

手術トレーニングのための 熟練手技可視化技術



弘前大学医学部附属病院 胸部心臓血管外科

助教 小渡亮介

弘前大学大学院 理工学研究科

准教授 藤崎和弘

チームメンバー：長井力、矢野哲也、陳曉帥 他

外科(特に心臓血管外科)医の世界は寿司職人の世界?!

心臓血管外科医

外科修練3年、心臓血管外科修練5年※、修行一生!

※初期研修終了後の年数で、新専門医制度では心血管は4年に短縮

寿司職人

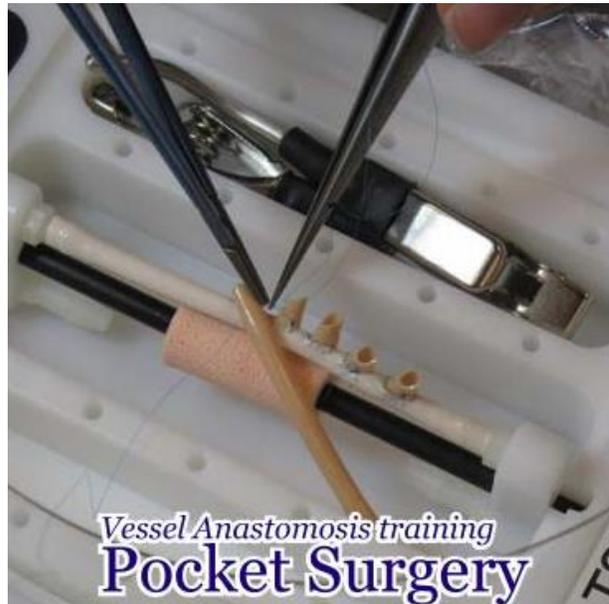
シャリ焼き3年、合わせ5年、にぎり一生!

見て盗む？

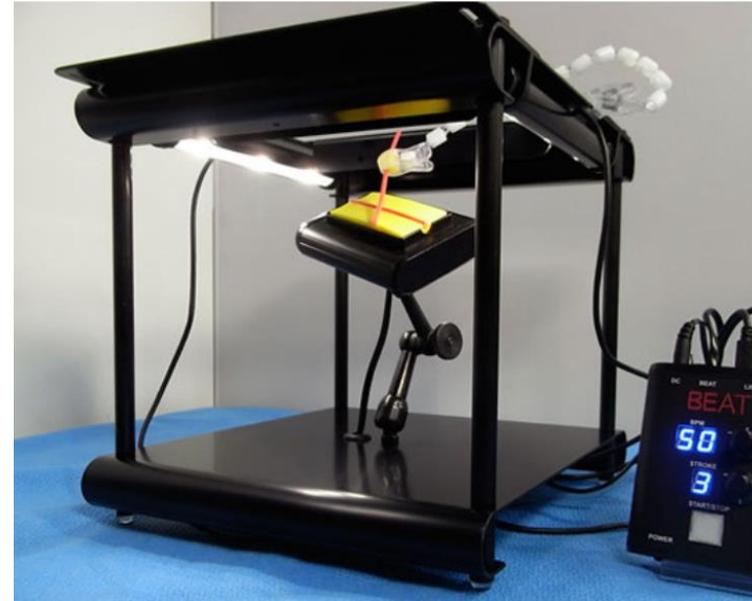
- 心臓血管外科の世界には教育プログラムは存在しない
→天才か秀才,いい環境に身を置く者だけが成り上がってきた?!

自己修練(自主トレ)→ティッシュを縫う,金魚すくいのポイを縫う,鶏むね肉を縫う…

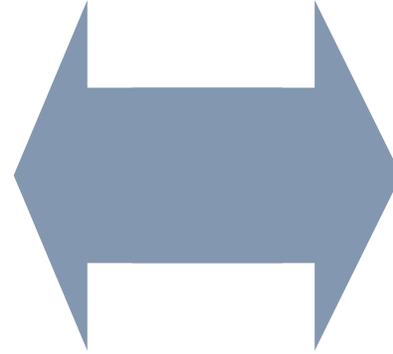
徐々に練習器具が...



GEO JAPAN
3 mmの血管を吻合する
血管吻合キット
(12万円)



BEAT (EBM株式会社)
2mmの血管を吻合する
冠動脈バイパストレーニングキット
(50万円)



○カメラを使用する手術や手技
→共同視野を利用した
シミュレーション技術の発達

○心臓外科などの直視下手術
→シミュレーション技術が未発達

直視下で行う心臓手術でもトップサーजन目線の共同視野でトレーニングが行える

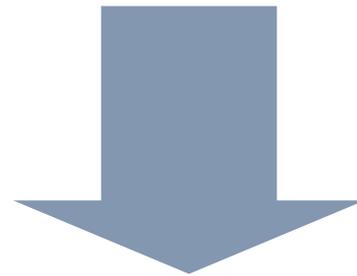
VR手術トレーニングシステムを作成する

従来技術の問題点

- そもそも指導が思うように受けられない体制
- 練習するための道具はあるもののフィードバックが得られない
- なんととっても心臓血管外科の世界はブラックボックス

