

超微小ロボットなどに使える 微小変位変換器

九州工業大学 大学院情報工学研究院
知的システム工学研究系 准教授 石原 大輔

2021年12月9日

従来技術とその問題点

- 圧電アクチュエータ
 - 微小化に適している
 - 変形量が微小
 - ⇒ **変位変換器**が必要
- 従来の変位変換器
 - 加工や組み立てなどの制約
 - ⇒ **微小化が困難**

新技術の概要

- 圧電バイモルフの微小なたわみ変位を大きな角変位に変換する**微小変位変換器**
 - 寸法**1cm**程度以下
 - **100 μ m**程度以下の変位 \Rightarrow **数10 $^\circ$** の角変位
 - 弾性ヒンジを利用した**摩擦レス機構**
 - 感光性高分子材料の積層とエッチングのプロセス (**MEMSプロセス**)のみで作成

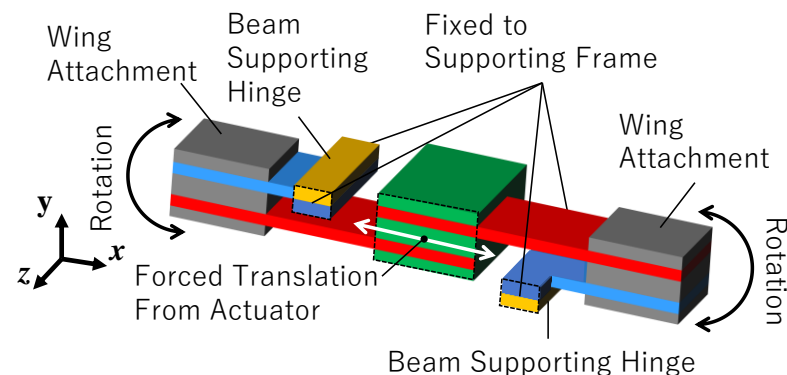
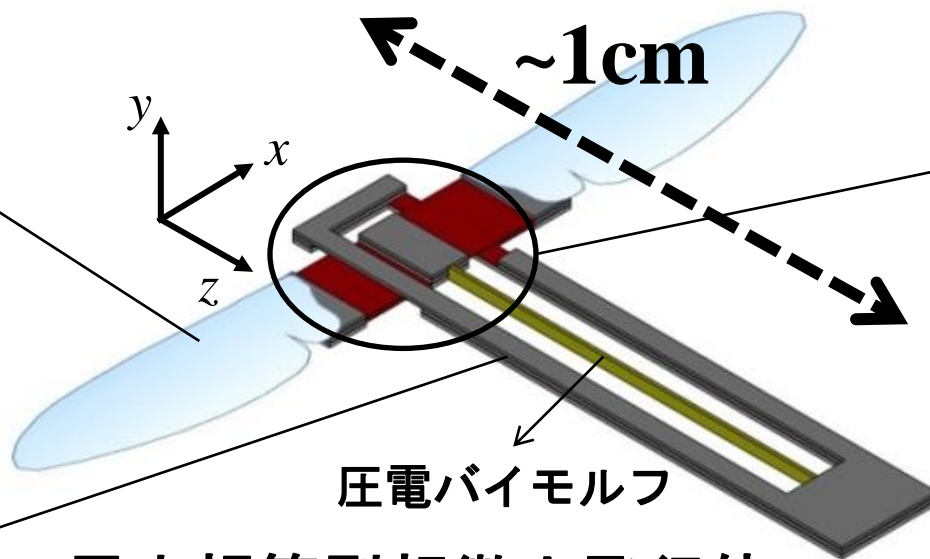
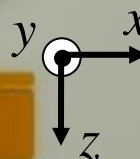
新技術の背景

• 超微小飛行ロボットの要素技術

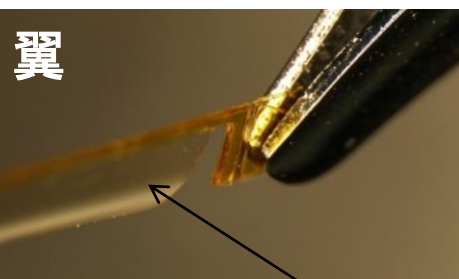
小型の昆虫を模倣 ⇒ 羽ばたき角 > 数 10°
 圧電バイモルフ ⇒ 微小変位変換器



