

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月21日現在

機関番号：20101  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22500466  
 研究課題名（和文） 動画像と多重感覚刺激を利用した高精度反応時間計測システムの開発と臨床応用  
 研究課題名（英文） A system for measuring accurate reaction time of tasks with moving images and/or multi-modal stimulus and its clinical applications  
 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

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、臨床現場で利用可能な高精度反応時間計測システムを開発し、脳損傷患者を対象に自動車運転評価と注意障害の評価の実験を行った。自動車運転評価では、既存の神経心理学的検査に比べ、本研究で開発した図形判別課題が路上評価の結果と一致していることを示した。また注意障害の評価では、本研究で開発した呈示課題と速度変化課題の結果が、熟練した作業療法士による観察評価と一致していることを示した。これらの結果は、本研究で開発したシステムが臨床現場で患者を客観的に評価する方法として有効であることを示唆するものである。

## 研究成果の概要（英文）：

We developed a new system for measuring accurate reaction times that was aimed to use in clinical settings. We tested the system for the driving assessment and for the assessment of attention disorder of people with brain injury. In the driving assessment, the results of our figure discrimination task were well matched with the on-road test comparing with some traditional neuropsychological tests. In the assessment of attention disorder, the results of our appearing stimulus task and detecting velocity change task were coincided with the result of behavior observations of the patients conducted by an experienced Occupational Therapist. These results suggest that our new system could be used for assessing patients objectively in clinical settings.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：反応時間、多重感覚刺激、高精度計測、国際情報交換、臨床応用

## 1. 研究開始当初の背景

反応時間とは、患者・被験者への刺激の提

示から、患者・被験者による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医療等における患者・被験者の評価で反応時間が用いられることが多くあり、そのための専用の機器としていわゆるタキストスコープが開発され利用されてきた。近年、パソコンを利用して高精度で反応時間を計測する研究が進められている。パソコンを使って反応時間を高精度で計測する場合、利用するディスプレイ、反応に利用する装置、パソコンのオペレーティングシステム、計測で利用するソフトウェア、の影響を大きく受けることがこれまでの研究で明らかとなっている。Krantz(2000)は、刺激のディスプレイの表示の問題を整理し、Wiensら(2004)では、ディスプレイの種類によって計測誤差に違いがあり、特に液晶ディスプレイで誤差が大きいことを示した。Plant(2003)らは、反応で利用する装置として、マウス、キーボード、ジョイスティック、専用のボードを使った調査を行い、マウスの違いで数十ミリ秒の違いが生じることを明らかにした。Forsterら(2003)では、刺激の提示と反応時間計測の専用のソフトウェアパッケージを開発し報告しているが、Plantら(2004)は、ソフトウェア単体による反応時間の計測では刺激提示の遅れをなくすることはできないことを示した。McKinnyら(1999)やDe Clercq(2003)では、パソコン以外のハードウェアとソフトウェアを利用してこの問題の解決を試みているが、Forsterら(2003)は、費用対効果でこれらの解決方法は現実的ではないと述べている。現在では、商用のシステムとして、計測された反応時間の校正を行うためのBlackBox Toolkitや刺激提示と反応時間計測を行うE-PrimeやSuperLabなどのソフトウェア、反応時間の校正、刺激提示と反応時間計測の機能を持ったVienna Test Systemがあり、研究機関では利用の実績が高くなりつつある。しかし臨床での利用には、価格、設置スペース、使い易さ等の観点で問題があり、ほとんど利用されていない状況にある。このような現状に対して我々は、2009年に視覚刺激を使った反応時間を高精度で計測するハードウェアを開発した。開発した機器SMART(Solution for Measuring Accurate RT)は、パソコンにUSBのインターフェースで接続して利用するもので、パソコンのオペレーティングシステムに依存せずに利用でき、また小型で安価(実費で\$40程度)であることから、臨床現場での利用も十分に可能である。

## 2. 研究の目的

本研究では、現実の生活に近い状況を被験者に提示することが可能な動画像とその動画像内にターゲット刺激を埋め込んだ多重感覚刺激(視覚刺激、聴覚刺激など)を利用

した高精度反応時間計測システムを研究開発する。そして開発したシステムの具体的な臨床応用として、近年社会問題となってきた高齢者や脳損傷患者らの自動車運転の評価や注意障害の評価で利用し、開発システムの有効性を検証する。

## 3. 研究の方法

### (1) SMART 機器の開発

これまでのSMARTのハードウェア(以下、SMART機器と呼ぶ)は、米国Cypress社のPSoCマイクロプロセッサを2個利用した開発キットであるPSoC FirstTouch Starter Kitに、光センサ、コンデンサ、銅箔電極を接続し、視覚刺激を利用した反応時間課題の反応時間を高精度で計測するものであった。本研究では、視覚刺激に加えて聴覚刺激を利用した反応時間課題の開発も必須で、そのため高精度で聴覚刺激のビーブ音を発生するハードウェアを開発しなければならない。これまでのSMART機器との接続性も考慮し、PSoCマイクロプロセッサを利用したビーブ音発生機器を新しく開発し、既存のSMART機器と接続することにした。またハードウェアの開発に加え、視覚刺激、聴覚刺激を単独、または同時に扱うことへ対応するように、コンピュータとSMART機器間のデータ送受信のプロトコルも新しく開発し、そのプロトコルに対応するようにSMART機器を構成する3個のPSoCのファームウェアを開発した。

