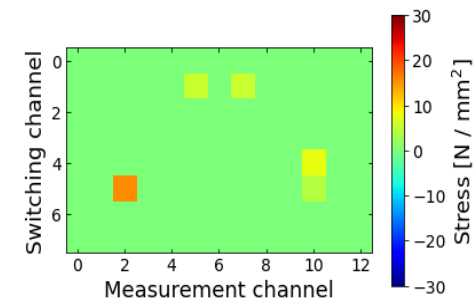
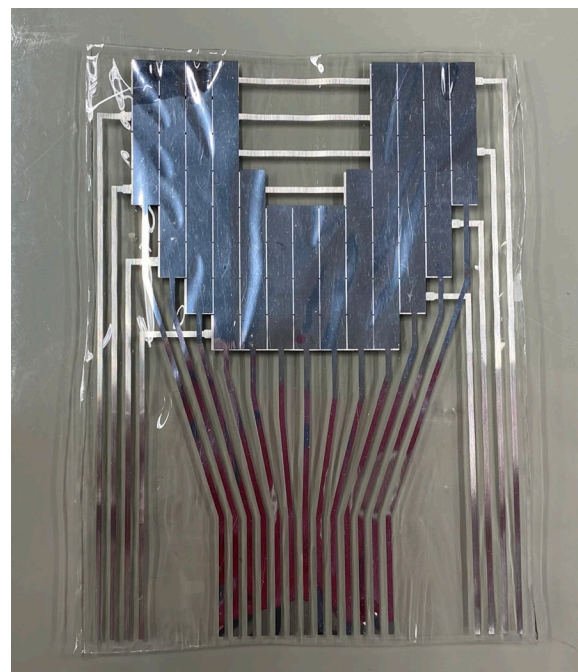
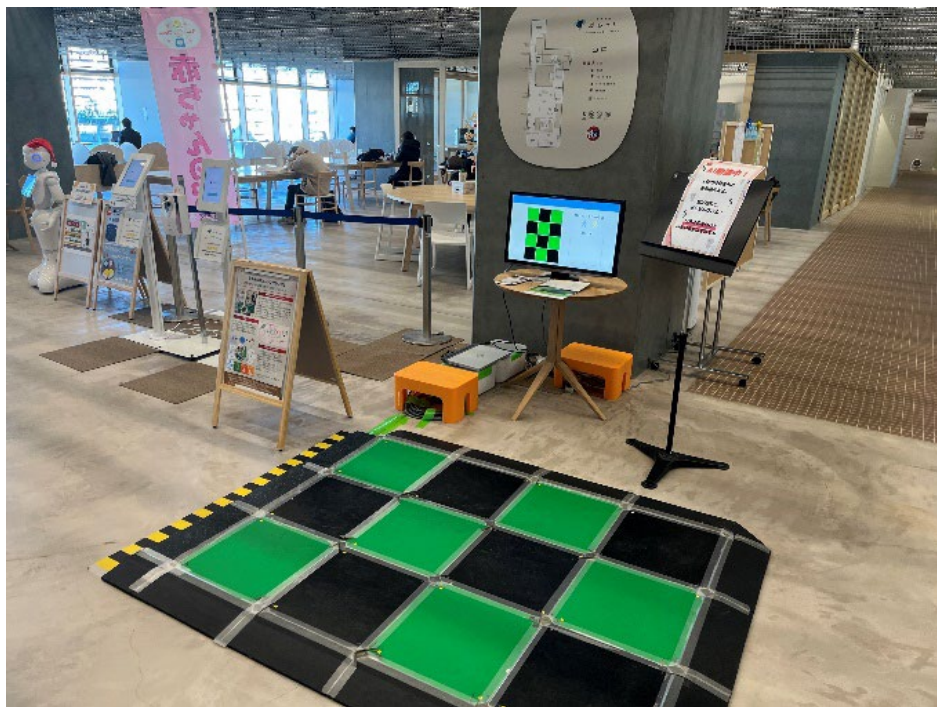


