

「触覚」の検出が可能な 新たな圧力センサアレイ

北海道大学

量子集積エレクトロニクス研究センター 兼

北海道大学病院 次世代遠隔医療システム開発センター

機能通信センシング研究分野

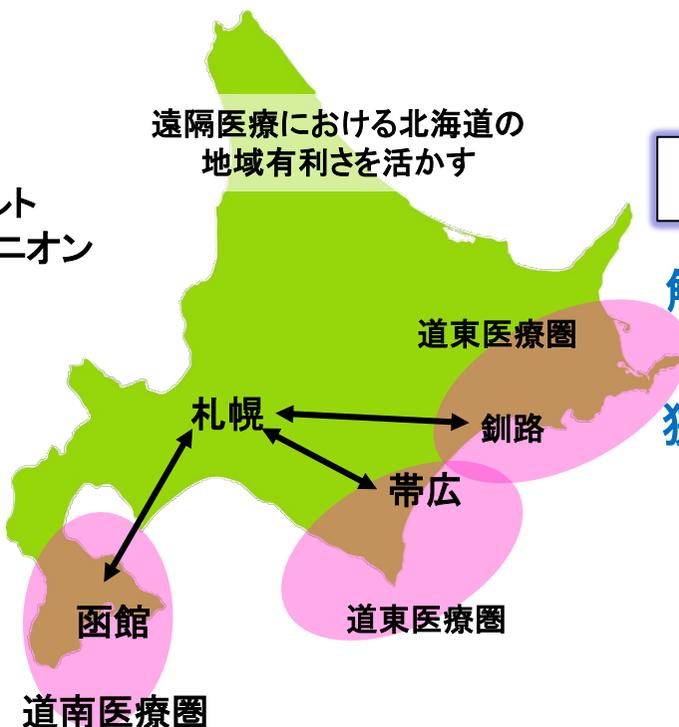
教授 兼 副センター長 池辺 将之

2023年10月5日

技術提案の背景

地域中核病院を中心とした広域高度先進医療体制の構築

目指すべき遠隔診療体制



遠隔医療の絶対的な課題

触診不可: 患部の状態把握が不可
(高度診断が困難)

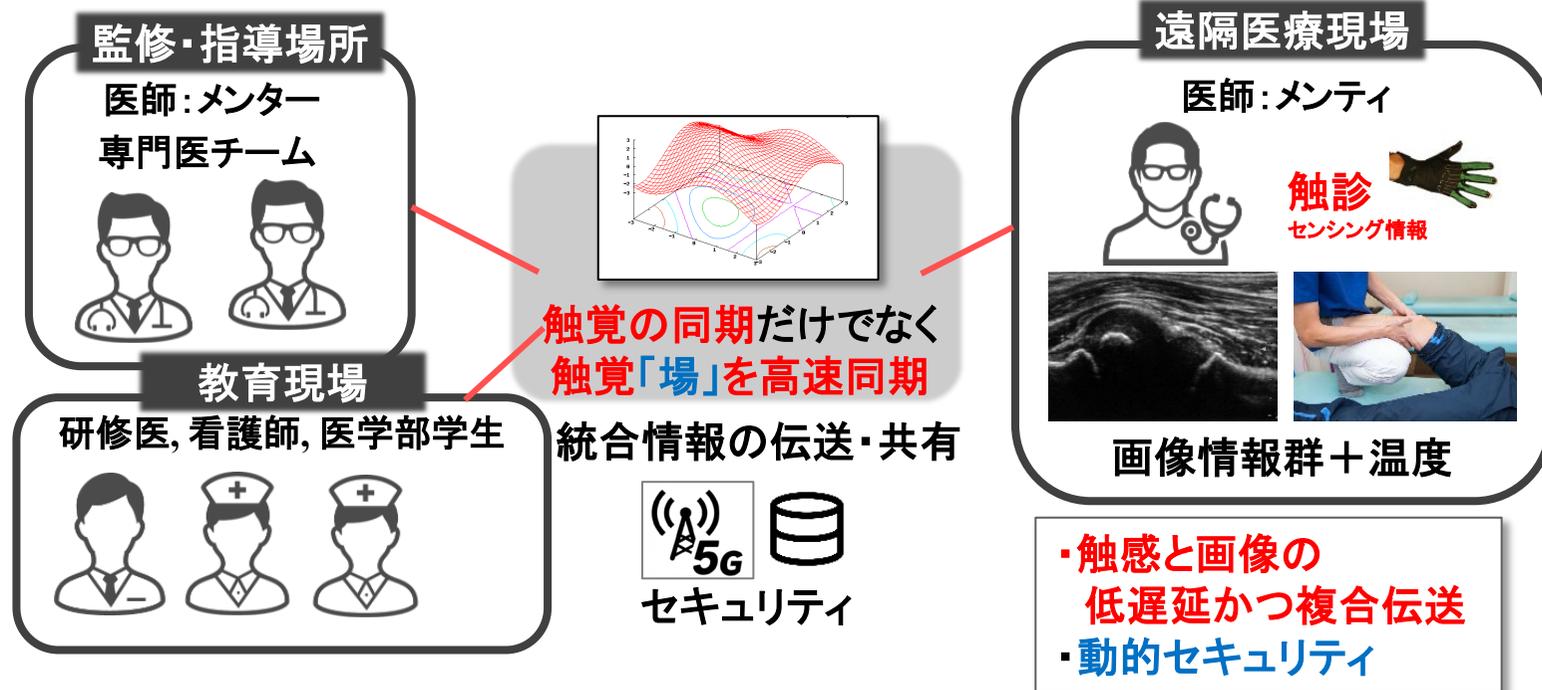
狭視野角: 患者全体像の欠落
(診断ミス)

