

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2019年3月修了 修士論文要旨

電気自動車における摩擦円限界を想定した タイヤ負荷率最大化と車両運動制御に関する研究

学生証番号 47-176083 氏名 布施 空由
(指導教員 藤本 博志 准教授)

Key Words: 電気自動車, 車両運動制御, スリップ率, タイヤ負荷率, λ -Method

近年, 地球温暖化や化石燃料枯渇などの環境問題への対策の一つとして, 排気ガスを一切出さない電気自動車 (Electric Vehicle: EV) が大きな注目を集めている。EV はモーターで駆動するため, 内燃機関自動車と比較すると環境性能だけでなく, 運動性能に関しても様々な優位性を有する。これまで, モーターによる広帯域な制御性能を利用して, フィードバック制御を用いたトラクション制御や車両運動安定化制御, 姿勢制御など様々な手法が提案されてきた。特に, 4 輪にインホイールモーターを搭載した EV では, ドライブシャフト等の駆動伝達機構を持たないため, 制御帯域が高いメリットがある。インホイールモーター EV を想定した各種制御手法の中でも, 駆動力を直接制御する駆動力制御系が実用性に優れている。駆動力制御系ではタイヤの滑り具合の指標となるスリップ率を直接制御し, このスリップ率指令値にリミッタを設けることで, 滑りやすい路面でも空転を防止し, トラクション効果を実現している。ところが, このスリップ率リミッタは直進時に最大摩擦係数が得られる最適スリップ率で固定されており, 旋回中に発生するタイヤの横滑りを考慮していない。そのため, 旋回中に所望のコーナリングフォースを発揮できずに車両運動が不安定化する恐れがある。

そこで本研究では, タイヤの横滑りも考慮した駆動力制御の実現を目標とする。具体的には, スリップ率リミッタをタイヤの横滑りに合わせて動的に可変にする制御設計手法の提案を目指す。まず, 制御設計や実験検証による評価に必要なタイヤ特性パラメータである最大摩擦係数と最適スリップ率を推定する。推定にはスリップ率制御系と駆動力オブザーバを組み合わせる。前輪はスリップ率制御で駆動させ, 指令値を正弦波状に変化させる。スリップ率の変動に対し, 推定駆動力が飽和することで, 路面の最大摩擦係数と最適スリップ率が推定できる。推定した情報の信頼性は直線路の最短時間運動制御による実験実証によって確かめられる。

次に, 推定したタイヤ特性情報を既存のタイヤモデルに当てはめることで, タイヤ負荷率が最大となるスリップ率と横滑り角の条件式が定量的に導けることを示す。低 μ 路上をスリップ率制御系で駆動させながら旋回することで, 実際にタイヤ負荷率がほぼ 1 となり, 最大化されることを実験で確認する。最後に得られたタイヤ負荷率最大化条件を利用し, 駆動力制御系に用いられるスリップ率リミッタを横滑り角にあわせて動的に可変する設計法を提案する。低 μ 路上の加速旋回をシミュレーションし, 従来法に比べてタイヤのスリップが低減され, タイヤ負荷率も最大化されることを示す。更に, 実験検証では, 従来法に比べてコーナリングフォースの増大や, より少ない操舵角で旋回が可能になることで旋回性能が大幅に向上することを示す。