

消滅と遅延を伴うボタン押し課題による認知症高齢者の視覚運動機能の評価——CDR との比較——

中園 正吾[†] 小堀 聡^{††}

Evaluation of Visuo-Motor Function in Elderly Persons with Dementia by means of Suppressed and Delayed Button-Press Tasks ——Comparison with CDR——

Shogo NAKAZONO[†] and Satoshi KOBORI^{††}

あらまし ボタン押し課題とは、ディスプレイ上を移動するターゲットが指定枠に入ったらボタンを押すというものである。被験者は、消滅課題、遅延課題及び通常課題を実行する。これらの課題において、被験者はターゲットの動きを予測し、自分の反応時間を考慮してボタンを押すことになる。本研究では、介護老人保健施設の123名の要介護高齢者に対して実験を行い、誤差データを測定、解析するとともに、約2年間の変化を観察し、検討を行った。また、20名の若年者データと高齢者データを比較した。その結果、ボタン押し課題は認知症高齢者に対する検査として使用できること、消滅課題と遅延課題はそれぞれ異なる認知機能の側面を評価できること、各課題の実施の可否や誤差値により視覚運動協応の機能が評価できること、ボタン押し課題を長期的に実施することで重症度との関係を観察することができること、が明らかになった。それらのことから、本研究でのボタン押し課題は、視覚運動協応の機能を評価するという点において、従来の認知症の評価方法を補うことができるものであるといえる。

キーワード ボタン押し課題、視覚運動協応、認知機能、認知症

1. ま え が き

人口の高齢化に伴い、要支援・要介護の高齢者の数は増加し、その対策が大きな社会問題となっている。様々な障害をもつ高齢者に対してリハビリテーションが行われる中、機能回復や自立に結び付く適切な機能評価が求められている[1]~[3]。特に、近年増加している認知症については、早期発見が重要な課題とされ、医療の現場では簡便で患者にとって受け入れやすく、客観的で信頼性の高い評価方法の確立が必要とされている[4],[5]。

認知症の診断やその重症度の判定にはいくつかの評価方法があるが、大きく二つに分類することができる。一つは対象者に直接実施する質問式検査であり、もう一つは家族や介護者あるいは治療者が対象者の言動を観

察して評価を行う観察式検査である。前者には改訂版長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)、Mini-Mental State Examination(MMSE)などがあり、後者にはClinical Dementia Rating(CDR)、Functional Assessment Staging(FAST)などがある[6]。このうち、特に前者は、主として記憶機能を評価する検査であり、記憶機能の低下が加齢に伴う年齢相応のものであるかどうか評価される。

しかし、認知症による認知機能^(注1)の低下は記憶系だけでなく、感覚・知覚系や運動系[7]、更に、それらの連携にも及ぶ。私たち人間が何かの運動をする際には、ある状況に対する知覚のもとでそれに協応する運動を行うが、そうした運動の制御や学習における感覚・知覚系と運動系との関係に関わる認知機能を知覚運動協応(perceptual motor coordination)と呼ぶ[8],[9]。認知症が進行すれば、このような知覚運動協応の機能も当然低下する。例えば、社会問題となっ

[†] 龍谷大学大学院理工学研究科電子情報学専攻, 大津市
Division of Electronics and Informatics, Ryukoku University,
Seta, Otsu-shi, 520-2194 Japan

^{††} 龍谷大学理工学部電子情報学科, 大津市
Department of Electronics and Informatics, Ryukoku University,
Seta, Otsu-shi, 520-2194 Japan

(注1): 本論文でいう認知機能とは、知的機能だけでなく、感覚・知覚系、運動系、記憶系など、全ての認知過程に関わる機能のことをいうものとする。

ている認知症高齢者の自動車運転による事故も、そうした機能の低下が一因であると考えられる [10]。しかしながら、記憶機能の評価を中心とした従来の認知症の検査では、知覚運動協応の機能は十分に評価できない。また、記憶機能に限定した軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment : MCI) の検査では、必ずしも認知症予備群の評価が行えないとの指摘もある [11]。このような知覚運動協応の機能に着目した研究例としては、視覚刺激をターゲットとしたシステムの例があり、空間的注意力に関する特性を測定されているものの、認知症高齢者に対する認知機能の評価方法については示されていない [12]。

そこで、本研究では、ボタン押し課題を用いて認知症高齢者の視覚運動協応に関わる認知機能の評価を行うことを提案する。本研究で用いるボタン押し課題とは、ディスプレイ上を移動するターゲットが指定枠に入ったらボタンを押すというものであり、感覚・知覚系のフィードバックとしては主として視覚系が重要な役割を果たすことになる。また、ボタン押しの動作自体は瞬間的でフィードフォワードな制御 [13], [14] によるものであり、予測的な動作を測るという意味で、外部環境からの情報をもとに予測を行う機能を測定・解析することができるものである。ボタン押し課題を遂行するのに必要な認知能力は、ターゲットの移動速度を把握し、そこからターゲットの動きを予測する能力や、自分自身の反応時間分の遅れを考慮し、ボタンを押すべき位置を推測する能力である。なお、この課題は被験者に重度の視覚障害がなく、ボタンを押す動作が行えれば、実施は可能である。

筆者らの行った先行研究 [15] では、このボタン押し課題についての実験を健常若年者を対象に実施し、誤差データだけでなく視線データも測定し、学習過程を解析し、視線の移動パターンと学習の関係について検討した。その際、予測的な動作をより難しくする実験課題として、ターゲットが移動の途中で表示されなくなる消滅課題とボタンを押してからターゲットが止まるまでに一定の遅れがある遅延課題のそれぞれを学習課題とした。

その結果、消滅課題においてはターゲットの動きを正確に予測することが、遅延課題においては遅延時間を適切に考慮することが、それぞれ学習されたことが分かった。また、消滅課題と遅延課題においては移動速度を正確に把握しようとする方略がとられ、試行を繰り返すことでそうした方略の学習が更に進化したこ

とが分かった。

これらのことから、ボタン押し課題により認知及び運動機能の評価し、訓練や学習の効果を検証することができる可能性を先行研究において示した [15]。

本研究では、介護老人保健施設の 123 名の要支援・要介護高齢者に対してボタン押し課題の検査を実施し、課題の実施率や誤差データから認知機能の評価するとともに、約 2 年間の変化を観察した結果を検討する。また、健常若年者のデータと認知症高齢者のデータとの比較を行うことで、課題の実施率や誤差データと年齢や重症度との関係を考察する。そして、本研究でのボタン押し課題の検査が認知症高齢者の視覚運動協応の機能の評価するのに有効であり、従来の認知症の評価方法を補うものであることを示す。