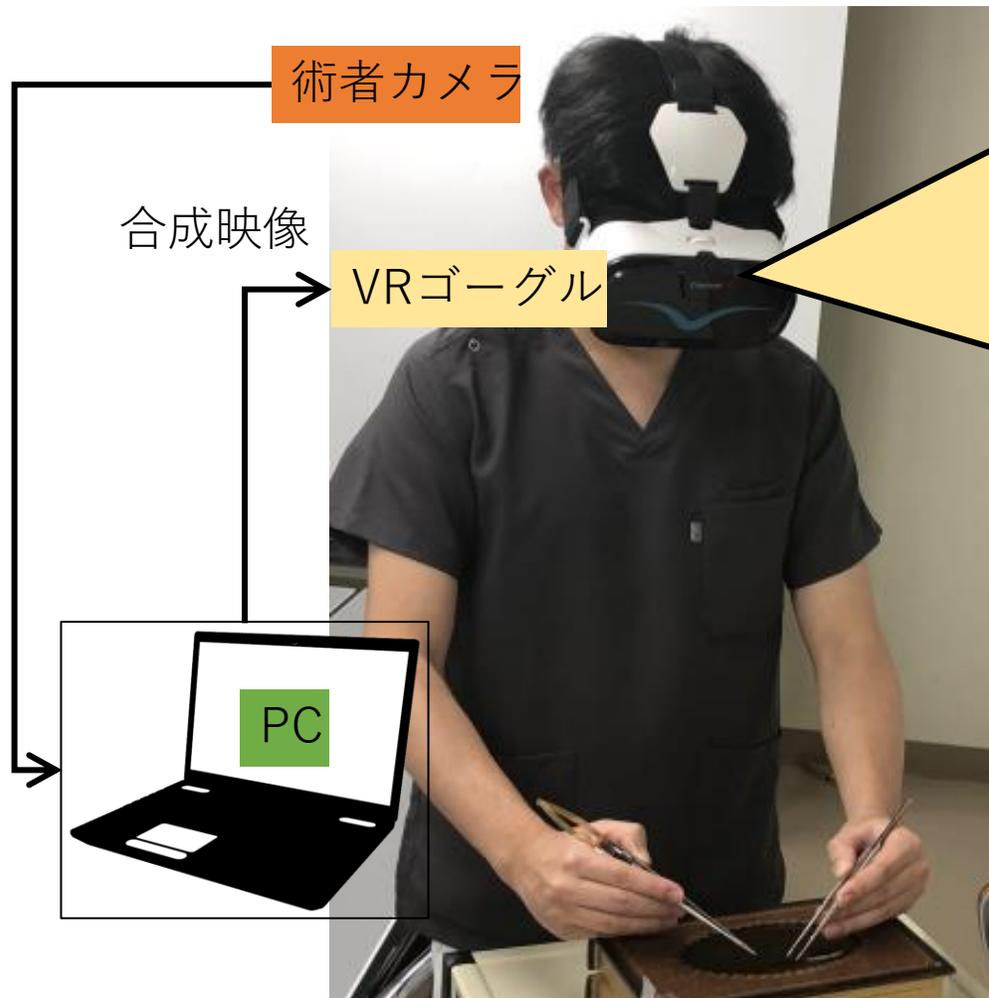
新技術の特徴

- 1 見本映像に合わせてトレーニングができる
- 2 手技の際の筋活動を可視化して確認できる



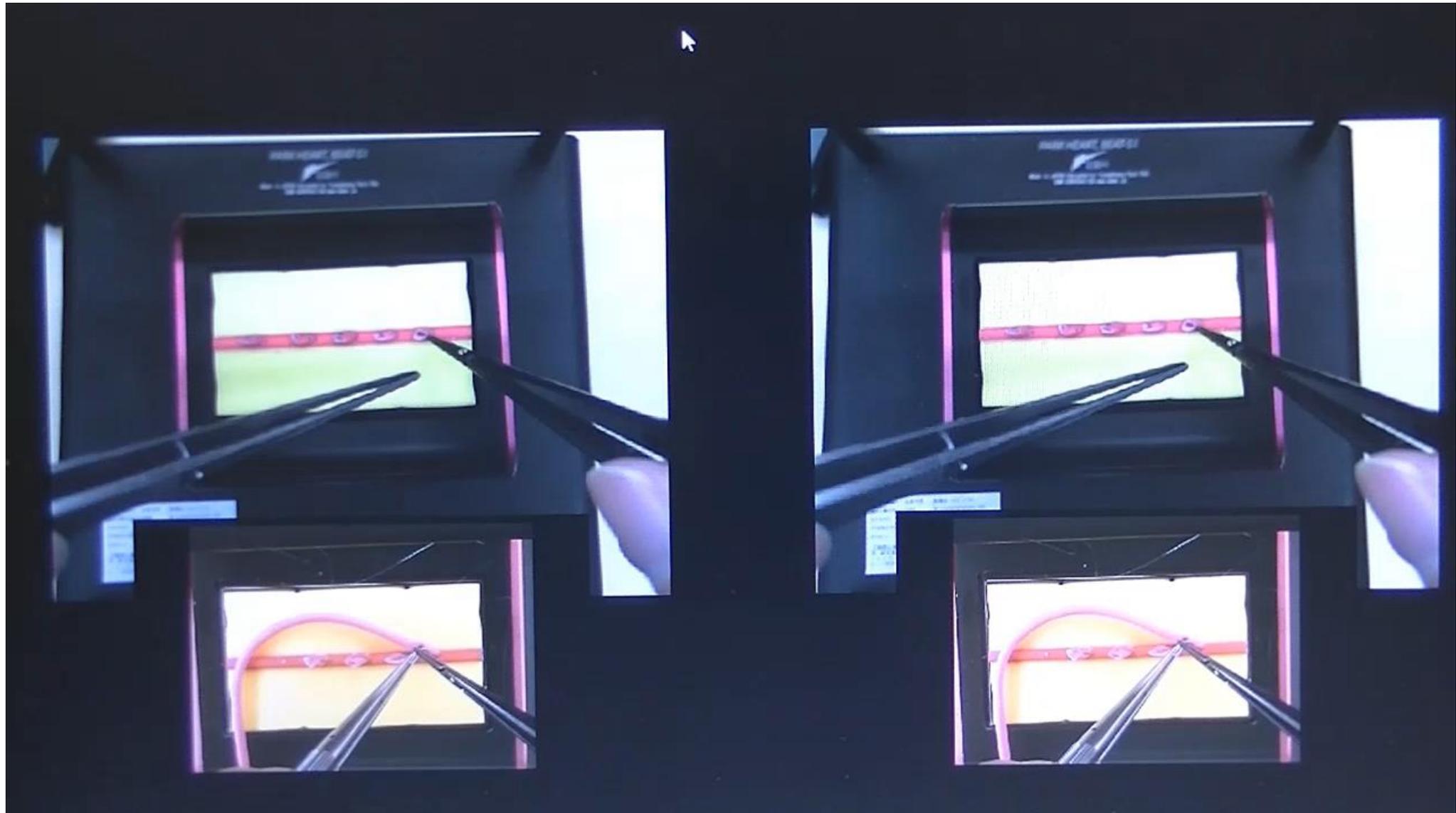
見本映像や筋活動はトップサージャンモデルを作成し、
AIが被験者に対し、トップサージャンモデルと比較したフィードバックを与える

時相合わせ用手本動画提示（装置構成）

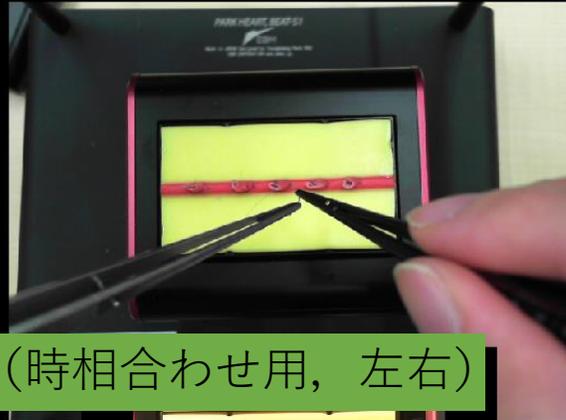


VRゴーグルを用いて、リアルタイム動画（訓練者の動作）と手本動画を同一視野内に映し出し、手本動画に合わせてトレーニングを行う。

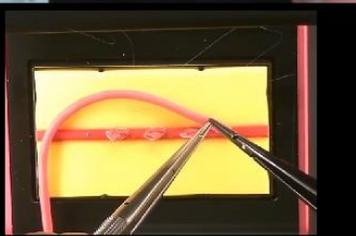
時相合わせ用手本動画提示 (デモ)



