

氏名(本籍)	李 少博
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博 甲 第 7287 号
学位授与年月日	平成 27 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	A Study on Robust Slip Suppression Control of Electric Vehicles (電気自動車に対するロバストなスリップ抑制制御に関する研究)
主 査	筑波大学 教授 博士(工学) 河辺 徹
副 査	筑波大学 教授 工学博士 久野 誉人
副 査	筑波大学 教授 博士(工学) 大矢 晃久
副 査	筑波大学 教授 博士(工学) 亀山 啓輔
副 査	筑波大学 教授 博士(工学) 伊藤 誠

論文の要旨

近年、地球温暖化やエコロジーの観点から、電気自動車(Electric Vehicle ; EV) が注目を集めている。EV は電気モータを駆動力として用いるため、モータには、(a) ガソリン/ディーゼルエンジンに比べ入出力応答が速い、(b) 車輪に生じるトルクの値を比較的正確に把握できる、(c) モータの分散配置により、車両を小型化できる、といった優れた特性をもち、これらの特性を活かした制御法を用いることで、車両の運動性、安定性の向上が高度に実現できる。車両の運動性、安全性において重要な指標となるものの一つにスリップ抑制がある。スリップとは、車輪と路面間の粘着力が低下し、車輪が滑ることをいい、車輪速度と車体速度の不一致が生じることで車両の挙動が乱れ、安定性/安全性が損なわれるとともに、駆動力の損失が生じる。そこで、EV では、モータの特性を十分に活かし、車両重量や路面状況の変化に対してロバストにスリップを抑制するトラクション制御を行うことが重要である。そこで本論文では、特に駆動時を対象として、スライディングモード制御 (Sliding Mode Control ; SMC) とモデル予測制御法 (Model Predictive Control ; MPC) を基にしてこれらを拡張、発展および融合させた手法により、車両重量変動や路面状況の変化に対してロバストな EV のスリップ抑制制御法を提案している。

1 章で研究の背景や動機を述べた後、2 章でスリップ抑制制御問題の定式化とスリップ制御の基本モデルを示し、3 章で SMC の概要と基本原理について説明している。そして、4 章で従来の SMC の欠点である定常偏差をなくすために積分要素を付加した SMC-I 法を提案し、数値例によりその有効性を検証している。また、5 章では、さらにこの SMC-I の性能向上のため MPC と融合させた MP-SMC-I 手法を提案し、有効性の検証を行っている。そして最終 6 章で全体のまとめとして提案手法の成果と社会的意義について述べている。

審査の要旨

【批評】

EV はすでに市販されているが、運動性能や安全性、消費電力量の削減といった点で、まだまだ性能向上の余地とその必要性を残している。この点に対し、電気モータの特性を活かした、より高度な制御を行うことが一つの解決策となることを示し、安全性や運動性能の最も重要な一つの指標として、スリップ抑制によるトラクション制御問題を取り上げ、これに対して SMC と MPC を拡張、融合した新しい制御手法を提案し、その有効性を示した点は評価できる。

具体的には、まず、システムモデルのパラメータ変動に対しては高いロバスト性能をもつが計算時間の問題等でこれまで実用上はあまり用いられてこなかった SMC に着目し、さらに、標準的な SMC を拡張して積分要素を付加した SMC-I 法を提案している。また、この SMC-I 法では、従来の SMC で生じる定常偏差を圧縮でき、車両重量変動や路面状況の変化に対してもロバストに制御性能を向上できることと、消費電力量の低減ができることを、具体的な車両の走行状況を模した数値例により示しており、SMC の実用性を高めた制御法の提案として評価できる。

次に、SMC-I 法において、積分要素のゲインの値の決定方法が試行錯誤的にならざるを得なかった点を改良するため、MPC を応用してこの値を自動的に決定する方法として、SMC と MPC を融合した MP-SMC-I 法を提案している。SMC と MPC を融合した制御手法はこれまでほとんど提案されておらず、また、SMC-I の設計パラメータの決定方法の問題点と MPC が理論上陽にロバスト性を持たない問題点を相互に補完する制御法となっている点も注目に値する。そして、この MP-SMC-I 法が、SMC-I 法よりも、車両重量や路面状況変化に対してロバストにさらに制御性能を向上させられることと、さらなる電力消費量の低減ができることを示しており、高く評価できる。

提案する制御手法においては、駆動時の有効性検証にとどまっているため、より実用性の高い制御法として確立するためには、減速時を含めた様々な走行状況での検証とその結果からの改良を行うことでより実用性の高い制御手法として確立できたと思われる。その点が惜しまれるが、全体としては学位論文として十分なレベルに達していると判断できる。

【最終試験の結果】

平成 27 年 2 月 5 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。