

## 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 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530780

研究課題名（和文） 眼球停留対象の違いによる眼球停留関連電位解析システムの開発

研究課題名（英文） Development of Systems to detect Eye Fixation Related Potentials at Different Visual Objects

研究代表者

八木 昭宏（YAGI AKIHIRO）

関西学院大学・応用心理科学研究センター・客員研究員

研究者番号：50166477

研究成果の概要（和文）：目的は視野画像、脳波、画像内の注視点を同時記録し、視点の対象別に眼球停留関連電位(EFRP)を計測する装置を開発すること、視野の中で特定の対象を検出したときの電位の特性を調べることであった。実験室内用機器Ⅰと、生活場面での計測用機器Ⅱを完成させた。その装置を用いて、眼を動かして刺激の中から標的を探索する課題を実施している際に、単に視点が向いた時と標的を検出した時では異なった電位が得られることを発見した。

研究成果の概要（英文）：Purposes of the study were to develop new systems to measure Eye Fixation Related Potentials (EFRP) at the different groups of eye positions : a target or a non-target. We developed two systems. The first system can classify waveforms of EFRP at the target or non-targets on a display in a visual search task. The second system can be used at every day life. We found different waveforms of the brain potentials at eye positions between the target and simple eye stops by using the system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：脳波、眼球運動、視覚探索、事象関連電位、注意、生体計測

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者の研究室では、知覚や注意などの視覚認知に関する心理物理学的研究と、眼球運動や脳電位の心理生理学的研究を相互関連させながら、基礎と応用の研究を実施してきた。一方、他の研究機関における、ヒトの感覚や認知に関する多くの心理生理学的研究では、事象関連脳電位が用いられてきた。

視覚に関わる事象関連電位の研究の際には、被験者の前にディスプレイを設置し、被験者は眼を動かさずに、その凝視点を見つめることが求められるので、視覚の事象関連電位の技術を、眼球が動く事態に応用することは難しい。

通常ヒトが物を見るときには眼を動かすのである。その動きを記録すると、サッカー

ドと眼球停留からなる階段状の波形を示す。サッカー中ではサッカー抑制が働き、視覚情報が網膜から脳へ送られるのは、眼球が停留した時点以降である。研究代表者は、以前より眼球運動と視覚認知と事象関連電位の研究を実施してきた。その中で、眼球停留の時点で出現する特殊な脳電位を見だし、その脳電位を眼球停留関連電位(EFRP)と名付けた。これまでの基礎研究で、その電位は、いわゆる事象関連電位と類似した特性を示すことを明らかにしてきた。

## 2. 研究の目的

今回の研究目的は、本学で新たに開発した眼球が停留する対象別に脳電位を解析するシステムを用いて、被験者が見ている場面の画像データ、Eye-Link IIによる眼球運動計測データ、及び脳波のデータを同時記録するシステムを開発することであった。それを、具体化するため、3段階での開発を目指した。(1)眼球運動と脳波データの、同時サンプリング記録システムを開発する。(2)Eye-Link IIは、頭部搭載型で、頭部が動く事態でも計測可能であるが、眼球位置の同定にズレが生じやすい。そのため、実験室内で、精度のよりデータを得るため、頭部固定型の Eye-Link1000により、基礎実験のシステムを開発する。(3)それらの成果とノウハウを元に、頭部が動く事態で、眼球停留位置を同定し、停留時点の対象別に脳電位を解析するシステムも開発する。(4)並行して、それらの試作機により、データを収集し解析を行う。(5)この研究の背景にある眼球運動の特性と、視覚認知に関する基礎的な心理物理学的研究を行うことであった。

## 3. 研究の方法

(1) 眼球運動と脳波データ、視野に関する画像データの同時サンプリング、記録システムを開発

### 方法

従来、画像データと生理データのサンプリング方式が異なるため、画像に対応した生理データの解析ができなかった。そのため、それぞれに対応した AD 変換器と大量データ記録用メモリーによって、同時記録が可能なシステムを作成した。そのシステムのソフトを開発した。

### 成果

そのシステムにより、背景画像、眼球停留対象、脳波などの生体反応などを同時記録し観察できるようになった。画像と生理

反応を同期させた記録システムは、世界でもほとんど見られない。今後、人や動物の行動画像と脳波などの生理反応の同時記録システムへの応用も可能となった。

(2) Eye-Link 1000 による、基礎実験システムの開発(試作第 I 号機)

