

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：35410

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25380995

研究課題名(和文) 障害児者の認知機能評価と成長の可視化に関するアクションリサーチ

研究課題名(英文) An action research on the cognitive evaluation and the visualization of growth of the people with disabilities

研究代表者

吉田 弘司 (YOSHIDA, Hiroshi)

比治山大学・現代文化学部・教授

研究者番号：00243527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：近年のコンピュータには、NUI(自然ユーザインタフェース)と呼ばれる新しいセンサ技術が取り込まれるようになってきた。本研究では、このNUIを応用することで、障害児者の認知機能を評価し、その成長・発達をとらえるゲーム的な課題を開発した。タッチセンサを用いた課題では、(a)モグラたたきゲーム、(b)電子版トレイルメイキングテスト、(c)手指の協調運動課題、(d)音声聞き取り課題を作成した。また、非接触型センサの応用として、(e)視覚運動協応を必要とする風船割りゲーム、(f)表情フィードバックを活用した笑顔メーター、(g)視線センサを利用した視線行動記録やコミュニケーション支援ツールを開発した。

研究成果の概要(英文)：Recently, a new sensor technology called NUI (natural user interface) came to be used in computers and game machines. In this study, game-like tasks applying NUIs were developed so that we can evaluate the cognitive function and visualize the growth of the people with disabilities. Using touch sensors, (a) a whac-a-mole game, (b) an electronic version of trail making test, (c) a finger-coordination task, and (d) a voice listening task were developed. In addition, applying the non-contact NUIs, I developed (e) a balloon breaking game requiring visuomotor coordination, (f) a smile meter which utilizes the feedback of facial emotion, and (g) tools recording gaze behavior and supporting communication.

研究分野：実験心理学

キーワード：プログラム開発 認知機能の評価と可視化 発達障害 知的障害 ヒューマンセンシング

### 1. 研究開始当初の背景

認知心理学に代表されるような基礎実験系の心理学では、この半世紀にわたるコンピュータの発展とともに、人の脳機能を調べるためのさまざまな実験課題や研究技法が開発され、多くの知見を得てきた。しかしながら、そのような技術や知見が、臨床現場や社会の場においてどのように活かされているかという点から見れば、認知心理学の社会貢献は未だ不十分であるといわざるを得ない。

その一方で、家庭用ゲーム機における体感型センサの利用や iPad のようなタブレット型端末の普及に見られるように、近年の情報機器には NUI (natural user interface) と呼ばれる新しいセンサ技術が取り込まれるようになった。従来の情報機器では、マウスに代表されるような GUI (graphical user interface) と呼ばれるポインティングデバイスを利用して、画面上のアイコンやボタンなどを間接的に操作することで、インタラクティブに情報機器を扱ってきた。それに対して NUI では、タッチセンサに代表されるように、身体の一部を直接的にインタフェースとして利用する。このような NUI を応用することで、現在の情報機器は、知的障害を含むさまざまな障害児者にも飛躍的に利用しやすくなった。実際、タッチパネルを用いれば、1歳代の幼児でも YouTube (ビデオ掲載サイト) で好きなビデオを自ら次々と選んで楽しむことさえ可能である。

さらに、この新たなインタフェースはゲームとの相性がよい。そこで、認知機能を測定・評価できるような実験課題をゲームにすれば、障害児者が楽しみながら、その認知機能を評価したり、複数回実施することで訓練にもなるようなプログラムを開発することができるのではないだろうか。

### 2. 研究の目的

本研究においては、これまでの認知心理学における知見と新しいインタフェースを活用して、障害児者の認知機能を評価するとともにその成長・発達を可視化できるようなプログラムを開発する。課題プログラムは、知能検査のような課題に比べればゲーム的な要素に富むものにするとともに、障害の程度にかかわらず達成が可能なレベル可変型のものにし、対象者の自己効力感を高められるものとする。また、開発においては、障害児者の認知的問題に対して、注意の制御やワーキングメモリの利用、感覚運動協応など、認知心理学的な視点を積極的に導入・活用する。

