

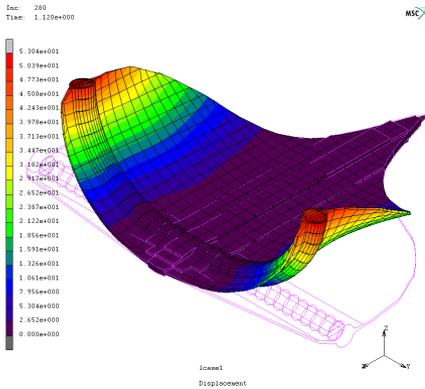
100°C以下の温度帯で 大変形する積層フィルム

岡山大学 学術研究院環境生命自然科学学域
助教 山口 大介

2024年7月23日

システム構成学研究室の分野

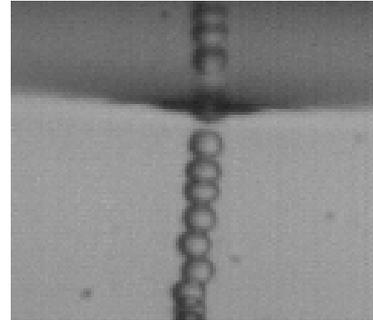
次世代センサ・アクチュエータに関する研究と、
今までにないロボット・メカトロシステムへの応用
ソフトメカニズム・ロボット、極限・特殊環境下システム、
医用デバイス、マイクロ流体デバイス等



各種解析ソフト



各種NC微細加工



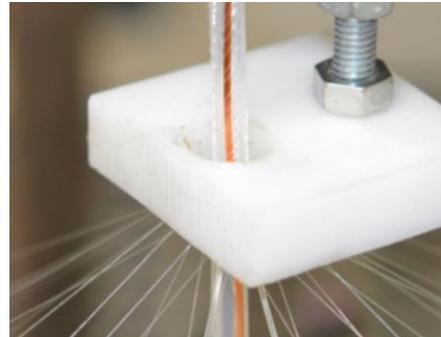
DDS用カプセル生成



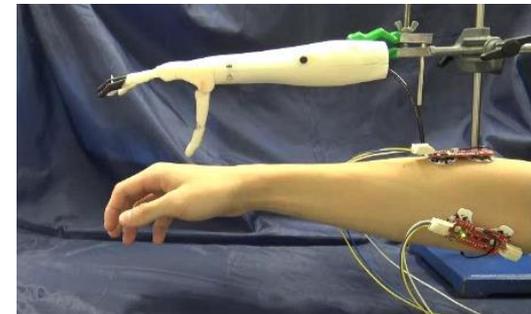
超音波モータ



クリーンルーム



人工筋肉編み機



小児用義手

極限環境(宇宙や放射線下, 極低温)において, 生き物のような柔らかいロボット

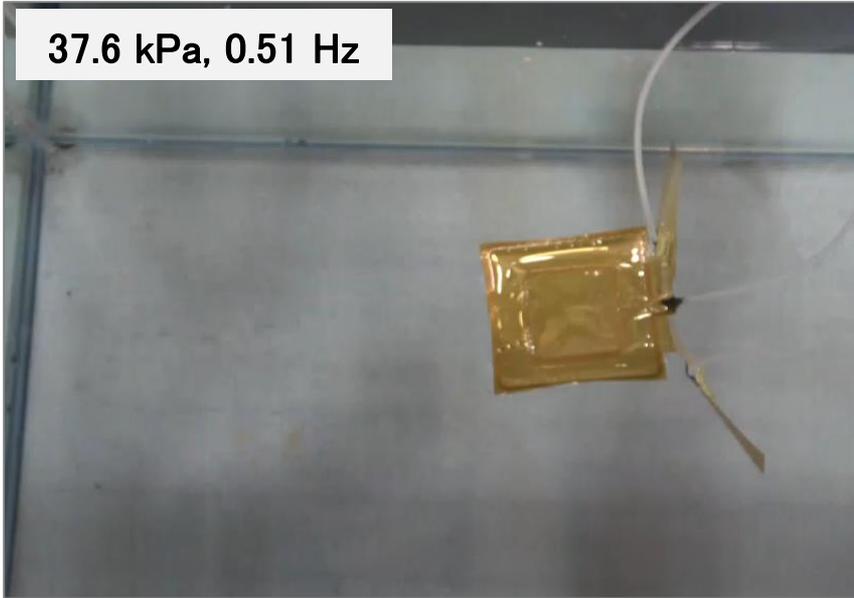
- 従来: 金属・セラミックス主体で硬い&重い
- ポリイミドのみで空気室を作ろう!



