

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420401

研究課題名(和文) 注意の神経機構の解明：固視微動とNIRS+脳波同時計測による多次元生体信号解析

研究課題名(英文) A study of the neural mechanism of attention: Multidimensional biological signal analysis of simultaneously measured fixation eye movements, NIRS, and EEG

研究代表者

小濱 剛 (KOHAMA, Takeshi)

近畿大学・生物理工学部・准教授

研究者番号：90295577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、注視時に不随意に生じる固視微動の解析に基づいて、注意の集中度合いを定量化して観測するとともに、近赤外分光法(NIRS)と脳波の同時計測から得られた脳活動情報の解析に基づき、注意の統制に關与する情報処理過程の客観的モニタリング手法を構築することで、注意機構における情報処理メカニズムの解明を目的とするものである。本研究において実施した実験の結果、固視微動中のマイクロサッカドを高精度に抽出するための技術、並びにドリフト眼球運動解析に必要な数学モデルが得られ、NIRSによる脳機能計測に適した実験条件や信号処理手法が確立された。これらの成果から、注意の神経機構を解明するための手段を得た。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to elucidate the information processing mechanism in visual attention system of brain. We analyzed involuntary fixation eye movements to quantify the degree of focal attention, and near-infrared spectroscopy (NIRS) signal to establish an objective monitoring method of the attention control system. As results from the experiments conducted in this study, we obtained a signal processing technique for extracting microsaccades with high accuracy and a mathematical model necessary for drift eye movement analysis. Moreover, we constituted experiment conditions suitable for brain function measurement by NIRS and its signal processing methods to avoid various artifacts. These results suggest that measurement techniques to elucidate the neural mechanism of attention were confirmed.

研究分野：神経情報学(視覚認知システム)

キーワード：視覚的注意 固視微動 近赤外分光法(NIRS) 独立成分分析 ドリフト眼球運動 マイクロサッカド 多次元生体信号解析 視覚認知

1. 研究開始当初の背景

日常生活における我々の行動は、無意識下の知覚をもたらす脳の情報処理過程による影響を強く受けながら、周辺の状況に合わせて認知の対象を明確に定め、もっとも適した応答が選択されることによって表出する。このように、認知の対象を定める働きを「注意」と呼び、脳の情報処理リソースのダイナミックな統制に重要な役割を果たしている。近年、注視時に不随意に発生する固視微動と注意機構との関与を示す報告が相次いでおり、注意に関する情報処理の客観的モニタリングの可能性が示唆されている。しかしながら、同時並列的かつ高速に進行する注意の情報処理過程を観察することは容易ではなく、昨今の神経科学研究において多用される fMRI (functional magnetic resonance imaging) による脳機能イメージング手法を用いても十分にとらえることができない。そのため、注意機構、すなわち、注意の機能をもたらす神経ネットワークの情報処理過程を生体信号から客観的に捉えた研究はほとんど存在しておらず、注意の神経機構の全貌を明確に説明するには至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、申請者らが培ってきた知見に基づき、注視を維持した状態で、注視位置に提示された情報に対する認知課題を実施し、このとき計測された固視微動を解析することにより、被験者の注意の集中状態を定量的に把握する。また、課題遂行中の NIRS (near-infrared spectroscopy) 信号と脳波の同時計測を行い、fMRI 計測では不可能な、脳活動が生じた部位、並びに、その時間的な変動について解析を行うことにより、注意の統制に関与する情報処理過程の客観的なモニタリングを試みる。これにより、脳内で進行する注意機能に関する情報処理過程をとらえ、注意機構における情報処理メカニズムの解明を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、注意の統制に関与する情報処理過程の客観的モニタリングの実現を目的とするものである。そのために、注視を維持した状態で注視位置に提示された情報に対する認知課題を実施し、このとき計測された固視微動の解析に基づいて注意の集中状態を定量的に把握するとともに、NIRS 信号と脳波の同時計測により、脳活動の生じた部位間の時間的変動を解析する。申請当初に計画した研究方法の概要を以下に述べる。

