

日常生活空間における行動センシングを用いた課題遂行能力評価手法の提案

Proposal of Task Performance Assessment System by Activity Sensing in Living Space

玉島佑哉，二瓶美里，鎌田実（東京大学），井上剛伸，西浦裕子，高枝果奈（国立障害者リハビリテーションセンター研究所），児島宏明，佐土原健（産業技術総合研究所），大中慎一（日本電気株式会社）

Yuya TAMASHIMA, Misato NIHEI, Minoru KAMATA, University of Tokyo
Takenobu INOUE, Yuko NISHIURA, Kana TAKAEDA, Research Institute of NRC
Hiroaki KOJIMA, Ken SADOHARA, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Shinichi OHNAKA, NEC Corporation

Abstract: In recent years, the elderly people living alone has increased, but there is possibility that cognitive function in the home life of the elderly reduced, and they can't live independently. This study aimed to assess problems in the execution of the action due to the decline of cognitive function, using behavioral sensing in daily life. We extracted the required items in the method of assessing the ability in daily life, and then, based on those items, we revised the medical assessment index, devised a two challenges, and proposed method. In an environment that simulated the everyday life, we assessed the execution of the action of the elderly, and compared with the medical assessment index. Then, the problem in the conversion of the action, plan of action, and monitoring of action can be found by the method we suggested.

Key Words: Activity Sensing, Elderly people living alone, Assessment in daily life

1. 序論

現在わが国では高齢化が進行しており，それに伴い認知症高齢者数も増加傾向にある．また，核家族化の影響により独居高齢者が増加していることや，認知症施策推進総合戦略（新オレンジプラン）⁽¹⁾における在宅ケアの推進により，軽度の認知機能障害のある独居高齢者の自立生活維持のための方策が議論されている．

高齢者が在宅で生活することによるメリットには，住み慣れた家で自由に自分の意思で生活できること，周囲に知人や友人がいることが挙げられる．その一方で特に独居の場合，徐々に認知機能が低下し，生活自立度が低下した場合に，それらに自分自身が気づかずに放置されてしまうデメリットがある．自立した生活ができない状態が続くと，QOLの低下や住居内での事故につながる恐れがあるため，そうした認知機能の低下をいち早く発見し，適切な支援につなげる仕組みが必要とされる．

現在行われている支援としては，人的支援が主であり，地域包括支援センターや民生委員など支援員の巡回による高齢者の生活状況の把握や介入支援が行われている．しかし，登録された人に対する聞き取りであることや，高齢者自身が認知機能の低下を自覚しにくいことから，早期に高齢者の実情を知ることが難しいと考えられる．したがって，このような人による早期介入には限界があるため，地域で暮らす高齢者の状態を把握する新たな仕組みが求められている．

一方で，人感センサやさまざまなセンサを住居内に配置することでそれらのデータの集合から異常や異変を検知する研究が数多く行われている．Chanらは焦電型人感センサや睡眠中の動きから起床や就寝，入浴，睡眠中の状況のモニタリングを行っている⁽²⁾．Survadevareらは家具などの使用状況をモニタリングし，高齢者の健康状態を定量化している⁽³⁾．Cookらは人感センサや光センサなどを使用して環境を計測し，高齢障害者の支援を行うためのシステムを開発している⁽⁴⁾．

しかし，早期の介入や認知機能の低下の検出において人感センサや家電の利用状況モニタリングなどによる高齢者の見守りを行う場合，2つの課題が存在する．一つは，行動データの変化から認知機能低下を検知する方法は正常時と異常時を比較するための長期間のデータが必要であること，もう一つは高齢者の生活行動には個人差があり，それぞれの行動から認知機能の低下を検知する必要があることである．

本研究ではそれらの課題に対して，対象者に特定の行動をするよう能動的に働きかけてその実行度を評価することにより，高齢者の認知機能を適時的に評価することを考えた．そこで，本研究の目的を「日常生活の中で行動の遂行を能動的に評価する手法の開発」と定めた．具体的には日常生活の中で対象者に，認知機能の指標となるような行動を課題として提示し，その行動をセンシングすることにより評価することを目指す．

そのために，まず評価システムの全体像を設計し，次に，認知機能を評価する医学的な指標を元に課題を作成し，評価指標を定める．最後に，開発した評価手法の有効性を検討するため，高齢者を対象に開発した手法を用いて行動の遂行を評価する．