2. 方法

2.1 実験システム

実験システムは、市販のパーソナルコンピュータと周辺機器を中心に、押しボタンスイッチ (城南電器工業所 : 押し圧約 350 ~ 750 g, 直径 80 mm), 反応時間測定ソフトウェア、ボタン押し課題測定ソフトウェアで構成される。また、これらのソフトウェアは独自に開発したものであり、単純反応時間及び誤差データを測定することができる。

2.2 実験方法

2.2.1 実験課題

被験者には、ディスプレイ上を移動するターゲットが指定の枠内にぴったりと収まるようにボタンを押して停止させる動作を行わせる。ターゲットは直径 28.4 mm の赤い円で、指定枠は赤い四角 (枠の幅 2.4 mm, 内径 28.4 mm) で表示される。ターゲットは一つずつ出現し、直線上を一定の速度で移動する。なお、ターゲットは、ディスプレイ中央の 227 mm × 227 mm の範囲に表示される。また、ディスプレイと被験者の距離は 660 mm である。

実験におけるパラメータは、ターゲットの移動速度、ターゲットの移動の向き、指定枠の表示位置とした。具体的な設定値は以下のとおりであるが、これらの値が等確率でランダムに選択されるようにした。

ターゲットの移動の速度 (以下、単に速度とする) は下記のいずれかである。

速度 1 : 20.7 mm/s

速度 2 : 25.2 mm/s

速度 3 : 32.5 mm/s

ターゲットの移動の向き（以下、単に向きとする）は下記のいずれかである．

下向き：画面の上側から出現

上向き：画面の下側から出現

右向き：画面の左側から出現

左向き：画面の右側から出現

指定枠が表示される位置（以下、単に位置とする）は下記のいずれかである．

近方：ターゲットの出現場所から近い位置（出現位置から 76 mm）

中央：コンピュータ画面上の中央の位置（出現位置から 114 mm）

遠方：ターゲットの出現場所から遠い位置（出現位置から 152 mm）

具体的な課題は、以下のとおりである．

(1) 通常課題

消滅課題でも遅延課題でもないもの．

(2) 消滅課題

ターゲットが移動の途中で見えなくなる．ターゲットが表示されるのはターゲットの出現場所から指定枠までの 40% の区間である（ただし、被験者にはこの数値は知らせない）．ターゲットが消滅しても、被験者はそれまでのターゲットの動きから、その動きをイメージして、正しいと思うタイミングでボタンを押してターゲットを止める．

(3) 遅延課題

ボタンを押してから、ターゲットが止まるまでに一定の時間（遅れ）がある．遅れの時間は 0.7 s である（ただし、被験者にはこの数値を知らせない）．被験者はその遅れの分を考えて、正しいと思うタイミングでボタンを押してターゲットを止める．

いずれの課題においてもターゲットが停止した後、次のターゲットが出現するまでは、ターゲットは停止したまま表示され、被験者は指定枠の中心点とのずれ（誤差）を把握することができる．なお、消滅課題においては、ボタンを押した段階でターゲットは停止し再び表示される．

被験者には、「ボタンを押してターゲットが、正確に指定枠に入るようにし、消滅（または遅延）の場合も最善の努力をしてください。」という指示を与える．

なお、以上のパラメータに関しては、一般的に滑動性眼球運動が 2~40 deg/s であること [16] や光刺激によるボタン押し反応時間が約 200 ms であること [17], [18] を踏まえて、本研究でのボタン押し課題の

もとなっているリハビリ用ゲーム [19] や他のボタン押しに関する研究例 [20], [21] などをもとに値を設定し、先行研究 [15] では予備実験を行い、妥当な値であることを確認した．しかし、本研究では認知症高齢者の特性を考慮し、速度については 3 段階に設定した．

2.2.2 被験者

ここでは、認知症患者を含めた高齢者を対象とした．具体的には、老人介護保健施設入所者及び通所利用者のうち、白内障などにより視野が狭いなどの障害がある者や運動器系の障害でボタン押し動作が困難な者を除いた、61 歳から 100 歳までの要介護判定において要支援 2 から要介護 5 までの 123 名（男性 31 名、平均年齢 78.3 ± 9.0 歳、女性 94 名、平均年齢 84.9 ± 7.2 歳）を被験者とした．なお、以上のすべての被験者について、裸眼若しくは眼鏡・コンタクトレンズの使用により、本実験を行うのに十分な視力（両眼で 0.7 以上）を有していることを確認した．

2.2.3 実験手順

ヘルシンキ宣言に則り、被験者のインフォームド・コンセントを得るとともに、老人介護保健施設の倫理規程に定められた手続きに従って実験を行った．測定に入る前に、まず、実験課題を確認し、実験機器などに慣れさせるため、各課題で 1 ブロックだけ練習を行った．また、この際に画面全体やターゲットが視認できているかどうかや各課題の意味を理解しているかどうかを確認した．次に、被験者の単純反応時間（ディスプレイ上に刺激（直径 28.4 mm の赤い円）が提示されたらできるだけ早くボタンを押すという検出課題により測定される時間）を測定した．そして、実験条件に従って実験を行った．

2.2.4 実験条件

実験では、36 試行を 1 セットとした．これにより、ターゲットの三つの移動速度、四つの移動の向き、指定枠の三つの表示位置の全ての組合せで試行が行える．また、被験者の集中力を考慮し、1 セットを三つのブロック（12 試行）に分けることにした．これにより、1 ブロック当たり約 1 分程度となる．

実験は、通常課題、消滅課題、遅延課題の順序でそれぞれ 1 セットずつ実施した．ただし、単純反応時間の測定も含めて、それぞれの課題について実施が不可能な場合は、実施不可として扱った．ここで、実施可能というのは、被験者が課題を理解し、かつ、ボタン押し動作自体がでたらめなタイミングとはなっていない場合をいう．それ以外は、実施不可とする．

