

国立大学法人 東京大学大学院工学系研究科

記者発表会

平成27年11月9日



# プリンタブルなフレキシブル体温計の 開発に成功

～ 薄くて、軽く、生体組織に直接貼り付け可能 ～

横田 知之(東京大学大学院工学系研究科特任助教)

染谷隆夫(東京大学大学院工学系研究科教授)

# 記者発表会の内容

---

研究成果は、米国「アメリカ科学アカデミー紀要」誌オンライン速報版にて

2015年11月9日(米国時間)

に出版されます。

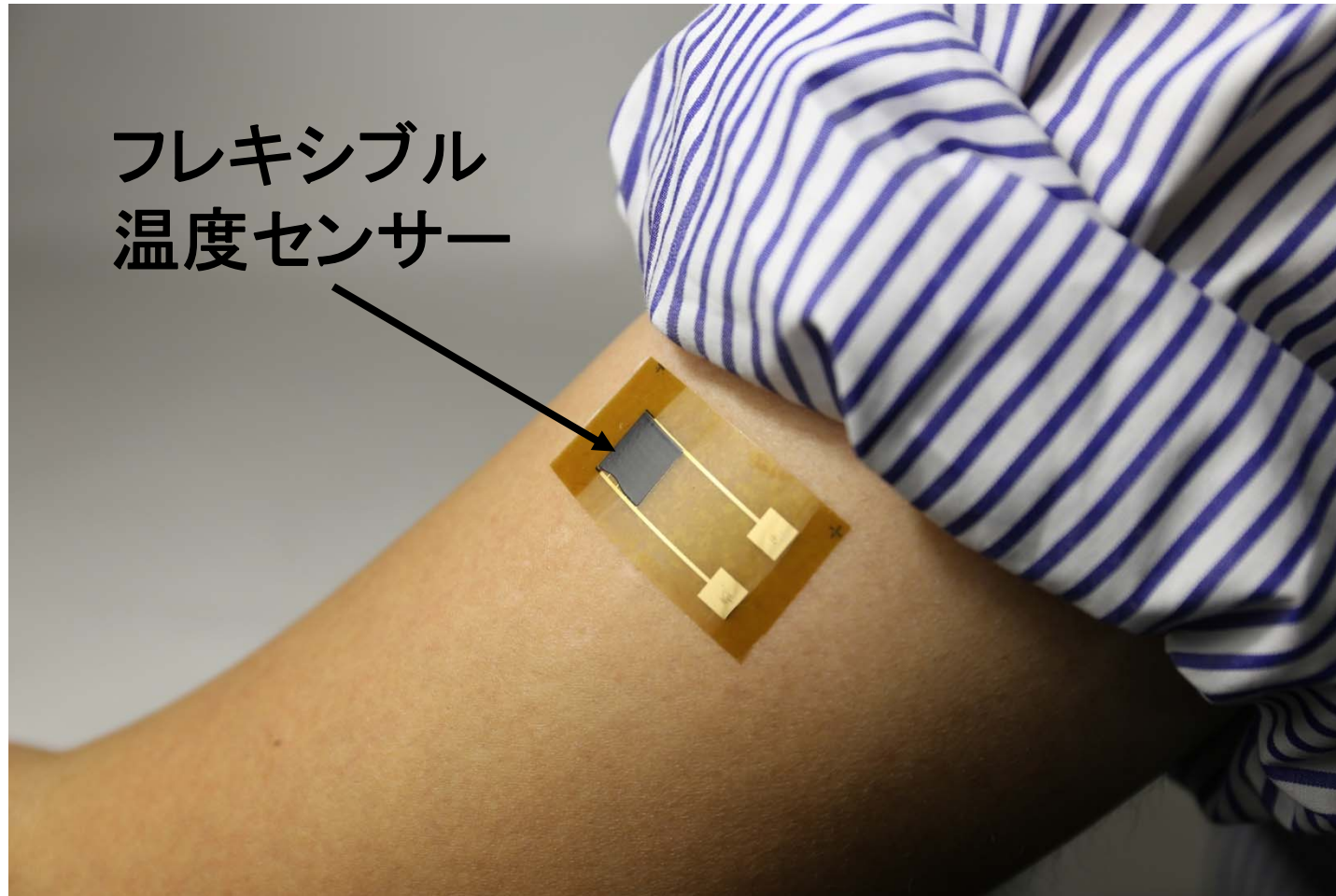
- (1) フレキシブル体温計の概要
- (2) 研究開発の背景・意義・展望
- (3) 質疑応答

会見終了後、デバイスのデモと写真撮影の時間を設けます。

# 概要

- 東京大学大学院工学系研究科の横田知之特任助教、染谷隆夫教授らの研究グループは、薄くてしなやかなプラスチック製の温度計を印刷プロセスによって作製し、生体組織に貼り付けて表面温度の分布を測定することに成功しました。
- この温度センサーを使って、ダイナミックに呼吸運動をしているラットの肺の表面温度を計測し、呼吸の呼気と吸気における肺の温度差が非常に小さい(約0.1°C)ことを世界で初めて実測し、恒温動物が高精度に体温を一定に保っていることを示しました。
- 今回の研究で、皮膚を含む生体組織に直接貼り付けて表面温度の分布を大面積で簡単に精度よく計測する技術が実現されました。今後、赤ちゃんの体温をモニターするなどヘルスケア、医療、福祉など多方面への応用が期待されます。

