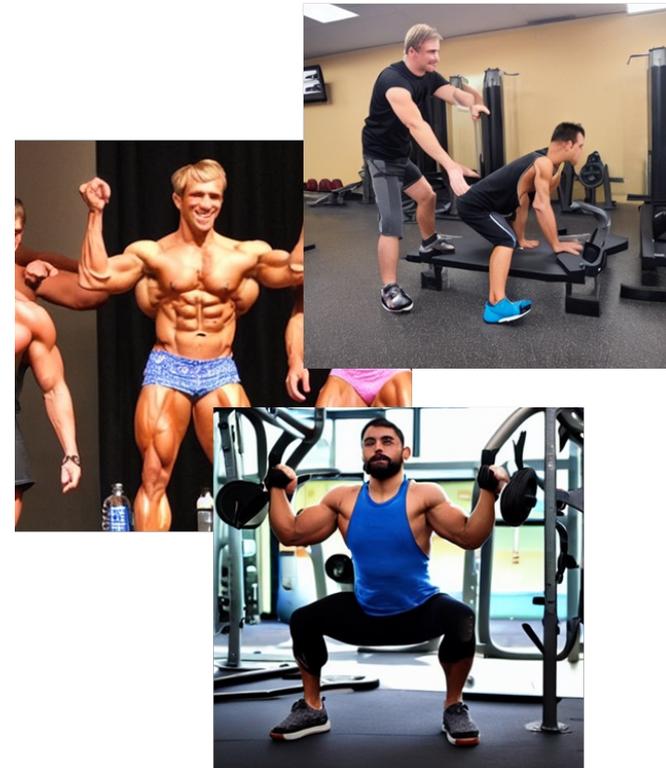


Development of muscle activity visualization wear



大目標：筋トレの可視化

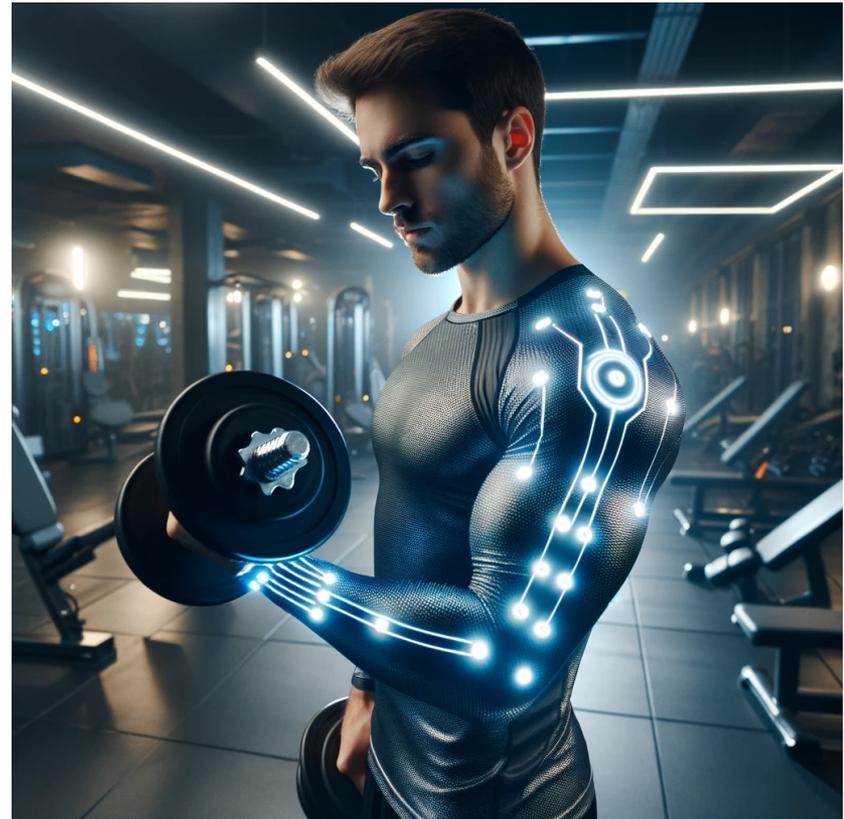
- 運動不足が社会問題になっている。
 - スキマ時間に運動をするをコンセプトにしたchocozapが大人気。
- 筋トレを始める人が増えている。
 - 初心者にとってハードルが高い。
 - 筋トレはさまざまな言説が飛び交っていて何が正しいのかわからない。
 - トレーナーごと、本ごとに異なる。
 - 正しいフォームで行えているのかわからない。
- 正しいフォームで行なえているかどうかは、鍛えたい筋肉が使われているかでわかるはず。
 - 例えばスクワットなら大腿四頭筋，ハムストリング，大臀筋。
- 鍛えたい筋肉に効いているかが可視化できれば嬉しい！



コンセプト 筋電に連動して光る服

- 鍛えたい筋肉が収縮しているかどうかは電極で筋電を測定することで可視化できる
- 筋電信号に連動して光るような服があれば筋トレの可視化ができるのではないかな？
- 体格には個人差があるので、センサーが反応するためには個人別に物を作る必要がある。
- 毎回人に合わせて手作業でフィットするようにするのは大変。
- データを入力すれば自動で最適な形状が出てくるようにすることができれば嬉しい。