なお、約 2 年間の観察期間において同じ被験者を対象に同じ課題の実験を継続的に実施し、結果を記録した。

2.3 解析方法

2.3.1 認知症の評価

認知症の重症度の評価は、認知症の検査方法として老人保健施設などで多く用いられている Clinical Dementia Rating (以下 CDR) によって行われた [6], [22]。今回の被験者に対しては、施設のリハビリスタッフ (作業療法士 3 名, 言語療法士 1 名) が日常の様子や他の検査結果等を参考とし、CDR 評定に係る 6 項目 (記憶, 見当識, 判断力と問題解決, 社会適応, 家庭状況, 介護状況) に対する 5 段階の評価を行い、その評価値から、CDR-0 (none: 正常), CDR-0.5 (very mild: 疑い), CDR-1 (mild: 軽度), CDR-2 (moderate: 中等度), CDR-3 (severe: 重度) の 5 段階の総合判定値 (以下判定値) を算出した。本研究では、この判定値を重症度の評価に用いることにした。

2.3.2 誤差データ

ここで誤差とは、ターゲットを停止させた位置でのターゲットの中心点と指定枠の中心点との距離を意味し、ターゲットを指定枠の中心点よりも手前で停止させた場合は負の値に、指定枠の中心点を過ぎて停止させた場合は正の値とする。誤差データは、符号付き誤差値 (単位は画素数) として記録し、符号付き誤差値と絶対誤差値の平均値を算出した。

符号付き誤差値は、その符号により各課題における応答の特徴を表す評価値として位置づけ、被験者が初めて行う実験 (以下、初回) での評価に用い、一方、絶対誤差値は誤差の大きさを表す評価値として位置づけ、重症度による比較や経過観察において利用するものとした。

初回の実験について、ターゲットの移動の向き (下向き, 上向き, 右向き, 左向き), ターゲットの移動速度 (速度 1 ~ 速度 3), 指定枠の表示位置 (近方, 中央, 遠方), 重症度 (正常, 疑い, 軽度, 中等度, 重度) を被験者間の要因とした $4 \times 3 \times 3 \times 5$ の分散分析を行うとともに、Turkey 法による多重比較を行い群間の有意差 ($p < 0.05$) を判定した。

2.3.3 健常若年者データとの比較

筆者らの先行研究 [15] において収集した 20 名 (男性 10 名, 平均年齢 22.1 ± 0.7 歳, 女性 10 名, 平均年齢 20.5 ± 0.8 歳) の健常若年者データについても、実施率, 単純反応時間, 符号付き誤差値, 絶対誤差値を

算出し、高齢者データのグラフに加え合わせて描いた。

3. 結果

3.1 重症度ごとの実施状況と誤差データ

3.1.1 認知症の評価

CDR による重症度の評価の結果は、正常の者が 14 名, 疑いの者が 32 名, 軽度の者が 41 名, 中等度の者が 31 名, 重度の者が 5 名であった。重症度及び年代別に見た被験者の分布は図 1 に示した。

3.1.2 実施状況

高齢者がすべての課題を実施できるとは限らなかった。図 2 は、認知症の重症度ごとの実施率 (各課題での実施可能な被験者の比率) を示している。

まず、単純反応時間測定は、重症の判定の者以外、高齢者は高い割合で実施できた (平均 80.1%)。通常課題は、ほぼ全員に対して実施することができた (平均 93.6%)。逆に、通常課題が実施できた重度の判定の者 4 名全ては、通常課題だけが実施できなかった。一方、消滅課題と遅延課題については、それぞれ 49 名 (43%) と 79 名 (69%) の者が実施することがで

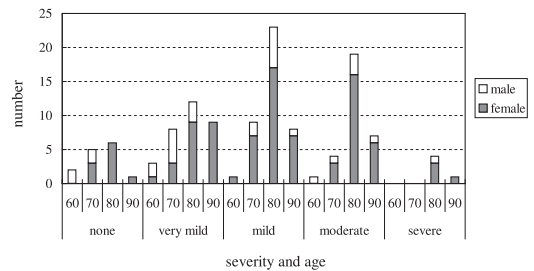


図 1 重症度及び年代別に見た高齢者の分布
Fig. 1 Distribution of elderly persons on each severity and age.

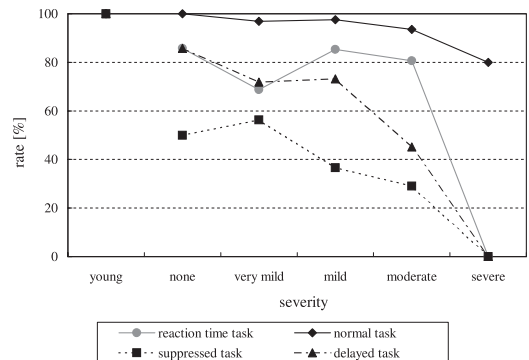


図 2 重症度ごとの実施率
Fig. 2 Executing rate on each severity.

きた．また，消滅課題と遅延課題は，認知症の重症度が高くなるにつれて，実施できる被験者の割合がおおむね減少している．

3.1.3 反応時間と誤差値

図3(a), (b) は，それぞれ初回での認知症の重症度ごとに全試行で平均した単純反応時間と絶対誤差値を示している．なお，図中のエラーバーは標準偏差を示している（以下の図においても同様）．

単純反応時間（図3(a)）について見ると，高齢者の反応時間は，若年健常者に比べて明確に長い．高齢者において年齢と反応時間には弱い正の相関の傾向が見られるが，有意ではなかった（ $r = 0.33$, n.s.）．認知症の重症度が高くなるにつれて，反応時間も長くなる傾向が見られるが，重症度間について有意な差は見られなかった．また，男女間で有意な差は見られなかった．

絶対誤差値（図3(b)）については，高齢者の誤差値は，若年健常者に比べてどの課題においても明確に値が大きい．しかし，どの課題でも高齢者において年齢と

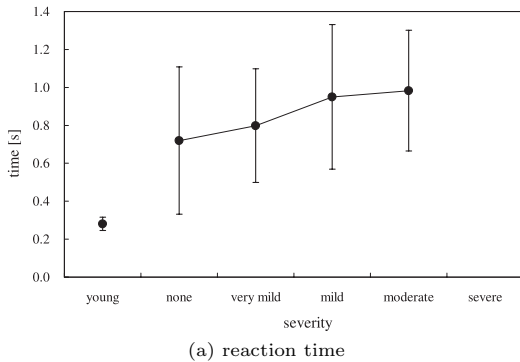
絶対誤差値には有意な相関が見られなかった（通常課題： $r = -0.25$, n.s.，消滅課題： $r = -0.34$, n.s.，遅延課題： $r = 0.19$, n.s.）．課題による絶対誤差値の違いを見ると，通常課題が最も誤差値が小さく，遅延課題，消滅課題の順で誤差値が大きくなっていることが分かる．また，認知症の重症度が高くなるにつれて，誤差値も大きくなっていることが分かる．分散分析の結果，通常課題と遅延課題について，重症度について有意な主効果が認められた（通常課題： $F(4, 113) = 3.668$, $p < 0.01$ ，遅延課題： $F(3, 75) = 4.750$, $p < 0.01$ ）．多重比較の結果，通常課題では，正常と軽度，正常と中等度，正常と重度の群間において有意な差が認められ，軽度，中等度，重度の判定の者は，正常の判定の者と比較して誤差値が大きくなっていることが確認された．遅延課題では，正常と疑い，正常と軽度，正常と中等度の群間において有意な差が認められ，疑い，軽度，中等度の判定の者は，正常の判定の者と比較して誤差値が大きくなっていることが確認された．

