

金型産業における 3 次元 CAD システム¹利用の新展開

藤 川 健

はじめに

- I 3次元 CAD システムの影響
- II 3次元 CAD システムを戦略的に利用する金型製造企業
- III 3次元 CAD システムの戦略的な利用方法に関する考察
おわりに

はじめに

本稿の目的は、国内の金型産業における 3 次元 CAD システムの新たな利用方法を検討することである。今日の金型産業は厳しい環境変化に見舞われている。その最たるものは、自動車向けプレス用金型においてビック 3 と称された、オギハラ、富士テクニカ、宮津製作所の再建である。同業界の第 1 位であるオギハラは、2009 年 3 月にタイの自動車部品大手タイ・サミットの傘下となり、2010 年 4 月に中国の主要電池・自動車メーカー BYD に館林工場を手渡した。また、第 2 位の富士テクニカと第 3 位の宮津製作所は、2010 年 9 月に政府主導の下で統合に合意し、企業再生支援機構から 53 億円の融資を受けた。いずれの企業も、創業から 50 年以上続く日本を代表する金型製造企業であり、世界有数の優れた技術を保有すると言われていた。このようなことから、金型産業では想定できないような環境変化に直面していることを垣間見ることができ

る。そのような中で、個別の金型製造企業は国内外の競合他社との差別化を図るため、3 次元 CAD システムを積極的に活用しているものと予想される。ところが、これまでの金型産業に関する先行研究では 3 次元 CAD システムが金型図面データの不当な流出を助長し、取引先企業に金型製造に関する技能を漏洩する恐れがあることを論じたものが多かった。換言すれば、金型産業研究における 3 次元 CAD システムの役割は受動的な利用による負の側面を強調したものが少なくない。また、3 次元 CAD システムの能動的な利用による正の役割を主張する一部の議論においても、当該金型製造企業が如何な

1 近年、多くの金型製造企業では、CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAE (Computer Aided Engineering), CAT (Computer Aided Testing) と呼ばれる種々の情報技術を導入している。本論文ではそれらを CAD システムと総称することにする。CAD システムとして扱う理由は、現在の 3 次元 CAD が CAM, CAE, CAT と密接に関わり、それらの基幹として複合的に利用されているためである。

る理由で利用し、どのような効果があったのかを詳細に分析してこなかったと言えよう。したがって、本稿では3次元CADシステムを利用する理由やその効果を精査した上で、金型製造企業の能動的な利用方法を検証することを心掛けている。

本稿の叙述は次の通りである。Ⅰでは、既存研究で行われている完成品製造企業と金型製造企業の3次元CADシステムの影響を確認する。そして、Ⅱでは型種の異なる5社の金型製造企業を取り上げ、如何に3次元CADシステムを戦略的に利用しているのかを把握する。さらに、ⅢではⅡで見た3次元CADシステムの戦略的な利用方法を中小企業の情報化を整理する分析視点から検討する。

Ⅰ 3次元CADシステムの影響

1. 3次元CADシステムについて

今日の完成品製造企業の製品開発過程では、情報技術が重要な役割を果たしている。一例を挙げれば、製品設計者が扱う道具は、設計図、鉛筆、計算尺から、パソコンのソフトウェアへと変化している。現在、多くの製品設計者が利用するソフトウェアは、新世代3次元CADと呼ばれるものである。新世代3次元CADとは、立体の輪郭線のみを定義するワイヤフレームや、曲面を定義するサーフェスといった旧世代3次元CADとソリッドを区別するために使われている。旧世代3次元CADは、立体の外部のみを定義する技術であり、内部の情報をデジタルデータとして保存することが不可能であった。また、旧世代3次元CADは、モデル作成に手間が掛かる上、線が入り組んだ複雑な形状を鮮明に表示することが困難であった。そのため、旧世代3次元CADは試作に莫大なコストが掛かる発電機や航空機のCAE、複雑な外観形状を持つ自動車や家電のCAMにおける起点として利用されるなど用途が限られていた。それに対し、ソリッドと呼ばれる新世代3次元CADは、立体の内部構造までも含めた製品全体をデジタル情報として定義することが可能である。このような製品全体のデータ化により、新世代3次元CADは、様々な産業に及ぶ種々の完成品製造企業の製品設計を支援する中核的なツールとなっている²。

それに伴い、3次元CADは、完成品製造企業の製品設計作業の効率化を促した。さらに、3次元CADは、設計作業の効率化だけに留まらず、設計者個人の技能、組織形態、事業活動の在り方にも変革をもたらすとの報告がなされている。他方、3次元CADは、製品データの送信側である完成品製造企業と受信側である金型製造企業という企業と企業を繋ぐ情報伝達のツールとしても利用されている。そのため、3次元CADは金型製造企業に過大な負担を強いる、諸々の悪影響を及ぼすとの指摘もなされている。本

2 竹田 [10] 3～5 ページ。

稿では、始めに3次元CADを中心としたCADシステムが企業にどのような影響を及ぼすのかを完成品製造企業と金型製造企業に分けて検討することにする。完成品製造企業と金型製造企業を区別して把握する理由は、同種の情報技術を双方が利用した場合に異なる影響が生じているためである。

2. 完成品製造企業における3次元CADシステムの影響

3次元CADシステムを経済学や経営学の視点から分析した研究は、主に自動車産業や電機産業の完成品製造企業における組織の影響として進められてきた。例えば、青島・延岡・竹田は、3次元CADの影響を「情報転写と情報解釈の簡略化」と、「製品情報の柔軟性と高度なメディア機能による開発の同期化」の2つとして要約している。第1の「情報転写と情報解釈の簡略化」とは、3次元CADが製品開発における情報転写プロセスを簡略化し、開発分業構造に大幅な変更を迫ることである。製品開発を一連の情報転写プロセスだと仮定した場合、製品の品質は異なる設計ステージに跨る情報転写の正確性を確保するための組織プロセスに大きく依存する。そこで必要となる機能部門と組織間の密接なコミュニケーションや柔軟な調整活動が、日本の製造業の開発プロセスの強みであると言われてきた。しかしながら、3次元CADで製品設計を行えば、設計情報は厳密に定義され、曖昧な部分がほとんど存在しなくなる。したがって、原理的には設計情報の解釈やすりあわせを目的とした組織的なやり取りは不要になる⁴。さらに、3次元形状の定義は、設計情報をデータとして一元化することが可能になる。そのため、3次元CADは、各部門が設計情報を独自に加工することの必要性や、その部門のローカルな独自性を低下させると言う。

第2の「製品情報の柔軟性と高度なメディア機能による開発の同期化」は、3次元CADが製品情報を低コストで組み合わせることや、変更・修正することができることに由来する。3次元CADでは、試作図面の完成前にデジタル上で仮想組立を行うことや、設計と同時に解析を行うことを可能にする。このように、3次元CADは、設計、解析、試作と流れる開発サイクルを同時並行で進行するプロセスへと転換する可能性がある。また、3次元CADは、誰にでも理解可能な3次元ビジュアル映像として、製品形状、大きさ、質量、部品相互の関係、動作などの製品属性を表現することができる。したが