微小変位変換器

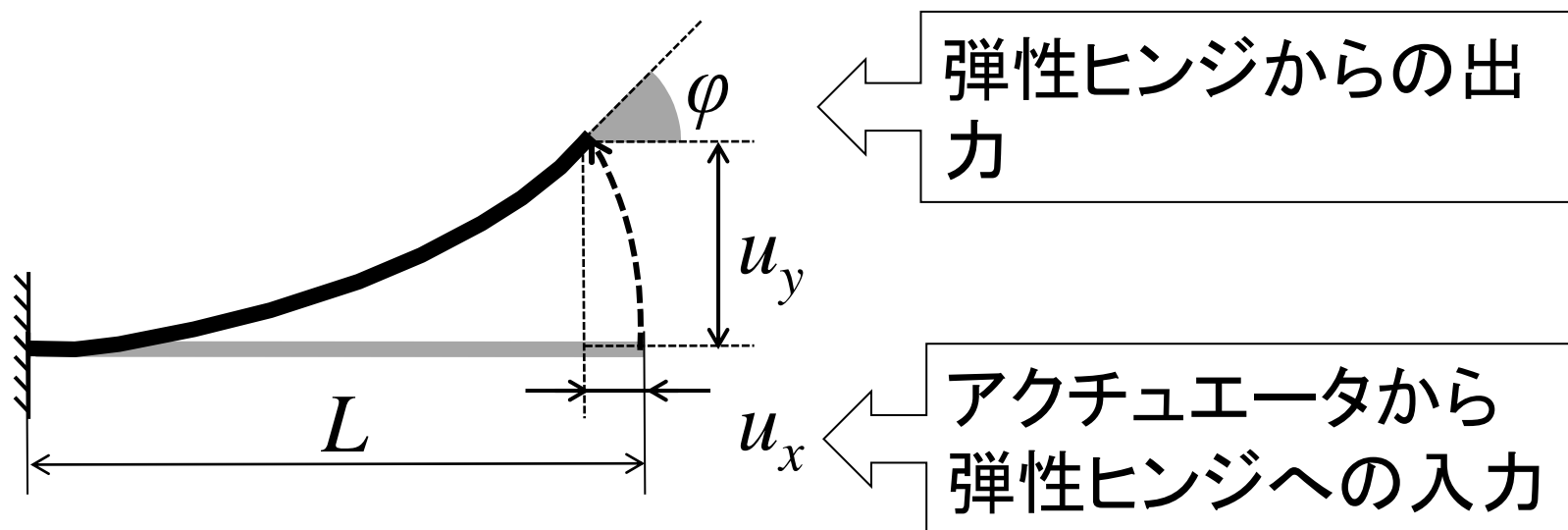


昆虫規範型超微小飛行体
“MEMS-FLYER”



変位変換のしくみ

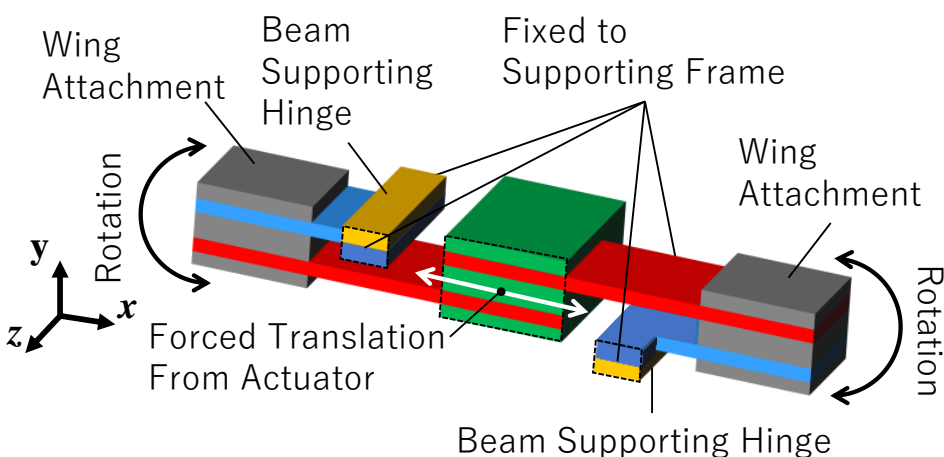
- 弾性ヒンジの大変形を利用
 - アクチュエータからの僅かな入力(変位 u_x)でも, 大きな出力(角変位 φ)が得られる



