

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01562

研究課題名(和文) 会話ロボットとタブレット端末，モーションセンサによる認知症進行度と運動機能の評価

研究課題名(英文) Evaluation of Dementia Progression and Motor Functions Using Conversational Robot, Tablet PC and Motion Sensors

研究代表者

川中 普晴 (Kawanaka, Hiroharu)

三重大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30437115

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では，介護施設において毎日実施されている身体機能の維持や向上，脳の活性化を目的としたレクリエーションに注目し，そこから空間認知機能や運動機能を計測・評価するための装置とシステムに関する研究開発を進めた．本課題では，被験者が描いた図形や時計，描画時のペンの動きや筆圧等から認知症の評価に有効となる特徴量を抽出し，認知症の進行度との関係性について検討した．また，認知症の進行度と運動機能の関係について検討するため，Kinectを用いて表情を認識して認知症の進行度を推定する方法についても検討した．さらに，手指運動機能と認知機能に関する検討も行った．上記の内容は県内の介護施設と共同で行われた．

研究成果の学術的意義や社会的意義

認知症の予防・改善は医学的・社会的にも重要な課題である．多くの介護施設では，毎日レクリエーションが行われており，その評価は施設利用者のQOL維持のためには重要である．本課題では，毎日のレクリエーションから認知機能や運動機能を計測・評価するシステムを目指している．システムが完成すれば施設職員による認知症の評価テスト実施の必要がなくなるとともに，職員にとって恒常的な負担となっている機能訓練なども本システムで代用できるため，職員の負担軽減も実現できる．さらに，各利用者の認知症の進行度や運動機能の経時変化も把握することもできるため，介護環境の改善はもとより，利用者自身のQOLの向上にも貢献できる．

研究成果の概要(英文)：This research project focused on daily recreation held in care houses and tried to develop the system and devices to evaluate dementia progression, spatial cognitive function, and motor functions. In the project, we employed an actual clock and simple graphic images and proposed a feature extraction method from the given data. In the proposed method, shapes of drawings, written characters in the clock drawing, trajectory, and pressure of stylus pen were used as a feature descriptor. Also, this research project discussed how to recognize an elderly's facial expression and developed a prototype system using Microsoft Kinect. The relationship between a person's facial expression and dementia progression. Besides, we discussed the relationships between a patient's cognitive/motor functions for dementia evaluation. This investigation was conducted with a social welfare corporation in Mie Prefecture.

研究分野：医療情報学，福祉情報システム，画像処理

キーワード：認知症の進行度評価 空間認知 時計描画テスト 運動機能評価

1. 研究開始当初の背景

近年、高齢化社会の到来により、高齢者の人口は増加傾向にある。また、それに伴って認知症を患った高齢者の人口や高齢者数におけるその数の割合も増加しつつある。このような傾向は、社会的・医学的に問題となっており、認知症の早期発見とその予防や改善は重大な課題となっている。

一般的に、認知症の進行度を評価するには改訂長谷川式簡易知能スケール (Revised Hasegawa's Dementia Scale: HDS-R)、ミニメンタルステート検査 (Mini Mental State Examination: MMSE) や時計描画テスト (Clock Drawing Test: CDT)、Montreal Cognitive Assessment (MoCA) などが用いられる。これらの評価テストを用いることにより、被験者の時間的・空間的見当識や短期記憶といった認知機能を評価することができる。また、MMSE では対面式のテストに加えて、重なり合う五角形を描く図形描画テストも取り入れられている。現在、空間把握能力や実行機能障害についても評価することができる認知症評価テストは、多くの医療機関や介護施設において実施されている。

しかしながら、認知症を患った高齢者は空間把握能力が低下しているため、上述のような複雑な図形を描くことは容易ではない。また、認知症の予防という観点から経過観察は非常に重要とされているが、定期的なテストの実施は実施者 (医師や施設職員) の負担となる。さらに、評価結果が実施者の持つ経験や知識に依存するため、定量的な評価とは言い難い。加えて、認知症チェックテスト全体の問題点として、被験者がテストを受けていると意識することにより正確な評価が得られないことが考えられる。これは、評価テストを受けるということに対するストレスに起因するものと考えられているが、より正確な評価のためには、このような要因による評価のゆらぎは排除しなければならない。

