

# 人間機械統合システムにおける運動介入の透明性設計

自分自身の能力が向上したと感じるシステムの構築に向けて

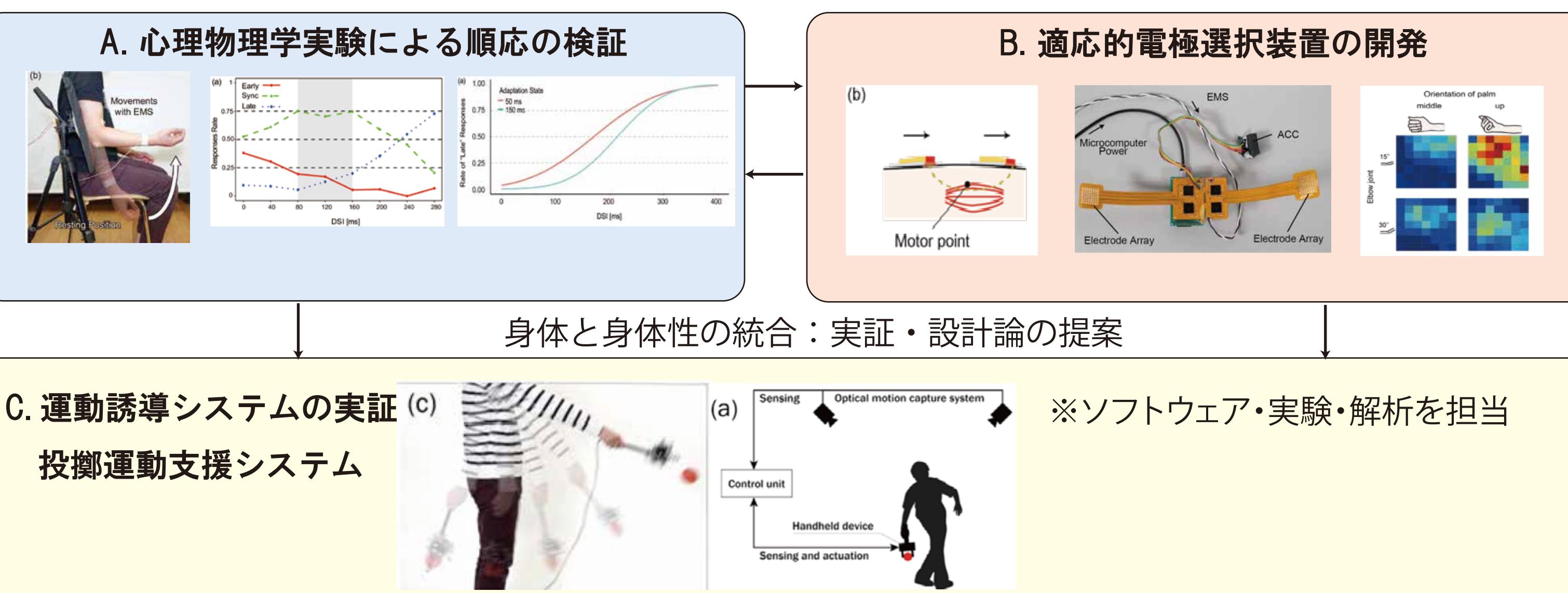
## 背景

- 人間の身体機能を補綴・向上させるための  
**人間と機械の運動合成**
- 運動に機械が介入すると、  
その機械の介入を強く感じてしまう
- **人間の動作に合わせて機械を動作させる必要**
  - 例：）右足を出そうとしたときに左足をアシスト
  - 補助の遅れや不適切なアシスト -> 転倒の危険性
  - 最終的には補助を意識しなくなるようにしたい
- **機械の感じ方（透明性）の制御の実現**
  - 機械を使用しながら他の動作を行う（透明性：高）
  - VRで握手をする（透明性：低）
  - リハビリテーション（最終的に補助を外す）