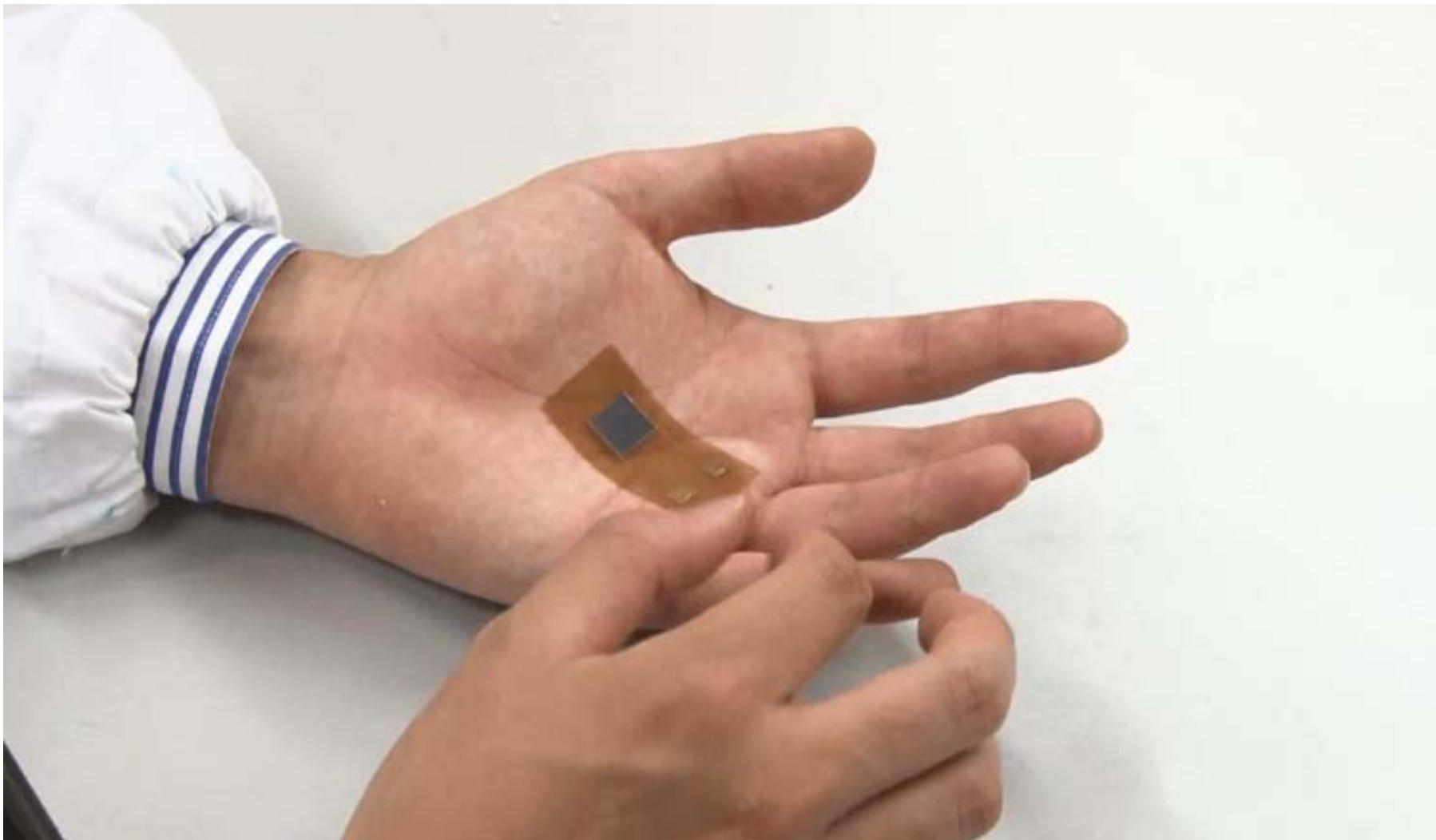
# 印刷法によるフレキシブル温度センサー



- ✓ プリントابل ➡ 省資源(低コスト)、大面積が容易
- ✓ フレキシブル ➡ 生体表面や曲面に貼り付け可能

# プリンタブルなフレキシブル体温計

---



# フレキシブル温度センサーの概要

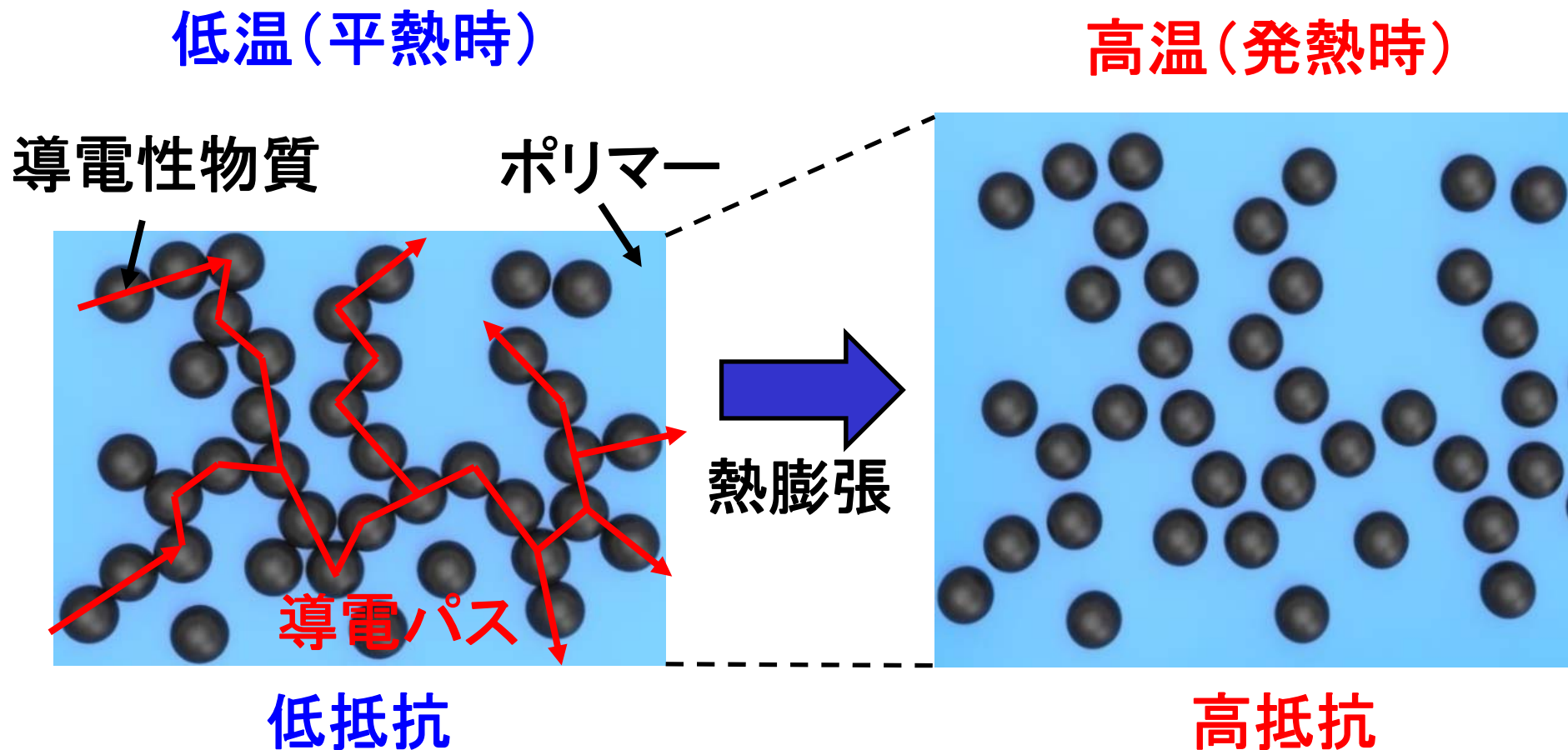
---

## 性能仕様と特徴

- **プリンタブル** (印刷プロセスで製造)
- **応答温度** : 25°C ~ 50°C (体温範囲を網羅)
- **応答速度** : 100ミリ秒以下
- 5°Cの温度変化で大きな抵抗変化 (5~6桁)
- 使用回数 (耐久性) : 1,000回以上

