

審査の結果の要旨

氏名 中川 智 皓

本論文は、「人と協調するパーソナルモビリティ・ビークルの運動と制御」と題し、10章よりなっている。

近年、環境保全や高齢社会への対応、移動権の確保の観点から、人と環境にやさしい新しい乗り物の研究開発が期待されている。

本論文では、個人用の移動手段となる乗り物、パーソナルモビリティ・ビークル (PMV) を取り上げ、車両の運動力学、安定化制御、操縦性、乗員との協調性のみならず歩行者との親和性、社会における実用性の観点から論じている。本研究で取り扱う PMV は、人と環境に優しい動力で、快適かつ効率的な近・中距離移動の実現し、歩道や施設内での歩行者混在環境でも安全に使用可能、公共交通や自動車への持ち込める可搬性を特長とし、このコンセプトを実現する合理的な PMV を提案し、その有用性を示すとともに、PMV 全体についても体系化の試みをしている。

本論文の第1章は、「序論」と題し、研究の背景および本研究の目的について述べている。

第2章は、「自転車の運動」と題し、コンパクトな PMV の提案のため、小径自転車に着目した運動力学解析を、マルチボディダイナミクスを用いて行っている。小径自転車を用いた走行実験によって、シミュレーションの妥当性を示し、パラメータ設定による操縦安定性向上を確認している。

第3章は、「極低速における自転車の安定化」と題し、前後輪の操舵を可能とする自転車に、前後輪の駆動力制御を付加することを考え、車体を安定化させる原理を示している。極低速時において、最も効率的に駆動制御で安定化できる形態は、前後輪が共に 90 度操舵した形態、すなわち平行二輪車 (倒立振り子型車両) となることを明らかにしている。

第4章は、「新たな交通モードを実現する PMV の提案」と題し、自転車モードと平行二輪車モードという二形態を持ち合わせ、お互いのモードに変換可能で、状況に応じて使い分けることができる乗り物を提案している。高速走行時には直列二輪である自転車モード、低速走行時には平行二輪車モードとなるハイブリッド方式を使用するコンセプトである。さらに、平行二輪車モードについては、従来の全電動型に加え、人力駆動型を提案し、それぞれの構造と動作方式を説明している。

第5章は、「自転車モードの安定化制御」と題し、前後輪を共に操舵また駆動させる自転車の安定化制御を提案し、数値解析によって、従来の自転車よりも安定性を向上できることを示している。

第6章は、「平行二輪車モード（人力駆動型）における人との協調」と題し、提案したPMVの平行二輪車モード（人力駆動型）における乗員との協調を姿勢安定化の観点から論じている。ペダル式平行二輪車の機械式駆動と電気式駆動方式の比較では、人間の駆動力を電力に変換して、変動の小さいトルク指令でモータのみで駆動させる電気式駆動方式の方が、エネルギーを平滑化することが可能である点で、安定化しやすいことを示している。

第7章は、「平行二輪車モード（人力駆動型）の操縦実験」と題し、提案したPMVの平行二輪車モード（人力駆動型）を試作し、駆動および操舵実験を行っている。実験では、人力によるペダルの回転によって、前後の意図する方向に直進走行させること、ハンドルを回転させることによって、意図する方向に旋回させることに成功している。操舵特性については、自転車との互換性を考慮したシステムを提案している。ペダルの回転によって目標姿勢角を変化させる駆動制御を行い、ハンドルの操舵角入力に対して、左右車輪の駆動トルク差を制御する方式において、高い操縦性が得られることを示している。

第8章は、「歩行者との親和性」と題し、PMVが歩行空間に与える影響を、物理的、心理的側面から論じている。歩行者混在走行実験により、PMVが歩行者に与える不快感などは、PMVの種類によって有意に異なるということを示している。コンパクトな倒立振り子型車両は、自転車に比べて、歩行者との親和性が有意に高いことが示されている。また、PMVと歩行者の親和性をパーソナルスペース測定データに基づき評価し、車両の形態や速度の違いによって、親和性が変化することを合理的に導いている。

第9章は、「PMVの多軸による評価」と題し、車両の操縦安定性、歩行者との親和性、社会における実用性によって、人と協調するPMVの形態を体系化手法の構築を試みている。

第10章は、「結論」と題し、以上の結果を要約し、本論文の結論を述べている。

以上、本論文は、新たな交通モードを実現するPMVを定義し、それを実現する形態を提案し、力学的特性およびドライバとのインタラクション、歩行空間での親和性について論じたものである。自転車モードと平行二輪車モードを有するペダル式平行二輪車を提案し、試作機を用いた操縦実験および理論検討によりその成立を確認し、歩行者との親和性、社会における実用性を論じ、人と協調するPMVの体系化する手法を構築している。よって、これらの研究成果は、機械工学に寄与するところが大きい。

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。