## 目的：透明な運動誘導の実現

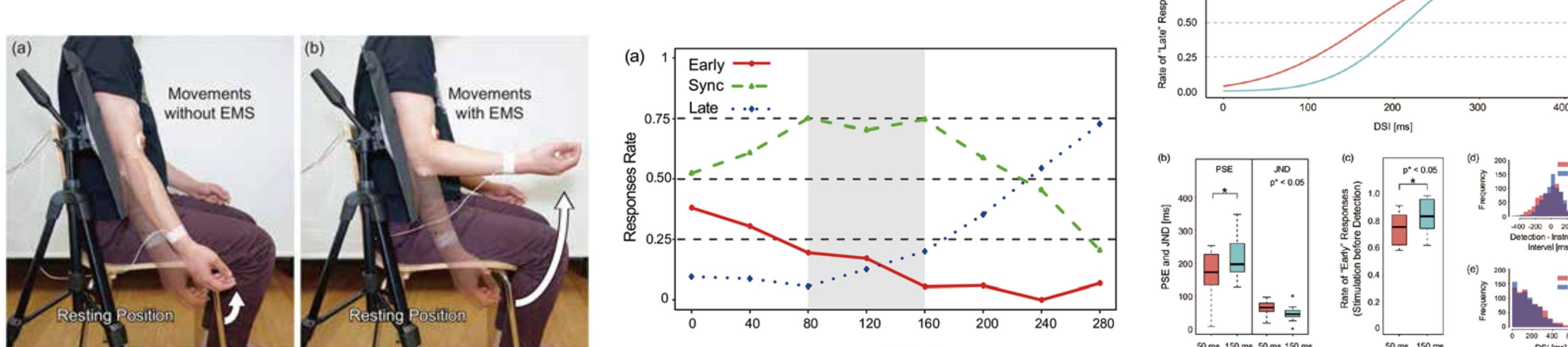
- 隨意運動中に運動介入を感じにくいシステム（運動誘導）
  - 意図に反さない（透明な）運動介入
    - > 人間の予測にあった介入
    - 意図に反する・痛み・不快感
  - 正確な運動介入 -> 精密な運動結果の制御
  - 目的動作の達成・運動介入の正確性
- 筋電気刺激・運動中の課題
  - 筋電気刺激が随意運動中の  
人間知覚に与える影響は未解明（運動の予測）
    - タイミング・力発揮量に関して数理モデルを構築し、  
人間の知覚特性を解明する
    - タイミングによる透明性制御手法の提案
  - 筋肉と皮膚の位置関係がずれてしまうため、  
正確な運動介入は困難（運動結果）
    - 運動点（筋電気刺激に最適な部位）を運動中にも  
正確に刺激ができる装置を開発する
    - 介入装置 → 運動計測一介入のループを作る  
インターラクションデバイスの開発