3.2 各課題の誤差データ

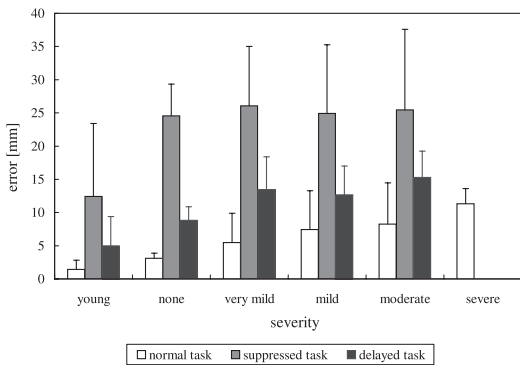
3.2.1 通常課題

図4(a), (b) は，それぞれ速度別及び位置別の通常課題での重症度ごとの符号付き誤差値を示している．

速度による誤差値の違い（図4(a)）を見ると速度1での誤差値が大きいこと，位置による誤差値の違い（図

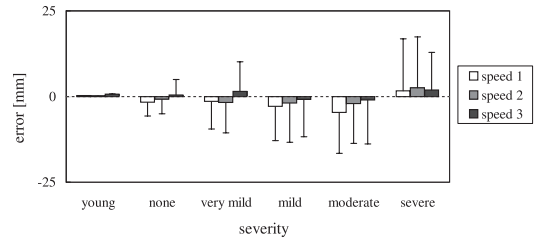


(a) reaction time

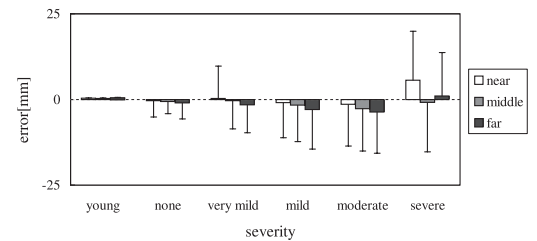


(b) unsigned error

図3 初回での重症度ごとの単純反応時間と絶対誤差値
Fig.3 Mean unsigned error and simple reaction time on each severity in the 1st trial.



(a) target movement speed



(b) position of specified area

図4 初回での重症度ごとの符号付き誤差値（通常課題）
Fig.4 Mean signed error on each severity in the 1st trial (normal task).

4 (b)) では遠方での誤差値が大きいことが分かる。分散分析の結果、速度及び位置についての有意な主効果が認められた (速度 : $F(2, 226) = 25.215, p < 0.001$, 位置 : $F(2, 226) = 12.770, p < 0.001$)。ただし、これらの主効果は速度と位置の交互作用によって限定される ($F(4, 452) = 3.212, p < 0.05$)。多重比較の結果、速度 1 と速度 3、近方と遠方の群間において有意な差が認められ、速度 1 よりも速度 3 の方の誤差が小さいことが確認できた。また、位置については近方よりも遠方で誤差値が大きいことが確認できた。

重症度による違いを見ると、重症度が高くなるにつれて、誤差値が大きくなっている傾向が見られるが、重症度については有意な主効果は認められなかった。

3.2.2 消滅課題

図 5 (a), (b) は、それぞれ速度別及び位置別の消滅課題での重症度ごとの符号付き誤差値を示している。

速度による誤差値の違い (図 5 (a)) を見ると、重度の者以外の者は、速度が遅いほど、誤差値が大きくなっていることが分かる。分散分析の結果、速度について有意な主効果が認められた ($F(2, 90) = 22.163, p < 0.001$)。多重比較の結果、速度 1 と速度 3、速度 2 と速度 3 の間において有意な差が認められ、速度 3 の方の誤差値が小さいことが確認できた。

位置による誤差値の違い (図 5 (b)) は明確でなく、位置についての主効果は認められなかった。重症度に

よる違いとしては、位置の違いによる誤差値の違いは明確ではない。

重症度による違いを見ると、重症度が高くなるにつれて、誤差値が小さくなっているように見られるが、その傾向は明確ではない。分散分析の結果、重症度について有意な主効果が認められた ($F(3, 45) = 3.428, p < 0.05$)。多重比較の結果、判定が正常の者に比べて中等度の者は、誤差値が有意に小さいことが確認できた。

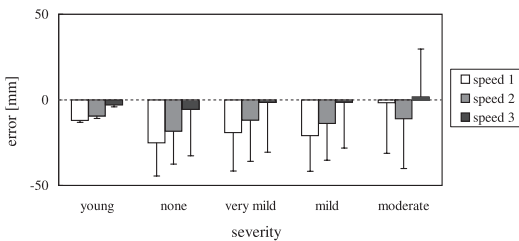
3.2.3 遅延課題

図 6 (a), (b) は、それぞれ速度別及び位置別の遅延課題での重症度ごとの符号付き誤差値を示している。

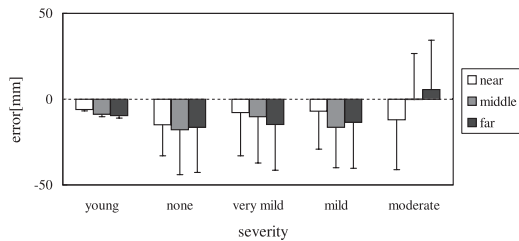
速度による誤差値の違い (図 6 (a)) を見ると、速度が速いほど、誤差値が大きくなっていることが分かる。分散分析の結果、速度について有意な主効果が認められた ($F(2, 150) = 265.542, p < 0.001$)。多重比較の結果、すべての速度間において有意な差が認められ、速度が速いほど誤差が大きかった。

表示位置による誤差値の違い (図 6 (b)) では、表示位置が近いほど、誤差値が大きくなっていることが分かる。分散分析の結果、位置について有意な主効果が認められた ($F(2, 150) = 22.135, p < 0.001$)。多重比較の結果、近方と遠方の間において有意な差が認められ、遠方の方の誤差値が小さいことが確認できた。

