

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 9 月 3 日現在

機関番号：20101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350662

研究課題名(和文) タブレットを用いた注意機能評価のデータ収集システムの開発と臨床応用

研究課題名(英文) Development of a tablet-based system for collecting data to assess attentional function and its clinical application

研究代表者

大柳 俊夫 (Ohyanagi, Toshio)

札幌医科大学・医療人育成センター・准教授

研究者番号：70177020

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、臨床現場で利用可能なタブレットを用いた注意機能評価システムを開発し、健常者ならびに注意障害所見のある患者を対象に実験を行った。開発したシステムには、タブレット用の3種類の反応時間課題(単純、呈示、速度変化)と注意機能訓練を目的としたモグラたたきゲームと眼球運動トレーニングゲームが含まれている。実験データはタブレット内に保存されるとともにiCloud上のデータベースに蓄積するようにした。実験の結果として、モグラたたきゲームの継続利用の速度変化課題への効果、ならびに継続利用中断後の効果の持続に関する知見が得られた。今後は、さらなるデータ収集を行い、モグラたたきゲームの有効性を検証する。

研究成果の概要(英文)：We have developed a tablet-based system to assess attention function of older adults and patients in clinical settings. Preliminary experiments were conducted with healthy older adults and patients with attention disorder. Three types of reaction time (RT) tasks, simple RT, appearing RT and changing speed RT, and two newly developed games, Whack-A-Mole and Eye-Exercise, were implemented in the system. The data collected by conducting the RT tasks and the games were stored in a developed cloud based database system as well as in the tablet used for the experiments. As a results, some new findings about an effect of continuous use of the Whack-A-Mole game on RTs of the changing speed task and the duration of the effect after suspending the use of the Whack-A-Mole game were discussed. More experiments are necessary to confirm the effectiveness of the Whack-A-Mole game for patients with attention disorder.

研究分野：システム工学、情報通信技術の医療応用

キーワード：注意機能評価 タブレット 反応時間課題 ゲーム 臨床応用

1. 研究開始当初の背景

注意やその評価に関する研究は、認知心理学や認知神経科学の分野で 1980 年代以降活発に取り組みられてきており、さまざまな注意機能の検査方法が開発されている。我々は、脳損傷患者、アルツハイマー病患者や高齢者の日常生活を安全なものにするために、これら対象者の注意機能を評価する方法論の確立を目指して各種の神経心理学的検査、行動観察、そして各種の反応時間課題を使った研究を行ってきた。これまでの研究から、既存の各種神経心理学的検査では検出することができない注意機能障害に対して、反応時間を使った注意機能評価の有効性が高いことが確認された。

反応時間とは、患者・被験者への刺激呈示から、患者・被験者による刺激認識後のボタン押し等による応答までの時間である。心理学、精神医学、脳科学、リハビリテーション等における患者・被験者の評価で反応時間が用いられている。近年、この反応時間の計測では、パソコンを利用して高精度で行うための研究が進められているが、さまざまな課題が指摘されている。我々は、この課題を解決するために高精度の反応時間を計測する機器(以下、SMART 機器)および Apple 社の iMac コンピュータ(以下、iMac)用のアプリケーションを開発して反応時間をミリ秒精度で計測するシステムを構築した。最近では、タブレットの普及に伴い、タブレットを利用した反応時間課題を実施するシステムが開発されつつあるが、Plant ら(2012)は、現状のタブレットを利用したシステムでは、ディスプレイへの表示の遅延やタッチ検出の問題等で高精度な反応時間の計測は困難であると報告している。

2. 研究の目的

注意機能は、人間が日常生活活動を安全かつ円滑に行う際に必要不可欠なものであるが、置かれた環境の違いなどのさまざまな要因によって個人内でも変化することが知られている。このため、臨床現場で行われている注意機能検査の結果が必ずしも対象者の日常生活の行動状況を反映するものとはなっていないことが多くある。また、対象者の日常の注意機能を継続的に評価することも困難な状況にある。本研究では、急速に普及が進みつつあるタブレットを使い、高齢者や注意障害患者などの対象者が、(1)自宅で手軽に注意機能を評価する、(2)そのデータを蓄積する、(3)日々の評価結果と蓄積された過去の結果を比較して、その日の注意機能の状態を対象者にフィードバックする、システムの実現を目指して、新しい反応時間課題の開発と評価、タブレット用高精度反応時間計測機器の開発、そしてタブレット用注意機能評価・訓練アプリケーションを開発する。そして、実験を通して開発した機器やアプリケ

