

論文の内容の要旨

論文題目「生体情報を用いた超小型モビリティの乗り心地感覚推定
に関する研究」

学位申請者 池田 圭吾

キーワード：振動 超小型モビリティ アクティブシートサスペンション 生体情報
乗り心地評価

近年、一定地域内での比較的短距離の移動に利用される超小型モビリティが、いくつかの自動車メーカーから販売されている。これらの車両は、観光地などでの周遊にとって望ましい移動具であり、需要がますます増大することが予想される。超小型モビリティは車幅やホイールベースが短いため、従来の車両では通行できなかったような道幅が狭く、段差や凹凸の多い道も走行が容易で頻繁に通行することが可能になる。また、超小型モビリティは車体が非常に軽量であることから、これまでの一般的な乗用車と比較して路面の起伏や段差による振動が伝わりやすいという懸念がある。さらに、超小型モビリティは車体が非常に小さいことから、振動による乗り心地の劣化に対して講じることのできる対策がこれまでの乗用車に比べて非常に限られてしまうことも大きな課題である。

そこで、超小型モビリティの座面下部にリニアアクチュエータを設置したアクティブシートサスペンションによる乗り心地の改善が提案されている。しかしながら先行研究において乗員の筋電位、心拍変動などの生体情報から座面の振動を抑制する制振制御が必ずしも乗り心地改善にならないことが確認されている。また入力される振動に対して乗員が感じる乗り心地感覚は乗員によって異なり、さらに時間や周囲の環境など様々な条件で変化する。このため乗員一人ひとりに合わせた乗り心地を提供できるシステムの構築が、さらなる乗り心地向上において不可欠である。このとき、入力された振動を乗員が快適と感じるかどうかを推定することが重要な要素となる。

本論文は乗員一人ひとりに合わせた乗り心地感覚を推定し提供するために、乗員の生体情報、乗員に入力される振動をセンシングして乗員に入力された振動に対する心理状態を推定し、乗員にとって最適な乗り心地感覚になるようにアクティブシートサスペンションを制御するシステムを提案する。さらに、低推力のアクチュエータにおいても振動の抑制より効率よく乗り心地感覚の改善が可能となるマスキング制御手法を提案した。マスキングとは、車両に外乱として入力される振動に対してアクティブシートサスペンションにより振動を重ね合わせ、外乱の感度を相対的に低減する手法である。本論文では、アクティブシートサスペンションを用いて乗り心地感覚に影響がある振動に対して乗員の心理特性を明

確にするため、乗り心地に影響がある加速度の周波数と加速度の時間変化率である躍度を変化させて加振実験を行った。次にマスキングによる乗り心地の向上を検討するため、外乱として用いる振動、外乱に対して重ね合わせる振動の検討を行った。最後に乗員に入力される振動に対して得られた生体情報から乗員の主観的な乗り心地を推定する手法を構築した。

本論文は5章で構成されており、以下に各章の概要を示す。

第1章は序論であり、本研究の背景と各章の目的について説明している。次に従来の研究について述べ、乗員にとって最適な運転環境を維持する乗り心地制御システムの必要性と独自性を明らかにしている。さらに本論文の構成および概要について述べた。

第2章では加速度および躍度が乗員の乗り心地感覚に与える影響について検討を行っている。まず、乗り心地感覚に影響がある加速度や躍度について説明し、乗り心地評価に用いた生体情報の評価方法について述べた。次に乗り心地感覚に影響がある加速度の周波数や躍度に着目し、乗り心地感覚が異なる振動で加振実験を行った。その結果、躍度は乗り心地に与える影響が大きい因子であることを確認している。さらに入力する振動における加速度の周波数と躍度を変化させて加振実験を行った。これにより乗り心地に対して躍度の影響を受けやすい実験協力者群と加速度の周波数の影響を受けやすい実験協力者群に分けられることがわかった。

第3章では超小型モビリティのアクティブシートサスペンションに適した乗り心地制御の検討を行った。まず、超小型モビリティが凹凸のある路面を走行した際に車内に入力される、外乱に対して別の振動を重ね合わせるマスキングについて述べた。そして、振動に対するマスキングの効果について加振実験を行い、乗員の生体情報から評価した。実験結果から乗り心地が劣化しやすい加速度の周波数に対してその倍の加速度振幅を持つ振動を重ね合わせることによって乗り心地が改善することを確認した。

第4章では生体情報を用いた乗り心地感覚の推定に関する検討を行った。生体情報は乗員のストレス状態を定期的に把握する上で有効であるが、入力された振動が乗員にとって快適であるかを判定することはできない。そこでリアルタイムに測定可能な生体情報と乗員の主観的な快適性の相関を明らかにし、リアルタイムに乗員の快適性を推定することを目的に検討を行った。まず、主観評価を用いた心理状態の評価方法について説明し、複数の生体情報から主観評価を推定する重回帰分析の手法について述べた。乗り心地感覚に影響がある振動を入力して加振実験を行い、得られた乗員の生体情報を重回帰分析して主観評価を予測した。この結果、生体情報から予測した主観評価の値と乗員から得た主観評価の実測値との間で高い相関が得られた。このことから複数の生体情報を測定することで、乗員が感じている快適性を高い精度で推定することができた。

第5章では本論文の結論を述べた。第2章、第3章、第4章で得られた本研究の成果を総合して述べるとともに、将来の展望についてまとめた。本研究で提案した手法を用いることで乗員に入力される振動と生体情報を取得することで、乗員が感じている快適性を推定することが可能となった。リアルタイムに推定した乗り心地を高いレベルで維持できるよ

うに制御を切り替えていくことで乗員一人ひとりに合わせた制御が可能になり、乗員の心理状態推定およびマスキングを用いることで、より高性能な乗り心地制御が期待できる。