以上のような社会的・学術的な背景から、被験者に認知症の評価テストを受けていると意識されずに定量的に、また簡単に実施できる認知症評価テストの開発が求められている。

2. 研究の目的

そこで、本研究課題では簡単な日常会話やタブレットに描かれた図形や文字、利用者の表情や仕草の変化などの情報を用いて、認知症の進行度や運動機能を定量的に評価するシステムの開発を目的とする。ここでは、介護施設において毎日実施されているレクリエーション (クイズや脳トレ、手足を使った簡単な運動や歌等、身体機能の維持や向上、脳の活性化を目的としたもの) に着目し、レクリエーションの一環として実施できるような認知症評価システムを開発するための基礎技術の開発を進める。市販のタブレット端末、モーションセンサを活用し、日常会話やレクリエーション、簡単な動作から被験者に意識されることなく認知症の進行度や運動機能を計測・評価するシステムを試作する。県内の介護施設の協力のもと評価実験を実施し、システムに必要なコンテンツの拡充、実用化に向けた技術改良を進める。

3. 研究の方法

(1) 簡単な図形や文字を用いた認知症の進行度評価方法に関する検討

認知症評価テストに求められるものとしては、実施者の負担や手間を無くしつつ、定期的に行うことができること、定量的な評価が可能であることなどが挙げられる。そのため、本研究課題では介護施設などで毎日実施されているレクリエーションの一環として行えるように、タブレット端末を用いた図形描画テストのためのシステムを作製した。

図1に作製したシステムのスクリーンショットを、図2に作製したシステムを用いて図形描画テストを行っている様子をそれぞれ示す。被験者には、図1左側に示すような見本図形を提示し、その後、タブレット用のスタイラスペンを用いて見本と同じ図形を描いてもらう。ここでは、このような時計・図形描画に加えて簡単な計算ゲームや言葉クイズ、買い物ゲームといった他のコンテンツとともにタブレット端末に実装し、データを収集することとした。なお、本システムはC#言語とXAML、Microsoftが提供するUWP (Universal Windows Platform)を用いて開発し、Wacom社製のタブレット端末Mobile Studio Pro 13上に実装した。



図1 システム画面の一例

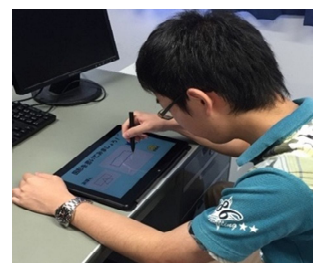


図2 描画テストの様子

図のようなシステムを用いることにより、被検者によって描かれた時計や図形から画像データとスタイラスペンの時系列データ（以下、ペンストロークデータと呼ぶ）をリアルタイムで取得することができる。図3に実際に得られた画像データの例を、表1に得られたペンストロークデータの例を示す。表では、左の列から順にペンのx座標、ペンのy座標、筆圧、ペンのx方向への傾き、ペンのy方向への傾き、ペンが向いている方向と時間が記録されている。例えば、Pressureの値が0になっている時は、ペンがタブレットに近づいているがタブレットには接触していない状態を表している。このような状態の時も、他の数値については同様に取得される。このように、ペンがタブレットに触れていないが、タブレットに近い状態のデータも取得することにより、被験者がペンを離して考えている間のペンの動きも知ることができる。

