

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 養父 拓也

修士（工学）養父 拓也 提出の論文は「圧電素子を用いた柔軟宇宙構造物の準能動的制振の高度化」と題し、4章からなっている。

宇宙構造物の振動は様々なミッションの障害になるため、その制振は宇宙構造工学上の重要な課題である。従来、構造物に制御力を積極的に与える能動的制振と、構造減衰や摩擦などの減衰力を利用する受動的制振が主として実用されてきた。しかし、近年、構造物の受動的制振能力が極力大きくなるよう系を制御するいわゆる準能動的制振についても、構造物の振動エネルギーから抽出したエネルギーを更に高効率な制振の実現のために使用するエネルギー回生型準能動的制振や、選択的多モード制振が可能な制御則が提案される等、研究が進められている。準能動的制振は、制御が不適切でも系が不安定になることがないことその他に、制振アクチュエイタには外部からのエネルギー供給を必要としないことなどの利点を持つ。このことは、例えば外部からの電力供給を全く必要とせず、孤立環境下で動作する制振システムを構築できる可能性を示している。しかしながらこれらの利点を十分に活かした制振手法は未だに研究の段階にあり、確立されたとは言い難い段階にある。

この様な現状に鑑み、本論文では、その特長を十分に活かして、準能動的制振手法の高度化に向けた2つの新手法を提案し、実現している。第一の手法は、圧電アクチュエイタにセンサの役割をも果たさせることにより、多モード制振に適用可能なエネルギー回生型準能動的制からセンサを不要とする、所謂セルフセンシング手法である。能動的制振に於けるセルフセンシング法とは対照的に、高いロバスト性を持つことも示している。第二の手法としては、圧電素子の発生する電力のみで動作する簡単なアナログ回路にエネルギー回生型準能動的制振機能を持たせることにより、外部からの電力供給を全く必要としない制振系を実現している。

第1章は序論であり、本研究の背景を述べ、関連する研究を紹介しながら、本研究の目的と意義を明確にするとともに、後の議論の準備として、エネルギー回生型準能動的制振の基本的な動作や制振性能について整理している。

第2章では、多モード制振に適用可能なエネルギー回生型準能動的制振における、セルフセンシング手法を提案し、その効果を確認している。振動の状態に応じて圧電アクチュエイタのシャント回路のON-OFF制御を行う既存の準能動的制振制御則の適用を前提すれば、ON-OFF切り替え時の短時間を除き、圧電素子に蓄えられる電荷は一定値を保つこと、及び各圧電アクチュエイタに蓄えられ

た電荷とその電圧からアクチュエータの歪が求められることを利用して、電荷が一定の値を保つ期間中は、モード変位、速度、及び各圧電アクチュエータの電荷からなる拡張状態量ベクトルの値を、各圧電アクチュエータの電圧値から、カルマンフィルタにて推定する手法を導入している。更に、この手法の有効性を検証するために、トラス構造の単モード及び多モード振動の制振の数値シミュレーションと実験により、センサを用いた場合とほぼ同一の制振性能が得られることを確認している。更に、数値計算により、カルマンフィルタ設計に用いたパラメタ値の誤差が制振性能に与える影響は小さく、能動振動制御に用いられることの多いブリッジ回路を適用した場合は対照的に、極めてロバストな手法であることを示している。

第3章では、外部からの電力供給を全く必要としない、完全無電力制振を実現している。振動する構造物に取り付けた圧電アクチュエータの発生する電力のみで動作する制振回路を考案し、これにより、エネルギー回生型準能動的制振の簡単な制御則を実現している。本制振回路をトラス構造物の単一モードの制振に適用し、その制振効果を確認すると共に、小振幅時の制振性能を、使用した半導体のオフセット電圧やフォワード電圧などの特性値と関係づけて論じ、適用限界を明らかにしている。また、その結果を反映して、本制振手法を適用した系の周波数伝達関数を解析的に求めて制振系の設計の指針を与えると共に、それが実験結果と概ね一致することをも示している。更に、本制振手法を、惑星間探査機の構造モデルの制振と、ロケットのノーズフェアリングを想定したアルミ板の透過音響レベル低減索に予備的に適用し、効果が期待できることを示している。

第4章は、結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文は、エネルギー回生型準能動的制振手法の高度化に向けてセルフセンシング手法と完全無電力化手法を提案し、数值的、実験的にその有効性を示したものであり、宇宙構造物の制振技術、航空宇宙工学に貢献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。