

高齢者の手指運動計測システムの機能向上とデータ取扱い手法の改善

柏原 優稀[†] 陳 思楠[†] 林 敦子^{††} 中村 匡秀^{†,†††}

[†] 神戸大学 大学院工学研究科 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 神戸大学 大学院保健学研究科 〒654-0142 神戸市須磨区友が丘 7-10-2

^{†††} 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, ^{†††}a-hayashi@pearl.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 現代の日本社会における高齢化の進行に伴い、認知症患者の増加は大きな問題となっている。認知症の早期診断やリハビリにおいては、手指の運動機能を計測し認知機能を評価する手法が研究されている。本研究では手指巧緻性を計測するための方法の一つであるタッピング課題の測定のための Web サービスの改良を行った。従来システムにおける課題点として、手指運動評価手法の改良、非専門家によるシステムの起動および導入が容易でないこと、データ提供および可視化手法の改善が挙げられていた。提案システムは、同一の指示内でタッピングを複数回行った場合の評価手法を変更し、被験者の運動機能のより精密な評価が可能になった。また、Docker のコンテナ化技術を用いてシステムの起動を容易にすること、記録データを Excel などにより扱いやすい XLSX 形式ファイルへの変換および提供を行うことで、データ取扱い手法を改善し、非専門家による取り扱いをより易しくした。

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

Improving Functions and Data Processing Methods of Finger-Dexterity Measuring System for the Elderly

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

[†] Graduate School of Engineering Department of Electrical and Electronic Engineering, Kobe University
Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

^{††} Graduate School of Health Sciences Faculty of Health Sciences, Kobe University
Tomogaoka 7-10-2, Suma, Kobe, Hyogo 654-0142, 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, ^{†††}a-hayashi@pearl.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract With the progression of aging in modern Japanese society, the increase in the number of dementia patients has become a significant problem. Research has been conducted on methods to measure hand movement functions for the early diagnosis and rehabilitation of dementia, evaluating cognitive functions. This study has improved a web service for measuring tapping tasks, one method for assessing manual dexterity. The issues identified with the traditional system included the need for improvement in hand movement evaluation methods, the system's initiation and implementation not being user-friendly for non-experts, and the need for better data provision and visualization methods. The proposed system has modified the evaluation method for cases where tapping is performed multiple times within the same instruction, allowing for a more precise assessment of the subject's motor functions. Furthermore, by utilizing Docker containerization technology to simplify system startup and converting and providing recorded data in the more manageable XLSX file format for applications such as Excel, the data handling method has been improved, making it easier for non-experts to use.

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

1. はじめに

日本における高齢化の進行に伴い、認知症患者数は今後増加することが予測されている。認知症とは、記憶力や思考力などの認知機能が低下し、日常生活に支障をきたしている状態をいう。特にアルツハイマー型認知症においては、認知機能だけでなく、運動機能も顕著に低下することが知られている。これにより、アルツハイマー型認知症の早期発見のための運動機能測定法が研究されている [1]。

我々の研究では、タッピング課題と呼ばれる、視覚による刺激に応じて指を動かすことで手指運動能力を計測する手法を用いて、高齢者の運動機能を評価する Web サービスを開発している。このシステムは、タッチパネル入力データと Web カメラで撮影された手指の画像から特徴点を抽出し、手指の動きを計測する。タッチパネル入力データから正誤判定を行い、被験者の正解率や反応にかかった時間を記録することで、認知機能および運動機能を評価することができる。

本研究では、このシステムの機能向上およびデータ取扱い手法の改善方法を提案する。従来システムにおける手指運動評価手法を改良し、不正解の場合の評価をより精密に行うことで、高齢者の運動機能の評価精度向上を目指す。また、非専門家による取り扱いをより易くするため、Docker によるコンテナ化技術を用いてシステムの起動を容易にすることおよび、記録データを Excel などにより扱いやすい XLSX 形式ファイルへの変換および提供を行うことで、データ取扱い手法を改善する。

2. 準備

2.1 高齢者の運動計測の必要性

日本の高齢化の進行に伴い、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。

認知症とは、記憶力や思考力などの認知機能が低下し、日常生活に支障をきたしている状態をいう。アルツハイマー型認知症において、認知機能だけでなく、運動機能も顕著に低下することが知られている。アルツハイマー型認知症の早期発見のための手指巧緻性や運動機能の測定方法が研究されている [2]。