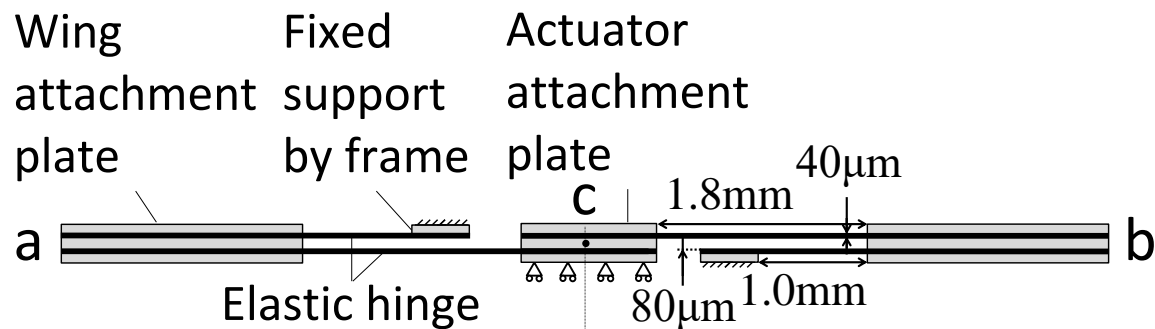
※非線形現象のため, 設計には有限要素法などの数値計算が必要

変位変換器の2.5次元構造

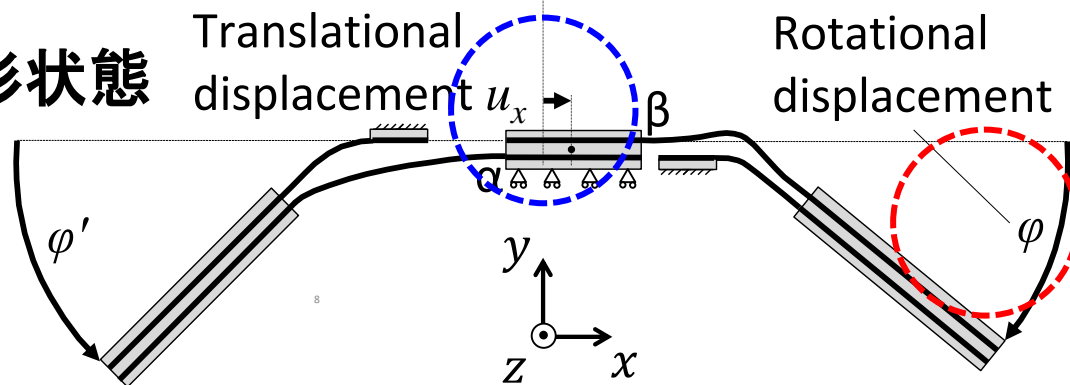
- 変位変換のしくみを2.5次元構造として設計
- 2.5次元構造(平面的構造の積層)⇒ MEMSプロセス



