

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：14101  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2020～2023  
課題番号：20K12764  
研究課題名（和文）日常動作を用いた認知・運動機能の評価法と介護記録統合型認知症評価システムの開発

研究課題名（英文）Cognitive and Motor Functions Evaluation Using Daily Activities for Integrated Dementia Assessment Systems

研究代表者  
川中 普晴（Kawanaka, Hiroharu）  
三重大学・工学研究科・教授

研究者番号：30437115  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、認知症評価システムと介護記録を統合し、多面的に認知機能や運動機能を評価できるプラットフォームの実現を目指し、それらに関わる技術について研究開発を進めた。具体的には、申請者らが取り組んできた日常会話や文字、図形、表情の変化を計測するシステムに加え、パズルゲームを用いた手指運動や視線動作の計測を行い、そこから認知症の進行度を評価する方法について研究し、プロトタイプシステムを開発した。また、動画から歩行者の特徴を抽出し、それらの時系列データから歩行機能を評価するための方法を提案し、臨床現場での利用可能性について検討した。実験の結果、提案法の有効性ならびに現場での使用可能性が示唆された。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、従来の対話式や記述式の認知症判定テストを使用せず、日常会話や文字、図形、表情、仕草などを通じて認知機能と運動機能を評価するシステムの開発を目指すものである。このアプローチにより、被験者がテストを意識せずに自然な状態で評価が可能となり、テストに対する嫌悪感を軽減し、定期的かつ正確な評価を実現することができる。また、介護記録と連携することで、施設職員の負担を軽減し、機能訓練の代替となる。各利用者の認知症の進行度や運動機能の経時変化を把握し、介護環境の改善や利用者のQOL向上にも寄与する。複数施設での導入により、介護記録の標準化や施設横断的なデータ分析も可能になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we aimed to develop a platform that integrates dementia evaluation systems and care records to comprehensively assess cognitive and motor functions. Specifically, we advanced the development of technologies related to systems that measure changes in daily conversation, text, shapes, and facial expressions, which we had been working on. Additionally, we researched methods to assess the progression of dementia by measuring finger movements and gaze movements using puzzle games, and developed a prototype system. Furthermore, we proposed a method to evaluate walking function by extracting features from videos of pedestrians and analyzing their time-series data, and examined the feasibility of its use in clinical settings. The experimental results suggested the effectiveness of the proposed method and its potential for practical use in clinical settings.

研究分野：福祉情報工学，知能情報システム，医療情報学

キーワード：認知機能評価 運動機能評価 歩行機能 福祉情報システム 画像認識 機械学習 深層学習

### 1. 研究開始当初の背景

現在、高齢者人口の増加にともない、認知症を患う高齢者人口も増加すると予測されている。この傾向は社会的・医学的に大きな問題となっており、認知症の予防・改善は必要不可欠である。これら課題を解決する方法として現在、様々な取り組みが進められている。例えば、産総研が開発したパロのような動物型のロボットは、動物介在療法に代わる新しい介在療法として、国内外の多くの医療機関や介護施設に導入されている。また、会話型ロボットを用いた認知症の予防・改善に関する取り組みや、赤ちゃん型ロボットを用いたロボットとのインタラクションにより、高齢者が生きがいを感じられる生活環境を構築する試みなども進められている。

これまで申請者らの研究グループは、上記のようなセラピーの効果を評価するために、日常会話から認知症の進行度を評価するための研究、ならびに時計描画テストを題材とした認知症評価法に関する研究を、介護施設との共同研究として進めてきた。申請者がこれまでに開発してきた技術やシステムは、介護現場での長期の実運用のための実験ができる水準に到達しつつあり、介護現場での評価試験や実用化研究の段階となっている。

一方、これまで開発してきた認知症評価法は、空間認知機能や短期記憶、時間的見当識といった特定の認知機能のみを対象としていた。一般的に、認知症が進行するとこれらの認知機能に加えて情動機能や運動機能も低下すると言われており、認知症の進行度評価には、情動機能(外部からの刺激による表情の変化)や運動機能(与えられたタスクに対する手指や下肢の動き)の評価も必要となる。また、認知機能が低下すると日常生活における行動パターンや食事・排泄状況もそれに伴って変化するため、より詳細に進行度を評価するためには、認知症検査の結果に加えて行動パターンや食事・排泄パターンといった介護記録に記載された情報も統合して分析する必要がある。しかしながら、個々の認知症評価方法については検討されているものの、介護記録などの情報も取り込んだ統合的な仕組みを構築する必要がある。