術者カメラ（リアルタイム動画，左右）



手本動画（時相合わせ用，左右）

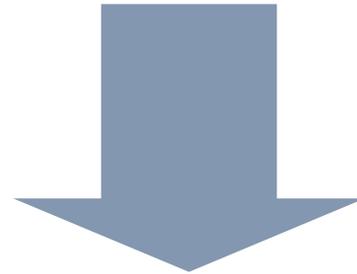


VRゴーグルを用いて，リアルタイム動画（訓練者の動作）と手本動画を同一視野内に映し出し，手本動画に合わせてトレーニングを行う。

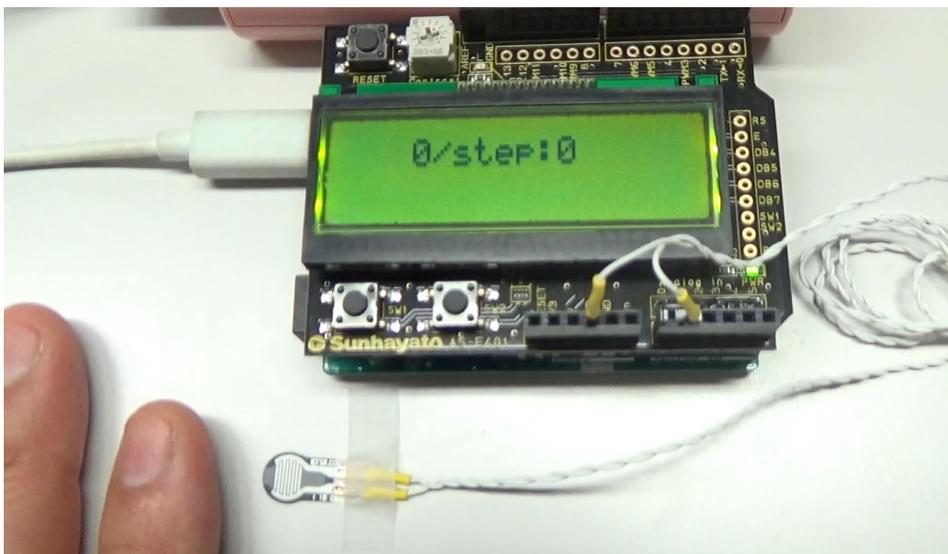
新技術の特徴

1 見本映像に合わせてトレーニングができる

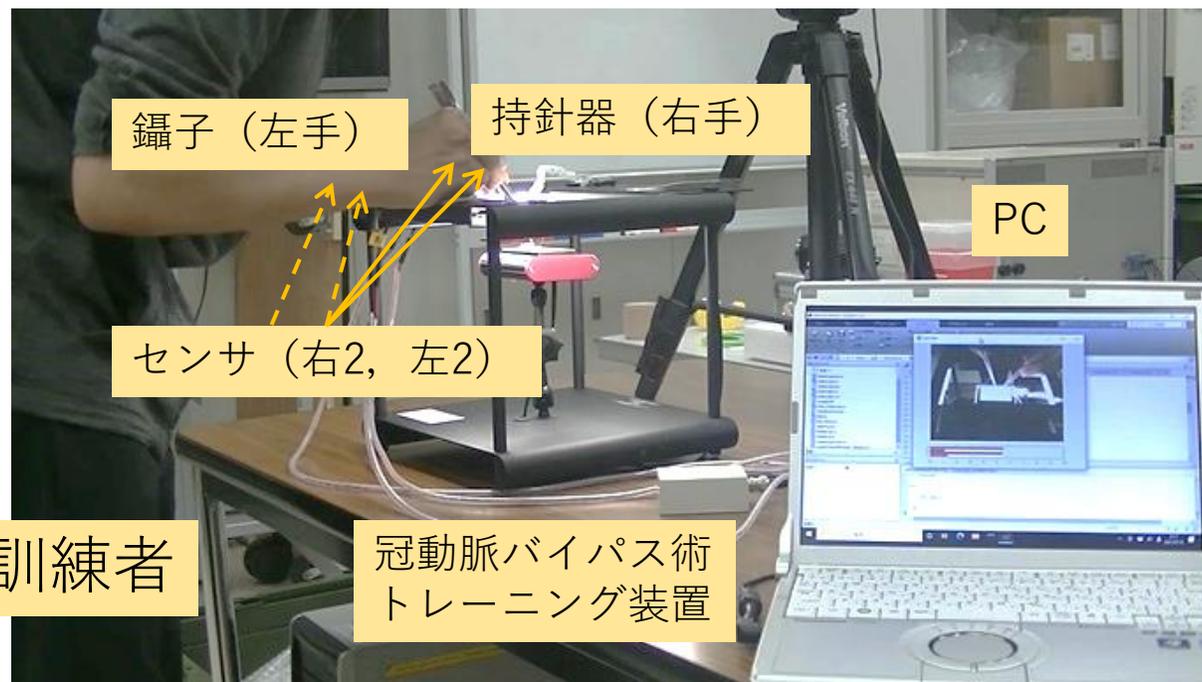
2 手技の際の筋活動を可視化して確認できる



見本映像や筋活動はトップサージャンモデルを作成し、
AIが被験者に対し、トップサージャンモデルと比較したフィードバックを与える

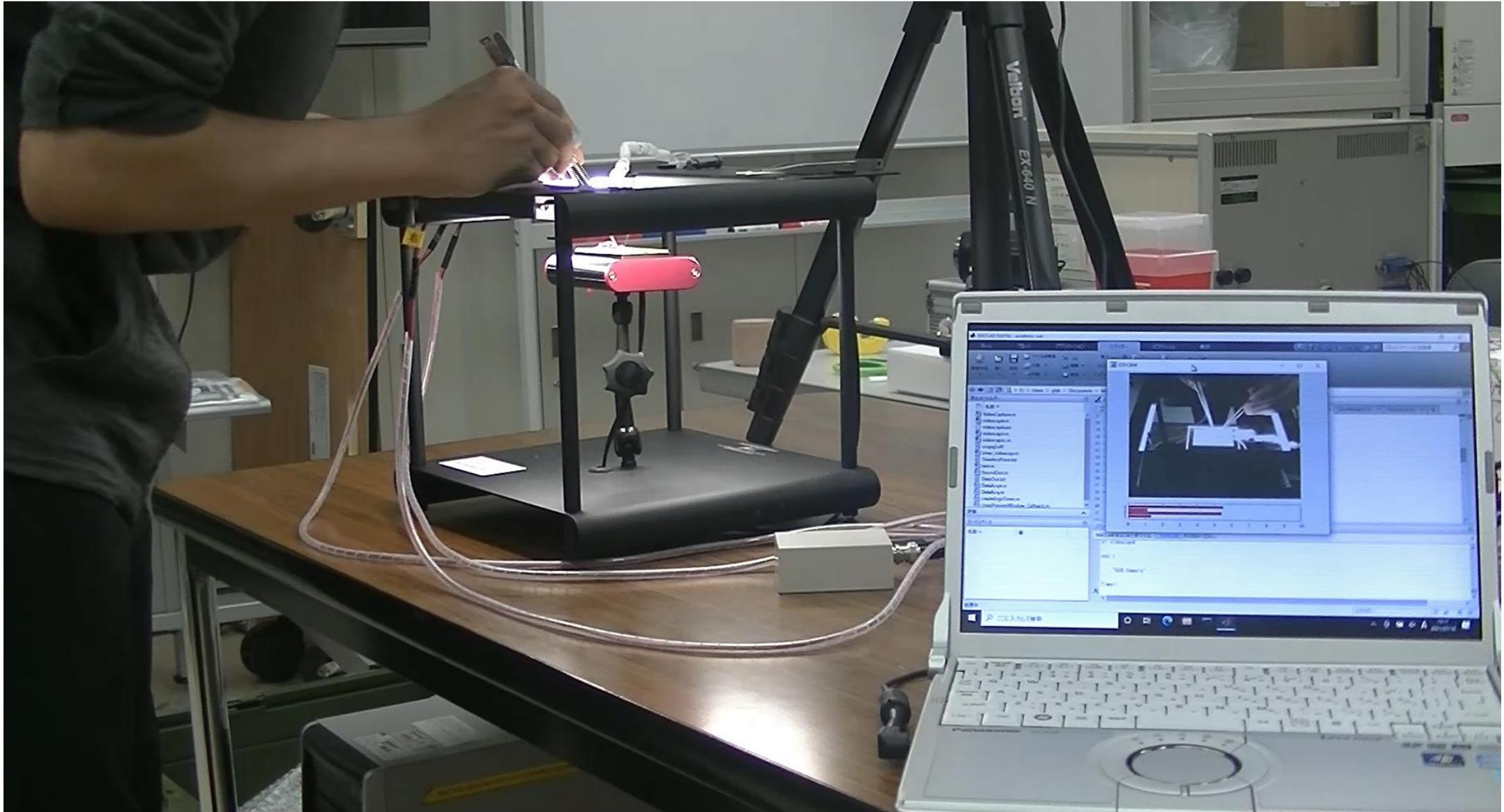


薄型圧力センサ



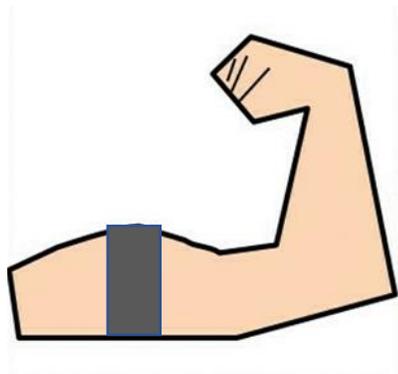
力覚センサを用いた術具把持力計測

力覚センサによる把持力計測

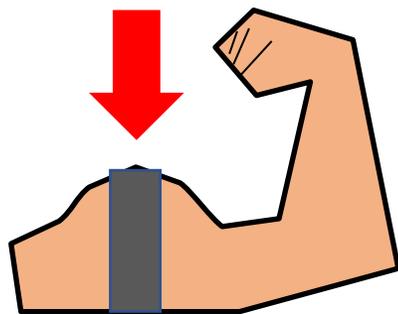