3 青島・延岡・竹田 [2] 96~99 ページ。

4 ただし、3次元CADを利用している金型製造企業に行った筆者の聞き取り調査では、従来から完成品製造企業と行ってきた濃密なコミュニケーションや調整活動が不要になったとするものは少なかった。したがって、筆者は、3次元CADによってコミュニケーションや調整活動自体が失われるのではなく、完成品製造企業との関係性の中で生じるやり取りに強弱が生じる可能性があるのではないかと考えている。このような3次元CADを利用した企業間でのコミュニケーションや調整活動の実態は、後述する完成品製造企業の3次元CADシステムの利用方法や、利用の効果として再考する必要があると考えている。

って、3次元CADは、設計の初期段階から、下流工程に位置する部門、サプライヤー、顧客などの多様な視点を盛り込むことが可能になる。ただし、これらのことは、組織の中での分業構造や専門性の変革にも繋がると述べている。

上記の影響を踏まえ、3次元CADは、完成品製造企業の開発期間の短縮、設計品質の向上、開発工数の削減などに貢献するとの指摘がある。他方で3次元CADは、開発工数の増加や開発期間の遅延を招く、またはそれらに効果が現れないという真逆の報告もなされている⁵。このような矛盾は、3次元CADを利用する前提となる産業特性や製品特性の相違が開発パフォーマンスに異なる効果をもたらすことから生じていると予想できる⁶。ただし、3次元CADを利用することによる開発成果の差異が組織内部の如何なる理由から生じているのかを分析した研究も盛んに行われている。そのような3次元CADと開発成果の関係を論じたものも示唆に富む。

詳述すれば、延岡は、自動車産業の製品設計における3次元CAD利用に際し、全体最適化を意識した3次元CADの導入、設計者のマルチスキル化、開発プロセスと組織構造の変革の3点を3次元CAD導入要件として挙げ、3点同時に満たさなければ製品開発成果を悪化させることを明らかにした⁷。同様に、青島・延岡・竹田は、上場機械系企業全社、店頭公開企業と未上場企業からの無作為抽出84社に対して行った質問紙郵送調査から得た169社のデータを基に、部分最適化を進める製品設計部門が3次元CAD導入の推進母体となるよりも、全体最適化を目指す全社レベルの専属部隊が母体となる方が製品開発成果を向上させることを実証した⁸。また、竹田は、情報機器・AV機器の開発プロジェクト6例の事例研究の中で、コミュニケーションを支援する3次元CAD導入プロジェクトが、製品設計部門と金型設計部門のコミュニケーションのフロント・ローディング⁹を引き起こし、製品開発成果を向上させることを見出した¹⁰。このように、いずれの研究においても、完成品製造企業は、3次元CADシステムをただ利用するだけでなく、作業分担の変更などの製品開発プロセス全体の革新として導入しなければ便益を享受し得ないことを示唆している。そして、製品開発プロセスを革新するためには、3次元CADシステムを何故利用するのかという意図が明確になっている必要があるとも述べられている。

5 青島・延岡・竹田 [1] 24～29 ページ。

6 詳しくは、太田 [5] [6] や藤本・安本 [22] を参照されたい。

7 詳しくは、延岡 [16] を参照されたい。

8 詳しくは、青島・延岡・竹田 [2] を参照されたい。

9 竹田 [11] 47 ページ。竹田 [11] によれば、コミュニケーションのフロント・ローディングとは、「製品設計の初期の段階で3次元画像を見せながら金型業者から意見を聴取して金型が製造しやすい設計にするなど、3次元情報技術のメディア機能を活用して、部門間や外注先との間における問題検討を前倒しさせ、プロジェクト後半における調整の必要性を著しく減少させるという現象」と定義している。

10 詳しくは、竹田 [10] を参照されたい。

3. 金型製造企業における3次元CADシステムの影響

以上を踏まえ、完成品製造企業の製品開発プロセスの変革を実現するためには、金型製造企業が3次元データを受領することが前提となっている。換言すれば、完成品製造企業の製品開発パフォーマンスを向上させるためにも、金型製造企業が3次元CADの導入を強いられていることを意味する。したがって、金型製造企業は3次元CADの利用に受身な立場にあるとも言えよう。さらに、3次元CADは、頻繁なソフトウェアの更新が必要となり、金型製造企業が財務的な負担を被るとも考えられる。

また、従来の金型産業を論じた研究では、完成品製造企業の国際化によって生じた曖昧な取引慣行や図面流出の問題と関連させ、3次元CADを論じることが多い¹¹。一例を挙げれば、田口は、完成品製造企業の海外展開と情報化を背景として、金型製造企業の持つ暗黙知として形成されたノウハウが形式知として可視化できるようになってきたと言う。そして、汎用的な部品の金型を製造する金型製造企業に対し、完成品製造企業は、3次元CADを利用し、力関係を媒介しながらノウハウを一方向的に吸い上げていると主張する¹²。さらに、植田は、日本の完成品製造企業の海外生産の拡大に従い、補修用の金型設計データの提供が、知的財産権侵害の問題、その要請に金型製造企業が拒否することが現実的に行い難い問題、複製品の製造が容易になった問題を生じさせていると述べている。とりわけ、複製品の製造に関しては、3次元CADが海外の金型製造企業の発展に活用され、国内金型製造企業の存立基盤を揺るがしている点を強調している¹³。

それらの指摘は、金型製造企業の意図にかかわらず、3次元CADを導入しなければならないことが前提となっており、金型産業に潜む本質的な問題を解明するための重要な視座を与える。しかしながら、完成品製造企業が受ける3次元CADシステムのメリットを考慮すれば、競合他社との差別化を図るため、金型製造工程や取引関係の中で積極的に利用している金型製造企業も存在している可能性がある。つまり、同じ金型産業の中でも、3次元CADシステムを製品データの受領だけに利用している金型製造企業と、それを戦略的な利用にまで昇華させているものが混在していると考えられる¹⁴。ところが、そのような金型製造企業の視点に立ち、能動的な3次元CADシステムの利用方法を検討した既存研究は少ない¹⁵。したがって、以下では、型種の異なる5つの金型製造

11 不当な図面流出の実際は、斉藤 [7] が参考になる。

12 田口 [8] 128～130 ページ。

13 植田 [4] 95～101 ページ。

14 竹田 [12] では、金型製造企業を含む素材材関連サプライヤーの3次元CADの認識に関する質問紙郵送調査を実施している。その結果によれば、利用者の3次元CADに対する認識は、顧客との統合を促すもの、内部プロセス改革を支援するもの、顧客のデータを受領するものというタイプの異なる3種類が存在していることを明らかにしている。

15 金型製造企業の視点から3次元CADシステムの利点を論じたものは、浅井 [3]、田口 [9]、西野 [13] [14] などに散見する。しかしながら、それらの文献では、調査対象となった金型製造企業が3次元CADシステムをどのように競合他社との差別化に利用しているのかが明確に示されていない。

