

研究種目：特定領域研究
 研究期間：2004～2008
 課題番号：16078211
 研究課題名（和文） 局所狭隘作業機器への応用可能なマイクロアクチュエータ構造体システムの研究
 研究課題名（英文） Micro Actuator System for Narrow Space under Specific Environment

研究代表者
 神田 岳文 (KANDA TAKEFUMI)
 岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
 研究者番号：30346449

研究成果の概要：

主として圧電体を用いた固体アクチュエータ・センサを利用して、狭隘特殊環境で用いることのできるアクチュエータシステムを実現することを目標とする、マイクロ構造体システムの設計・製作技術に関する研究を行った。期間内に、各種マイクロ超音波モータをはじめとするマイクロアクチュエータや、これらの駆動に必要なマイクロセンサの試作・評価を行った。さらに、狭隘特殊環境への適用例として、強磁場環境下での評価実験を行い、有効な結果を得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	8,100,000	0	8,100,000
2005年度	9,800,000	0	9,800,000
2006年度	7,700,000	0	7,700,000
2007年度	6,700,000	0	6,700,000
2008年度	4,600,000	0	4,600,000
総計	36,900,000	0	36,900,000

研究分野：精密機能要素

科研費の分科・細目：機械工学 設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：機能要素、機械要素

1. 研究開始当初の背景

本研究は、管内を始めとする各種検査ロボットや内視鏡を始めとする医療用機器など局所狭隘作業機器に対するインテリジェント化への要求を、マイクロ化技術を中心とした要素およびシステム技術によるマイクロ構造システムによって実現しようとするも

のである。

本研究においては、主として圧電体を用いた固体アクチュエータ・センサ、およびマイクロファブリケーション技術を要素技術として活用する。従来からのシリコン加工技術に加え、金属材料の3次元的加工技術を援用し、さらに3次元的な機能性材料加工技術を

組み合わせることにより、3次元的な構造を持つマイクロアクチュエータおよびセンサを開発する。固体アクチュエータ・センサを用いることにより、それ自体構造体としての強度を持たせることが可能となる。

マイクロ化技術を機械システムに応用するためには、サーボ機能の実現が必要である。システム化技術として従来、別々の機械要素としてアクチュエータ・センサ・構造体を組み合わせていたものを、構造体中にアクチュエータ・センサ機能を内蔵させることによって実現させる。また、こうした技術は狭隘作業機器のみならず、近年航空宇宙工学や構造力学の分野で盛んに研究されている、宇宙空間などの構造体のインテリジェント化へも応用可能である。

2. 研究の目的

主として圧電体を用いた固体アクチュエータ・センサを利用し、マイクロ構造体システムの設計・製作技術を確立することを目的とする。5年間の研究期間内に以下の各点の実現を目標とした。

- (1) マイクロ構造体にアクチュエータ・センサ機能を持たせたインテリジェントシステムの構築
- (2) これを実現するための固体アクチュエータ・センサ・構造体の設計・製作技術の確立
- (3) 試作システムを狭隘作業機器に適用することによる検証

3. 研究の方法

主として固体アクチュエータ・センサを利用し、マイクロ構造体システムの設計・製作技術を確立することを目的とし、次の課題について研究を進めた。

- (1) マイクロ超音波モータによるアクチュエータシステム

機器先端での作業に用いるためのマイクロ

モータおよび検出センサ（マイクロ超音波モータによるサーボシステムの実現）による。

- (2) 軸状構造体用アクチュエータシステム
柔軟構造体表面の変位検出センサ（機能性ペースト材料塗布によるセンサの成形）と軸状構造体を変形させるための繊維状アクチュエータ（レーザ光加熱形状記憶合金アクチュエータ）による。

4. 研究成果

- (1) マイクロ超音波モータによるアクチュエータシステム

構造が比較的単純で高出力が期待できることからマイクロ化に有利とされる超音波モータの原理を用いて、直径0.8mmの振動子を駆動源とする円筒型マイクロモータの試作・評価を行った。さらに、設置空間の制約から必要とされると考えられる薄型のモータについても試作を行い、これまでに振動子厚さ0.6mm以下のモータの試作を行っている。また、モータの制御を行うためのマイクロエンコーダについても試作・評価を行った。

