

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：32653

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700582

研究課題名（和文）カプセル型内視鏡を体外から駆動する共鳴駆動型超音波モータの開発

研究課題名（英文）Development of an ultrasonic resonance motor for a capsule endoscope driving

研究代表者

岡本 淳（OKAMOTO JUN）

東京女子医科大学・医学部・助教

研究者番号：10409683

研究成果の概要（和文）：

カプセル型内視鏡のエネルギー問題を解決する共鳴駆動型超音波モータの開発を行った。本研究ではモータの要素技術であるコイル型モータの原理解明のための有限要素解析と駆動実験、共鳴駆動型超音波モータの基礎的な要素モデルによる水中駆動実験を行った。本研究の成果により、本モータを実用化するための基本的なデータを取得することができた。

研究成果の概要（英文）：

In this study, an ultrasonic resonance motor that solves the energy issue of a capsule endoscope was developed. In this project, finite element analysis and a driving experiment of the coil type motor, and a fundamental driving experiment of the ultrasonic resonance motor were executed. These data will make a contribution to the practical use of the motor.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域分野

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：超音波モータ、カプセル型内視鏡

## 1. 研究開始当初の背景

近年、内視鏡の新しい展開として、患者に負担の少ないカプセル型内視鏡が登場しており、これまで未踏の臓器であった小腸にもアクセスできる新しい手段として期待されている。カプセル型内視鏡は最先端の医療機器のなかではわが国が本質的な競争力を持つ数少ない分野であり、日本の革新的技術・ものづくり技術を結集し、研究開発に注力する必要がある。現段階におけるカプセル型内視鏡の課題は、カメラを意図する姿勢に制御できない点である。腸の自然な蠕動運動に任せてカプセルが移動し、自動でシャッターが押される移動方式のため、たまたまカメラが患部に向いていなければ、患部を見逃してしまう欠点がある。カプセル型内視鏡は通常の

内視鏡に比べて苦痛が少ないので、発展性の大きい検査手段であるが、今後この姿勢制御の課題をクリアしない限り、普及が阻害されてしまう可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、新規に開発を行う「共鳴駆動型超音波モータ」による解決を試みる。提案するモータは進行波型超音波モータの動作原理に基づくものであり、体外から共鳴によりステータを振動させる方式を用いる。このモータをカプセル型内視鏡に組み込み、カメラ姿勢を連続的に変化させながら撮影をすることにより、腸内壁のすべてを撮影することが可能となる。

### 3. 研究の方法

本研究では、モータの要素技術であるコイル型モータの原理解明とそれを用いた共鳴駆動型超音波モータの基礎的な駆動実験を行った。

### 4. 研究成果

(1) コイル型モータの駆動原理について

コイル型モータは回転方向が進行波の進行方向と同一方向に回転することが観測されており、一般的な進行波型超音波モータの回転挙動と一致しない。駆動原理はこれまで未解明の部分が多く、本研究では有限要素法(図1)により導波路を超音波振動が伝播した際のコイルの変形解析を行った。SUS304製の外径0.8mm、内径0.7mmのコイルモデルをANSYSで生成し、26.8kHzの振動を伝搬させてシミュレーションを行ったところ、コイル表面の観測ポイントは振動伝搬の方向(順方向)へ回転することが確認され(図3~5)、実際の現象と一致した。これは、振動が本条件においてはガイド波の一種であるLamb波として、さらにそのモードの中でもSymmetric modeが支配的になっていることが示唆された。