大面積なセンシング

東京理科大学 先進工学部 物理工学科
准教授 中嶋 宇史

2023年11月9日

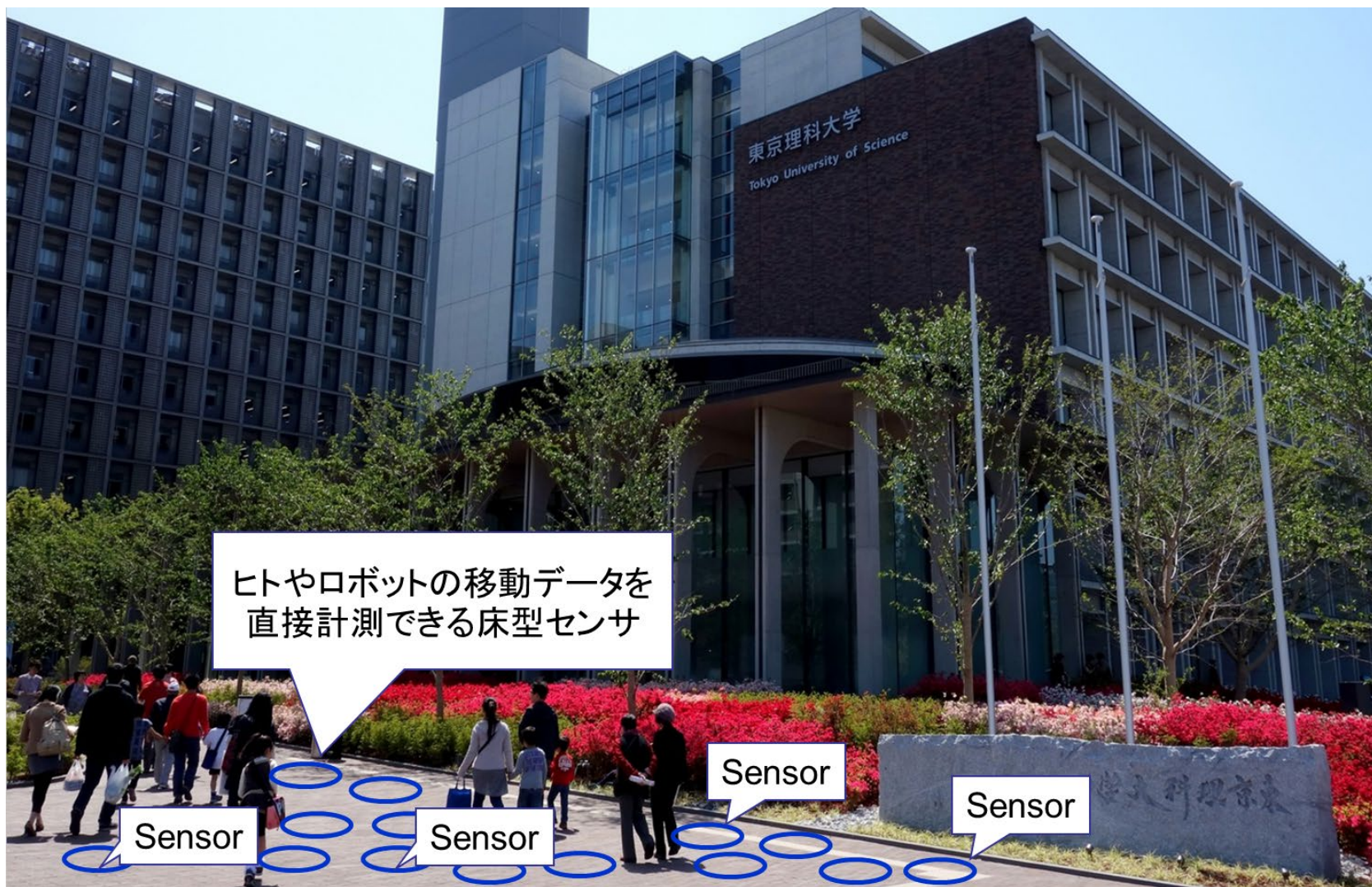
発明概要



床がタッチパネル
のような大面積セ
ンサになる技術

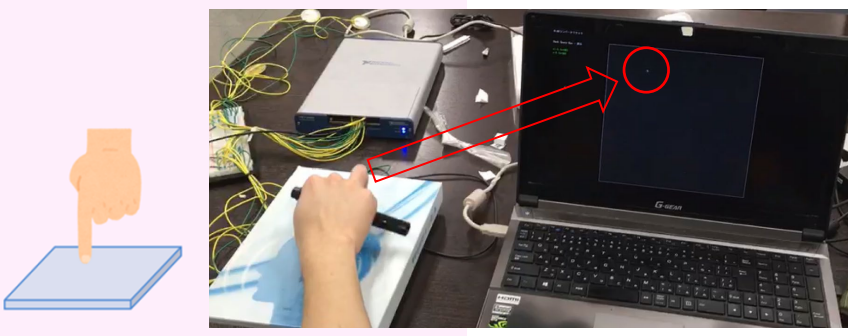
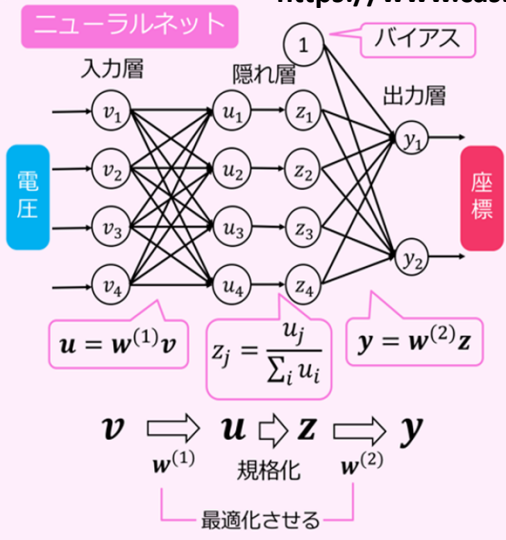
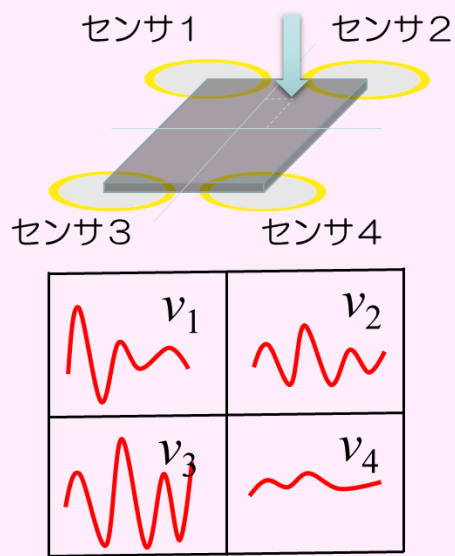
薄くて高感度なマ
トリクスセンサの
実現。