光る服に関しては前例があるので筋電ウェアをターゲットにする



筋電図測定の流れ

1. 筋肉の電気活動

筋肉が収縮する際、筋繊維内の電気活動が発生し、これは小さな電気信号として検出できる

2. 電極の配置

皮膚の上に電極を配置し、筋肉からの電気信号を検出する

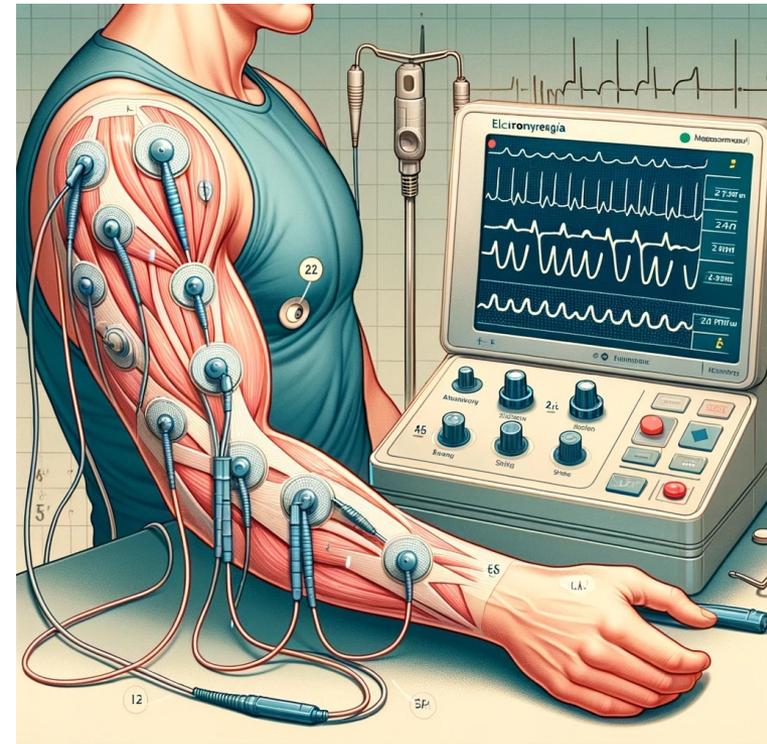
3. 信号の増幅と処理

信号は非常に微弱であり、増幅が必要

4. 信号の記録と処理

増幅された信号はスパイクの集合体のような波形になる

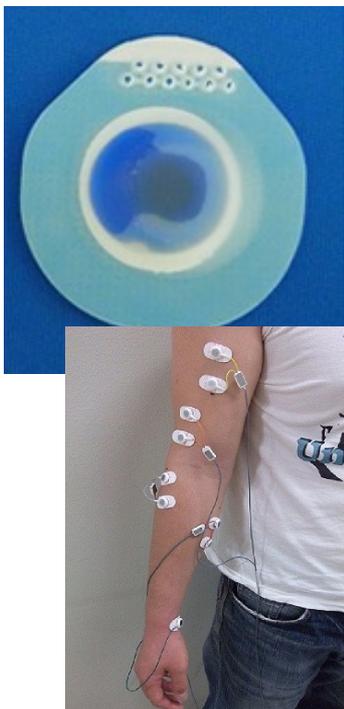
5. 解析 LEDの制御とか？



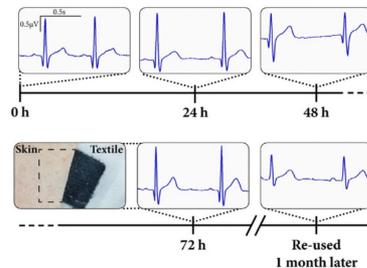
生体電極先行研究について

これまでに生体電極の布への統合に関する研究が進められている

一般的な湿式電極

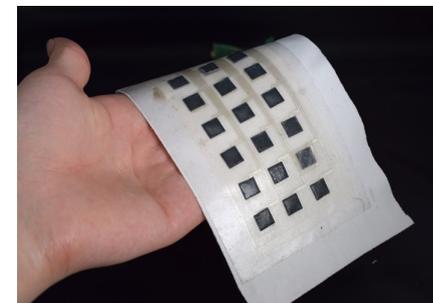


布状電極の開発



(Adv. Healthcare Mater. 2016)

電極と配線の布への
実装によるアレイ電極
の開発



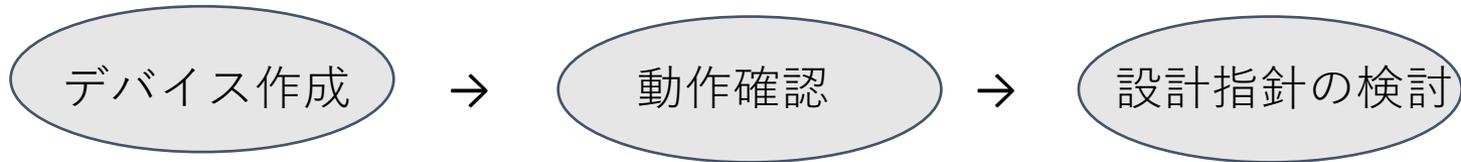
(IEEE access. 2023)

