

医療分野に適用可能な1ミリ立方メートル サイズのマイクロ超音波モータ

豊橋技術科学大学
エレクトロニクス先端融合研究所
テニュアトラック助教 真下 智昭

研究背景 (1)

平成16年度日本人の死因

1位: 悪性新生物(癌)	320,358人
2位: 心疾患	159,625人
3位: 脳血管疾患	129,055人

このうち9万人が
脳梗塞

脳梗塞の発症者64万人(年間)

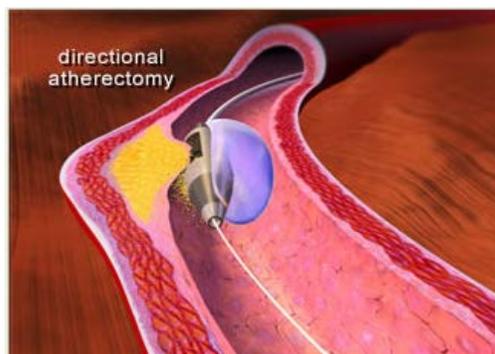
死亡	寝たきり	介護が必要
14%	15%	15%

※死亡は発症30日以内



研究背景 (2)

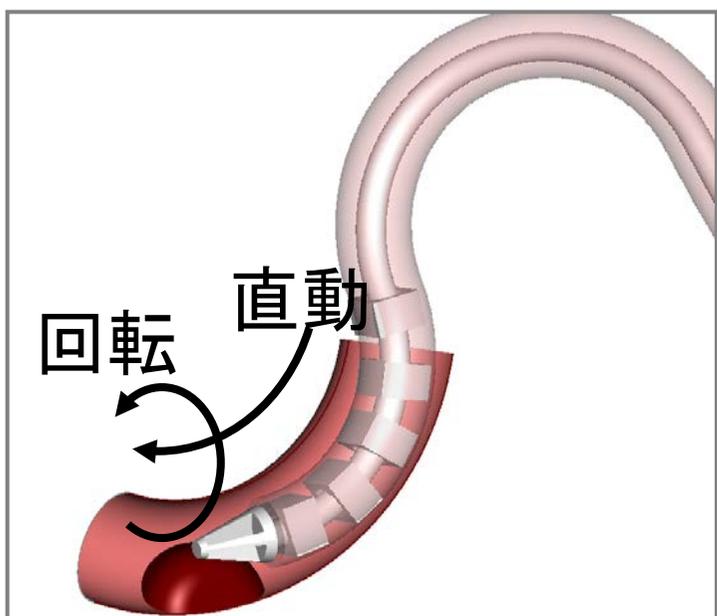
■カテーテル治療ロボットによる脳血管内治療



<http://video.about.com/heartdisease/Atherectomy.htm>

従来機器: アテレクトミ, IVUS(血管内超音波法)
— カテーテルの機械化

- ・プッシュビリティ(座屈しにくさ)と、トラッカビリティ(可撓性)の関係はトレードオフ
- ・細く複雑な脳血管内で使用困難



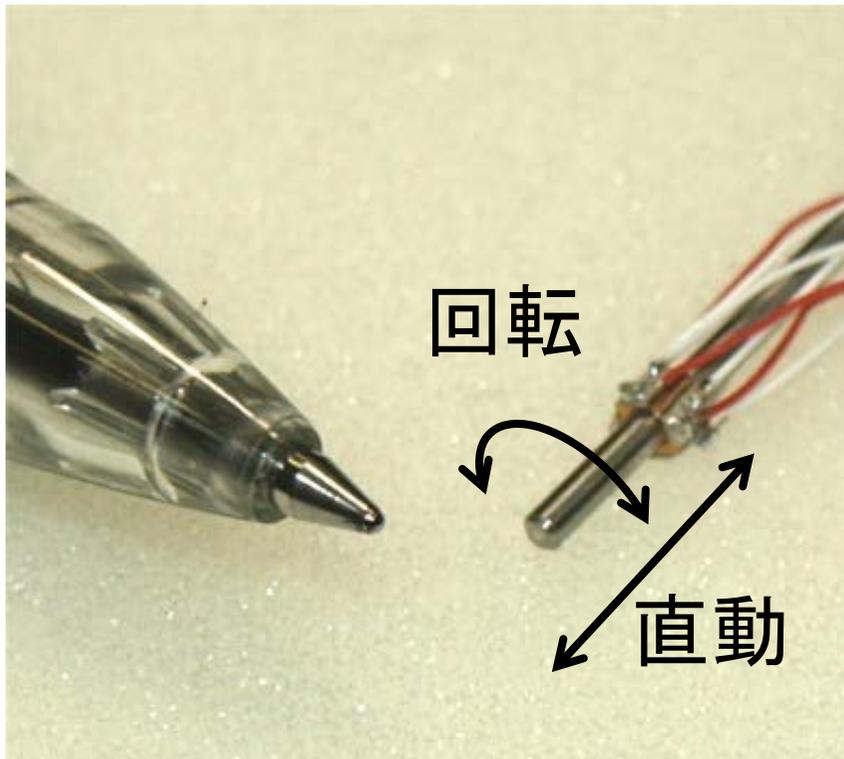
カテーテル治療において

- ・患部まで到達するには**直動**
- ・カテーテルによる治療検査は**回転**

提案する新技術

特殊加工した超音波モーター採用により、高出力、低コストな1ミリサイズのマイクロマシンに適用する

回転直動型超音波モータ



利点

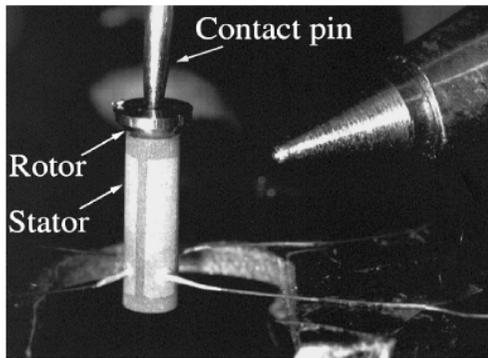
- 高速・高精度の駆動が可能
- 体積あたりトルクが大きい
- 静粛である
- 回転と直動を独立して、または同時に生成可能
- シンプルな構造で、小型化が容易、低コストを実現

欠点

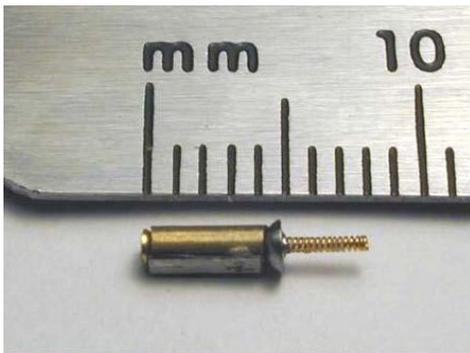
- 寿命、効率など(研究課題となる)