Fig.1に、円筒型の圧電振動子、およびこれを駆動源として用いたマイクロ超音波モータを示す。モータの回転を、GMR（巨大磁気抵抗素子）センサと磁気ドラムにより検出することができる。Fig.2は、厚さ0.6mmの扇形の薄型振動子と、この振動子を用いた軸受を駆動するアクチュエータの試作例である。

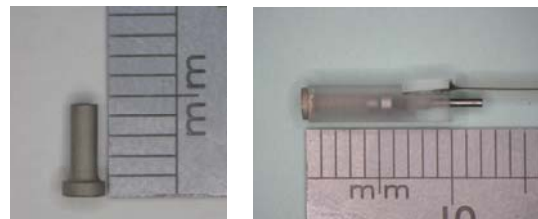


Fig.1 円筒型振動子(左)とエンコーダを組み込んだモータ(右)

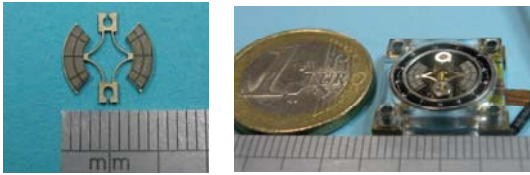


Fig. 2 扇形の薄型振動子による駆動部（左）と駆動部を軸受内に組み込んだ例（右）

(2) 軸状構造体用アクチュエータシステム
 プローブ状機器の姿勢制御を目的とし、形状記憶合金（SMA）と、塗布によりパターンを作ることができるため形状の自由度が高い有機材料を用いた、アクチュエータおよびセンサの試作・評価を行った。

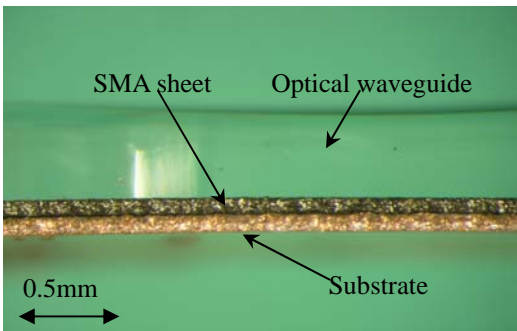
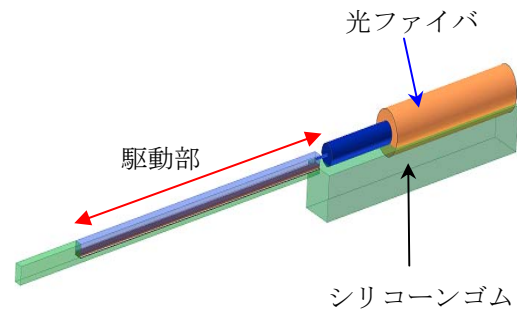


Fig. 3 アクチュエータの構成と駆動部断面

Fig. 3 に、SMA (TiNi 合金) とペースト状有機材料を用いた光導波路からなる光加熱型のアクチュエータの構成と、その断面の様子を示す。導波路では塗布された有機材料によりコア層、クラッド層が形成されている。Fig. 4 に示すように入射された赤外光は先端部まで導光され、SMA 表面はこれにより加熱される。

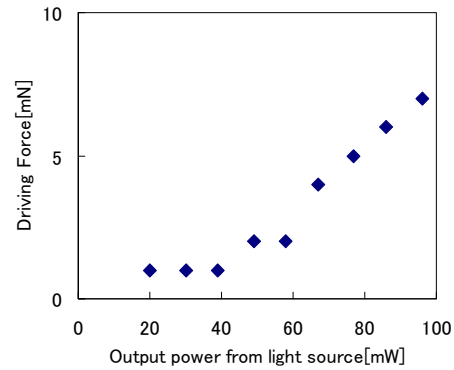
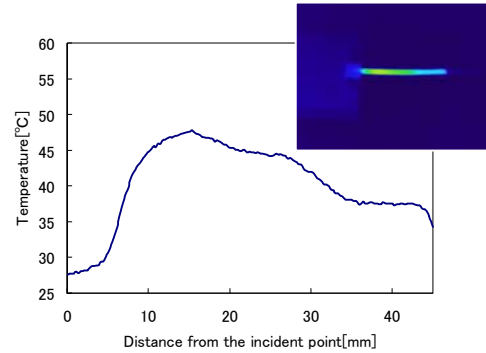


