

印刷できるフレキシブル温度センサー、 及び、伸縮性導電体インク

東京大学 工学系研究科 電気系工学専攻
特任研究員 酒井 真理

本日の紹介技術

- プリンタブルなフレキシブル温度センサー/
体温計
~ 薄くて、軽く、生体組織に直接貼り付け可能 ~
- 布地にプリントできる世界最高導電率の
伸縮性導体
~ プリントするだけで、スポーツウェアが
筋電センサーに早変わり ~

本日の紹介技術

- プリンタブルなフレキシブル温度センサー/
体温計

～ 薄くて、軽く、生体組織に直接貼り付け可能 ～

プレス発表：平成27年11月9日

- 布地にプリントできる世界最高導電率の
伸縮性導体

～ プリントするだけで、スポーツウェアが
筋電センサーに早変わり ～

従来技術とその問題点

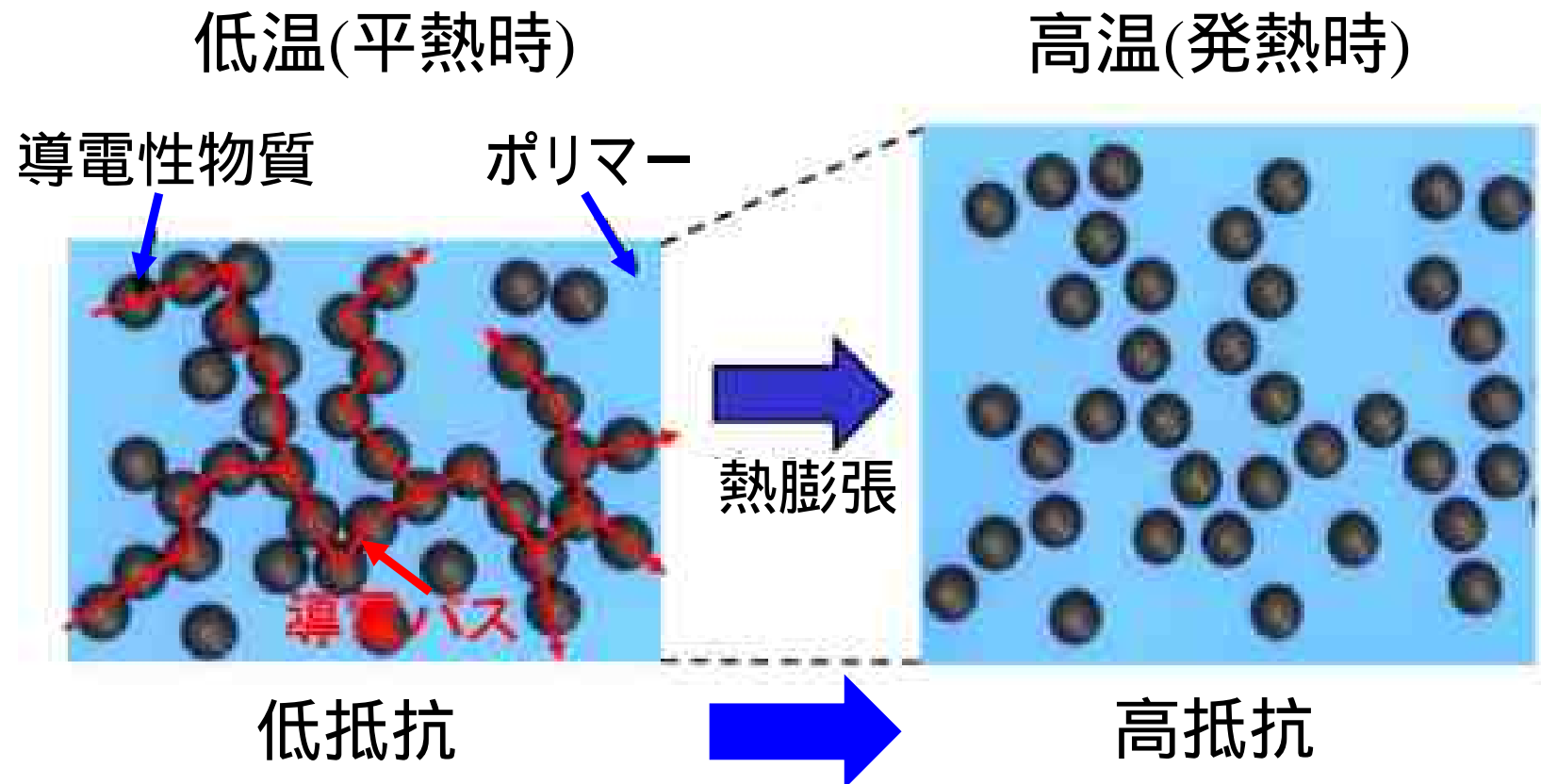
- 読み出しに複雑な回路が必要であるため、多点計測の際の読み出し方法に課題
- フレキシブルなポリマーPTCでは感度が悪い