### 2. 研究の目的

研究課題では、これまで開発してきた認知症評価システムと介護記録の情報を統合し、それを用いて多面的に認知機能や運動機能を評価できるような統合的な認知症評価プラットフォーム(図1)の実現を目指し、そのための基礎研究を進める。特に、本研究課題ではこれまで進めてきた日常会話や文字、図形、表情や仕草の変化を用いて各種認知機能や運動機能を計測・評価するシステムのための技術に加え、パズルゲームなどの簡単なレクリエーション等を活用した高齢者の手指運動ならびに視線動作を計測し、そこから空間認知能力を評価するための方法について検討する。また、上記の内容に加えて介護現場においては運動機能の評価、特に歩行に関する機能評価が重要になるため、本研究では県内の介護施設と協力してカメラから撮影される動画から歩容を解析し、歩行機能を評価するための手法についても検討する。

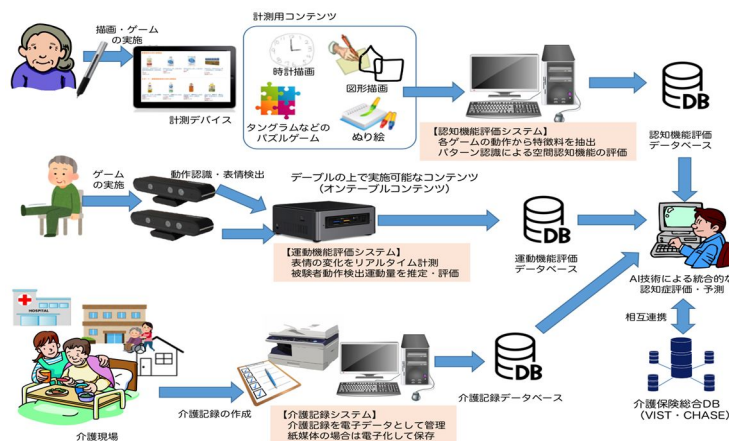


図1 認知症の進行度・運動評価システム概要

各種方法によって計測された認知機能や運動機能は2次活用できるように蓄積されて介護現場で活用される。

### 3. 研究の方法

上述したようなシステムを実現すべく、本研究課題では下記の3内容について焦点を絞り、研究開発を進めた。

#### (1) 手指運動機能の測定から認知症の進行度を診断するシステムの開発

現在、認知症の診断テストとして様々なものが提案されているが、これらのテストは定期的な実施しなければならないため、被験者や評価者にとって負担となる。一方、近年では高齢者の認

知機能と手指の運動機能の関係に関する研究が盛んに進められている。文献では、手先の器用さを測定するペグボードテストのスコアと認知機能の間に高い関連があることや、楽器演奏や手工芸等を行う人の認知機能が高いことなどが報告されている。このような先行研究の報告を踏まえ、本研究課題では手指の運動機能と認知機能の関係性に着目した。ここでは、被験者の手指運動機能の測定から認知症の進行度を診断するシステムの開発を行った。

図2に、本課題において開発したシステムの概要を示す。ここでは、(1) 高齢者にテストと認識されにくいこと、(2) 被験者が自然に手指を動かすことができる内容であることの2点に着目し、タングラムを用いたパズルゲームを実装した。また、手指の運動機能を測定するためにLeap Motionを用いた。Leap Motionは、光センサと赤外線カメラにより手を3次元空間で認識する。ここでは、ゲーム中の手のひらの3次元座標と時系列情報をもとに、手指運動機能に関する特徴量を算出した。これら得られるデータから、先行研究において認知機能との関連性が高いと報告されている「手を動作させる速さ(巧緻動作)」や「作業中に両手を同時に動作させる割合」などに基づき、手指運動機能に関連する20個の特徴量を算出した。得られた特徴量は、SVMを用いた認知症進行度分類に用いた。

また、上記に加えて視線位置を計測するためにディスプレイ下部に設置する固定型視線追跡デバイスであるTobii Eye Trackerを使用し、被験者の画面上の視線位置を2次元座標データとしてリアルタイムに追跡し、視線位置の時系列データから視線動作に関する20個の特徴量を算出した。抽出した20個の視線動作に関する特徴量に加えて被験者の年齢、性別を加えた計22個の特徴量を用いて認知機能の程度を分類した。



