

E-Textile面圧センサ を校正する方法

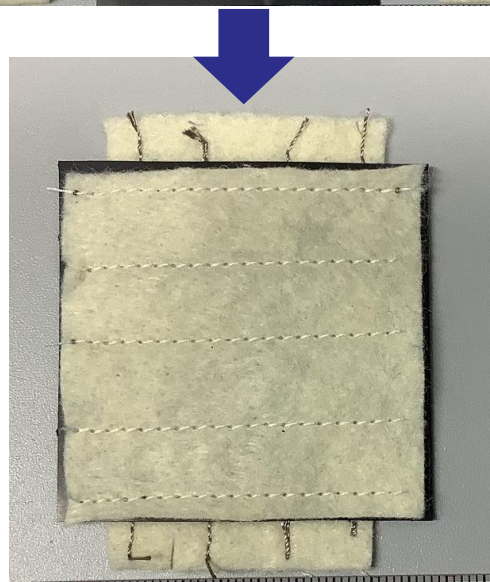
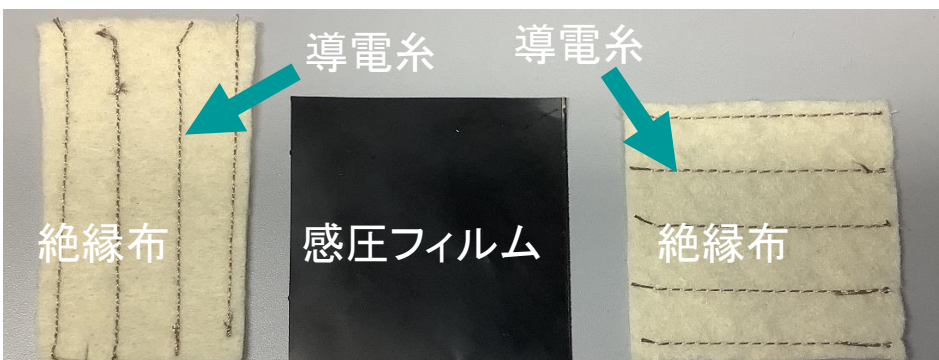
会津大学 コンピュータ理工学部
コンピュータ理工学科

上級准教授 荊 雷

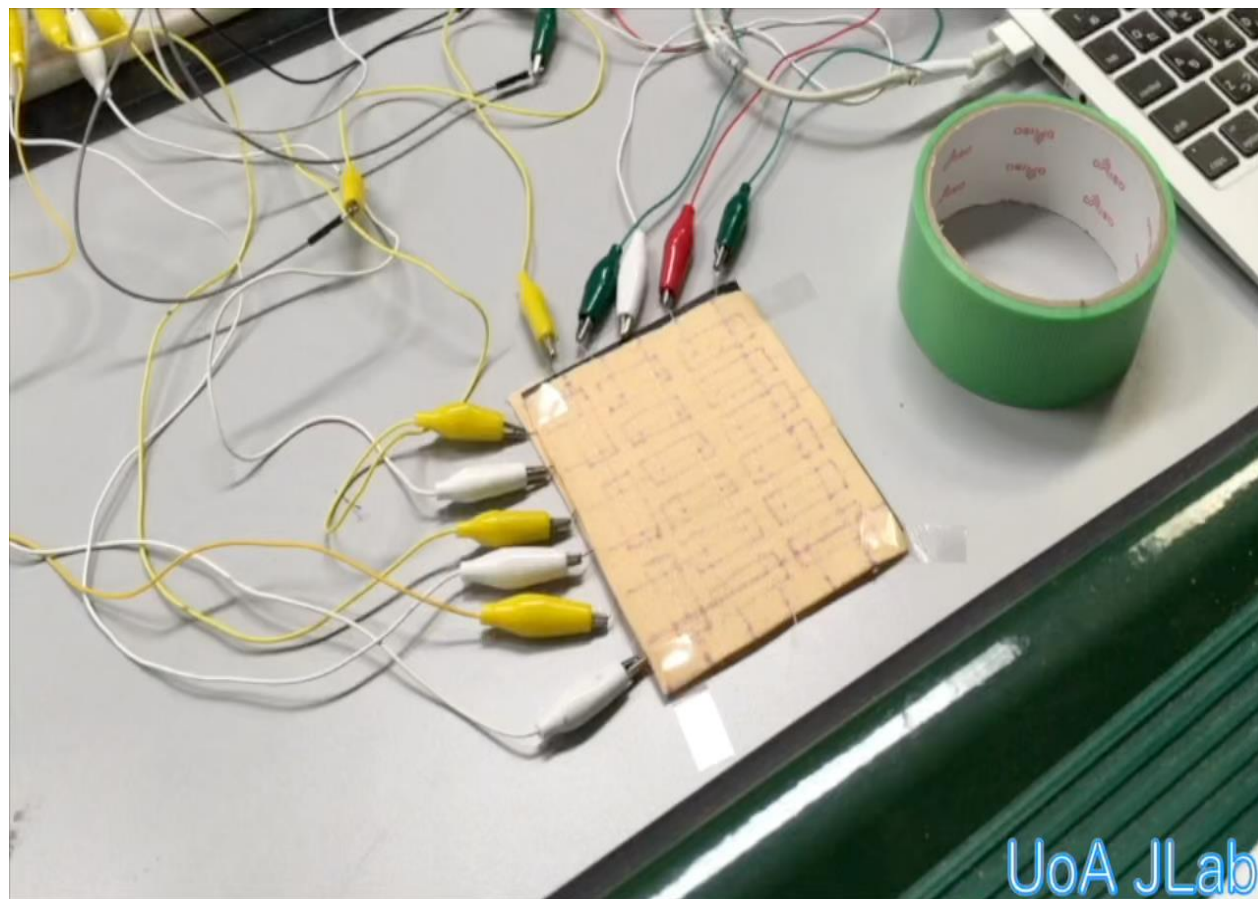
2024年2月27日

E-Textile面圧センサとは(1/4)