2.2 先行研究：手指運動計測システム [3]

先行研究として、我々の開発した画像認識とタッチパネルを併用した手指運動計測システム（以降「従来システム」と呼称する）について述べる。

タッピング課題は、視覚等により被験者に周期的な刺激を与え、それに応じて指を動かしたり、パッド等を叩かせたりすることで、手指運動能力を計測する手法である。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により、認知機能及び運動機能を測ることができる。

従来システムは、タッピング課題を効率よく実施するための Web サービスである。従来システムにおけるタッピング課題の実施手順を述べる。タッピング課題を行う前に、被験者の左右の手指に対し数字や仮名などの記号を割り当てる。次に、実験者が課題の実施回数を定め、開始ボタンをタッチする。課題

が開始されると、システムは 2 秒ごとにランダムな記号を画面に提示し、被験者はそれに応じて対応する番号の指を動かす、画面の特定の部分をタッチする。指定した実施回数が完了すると、自動的に画面が遷移し、課題は終了する。

従来システムでは、タッピング課題の計測のため、タッチパネル入力データおよび Web カメラで撮影された手指の画像から特徴点を抽出した座標データをデータベースに記録する。タッチパネル入力データにおいては正解判定が容易に行えるため、正解判定および正解率もデータベースに記録される。実験者は、従来システム内の機能で記録された JSON 形式のデータを閲覧およびダウンロードすることができる。また、タッチパネル入力データによる正解率や同じ被験者に対する複数の実験間での正解率の比較は、グラフによる可視化を行ったデータを閲覧することができる。

従来システムは、実験者がコンピュータに対する詳しい知識を持たない非専門家であっても、問題なくタッピング課題を実施できるように設計されている。複数のコンピュータに対して従来システムを導入することによって、実験の実施規模を拡大することが可能である。

Web カメラによる手指座標データの抽出は、タッチパネルだけでは捉えきれない指の細かな動きを計測しより精密な判定を行うことを目的として行われている。従来システムにより抽出された座標データから、機械学習を用いて手指の動きを判定する研究が行われている [4]。

2.3 技術的チャレンジ

非専門家による手指運動計測の実施を行うシステムを構成するという目的に対する従来システムの課題点を挙げる。

1 つ目は、手指運動評価手法の改良である。従来システムではタッチパネルによる入力を評価する際、タッチされたボタンが指示と合致しており、かつ他のボタンが押されていない場合にのみ正答と判定している。認知機能の評価のための手指巧緻性測定という目的においては、より精密な評価が必要である。ボタンが押しているが指示と合致しないケース、複数回ボタンを押すケースなどを個別に判定することにより、これまでより被験者の運動機能を精密に評価できる。一方で、評価制度を大きく変えてしまうと、これまでに行われた実験データとの整合性が失われ、比較が難しくなることが懸念される。そのため、これまでに行われた実験の評価システムとの互換性を保ちつつ、新たな評価手法を導入することが望ましい。

2 つ目は、システムの起動が容易でないことである。運動計測の実施は、コンピュータやソフトウェアに詳しくない非専門家によって行われることが想定されているが、従来システムをコンピュータ上で使用可能な状態にするためにはデータベースやサーバの起動が必要であった。そのため、従来システムは準備時に専門家が操作を行う必要があった。また、システム導入の際、異なるコンピュータごとの環境の差異により、予期していなかった不具合が発生するケースが多くみられた。このような不具合は、実験の実施を大きく困難にする。実験の実施規模を拡大するうえで、コンピュータの環境に依存しないシステムの構築、および実験を行う非専門家のみでも準備を行えるシス

テムを構成することが望ましい。

3つ目は、データ提供および可視化手法の改善である。従来のシステムでは実験結果をデータベースに JSON ファイル [5] で保存されている。グラフ等で可視化を行う機能は存在したが、計測データから統計値を得るためには JSON ファイルを適切な形式に変換するなど、非専門家には困難を伴う作業が必要であった。計測データの統計的処理をより簡易にするため、非専門家にも扱いやすい形式でデータを提供できる仕組みをシステムに組み込むことが必要である。この際、これまでに行われた実験データについてもデータ提供が行えるよう互換性を保ちつつ、新たなデータ提供手法を導入することが望ましい。