ポストコロナに合わせ、遠隔医療のあるべき姿と
問題点を明確化し要素技術を確立する

解決したい現状の問題点

遠隔医療において「触診」は未知の分野

ロボットを通した伝達手段は、触診の形態と大きく異なる⇔解が無い
対象への触覚伝送のみから対象の触覚場を遠隔で生み出すへ

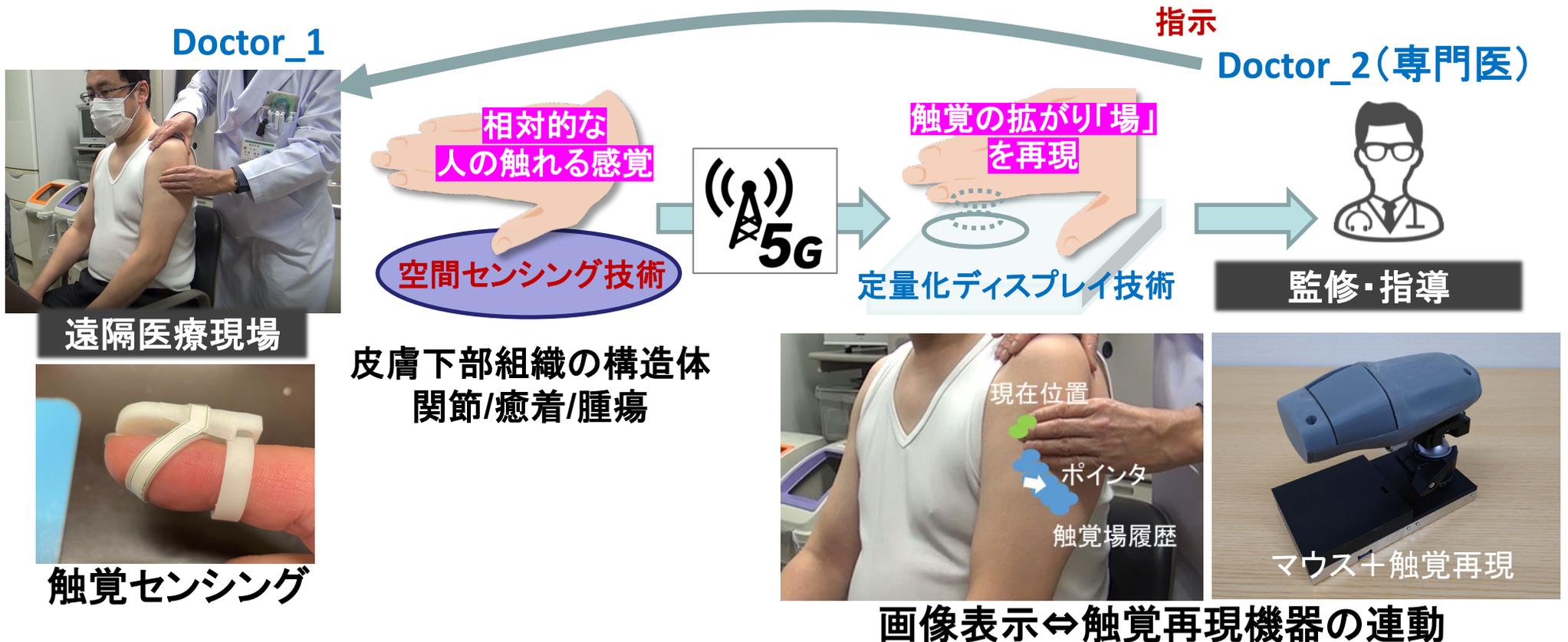


3

現状の触覚ディスプレイは大掛かりで現場に適さない
医師監修のもと、認知科学を活用して、触覚+温度+画像のセンシングを実現

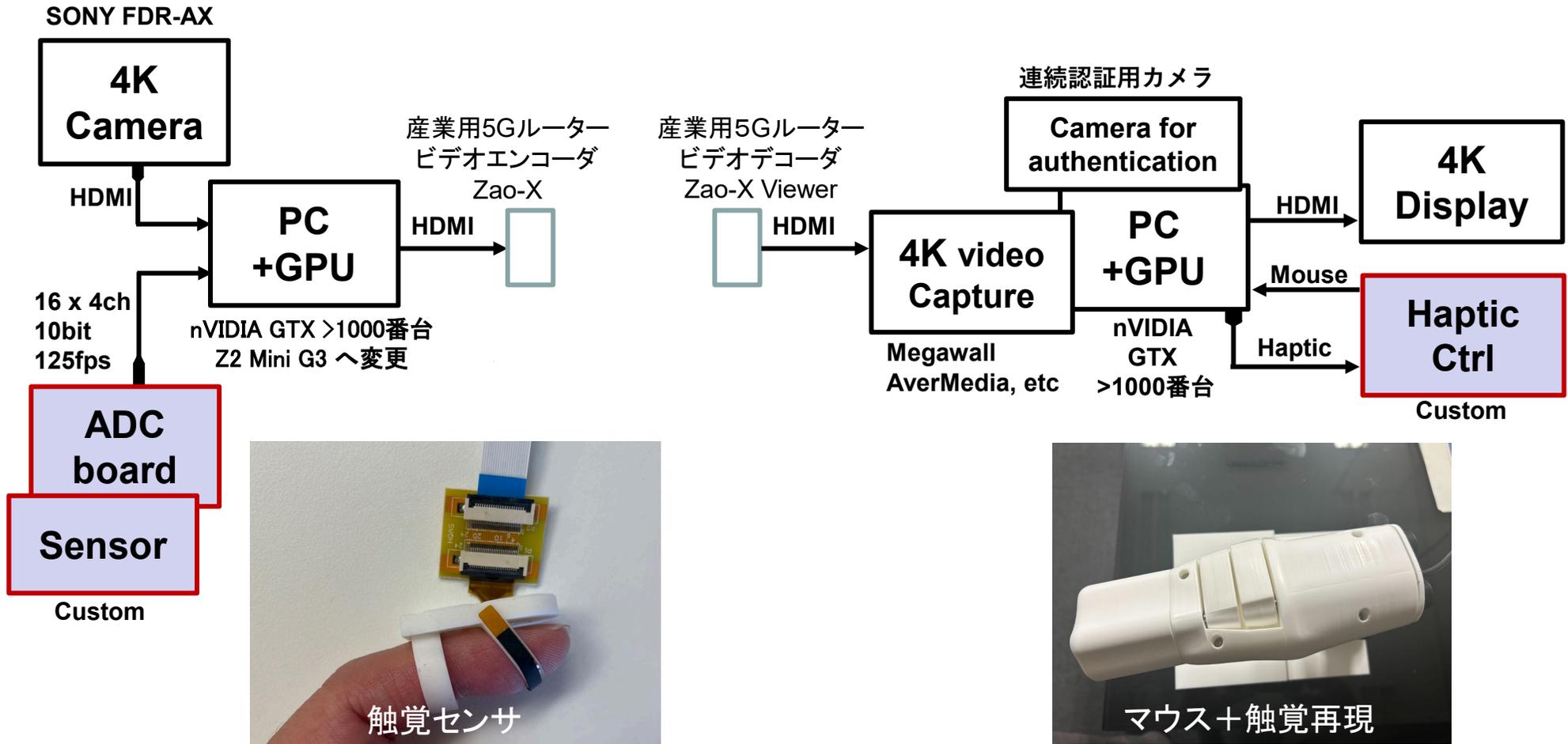
問題の解決手段

本プロジェクトの遠隔触診
整形外科分野によるDoctor to Doctor診療
Doctor_1の診療画像/触覚⇒Doctor_2への画像+触覚再現



