

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

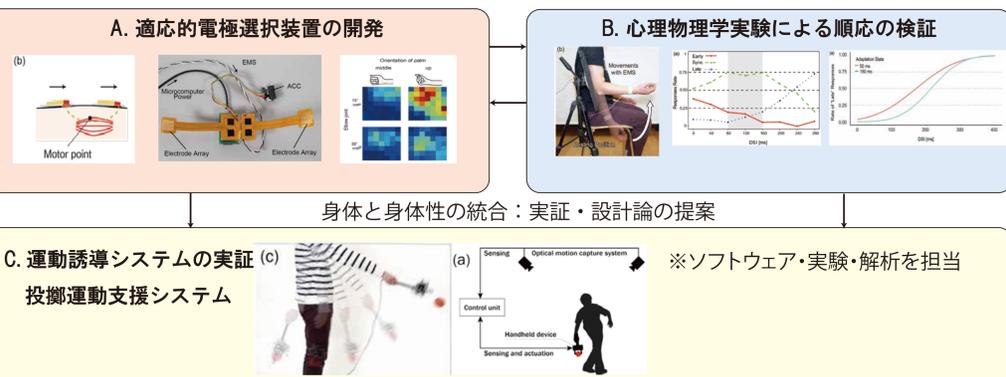
背景

- 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
- **機械のアシストに注意を向けずに扱えるようにしたい**
 - 機械を使用しながら他の動作を行うことができるように
 - 補助を意識させるべきときは注意を向けられるように
 - 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

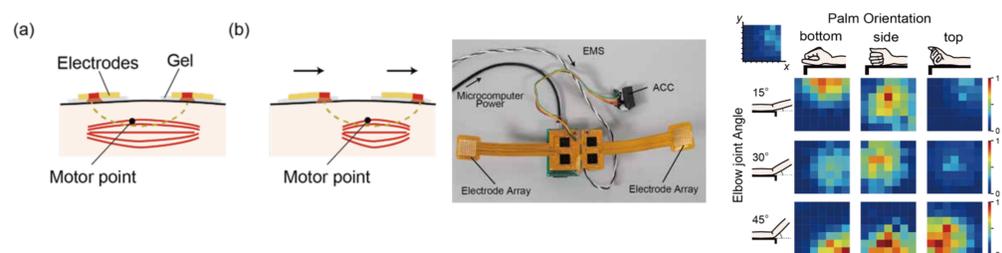
- 随意運動中に運動介入を感じにくいシステム（運動誘導）
 - 意図に反さない（透明な）運動介入
 - 人間の予測にあった介入
 - 意図に反する・痛み・不快感
 - 正確な運動介入 → 精密な運動結果の制御
 - 目的動作の達成・運動介入の正確性
- 筋電気刺激・運動中の課題
 - 筋電気刺激が随意運動中の **人間知覚に与える影響は未解明（運動の予測）**
 - タイミング・力発揮量に関して数理モデルを構築し、人間の知覚特性を解明する（ACT-X）
 - タイミング・力発揮量による透明性制御モデルの提案
 - 筋肉と皮膚の位置関係がずれてしまうため、**正確な運動介入は困難（運動結果）**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

研究内容



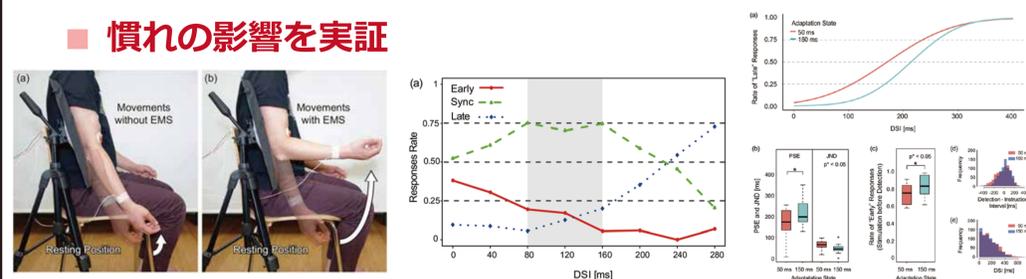
A. 適応的電極選択装置

- 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



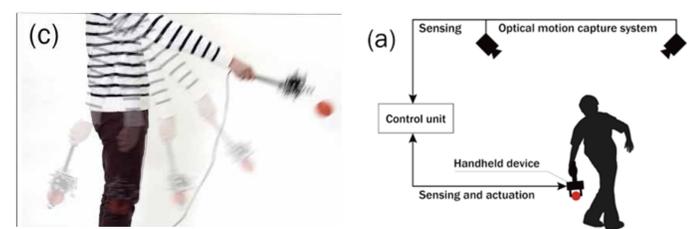
B. 順応の検証

- 人間の意図に沿った運動介入
 - タイミングが同時：刺激に合わせて動くことができる
 - タイミングがずれる：随意運動を妨害する
- 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



C. 投擲動作支援システム

- 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

- 随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