ーションの有効性を検証する。

3. 研究の方法

本研究は、札幌医科大学倫理委員会の承認を得て実施し、実験の被験者には研究の主旨を説明して同意を得た。

(1) 速度変化反応時間課題の評価

これまで我々は、注意機能評価で利用する新しい反応時間課題として、複数の刺激が動的に変化する速度変化課題を開発した。そして予備的な実験を実施したが、有効性を検証するためのデータとしては不十分であった。そこで、健常若年者 20 名、健常高齢者 20 名、中枢神経障害患者 17 名を被験者とする実験を行い、速度変化課題の有効性を評価した。

(2) タブレット用 SMART 機器の開発

これまでの SMART 機器は、米国 Cypress 社の PSoC マイクロプロセッサを 3 個利用し、iMac とは USB 接続でデータ交換を行っていた。タブレットの場合は、有線の USB 接続よりも無線通信の方が良いと考え、まず Wifi か Bluetooth Low Energy (BLE) が利用可能なマイクロプロセッサについて調査した。そして最終的に Cypress 社の PSoC4 BLE が本機器の開発に最適であると判断し、このマイクロプロセッサを利用したタブレット用 SMART 機器を設計し開発することとした。また対象とするタブレットは、Apple 社の 9.7 インチサイズの iPad (以下、iPad) とした。iPad 用 SMART 機器は、視覚刺激を用いる反応時間課題で利用するため、iMac 用の SMART 機器と同様に、光センサやタッチセンサの電極を接続するようにした。また、新規の開発であるため反応時間の測定精度についても検証した。

(3) アプリケーションの開発

iPad 用 SMART 機器を利用することで、高精度で反応時間を計測可能となるが、予備的な実験を行った結果、この機器を高齢者や注意障害患者が正しく利用することが困難な状況が明らかとなった。また、これまで利用していた iPad の画面サイズが、速度変化課題を実施するには十分な大きさではなかった。そこで、利用する iPad を 12.7 インチの iPad Pro (以下、iPad Pro) に変更し、iPad Pro で利用する反応時間課題(単純、呈示、速度変化)と新しい注意機能訓練アプリケーション(モグラたたきゲーム、眼球運動トレーニングゲーム)を開発した。モグラたたきゲームは、アルバータ大学の研究協力者らが開発した Android OS 用の Whack-A-Mole ゲームが原型である。眼球運動トレーニングゲームは、JINS 社の MEME (以下、MEME) を利用して眼球運動を捉えるようにした。また、iPad 用 SMART 機器を利用しないことから、iPad Pro の画面へのタッチ/アンタッチで反応時間を計測した場合の遅延についても調査した。

(4) アプリケーションの評価

被験者は、健常若年者 8 名、健常高齢者 12 名、注意障害所見のある、または疑いのある中枢神経障害患者(以下、症例)8 名とした。

すべての被験者に、iPad Pro を使った反応時間課題(単純、呈示、速度変化の 3 種類)、モグラたたきゲーム、眼球運動トレーニングゲームを実施した。順番は、単純、モグラたたきゲーム、眼球運動トレーニングゲーム、呈示、速度変化とし、途中 2 分間の休憩を挟んだ。それぞれの課題およびゲームの実施では、本番の前に練習を行って課題およびゲームを十分理解してもらうようにした。なお、健常若年者には、iPad Pro を用いた実験の前に iMac と iMac 用 SMART 機器を利用して単純反応時間課題を実施した。この実験により、iPad Pro の画面へ刺激を描画する際の遅延と画面を使ったタッチ/アンタッチによる反応の遅延を評価した。また 8 名中 3 名の症例には、2017 年 10 月末から 12 月末の期間、反応時間課題とモグラたたきゲームを毎週実施し、さらにその 1 ヶ月後の 2 月の第 1、2 週に再度反応時間課題とモグラたたきゲームを実施した。これらの実験は、単純、モグラたたきゲーム、呈示、速度変化の順番に途中 2 分間の休憩を挟んで実施した。