ウェア化に関して設計指針が存在しない

今回の取り組み

布状生体電極アレイのウェア化

Step1 布状アレイ電極ウェア化における課題の調査



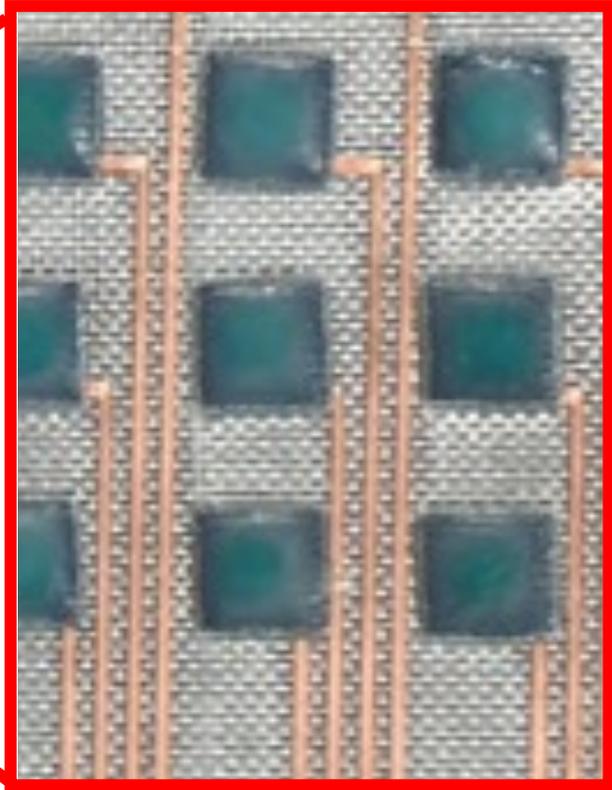
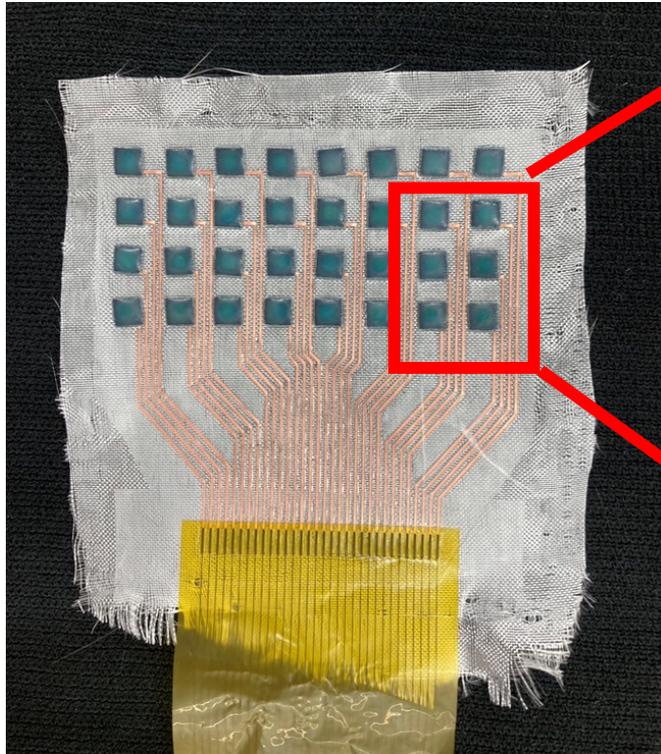
Step2 FEMを用いた設計に向けた検討



Step3 設計に基づくデバイスの作成（今後）

デバイスの作成

5mm x 5mm の電極
(大きい電極では複数の筋肉
の信号を拾ってしまう)



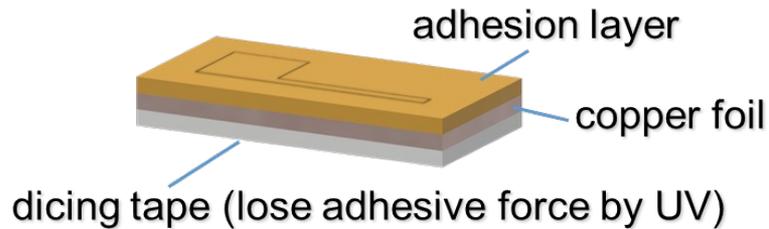
フレキ基板を介して
増幅器に接続

1mm幅の銅配線

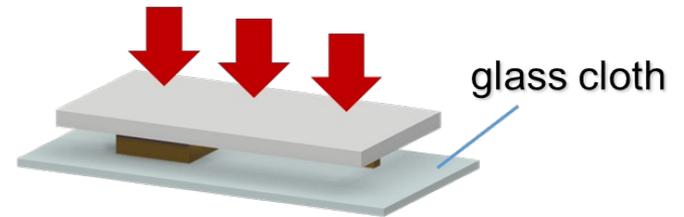
カッティングマシンで
加工した加工した銅箔を
熱可塑性樹脂を用いて布
に貼り付け