Force myography (FMG)という概念^[1]

筋収縮に伴う皮膚表面の変位（隆起）や**硬さ変化**を観測



筋の硬さ・筋厚
変化を捉える



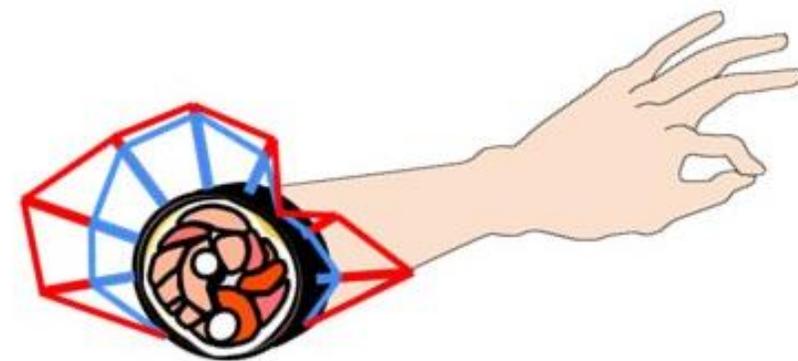
圧力センサアレイによる
手指形態判別の例
(じゃんけんの判別)

← 動作予測, 発揮力予測 ^[2, 3]

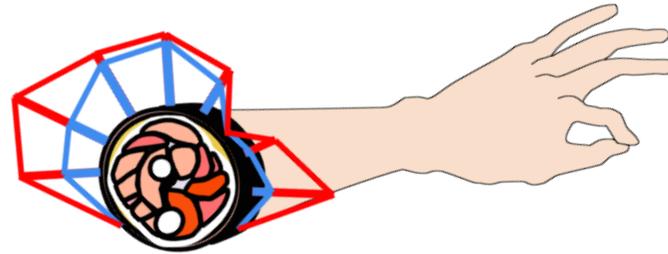
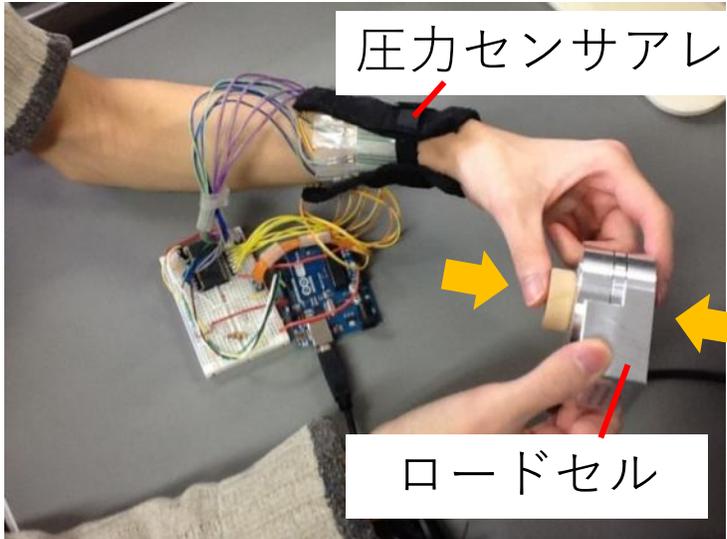
[1] X. Jiang et al., Med Eng Phys., 2017

[2] 五十嵐ら, 第57回日本生体医工学会大会, 2018

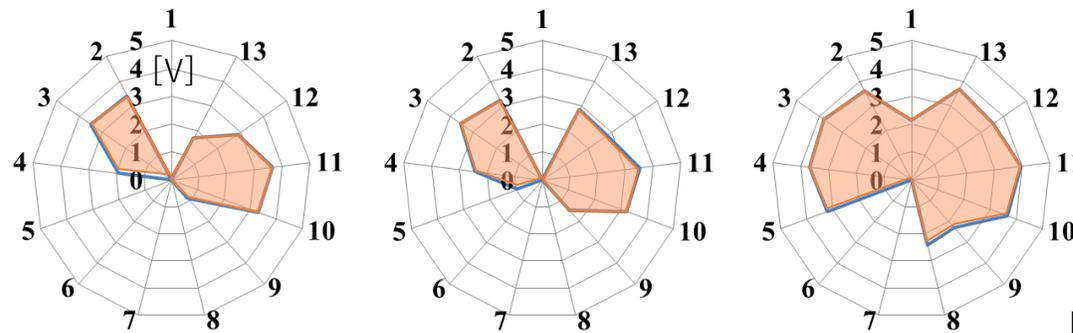
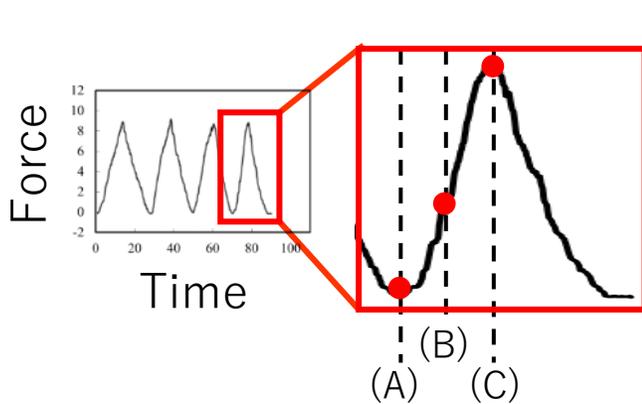
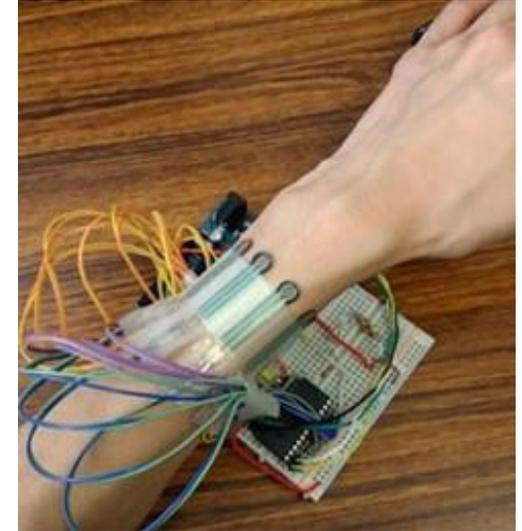
[3] 五十嵐ら, 第29回バイオフィロントニア講演会, 2018