4. 研究成果

(1) 速度変化反応時間課題の評価

速度変化課題の画面例を図 1 に示す。課題開始後、画面には、上下左右のいずれかの一方に視角 10 度/秒の速度で動く視角 1 度の赤色円が 36 個呈示される。その後、その中の一つが視角 5 度/秒に速度を変化させる場合があり、被験者はその変化を認識し、可能な限り速く SMART 機器のタッチセンサから指を離して反応する。この試行を 36 回行う。なお、速度が変化しない回数は 12 回とし、その出現はランダムとした。

実験の結果、注意障害を判断するための反応時間課題として感度と特異度がともに 80%以上であることを確認し、速度変化課題の注意機能評価として有効性を示した。

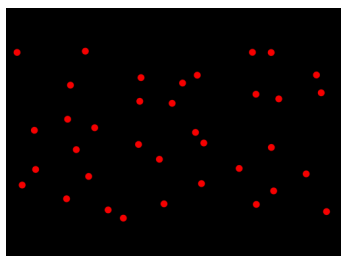


図 1 速度変化課題の画面例

(2) タブレット用 SMART 機器の開発 開発した SMART 機器

図 2 に開発した iPad 用 SMART 機器、図 3 に接続する光センサとタッチ電極を一体化したセンサ部、そして図 4 に iPad との接続

を示す。これまで BLE を利用した高精度反応時間計測機器の開発に関する報告はなく、本研究で最初の実現した独自のものと言える。また、センサ部は、3D プリンタで製作した独自のもので、iPad 向きに小型化を図った。



図 2 SMART 機器



図 3 センサ部



図 4 iPad との接続

反応時間の計測精度

iPad 用 SMART 機器と第 4 世代 iPad、iPad Air2 を利用して精度を検証する実験を行った結果、10 ミリ秒未満の測定誤差が保証され、平均的には 5 ミリ秒以下であることが確認された。一方、SMART 機器を使わずに iPad の画面へのタッチ/アンタッチで反応時間を計測した場合の誤差について調べた結果、平均的に 90 ミリ秒程度の遅延があることがわかり、SMART 機器を利用した場合に高精度で計測できることが確認された。

(3) アプリケーションの開発

反応時間課題

図 5 に反応時間課題のアプリケーションを起動した画面を示す。3 種類の反応時間課題の実行と被験者情報の設定や実験結果の参照が可能である。実験で得られたデータは iPad Pro 内に保存されるとともに、 iCloud 上のデータベースにも蓄積されるようにした。



図 5 起動画面

モグラたたきゲーム

モグラたたきゲームは、対象者の注意障害の程度、年齢、ゲーム経験に応じて医療従事者がゲームの難易度を個人ごとに容易に設定変更できるようにした。設定は 7 項目あり、これらの設定により持続性注意、選択性注意、抑制機能の難易度を変化させ評価できるよ

うにした。実行時の画面例を図6に示す。ゲームの遂行では、ターゲットである“茶色モグラ”の鼻のあたりをできるだけ速くタッチする。“うさぎ”と“青色モグラ”は妨害刺激である。



図6 モグラたたきゲームの画面例

眼球運動トレーニングゲーム

眼球運動トレーニングゲームは、MEMEを利用して、画面上に表示された“茶色モグラ”を目の動きだけで左右に移動させて“うさぎ”まで到達させるものである。なお、まばたきするとモグラの色は茶色と青色で交互に変化するので、“うさぎ”に到達した時には茶色になるようにする制約を加えた。図7に実行時の画面例を示す。



図7 眼球運動トレーニングゲームの画面例

(4) アプリケーションの評価

反応時間課題

健常若年者の iPad Pro を使った場合の遅延は 40 ミリ秒程度であり、この時間を考慮すると健常若年者の単純と呈示の反応時間は、以前に iMac で得られた結果と同様であった。速度変化は、遅延を考慮してもなお iPad Pro の場合 300 ミリ秒ほど長くなっており、この理由として iPad Pro での実験時の姿勢、反応の仕方、画面の明るさなどの違いが影響した可能性がある。健常高齢者では、iPad を使った場合の遅延は 90 ミリ秒ほどと推察され、この遅延を考慮すると、単純と呈示は以前の iMac の結果とほぼ同じで、速度変化は iPad Pro の場合 300 ミリ秒ほど長くなっていた。また、症例では 8 名中 3 名が健常高齢者と同様の結果であったが、残りの 5 名は 3 つの課題の反応時間や速度変化のタイムアウト回数で基準値を超える結果が多くあり、その原因として周辺視野狭窄や探索能力の低下が考えられた。