重症度による違いを見ると、重症度が高くなるにつ



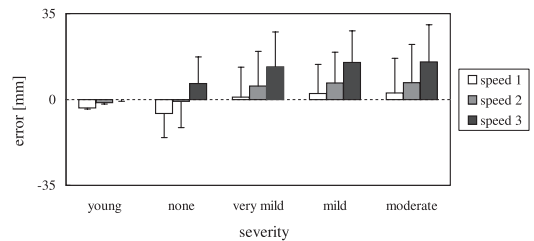
(a) target movement speed



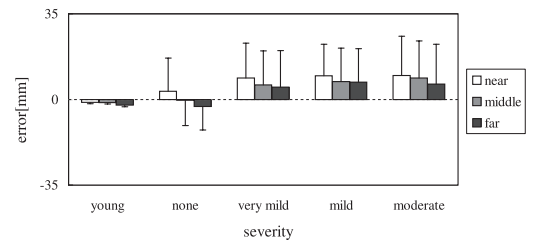
(b) position of specified area

図 5 初回での重症度ごとの符号付き誤差値 (消滅課題)

Fig. 5 Mean signed error on each severity in the 1st trial (suppressed task).



(a) target movement speed



(b) position of specified area

図 6 初回での重症度ごとの符号付き誤差値 (遅延課題)

Fig. 6 Mean signed error on each severity in the 1st trial (delayed task).

表 1 重症度が移行した人数と割合
Table 1 Numbers and rates of change in severity.

subject		severity			
		none	very mild	mild	moderate
Male	number	1	4	1	0
	age	66	77.5	82	
	(SD)		(7.8)		
Female	number	7	8	5	5
	age	79.5	89.7	83.9	83.8
	(SD)	(5.7)	(5.5)	(6.4)	(3.4)
Total	rate(%)	8 (57.1)	12 (37.5)	6 (14.6)	5 (16.1)

れて、誤差値が大きくなっている傾向が見られる。分散分析の結果、重症度について有意な主効果が認められた ($F(3, 75) = 3.019, p < 0.05$)。多重比較の結果、判定が正常の者に比べて軽度の者は、誤差値が有意に大きいことが確認できた。

3.3 長期間での実施状況と誤差値の変化

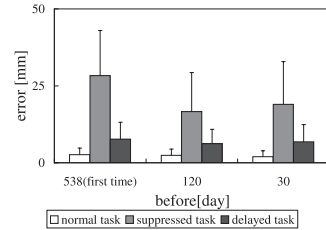
高齢者 123 名のうち、約 2 年の観察の期間内において、重症度が高くなった者は、31 名（男性 6 名、女性 25 名）であった。重症度ごとの人数と割合の内訳は表 1 に示した。一方、1 年以上の期間において、重症度の判定に変更がなかった者は 37 名（男性 8 名、女性 29 名）であった。それ以外の 55 名の者（男性 15 名、女性 40 名）は、退所（死亡を含む）により 1 年未満の観察となった。

表 1 から、正常の判定の者、疑いの判定の者において、CDR による重症度の判定が移行している割合が大きいことが分かる。

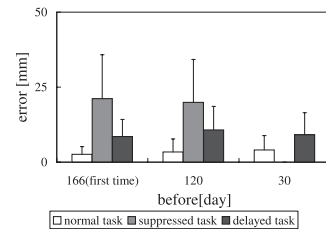
重症度が高くなった 31 名のうち、21 名は重症度の移行する 1 か月前において、いずれかの課題について、誤差値が大きくなる（9 名）か、若しくは課題の実施が不可能（18 名）になっていた。その一方で、そのうちの 14 名については、重症度の移行する 4 か月前において、いずれかの課題について、初回の誤差値よりも小さくなっていた（通常課題： $t(9) = 1.426, p < 0.01$, 消滅課題： $t(5) = 3.629, p < 0.5$, 遅延課題： $t(5) = 4.214, p < 0.01$ ）。

図 7(a), (b), (c), (d) は、それぞれ重症度が移行した被験者の一例であり、初回と判定値移行 4 か月前及び 1 か月前の絶対誤差値を示している。

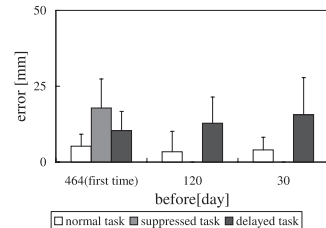
正常の判定であった被験者（66 歳、男性）は、判定値が移行する 4 か月前においては、消滅課題、遅延課題において誤差値が小さくなっている（消滅課題： $t(70) = 4.256, p < 0.01$, 遅延課題： $t(70) = 1.474,$



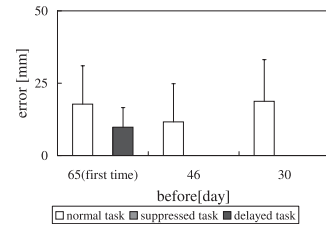
(a) subject (none)



(b) subject (very mild)



(c) subject (mild)



(d) subject (moderate)

図 7 重症度移行前の絶対誤差値の一例

Fig. 7 Example of unsigned error before change in severity.

$p = 0.072$) が、1 か月前においては、誤差値が大きくなっている ($t(70) = 1.859, p < 0.05$) (図 7(a))。

疑いの判定であった被験者（84 歳、男性）は、判定値が移行する 4 か月前においては、消滅課題の誤差値に変化は見られないものの ($t(70) = 0.493, n.s.$), 1 か月前においては、消滅課題の実施ができなくなっていた (図 7(b))。

軽度の判定であった被験者（86 歳、女性）は、判定値が移行する 4 か月前においては、消滅課題の実施ができなくなっていた。また、1 か月前においては遅延課題の誤差値は大きくなっている ($t(70) = 2.741,$

$p < 0.01$) (図 7(c)).

中等度の判定であった被験者 (88 歳, 女性) は, 約 2 週間後には遅延課題の実施ができなくなったものの, 通常課題の誤差値は小さくなっている ($t(70) = 2.705$, $p < 0.01$). また, 判定が移行する 1 か月前においては, 通常課題の誤差値が初回よりも大きくなっている ($t(70) = 2.912$, $p < 0.01$) (図 7(d)).

