

画像認識とタッチパネル操作を統合した手指巧緻性計測システムの開発

柏原 優稀[†] 陳 思楠[†] 林 敦子[†] 中村 匡秀^{†,‡}

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

[‡] 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

E-mail: [†]1944377t@stu.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}hayashi@pearl.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 認知症は現代の日本社会において大きな問題となっている。認知症の診断やリハビリにおいては、手指の運動機能を計測することが重要である。本研究では手指巧緻性を計測するための方法であるタッピング課題の測定を行うための Web アプリの開発を目的とする。我々のキーアイデアは、Web カメラによる手指認識とタッチパネル入力を組み合わせて、手指運動を計測することである。提案手法では、Web カメラで撮影したライブ画像を、手指認識のライブラリー MediaPipe の hand.js に導入し、手指の 21 個の特徴点が自動的に出力される。それと同時に、我々はタッチパネル操作ボタンを Web 画面に設定する。操作画面のシナリオとして、2 秒間ずつに画面提示した数値や仮名に対応した手指を運動させて、ボタンを押す動作をタッチパネルによる入力で捉える。これにより、多角的な手指運動機能の計測を行うことができることが期待できる。

キーワード 画像認識, タッチパネル操作, 手指巧緻性, Web サービス, スマートヘルス

Developing a Finger-Dexterity Measuring System Integrating Image Recognition and Touch Panel Operation

Yuki KASHIHARA[†], Sinan CHEN[†], Atsuko HAYASHI[†], and Masahide NAKAMURA^{†,‡}

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

[‡] Riken AIP 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027 Japan

E-mail: [†]1944377t@stu.kobe-u.ac.jp, ^{††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ^{†††}hayashi@pearl.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract Dementia has become a significant problem in modern Japanese society. In diagnosing and rehabilitating dementia, it is important to measure the motor function of the fingers. This study aims to develop a web application for measuring the tapping task, which assesses manual dexterity. Our key idea is to combine finger recognition using a web camera with touch panel input to measure finger movements. In our proposed method, we utilize a live image captured by the web camera and input it into the hand.js library of MediaPipe for finger recognition. It automatically outputs 21 feature points of the fingers. Simultaneously, we set up touch panel operation buttons on the web interface. In the scenario of the operation screen, participants must move their fingers corresponding to the displayed numbers or characters at intervals of 2 seconds and press the buttons using touch panel input. It allows for comprehensive measurement of finger motor function. By combining finger recognition using a web camera and touch panel input, we expect to measure multifaceted finger motor function accurately.

Key words Image recognition, Touch panel operation, Finger dexterity, Web service, Smart healthcare

1. はじめに

近年、日本は高齢化が進んでおり、それにともなう認知症患者の増加が懸念されている。認知症とは、記憶力や認知機能が低下し、日常生活や社会生活に支障をきたしている状態をい

う。日本における認知症患者数は今後増加することが予測されている。このような社会的背景のもとで、認知症に対する医療への関心が高まっている。

認知症によって、認知機能の低下だけでなく、運動機能の低下が起こる。特にアルツハイマー型認知症に対しては、運動機

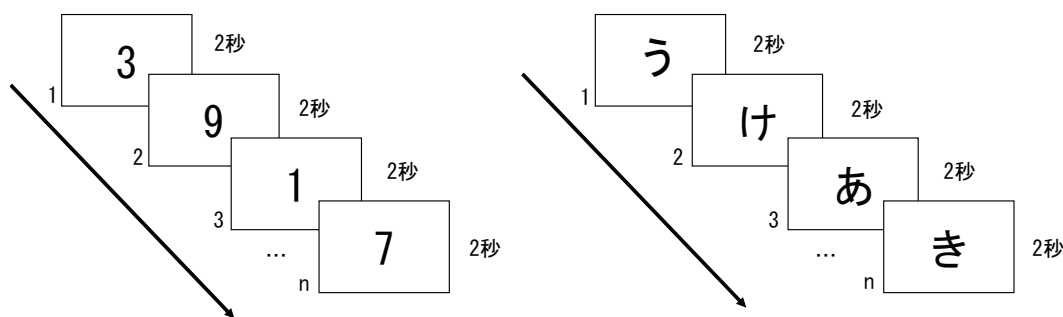


図 1 タッピング課題における数値と仮名の提示例

能の低下が顕著に起こることが知られている [1]. 手指巧緻性や歩行能力などの運動機能の変化を測定することで、認知症患者の早期診断を行うことが研究されている [2].

