

氏名	小林 孝雄		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第9417号		
学位授与年月日	令和2年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	自動車の旋回時における駆動力配分制御と消費エネルギーに関する研究		
主査	筑波大学 教授	工学博士	藪野 浩司
副査	筑波大学 教授	工学博士	水谷 孝一
副査	筑波大学 教授	Ph. D. (工学)	堀 憲之
副査	筑波大学 教授	工学博士	坪内 孝司
副査	筑波大学 教授	博士(情報科学)	望山 洋
副査	慶應義塾大学 教授	工学博士	杉浦 壽彦

論文の要旨

本論文は、電気自動車を主たる対象とした走行安定性の改善に関するものである。近年、モビリティ社会の実現に向けて、安全・安心・かつ快適な走行を実現し、さらに持続可能な社会のための環境負荷ゼロの目標が掲げられている。その中で電気自動車の果たす役割は大きい、航続距離が短いことが難点であり、いかにして走行抵抗を減らすかが大きな課題である。その一方、電気自動車の各車輪は独立にモーター(インホイールモーター)を備えているため、従来車と比べて走行安定性を確保する上で、操作できる自由度が大きく、それを生かした走行エネルギーの低減法の構築が本研究のメインテーマの一つとして取り上げられている。具体的な研究内容は以下のとおりである。

走行安定性の向上を目指して、基礎的な走行安定性に関する物理的な検討が行われ、タイヤのエネルギー散逸メカニズム、旋回時の消費エネルギー、旋回加減速時の消費エネルギーを最小化するための制御法が明らかにされている。まず、タイヤ発生力が車両運動力学上重要であることを踏まえて、タイヤ発生力の計算法を示し、さらに滑り速度との積を計算し散逸エネルギーを求めている。その一方でタイヤと路面との粘着およびスリップ状態から散逸エネルギーを計算し、それらが一致することを解析的に示している。次に、旋回時の消費エネルギーに関する検討がなされている。すなわち、その定式化と実車検証との比較が行われ、インホイールモーターの特徴を生かした駆動力配分機構による消費エネルギーの違いを明らかにしている。さらに、旋回加減速時の消費エネルギー最小化制御法が提案されている。まず、散逸パワーへの加速度の影響が解析的に示さ、さらにこの結果を使って、タイヤ滑り速度ベクトルの均等化が最適化問題として定式化され、最適ダイレクトヨーモーメントによる、加減速時のステア特性(曲がりやすさ・にくさ)の安定化を実現している。

審査の要旨

【批評】

モビリティ社会を実現する上で、各分野に多くの課題が存在するが、近年発展が著しい電気自動車に関して、今まで明らかにされてこなかった走行安定性に関する基礎的な知見を与えるのが、本研究の目的であり、非常にタイムリーかつ重要な研究テーマである。安全・安心・かつ快適な走行を実現し、さらに持続可能な社会のための環境負荷ゼロの目標が掲げられている状況で、電気自動車の果たす役割は大きい。航続距離が短いという短所を克服するため、いかにして走行抵抗を減らすかが大きな課題であり、それに対して力学的な視点から一般論を展開している点が、非常に評価できる。具体的には電気自動車の各車輪は独立にモーター（インホイールモーター）を備えているため、従来車と比べて走行安定性を確保する上で、操作できる自由度が大きいことに注目し、それを生かした走行エネルギーの低減法が力学ベースで普遍的に構築されており、広く電気自動車に適応できる普遍的な知見が得られている。研究のより詳細な部分に関する批評を以下に示す。

まず、走行安定性の向上を考える上で必要な、タイヤのエネルギー散逸メカニズムに関する考察が行われている。すなわち、タイヤ発生力が車両運動力学上重要であることを踏まえて、タイヤ発生力の計算法を示し、さらに滑り速度との積を計算し散逸エネルギーを求めている。その一方でタイヤと路面との粘着およびスリップ状態から散逸エネルギーを計算し、それらが一致することを解析的に示している。この関係は従来証明されておらず、力学ベースでタイヤのエネルギー散逸メカニズムを明らかにしたという点で特筆すべきものである。

次に、旋回時の消費エネルギーに関する検討がなされている。その定式化は電気自動車ならではのものであり今後の電気自動車の発展に向けて大きく寄与するものである。また実車検証との比較が行われ、インホイールモーターの特徴を生かした駆動力配分機構による消費エネルギーの違いを明らかにしており、エネルギー消費の少ない電気自動車を実際に開発していく上で、非常に重要な知見を与えている。

さらに、散逸パワーへの加速度の影響が解析的に示されている。この結果を使って、タイヤ滑り速度ベクトルの均等化が最適化問題として定式化され、最適ダイレクトヨーモーメントによる、加減速時のステア特性（曲がりやすさ・にくさ）の安定化法が示されている点も、従来にない新たな発想に基づく知見であり、高く評価できる。

【最終試験の結果】

令和2年2月4日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。