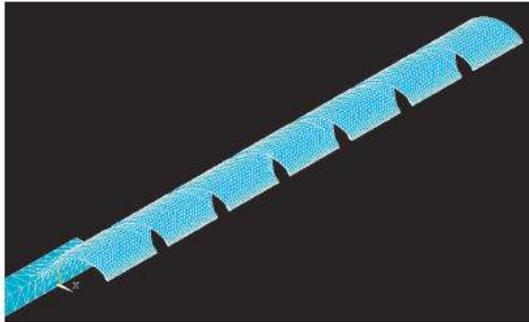


図1 コイル型モータのステータの有限要素モデル

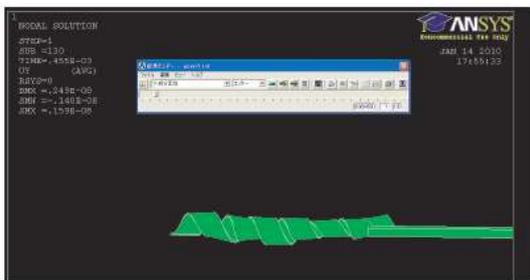


図2 振動伝搬後のステータ形状

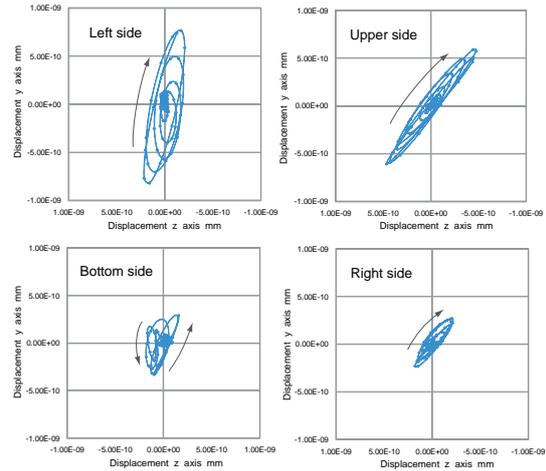


図3 ステータ表面の挙動 (1巻目)

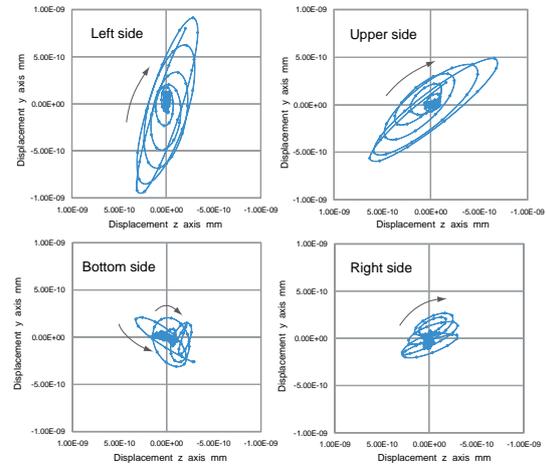


図4 ステータ表面の挙動 (2巻目)

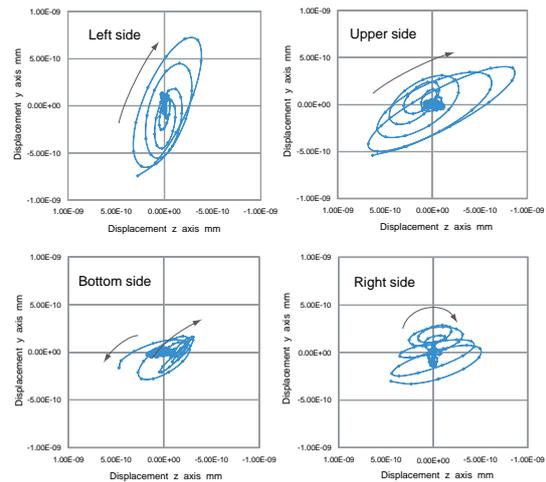


図5 ステータ表面の挙動 (3巻目)

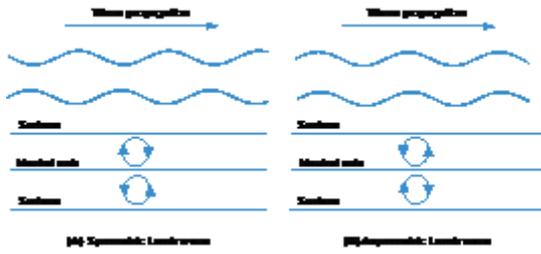


図6 ラム波の伝搬の種類 (A) 対称形 (B) 非対称形

(2) コイル型モータの駆動特性

上記シミュレーションで使用したコイルの実機を作成し、同条件で駆動実験を行った(図7・8)。ローターとステータの間のクリアランスは0.015mmが最適であり、その時の回転数は5,250rpmであった(図9)。また、クリアランスが0.005mm以下の場合には回転しなかった。また、導波路が屈曲した場合での駆動、水中での駆動も確認した。耐久性に関しては課題が残り、150分間の回転テストにおいて、ステータ表面上に摩耗が見られ、ステータ外径も変化したため、徐々に回転数も低下した。本課題に関しては、材質の変更や表面コーティング等の対策が必要と考えられる。

