

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22360068

研究課題名（和文） 脳血管用カテーテルのためのマイクロアクチュエータと
ハプティックデバイスの開発

研究課題名（英文） Development of micro actuator and haptic device for
brain catheter

研究代表者

遠山 茂樹 (TOYAMA SHIGEKI)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20143381

研究成果の概要（和文）：フォイル型超音波モータの開発を行なった。これは血管内治療を目的とし、特にIVUSの機能を実現することを目標とした。実験の結果、1800rpm以上の高速回転を実現した。150分以上の長時間駆動、屈曲状況下及び水中状況下にて駆動を確認することが出来た。これにより、フォイル型超音波モータはIVUSへの応用に適正があると考えられ、このフォイル型超音波モータを用いた簡易的なIVUSシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：We have developed coil type ultrasonic motor for medical use especially for IVUS (Intravascular Ultrasound). IVUS is a useful medical device to observe the thrombus in blood vessels, and such a micro motor less than 1.0mm in outer diameter is desired to apply IVUS in narrow brain vessels. In our previous works, ultrasonic motor consisting of a wire coil type stator, a waveguide, a cylindrical rotor, an ultrasonic vibrator has been developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2011年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2012年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：工学

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：安全・安心設計，カテーテル，超音波モータ

1. 研究開始当初の背景

現在でも脳血管内治療のためカテーテルが利用されているが、血管が細いため IVUS（血管内視鏡）を用いた壁面の観察は実現できていない。また、カテーテル挿入時に血管壁との力を制御し、過度な力がかからないよ

うに挿入しなくてはならないが、現状、力を計測し制御することは難しい。脳血管用カテーテルの安全安心の運用にはこの2つの課題を解決しなくてはならない。そこで申請者らは超音波モータの技術を用いてこの2つの課題を解決する研究開発を行う。

2. 研究の目的

脳血管内治療のためのマイクロ超音波モータを利用したカテーテルと、これを安全に血管内に挿入できる力帰還型ジョイスティックを開発する。これは脳梗塞治療用カテーテルのために新開発したアクチュエータと球面超音波モータを応用したものであり、ガイドカテーテルの安全な挿入と IVUS による壁面の観測を短時間に安全に行うことができるシステムである。

3. 研究の方法

本研究では、脳血栓などの脳血管内の治療ができるカテーテルのシステムを開発する。このために二つの技術開発を行う。ひとつは IVUS を 3000rpm 程度で安定して回転できるマイクロフォイルモータの開発である。これまでの開発より、径 $\phi 0.95$ のマイクロモータの駆動には成功しているが、本研究では $\phi 0.5$ のモータの開発を行う。そのためには、コイル型の形状をフォイル型にし、ステータの形状の最適化、ロータの材質の最適化、有限要素法によるステータの振動解析と減衰の解析を行い安定したモータをめざす。最終年にはファントムを用いた擬似環境での実験で実証する。もう一つは球面モータを用いた力帰還型の Haptic Device の開発である。球面超音波モータ自体の技術はすでに完成している。本研究ではガイドカテーテルの誘導と力提示をあわせもつジョイスティックの開発を行う。目標はサイクルタイム 1kHz、分解能 0.01gf である。

4. 研究成果

(1) 導波路短縮型超音波モータの開発まとめ

入力電圧の値を変更することにより、回転速度の変更が可能となった。今後は作成精度の向上を図ることにより、回転制度の制御も可能となると考えられる。これにより新たな

応用展開が広がったと言える。

(2) 駆動源-ステータ部一体化型超音波モータの開発

導波路短縮型超音波モータは十分な駆動を得ることが出来たが、小型超音波振動子、導波路、ステータ、ロータと構成要素が4点であった。そこで更なる小型化を狙い、この構成要素の削減を行なった。

Fig. 1 に示したように、ステータ部を超音波振動源 (PZT セラミックス) にて作成し駆動源-ステータ部の一体化を図り構成要素の削減を行う。この超音波振動源にて作成されたステータ (以降圧電コイルと示す) の外面にロータを装着することにより駆動源-ステータ部一体化型超音波モータとした。この圧電コイルに交流電圧を印加すると、圧電コイルはロータを巻き方向に押し出すようにねじれ振動を発生する。この挙動によりロータが回転する構造である。

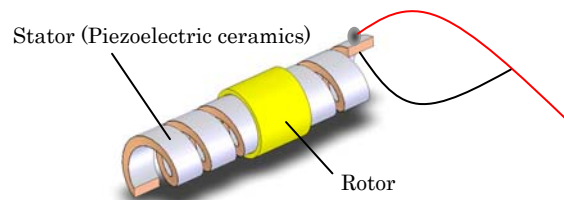


Fig. 1 Schematic of ultrasonic motor integrated driving unit with a stator

この圧電コイルは、内径 2.0mm 外径 3.0mm 長さ 1.5mm の円筒型の圧電セラミックスをねじ切り加工することにより作成した。作成した圧電コイルを Fig. 2 に示す。ただし、この圧電コイルは Table1 に示すように、ピッチ及び隙間を調整し、6 種類作成した。このとき各圧電コイルの共振周波数を測定し同時に Table1 に示す。この圧電コイルにロータを装着し一体化型超音波モータを試作した (Fig. 3)。この圧電コイルに共振周波数帯域の交流電圧を印加し、モータ駆動を試みた。