手指巧緻性の低下を発見するための方法として、タッピング課題が用いられる。タッピング課題は、実験者が数字などで指示を与え、被験者が指示に応じて適切に指を動かせるかを判定する方法である。従来の方法では、紙などで指示を出し、実験者が結果を目視で判定する方式で行われていたが、実験者、被験者ともに負担が大きいことが課題となっていた。

タッピング課題の評価を磁気センサやタッチパネルを用いて自動化する方法が研究されている [3]. しかし、これらの方法は第 1 指と第 2 指のみに焦点を当てたものであり、5 指全てに対する評価を行ったものは少ない。また、指示を与える部分と入力部分が独立しているため、アプリケーション上で評価や分析を行うことが難しいという課題点がある。

本研究では、これらの課題点を解決するため、タッピング課題により手指巧緻性を測定する Web サービスを開発することを目的とする。提案サービスは、タッピング課題の実行を簡単な操作で自動的に実行し、結果の記録及び評価を行うものである。

2. 準備

2.1 タッピング課題

運動機能を定量的に計測するための方法のひとつとして、タッピング課題がある。タッピング課題は、視覚等による周期的な刺激に対して指でパッド等を叩く課題である。提示された刺激に対して高速に反応して正確に指を動かせたかを判断することで、認知機能及び運動機能を測ることができる [4]. そこで本研究で提案する Web サービスで行われるタッピング課題の概要について述べる。タッピング課題における数値と仮名の提示例は図 1 に示す。タッピング課題を行う前、左右の手指に番号や文字をそれぞれ割り当てる。次に、Web サービス上で 2 秒ごとにランダムな番号、文字を提示し、被験者はそれに応じて対応する番号の指を動かし、画面の特定の部分をタッチする。タッピング課題は提示された番号や文字を即座にタッチする課題 (i.e., normal 課題) と、提示された番号や文字の 1 つ前に提示されたものに対応する課題 (i.e., nback 課題) が存在する。

2.2 先行研究

タッピング課題の測定を行う機器についての先行研究がいくつか存在する。磁気センサを使用した装置を用いてタッピング

課題における手指運動を計測する方法が研究されている [5]. 磁気センサには正確に手指の距離データを計測できる利点があるが、専用の器具を必要とする点が課題である。タッチパネルを利用した計測方法も研究されている [6]. タッチパネル端末を用いる際の課題として、多くのタッチパネルでは入力をタッチされたかどうかの 2 値で判定し、入力の強さを連続的に判定するものは少ないこと、タッチが反応しなかった場合の動きが記録に残らないことなどの課題が存在する。また、これらの先行研究は第 1 指と第 2 指のみを対象として評価を行うものであり、5 指すべてを対象として評価を行っているわけではない。

2.3 技術的チャレンジ

タッピング課題の定量的な評価を行うという目標に対する現状の課題を列挙する。

1 つ目は、計測した情報の適切な記録が難しいことである。従来の方法では紙などに書いた数字を提示することで刺激とし、どのように被験者の指が動いたかは目視によって確認するという方法を用いている。この方法は道具を必要としないが、結果を後から確認することができないこと、計測基準が実験者の主観に依存することなどの問題点が存在する。また、カメラ等の映像をそのまま利用することは、被験者のプライバシーの観点から望ましくない。タッチパネルを利用した方法は、結果としてデジタルな情報を記録できるため便利であるが、被験者がうまくタッチ出来なかったり、タッチしたが反応しなかった場合の指の動きは一切記録できないという問題点がある。