デバイスの作成プロセス

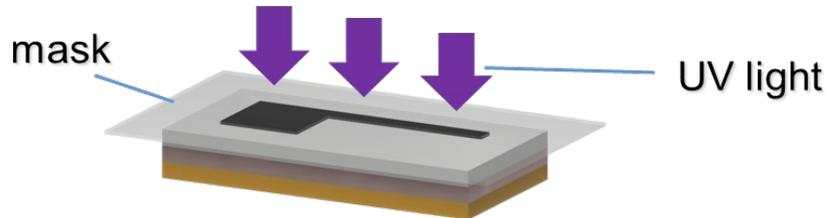
① Cutting into wire shape



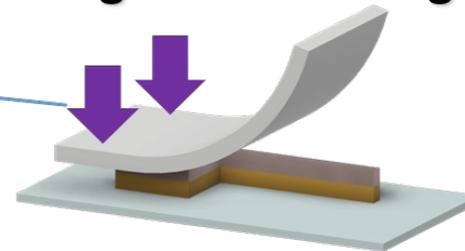
④ Thermocompression bonding



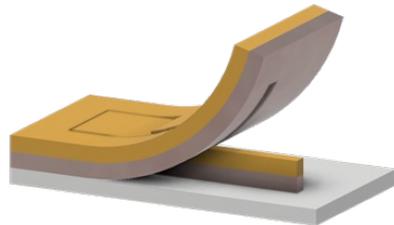
② UV exposure



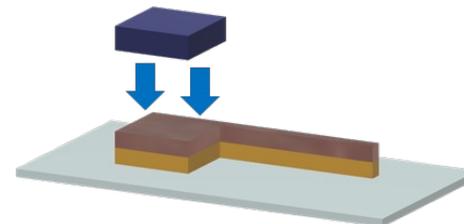
⑤ Peeling off the dicing tape



③ Peeling off the unnecessary parts

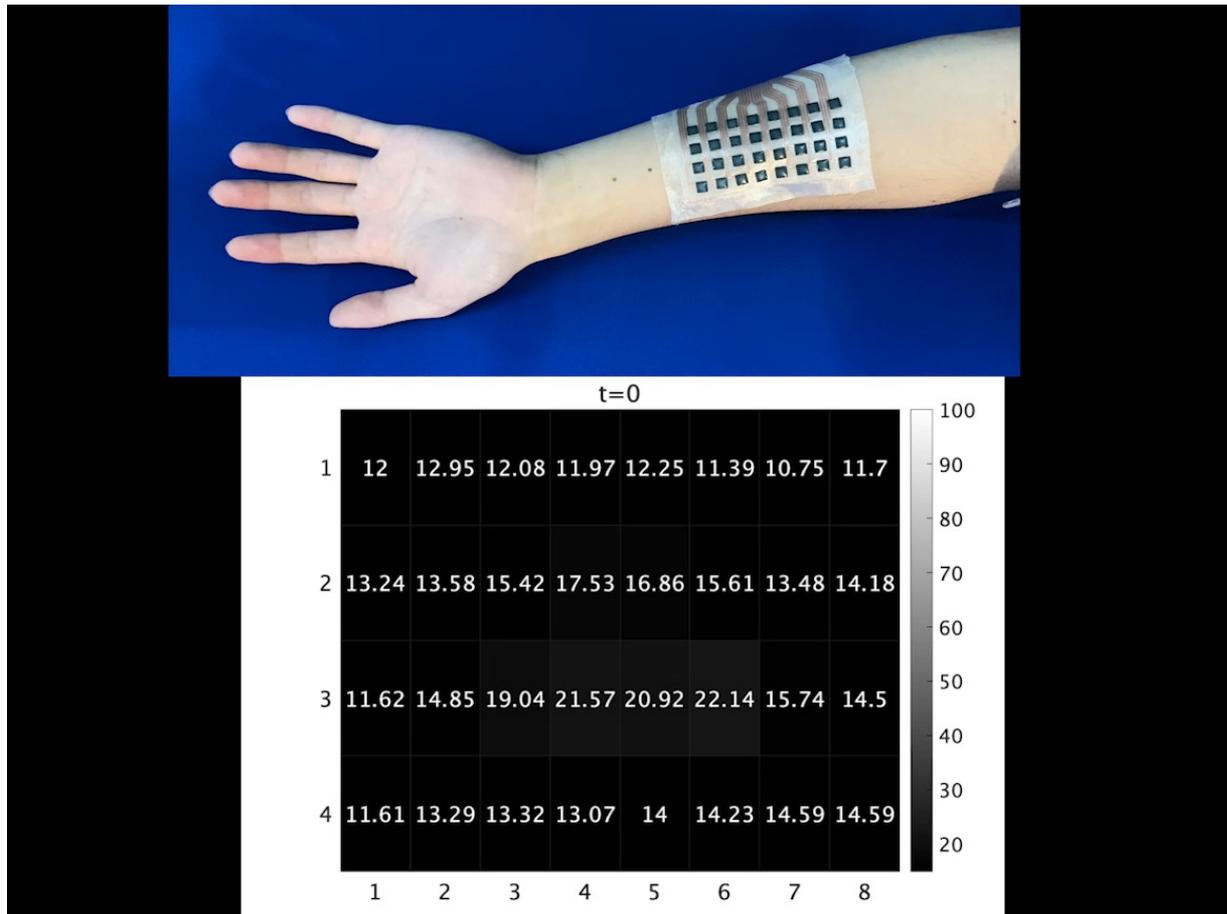


⑥ Attaching electrodes



デバイスの評価試験

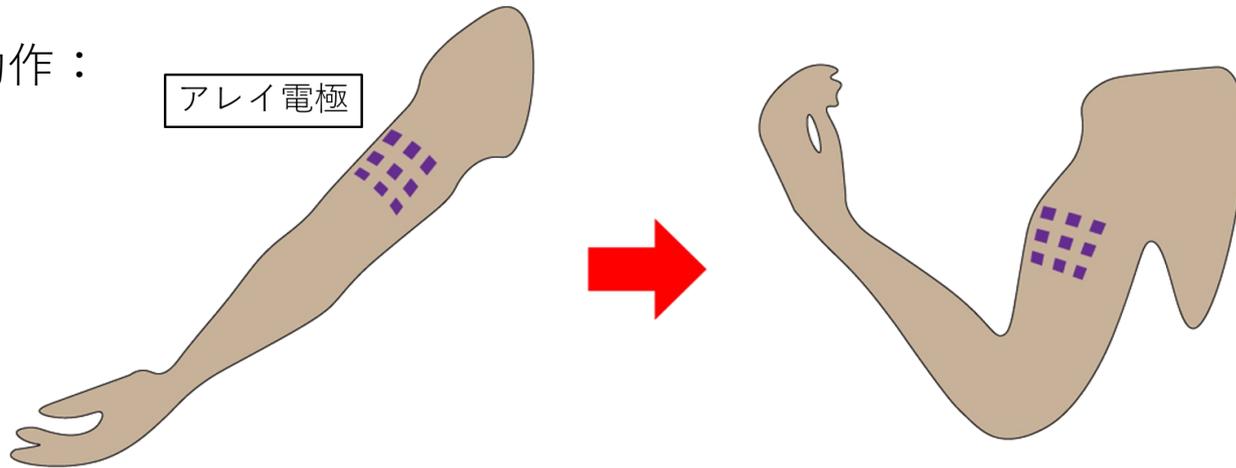
前腕部に押し付けて測定



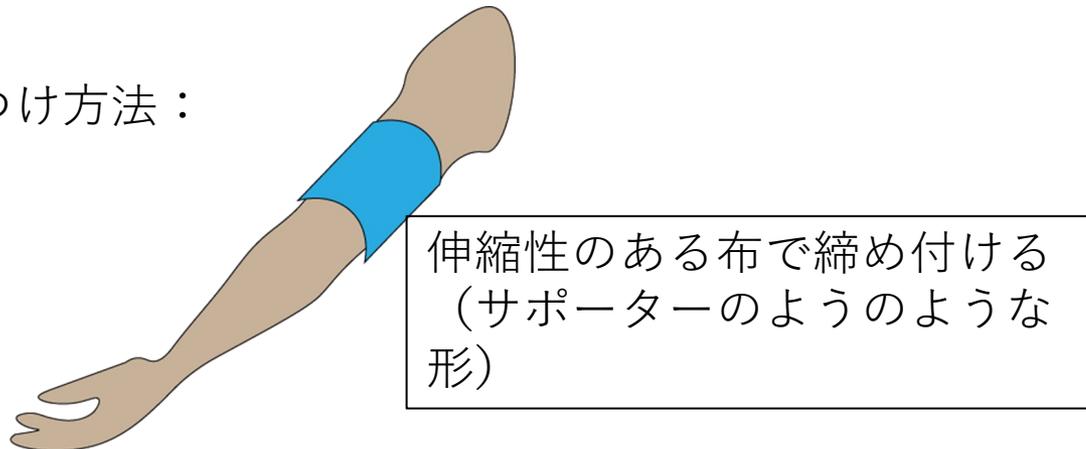
ウェア化における課題の調査

ダンベルを持ち上げるような動きを想定して上腕部で計測を実施
(人体がより大きく変形する複雑な動作)

