

博士学位論文審査要旨

2019年12月23日

論文題目： 車輛用動力伝達機構に関する協働基礎研究のための効果的推進システムに関する研究

学位申請者： 青山 明宏

審査委員：

主査： 理工学研究科	教授 大窪 和也
副査： 同志社大学	名誉教授 藤井 透
副査： 理工学研究科	教授 松村 恵理子

要旨：

モータリゼーションのさらなる普及に従い、多くの研究資源を活用した産学協働研究による効率的な研究開発が求められている。しかしながら従来からの産学協働研究では、産学一対一もしくは同業数社が連携する産学プロジェクト活動が主体であり、特に車輛ニーズと基礎研究との関係が直接的ではない自動車用動力伝達システム技術領域では、基礎技術領域での成果と車輛基本性能との関係が明確に関連付けられておらず、階層を越えて成果の価値を共有するアプローチの仕組みが必要となっている。本論文では同分野での協働研究開発の実態を調査した上で、質とスピード向上をめざすための研究開発のフレームワークを提案し、次世代に渡り持続可能な協働研究推進システムの在り方について研究の視点から議論している。

この研究をまとめた論文は全8章からなる。第1章では緒論として、車輛用動力伝達機構を取り巻く環境の変化と技術の変遷を述べている。第2章では、自動車用トランスミッションの、小型軽量化、高効率化の技術を生み出した開発プロセスの革新および技術について述べると同時に、車輛、エンジンおよびトランスミッションの開発企業間におけるコンカレントエンジニアリングの実現を論じている。第3章では、動力伝達システム内における具体的な油中気泡の発生の原理と、その抑制制御に関する協働基礎研究および企業開発との連携施策を明らかにしている。特に属性が異なる複数の企業が本技術分野での産学協働研究から得られた Technical data を Technology seeds に昇華し、研究と開発の連携を明らかにしている。

第4章では、産ニーズと学シーズを繋げるための研究活動フレームワークについての提案がなされており、開発プロセスの多層化における協働研究の在り方とニーズシーズのマッチングと、その受け渡しポイントの在り方について述べている。第5章では、持続可能な産学協働基礎研究を推進する仕組みの構築と機能として「R&D サービスサービスプロバイダ」の役割について提唱しており、日本とドイツにおける協働研究活動の状況を調査したうえで、持続可能な産学連携の枠組みとして、個々のプロセスをつなぐことにより持続可能な循環モデルを提案している。また実践から円滑に活動を推進するための我が国の事業環境に適した活動のプロセスと循環型モデルを提唱している。第6章では産学官連携の在り方について推進システム視点から考察し、学研究成果の製品性能への繋がりが可視化の研究価値を明確化している。第7章では、本研究の推進システムの具現化とし、経済産業省「動力伝達システム協働研究組合」活動を説明しながら、本研究の出口戦略までを論じている。我が国の自動車産業では産学官の協働研究開発に関し環境規制や技術革新の観点などから調査研究の在り方を議論している。

最後に、第8章では、車輛用動力伝達機構に関する協働研究のための効果的推進システムに関

する研究成果をまとめるともに、イノベーションを創り続けるための将来に向けた課題や今後の展望について述べている。

このように本論文は、自動車産業界における車輻用動力伝達機構の効率的な開発のための協働基礎研究に関する効果的推進システムの在り方について議論および提唱、検証をしており、工学的のみならず、工業的にも価値ある成果を得ている。よって、本論文は、博士（工学）（同志社大学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

学力確認結果の要旨

2019年12月23日

論文題目： 車輛用動力伝達機構に関する協働基礎研究のための効果的推進システムに関する研究

学位申請者： 青山 明宏

審査委員：

主査： 理工学研究科	教授 大窪 和也
副査： 同志社大学	名誉教授 藤井 透
副査： 理工学研究科	教授 松村 恵理子

要 旨：

本論文の提出者は、1978年3月に同志社大学を卒業後、自動車製造企業入社し、自動車工場での生産管理や自動車用ドライブトレイン開発業務に携わったのち、自動車用変速機に関連する企業でのゼネラルマネージャ・テクノロジースペシャリスト職を経て、2017年3月に同社を退職後、2017年4月から現在、同志社大学 先端パワートレイン研究センター 嘱託研究員として研究を行っている。この間一貫して、車輛用のドライブトレインや動力伝達機構の効果的な開発の推進に取り組んでおり、近年では本学の嘱託研究員の立場にてその研究を一層に進めてきた。本論文の主たる内容は、自動車技術誌、自動車技術会論文集、Mechanical Engineering Journalなどの主要な専門雑誌に少なくとも7編の学術論文として掲載されており、十分な評価を受けている。また本論文提出者はこれらの内容を、専門の国際会議や国内会議において10件の研究発表をしており、同じく高い評価を得ているとともに、新聞社および技術団体より3件の受賞も受けている。また19件の特許にも発明者として寄与している。