2 つ目は、特別な器具や操作が必要となることが挙げられる。前項で示した章 2.2 の先行研究にて用いられる方法は、手指運動の精細なデータを記録することが可能であるが、専用のセンサーが必要であることが課題であると考えられる。タッピング課題を実施するうえで、デジタル端末に対する知識を必要としなくても被験者や実験者が操作を行えることが望ましい。また、装置の準備においても、ただ端末の電源を入れるだけで全ての準備が完了するような単純なものであることが望ましい。

3 つ目は、結果の閲覧および評価を容易に行えるようにすることである。タッピング課題の正答率や、指ごとの結果の分布などをわかりやすく可視化することにより、実験者、被験者の両者が結果を確認し、今後に役立てられるようになることが望ましい。このためには、データの記録と加工を適切に行う必要がある。

2.4 IoT 機器と Web サーバの活用

本研究では、タッピング課題の実施及び評価を Web サービスとして行うことを考える。Web サービス認知機能の計測を Web サービスを用いて行う利点は主に 3 つ挙げられる。

1 つ目の利点は、入力センサとして Internet of Things (IoT) 機器を活用できることである。本研究では手指の認識を行うためのデバイスとして Web カメラ及びタッチパネルを用いる。ほかに特別な機器や設備を利用しなくて良いため、安価に実施することができる。2 つ目の利点は、Web ブラウザ上にて動作するため操作が簡便になることである。刺激の提示、および計測を 1 つの Web アプリ上にて行うことによって、簡単な操作によって計測および記録を一挙に行うことができる。3 つ目の利点は、Web サーバを用いて計測結果を管理できることである。Web サーバ上に計測結果を保存しておくことで、計測結果の比較を行うことや、計測結果をほかのサービスへ活用することが容易になると考えられる。

2.5 タッチパネルによる認識

Web アプリ上でタッピング課題の評価を行うために、タッチパネルによる認識を行う。タッチパネルが搭載されたタブレット型モニタ端末を、ブラウザを動作させるノート PC と接続し、表示画面及び入力端末として利用する。タッチパネルの入力を認識する部分は、HTML 上で実装されるボタンの仕様を利用する。

2.6 事前学習済みモデルを用いた画像認識技術

本研究で開発した Web アプリでは、Web カメラで撮影した手指の画像を利用する。画像情報から特徴点を抽出し座標データを取得するため、事前学習済みモデルを用いた画像認識技術を用いる。事前学習モデルは、公開されている MediaPipe Hands [7] を活用し、リアルタイムに撮られたライブ画像から手指先の 21 特徴点の 2 次元 XY 座標を自動的に出力される。

3. 提案手法

3.1 目的とアプローチ

本研究の目的は、タッピング課題の実施を簡便に行い、定量的な計測を行えるようにすることである。この目的を達成するために必要な要件を以下に列挙する。

要件 1: 複雑な操作を必要としないこと

被験者側だけでなく、実験の実施者側にとっても、実施時に複雑な操作を必要とすることはストレスとなり、実験速度や計測精度の低下につながる。そのため、最低限必要なボタン、入力欄のみを大きく表示し、操作方法ができるだけわかりやすいようにしておく必要がある。

要件 2: 結果をわかりやすく表示すること

得られた結果を分析し、見やすい形式で表示することが必要である。表示すべき情報として、与えた刺激と被験者の動作が一致しているかどうかや、反応にかかった時間などが挙げられる。

