

## 1 受託研究進捗状況

### モーションパラメータを活用したAI技術開発

戸田晴貴 立川正真 開發学人 大森清博 福井克也

#### 1 はじめに

日本における65歳以上の高齢者が人口に占める割合である高齢化率は、令和3年時点では28.9%となつた<sup>1)</sup>。誰もがより長く元気に活躍するためには、高齢者の健康寿命を延伸し要介護状態となる期間をできるだけ短縮する必要がある。高齢者が要介護状態となる要因に、脳血管疾患や転倒による骨折がある<sup>1)</sup>。これらの疾患は受傷により急激に機能低下を起こす。一方で、加齢による衰弱、関節疾患や認知症<sup>1)</sup>は徐々に機能低下が進行する。したがって、身体機能が低下してきているが介入することで健康な状態に戻ることのできる高齢者を早期に発見し、適切な介入を行うことが重要となる。そこで我々は、Robot技術を活用した健康増進を実現する仕組みとしてRoboWELL<sup>®</sup>という取組を行っている。図1は、RoboWELL<sup>®</sup>を活用した評価装置と継続運動のスキームを示している。評価装置を使用して身体機能の衰え（以下、フレイル）や認知機能低下のリスクを測定し、継続運動を行いながら評価の維持、改善に取り組むことで、次の評価結果を期待するポジティブな循環を促し健康維持を図る。これまで、RoboWELL<sup>®</sup>を活用した健康増進スキームの評価装置として、日常生活動作中の運動能力を定量的に評価できるシステム（「運動能力評価システム」：特許第6535778号、「運動器作動力推定システム」：特許第6873871号）や、反応時間の評価システム<sup>2)</sup>を開発してきた。また、継続的な運動を促す目的で、RoboWELL<sup>®</sup>体操を考案しアプローチも行ってきた。



図1 RoboWELL<sup>®</sup>を活用した取り組みの概要

本稿では、令和4年度に新たに開発した、反応時間評価ゲーム“おとさんぽ”や側方リーチゲームについて紹介する。また、先行研究で開発したRoboWELL<sup>®</sup>体操の普及、活用状況についても紹介する。

## 2 RoboWELL<sup>®</sup>を活用したアプローチ

### 2.1 反応時間評価ゲーム“おとさんぽ”

先行研究で開発した“おとさんぽ”は、刺激に対する反応時間を評価する装置である<sup>2)</sup>。高齢者の二重課題中の反応速度は、認知機能と関連がある<sup>3)</sup>。一般的な反応時間の評価方法の例として、単一の感覚刺激に対する反応時間を評価する全身反応測定器などがある<sup>4)</sup>。一方で、日常生活ではさまざまな感覚情報を処理しながら運動、動作を行う必要がある。そのため、二重課題として足踏みを行ながら視覚、聴覚や触覚に対して刺激を提示し、それらに対応する運動を行うまでの時間を評価するゲームを開発した。具体的には、各感覚刺激を使用して「右」、「左」の指示を出し、対応する側の手を挙上するまでの反応時間を評価できるよう改良を行った。

### 2.1.1 システム構成

図2に“おとさんぽ”のシステム構成を示す。ユーザは、振動子と振動子制御装置が内蔵された装置を持った状態で深度カメラ (Azure Kinect DK, Microsoft 社製) から 2から 3m 離れて正対し足踏みを行う。深度カメラによって取得された骨格データはアバタとしてディスプレイに表示され、ユーザは自分の動きを確認しながら運動を行うことができる。計測中、ランダムな順序で視覚、聴覚、触覚（振動）に対する刺激を提示する。