広域センサフロアが創る未来

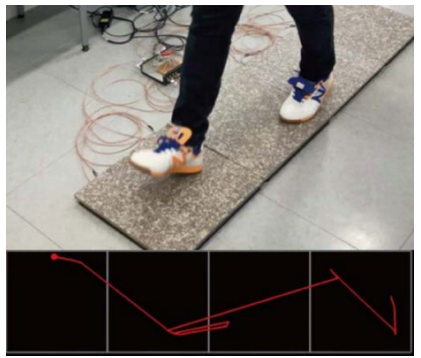


発明の背景

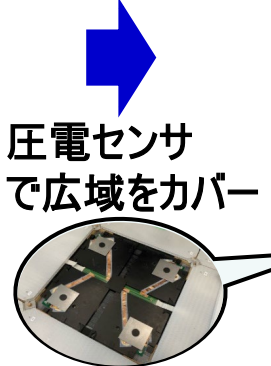
「ヒトとロボットが行き交うセンサフロア」 2022年度内閣官房「イチBiz アワード」先進的技術部門受賞
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sokuitiri/20220913/2022ichi_biz_award.html



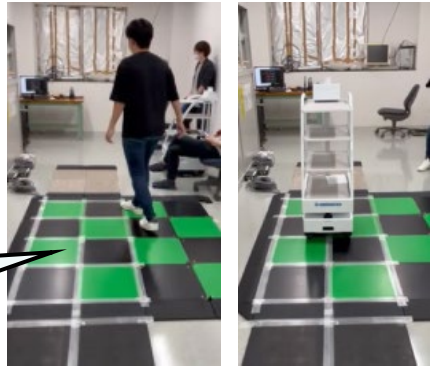
機械学習を用いることで
「あらゆるものを位置センサ化」
 yデータを座標情報として
画面に出力
 発明者先願(関連特許2): 特許第7091587号(2022.6.20登録)



圧電素子による環境発電
機械学習による歩行センサ
Jpn. J. Appl. Phys. 59, 110201 (2020)



ヒトとロボットの位置の動的情報
ヒトの属性情報(子ども/大人、ケガ・荷物の有無)