3.2 全体アーキテクチャ

提案するサービスの全体アーキテクチャを図 2 に示す。提案サービスには、ユーザ名の登録、実験の実施、結果の閲覧の 3

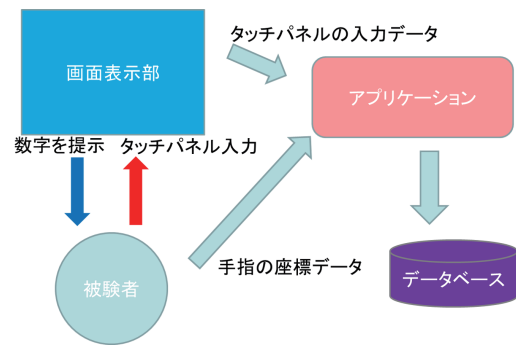


図 2 提案手法の全体アーキテクチャ。

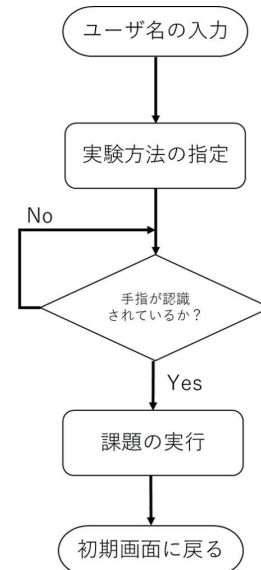


図 3 実験を実施する際のフローチャート。

つの部分がある。実験実施時のみ被験者が操作し、それ以外の部分は実験者が操作を行うことを想定している。

3.3 Module 1: 初期画面及び実験実施画面

3.3.1 Module 1-1: ユーザ登録画面

実験を実施する際のフローチャートを図 3 に示す。サービス開始時の画面では、実験者は実験を実施するか結果を閲覧するかを選択する。実験を実施する場合は、初めにユーザ名を入力し、登録を行う。登録後、画面の遷移は自動的に行われる。結果の閲覧の際は、実験実施時に登録したユーザ名を選択し、日時を一覧表示する。

3.3.2 Module 1-2: 実験実施画面

ユーザ登録画面にてユーザ名の入力終了すると、自動的に画面が実験実施画面に遷移する。次に、実験者は番号や文字が表示される回数や、normal 課題、nback 課題のうちどちらを行うかの情報を設定する。その後、被験者の手がウェブカメラに記録されるように、位置の調整を行う。このとき、Web カメラが手を正しく認識するまで、実験を開始できないようになっている。これは、手を認識しないまま実験を開始して、結果が記録されなくなってしまうことを回避するために行った工夫である。手を正しく認識すると、開始ボタンを操作できるようになる。開始ボタンを操作すると、タッピング課題が開始される。

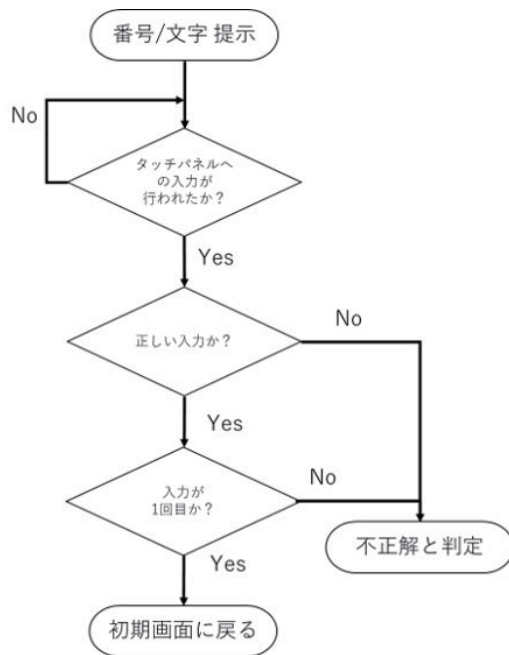


図 4 正誤判定のためのフローチャート。

指定された表示回数を終え、タッピング課題が終了すると、自動的に初期画面へと遷移する。

3.4 Module 2: 画像認識とタッチパネルによる手指追跡

3.4.1 Module 2-1: 画像認識による特徴点のライブ再現

実験の実施中、手指の画像データを Web カメラによって撮影している。撮影した画像データは、hands.js ライブラリを用いて特徴点だけを抜き出し、座標データとして記録する。座標点のデータは、画像データと重ねて表示することができるが、実験時はデフォルトでは非表示になるようにしている。

3.4.2 Module 2-2: タッチパネル計測のアルゴリズム設計

タッチパネル計測は、実験実施画面下部に表示された 10 個のボタンを用いて行う。ボタンに手指を載せて、刺激に応じて対応するボタンを指でタッチすることで計測を行う。タッチされたボタンと刺激が正しく対応しているかを Web アプリ側で判定し、結果を表示する際に用いている。与えられた刺激とボタンが正しく対応しており、かつボタンが複数回置かれていない場合に限り正しいと判定されるようにしている。正しいと判定されたなら、ボタンが押されるまでの時間を判定時間として記録する。タッチパネルによる入力の正誤判定のアルゴリズムのフローチャートを図 4 に示す。