新技术の特徴と従来技術との比較

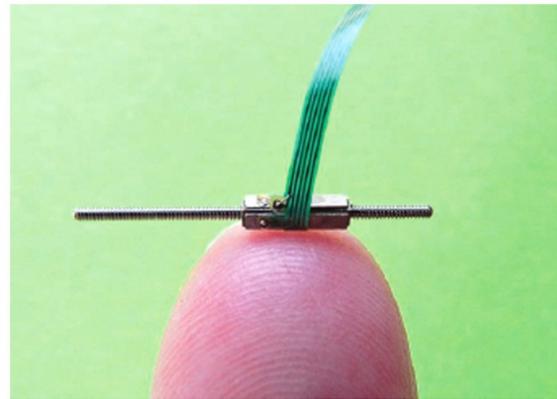
従来研究の小型超音波モータ



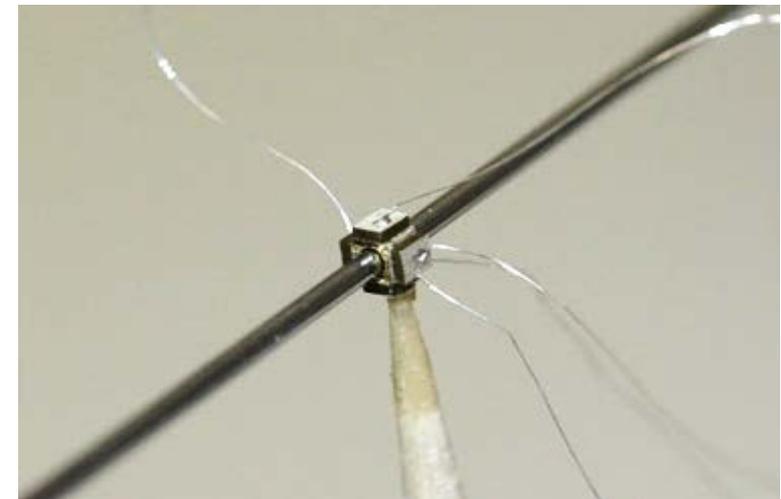
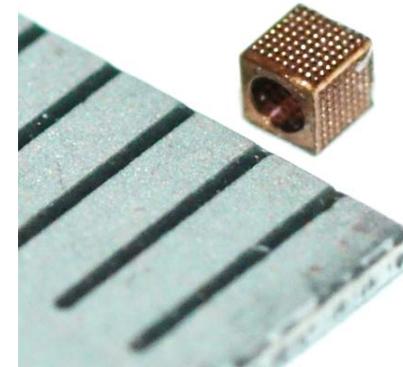
Φ1.4 × 5mm (東大樋口研)



Φ1.6 × 5mm (PSU Uchino)



□2.8 × 6mm
New scale technologies
U.S.



世界最小クラスの
アクチュエータ

製作困難・高コスト・細長い円筒形状

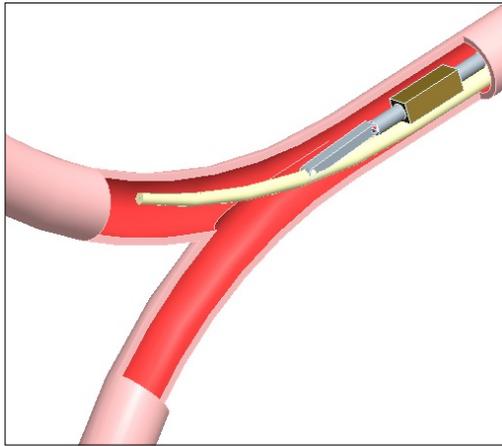
他の駆動原理との比較

	駆動原理			
	電磁	油圧	圧電	静電
出力	中	大	中	小
トルク密度	小	小	大 (10-100倍)	小
効率	良	良	悪	良
静粛性	悪	悪	良	良
寿命	長	長	中	長
応用例	家電など	建設機械など	カメラ (オートフォーカスなど)	プロジェクタ (DMDデバイスなど)

$$\text{トルク密度} = \frac{\text{トルク}}{\text{質量 (体積)}}$$

小さいサイズの割に得られるトルクが大きい駆動原理である。

何に使える技術なのか



カテーテル



<http://ja.wikipedia.org/wiki/内視鏡>
内視鏡



カメラ

数ミリメートル程度の小型モータの必要性

- カテーテル: 血管の選択
- 内視鏡: 患部の調査
- カメラ: オートフォーカス・ズーム

マイクロロボット
マイクロ医療機器

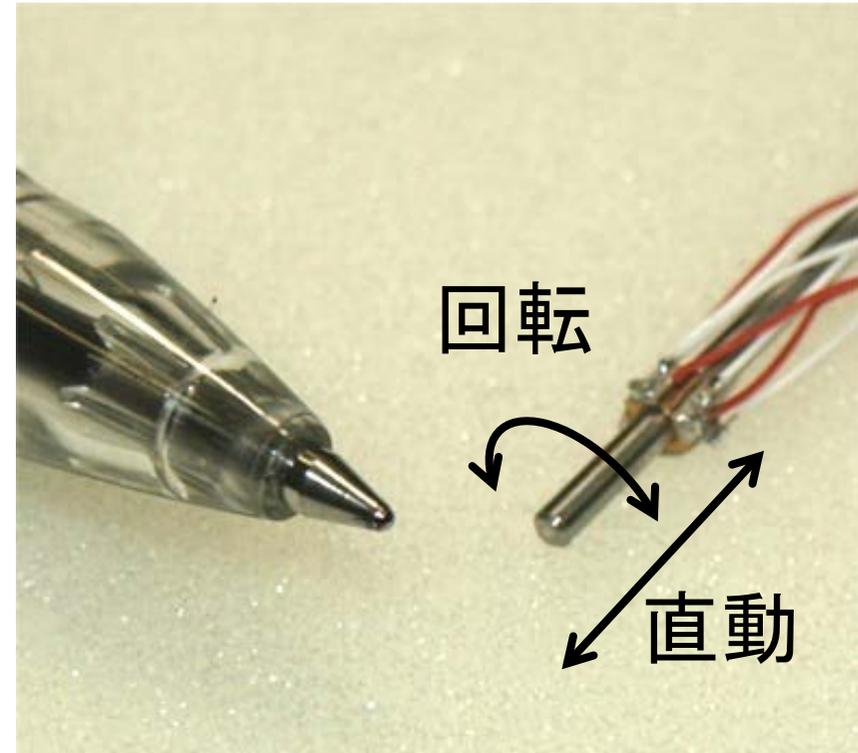
2010年, 155億円市場(経済産業省)