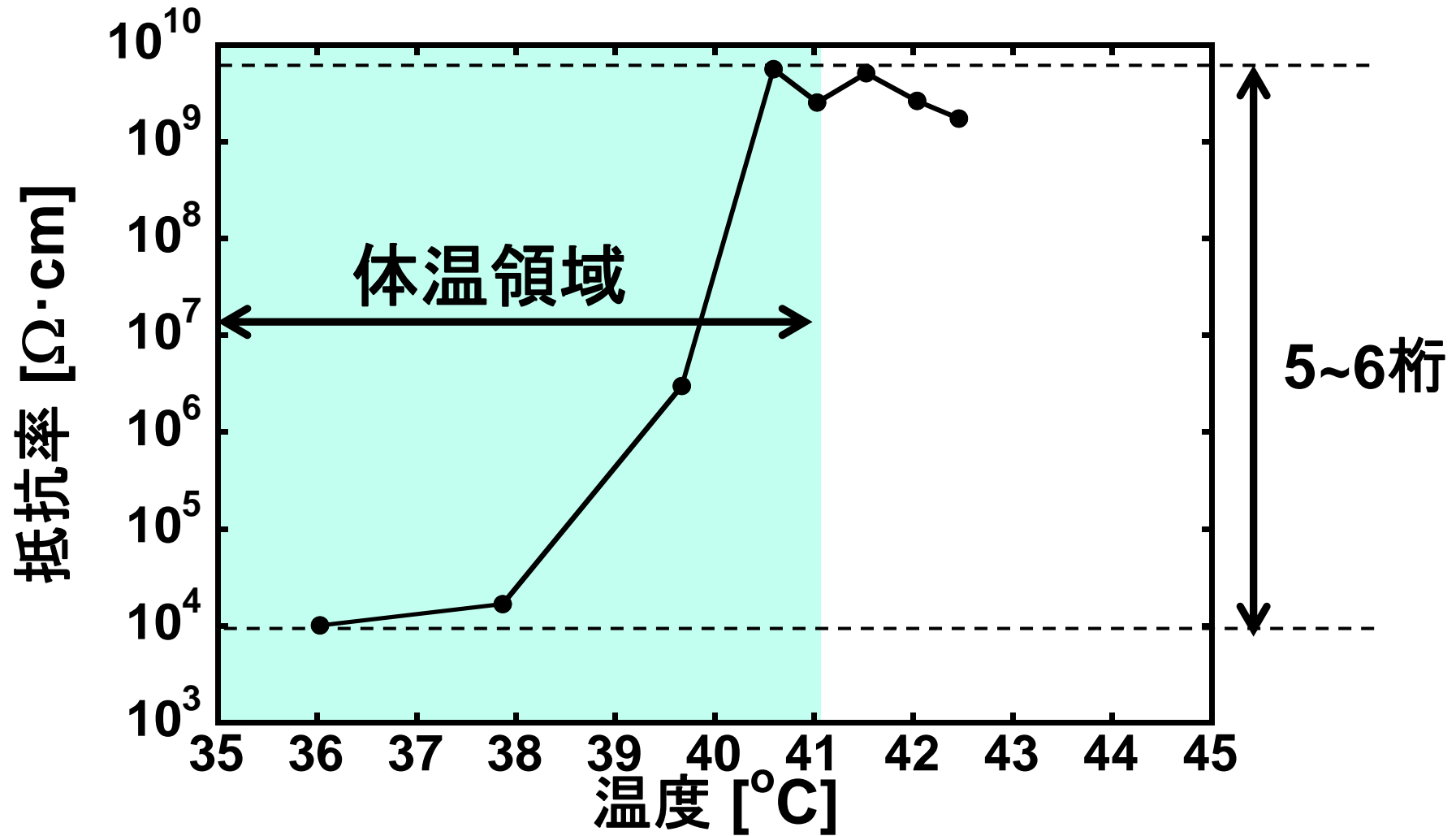
# フレキシブル体温計の原理

ポリマーPTC\* (正温度係数): 熱膨張で抵抗が上昇



\* PTC : Positive Temperature Coefficient

# 温度センサーの抵抗変化



5 $^{\circ}\text{C}$ の温度変化で大きな抵抗変化(5~6桁)



# フレキシブル温度センサーの実証実験

## (1) 大面積で多点の計測

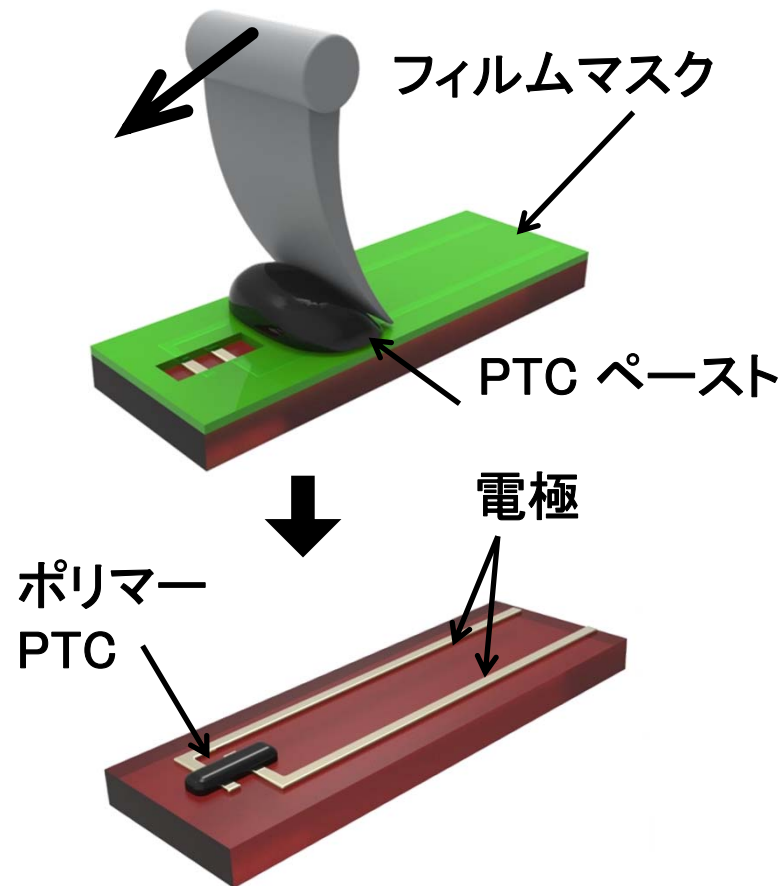
- 有機トランジスターアクティブマトリックスと組み合わせることで、大面積で温度分布(多点)を計測

