

審査の結果の要旨

氏名 後藤 健太郎

車道の利用効率の向上が見込まれるパーソナルモビリティ (PMV) が都市交通問題の解決策として注目されている。しかし、依然として車道走行型 PMV の普及は限定的である。この理由として、費用対効果が現在都市において普及している他の自家輸送手段ほど優れていないことが考えられた。

そこで本研究では、費用と効果に加え安全の観点から、都市を取り巻く環境と既存のモビリティの分析を行い、新しい都市向け車道走行型 PMV (以下 PMV) の提案を目指した。費用についてはスペース・エネルギー効率や耐久性・整備性、効果については快適性や MaaS との親和性、安全については両立性、すなわちコンパティビリティの重要性を指摘し、提案する PMV の要件を、省フットプリントでフルキャビンを持ち/シンプルで小さく軽い、として整理し、これらの要件に対するミニマルな解となり得る PMV を実現するサスペンション機構を考案した。この機構、すなわちセンターピボットサスペンション (CPS) により、重心移動を伴わず車両のロール安定を人力で発生させるリーンモーメントで制御できる車両「リーン・オートモービル」を計画・設計し、フルキャビンを持ちながらも、省フットプリントで、シンプルで小さく軽い車両の実現性を示している。さらに本提案車両に関して、車道を走行する輸送手段において必ず発生する車両を転がそうとするモーメントへの対処方法に着目して位置付けを行うと、既存事例のないカテゴリーに位置付けられることが分かった。

次に CPS によって乗員の操作力を直接リーンモーメントに変換する独自の機構が、力学的な観点から操縦を可能とするものなのか、また過度の緊張や恐怖等を与えずに走行できるのか、すなわち運転性についての検証・評価を実施することとした。Sharp の 4 自由度モデルに CPS が持つ自由度を加えた 4+1 自由度モデルを開発し、過渡応答解析と時系列走行シミュレーションから力学的評価を行い、操縦可能性を示すことができた。また、試験車両の設計に活用できる特性や知見を得ることができた。しかし、安全性も含めたより総合的・実証的な運転性の検証・評価は机上計算のみからでは難しく、試験車両を用いた走行実験が必須であると考え、試験車両の設計・製作、走行実験を実施した。

基本構想と図面作成、部品選定等、試験車両の製作は著者自身が主導して行い、試験車両の力学モデルに必要なパラメータはコンポーネント毎の試験や計測値を用いて決定された。また試験中の車両挙動を過不足なく把握するための計測システムが設計・構築された。走行試験は制御の難しい低速域で行われ、運転性と走行中の電力について、シミュレーションと比較しながら評価した。

これらの成果をまとめた本論文は以下の 6 章から構成されている。

緒言の第 1 章では、本研究の目的である新しい PMV の提案にあたり、乗員がどのような機構を通じてタイヤを使い慣性力から生じるモーメントに対処するかという視点に立ち返ることの重要性を主張している。

第 2 章では、PMV を取り巻く環境とこれに類する既存のモビリティの考察を行い、これからの PMV に求められる要件をまとめた。

第 3 章では、前章でまとめた要件を満たす提案車両「リーン・オートモービル」の車両計画とキーコンポーネントである CPS の機構とステア系の設計について説明している。また既存事例との比較から新たなカテゴリーに属する提案であることを示し、第 4 章、第 5 章の評価の方針について述べている。

第 4 章では、提案車両の運転性と走行抵抗に起因する必要電力の変化についてのシミュレーションを実施するための力学モデルの詳細を示している。4+1 自由度モデルにおいては、リーンに伴うステア特性を考慮することが走行実験を再現するうえで重要であることが分かった。また走行シミュレーションでは、おもに発生できるモーメントの限界という観点から操縦可能性を評価した。

第 5 章では、設計・製作した電動試験車両、計測システムの概要と、実際に行った走行実験について述べている。走行実験の考察からは、提案車両は既存車両と異なる操縦様式を持ちながらも、PMV として十分な運転性を持つことが示されている。さらに運転性および走行中の電力に関する前章の計算結果と比較することにより作成した力学モデルの妥当性を確認している。

第 6 章では結言で、本研究の実施内容と得られた考察を総括した。

また、本論文には以上の 6 章に加えて、計算に用いた車両パラメータと計算プログラムについての詳細と、試験車両の設計の詳細について説明した補遺が末尾に加えられている。

以上のとおり、本論文では、独自の機構をもち、力学的観点から新しいカテゴリーに位置づけられる PMV を提案・設計し、運転性を評価するための力学モデルの作成とシミュレーションを行い、さらに試験車両の設計・製作と走行試験に基づいて総合的・実証的な評価が実施されている。今後の展開には安全性に関するより客観的な議論が求められるが、新しい提案から解析的・実験的評価までを一貫させて行った PMV の基礎研究として高い価値があると言える。

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。