小型モータ市場(1.2兆円市場, 2006)
デジカメ, ビデオカメラ, VTR, DVD, 携
帯電話, 腕時計など

研究目的

- 実用的な出力密度（体積あたりのトルク・回転数）の実現
 - 試作品製作、性能向上に配慮
 - これまでに開発してきた圧電式回転直動モータ技術の活用（駆動実験）

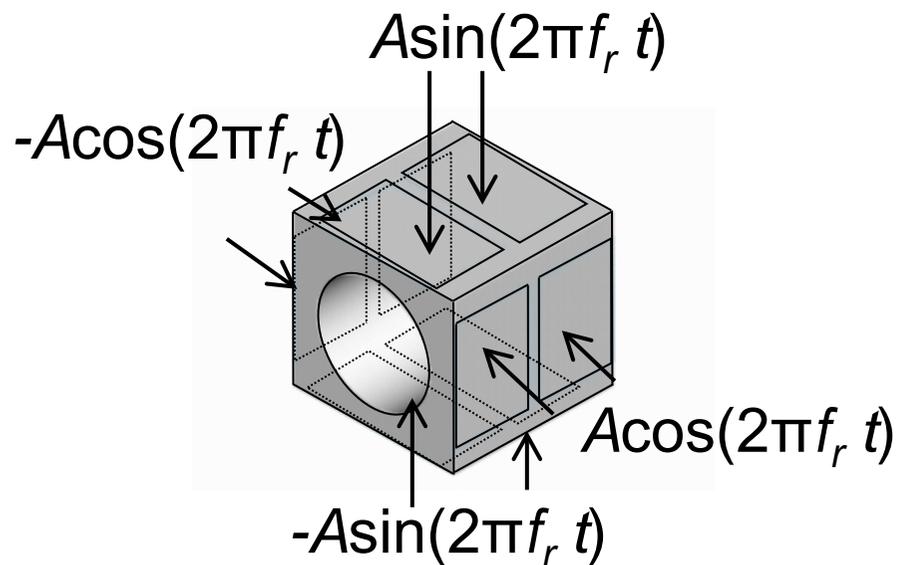
これまで以上に試作した回転直動モータ



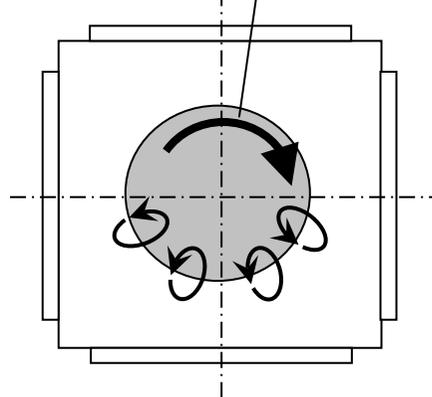
シンプル形状→小型化が可能
サイズ:3.5mm角, 内径 Φ 2.5mm
材質:リン青銅