Eye-Link1000 に関しては、本学内で、MatLab をベースにシステムを完成させた。このシステムでは、視野前方の刺激は、視覚探索作業用に、あらかじめ作成した画像を用いた。最初のテストでは、画像は、色が2色の矩形と菱形を、ランダムに配置した。各刺激は、画面の X,Y 座標を、ピクセル単位で定義できる。被験者の視線の位置は、Eye-Link 1000 から送られるデータによって同定できた。そのため、画面の位置と特定の刺激図形の位置は、それぞれ定義できた。例えば、特定の図形と、視線の位置の X 軸, Y 軸の差分に値があれば、眼は特定の図形と離れていることを示す。このシステムを用いて、視覚探索の実験を実施した。この実験では刺激図形は、四角形を使用した。実験目的により自由に変更することが可能である。

(3) Eye-Link II による頭部搭載型眼球運動と視点検出器による EFRP 解析システム(第 II 号機)の開発

頭部搭載型の、Eye-Link II は、頭部を動かすことができるので、応用範囲は広い。しかし、計測の時間経過と共にズレが生じてくる。前述の第 I 号機では、実験室内で、顔面を固定するので、視線の同定は自動的に可能であった。しかし、試作の II 号機では、顔を自由に動かす事ができるシステムの開発を目指した。従って視線の背景画像を撮影するカメラが必要となる。背景画像、眼球停留点、眼球運動波形、脳電位それらを同時期に記録し、同一画面に表示するシステムが必要となるが、これまで市販されたものは無かった。そのシステムのアルゴリズムは、既に開発していたので、実際の機器の開発を行った。

### 成果

研究成果は、第 II 号機の試作であり、それを完成させた。顔が向いている背景を撮影するカメラが額部と、眼球運動を記録するため Eye-Link II の小型カメラが、顔面の下部に装着されており、眼が視野の何処に向いているかを同定することができる。背景、眼球停留点と同時に脳波を記録することが可能となった。それらのデータは、大型のディスプレイにより同一画面に表示し、解析は、オフラ

インで、視線の位置を視察で確認しながら、脳波の処理をおこなうように設定した。

(4) 今回開発したシステムを使用して、実験を行った。

視覚探索中の、眼球停留関連電位の変動  
(実験 I) 視覚探索課題中の EFRP を計測し標的刺激の弁別がどの時点で完了しているのか検証した。

#### 方法

今回開発したシステム I を用いて、刺激提示と解析を行った。

#### 結果

##### 行動指標

視覚探索状態で、刺激の数(セットサイズ)を変数にして、ランダムな四角形の中から、特定の対象を見つける作業を被験者に課した。その際の刺激画像、眼球運動、脳波の同時記録を行った。セットサイズが増えるごとに反応時間が有意に増加した。また両試行とも、非効率的探索が行われていたことが確認できた。

##### EFRPの結果

視覚探索中には、各眼球停留時点で、潜時が約100msのラムダ反応が得られた。ターゲットを見つけた時には、ラムダ反応の後に潜時が約300-400msのいわゆるP300が出現し、単に探索中とは、波形に大きな差がでた。P300に、有意な差が見られた。

しかし、有反応が生じる一つ前の眼球が停留した時点で反応をみると、ネガティブへの振れが観察できた。今回の実験では統計的には有意な差が得られなかったが、周辺視による何らかの情報処理を示唆しているのかもしれない。この点に関しては今後の課題である。

(5) 暗算など思考中、視覚情報処理は抑制される(実験 II)

人と話をしているとき、相手が何か考えるときその人の視線はどこかへ逸れる。視線が戻ったときに、その時何を見ていたかと尋ねても答えられない。思考など情報処理が内的な事柄の場合、視覚情報処理は低下していると考えられる。今回の実験では、暗算課題が与えられ思考中に眼が逸れて、眼球が停留している時の EFRP の変化の内ラムダ反応を中心に、その変化を検討した。

#### 方法

視覚刺激として 85×120cm の大きさの正弦波状に変化する縦縞のストライプボードを被験者の眼前の壁に提示した。

実験課題としては、刺激図形上眼を左右に動かして、意図的に刺激を見る、サッケイド課題と、思考課題として、暗算課題と、記憶のイメージ課題を課した。

今回のデータ解析は、試作第 I 号機で実施した。

#### 結果

暗算課題が与えられると、全被験者が、眼を前方のストライプから逸らした。しかし、視線はストライプ刺激の範囲内であったので、ストライプが見えているはずであった。被験者の内省報告によると、全員が、暗算中には、眼が他に逸れることには気がついていいた。しかし、眼が逸れたときに、何を見ていたかの質問に対しては、覚えていないが多く、その他には数式のイメージを頭の中で描いていたという回答があった。