計測する動作：

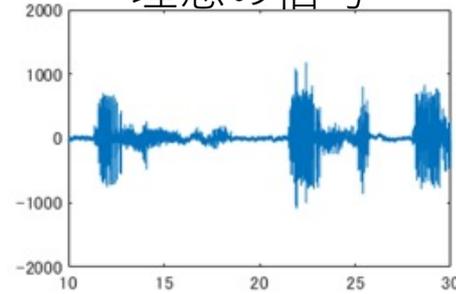


電極布の押しつけ方法：



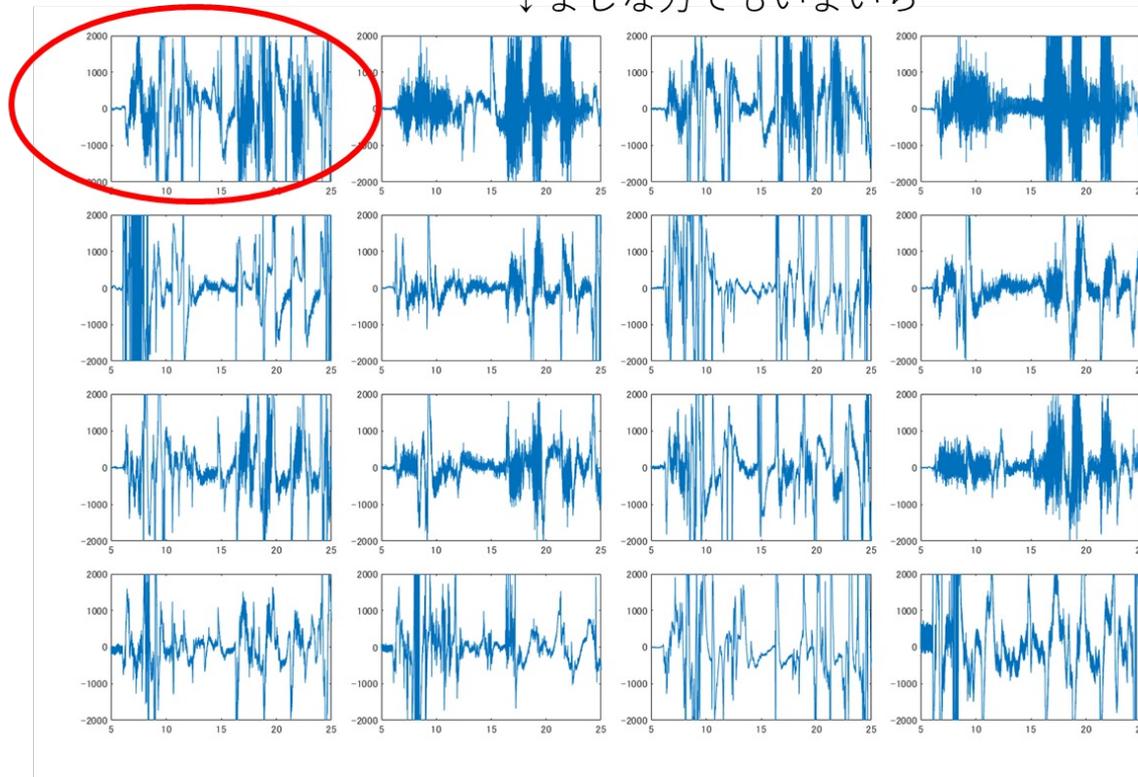
結果

理想の信号



全電極の波形

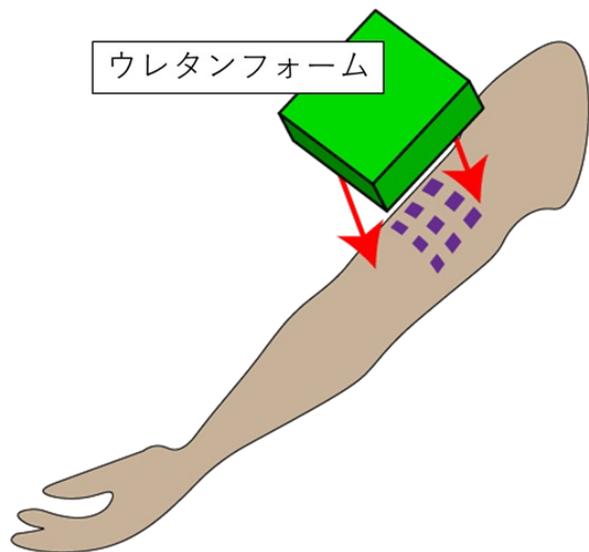
↓まじな方でもいまいち



体動に伴う信号の
大きな揺れが見られる
(基線の揺れ)
これは電極と皮膚の接触
状態が不安定であること
から発生していると考え
られる

改善案

ウレタンフォームの追加