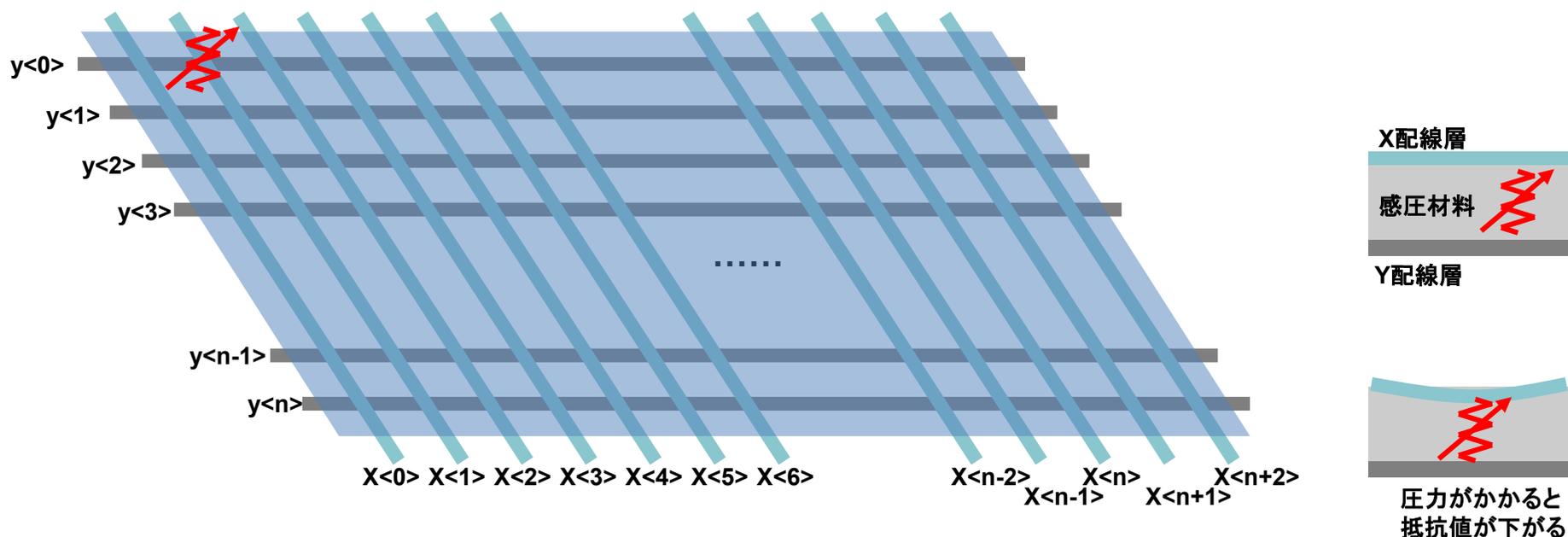
問題の解決手段

本プロジェクトの遠隔触診



ピッチ<1mmの 48ch.高解像度センサアレイとAD変換・読み出し機器を開発
マウス機能を有する触覚再現器(弾性/粘性の再現)を開発

圧力センサアレイ構造(通常)

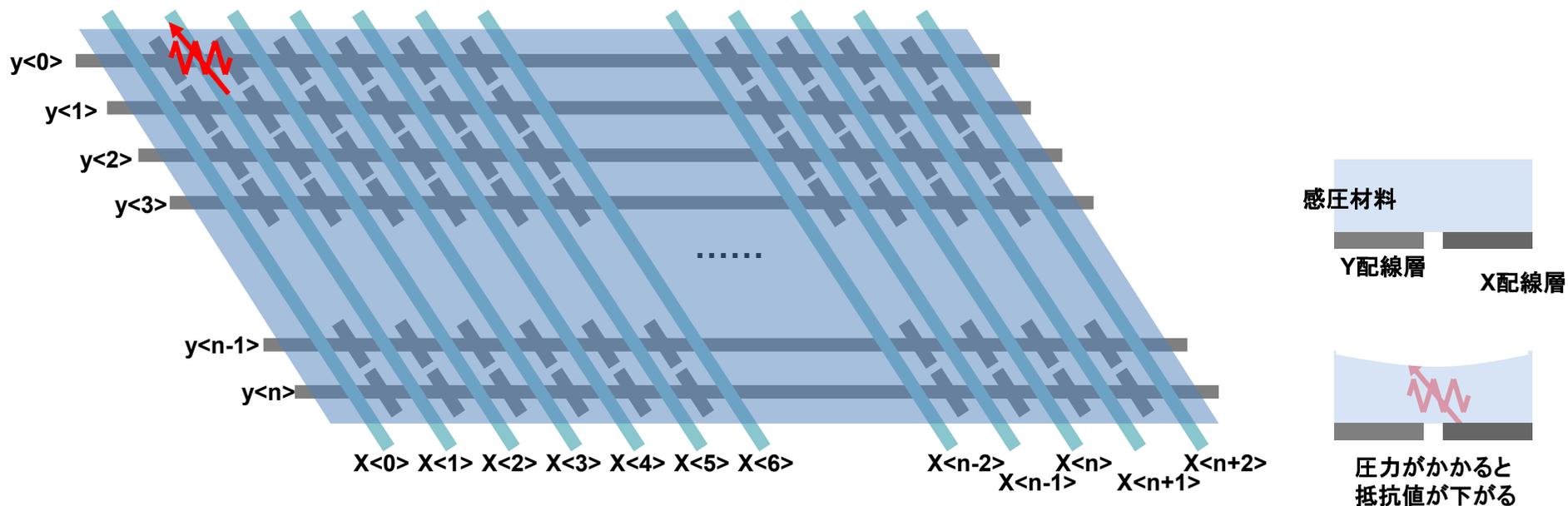


感圧材料を可変抵抗とみなして配線層を2層必要としてサンドイッチ構造として感圧材を挟む必要がある

または、各配線にスイッチ素子を組み込む必要がある

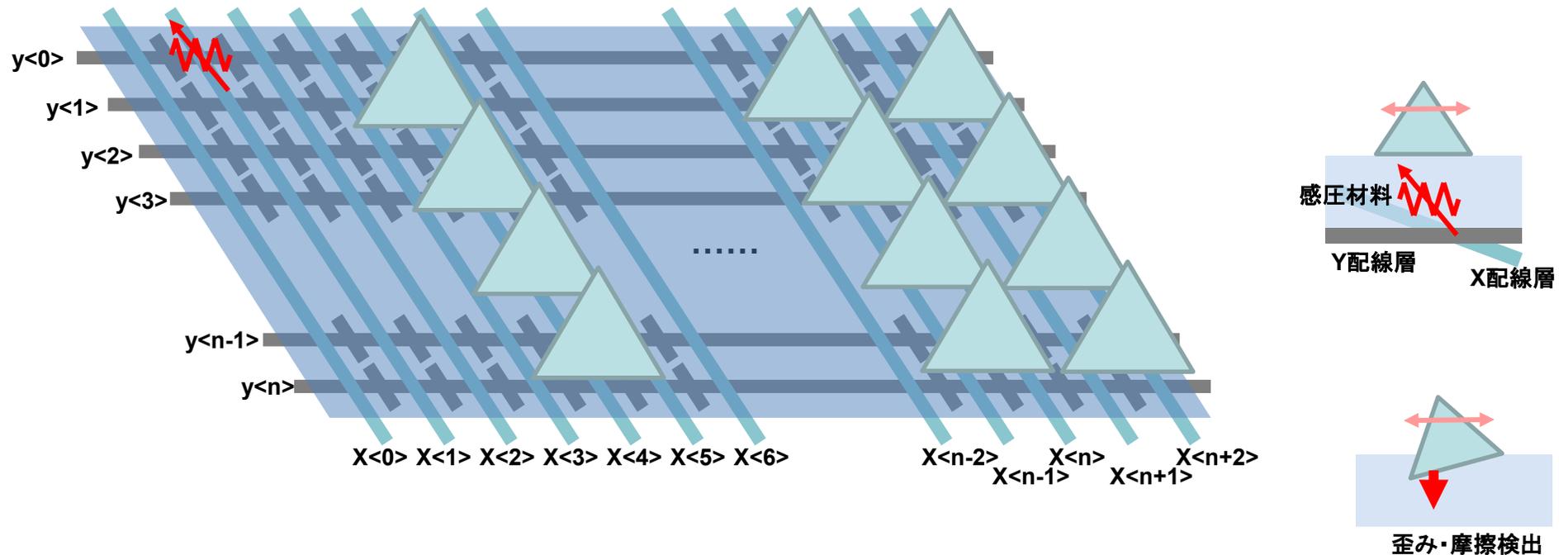
⇒大面積の圧力センサアレイを実現:印刷への型版が重要

圧力センサアレイ構造(本手法)



