

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	形状記憶合金アクチュエータの出力における非線形性の機械的補償
Title(English)	Physical Compensation of Output Non-Linearity in Shape Memory Alloy Actuators
著者(和文)	OSORIOSALAZAR Andres
Author(English)	Andres Osorio Salazar
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12691号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:菅原 雄介,武田 行生,鈴森 康一,吉田 和弘,高山 俊男,塚越 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12691号, Conferred date:2024/3/26, 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	Andres Osorio Salazar		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	菅原 雄介	准教授		高山 俊男	准教授
	審査員	武田 行生	教授	審査員	塚越 秀行	教授
		鈴森 康一	教授			
吉田 和弘		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Physical Compensation of Output Non-Linearity in Shape Memory Alloy Actuators (形状記憶合金アクチュエータにおける出力の非線形性の物理的補償)」と題し、以下の 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、本論文の研究背景と目的を述べている。すなわち、形状記憶合金 (Shape Memory Alloy, 以下 SMA) をアクチュエータに用いる場合、その入力である温度と出力である力または変位の関係が非線形となるために制御系の設計が容易でないこと、これを補償するために精密な物理モデルに基づく制御系を使用することが提案されているが、パラメータ同定が容易でないなどの課題があることを指摘している。これに対し、モデルや制御系によることなく非線形性を物理的に補償することで入出力関係の線形性を改善する SMA アクチュエータのコンセプトを示し、試作と実験によりこの有効性を明らかにすることが本論文の目的であると述べている。

第 2 章「Conceptual Design: Output Linearization through Physical Compensation (物理的補償による出力の線形化の概念設計)」では、SMA アクチュエータの非線形性を物理的に補償するコンセプトを提案している。すなわち、SMA アクチュエータの入力として一般的に扱われる温度のかわりに、出力と線形な関係をもつパラメータを見いだせば、これを制御することで線形性を改善することができることと述べ、これを Activation Ratio (作動率) と呼称している。次いでこのコンセプトに基づくアクチュエータの構成は並列式と直列式の 2 種類が考えられ、並列式では並列に配置された複数の SMA のうち一部のみを作動させること、直列式では SMA そのものに温度勾配を与え部分的に変態を起こすことでそれぞれ作動率を変化させる手法の概要を示している。この手法では特にいずれもワイヤ状の SMA を束として用い、流体を介して熱エネルギーを伝えてこれを作動させることで実現可能であると述べている。

第 3 章「Parallel Physical Compensation of Output Non-Linearity (出力の非線形性の並列式物理的補償)」では、複数の SMA ワイヤを並列に配置したチャンバ内で流体により熱エネルギーを SMA に伝達することで作動させるアクチュエータを複数試作し、引張力の出力特性を実験的に評価している。具体的には、並列に配置した SMA ワイヤの本数を作動率と考えれば、これと出力の関係は高い線形性を持つこと、チャンバ内に目標温度の流体を流して SMA に温度変化を与えることによりヒータで流体を熱する方法に比べ応答時間が短縮できること、複数の SMA ワイヤを動滑車を介して連結する機構が作動率に対する力の出力の線形性を改善することなどを示している。

第 4 章「Serial Physical Compensation of Output Non-Linearity (出力の非線形性の直列式物理的補償)」では、SMA ワイヤの長手方向に温度勾配を発生させ部分的に変態を起こすことで作動させるアクチュエータについて、その原理を示し、力と変位のそれぞれを出力とするアクチュエータを試作し、その特性を実験的に評価している。このアクチュエータはチャンバ内に SMA ワイヤが配置されており、これに沿った方向に高温と低温の流体を対向して流入させ混合することで SMA ワイヤにこれらの流量比に応じた温度勾配が発生する。これにより変態する SMA ワイヤの長さの全体に対する割合が作動率となるが、これは入力である流量比と出力である力や変位に対し高い線形性をもつと述べている。この原理に基づき力と変位をそれぞれ出力とする 2 種類のアクチュエータを試作し、その特性を実験的に評価している。具体的にはいずれも流量比と作動率の間に高い線形性が確認できたこと、流入する流体の温度を直接制御する方法と比較して提案手法がより入出力間の線形性が高く応答性にも優れること、再現性も良好であることを示している。加えて、変位について PID 制御系を構築して良好な制御性能を確認し、入出力間の線形性の改善が閉ループ制御性能の向上にも有効であることを示している。

第 5 章「Conclusions and Future Work (結論と今後の展望)」では、本論文で得られた結果を総括し、

今後の課題を述べている。

以上を要するに、本論文は、SMA アクチュエータにおいて出力と線形な関係を持つ作動率を導入し、これを制御することで入出力間の線形性を改善する手法の原理を考案し、試作と実験によりその有効性を明らかにしたもので、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。