## (2) 生理的環境での計測

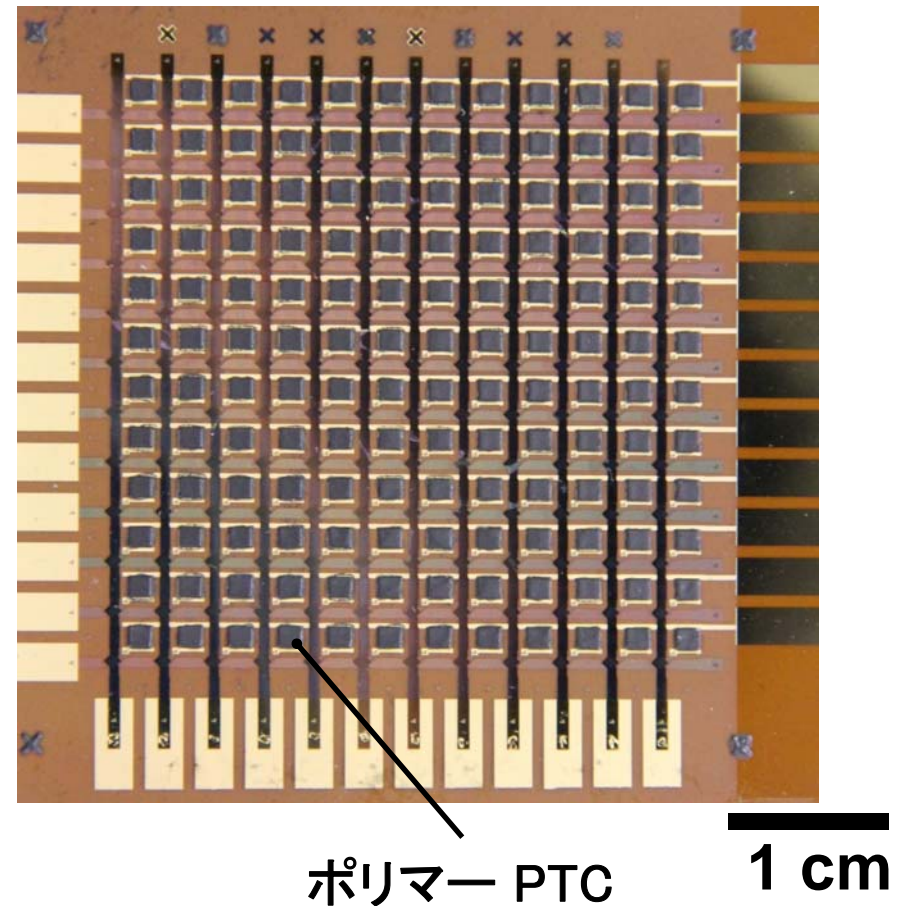
- ラットの肺に貼り付けることで、呼吸による肺の温度変化を計測。
- センサーはフレキシブルなため、ダイナミックに運動する肺と干渉せずに温度を計測。

# 多点(12×12点)温度センサーの作製

印刷プロセス



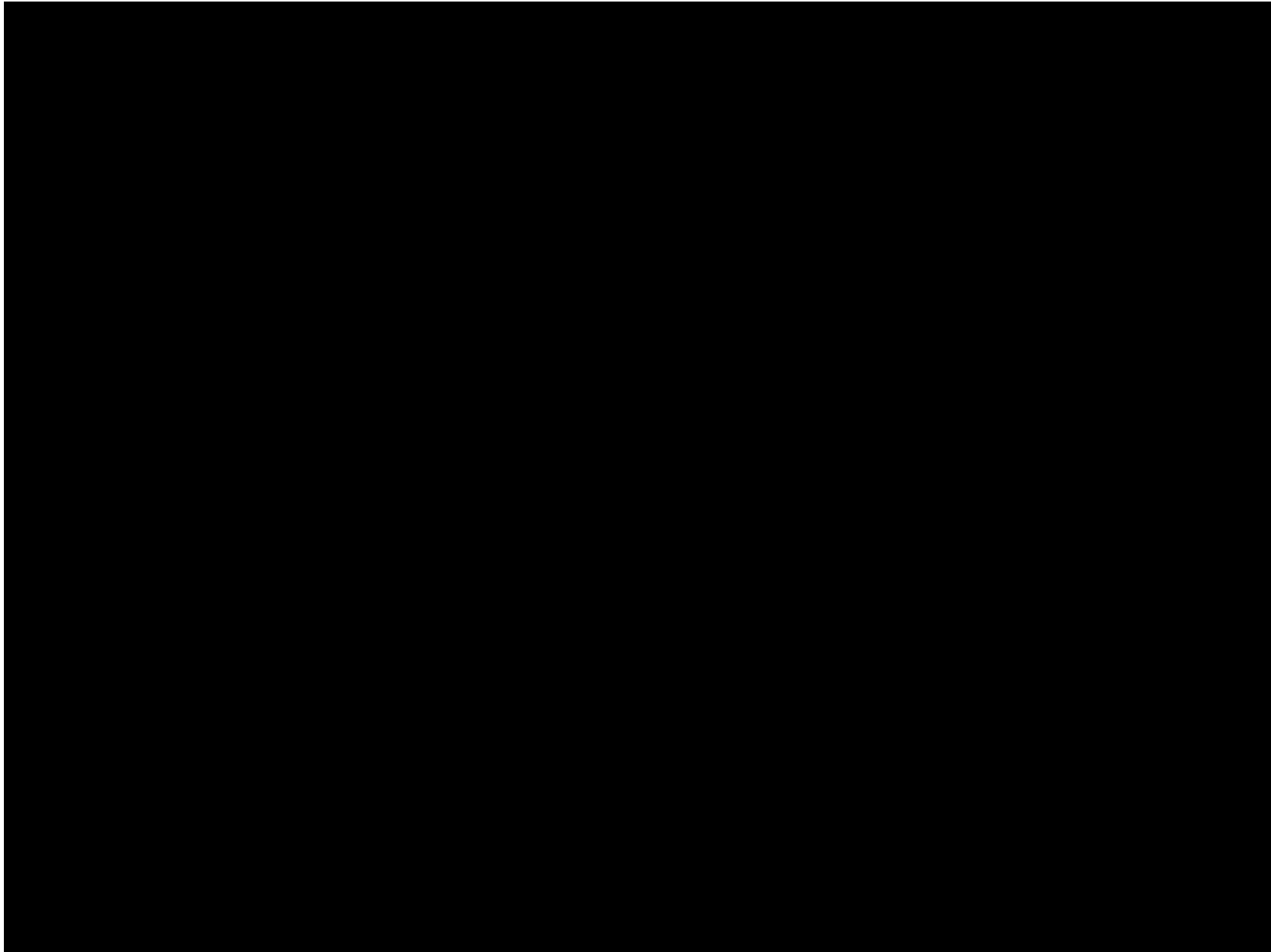
センサー数: 144点(12×12)