感圧材料を可変抵抗とみなして配線層を下層にまとめ感
圧材を上層に乗せればよい
ただし、パターンニングと配線駆動に工夫が必要となる。

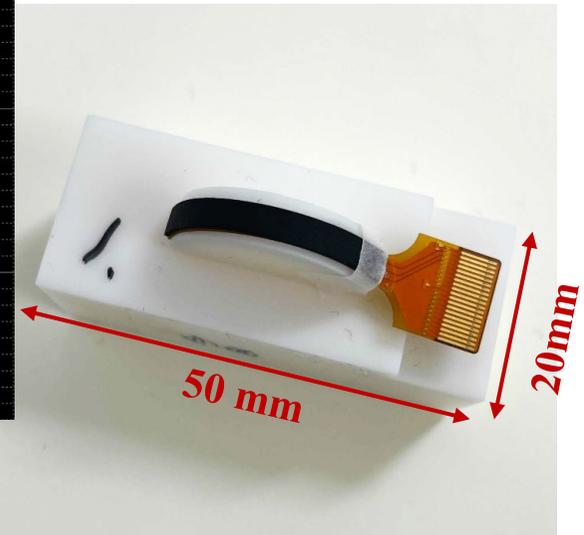
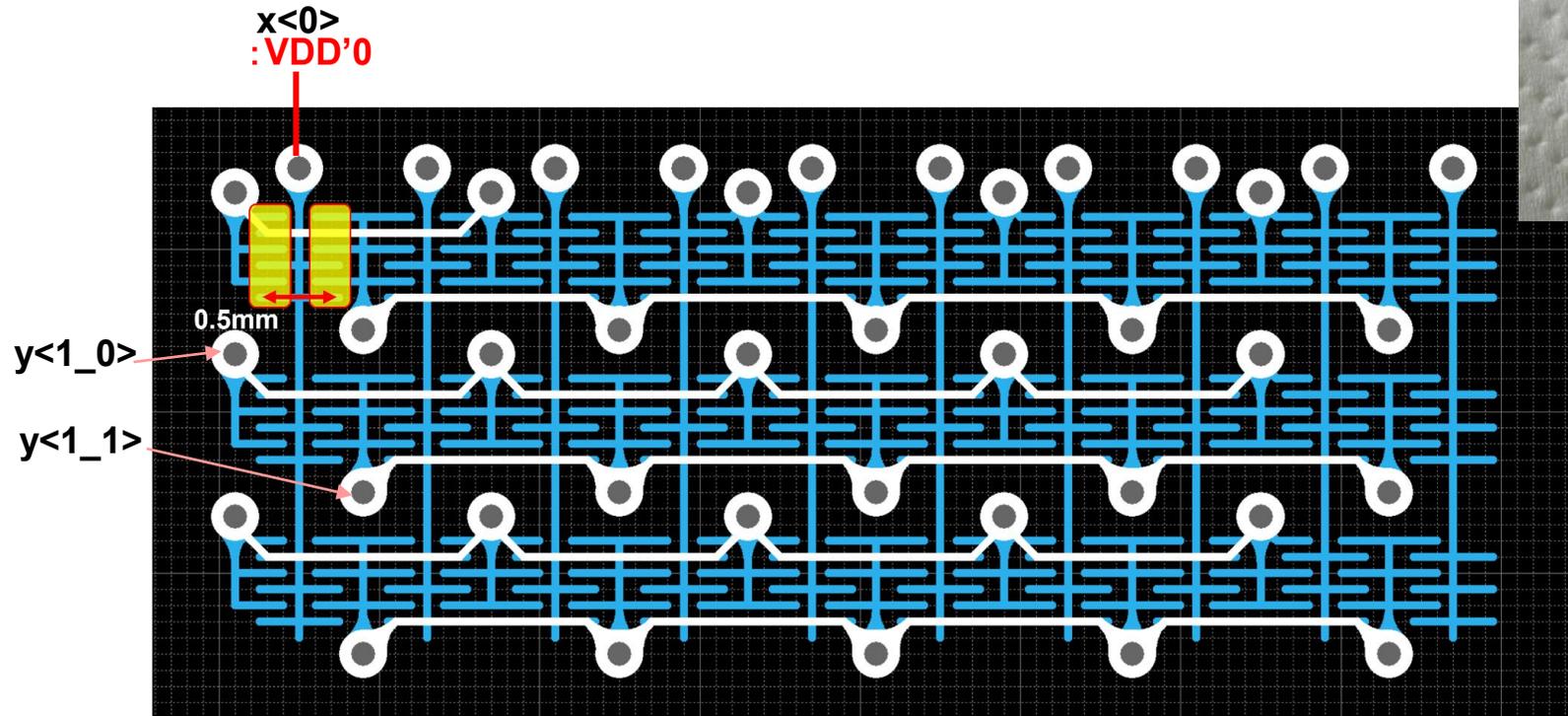
圧力センサアレイ構造(本手法)



