

審査の結果の要旨

氏名 林 隆 三

本論文は、「電磁デバイスを用いた運動・振動制御の手法に関する研究」と題し、9章よりなっている。

近年、自動車用電磁ダンパや能動型船用減揺装置として、運動エネルギーと電気エネルギーの相互変換を利用した運動・振動制御装置（以下、これらを電磁デバイスと呼ぶ）が開発されており、その優れた応答特性、制御性、省エネルギー性により多方面から注目されている。

本論文では、この電磁デバイスを用いた運動・振動の制御に着目し、電磁デバイス自身の持つ機能的特性や機械的特性について論じ、さらに、自動車、鉄道車両、船舶などを対象とした電磁デバイスの諸機能を融合させた運動・振動制御手法を提案し、理論解析および実験による検証によってその有効性を明らかにしたものである。

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、「電磁デバイス」と題し、電磁デバイスの原理や構造について述べ、また、電磁デバイスの発生する力特性の定式化を行っている。既存の振動制御装置との互換性から、電磁デバイスの電動機には回転モータを使用するとし、ボールねじ等の機構により回転と直動の変換を行う方式を用いるとしている。

第3章は、「電磁デバイスの機能」と題し、電動機に接続する電気回路により得られる、パッシブ・ダンパ、アクチュエータ、エネルギー回生、センサ、ばねという5つの機能があることを論じ、それぞれについて、評価試験により検証を行っている。

第4章は、「電磁デバイスの特性」と題し、電磁デバイスの機械的特性について論じている。電磁デバイスの特徴的な特性である、電動機の回転子による慣性質量の影響について、理論検討や特性試験により明らかにし、その周波数応答は歯車の減速比やボールねじのリードなどの変換機構によっては不変であることを示している。また、この機械的特性を電動機の制御により改善する方法を提案し、評価試験によりその有効性を確認している。

第5章から第8章では、電磁デバイスを用いた運動・振動制御の実在する系への適用について論じている。

第5章は、「電磁デバイスの連携制御」と題し、電磁デバイスを用いた運動・振動制御の

自動車のサスペンションなどへの適用について検討している。電氣的に結合した2つの電磁デバイスを連携させることにより、実現される新しい運動・振動制御手法を提案している。理論検討によりその特性を明らかにし、数値シミュレーションにより、自動車のサスペンションに適用した場合のスタビライザ機能やリンク機能について、有効性の確認を行っている。

第6章は、「電磁デバイス連携制御実験」と題し、第5章で提案した電磁デバイスの連携手法について、基礎実験による検証を行っている。製作した実験装置により、連携させた電磁デバイスの特性試験結果について述べ、理論解析で予測した特性が実現されることを確認し、さらに、電気エネルギーの流れや電源の消費電力に関する考察を行っている。

第7章は、「高速鉄道の左右動アクティブ制御への応用」と題し、電磁デバイスを用いた運動・振動制御の高速鉄道車両への適用の提案とその有効性について論じている。電磁デバイスの省エネルギー性に着目したアクティブ制御を、車体の左右振動の抑制制御に適用することを提案し、理論検討、数値シミュレーションおよび実験により、その効果を確認している。実際に試作した鉄道車両用電磁アクチュエータを実物の新幹線用試験台車に装着し、車両試験台にて制御実験を行い、極めて小さな消費電力により車体の動揺抑制の可能性があることを実証している。

第8章は、「船用減揺装置のセルフパワード・アクティブ制御」と題し、電磁デバイスを用いた運動・振動制御の船舶の動揺制御への適用の有効性について論じている。理論解析および数値シミュレーションによりセルフパワード・アクティブ制御による減揺装置の性能評価を行い、模型船を用いた水槽実験により、外部電源を使用することなく波浪エネルギーを利用することにより船体の動揺を約半分に低減させうることを示している。さらに、実験では電磁デバイスのばね機能も実現している。

第9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、自動車、鉄道車両、船舶などの機械システムに対して、系の特徴や要求性能などに応じて電磁デバイスにより運動・振動系の制御を行うための手法について論じたものである。電磁デバイスの機能をパッシブ・ダンパ、アクチュエータ、エネルギー回生、センサ、ばねという5つの機能に整理するとともに、新たに、複数の電磁デバイスを連携させることにより、スタビライザやリンク機構を実現させる手法を構築している。さらに、これらを実際に適用した自動車サスペンション、高速鉄道車両の振動抑制制御、船舶減揺装置について、数値シミュレーションおよび実スケールおよび模型による実証実験を行い、有効性を確認している。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。