

審査結果の要旨

論文題目「柔軟鋼板の湾曲磁気浮上システムに関する研究」

学位申請者 小川 和輝

本論文は、柔軟鋼板の湾曲磁気浮上システムに関するものである。本論文で報告されている主な学術的成果は、まず柔軟性を有する薄鋼板を限られた電磁石ユニットによって磁気浮上を行う際、鋼板自体の柔軟性を積極的に利用するために、鋼板を湾曲させて磁気浮上させるシステムを構築していることである。次に、湾曲浮上中の柔軟鋼板の振動特性を実験と解析より得たこと、さらに外乱状況下においても浮上を維持できる制御モデルを構築し、安定性を向上できることを実験的に明らかにしていることである。

本論文の背景には、鋼板搬送時のローラと鋼板の接触による鋼板表面の品質劣化という問題がある。これに対して、本論文の目的は磁気浮上による薄く柔軟な平板の非接触支持技術の確立である。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では研究背景と磁気浮上技術の概要を説明し、国内外の磁気浮上技術に関する研究事例や鋼板を対象とした磁気浮上に関する研究事例を示している。本研究の位置づけや目的、その特色について述べており、序論としての的確であり、申請者が制御工学、磁気工学、振動工学について十分な知識と経験を有していると判断できる。

第2章では薄く柔軟な浮上対象の非接触支持技術となる薄鋼板の磁気浮上システムの構築について述べており、構築した湾曲磁気浮上システムを用いて浮上実験を行い、鋼板を最適な電磁石角度で湾曲させて磁気浮上を行うことで浮上安定性が向上できることを実験的に示し、提案する磁気浮上システムについて詳細かつ的確に述べられており、学術的な価値が高いと判断される。

第3章では前章で得られた最適な電磁石角度で湾曲磁気浮上させた薄鋼板の振動特性について実験的に検討を行っており、鋼板を浮上させた状態で、浮上制御を行っている電磁石ユニットに対して加振機を用いて鉛直方向に加振し、その際の浮上鋼板の挙動から湾曲磁気浮上中の薄鋼板の振動特性について検討を行っている。加振機にパルス波を入力した実験と正弦波を入力して周波数を掃引した実験を行い、湾曲磁気浮上中に大きく振動する固有振動数などの振動特性を取得しており、振動解析と実験による振動特性の比較から、磁気浮上した鋼板の振動モードを明らかにした。周辺自由の曲率をもつ平板の振動現象について解析的、実験的に明らかにしており、振動工学的に主要な知見が含まれていると判断できる。

第4章では前章で得られた湾曲磁気浮上中の鋼板の振動特性から、最も浮上性能が劣化すると考えられる条件で電磁石を鉛直方向に加振して磁気浮上実験を行っている。外乱が入力された際の浮上性能を向上させるアプローチとして、本章では従来用いられている最適制御理論に加えて、モデル化誤差に対してロバスト性を持つスライディングモード制御理論とフィードバック制御とフィードフォワード制御を併用した制御モデルを構築し、それぞれ湾曲磁気浮上システムに適用して浮上実験を行い、浮上確率により浮上安定性を評価した。その結果、フィードバック・フィードフォワード併用型の制御モデルを導入することで、高い浮上安定性が得られることを明らかにした。浮上対象の変形が問題となるような柔軟な平板に対して、非線形制御や、フィードバック・フィードフォワード併用型制御の有用性を実証しており、磁気浮上技術を確立する上で非常に重要な知見が含まれている。

第5章は、第2章、第3章、第4章の解析や実験を通して得られた本研究の成果を総合して述べるとともに、湾曲磁気浮上システムの有用性を示していることから、今後さらなる発展が十分に期待できることを示している。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、学位申請者 小川 和輝 氏は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	森山 裕幸	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	落合 成行	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	奥山 淳	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	加藤 英晃	工学部講師	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	成田 正敬	工学部講師	（総合理工学研究科総合理工学専攻）