第 1 表 事例で扱う金型製造企業

企業名	都道府県	金型型種1	金型型種2	金型型種3	サブ業務	創業年	従業員数	資本金	売上額	主要取引先 1	主要取引先 2	主要取引先 3
A 社	静岡県	プレス	プラスチック			1956 年	217 名	9800 万円	41 億 5000 万円	日産自動車株式会社	スズキ株式会社	株式会社中外
B 社	大阪府	鍛造	粉末冶金	プレス	パッケージソフト業	1961 年	220 名	8500 万円	35 億 5000 万円	ウメトク株式会社	日産自動車株式会社	日本特殊陶業株式会社
C 社	神奈川県	プラスチック				1948 年	240 名	4950 万円	27 億 5000 万円	ソニー株式会社	パナソニック株式会社	日産自動車株式会社
D 社	新潟県	鋳造	ダイカスト			1920 年	128 名	4000 万円	12 億 4000 万円	トヨタ自動車株式会社	株式会社豊田自動織機	日野自動車株式会社
E 社	大阪府	ガラス	プラスチック	ゴム		1916 年	31 名	1000 万円	4 億 6000 万円	日本電気硝子株式会社	岡本硝子株式会社	HOYA 株式会社

注：企業情報は全て調査時点である。

出所：帝国データバンクとの共同研究の成果と筆者の聞き取り調査の結果から作成。

企業の事例を通じ、3次元CADシステムの戦略的な利用方法を紹介する。さらに、そのような利用方法を「中小企業の情報化を整理する分析視点」に当てはめ、金型産業における3次元CADシステムの利用に新展開が生じていることを提示することにする。IIの事例で扱う企業を一覧として整理したものが第1表である。

II 3次元CADシステムを戦略的に利用する金型製造企業

1. プレス用金型製造企業の事例

A社は、1956年に静岡県で創業したプレス用金型専門企業である。同社は、自動車¹⁶のサイドアウター、ボンネット、フロントフェンダーなどのボディ周りの金型を製造する本社工場と、フロアカーペット、ダッシュサイレンサー、ドアトリムなどの内装部品の金型を手掛ける大垣工場の2つの製造拠点を持つ。また、同社は、プラスチック用金型¹⁷を主力とするS1社、自動車用の中・小物のプレス用金型を製造するS2社、幅広い業種から機械加工を受託するS3社を含めたグループの一員として構成され、中心的な役割を担っている。2012年の調査時点におけるA社単独の従業員数は217名、資本金が9800万円、売上額が41億5000万円である。主要な取引先は、国内と海外の自動車の完成品製造企業及び関連の部品製造企業¹⁸である。そして、同社は、製造する金型のサイズに応じ、500tから2500tまでのトライアル用大型プレス機を複数台保有している。

A社の特色ある取り組みは、グループ内に技術開発、情報通信、社員教育の充実を目的としたテクニカルセンターを設置していることである。テクニカルセンターで行う技術開発とは、これまで蓄積してきた金型製造に関するノウハウをCAMに落とし込む

16 A社の記述は、2012年3月13日の聞き取り調査、同社のホームページ（2013年1月4日閲覧）、中小企業庁のホームページ（2013年1月4日閲覧）から確認した「元気なものの作り中小企業300社」としての紹介や、平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業研究開発成果等報告書に基づく。

17 A社は、国内の他にもベトナムに設計のみを行う企業を所有している。

18 A社への聞き取り調査によれば、売上額の比率は国内が90%、海外が10%であった。

ことを中心に行っている。そして、情報通信では、正確で迅速な金型製作を推進するため、点在する各拠点に向けてテクニカルセンターから一括でCAMの情報を発信している。さらに、人材教育では、テクニカルセンター内で毎年数名程度指導し、それぞれの工場へ送り出すことを行っている。また、同社では、女性の採用にも力を入れ、女性社員が仕上から納品までを担当していることにも特徴がある。そのような同社の取り組みは、2008年に中小企業庁が行った「元気なもの作り中小企業300社」の中で紹介され、対外的に評価を得ている。このように情報化を精力的に推進するA社が導入している3次元CADはCADCEUS, Unigraphics, CAMがCLIKS 21 Expert, Die-Stacker, WorkNC, CADmeisterなどである。以下では、戦略的基盤技術高度化支援事業におけるCAEに関する試みを中心に同社の3次元CADシステムを紹介する。

A社がメンバーであった「省エネ超軽量自動車向けウルトラハイテン材のスプリングバック制御可能なプレス金型設計システムの開発」は、2009年の戦略的基盤技術高度化支援事業に採択された。同プロジェクトでは、事業管理者がJFEテクニカルセンター、法認定事業者がA社となっている。なお、この課題は、再委託先として東京農工大学や静岡県工業技術研究所が名を連ねており、産官学連携の形態で行われた。プロジェクトの趣旨は次の通りである。昨今の環境保護や経済情勢から、今日の自動車には、軽量化、衝突安全性、低コストを満たすウルトラハイテン材の採用が増加している。しかしながら、ウルトラハイテン材のプレス加工は、スプリングバックの量が大きく、加工した形状を事前に予測することが困難であった。さらに、これまでの修正は、熟練作業者の経験に基づき、トライ後に行ってきた経緯がある。それに対し、プレス金型設計システムの開発では、CAEで行った予測値と3次元測定機で計測した実物の値を比較し、その差異をシミュレーションにフィードバックして精度を向上させることが目的であった。その結果、A社では、ウルトラハイテン材の金型設計、調整、検査の作業を迅速化することが可能となった。したがって、A社は先端の素材に対して3次元CADシステムを応用し、金型設計工程や組立・調整・検査・トライアル工程の改善を実現している事例として位置付けることが可能であろう。

2. 鍛造用金型製造企業の事例

B社は、1961年に創業した大阪府に立地する鍛造用金型兼業企業である¹⁹。同社では、自動車を中心としたヘリカルギヤ、ベアリング、デジタルダイスなどの精密や大物の冷間鍛造用金型を主力とし、温間・熱間・冷間複合鍛造用金型、非鉄金属鍛造用金型、フローフォーミング成形用金型も手掛けている。トライアル用のプレス機は、400t、1200

19 B社の記述は、2006年8月25日並びに2011年3月22日の聞き取り調査、同社のホームページ（2013年1月4日閲覧）に基づく。

t, 1600 t を揃えている。国内の製造拠点は、大阪工場、東京工場、広島工場の 3 拠点である。また、海外の製造拠点は、中国、タイ、シンガポールにある。2011 年の調査時点における同社の従業員数は 220 名、資本金が 8500 万円、売上額が 35 億 5000 万円である。現在、B 社は、金型製造の他にも、鍛造に関わる CAE パッケージソフトを販売している。そして、同社のソフト販売事業は、リーマンショック以降も順調に推移し、2011 年の 3 月時点で売上額の 25% 前後を占めるに至っている²⁰。主なソフトの販売先は、トヨタ、日産、ホンダなどの完成品製造企業を始め、その関連企業であるティア 1 やティア 2 などの部品製造企業にも納入している。なお、鍛造用金型の顧客も 8 割近くが自動車産業である²¹。同社が導入している 3 次元 CAD は ICAD、CAM が EUKLID、CAE が DEFORM などである。B 社のパッケージソフトの販売事業を中心に 3 次元 CAD システムの役割を見ていこう。