3.5 Module 3: 実験結果の閲覧

初期画面から、実験結果の閲覧を行う画面へと移動することができる。実験実施時に登録したユーザ名を選択することで、そのユーザの行った課題の結果を閲覧することができる。ユーザを選択したのち、結果の JSON ファイルを表示することや、正解率の棒グラフや各回の正解率の推移を折れ線グラフとして表示させることができる。

3.6 データベースの構築・連携

計測によって記録されるデータは、MongoDB [8] のデータベースに送信される。送信データは手指画像認識のデータと

手指認識運動テスト

テストを開始する場合は「ログイン画面へ」を、過去のテストの結果を見る場合は「記録を見る」へ、グラフを出力したい場合は「グラフを出力」をクリックしてください。

ログイン画面へ

記録を見る

図 5 サービス開始時の画面。

ログイン

名前を入力してから、ボタンを押してください

手指運動計測の開始

名前をクリア

図 6 ユーザ名入力部分の画面。



図 7 実験実施画面。

タッチパネルの認識データに分けられ、それぞれが保存されるようになっている。データベースからデータを取得するためのフォーマットの例を表 1 に示す。

4. 実 装

4.1 利用した技術

本研究で提案するサービスは node.js [9] を用いてブラウザ上で実行するものである。手指の画像データを認識するために、MediaPipe [10] というフレームワークに含まれる Hands という機能を使用した。また、記録は MongoDB を用いてデータベースに記録されるようにした。提案サービスにて使用した技術やフレームワークの一覧を表 2 に示す。

4.2 機能の説明と利用時の流れ

まず、初期画面において実験者は実験を実施するか、結果を閲覧するかをボタン入力によって選択する。これにより、シナリオの分岐が発生する。

シナリオ 1: 実験の実施

サービス開始時の画面スクリーンショットを図 5 に示す。はじめに、実験者は被験者のユーザ名を入力し、登録を行う。登録されたユーザ名は、後で記録を確認するために必要となる。ユーザ名登録を行う画面のスクリーンショットを図 6 に示す。次に、実験者が実験の形式と刺激が提示される回数を指定する。その後、被験者の手が正しく認識されていることを確認してか

表 1 データベースからデータを取得するためのフォーマットの例

```
app.get('/userN=:userN/dbN=:dbN/itemN=:itemN/getAllUpdateTime')
app.get('/userN=:userN/dbN=:dbN/itemN=:itemN/getAllData')
app.get('/userN=:userN/dbN=:dbN/itemN=:itemN/updateTime=:updateTime/get')
```

表 2 使用した技術やフレームワークの一覧

名前	バージョン
Google Chrome	113.0.5672.127
Node.js	11.0.0
MongoDB	3.5.9
MediaPipe	-



図 8 提案サービスで計測される際の様子。

ら、実験者がスタートボタンを押してタッピング課題を行う。タッピング課題が終了したあと、自動的に画面が初期画面へ遷移し、次の操作が行えるようになる。実験実施画面のスクリーンショットを図 7 に示す。また、図 8 に提案サービスで計測される際の様子を示す。

シナリオ 2: 結果の閲覧

結果の閲覧部分では、結果閲覧モードでのユーザ選択画面の例を図 9 に示す。ユーザ名を選択し、ユーザ ID ごとのデータ一覧を表示することができる。この中から閲覧したいデータを選択することで、JavaScript Object Notation (JSON) 形式の入力データを閲覧することができる。タッチパネルによる入力データを記録した JSON ファイルの例を図 10 に示し、手指認識による座標データを記録した JSON ファイルの例を図 11 に示す。