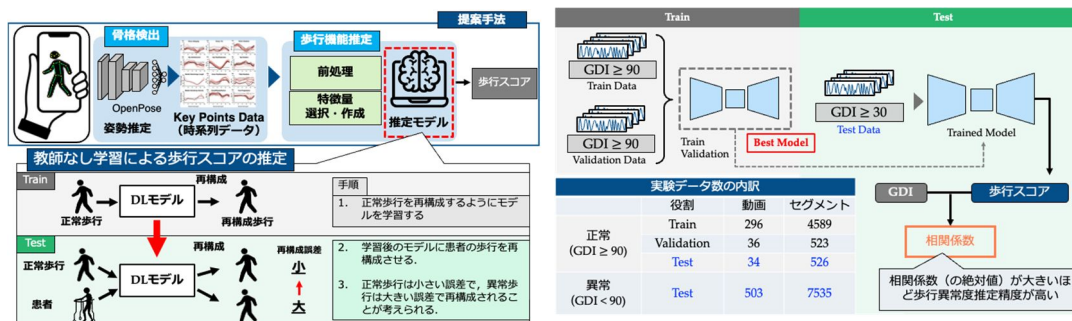
(a) 手指の動きの3次元計測 (b) タングラムにおける視線移動の計測

図2 開発した手指運動機能の測定システムの例

(2) 動画画像と深層学習を用いた歩行機能評価に関する基礎検討

一般的に、歩行機能の評価は歩行時における各関節の時系列変化の取得と、得られた関節の時系列変化から歩行の異常度を評価するという2つのプロセスから構成される。しかしながら、歩行機能評価には光学式モーションキャプチャなどの特殊な機器を用いて各関節の時系列変化を計測し、得られたデータから専門的知識と経験豊富な医師や理学療法士が評価しなければならない。そのため、日常的に歩行機能評価を実施することは容易ではない。

本課題では、特殊な装置や専門知識を必要とせず、一般的なカメラによって撮影された動画から歩行機能の評価するための手法として、深層学習を用いて歩行の異常度を推定する手法を提案した。ここでは、歩行機能の評価に使用される指標(Gait Deviation Index: GDI)が健常者の歩行特徴からどの程度乖離しているかを示す指標であることに着目し、Auto-Encoder型の教師なし深層学習モデルによる異常検知を応用した歩行機能評価法を提案した(図3)。提案法ではまず、健常者の歩行データを再構成するようなAuto-Encoder型のモデルを構築した。これにより、異常な歩行データ(すなわち健常者とは異なる歩容パターン)が入力された場合、再構成誤差が健常者の場合と比べて大きくなる。このモデルから出力される誤差を用いて異常度スコアを算出し、歩行機能の評価した。



(a) 提案法の概要

(b) 評価実験

図3 動画画像と深層学習による歩行機能評価法の概要

#### 4. 研究成果

##### (1) 手指運動機能の測定から認知症の進行度を診断するシステムの開発

特徴量選択によって有効であると判定された特徴量と SVM を用いることにより、平均で 80.9% の分類精度が得られた。特に、軽度認知障害における再現率、適合率はそれぞれ 89.5%、76.4% であった。軽度認知症と呼ばれる状態は、早期発見と適切な措置により改善する事例もある。したがって、本実験により得られた精度で軽度認知症を検出できることは、今後の認知症患者の増加を防ぐため、有効であると考えられる。提案した特徴量を用いて健常者が認知症患者かの分類をした場合、84.4% の分類精度が得られた。一方、視線移動に関する 6 種類の特徴量を用いたものでは、平均で 82% の分類精度が得られた。また、軽度認知症および重度認知症の再現率はそれぞれ 70% 以上、85% 以上となった。専門医による HDS-R を用いた際の 2 分類の診断精度が 85% 程度であることを勘案すると、介護施設にて実施されるレクリエーションやゲームから得られる情報を活用することにより、認知機能を大まかに推定できると考えられる。