初期状態

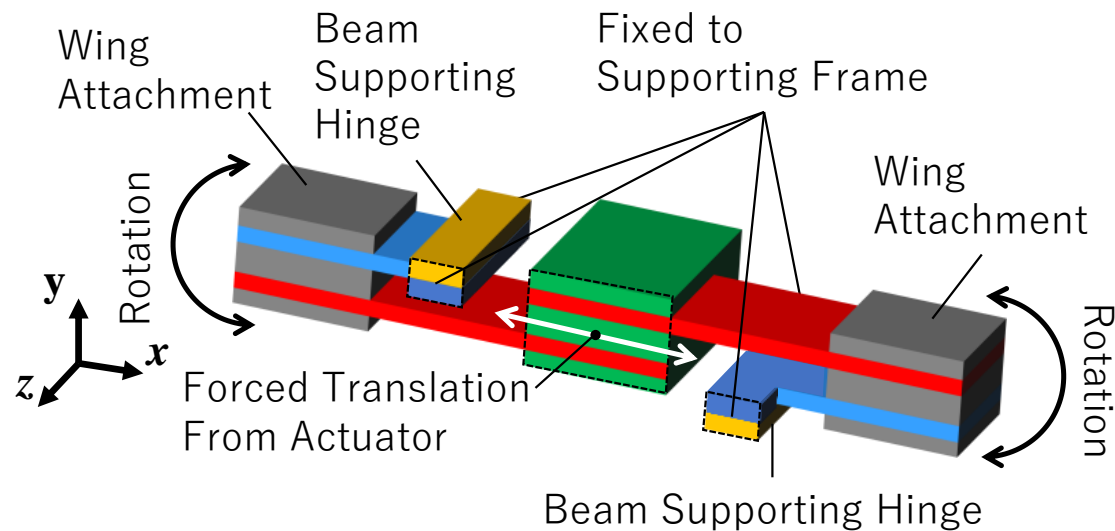


変形状態



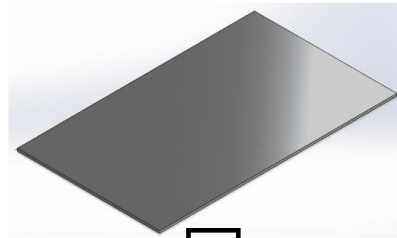
新技術の特徴

- MEMSプロセスによる作成
 - 感光性の高分子材料(感光性ポリイミドなど)の積層とエッチング(MEMSプロセス)により作成できる
- ⇒ 従来技術と比べ、桁違いに小さくできる

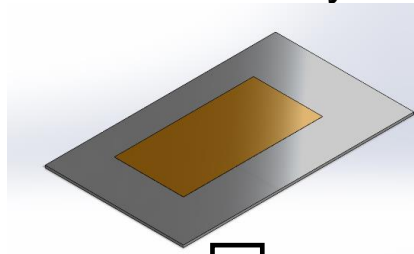


MEMSプロセス

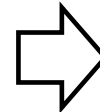
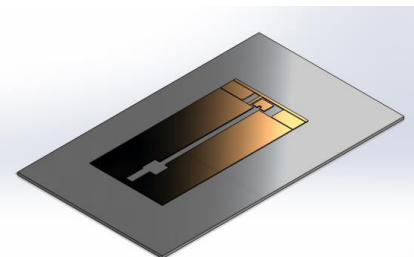
Si Wafer with Sacrifice Layer