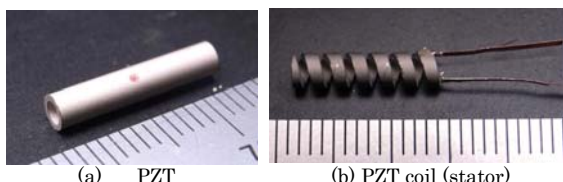


Fig. 2 Photograph of PZT tube and PZT coil

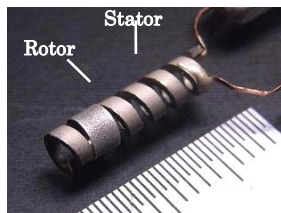


Fig. 3 Photograph of ultrasonic motor integrated driving unit with a stator

Table 1 Results of measurement for driving experiments

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Pitch [mm]	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0
Clearance [mm]	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2
Voltage [V _{pp}]	80.0	60.0	40.0	70.0	40.0	30.0
Resonance frequency [kHz]	413	355	322	374	344	297
Results of driving	◎	○	×	△	△	×

Table1 に示したように、圧電コイル No.1 にて駆動に成功した。そこで駆動に成功した No.1 と最も駆動力の低かった No.6 において比較を行った。No.6 と比較して No.1 はピッチが広く板幅が狭い為、円周方向の駆動力を大きく得ることが出来、この一体化型超音波モータの駆動力は形状に依存すると考えられる。

(3) 駆動源-ステータ部一体化型超音波モータの開発

このようにステータ部を圧電セラミックスにて作成することにより、駆動源-ステータ部一体化型超音波モータを開発した。この試作したモータは回転が可能となり、従来のコイル型超音波モータと比較し部品定数の削減に成功したと言える。この部品定数の削減により、今後の更なる小型化への指針を示

すことが出来た。

(4) 結論

フォイル型超音波モータの開発を行い、有限要素法により駆動原理を明らかとした。また、このフォイル型超音波モータを IVUS への応用の条件について検討を行った。このフォイル型超音波モータは一定方向への回転を確認し、1800rpm 以上の高速回転を実現した。フォイル型ステータ内面をパイプにて固定することにより定常回転時の誤差率を 1.0%以下に低減することが出来、安定駆動への可能性を示した。また、150 分以上の長時間駆動、屈曲状況下及び水中状況下にて駆動を確認することが出来た。これにより、フォイル型超音波モータは、IVUS への応用に適正があると考えられ、このフォイル型超音波モータを用いた簡易的な IVUS システムを開発した。モータ静止時において超音波エコーにより距離計測が可能となった。しかし、モータ駆動時においては超音波エコーにより距離計測を行うことが不可能となり、今後はこの IVUS の構造の再検討等が望まれる。

また、新たなコイル型超音波モータとして導波路短縮型超音波モータ及び駆動源-ステータ部一体化型超音波モータを提案した。導波路短縮型超音波モータにおいては、入力電圧を変更することにより定常回転速度を変更することが可能となった。これにより、回転速度の制御への指針となった。また、駆動源-ステータ部一体化型超音波モータの開発を行ない、駆動に成功した。これにより従来のコイル型超音波モータの部品定数の削減に成功し、今後更なる小型化が可能となると考えられる。

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)

〔雑誌論文〕(計3件)

- ①S. toyama, "Development of ultrasonic motor with a coil type stator and its application to vascular endoscope", Journal of Vibroengineering, 査読有、Vol.15, 2012、pp165-168.
- ②S. toyama and Hoshina, "Development of spherical ultrasonic motor for pipe inspection robot" Journal of Vibroengineering, 査読有、Vol.13, 2011、pp799-802.
- ③T. Mashimo, S. Toyama, "Rotary-Linear Piezoelectric Actuator with a Cubic Stator of Side Length of 3.5 mm," IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 査読有、Vol. 57, No. 8, 2010、pp.1825-1830.

〔学会発表〕(計2件)

- ①S. toyama "Development of Spherical Camera Actuator for Pipe Inspection Robot", X. International Conference on the Theory of Machines and Mechanisms, 2012年9月4日～9月6日、Liberec Czech Republic.
- ②土田俊彰、遠山茂樹、「ジャイロセンサを用いた球面超音波モータ用姿勢検出機構の開発」精密工学会大会学術講演会講演論文集、2011年秋季大会、ROMBUNNO. J80 特殊号、2011年9月22日金沢大学.

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称：超音波アクチュエータ、アクチュエータ駆動システム、ステント、ステント駆動システム

発明者：遠山 茂樹

権利者：東京農工大学

種類：特許

番号：特願 2013-034767

出願年月日：2013/02/25

国内外の別：国内

名称：球面アクチュエータ、血管内視鏡

発明者：遠山 茂樹

権利者：東京農工大学

種類：特許

番号：特願 2013-009491

出願年月日：2013/01/22

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/~toyama/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠山 茂樹 (TOYAMA SHIGEKI)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20143381

(2) 研究分担者

石田 寛 (ISHIDA HIROSHI)

東京農工大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：80293041

姜 志恒 (KYOU SHIKOU)

東京農工大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：00456253

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：