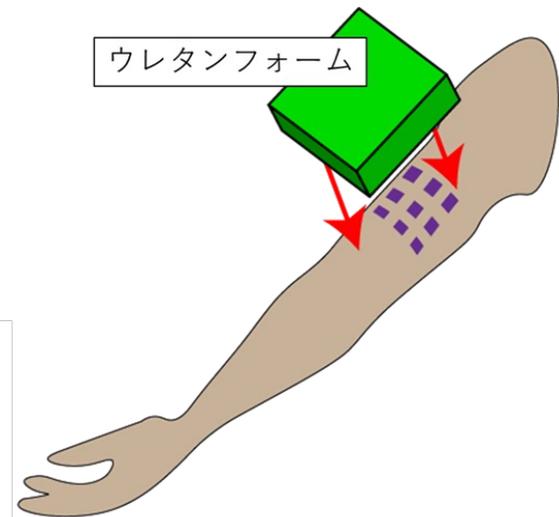
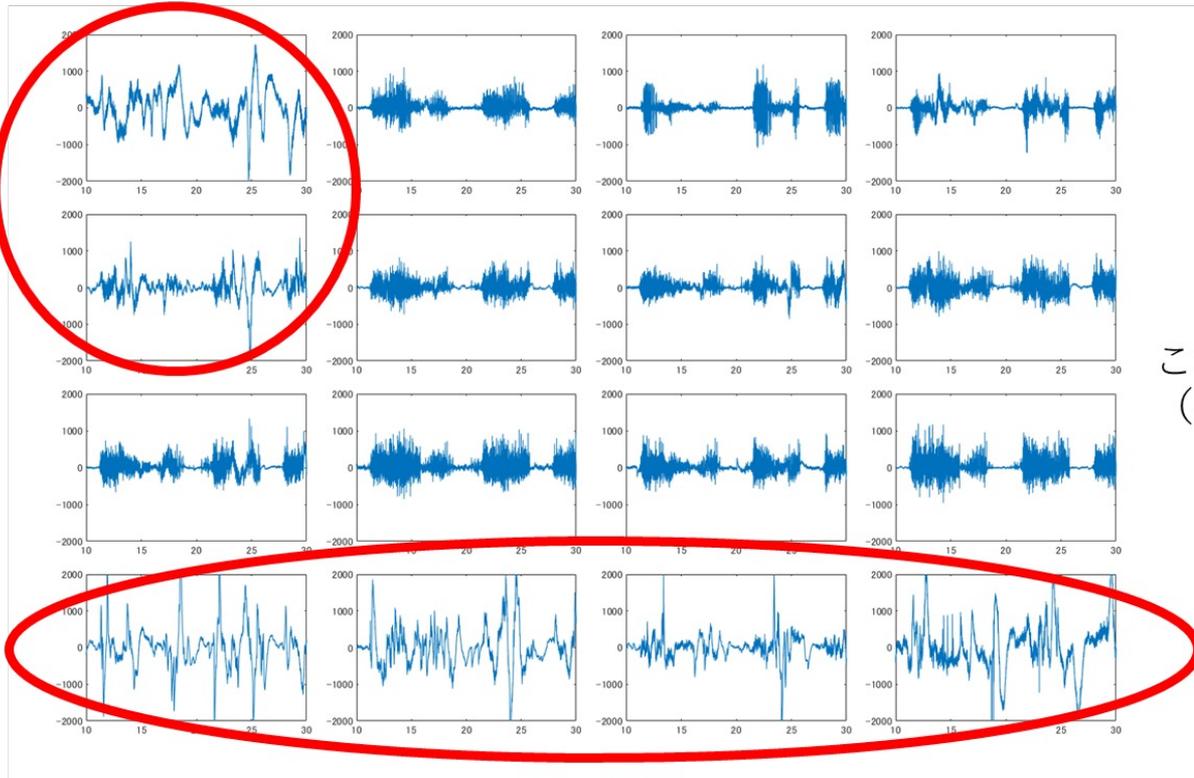
ウレタンフォーム

布と皮膚の間にウレタンフォームを挟んで締め付け

体の細かい凹凸にフィットさせることを図る

結果

全電極の波形 (生データ)



これらの電極ではきれいに測定できてい
(A群とする)

体動に伴う基線の揺れがあり、
筋電信号が埋もれている
(B群とする)

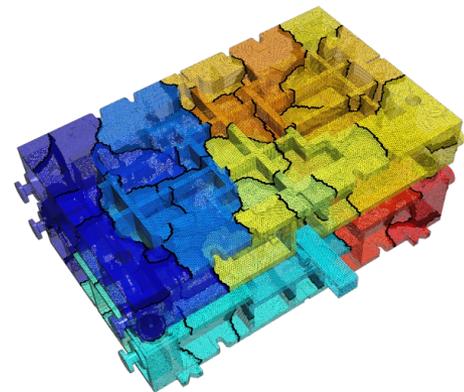
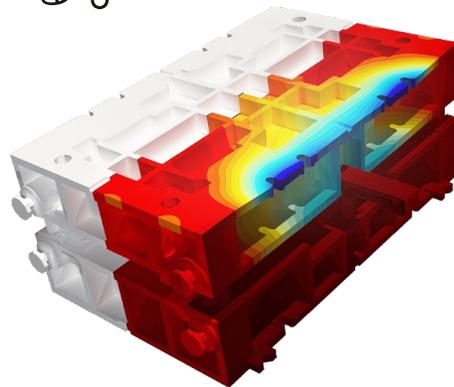
考察