表層加工も可能で、表層加工は感圧材を直接圧迫できる
(歪み・摩擦検出可能)。

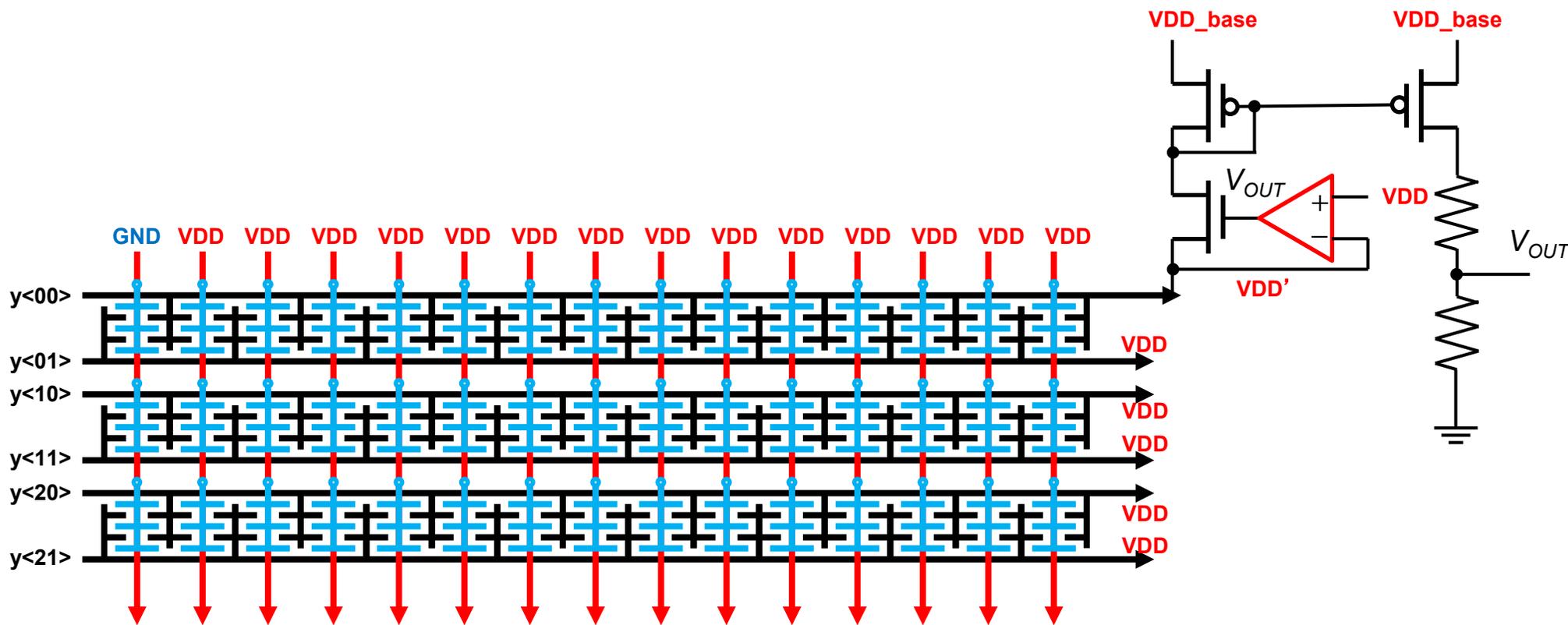
人間の指紋のような加工も可能(容易化)。

パターン例およびセンサのサイズ感



このパターンでは、青パターンが上層、白が下層

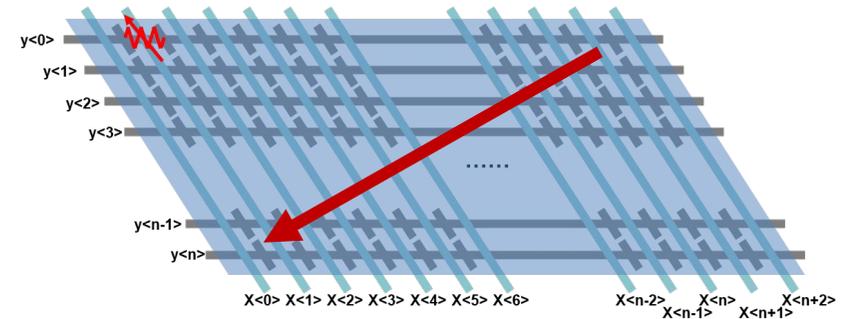
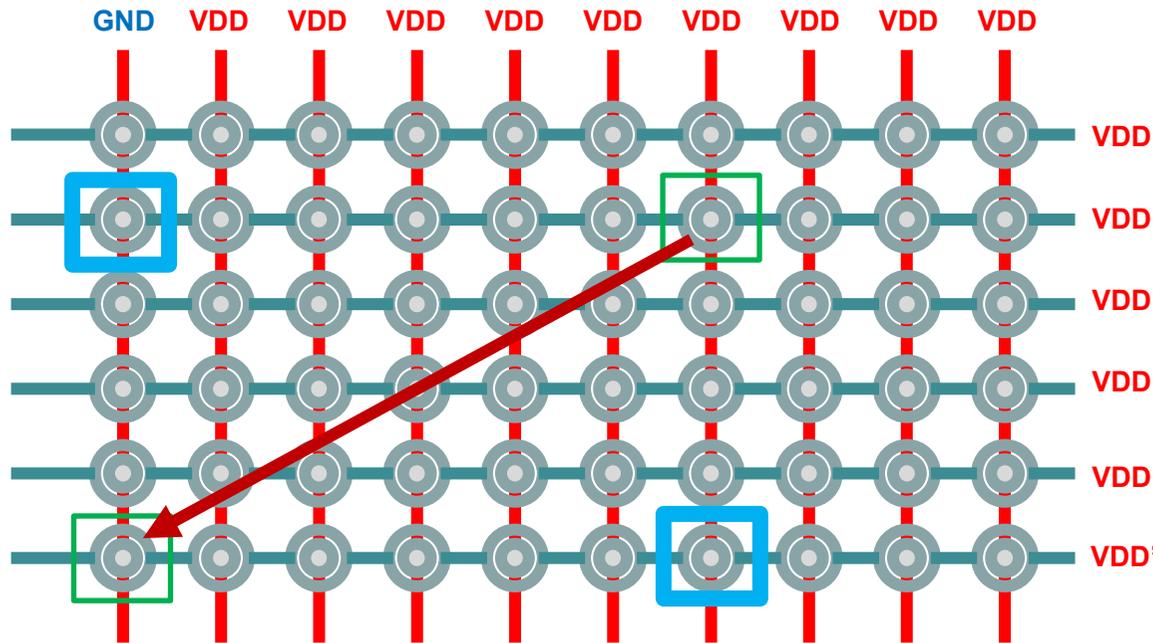
読出し回路(逐次読み出し例: 3x14ch)



GNDでアドレス指定されたセンサ部のみVDD'⇒GNDの電流パスができる
負帰還でVDD'を作るソースフォロアが形成され、そこに流れる電流を
PMOSカレントミラーにより別ノードへコピーして同じ電流を流す。

その電流を電圧に変換してからA/D変換する
列をGND⇔VDDで走査、行は読み出し回路⇔VDDを走査

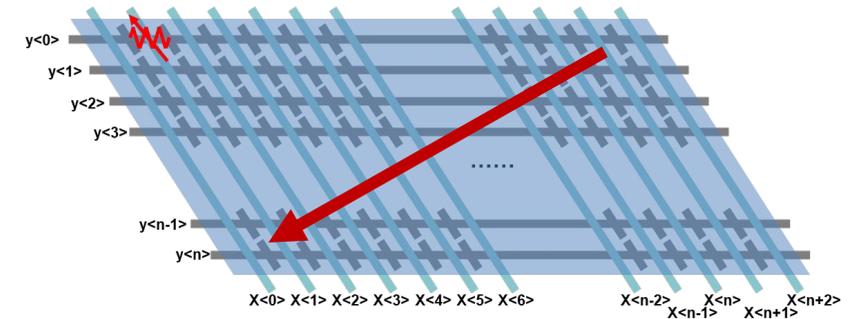
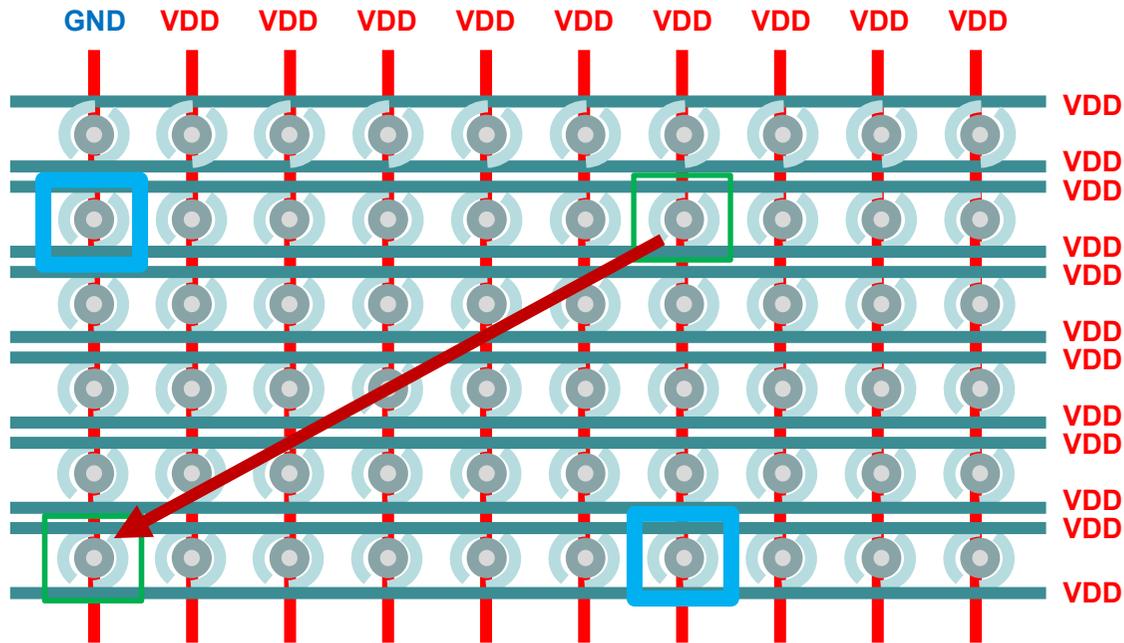
ゴーストの起きないパターン形成



