

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：82636

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02743

研究課題名(和文) 頭部運動及び眼電位も統合的に計測・解析可能なウェアラブル脳波計の研究開発

研究課題名(英文) Development of integrated system of wearable EEG device and head movement and EOG measurement device

研究代表者

成瀬 康 (Naruse, Yasushi)

国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報工学研究室・室長

研究者番号：00455453

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,200,000円

研究成果の概要(和文)：GPSユニットを利用した時刻同期システムを搭載したプロトタイプの脳波計の開発に成功した。GPSユニットは衛星からの正確な時間情報を受け取っていることからマイクロ秒以上のオーダーで正確な同期信号を出すことが出来る。これを利用することで、有線で接続されていなくてもマイクロ秒のオーダーでの同期を可能とした。この時刻同期システムを搭載した脳波計を複数台利用することで、複数人の脳波及び眼電位をワイヤレスでありながら高精度で同期して計測することが可能となった。そこで、対戦型テレビゲームをしているプレイヤーの脳活動を同時に計測した。その結果、試合の状況に従って変化する脳活動の計測に成功した。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in developing a prototype electroencephalogram (EEG) device with a time synchronization system using a GPS unit. Since the GPS unit receives accurate time information from the satellite, it can supply a synchronization signal in the order of microseconds or more. By using the GPS unit, it is possible to synchronize on the order of microseconds even via a wireless connection. By using the multiple prototype EEG devices with the time synchronization system using the GPS unit, it became possible to synchronously measure EEG and electro-oculogram of multiple people via wireless connection. Then, we measured brain activities of players playing match-up video games. As a result, we succeeded in measuring the brain activity that changes according to the situation of the game.

研究分野：脳機能計測

キーワード：ウェアラブル脳波計 GPS

1. 研究開始当初の背景

我々は、これまでに導電性のペーストが不要なウェアラブル脳波計の開発に成功している。しかし、自由な環境で脳波を計測した場合、脳波成分より大きな振幅をもつ頭部運動に起因する成分、眼球運動に起因する成分が脳波計測データに重畳し、脳波の解析に支障をきたす。それ故、これらの成分を脳波から取り除くために、まずは、眼球運動や頭部の運動を脳波計と同期した形で計測できるシステムを構築する必要がある。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、この問題を解決することで、自由な環境での脳波計測を可能とし、ウェアラブル脳波計の汎用性を高めることとした。そのために、まず、脳波と共に、頭部位置および、眼電位も計測可能な統合計測システムを構築することを目的とした。そして、眼電位や頭部位置情報を元にした、ノイズリダクションの手法の開発を進めることを目的とした。

3. 研究の方法

統合計測システムを構築する上で重要なことは、デバイス間での同期である。脳波や眼電位はミリ秒のオーダーの時間分解能があることから、マイクロ秒以上の精度でデバイス間の同期をする必要がある。これらに正確な同じ同期信号を入力することで、この問題は解決できる。既存の方法では、この同期信号の送受信には有線が利用されている。なぜならば、これまでの技術では、無線ではマイクロ秒以上の精度でデバイス間の同期を実現することが難しいからである。そこで、本研究では、この同期信号を出すシステムとして、GPS ユニットを利用した。GPS ユニットは衛星からの正確な時間情報をワイヤレスで受け取っていることからマイクロ秒以上のオーダーで正確な時刻信号を出すことができる。この時刻信号をそれぞれの計測機器に入力し、計測データにこの時刻のタイムスタンプを押し、このタイムスタンプを同期信号として利用した時刻同期システムを開発した。

脳波実験に関しては、ヘルシンキ宣言に則り、所属する機関の倫理委員会の承諾を得て行った。また研究参加者には事前にインフォームドコンセントを得た上で、いつでも研究参加者の希望で実験を中止できることを保証して実験を行った。研究の成果の発表に当たっては、研究参加者の方のプライバシーを尊重し、他者に個人を特定できないように匿名化した。

4. 研究成果

GPS ユニットを利用した時刻同期システムを搭載したプロトタイプの脳波計の開発に成功した(図1)。GPS ユニットは衛星からの正確な時間情報を受け取っていることから

マイクロ秒以上のオーダーで正確な同期信号を出すことが出来る。これを利用することで、有線で接続されていなくてもマイクロ秒のオーダーでの同期を可能とした。本脳波計を利用して実際にマイクロ秒のオーダーでサンプリングが同期していることを確認した(図2)。



図1 開発した GPS ユニット搭載脳波計。

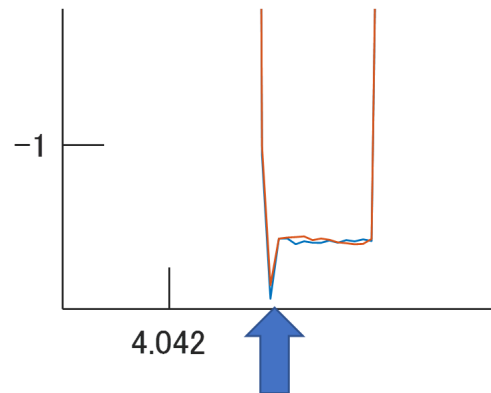
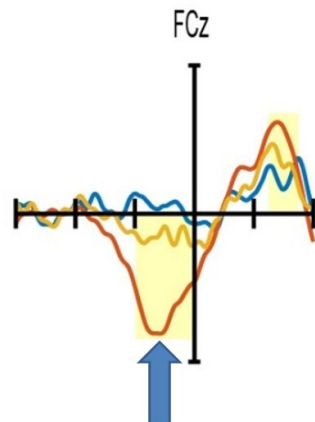