B 社の販売する CAE パッケージソフトが DEFORM である。DEFORM は、金属の材料流れ、工具への負荷状態、熱処理による変形、切削時の切り屑予測などを有限要素法でシミュレーションするソフトである。DEFORM は、1970 年代後半に米国バテル研究所でその前身である ALPID として開発された。その後、同研究所のスタッフが SFTC 社を設立し、製品名を DEFORM と改めてリリースした。DEFORM は、2 次元の塑性加工シミュレーションである DEFORM-2 D と、3 次元の塑性加工シミュレーションである DEFORM-3 D をベースに、熱処理シミュレーションの DEFORM-HT や、切削シミュレーションの DEFORM-MA などを追加できるソフトウェアである。さらに、同社では、解析の対象を鍛造に絞り、操作方法を簡略化した DEFORM-F 2 や DEFORM-F 3 も販売している。ソフトの価格は、平面を表す 2 次元 (DEFORM-2 D) と複雑な局面を扱う 3 次元 (DEFORM-3 D) のセットで 1200~1300 万円程度である。

B 社が上記の DEFORM-2 D と DEFORM-3 D を金型製造工程に導入したのは 1995 年である。その後、同社は 1997 年に DEFORM の国内販売代理店になった。当時、DEFORM の国内総販売代理店は三菱商事であった。三菱商事は、鍛造用金型を専門とする B 社が日本の総販売代理店になることが適切と考え、2001 年に同社が独占販売権を取得することに了承した。そして、同社では、DEFORM の提供において、解析結果をどう読み取り、如何に金型を使用するのかまでを総合的にサポートできる体制を構築している。具体的に述べれば、B 社は、DEFORM の利用者としての立場から高度なソフトウェアのスキルを蓄積してきた。例えば、同社の東京工場は、型材や加工する鍛造素材の特性を測定する設備を導入している。さらに、東京工場は、トライ用のプレス機で

20 B 社の総売上額に占めるソフトウェア販売の比率は、訪問時の 2006 年 8 月時点で 10% 程度、再訪した 2011 年 3 月時点で約 25% であった。

21 2011 年 3 月時点では、B 社のソフトウェアの購入者は、金型の購入者と 7 割程度重複している。ソフトウェアの購入者におけるバッティングしない残りの 3 割は、航空機業界などの業種で占められていた。

加工物の検証を行うことが可能である。したがって、同社では、解析結果や実物から得られた情報を DEFORM に還元できる環境にある。さらに、同社では、上記の解析結果のみを提供するサービスも併せて行っている。

また、B社の金型事業では、DEFORMを金型設計段階で活用し、組立・調整・検査・トライアル工程におけるトライ回数の削減に取り組んでいる。さらに、それだけに留まらず、同社では金型の長寿命化にもDEFORMを駆使している。鍛造用金型は、自動車のエンジンやトランスミッションの生産に利用されており、新車開発時に必ず発注されるわけではない。したがって、鍛造用金型の新型を起こすサイクルは、4年から10年とその他の自動車向け金型よりも長く、不定期になり易い。ただし、エンジンやトランスミッションを製造する完成品製造企業や部品製造企業は、モデルチェンジまでの期間に鍛造用金型の設計変更を含め、更新型を頻繁に発注する。B社は、このような設計変更時にCAEの検討から寿命を延ばした金型を提案することが営業に結び付くと考えている。

したがって、B社の金型事業では、トライアル回数の削減や金型の長寿命化による提案型営業のために3次元CADシステムを利用していると考えられる。さらに、同社では、需要の繁閑が激しい不安定な金型事業を営む上で、3次元CADシステムをサブ業務として応用している事例と言えよう。

3. プラスチック用金型製造企業の事例

C社は、1948年創業の神奈川県に本社を置くプラスチック用金型専門企業である²²。2012年3月時点における同社の従業員数は240名、資本金が4950万円、売上額が27億5000万円である。国内の製造拠点は、神奈川工場、厚木工場、一関工場の3つである。また、海外では、スロバキア、メキシコ、マレーシア、タイで自社工場を持ち、量産まで手掛けているものも存在している。C社の取引先は、電機や自動車の完成品製造企業を中心に、70社を上回っている。C社が提供する金型の最終需要先は、電機、自動車、産業資材の3つに区分でき、それぞれが売上額の40%、50%、10%を占めている。そして、同社が主に手掛けるのは、テレビのベゼル、自動車のバンパー、輸送用パレットなど各領域における超大物のプラスチック用金型である。それに伴い、同社が所有するトライアル用の射出成形機は、上が4000tから下が350tまでと幅広いラインナップを取り揃えている。

C社の特徴は、金型製造に必要なものを自社で研究開発することにある。同社が開発したものの中には、バンパーを測定するために用いる非接触の3次元測定機、射出の圧

22 C社の記述は、2012年3月14日の聞き取り調査、同社のホームページ（2013年1月4日閲覧）に基づく。なお、C社は、国内で金型のみを手掛け、海外で金型と工業用樹脂製品を製造している。

力から生じる金型開き量を調べる計測機、金型の輸出時に必要となる金型重量を測定するシステム、工作機械などに使用する水が腐らない水溶性の切削液、海外の成形工場で活躍している移動式の金型修理工場などがある。それらを活かし、C社は、品質、コスト、納期の面で競合他社に対する差別化を図り、自社ブランドの構築を志向している。同社が導入している3次元CADシステムは、CADがCATIA、Pro-Engineer、UNI-GRAPHICS、IDEAS、CADCEUS、TOPsolid、CAMがTABIS、TOOLS、WORK-NC、MSG、CAEがMOLD-FLOWなどである。以下では、同社のデータ授受を中心とした3次元CADシステムの利用方法を確認する。

C社は、各社の3次元CADソフトを所有している。それは、製品設計に用いる3次元CADがそれぞれの取引先によって異なるためである。自動車産業を例に挙げれば、同社が受け取るデータは、トヨタがCATIA、日産とスズキがPro-Engineerである。さらに、各々の企業内で部署毎に使用する3次元CADが異なる場合もある。もちろん、3次元CADのデータは、異機種間で使用できるIGES、DXF、STEP、ParaSolidなどのフォーマットに変換することも可能である。しかしながら、そのような中間ファイル形式では、構造に絡むレイヤー、寸法線、注記、属性が受け渡しできないなど種々の問題が生じる恐れがある²³。したがって、C社が製品設計用の生データを受け取れることは、修正や確認などのデータ授受に付随する作業を不要とし、引き合い段階での競合他社に対する優位性となる。そして、同社では、得意先に応じたCADの使い方に関しても、独自の工夫を行っている。なお、同社が社内で3次元化を推進する主力として利用しているものはTOPsolidである。

