

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 脳機能補完による高齢者・障がい者の機能回復支援技術の研究開発
- ◆個別課題名 :
- ◆副題 : 外骨格ロボットと脳機能ニューロフィードバックによる身体および認知・感覚運動機能のICTを活用したリハビリテーションシステムの開発
- ◆実施機関 : 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)、関西医科大学 (長谷公隆)、兵庫医科大学 (道免和久)、森之宮病院、慶應義塾大学 (三村将)、東京大学 (岡村毅)、昭和大学 (加藤進昌)、京都府立医科大学 (松岡照之)、京都大学 (高橋英彦)、広島大学 (岡本泰昌)
- ◆研究開発期間 : H28~H30 (3年間)
- ◆研究開発予算 : 総額600百万円 (平成28年度200百万円)

2. 研究開発の目標

安全で操作性の良い外骨格ロボット端末操作インタフェースを開発、医師などの端末操作者とリハサービス利用者のインタラクションログデータから外骨格ロボット端末自律化を可能とする機械学習アルゴリズムを導出、参画医療機関とともにその効果を定量的に検証する。高齢者を含む脳活動データの収集の準備を行う。データベース構築の準備を行い、分担機関で収集した脳活動データのデータベースへの提供を開始する。認知・運動機能の低下の原因となっている結合を同定するための機械学習アルゴリズムを検討する。大型装置および簡易装置を用いたニューロフィードバックのprotocolsを検討する。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

研究開発成果

身体機能リハビリテーションシステムの開発

1. 操作性の良い外骨格ロボット端末の開発
2. インタラクションログデータからの外骨格ロボット端末制御のための情報抽出技術の開発
3. インタラクションログフォーマットの策定
4. 在宅リハビリテーション患者に対する外骨格ロボット端末の治療効果に関する検討
5. 個々の障がい者に最適なニューロリハビリテーションプログラムを提供するシステムの構築
6. 実験プロトコルの検討
7. 外骨格ロボット端末を試用するための体制整備
8. 外骨格ロボット端末の脳卒中患者に対する試行測定の実施

<研究開発成果: 開発目標1~3に対応>

モジュール空気圧人工筋 / 関節ユニット

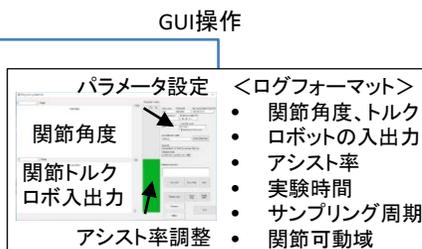
- 上肢・下肢外骨格ロボット端末の基本構造および機能が簡便に構成可能
- 用途に応じた外骨格ロボット端末を試作



ロボット基本要素のモジュール化 上肢外骨格ロボット端末

状態モニタリングソフトウェアの開発

- 操作性が良くわかりやすい状態モニタリングソフトウェアを医師・療法士の意見をもとに試作

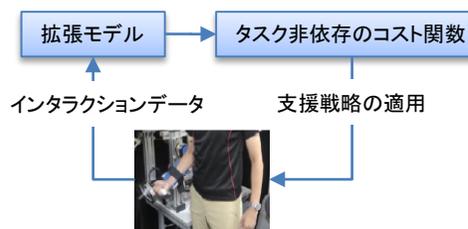


GPモデルによるアクチュエータ特性同定

- 確率モデルの導入により効率的なキャリブレーションを実現

モデルベース強化学習による支援戦略学習

- 装着者とロボットのダイナミクスやリハビリ運動タスクが未知の場合でも、最適なインタラクションを保ちながら装着者の運動負荷を軽減させる支援戦略が設計可能となった



<研究開発成果: 開発目標4~6に対応>

ステッパー式足部荷重練習ロボットの試作(関西医科大学)

- 装着型の外骨格ロボット端末で起こるフィッティング等の問題が回避でき、容易に在宅にて利用できる二足歩行の荷重感覚を練習できるシステムを実現
 - 通常のステッパーは足台の上下運動に伴って下肢を上下させるため、足台のどの部位に荷重をかけるかは規定されない。しかし、二足歩行での立脚期では踵接地からつま先離地への荷重点の移動が必要。
- 歩行制御に必要な足関節ブッシュオフとブッシュオフ時の膝関節伸筋の遠心性収縮の再現を検討
 - 適切な荷重を誘導する制御方法を考案し、試用した。遠心性収縮パターンの再現に寄与する可能性が示唆される