Fig. 4 導波された赤外光による駆動部加熱状況（上）及び先端部での発生力と赤外光源出力の関係（下）

(3) 適用事例：強磁場環境下での利用

マイクロ超音波モータの応用事例として、強磁場下での利用について評価を進めている。強磁場下でのアクチュエータ駆動は、医療用 MRI 装置内での利用をはじめとして需要が大きい。今回、化学分析機器である固体核磁気共鳴 (NMR) 装置の試料回転にマイクロモータを利用した。

固体 NMR 装置では、7T 以上の強磁場下において、磁束線に対し角度を維持した状態での試料回転が必要である。このため、強磁場の影響が小さいマイクロアクチュエータが必要とされている。これまで主に空圧タービンが用いられてきたが、真空状態、冷却下で利用できないなどの問題点があった。これに対し、測定に使われる磁場に対して影響が少なく、さらに測定環境の小型化に適したマイクロ超音波モータの利用することにより、測定

対象を広げることができる。

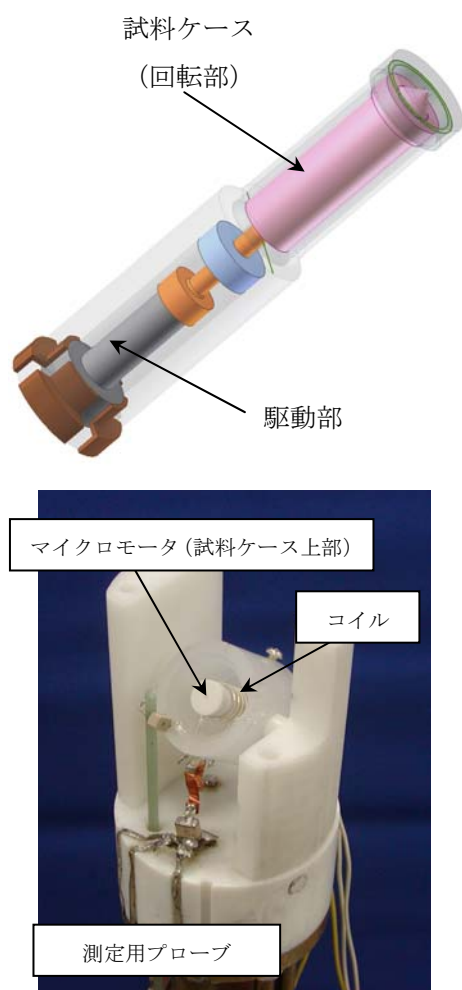


Fig. 5 強磁場環境用モータの構成 (上) と装置への組み込みの状況 (下)

NMR 装置内へ組み込めるように構成した強磁場環境用モータの構造と、実際に測定用プローブへ組み込んだ様子を Fig. 5 に示す。強磁場下に置かれる試料ケースを振動子により駆動し、磁場発生コイル内で回転させる。試料ケース、外筒、電極などは、いずれも磁場の影響を受けないように材料の選定を行った。モータ外筒の直径は 11mm、長さは 49.5mm である。

NMR の測定環境である 7T の強磁場下で、モータの回転数制御を行いながら電圧を印加した。この強磁場環境下でもモータの回転数制御は可能であり、1800rpm で回転させるこ

とができた。この回転数は固体 NMR の試料回転に有効な値であり、成分分析信号を得ることができた。

従来から、強磁場環境下において超音波モータを利用する試みはあるが、本研究において実現されたマイクロ超音波モータを利用することによって、強磁場の狭隘空間内にアクチュエータを配置することが可能となった。これにより、NMR 装置において利用が行われている、強磁場下での回転軸を傾けた回転が実現された。さらに今後、試料測定において求められている強磁場かつ低温、あるいは真空の環境での試料回転へ利用することも可能であり、NMR 測定において有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 27 件)