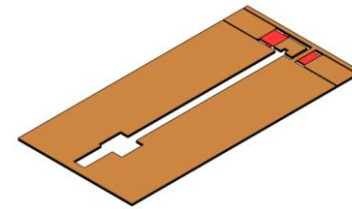
(1) Lamination of Polyimide Sheet



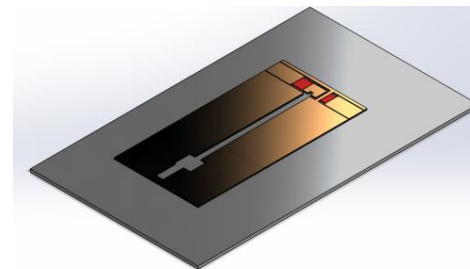
(2) Exposure & Development



(4) Release



(3) Curing



試作例



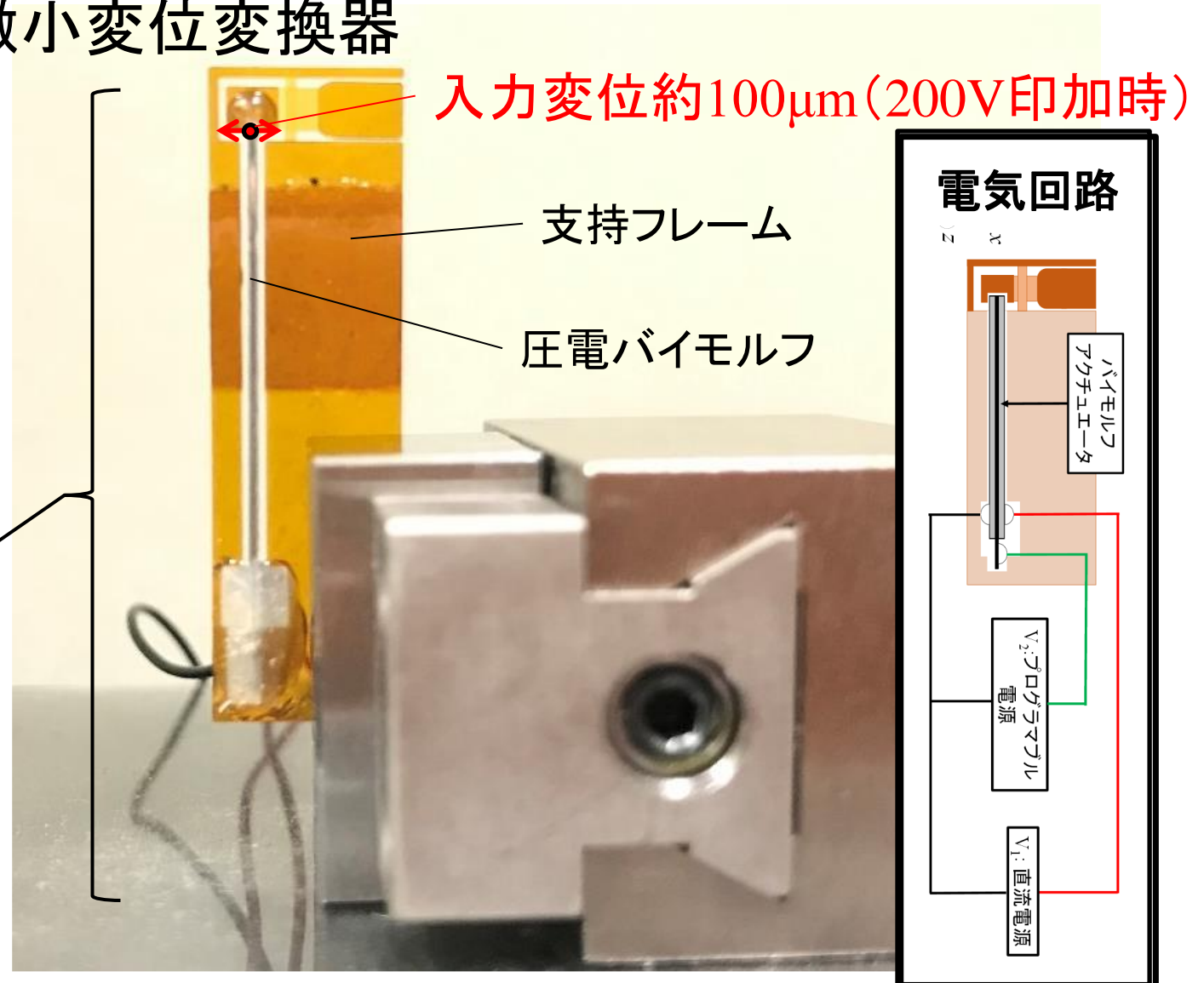
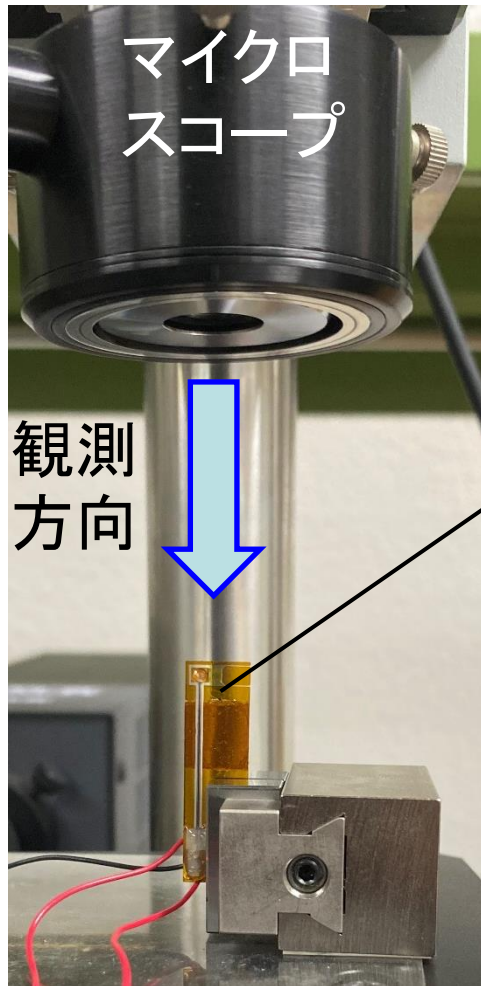
両翼タイプ