FMGに基づく動作計測：つまみ（ピンチ）動作 [4]



接触圧力変化から
・動作推定
・発揮力推定 を目指す

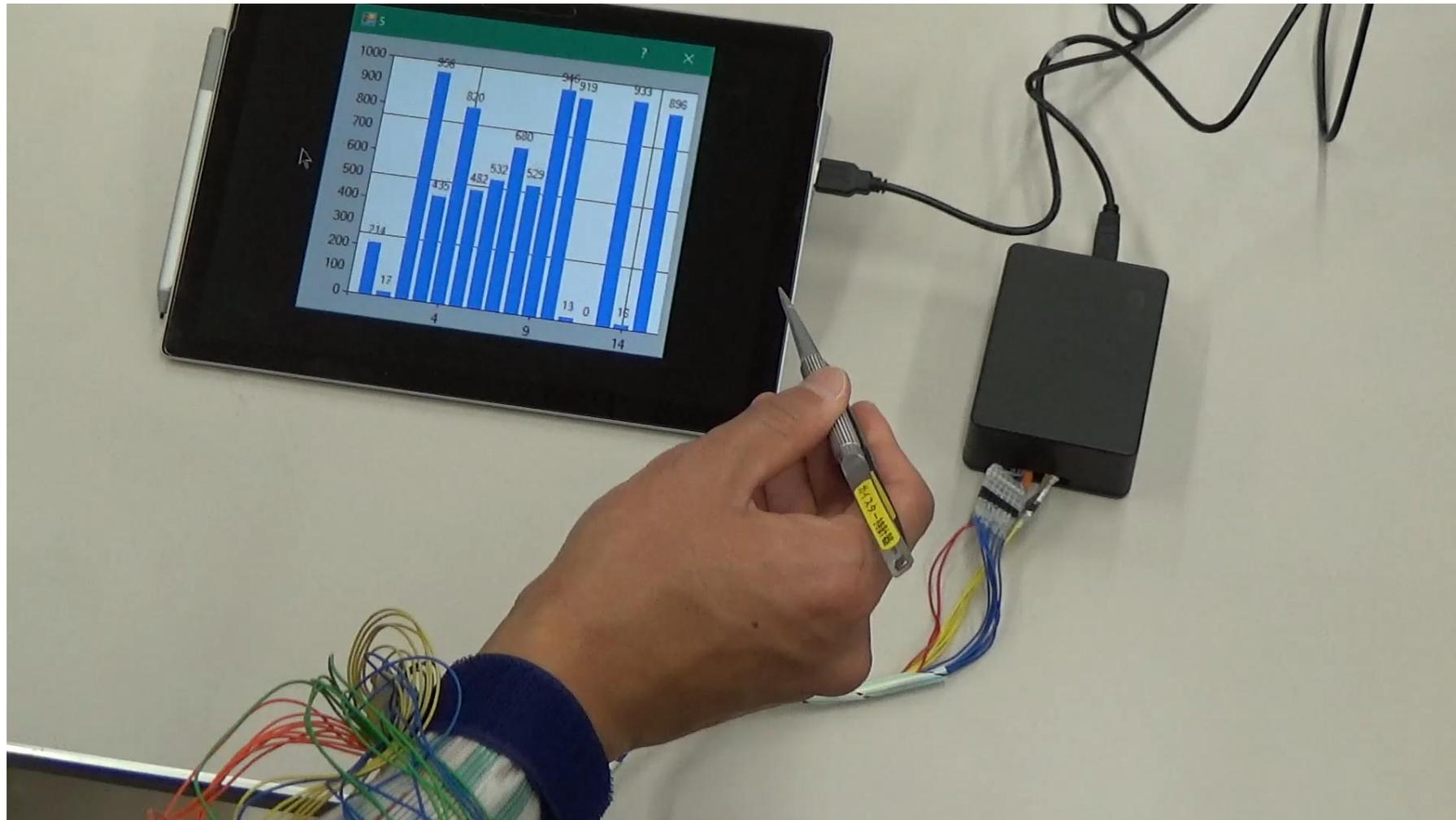


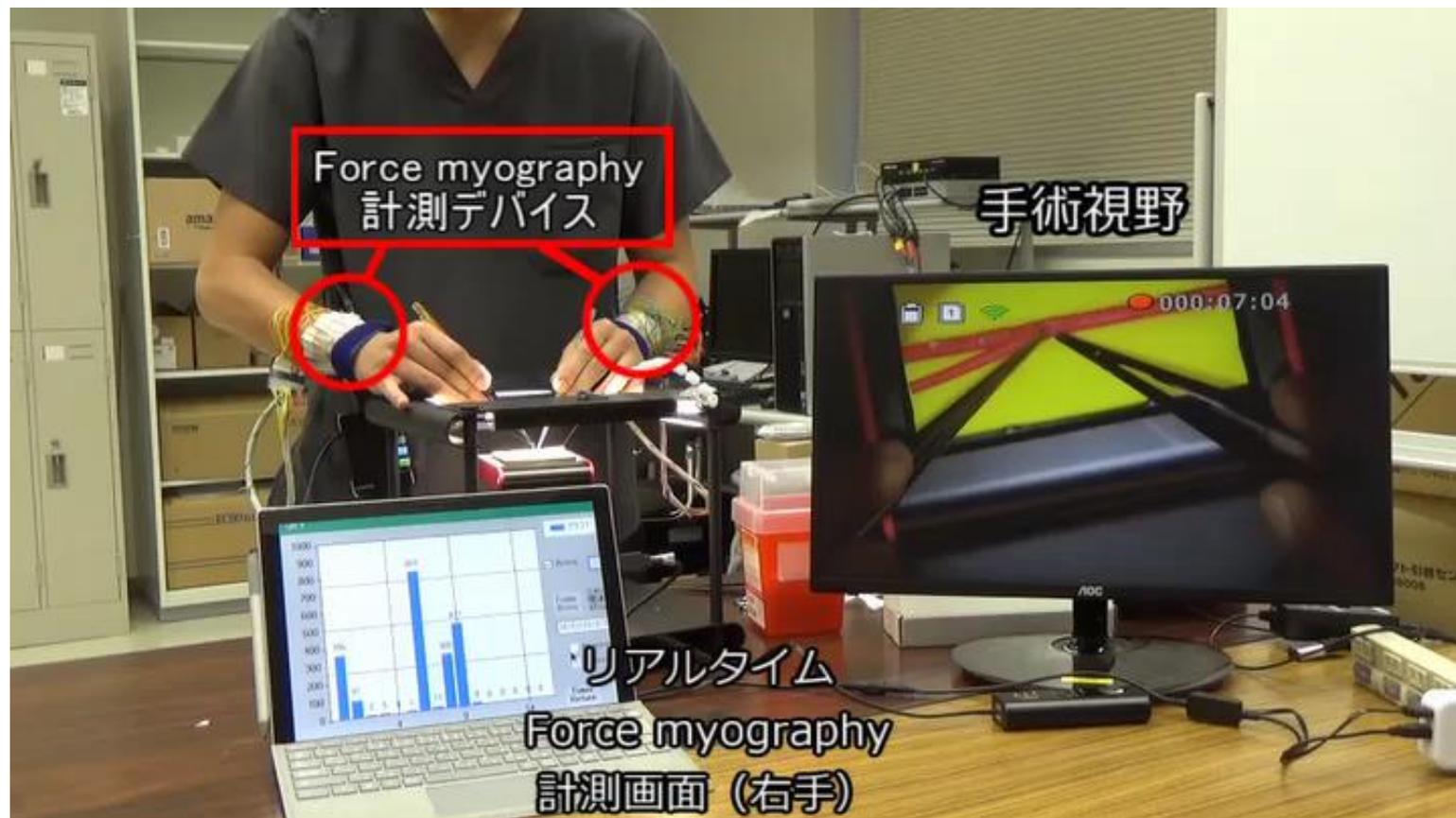
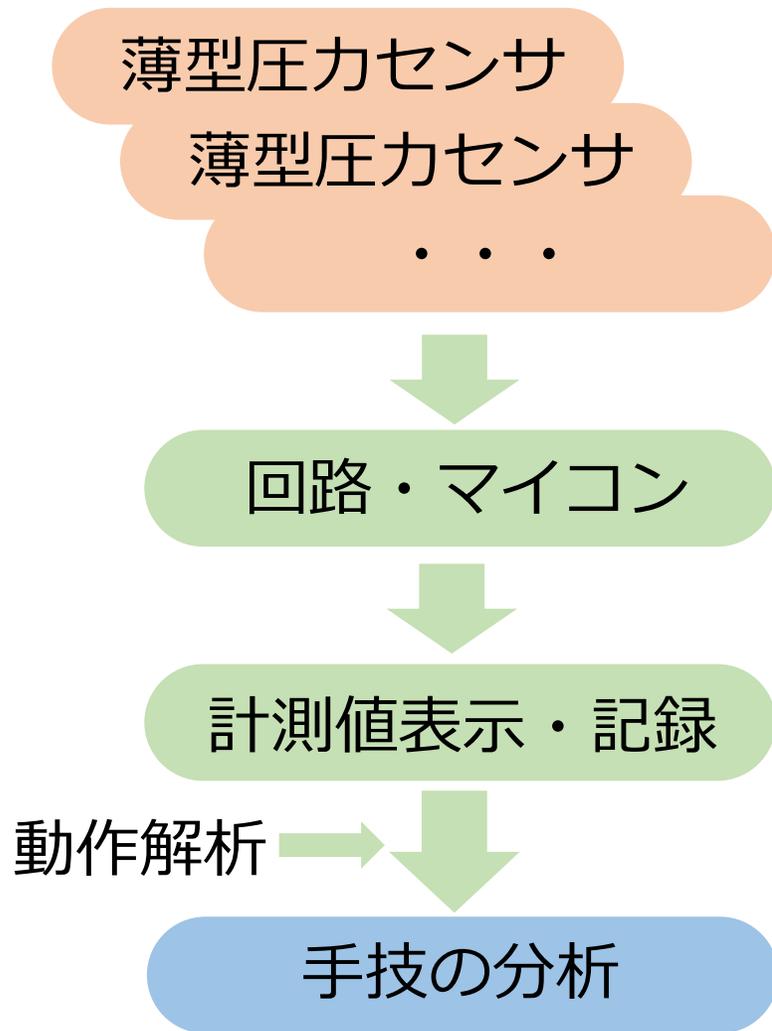
ピンチ力増加

