

2022年 2 月 28 日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学 専攻
学位審査委員会
委員長

佐藤 海二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	出原 俊介		学籍番号	第 153111 号
申請学位	博士 (工 学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学 専攻	
博士学位 論文名	リニア超音波モータの小型化と高性能化に関する研究 (Miniaturization and Performance Improvement of Linear Ultrasonic Motors)			
論文審査の 期間	2022年 1月 13日 ~ 2022年 2月 24日			
公開審査会 の日	2022年 2月 24日	最終試験の 実施日	2022年 2月 24日	
論文審査の 結果*	合格		最終試験の 結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条) 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 委員長 高木 賢太郎  委員 内山 直樹  真下 智昭  印 印 印				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

近年、内視鏡やスマートフォンなどに使用されるカメラモジュールの小型化が期待されている。これらの装置において光学系を制御するには、リニアモータの小型化が不可欠である。しかし、一般に、モータは小さくなるにつれ出力が低下するという問題がある。本論文は、このような問題に対し、複数の小型リニア超音波モータの研究開発を行ったものである。

第1章では、小型リニアアクチュエータの先行研究の調査を行い、研究背景、研究目的について述べている。第2章では、超音波モータの基本的な特性や、性能評価方法について説明している。第3章では、小型リニア超音波モータの設計手法を明らかにした上で、一辺の長さが約2.6mmの立方体形状のステータを開発し、性能評価を行っている。第4章では、ステータの振動をモデル化することで立方体型リニア超音波モータの性能向上に関する研究を行っている。また、スライダの設計手法を、薄肉円筒の弾性力学に基づいて明らかにしている。第5章では、薄型形状のステータを用いたリニア超音波モータを新しく提案し、駆動原理の検証を行っている。第6章では、薄型リニア超音波モータの小型化ならびにスライダの設計手法を明らかにしている。さらに、モータに小型レンズユニットを取り付け、イメージセンサの前で制御することで、オートフォーカスなどへの応用可能性を示している。第7章では、d15モードとd31モードの圧電素子を用いて、薄型リニア超音波モータを厚さ0.3mmまで小型化し、性能評価を行っている。第8章では、研究成果についてまとめ、先行研究のリニアアクチュエータとの比較および考察を行うと共に、今後の課題と展望について述べている。

審査結果の要旨

圧電効果で駆動する超音波モータは、シンプルな構造、高いエネルギー密度といった、小型化に適した特長を有する。リニア型の超音波モータに着目すると、代表的な長さが10mm以上の大きさで実用化されているものはあるが、それ以下のものはほとんど報告されていない。本研究では、駆動原理として小型化に適した振動モードを選ぶことにより、5mm以下の大きさで複数の小型リニア超音波モータを提案し、研究開発を行っている。本論文の主要な成果は以下のとおりである。

- 1) 立方体形状のステータを設計し、一辺の長さ2.6mmのステータの試作および評価を行い、小型のレンズやセンサなどを駆動するのに実用的な出力を得ることに成功した。また駆動子としてスライダの設計を行い、印加電圧を制御することにより、精密な位置決めが可能であることを示した。
- 2) 薄型形状のステータを新しく考案し、原理検証を行ったのち、縦横4.5 mm、厚さ0.9 mmのサイズのものを試作し、性能評価を行い、実用水準の出力が得られた。このモータに小型のレンズユニットを取り付け、イメージセンサの前に設置し、オートフォーカスをする実証実験にも成功した。
- 3) さらに小さいモータを実現するため、薄型リニア超音波モータの駆動原理の振動モードに基づいて、二種類の圧電素子（d15モードとd31モード）を新たに採用することにより、縦横1.6mm、厚さ0.3mmのリニア超音波モータを開発し、性能評価を行った。

これらの小型リニア超音波モータは、先行研究の各種のリニアアクチュエータと比較しても、最も小さいものに分類され、高い学術的な価値を有する。駆動原理に小型化に適した振動モードを選んだうえでステータを設計している点には新規性があり、ステータとスライダの設計論には学術的独創性が認められる。応用を想定した実証実験も行い、産業的な有用性も示している。以上より、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。