

論文の内容の要旨

論文題目「アクティブシートサスペンションを用いた超小型電気自動車の
乗り心地改善に関する研究」

学位申請者 加藤 英晃

キーワード：超小型電気自動車 乗り心地 アクティブシートサスペンション
心拍変動 筋電位

近年、生活・移動の質の向上をもたらすために、新たなカテゴリーの乗り物として超小型モビリティが提案されている。現在、コンパクトで小回りが利く1人から2人乗り用の超小型電気自動車が販売されており、買い物や通勤のような近距離での手軽な交通手段として需要が高まっている。また、2012年6月には国土交通省より超小型モビリティ導入に向けたガイドラインが発表され、自動車メーカー各社の開発も加速しておりコンセプトカーの発表等が盛んに行われている。さらに、自動車メーカーと自治体により、超小型電気自動車の大規模なカーシェアリング実証実験が始まるなど、これらの自動車の普及が今後拡大すると考えられる。

超小型電気自動車は、通常の乗用車とは異なり、路地や未舗装路への乗り入れが容易である。さらに、市場調査によればこれらの車両は郊外や農村部、山間部における利用者も多いことが明らかとなっており、段差や凹凸の多い道でも、安全・快適に走行するためのシステム構築は不可欠である。また、これらの車両は非常にコンパクトであるために大掛かりな車両の改良を行うことが難しい。そこで、本論文では超小型電気自動車にリニアモータを用いたアクティブシートサスペンションを搭載し、振動加速度の低減による乗り心地改善を行った。アクティブシートサスペンションは座席部分に簡易装着が可能である上に、4輪のサスペンションを制御する従来のシステムよりも消費電力を削減することができ、超小型電気自動車の乗り心地向上に大きなメリットをもたらす。

一方、2020年には国内メーカーが自動運転自動車を発売するという発表もされており、自動車の高機能化は革新的なステージを迎えている。発展の著しい情報通信技術などと融合した新たなモビリティ技術の開発がなされ、心電図などといった生体情報を瞬時に収集・分析することで運転者や乗員の眠気や体調などに関する情報をリアルタイムに提供することも可能となってきた。今後は、情報提供のみならず車室内環境の制御を行うことも現実となると予想される。特に、乗り心地の分野においては、従来から加速度や加加速度が評価として用いられているが、これらの低減が必ずしも最良の乗り心地にならない場合もあると考えられる。運転者や乗員それぞれの乗り心地感覚や体調、運転条件などにより変化する心理状態にあわせた制御

も必要になってくる。そこで、運転者の生体情報によりリアルタイムに心理状態を評価する方法について検討し、生体情報を取り入れたアクティブシートサスペンションの制御を提案した。

本論文は5章で構成されている。以下に各章における概要を示す。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について説明した。また、従来までの研究について述べ、超小型電気自動車の乗り心地改善における必要性と独自性を明らかにした。さらに、本論文の構成および概要について述べた。

第2章は悪路走行時における振動低減効果に関して検討を行った。本章では、座面加速度の低減効果および実用性の高い制御手法を検討することを目的として、超小型電気自動車の乗り入れが容易である悪路を想定し、波状路と砂利路にてアクティブシートサスペンションの振動低減効果について明らかにした。継続的な振動が車両に入力された際における検討として、アクチュエータに供給するエネルギー量に対する振動低減効果について言及した。また、カーシェアリング時に運転者の体重が変化した場合の振動低減効果について検討し、実用性および有用性に関して明らかにした。

第3章は段差降下時における衝撃低減効果について検討を行った。超小型電気自動車は様々な場所に乗り入れることが容易であるが、特に歩道から車道へ降りる場合などの段差通過時に大きな衝撃が入力される。本章ではこのような場合を想定し、アクティブシートサスペンションにより、乗員の頭部に受ける衝撃の低減効果について、加速度に加え頭部が受ける負担度を運転者の首の筋電位から測定し評価を行った。また、加速度と生体情報である筋電位の相関についても言及し、頭部に受ける衝撃や負担度をアクティブシートサスペンションにより低減させる効果について明らかにした。

第4章は運転者の生体情報を用いたアクティブシートサスペンションの制御について提案を行った。前章では、超小型電気自動車走行時における肉体的な負担感について筋電位を用いることにより定量化している。これに対して本章では、心電図から得られる心拍間隔（R-R Interval: RRI）により、交感神経系および副交感神経系の活動を推定し、運転者の乗り心地を定量的に評価する方法について述べた。さらに、このRRIによる評価方法に基づき、加速度に加え運転者のリアルタイムの心理状態を制御系にフィードバックする「RRI-SW（RRI-Switching）制御」の提案を行った。また、RRI-SW制御の有用性について走行実験により明らかにした。

第5章では本論文の結論を述べた。第2章から第4章までに得られた本研究の成果を総合して述べると共に、将来の展望についてまとめた。アクティブシートサスペンションシステムに対して、生体情報をリアルタイムにフィードバックすることにより、運転者一人一人が感じている乗り心地をリアルタイムに制御するための制御系設計指針を示すことができたといえる。