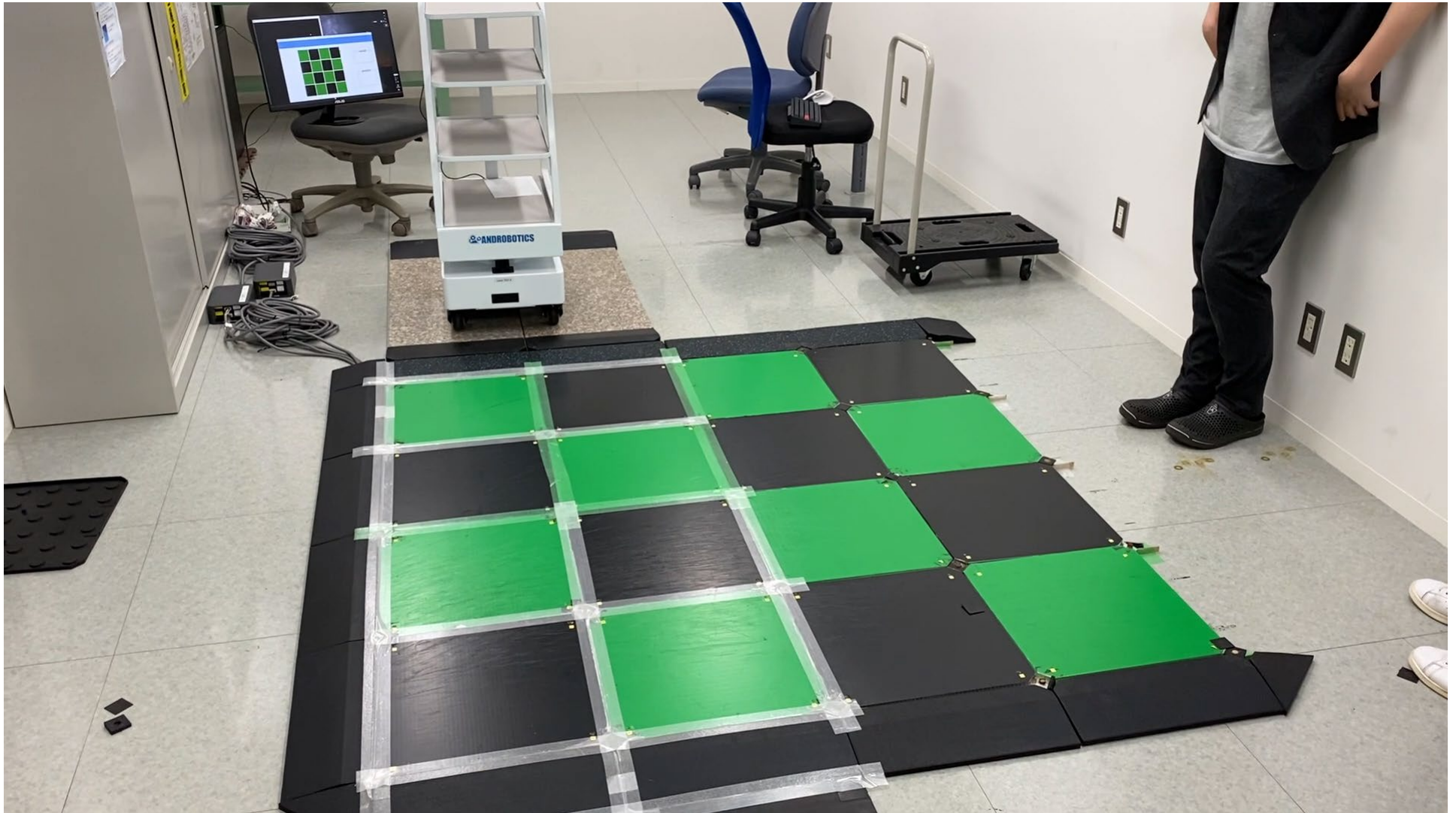


本発明

複数の移動体が、
自他の移動体と人の
位置データに基づいて、
自らの移動を制御可能な
位置検出システム、
位置検出サーバ、
位置検出方法、
プログラムを提供

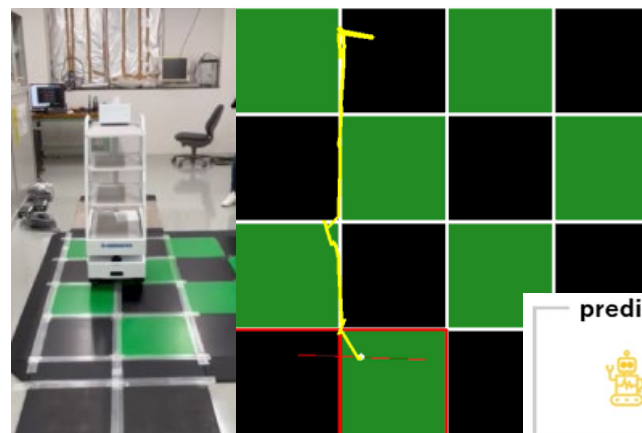
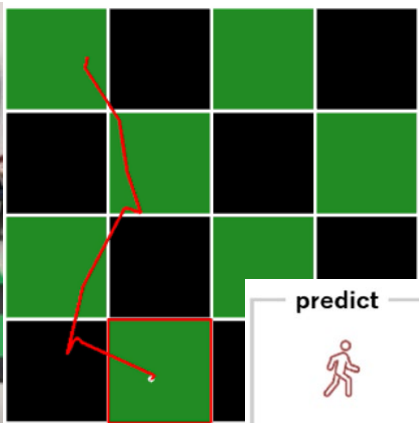
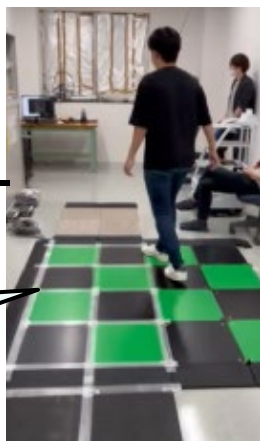
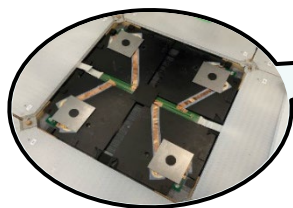
JST戦略的創造研究推進事業 さきがけ「柔構造制御に基づく機能性圧電ポリマーの創製」JPMJPR16R4 (2016 - 2019)
 中嶋宇史, “機械学習と振動エネルギーハーベスティングを活用した診断系エッジデバイスの開発”,
 第67回応用物理学会春季学術講演会13a-A301-4, 2021/3/13

センサフロア動画



ヒトとロボットの位置と属性情報取得

圧電センサ
で広域をカバー



- ヒトとロボットの位置の動的情報
- ヒトの属性情報(子ども/大人、ケガの有無、荷物の有無など)

ロボットのセンサを減少→低コスト化
ロボットの位置の高精度化

センサフロアの活用展開



3 すべての人に健康と福祉を



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



11 住み続けられるまちづくりを



薄くて柔軟なマトリクスセンサフィルム

柔軟な圧電センサーの必要性

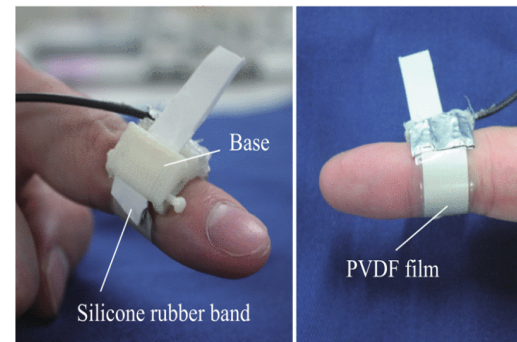
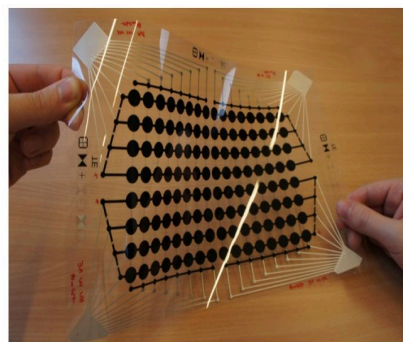
高分子圧電フィルム

- 柔軟性, 成形加工性, 感度



ウェアラブルデバイスや、
触覚センサーなどへ応用されている

高分子圧電フィルムの実用事例 [1,2]



既存の咬合力測定機器の課題点

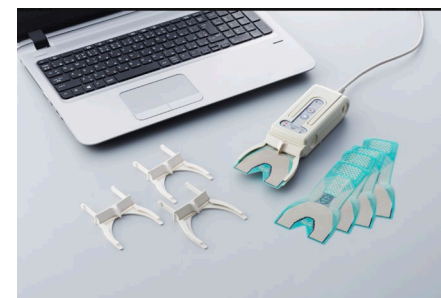
- ・ 診断は、医師の経験に左右される
- ・ 柔軟性が低い
- ・ 咬合力の時系列変化を

測定できる機器が少ない

デンタルプレスケール II [3]



T-スキャン III [4]



[1] Christian et al. PyzoFlex: printed piezoelectric pressure sensing foil. In: *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*. 2012. p. 509-518.