さらに、C社のCAMに関する取り組みでは、オリジナルテンプレートの作成を意識的に行っている。また、同社では、国内で保持するトライ用の射出成形機と海外で保有する量産用の射出成形機を利用し、流動解析の結果を試作・量産両面の実射にて確認することが可能である。したがって、同社のCAEは、トライ用の射出成形機で検討することが困難な量産性の高め方までフィードバックされる。C社は、これまでに流動解析を1000件以上も行ってきた実績がある。そして、そこで得た解析結果は、量産までも視野に入れた金型を製造できるという同社の強みとして反映されている。以上のことから、C社は、主に引き合い段階での営業力を強化するために3次元CADシステムを利用している事例であると考えられる。

4. 鋳造用金型製造企業の事例

D社は、1920年に新潟県で創業した鋳造用金型専門企業である²⁴。同社は、ダイカス

23 日経CG編著 [15] 162～164ページ。

24 D社の記述は、2012年4月9日の聞き取り調査、同社のホームページ(2013年1月4日閲覧)、中小 /

ト（高圧鋳造）用金型，LP（低圧鋳造）用金型，GD（重力鋳造）用金型，シェル（シェル中子造形）用金型などの鋳造に関わる金型の試作・設計・製造を手掛けており，自動車のシリンダーブロックやトランスミッションなどの大物を得意とする企業である。2012年の調査時点における同社の従業員数は128名，資本金が4000万円，売上額が12億4000万円である。また，D社の製造拠点は，本社工場に集中しているが，2012年に一部金型部品を請け負う韓国支社を設立している。D社は，主要な取引先がトヨタとその系列部品製造企業であり，栄豊会にも所属している。同社は，顧客の高度で多様な要望に応えるため，1500tのダイカストマシーン，低圧鋳造機，重力鋳造機，シェル造型機などの各種トライアル機を保持している。

D社は，石油汲み上げポンプ向けの本製の型から始まり，プレス，鍛造，プラスチック，ダイカスト，鋳造，ガラスなど種々の金属製の型を製造してきた。そして，同社は約30年前から鋳造用金型，さらに20年前からダイカスト用金型に特化するようになった。鋳造用金型やダイカスト用金型は，他の型種と比較して更新型の注文が生じる。D社は，そのようなりピート型を安定して製造するため，早期に自動プロやNC工作機械を導入してきた。それが同社の情報化の端緒である。そして，D社の継続的な情報技術への投資は，2008年の中小企業庁主催「元気なモノ作り中小企業300社」や，2010年の経済産業省主催「中小企業IT経営力大賞2010」の中で先進事例として注目されている。現在，同社が導入する3次元CADはPro-Engineer，IDEAS，SolidWorks，Think-Design，CAMがWorkNC，MS，FF-CAM，CAEがTopCAST，Arena-flow，NASTRAN，PATRANなどである。以下では，D社の3次元CADシステムを利用した金型製造工程における3次元データでの一元管理の取り組みを中心に検討する。

同社では，主要な顧客が遠方に立地しているため，トライ後の修正を可能な限り不要にするよう心掛けてきた。そのため，D社は，金型部品の加工後に行う検査で不具合を発見するのではなく，如何に上流で問題を潰し込むのかに取り組んできた。したがって，同社では，金型設計段階でフロント・ローディングを行うために解析ソフトを充実させてきたと言える。その結果，同社が複数所有するCAEの中でも，高密度な粒子の流れを検証できるコールド・シェル砂充填解析ソフトArena-flowは，金型製造企業で導入しているものが少なく，取引先企業から受託解析を依頼されるほどである²⁵。また，D社では，顧客から受け取った製品形状部の3次元データを流用し，直接金型構造部

25 企業庁のホームページ（2013年1月4日閲覧）から確認した「元気なもの作り中小企業300社」としての紹介に基づく。なお，同社は，トライ用のダイカストマシーンを活用し，産業機械の部品も一部製造している。しかしながら，D社は，X線検査装置などの大型鋳物を常時生産するための設備投資が多額となるため，量産を本格化させていない。

25 Arena-flowの年間使用料は，400万円と高額である。D社によれば，同社以外にこのソフトを導入している金型製造企業は，存在しないとのことであった。

の設計を行っている。このように、同社は、顧客からデータを受領するために様々な3次元CADを取り揃えている。ただし、金型設計のメインで使用しているものは、Pro-Engineerである。さらに、D社は、金型構造部の設計を簡略化するため、使用する金型部品の多くをデータベース化している。このように、同社は、徹底した金型部品の標準化を推進している。そして、D社は、金型設計を通じて出力された3次元データをCAMデータ作成工程におけるカッターロケーションや、それに準じた加工シミュレーションに利用している。それに加え、同社は、金型部品の組立に要する作業手順書や、3次元測定機で必要となる数値としても3次元データを活用している。それら一連の3次元化への取り組みが結実し、同社では、トライ回数を削減し、検取期間を従来の2ヶ月から1ヶ月へと大幅に短縮することに成功した。したがって、D社は、金型製造工程を3次元データで一貫して管理することなどを通じ、各々の工程で効率化を達成している事例であると言えよう。

5. ガラス用金型製造企業の事例

E社は、1916年に創業した大阪府に立地するガラス用金型専門企業である²⁶。2011年3月時点における同社の従業員数は31名、資本金が1000万円、売上額が4億6000万円である。創業当時の同社は、ガラスの花器、食器、モニュメントなどのカットガラスの金型を多く手掛けていた。その後、E社は、1966年からブラウン管向け金型を製造するようになり、1990年代の後半まで順調に推移してきた。しかしながら、近年のテレビは、ブラウン管から液晶、プラズマへと技術的な変化を遂げている。したがって、ブラウン管向けの金型に依存していた同社は、2000年代の初頭から、今後の方向性を再考する必要に迫られていた。そして、E社は、2010年に社名を改め、ガラス用金型の製造だけに留まらず、広くガラス光学素子の課題を解決するエンジニアリング・サービスの提供として事業を展開し始めている。

ただし、E社が変貌するためには、新事業へ移行するための技術開発資金が必要となる。そのため、同社は、補助金の公募へ積極的に挑戦し、2003年に中小企業総合事業団の戦略的基盤技術力強化事業、2006年に中小企業基盤整備機構の戦略的基盤技術高度化支援事業としてそれぞれ採択されている。その中では、大阪府立産業技術総合研究所、大阪大学、滋賀県立大学との共同研究に取り組んでおり、精力的に産官学のネットワークを活用している。そして、現在、E社は、デジタルカメラや携帯電話などの非球面レンズを使用した高精度撮像系・通信向け金型、光ピックアップなどの鏡面仕上げを