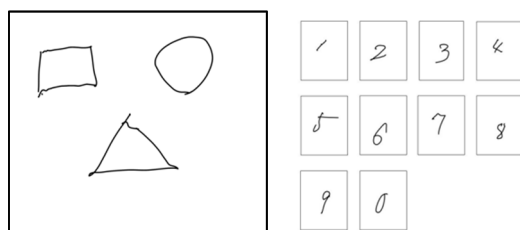


図3 得られた図形・文字画像データの一例

表1 ペンストロークデータ

x	y	pressure	x-tilt	y-tilt	orientation	time
168.9873	160.4303	0	32	33	135.9962	0.0000
169.5642	160.9442	0	32	33	135.9962	0.0012
170.1412	161.4011	0	32	33	135.9962	0.0023
170.8337	162.7145	0	32	33	135.9962	0.0033
171.5839	162.7145	0	32	34	135.9962	0.0046
172.9688	163.6268	0	31	33	135.9960	0.0060
174.1228	164.9415	0	31	33	135.9960	0.0072
175.1036	164.3705	0.11415	30	33	135.9961	0.0083
175.8538	165.3984	0.15163	30	32	135.9961	0.0094
175.8539	165.3984	0.177024	31	32	135.9962	0.0106
175.8560	165.3986	0.190087	32	33	135.9963	0.0119
...

次に、収集された時計・図形描画に関するデータから、認知症の進行度を評価するための特徴量を取り出す。ここではまず、描かれた画像に対して収縮・膨張処理を行うことにより、互いにつながっていない辺どうしを繋げる。次に、図形の内側、外側の輪郭線を生成する。その後、内側ならびに外側の輪郭線に対して Douglas-Peucker Algorithm を適用し、内側と外側の近似図系を生成する。また、描画に要した時間やタブレットにペンをつけている時間、筆圧、ペン速度、ペンの傾きの平均値や標準偏差を、時系列特徴量として用いる。時計描画テストから得られる数字データについては、上記のような時系列特徴量に加えて数字の大きさや幅、中心位置などの空間的特徴量も抽出する。抽出された特徴量については、統計的手法を用いてその有意性について確認し、一般的な識別器を用いた分類実験により有効性について確認する。

(2) 認知症と運動機能との関係に関する基礎的検討

一般的に、認知症が進行すると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いることから、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や足の動き）の評価も必要となると考える。そこで本研究課題では、高齢者にテストと認識されにくいこと、被験者が自然に手を動かすことができる（親しみやすい）内容であることを勘案し、Microsoft Kinect と旗揚げゲームを用いた上腕機能の運動機能計測システムを試作した。また、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、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と、図形を用いたテストなど従来の認知症の評価項目と関係性があることにも着目し、タングラムを用いたパズルゲームによる手指運動機能を計測するシステムのプロトタイプも試作した。

図4に、試作した上腕運動機能の計測システムを示す。図中(a)は、システムのスクリーンショット、(b)は試作したシステムの評価実験を県内の介護施設にて実施した時の写真である。図のように、ユーザ（被検者）に提示する画面については視認性と可読性を考慮して可能な限りシンプルなものとし、ユーザにもわかりやすい構成となっている。試作システムではまず、赤（もしくは）白の旗を揚げる（もしくは下げる）メッセージが画面に表示される。ユーザは、これを



(a) 画面のスクリーンショット



(b) 介護施設でのシステム評価実験

図4 試作した上腕運動機能の計測システム

見ながら自身の旗を表示されたメッセージに従って動かす。ユーザの動作は、Microsoft Kinect を用いて計測され、上腕と体のなす角度がしきい値以上となれば、旗が上がっていると判定される。また本研究では、認知機能が低下すると運動機能が低下する、すなわち動作タイミングが健

常者と大きくことなると考え、メッセージが表示されてからユーザが動作を完了するまでの時間も計測した。

図 5 は、タングラムを用いた手指運動機能システムのプロトタイプである。タングラムは、様々な色の四角形や三角形のピースを用いて特定の図形を作るパズルゲームの一種であり、提示されたピースの位置関係とユーザが並べたピースの位置関係が合致していれば正解となる。試作したシステムでは、ゲーム開始時に正解となる図形が画面に表示され、ユーザは提示された図形と同じになるように各ピースを動かしていく。ユーザがピースを動かしている様子は、光センサーと赤外線カメラを用いて手指の動きを 3 次元空間で認識できる Leap Motion を用いて計測する。本研究では、Leap Motion の機能を活用してユーザの手の動き（ここでは手のひらの中心位置）を追跡し、得られた 3 次元座標を時系列情報として収集する。収集されたデータは、特徴量が取り出され、手指運動機能の評価に用いられる。本研究では、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」に基づいて算出されるものを特徴量として使用した。また、各ユーザの空間認知機能についても調査し、抽出された特徴量と空間認知機能との関連について検討した。