[2] Tanaka et al. Wearable skin vibration sensor using a pvdf film. In *2015 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, 2015. p. 146-151.

[3] 株式会社ジーシー製品カタログ デンタルプレスケール II パンフレット : <https://www.gcdental.co.jp/sys/data/file/fetch/6156/> (参照 2021-12-31).

[4] 株式会社東京歯材 T-スキャン III パンフレット : https://www.shizaisha.co.jp/CMS/wp-content/uploads/2019/06/Tscan_Brochure_v0.6.pdf (参照 2021-12-31)

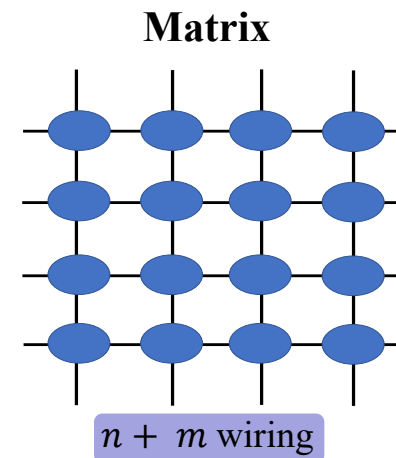
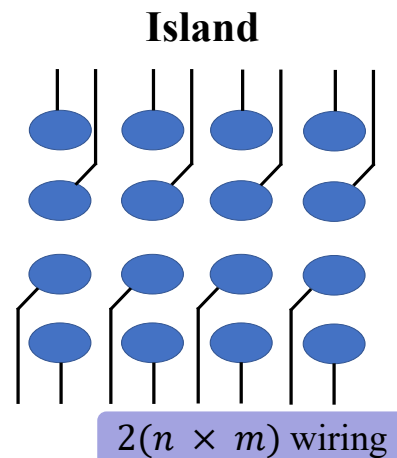
従来の圧電マトリクスセンサの問題点

一般的な圧電センサーデバイスは
Island 構造が用いられている



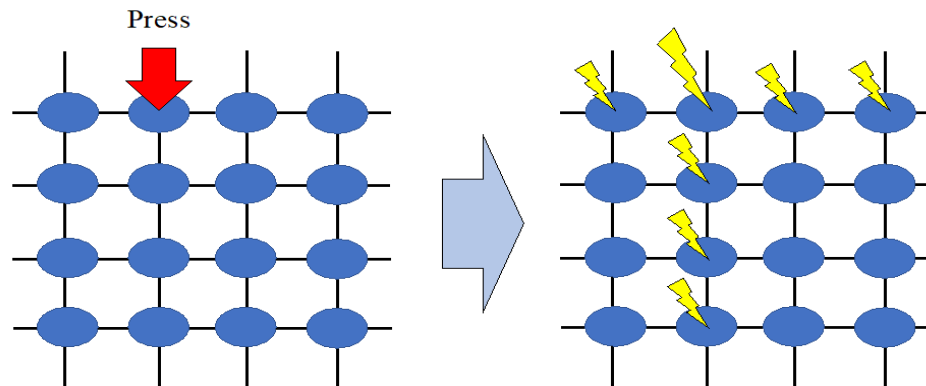
Matrix構造を採用することで

高密度化、配線数の最適化が可能に

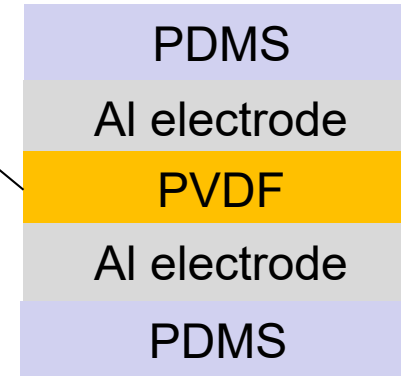
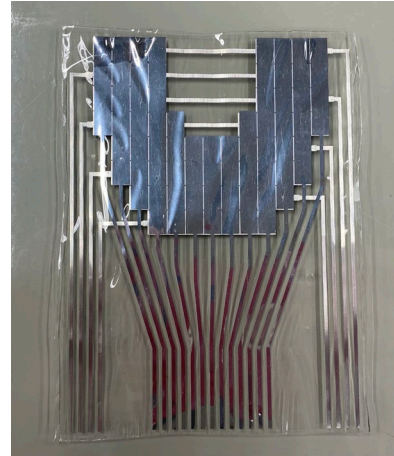
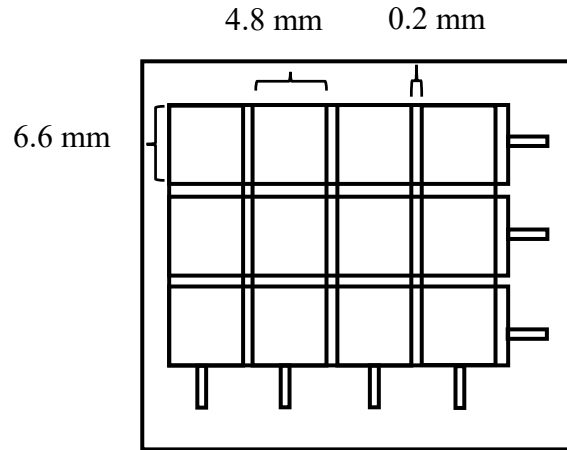