FMG強度も増加

[4] 五十嵐ら, 第57回日本生体医工学会大会, 2018

FMGを用いた術具把持時の手指筋活動測定





血管縫合トレーニングシステム（脈動あり）

教師動画と
教師FMG値を読み込

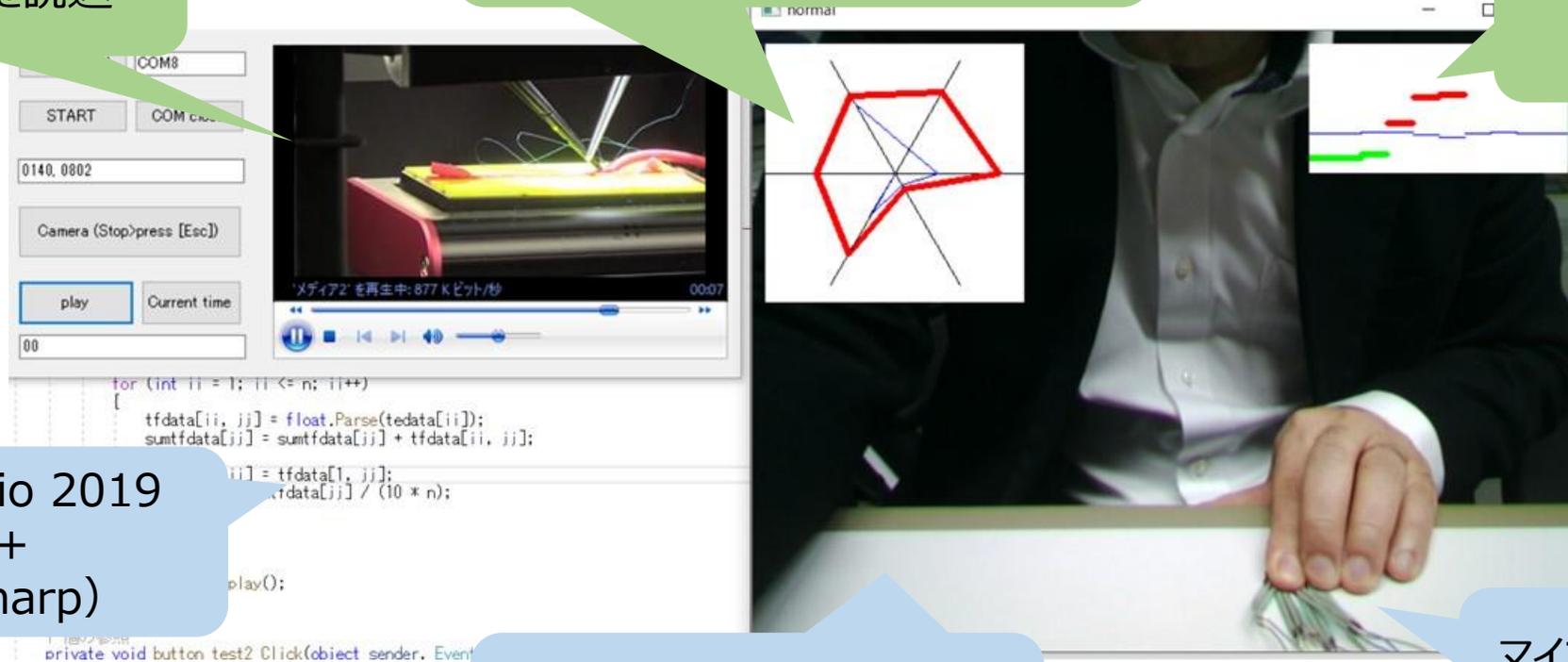
赤：現在のFMG (6ch)
青：教師のFMG (6ch分)
(測定記録再生)

青：教師FMG総和
赤：現在 > 教師
緑：現在 < 教師

Visual Studio 2019
(C# +
OpenCVsharp)

カメラのライブ映像
(PC内蔵カメラ)

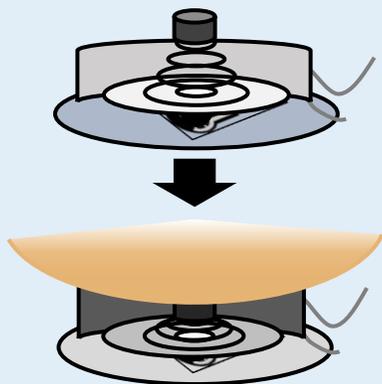
マイコンに圧力センサを6
個接続 (FMG)