駆動原理

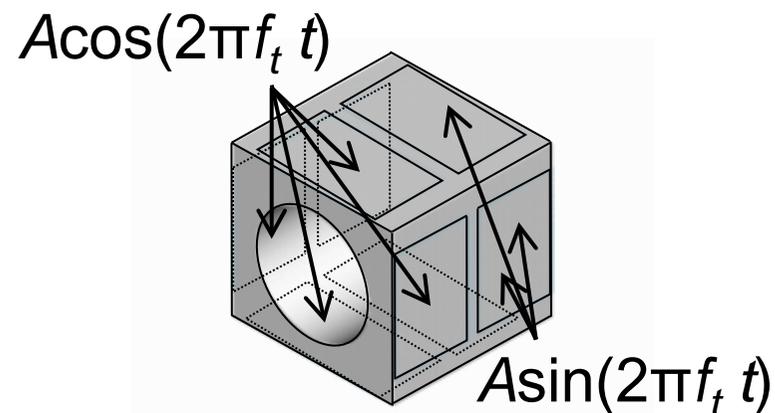
回転



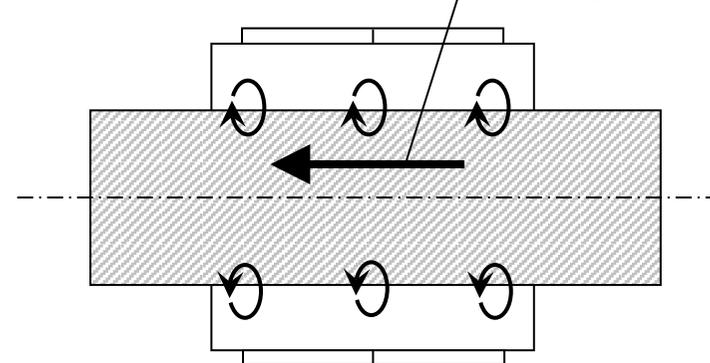
シャフトの回転



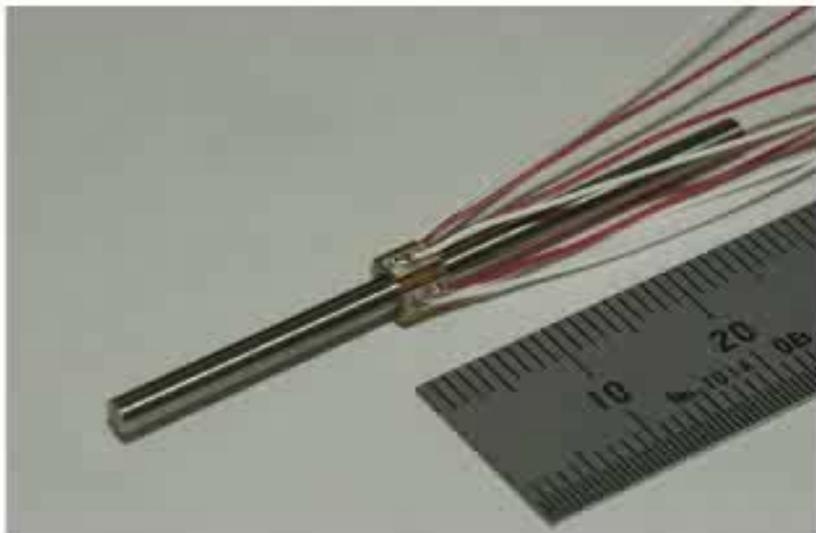
直動



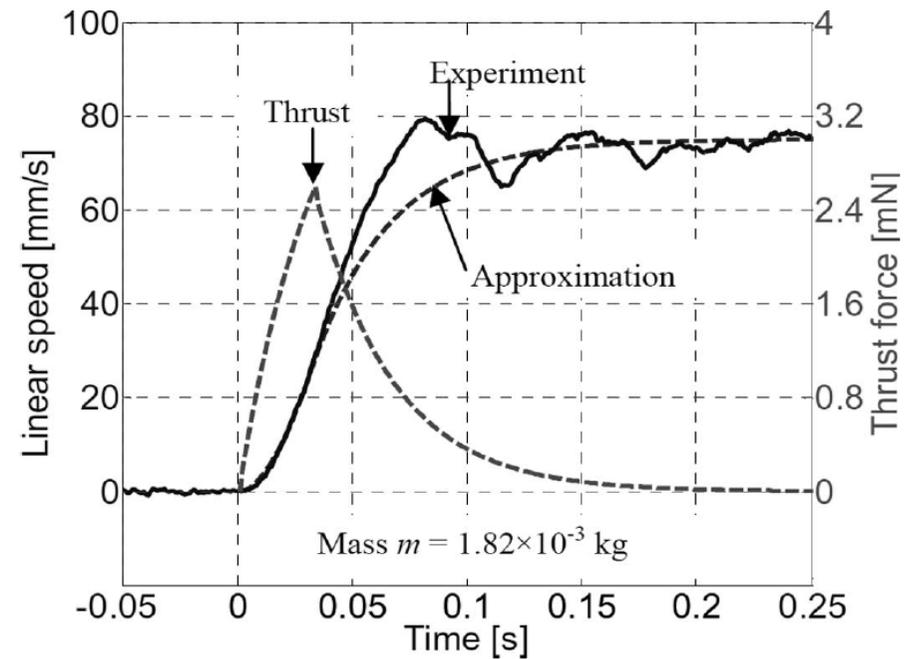
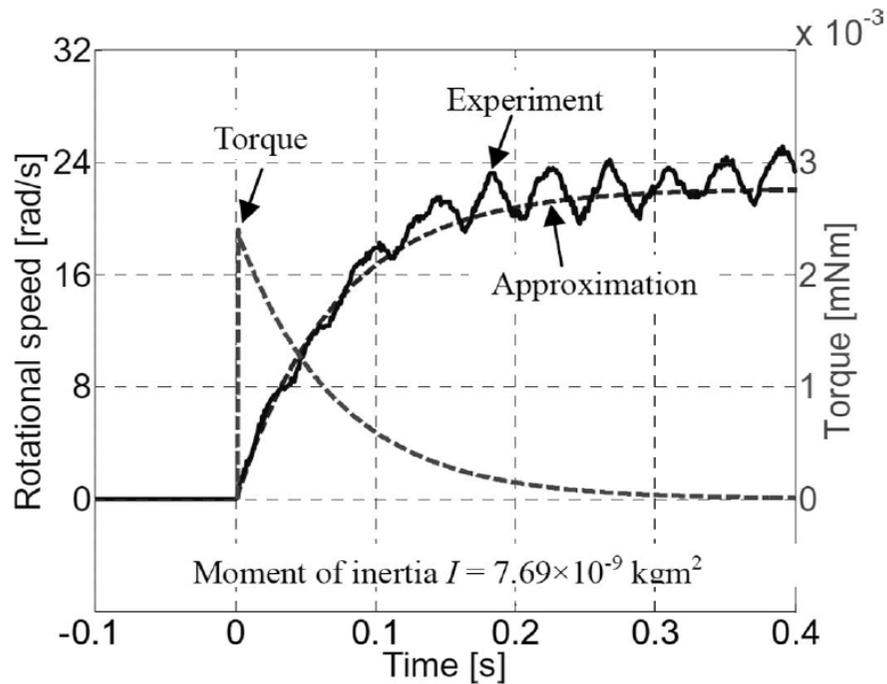
シャフトの直動



Rotary-Linear Piezoelectric Actuator 3.5 mm Stator



実験結果



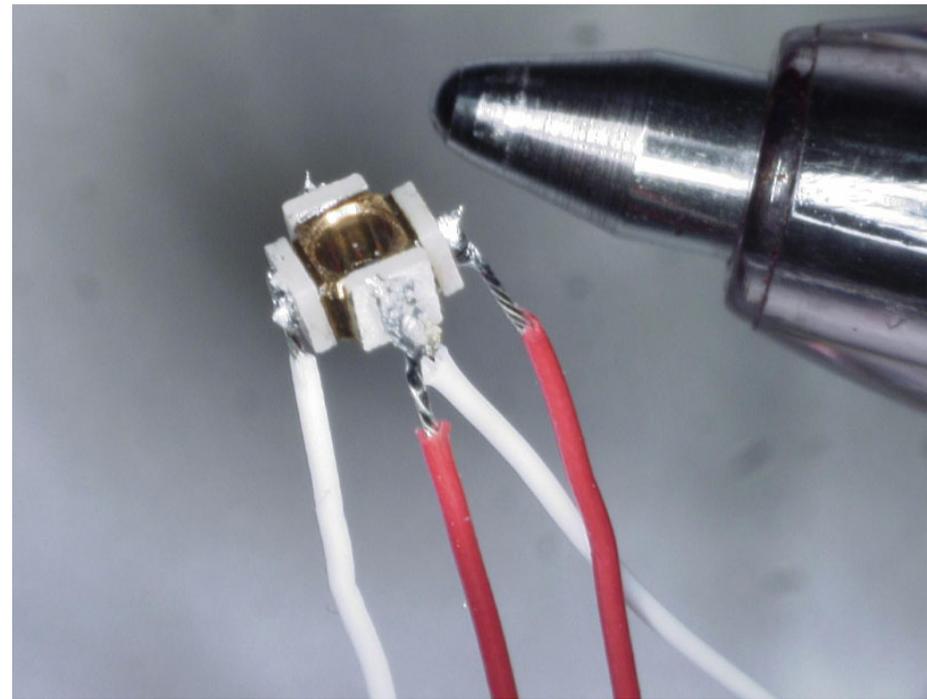
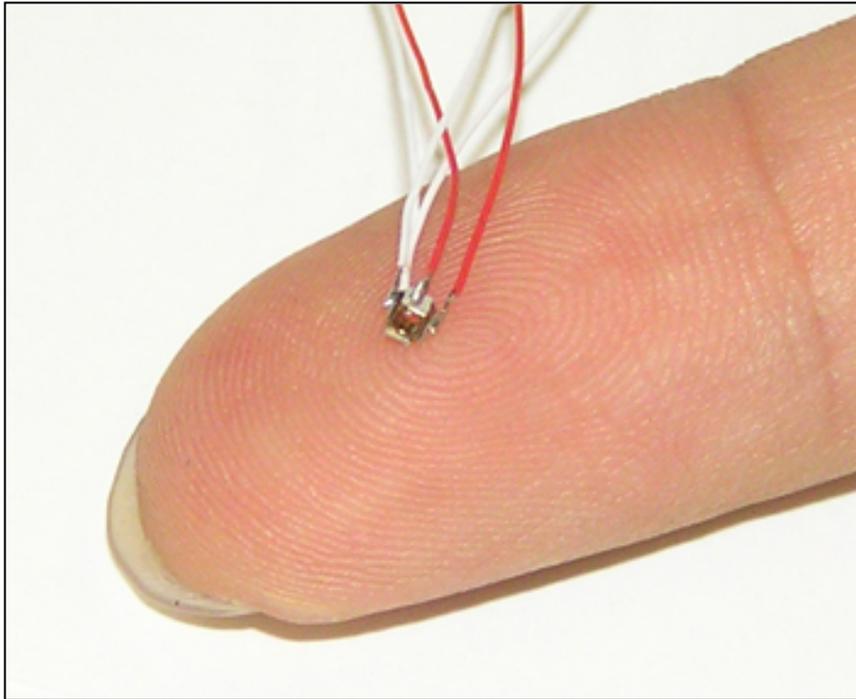
公開論文: IEEE UFFCs, vol.58, No.8,2010

