

## 審査の結果の要旨

氏名 耿 聡

本論文は、**Body Slip Angle Estimation for Stability Control of Electric Vehicle**（電気自動車の安定性制御のための車体すべり角推定に関する研究）と題し、車体運動制御における重要な状態変数である車体すべり角 $\beta$ の推定に基づく二次元車両制御の提案を行い、車両を操縦限界範囲内に制御することによって、車両運動の安定性を向上する技術を研究した結果をまとめたもので、英文で記述された全7章からなる。

今後電気自動車がさらに普及、進展していくためには電気自動車の駆動源である電気モータに注目する必要がある。電気モータは内燃機関式自動車に対して次のような優位点を持つ。すなわち、速い応答速度を利用した高度な制御が可能になること、出力トルクの大きさが正確にわかるので、タイヤと路面の間に生じる駆動力や制動力の推定がリアルタイムで可能になることなどであり、路面状態を考慮した全く新しい制御が実現できることを意味している。また、モータの小型化にともなって分散配置が可能になり、駆動輪の完全独立制御が実現できる。例えば左右輪の間に制駆動力を生じさせて車両運動を制御することができる。

本論文で提案する制御は車両状態を望みのモデルに追従させることを目指したもので、ヨーレート $\dot{\psi}$ と車体すべり角 $\beta$ の状態フィードバック制御により実現する。 $\beta$ は重要なパラメータであるがその測定には、路面を画像処理する高価格のオプティカルセンサが必要であるため現実的ではなく、簡単なヨーレートセンサや加速度センサから推定する必要がある。しかし、従来の手法はリアルタイム性、モデルエラー、非線形領域での推定などに問題があり、本論文では、これらの問題を解決する新しい推定方法を提案している。

第1章は序論であり研究の背景などを述べている。

第2章「**Vehicle Lateral Dynamics**（車体縦方向の運動学）」では、車両運動のメカニズムと発生する力を用いた車両二次元運動の方程式を説明している。

第3章「**State Observer Theories**（状態オブザーバの理論）」では、状態変数の推定器や制御器に利用するために、近似を行った線形状態方程式を導き、各種パラメータの推定と制御の必要性について述べている。

第4章「**Methodologies of Vehicle Body Slip Angle Observation**（車体すべり

角の推定手法)」では、新しい車体すべり角  $\beta$  の推定方法を提案している。具体的には、タイヤの非線形飽和特性を表すモデルに基づく非線形オブザーバ、ファジー (Fuzzy) 推論を用いたハイブリッドオブザーバを提案している。

第5章「**Experimental Studies of Vehicle State Observers** (車体の状態オブザーバの実験的検討)」では、モータのトルク値から路面状態とコーナリングパワーを推定する適応オブザーバを提案し、非線形領域でも正確に  $\beta$  が推定できることを示している。

第6章「**Stability Control Based on State Observer** (状態オブザーバにもとづく安定化制御)」では、ヨーレートと車体すべり角の推定状態をもとにした制御系を構成し、シミュレーションおよび実験用に製作した電気自動車 (東大三月号 II) を用いた実験を行い、本手法が車両の横方向運動の安定化に大きく貢献することを検証している。

第7章は結論である。

付録として、本論文で重要な役割を果たした「**Modeling of Tire Characteristics** (タイヤダイナミクスモデリング)」を付けている。

以上これを要するに、本論文は、電気自動車の車体運動制御における重要な状態変数である車体すべり角  $\beta$  の推定を行ういくつかのオブザーバを提案し、詳細な数値計算と、実際に製作した実験用電気自動車を用いた走行実験によって、車両運動の安定性向上に大きく寄与できることを示したもので、電気工学、自動車工学、制御工学上、貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。