各被験者の波形について検討した結果、暗算中、被験者 10 名のうち、7 名から潜時が約 100ms のラムダ反応が検出された。暗算やイメージ課題が与えられ、被験者の眼が逸れた時には、ラムダ反応が出現しないか、あるいは、その振幅が低下した。ラムダ反応が出現しないとき、開眼中にも関わらずアルファ波が出現したことも、視覚情報処理が低下したことを示している。また、被験者の内省でも対象のストライプを見ていないとの回答を得た。これらの結果は、暗算課題中に眼が逸れた時には、外界の視覚刺激情報の脳内処理が低下していることを示している。このことは、EFRP は、ある方向に眼が向けられていても、見ていないことの指標となりうることを示唆している。

#### 4. 研究成果

計画通り、視覚対象別の EFRP の計測システムの試作に成功し完成させた。その I 号機を使用して、認知に関わる実験を行った。第 II 号機は、研究終了直前に完成したので、現在、それをを用いたデータの収集中である。これらのシステムを用いれば、見落としをしたときの脳活動の客観的な計測や、対象が本人にとって意味あるモノか、好悪の違いによる研究にも応用できる。

その他、後述の学会等の発表リストに記述したように、これらの研究と並行して、眼球運動と視覚認知に関して心理物理的手法による研究を実施し、成果を国際学会や、国際学術誌で発表した。オフィス、工場、交通機関の安全性の評価にも応用が可能であろう。さらに、近年話題になっているニューロマーケティングの分野で、積極的に関心を持たれる製品の評価にも応用ができる。本システムは、以前本学で、出願した基本特許に基づいており、特許として認められた。すでに今回

の試作機に基づいた製品の市販が企業より始まっている。

#### 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 8 件)

- ① Morimoto, F. & Yagi, A. P3 Latency is related to temporal lag between two targets during the attentional blink.、Biomedical Soft Computing and Human Science.、In press、査読有
  - ② Tamakoshi, S. & Yagi, A. The relationship between mismatch negativity and neuronal coding in auditory rhythm changes.、Biomedical Soft Computing and Human Science、In press、査読有
  - ③ Masuda, A., Watanabe, J., Terao, M., Watanabe, M., Yagi, A., & Maruya, K.、Awareness of central luminance edge is crucial for the Craik-O'Brien-Cornsweet illusion.、Frontier in Human Neuroscience 5, 2011 10.3389/fnhum.2011.00125、査読有
  - ④ Terao, M., Watanabe, J., Yagi, A., & Nishida, S. Smooth pursuit eye movements improve temporal resolution for color perception.、PLoS-One, 5(6):e11214, 2010 doi:10.1371/journal.pone.0011214、査読有
  - ⑤ Ogawa, H., Watanabe, K., Yagi, A. Contextual cueing in multiple object tracking. Visual Cognition 17(8), 1244-1258, 2009 査読有
- [学会発表] (計 18 件)
- ① 八木昭宏, 長江新平, 岩井益澄, 山本晋、System II to Detect Eye Fixation Related Potential to Visual Objects、第 24 回バイオメディカルファジーシステム大会、2011,10,30, 山口大学
  - ② 森本文人, 片山順一, 八木昭宏、高速逐次視覚系列内の注意の推移、第 29 回日本生理心理学会大会、2011,5,22、高知大学
  - ③ Yagi, A., Noritake, A., Nagae, S., & Shikata, T. Decline of the visual ERP during thinking.、The 49th Annual Meeting of the Society for Psychophysiological Research、2009,10, 22、Berliner Congress Center, Germany

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 1 件)

名称：特許  
発明者：八木昭宏 武田裕司  
権利者：公益財団法人新産業創造研究機構  
種類：特許  
番号：4822235  
取得年月日：2011,9,16  
国内外の別：国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.dips-kwansei.gr.jp/Yagi's%20HP/top.htm>,

<http://www.kwansei.ac.jp/human/psy/gp/>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

八木 昭宏 (YAGI AKIHIRO)  
関西学院大学・応用心理科学研究センター  
・客員研究員  
研究者番号：50166477

(2) 研究分担者

浮田 潤 (UKITA JUN)  
関西学院大学・文学部・教授  
研究者番号：30299044