適切な荷重を誘導



上肢外骨格ロボットの仕様策定(兵庫医科大学、森之宮病院、慶應義塾大学)

- 脳卒中患者への適用に向けたロボットの仕様を医療従事者との意見交換により確定
- CI療法における身体特性計測(関節角度・関節トルク等)に特化したロボット端末の試作
- ロボット試作機を用いた予備実験によりシステム検証および計測方法とデータの解析方針を決定
 - 中間位からの挙上運動(体幹固定、母指を上向き)計測
 - アシスト力変化に伴う臨床指標、タスク成功率の変化を観測
 - ロボットのセンサ情報とFugl-Meyer指標のデータセットをデータベース化し、臨床指標への回帰モデル構築を検討
 - 筋電トリガーによる肩ロボット訓練の検討



<研究開発成果: 開発目標7~8に対応>

参画医療機関(関西医科大学、兵庫医科大学、森之宮病院、慶應義塾大学・リハ科)において実験環境の構築および医療従事者によるシステム検証

- エアコンプレッサー、外骨格ロボット端末、実験機器(トレッドミル等)の導入および実験体制の整備

仕様策定した外骨格ロボット端末における各参画医療機関での倫理審査

- 関西医科大学、兵庫医科大学: 倫理審査書類準備中
- 森之宮病院、慶應義塾大学: 倫理審査承認済み

健常人および患者での試行計測

- ロボット試作機(改良)を用いた健常人での測定
- 同機を用いた脳卒中患者での試行測定

システム検証



3. 研究開発の成果 (項目2)

研究開発目標

研究開発成果

認知・感覚運動機能の維持とリハビリテーションシステムの開発

1. 多人数の高齢者の脳活動データおよび生体データの収集のための多施設統一プロトコルの策定
2. 高齢者の脳活動データおよび生体データの収集の実施
3. 認知・運動機能の低下の原因となっている結合の同定
4. ニューロフィードバック実験プロトコルの検討
5. 習慣形成システム開発のための予備実験の実施

<研究開発成果: 開発目標1~2に対応>

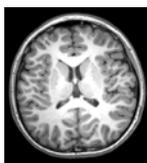
多施設統一プロトコルの策定 (全参画機関)

- 臨床検査、MRI撮像、認知機能バッテリーについて、①60歳以上、②50-59歳、③49歳以下の年齢層に分けて、必須・準必須・任意の項目を策定した
- MRI撮像パラメータも統一プロトコルを使用
- 倫理委員会への申請

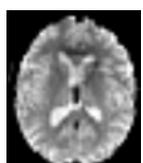
高齢者の脳活動データおよび生体データの収集の準備および実施

- 健常高齢者23名 (このうち12名は2回分) のデータ収集を実施 (ATR)
- 健常高齢者8名のデータ収集を実施 (東京大学)
- 健常高齢者および軽度認知機能障害を対象として、12月よりMRIのテストスキャンを始め、実際のデータ取得を12月中旬より開始 (慶應義塾大学/精神科)
- 成人発達障害症例のなかで特定の認知機能に選択的な障害を持つ2症例において、注意機能などに関する詳細な神経心理学的検討を行った。また、反復経頭蓋磁気刺激法を用いて特定の脳領域と認知機能の因果関係を調べる実験を開始するための準備をした。(昭和大学)
- うつ傾向のある高齢者の認知機能の行動データ取得、安静時の脳活動データ収集のための準備を進めた(京都府立医科大学)
- 京都大学医学部付属病院が所有する2台の3TのMRIで効率的にデータが採取できるように撮像環境の整備をした。京都大学医学部付属病院や関連医療機関や人材派遣会社から健常中高齢者および精神病症状を示す中高齢者をリクルートする体制を構築した。(京都大学)
- 新たに60才以上の健常高齢者4例、うつ傾向のある高齢者20例(双極性障害7例、大うつ病性障害13例)のデータ収集を実施。加齢とうつ傾向による脳機能変化の関連性を検討した結果、DMNの中核領域である楔前部活動の抑制能力に共通した変化が生じることが明らかになった(広島大学)