2.4 Docker によるコンテナ化の技術

Docker [6] は、コンテナ型仮想化による実行環境を提供するプラットフォームである。Docker は、アプリケーションおよび動作 OS をコンテナとして仮想化し、アプリケーションの実行環境を構築することができる。提案システムは計測の実施において環境の異なる多数の PC で導入されるが、導入の際 PC ごとの環境の違いにより予期しない不具合が発生することがあった。Docker による仮想化によって、環境間の差異を吸収し、導入にかかる労力を軽減できることが期待される。

2.5 node.js における exceljs ライブラリ

node.js [7] は、JavaScript でサーバーサイドのプログラムを記述するためのプラットフォームである。node.js は非同期処理を行うことができるため、Web サービスの開発に適している。従来システムは node.js を用いて作成されている。

exceljs は、node.js において XLSX 形式ファイルを生成するためのライブラリである。XLSX ファイルは Excel などの表計算ソフトを用いて扱うことができるファイル形式である。exceljs を用いることで、テンプレートから XLSX ファイルを生成し、各セルに直接データを書き込むことで、JSON により保存されたデータを XLSX ファイルに変換できる。この方法を用いることで、これまでの JSON 形式のデータとの互換性を保ちつつ、より扱いやすい形式でデータ提供を行うことができる [8]。

3. 提案手法

3.1 目的とキーアイデア

本研究の目標は、高齢者の手指運動計測を行う従来システムの運動機能評価法を改良することおよび、非専門家による取り扱いをより易くすることである。この目的を達成するためのキーアイデアは、次の3点である。

キーアイデア 1: 手指運動評価手法の改良

従来システムでは、タッチパネルによる入力を評価する際、タッチされたボタンが指示と合致しており、かつ他のボタンが押されていない場合にのみ正答と判定している。これに加え、複数回ボタンを押しており、かつそのうち指示に合致したボタンが1回以上押されている場合の評価を行うことで、より幅広い評価を行えるシステムを提案する。この際、反応にかかった時間は初めに指示に合致したボタンがタッチされるまでの時間とする。このとき、従来の評価との互換性のため、これまでの

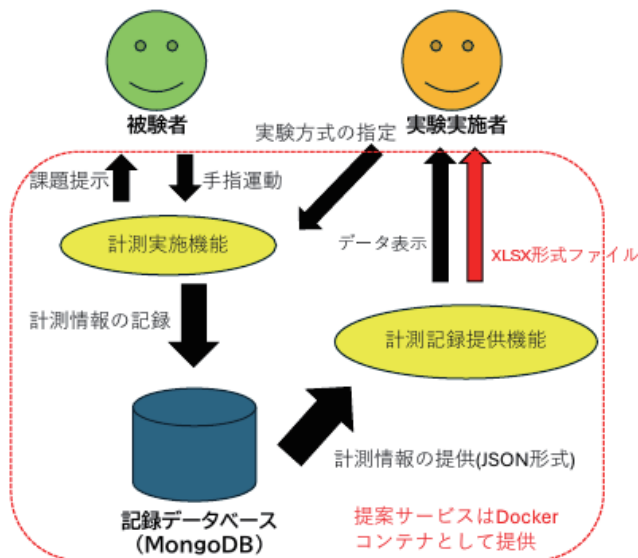


図1 提案システムの全体アーキテクチャ。

評価に新たな評価を追加する形でシステムを改良する。

キーアイデア 2: 起動及び管理が容易なシステムの構築

従来システムでは、システムをコンピュータ上で使用可能な状態にするためにデータベースやサーバの起動が必要であった。これにより、システムの動作ファイルがコンピュータの様々な部分に依存してしまい、コンピュータごとの環境の差異によって予期しない不具合が発生するケースや、実験を行うコンピュータにおけるシステム導入に困難が伴うケースが存在した。本研究では、Docker によるコンテナ化技術を用いることで、起動及び管理を容易に行えるようにし、非専門家でも扱うことができるシステムを構築する。

キーアイデア 3: データ提供および可視化手法の改善

従来システムでは、実験結果は JSON 形式で保存されていた。JSON を適切な形式に変換することで統計値を得るためには、非専門家には困難を伴う作業が必要であった。本研究では、node.js における exceljs ライブラリを用いることで、JSON データをより管理しやすい Excel ファイルとしてダウンロードできる機能を実装し、これまでのデータとの互換性を保ちつつ、非専門家にも扱いやすい形式でデータを提供することができる。

3.2 全体アーキテクチャ

提案システムの全体アーキテクチャを図1に示す。提案システムには、従来システムに存在したユーザ登録、実験実施、結果閲覧に加え、Excel ファイルのダウンロードが追加機能として行えるようになっている。