モグラたたきゲーム

今回の設定は、健常若年者と健常高齢者にとって難しいものではなかった。一方症例では、6 名でタッチまでに時間がかかりタイムアウトになる場合や正確にタッチできずにミスをする場合が多くあり、この結果から、

多くの症例にとって実験の設定は難しかったと言える。

眼球運動トレーニングゲーム

健常若年者では、タイムアウトが 4 回という被験者が 1 名いたが、他はタイムアウトが 1 回以下であった。健常高齢者では、タイムアウトが 3 回以上の被験者が 5 名おり、目を意識的に動かすことが容易でない被験者が半数近くいたことになる。加齢により視力や眼球運動などの視機能が低下することが知られており、この影響がタイムアウトの増加につながったと言える。症例では、タイムアウトが半分以上ある被験者が 6 名おり、この 6 名はゲームを遂行できたとは言えなかった。この結果から、継続実験では眼球運動トレーニングゲームを利用しないことにした。

継続実験

単純と呈示、ならびにモグラたたきゲームの結果は、実験を行った時期による違いはほとんどなかったが、速度変化では図8に示す通り症例による違いがあった。図の縦軸は速度変化課題の反応時間（ミリ秒）である。この図から、症例 A は時期による変化はほとんどなく、症例 B と症例 C は継続して実験を行うと反応時間は速くなっていった。そして 1 ヶ月の中断後、症例 B の反応時間はさらに速くなったが症例 C は実験開始時の 10 月とほぼ同じであった。この結果から、モグラたたきゲームを定期的に継続して実施することが速度変化課題の遂行に及ぼす効果やその効果が 1 ヶ月後に持続されているかを明確に結論づけることはできない。しかし、それらの可能性を否定することもできず、今後、継続して実験を行い調査する必要がある。なお継続実験は、研究計画時には症例の自宅での実施を計画していたが、症例およびその家族がタブレットの操作を容易に行えないことが明らかとなり、病院での実施に変更した。今後、この点も解決しなければならない。

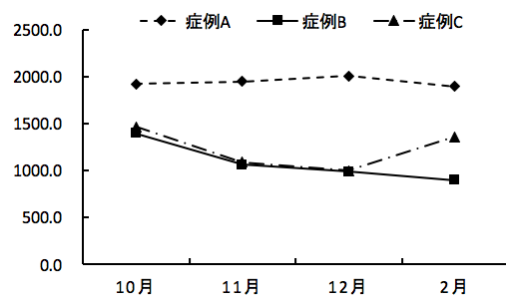


図8 速度変化の反応時間の変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

金谷匡紘、山田恭平、大柳俊夫他、反応時間を用いた動的な視覚刺激の変化に伴う注意障害の評価方法の開発について、査読有り、札幌保健科学雑誌、4巻、2015、9-16

[学会発表](計3件)

Ohyanagi, T.、Kanaya, K.、Sengoku, Y.、Liu, L. et al.、iPad applications for assessing and training attention function、Society for Computers in Psychology、2017年11月9日、Vancouver (カナダ)

Ohyanagi, T.、Kanaya, K.、Sengoku, Y.、Leung, A. et al.、Development of a new Bluetooth Low Energy device for measuring accurate reaction time、Society for Computers in Psychology、2015年11月19日、Chicago (米国)

Ohyanagi, T.、Kanaya, K.、Sengoku, Y. et al.、New reaction time tasks for assessing inattention of people in Occupational Therapy、Annual Meeting of Psychonomic Society、2014年11月22日、Long Beach (米国)

6. 研究組織

(1)研究代表者

大柳 俊夫 (OHYANAGI, TOSHIO)

札幌医科大学・医療人育成センター・准教授

研究者番号：70177020

(2)連携研究者

仙石 泰仁 (SENGOKU, YASUHITO)

札幌医科大学・保健医療学部・教授

研究者番号：10248669

(3)研究協力者

Liu, Lili

Professor,

Faculty of Rehabilitation Medicine,
University of Alberta

Leung, Ada

Associate Professor,

Faculty of Rehabilitation Medicine,
University of Alberta