一方, 1 年以上の期間において重症度の判定に変更がなかった者 37 名のうち, 25 名は継続して同じ種類の課題が実施できたが, 課題ごとの初回と 1 年での絶対誤差値の間には, 大きな変化はなかった (通常課題: $t(48) = 1.089$, n.s., 消滅課題: $t(14) = 0.296$, n.s., 遅延課題: $t(34) = 0.147$, n.s.).

4. 考 察

4.1 各課題についての実施状況と認知機能

実験の結果, 9 割強の高齢者が通常課題を実施でき, ターゲットの移動速度や指定枠の位置がランダムに変化することにも対応が可能であった. また, 認知症の重症度が高くなるにつれて誤差値は大きくなるが, 重度の者も通常課題は遂行することができた. このことは, 認知症高齢者であっても, ターゲットの動きを予測し, 自分の反応時間を考慮してボタンを押すという, 視覚運動協応に関する基本的な機能がある程度保持していることを示している. こうしたことから, ボタン押し課題は高齢者に対する検査として使用できると考えられる.

なお, 通常課題の実施率に対して, より容易な課題と考えられる単純反応時間測定の実施率が下回ったが, 同様のことは筆者らが発達障害児に対して行った先行研究 [23] においても見られた. いずれの場合も注意・集中の状態 [18] の不安定さが影響したものであると推察される. すなわち, ボタン押し課題では移動するターゲットに注意を向けていれば実施ができるのに対して, 単純反応時間測定ではターゲットが表示されるまで注意を持続していなければならず, より高い注意・集中の状態が必要となるからだと考えられる. また, ボタン押し課題は注意・集中の状態が不安定でも実施可能な場合もあるということが特徴であり, 適用範囲が広いといえる.

また, 消滅課題では高齢者の 4 割強の者が, 遅延課題では 7 割弱の者が実施できた. 消滅課題が実施できないということは, ターゲットが表示されない間のターゲットの動きを予測してボタンを押すタイミング

を決められないということである. また, 遅延課題が実施できないということは, ボタンを押してからターゲットが停止するまでの遅れを考慮してボタンを押すタイミングを早められないということである.

消滅課題においては, CDR による評価が認知症として「正常」の判定であっても, 50%の者は実施ができず, 重度の判定では実施できる者はいなかった. すなわち, 高齢者にとっては, 消滅課題は難しいと考えられる. しかし, 課題を遂行できた者については, 若年者と同様に, 正しい位置よりも手前でターゲットを停止させ, また, ターゲットの移動速度が速いとより手前で, 移動速度が遅いとより後ろでターゲットを停止させている. このことより, 消滅課題を遂行できた高齢者は, ターゲットが消滅した場合にその動きを予測する能力 [15] を有していると考えられる.

一方, 遅延課題は, 遂行できた者の割合は重症度が高くなるにつれて減少する傾向にあり, 正常の判定の場合には約 14%の者は実施ができず, 重度の判定では実施ができる者はいなかった. また, 実施できた場合も誤差値は重症度が高くなるにつれて大きくなる傾向にあった. ただし, 実施率はどの重症度においても消滅課題よりも高く, 遅延課題は相対的に取り組みやすい課題であったと考えられる. 特に, 正常の判定の者は, 符号付き誤差値において若年者と同程度の値を示しており, 遅延時間への対応は十分可能と考えられる. 一方, 疑いから中等度までの判定の者でも, ある程度遅延時間を考慮していると判断できるタイミングでボタンを押している.

以上のように, 消滅課題あるいは遅延課題を実施できるかどうか, 実施できる場合には符号付き誤差値の符号や絶対誤差値の大きさにより, ターゲットの動きの予測, あるいは, 遅延時間の考慮といった異なる認知機能の側面を評価することができるといえる.

なお, 本研究ではボタン押し課題だけを用いて評価を行っているが, 一般的に視覚運動協応は発達の過程で様々な視覚経験を通じて獲得した汎用性のある機能である [9] とされることから, 特定の課題に強く依存するものではなく, 本研究でのボタン押し課題によって評価された視覚運動協応の機能は一般性があるものと推察される.

4.2 重症度との関係

各課題の実施率については, 通常課題, 遅延課題, 消滅課題の順に遂行できた者の割合は低くなっている. また, 認知症の重症度が高くなるにつれて各課題の実

実施率はおおむね減少する傾向が見られた。特に、消滅課題での疑いと軽度の判定の者について、また、遅延課題での軽度と中等度の判定の者については、その差が明確に現れていた。これらのことから、各課題の実施率は、認知症の重症度と強く関連していることが推察される。

各課題の誤差値については、通常課題、遅延課題、消滅課題の順に誤差値が大きくなっており、高齢者は若年者に比べ誤差値が大きく、認知症の重症度が高くなるにつれて、おおむね誤差値が大きくなっている傾向が見られた。こうした誤差値の増加の原因としては、加齢の影響と認知症などの疾患によるものが考えられる。若年健常者と高齢者との差異は明確であり、加齢の影響は明らかであるが、若年健常者の評価値と正常の判定の高齢者の評価値との差異が加齢の影響の分であり、一方、正常の判定の高齢者の評価値と各重症度の高齢者の評価値との差異が疾患によるものであると考えることができる。また、60歳から100歳までの高齢者での加齢の影響については、年齢と評価値の相関においてどの評価値についても有意ではなかったことから、60歳以上での評価値の増加は、更なる加齢の影響ではなく、認知症による機能の低下を示していると推察される。これらのことから、各課題が実施できた場合の誤差値は、認知症の重症度と強く関連していることが推察される。特に、通常課題では、絶対誤差値において、正常と軽度、正常と中等度、正常と重度の群間について有意な差が認められた。また、遅延課題では、絶対誤差値において、正常と疑い、正常と軽度、正常と中等度の群間について有意な差が認められ、一方、符号付き誤差値においては、正常と軽度の群間について有意な差が認められた。だが、消滅課題では、符号付き誤差値においては、正常よりも中等度の誤差値が有意に小さかった。このことは、正常の判定の者の場合、ターゲットを正しい位置よりもかなり手前で停止させていたのに対して、中等度の判定の者の場合は、動作の遅れにより結果的に正しい位置で停止させていたことによると考えられる。

しかしながら、消滅課題での正常と疑いの判定の者について、また、遅延課題での疑いと軽度の判定の者については、実施率の差はほとんどなく、必ずしも重症度と対応しているとはいえない。また、CDRによる評価において「正常」と判定された者でさえ、消滅課題の実施率が50%であった。更に、通常課題と消滅課題において、絶対誤差値と符号付き誤差値のそれぞ