これらの点を踏まえ、本研究は、学術的価値よりも現場における貢献を目的としたアクションリサーチとして実施し、研究で開発したプログラムを障害福祉の現場において実践活用することで、対象者の理解促進に貢献することを主たる目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究で作成したプログラムは、大きく2種類にわかれている。

ひとつは、Microsoft Windows 10/8 を OS とするタブレット PC で動作するタッチセンサを活用した課題プログラムである。これらの課題では、障害児者がモグラたたきのような単純なゲームを楽しんでいるとき、プログラムが対象者の反応データを詳細に記録する。それを分析することで、我々は対象者の認知機能を評価可能となる。

もうひとつは、非接触型センサを用いたプログラムである。タブレット PC ほど普及はしていないが、最近ではゲーム用の非接触型 NUI センサが市販され、人の身体の動きをリアルタイムにデータ化することができるようになってきた。たとえば、Microsoft 社の Kinect センサは、市場価格2万円あまりのゲーム用でありながら、離れた場所から人の身体各関節の位置を3次元座標として得ることができる。また、顔の認識も可能であり、表情を使ったゲームなども作ることができる。発達障害児においては、視覚によって得られた他者の身体像と自己の対応づけに困難をもっていたり、協調運動障害をもっていたり、表情に乏しいなどのケースが少なからずいることから、本研究においては、このようなセンサを応用して、身体を動かしたり表情を使って遊ぶゲームを開発することを試みた。

### 4. 研究成果

#### (1) タッチセンサの活用

目の前にあるものに手でさわるという行為は、人において反応の基本である。したがって、タッチセンサを応用したスマートフォンやタブレットのアプリは直観的に操作しやすく、習熟が必要とされる複雑な操作を要求しない認知機能評価課題を作ることができる。そこで本研究では、まず、タッチセンサを応用して、障害をもつ子どもや成人の認知機能を評価できる課題プログラムを開発した。

#### (a) 注意-反応制御課題 (モグラたたき)

本研究の研究フィールドのひとつである重度知的障害者の入所・通所施設において、利用者の認知機能を評価するためにどのようなゲーム的課題がほしいかを自由記述で回答を求めたところ、モグラたたきゲームがほしいという回答が突出して多かった。

PC であってもタブレットであっても、インターネット上にはすでに多くのモグラたたきゲームが公開されているが、そのほとんどはハイスコアが残る程度であり、その結果を使って詳細に認知機能を評価するには機能が不足している。また、難易度の調整等の機能ももたないものが多い。

そこで、本研究で開発したモグラたたきゲーム (図1) は、対象者に合わせた高い設定自由度をもち、ゲーム中に出現するすべての

ターゲットおよびディストラクタ（非ターゲット）に対する対象者のタッチ反応のミリ秒単位の反応時間やタッチ座標を、モグラの座標位置も含めてすべて記録することで、精緻な分析を可能にするものとした。



図1. モグラたたきゲームの画面例

このモグラたたきゲームを用いて、広汎性発達障害児7名（平均年齢6.1歳）と定型発達児20名（平均年齢5.5歳）のパフォーマンスを比較したところ、ターゲットに対するヒット率と反応時間において、有意な差が認められた（吉田・白井・金丸, 2014）。

また、モグラたたきゲームの開発を希望した施設においては、研究協力の同意が得られた重度知的障害者（平均年齢45.3歳、精神年齢3-4歳）を対象に定期的にゲームを実施して、その成績の推移を図2のようなフィードバックシートでフィードバックした。さらに、平均7日の間隔で3回以上実施した14名のデータを調べたところ、注意制御を要するディストラクタありの条件において、ヒット率の有意な上昇が認められた（図3）。このことから、平均年齢45歳あまりという重度知的障害者においても、このようなゲームを繰り返すことで認知機能の向上が期待されることが示された（吉田・上原, 2014）。