感圧材による
リークパスとゴースト

このパターンは、上層に感圧材を載せたとき
ターゲット(緑枠)の圧力以外の電流パスをシールドにより遮断する役目を持つ
このパターンでは、青黒が上層、赤が下層

ゴーストの起きないパターン形成



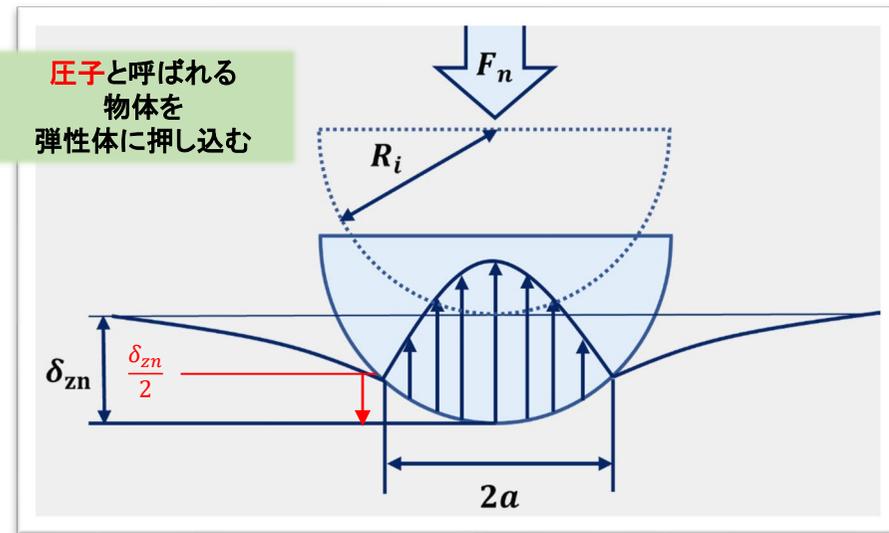
感圧材による
リークパスとゴースト

このパターンは、上層に感圧材を載せたとき、解像度が2倍となる。
ターゲット(緑枠)の圧力以外の電流パスをシールドにより遮断する役目を持つ
このパターンでは、青黒が上層、赤が下層

深さ・応力を瞬時に取得する

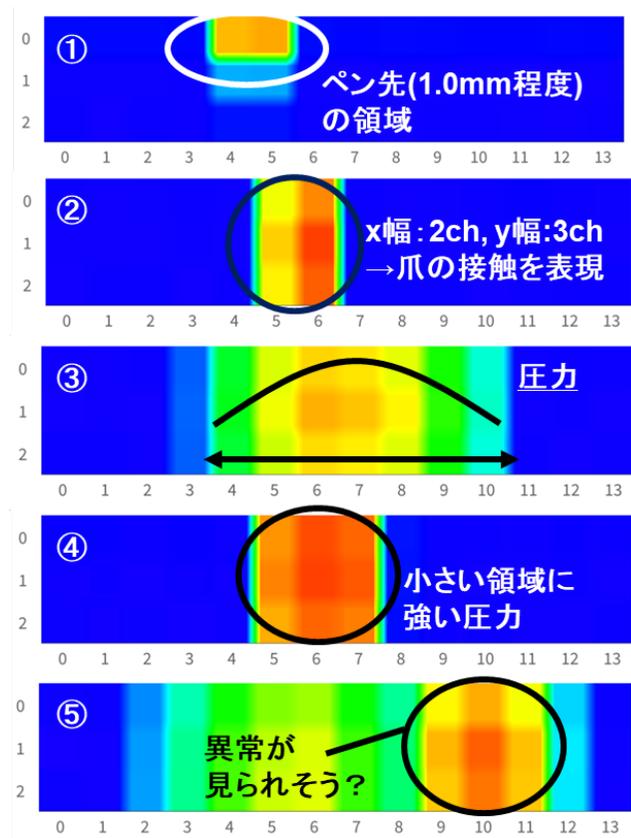
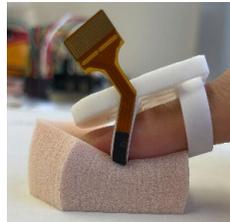
- 指型圧力センサデバイスを用いて圧子物理にて深さ計測
 - 圧子の形状により分布から深さを求めることができる
(静止画で弾性、動画で粘性取得: 800 frame/sec)。