- E-Textile面圧センサ(E-Textile Surface Pressure Sensor)は、電子テキスタイル(E-Textile)の技術を応用したセンサーです



E-Textile面圧センサ(5行x4列)



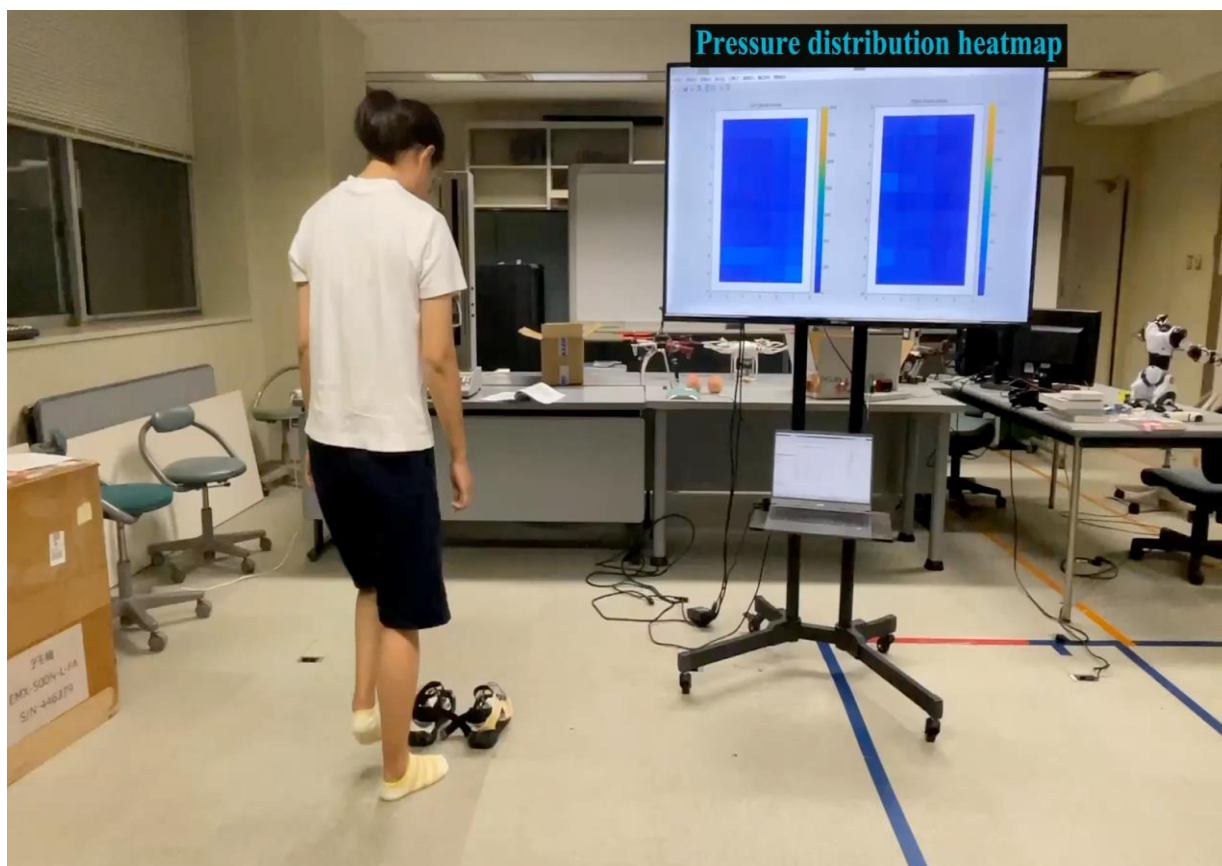
E-Textile面圧センサデモ1

E-Textile面圧センサとは(2/4)

- E-Textile面圧センサ(E-Textile Surface Pressure Sensor)は、電子テキスタイル(E-Textile)の技術を応用したセンサーです



中敷型足底面圧
センサ(9行x5列)