れについても、正常の判定の者と疑いの判定の者に統計的に有意な差が認められなかった。

このように、各課題の実施の可否や誤差値は、必ずしもCDRによる認知症の重症度を反映しているとは限らない。その原因としては、課題難易度の設定の問題、誤差値による評価の問題、課題内容の理解不足の問題の可能性がある。以下では、それらの可能性について考察する。

課題難易度の設定の問題としては、もし課題の難易度が高すぎるならば、ある重症度以上では課題の実施ができなくなるし、逆に低すぎるならば、誤差値において差異が出なくなると考えられ、どちらの場合も各課題の実施率や誤差値と重症度との相関が弱くなる。その意味で、難易度をうまく設定することは容易ではないが、実際の対応関係を見る限り、難易度の設定はほぼ適切であったと考えられる。

誤差値による評価の問題としては、遅延課題での遅延時間の推測のずれと動作の遅れの関係として、推測のずれと動作の遅れにより更に誤差が大きくなる場合と、推測のずれと動作の遅れが相殺して誤差が小さくなる場合が考えられ、もし後者のことが起きるならば、誤差値は認知機能の低下を正しく反映しないことになる。しかしながら、遅延課題でのターゲットの移動速度や指定枠の出場所をランダムに変化させているので、相殺により誤差が小さくなるのが試行全体を通じて継続することは考えにくいと思われる。

課題内容の理解不足の問題としては、課題についての理解が不足しているために、実施ができなかったり誤差値が大きくなったりということが考えられるが、CDRでは本来そうした理解力や判断力を評価しているため、もし理解不足により誤差値が大きくなるならば、むしろ誤差値は重症度を反映することになる。しかし、実際には必ずしもそうっていないことは、課題は理解できたが実際にボタン押し動作はうまくできないという場合が含まれていることを示していると考えられる。

以上の三つの問題の影響の可能性は低く、それらのことを総合して考えると、CDRは「判断力・問題解決」を評価しているが、直接的に運動出力との関係を示しているわけではないのに対して、本研究におけるボタン押し課題の誤差値は、むしろCDRによる評価とは異なる認知機能、すなわち、視覚運動協応の機能を直接的に評価しており、そのために誤差値が重症度を必ずしも反映していないと考えられる。また、ボタ

ン押し課題の検査は、CDR などの従来の認知症の評価方法では重視されていない視覚運動機能を評価するという点において、そうした評価方法を補うものであるといえる。

4.3 長期的な観察期間における変化

約2年間の観察期間に継続的にボタン押し課題の検査を実施した。その結果、観察期間中に重症度が高くなった者の約7割は、判定が移行する1か月前において誤差値が大きくなるか、課題の実施が不可能になっていることが分かった。一方、1年以上の期間において重症度の判定に変更がなかった者の約7割は、継続して同じ種類の課題が実施できることが分かった。更に、重症度が高くなった者でさえその半数近くが、重症度が移行する4か月前の誤差値は初回の誤差値よりも小さくなっていることが分かった。このようにボタン押し課題を長期的に実施し、絶対誤差値を観察することで、視覚運動協応の機能の変化と重症度との関係を観察することが可能だといえる。

誤差値が大きくなったり、課題の実施ができなくなったりすることは、重症度の悪化と関連していることを示す可能性がある。一方、継続して同じ種類の課題が実施できたり、更には、誤差値が減少したりしたことは、認知症高齢者でも視覚運動協応の機能がある程度維持され、場合によっては新しい動作の学習も可能であることを意味する。また、そうした残存機能をできるだけ維持するための訓練[24]の余地があるといえる。

認知機能が維持されているかどうかを定期的に確認することは、リハビリ訓練のプログラムの策定する上で大変重要であると考えられており[25]、軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment: MCI)の時期の認知的変化の早期発見や検査方法の確立が望まれている[26]。

また、高齢者の視覚運動協応の機能の低下は、日常生活における事故、特に近年増加している高齢者の交通事故の一因となると考えられることから、道路交通法の改正が行われ75歳以上の高齢ドライバーに対しては免許証の更新時に講習予備検査(認知機能検査)が義務づけられた。しかし、検査の期間や検査方法などの問題についての研究や提言も行われている[27]。

本研究でのボタン押し課題の検査は、長期的、継続的に実施できることから、視覚運動協応の機能を評価し、その変化を観察する一つの方法として有効であり、高齢者に対する認知機能検査に応用できる可能性があると考えられる。

5. むすび

本研究では、介護老人保健施設の123名の要支援・要介護高齢者に対して、ボタン押し課題の検査を実施し、課題の実施率や誤差データから認知機能を評価するとともに、約2年間の変化を観察した結果を検討した。ここでは、通常課題の他に、ターゲットが移動の途中で表示されなくなる消滅課題とボタンを押してからターゲットが止まるまでに一定の遅れがある遅延課題を用いた。また、健常若年者のデータと認知症高齢者のデータとの比較を行うことで、課題の実施率や誤差データと年齢や重症度との関係を考察した。

その考察の結果は次のとおりに要約される。

(1) 9割強の認知症高齢者が通常課題を実施できたことにより、ボタン押し課題は認知症高齢者に対する検査として使用できる。

(2) 消滅課題と遅延課題における実施の可否や誤差値の大きさにより、ターゲットの動きの予測、あるいは、遅延時間の考慮といった異なる認知機能の側面を評価することができる。

(3) 各課題の実施の可否や誤差値は必ずしもCDRによる認知症の重症度を反映しておらず、むしろCDRによる評価とは異なる視覚運動協応の機能を直接的に評価している。

(4) ボタン押し課題を長期的に実施することで、視覚運動協応の機能の変化と重症度との関係を観察することが可能である。

以上のことから、本研究でのボタン押し課題の検査は、認知症高齢者の認知機能を評価するのに有効であり、視覚運動協応の機能を評価するという点において、CDRなど従来の認知症の評価方法を補うものであることが示された。特に、高い実施率の検査を123名の被験者を対象に約2年間実施できたことは、その有効性を示す上でも重要であると考えられる。

今後は更に長期的な検査を継続して行い、リハビリテーションにおける評価・訓練に必要なパラメータを確立するとともに、実用的なシステムを構築していくことが必要であると考えている。その一方で、本研究でのボタン押し課題は元来リハビリ用ゲーム[19]をもとにしたものであるため、このゲームの有効性を裏付け、また改良へと結び付けることを目指したいと考えている。

