

【奨励賞研究】

# 卓上型上肢リハビリテーションロボット D-SEMUL の開発と評価

佐藤 地洋

大分大学大学院 工学研究科工学専攻



## 1. 緒言

脳卒中患者が日常生活動作を獲得するうえで、上肢(肩や肘)による運動機能訓練を行うことが必要となる。訓練は長期間行われ痛みを伴うことも多いことから、モチベーションの維持は難しい。また、運動機能評価は療法士に依存するため、現状ではその定量化が困難である。以上の課題を解決するため、リハビリロボットによる訓練効果の定量化やモチベーション向上に関する研究が行われている。

我々はこれまで、上肢リハビリロボット SEMUL (Simple Exercise Machine for Upper Limbs)の開発を進めてきたが、これまではデスクトップ PC サイズのコントローラを有しており、サイズ・コストの観点から施設導入のハードルは高かった。また、従来のロボット装置に比べれば扱いやすいものであったが、訓練メニューの選択など療法士の介入が必要であった。そこでこれらの課題を解決すべく、卓上型 D-SEMUL (Desktop-type SEMUL)を開発している。

本研究では、片麻痺患者・非片麻痺患者に対する D-SEMUL のユーザインタフェース(以下、UI)の usability と訓練プログラムの affinity 評価を行った。さらに、健常者を対象とした脳波計測によって、結果表示が motivation に与える影響を調査した。

## 2. Usability/affinity の評価

既報による D-SEMUL 基本構造からの継続研究として、本稿では Fig.1 左の二つの UI (Touchscreen と Keyboard) を導入した。D-SEMUL を用いた訓練では、ユーザはグリップを把持し、画面を見ながら各種訓練プログラムを実行する。現在、Fig.1 右の迷路訓練を含め 5 種類の訓練プログラムを開発している。上記の UI は、ユーザが訓練メニュー選択時の usability 向上を目的に導入した。

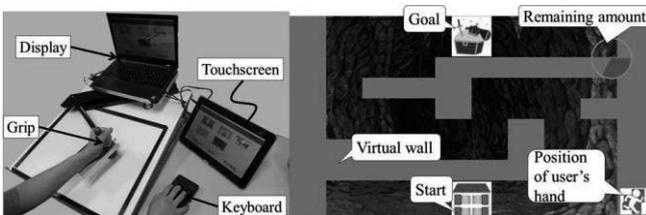


Fig.1 D-SEMUL & maze training

UI の usability と訓練プログラムの affinity を評価するために、認知機能に異常がなく、本装置による訓練を単独で実施可能な患者 16 名 (78±8 歳、片麻痺患者 9 名、非片麻痺患者 7 名) を被験者として選定した。実験は本学と大分岡病院の倫理審査委員の承認を得て、被験者の同意のもとに実施した。

実験では、訓練選択に用いた UI とその難易度、各訓練プログラムの好みの 5 段階評価を調査した。結果は、UI は被験者全員が Touchscreen を選択し、好みは音楽が内容に深く関連する訓練の評価が他と比べ低かった。Touchscreen が片麻痺患者に有用な UI であること、および音楽が訓練プログラムの affinity に大きく影響することを確認した。

## 3. Motivation の評価

本装置では訓練プログラム実行後に、直前およびこれまでの訓練結果を画面表示することで訓練 motivation の向上を図っている。この結果画面に対して、その表示方法の違いが motivation に与える影響を調査した。被験者の訓練結果(スコア)に対して、努力すれば達成できる程度の目標値が同時に表示される画面と、被験者のスコアのみが表示される画面の 2 種類を用意した。

訓練にはスタートからゴールを目指す迷路 (Fig.1 右)を用いた。迷路は 5 往復すると 100 点を獲得でき、手の位置を示すアイコンが壁に当たると 2 点の減点、75 秒以内に訓練を達成した時のみ 1 秒につき 3 点の加点をする。壁の形状は 5 種類がランダムで表示される。健常者に対する難易度を上げるために、ユーザの手の動きと画面上の動きを左右のみ反転させた。訓練は利き手で 30 回行った。

結果画面に目標値が表示される群(実験群:6 名、男 5 女 1)と表示されない群(コントロール群:6 名、男 5 女 1)に分けて脳波の計測結果および訓練スコアを比較した。

脳波計測はフューテックエレクトロニクス社のブレインプロライトを用いて Fp1, Fp2 と左耳朶に電極を配置し閉眼安静状態を行った。計測は 2 分間実施し、施行前に 1 回(基準脳波)と訓練 5 試行ごとに 1 回(計 6 回)の計 7 回の平均電位を記録し、各回を基準脳波の値で正規化した。U 検定を用いて 7 回目の正規化平均電圧を 2 群比較した結果を Fig.2 に示す。白丸は各被験者データ、黒塗り三角は中央値を示す。グラフ中の C はコントロール群、E は実験群を示す。

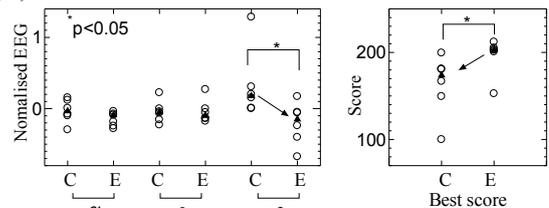


Fig.2 EEG & Max score

5%水準の有意差が  $\theta$  波と最高得点にあった。 $\theta$  波は眠気・まどろみ状態の時に高く出るため実験群はより覚醒した状態で訓練を行っていたことが考えられる。最高得点は訓練への motivation が向上したため有意な差が出たのではないかと考えられる。

## 4. 結言

本稿では、卓上型上肢リハビリロボット D-SEMUL を開発し、UI の usability、訓練プログラムの affinity、および結果表示による motivation への影響を調査した。結果、Touchscreen は対象者に対し有用な UI であること、訓練中の音楽が affinity に影響すること、および訓練結果に目標値を表示することで motivation が向上されることが示された。

## 謝辞

本研究の一部は、公益財団法人 JKA、および科学研究費補助金(16K01555)の助成により行われた。