26 E社の記述は、2011年3月16日の聞き取り調査、同社のホームページ（2013年1月4日閲覧）、インターネット上で公開されている素形材センターの同社の事例（2013年1月4日閲覧）や、平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業研究開発成果等報告書に基づく。なお、同社のエンジニアリング・サービスの大半は、金型とセットで受注している状態であった。

施した照明工学系向け金型、IH クッキングヒーターのトップなどの熱や汚れに強いガラス向けロール金型を主力としている。同社の主な取引先は、ガラスの成形加工企業や光学機器の完成品製造企業である。以下では同社のエンジニアリング・サービス事業への発展を中心に3次元CADシステムの機能を把握していく。

同社のエンジニアリング・サービスとは、成形加工したガラスの変形を予測したシミュレーションや、特殊なガラス製品の試作・成形などを行うことである。当初、取引先であるガラスの成形加工企業からは、同社の新たな事業が競合する行動として捉えられていた。そのような誤解を避けるため、E社のエンジニアリング・サービスでは、成形加工企業のような障害を取り除くサービスに徹することを強調している。具体的には、同社が得た委託研究費の多くは、超精密の成形加工品に対応した非接触のナノ計測技術の開発や、ガラス素材の特性値を検証する分析機器の購入に充てられている。そして、E社は、そのような高度な技術や機器を駆使し、従来から勘と経験で行われてきたガラスの成形加工時に生じる熱と応力の変形をCAEのアルゴリズムとして置換することを進めている。さらに、同社は、特定の成形加工企業と資本関係を結んでおらず、ほぼ全てのガラスを成形する企業と取引がある。したがって、E社は、各々の取引で得たノウハウをCAEに蓄積し、それぞれ得意先の特徴に応じたガラス素材を提案していくことが可能になると考えている。そして、同社は、幅広い成形加工企業の試作と成形を支援し、ガラス光学素子のトータルソリューション事業へと展開することを目指している。また、E社の先駆的な試みは、光学機器の完成品製造企業からの解析依頼へと繋がっている。このように、E社は、金型事業の新たな付加価値を創造するために3次元CADシステムを応用している事例として考えることができる。

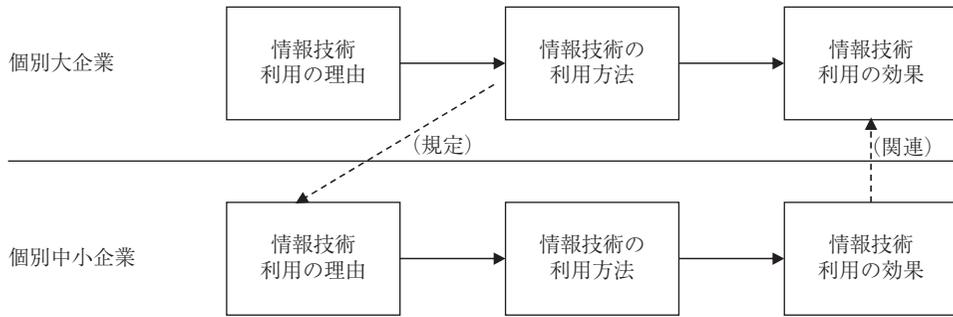
Ⅲ 3次元CADシステムの戦略的な利用方法に関する考察

1. 中小企業の情報化を整理する分析視点

上記の5つの事例からも、金型製造企業における3次元CADシステムの能動的な利用方法を確認することができる。ただし、そのような利用方法は、個別の事例で大きく異なり、多様性を帯びている。したがって、本稿では、「中小企業の情報化を整理する分析視点」を援用し、それらを詳細に分析していくことにする。「中小企業の情報化を整理する分析視点」²⁷を提示すれば、以下の通りである。まず、同種の情報技術を対象と

27 中小企業の情報化を整理する分析視点に関しては、藤川 [17] [18] を参照されたい。ただし、藤川 [17] [18] では、中小企業の情報化を整理する分析視点の構成要素を、情報技術導入の理由、情報技術の利用方法、情報技術導入の効果と名付けていたが、本稿では、情報技術利用の理由、情報技術の利用方法、情報技術利用の効果と改めた。

第 1 図 中小企業の情報化を整理する分析視点



出所：藤川 [17] 415 ページや藤川 [18] 195 ページを一部改正。

した場合でも、2つの立場によって異なる見解が生じることがある。一方の立場は、大企業が情報技術を利用することにより、大企業自身の経営や取引関係にどのような影響を及ぼすかである。他方の立場は、中小企業が情報技術を利用することにより、中小企業自身の経営や取引関係にどのような影響を及ぼすかである。次に、それぞれの立場を、どのような理由で利用するのかという「情報技術利用の理由」、どのように利用しているのかという「情報技術の利用方法」、どのような効果をもたらしたのかという「情報技術利用の効果」の3つに分ける。さらに、中小企業の「情報技術利用の理由」は、大企業に一方的に強いられる受動的な場合と、中小企業が自ら望む能動的な場合の2つが想定できる。また、中小企業の「情報技術利用の効果」は、大企業の「情報技術利用の効果」に何らかの影響を及ぼす可能性があるとも考えられる。そのような分析視点を図示したものが第1図である。

金型製造企業の立場から 3 次元 CAD システムの戦略的な利用方法を再検討すれば、各社は第2表のようになる。プレス用金型製造企業 A 社の事例では、3次元 CAD システムがウルトラハイテン材におけるスプリングバックを改善するために用いられていた(情報技術利用の理由)。そして、3次元 CAD システムは、CAE で行った予測値と3次

第 2 表 中小企業の情報化を整理する分析視点から見た 3 次元 CAD システムの戦略的な利用方法

事例企業	情報技術利用の理由	情報技術の利用方法	情報技術利用の効果
プレス用金型製造企業 A 社	ウルトラハイテン材のスプリングバックの改善	CAE に成形加工品の測定結果を還元	金型設計や組立・調整・検査・トライアル工程の迅速化
鍛造用金型製造企業 B 社	トライアル回数の削減や金型の長寿命化	CAE に型材や鍛造素材の特性値を追加	提案型営業の実現やソフトウェア業への展開
プラスチック用金型製造企業 C 社	データ授受に付随する確認や修正作業の不要化	取引先企業に応じた CAD ソフトの使い分け	引き合い段階での営業力の強化
鋳造用金型製造企業 D 社	トライアル後の修正作業の不要化	CAE の活用と CAD で出力した 3 次元データでの一元管理	検収期間の大幅な短縮
ガラス用金型製造企業 E 社	エンジニアリング・サービスへの発展	成形加工時の変形に関する勘と経験を CAE に置換	完成品製造企業からの解析依頼