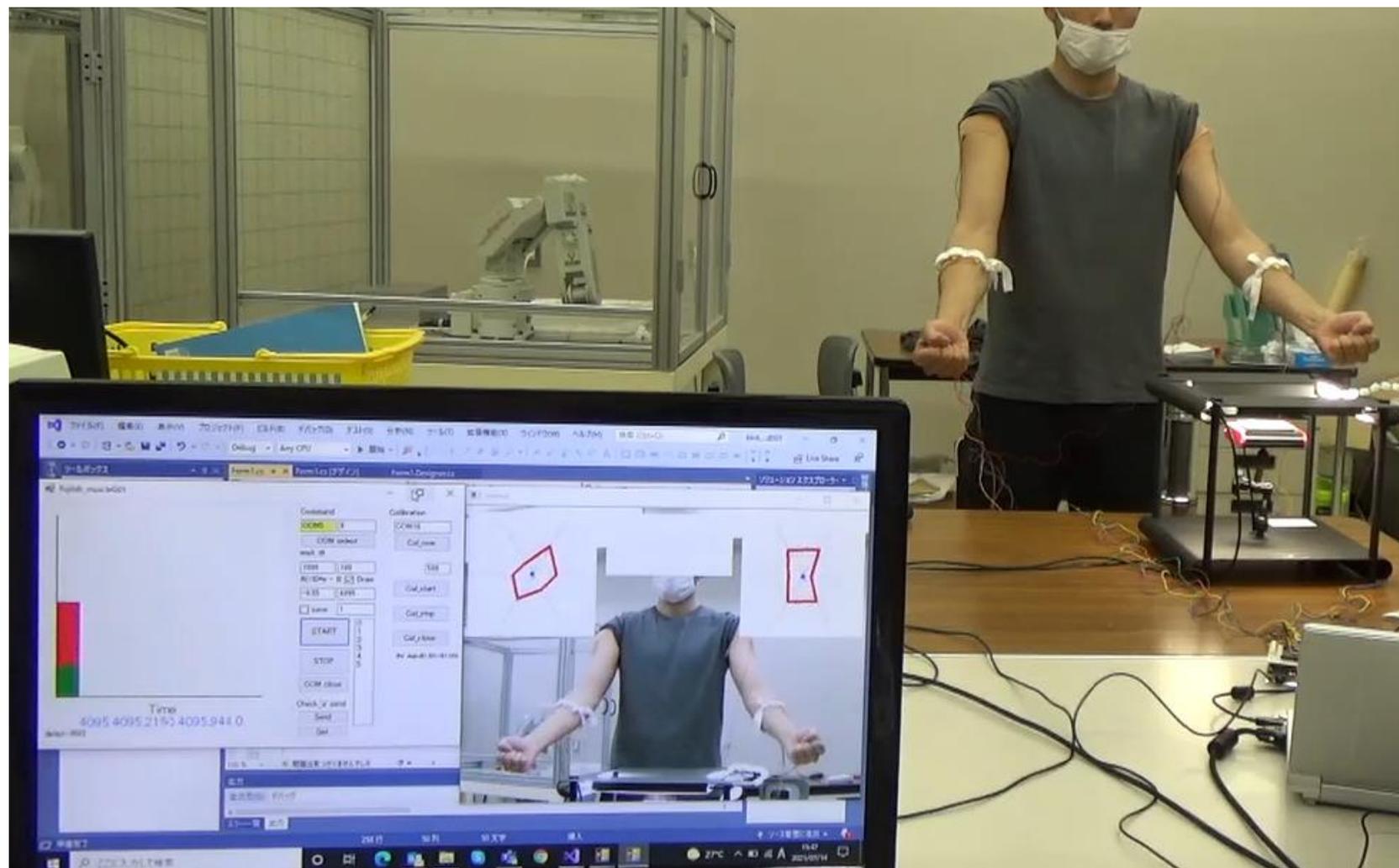
筋発揮力計測センサ



ばね+圧力センサ



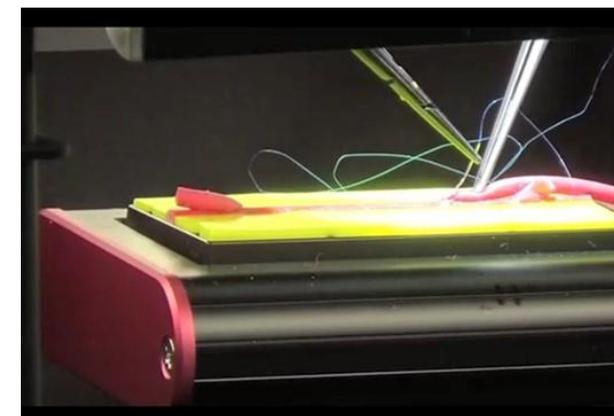
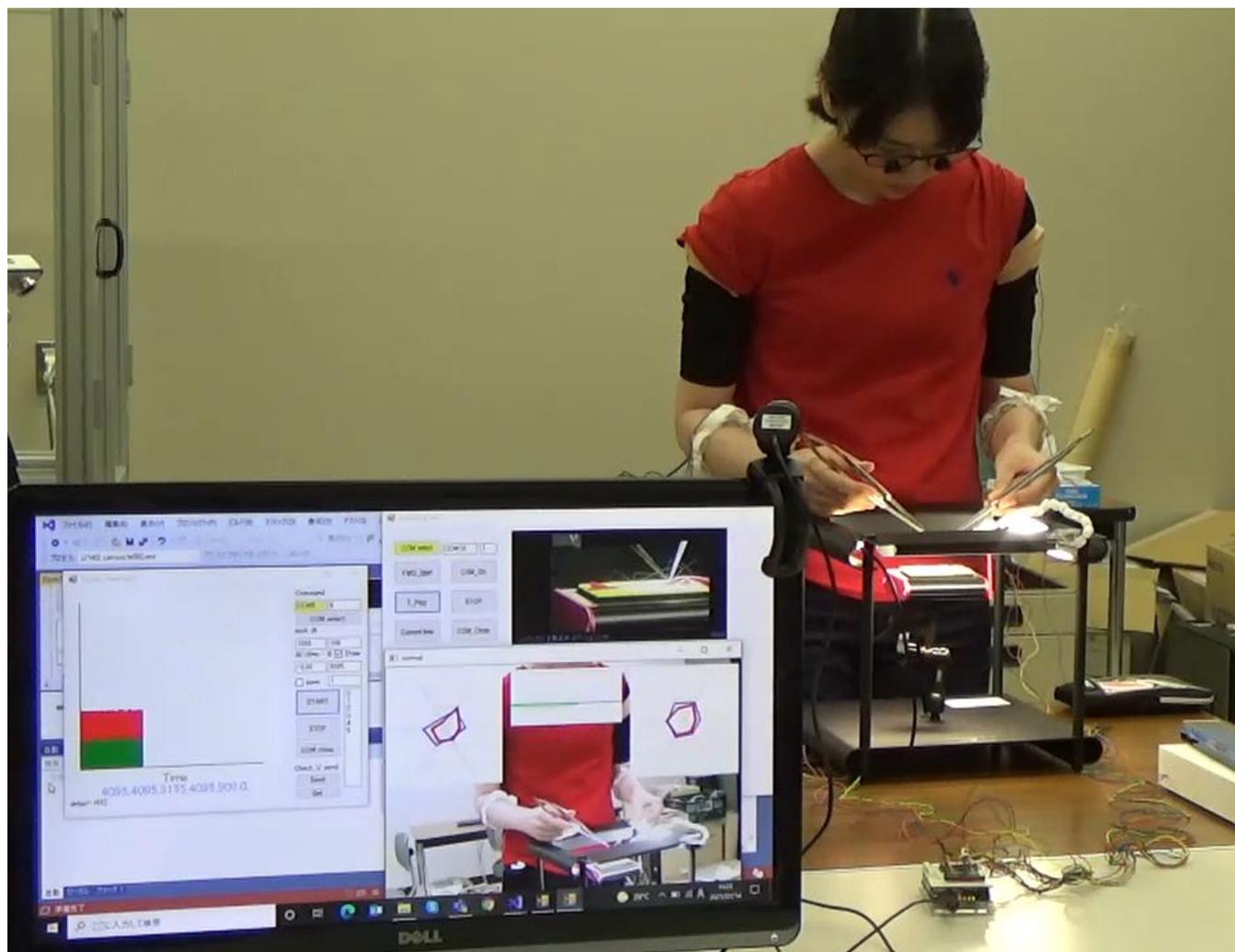
筋の硬さの変化から
筋発揮力を評価[5]