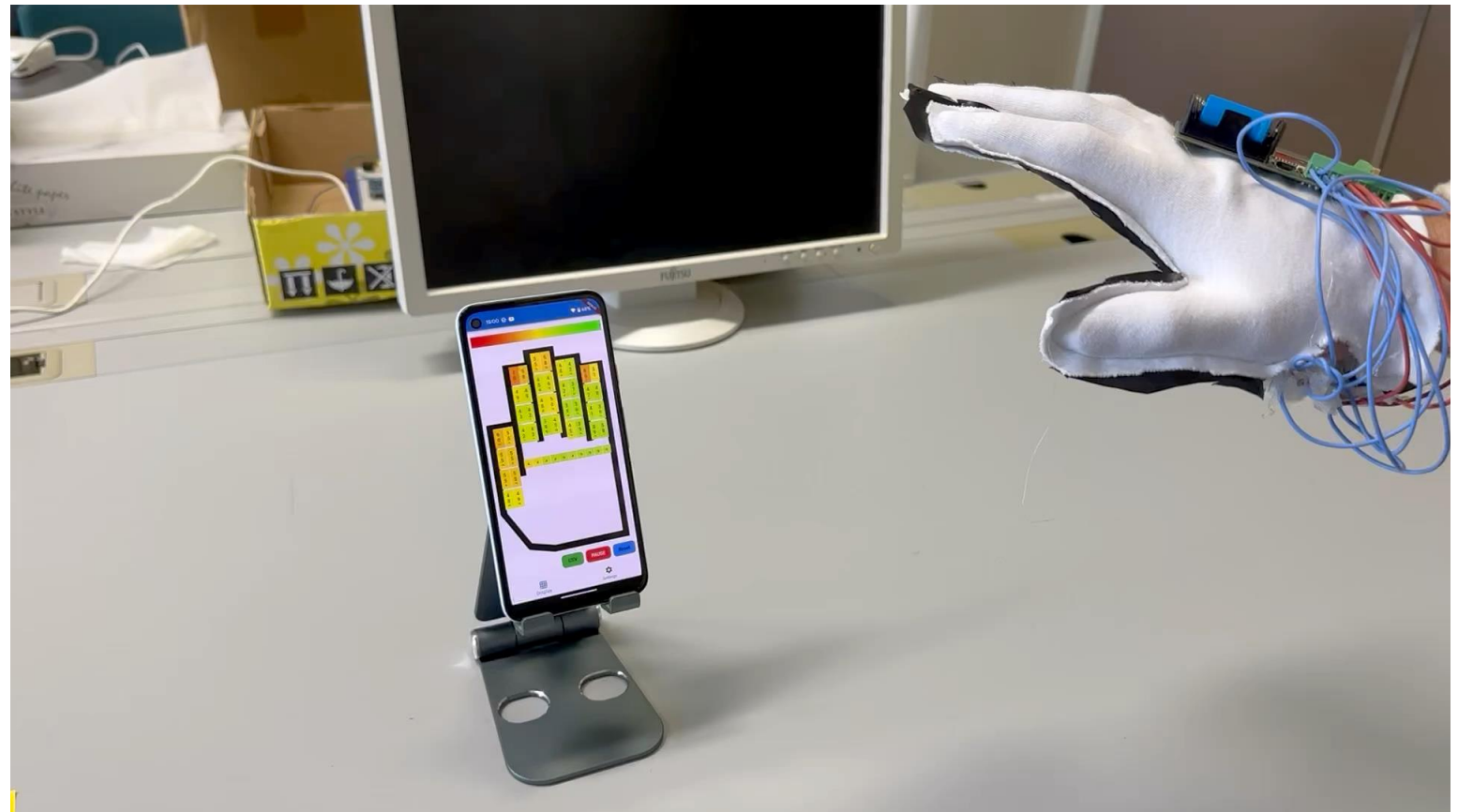
E-Textile面圧センサデモ2

E-Textile面圧センサとは(3/4)

- E-Textile面圧センサ(E-Textile Surface Pressure Sensor)は、電子テキスタイル(E-Textile)の技術を応用したセンサーです



触覚手袋
(手指に46個の圧
力センサ)



E-Textile面圧センサデモ3

E-Textile面圧センサとは(4/4)

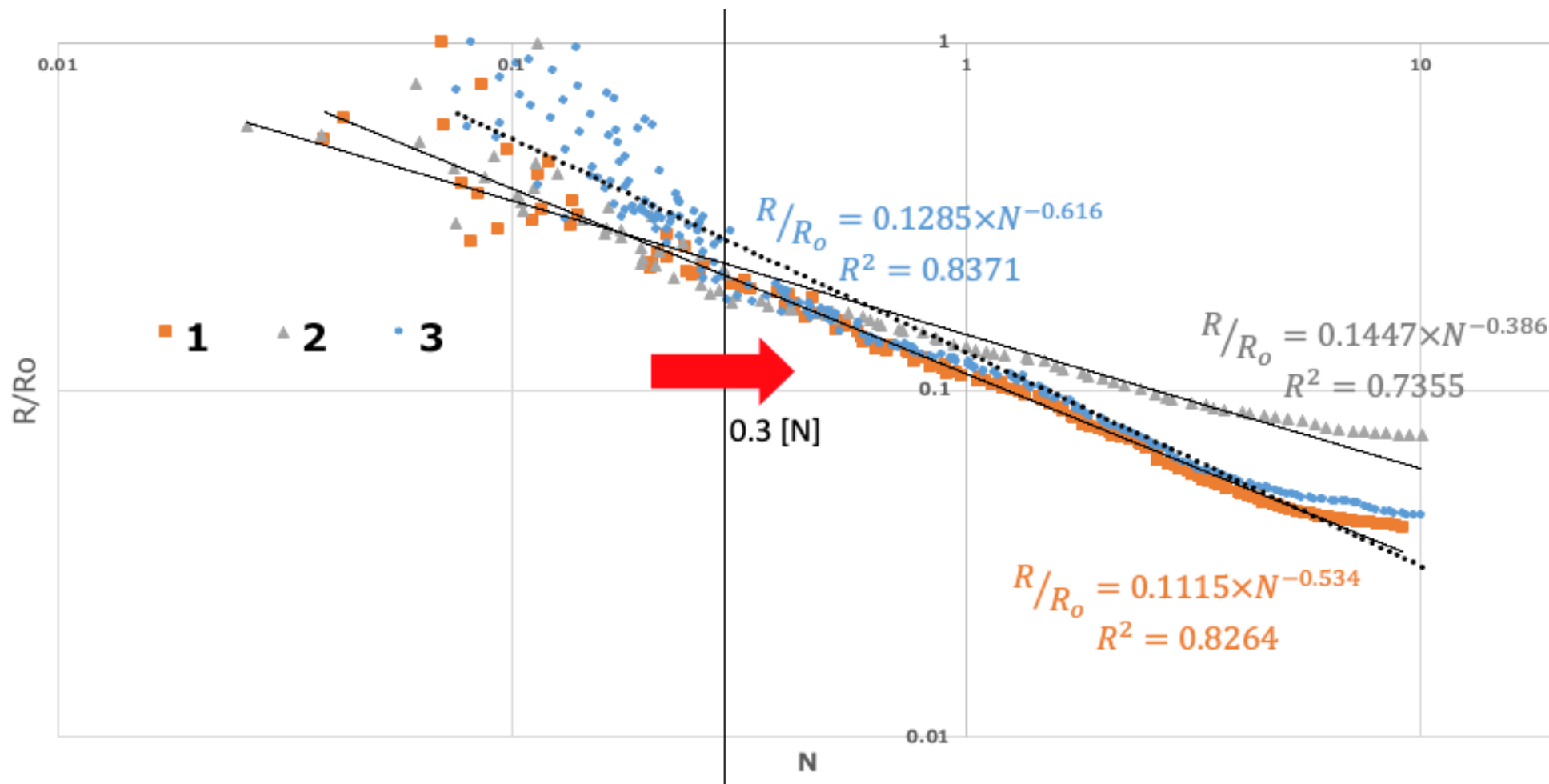
- E-Textile面圧センサ(E-Textile Surface Pressure Sensor)は、電子テキスタイル(E-Textile)の技術を応用したセンサーです
- 特徴:
 1. **柔軟性**：布地や繊維をベースにしているため、従来の硬い素材のセンサーよりも柔軟です。これにより、衣服や身体に密着する製品に適しています。
 2. **圧力感知**：センサーは、表面に加わる力を検出し、その圧力を電気信号に変換します。これにより、触れられた場所や力の強さを特定できます。
 3. **応用範囲**：この技術は医療、スポーツ、ウェアラブルテクノロジーなど、様々な分野で利用されています。例えば、身体の特定部位への圧力を監視する医療用モニタリングシステムや、運動中の身体の動きを追跡するフィットネスウェアなどがあります。
 4. **カスタマイズ可能**：E-Textile面圧センサは、必要に応じてサイズや形状、感度などをカスタマイズすることができます。

