

審査の結果の要旨

氏名 黄 東炫

本論文は「Study on Rotary Actuators Utilizing Shape Memory Alloy Wires」(形状記憶合金ワイヤを用いたロータリアクチュエータに関する研究)と題し英文で書かれており、形状記憶合金(SMA)ワイヤによって駆動される3種の高トルクロータリアクチュエータを提案し、製作した実験装置によりその有効性を検証した一連の研究結果をまとめたものである。

本論文は、次の7章から構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景と目的を記述し、本論文の構成について簡潔に述べている。SMAは、高エネルギー密度特性、大きな変位特性、静かで滑らかな駆動特性などの利点をもとに、様々な分野でのアクチュエータとして活用されている。本研究では、SMAの特性に着目し、構造が簡単で、小型化が容易であり、双方向の高トルク運動が可能なロータリアクチュエータを開発することを目的としている。

第2章「形状記憶合金ワイヤアクチュエータの特性評価」では、SMAワイヤアクチュエータの基本的な設計方法を考察し、SMAワイヤアクチュエータの諸特性等を実験するための実験を行っている。試作した評価装置を用いて、SMAワイヤアクチュエータの電気-熱-機械に関する挙動の特性を調べた。実験により、SMAの相変態温度、温度ヒステリシス、変位の範囲などを確認した。また、SMAの温度変化を予測することができる熱伝達モデルを導き、後のシミュレーションに利用している。

第3章「ウォブルモータ駆動機構を用いたSMAロータリアクチュエータ」では、ウォブルモータ駆動機構のコンセプトと駆動原理を紹介し、これを活用した二種類のSMAロータリアクチュエータを提案している。インボリュート歯車で構成されウォブルモータ駆動機構とSMAワイヤとバイアスばねを組み合わせ、双方向の高トルク出力が可能な第一方式を提案した。次に、第一の方式より効果的に高トルクを出力するために、サイクロイド歯車を適用した第二の方式を考案した。そして、これらの方式についての設計手法の概要を示した。

第4章「第一及び第二の方式の設計のための変数の分析」では、提案したSMA

ロータリアクチュエータを効果的に設計するための方法として、設計変数の分析を行っている。単純化されたアクチュエータ形状モデルを利用して、主要な設計変数（SMA ワイヤの長さ、バイアススプリングの剛性、相数）がアクチュエータのトルク特性に及ぼす影響を分析することにより、アクチュエータを最適設計することができる方法について考察している。

第 5 章「第一及び第二の方式の実験検証」では、第一及び第二の方式のプロトタイプを製作し、実験による有効性の検証を行っている。アクチュエータの駆動原理に基づき設計した実験装置を試作し、アクチュエータの基本的な駆動方法について検討し、各アクチュエータの動トルク性能等を調べている。

第 6 章「第三の方式：平面 XY 柔軟支持機構を利用した SMA ロータリアクチュエータ」では、第一及び第二の方式の構造的な問題を改善することを目指し、新たな方式を提案している。並進 2 自由度の運動が可能な XY 柔軟支持機構を組み入れたウォブルモータ駆動機構に 2 組の SMA ワイヤを直交に配置して、ロータリアクチュエータを構成している。試作機の動トルク性能と、FEM（有限要素法）シミュレーションとは良い一致を得ており、解析手法の妥当性を検証している。

第 7 章「結論」では、本研究の主要な研究成果とその意義を要約している。そして、開発した SMA アクチュエータの性能をさらに向上させるための今後の課題と研究の方向について述べている。

このように、本研究ではウォブルモータ駆動機構を活用した新たな 3 方式の SMA ロータリアクチュエータを提案し、それらの設計手法を明確にし、試作機により有効性を検証している。開発した 3 種のアクチュエータは、様々な工業分野や科学技術分野で小型高トルクロータリアクチュエータとして活用されるものと期待される。

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。