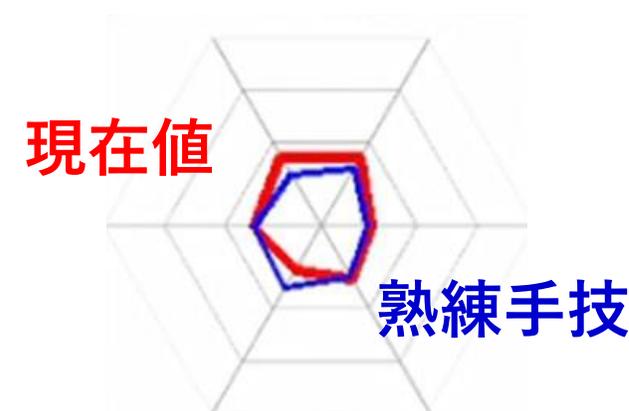
上腕部筋発揮力

手指筋活動

[5] Fujisaki et al., Mechanical Engineering Letters, Vol.7 (2021)



熟練手技の提示

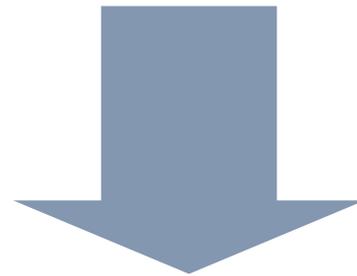


教師データとの比較

手技動作時の筋活動の可視化 → **トレーニング効果向上, 疲労評価** など

新技術の特徴

- 1 見本映像に合わせてトレーニングができる
- 2 手技の際の筋活動を可視化して確認できる

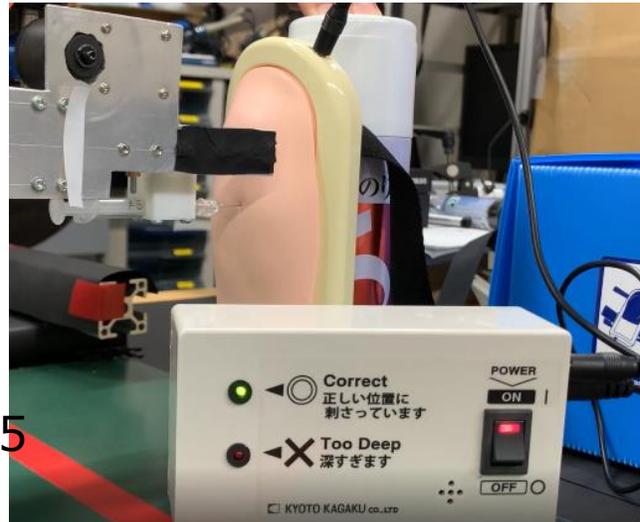
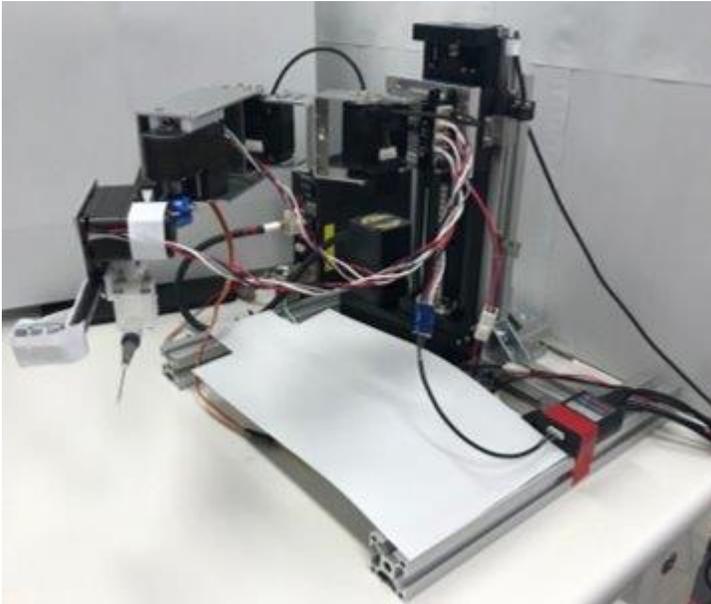


見本映像や筋活動はトップサージャンモデルを作成し、
AIが被験者に対し、トップサージャンモデルと比較したフィードバックを与える

想定される用途

- 外科医はコソ練が好き→コソ練できるものがあれば買う(BEATは50万円するが個人購入している外科医が100人以上いる)
- セルフトレーニングシステムとして応用が可能(リハビリなど)
- 医療手技全般に応用が可能(ワクチン投与ロボットなど)

ワクチン投与ロボットの 研究開発



2月からの弘前大学集団接種等で、実際に看護師がワクチン投与する際にどのような投与が成されているか数値化、可視化しその動作をロボットに再現させる(本研究の技術応用)

※2022年1月21日倫理委員会承認

- 小型穿刺ロボット
 - Intel RealSense Depth Camera D415
 - 装着式上腕筋肉注射シミュレータ
- 再現性の高い穿刺が可能に

※公益財団法人予防接種リサーチセンターから研究助成を頂き研究を進めています 23

実用化に向けた課題

- 現在,methodologyまではほぼ確立していて,実験計測レベルまでは研究開発が進んでいる.しかし,機器の簡略化やコードレス化,ソフトの簡略化の点で改善が求められる(気楽に外科医が使用できる形にする必要がある)
- 実用化に向けて,著明な外科医の吻合データを取得し教材としてストックしソフトの価値を上げる必要がある(コロナ禍で困難であった).

企業への期待

- 装置やソフトの簡略化ができたり,映像教材の分野に精通した企業との共同研究を希望.
- 医療行為の数値化,可視化やロボットによる再現に興味のある企業.医療機器認証を共に目指せ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：手術用フィードバックシステム及び手術用フィードバック方法
- 出願人：国立大学法人弘前大学
- 出願番号：特願2020-181616
- 出願日：2020年10月29日
- 発明者：小渡亮介、長井力、藤崎和弘、矢野哲也、陳曉帥

お問い合わせ先

国立大学法人弘前大学 研究・イノベーション推進機構

リサーチアドミニストレーター(URA) :

工藤 重光、山科 則之、渡部 雄太(東京事務所在籍)、平井 貴人

産学官連携コーディネーター : 三上 夫美加

T E L 0172-39-3178

F A X 0172-39-3921

e-mail ura@hirosaki-u.ac.jp