実験結果

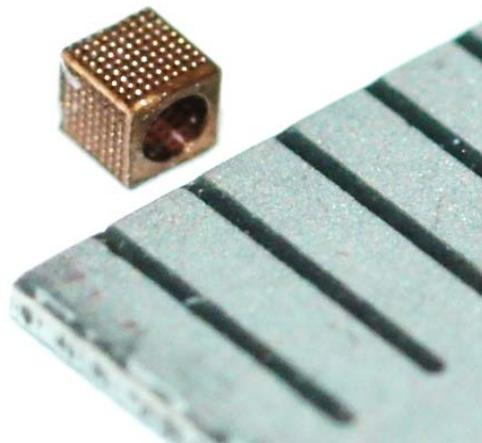
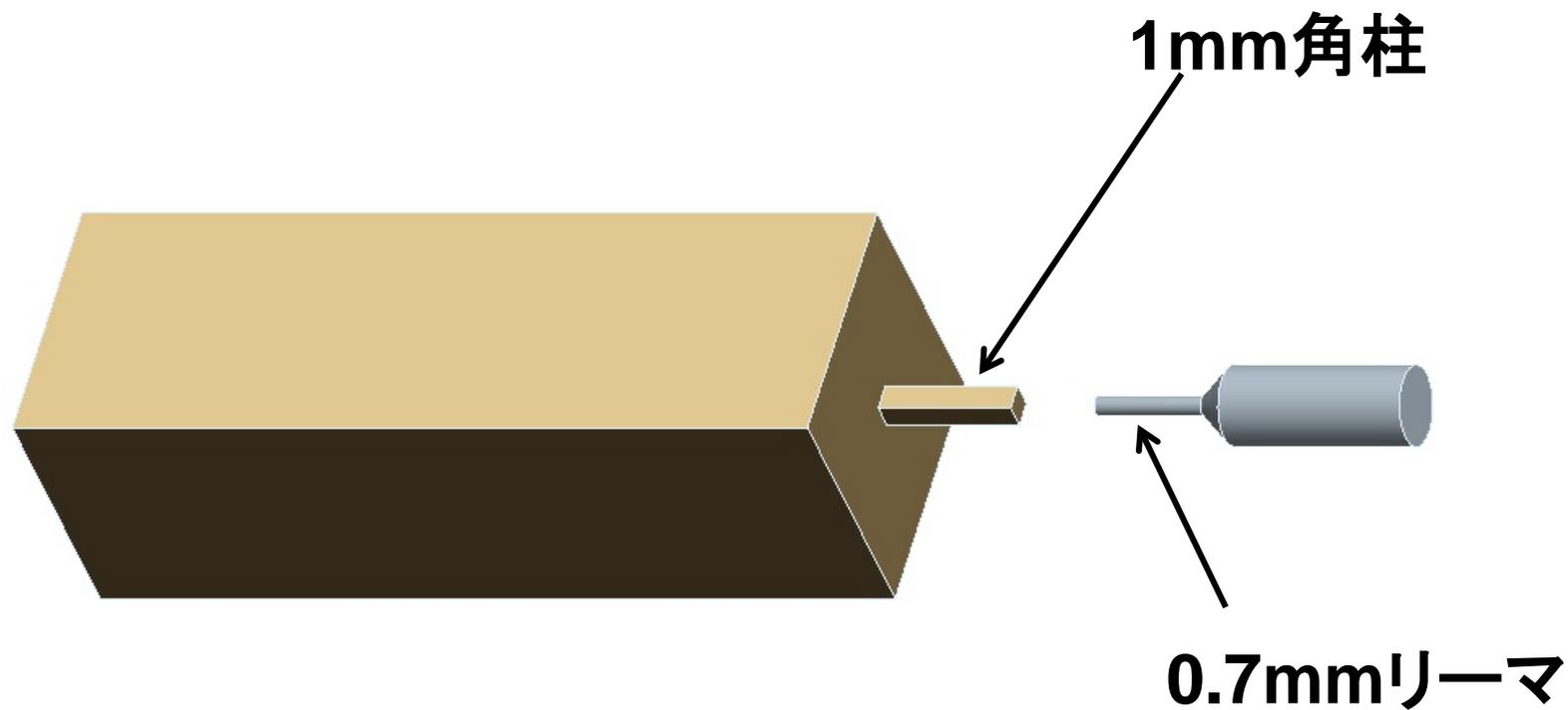
最大トルク	2.5 μ Nm
最大回転数	24 rad/s
最大スラスト力	2.6mN
最大直進速度	80 mm/s

T 1mm³サイズの小型化に向けて

1.4mm角の小型超音波モータ



1mm³ステータの試作



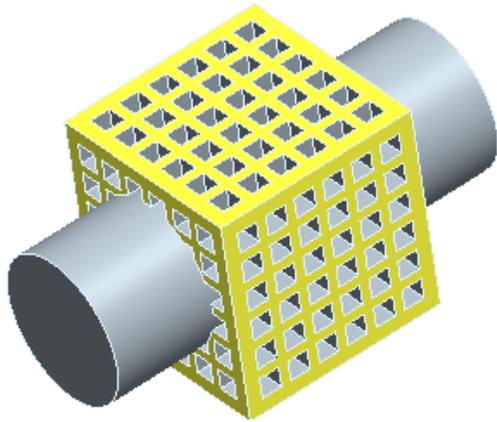
今回は回転モータとして試作
(圧電素子分極なし)