図2. 二つの GPS ユニット搭載脳波計で同一の信号を計測し、GPS 信号のタイムスタンプを元に重ね合わせた結果。矢印のピークのデータが完全に重なっていることが、同期計測が実現できていることを示している。

この時刻同期システムを搭載した脳波計を複数台利用することで、複数人の脳波及び眼電位をワイヤレスでありながら高精度で同期して計測することが可能となった。そこで、対戦型テレビゲームをしているプレイヤーの脳活動を同時に計測した。テレビゲームは野球ゲームを用いた。そして、野球ゲーム中にバッターが空振りストライクを取られたときの脳反応に注目した。バッターにとっては、空振りストライクを取られると言うことは、自分がバットを振るという行為をしたにもかかわらず、その行為がエラーであったということが出来る。そして、自分の行為がエラーであったと認識した時には、エラー関連陰性電位が見られることが知られており、バッターが空振りストライクを取られた

ときにもこのエラー関連陰性電位が見られることを明らかにした(図3)。

ゲーム中の脳波



空振りをしたときに脳が強く反応!

図3 バッターが空振りをしたとき(赤線)に強い反応が見られている。見逃しストライク(黄線), ボール(青線)の時にはみられない。Y軸の下方方向が陰性の電位を表していることから、空振りをしたときのみ強い陰性の成分が現れていることがわかる。

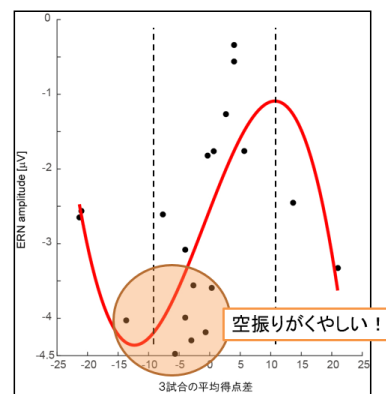
そして、このエラー関連陰性電位は、常に同じように出るわけではなく、試合展開が緊迫しているなかで、やや負けている状態で強く見られることを明らかにした(図4)。そして、大差で負けてしまう展開となると、エラー関連陰性電位の大きさが小さくなるということがわかった。野球ゲームにおいて、やや負けているときの空振りが一番悔しいということは、直感的にも理解できる。そして、大きく負けてしまうと、その野球ゲームに対しての熱中度が下がるということも妥当であると考えられる。このような脳活動を可視化できることで、どのようなゲーム展開の時にプレイヤーがゲームに熱中しているかを客観的に評価することができると考えられ、より、プレイヤーが熱中するゲームバランスの作成などに寄与することができると考えられる。

また、眼電位や頭部運動の情報を利用して、脳波に重畳した眼球運動関連成分由来や体動関連成分由来のノイズのリダクションを行うために、眼電位や頭部運動の情報を入れ込んだ多重回帰モデルを利用したノイズリダクション法や、独立性部分分析を用いたノイズリダクション法の開発も進め、ある程度のノイズリダクションが可能であることを明らかにした。

本研究により開発した統合計測システムは、無線でありながら、マイクロ秒以上の精度での同期を実現するものである。近年、実環境での脳波計測が注目されてきており、そのような状況下では有線で接続されるシステムでの実験は不可能である。本システムは、

無線での同期を実現していることから、このような実環境での脳波実験にとっても有用であると言える。しかし、本研究で利用しているGPS信号は、衛星からの信号であるため、室内での受信が困難となる。それ故、現在は、室内で実験を行う場合には、GPS信号の再放射を行うユニット(室外で一度GPS信号を受信し、それを室内に再放射するユニット)を利用している。それ故、室内での利用に関しては、一手間が必要となることから、今後は、室内でも利用が容易な無線システムにより、本時刻同期脳波システムを再構築するという課題がある。

エラー関連陰性電位と 得失点差の関係



同じ空振りでも脳波を測ることでそのときの気持ちが変わる!

図4 得失点差とエラー関連陰性電位の大きさとの関係。

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)

Yokota Yusuke, Tanaka Shingo, Miyamoto Akihiro, Naruse Yasushi, Estimation of Human Workload from the Auditory Steady-State Response Recorded via a Wearable Electroencephalography System during Walking, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 11, 314 (2017), DOI: 10.3389/fnhum.2017.00314 (査読有り)。

横田悠右, 成瀬康, 対戦型テレビゲームにおけるプレイヤーの脳波計測, *ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集*, Vol. 1, pp. 1-8 (2017) (査読無し)。

Higashi Yuichiro, Yokota Yusuke, Naruse Yasushi, Signal correlation between wet and original dry electrodes in electroencephalogram according to the contact impedance of dry electrodes, *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2017 39th Annual*

International Conference of the IEEE ,
Vol. 1, pp1062-1065 (2017), DOI:
10.1109/EMBC.2017.8037010 (査読有
り).