### (2) SMART ソフトウェアの開発

SMART機器は、USB機器のHID(Human Interface Device)クラスとして開発したため、最近のコンピュータであれば、デバイスドライバをインストールすること無く利用可能である。そこで、各種の多重感覚刺激を利用した反応時間課題を実行するソフトウェア(以下、SMARTソフトウェアと呼ぶ)の開発は、Windows系とMacOSX系のオペレーティングシステムの両方で利用できるようにREALSoftware社のREALStudioを用いることとした。また、研究協力者が所属するカナダのアルバータ大学で実験も行うことから、日本語と英語によるメニューやメッセージ等の表示に対応するようにした。なお、被験者の情報や反応時間課題の実施の結果は専用のデータベースに保存するようにした。さらに保存したデータベースは、実験を実施した実験者がポータブルハードディスク等の可搬媒体に容易に保存し実験で利用できるようにした。こうすることで、データの安全性を高めることができる。

### (3) 臨床応用

#### ①脳損傷患者の自動車運転評価

脳損傷患者4名を対象に、開発した反応時間課題とMMSE、TMTなどの神経心理学的検査、路上運転評価を比較する実験を行った。実験

で使用した反応時間課題は、図形判別課題で、課題の実行の際に、画面の背景が黒い場合（妨害刺激無し）と運動動画が呈示される場合（妨害刺激有り）の2種類の条件を設定した。

#### ②注意障害の評価

脳損傷患者4名と健常成人9名を対象に、本研究で開発した呈示課題と2種類の速度変化課題を実施し、健常成人の結果を基準に、脳損傷患者のデータを比較検討し、反応時間課題の結果による脳損傷患者の注意障害の評価と熟練した作業療法士の行動観察による注意障害の評価を比較検討した。

### 4. 研究成果

#### (1)SMART 機器

開発した SMART 機器ならびに接続する光センサ、タッチセンサ（マウスに貼付けたタッチ電極）、スピーカを図1に示す。

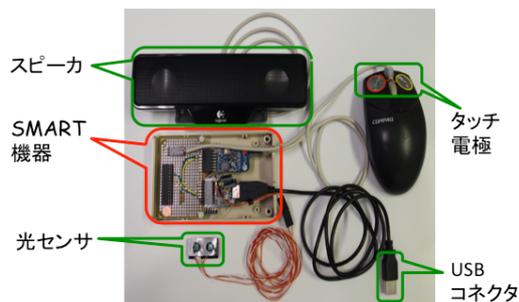


図1 SMART 機器および周辺機器

新しく開発した SMART 機器では、光センサを2個利用することで、視覚刺激が提示された時間間隔を高精度で計測することが可能となった。この機能を使えば、SMART ソフトウェアに実装した視聴覚課題において、視覚刺激の提示時間間隔が指定された時間間隔であったか否かを検証することが可能となる。この機能は、特に、視覚刺激の提示が液晶ディスプレイの場合に有効であり、このような機能を備えた反応時間計測システムはこれまで報告が無く、本研究で最初に実現した独自のものといえる。また被験者からの反応を取得するタッチセンサは、電極に指をタッチした場合、電極から指を離した場合、のいずれかを被験者の反応として取得できるようにした。高齢者や子供の場合、電極をタッチすることが困難な被験者がいることがあったため、電極から指を離す動作による反応の取得の実現は重要であった。

今回開発した SMART 機器の精度については、視覚刺激を使った反応時間課題で±2msec、聴覚刺激を使った反応時間課題で+3msec 以内のタイミングエラーであったことを確認しており、ミリ秒単位の反応時間を計測できるものであった。

#### (2)SMART ソフトウェア

SMART ソフトウェアに実装した反応時間課題は、視覚刺激のみを用いたもの6種類（単純、呈示、消去、有効視野、図形判別、速度変化検出）、聴覚刺激のみをもちいたもの2種類（単純で500Hzと1500Hzのビーブ音）、そして視聴覚課題3種類である。視覚刺激のみを用いた課題の中には、課題実行時に画面の背景に妨害刺激（多数のドットが一方向に動くもの、または動画像）を設定可能なものもある。また、図形判別課題には5種類、速度変化検出課題には2種類の変種が存在する。

開発した SMART ソフトウェアは、Windows XP/Vista/7ならびにMacOSX 10.6/10.7/10.8の環境でテストを行い、すべての環境で動作すること、ならびに動作環境が異なる場合でも安定した反応時間の測定ができることを確認した。

