

氏名	古館 裕大
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第55号
学位授与年月日	令和3年3月22日
学位論文題目	片麻痺を対象とした家庭用手指リハビリテーション機器における麻痺の 定量化手法
論文審査委員	主査 三上 貞芳 副査 櫻沢 繁 副査 鈴木 昭二 副査 藤野 雄一

## 論文要旨

片麻痺は脳血管疾患発症後の代表的な後遺症として知られており、身体の片側上下肢に麻痺を呈する症状が特徴的である。片麻痺のリハビリテーションは、入院時に限らず退院後も重要である事が知られており、特に手指は日常生活でも多用するため、継続的な治療が必要となる。しかし、退院後のリハビリテーションの実施は、患者単独の実施となるため、極めて困難である問題点が存在する。この問題点に対する1つの解決手段として、医療従事者を代行する機器の利用が存在する。通常、医療従事者は患者に対して①治療と②評価の2つを行い、運動機能の改善に向けて介入を行う。この2つの工程を自動化する事で、在宅におけるリハビリテーションが実現可能となる事が期待できる。本研究では、片麻痺患者を対象とした在宅における手指リハビリテーション機器の開発を目的とする。特に、①治療と②評価の2つの自動化を実現するため、麻痺の状態や運動機能の定量化方法を検討する。手指の治療の目的は、手指の分離運動の再獲得であり、分離運動を実現するためには、動かすべき指を適切に動かすことができる事（随意的な動作）と、動かす必要のない指を適切に動かさない事（随意的な抑止）の2点が重要となる。本論文では、この2点をどのように定量化し、機器で行う治療と評価を実現するかについて述べていく。

キーワード： 片麻痺, 手指リハビリテーション, 定量化

## 審査結果の要旨

本学位論文は、脳血管疾患の代表的な後遺症である片麻痺において、麻痺側の手指の運動機能の回復過程に関するリハビリテーション医学等における知見を踏まえて、その診断（評価）・治療（訓練）を自動化する方法について論じたものである。

片麻痺のリハビリテーションにおいては、以前から急性期以降の継続したリハビリテーションの重要性が指摘されている。本研究では、退院後自宅で医療従事者のサポートが受けられない場合でも適切なリハビリテーションがサポートできるように、痙性麻痺からの手指の運動機能回復を自動化するシステムが提案されており、重要かつ実用的にも有用な研究内容であると判断する。

論文ではまず、従来の片麻痺リハビリテーションの自動化サポートに関する研究をまとめている。手指を対象としたサポート装置において、従来は動作訓練のアシストという機能のみにとどまり、回復過程を考慮したリハビリが行われている例は少ないこと示している。また診断・評価の自動化においては、装置の操作に医療従事者の介在を必要とする例や、画像計測による手指の動作の程度の機械学習認識で麻痺程度を推定する例などがあるが、痙性麻痺からの回復において重要である手指の分離運動の再獲得の程度という見地で自動評価を提案している例は見られないことを述べており、本研究の独自性を明らかにしている。

続いて麻痺からの回復に関する生理学・リハビリテーション科学での視点についてまとめ、提案する方法の根拠を明らかにしている。

続く章では、これらをもとに、学位論文の研究にて提案した評価・訓練のための簡便な装置について論じている。分離運動の程度を認識するために各指の押し下げ力を測るハードウェアと、それをリアルタイムに可視化するシステムと、そのプロトタイプについて述べ、家庭に設置して利用できる簡便な装置であることが示されている。

第5章では、この装置を用いて手指の分離運動を促進するための自動リハビリテーションの手順を提案している。具体的には随意運動を要求し、各指の押し下げ力を計測し、その値が健常者の誤差範囲から逸脱する場合に、望ましくない不随意運動が生じたものとして患者に示すという手順を、ガウス過程回帰を基に示している。

第6章では、この装置を患者の手指麻痺程度の評価として利用するための手法を論じている。まず手指分離運動に巧緻性評価を考慮した、患者の評価用の随意運動パターンを提案している。それらを患者にいくつか実施してもらうことで、各指の押し下げ力の時系列を測定し、それが健常者の一般的なパターンとどの程度異なっているかを、動的時間伸縮法およびRMS相違度により評価し、それらのロジスティック回帰モデルによる統合で健常者ラベルへの帰属確率という形で定量的に得る手法を提案している。

これらの妥当性は第7章で実験結果とともに論じており、特に評価については片麻痺患者を対象とした実験により、臨床スケールとの比較によって妥当性を明らかにしている。

以上、本論文は、片麻痺における人体生理学やリハビリテーション科学の知見に基づき、統計学・機械学習・センサ工学に基づいて、新しい有用性の高い手指運動機能の自動評価および自動訓練の方法を提案したものであり、医用工学・ライフサポート科学・リハビリテーションロボティクス等の分野に大きく寄与するものである。よって本学の学位論文として十分値するものと判断する。