4. 実装

4.1 利用された技術

提案システムは、従来システムを改良してより実験者に利用しやすい形式とすることを目的として開発された。従来システムから導入されていた node.js や mediapipe [9], MongoDB に加え、新たに Docker および exceljs が導入されている。

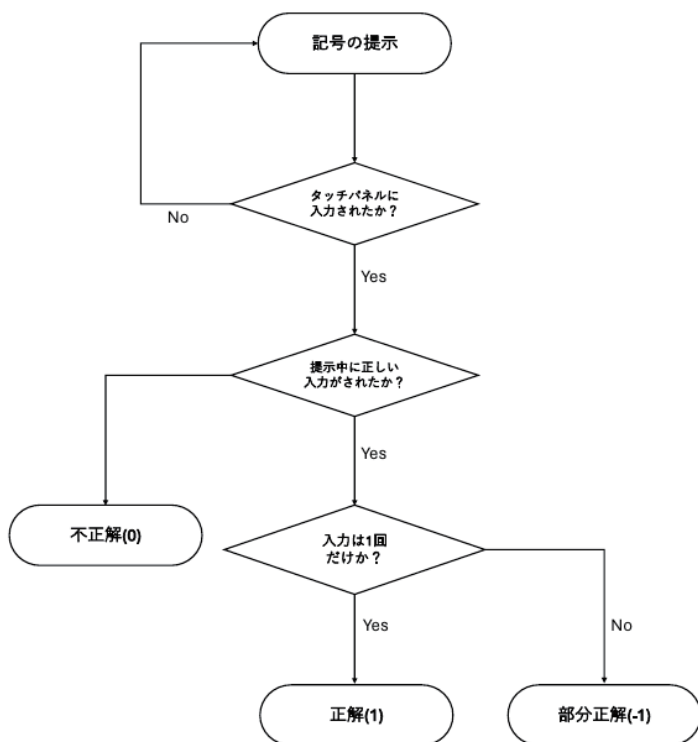


図 2 提案システムにおける手指運動評価アルゴリズムのフローチャート。

4.2 実装方法

提案システムにおいて新たに追加された重要な部分についての実装を述べる。

4.2.1 手指運動評価アルゴリズム

提案システムにおける手指運動評価アルゴリズムのフローチャートを図 2 に示す。従来システムにおいても存在した部分は黒色、新たに追加された部分は赤色で示している。各課題ごとに表示された記号に対して、被験者がボタンを 1 度だけタッチし、かつそれが指示に合致したものであるときは完全な正答として、データには状態 1 として記録される。被験者がボタンを複数回タッチした場合は完全な正答とはならないが、このうち 1 回以上が指示に合致したものであるときは部分正答として、データには状態 -1 として記録される。被験者がボタンを 1 回もタッチしなかった場合は不正答として、データには状態 0 として記録される。提案システムで部分正答となっているものは、従来システムでは不正答として記録されていた。このデータとの整合性をできるだけ保つため、新たな評価を追加する形でシステムを改良した。

4.2.2 Docker によるコンテナ化

提案システムは従来システムと異なり、Docker コンテナとして提供される。提案システムはシステム本体である Web サービスと、データベースである MongoDB の 2 つから構成される。これらを Docker-compose を用いて 1 つにまとめて提供される。提案サービスのコンテナ構成を指定する YAML 形式ファイルの記述を図 3 に示す。

図 3 に示したコンテナを Docker Desktop 上でビルドし、起

```

version: '3.1'

services:

  mongo:
    image: mongo
    container_name: mongo
    volumes:
      - ./mongo/init.js:/docker-entrypoint-initdb.d/init.js:ro
      - ./mongo/mongo-data:/data/db
    command: [mongod]
    networks:
      - nodejs-mongodb

  app:
    image: node
    working_dir: /usr/hand_dexterity_app
    tty: true
    ports:
      - '3000:3000'
    volumes:
      - ./usr/hand_dexterity_app
    command: >
      bash -c "npm install &&
      npm fund &&
      npm install nodemon -g &&
      npm init -y &&
      npm install express &&
      npm install mongodb &&
      npm install json2csv &&
      npm install exceljs &&
      nodemon ws3000.js"
    networks:
      - nodejs-mongodb
    depends_on:
      - mongo
  networks:
    nodejs-mongodb:
      driver: bridge
  
```

図 3 提案サービスのコンテナ構成定義 YAML ファイル。

動することで提案システムを利用することができる。初めにコンピュータに提案システムを導入する際、Docker Desktop をインストールする必要がある。Docker Desktop をインストールした後、提案システムのコンテナをビルドし、起動することで提案システムを利用することができる。一度提案システムをビルドした後は、Docker Desktop の自動起動機能を用いることで、特別な操作を行うことなく提案システムを利用することができる。

4.2.3 記録データの Excel ファイルへの変換および提供

提案システムにおいて、記録データは MongoDB を用いて JSON 形式で保存されている。従来システムでは、この JSON ファイルを取得する API が実装されていた。提案システムでは、この機能と exceljs ライブラリを用いて、記録データを XLSX 形式で提供する仕組みを新たに実装した。

exceljs ライブラリによって、テンプレートとなる XLSX 形式ファイルの読み込み、データの書き込み、ファイルのダウンロードがサポートされている。exceljs は npm を用いてインストールすることができる。Docker によるコンテナ化によって導入をビルドと同時にやられるため、PC ごとに設定を行う必要はない。

提案システムでは、あらかじめ XLSX 形式ファイルのテンプレートを用意し、このテンプレートに記録データを書き込む方法をとった。JSON ファイルを読み込み、テンプレートをもとにデータを処理し書き込み、最終的に XLSX ファイルとしてダウンロードできる API を実装し、提案システムの結果表示画面からダウンロードできるようボタンを設置した。

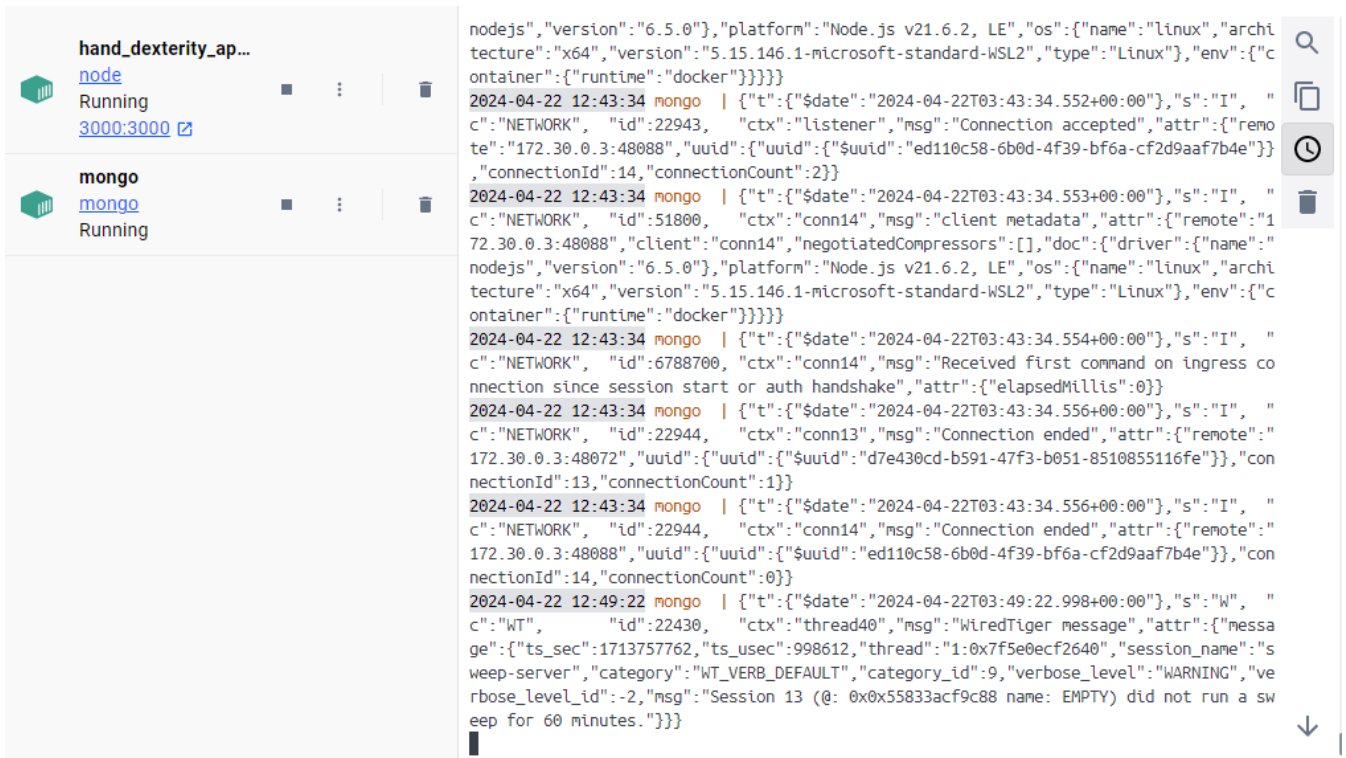


図 4 Docker Desktop 上で提案システムが起動している様子.

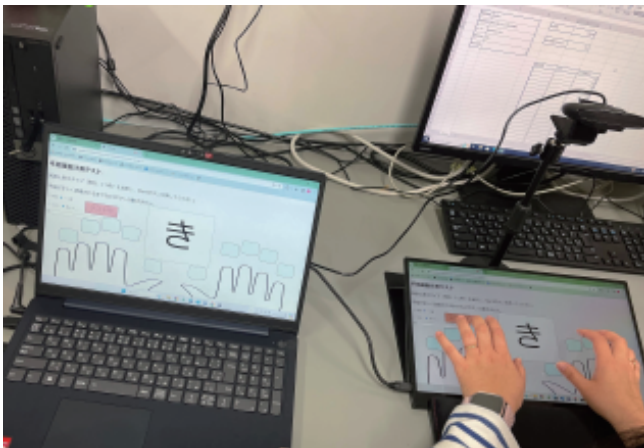


図 5 提案サービスを用いて手指運動を計測される際の様子.

kashiharatest						
A	B	C	D	E	F	G
1						
2	被験者	kashiharatest		正答率	48.6%	
3	記録日	2024-03-25				
4	ルール	previous_one		反応時間平均	612	
5	提示文	あいう...				
6	提示回	70				
7						
8				提示内容	正誤	反応時間
9				い	1	675
10				け	1	910
11				く	1	738
12				あ	1	738
13				き	1	520
14				お	1	620
15				け	1	705

図 6 提供 XLSX 形式ファイルの例.

4.3 提案システムの実行例

4.3.1 ソフトウェアの起動例

提案システムの起動は Docker Desktop 上で行われる。自動機能の設定を行うことでコンピュータの起動と同時に提案システムが起動し、特別な操作を行うことなく提案システムを利用することができる。Docker Desktop 上で提案システムが起動している様子を図 4 に示す。

Docker Desktop の起動は自動的に行われるが、コンテナのビルドの際に数分程度の時間がかかるため、即座に起動してブラウザからアクセスが可能であった従来サービスに比べて起動時間が長くなった。図 5 に提案サービスを用いて手指運動を計測される際の様子を示す。

4.3.2 XLSX 形式ファイルによるデータ提供の実行例

提案システムの結果表示画面から、記録データを XLSX ファイルとしてダウンロードできる。テンプレートとなる XLSX ファイルに書き込まれた提供ファイルの例を図 6 に示す。

4.3.3 手指運動評価の実行例

記録データから提供される XLSX ファイルにおいて、手指運動評価の正誤判定結果を確認することができる。従来システムに加え、部分正解を示す状態 -1 が追加されている。正誤判定結果の例を図 7 に示す。

4.4 考察

提案システムの利点および課題点について述べる。

手指運動評価については、従来システムとのデータの互換性を保ちつつ、幅広い評価を行うことができた。提案システムにおいては、部分正解を示す状態 -1 が追加された。これにより、

提示内容	正誤	反応時間
い	1	675
け	1	910
く	1	738
あ	1	738
き	1	520
お	1	620
け	1	705
き	-1	
い	1	898
き	1	623
あ	1	535
え	1	689
い	1	615
か	1	667

図7 手指運動評価の正誤判定結果の例.