2019年12月21日13時より約1時間50分にわたり学術講演会が行われ、各種の質疑応答が行われた結果、提出者の説明により十分な理解が得られた。また講演会終了後、審査委員により学位論文に関連した研究開発のための推進モデルや、関連する機械工学全般の諸問題につき口頭試問を実施した結果、十分な学力を有することが確認された。なお、学位申請者は英語による論文発表や国際学会での登壇による研究発表を行っており、十分な語学力を有しているものと認められる。よって、総合試験の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： 車輛用動力伝達機構に関する協働基礎研究のための効果的推進システムに関する研究

氏名： 青山 明宏

要旨：

1. 本研究の背景

乗用車の動力伝達システム（本稿ではシステムの中のトランスミッションを扱う）の動向を俯瞰すると、1980年代まではマニュアルトランスミッションが主体の時代であった。1990年初めになり低炭素社会への要求が出始めた時期と同時にモータリゼーションの普及に従い、燃費と共にイーゼードライブや運転性の要求の潮流が広がってきている。世界の自動車産業では内燃機関の革新と同時に燃費や運転性を作り出す動力伝達システムの中で特に自動変速機の研究が盛んになり、技術革新が市場を広げ、特徴ある形式の変速機が林立する。市場拡大に同期し事業を推進する企業では性能競争に打ち勝つ諸手段が進められてきた。近年さらにCASEと称する車内外の情報連携、自動運転、車の利用形態やサービス、電動化（ハイブリッド・電気自動車）においても動力伝達システムの役割の重要性が認められ、性能競争がさらに進んでいる。

その一方で、車輛に求められる、走る、曲がる、止まるという基本性能を高いバランスを保ちながら継続的に向上させる必要がある。このため、車輛基本性能に共通の基礎技術領域では企業系列を超え、我が国の研究資源の多くが集中する大学の知見を活用した、産学協働研究による効率的な研究開発が求められている。

日本の特徴的な産業構造は垂直統合型と呼ばれ、特段自動車産業は商品開発から原理研究に至るまで個社の中で完結しようとする形態を取る。加えて企業間の激しい技術競争、系列による委託と受託関係などのため、協働研究に参画する企業間において利害や目的の一致を図るには課題が多い。この為、産学協働して基礎研究を推進する経済産業省主導の技術研究組合活動においては、2014年時点で全77団体の活動の内、自動車産業に直接関連する活動は3活動に過ぎない。また、車輛の開発に携わる開発研究プロセスは、最終製品を製造・開発する車輛メーカー、ユニット開発を行うユニットメーカー、システムメーカー、部品メーカーからなる多層構造となる。そのため、階層の中間に位置する属性が異なる企業では、基礎技術領域における協働研究の成果が、自社の製品開発に応用可能であるかの判断が必要とされている。加えて研究資源を有する大学においても、産学連携は大学がその研究成果を社会全体に還元する有効なシステムでもあることから、活動を通じて大学は研究の価値を明らかにする必要があると言われている。

しかしながら、従来からの産学協働研究は、産学一対一もしくは同業数社が大学と連携する産学連携プロジェクト活動が主体となっており、階層間において必ずしも利害や目的が一致しない複数層の企業が参画する活動はほとんど行われていない。また、車輛ニーズと基礎研究との関係が直接的ではない自動車用動力伝達システム技術領域では、産学協働研究より得られた基礎技術領域での成果と車輛基本性能との関係は明確に関連付けられていない。このために協働研究の継続的な実施には、参画する開発プロセスの階層違いや競争アイテムを有する企業群や学校に対して、階層を越えて成果の価値を共有するアプローチの仕組みが必要となっている。

2. 本研究の位置づけと目的

これら背景から、実態を調査し協働研究開発の質とスピード向上をめざす研究開発のフレームワーク等を提案し、実践により次世代に渡る持続可能な協働研究推進システムの在り方について考察した。

- 1) 開発領域において、我が国の産業内で推進された従来からの狭義コンカレントエンジニアリングでは、世界の技術進展に追いつくことは不可能であることから、従来の改善からのブレークスルーが期待される。このため、企業ドメインの制約を超え、車輛製造、内燃機関開発、動力伝達機構開発を受け持つ企業の専門技術者が集まり、集学的アプローチ（大部屋方式）による開発プロセスイノベーションを提案した。
- 2) 研究領域まで協働化の範囲を広げ、属性が異なり必ずしも利害が一致しない団体が協働研究を推進するための協働研究アプローチを試みた。研究テーマは油中気泡の発生抑制に関する制御研究を推進事例として産ニーズ（開発）と学シーズ（研究）を繋げるために Technical data から Technology seeds に昇華する研究方策およびフレームワークを提案し検証した。
- 3) 協働研究活動の継続性向上をめざし、持続可能な好循環システムの提案とその中核になる R&D サービスプロバイダ機能と役割をドイツにおける産学連携を考察し、我が国に適した枠組みや推進システムを考察し有効性を確認した。
- 4) 以上の推進システムの産業への応用として、車輛用動力伝達機構に関する協働研究活動「経済産業省・動力伝達システム共同研究組合」が成立に至る活動の実践を論じることにより、その効果を確認する。