片翼タイプ

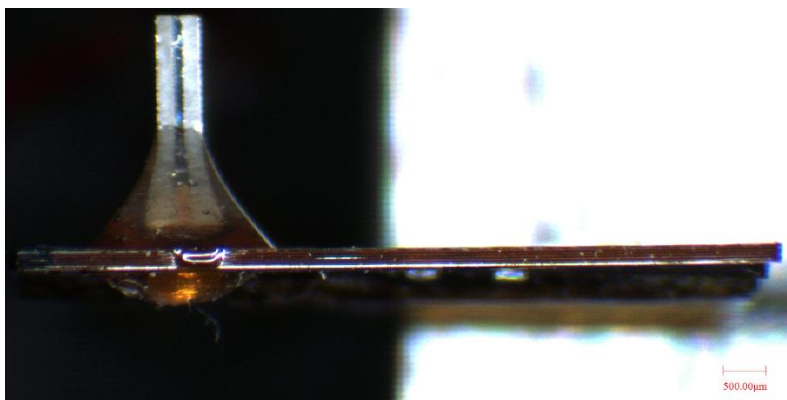
駆動実験

微小変位変換器

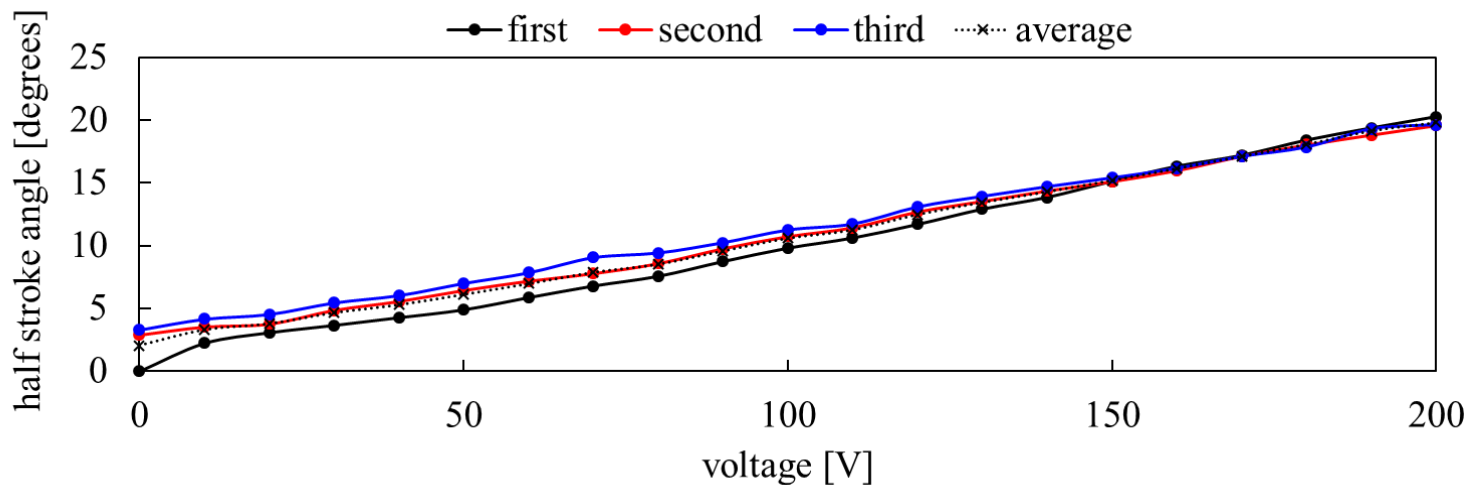
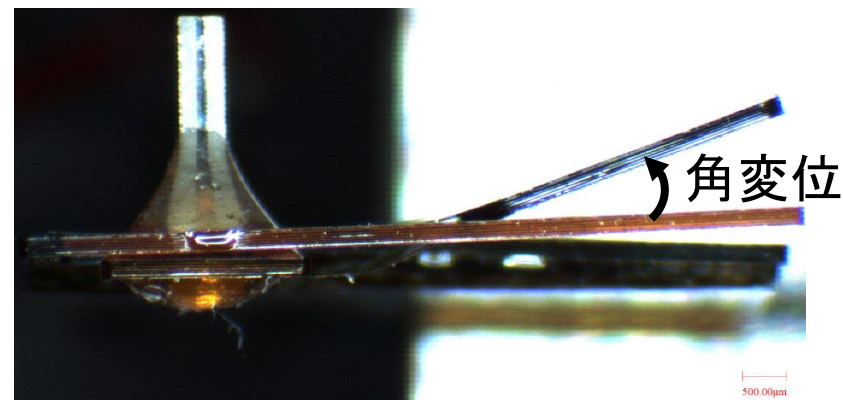