また、妨害刺激として利用する運動動画を札幌市とエドモントン市で収集し、課題で利用できるようにした。

#### (3)臨床応用

##### ①脳損傷患者の自動車運転評価

脳損傷患者4名を対象に行った実験結果を表1と表2に示す。表中のTask1、Task2は、それぞれ妨害刺激なし、運動動画の妨害刺激あり、での図形判別課題を示す。なお表中の×印は、各項目における括弧内の閾値条件を満足した場合につけた。被験者の路上評価による自動車運転の可否は、患者AとBが条件付き、CとDが不可であった。この結果と既存の神経心理学的検査の結果を比較すると、神経心理学検査の結果と路上評価の結果が類似しているとは言えない。一方、本研究で開発した図形判別課題を使った反応時間課題の結果の中で、判別ミスのエラー回数は路上評価の結果と一致しており、図形判別課題の自動車運転評価への利用の可能性が示唆された。

表1 各種テストの結果

被験者	運転の可否	神経心理学検査		
		MMSE (<25)	TMT-A (>120)	TMT-B (>150)
患者A	条件付き		x	x
患者B	条件付き		x	
患者C	不可		x	x
患者D	不可		x	

表2 図形判別課題の結果

被験者	平均				エラー			
	内側と外側の差		Task1 - Task 2		Task 1		Task 2	
	Task 1	Task 2	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	(>74.9) (>124.8)		(>153.8) (>166.9)		(>2)	(>3)	(>3)	(>2)
患者A								
患者B								
患者C		x	x	x	x			x
患者D	x				x	x		x

## ②注意障害の評価

熟練した作業療法士による脳損傷患者 4 名の注意障害の有無の主観的判断結果は、患者 1 と 2 が注意障害所見あり、患者 3 が注意障害の疑いあり、患者 4 が注意障害の所見無し、であった。図 2 に呈示課題で妨害刺激（画面の背景で複数の小さなドットが右から左へ移動し続ける）の無い場合とある場合の、反応時間の散布図を示す。この結果、患者 4 は健常成人のデータ群の中に含まれており健常成人と同様の反応時間であったが、他の患者は、明らかに健常成人とは異なる反応時間であった。図 3 に 2 種類の速度変化課題（a と b）の反応時間の散布図を示す。課題の難易度は、a のほうが b よりも難しく設定されており、健常成人では a の反応時間が b よりも長くなる傾向があった。患者 1 と 2 では、全般的に反応時間が長く、また b のほうが a よりも反応時間が長くなっており、健常成人とは異なる傾向であった。患者 3 は、a と b ともに健常成人よりも反応時間が長くなっており、患者 4 は健常成人と同様の反応時間となっていた。これらの結果を総合的に判断すると、本研究で開発した呈示課題、速度変化課題の結果を用いることで、注意障害の有無を客観的に判断できる可能性が示唆された。

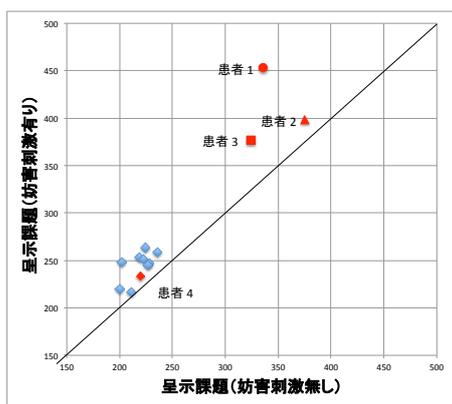


図 2 呈示課題の反応時間の散布図

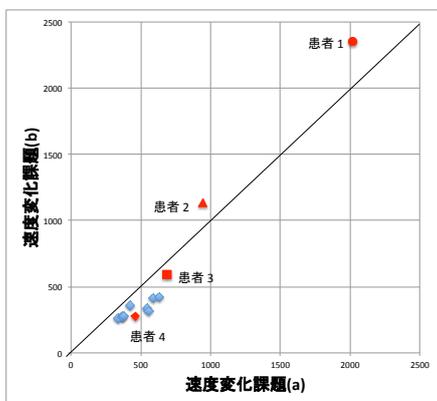


図 3 速度変化課題の反応時間の散布図

## 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）

- ① 大柳俊夫、仙石泰仁、パーソナルコンピュータによる反応時間計測の問題点、査読有、札幌保健科学雑誌、2 巻、2013、61-67

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① Ohyanagi, T.、Sengoku, Y.、Preliminary results of new reaction time tasks of detecting velocity change of a moving stimulus to assess visual attention skills in Occupational Therapy. Society for Computers in Psychology、2012 年 11 月 15 日、Minneapolis (米国)
- ② Ohyanagi, T.、Sengoku, Y.、Miyazaki, M.、Liu, L.、A solution for measuring accurate reaction time to visual stimuli and its application for assessments in occupational therapy、Society for Computers in Psychology、2011 年 11 月 3 日、Seattle (米国)
- ③ Sengoku, Y.、Ohyanagi, T.、Nakajima, S.、Nakamura, Y.、Development of new evaluation methods for inattention in developmental disorder、World Federation of Occupational Therapy 15<sup>th</sup> Congress、2010 年 5 月 4 日、Santiago (チリ)

## 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

- ① Miyazaki Masako  
Faculty of Rehabilitation Medicine,  
University of Alberta
- ② Liu Lili  
Faculty of Rehabilitation Medicine,  
University of Alberta