- 伸縮性の布で締め付けただけでは測定結果が不安定であった
- 布と皮膚の間にウレタンフォームを追加した結果、多くの電極で信号がきちんと取得できた
- 締め付け圧をきちんとだすためには単純な巻き付けでは対応ができていない
- 凹凸のある人間の体の形にフィットするような構造が構造が必要
- 布もウレタンフォームも非線形な特性をもつし、人体の人体の形状も人によってさまざまであるから、3次元的な解析による設計が必要

FrontISTR



- 並列有限要素法構造解析プログラム。
- オープンソースコード。
- 研究室にあるようなクラスターから富岳などのスパコンまで多種多様な環境で並列計算を実行することができる。
- 大規模な構造物や複雑な非線形問題の解析で高い性能と効率を発揮する。



モデリング

事象の定義

- 上腕二頭筋の動きを計測する。
- サポーター状の布にセンサーが搭載されており、布を着脱する。
- 着用している際の条件は2つ。
 - 人間が心地よいと感じる。
 - センサーで測定できる。



モデリング

単純化

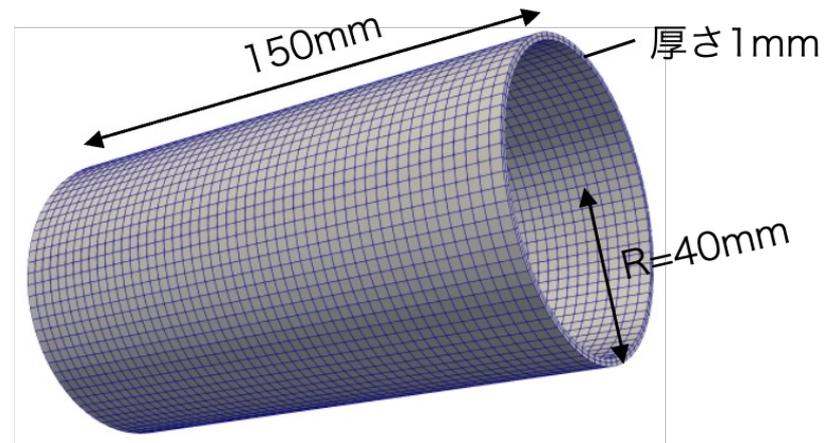
- 着脱を含めて考えるのは大変。
 - まずは着用した状態のみ考える。
- 腕との接触を考えるのは大変。
 - サポーターのみを考える。
- 腕の形状にフィットさせる必要があるがその形状を作るのは難易度が高い。
 - まずは円筒で考えてみる。
- 着用している状態をどう再現するか。

計算条件

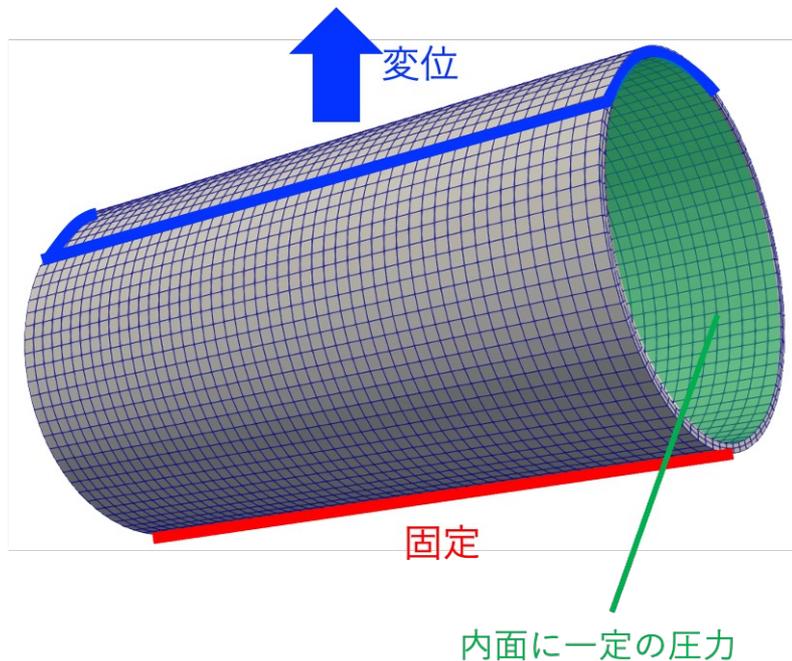
- 円筒を六面体要素で分割。

- 物性値は以下。[1]

- 密度 : $1.0[\text{g}/\text{cm}^3]$
- ヤング率 : $0.5[\text{N}/\text{cm}^2]$
- ポアソン比 : 0.3