圧子物理による深さ・応力同時測定



弾性力

$$E^* = \frac{3}{4} \frac{F_n}{\sqrt{R_i \delta_{zn}^3}}$$



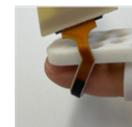
ボールペン



爪の先



人工皮膚



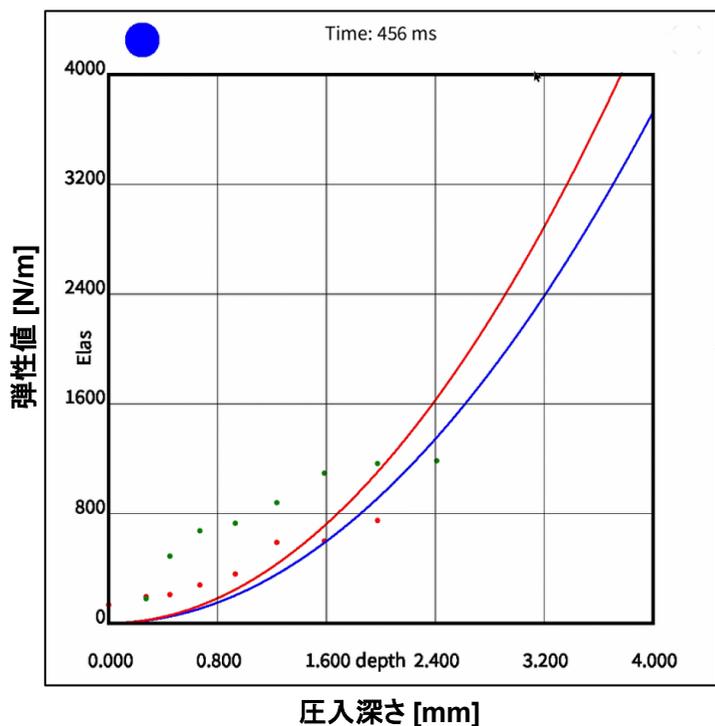
コンクリート



人間の皮膚

粘性の取得

➤ 押す・離すの動作時間と深さ・応力の関係から粘性を求める



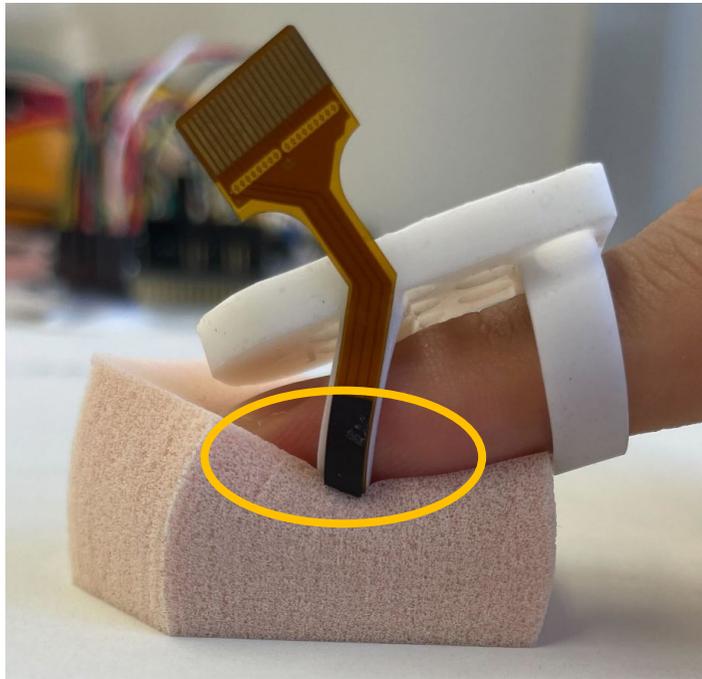
スポンジのような材質は粘性あり
(押圧後に復元に時間がかかる)

アレイセンサによる動画を取得
押す・離すの時間変化を解析し
それぞれの応力/深さ変化から
粘性も解析できる。

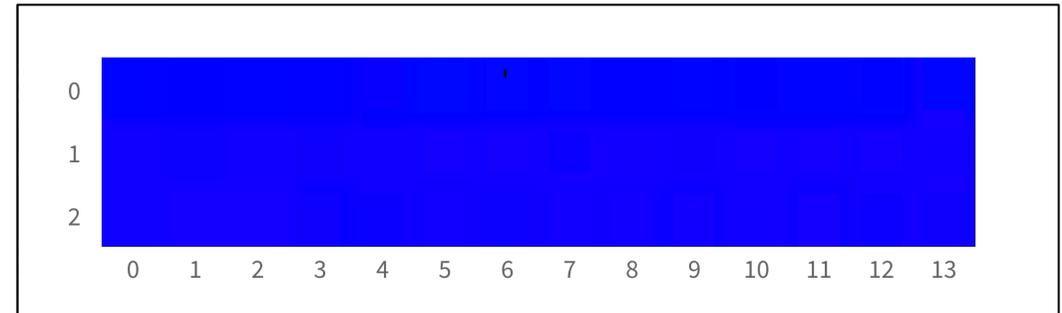
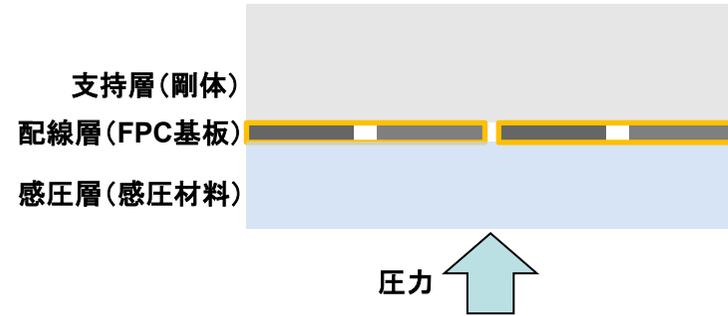
本解析には、フレーム取得時間
(サンプリング時間)も重要な
パラメータとなる。

センサの高感度化

- パフやスポンジなどの**柔らかい物へのセンシング**に難あり:
化粧用のパフにて確認



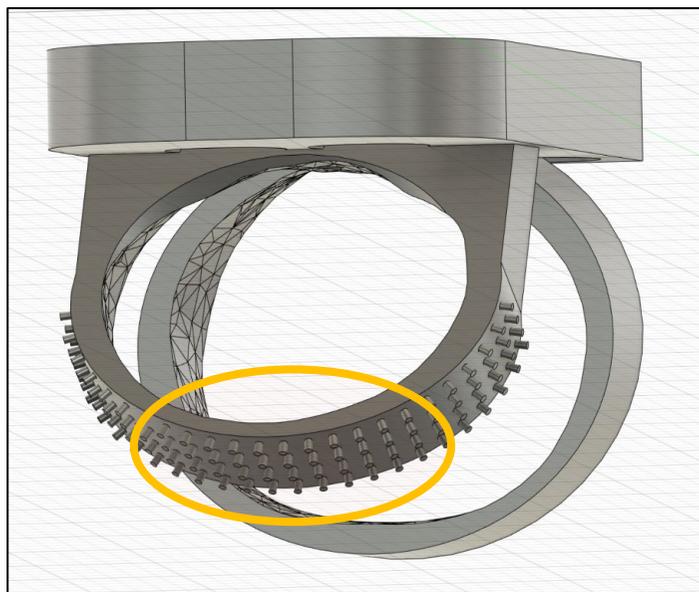
物体が柔らかいため早く変形
→力が指腹全体に分散されるため**応力が小さい**



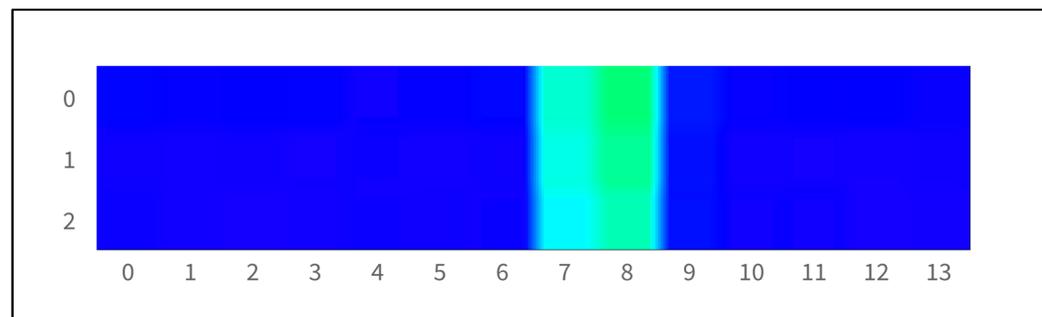
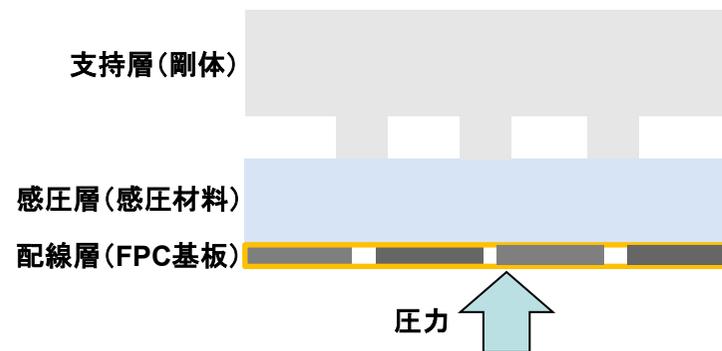
圧力の検出が難しい
→**センサの高感度化**が必要