- ・視覚刺激：青い円に「右」、「左」と書かれた図形を画面上に表示
- ・聴覚刺激：「右」、「左」という音声を再生
- ・触覚刺激：右手、左手の振動子を振動

ユーザは提示された刺激に気づいたら、すぐに対応する側の手を挙上する。この刺激の提示から手が挙上されるまでの反応時間を評価する。

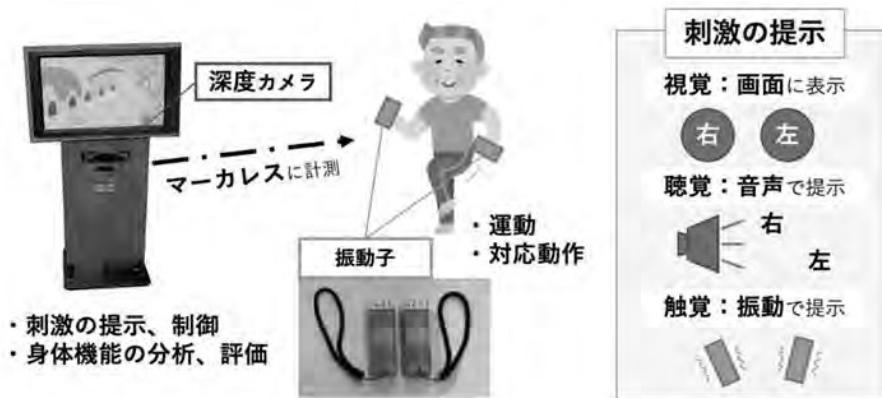


図2 反応速度評価ゲーム “おとさんぽ” の構成

### 2.1.2 評価

このシステムを使用して、健常な 20 から 40 歳代の当研究所職員及び隣接する中央病院リハビリスタッフ 29 名を対象に予備計測実験を実施した。今回計測された視覚、聴覚、触覚刺激に対するそれぞれの反応時間を図3に示す。結果として、特に視覚刺激に対する反応時間は加齢とともに僅かではあるものの増加する傾向があった。また全年代を通して、触覚、視覚、聴覚の順で反応時間が長くなっていた。聴覚と視覚は刺激が提示された後、「右」または「左」を認知するための処理を行う必要がある。一方で、触覚は振動した側と同じ手を反射的に挙げることができるため反応時間が短くなった可能性がある。

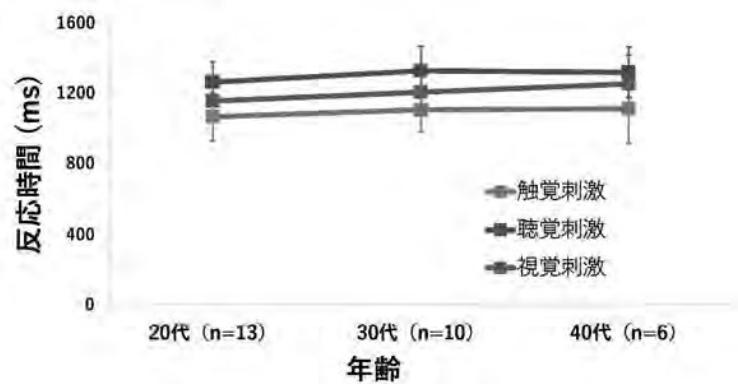


図3 “おとさんぽ”による年代別反応時間

### 2.2 側方リーチ評価システム

高齢者の転倒リスクやバランス能力は、手を前方もしくは側方へ手を伸ばすことができる最大移動距離であるリーチ距離により評価することができる。リーチ距離と転倒リスクに関するカットオフ値が先行研究により報告されており<sup>5)</sup>、この値と比較することで転倒リスクを評価することが出来る。

よって、側方リーチテストを参考にして側方リーチゲームを開発した。高齢者は、ゲーム感覚で簡便に側方バランス評価を行うことができる。また本ゲームを反復して行うことで側方バランスのトレーニングに活用することができる。

### 2.2.1 システムの構成

ハードウェアは、PC、モニタ、深度カメラ（Azure Kinect DK、Microsoft 社製）とこれらを取り囲む筐体で構成される。前述のおとさんぽと同じ筐体にシステムを組み込んでいるため1台で2つのゲームをプレイすることが可能となっている。