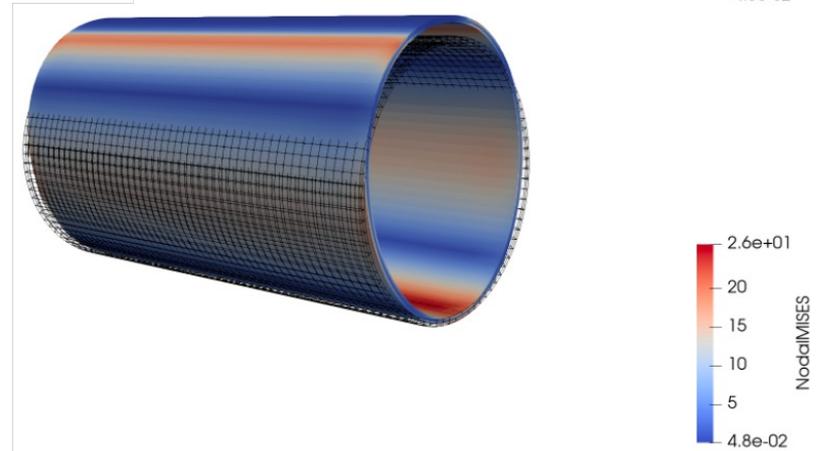
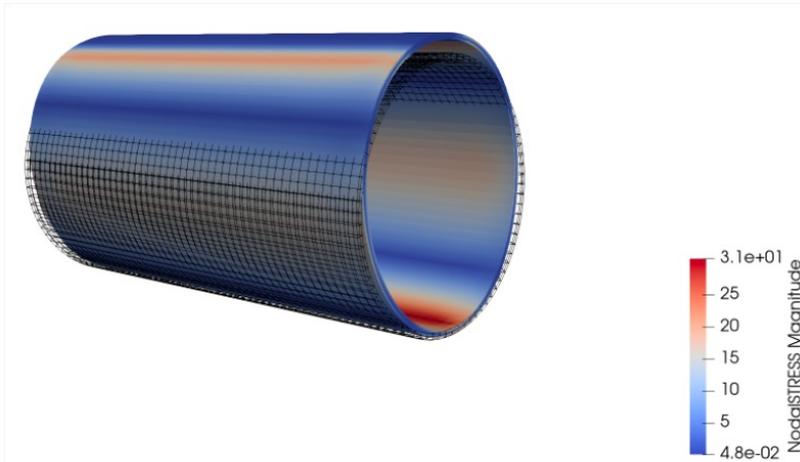
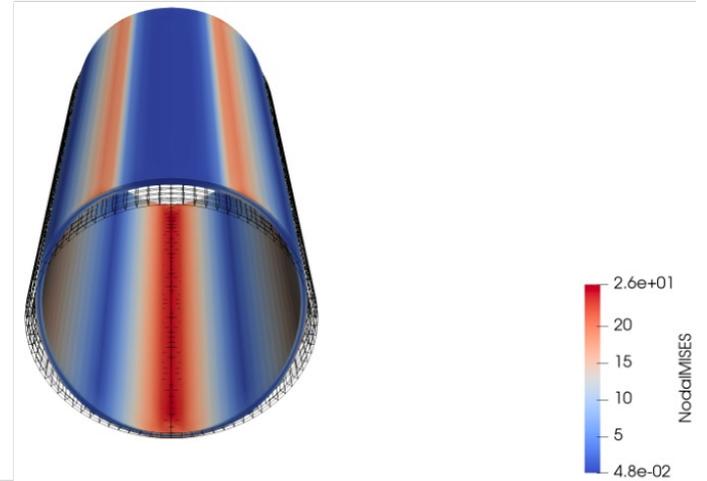
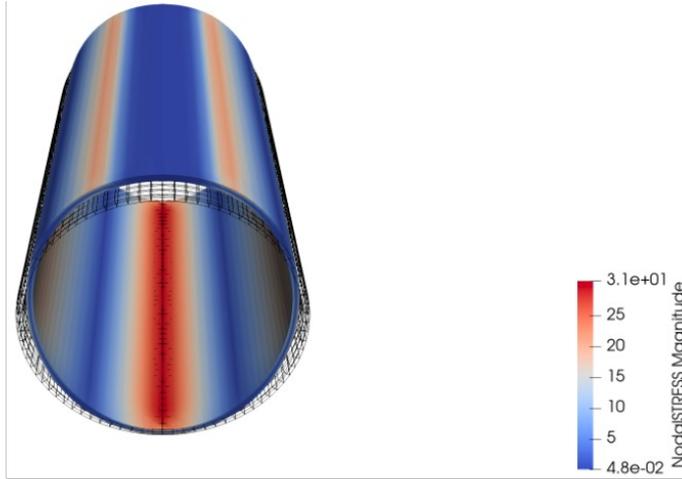


計算条件



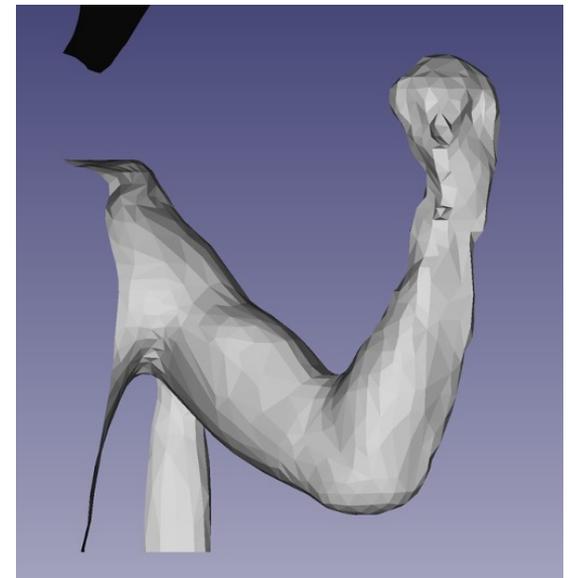
- 最下部の線上を固定する。
 - 腕の下の部分は曲げ伸ばしをしても動かないを再現。
- 上部の面に上方向の変位を与える。
 - 曲げ伸ばしで力こぶができることを再現。
 - ただし実際には一部しか盛り上がらない。
- 内面に法線方向外向きに圧力を与える。
 - 常に腕と密着していることを再現。

結果



今後の展望

- 形状を極めて簡略化して円筒にしているのので、より実際の形状に近いものにする。
- 接触について考えていないので、接触解析を行う。
- 3Dスキャンを用いると簡単に人のメッシュデータを得ることができる。
 - 曲げ伸ばしの状態をスキャンして、そこから変位を求め、個人にフィットする形状を作成することができる。
 - 右のモデルはScaniverseを用いてスキャンした。



まとめ

- 筋トレを可視化するウェアの作成について検討した。
- デバイスを実際に作成し，ウェア化における課題を調査した。
- 腕の曲げ伸ばしを部分的にFEMで再現した。

