

平成 24 年 5 月 25 日現在

研究機関：12612
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21500120
 研究課題名（和文） 脳波と自律神経反応を利用する視線入力インタフェース
 研究課題名（英文） Eye-gaze input interface with using EEG Signals and reactions of autonomic nervous system
 研究代表者
 板倉 直明（ITAKURA NAOAKI）
 電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授
 研究者番号：30223069

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、脳波や自律神経反応を利用する視線入力（注視または Eye-gaze 入力）インタフェースを開発することである。複数の点滅刺激から注視している点滅刺激を脳波で判定する視線入力インタフェースのために、5Hz 以上の点滅刺激に同期した加算波形の利用が提案された。FFT 解析では 4s 以上の脳波データが必要だが、提案された加算波形では 2s 以下で十分であった。また、視線移動の組み合わせによる Eye-gesture 入力を提案し、コンパクトかつ安価な携帯型システムを開発した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop an eye-gaze input interface with using EEG signals and reactions of autonomic nervous system. To use averaging waveforms synchronized with a high-speed blinking stimulus faster than 5 Hz was proposed in order to determine a gazing blinking stimulus among those more than two with using EEG signals. The EEG signal data shorter than 2 s are sufficient by the proposed averaging waveforms while longer than 4 s are necessary by the FFT analyses. An eye-gesture input interface with using combinations of eye movement was also proposed, and a compact and low-priced portable system for the eye-gaze or the eye-gesture input interface was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ユーザインタフェース、ウェアラブル機器

1. 研究開始当初の背景

(1) コンピュータが一般化した現在、誰でも使用できる入力装置の開発が重要となっている。現在、主流となっているマウスなどが使えない、手が不自由な人でも入力できる装置の開発は重要である。現在まで、種々の視線入力装置が開発されており、コンピュータで使用する視線入力装置は、手が不自由な人でも素早く入力できる利点があった。しかし、

- ① 入力文字等の位置探索時に発生する注視と入力のための注視を分離できない。
- ② 頭部に装着した視線測定装置とモニタとの相対的位置関係が、頭部の動きで一定しない。

等の問題が存在していた。

また、将来、ウェアラブルコンピュータが現実化することを想定し、その際、どのような入出力装置（方法）が採用されるかという問題も考えた結果、

- ③ 画面上にガイド領域と入力領域を設定し、“位置探索の注視”と“入力の注視”を分離する。
- ④ 簡単に上記②の問題も解決できる頭部装着型モニタを利用する。

等の解決手法を考え、市販ヘッドマウントディスプレイ（以降 **HMD** と略）を利用した視線入力装置に脳波情報を補助的に使用することを提案し、科学研究費補助金を受けた研究を行った。

(2) この研究では、簡易で安価な視線入力装置として使用できることを示すことはできたが、脳波情報を補助的に使用する部分や、視線入力装置に利用される視線測定方法に関して、

- ① 脳波を二択入力として利用することを考えたが、判定率が低い（80%程度）。
- ② 簡単な **EOG** を利用した視線測定方法において、精度が低い（90%程度）。
- ③ 視対象によって自律神経反応も変化するので、この反応も利用できる可能性がある。

等が課題として残っていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、マウスなどの入力装置が使えない、手の不自由な人でも入力できる「脳波と自律神経反応を利用した簡易で安価な視線入力装置を開発する。」ことである。

具体的な目的は以下の(1)~(3)である。

(1) 誤入力の減少を目的として、視線で「選択した」ものが利用者の「選択しようとした」ものと同じであるかを、脳波を使用して確認するために、

- ① 脳波から積極的に誘発脳波成分を抽出する新たな解析手法 (**AR** 差分波形加算処理法) を用いて、二択入力の正答率向上 (90%以上) を図る。
- ② 視対象によって自律神経反応 (発汗反応、心拍反応、末梢血流反応) も変化することから、自律神経反応を処理するシステムを取り入れたインタフェース仕様も組み入れる。