3. 本研究の構成

第1章は緒論である。車輛用動力伝達機構を取り巻く環境の変化と技術の変遷を述べている。

第2章では、近年開発された自動車用トランスミッションの、小型軽量化、高効率化の技術を生み出した開発プロセスの革新および技術について述べる。従来は開発と製造間での同期開発と言われるコンカレントエンジニアリングがあるが、この開発では、車輛とエンジンとトランスミッションの三位一体での同期開発を行っていることである。我が国の自動車産業の特徴として、それぞれ独立した企業ドメインを持つ中で、異なる企業間において開発同期活動により目標性能を達成した事例である。車輛およびエンジンおよびトランスミッションの開発企業間におけるコンカレントエンジニアリングの実現を論じる。

第3章では、動力伝達システム内における油中気泡の発生の原理と、その抑制制御に関する協働基礎研究および企業開発との連携施策を明らかにする。属性が異なる複数の企業が本技術分野での産学協働研究から得られた Technical data を Technology seeds に昇華し、研究と開発の連繋を明らかにする。具体的には、車輛用 CVT のシフト特性を改善するために、攪拌オイルの気泡制御研究の車輛への影響を明確化し、技術分野の開発プロセスを可視化する。協働基礎研究の成果を参画企業における開発に投入するための方法論を説明することにより、各プロセスの協働研究の結果を原理側とアプリケーション側の間で共有するための効果的な方法を考察する。

第4章では、産ニーズと学シーズを繋げるための研究活動フレームワークについて提案する。動力伝達機構の開発プロセスは、基礎原理から最終製品に至るまで複数の階層が存在し、シーズとニーズが直接的に繋がる構造を持たないため、ニーズと基礎研究とを結びつける協働研究スキームが必要である。開発プロセスの多層化における協働研究の在り方とニーズシーズのマッチングと、その受け渡しポイントである Technology seeds の在り方について述べることで、活動の企画推進および各社共通の基礎研究テーマを探索する2つのフレームワークを提案する。

第5章では、持続可能な産学協働基礎研究を推進する仕組みの構築と機能として「R&D サービスサービスプロバイダ」の役割について提唱する。我が国の自動車産業は、環境への対応と高度な技術開発を促進するために、産学協働研究を求めている。一方、現状では、企業は原理の探求ではなくエンジニアリングの結果を求める。本研究では、産学連携における協働研究活動を推進するための枠組みを検討するため、日本とドイツにおける協働研究活動の状況を調査した。この結果から、まず、協働研究・開発の段階に応じた推進プロセスを設定することにより、研究テーマの発見から業界での活用までを円滑に行う枠組みを提案した。第二に、持続可能な産学連携

の枠組みとして、個々のプロセスをつなぐことにより持続可能な循環モデルを提案した。本メカニズムの提案により、車輛用動力伝達機構における油圧制御システムの産学協働研究の実践を通じて効果的に機能することを確認した。また、実践から円滑に活動を推進するために、日本の産学連携活動における工学機能（エンジニアリング）の必要性を検討した。協働基礎研究を持続的に活動するための方策を求め、日本の類似した研究活動や、産学連携が進むドイツの事例を調査した。結果、我が国の事業環境に適した活動のプロセスと循環型モデルを提唱する。

第6章では、産学官連携の在り方について推進システム視点から考察する。車輛の動力伝達機構は開発プロセスが多階層に渡ることから、基礎研究の車輛性能への影響が直接的でないため、階層毎の独立した研究システムとなっている。このため、多階層の研究開発を連携する推進ツールとしてMBDを活用した産学連携を提唱する。このシステムは産業界ではQCT（品質・コスト・納期）に影響を与え、また、学研究成果の製品性能への繋がりが可視化されることで研究価値の明確化が期待される。

第7章では、本研究の推進システムの具現化とし、経済産業省「動力伝達システム協働研究組合」活動を説明し、本研究の出口戦略までを論じる。我が国の自動車産業では産学官の協働研究開発に関し環境規制や技術革新の観点などから様々な調査研究が行われている。共創基礎研究をテーマアップする為のマネジメントを技術領域に関して研究した。成果とし、本論文の作成の源泉となった公益社団法人自動車技術会協働研究センターにおける活動について述べる。本活動は2018年7月に経済産業省「共同研究組合：動力伝達システム協働研究組合」として独立活動体に至っている。

最後に、第8章では、車輛用動力伝達機構に関する協働研究のための効果的推進システムに関する研究成果をまとめるとともに、イノベーションを創り続けるための将来に向けた課題や今後の展望について述べ、総括して本論文とする。