

## 審査の結果の要旨

氏名 ドアン ドウックヴァン

本論文は、「Optimization of Electric Vehicle Operation and Infrastructure of Wireless Power Transfer System(電気自動車の運転とワイヤレス給電地上設備の最適化)」と題し、バッテリー容量の制約をもつ電気自動車を高速道路上で長距離を高速で連続走行させるために、高速道路に走行時非接触電力伝送システムを設置して給電を行いつつ長距離連続走行させる将来像を想定し、そのための省エネルギー運転法と、地上設備コストを最小化するための設備配置法を、最適制御理論および数理的最適化手法の応用として提案したもので、以下の7章からなる。

第1章では、「序論」として、電気自動車およびそれに関連した非接触集電技術の近年の技術動向をまとめ、本論文の問題設定の重要性を説明している。また、本論文で提案し用いる最適化手法の位置づけを明確にするため、電気自動車を含む電気系駆動車両の省エネルギー運転手法の近年の関連研究を紹介している。そして、理論編、応用編からなる本論文全体の構成を示している。

第2章では、「理論編:最適制御」として、変分法の応用、ポントリャーギンの最大化原理、ベルマンの動的計画法として記述される従来の省エネルギー最適運転法の定式化の特長と問題点を整理している。すなわち、従来法の問題点を克服するための、「多項式近似した有限回数の運転操作に着目したパラメータ最適化法」と、「反復動的計画法」という2つの異なる省エネルギー最適運転求解法を提案している。それらの基礎理論を詳細に述べるとともに、それぞれの利点と適用上の留意点を説明している。

第3章では、「理論編:非線形最適化」として、上述の運転操作近似多項式のパラメータ最適化の中で用いる「勾配法に基づく制約条件付き非線形計画法」と、第6章で規模の大きなインフラストラクチャ設計最適化に用いる「生物進化を模擬したメタヒューリスティック最適化手法」の基礎・定式化を具体的に説明している。

第4章では、「応用編:電気自動車運転法」として、バッテリー容量制約の影響を強く受ける電気自動車の省エネルギー運転の求解に、2章で提案した、運転操作近似多項式のパラメータ最適化法および反復動的計画法を適用している。数値計算例に基づき、提案した最適制御求解手法の有効性を検証するとともに、実務的な道路条件における省エネルギー運転曲線求解の例を具体的に示している。

第5章では、「応用編:非接触電力伝送インフラストラクチャ設計」として、前章で求めた省エネルギー運転曲線を前提に、非接触集電地上コイルの設置区間を最小化する設計法を論じている。高速道路上の位置に応じて電力伝送を、力行時のみ行う、あるいは制動動作時も行い、行わないという3つの入力レベルを持つ最適制御問題とし

て定式化し、最大化原理を応用して解くことで、最低限必要な給電設備の設置場所を求める設備計画法を定式化している。そして、車上バッテリーの容量やその初期蓄電状態の相違による解への影響を具体例を挙げて論じ、長距離高速道路上の設備設計最適化の一例を示している。

第6章では、「応用編:電気自動車運転法と非接触電力伝送インフラストラクチャ設計の同時最適化」を提案している。まず電気自動車の省エネルギー運転曲線を求め、それを前提に非接触集電地上コイルの設置区間の最小化を、前の2つの章で行ったのに対し、ここでは、直接非接触集電地上コイルの設置区間最小化を行い、それに合った電気自動車の運転法を同時に導出する問題設定をしている。すなわち、電気自動車の運転法の求解を、運転操作近似多項式のパラメータ最適化法で行いつつ、非接触集電地上コイルの設置区間最小化を生物進化模擬によるメタヒューリスティックな最適化手法を用いて、同時に進める方法を提案し数値計算を実行している。その結果を、前2章の結果と比較し、この同時最適化の結果、第4章の省エネルギー運転曲線とは様相の異なる運転曲線が得られる一方、第5章の結果よりも短い設備設置の運用が、確かに可能になることが示された。

第7章は、「結論」として、上記各章で提案したの理論および数値計算の結果から得られた各最適化手法の長短についての知見をまとめ、多様な車両や運転者の性質を設計で考慮するための確率的要素の導入や多目的最適化としての扱いなど、今後の検討の方向性を示唆している。

以上要するに、本論文は、将来の移動式非接触電力伝送設備を高速道路に合理的にコストを抑制しつつ設置し、効率的な電気自動車の長距離自動運転を行う将来像を示し、電気駆動車両の走行に関して、走行時間や終端条件の等式制約、入力不等式制約、速度制限としての区分的状態変数不等式制約など、求解困難な省エネルギー運転曲線の最適化法を複数提案し、実走行に近い条件をもつケーススタディを数値的に解き、それらの適用法を工学的に系統化したもので、電気工学、特に電気自動車・電気鉄道を包括する車両駆動制御への貢献が少なくない。

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。