- ① 前田拓, 小林昭仁, 神田岳文, 鈴森康一, 竹腰清乃理, 水野敬, 円筒型超音波モータの強磁場環境下への応用, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会, 中央大学, 2009. 3. 11
- ② 八木祐樹, 榎野旭洋, 神田岳文, 鈴森康一, 光導波路一体型多自由度光駆動 SMA アクチュエータの開発, 第 9 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 長良川国際会議場 (岐阜市), 2008. 12. 7
- ③ T. Ichihara, T. Kanda, K. Suzumori; Design and Evaluation of Low-profile Micro Ultrasonic Motors using Sector Shaped Piezoelectric Vibrators, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, 2008. 9. 23

- ④ 市原誉識, 神田岳文, 鈴森康一, 扇形圧電振動子を用いた薄型マイクロ超音波モータの駆動特性の解析と評価, 日本機械学会 2008 年度年次大会, 横浜国立大学, 2008. 8. 4
- ⑤ T. Kanda, Y. Matsunaga, T. Ichihara, K. Suzumori, A Low-Profile Micro Ultrasonic Motor utilizing Sector Shape Piezoelectric Vibrators, 11th International Conference on New Actuators (ACTUATOR 2008), Bremen, 2008. 6. 11
- ⑥ 八木祐樹, 岸隆志, 榎野旭洋, 神田岳文, 鈴森康一, ペースト状有機材料のパターニングを利用した光駆動形状記憶合金アクチュエータ, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008, ビッグハット(長野市), 2008. 6. 6
- ⑦ 前田拓, 草野洋平, 小林昭仁, 工藤弘行, 神田岳文, 鈴森康一, 磁気エンコーダ一体型マイクロ超音波モータの速度制御”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008, ビッグハット(長野市), 2008. 6. 6
- ⑧ T. Kanda; Micro Actuator System for Narrow Space under Specific Environment, The 2nd International Symposium on Next- Generation Actuators Leading Breakthroughs, APA Hotel & Resort Tokyo Bay Makuhari (千葉市), 2008. 4. 17
- ⑨ A. Kobayashi, T. Kanda, K. Suzumori; Driving Performance of a Cylindrical Micro Ultrasonic Motor, 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, 2007. 11. 1
- ⑩ 榎野旭洋, 岸隆志, 神田岳文, 鈴森康一, ペースト状有機材料を利用した光駆動形状記憶合金アクチュエータ, 第 25 回日本ロボット学会学術講演会, 千葉工業大学津田沼キャンパス, 2007. 9. 15
- ⑪ 小林昭仁, 神田岳文, 鈴森康一, 円筒型マイクロ超音波モータの駆動特性の解析と評価, 2007 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 旭川市ときわ市民ホール, 2007. 9. 13
- ⑫ 市原誉識, 松永佑介, 神田岳文, 鈴森康一, 扇形圧電振動子駆動薄型マイクロ超音波モータ, 2007 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 旭川市ときわ市民ホール, 2007. 9. 13
- ⑬ 神田岳文; “狭隘空間用アクチュエータ”, 日本機械学会 2007 年度年次大会, 関西大学, 2007. 9. 11
- ⑭ T. Kanda, Y. Matsunaga, K. Suzumori, An In-wheel Type Micro Ultrasonic Motor utilizing Sector Shaped Piezoelectric Vibrators, 2007 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Zurich, 2007. 9. 6.
- ⑮ 神田岳文, 松永佑介, 鈴森康一, 市原誉識, 扇形圧電振動子を用いた薄型マイクロ超音波モータ, 第 19 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 早稲田大学, 2007. 5. 16.
- ⑯ 神田岳文, 松永佑介, 鈴森康一, 市原誉識, 扇形圧電振動子と平面型予圧機構によるマイクロ超音波モータ, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007, 秋田市, 2007. 5. 11.
- ⑰ T. Kanda, Y. Oomori, A. Kobayashi, K. Suzumori, Cylindrical Piezoelectric Vibrators for micro ultrasonic motors, 10th International Conference on New

Actuators (ACTUATOR 2006), Bremen,

2006. 6. 15

他 10 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神田 岳文 (KANDA TAKEFUMI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号 : 30346449