(2) 視線位置を得る眼電図 (**EOG**) 信号解析方法を改良し、視線入力画面デザインを変更することで、視線位置判定の判定率を向上 (ほぼ 100%まで) させる。

(3) 脳波を含む各種生体信号を測定できる装着可能な小型生体信号測定装置を開発し、視線、音声を組み合わせた総合的な入力装置を構成する。

3. 研究の方法

(1) 視線誤入力を減らすために二択入力として使用する脳波の解析方法の確立

この課題では、実際に注視した部分の背景が変化した場合と、注視した部分とは違う部分の背景が変化した場合とで、両方の視覚誘発脳波を測定し、その脳波の違いや特徴を明らかにする。そのために、脳波情報から積極的に誘発脳波成分を取り出す新たな解析手法 (**AR** 差分波形加算処理法) を用いて、二択入力の正答率向上を図る。その際、従来の信号成分パワー値の比較だけでなく、信号成分のリズム性を考慮し、その両方のパラメータを柔軟に使い分けるアルゴリズムを開発する。このアルゴリズムを用いて、二択入力に限定して利用可能な安定した脳波情報の獲得方法を確立させる。

この手法を確立させるためには、定常的かつどの被験者でも、脳波に明らかな違いが現れるような脳波の導出方法なども調べる必要がある。同時使用する導出方法が増加するので、脳波増幅用の小型生体電気用アンプを自作する。この小型生体電気用アンプについては、将来的に発展させ、コンパクトな生体信号測定装置を開発する。

(2) 二択入力として使用できる脳波を獲得し、やすい画面呈示方法の検討

この課題では、モニタ画面上で点滅する視覚刺激の大きさや呈示時間等の改良、工夫が必要であることから、種々の点滅方法を試みる。視覚刺激の大きさ、周波数などを変化させるばかりではなく、点滅間隔を不定期に変化させたり、測定された脳波の状況をモニタしながら、リアルタイムで点滅方法を適宜、変化させたりするなど視覚刺激の呈示方法を調べていく。

(3) 自律神経反応の中で入力として使用可能な反応の探索

自律神経活動に由来する身体反応（自律神経反応）の中には、被験者のちょっとした情動変化を反映する反応が多くある。例えば、発汗反応は、被験者の不安、不快などの情動を反映して、発汗量が増えるなど確実に、情動変化を読み取れる場合がある。

そこで、この課題では、インタフェースに採用可能と考えられる自律神経反応や、その自律神経反応を確実に発生させる視覚情報を探索する。そして、使用可能な反応を組み入れた、より柔軟なインタフェースを構築する。

(4) HMD を用いても視線位置測定が可能な EOG による簡易な視線測定方法の確立

この課題では、EOG を用いて簡易に視線測定ができる方法を開発する。視線入力装置に要求される視線測定精度を考えた場合、注視条件とその注視領域が判定できればよく、全ての視線位置を精度よく測定する必要はない。そこで、電極を貼るだけで眼球運動が簡易に測定できる EOG に注目した。また、EOG による視線測定は、簡易な交流増幅を用い、注視条件と注視領域を判断できるような EOG 信号処理アルゴリズムを採用した。

その結果、垂直方向3分割領域の注視領域判定では、瞬きの影響が EOG に混入するので約 80%の測定精度であるが、水平方向3分割領域の注視領域判定では 90%以上の精度が得られた。

以上から、EOG を用いた視線測定法でも、視線入力装置に使える可能性が示された。従って、水平方向分割領域数を増やした場合にでも対応できるような精度の高いアルゴリズムを研究していく。

(5) 携帯可能でコンパクトな生体信号測定装置のプロトタイプの開発

脳波信号は非常に微小な信号であるため、据え置き型の測定装置を用いると、電極から測定装置までに混入する雑音信号が非常に

問題となる。これを解決するために、脳波測定電極に近い場所に装着できるコンパクトな生体信号測定装置を開発する予定である。

まずプロトタイプを開発し、必要な性能等に関して検討を加える。この装置には、増幅器、アナログフィルター、A/D コンバータ、無線機能などを搭載する予定であり、バッテリー駆動可能な省電力性、装着しても邪魔にならないコンパクト性を満たす仕様を計画している。