Matrix構造の課題点 : CrossTalk

素子の物理的接触が原因で、小さな信号が伝播



センサおよび回路の設計



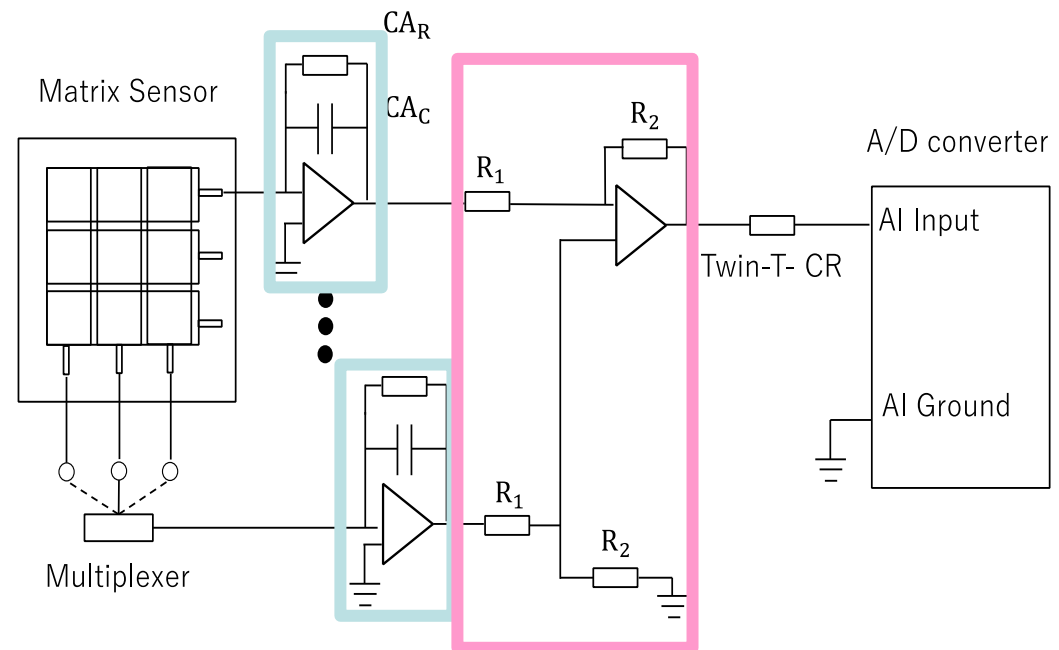
Measuring circuit

Charge Amp

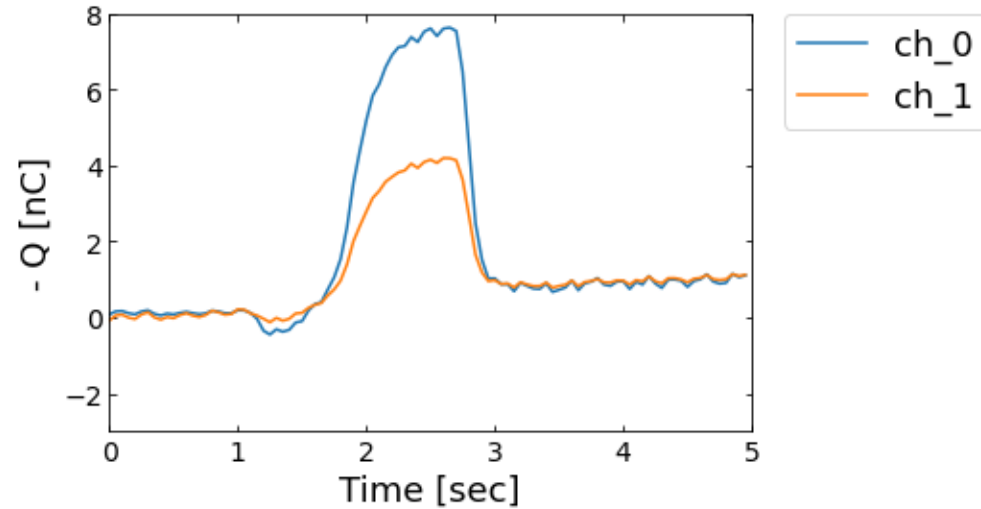
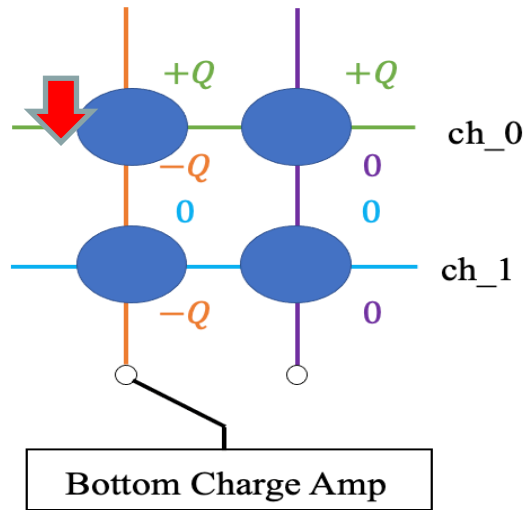
$$V_{Top} = V_{Bottom} = -\frac{Q}{C}$$