従来技術とその問題点(1/3)

- E-Textile圧力センサの課題1
 - 再現性が低い: 測定結果の一貫性や同じ条件下での信頼性が低いこと
- 要因:
 - 素材のばらつき: E-Textile圧力センサは、導電性繊維や導電性インクなどの柔軟な導電性素材を使用していますが、これらの素材には個体差が存在し、それが測定結果のばらつきにつながります。
 - 製造プロセス: 繊維や布の織り方、導電性素材の塗布や配置など、製造プロセス中の微妙な違いが、センサの性能に影響を与えることがあります。
 - 環境条件: 温度や湿度の変化は、E-Textile圧力センサの性能に影響を与えることがあります。特に湿度は、導電性素材の抵抗値に影響を与えるため、注意が必要です。
 - 機械的ストレス: 柔軟なE-Textile圧力センサは、繰り返しの使用や摩擦によって機械的ストレスを受け、その性能が変化することがあります。

従来技術とその問題点(2/3)

- 三つの圧力センサの特性曲線(両対数グラフ)
 - 横軸: 荷重、縦軸: 各センサの初期値 R_0 をもとに正規化した抵抗値
 - まず、3つのセンサーの回帰式が異なります。これはセンサーを作製したとき、少しの条件で状態が変化することを示しています。つまりこれらはミシンで作製したため、糸の張力しだいで微妙に誤差が生じます。



従来技術とその問題点(3/3)

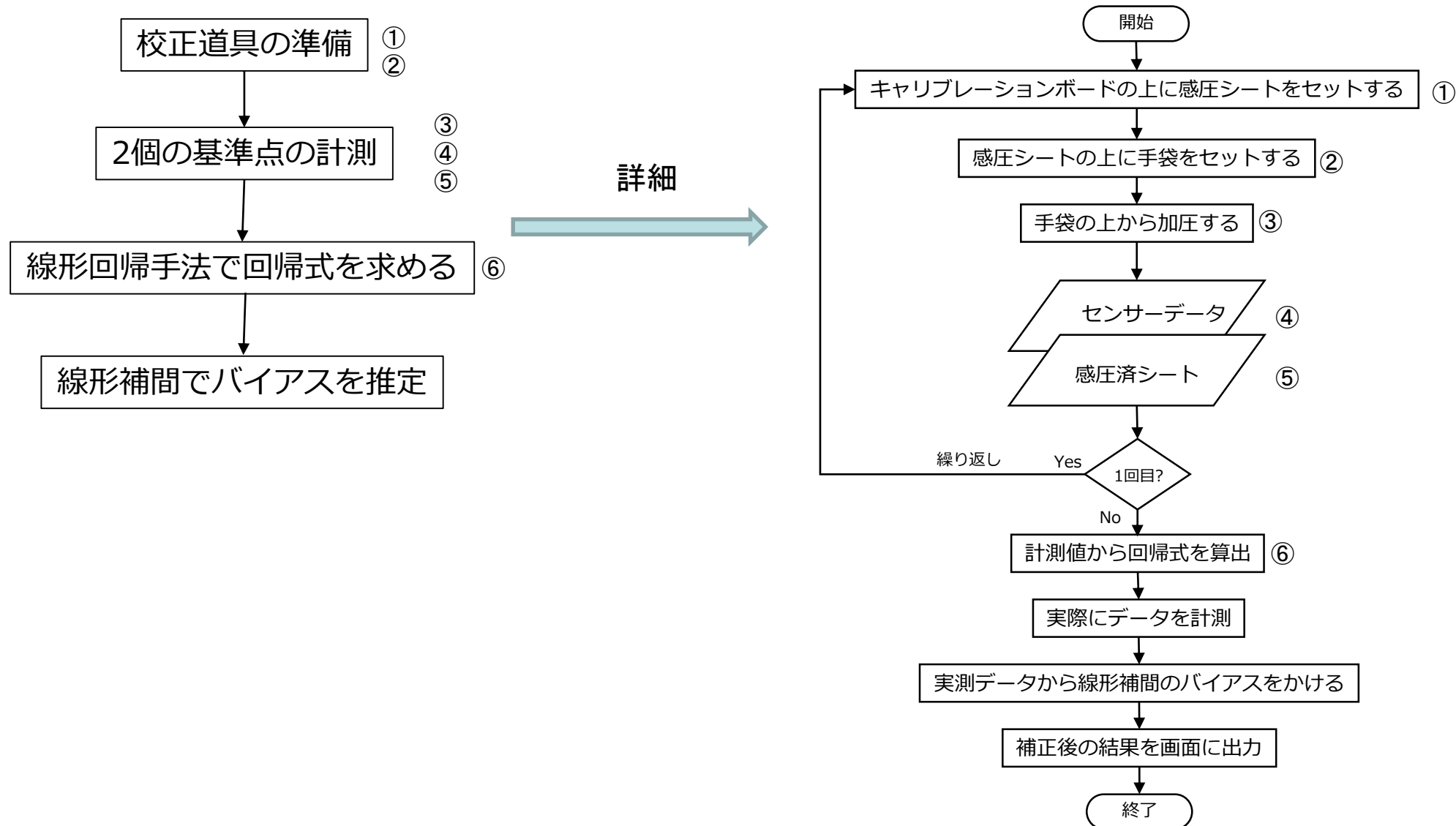
- E-Textile圧力センサの課題2
 - 相対的な圧力変化しか検知できない
- 要因：
 - 大量の圧力センサを簡易に絶対値を計測することが難しい。絶対的な圧力値へ変換するために、絶対値を出せる計測方法が必要になります。圧力絶対値の計測装置が高額になります。そして、一般的には、圧力センサを一個づつしか、計測できません。
 - ドリフト: 長時間の使用や繰り返しの圧力負荷により、E-Textile圧力センサの抵抗値が徐々に変化する現象(ドリフト)が生じることがあります。これにより、複数回の絶対圧力計測が必要になります。