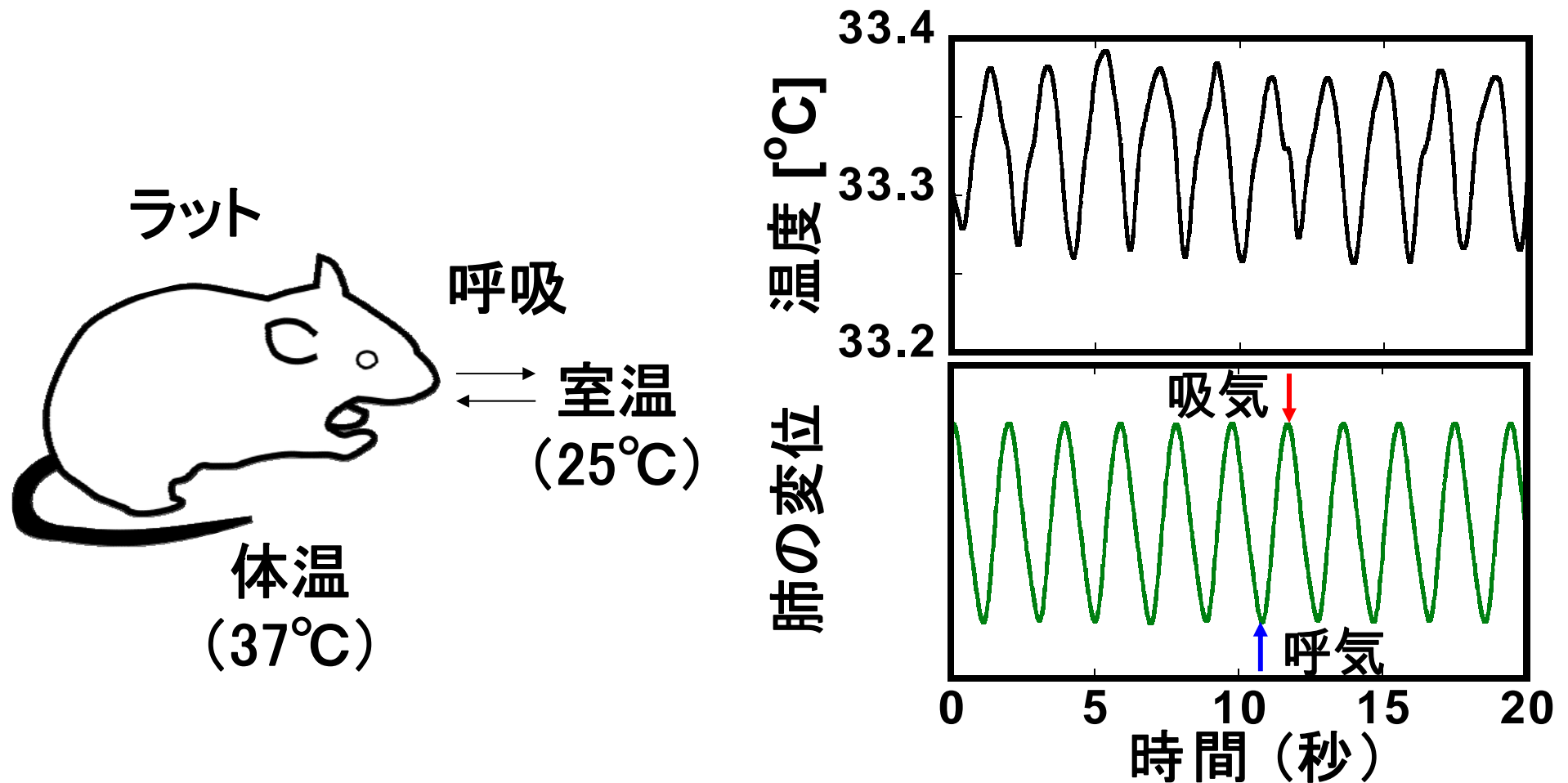
印刷プロセスによって、多数のセンサーを一括形成

# 多点温度センサーの動作デモ(動画)

---

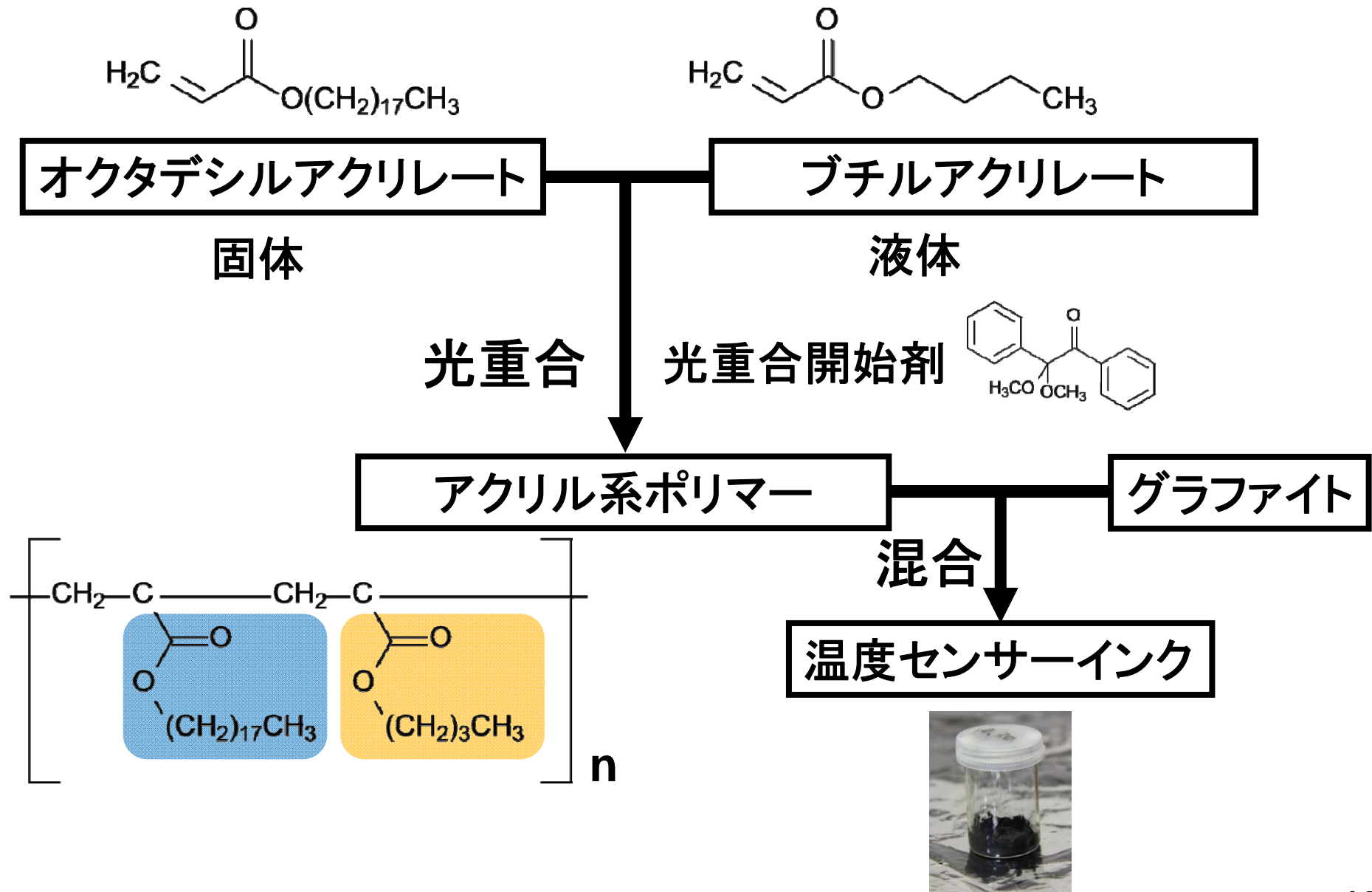


# 生理的環境での温度計測

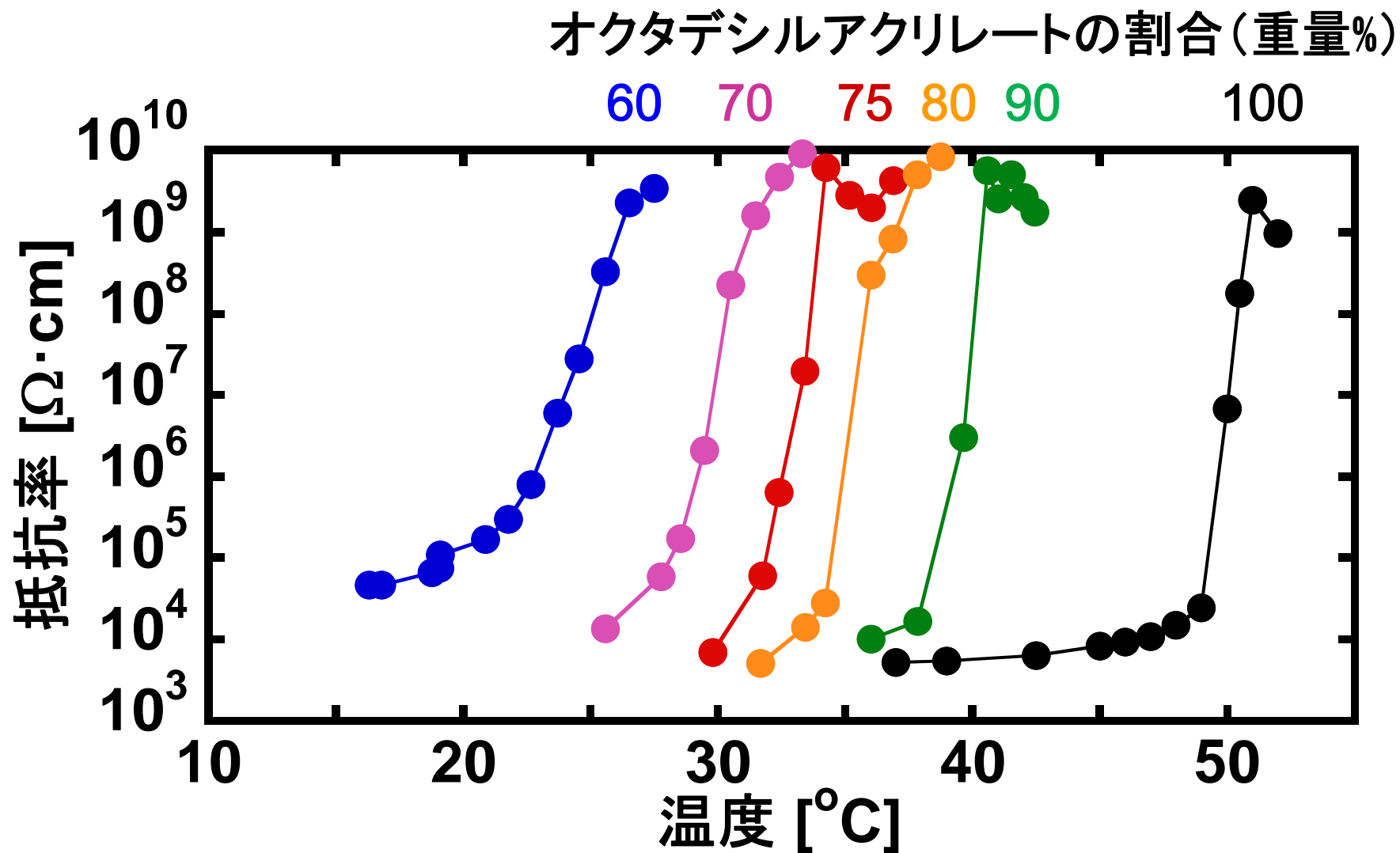


呼吸におけるラットの肺の温度差(0.1°C)を実測  
→ 恒温動物が高精度に体温を一定に保つ

# 温度センサーインクの作製方法

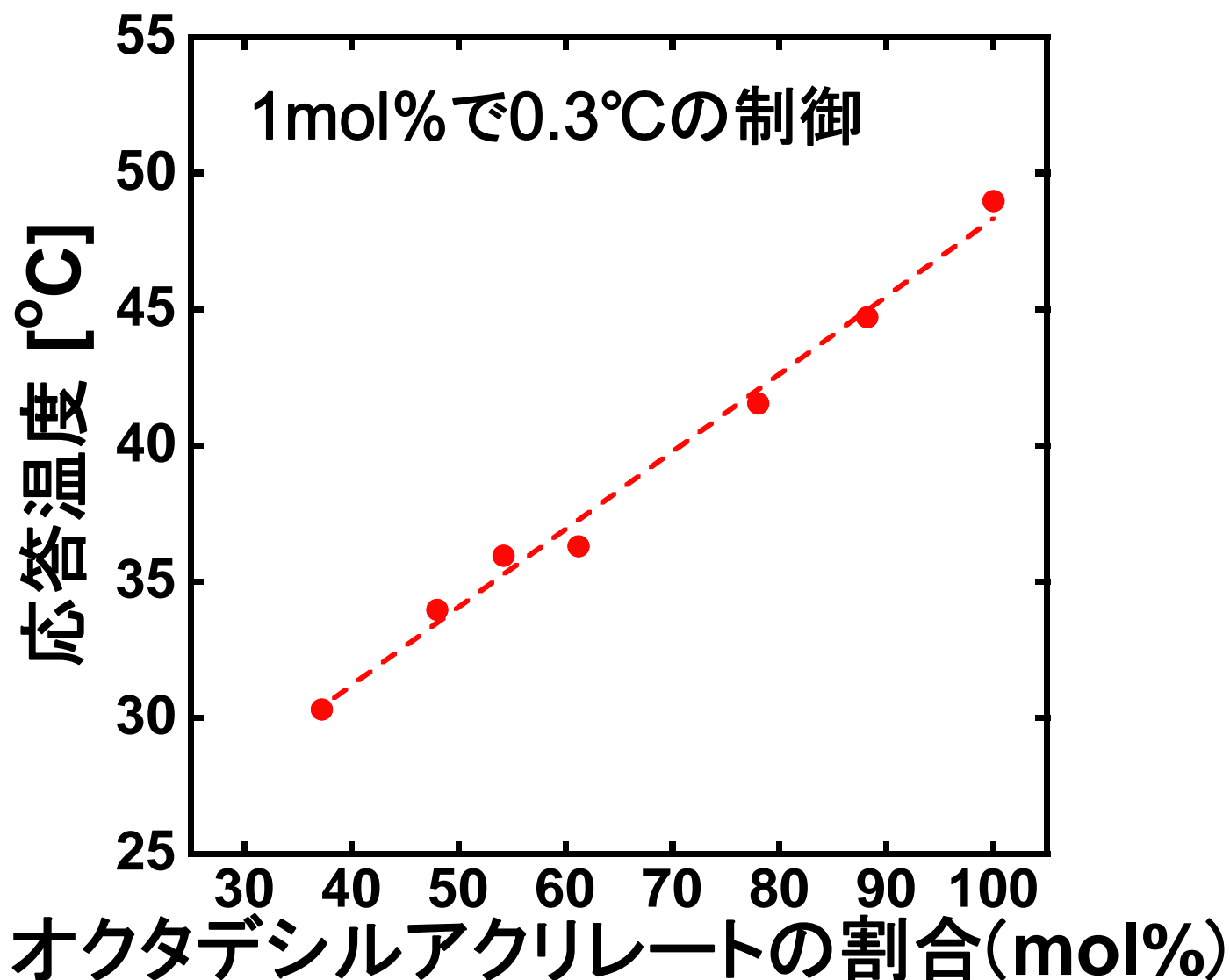


# 応答温度の制御性



ポリマーの合成比を変えることで、応答温度を精密に調整

# 決め手は、重合比による応答温度の制御



モノマーの重合比によって応答温度を精密に制御

---

# 研究の背景・意義・展望



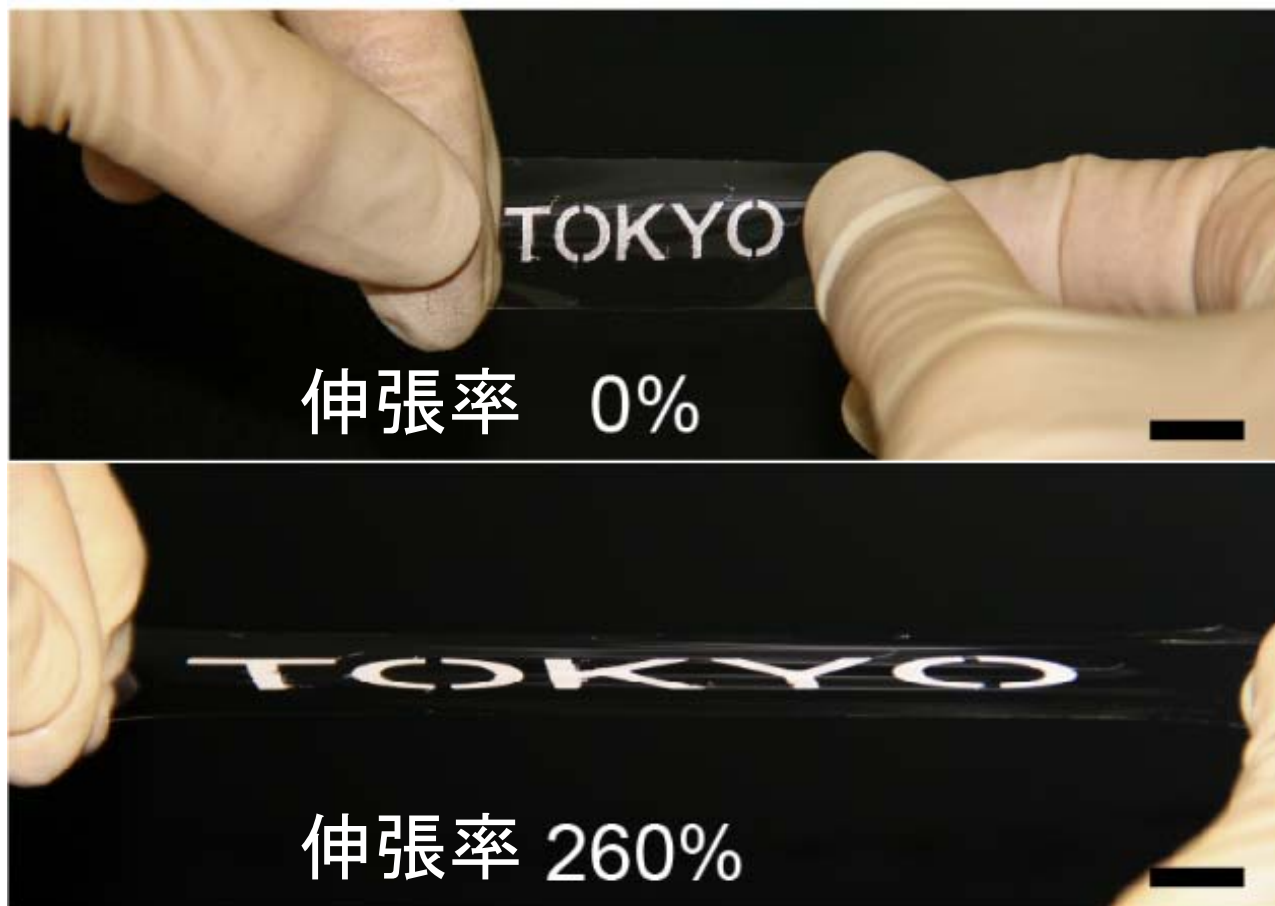
# プリントドエレクトロニクス

---

- プリントドエレクトロニクスは、印刷プロセスを利用して電子部品を製造する技術で、太陽電池、ディスプレイ、プリント基板などへの応用が進む。
- 材料の使用効率が高く、真空装置を利用しないため、省資源化、低コスト化、生産性に優れる次世代の製造手法として期待される。
- ウェアラブル・センサーの多機能化が進み、体温計をはじめセンサーを印刷プロセスで製造する技術が重要性を増している。

# 研究チームのこれまでの開発経緯

プリンタブルセンサーやそのインクを開発  