2. 評価システムの全体像

本研究では，図1に示すような音声による情報提示デバイスとセンシングデバイスから構成される全体システムを想定した．音声による情報提示デバイスには，コミュニケーションロボットPaPeRo（NEC，R500）を用いた．また，情報提示に用いる合成音声には，先行研究で明らかになった高齢者に聞き取りやすいとされる周波数，ピッチの男性音声を採用した⁽⁵⁾．センシングデバイスには，情報提示デバイスから要求される音声指示に従って行動の結果を検出できるように複数の無線焦電センサおよびそれらをタグ付けするネットワークシステムを用いた．センサデータは専用のタブレットアプリケーションを介してリアルタイムでサーバに送信される．実験中は常時データを取得して対象者が各センサ付近に行った時刻が記録される．それらの仕様と反応データを図2に示す．

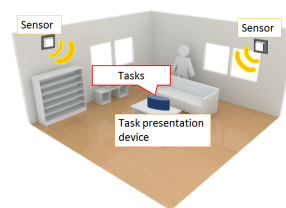


Fig.1 Image of Evaluation System

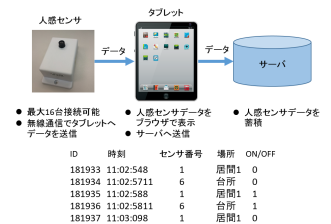


Fig.2 Sensing System and Response data

3. 評価指標の作成

3.1 行動の遂行に係る評価項目の設定

行動の遂行に関連する機能として、遂行機能がある。遂行機能は目的を持った一連の活動を効果的に成し遂げるために必要な機能であり、認知機能の低下によって主に障害が表れる機能でもある。記憶や見当識同様に行動の遂行に関わる能力で、日常生活と密接に関係しているとされている⁽⁶⁾。遂行機能が障害されるとずっと同じ場所を掃除してしまう、料理の手順がわからないというような問題が発生する。

遂行機能は、「目標設定 (goal formulation)」、「計画立案 (planning)」、「計画実行 (carrying out goal-directed plans)」、「効果的遂行 (effective performance)」の4つの要素から成り立っている⁽⁷⁾。各要素の説明を以下に示す。

1. 目標設定：動機と意図を持ってゴールを設定すること
 2. 計画立案：採るべき手順を考案・評価・選択すること
 3. 計画実行：方向性を維持しながら作業を開始、維持すること
 4. 効果的遂行：到達度を推測して、より効率的な方法を探ること
- この中でも、実際に行動を適切に行えるかどうかに関わるのが、計画立案、計画実行、効果的遂行であるため、本研究ではこの3つの項目について評価する。

3.2 評価指標の策定

前述の3つの項目を評価するための評価指標の策定においては、既に臨床で用いられている遂行機能検査の医学的な指標である遂行機能障害群の行動評価 (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome, 以下 BADS) を用いることとした。BADS は日常生活上の遂行機能に関する問題点を検出しようとする、生態学的妥当性を意識した行動的な検査であり、7種類の検査からなる。本研究では、BADS の下位検査のうち、計画立案、計画実行、効果的遂行を評価できる a) 規則変換カード検査、b) 修正6要素検査を選定した。

a) 規則変換カード検査：赤と黒のトランプカード次々とめくって被験者に見せていく。被験者は示されたカードの色を見て、定められたルールに従って「はい」か「いいえ」と答える。前半では赤のカードなら「はい」、黒のカードなら「いいえ」と答える。後半では、めくったカードが1つ前のカードと同じ色なら「はい」、違う色なら「いいえ」と答える。それぞれ20枚のカードを見せ、後半の試行の誤りの数と所要時間によって、4点満点で得点を算出する。誤りの数が0なら4点、1~3なら3点、4~6なら2点、7~9なら1点、10以上で0点となり、後半の試行に要した時間が67秒以上であればさらに1点減点する（0点以下の場合は0点と記録）。この得点から、ある規則に沿った行動から他の規則に沿った行動へと転換する能力を評価することができる。行動を適切なタイミングで転換する能力は計画実行に必要なであるとされている⁽⁸⁾。

b) 修正6要素検査：口述、算数問題、絵の呼称の3種類の課題が2セットずつ与えられる。被験者は10分間の間にそれらの課題の少なくとも一部に手をつけることが求められる。さらに、同じ種類の課題を連続してやってはいけないというルールが設けられる。手をつけた課題の数、およびルールを破った回数と所要時間を記録する。「手をつけた課題の数(最大6) - ルールを破った課題の数(最大3)」を素点とし、素点が6であれば得点が4点、4~5であれば3点、2~3であれば2点、1以下であれば1点となる。また、いずれか1つの課題の所要時間が271秒以上であればさらに1点減点し、0~4点の得点が算出される。この得点から行為を計画し、組織化し、監視する能力を評価することができ、計画立案、効果的遂行に必要な能力を評価できる⁽⁸⁾。