出所：本稿に基づき筆者作成。

元測定機で計測した実物の値を比較し、その差異をシミュレーションにフィードバックして精度が高められていた(情報技術の利用方法)。その効果は、ウルトラハイテン材の金型設計、調整、検査作業の迅速化へと結び付いた(情報技術利用の効果)。鍛造用金型製造企業 B 社の事例では、3次元 CAD システムがトライアル回数の削減や金型の長寿命化のために利用されていた(情報技術利用の理由)。そこでは、型材や加工する鍛造素材の特性を測定する設備を導入し、トライ機との検証結果を CAE に還元していた(情報技術の利用方法)。その効果が、提案型営業の実現やサブ業務としてのソフトウェア業への展開として結実した(情報技術利用の効果)。プラスチック用金型製造企業 C 社の事例では、3次元 CAD システムがデータ授受に付随する確認や修正作業を不要にするために用いられていた(情報技術利用の理由)。そして、3次元 CAD システムは、取引先各社に対応した CAD ソフトの使い分けに利用されていた(情報技術の利用方法)。その効果は、引き合い段階での競合他社に対する優位性となり、営業力が強化されていた(情報技術利用の効果)。鋳造用金型製造企業 D 社の事例では、3次元 CAD システムがトライアル後の修正を不要にするために用いられていた(情報技術利用の理由)。そこでは、金型設計段階での CAE の活用と CAD で出力した3次元データでの金型製造工程の一元管理が行われていた(情報技術の利用方法)。その効果は、検収期間の大幅な短縮へと結び付いた(情報技術利用の効果)。ガラス用金型製造企業 E 社の事例では、低迷するブラウン管向け金型から脱却することを目指したエンジニアリング・サービスへと発展するために用いられていた(情報技術利用の理由)。そして、3次元 CAD システムは、超精密に対応した測定手法や各種の分析機器を駆使し、成形加工時に生じる熱と応力による変形に関する勘と経験を CAE のアルゴリズムとして置換する試みに利用されていた(情報技術の利用方法)。その効果は、完成品製造企業からの解析依頼として表れた(情報技術利用の効果)。

2. 3次元 CAD システム利用の理由に関する示唆

上記の「中小企業の情報化を整理する分析視点」に依拠すれば、3次元 CAD システム利用の理由に関して興味深い点を見出すことができる。3次元 CAD システムの構成要素である、CAD, CAM, CAE を分割して考えた場合、以下の2点としてまとめることができる。1点目は、CAD の受身的な利用の理由である。事例で取り扱った全ての金型製造企業は、3次元 CAD を導入していた。ところが、戦略的に3次元 CAD を利用している事例は少ない。例えば、C 社では、自社の金型設計作業で主に利用しているのは TOPsolid である。しかしながら、同社では、TOPsolid の他にも、CATIA, Pro-Engineer, UNIGRAPHICS, IDEAS, CADCEUS などの3次元 CAD も併用している。換言すれば、多様な3次元 CAD は、製品設計データを円滑に受け取るために導入されたも

のと言えよう。このような競合他社が避けたい取引先企業別のCADソフトの導入と使い分けが、C社に引き合い段階での優位性をもたらしていた。しかしながら、数種類の3次元CADを使いこなすC社であっても、社内で完全な3次元データでの一元管理が行われていなかった。したがって、製品設計で利用する3次元CADは、必ずしも金型設計に適しているものばかりでないことが伺える²⁸。上記のことから、3次元CADを導入している金型製造企業の中でも、送られてくる製品データを受領するだけに留まり、そのメリットを享受するまで高められていないものも多数存在することが予想される。ただし、D社のように、3次元CADで作成したデータを一貫して金型製造工程に活用する企業は、トライアル回数を削減するなど大幅な効率化を達成していることも明らかになった。

2点目は、CAEの能動的な利用の理由である。CAEを金型設計工程の段階で用いることは、CAMデータ作成や金型部品の加工以前に設計品質を高めることになる。そのため、CAEで検討した金型は、トライアルから調整へ、調整からトライアルへと繰り返される修正作業を大幅に削減する効果を期待できる。そして、そこで得られたトライの結果は、CAEにフィードバックされ、次回以降の解析精度を向上することに活かされる。このようなCAEに関する反復的なノウハウの蓄積が、金型のQCDを向上させるだけでなく、競合他社に対する営業上の差別化へと繋がる場合も考えられる。例を挙げれば、A社では、プレス金型設計システムの委託研究を行っていた。そのプロジェクトでは、ウルトラハイテン材のスプリングバックの作用を解明することにより、同社の金型設計工程や組立・調整・検査・トライアル工程を迅速化した。さらに、A社がウルトラハイテン材の材料特性をCAEの客観的な数値で提示できることは、引き合い段階で新素材に関心を持つ取引先の信頼を勝ち取ることにもなる。したがって、CAEは、解析結果とトライ後の成形加工品の検証を通じたノウハウを蓄積することにより、競合他社に対する多面的な競争優位として成り得ることを示唆している。また、CAEは、金型製造企業の新たな事業展開の支柱となる可能性をも秘めている。金型製造企業は、金型の受注生産という特性上、不安定で受身な経営に陥り易い。そのため、一部の金型製造企業は、金型製造以外にサブ業務を営んでいる²⁹。そのような金型製造企業の新たな事業の展開にCAEが応用できることも明らかになった。例えば、B社は、市販のCAEに自社で行ったトライ後の検証結果を盛り込み、メイン業務である金型製造における独自の強みを構築してきた。さらに、同社は、そのような金型事業におけるCAEの利用に留まらず、自らがそのパッケージソフトの独占販売権を取得し、ソフトウェア

28 本稿の事例で扱わなかった金型製造企業に対して行った調査でも、製品データ受領用の3次元CADと金型設計データ作成用の3次元CADを使い分けている金型製造企業が数多く存在した。

29 サブ業務に関しては、藤川 [19] [21] を参照されたい。

の技術的なサポートやトレーニングの提供としてメイン業務で得たノウハウを援用している。換言すれば、B社のCAEは、メイン業務とサブ業務を媒介し、それらに相互作用を及ぼす存在であると言える。

3. 3次元CADシステム利用の効果に関する示唆

また、「中小企業の情報化を整理する分析視点」に基けば、3次元CADシステム利用の効果は、型種によって大きく異なることがわかる。具体的に述べれば、平面の鋼板から1工程ずつ立体的な形状へと加工していくプレス用金型を製造するA社と、自由曲面の複雑な形状を一度に成形するプラスチック用金型を製造するC社では、自ずと金型設計作業に相応しい3次元CADシステムやその適用範囲も異なる。さらに、プレス用金型よりも自由曲面が多いプラスチック用金型では、3次元CADシステムの普及率が高く、利用方法も高度化していることが予想される。³⁰あるいは、鍛造用金型を製造するB社や鋳造用金型を製造するD社のように、更新型の発注頻度が3次元CADシステム利用の効果と密接に関連していることも推測できる。つまり、それらの型種の特徴が3次元CADシステムを利用した差別化の程度を規定する。