シナリオ 3: グラフによる可視化

結果の閲覧において、ユーザ名を選択したあと、グラフ表示のチェックボタンを選択することで、それぞれの計測についての正解率の棒グラフや、正解率の推移の折れ線グラフを表示することができる。複数の計測に対するグラフを選択することで、複数のグラフを並べて比較することができる。グラフを表示する画面のスクリーンショットを図 12 に示す。

4.3 考察

本研究で提案するサービスによって、実験の実施及び記録を高速に行うことが可能となった。特に、タッチパネルによる入力は実行中に正解判定を行うことができ、記録から正解率を簡単に求めることができるようになった。また、データベースに

データ閲覧

名前をクリックすると、それぞれのデータに飛びます

データ一覧		
名前	件数	最新の日時
guest03081004	3	2023-03-08 10:36:45.707
hoge	4	2023-03-08 19:49:57.674

図 9 結果閲覧モードでのユーザ選択画面の例。

```
[
  {
    "_id": "6407e450bc32470a14e250be",
    "name": "guest03081004",
    "allData": [
      [
        {
          "data": 4,
          "time": "2023-03-08 10:26:27.938",
          "responseTime": 1063
        }
      ]
    ],
    "shownVal": [
      4,
      1,
      8,
      2,
      5
    ],
    "updateTime": "2023-03-08 10:26:40.874",
    "rule": "current",
    "result": [
      1,
      0,
      1,
      1,
      1
    ]
  }
]
```

図 10 タッチパネルの入力データの JSON ファイルの例。

よってユーザ名を管理することで、同じ被験者の複数回のタッピング課題の結果を比較することが容易になると考えられる。現在のサービスの課題点として、結果の出力が JSON 形式で行われるため視認性に欠ける点、画像認識の結果をタッピング課題の正誤判定と直接結びつけられていない点が挙げられる。

課題点を解決するための方法として、結果をグラフなど見やすい形に表示することで比較を容易にすることや、正解率を大きくわかりやすく示すことで、重要な結果を認識しやすいようにすることが挙げられる。また、機械学習の技術を利用することで、手指運動認識の結果を結果判定に用いることができるのではないかと考えられる。

```
[
  {
    "_id": "640931b4caba5827085c24f3",
    "name": "i",
    "allData": [
      [
        {
          "data": [
            [
              {
                "x": 0.6554007530212402,
                "y": 0.07934701442718506,
                "z": 4.887745035375701e-7
              },
              {
                "x": 0.6103296279907227,
                "y": 0.11991216987371445,
                "z": -0.02835012972354889
              },
              {
                "x": 0.5850882530212402,
                "y": 0.17868968844413757,
                "z": -0.04775778576731682
              },
              {
                "x": 0.5738803744316101,
                "y": 0.24628445506095886,
                "z": 0.00000000000000000
              }
            ]
          ]
        }
      ]
    ]
  }
]
```

図 11 手指認識による座標データの JSON ファイルの例.

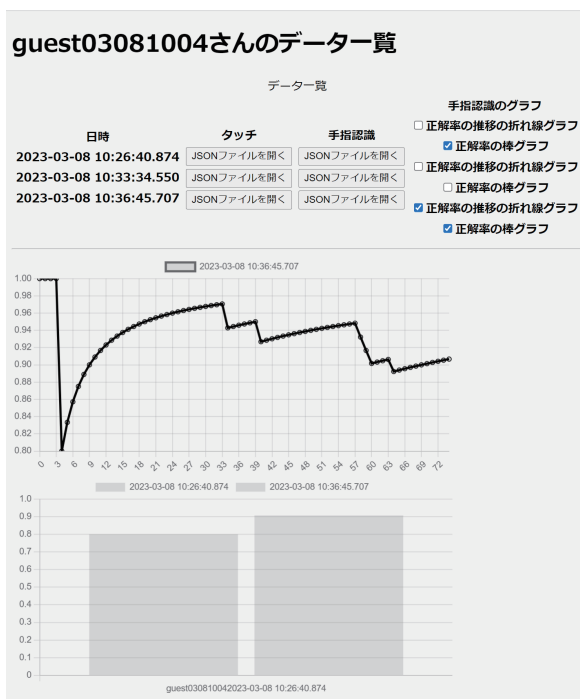


図 12 結果閲覧モードでの JSON 出力及びグラフ表示の例.