3.3 日常生活に適合した課題のアレンジ

3.3.1 課題アレンジの要件

医学的な検査は、検査室にて対面式で行うことを前提としているため、本研究で想定しているような日常生活の中で実施可能な課題に修正する必要がある。一方、本評価手法は検査室で行うの

とは異なり、日常生活のいわば素のストレスのない状態での測定が可能になると考えられる。そのため、日常生活に違和感なく溶けこむための工夫が必要となる。そのため、(1) 対象者にとって抵抗感の少ない口調や指示方法、(2) 日常生活に適合した課題の2点について検討を行った。

(1) 課題呈示に適した口調および指示方法

人と人とのコミュニケーションと同様に、ロボットなどの音声呈示デバイスと人とのコミュニケーションにおいては、口調や敬語の使い方などを適切に設定する必要がある。そこで、本研究では Brown と Levinson によって提唱されたポライトネス理論を用いて設定することとした。ポライトネス理論は、人間関係を円滑にするための言語ストラテジーと定義されている。具体的には、呼びかけをする際に音声呈示デバイスから何と呼ばれたいか、また、指示される口調は敬語がよいのかフランクな方がよいのかを設定するものである。本研究では、高齢者に対して、自己紹介、食事の時間のお知らせ、血圧測定のお知らせ、服薬時間のお知らせを模擬的に行い、アンケート調査を行うことで設定値を決定することとした。

・実験対象者

著しい聴力および認知機能の低下の認められない65歳から74歳の高齢者8名（男性4名、女性4名）。

・実験方法

PaPeRo(NEC,R500)と対象者を対面して座らせ、PaPeRoから話しかけて高齢者に返答をしてもらう。対象者の呼称には(氏名)さまと(氏名)さんの2種類を用いた。また、口調は以下の4種類を用いた。対象者には、ロボットと自宅で実際に生活しているシーンを想定させ、日常生活に適した話し方をアンケートで回答してもらった。

1. できるだけ多く敬語を使った丁寧な話し方
2. 簡素な敬語を使った話し方
3. 敬語のうち丁寧語のみを使った話し方
4. 敬語を全く使わない話し方

・実験結果

呼称については、(氏名)さまは堅苦しく、(氏名)さんが適しているという回答した人が7名/8名、名前ではなく「おじいちゃん、おばあちゃん」と呼んで欲しいと回答した人が1名であった。話し方については、丁寧語「～です・～ます」を使うだけで十分という人が最も多く(5名/8名)、なるべく簡素な敬語を最小限に使うべきという人が2名/8名、敬語は必要ないとした人が1名いた。したがって、医療コミュニケーション(医者と患者)において効果的であるとされている、過剰な敬語の使用を控えて心理的距離を縮めるポライトネスストラテジーがロボットと人との対話においても有効であることが示唆された。これにより、呼称や表現については過剰な敬語は使用しないこととした。

(2) 日常生活に適合した課題

課題の中で行う行動については、ADLやIADLに含まれる、または付随するような、日常的に行うと考えられる行動を用いることとした。これにより、日常生活に馴染みやすくすることと、日常生活に近い行動の遂行能力を評価することを狙う。

3.3.2 課題の作成

a) 規則変換ランプ課題

規則変換カード検査を元に規則変換ランプ課題を作成した。この課題では、カードを見せる代わりに2色のLEDなどの光を見せるようにした。検査の前半と後半でルールが変わることと、前半と後半それぞれのルールについては従来の検査と同様にする。規則変換カード検査では、課題に対し「はい」か「いいえ」と答えるが、行動に置き換えて、部屋の中の2箇所を移動してもらう。具体的には、部屋の中のA地点とB地点を設定し、前半では「赤く光ったらA地点に移動してください。青く光ったらB地点に移動してください」と教示し、後半では「新しく光った色が一つ前の光の色と同じだったらA地点、違う色だったらB地点に移動してください」というように教示する。検査の前半と後半で変

Table 1 3箇所課題の場所と課題の内容

場所	課題(1)	課題(2)
冷蔵庫	冷蔵庫の一番上の扉の中身を確認する	冷蔵庫の一番下の扉の中身を確認する
トイレ	トイレの明かりをつける	トイレの明かりを消す
洗面所	手を洗う	鏡で身だしなみを整える

化したルールに対応できるかどうか問われる課題となる。正しい場所に移動した回数や、所要時間を評価指標とした。

b)3箇所課題

修正6要素検査を元にして3箇所課題を作成した。従来の検査は、口述・計算・絵の呼称の3種類の課題を2つずつ行う検査であったが、これを、家の中の3つの場所で2つずつ課題を行うものに置き換え、同じ場所の課題を2つ続けて行ってはならないという規則を設けた。それぞれの行動を行う順番を考え、規則を常に考慮しながら行動することが求められる課題になるように設計した。課題に特殊な道具が必要ない、難しい操作を必要としないといった点から以下の表1のように課題を設定した。「行った課題の数-ルールが破られた場所の数」を得点とし、その得点を評価指標とする。

4. 評価手法の有効性の検討

4.1 課題遂行能力評価実験

4.1.1 実験目的

本実験の目的は、提案する評価手法の有効性を検証することである。そのために、日常生活を模した環境において第3章で提案した手法を用い、高齢者を対象に課題を呈示し、それに対する行動の遂行を評価するほか、BADSによる評価も行い、結果を比較することで提案した手法の有効性を検証した。

4.1.2 実験対象

自宅で自立した生活を送っている高齢者14名(65歳～83歳)を対象とした。公募方法はシルバー人材センターを通し、うち6名については事前にBADSの対象とする下位項目の検査を実施して、どちらかの検査で2点以下であった者に対して実験を実施した。

4.1.3 実験方法

(1) 実験環境および機材

実験環境は、図3, 4に示す居間・台所・ダイニング・トイレ・洗面所・玄関のある模擬住居で実施した。但し網掛け部分は使用せず、また実験者は実験時の状況を観察し、機材の調整を行うために和室に待機した。情報呈示デバイスおよびセンシングデバイスは、第2章に示したコミュニケーションロボットと焦電センサを用い、それぞれ図2に示すダイニングの一角と図3のように配置した。(2) 実験方法

実験ではBADSの該当する下位検査と行動課題実験を行った。行動課題実験では、約60分間模擬的な日常生活行動を行ってもらい、その間にWizard of Oz法を用いて課題の呈示を行った。模擬的な日常生活行動については、「台所の皿を洗う」「掃除機をかける」「洋服をたたむ」など9種類の指示が書かれたカードをダイニングテーブル上に置き、過ごしたいように選択的に行ってもらうように教示したほか、テレビやトイレなどは自由に使用するように伝えた。2種類の課題(規則変換ランプ課題・3箇所課題)は和室でモニタリングしながら、任意のタイミングで課題の教示を行った。

4.2 実験結果

4.2.1 分析方法

提案した課題が想定した機能を評価可能であることを確認するため、2種類の課題の成績と、対応するBADSの下位検査の成績との比較を行うことを主要な評価項目と設定した。

また、能動的な課題遂行と日常生活行動の中から受動的に取得できる活動指標についても関連性があるか比較を行う。受動的に得られる活動指標としては、a)1分あたりの人感センサの反応数、b)キッチン-リビング間移動所要時間を算出した。1分あたりの



Fig. 3 Model house

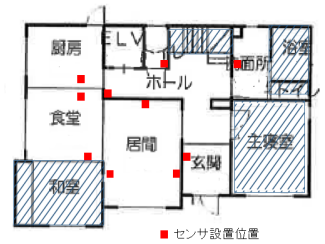


Fig. 4 Setting place of Human Sensor

Table 2 Data of research participants

参加者	年齢	性別	規則変換カード検査得点	6要素検査得点
A	71	女性	3	3
B	68	男性	3	3
C	72	女性	4	3
D	65	男性	3	3
E	65	女性	4	3
F	67	男性	3	4
G	67	女性	3	4
H	74	男性	2	3
I	71	女性	1	3
J	83	男性	2	2
K	77	男性	1	1
L	77	女性	0	2
M	81	男性	2	4
N	76	女性	3	1

人感センサの反応数は、参加者が部屋の中をどの程度活発に移動したかを表す指標となる。キッチン-リビング間移動所要時間は歩行速度の目安となる。また、ここでは実験中に何度か行っているキッチン-リビング間の移動所要時間のうち、最も短いものを途中で別の部屋に立ち寄りなかった場合の所要時間とした。

4.2.2 実験参加者

実験参加者のプロフィールおよびBADSの該当する下位検査の得点を表2に示す。

4.2.3 規則変換ランプ課題の結果

規則変換ランプ課題の成績は、呈示した場所に正しく移動した回数と所要時間について、ルール変更の前後での差を算出し指標とした。BADSの規則変換カード検査の成績との比較結果を図5と図6に示す。また、BADS規則変換カード検査の成績を高低群(2点をカットオフ値として)に分類し、規則変換ランプ課題の2つの評価値について比較した結果を図7と図8に示す。その結果、正当数についてはMann-WhitneyのU検定にて有意な差が見られた。このことから規則変換ランプ課題の正当数より規則変換カード検査で評価することのできる行動の変換能力の低下を検知できる可能性が示された。一方、前半と後半の所要時間の差については有意差が認められなかった。所要時間の差は、大きいほどルール変更後にどのように行動すべきか迷っている時間が長いということを表している。したがって、所要時間の差のみでは行動が早いか遅いかは分からず、行動変換に関する指標と

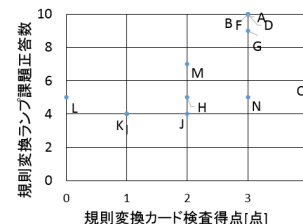


Fig. 5 The relation between Rule Shift Card Test and Score of Rule Shift Lamp Test

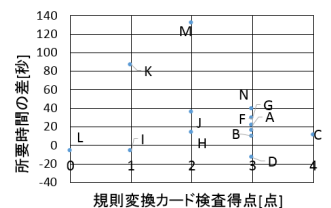


Fig. 6 The relation between Rule Shift Card Test and Difference of the required time of Rule Shift Lamp Test

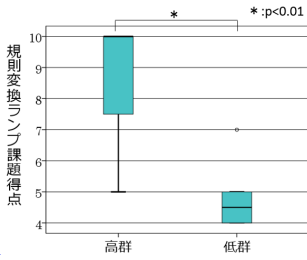


Fig.7 Score of Rule Shift Lamp Test of High group and Low group

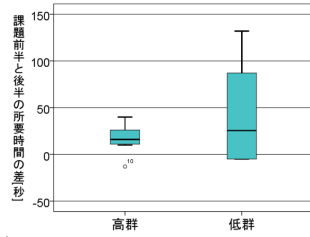


Fig.8 Difference of the required time of Rule Shift Lamp Test of High group and Low group

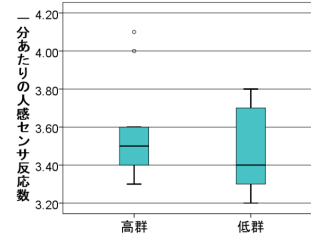


Fig.11 The Number of human sensor react per minute of High group and Low group

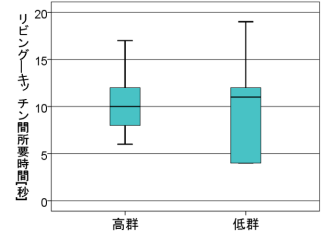


Fig.12 The amount of time for movement between Living and Kitchen of High group and Low group

しては不十分であると考えられる。しかし、正答数と所要時間の差を組み合わせることで見ることにより、正答数が多いが判断が遅い慎重に行動するタイプや、正答数が少ないが判断が早い思い込みが激しいタイプなど、行動のタイプを分類することができる可能性がある。

4.2.4 3箇所課題の結果

3箇所課題の成績については、「行った課題の数(最大6)-ルールが破られた場所の数(最大3)」(6点満点)とした。4点満点で表されるBADsの修正6要素検査の成績との比較結果を図9に示す。また、BADs修正6要素検査の成績を高低群(2点をカットオフ値として)に分類し、3箇所課題の2つの評価値について比較した結果を図10に示す。その結果、2つの群にはMann-WhitneyのU検定にて有意な差が認められた。このことから、3箇所課題の得点より、修正6要素検査で評価することの出来る、行為を計画し、組織化し、監視する能力の低下を検知できる可能性が示された。

一方、図9に示されるように参加者NについてはBADsの検査においては得点が1点と低いものの提案手法の課題では5点と高い値となっている。NのBADsの検査における間違い方について詳しく見ると、6つの課題のうち1つの課題のみに検査時間の半分以上を費やしており、1つのことに熱中してしまうという特徴が見受けられる。その一方で本研究で提案した3箇所で行う課題はどれも短時間で終了するものであり、熱中するような行動ではない。そのため、1つの行動に熱中せずに複数の行動を行うように意識する能力について評価することができず、参加者Nのようなタイプでは、提案手法の課題では得点が高くなったと考えられる。そこで、3箇所で行う課題の内容を長時間かけられるようなものにするにより、参加者Nのようなタイプについてもより正しく能力を評価できると考えられる。

4.2.5 受動的な活動指標の結果

各実験協力者について a)1分あたりの人感センサの平均反応数、b)キッチン-リビング間の平均移動所要時間を算出した。また、2種類のBADsの下位項目の成績(規則変換カード検査と修正6要素検査)の合計得点を算出した。この合計得点をもとに高低群(カットオフ値4点)に分類し、群間で比較を行った。その結果を図11と図12に示す。その結果、これら2つ活動指標については群間に有意差は認められなかった。各実験協力者の活動

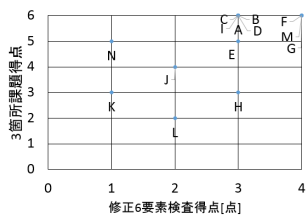


Fig.9 The relation between Modified Six Elements Test and Score of Three Place Test

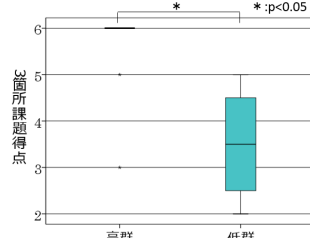


Fig.10 Score of Three Place Test of High group and Low group

量を表すこれらの指標は、規則変換課題の所要時間と同様に歩行能力などの個人差の影響が大きいと考えられるため、行動の遂行を評価する相対的な指標としては適切ではないことが示された。このことから、能動的に行動を遂行する能力を評価することの意義が示されたと言える。

5. 結論

行動センシングを用いて日常生活の中で行動の遂行を能動的に評価する手法の開発を行った。そして高齢者に対して評価指標の有効性の検討を行うための実験を行い、以下のような知見が得られた。

1. 提案した規則変換ランプ課題によって、「行動の転換能力」を評価する規則変換カード課題(BADs)の2点以下の者を検知できる可能性を示した。
2. 提案した3箇所課題によって、「行為の計画」、「行動の監視」を評価する修正6要素検査(BADs)の2点以下を検知することができる可能性を示した。
3. 能動的に能力を評価することにより、活動指標などの受動的な行動センシングでは評価できない能力を評価することができる可能性が示された。

謝辞

本研究は日本科学技術振興機構戦略的イノベーション創出推進プログラムの助成を得て実施した。実験に協力してくださった高齢者の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 厚生労働省, 認知症施策推進総合戦略(新オレンジプラン), 2015.
- (2) Chan M., Campo E., and Esteve D., Assessment of activity of elderly people using a home monitoring system, Int. J. Rehabil. Res 28(1), 6976, 2005.
- (3) N.K.Suryadevara and S.C.Mukhopadhyay, Wireless sensor network based home monitoring system for wellness determination of elderly, IEEE Sensors J 12(6), 1965-1972, 2012.
- (4) P.Dawadi, D.Cook, and M. Schmitter-Edgecombe, Automated cognitive health assessment using smart home smart monitoring of complex tasks. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 43(6), 1302-1313, 2013.
- (5) 成田拓也ら, 高齢者を対象とした合成音声の聞き取りやすさに関する研究, ABML2011, O1-3-1~4, 2011.
- (6) 仲秋秀太郎, 佐藤順子, 実行機能 その概念と評価法, 老年精神医学雑誌 26, 248-256, 2015.
- (7) Muriel D.LEZAK, The Problem of Assessing Executive Functions, International Journal of Psychology 17, 281-297, 1982.
- (8) 穴水幸子, 加藤元一郎, 遂行機能障害の特徴とその評価法, 老年精神医学雑誌第20巻第10号, 1133-1138, 2009.