新技術の特徴・従来技術との比較

本特許の特徴: 大量の圧力センサの抵抗値と圧力絶対値の特性曲線を簡易に計測する校正方法

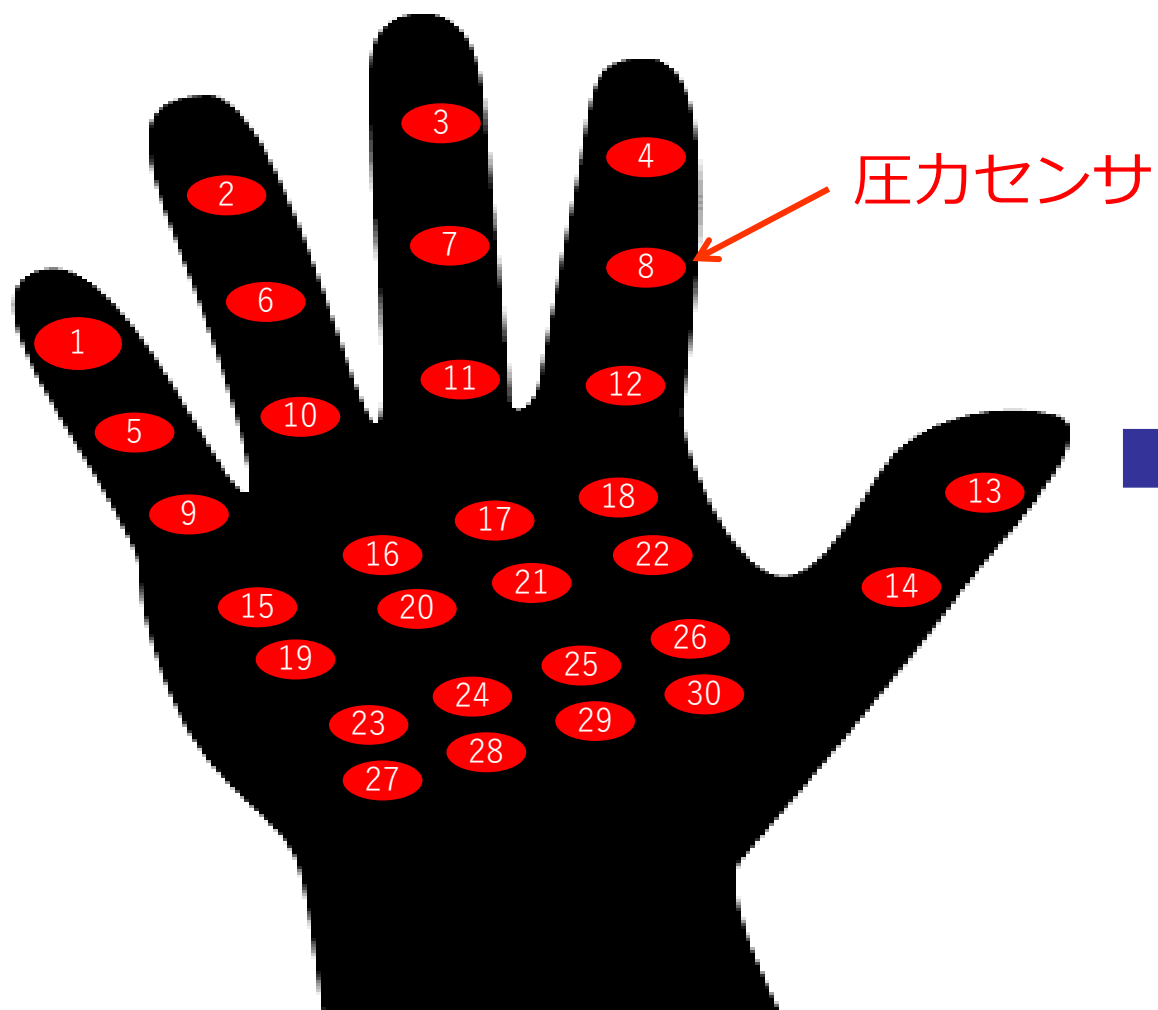
1. 感圧プリスケールと画像処理の技術を利用し、治具なくとも、高密度の大量の圧力センサを短時間に、校正できる
2. 柔らかい、非平面状のE-Textile圧力センサも校正できる
3. センサ毎の特性曲線を自動算出ことにより、定期的に校正を行うことにより、ゼロ点のズレやドリフトのようなE-Textile圧力センサの課題を解消でき、信頼性を強化する。