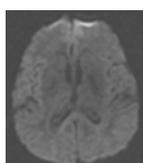
データ収集



T1強調画像 (T1)



安静時脳機能画像 (rsfMRI)



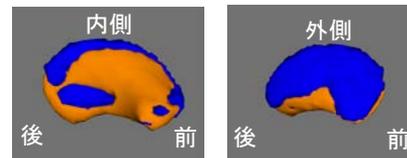
拡散テンソル画像 (DTI)

<研究開発成果: 開発目標3~5に対応>

認知・運動機能の低下の原因となっている結合の同定 (ATR)

- 20歳から79歳までの構造画像データを用いて、先行研究で指摘されている線条体の体積と年齢との関係を調べたところ、年齢と体積の間に負の相関が見られた。
- 縦断データによるより微細な変化を捉えるための予備解析として、Vertex analysisという手法を用いた解析を実施した。今回新たに撮像した高齢者22名と、若年者22名の皮質下領域の構造を比較を行い、線条体および海馬に高齢者と若年者で差が見られるという予備的な結果を得た。

線条体 (被核)



■ 高齢者で小さくなっている領域 (予備的結果)

ニューロフィードバック実験プロトコルの検討 (ATR)

- 背外側前頭前野を含む1結合にフォーカスをあてた結合ニューロフィードバックが有効であると考えられたため、まずはこのプロトコルでの実施を計画

習慣形成システム開発のための予備実験の実施 (ATR)

- 3週間の長期的な学習介入が及ぼす脳構造および脳機能への変化を捉える実験プロトコルの開発と、若年者3名に対する予備実験を実施し、3週間の介入実験が実施可能であることを確認

研究開発目標

多人数の高齢者の脳活動データの管理・運営 (ATR)

- 脳活動・生体記録・行動データのデータベースを構築し、病院などで収集した脳活動データのデータベースへの提供に対して、管理・運営を行う
- 多施設でのデータ共有およびデータ公開のための、倫理承認を全機関で完了

研究開発成果

多人数の高齢者の脳活動データの管理・運営 (ATR)

- 脳活動・行動データのデータベースの構築の準備として、サーバーの設置およびプラットフォームを構築
- 多施設データ共有およびデータ公開のための倫理申請を完了
- 統一プロトコルの詳細なマニュアルを準備

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
脳機能補完による高齢者・障がい者の機能回復支援技術に関する研究開発	0 (0)	0 (0)	1 (1)	16 (16)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

平成28年度のトピックスは特になし

5. 今後の研究開発計画

前年度に引き続き、開発項目1では装着者の状態やリハビリ用途に応じた機能を実現できる柔軟なアクチュエータ特性をもつ外骨格ロボット端末の開発を行い、生体信号やセンサ信号によるインタラクションログから抽出した情報に基づく運動推定アルゴリズムを検討する。また、策定したインタラクションログフォーマットに基づき状態モニタリングデバイスを試作し、テスト計測を実施し問題点や改善点を洗い出しシステムに反映する。

各参画医療機関においては、倫理委員会で承認を得たプロトコールに従って脳卒中患者での試用を行い、アシスト量と臨床指標およびタスク成功率との関連データ取得し実用性、効果を検討する。

また、下肢用ロボットに関しても、患者での測定に関する仕様の検討や環境設定を検討し、評価のための臨床指標の選定などを行い、臨床実証用のプロトコール作成につなげていく。

開発項目2および3においては前年度に策定した多施設統一プロトコールにしたがって、各施設で高齢者の脳データ、行動データ、検査データの収集を実施する。各施設で取得したデータは、ATRIに設置したサーバーにおいて管理を行う。

データ数を増やすと同時に、高齢者の認知機能を高精度で予測する特徴量の同定を行う。前年度に実施した脳構造データに、脳機能データ、心理データを加えて多変量解析を実施する。それと平行して、同定した特長量にターゲットを絞って簡易型脳活動計測装置(EEGおよびNIRS)を用いた同時計測を実施し、トレーニング・リハビリ・習慣形成方法提案システムの開発につなげていく。