従来システムにおいて単に不正解として扱われていたデータに対して、部分正答という単なる不正解とは異なる新たな評価を与えることで、より詳細な評価を行うことができると考えられる。

Docker によるコンテナ化技術によって、コンピュータの環境に依存しないシステムの構築が可能となった。提案システムは Docker コンテナとして提供されるため、コンピュータごとの環境の違いによる予期しない不具合が発生することがなくなった。また、導入は、Docker Desktop をインストールするだけで行うことができる。Docker Desktop の自動起動機能により、2 回目以降は特別な操作を行うことなく起動される。これにより、提案システムの導入にかかる労力の軽減が期待できる。一方で、提案システムの起動に従来システムよりも時間がかかるという課題が発生した。システムを導入した PC を起動しなおす際は実験者に不便を与える可能性がある。

exceljs ライブラリによって、記録データを XLSX ファイルとして提供する機能が提案システムでは新たに追加された。これにより、従来の JSON ファイルによる提供に比べより非専門家に扱いやすい形式でのデータ提供が可能となった。今回は正答率のみを提供しているが、今後は平均反応時間など、より詳細なデータを提供することのほか、グラフを XLSX ファイル上に表示して、データの可視化も XLSX ファイル上で行える機能が必要である。また、異なる実験データごとの比較を行う機能は実装されていないため、複数のデータを一つの XLSX ファイルにまとめて提供する機能も追加することが望ましい。

5. ま と め

本研究では、高齢者の認知機能を測定するために行うタッピング課題の実施を効率化する従来システムに対して、正誤評価の改良およびデータ取扱い手法を改善する方法を提案した。タッチパネルによる課題の正誤判定において、従来システムでは不正解と判定されていた場合でも、一度でも正しいボタンを

タッチしていた場合は部分正答という評価を追加するよう改良した。これにより、評価をより精密に行えるようになり、評価精度が向上することが期待できる。また、非専門家によるシステムの取り扱いをより易くするため、Docker によるコンテナ化技術を用いてシステムの起動を容易にすること、記録データを Excel など扱いやすい XLSX 形式ファイルに変換し提供を行うことで、データ取扱い手法を改善した。これらの改善において、従来システムにおいて記録されたデータとの互換性を保つよう、データ保持や変換方法を工夫した。これにより、非専門家にとっても実験を実施しやすく、結果の管理が容易なシステムを構築することができた。提案システムの課題点として、システムの起動に時間がかかることが挙げられる。今後は、システムの起動時間の短縮を図ることが課題である。また、提供されるデータの詳細化についても検討が必要である。また、実際に被験者に対する実験から得られた知見によって、提案システムの改良を行うことが今後の課題である。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP20H05706, JP20H04014, JP20K11059, JP22H03699, JP19K02973, JP24K02765, 若手研究 23K17006 の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・伊島桃花様と伊藤啓太郎様には深く御礼申し上げます。

文 献

- [1] A. Goda, “認知機能障害の早期スクリーニング方法—効果的な認知症の予防介入実施に向けて—,” Japanese Journal of Allied Health and Rehabilitation, vol.21, no.1, pp.33–38, 2022.
- [2] 今井田真実, 今井田貴裕, “認知症に対するタッピングタッチの効果の検討- 幻覚のある高齢女性の一事例-, ” 人間と環境, vol.17, pp.25–34, 2022.
- [3] 柏原優稀, 陳思楠, 林敦子, 中村匡秀, “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,” 電子情報通信学会技術研究報告, 第 123 巻, pp.24–29, June 2023.
- [4] 勢一隼人, 陳思楠, 林敦子, 中村匡秀, “高齢者の認知機能予測に向けた手指運動データの 特徴分析手法の提案,” 電子情報通信学会技術研究報告, 第 123 巻, pp.30–35, June 2023. 沖繩, 沖繩産業振興センター.
- [5] Z.H. Liu, B. Hammerschmidt, and D. McMahon, “Json data management: supporting schema-less development in rdbms,” Proceedings of the 2014 ACM SIGMOD international conference on Management of data, pp.1247–1258, 2014.
- [6] A.M. Potdar, D. Narayan, S. Kengond, and M.M. Mulla, “Performance evaluation of docker container and virtual machine,” Procedia Computer Science, vol.171, pp.1419–1428, 2020.
- [7] I.K. Chaniotis, K.-I.D. Kyriakou, and N.D. Tselikas, “Is node.js a viable option for building modern web applications? a performance evaluation study,” Computing, vol.97, pp.1023–1044, 2015.
- [8] S.-Y. Cho, “A report automation program to adjust contract amount due to price fluctuation,” 2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)IEEE, pp.252–256 2018.
- [9] V. Chundururu, M. Roy, R.G. Chittawadigi, et al., “Hand tracking in 3d space using mediapipe and pnp method for intuitive control of virtual globe,” 2021 IEEE 9th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)IEEE, pp.1–6 2021.