提案手法の全体フロー



提案手法の準備物

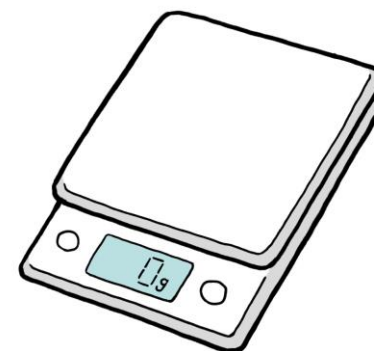
校正対象例: 圧力センサ付き手袋



校正器具



或いは



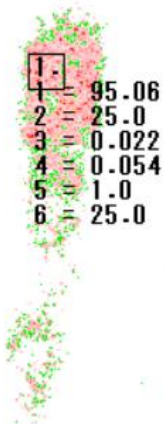
電子はかり

例：感圧シートの場合

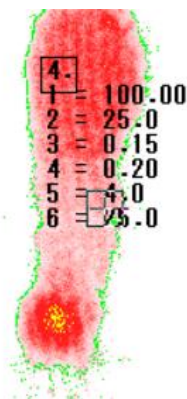


線形補間で簡単に校正

④ Weak

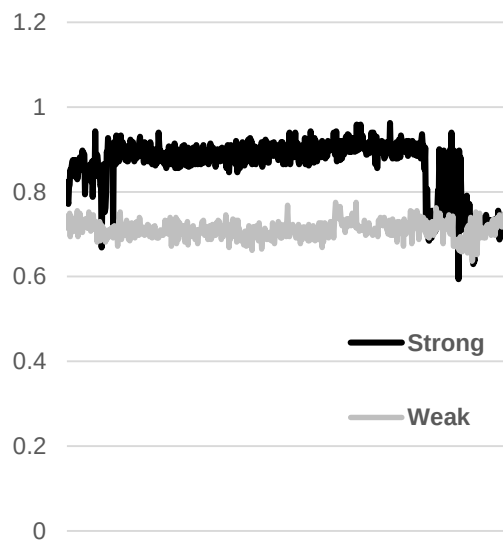


Strong



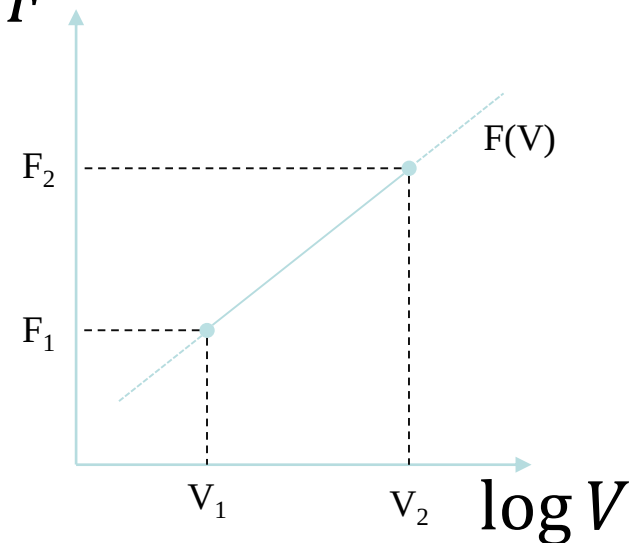
⑤

Sensor Measurements



⑥

$\log F$



	Weak (F_1)	Strong (F_2)		Weak (V_1)	Strong (V_2)
Average pressure [MPa]	0.022	0.15	Mean	0.71	0.888

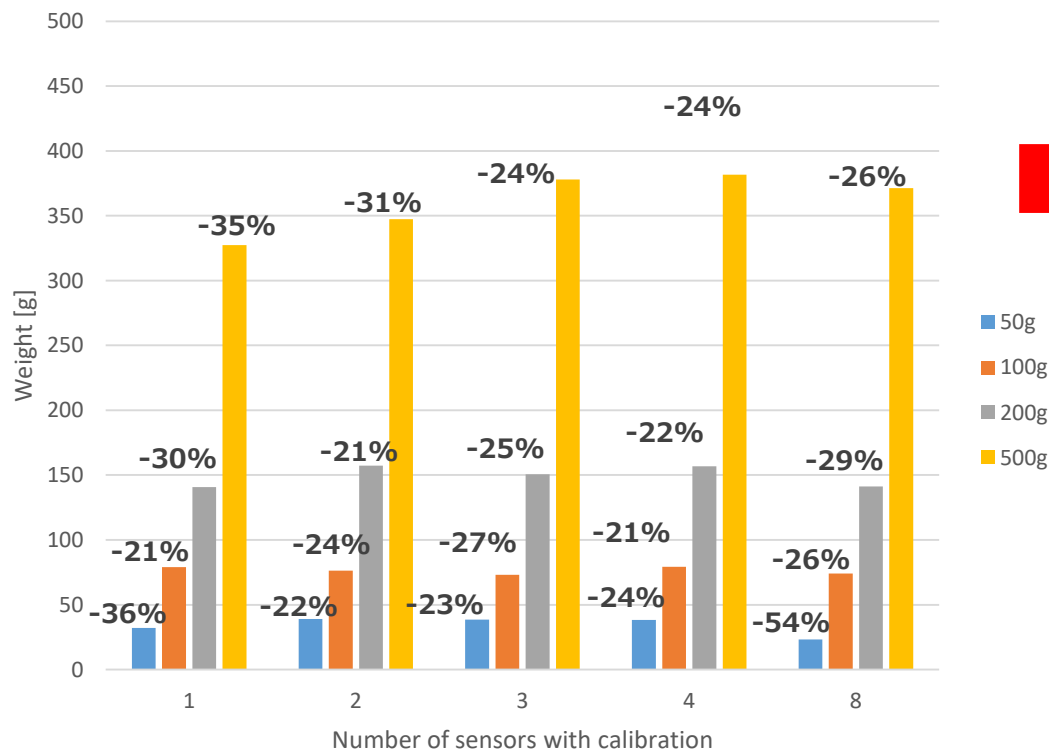
$$F = \left(\frac{V}{V_1} \right)^\alpha \cdot F_1$$