また、それぞれの型種内における競争関係も、3次元CADシステム利用の効果を左右する。詳述すれば、鍛造用金型、鋳造用金型、ガラス用金型は、プレス用金型やプラスチック用金型と異なり、競合他社が少ない上に企業規模も比較的小さい企業が多い。³¹したがって、それらの型種では、3次元CADシステムを導入していること自体が競争条件に有利に作用する可能性がある。具体的に述べれば、鍛造用金型製造企業B社のCAEは、寿命が長い金型を製造するために利用されている。そのような金型は、成形加工を行う企業が同社の金型を使用して始めて競合他社よりも長寿命であることが証明される。ただし、B社では、取引先に対して事前にCAEの客観的な解析結果を提示し、同社の金型の優位性を売り込むことができる。さらに、競争関係は、3次元CADシステムがサブ業務へ及ぼす効果を考える際にも有意義である。一例を挙げれば、B社のパッケージソフトの販売事業は、同社が希少な鍛造用金型の製造に関するノウハウを有していたからこそ、ソフトを利用する顧客にきめ細かなサービスを提供することが可能になる。そのため、B社は、当該ソフトの国内総販売代理店になることができたと考えられる。

以上の分析を踏まえ、3次元CADシステムは、金型製造企業にとって導入せざるを得ないものになりつつある。しかしながら、個別の金型製造企業は、製造する型種によ

30 2012年3月15日のプレス用金型製造企業F社（従業員数：120名、資本金：3億円、売上額：24億円）、2012年3月21日のプレス用金型製造企業G社（従業員数：160名、資本金：9000万円、売上額：32億6000万円）への聞き取り調査に基づく。

31 型種別の金型製造企業の現状に関しては、藤川[20]を参照されたい。

って異なる競争関係に従い、取引先企業との関係性や競合他社との差別化を考える中で3次元CADシステムを戦略的に利用する方法を試行錯誤している。そのような試行錯誤の結果が、今日の金型産業における3次元CADシステム利用の新展開として発現していると考えられる。

おわりに

本稿では、今日の金型産業で生じている3次元CADシステム利用に関する新しい展開を5つの金型製造企業の事例から検討してきた。具体的に述べれば、Ⅰの3次元CADシステムの影響では、先行研究でなされている完成品製造企業と金型製造企業の3次元CADシステムの影響を確認し、金型製造企業の視点に立った能動的な利用方法を分析することが必要であることを主張した。Ⅱの3次元CADシステムを戦略的に利用する金型製造企業では、3次元CADシステムを能動的に利用する、プレス用金型製造企業、鍛造用金型製造企業、プラスチック用金型製造企業、鋳造用金型製造企業、ガラス用金型製造企業の事例を紹介した。Ⅲの3次元CADシステムの戦略的な利用方法に関する考察では、Ⅱで見た各社の3次元CADシステムの利用方法を中小企業の情報化を整理する分析視点の構成要素である、情報技術利用の理由、情報技術の利用方法、情報技術利用の効果の3つに区別して把握した。そして、3次元CADシステムの利用方法が、その構成要素や製造する型種と密接に関係し、新たな展開が生じていることを見出した。このような型種別の個別金型製造企業における3次元CADシステムの戦略的な利用方法の地道な蓄積が、アジア諸国の金型製造企業に対する次の差別化を模索することに結び付き、金型産業総体の国際競争力を強化するための一助となると考えている。

しかしながら、本稿では解決できなかった残された課題も存在する。それは、完成品製造企業の3次元CADシステムの利用方法や利用の効果を詳細に検証することができなかったことである。前述の中小企業の情報化を整理する分析視点に従えば、完成品製造企業の3次元CADシステムの利用方法は、金型製造企業の3次元CADシステム利用の理由を規定していると考えられる。また、金型製造企業の3次元CADシステム利用の効果が、完成品製造企業の3次元CADシステム利用の効果と密接に関連している可能性がある。そのため、金型産業における3次元CADシステム利用の新展開を厳密に精査するためには、完成品製造企業の視点を補完し、更に研鑽していく必要があると考えている。この点は今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 青島矢一・延岡健太郎・竹田陽子「新世代3次元CADの導入と製品開発プロセスへの影響」【ITEM

Discussion Paper』No 33, 2000年。

- [2] 青島矢一・延岡健太郎・竹田陽子「新製品開発プロセスにおける3次元CADの導入と組織プロセス」尾高煌之助・都留康編著『デジタル化時代の組織革新』夕斐閣, 2001年。
- [3] 浅井敬一郎「技術革新とスキルの変容－金型産業における歴史の変遷からの検討」(博士論文: 広島大学: 甲第4773号), 2009年。
- [4] 植田浩史『現代日本の中小企業』岩波書店, 2004年。
- [5] 太田進一「アパレル, 自動車産業でのFA・OA比較」『同志社商学』第41巻第3・4号, 1989年。
- [6] 太田進一『ネットワークと中小企業』晃洋書房, 2012年。
- [7] 齊藤栄司「金型技術の国際移転と知的財産－技術移転の位相別事例の検討－」日本中小企業学会編『中小企業と知的財産〈日本中小企業学会論集24〉』同友館, 2005年。
- [8] 田口直樹「情報化・国際化と金型産業における取引構造の変化」坂本清編著『日本企業の生産システム革新』ミネルヴァ書房, 2005年。
- [9] 田口直樹『産業技術競争力と金型産業』ミネルヴァ書房, 2011年。
- [10] 竹田陽子『プロダクト・リアライゼーション戦略』白桃書房, 2000年。
- [11] 竹田陽子「3次元情報技術の導入戦略が製品開発パフォーマンスに与える影響」『組織科学』第33巻第4号, 2000年。
- [12] 竹田陽子「技術認識の多様性: サプライヤーは3次元情報技術をどのように見ているか」『ITEM Discussion Paper』No.87, 2001年。
- [13] 西野浩介「需要環境の変化と情報化で変貌する金型産業」『型技術』第13巻第1号, 1998年。
- [14] 西野浩介「日本の金型産業の今後〈後編〉」『型技術』第13巻第9号, 1998年。
- [15] 日経CG編著『新CADの基礎知識』日経BP社, 1996年。
- [16] 延岡健太郎「新世代CADによる製品開発の革新」『国民経済雑誌』第176巻第6号, 1997年。
- [17] 藤川健「中小企業における情報化の意義」『同志社商学』同志社大学商学部創立60周年記念論文集, 2010年。
- [18] 藤川健「中小企業の情報化に関する研究の成果と課題」日本中小企業学会編『中小企業政策の再検討〈日本中小企業学会論集29〉』同友館, 2010年。
- [19] 藤川健「金型産業の構造(1)～専業と兼業の視点から～」帝国データバンク『産業調査分析レポート SPECIA』, 2011年。
- [20] 藤川健「金型産業の構造(2)～型種別の視点から～」帝国データバンク『産業調査分析レポート SPECIA』, 2012年。
- [21] 藤川健「金型専業企業と金型兼業企業の経営成果に関する考察」『型技術』第24巻第4号, 2012年。
- [22] 藤本隆宏・安本雅典「製品開発活動におけるCAD-CAEの活用パターンの考察: 製品特性による活用パターンの相違の検討」『ITEM Discussion Paper』No.50, 2000年。