Differential Amp

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_{Top} - V_{Bottom})$$



クロストークノイズの定量化



出力 $V_{out} = \frac{1}{2} (V_{Top} - V_{Bottom})$

$$V_{ch_0} = \frac{1}{2} (+V - (-V)) = V$$

$$V_{ch_1} = \frac{1}{2} (0 - (-V)) = \frac{1}{2} V$$



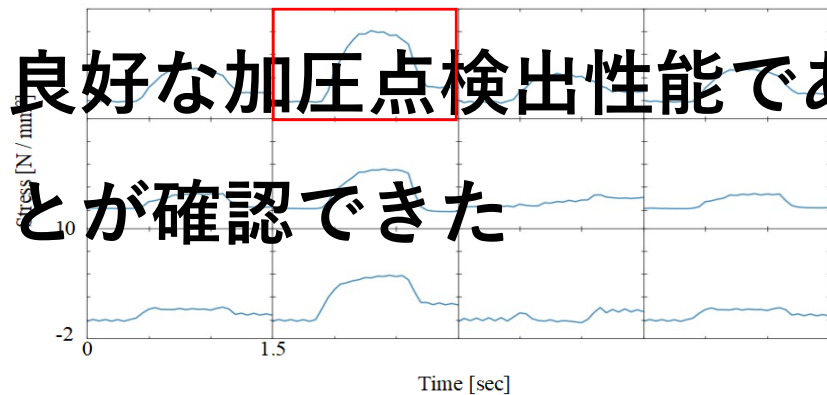
$$V_{ch_0} / V_{ch_1} = 2$$

クロストーク除去アルゴリズムの考案

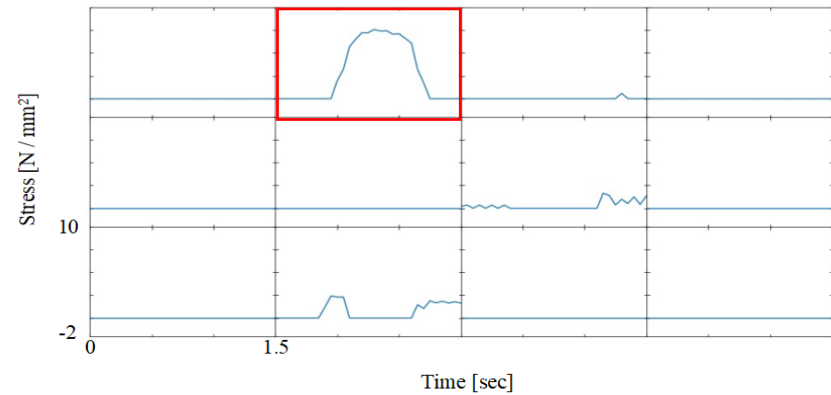
アルゴリズムの加圧点検出性能
を f1 値で評価

	f1 score
Single touch	0.84
Multi touch	0.70

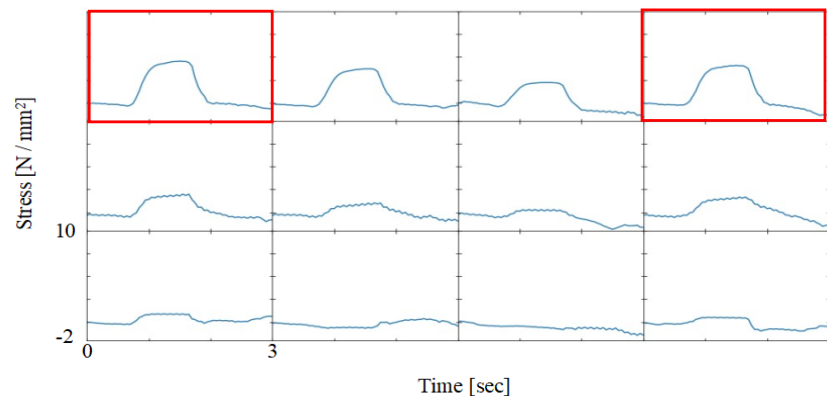
良好な加圧点検出性能であることが確認できた



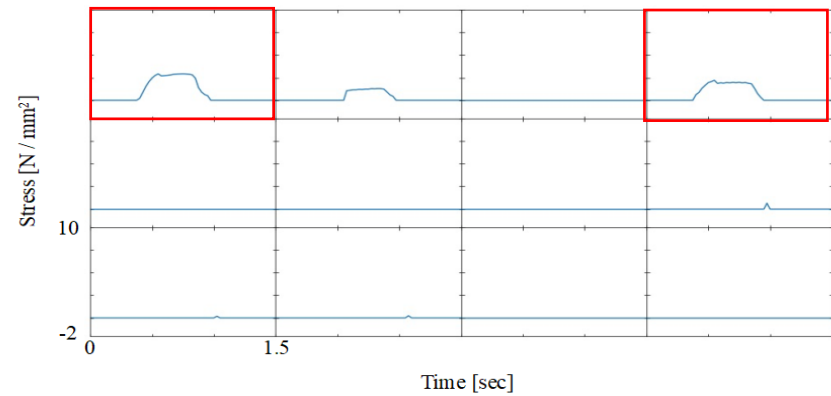
アルゴリズム適応後 (単一点加圧時)



出力信号 (複数点加圧時)



アルゴリズム適応後 (複数点加圧時)