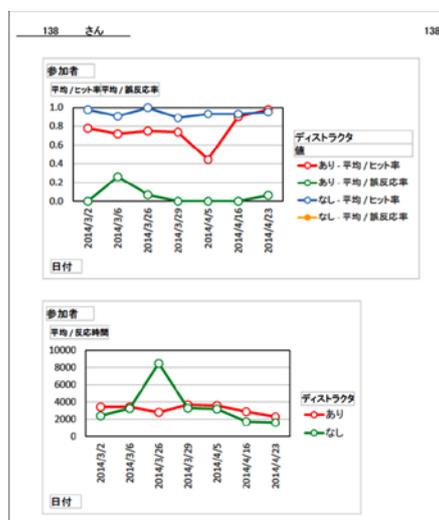


図2. モグラたたきフィードバックシート

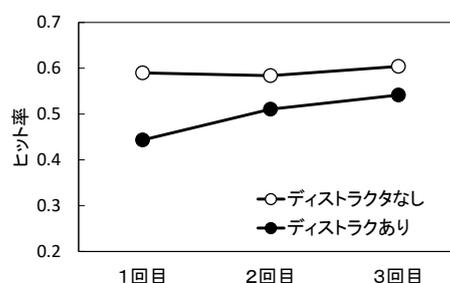


図3. 継続実施によるヒット率の変化

(b) 注意制御と遂行（トレイルメイキング）

トレイルメイキングテスト（TMT）は、紙上に描かれている1～25の数字（Part A）や数字とアルファベット（あるいはかな、Part B）を順に鉛筆でなぞっていくもので、注意機能や視覚探索機能を評価することができる神経心理学検査のひとつである。

本研究では、ゲームとして楽しむことができる電子版TMTを作成した（図4）。課題を開始すると、画面には25個の円が表示され、“1”が表示されているもの以外は空欄となっているが、1をタッチすると同時に他の円にも数字が（Part Bではかなも）表示されるので、対象者は、ルールにしたがってできるだけ早く順番に円をタッチしていく。終了すると、全体の遂行時間がミリ秒単位の精度でフィードバックされるとともに、過去の成績に対する順位が表示されることから、ゲームとして楽しめるようになっている。

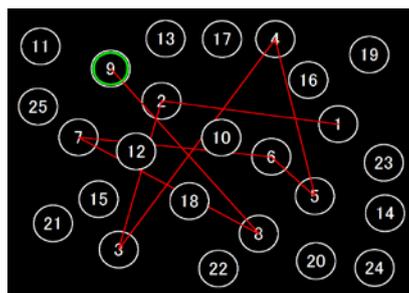


図4. 電子版トレイルメイキングテスト（Part A）の画面例

このTMTは電子版であるため、毎回ランダムに異なるパターンを提示することも可能である。石田・吉田（2014）は、Part AのTMTを用いて、大学生を対象に同一パターンを10回繰り返す際の遂行時間の変化と、毎回異なるパターンを繰り返す際の遂行時間の変化を調べた。その結果、同一パターンを繰り返す場合だけでなく、異なるパターンを繰り返しても遂行時間の短縮が生じることがわかった（図5）。

このことは、繰り返し実行が単に数字の配列パターンの記憶を形成するだけでなく、何らかの認知的技能の向上をもたらすことを示唆するものである。この電子版TMTはゲームとして楽しく遊べることから、注意機能に問題をもつ児童が含まれる発達障害児の放課後教室で開かれるゲームコーナーにお

いて、継続的に実施しているところである。

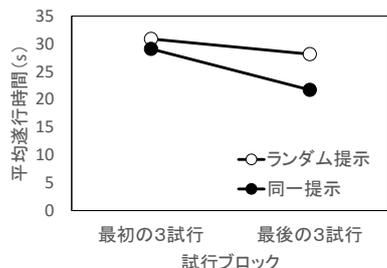


図5. 繰り返しによる遂行時間の変化

(c) 手指の協調運動課題 (50 タップ競争)

発達障害児の中には、ボール投げやキックができなかったり縄跳びができないというように、運動の苦手な子どもがいることが知られている。さらに、小さな字が書けなかったり筆圧の調整ができないなど、手指運動に問題がみられる子どももいる。そこで、手指運動の発達をとらえられないかと、タブレット PC の画面を指先でタップする競争ゲーム課題 (50 タップ競争) を作成した (図6)。