5. ま と め

本研究では、タッピング課題の実施を効率化する Web サービスを提案した。提案サービスでは、タッチパネルによる入力認識及び画像認識による手指運動の記録を行い、自動的に正解率の算出を行えること、実験の実施や記録が簡単な操作で行えることなどから、実験者、被験者両方にとって負担が少なくなることが期待できる。提案サービスの改善点として、タッピング課題の結果をグラフを用いたより見やすい形式で表示し、画

像認識をタッピング課題の評価に用いることが挙げられる。これらの改善に加えて、実際に被験者に対する実験を行い、その結果をふまえてサービスを向上させられることが期待できる。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP20H05706, JP20H04014, JP20K11059, JP22H03699, JP19K02973, 若手研究 23K17006, および、神戸大学数理・データサイエンスセンター学内・学外 DX 推進共同プロジェクトの研究助成を受けて行われている。

本プロジェクトに多大なるご協力を贈りました神戸大学大学院保健学研究科・伊島桃花様、工学部・岡本大様、医学部・伊藤啓大郎様、工学部・芝紘希様には深く御礼申し上げます。

文 献

- [1] A. Kluger, J.G. Gianutsos, J. Golomb, S.H. Ferris, A.E. George, E. Franssen, and B. Reisberg, "Patterns of motor impairment in normal aging, mild cognitive decline, and early alzheimer'disease," The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, vol.52, no.1, pp.P28-P39, 1997.
- [2] K.E. Kobayashi-Cuya, R. Sakurai, N. Sakuma, H. Suzuki, M. Yasunaga, S. Ogawa, T. Takebayashi, and Y. Fujiwara, "Hand dexterity, not handgrip strength, is associated with executive function in japanese community-dwelling older adults: a cross-sectional study," BMC geriatrics, vol.18, no.1, pp.1-8, 2018.
- [3] S. Suzumura, A. Osawa, T. Nagahama, I. Kondo, Y. Sano, and A. Kandori, "Assessment of finger motor skills in individuals with mild cognitive impairment and patients with alzheimer's disease: Relationship between finger-to-thumb tapping and cognitive function," Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, vol.7, pp.19-28, 2016.
- [4] K. Hesseberg, G.G. Tangen, A.H. Pripp, and A. Bergland, "Associations between cognition and hand function in older people diagnosed with mild cognitive impairment or dementia," Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra, vol.10, no.3, pp.195-204, 2021.
- [5] J. Sugioka, S. Suzumura, Y. Kawahara, A. Osawa, N. Maeda, M. Ito, T. Nagahama, K. Kuno, K. Shiramoto, S. Kizuka, et al., "Assessment of finger movement characteristics in dementia patients using a magnetic sensing finger-tap device," Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, vol.11, pp.91-97, 2020.
- [6] S. Makai-Böloni, E. Thijssen, E.M. vanBrummelen, G.J. Groeneveld, and R.J. Doll, "Touchscreen-based finger tapping: Repeatability and configuration effects on tapping performance," Plos one, vol.16, no.12, p.e0260783, 2021.
- [7] R.K. Veluri, S.R. Sree, A. Vanathi, G. Aparna, and S.P. Vaidya, "Hand gesture mapping using mediapipe algorithm," Proceedings of Third International Conference on Communication, Computing and Electronics Systems: IC-CES 2021Springer, pp.597-614 2022.
- [8] K. Saundariya, M. Abirami, K.R. Senthil, D. Prabakaran, B. Srimathi, and G. Nagarajan, "Webapp service for booking handyman using mongodb, express js, react js, node js," 2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC)IEEE, pp.180-183 2021.
- [9] X. Huang, "Research and application of node.js core technology," 2020 International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI)IEEE, pp.1-4 2020.
- [10] M. Harris, A.S. Agoes, et al., "Applying hand gesture recognition for user guide application using mediapipe," 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (IS-SAT 2021)Atlantis Press, pp.101-108 2021.