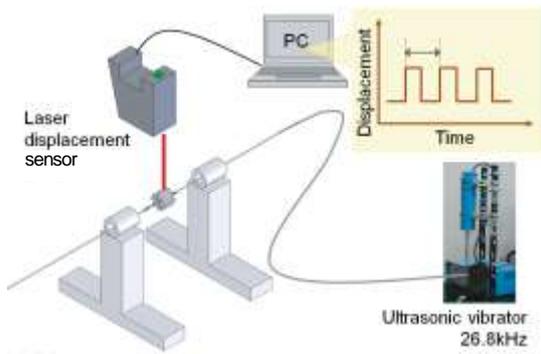


図7 回転数測定実験装置

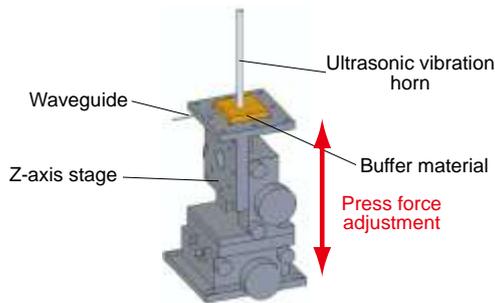


図8 超音波振動伝達装置

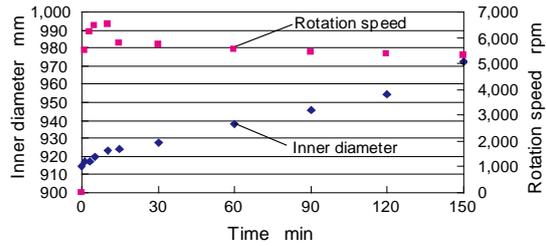


図9 回転数・ロータ内径と回転時間の関係

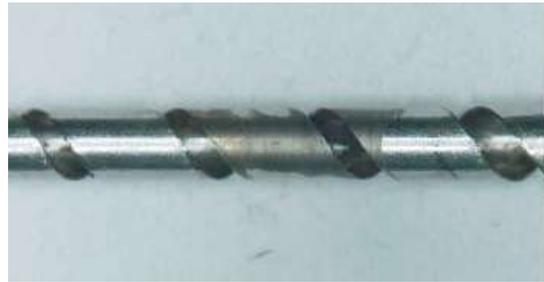


図10 150分駆動後のステータの摩耗

(3) 共鳴駆動型超音波モータの水中駆動実験

超音波を受信する共振板を大、中、小の3サイズを作成し、振動源からの距離を変化させて回転数を計測した。共振板(小)においては、距離が2mmの時の回転速度が4000rpmまで上昇しており、他の共振板よりも高速で回転した。しかし、距離が4mmの時には3000rpm、6mmの時には2000rpmと、距離を離していった場合には回転速度が大きく低下していくことが分かった。また、起動トルクにおいても距離が2mmの時に他の共振板よりも大きい値となったが、回転速度と同様に、距離が増すごとに大きく値が低下していくことが分かった。共振板(中)においては、距離が2mmの時の回転速度は2500rpmとなっており、共振板(小)より小さい値となった。しかし、距離を離していった際の低下は共振板(小)に比べ少なくなっている。また、起動トルクにおいても同様の傾向が見られた。共振板(大)においては、他の共振板に比べ回転速度は高くないが、距離を離していった際の速度低下は少ないことが分かった。また、起動トルクにおいても同様の傾向が見られた。今後は、周波数を変化させた場合の回転数の変化について検討を行なっていくとともに、トルク性能の向上に関する研究を行う。また、動物実験による機能確認、安全性の確認を継続するとともに、実用化へのトランスレーショナル・リサーチへ移行していく。

## 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1件)

"Development of a Miniature Foil Type Ultrasonic Motor," J. Okamoto, S. Toyama, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2011, 750-755 (2011).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡本 淳 (OKAMOTO JUN)

東京女子医科大学・医学部・助教

研究者番号：10409683