人に似た特性を
人が近づくことのできない環境へ



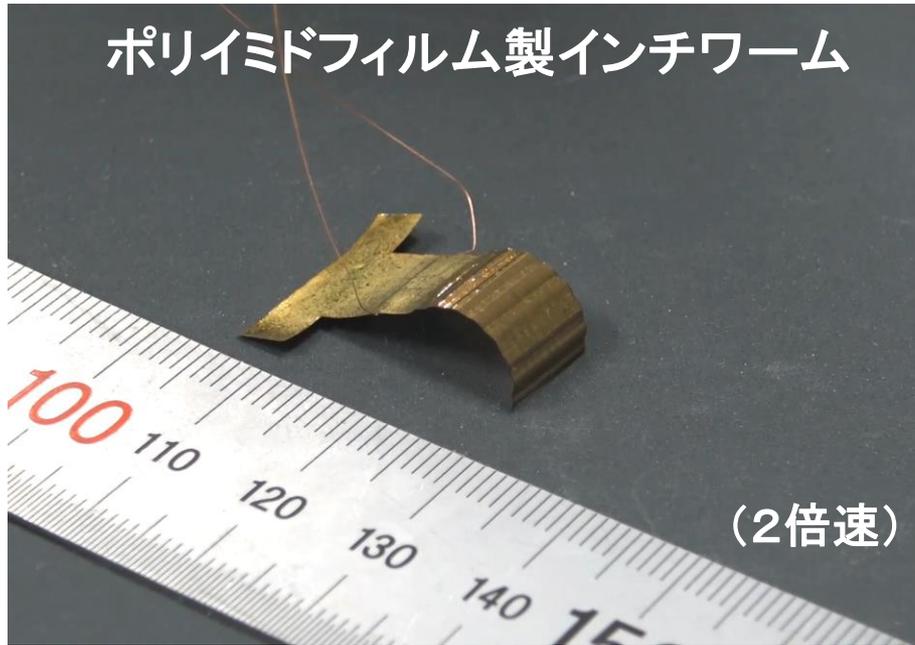
人のようにやわらかなアクチュエータとして
世界最低駆動温度(-195°C)



37.6 kPa, 0.51 Hz



等倍速



ポリイミドフィルム製インチワーム

(2倍速)

質量: 0.55 g (コネクタ除く)
厚さ: 50 μm (25 μm × 2)

工業的利用がはじまり約60年の スーパーエンジニアリングプラスチック 有名どころ：カプトン(デュポン社)

優れた特性

- 高機械的強度(軟鋼並)
- 高耐化学薬品性
 - 水質, 環境により劣化しづらい
- 高温から低温まで使用可能
 - $-269^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 程度
- 耐放射線・紫外線性が高い
 - 樹脂の中で最高クラス
 - 宇宙線下での長期運用実績
- 高電気絶縁性

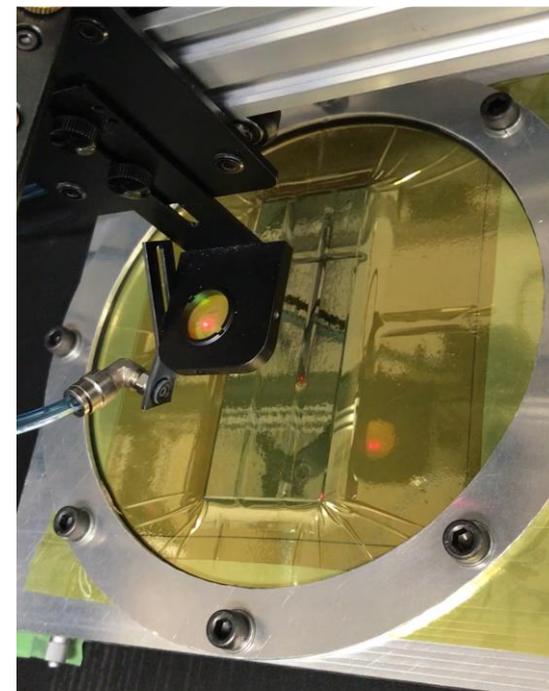
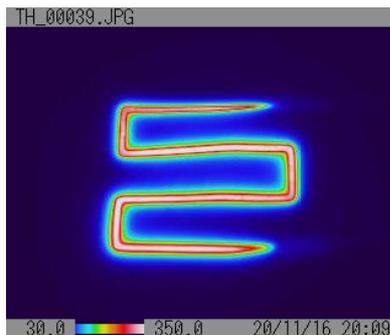
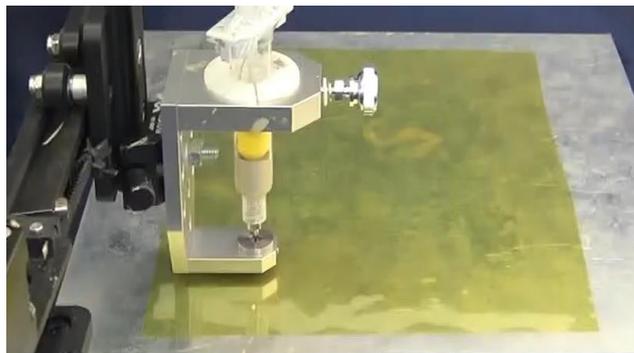
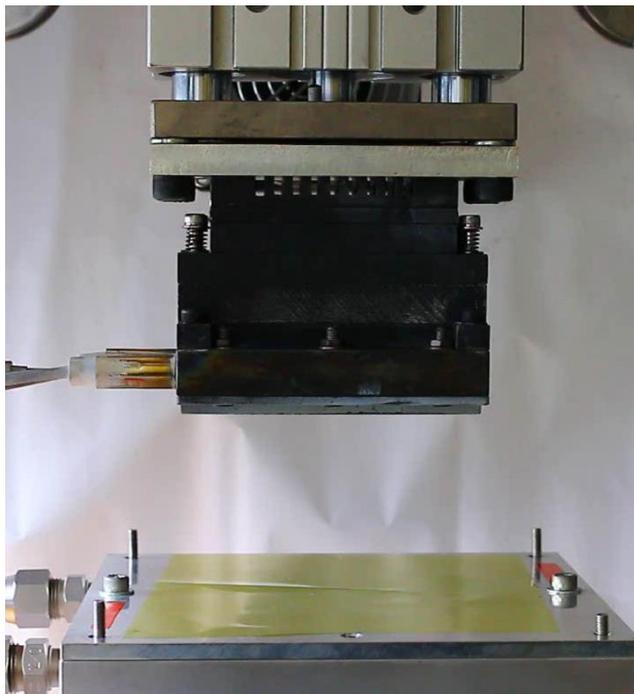
「融点が存在しない＝溶着不可」