### 2.2.2 ゲームの詳細

- ・ ユーザは、あらかじめ年齢、性別、タスク表示方向（左、右、左右両方）を選択する。
- ・ その後、深度カメラから2から3m離れて正対し、少し足を開いて立つ。リーチ距離算出のために両手を水平に挙げるとカウントダウンが始まりゲームがスタートする。
- ・ 深度カメラによって取得された骨格データはアバタとしてディスプレイに表示される。また右上にユーザーの残基を表すハートが三つ表示される。リーチ課題中は、目標となるキャラクタが表示される。ユーザーは、そのキャラクタに手を伸ばして取得する。うまく取得できるとキャラクタの表示位置が、徐々に遠くなっていく（図4）。
- ・ もしユーザがキャラクタの表示位置まで手を伸ばせなかった場合、右上のハートを1つ失う。3回失敗し全てのハートを失うとゲームは終了する。リーチすることができた最大リーチ距離として評価する。

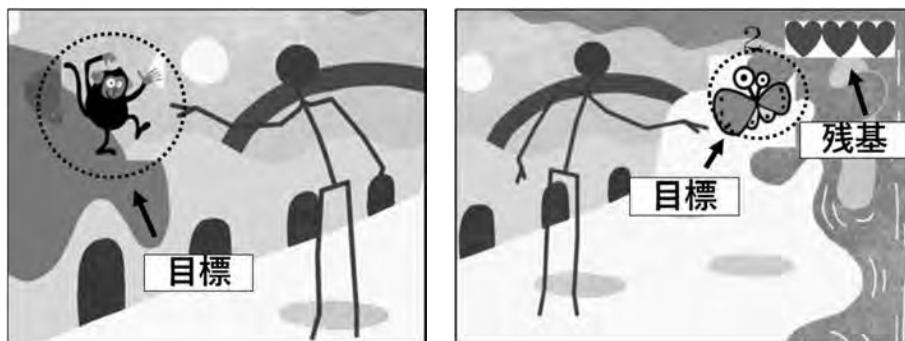


図4 側方リーチゲームプレイ中の画面

### 2.2.3 評価方法

キャラクタの表示位置まで手を伸ばすことができた最大リーチ距離を先行研究により報告されている転倒リスクのカットオフ値<sup>5)</sup>とともに左右それぞれ3段階で評価し、結果を提示する（表1）。評価結果に応じた表情のキャラクタが提示され、結果の確認が可能である。

表1 転倒リスクの判定基準

	転倒リスク		
	高	普通	低
左側リーチ距離(cm)	~14.4	14.4~16.8	16.8~
右側リーチ距離(cm)	~15.5	15.5~17.7	17.7~
結果表示	  		

### 2.3 スマート椅子を使用して得られたデータからAI作成

立ち上がり動作は、高齢者の身体機能評価に用いられることが多い。一般的に、高齢者は30秒立ち上がりテストで立ち上がり回数の減少や立ち上がり時間の延長が認められる。また、立ち上がり時の体幹屈曲角度減少や体幹運動を生じさせるための股関節屈曲パワーが減少する。立ち上がり中の体幹運動は立ち上がり動作能力を決定する重要な因子であることから、立ち上がり中の体幹運動、特に体幹屈曲運動はフレ

イル高齢者の特徴を反映する可能性がある。「高齢者のためのスマート住空間整備に必要な要素に関する研究開発」において開発したスマート椅子は、身体にセンサを装着することなく立ち上がり時の体幹屈曲角度を評価することができる。この椅子を使用してユーザがフレイル状態にあるか否かを判定できれば、自宅等の日常生活場面でも簡便にフレイル評価を行うことができる。そこで、この椅子を使用した立ち上がり中の体幹屈曲角度からフレイルか否かを分類するためのAIモデルを作成した。

計測会に参加された 99 名の高齢者から、フレイルアンケートの回答が得られなかった 4 名を除外した。残った 95 名の 5 回分の立ち上がり動作を解析対象とした ( $95 \times 5 = 475$  試行)。そのうち、計測が立ち上がりの始めから終わりまで行えていなかったなど、データに不備があったものを除外した 446 試行を解析対象とした。この 446 試行を 313 試行 (70%) のトレーニングデータと 133 試行 (30%) のテストデータに分類した。分類モデルの作成には決定木分析を使用した。トレーニングデータを使用して、分類精度が最も高くなるモデルを採用した。最終的に作成された分類モデルにテストデータを投入し、モデルの精度を分析した。

その結果、実際フレイルを有している人を正しくフレイルと判定することができる確率である感度は 66.7%、実際フレイルを有していない人を正しくフレイルを有していないと判定することができる確率である特異度は 75.8% であった (図 5)。これらの結果から、簡便なセンサを使用したスマート椅子を使用して立ち上がり動作を計測することで、ユーザがフレイルを有しているか否かをある程度判定できることが明らかになった。得られたモデルはスマート椅子の処理プログラムに実装された。

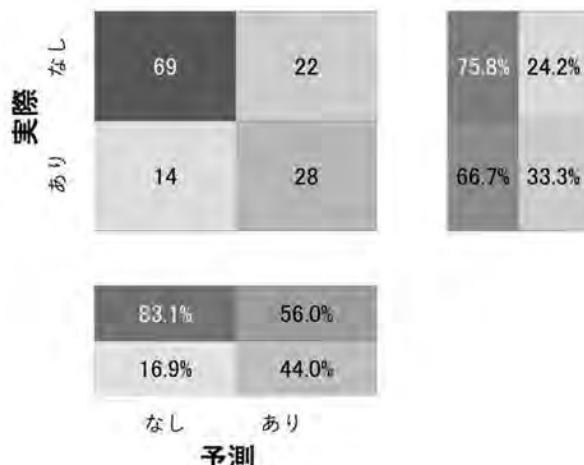


図 5 フレイルの分類結果

#### 2.4 RoboWELL®体操の普及について

先行研究では、RoboWELL®体操という「準備運動」、「筋力」、「バランス」、「上肢」、「認知」といった 5 つのコースによって構成され各 15 分程度で手軽に行える体操を開発した。RoboWELL®体操には DVD、YouTube® やガイド冊子など様々な媒体 (図 6) が用意されている。そのため、インターネット環境が無い高齢者や DVD を使用して体操を行っている自治体など限定的な閲覧手段しかないケースにも対応することが可能になっている。また、体操ガイドや DVD、チラシなど様々な広報媒体には QR コード<sup>®</sup>が添付されており YouTube® へのアクセスが可能になっている。生活スタイルやタイミングに合わせて、使いやすい媒体を選択して活用することができるのが大きな特徴である。



図 6 RoboWELL 体操の普及媒体

令和 3 年度末に、令和 3 年度国保ヘルスアップ支援事業-フレイルハイリスク者へのアプローチ強化事業-として、当研究所で開発した RoboWELL®体操の DVD、冊子ガイド、チラシを兵庫県内の市町、健康福祉事務所、圏域リハビリテーション支援センターや地域包括支援センターなど、計 242 箇所に配布した。その結果、多くの配布先で活用していただくことができた。その後、DVD やガイドの追加依頼や体操そのものの意見など合計 27 件の問い合わせがあった。その中で、「体操の内容はいいが説明が長すぎるのでテンポを早めてほしい」、「繰り返し体操をしているのもっと短いバージョンが欲しい」という意見が得られた。そのため、説明を可能な限り省略した短縮版の動画を製作し、追加で YouTube® にて公開した。さらに、

これらの動画を厚生労働省が運営している“集まろう集いの場”サイト内のご当地体操動画紹介ページに兵庫県のご当地体操として掲載した。表2に令和5年3月時点のYouTube®再生回数を示す。再生回数は継続的に増加しており、YouTube®を活用した体操の実施に貢献していると考えられる。

表2 RoboWELL 体操の YouTube®再生回数（令和5年3月27日時点）

	通常版	短縮版
再生回数（回）	2,404	2,600

### 3 WEB アプリケーションのプロトタイプ開発とAIを活用したフレイル対策

#### 3.1 開発の目的と背景

当研究所は、兵庫県内の市町と協力・連携し、地域の高齢者を対象に健康教室を実施することがある。その中で、フレイルの評価手法として介護予防のための生活機能評価に関するマニュアルに記載の25項目の基本チェックリストを活用している。しかし、チェックリストは紙媒体のため、記入漏れやデータ入力に多大な手間がかかり、結果を返却するまでに時間がかかる。タブレット等を使用した入力を実現することで、結果の返却を即時にできるだけでなく、記入漏れやミスを防ぐことが期待できる。

