

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 畑村 望宇

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第485号

学位授与年月日 平成28年3月24日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府 システム統合工学 専攻

学位論文題目 Ti-NiならびにFe系形状記憶合金を用いた新型アクチュエータの開発に関する研究
(A study on development of new actuators using a Ti-Ni shape memory alloy (SMA) and an Fe-based SMA)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 川村 恭己
横浜国立大学 教授 荒井 誠
横浜国立大学 教授 日野 孝則
横浜国立大学 教授 鈴木 和夫
横浜国立大学 教授 岡田 哲男

論文及び審査結果の要旨

近年、科学技術の発展に伴い材料自体が環境や状態などの変化に応じて自律的に機能するインテリジェント材料が注目されている。インテリジェント材料として有用な材料のひとつが形状記憶合金(Shape Memory Alloy: SMA)である。現在までに、多くの種類の SMA が報告されており、その中でも Ti-Ni SMA は形状記憶効果の安定性や延性・強度などの機械的特性などの理由から機能性金属材料として様々な分野で実用化が進んでいる。特に SMA を用いたアクチュエータは静音性に優れ、形状回復時の発生応力が非常に高いという特徴から注目されている。一方で回復ひずみが小さいという問題があり、実用化は限定的である。そこで本研究では、SMA の形状や構造を変化させ、以下のように、これまでにない新たなアクチュエータの開発を行った。

まず第1章では、現在利用されているアクチュエータの問題点を示した上で、それを克服するために研究が進められている SMA を含めたインテリジェントマテリアルを提示し、SMA の概要を解説している。続いて、第2章、3章では、SMA を用いて、高トルクを発生できる新機構のトルクアクチュエータの設計開発を行った。具体的には、まず第2章では、

コイル状に加工した Ti-Ni 形状記憶合金と、同様にコイル状に加工した Ti-Ni 超弾性合金をバイアスとして組合せ、SMA の高温時と低温時の縦弾性係数の差を利用し、コイルの線方向の変位により駆動する高性能トルクアクチュエータを開発し、その有用性を検討した。提案したコンセプトに基づいてトルクアクチュエータを製作しその性能を評価した結果、ある程度の出力は得られたものの、理論で想定した性能が得られなかった。その為、第 3 章では、SMA ねじりばねの回転運動を直接利用できるアクチュエータを設計製作し、その出力特性を明らかにした。その結果、既存のロータリーアクチュエータの出力を上回る熱駆動型トルクアクチュエータの開発に成功した。第 4 章では、SMA の回復ひずみがわずか 5% であり、他のリニアアクチュエータと比べ回復ひずみが小さいという問題を克服するため、SMA ワイヤを用いた網目型アクチュエータの提案を行った。本提案に基づいて、Ti-Ni SMA ワイヤを用いた編目型アクチュエータを製作し、100%以上の出力ひずみを得ることに成功した。また、編み方による出力特性の違いとその機械特性を明らかにした。第 5 章では、Ti-Ni 形状記憶合金を用いて皿ばね型アクチュエータを製作し、その静的な力学特性を実験により調査した。また、製作した皿ばね型アクチュエータの有限要素法解析を行い、実験結果との比較によりその妥当性を検証すると共に、皿ばねの重要なパラメータである h/t と出力特性の関係について調べることで性能評価を行った。第 5 章までで用いた Ti-Ni SMA の欠点として高コストであることが挙げられる。一方、鉄系 SMA は Ti-Ni SMA と比べ 1/10~1/20 という低コストで生産できる。しかし、従来、鉄系 SMA の形状記憶効果は一度きりとされており、その実用は限定的であった。そこで第 6 章では、近年開発された Fe-28Mn-6Si-5Cr 新型鉄系形状記憶合金を用いて、繰り返し形状記憶効果について調べる実験を行い、100 サイクル程度であれば繰り返し利用が可能であることを発見した。また、それを用いたアクチュエータを製作し、複数回の作動が可能であることを確認した。最後に第 7 章で、本研究の統括と今後の課題と展望について述べている。

以上の内容から、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、合格と判定した。