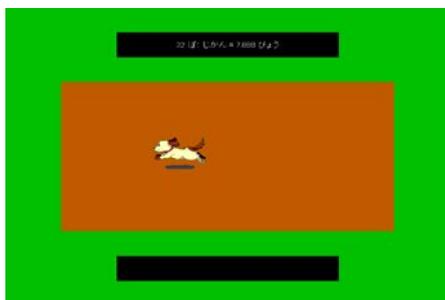


図6. 50 タップ競争の画面

このゲームでは、“よーい、ドン!”の掛け声の後、画面を指でタップすることで犬のキャラクターが走るようになっている。50回のタップによりゴールするが、複数の指でタップする場合は、先の指が画面を離れた後にタップしないと有効なタップとカウントされないようにプログラムされている。それにより、2本の指 (人差し指と中指) で交互にタップするには、2指を協調的に動かす必要がある。

このゲームを1本指で行う場合と2本指で行う場合の2条件について、大学生20名および年少児17名、年長児21名に実施したところ、大学生では1本指でも2本指でもゴールにかかる時間は有意に変わらず、タップ間隔時間はむしろ2本指の方が有意に短かったのに対し、幼児はどちらの群も2本指条件ではゴールするまでにかかる時間が大きく遅延し、タップ間隔時間も有意に長かった。これより、幼児においては、2指の協調運動が未発達であることが示唆された。

(d) 音声聞き取り課題

発達障害児者の支援現場で、彼らが言葉による指示の聞き取りに問題をもつことはよく知られるところである。そこで、PC版の音声聞き取り検査を開発し、健常成人におけ

る自閉症スペクトラム傾向や難聴傾向に関する自己評価との関連を検討した。

課題は、3文字からなる有意味語と無意味語を、ノイズなし、ホワイトノイズ、環境ノイズ (日曜昼時のショッピングセンターのフードコートで採取した騒音) の3条件の下で聞き取り、タブレット画面で答える課題であった (図7)。



図7. 音声聞き取り課題の画面

大学生31名の結果を分析したところ、有意味語はノイズの影響を受けなかったが、無意味語はホワイトノイズにも環境ノイズにも大きく影響を受けた (図8)。そこで、子音と母音に分けて正答率を求めたところ、ホワイトノイズは子音のみに影響していたことがわかった。また、参加者の自閉症スペクトラム傾向 (AQ) との関連を調べたところ、母音正答率が AQ の総合得点 ( $r = -.379$ ) や下位尺度の“細部への注意” ( $r = -.409$ ) と有意な相関をもつことがわかった (吉田, 2015a)。この結果から、自閉症傾向者は、環境ノイズに含まれる人の声や物音などの細部に注意がひきつけられることにより、母音も含めた音声全体を聞き逃すのではないかと考えられた。

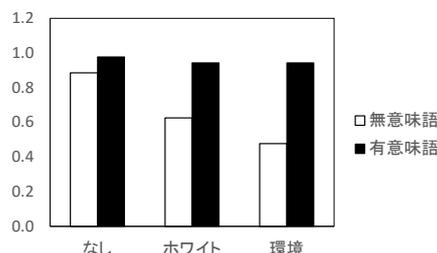


図8. 音声聞き取り課題の正答率

(2) 非接触型センサの活用

NUI センサの中には、離れたところから人の身体や顔の動きをとらえることができるものがある。これらを応用すれば、障害児者の認知機能評価を身体運動や顔表情のコントロールという面からとらえられる可能性がある。発達障害児者の中には、協調運動が苦手であったり、表情がぎこちなかったりする者がいることが知られているので、それらを評価したり、訓練することも期待される。そこで、本研究では、これらの非接触センサを用いた課題も開発を試みた。しかしながら、3年間の研究期間は、新しい技術開発を行う

のに十分とは言えず、課題プログラムはまだ試行段階であり、現在も開発と並行してその有効性の評価を継続しているところである。

(e) 視覚運動協応ゲーム (風船割り)

Microsoft 社の Kinect センサは、同社の Xbox というゲーム機用に開発された NUI センサであり、人の身体の動きをとらえることができる。同センサには Windows PC への接続キットも市販されているため、それを使えば身体を動かさずさまざまなゲーム課題を作成することができる。