ただし、 $\alpha = \frac{\log \frac{F_2}{F_1}}{\log \frac{V_2}{V_1}}$

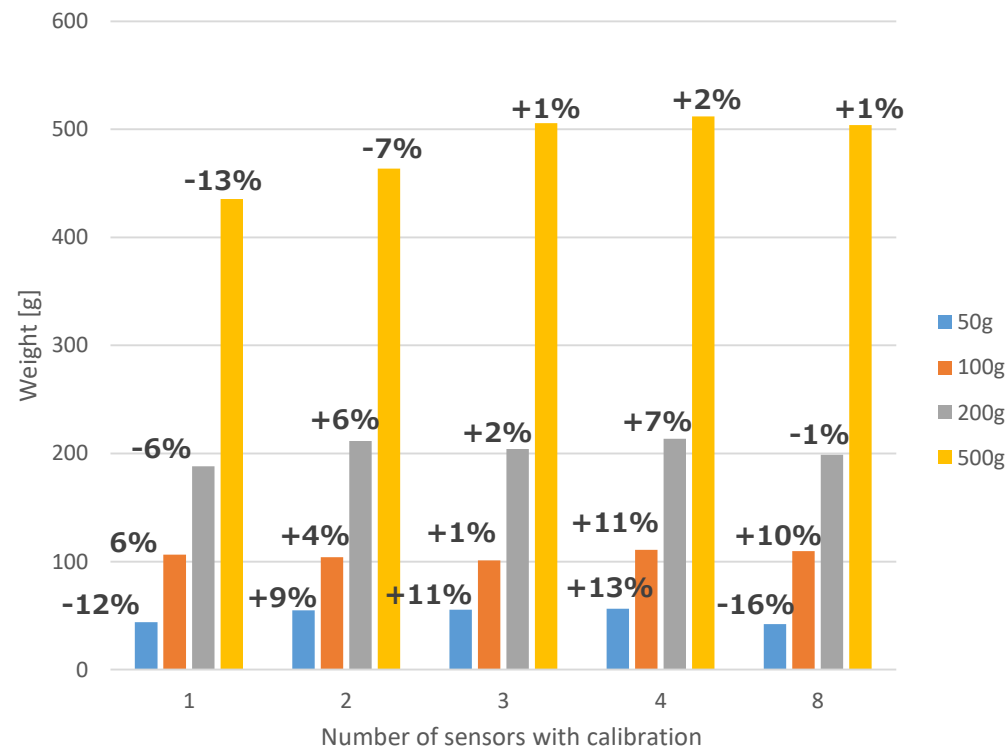
提案手法の結果例1-1

各センサにおもりを載せたとき、センサー値からおもりの重さを換算しました。
左がキャリブレーションをかける前の結果と、右がキャリブレーションをかけた後の結果です。
重いものほどセンサー数を増やしたときに正確であり、このキャリブレーションによる効果が確認できます。
一方で軽いものはあまり変化がありません。
これは前に示したスライド12で示した通り、軽い荷重のときの分散値が大きいことが影響していると推測します。

校正前



校正後



提案手法の結果例1-2

前スライドの結果を数値表で示した。
Beforeが何もしない相対的回帰、Afterが補正後の評価

センサ数	1		2		3		4		8	
weight	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
50	32.1 (-36%)	44.0 (-12%)	39.1 (-22%)	54.7 (+9%)	38.6 (-23%)	55.5 (+11%)	38.2 (-24%)	56.4 (+13%)	23.2 (-54%)	42.2 (-16%)
100	79.1 (-21%)	106.3 (+6%)	76.3 (-24%)	104.0 (+4%)	73.0 (-27%)	101.1 (+1%)	79.3 (-21%)	111.0 (+11%)	74.0 (-26%)	109.6 (+10%)
200	140.7 (-30%)	188.0 (-6%)	157.4 (-21%)	211.6 (6%)	150.7 (-25%)	204.2 (+2%)	156.7 (-22%)	213.6 (+7%)	141.3 (-29%)	198.9 (-1%)
500	327.3 (-35%)	435.6 (-13%)	347.3 (-31%)	463.6 (-7%)	378.0 (-24%)	505.7 (+1%)	381.7 (-24%)	512.0 (+2%)	371.3 (-26%)	504.0 (+1%)

数値はすべてグラム[g]

提案手法の結果例1-3

- 平均平方二乗誤差(Root Mean Squared Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - f_i)^2}$$

各重さに対するの誤差

重さ	Before	After
50	16.9016	6.165042
100	23.79243	7.358585
200	51.15532	9.824445
500	140.4005	33.64949

重さ[g]

各センサ数に対するの誤差

センサ数	Before	After
1	92.32606	33.0274
2	80.32129	19.35208
3	67.40076	4.511789
4	64.10542	11.08406
8	73.13106	6.533025

重さ[g]

- 平均平方二乗誤差率(Root Mean Squared Percentage Error)