(6) 携帯可能なコンパクトな生体信号測定装置を製作する。

(5)の課題で検討した結果を踏まえ、実際に使用できる生体信号測定装置を製作する。

(7) 脳波、自律神経反応、視線、音声を統合した入力インタフェース仕様を検討する。

システムを構築するための準備を行う。その際、以下の項目も検討する実験を行う。

- ①インタフェース仕様として足りない機能
- ②インタフェース画面設計における問題点
- ③脳波、自律神経反応、視線、音声が入力部分の最適な切り分け方法

(8) 眼精疲労などの視覚負担評価、心理的疲労などの作業負担評価なども行えるようにする。

眼球運動では停留部分の固視微動に関するパラメータや、脳波では α 波成分、 β 波成分などを測定する。そして、測定されたパラメータの経時的変化から総合的に各種評価を行う。

4. 研究成果

(1)2009 年度

2009 年度は、以下の具体的研究を行った。

- ①脳波の解析方法の確立、及び、確認入力として使用できる脳波を獲得しやすい画面呈示方法の検討
- ②自律神経反応の中で確認入力として使用可能な反応の探索

その結果得られた成果は以下の通りである。

①の成果について

従来の AR（自己回帰）モデルによる脳波解析より、FFT による脳波解析の方が特徴量を得やすいことや、2~4s ほどの脳波データでリアルタイムによる確認入力が行えそうなことが判明した。さらに、点滅に同期した

同期加算波形の特徴を判断することで、FFTによる解析より、さらに短時間の脳波データで確認入力として脳波が利用できる可能性が示唆された。

②の成果について

発汗量で点滅刺激を見た場合と見ない場合で、その平均値と分散値が統計的解析により異なることが明らかになったが、インタフェースとして利用できるほど明らかな差は得られなかった。従って、さらに刺激図形等を変化させ、明らかな差が得られる条件等を探索する必要がある。

③上記以外の成果について

従来の注視入力に変わる視線入力インタフェースの入力方式として、視線移動の組み合わせによる入力方式 (eye gesture 入力) を提案し、従来の注視入力より短時間で選択肢を入力できることが判明した。また、入力装置を安価でかつ携帯可能なほどコンパクトにするために、市販の IC アンプを用いたプロトタイプ的小型入力装置の開発に着手した。

(2)2010 年度

2010 年度は、以下の具体的研究を行った。

①視線誤入力を減らすために二択入力として使用する脳波の解析方法の確立

②自律神経反応の中で入力として使用可能な反応の探索

③携帯可能でコンパクトな生体信号測定装置のプロトタイプの開発

その結果得られた成果は以下の通りである。

①の成果について

画面呈示方法では、位相の反転したふたつの呈示点滅刺激を利用することで、脳波の同期加算波形からどちらの呈示点滅刺激を見ているかの判定が行えることが判明した。また、呈示図形としては円形より帯状図形の方が安定して特徴的な脳波が得られることが示された。

②の成果について

発汗量で点滅刺激を見た場合と見ない場合で、その平均値と分散値が統計的解析により異なることが明らかになったが、さらに刺激図形等を変化させ、明らかな差が得られる条件等を探索した。

