

## 審査の結果の要旨（案）

論文提出者氏名 道辻 洋平

本論文は「鉄道車両用二輪一ユニット操舵台車の制御に関する研究」と題し、九章より構成されている。

従来の鉄道車両では、高速走行安定性と曲線通過性能の両立が大きな課題であった。従来は二つの輪軸を用いたいわゆる二軸ボギー台車が一般的であり、自己操舵台車の研究開発や、最近ではアクティブ操舵制御の適用も試みられてきている。しかし、アクティブ制御を適用することを前提とし、さらに最近の車体の軽量化を考慮すると、単なる制御則のみではなく、台車構造と動的特性を連携した制御手法の総合的な検討が必要である。本研究は、このような背景から、二輪一ユニット操舵台車という従来にないコンセプトを提案し、台車の安定性と操舵制御の体系化を試みたものである。

左右の車輪が車軸で剛結合した通常輪軸を用いる方式については、輪軸の持つ自己操舵機能を最大限活用する手法として、周波数特性を考慮した台車設計手法を提案している。さらに、急曲線における操舵限界のない、重力復元力を活用した車軸の無い独立回転車輪操舵台車についても、同様にアクティブ制御を前提とした車両設計手法と制御則の構築を行っている。これら二つの二輪一ユニット操舵台車は、高速走行安定性と定常曲線旋回性能をパッシブな特性で両立しつつ、アクティブ制御によって緩和曲線通過時の過渡的な動特性のみを制御するという現実の鉄道システムを考慮すると優れた方式である。

提案する理論を実証するために、曲線通過が模擬可能な 1/10 スケールの模型車両および走行実験プラットフォームを製作し、走行実験と数値解析によって台車設計手法と操舵制御の有効性を確認している。最後に提案する二輪一ユニット操舵台車について、ダイナミクスに基づいた体系化を行い、三軸車両といった新しい車両システムへの適用も提案している。

第一章は「序論」と題し、研究の背景及び研究の目的を述べている。

第二章は「鉄道車両のダイナミクス」と題し、鉄道車両のダイナミクス、台車の操舵性能解析手法について述べている。さらに、アクティブ制御系と複雑な鉄道車両ダイナミクスの双方を効率的に解析するマルチボディダイナミクス解析プラットフォームを構築している。

第三章は「通常輪軸を用いた二輪一ユニット操舵台車の制御」と題し、左右の車輪を車軸で剛結合した通常輪軸を有するアクティブ操舵台車について、周波数特性を考慮した等価支持剛性モデルという新しい台車設計手法を提案している。電磁アクチュエータを用いたアクティブ・ステアリング・ヨーダンパという、ダンパ機能とアクチュエータ機能を兼ね備える新たなデバイスによる制御手法を提案し、緩和曲線通過のような過渡的なダイナミクスに対してのみアクティブ制御を適用することで、優れた性能を発揮できることを示している。

第四章は「独立回転車輪を用いた二輪一ユニット操舵台車の制御」と題し、急曲線における操舵限界のない、重力復元力を活用した独立回転車輪方式のアクティブ操舵台車を提案している。アクティブ・ステアリング・ヨーダンパを用いて、パッシブな構造で高速走行安定性と定常曲線旋

回性能を両立しつつ、アクティブ制御によって過渡的な動特性のみを制御する方式である。車軸が無く独立車輪を操舵リンク機構により左右独立にステアリングする本方式については、従来不十分であった理論モデルを明確化すると共に、マルチボディダイナミクス解析により、その性能を評価している。

第五章は「スケールモデル走行装置プラットフォーム」と題し、開発した 1/10 スケールの急曲線走行を模擬できるプラットフォームについて述べている。開発した実験プラットフォームによってコストや安全性の課題を解決し、革新的なアクティブ操舵車両の理論検証が実施できることを示している。

第六章は「通常輪軸を用いたスケールモデル車両の走行実験」と題し、通常輪軸を用いた二輪一ユニット操舵台車の 1/10 スケールのモデル台車を設計・製作し、その走行実験を実施している。ボルスタ構造と提案するアクティブ・ステアリング・ヨーダンパにより、理想的な曲線旋回を実現しつつ、高い走行安定性を持ち合わせていることを実験、数値解析の両面より実証している。さらに、実物車両に適応した場合の評価も行っている。

第七章は「独立回転車輪を用いたスケールモデル車両の走行実験」と題し、提案する独立回転方式アクティブ操舵台車のスケールモデル車両の走行実験結果が述べられている。提案する独立回転二輪一ユニット操舵台車は操舵限界が無く、アクティブ・ステアリング・ヨーダンパによって高い走行安定性も確保できること、緩和曲線区間でのアクティブ制御に必要なエネルギーも極めて小さいことなどの結果を示している。

第八章は「考察」と題し、提案する二方式の二輪一ユニットのアクティブ操舵台車について、ダイナミクスに着目した体系化を行っている。車輪に作用するメカニカルなフィードバックループに着目し、それに適合するアクティブ制御によるフィードバックループの付加という新たな観点で、車輪操舵メカニズムを考察している。提案する二方式の台車が本質的に優れた構造であることを示し、さらにここで得られた知見を基に、車体弾性振動低減を実現しつつ、軸重適正化を実現できる三軸車両を提案している。

第九章は「結論」と題し、本研究によって得られた成果をまとめている。

以上ようするに、本研究では、鉄道車両用の二輪一ユニット操舵台車のコンセプトを提案し、そのアクティブ制御手法の有用性を、開発したマルチボディダイナミクス手法による数値解析とスケールモデル実験により示したものである。この結果をもとに、アクティブ制御に適合する車輪操舵構造を考察し、ダイナミクスに着目した体系化を構築している。よって、急曲線通過と高速安定性を両立できる新たな鉄道車両の実現の可能性を示しており、軌道交通システムの新たな展開を切り開くという社会的な意義も高く、産業機械工学の発展に寄与するところが多い。

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。