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

フレキシブル温度センサー原理

- ポリマー-PTC*(正温度係数): 熱膨張で抵抗が上昇

*PTC: Positive Temperature Coefficient



従来技術とその問題点(ポリマー-PTC)

- 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

材料	ポリエチレン ^[1]	PEG ^[2]	ポリエステル ^[3]	本技術
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

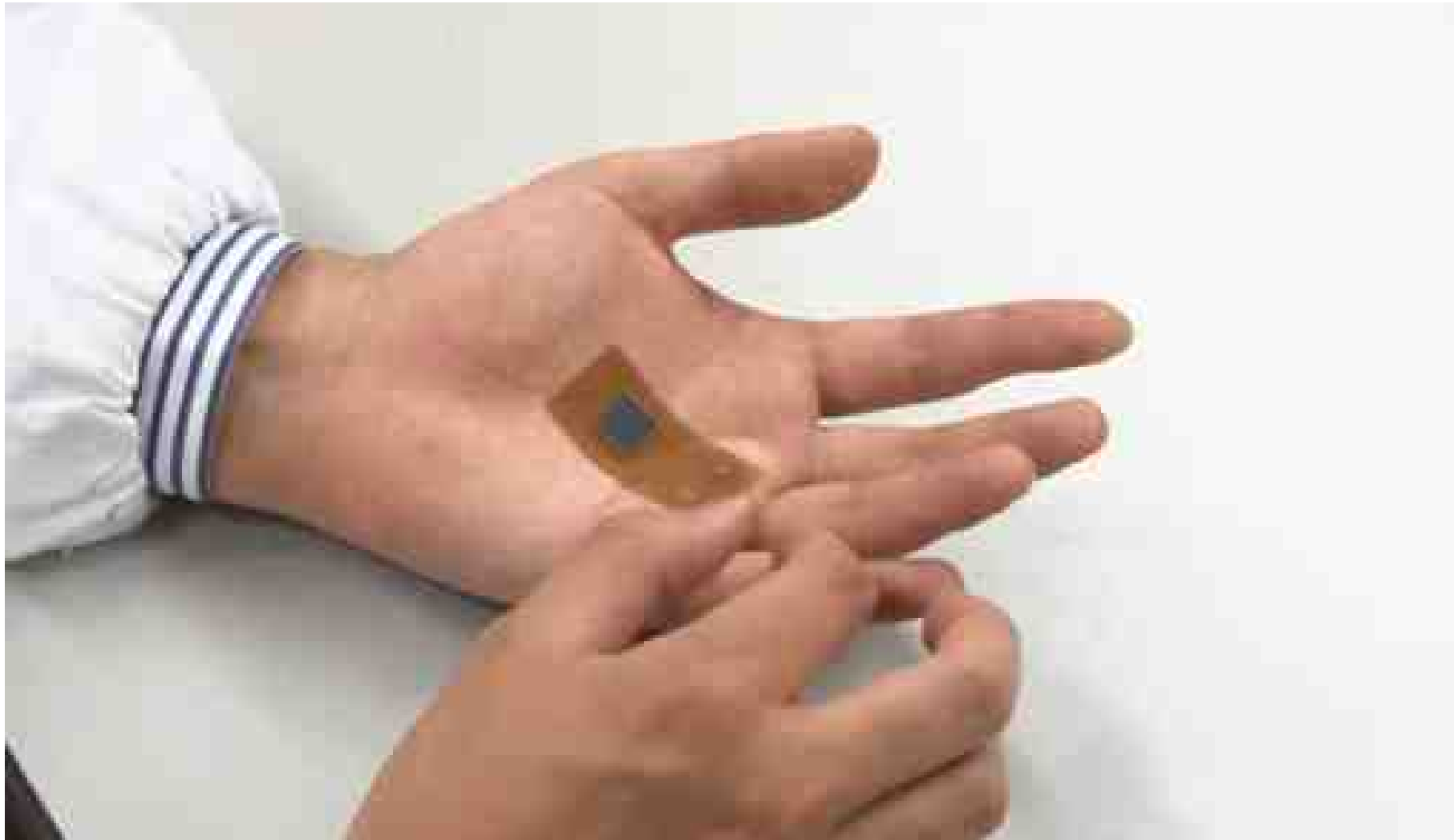
[1] X. J. He, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 86, 062112 (2005). [2] J. Jeon, et al., *Adv. Mater.*, 25, 850 (2013). [3] 近藤清, 他2名, 日本国特許第3312600号 (1998).