謝辞 本研究の実施に際し、介護老人保健施設ケア・スポット梅津の作業療法士の中西文彦氏、石田晶子氏

及びリハビリスタッフの皆様には多大なる御協力を頂きました。心より厚く御礼申し上げます。

文 献

- [1] 石原 治, “高齢者の認知機能とバイオメカニズム” バイオメカニズム学会誌, vol.27, no.1, pp.6-9, 2003.
- [2] 道免和久, “運動学習とリハビリテーション” バイオメカニズム学会誌, vol.25, no.4, pp.177-182, 2001.
- [3] 東 祐二, 山越憲一, 藤元登四郎, 関根正樹, 田村俊世, “脳卒中片麻痺患者における Timed Up and Go Test の動作フェーズの検出に関する検討” 生体医工学, vol.44, no.4, pp.739-746, 2006.
- [4] 鳥羽研二, “認知症高齢者の早期発見 臨床的観点から” 日本老年医学会誌, vol.44, pp.305-307, 2007.
- [5] 川上裕子, 史 学敏, 郭 怡, 福島省吾, 村上宗司, 川瀬康裕, 内山尚志, 福本一朗, “眼球運動を用いたアルツハイマー型痴呆の評価手法の基礎研究” 信学技報, MBE2001-78, 2001.
- [6] 大塚俊男, 本間 昭, 高齢者のための知的機能検査の手引き, ワールドプランニング, 1999.
- [7] 坂本美香, “アルツハイマー病の重症度と手指巧緻動作との関連性—動作の速さからみた利き手の優位性的変化” リハビリテーション医学, vol.44, no.7, pp.391-397, 2007.
- [8] 阪口 豊, “知覚・運動協応” 日本認知科学会(編), 認知科学辞典, p.541, 共立出版, 2002.
- [9] P. McLeod and M.W. Eysenck (ed), 野島久雄他(訳), 知覚運動協応, pp.261-266, 新曜社, 1998.
- [10] 鎌田 実, 小竹元基, 田村 淳, “認知症と運転能力の関連性に基づく運転可能判断指標に関する研究(脳機能低下状態時の運転行動特性の検討)” 交通・物流部門大会講演論文集, 日本機械学会, vol.14, pp.389-390, 2005.
- [11] 矢富直美, “認知症予防活動の効果評価と課題” 老年社会科学, vol.27, no.1, pp.74-80, 2005.
- [12] 秋山 勉, 水戸部一孝, 吉村 昇, 高橋 誠, “高齢者の知覚運動機能に関する研究” 信学技報, HCS97-14, 1997.
- [13] 川入光男, “運動の計算モデル” 認知科学 4 運動, 川入光男, 佐々木正人, 三島博之, 丹治 順, 酒田英夫, 村田哲, 藤田昌彦, pp.161-209, 岩波書店, 1996.
- [14] 今水 寛, “運動制御と視覚・自己受容感覚” 認知心理学 1 知覚と運動, 乾 敏郎(編), pp.217-247, 東京大学出版会, 2003.
- [15] 中園正吾, 小堀 聡, “ボタン押し課題における視線移動特性と学習過程” バイオメカニズム学会誌, vol.32, no.4, pp.229-238, 2008.
- [16] 古賀一男, “眼球運動の種類” 視覚情報処理ハンドブック, 日本視覚学会(編), pp.390-393, 朝倉書店, 2004.
- [17] 麻生 勤, 古賀俊策, “反応時間” 人間工学基準数値式便覧, 佐藤彦彦(監), pp.163-165, 技報堂出版, 1994.
- [18] 赤松幹之, “反応時間” 人間計測ハンドブック, 産業総合研究所人間福祉工学研究部門(編), pp.341-343, 朝倉書店, 2003.
- [19] 赤松智子, 武地 一, 中園正吾, 元村直靖, “アルツハイマー型痴呆者に対する「ぼんぼらんど」使用経験” 第18回リハビリ工学カンファレンス講演論文集, 日本リハビリテーション工学協会, pp.141-142, 2003.
- [20] N. Tsuchida, “Inhibition of return using discrimination of location,” Perceptual and Motor Skills, vol.96, pp.355-369, 2003.
- [21] N. Tsuchida, “Inhibitory function in the stimulus-response compatibility task,” Perceptual and Motor Skills, vol.100, pp.249-257, 2005.
- [22] J.C. Morris, “Clinical dementia rating: A reliable and valid diagnostic and staging measure for dementia of the Alzheimer type,” International Psychogeriatrics, vol.9, pp.173-176, 1997.
- [23] 中園正吾, 小堀 聡, “ボタン押し課題による発達障害児の認知機能の評価” システム制御情報学会論文誌, vol.23, no.8, pp.188-195, 2010.
- [24] 守口恭子, 飯島 節, “重度痴呆性高齢者における残存機能(意欲と認知)の評価” 高齢者総合的機能評価ガイドライン, 鳥羽研二(監), pp.97-101, 厚生科学研究所, 2008.
- [25] 鳥羽研二, “CGA の普及” 高齢者総合的機能評価ガイドライン, 鳥羽研二(監), pp.23-29, 厚生科学研究所, 2008.
- [26] 葛西真理, 目黒謙一, “認知症の疫学と MCI” MB Medical Rehabilitation, no.91, pp.1-6, 全日本病院出版, 2008.
- [27] 三村 将, “警察庁の新しい高齢運転者対策(アルツハイマー型認知症の臨床的課題を再考する)” 老年精神医学雑誌, 19(増刊1), ワールドプランニング, pp.154-163, 2008.

(平成 22 年 4 月 28 日受付, 23 年 1 月 30 日再受付)



中園 正吾

昭 60 大阪電通大・工・電子物性卒。同年城南電器工業所入社。平 22 龍谷大大学院理工学研究科博士後期課程了。現在、東京学芸大学特任講師。高齢者、障害児・者に対する ICT の活用と普及に関する研究に従事。福祉用具専門相談員, 福祉情報技術コーディネーター 1 級。バイオメカニズム学会, 日本リハビリテーション工学協会等各会員。工博。



小堀 聡 (正員)

昭 62 大阪大大学院医学研究科修士課程了。平 4 龍谷大学理工学部電子情報学科助手, 講師, 助教授を経て平 20 同大学教授となり現在に至る。平 10 及び平 17 ロンドン大学認知神経科学研究所客員研究員。生体情報処理と認知科学の立場から, 知覚と運動, 記憶と学習, 問題解決などに関する研究に従事。情報処理学会, 日本認知科学会, 日本生体医工学学会, 日本人間工学会, バイオメカニズム学会等各会員。工博。