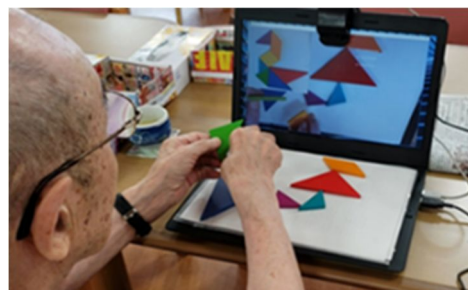


図 5 タングラムによる手指運動機能評価

4. 研究成果

(1) 簡単な図形や文字の特徴と認知機能の関係

本研究では、図形から抽出された特徴の有意性について確認するため、統計的検定とサポートベクターマシン (Support Vector Machine: SVM) を用いた進行度分類を行った。実験の結果、健常者に比べて認知症を患った高齢者は認知症の初期段階から図形を小さく描き、認知症が進むにつれてだんだんと小さく描く傾向が見られた。加えて、認知症高齢者は健常者と比較して形が崩れた図形を描きがちになることも明らかとなった。また、合計時間やペンをタブレットから離している時間については、両者の間に有意な差が認められた。SVM を用いた進行度分類については、90%を超える分類精度が得られた。

また、時計描画テストにおいて描かれた文字画像については、抽出された特徴量を評価するために特徴選択手法 SBS と k-近傍法を用いた。これらの特徴量が特徴選択の際の学習・検証データの組み合わせ、および分類器に過剰適合していないかを確認するために(認知症検出に実際に有効そうか確認するために)、線形 SVM, k-近傍法, カーネル SVM, ランダムフォレスト, ロジスティック回帰の 5 つの分類器を用いた評価実験を行った。

表 2 に、各数字において検証精度の平均値が最も高く、かつその標準偏差が小さかった場合における学習精度と検証精度、その時の特徴量の数をまとめたものを示す。表からもわかるように、特徴量を選択することにより分類に使用する特徴数が大幅に減少している。また、各数字によって分類に必要な特徴量が大きく異なることも明かとなった。実験の結果から、特徴選択によって分類に不向きな(あるいは貢献しない)特徴量が削除された結果、各描画要素の傾向が特徴空間に反映され、結果として精度も向上したものと推察される。また図 6 は、特徴選択前の Accuracy に対し、特徴選択後の Accuracy がどの程度向上したかを表している。特徴選択を行った結果、多くの場合において Accuracy が向上していることがわかる。

表 2 各数字のける精度と特徴量の数

数字	学習精度	検証精度	選択された特徴量の数
0	0.856 ± 0.030	0.892 ± 0.135	8
1	0.927 ± 0.020	0.925 ± 0.115	4
2	0.892 ± 0.019	0.925 ± 0.115	31
3	0.903 ± 0.023	0.925 ± 0.115	48
4	0.895 ± 0.018	0.900 ± 0.122	15
5	0.840 ± 0.029	0.850 ± 0.166	24
6	0.795 ± 0.016	0.800 ± 0.150	21
7	0.907 ± 0.025	0.950 ± 0.100	29
8	0.918 ± 0.018	0.925 ± 0.115	5
9	0.827 ± 0.029	0.850 ± 0.166	52

数字	LinearSVM	KNN	KernelSVM	RF	LR
0	0.110	0.118	0.087	0.040	0.052
1	0.105	0.158	0.052	-0.007	0.112
2	0.075	0.120	-0.020	0.040	0.030
3	-0.037	0.167	0.013	-0.017	0.023
4	-0.047	0.140	0.147	0.053	0.045
5	0.095	0.162	0.130	0.085	0.080
6	0.022	0.075	0.058	0.025	-0.017
7	-0.035	0.120	0.060	0.000	0.110
8	0.060	0.195	0.075	0.095	0.085
9	-0.015	0.070	0.025	-0.015	0.030