T工夫した点

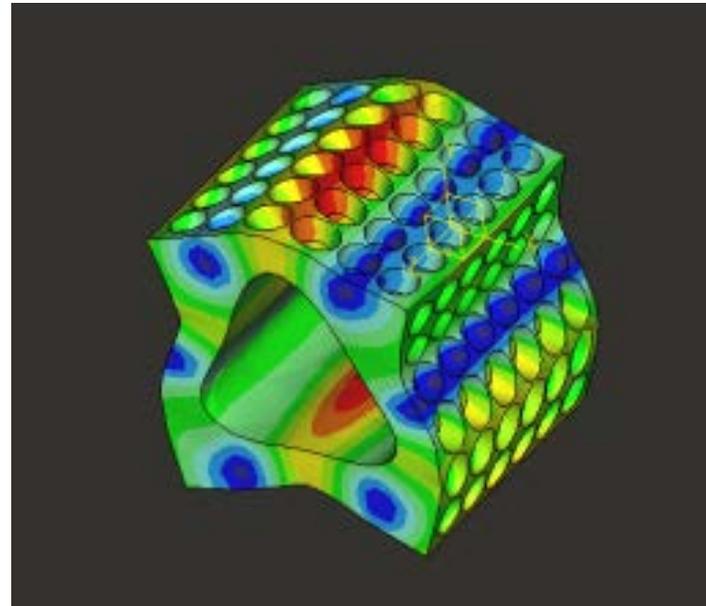
$$f = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

実験的知見・・・共振周波数が低い方が高出力

f : 共振周波数, E : ヤング率, ρ : 密度

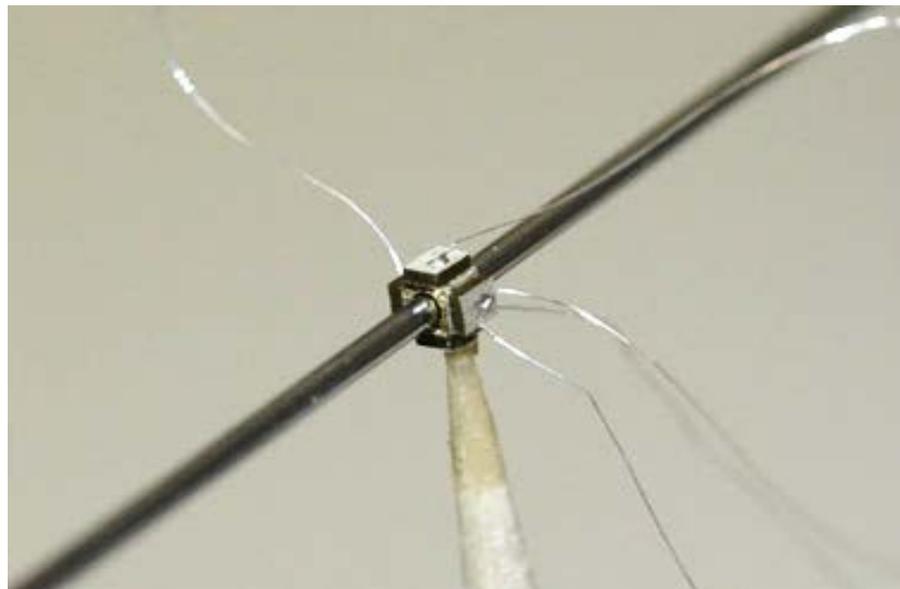
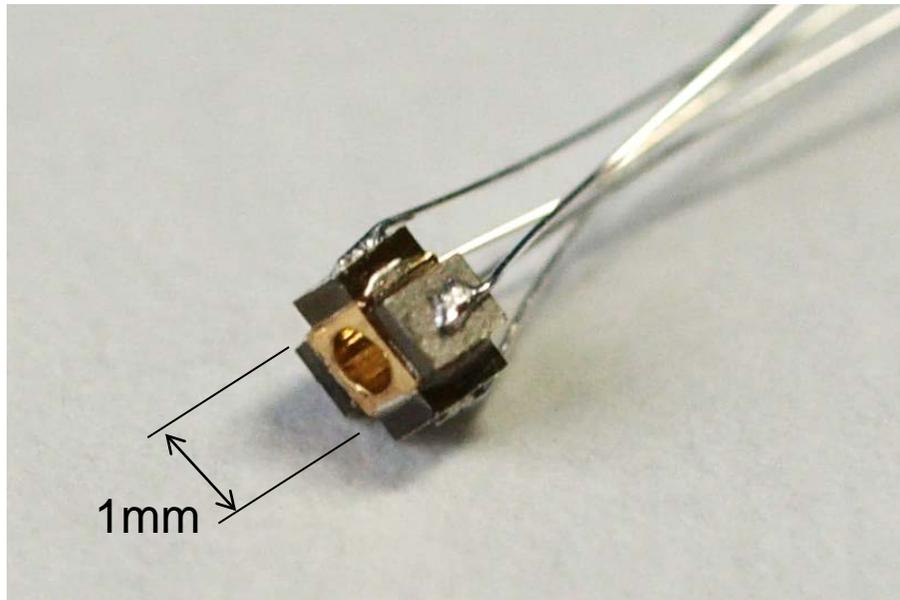