実験結果

0 V

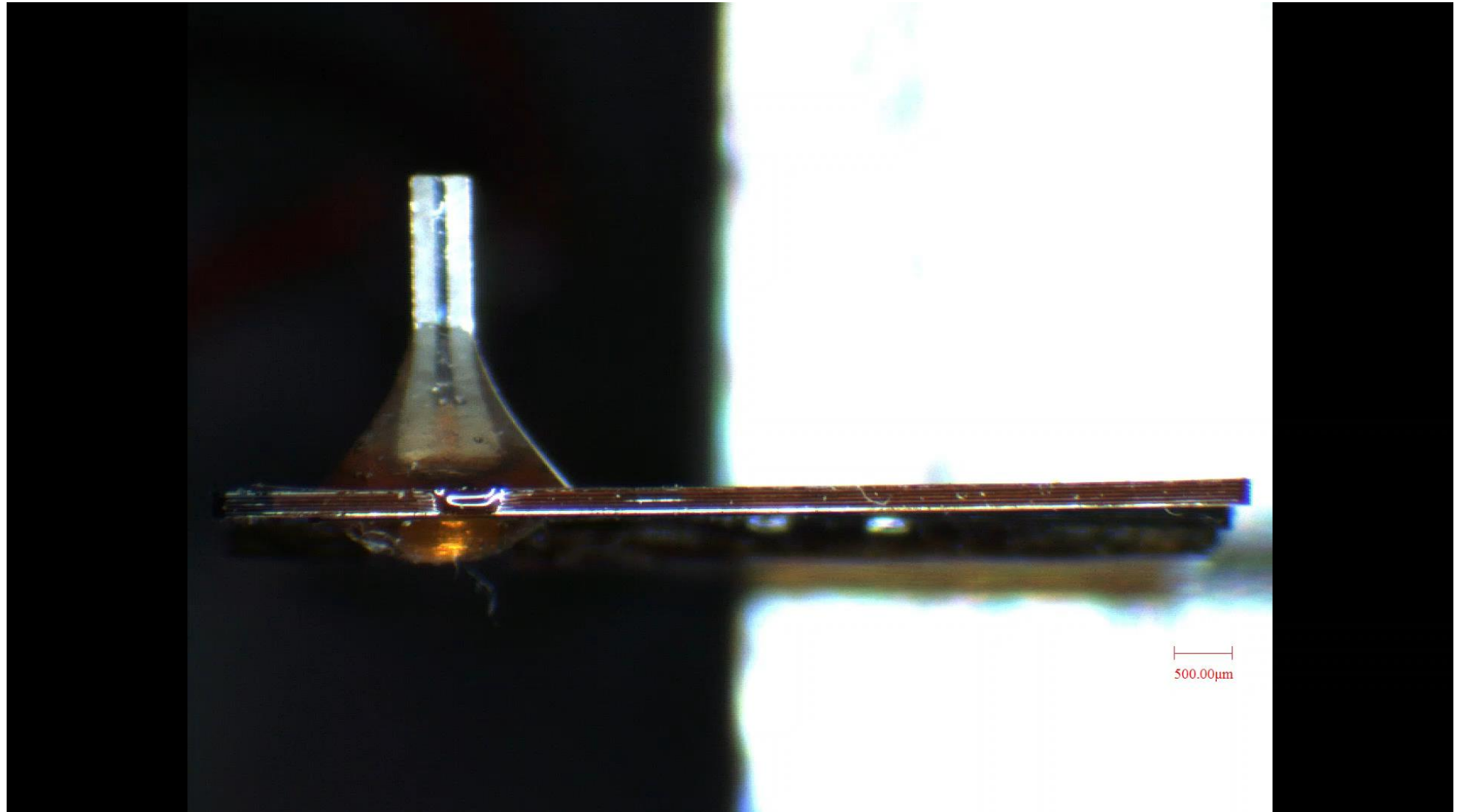


200 V 印加時



±200 Vによる
±100μmの変位
⇒
40° の羽ばたき角

実験結果(動画)



動画 : https://drive.google.com/file/d/1VtG_SF_2ELtMdYA1ufiWFknSXg6QyLD6/view?usp=sharing₁₂

想定される用途

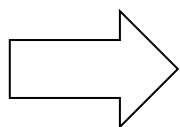
- 超小型ドローンの羽ばたき機構
- 超微小ロボットの関節
(従来のロボット関節用モータの代替)
- マイクロマニピュレータ
- 大きな角変位を伴って運動する微小機械応用
(1cm程度以下)全般

実用化に向けた課題

- 現在，準静的駆動が可能なところまで開発済み.
- 今後，約100Hzの高速駆動について試験を行う.
 - 計算力学シミュレーションまで終了
- また，実用化に向けて，歩留まりを大幅に向上できるエッチング技術を確立する必要がある.

企業への期待

- 本技術の導入⇒
- ロボットの超小型化
- 静的なMEMSから動的なMEMSへ



- ロボットやMEMSなどに関する企業との連携により、超小型ロボットや動的なMEMSなどへの応用展開を行いたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 羽ばたき機構
- 発明者 : 石原大輔
- 出願人 : 九州工業大学
- 出願番号 : 特願2016-177645
- 公開番号 : 特開2018-043537
- 登録番号 : 特許第6895153

本技術に関する論文

1. Ishihara, D., et al., Polymer Micromachined Transmission for Insect-Inspired Flapping Wing Nano Air Vehicles, *Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular System*, 176–179, 2020.
2. Rashmikant, Ishihara, D., et al., Improved Design of Polymer Micromachined Transmission for Flapping Wing Nano Air Vehicle, *Proceedings of the 16th Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems*, 1320–1325, 2021.
3. Rashmikant, Ishihara, D., et al., One-wing polymer micromachined transmission for insect-inspired flapping wing nano air vehicles, *Engineering Research Express*, in press.

お問い合わせ先

国立大学法人九州工業大学
オープンイノベーション推進機構 産学官連携本部
知的財産部門 コーディネーター
尾崎 正(オザキ タダシ)

TEL:093-884-3499

FAX:093-884-3531

e-mail:chizai@jimu.kyutech.ac.jp