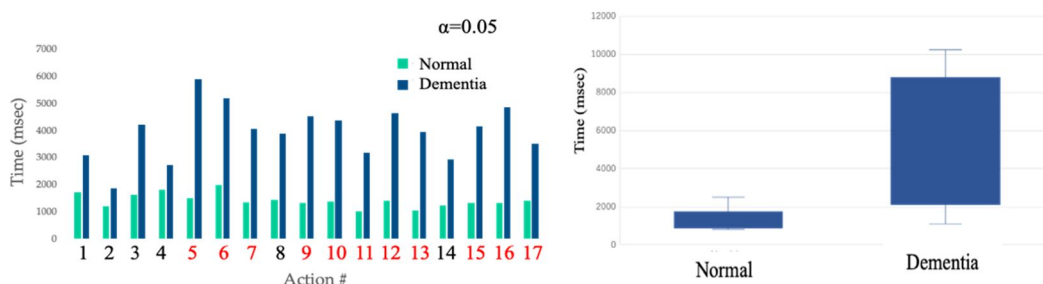
図 6 特徴選択における Accuracy の向上

従来研究の文献によると、HDS-R の認知症診断能力は Sensitivity が 0.90~0.93 程度、Specificity が 0.82~0.86 程度であること、CDT の認知症診断能力は Sensitivity が 0.52~0.57、Specificity が 0.97~1.0 と報告されている。本論文にて得られた検出精度は従来法の診断能力と大きな差はなく、提案法を用いることで描画テストにおける構成要素単位での認知症

検出の可能性は示されたと考える。しかしながら、対象とする構成要素やどのような条件のもとで描かれたものかにも依存する部分もある。そのため、その優劣についてより詳細な検討を進めていかなければならない。今後は、さらにデータ数を増やし、より母集団に近い状態での評価を行うことと、計算問題で得られた数字など異なる条件下において収集されたデータを用いて、提案手法の特性について検討を進めていく必要があると考える。

(2) 認知症と運動機能との関係に関する基礎的検討

図 7(a)は上述した旗揚げゲームにおいて、表示されたメッセージに関する動作を行うために平均してどの程度の時間を要したのかを、健常者と認知症高齢者と比較した図である。図 7(b)は、(a)における健常者と認知症高齢者の動作時間の分布を、箱ひげ図を用いて表したものである。図において、横軸の番号はメッセージ ID、縦軸は動作に要した時間である。図からもわかるように、健常者は平均して 2 秒以内に表示されたメッセージに対して正しい動作をしていることがわかる。その一方で、認知症高齢者については指示された動作を行うために多くの時間を要している。また、図においてメッセージ ID が赤い部分は、健常者と認知症高齢者の間で有意差が認められたものである。システムではゲームが進むにつれて表示されるメッセージが複雑になっていくため、よりゲーム後半部分においてより顕著な差が見られたものと考えられる。



(a) 各メッセージに対する平均動作時間

(b) 動作時間の分布

図 7 旗揚げゲームにおける健常者と認知症高齢者の動作時間の違い

タングラムを用いた手指運動機能の評価については、県内の介護施設の協力のもと、78～96 歳までの延べ 147 人（手指運動機能には問題を抱えていない施設利用者のみ）の手指運動データをシステム評価に使用した。被検者の認知機能については、見当識や短期記憶などの評価指標に基づいて、経験豊富な介護施設職員によって認知症の進行度が判定されている。ここでは、これらのデータから抽出された特徴量が認知機能の評価にどの程度有効に働いているのか、またどの特徴量が有効であるのかを検討するため、抽出された 20 個の特徴量に対してラッパー法を適用し、識別に有効であると思われる 5 特徴量を決定した。絞り込まれた特徴量は、SVM を用いた分類実験により、その有効性について評価された。

本研究で絞り込まれた特徴量と SVM を用いることにより、平均して 80.9%の精度で認知症の進行度（認知機能の程度）を分類できることが明らかとなった。また、実験を通じて 2 段階の誤判定（健常者を重度認知症と判定、重度認知症を健常者と判定）は見られず、極端に誤った判定をしてしまうケースも見られなかった。この結果は、専門医に近い精度の診断結果が得られていると考えることもできる。また、介護施設にて実施されてい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（見当識や短期記憶）の程度を大まかに推定できる十分な可能性があると考えられる。

本研究の結果から、作業を行う際の両手を同時に動作させる割合や、利き手でない手の巧緻動作については、記憶機能との一定の関係性を見いだすことができた。また、これらの特徴量を用いることにより、専門医による HDS-R を用いた認知症の進行度評価に近い精度となった。今後は、精度をより向上させるために引き続き介護福祉の現場で評価実験を進める必要があると考える。また、新たな特徴量や傾向についても検討していかなければならない。さらに、介護現場での声と被験者の反応などを参考にしながら、被験者にとっても使い易くかつ有用なシステム開発を進めていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 川中普晴, 上野和代, 高松大輔, 鶴岡信治	4. 巻 6
2. 論文標題 介護・福祉に関する課題と情報工学の役割	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理	6. 最初と最後の頁 314-317
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 -
1. 著者名 安岡武, 川中普晴, 高松大輔, 鶴岡信治	4. 巻 20
2. 論文標題 介護福祉施設における動作認識を用いた運動機能評価に関する一取り組み	5. 発行年 2018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 K. Kawanishi, H. Kawanaka, H. Takase, S. Tsuruoka	4. 巻 1
2. 論文標題 A Study on Dementia Detection Method with Stroke Data using Anomaly Detection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Informatics, Electronics and Vision	6. 最初と最後の頁 No.124
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 -
1. 著者名 S. Hayashi, H. Kawanaka, H. Takase and S. Tsuruoka	4. 巻 1
2. 論文標題 Significant Feature Descriptors for Dementia Evaluation Using Simple Graphics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of 2017 IEEE 10th International Workshop on Computational Intelligence and Applications	6. 最初と最後の頁 No.10
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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Takeru Yasuoka, Hiroharu Kawanaka, Daisuke Takamatsu, Haruhiko Takase and Shinji Tsuruoka
2. 発表標題 A Study on Evaluation of Motor Function Using Daily Recreation for Dementia Evaluation
3. 学会等名 6th International Conference on Innovation in Medicine and Healthcare (InMed-18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroharu Kawanaka
2. 発表標題 Application of Image Processing for Hospitals and Care Houses
3. 学会等名 3rd International Conference on Information Technology Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川西昂弥, 川中普晴, 高瀬治彦, 鶴岡信治
2. 発表標題 描画試験のストロークデータを利用した認知症評価法に関する一検討
3. 学会等名 平成29年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kawanishi, H. Kawanaka, H. Takase, S. Tsuruoka
2. 発表標題 A Study on Dementia Detection Method with Stroke Data using Anomaly Detection
3. 学会等名 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川西昂弥, 川中普晴, 高瀬治彦, 鶴岡信治, 高松大輔
2. 発表標題 描画試験から得られるストロークデータを用いた認知症進行度評価法に関する一検討
3. 学会等名 医療情報学連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林翔太, 川中普晴, 高瀬治彦, 鶴岡信治
2. 発表標題 図形描画テストを用いた認知症評価テストのための特徴量に関する一検討
3. 学会等名 平成29年度日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林翔太, 川中普晴, 高瀬治彦, 鶴岡信治
2. 発表標題 簡単な図形を用いた認知症評価テストのための時系列特徴に関する一検討
3. 学会等名 地域イノベーション学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Hayashi, H. Kawanaka, H. Takase and S. Tsuruoka
2. 発表標題 Significant Feature Descriptors for Dementia Evaluation Using Simple Graphics
3. 学会等名 2017 IEEE 10th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017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)	三重大学・工学研究科・教授 (14101)	
研究 分担者	高瀬 治彦 (Takase Haruhiko) (10283516)	三重大学・工学研究科・教授 (14101)	