## 研究内容



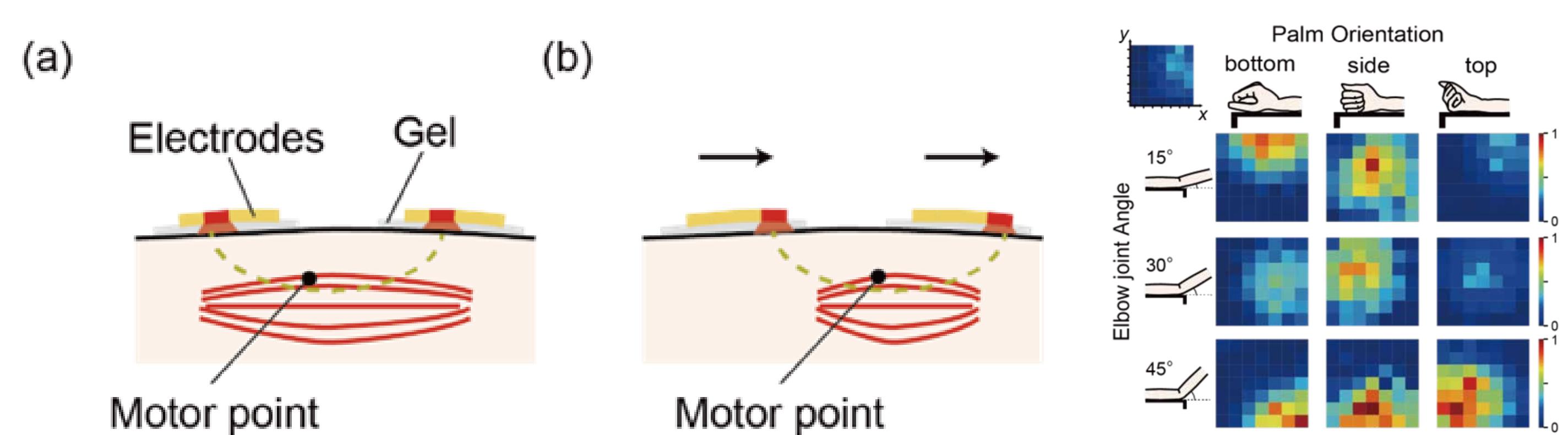
## A. 順応の検証

- 人間の意図に沿った運動介入
- 刺激をし続けると、時間差への慣れの影響があるか？
- 筋電位検出から 80-160ms 程度の刺激で同時と感じる
- **慣れの影響を実証**



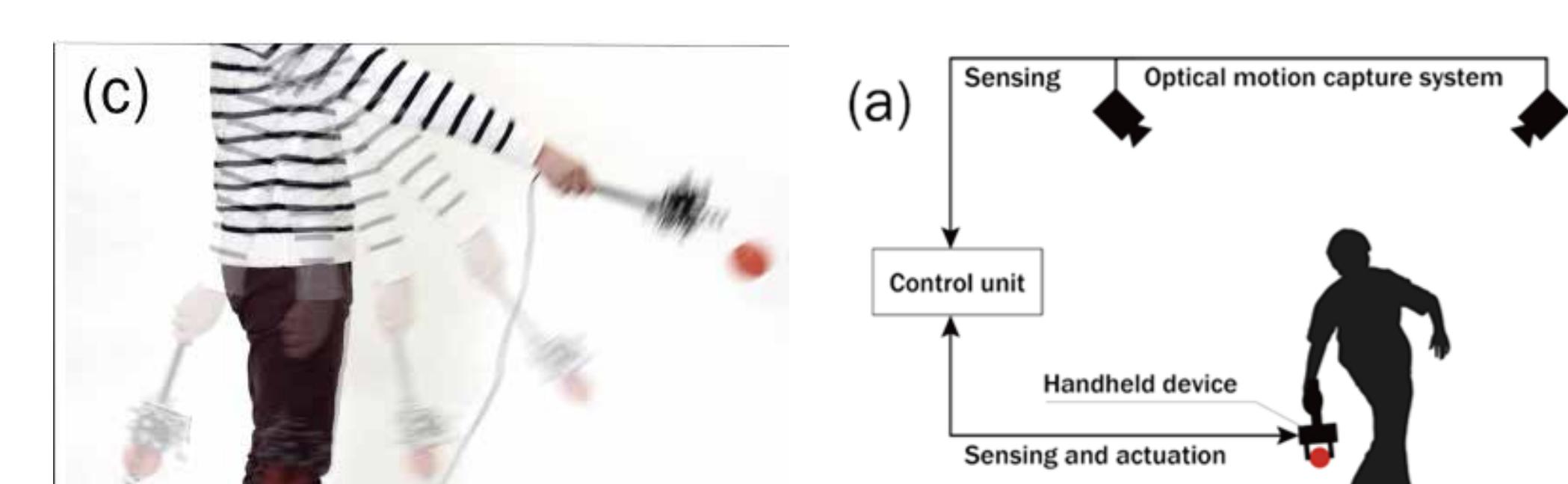
## B. 適応的電極選択装置

- 運動介入の「結果」の精密化
- 筋電気刺激には最適な部位（運動点）が存在する
- 小さい電極でピンポイントに刺激：小電流で駆動
- 痛み・不快感の低減、気づかれないキャリブレーション
- 運動点は筋肉の収縮でずれる
- 数 mm 単位で電極位置を選択できる回路を開発



## C. 投擲動作支援

- モーションキャプチャと IMU センサによって  
人間の振り動作を取得
- ボールの軌道を計算、的に当たるタイミングで投擲



## 将来展望

### 随意運動と筋電気刺激の合成運動に関する知覚の解明

- 隨意運動中に運動介入をする場合の基礎的知見
- 実社会への応用
  - 補綴工学・リハビリテーション
  - 熟達者の身体動作・表現の再現・習得