③の成果について

視線の移動パターンの組み合わせによる入力方式 (eye gesture 入力) の改良や、眼球運動に伴う磁場変動を利用した眼球運動

計測方法の検討を行い、電極貼付を必要としない簡易な生体信号測定装置開発に着手した。

(3)2011 年度

2011 年度は、以下の具体的研究を行った。

①視線誤入力を減らすために二択入力として使用する脳波解析方法の確立と二択入力として利用できる脳波を獲得しやすい画面呈示方法の検討

②コンパクトな携帯型眼球運動測定システムのプロトタイプ開発

その結果得られた成果は以下の通りである。

①の成果について

従来の自己回帰(AR)モデルや FFT による脳波の周波数解析では、4s 以上の脳波データがリアルタイムによる確認入力に必要であったが、従来行われていなかった 5Hz 以上の早い点滅刺激に同期した同期加算波形の特徴を利用することで、2s 以下の脳波データで確認入力として利用できることが示された。画面呈示方法では、位相の異なる 4 つの点滅刺激を利用することで、脳波の同期加算波形から、どの点滅刺激を見ているかの判定が行えた。また、点滅刺激を右視野、左視野で見ただけにおいても、脳波の同期加算波形から、どちらの視野で点滅刺激を見ているかの判定も行えた。さらに、点滅刺激の模様や明るさによっても、同期加算波形の特徴が異なることが示され、5Hz 以上の早い点滅刺激に同期した同期加算波形を利用することの様々な有用性が示された。

②の成果について

視線の移動パターンの組み合わせによる入力 (eye gesture 入力) が可能で、コンパクトかつ安価な携帯型眼球運動測定システムを開発した。また、このシステムでは電極貼付にペーストが必要であったものを、測定システムの改良と新素材の電極を利用することで、ペーストレスで電極使用が可能となった。さらに、眼球運動に伴う磁場変動を利用した眼球運動計測方法の検討を行い、電極貼付を必要としない簡易な生体信号測定装置を開発した。

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 3 件)

① N. Itakura, K. Sakamoto, A new method for calculating eye movement displacement

from AC coupled electro-oculographic signals in head mounted eye-gaze input interfaces、Biomedical Signal Processing and Control、査読有、Vol.5、2010、142-146 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809409000950>)

②N. Yoshimura, N. Itakura、A Transient VEP-based real-time Brain-Computer Interface using non-direct gazed visual stimuli、Electromyography and Clinical Neurophysiology、査読有、Vol.49、2009、323-335

③坂本和崇、板倉直明、交流眼電図式眼球斜め方向移動を用いた多選択型視線入力インタフェース、電子情報通信学会論文誌 D、査読有、Vol.J92-D、189-198 (http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=J&year=2009&fname=j92-d_2_189&abst=)

〔学会発表〕(計7件)

①杉山昌平、板倉直明、水戸和幸、光点滅刺激のパターンや明るさの違いに対する transient 型 VEP 特性、人類働態学会、2011 年 11 月 13 日、電気通信大学(東京都)

②山西那央、板倉直明、水戸和幸、刺激視野の違いと位相差を用いた光点滅刺激脳波インタフェースの transient 型 VEP 解析による多選択肢化の検討、人類働態学会、2011 年 11 月 13 日、電気通信大学(東京都)

③杉山昌平、板倉直明、水戸和幸、光点滅刺激の duty 比の違いに対する視覚誘発脳波特性、人類働態学会、2010 年 11 月 14 日、電気通信大学(東京都)

④平山翔太、板倉直明、水戸和幸、光点滅刺激による発汗反応を利用するインタフェースの実現可能性の検討、人類働態学会、2011 年 11 月 13 日、電気通信大学(東京都)

⑤山西那央、板倉直明、水戸和幸、単一 10Hz 光点滅刺激による transient 型 VEP 解析を用いた多選択脳波インタフェースの検討、電子情報通信学会技術研究会、2010 年 11 月 19 日、東北大学(宮城県)

⑥小泉恭平、板倉直明、水戸和幸、位相の異なる光点滅刺激を利用した脳波入力インタフェースの検討、電子情報通信学会技術研究会、2010 年 12 月 19 日、名古屋大学(愛知県)

⑦板倉直明、山盛 元、水戸和幸、交流増幅眼電図を用いた Eye Gesture 入力インタフェ

ース、電気学会 電子・情報・システム部門大会、2009 年 9 月 4 日、徳島大学(徳島県)

〔図書〕(計1件)

① N. Yoshimura, N. Itakura (分担)、INTECH、RECENT ADVANCES IN BRAIN COMPUTER INTERFACE SYSTEMS、2011、119-134 (<http://www.intechopen.com/book/recent-advances-in-brain-computer-interface-systems>)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

板倉 直明 (ITAKURA NAOAKI)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授
研究者番号：30223069

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし