

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 賀 鵬

本論文は、「Dynamic Force Distribution Control for Multi-Wheel-Driven Electric Vehicle Utilizing Actuator Redundancy (多輪独立駆動電気自動車の動的制駆動力配分制御)」と題し、各車輪ごとに独立した電気アクチュエータ(車両駆動用モータ)をもつ電気自動車において、アクチュエータが有する冗長性を活用した動的な制駆動力配分制御を行うことによって、はじめて実現可能となる新しい運動制御法を提案し、その基本的な提案手法について実車を用いた実験によって有効性を実証したもので、英文で記述された9章により構成されている。

第1章「INTRODUCTION」は序論であり、多輪駆動電気自動車の現状と問題点を示し、制駆動力配分制御の必要性を述べ、アクチュエータの数に冗長性があるシステム(以下オーバーアクチュエーティドシステムという)の可能性を考察して本研究の位置付けを行っている。

第2章「EV DYNAMICS AND CONTROL」では、電気自動車の運動制御法を概観し、多輪独立駆動電気自動車の制駆動力配分を例に引きながら、従来とくに考慮されることのなかったオーバーアクチュエーティドシステムにおける冗長性活用の可能性を指摘し、余分なアクチュエータの自由度を活かすことによって、運動制御システムの信頼性を増加させたり、いくつかの目標、たとえば、最適なタイヤ負荷率、アクティブ・スリップ率などを実現することができることを述べている。

第3章「NOVEL FORCE DISTRIBUTION CONTROL」では、オリジナルな多輪独立駆動電気自動車の制駆動力配分制御法を提案し、それを含めて本論文で提案しようとしている車両制御系の全体をまとめている。

第4章「REDUNDANCY AND ITS APPLICATIONS」では、冗長性利用の基礎的な理論を述べ、それを実現するための三つの手法(Generalized Inverse and Direct Allocation, Daisy Chain, Optimization Methods)をまとめている。とくに第3章での提案を実現するために必要となる Optimization Methods を詳細に検討している。後半ではその具体的な二つの方法(LMS および Minmax 法)を提案し、シミュレーションによって比較を行い、有効性と特徴を検討している。

第5章「IMPLEMENTATION METHODS」では、Optimization を実現するために第

4章までに提案したアルゴリズムとは異なる、より計算時間の短い新しいアルゴリズムとして動的逐次計画法（DQP）を提案している。また、インホイールモータ式の電気自動車においてタイヤに発生する摩擦力の特徴を考察し、2次非線形制約逐次計画法（SQCQP）のアルゴリズムも提案し、従来法と比較しながら提案法の優位性を示している。

第6章「REALIZATION AND EVALUATIONS」では、第5章で提案したアルゴリズムを第3章で提案した制駆動力配分制御と組み合わせ、より具体的な手法を述べ、シミュレーションによってその有効性を評価している。

第7章「MANEUVERABILITY IMPROVEMENT」では、提案法の有効性を、ある自動車メーカーおよび自研究室で開発した、4輪独立のインホイールモータによって駆動される電気自動車を用いて検証した結果をまとめたもので、ここでは主として操縦性の向上について記述している。

第8章「RECONFIGURATION CONTROL UNDER CRITICAL DRIVING CONDITIONS」では、第7章に引き続き、実車を用いた提案法の有効性を実証した結果について述べたもので、評価は車の追従性や旋回能力などの運動特性について行い、たとえば、提案法の一つである（LMS法を用いた制駆動力配分）が従来の制駆動力配分方法より有利であることなどを実証している。

第9章「CONCLUSIONS AND FUTURE WORKS」では本論文の結論を述べると同時に、今後の研究課題について詳述し、将来の研究指針を示している。さらに付録として、実験に供した電気自動車の説明を補足している。

以上これを要するに、本論文は、オーバーアクチュエーティドシステムの冗長性を活用した制御手法をシステムティックな形で提案し、多輪独立駆動電気自動車の制駆動力配分制御に積極的に応用してその有効性を実証することによって、自動車の運動制御に新しい可能性を示したものであって、電気工学、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。