

氏名	ノムラ マサカズ 野村 正和
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博第1337号
学位授与の日付	2024年9月11日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	把握力調整能力に着目したヘルスケアシステムと機能的自立度評価スコアの予測に関する研究 (A Study on Healthcare System Based on Adjustability for Grasping Force and Prediction of Functional Independence Measure Score)
論文審査委員	主査 教授 森田 良文 准教授 関 健太 教授 加藤 昇平 教授 中島 一樹 (富山大学)

## 論文内容の要旨

超少子高齢社会となった我が国では、高齢者の健康寿命を延伸させ、生活機能の維持・向上を図ると同時に、発達障害児の早期支援を行うことが求められている。そのために必要なりハビリテーション（以下、リハビリ）は様々な場所にて多職種で行われ、個別性の高い医療であるため、医療 DX が必要であるとされている。一方、健康で自立した日常生活を営む上で、巧緻性を要求される動作が多くある。巧緻とはたくみでこまかいこと、精巧で緻密なことであり、手指の動作に関する手指巧緻動作は手先の器用さを必要とする。手指が心身へ与える影響は大きく、少しでも機能を失うと日常生活あるいは仕事をするうえで大きな不便を感じる。さらに手指機能の低下は、運動機能だけではなく認知機能の低下と関連することが報告されている。先行研究にて手指の筋収縮を適切にコントロールして把握力を調整する能力を把握力調整能力と定義し、それを評価とトレーニングができるデバイス（以下、iWakka）が開発された。そこで本研究では、把握力調整能力に着目し、医療 DX を実現するためのニーズに基づく技術開発と有用性検証を目的とする。まず医療従事者を対象に iWakka のニーズの調査をしたところ、発達障害児、高齢者および脳卒中患者においてニーズが高いことが分かった。医療 DX の実現に向けて、発達障害児、高齢者および脳卒中患者と医療従事者がそれぞれの立場で把握力調整能力のリハビリを実施す

るうえで、1) ユーザビリティが高く、モチベーションを維持しながら継続的に把握力調整能力の評価とトレーニングができるデバイスの開発、2) そのデバイスから得られたデータがリアルタイムでクラウドに保存され、医療従事者が閲覧できるシステムの開発、3) 医療従事者が適切な目標設定と計画を立案するための予後予測モデルの開発が必要である。本研究では、1) は発達障害児を対象にデバイスを開発し、把握力調整能力の改善効果と多面的な評価の可能性を確認することで有用性を検証する。2) は地域在住高齢者を対象にシステムを開発し、運動機能と認知機能の改善を確認することで有用性を検証する。3) は脳卒中患者を対象に予後予測モデルを開発し、要求予測精度を満たすことを確認することで有用性を検証する。これらの開発は対象ごとに個別に行うが、それぞれの成果を組み合わせることで、医療 DX の実現につながる。本研究は 6 つの章から構成されている。

第 1 章は序章であり、本研究の背景、医療 DX の現状および手指巧緻性と機能的自立度評価スコアの予測に着目した医療 DX の現状と課題を説明し、本研究の目的を説明する。

第 2 章では、先行研究にて開発された把握力調整能力評価トレーニングデバイス iWakka のユーザビリティ向上のための iPad 版 iWakka の開発について述べる。携帯性を向上させるために、タブレット型コンピュータ (Apple 社製, iPad) に対応した把握力調整能力の評価とトレーニングのためのハードウェアとソフトウェアを開発した。このソフトウェアは臨床現場のニーズに応えた機能を追加することでユーザビリティの向上を図った。それにより、臨床現場への導入や共同研究先の拡大にも繋がった。

第 3 章では、iPad 版 iWakka にゲーミフィケーションを導入したソフトウェア iWakka Game の開発について述べる。自閉症児と発達性協調運動障害児を対象として臨床現場のニーズに基づいて iWakka Game を開発した。把握力調整能力の改善効果と多面的な評価の可能性を確認できたことから有用性を明らかにした。