【従来】

- 接着剤・ネジ等の利用
 - 質量の増加, 耐性の低下
- 表面処理後に溶着
 - 工程の増加, 大型化が困難
- 添加剤による可溶着化
 - 極限環境耐性の低下

ポリイミドフィルム溶着技術

- PIフィルム同士の
前処理・添加剤・接着剤フリー溶着に成功



① 加熱・加圧式

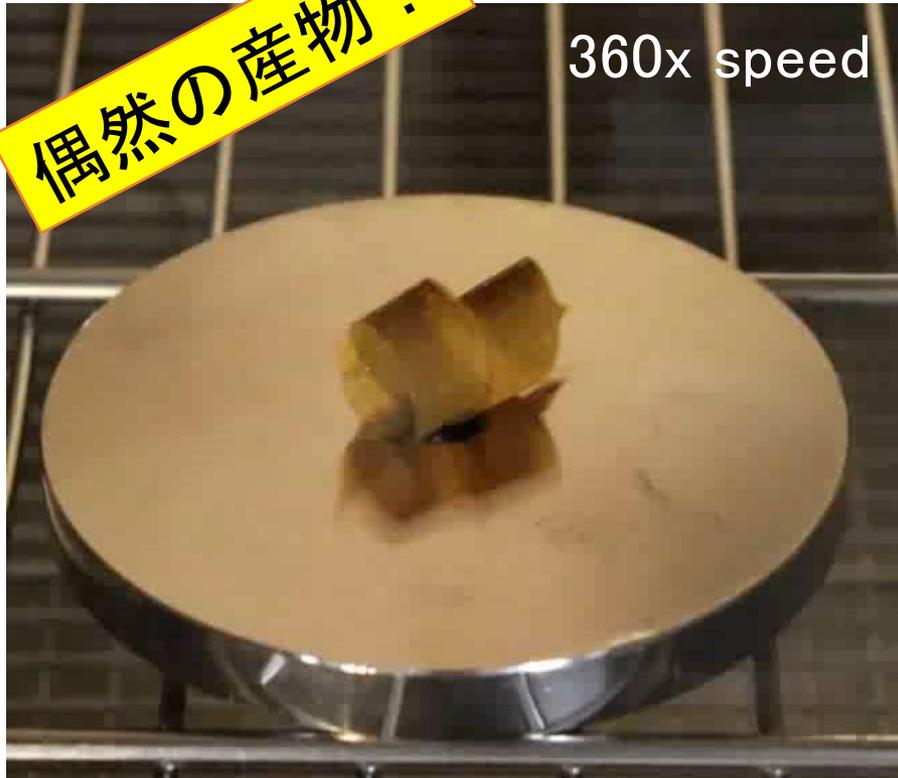
② 印刷製ユニット式(加熱加圧)

③ レーザ溶着式

国際特許出願番号:PCT/JP2022/043521

今回の技術の概要

偶然の産物！



厚さ50 μ m

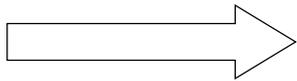
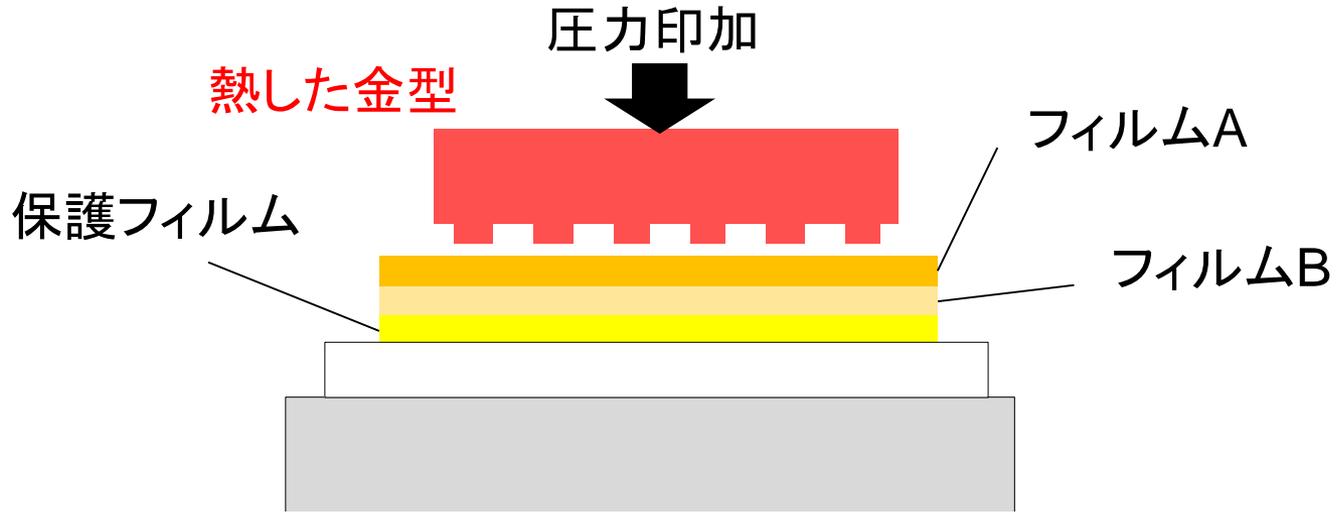


テクスチャの有無による変形の違い

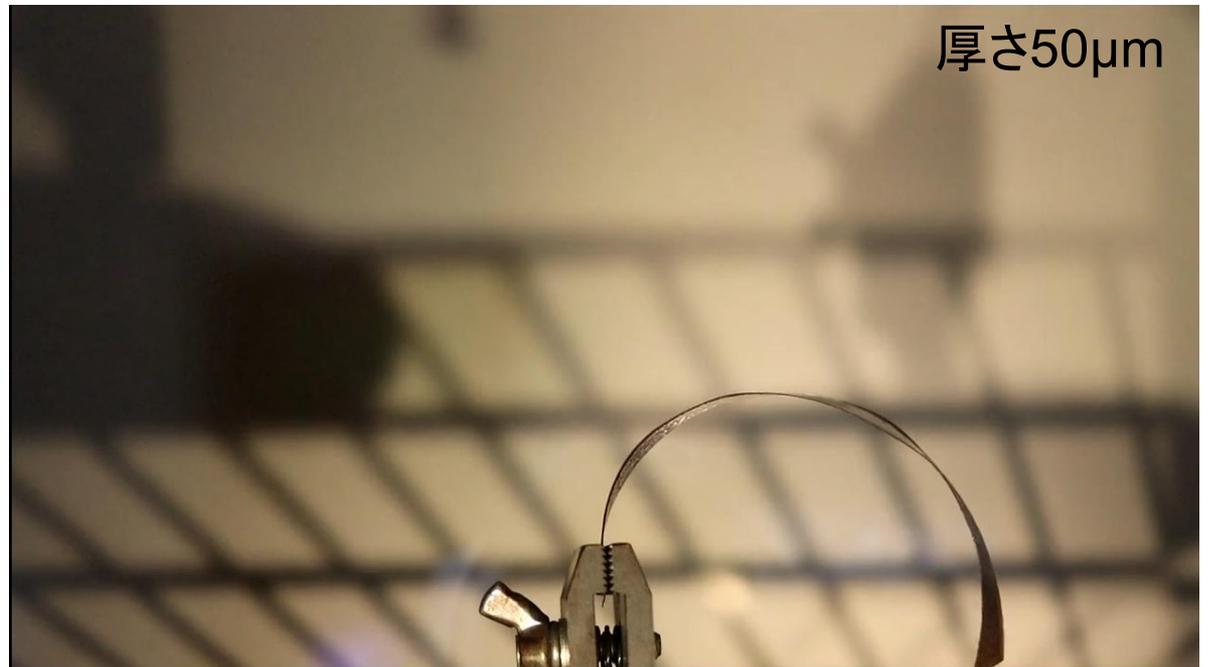
テクスチャのない積層体と比較して、
100倍以上の大変形 & 運動方向が逆転

熱入力に対して大きな機械的変形を生み出す
→ 熱エネルギーを機械的運動エネルギーに変換する要素技術

作製方法



溶着代削除
& 残留応力除去



テクスチャ形状によりフィルム形状・動きを変更することが可能



(a)ねじれ



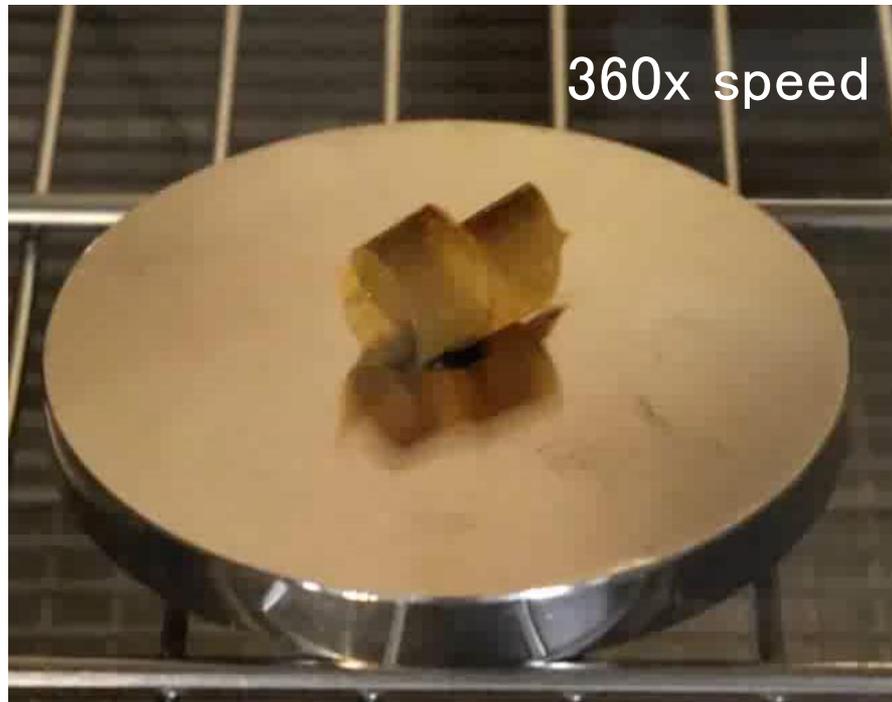
(b)カール(湾曲)



(c)ツイスト

本技術の特徴

- 大きな変形量と感温性を有する極薄フィルム
- 高い耐極限環境性, 機械的強度を持った変位拡大機構
→ ポリイミドの特徴
- フィルムの溶着時に工夫を施すだけで簡易に製造可能



従来研究との比較

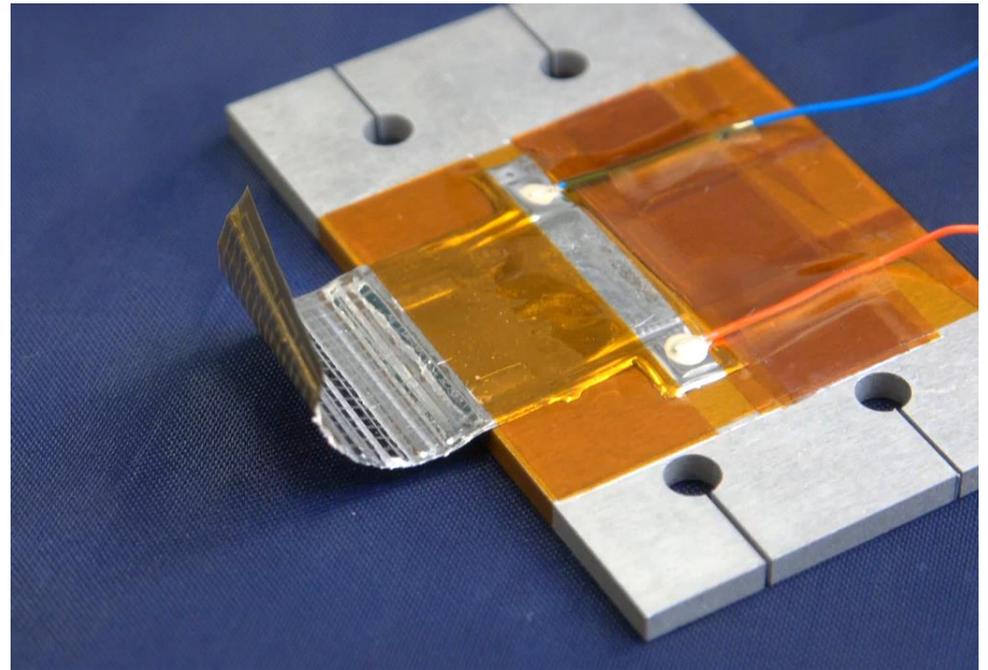
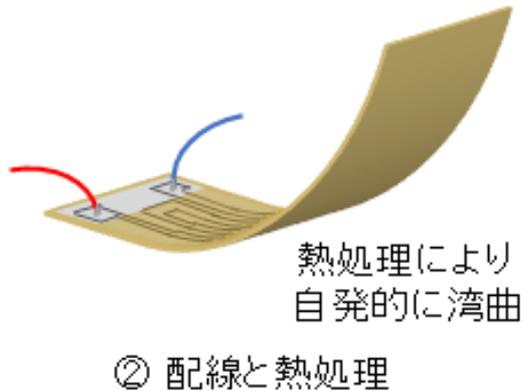
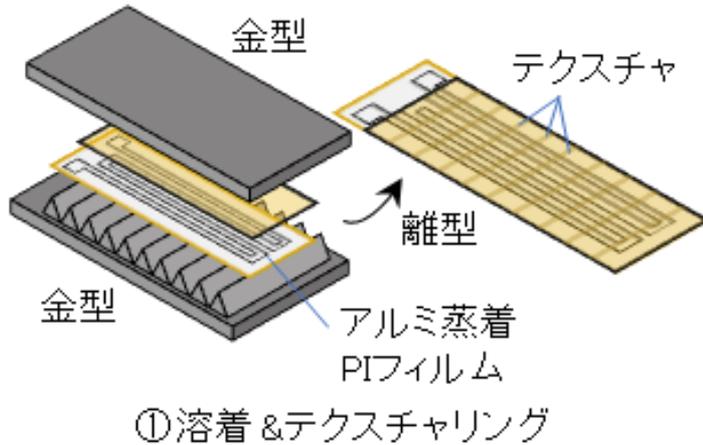
(熱エネルギーを機械的運動エネルギーに変換する要素技術)

	バイメタル	形状記憶合金 (SMA)	本研究
原理	熱膨張係数の差	相変化 (結晶構造の変化)	熱膨張係数の差 + 拡大効果
変形量	小	小	大
加工性	×	×	◎
材料の特殊性	△	×	◎
サイズ (理由)	小	大 変形用に バネ機構が必要	小
使用可能温度域	広い	限定的	広い
変形形状の制御	材料の組み合わせ と形状	形状記憶効果と バイアスカ	テクスチャ形状

用途に応じて、バイメタル, SMAの互換を目指す

想定される用途1

抵抗加熱を利用した小型駆動源 マイクロ～センチメートルオーダーのアクチュエータ



通電加熱で変形するアクチュエータ

約70°Cにて駆動

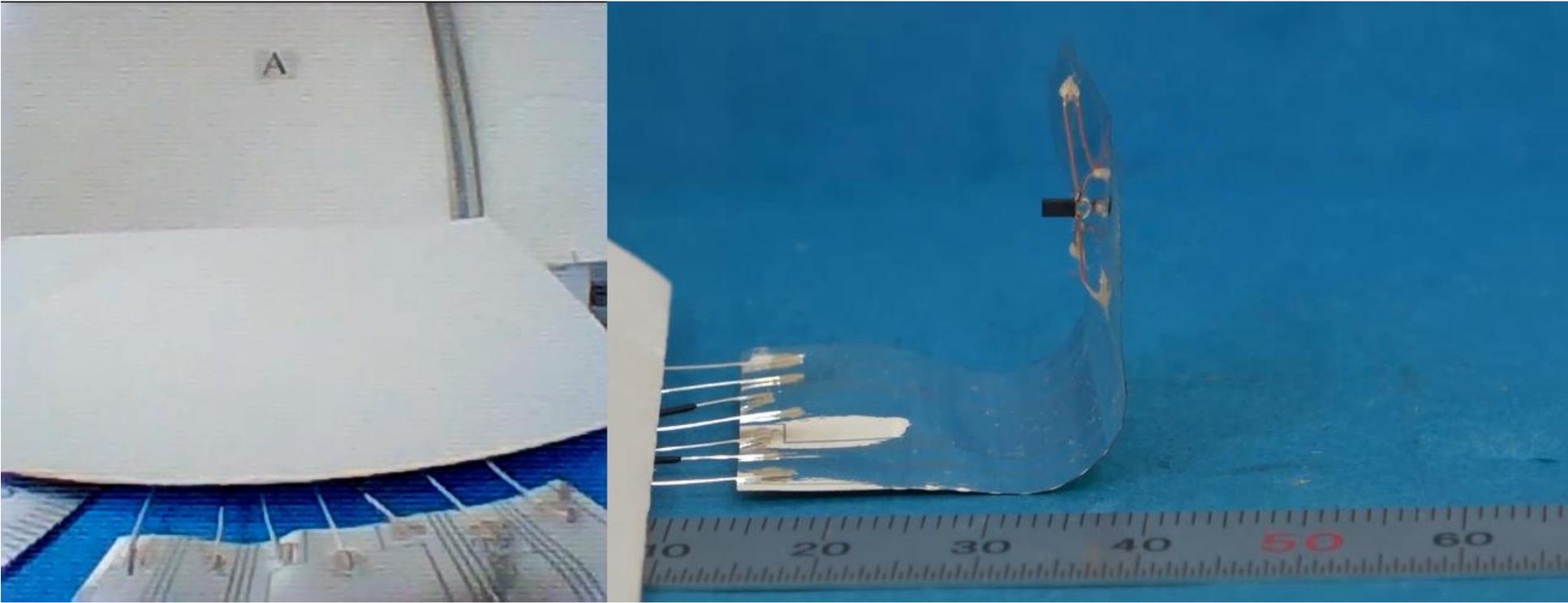
厚さ50 μ m

ポリイミドフィルム製インチワーム



(2倍速)

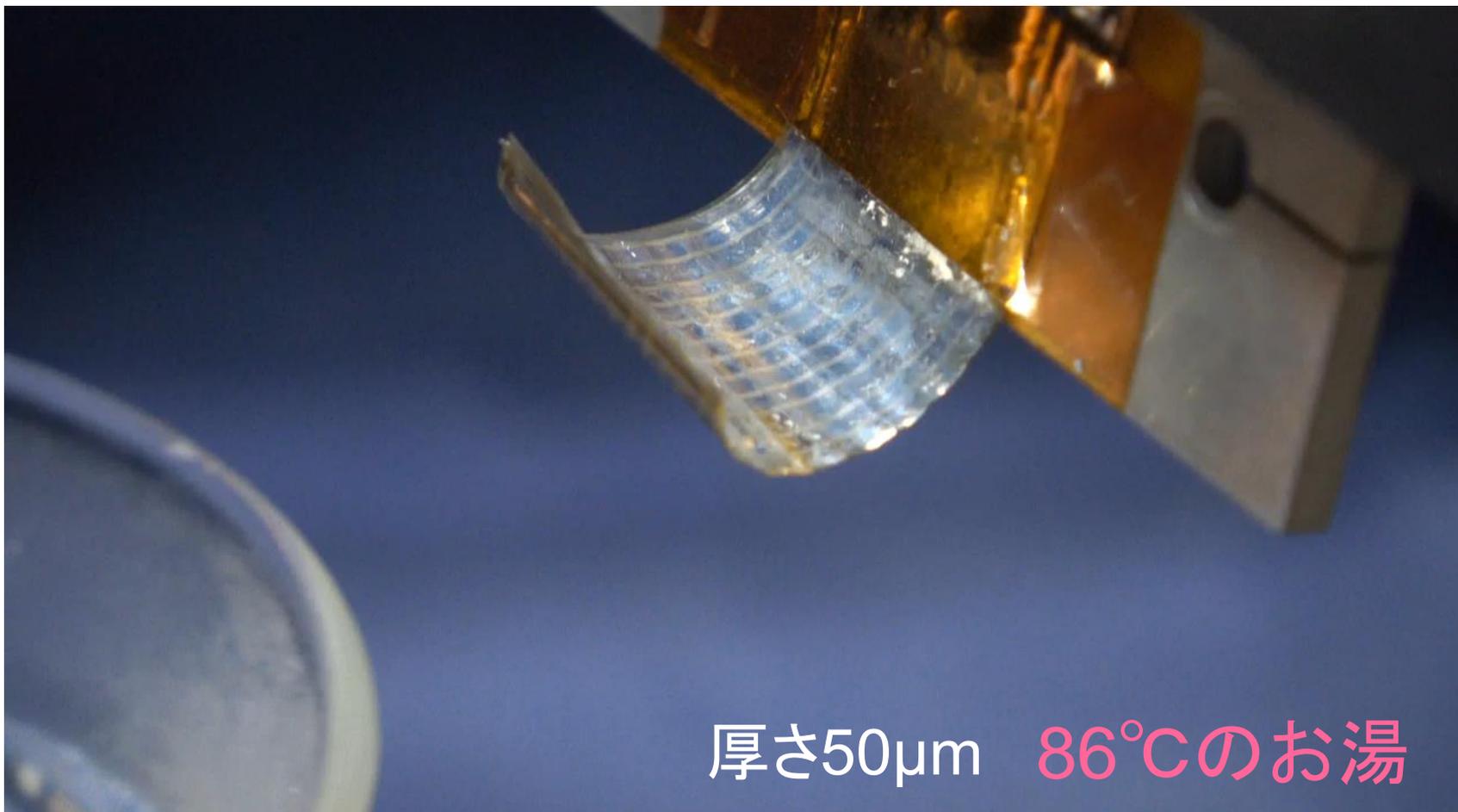
岡山大学 山口大介



厚さ50 μ m

想定される用途2

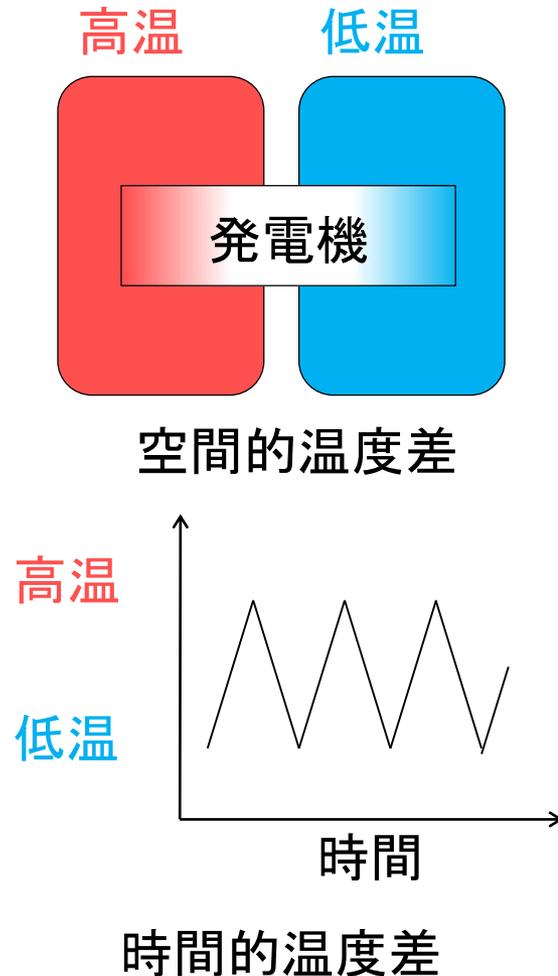
- 温度変化を敏感に感知する温度センサ
→ 温度のゆらぎにも反応



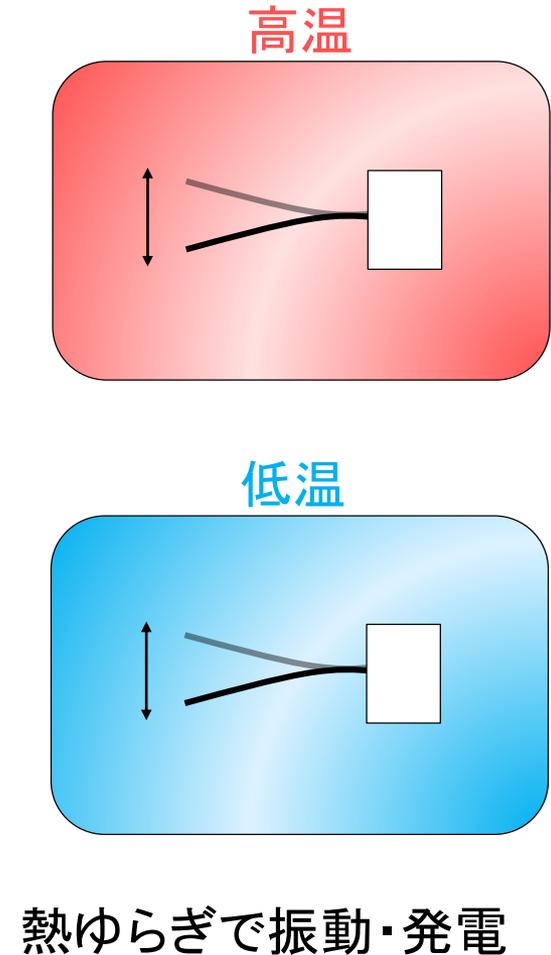
想定される用途2

- 廃熱や地表の微小な温度のゆらぎを利用した発電機

従来

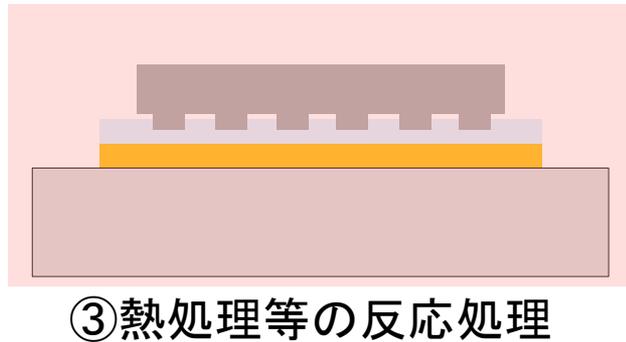
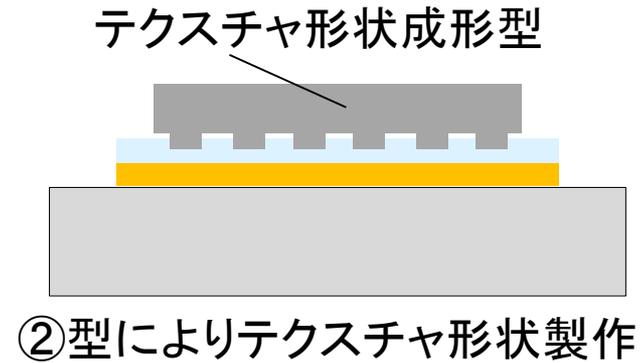
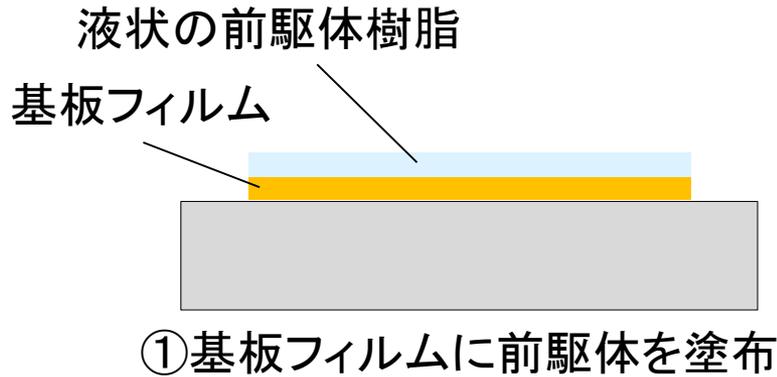


本研究



想定される用途3

- MEMS等，半導体製造プロセスへの導入
 - ポリイミドは半導体製造プロセスと相性が良い



- スマートフォンカメラのオートフォーカス機構
- MEMS小型センサ

- 詳細な原理・理論式の導出
 - 設計理論の確立
- デバイス化技術 & 用途・市場調査
 - 現状, 各要素研究段階

企業への期待

- 本技術を利用したアイデアを募集
- 試作品の提供や共同研究
- 大量生産に向けた製造プロセス開発

- 発明の名称

ポリイミドフィルムを用いた積層体、
その製造方法及びその用途

- 発明者

山口 大介, 田中 佑太郎, 佐藤 主尚

- 出願人

国立大学法人 岡山大学

- 出願番号(国内特許出願番号)

特願2023-181691 号

関連予算

- 2021年～2023年

NEDO 若手研究者産学連携プラットフォームに採択



<https://wakasapo.nedo.go.jp/seeds/seeds-2031/>

- 2023年～

JST大学発新産業創出基金事業(可能性検証)に採択

2024年 7月24～26日

TECHNO-FRONTIER2024にて実機を展示

ブース番号: 1A-01-14

「岡山大学 システム構成学研究室」

岡山大学

研究・イノベーション共創機構

知的財産本部

Tel : 086-251-8417

e-mail : chizai@okayama-u.ac.jp

URL : <https://www.orzd.okayama-u.ac.jp/>