最近では、布地にプリントできる伸縮性導体を発表



2015年6月25日に論文発表 (Nature Communications)

# フレキシブル温度センサーの性能比較

- 測温抵抗体や熱電対は、読み出しに複雑な回路が必要であるため、多点計測の際の読み出し方法が課題となっていた。
- 体温付近で、感度が高く、複雑な読み出し回路を必要としない温度センサーの開発が待ち望まれていた。

	感度(体温付近)	変化量	検出方法
測温抵抗体	良い	小さい	抵抗変化型
熱電対	良い	小さい	電圧変化型
サーミスタ	悪い	大きい	抵抗変化型
有機ダイオード	悪い	小さい	抵抗変化型
ポリマーPTC	悪い(従来)	大きい	抵抗変化型

# 従来のポリマーPTCの先行事例と課題

材料	ポリエチレン <sup>[1]</sup>	PEG <sup>[2]</sup>	ポリエステル <sup>[3]</sup>	本研究
厚さ	0.2 mm	1 mm	-	0.015 mm
抵抗比	$10^5$	$10^7$	$10^3$	$10^6$
再現性	-	100 回	-	1800回
印刷性	-	-	✓	✓
反応温度	130 °C	40 °C	80 °C	25 ~ 50°C

[1] X. J. He, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **86**, 062112 (2005).

[3] 近藤清, 他2名, 日本国特許第3312600号 (1998).

[2] J. Jeon, et al., *Adv. Mater.*, **25**, 850 (2013).