センサの高感度化

➤ 圧子に突起機構を追加：微小圧力の検出に対応



圧子に直径0.3mm、
長さ0.5mmの円柱型突起
→指にかかる応力が小さくても**圧力大**



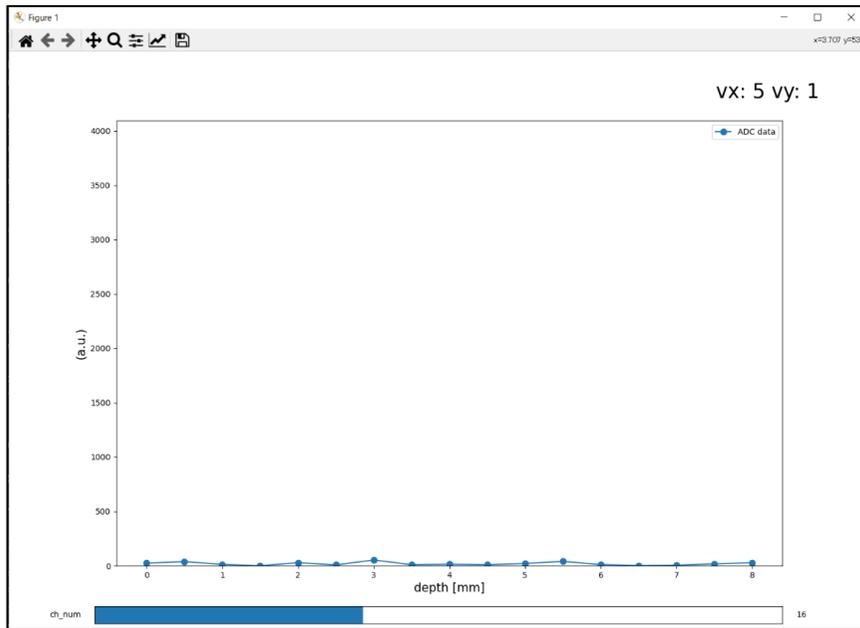
パフのような**柔らかい物体**でも圧力検出が可能

圧力アレイセンサ試験材料：化粧用パフ

- 0mm~8.0mm, 0.50mm間隔で測定
- 突起なし圧子の場合

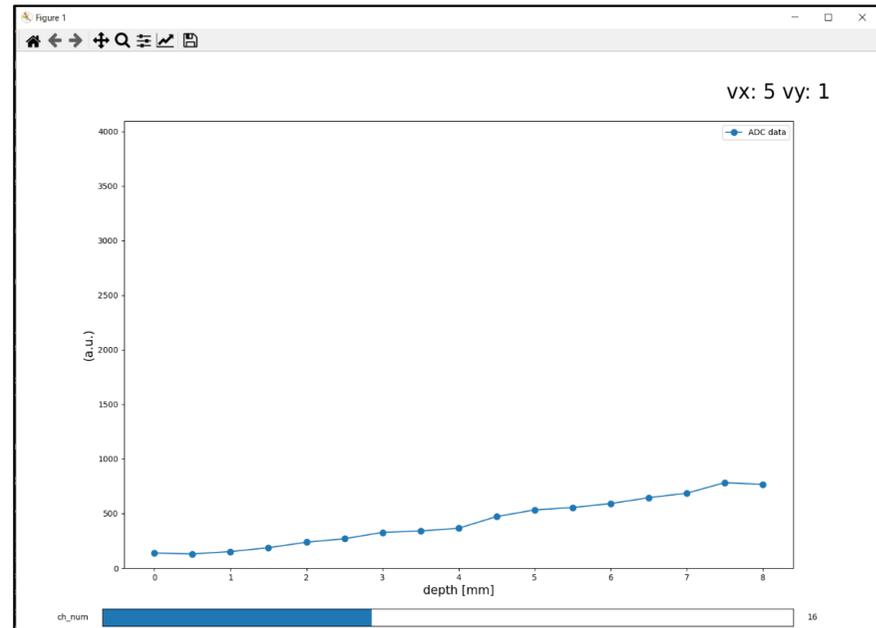


アスカー硬度FP相当
縦軸：センサデータ(12bit@3.3V)
横軸：圧入深さ [mm]



ほぼ検出ができない

突起あり圧子の場合



突起による感度向上を確認

→ **ゴム貼付、突起サイズによる感度UP**が期待

従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、印刷技術によるものがあるが、圧力センサは試作により製品を仕上げていく必要がある。

印刷の場合、最低数の確保が非常に高コストである。同様に半導体プロセスを用いたものも非常に高コストであり、広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来は、2層によるサンドイッチ構造のため感圧材の入れ替えや特殊加工が難しかった。
- 従来は、深さを同時に取得できないため、物体の弾性・粘性をリアルタイムに取得できなかった。
- 本技術の適用により、感圧材と支持基板を分離できるため、製造コストが1/10程度まで削減され、最速で試作できることが期待。
- 実時間の物体の弾性・粘性を取得できる。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、センサの試作を考慮したアジャイル開発への適用。
上記以外に、簡便・低コストな読み出し機器で圧力分布の動画を取得可能である。
- 医療・ヘルスケアやエンターテインメント、感覚の共有など応力分布が必要な様々な応用に適用可能である。

実用化に向けた課題

- 現在、センサHW化、Bluetooth化、SWによる読み出し・表示が可能のところまで開発済み。手首腱筋の情報取得とポーズ・ジェスチャなどAIの組み込みも開発済み。
- しかし、パッケージ封止が未解決。
- 今後、封止について実験データを取得し、医療クオリティ（整形外科）に適用していく場合の条件設定を行っていく。

企業への期待

- 未解決の封止については、薄膜パッケージ化技術により克服できると考えている。
- 触覚・圧力センサ応用について試作に踏み切れない状態を低コストに打開できる。

よって、本発明を商用利用して下さる技術移転先を希望する。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 圧力センサ及び遠隔圧力検出システム
- 出願番号 : 特願2023-146043
- 出願人 : 国立大学法人北海道大学
- 発明者 : 池辺将之、野津綾人

産学連携の経歴

- 2006年-2008年 NEDO若手研究グラントに採択
- 2007年-2008年 JSTシーズ発掘試験に採択
- 2015年-2018年 総務省SCOPEに採択
- 2020年-2021年 NEDO AIチップ事業に採択
- 2020年-2023年 NEDO ポスト5G事業に採択

お問い合わせ先

北海道大学 産学・地域協働推進機構
産学協働マネージャー 中田 昌宏

産学・地域協働推進機構 ワンストップ窓口

<https://www.mcip.hokudai.ac.jp/about/onestop.html>