〔学会発表〕(計 13 件)

Yusuke Yokota, Yasushi Naruse ,
Simultaneous EEG recording of
competitive-type consumer game
players, 39th Annual International
conference of the IEEE Engineering in
Medicine and Biology Society (国際学
会), 2017 年.

成瀬康, ウェアラブル脳波計によるヘル
スケアへの応用の可能性, 日本化学会 第
97 春季年会 (招待講演), 2017 年 03 月
18 日, 慶應大学 (神奈川県横浜市).

成瀬康, ウェアラブル脳波計による無意
識情報の可視化と社会応用, 豊橋技術科
学大学 EIIRIS プロジェクト研究成果報
告会 (招待講演), 2017 年 03 月 10 日,
豊橋科学技術大学 (愛知県豊橋市).

成瀬康, ウェアラブル脳波計を利用して、
無意識下の情報を垣間見て応用する、ク
ルマ×脳科学への挑戦 ~ ヒューマンセ
ンシング技術の可能性と 自動車の開
発・評価、マーケティングへの応用展望
~ (招待講演), 2017 年 01 月 26 日, AP
新橋虎ノ門 (東京都港区).

成瀬康, 脳波を用いた個育の可能性, 応
用脳科学コンソーシアム個育研究ワー
クショップ (招待講演), 2016 年 09 月 06
日, AP 品川 (東京都港区).

Y. Higashi, Y. Yokota, Y. Naruse ,
Evaluation of wearable EEG system with
dry electrodes and estimation of
errorrelated Negativity, 38th Annual
International conference of the IEEE
Engineering in Medicine and Biology
Society (国際学会), 2016 年 08 月 16 日
~ 2016 年 08 月 20 日, Disney ' s
Contemporary Resort (Orlando, アメリ
カ).

成瀬康, 応用脳科学の可能性の探求, 日
本義肢装具士協会学術大会 (招待講演),
2016 年 07 月 17 日, 神戸国際会議場 (兵
庫県神戸市).

成瀬康, ヒューマンインタフェースと脳
科学の行方, IEEE プレスセミナー (招待
講演), 2016 年 05 月 25 日, 大手町ファ
ーストスクエアカンファレンス EAST タ
ワー (東京都千代田区).

成瀬康, 横田 悠右, 東 佑一朗, ドライ
電極で計測可能なウェアラブル脳波計の
開発とその評価, 第 18 回日本ヒト脳機能
マッピング学会, 2016 年 03 月 08 日, 京
都大学桂キャンパス (京都府京都市)

岩瀬 悠哉, 成瀬 康, 梅原 広明, 横田 悠
右, 梅野 健, 独立成分分析による脳波に
重畳するノイズの低減に関する研究, 日

本応用数学会 2016 年研究部会連合発
表会, 2016 年 03 月 04 日, 神戸学院大学
ポートアイランドキャンパス (兵庫県神
戸市).

成瀬康, ウェアラブル脳波計の開発とそ
の応用展開, メディカルジャパン 2016 企
業化促進セミナー (招待講演), 2016 年
02 月 25 日, インテックス大阪 (大阪府大
阪市).

成瀬康, ウェアラブル脳波計で手軽に脳
活動を可視化する, 電気三学会関西支部
講演会 (招待講演), 2015 年 09 月 11 日,
中央電機クラブ (大阪府大阪市).

成瀬康, 脳波計のウェアラブル化による
革新的な応用範囲の拡大, I o T × 脳科
学・人工知能 最新動向と事業機会 (招待
講演), 2015 年 12 月 16 日, アイビーホ
ール青学会館 (東京都渋谷区).

〔図書〕(計 3 件)

成瀬康, 横田悠右, 東佑一朗 (他 24 名),
製品開発のための生体情報の計測手法と
活用ノウハウ, 情報機構, 2017 年, pp
116-124.

成瀬康, 横田 悠右, 東 佑一朗 (他 50 名),
ヘルスケアを支えるバイオ計測, シーエ
ムシー出版, 2016 年, pp 201-208.

成瀬康 (他 74 名), ウェアラブルデバイ
スの小型、薄型化と伸縮、柔軟性の向上技
術, (株) 技術情報協会, 2015 年, pp
380-386.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 脳波信号からゲームに対するモチベー
ションを評価するシステム

発明者: 横田 悠右, 成瀬 康

権利者: 情報通信研究機構

種類: 特許

番号: 特願 2017-165627

出願年月日: 2017 年 8 月 30 日

国内外の別: 国内

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

http://brain.nict.go.jp/members/y_naruse.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

成瀬 康 (NARUSE, Yasushi)

国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情
報通信融合研究センター脳情報工学研究
室・室長

研究者番号: 0 0 4 5 5 4 5 3

(2) 研究分担者

横田 悠右 (YOKOTA, Yusuke)
国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報工学研究室・研究員
研究者番号： 1 0 7 1 0 5 9 3