#### 3.2 RoboWELL®フレイル評価WEBアプリ

WEB アプリケーション（以下、WEB アプリ）のプロトタイプの概要を図7に示す。WEB アプリは、WEB ページのようにブラウザを利用することで動作させることができる。WEB アプリの最大の特徴はインストールの必要がないことである。WEB アプリを公開しているサーバにアクセスすることができれば、パソコンやスマートフォンといったさまざまな端末を使用して同様に操作することが可能である。今回、兵庫県立工業技術センターと共同研究を実施し、WEB アプリケーションフレームワークの Flask を活用した簡易的なWEB アプリのプロトタイプを開発した。現在、このWEB アプリは下記の4つの機能を有している。

- ① 当研究所で実施している健康増進の取り組み“RoboWELL®”についての紹介
- ② 基本チェックリストのデータの入力、即時解析と結果の返却
- ③ AI 食べ物占い
- ④ RoboWELL®体操の YouTube®リンク

今回WEB アプリにすることにより、計算結果を即時に返却できるようになる。また、WEB アプリに入力されたデータは個人を特定しない形でサーバ PC に返却され、データが自動的に蓄積される。これにより、記入後の入力作業も不要となり、作業員の負担が軽減されることが期待される。



図7 RoboWELL® WEB アプリケーションの概要

#### 3.3 AI 食べ物占いの開発

令和3年度から、兵庫県内の市町の健康教室で得られたビッグデータをもとに、食習慣からかかりやすい病気を占う（予測する）、AI 食べ物占いを開発してきた。令和4年度は、健康教室で得られたデータを機械学習の一種である Linear Support Vector Classification を使用して学習、分類を行った。入力データは食品摂取多様性スコアで評価される10種類の食品とし、出力データは既往歴（高血圧）とした。現在、精度は6割程度となっており原因としてデータの母数の少なさがある。また、摂取過多により発症しやすい疾患もあり、活用するデータの選択についても検討が必要である。

### 3.4 今後の展開

今後は、実際に地域の高齢者にWEBアプリを使用していただき、使用感のヒアリングや必要な機能の追加を行う。AI食べ物占いについては、前述のとおりデータの選別、検証が必要であり、より妥当性のあるシステムに改良する必要がある。

## 4 おわりに

本研究テーマでは、RoboWELL<sup>®</sup>を活用した健康維持スキームの評価装置として、「おとさんぽ」、「側方リーチゲーム」の開発、改良を行った。それぞれ若年者を対象とした計測を行い、有効性について予備的に検証することができた。また「高齢者のためのスマート住空間整備に必要な要素に関する研究開発」と共同で地域在住高齢者を対象にスマート椅子を使用して計測したデータを使用してAIモデルを作成しシステムに組み込むことができた。RoboWELL<sup>®</sup>体操については、積極的に広報を行うことができた。

令和5年度は、地域と連携し、これらの機器とRoboWELL<sup>®</sup>体操を活用した大規模な計測会を行い、得られた結果からAIを使用してフレイルや認知症など高齢者の健康予測ができるよう開発を行う。

## 参考文献

- 1) 内閣府. 令和4年度版高齢社会白書. [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zen-bun/04pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zen-bun/04pdf_index.html) (Accessed 2023-02-07).
- 2) Tatsukawa S et al. Development of Motion Game for Elderly Based on Sensory Stimulus Presentation, The 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Cape Town, South Africa (online), 2021-12.
- 3) McEwen SC et al. Simultaneous Aerobic Exercise and Memory Training Program in Older Adults with Subjective Memory Impairments. Journal of Alzheimer's Disease, 2018, vol. 62, 795 - 806.
- 4) 公益財団法人長寿科学振興財団. "全身反応測定の測定方法". 健康長寿ネット. <https://www.tyoyju.or.jp/net/kenkou-tyoju/tairyoku-kiki/zenshin-tannou-soutei.html> (Accessed 2023-02-06).
- 5) Newton RA. Validity of the Multi-Directional Reach Test: A Practical Measure for Limits of Stability in Older Adults. Journal of Gerontology, 2001, vol. 56, Issue 4, 248-252.