近年、自閉症スペクトラム障害児の他者理解や協調運動障害の背景にミラーニューロンの機能不全がある可能性が示唆されていることから、本研究では、画面に写った自己像を使って身体を動かす課題 (風船割りゲーム) を作成した (図 9)。ゲームでは、鏡のような映像に写る自分の身体を動かして風船を割るだけでなく、鏡映関係を反転した条件や、風船にじゃんけんの手がでるので、それに勝つ手あるいは負ける手を出さなければ割れないようにした条件などを設け、現在、発達障害児支援施設と協働して開発と評価を行っているところである。



図 9. 風船割りゲームの画面

(f) 表情フィードバック (笑顔メーター)

Microsoft Kinect は、非接触に人の顔パーツの座標変化もとらえることができる。特に 2014 年に市販された v2 (第 2 版) では、機械学習データベースを用いた笑顔判定機能をもつことから、v1 センサに比べて笑顔の検出精度が大きく向上している。ポジティブな感情の表出は、日常における対人コミュニケーションを円滑に行う上で重要であることから、本研究では、人の笑顔度をフィードバックする“笑顔メーター”を開発した。また、我々は他者の笑顔に対して無意識に笑顔で応えてしまう情動伝染 (emotional contagion) を起こすことから、笑顔をフィードバックするのに単に数値的にフィードバックするのではなく、アニメキャラクターが笑顔でフィードバックする仕組みを作った (図 10)。

開発途上で v1 センサを使って行った基礎実験では、笑顔度をセンサでとらえてフィードバックするのに、図 11 に示したメーターでフィードバックする条件とキャラクターでフィードバックする条件を用いて、大学生参加者の笑顔表出行動を調べた。その結果、フィードバック信号と笑顔度の相関でとらえ

たフィードバック効果は、キャラクター条件で大きいことがわかった (図 12; 吉田, 2015)。



図 10. キャラクターを使った笑顔メーター

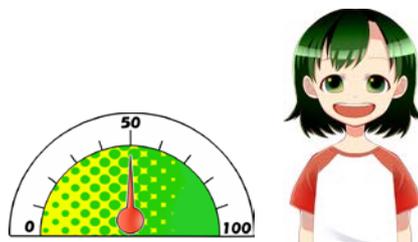


図 11. 実験で使用了画像

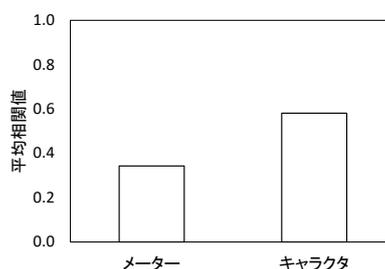


図 12. フィードバックの効果 (相関値)

(g) 視線センサの利用

Kinect のような身体や顔をとらえるセンサのほかに、近年、急速に進歩しているセンサ技術として、非接触に人の視線をとらえる技術がある。従来は、人の視線行動をとらえる装置のほとんどは研究用途のものであり、価格も数百万円するものが多かった。現在でも研究用機材の多くは百万円以上するものが多いが、その一方で、1~2万円程度のゲーム用視線入力センサも市場にあらわれてきた。たとえば、デンマークの The Eye Tribe 社が 2014 年に発表したセンサは \$99 であり (現時点では Pro 版が \$199)、それに追隨してスウェーデンの Tobii 社は \$97 でゲーム開発者用にセンサ (EyeX, 現時点では €119) の提供を開始した。

これらのゲーム用センサと研究用視線記録装置 (Tobii 社 X60) の精度を比較したところ、ゲーム用であっても研究用機材とほとんど変わらない精度をもつことがわかったので、障害児者のためにどのように視線センサが利用可能かについての研究も行った。

図 12 は、就学前の肢体不自由児に対して、絵本の読み聞かせを行っているときの視線行動をとらえたものである。このような障害をもった幼児では、言葉発達も遅れているこ

とが多く、四肢の障害のため積み木も持てないので、知能検査や発達検査が使えない。そのため、施設ではどのような心理発達を遂げているかの資料を十分もたないまま養育・支援活動を行っているところが大きい。しかし、絵本を読んでいるときの視線行動を調べると、絵本の内容に対してどの程度理解できているかの手がかりを得ることができる。また、それを保護者にフィードバックすることで、保護者の養育観にも影響を与えることが可能である。