応用例：咬合力分布計測

咬合力分布の時系列計測

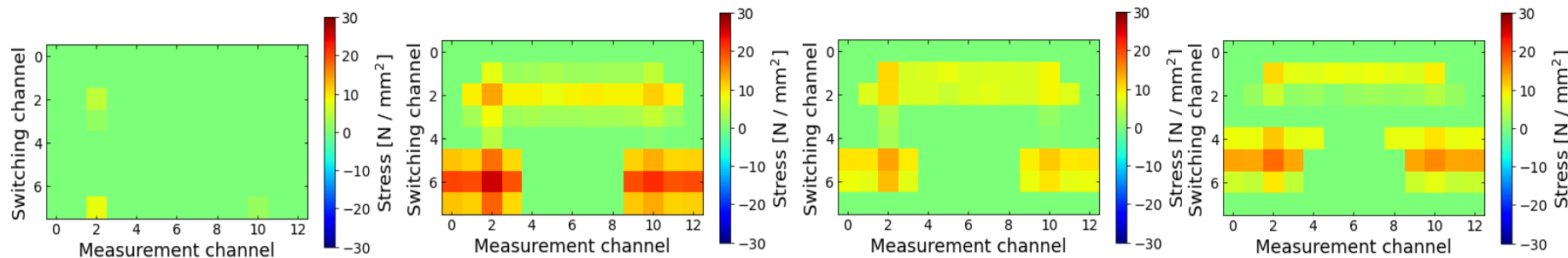
13 × 8 チャンネルセンサー を用いて咬合力時系列変化を計測した
CrossTalkを含んだ信号から、小さな変化も検出することができた

平均最適化誤差 : 3.54×10^{-2} f1 score : 0.65

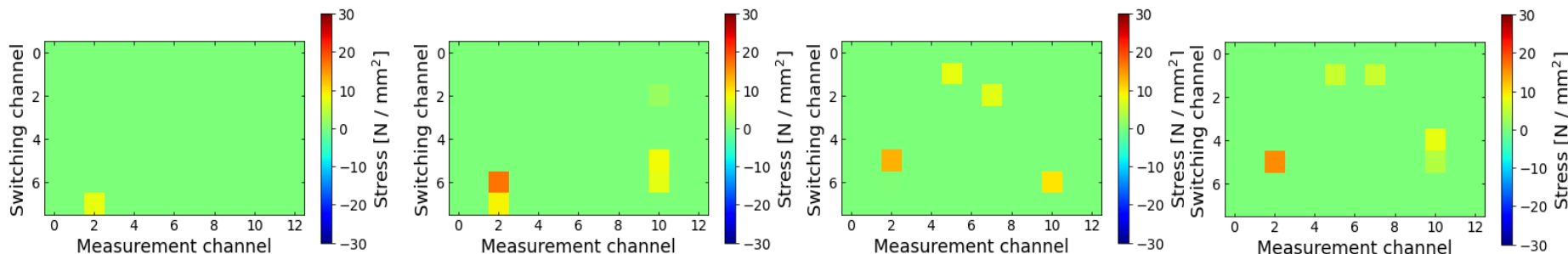
計測に使用した歯列模型



応力分布の時系列変化



アルゴリズム適応後の応力分布



0

1.6

[Sec]

技術まとめ

- 複数設置した圧電素子の信号を機械学習を用いて解析することによって、歩行者・移動体の位置や属性情報を簡便に検出する手法を開発した。低コスト、大面積が特徴。
- マトリクス構造を有する有機圧電センサシートのクロストークノイズを除去するアルゴリズムを開発した。フレキシブル、薄型、高精度が特徴。

	面積	コスト	薄さ	柔軟性	用途
圧電大面積センサ	◎	◎	○	×	センサフロア
圧電マトリクスセンサ	○	○	◎	◎	生体モニタリング

想定される用途

- ロボットと連携したおもてなしサービスの提供
- 介護施設、リハビリ施設、浴場、トイレなどプライバシー保護が必要とされる施設での見守り応用
- 路上、駅ホーム、工場内などにおける警報・警備システム
- 利用者の状況に応じた照明、音声、冷暖房等設備の自動制御
- 心拍計測、咬合力のモニタリング

実用化に向けた課題

- 床型センサについては、1m四方、mmオーダー感度をラボレベルで達成。今後は更なる大型化と現場での活用方法の開拓が課題。
- センサフロアの高耐久化、低コスト化も課題。
- 既存センサおよびロボットとの連携アルゴリズムの強化。
- マトリクスセンサについては、生体応用を目的とした実用化研究の発展。

企業への期待

- ユースケース創出に向けた実証のための共同研究
- インフラ内への設置を目的とした機能性向上のための共同研究
- ロボット等の移動体との通信方式の確立に向けた共同研究
- 生体センシング（特に触覚や咬合力等）へのマトリクスセンサの応用

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 置検出システム、位置検出サーバ、制御装置、位置検出方法、及びプログラム
- 出願番号 : 特願2022-151941
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 中嶋宇史, 長谷川幹雄, 酒造孝

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 圧力分布計測システム、圧力分布計測方法、圧力分布計測プログラム、及び差動増幅計測の測定回路
- 出願番号 : 特願2022-087189
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 中嶋宇史, 横山諒伍

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：位置検出装置、モデル学習装置、位置検出システム、及びプログラム
- 出願番号：特許第7091587号
(2022.6.20登録)
- 出願人：東京理科大学
- 発明者：山田秀祐, 中嶋宇史, 他2名

お問い合わせ先

東京理科大学

研究戦略・産学連携センター

担当URA 田中 成紀

TEL 03-5228-7440

FAX 03-5228-7441

e-mail ura@admin.tus.ac.jp