新技術の特徴・従来技術との比較

- 薄くてしなやかな体温計
- 印刷プロセスによる製造
- 大面積で温度分布(多点)を計測
- 超低コスト(材料および回路)

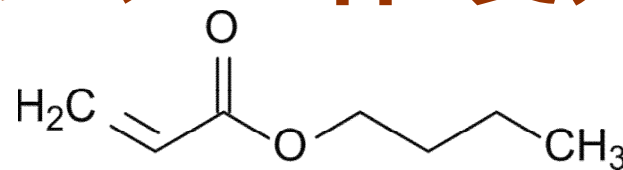
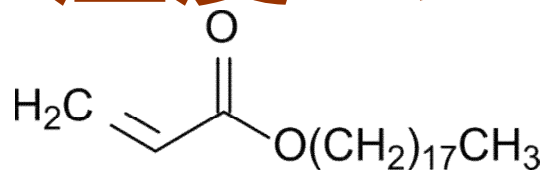
- 応答温度: 25 ~ 50 (体温範囲を網羅)
- 応答速度: 100ミリ秒以下
- 5 の温度変化で大きな抵抗変化 (5 ~ 6桁)

新技術の紹介(ムービー)



フレキシブル温度センサー

温度センサーインクの作製方法



オクタデシルアクリレート

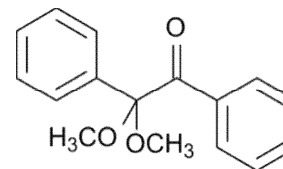
ブチルアクリレート

固体

液体

光重合

光重合開始剤

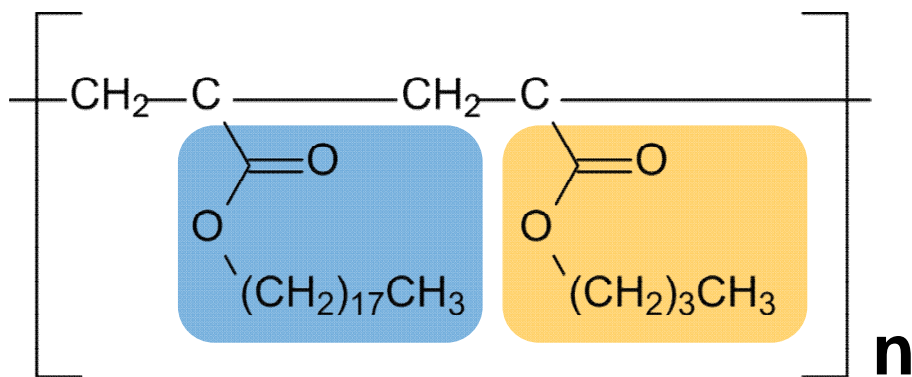


アクリル系ポリマー

グラファイト

混合

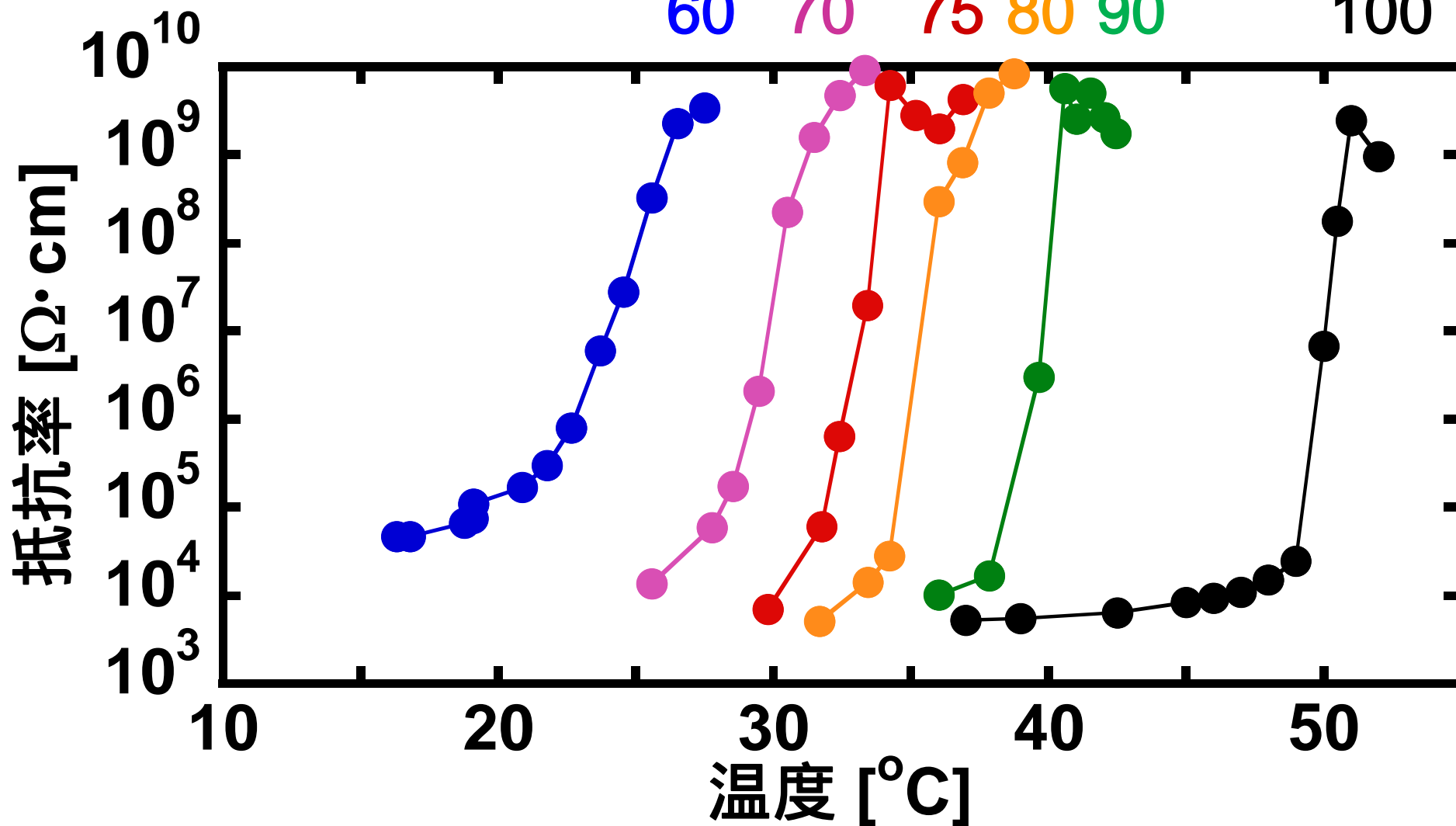
温度センサーインク



応答温度の制御性

オクタデシルアクリレートの割合 (重量%)