ステータのメッシュ化し、
みかけの剛性を低下



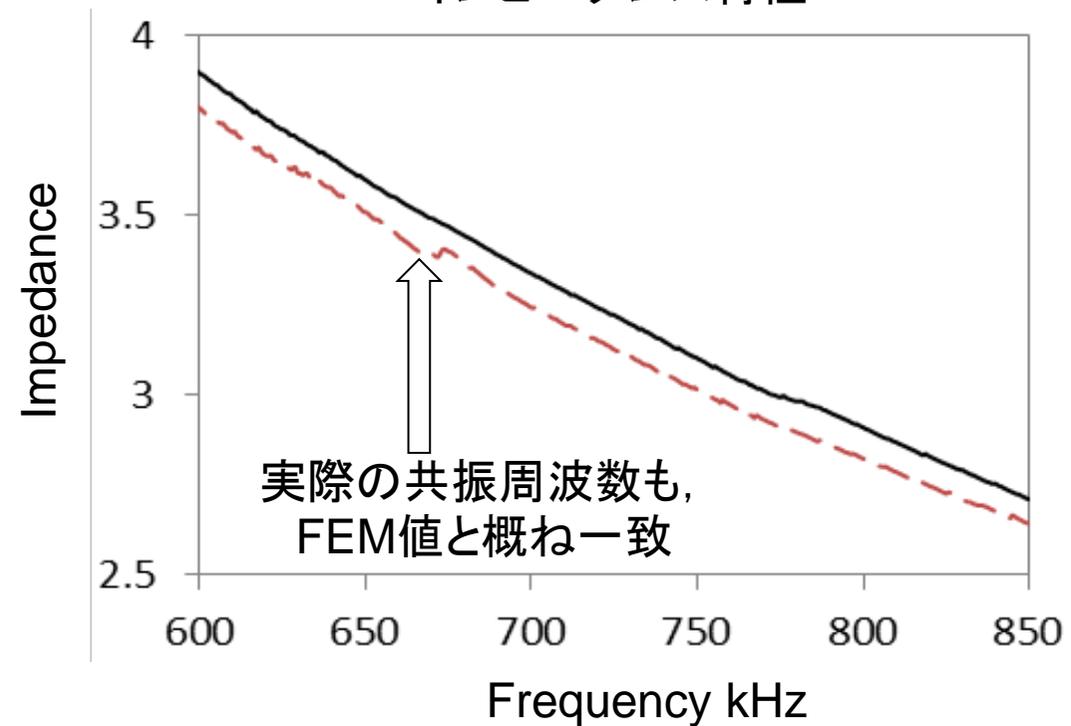
有限要素法解析を用いた計算で、共振周波数を30-40%下げられることを確認

1mm³ステータの試作

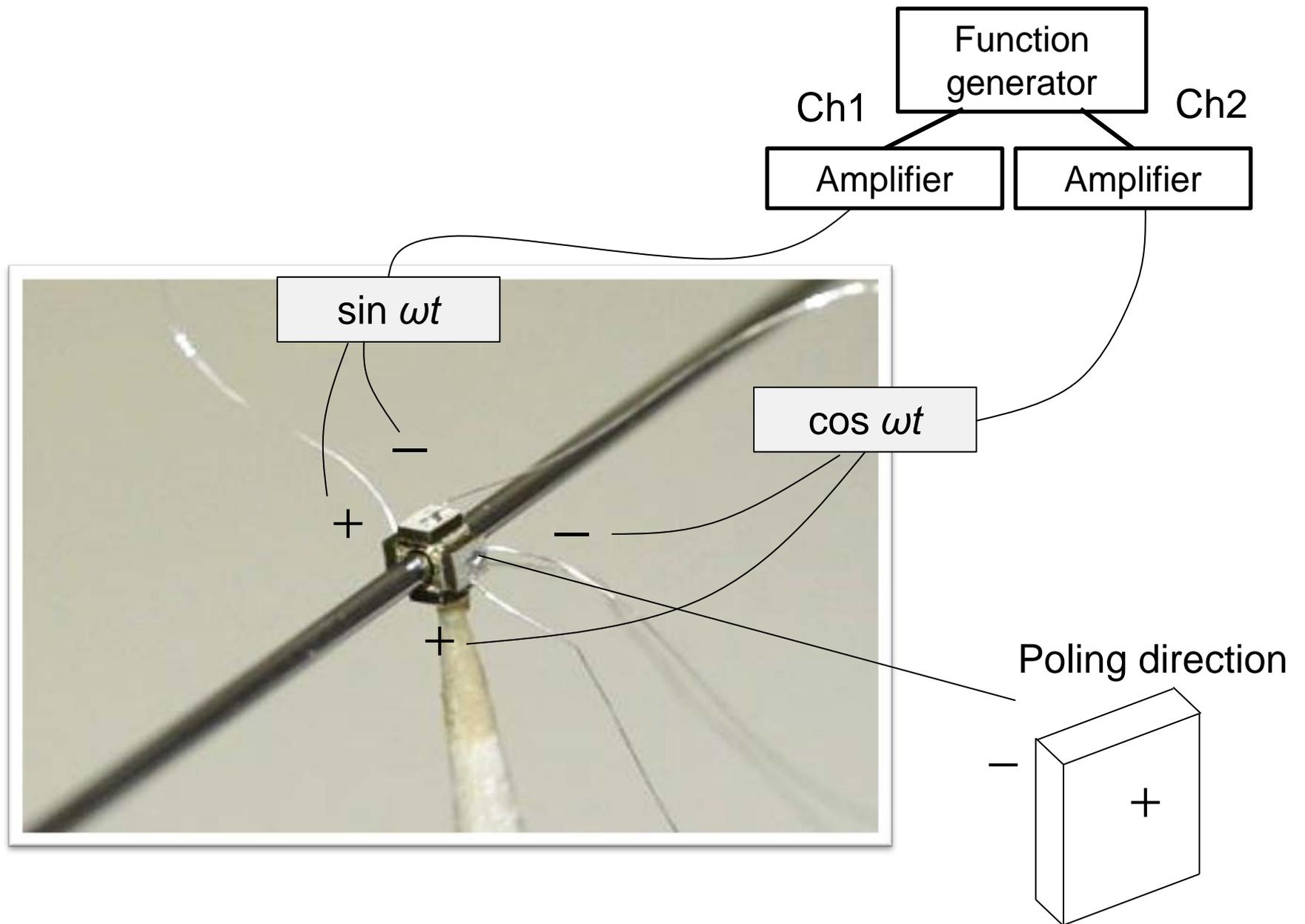


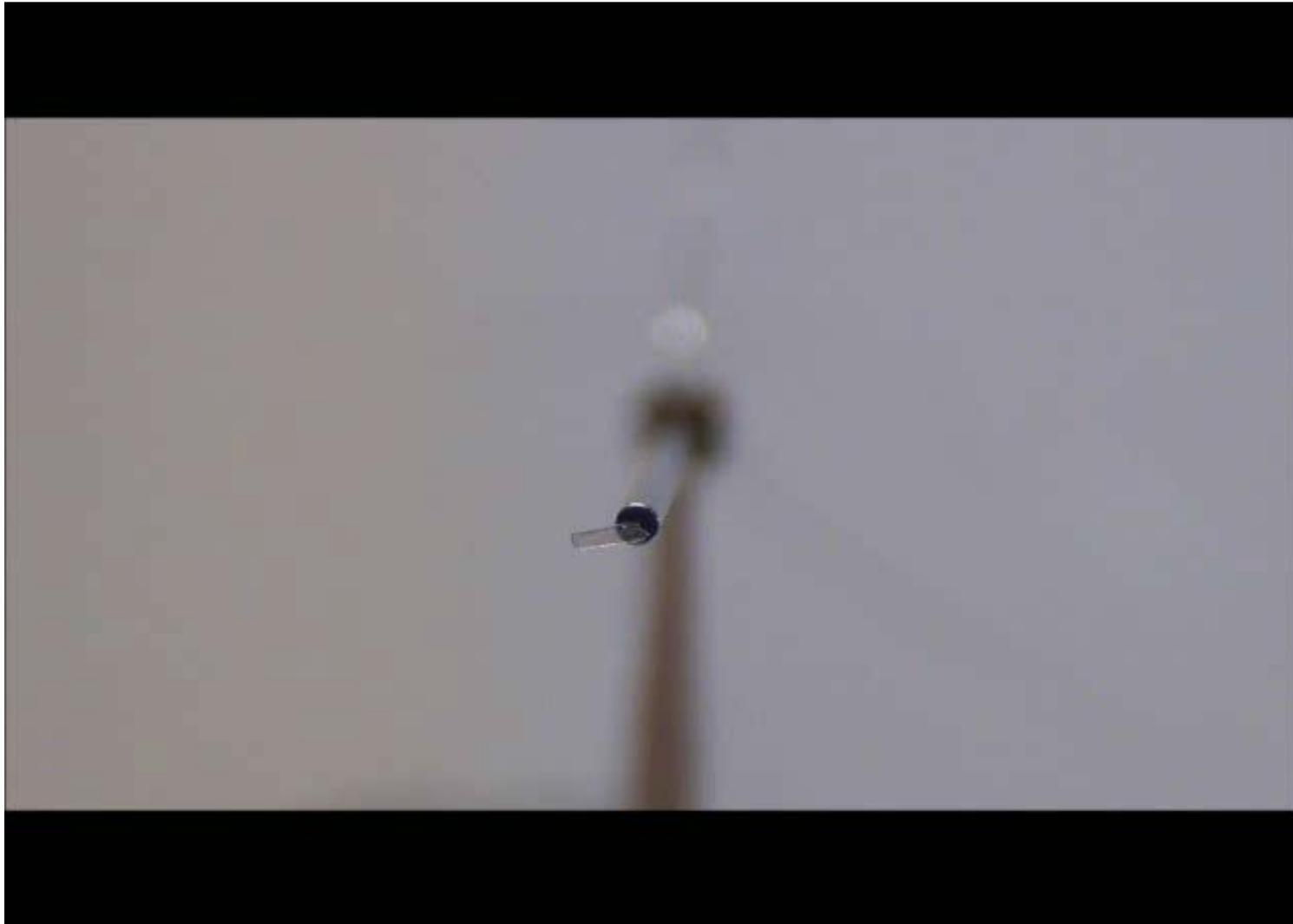
- ・ Au合金(18金), (0.1g以下)
- ・ PZT ハード材
- ・ 0.05mm銀線