第 4 章では、iWakka ヘルスケアシステムの開発について述べる。第 2 章で開発した iPad 版 iWakka と第 3 章で開発した iWakka Game を組み合わせて、データをクラウド化することで、在宅での把握力調整能力と認知機能を改善させる目的のトレーニングを提供し、さらに医療従事者が日々の実施状況を確認できる iWakka ヘルスケアシステムを開発した。共通の情報基盤を通して高齢者と医療従事者が円滑にコミュニケーションをとり、介入前後において把握力調整能力、認知機能および QOL が向上したことから有用性を明らかにした。

第 5 章では、医療従事者が適切な目標設定と計画を立案するための FIM スコアの予後予測モデルの開発について述べる。脳卒中患者を対象として入院時あるいは入院中のデータから退院時の FIM スコアを予測するための機械学習を用いたモデルを開発した。提案予測モデルの平均誤差が要求予測精度の 5 点以下を満たしたことから有用性を明らかにした。

第 6 章では、本研究で得られた成果をまとめ、本研究で残された課題を述べるとともに、今後の展望について言及する。

## 論文審査結果の要旨

超少子高齢社会となった我が国では、高齢者の健康寿命を延伸させ、生活機能の維持・向上を図ると同時に、発達障害児の早期支援を行うことが求められている。そのために必要なリハビリテーション（以下、リハビリ）は様々な場所にて多職種で行われ、個別性の高い医療であるため、医療DXが必要であるとされている。一方、健康で自立した日常生活を営む上で、巧緻性を要求される動作が多くある。巧緻とはたくみでこまかいこと、精巧で緻密なことであり、手指の動作に関する手指巧緻動作は手先の器用さを必要とする。手指が心身へ与える影響は大きく、少しでも手指機能を失うと日常生活あるいは仕事をするうえで大きな不便を感じる。さらに手指機能の低下は、運動機能だけではなく認知機能の低下と関連することが報告されている。先行研究にて手指の筋収縮を適切にコントロールして把握力を調整する能力を把握力調整能力と定義し、それを評価とトレーニングができる把握力調整能力評価トレーニングデバイス（以下、iWakka）が開発された。そこで本研究では把握力調整能力に着目し、医療DXを実現するための現場ニーズに基づく技術開発と有用性検証を目的とする。本論文は6つの章から構成されている。

第1章は序章であり、本研究の背景、医療DXの現状および手指巧緻性と機能的自立度評価（FIM）スコアの予測に着目した医療DXの現状と課題を説明し、本研究の目的を説明する。

第2章では、先行研究にて開発されたiWakkaのユーザビリティ向上のためのiPad版iWakkaの開発について述べる。現場ニーズに応えた機能を追加することでユーザビリティの向上を図った。

第3章では、iPad版iWakkaにゲーミフィケーションを導入したソフトウェアiWakka Gameの開発について述べる。現場ニーズに基づいて自閉症児と発達性協調運動障害児を対象としたiWakka Gameを開発し、把握力調整能力の改善効果と多面的な評価の可能性を認めたことから有用性を確認した。

第4章では、iWakkaヘルスケアシステムの開発について述べる。iPad版iWakkaとiWakka Gameを組み合わせ、データをクラウド化することで、在宅での把握力調整能力と認知機能を改善させる目的のトレーニングを提供し、さらに医療従事者が日々の実施状況を確認できるiWakkaヘルスケアシステムを開発した。共通の情報基盤を通して高齢者と医療従事者が円滑にコミュニケーションをとり、介入前後において把握力調整能力、認知機能およびQOLが向上したことから有用性を確認した。

第5章では、医療従事者が適切な目標設定と計画を立案するためのFIMスコアの予後予測モデルの開発について述べる。脳卒中患者を対象として入院時あるいは入院中のデータから退院時のFIMスコアを予測するモデルを開発した。要求予測精度の5点以下を満たしたことで有用性を確認した。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、残された課題と今後の展望について言及する。

野村正和氏の博士論文で論じられている上記研究の成果は、学術論文3編（審査有）、国際会議論文1編（審査有）、および国際会議論文1編（審査なし）に公表されている。これらの学術的な価値から、博士論文として十分な内容と判断され、博士（工学）の学位に適格であると認める。