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i - f_i}{a_i} \right)^2}$$

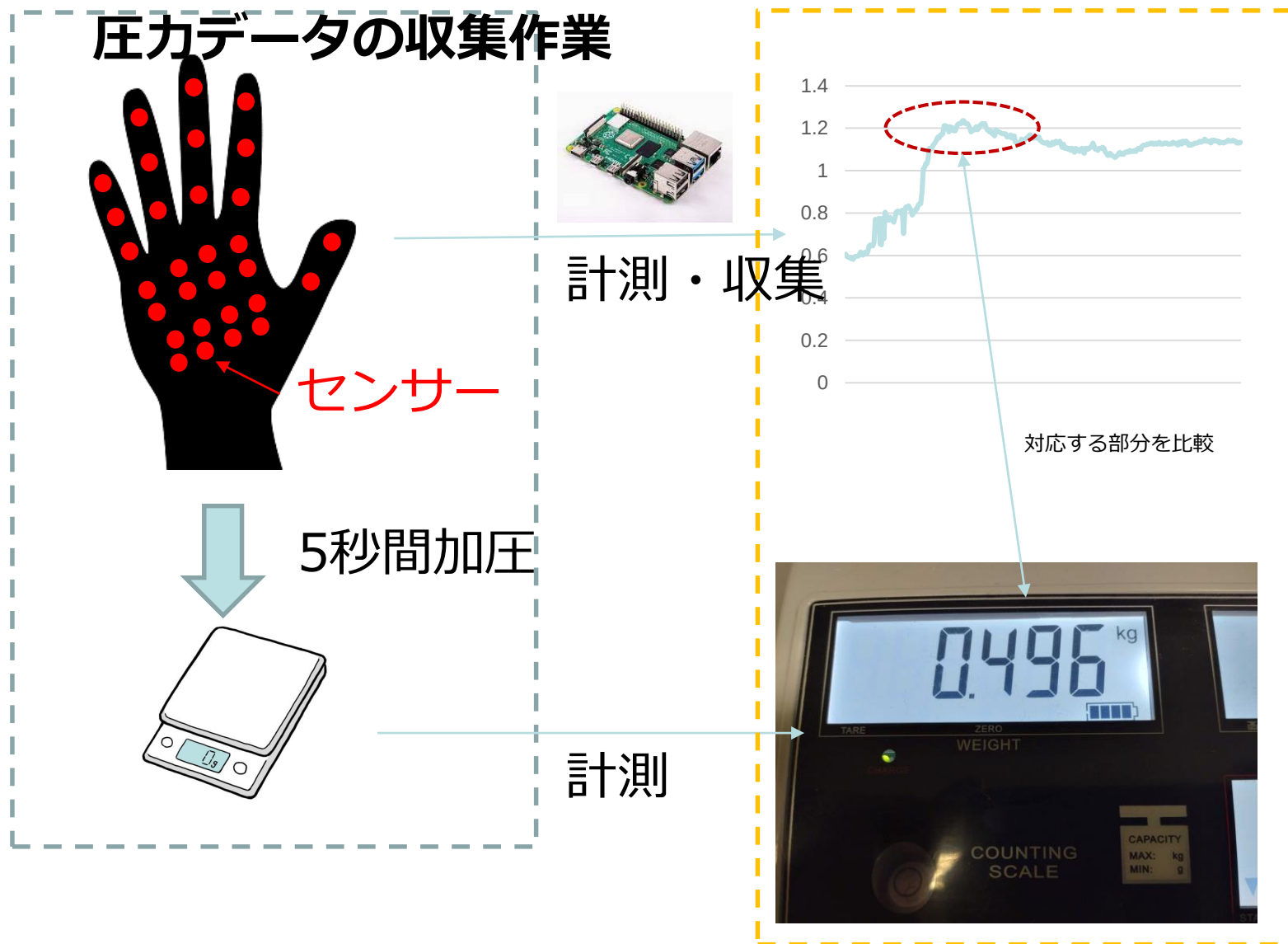
各重さに対するの誤差率

重さ	Before	After
50	34%	12%
100	24%	7%
200	26%	5%
500	28%	7%

各センサ数に対するの誤差率

センサ数	Before	After
1	31%	10%
2	25%	7%
3	25%	6%
4	22%	9%
8	36%	9%

例：電子はかりの場合



提案手法の結果例2-1

各センサを電子秤の上から加圧、センサー値から重さを換算しました。
今回の例として、5Nと8Nの場合のセンサー値を補正込みで計算しました。
どちらの場合でも、補正無しのFの値は大きな誤差が生じてます。
しかし、補正込みの値F'は、真値に近い値を取得できています。

真値: $F_0=5\text{N}$ の場合

	人差し指	中指	薬指
V [V]	0.833049	0.840836	0.902917
R [Ω]	3280	3230	2880
F [N]	7.203326	7.632739	11.44753
相対誤差	+44.1%	+52.7%	+129%
α	11.28447	6.885519	22.90698
V_1 [V]	0.81151	0.79121	0.88891
F_1 [N]	3	3	3
F' [N]	4.031806	4.560717	4.291972
相対誤差	-19.4%	-8.79%	-14.2%

真値: $F_0=8\text{N}$ の場合

	人差し指	中指	薬指
V [V]	0.883691	0.919286	0.928694
R [Ω]	2980	2800	2756
F [N]	10.1957	12.55878	13.2153
相対誤差	+44.1%	+52.7%	+129%
α	11.28447	6.885519	22.90698
V_1 [V]	0.81151	0.79121	0.88891
F_1 [N]	3	3	3
F' [N]	7.847331	8.428941	8.178834
相対誤差	-1.91%	-5.36%	-2.24%

想定される用途

- 工場など大量な圧力センサを定期的に校正が必要な用途に利用できる。例えば、触覚手袋、足圧センサなど
- 今までの校正時間を短縮したい、安価な校正手段を利用したい場合に、提案特許が適用できる。
- ウェアラブル装置やロボットなどの圧力センサの校正に利用できる。

実用化に向けた課題

- 現在、校正方法の有効性が検証済み。しかし、仕事現場などに利用するために、利用しやすいUIやアプリが必要です。

企業への期待

- 面圧センサを開発中の企業、センサの信頼性を改善するために、本技術の導入が有効だと思われる。
- 面圧センサを仕事現場にも、簡易に校正できる方法が必要な企業、本技術の活用が期待しております。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 圧力センサ校正方法
及び圧力センサ校正システム
- 出願番号 : 特願2023-181739
- 出願人 : 会津大学
- 発明者 : 荊 雷、宮田大輔

産学連携の経歴

- 2016年-2017年 三菱鉛筆社と共同研究実施
- 2021年-2026年 NEDO若サポ事業に採択
- 2021年-2023年 日東紡社と共同研究実施
- 2023年-2024年 トヨタ自動車と共同研究実施

お問い合わせ先

会津大学

産学官連携コーディネーター 石橋 史朗

TEL 0242-37-2776

FAX 0242-37-2778

e-mail ubic-adm@ubic-u-aizu.jp