インピーダンス特性

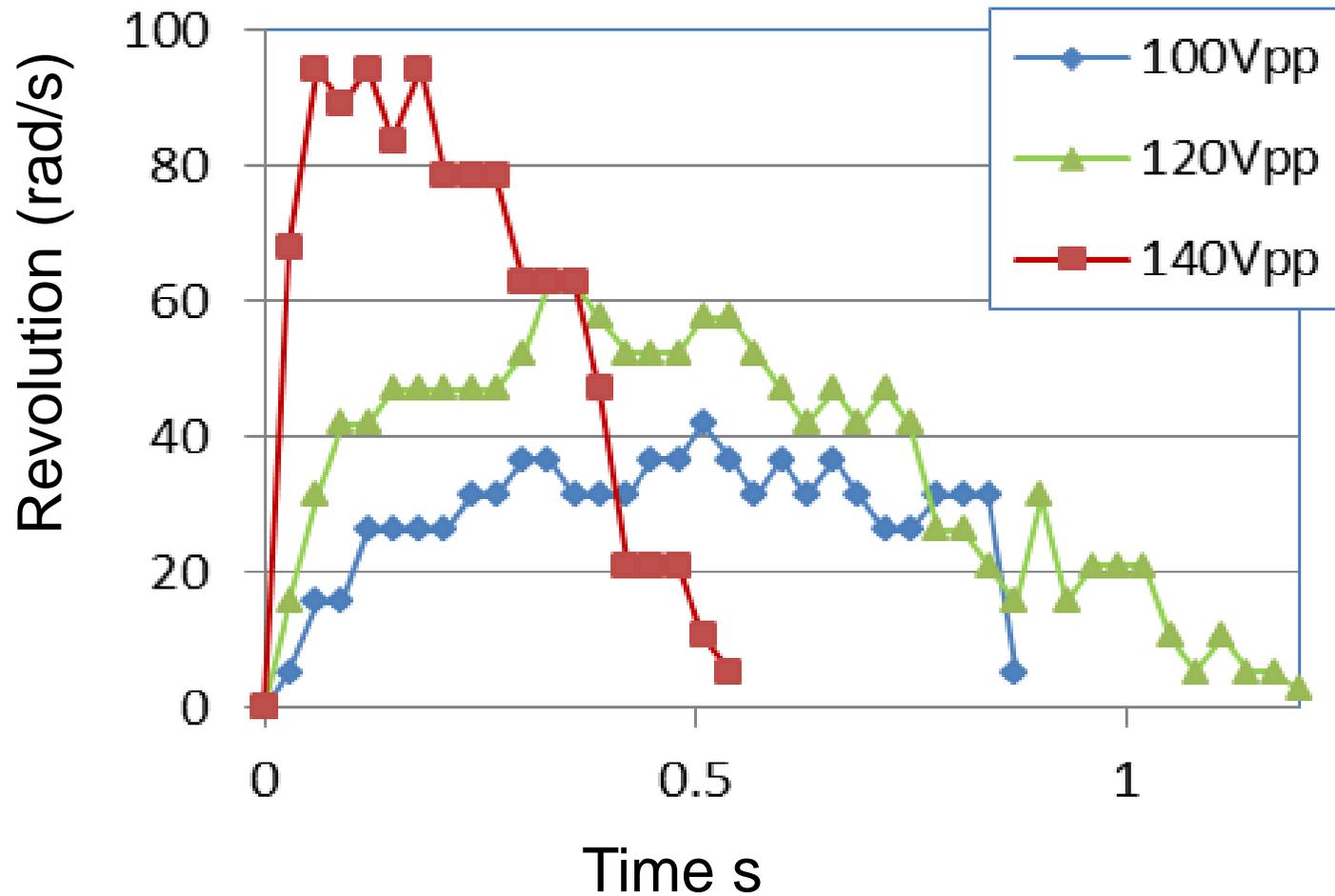


実験方法





実験結果



回転数: 900 rpm
トルク: 10.5 nNm

T 実験結果および実用化に向けた課題

- 1mm³超音波モータを試作し、駆動実験に成功した
- 印加電圧を変えて性能評価を行い、電圧によって速度制御できることを明らかにした

実用化に向けた課題

- 試作方法の改善(貼付, 電線)
- トルク向上設計(材料, 隙間, 摩擦係数)
- 軸・機構の最適設計

企業への期待

- 3-5年後の製品化を目指すために、量的な研究開発が必要と考えている.
- 小型モータに関する量産化ノウハウを有する企業との共同研究
- また医療機器を開発中の企業・医療分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる.
- 現在、1医学部および1社と、意見交換を行いながら研究開発を行っている.

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 超音波アクチュエータ
- 出願番号 : 特願 2012-046693
- 出願人 : 国立大学法人豊橋技術科学大学
- 発明者 : 真下智昭

お問合せ先: (株)豊橋キャンパスイノベーション(とよはしTLO)

Phone: 0532 - 44 - 6975 FAX: 0532 - 44 - 6980

Mail: ttlo-iten@kktci.co.jp 担当: 白川正知