## 従来の課題

- 応答温度の低温化 (体温付近)
- 使用回数の上昇 (1000回以上)
- 薄膜化
- 印刷性の有無

# 今後の展望

皮膚を含む生体組織に直接貼り付けて表面の温度分布を大面積で簡単に精度よく計測する技術の応用例



絆創膏のように貼り  
赤ちゃんの体温を  
やさしく見守る

手術後に患部に貼り  
炎症による発熱など  
異常をモニター



服の中の体温分布を計測し  
快適なウェアをデザイン

# 実用化への課題

---

## 1. 使用回数の上昇

解決策: ポリマー架橋での構造安定化

## 2. 温度センサーの抵抗率の低減

解決策: 高い導電性材料(金属)の混合

# 論文発表

研究成果は、「アメリカ科学アカデミー紀要 (PNAS) Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America」(オンライン版)にて2015年11月9日に出版されます。

## タイトル

“Ultraflexible, large-area, physiological temperature sensors for multipoint measurements”

(多点計測のための超薄型大面積生理温度センサー)

## 著者

Tomoyuki Yokota, Yusuke Inoue, Yuki Terakawa, Jonathan Reeder, Martin Kaltenbrunner, Taylor Ware, Kejia Yang, Kunihiro Mabuchi, Tomohiro Murakawa, Masaki Sekino, Walter Voit, Tsuyoshi Sekitani, and Takao Someya

doi: 10.1073/pnas.1515650112

# 研究助成

---

本研究は、以下の研究成果です。

国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST)  
戦略的創造研究推進事業 (ERATO)

研究領域名

「染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト」



# まとめ

---

- ポリマーPTCを利用して、薄くてしなやかな体温計を印刷プロセスによって作製した。
- 生体組織に直接貼り付けて表面温度の分布を測定し、高感度(0.02°C)と高速応答(100ミリ秒)を実証した。
- 皮膚を含む生体組織に直接貼り付けて体温が簡単に精度よく計測できるようになり、今後ヘルスケア、医療など多方面への応用が期待される。

# 本件に関する問い合わせ先

---

**染谷隆夫**

**東京大学大学院工学系研究科**

**電気系工学専攻 教授**

**TEL 03-5841-0411, 6756**

**FAX 03-5841-6709**

**someya@ee.t.u-tokyo.ac.jp**

**横田知之**

**東京大学大学院工学系研究科**

**電気系工学専攻 特任助教**

**TEL 03-5841-0413**

**FAX 03-5841-6709**

**yokota@ntech.t.u-tokyo.ac.jp**