

博士学位論文審査要旨

2018年 8月 3日

論文題目： 新方式ハイブリッドシステム搭載長距離貨物トラックの燃料消費率改善に関する研究

学位申請者： 奥井 伸宜

審査委員：

主査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 千田 二郎

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 松村 恵理子

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 佐藤 健哉

要 旨：

本論文では、長距離貨物トラックの燃料消費率を改善するため、車両の電動化（ハイブリッド化）だけでなく内燃機関システムの電動化に着目し、それらを組み合わせた新たな電動技術および新たなハイブリッド制御ロジックを提案している。特に電動化に必要な技術として、小電力駆動が可能でエンジンの仕事を大幅にアシストできる「電動過給機」に着目している。

まず、電動過給機によるエンジン低回転域のトルク増加と車軸駆動用電動モータによるトルク増加を組み合わせ、エンジン高熱効率領域でエンジンを運転させることで燃料消費率の改善を図る新方式ハイブリッドシステムを提案した。この電動過給機について基礎評価を行った結果、燃料消費率と排出ガスの同時改善が可能となることを確認し、内燃機関の電動化として有効な技術手段であることを明らかとした。

また、ここで検討した新方式ハイブリッドシステムを実際に試作し、燃料消費率やシステム成立性を検証している。この際、試験室内で実車相当の新方式大型ハイブリッドトラックを再現し、車両全体のパワーマネジメントを含んだ本システムの評価を効率的に行うため、HILS (Hardware In the Loop Simulator) の機能を拡張した「ハイブリッド・パワートレイン台上試験システム」を独自に構築した上で検証を行った。さらに、電動過給機が稼働するエンジン低回転高負荷域に、エンジンの燃料消費率（熱効率）が最も優れる領域が存在することが分かった。

以上のことから、車両の電動化（ハイブリッド化）と内燃機関システムの電動化とを最適に組み合わせた技術と、それらを効果的に稼働させるハイブリッド制御ロジックを適用した新方式大型ハイブリッドトラックが、長距離貨物輸送時の燃料消費率の改善に対し効果があることを明らかとした。同時に、新方式大型ハイブリッドトラックは、従来大型トラックに対し荷室搭載性の確保や車両コストの抑制が可能となることが分かり、実用性の面でも優位性があることを示した。

よって、本論文は、博士（工学）（同志社大学）の学位を授与するにふさわしいものであると認められる。

学力確認結果の要旨

2018年 8月 28日

論文題目： 新方式ハイブリッドシステム搭載長距離貨物トラックの燃料消費率改善に関する研究

学位申請者： 奥井 伸宜

審査委員：

主査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 千田 二郎

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 松村 恵理子

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 佐藤 健哉

要 旨：

本論文提出者は、同志社大学工学部を2002年3月に卒業後、同志社大学大学院理工学研究科に進学し、2004年3月に同研究科を修了している。同年4月にマツダ株式会社に入社し技術研究所において内燃機関の高効率化の研究に従事し、その後、2010年2月から交通安全環境研究所に入所して一貫して重量車用ハイブリッドシステムに関する研究開発に従事している。

本論文の主たる内容は、自動車技術会論文集に5件、SAE Technical Paper, SAE Journal Paperに5件、それぞれ論文として出版され、内外の学会において十分な評価を得ている。

2018年8月3日午後1時より約2時間にわたり提出論文に関する学術講演会（博士論文公聴会）が開かれ、種々の質疑応答が行われたが、提出者の説明により十分な理解が得られた。さらに講演終了後、審査委員により学位論文に関連した諸問題につき口頭試問を実施した結果、いずれも十分な学力を有することが確認できた。また、提出者は、英語による複数の論文発表を行うとともに、海外国際学会においても多数口頭発表を行っており、十分な語学力を有することを確認した。

以上のことから、本学位申請者の専門分野に関する学力ならびに語学力は十分なものであると認める。

博士学位論文要旨

論文題目： 新方式ハイブリッドシステム搭載長距離貨物トラックの燃料消費率改善に関する研究

氏名： 奥井 伸宜

要旨：

地球温暖化防止の観点から、日本の運輸部門の中でおよそ 1/3 程度のエネルギーを消費している長距離貨物トラック（大型トラック、車両総重量 25,000kg）の燃料消費率を大幅に改善するため、従来ディーゼルエンジンの高効率化だけでなく、新たな電動化技術の適用が必要である。一般に、高速走行時は減速エネルギーによる駆動用バッテリーへの充電（回生）が困難であることから、長距離貨物トラックの電動化（ハイブリッド化）が遅れている。

本論文では、長距離貨物トラックの燃料消費率を改善するため、車両の電動化（ハイブリッド化）だけでなく内燃機関システムの電動化に着目し、それらを組み合わせた新たな電動化技術および新たなハイブリッド制御ロジックを提案した。この内燃機関システムの電動化技術として、小電力駆動が可能で、エンジンの仕事を大幅にアシストできる「電動過給機」に着目した。

前半では、電動過給機によるエンジン低回転域のトルク増加と車軸駆動用電動モータによるトルク増加を組み合わせ、エンジン高熱効率領域でエンジンを運転させることで燃料消費率の改善を図る新方式ハイブリッドシステムを提案した。この電動過給機について基礎評価を行った結果、燃料消費率と排出ガスの同時改善が可能となることを確認し、内燃機関システムの電動化として有効な技術手段であることを明らかとした。また、新方式ハイブリッドシステムのハイブリッド制御ロジックを HILS（Hardware In the Loop Simulator）を用いて検討し、新方式大型ハイブリッドトラックの燃料消費率の改善に有効なハイブリッド制御ロジックであることを明らかとした。

後半では、前半に検討した新方式ハイブリッドシステムを実際に試作し、燃料消費率やシステム成立性を検証した。この際、試験室内で実車相当の新方式大型ハイブリッドトラックを再現し、車両全体のパワーマネジメントを含んだ本システムの評価を効率的に行うため、HILS の機能を拡張した「ハイブリッド・パワートレイン台上試験システム」を独自に構築した上で検証を行った。本研究のキー技術である電動過給機搭載小排気量エンジン（5L 級）を実機評価した結果、エンジン低回転域におけるエンジントルクや燃料消費率が、大排気量エンジン（7L 級）よりも優れることが確認できた。さらに、電動過給機が稼働するエンジン低回転高負荷域に、エンジンの熱効率（燃料消費率）が最も優れる領域が存在することが分かった。その領域を積極的に使用するハイブリッド制御ロジックを適用することで、従来大型トラックが課題とする高速走行時の燃料消費率が、従来大型トラック比で 24% と大幅に改善できることが分かった。

以上のことから、車両の電動化（ハイブリッド化）と内燃機関システムの電動化を最適に組み合わせた技術と、それらを効果的に稼働させるハイブリッド制御ロジックを適用した新方式大型ハイブリッドトラックが、長距離貨物輸送時の燃料消費率の改善に対し効果があることを明らかとした。同時に、新方式大型ハイブリッドトラックは、従来大型トラックに対し、荷室搭載性の確保や車両コストの抑制が可能となることが分かり、実用性の面でも優位性があることを示した。