) Semiconductor Device-and-Lead Structure. *U.S.P. No. 2981877*.

Shockley, W. (Filed 1949 and Issued 1951) Circuit Element Utilizing Semiconductive Material. *U.S.P. No. 2569347*.

Teal, G. K. (Filed 1950 and Issued 1955) Methods of Producing Semiconductive Bodies. *U.S.P. No. 2727840*.

Weimer, P. K. (Filed 1961 and Issued 1966) Solid State Device with Gate Electrode on Thin Insulative Film. *U.S.P. No. 3258663*.

## 6. URL

1. 産業革新機構「基本理念と投資基準」産業革新機構ホームページ（2017年11月8日閲覧、<https://www.incj.co.jp/business/goal/index.html>）。
2. 産業革新機構「2012年12月10日ニュースリリース ルネサスエレクトロニクス株式会社への共同出資を決定」産業革新機構ホームページ（2017年11月8日閲覧、<https://www.incj.co.jp/news/upload/docs/1417688372.01.pdf>）。
3. 産業革新機構「2011年11月15日ニュースリリース 中小型ディスプレイ事業統合に関する正式契約の締結について」産業革新機構ホームページ（2017年11月8日閲覧、<https://www.incj.co.jp/news/assets/1321413998.02.pdf>）。
4. ジャパンディスプレイ「新株式発行並びに株式売出届出目論見書平成26年2月」ジャパンディスプレイホームページ（2017年11月8日閲覧、<http://v4.eir->

parts.net/Custom/public/parts/6740/ja/parts/pdf/mkr00.pdf)。

5. Katzmaier D. (2017) Shambling Corpse of 3D TV Finally Falls Down Dead (Retrieved on September 04, 2017, <https://www.cnet.com/uk/news/shambling-corpse-of-3d-tv-finally-falls-down-dead/>)
6. キヤノン株式会社 (2010) 「キヤノンニュースリリース 2010 年 8月18日 子会社の精算に関するお知らせ」 キヤノン株式会社ホームページ (2017 年 9 月 4 日閲覧、<http://web.canon.jp/pressrelease/2010/p2010aug18j.html>)。
7. 日本特許庁 (2017) 「IPC 分類表及び更新情報 (日本語版)」 日本特許庁ホームページ (2017 年 11 月 17 日閲覧、[https://www.jpo.go.jp/shiryousonota/kokusai\\_t/ipc8wk.htm](https://www.jpo.go.jp/shiryousonota/kokusai_t/ipc8wk.htm))。
8. 日本特許庁 (2017) 「F タームテーマコード一覧情報 (テーマコード表)」 日本特許庁ホームページ (2017 年 11 月 17 日閲覧、<https://www.jpo.go.jp/shiryousonota/themecode.htm>)。
9. 工業所有権情報・研修館「先行研究調査－IPC、FI、F ターム編」 工業所有権情報・研修館ホームページ(2017年11月10日閲覧、<http://www.inpit.go.jp/content/100798564.pdf>)。