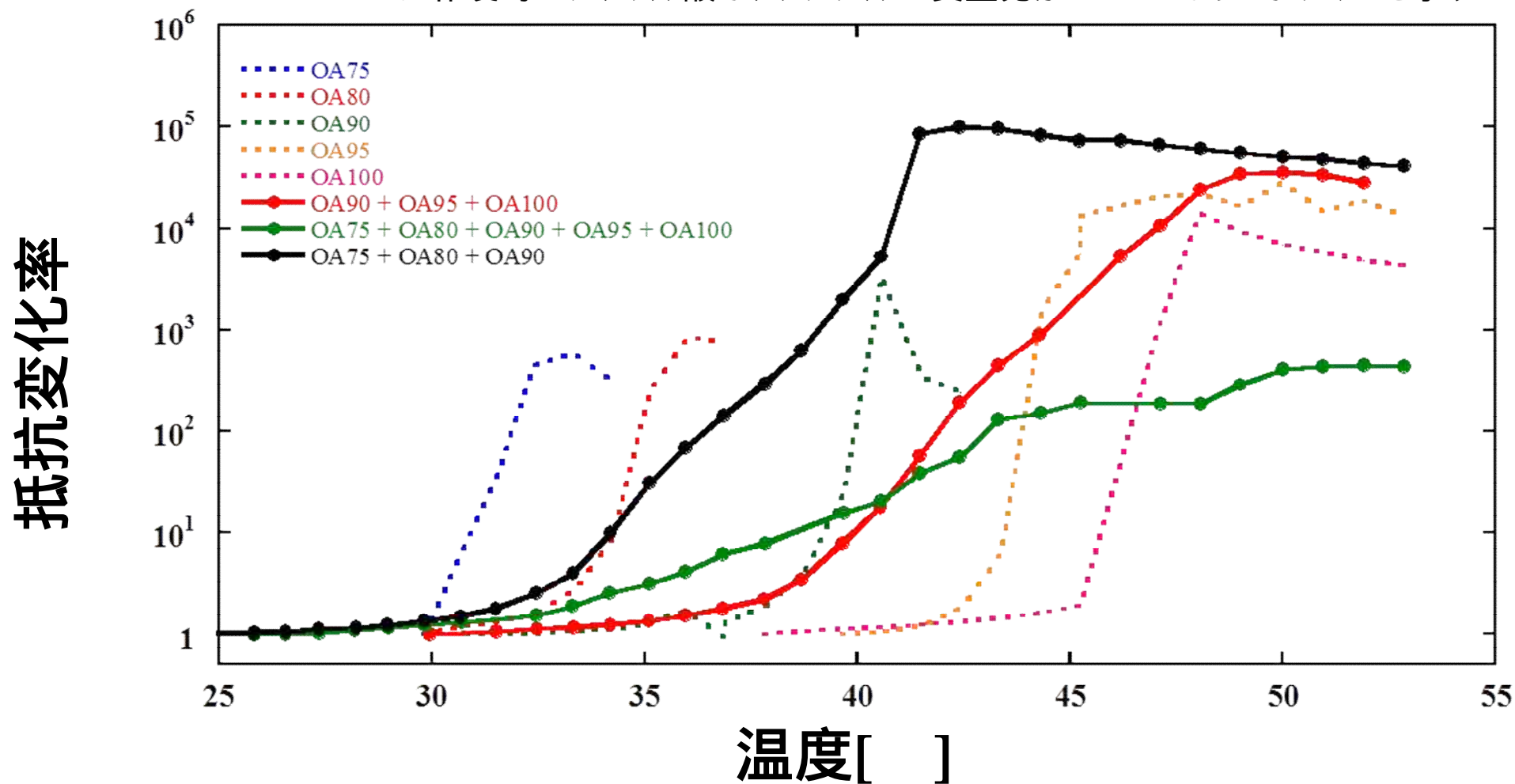
60 70 75 80 90 100



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

OA_{xx}は作製時のアクリル酸オクタデシルの質量比がxx wt%であるポリマーを示す



実用化に向けた課題

- 安定性・耐久性の向上
 - 測定領域を超えた高い温度で特性が変化
 - 機械的ストレスで特性が変化
 - 解決策：
 - ポリマー架橋での構造安定化
 - ポリマーブレンドによる安定化
- 測定電流が極めて小さい(素子の微小化)
 - 温度センサーの抵抗率の低減
 - 解決策: 高い導電性材料の混合

企業への期待

- 未解決の安定性・耐久性の向上については、ポリマー改質やポリマーブレンド技術により克服できると考えている。
- ポリマー最適化の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、室温、体温近辺で扱われる製品のモニタリングや管理に、本技術の導入が有効と思われる。

本日の紹介技術

- プリンタブルなフレキシブル温度センサー/
体温計
~ 薄くて、軽く、生体組織に直接貼り付け可能 ~
- 布地にプリントできる世界最高導電率の
伸縮性導体
~ **プリントするだけで、スポーツウェアが
筋電センサーに早変わり** ~

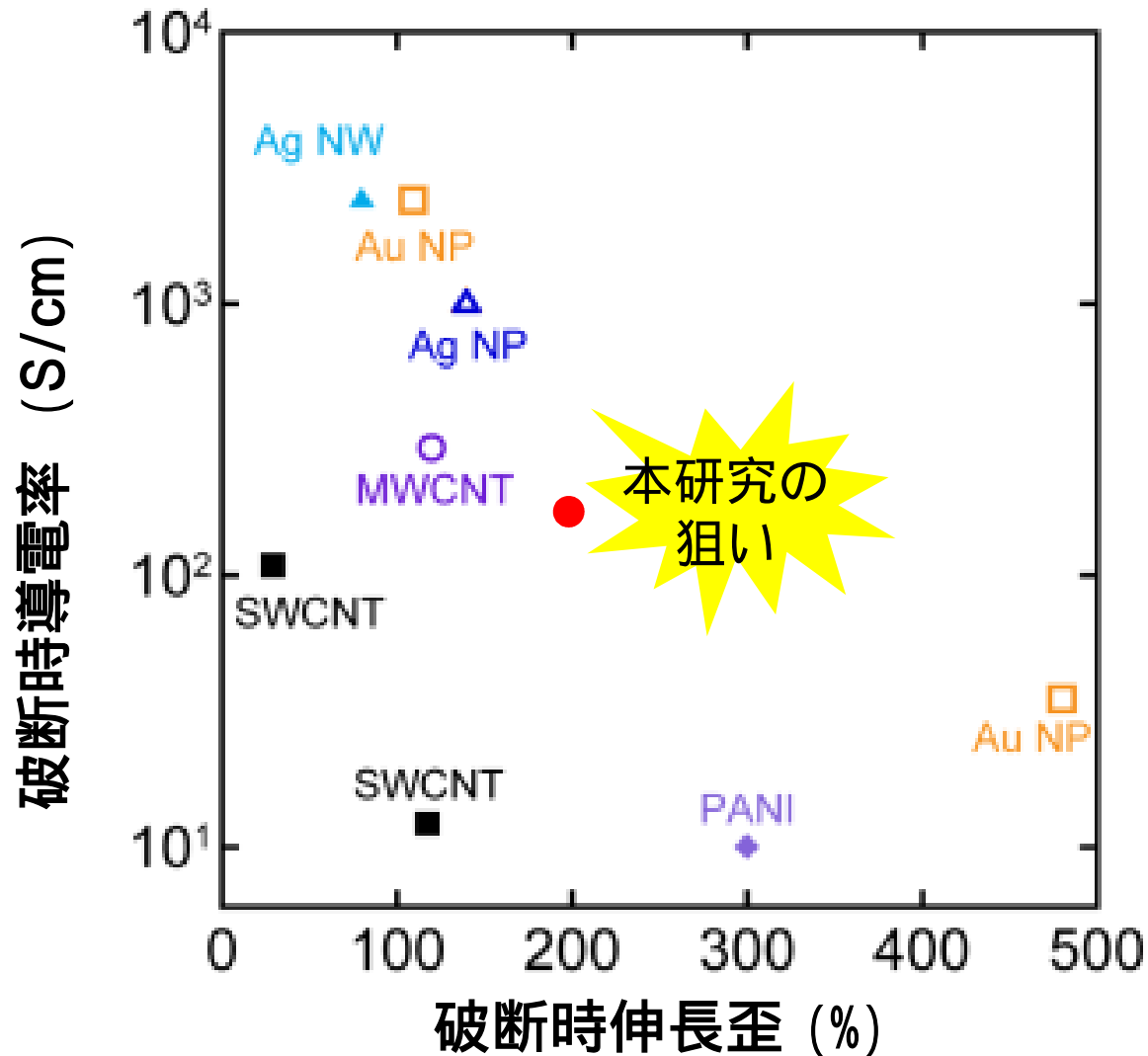
プレス発表：平成27年6月24日

従来技術とその問題点

- 導電性糸や導電性繊維は、微細パターンの形成が困難
- センサーや回路のための配線や電極を簡単に布地に形成する技術が必要

テキスタイル用途 導電性素材	導電性 糸	導電性 布	伸縮性 導体インク
プロセス手法	マシンがけ	裁断	プリント
パターン形状	線	単純な形状	自由な形状
主な用途	配線	電極	配線 & 電極

従来技術とその問題点(伸縮性導体)



- 材料が高価、プロセスが複雑
- 高い導電率と高い伸縮性の両立
- 200%の伸張性への要求(テキスタイル型デバイス)
 - 皮膚の伸び70%
 - 密着性の伸び50%
 - 装着時の伸び50%

新技術の特徴・従来技術との比較

- 1回のプリントで簡単に布地に形成
- 215%伸長時、世界最高導電率 (182S/cm)
- センサーや回路のための導体 (配線、電極、ビア) を布地に形成
- 着心地が良いまま、電子機能を布地に導入

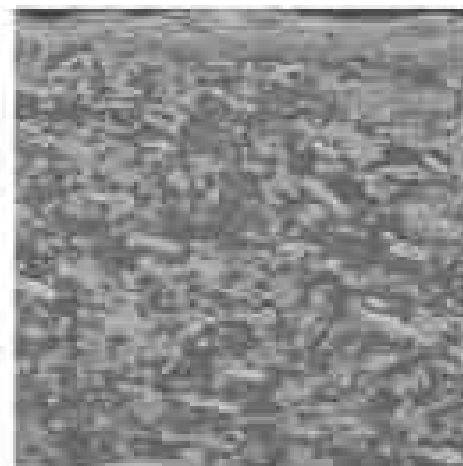
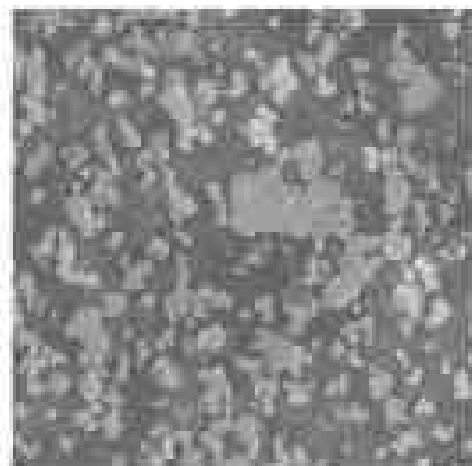
伸縮性導体の原理

- 決め手は、界面活性剤の導入
- 導電ネットワークが表面に自己形成される

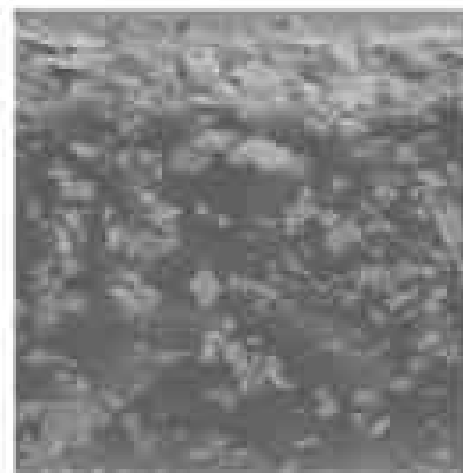
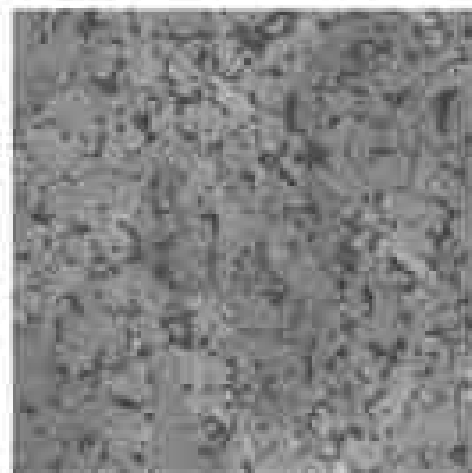
表面

断面

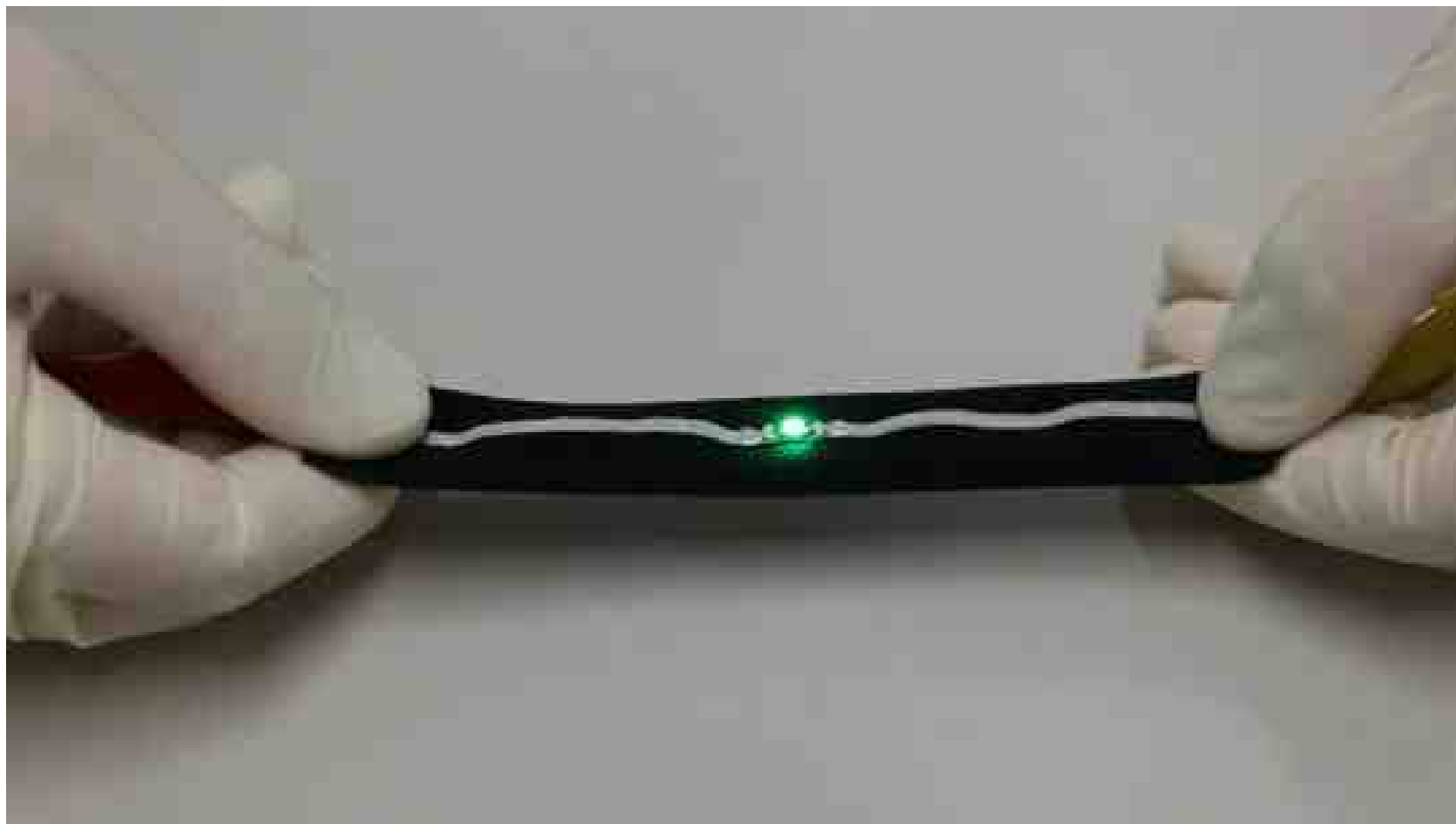
界面活性剤
なし



界面活性剤
あり



新技術の紹介(ムービー)



伸縮性導体

伸縮性導体インクの作製方法

銀フレーク

撈拌
(12 時間)

フッ素系ゴム
(DAIKIN G801)

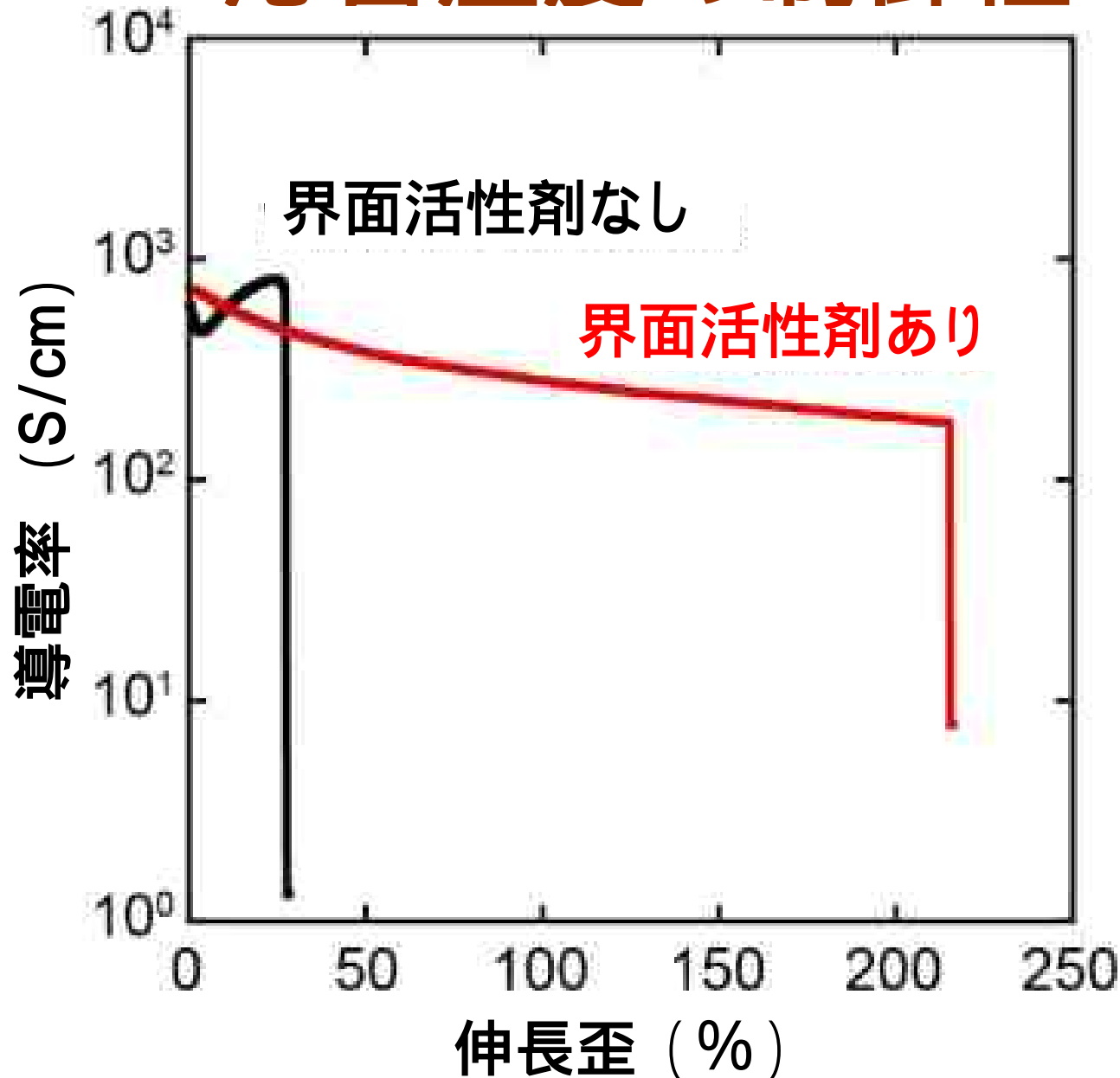
プリントによる
伸縮性導体インク

フッ素系ゴム溶媒
(4メチル2ペンタノン)

フッ素系界面活性剤



応答温度の制御性



注: 実験はゴム基材で行われた。破断の原因はゴム基材による。そのため、伸縮性導体としては、より伸張できるポテンシャルを有する。

界面活性剤の導入により、伸長性215%を達成

実用化に向けた課題

- 繰り返し伸長性の向上 (抵抗値の上昇)
 - フッ素ゴムの加硫
 - フィラー形状の工夫
 - 基材との密着性担保
- 耐環境性 (抵抗値の上昇)
 - 耐大気安定性
 - 耐水性(洗濯性)
 - 耐熱性
 - イオンマイグレーション性

企業への期待

- 未解決の安定性・耐久性・耐環境性の向上については、インク材料の改良とラミネートやコーティングにより克服できると考えている。
- 本インクを使って新しい応用を開発する企業との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

発明の名称：温度センサー用樹脂組成物、温度センサー用素子、温度センサーおよび温度センサー用素子の製造方法

出願番号： PCT/JP2015/ 53272

出願人： 科学技術振興機構

発明者： 関谷毅、寺川雄貴、横田知之、染谷隆夫、J. Reeder

発明の名称：伸縮性導電体およびその製造方法と伸縮性導電体形成用ペースト

出願番号： PCT/JP2015/ 53298

出願人： 科学技術振興機構

発明者： 関谷毅、松久直司、染谷隆夫

今後の展望

- プリンテッドエレクトロニクス(印刷プロセス)によるウェアラブル・センサーの多機能化
- 生体情報の常時モニタリングをビッグデータやIoTと融合



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

お問い合わせ先

東京大学 工学系研究科 電気系工学専攻
特任研究員 / ERATO研究推進主任

酒井 真理 (さかい しんり)

TEL 03 - 5841 - 6756

FAX 03 - 5841 - 6709

e-mail someya-sec@ee.t.u-tokyo.ac.jp