##### (2) 動画像と深層学習を用いた歩行機能評価に関する基礎検討

提案法の有効性について検討するため、米国 Gillette Children's Specialty Healthcare により公開されている歩行データを用いて評価実験を行った。実験では、脳性麻痺児 435 人の歩行時における各関節位置の時系列データを使用し、各動画に付与されている GDI の値と提案法により推定された異常度スコアの相関を調査した。評価実験の結果、提案法により算出された異常度スコアと GDI との相関係数は 0.533 となった。両者における相関は決して顕著なものではなく中程度のものであると考えられるが、提案法の改善により歩行機能の評価ができる可能性は十分にあることが示唆された。実験結果から、脳性麻痺に限らず運動機能障害疾患や高齢者の歩行訓練などへの展開の可能性についても示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 森本梨聖、川中普晴、上野和代、高松大輔	4. 巻 24 (7)
2. 論文標題 パズルゲームを用いた手指運動および視線動作計測システムの開発と介護施設への応用に関する一試み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 76-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森本梨聖、川中普晴、上野和代、高松大輔	4. 巻 23(6)
2. 論文標題 タングラムを用いた手指運動機能評価システムの開発と介護福祉施設への応用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 72-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森本梨聖、川中普晴、上野和代、高松大輔	4. 巻 1
2. 論文標題 パズルゲームに関する視線追跡と認知機能評価への応用に関する一考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和3年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 講演論文集	6. 最初と最後の頁 H4-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森本梨聖、川中普晴、高松大輔、上野和代	4. 巻 8
2. 論文標題 パズルゲームを活用した視線追跡と認知機能評価への応用に関する一考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021年度第35回日本生体医工学会東海支部大会 講演論文集	6. 最初と最後の頁 A1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Morimoto Rise、Kawanaka Hiroharu、Hicks Yulia、Setchi Rossi	4. 巻 192
2. 論文標題 Development of Recreation Game for Measurement of Eye Movement Using Tangram	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 4924 ~ 4932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2021.09.270	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 梅村勘太 , 川中普晴 , Yulia Hicks	4. 巻 140
2. 論文標題 手指運動機能の測定を活用した認知症評価システムの開発に関する一試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 1365-1666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kanta Umemura, Hiroharu Kawanaka, Yulia Hicks, Rossi Setchi	4. 巻 1
2. 論文標題 Significant Feature of Hand Motion for Automatic Dementia Evaluation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information Engineering Systems	6. 最初と最後の頁 3173-3181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kanta Umemura, Hiroharu Kawanaka, Yulia Hicks, Rossi Setchi	4. 巻 8
2. 論文標題 Effectiveness of Hand Motion for Automatic Dementia Evaluation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 12th International Workshop on Regional Innovation Studies	6. 最初と最後の頁 29-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 森本梨聖、川中普晴、上野和代、高松大輔
2. 発表標題 パズルゲーム中の視線計測による認知機能評価に関する一考察
3. 学会等名 令和4年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本梨聖、川中普晴、高松大輔、上野和代
2. 発表標題 タングラムを活用した視線動作計測と認知機能評価への応用に関する一考察
3. 学会等名 2022年度日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本梨聖、川中普晴、上野和代、高松大輔
2. 発表標題 パズルゲームに関する視線追跡と認知機能評価への応用に関する一考察
3. 学会等名 令和3年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本梨聖、川中普晴、高松大輔、上野和代
2. 発表標題 パズルゲームを活用した視線追跡と認知機能評価への応用に関する一考察
3. 学会等名 2021年度第35回日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rise Morimoto, Hiroharu Kawanaka, Yulia Hicks, Rossi Setchi
2. 発表標題 Development of Recreation Game for Measurement of Eye Movement Using Tangram
3. 学会等名 25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅村勘太, 川中普晴, 上野和代, 高松大輔
2. 発表標題 高齢者のパズルゲームにおける視線と認知機能の関係に関する一考察
3. 学会等名 令和二年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅村勘太, 川中普晴, 上野和代, 高松大輔
2. 発表標題 レクリエーションゲームを活用した認知機能評価システムの開発に関する一試み
3. 学会等名 2020年度日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kanta Umemura, Hiroharu Kawanaka, Yulia Hicks, Rossi Setchi
2. 発表標題 Significant Feature of Hand Motion for Automatic Dementia Evaluation
3. 学会等名 24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information Engineering Systems (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kanta Umemura, Hiroharu Kawanaka, Yulia Hicks, Rossi Setchi
2. 発表標題 Effectiveness of Hand Motion for Automatic Dementia Evaluation
3. 学会等名 12th International Workshop on Regional Innovation Studies (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鶴岡 信治 (Tsuruoka Shinji)  (30126982)	鈴鹿医療科学大学・医用工学部・教授  (34104)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------