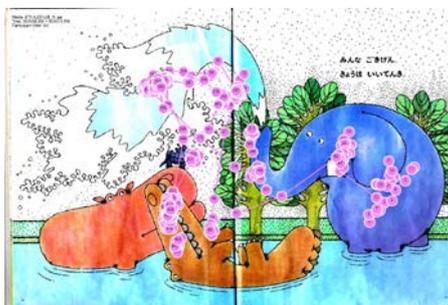


図 12. 絵本読み聞かせ時の視線行動

安価な視線センサであれば、施設や個人でも比較的容易に導入可能であることから、本研究では、この他にもさまざまな視線活用の試みをフィールドで実践している。たとえば、図 13 は、筆者が本研究で用いているヒューマンセンシングに関する知見や技術をもとに専門家指導を行い、広島市の企業ユニコン社で製作した *miyasuku EyeCon* という視線による意思表示・コンピュータ操作プログラムである。“*miyasuku*” (みやすく) とは、広島弁で“容易・簡単”の意であり、同社は、筆者の研究室や複数の障害児者支援施設と共同で障害者支援活動を行っている。本プログラムは、2015 年に発表・発売し、日本リハビリテーション工学協会の福祉機器コンテスト 2015 において優秀賞を受賞した。*miyasuku EyeCon* は、それまでの同等製品の 5 分の 1 以下の経費で視線入力の利用を可能にすることから、ALS (筋萎縮性側索硬化症) や筋ジストロフィー、SMA (脊髄性筋萎縮症)、脳性麻痺などの障害・疾患をもつ患者の拡大・代替コミュニケーションツールとして広く活用され始めている (Yoshida, Ogawa, Kobayashi, & Nakashima, 2016)。



図 13. 視線による意思表示プログラム

このように、視線センサの活用には多くの可能性が感じられるが、正確な視線検出のためには事前に対象者にあわせてキャリブレーションを行う必要がある。しかしながら、障害児の中には、視力が低い子どもや言語指示が困難である子どもも多く、今後は、そのような子どもに合わせたキャリブレーション・プログラムの開発が必要である。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 8 件)

石田達朗・吉田弘司 (2014). コンピュータを用いた注意および記憶に関する認知的評価 日本心理学会第 78 回大会, 同志社大学 (発表論文集, p. 642)

石田達朗・吉田弘司 (2015). 顔の知覚的弁別能力と先天性相貌失認尺度得点の関連性 日本心理学会第 79 回大会, 名古屋国際会議場 (発表論文集, p. 618)

吉田弘司 (2013). ナチュラル・ユーザ・インタフェースを応用した障害児者の認知機能評価 中国四国心理学会第 69 回大会, 山口大学教育学部 (論文集, 46, p. 17)

吉田弘司 (2015a). 自閉症スペクトラム傾向と音声聞き取り能力について 日本心理学会第 79 回大会, 名古屋国際会議場 (発表論文集, p. 630)

吉田弘司 (2015b). 笑顔に笑顔で応えたらもっと笑顔は増えるはず?—笑顔表出における表情フィードバックの効果— 中国四国心理学会第 71 回大会 広島修道大学 (論文集, p. 37)

Yoshida, H., Ogawa, S., Kobayashi, H., & Nakashima, K. (2016). Augmentative and alternative communication using a gaming eye tracker. *31st International Congress of Psychology, Yokohama, Japan.*

吉田弘司・白井 賢・金丸博一 (2014). モグラたたきゲームを用いた発達障害児の認知機能評価 日本心理学会第 78 回大会, 同志社大学 (発表論文集, p. 393)

吉田弘司・上原美幸 (2014). モグラたたき課題を用いた知的障害者の注意機能の評価 中国四国心理学会第 70 回大会, 広島大学 (論文集, 47, p. 42)

[その他]

ホームページ

<http://maruhi.heteml.jp/assistech/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田弘司 (YOSHIDA, Hiroshi)

比治山大学・現代文化学部・教授

研究者番号: 00243527