

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電磁力駆動系における感温磁性体の応用と省エネルギー化
Title(English)	
著者(和文)	浜維志
Author(English)	Tadashi Hama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10866号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:進士 忠彦,初澤 毅,吉田 和弘,吉岡 勇人,只野 耕太郎,佐藤 海二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10866号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	浜 維志	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	進士 忠彦	教授	只野 耕太郎	准教授
	審査員	初澤 毅	教授	佐藤 海二	教授 (特定)
		吉田 和弘	教授		
		吉岡 勇人	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「電磁力駆動系における感温磁性体の応用と省エネルギー化」と題し、全6章より構成されている。

第1章「緒論」では、各種アクチュエータを概観し、電磁アクチュエータが多くの特長性のため多用されているが、アクチュエータを含む電磁力駆動系に対する性能要求は、近年益々厳しくなり、その向上が必要であることを指摘している。そして従来の電磁力駆動系の問題点を検討し、本論文の目的が、電磁力駆動系を対象に、高加速・高速性能と高い運動精度を両立する方法と、高応答性ととも静的推力発生時の高い省エネルギー特性を両立する方法を提案し、特に後者のために感温磁性体を用いた新しいアクチュエータを提案・実現して、有効性を実証すること、であると述べている。

第2章「高加速・高速電磁力駆動系の高精度制御」では、高加速・高速性能と高い運動精度を両立するために障害となる、顕著な非線形特性の問題を解決する方法について検討している。まず、顕著な非線形性を示しモデル化が難しい超高加速・高速リニアモータに、基本的な非線形特性を補償する制御器をもつ運動制御系を適用した場合、加速度・速度の増加とともに、運動誤差も増大することを示し、この誤差は高い再現性を示すことを確認している。次にその結果を踏まえ、学習機能を有するフィードフォワード制御器を適用し、複雑なモデルを用いない運動制御系を設計し、評価している。その結果、運動誤差は大幅に低減し、周波数 20 Hz・振幅 10 mm の正弦波運動の場合、当初の制御系と比較し、追従誤差が約 1/4 の 1.62・mm に低減できている。

一方で、高推力時には消費電力が大きいため、その低減が課題として残され、特に静的推力発生時の消費電力は制御系による改善は不可能で、広く電磁力駆動系の課題であるとし、低消費電力での高推力駆動を可能とする新たなアクチュエータの必要性を指摘している。

第3章「感温磁性体を用いた小型省エネルギーアクチュエータ」では、一定の高い推力を連続的に供給でき、かつ高い省エネルギー性能を有する小型アクチュエータの実現について検討している。まず低消費電力での高推力の発生と高応答性を両立させるためには、一定の高い推力を低消費電力で発生する可変バイアス要素と、高応答を担う高応答要素とを融合させた、磁力を利用したハイブリッドアクチュエータを実現すべきであることを述べている。次に、可変バイアス要素として、永久磁石と感温磁性体を組み合わせた位置に依存しない推力特性をもつアクチュエータを提案し、詳細設計を行っている。そして試作アクチュエータの駆動特性を実験的に調べ、連続定格推力と連続推力発生時の消費電力の両者において、従来の電磁リニアモータに対する優位性を明らかにしている。また、温度応答特性を実験的に調べ、これをモデル化するとともに、そのモデルを利用して位置制御系を構成し、ばねで支持することで、定常偏差を 20・mm 以下にしている。

第4章「静的推力発生時の省エネルギー化と高応答を両立するハイブリッドアクチュエータとその基本特性」では、可変バイアス要素に高応答要素としての電磁アクチュエータを融合したハイブリッドアクチュエータを提案し、その性能を評価している。本アクチュエータでは、両要素間で磁気回路構成要素を共有し、高応答要素のコイルの発熱を可変バイアス要素の感温磁性体の加熱に利用できる構造を採用し、構造の小型化、簡素化を可能としている。試作アクチュエータは、可動子変位にはほぼ依存しない推力特性を示し、可変バイアス力を一定に保つための定常消費電力は、アクチュエータを真空環境下におくことで、発生推力 26.3N で 1.9 W となり、大気中の約 1/10 に低減でき、従来の同体積の電磁アクチュエータの 1/4 程度となることを確認している。さらに、より簡便な方法として、キセノンガスを充填した場合の効果調べ、消費電力を大気中の 1/3 以下に低減できることを確認している。

第5章「ハイブリッドアクチュエータの制御性能」では、ハイブリッドアクチュエータの応用を想定して位置・制振制御系を構成し、その制御性能を実験的に明らかにしている。まず、位置制御系を構成し、1 kg の質量を搭載し荷重を加えた状態において、サブミクロンオーダの位置決め精度を実現している。次に、省エネルギーなハイブリッドアクチュエータを鉛直制振メカニズムへ応用することを想定し、スカイフック制御系を構成した結果、高周波領域で振動減衰性能が理論値に比べて低いものの、鉛直制振メカニズムとして有効に機能することを確認している。

第6章「結論」では、本研究を総括するとともに、今後の課題について述べている。

以上要するに本論文は、広く利用されている電磁力駆動系の長所を維持し、さらに高い性能を実現するために、高加速・高速性能と運動精度の両立方法、感温磁性体を利用した小型で高い静推力を低消費電力で供給可能な可変バイアス要素、そして可変バイアス要素に高応答性を加えたハイブリッドアクチュエータを提案し、その有効性を実証しており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって我々は、本論文を博士(工学)の学位論文として価値あるものとして認める。