(1) 固視微動の解析に基づく注意の状態の定量的把握

ドリフト眼球運動解析のためのマイクロサッカード抽出精度の向上

固視微動に含まれる揺らぎ成分であるドリフト眼球運動は、注意の集中によりその動的特性が影響を受けることが知られていることから、ドリフト眼球運動の特徴量に基づき、注意の集中度を定量的評価を行う。ドリフト眼球運動の解析には、まず固視微動データからマイクロサッカードを分離する必要があるために、高精度なマイクロサッカード検出手法の開発が必要となる。そこで、申請者らが提案した順序統計量と重み付き差分処理を組み合わせた非線形フィルタや、離散パルス変換を用い、マイクロサッカードの開始点および終了点を推定する解析手法を適用し、これらを精査することで精度の向上を行う。

ドリフト眼球運動の数式モデル化による揺らぎの数値化

ドリフト眼球運動はフラクショナルブラウン運動の性質によって特徴づけられる可能性が示されていることから、例えば、ハースト指数のような、揺らぎの評価指標を用いて固視微動を数式モデル化して表し、その振る舞いの数値化について検討する。

(2) NIRS + 脳波の同時計測データの解析による注意機構の解明

NIRS 信号のチャンネル間相互相関分析による機能的結合部位の同定

固視微動計測実験と同等の課題において、眼球運動と同時に NIRS および脳波の同時計測を試みる。NIRS 信号には、身体動作や心拍、血圧変動が混入するために、脳活動を正確に評価するためには、まずはじめにアーチファクトの除去方法を検討する必要がある。本研究では、NIRS や脳波データから脳機能成分を抽出するための手法として、独立成分分析の適用を試みる。これにより分離された脳機能成分信号に対して、NIRS 信号のチャンネル間の相互相関分析に基づいて、機能的な結合関係を明らかにする。

脳波解析による機能的結合領域間の情報連絡の時間推移の推定

申請時には、NIRS と同時計測された脳波信号から、機能的な結合を持った領域間の応答の時間差を求め、脳活動の時間的、空間的な賦活度の推移をとらえる予定であった。しかしながら、研究開始から今日までの研究の結果、一般的に知られている NIRS のメリットに対して懐疑的にならざるを得ない種々の問題に直面した。NIRS 計測器は体勢の変化が生じて脳活動を計測できるというのが利点とされてきたが、精密な実験環境下での

計測においては、心拍変動や体動によるアーチファクトの混入が想像以上に大きく、計測結果が脳活動を示しているのか否かを判断できない場合がほとんどであることが明らかとなってきた。そこで、脳波解析は先送りし、当初計画にはない、NIRS の計測手法や解析手法に関する基礎的検討を行った。

4. 研究成果

(1) 固視微動の解析に基づく注意の状態の定量的把握

ドリフト眼球運動解析のためのマイクロサッカード抽出精度の向上

マイクロサッカードが視覚的注意機構と密接に関係することが知られるが、ドリフト眼球運動にも注意が影響を及ぼす可能性が示されている。ドリフト眼球運動のみを高精度に解析するためには、固視微動からマイクロサッカードを除去する必要がある。マイクロサッカードは微小な視線のジャンプとして計測されるために、その抽出には、固視微動の1次微分信号に対する閾値処理が用いられることが一般的であった。しかしながら、適切にマイクロサッカードを検出するための閾値に関する定義が存在しておらず、目視による試行錯誤を繰り返して閾値を定める必要があった。そこで、閾値処理に頼らない新たなマイクロサッカード検出手法の確立を目的として、順序統計量とt値を検定統計量とするマイクロサッカード判断基準を提案するとともに、実測データに適用することで、その有効性を評価した。その結果、信頼係数の値を適当に設定することで、さまざまな振幅のマイクロサッカードが検出可能であり、また、有意差を示した区間は、マイクロサッカードの開始点と終了点にほぼ対応することが示された。

(雑誌論文 , 学会発表)

ドリフト眼球運動の数式モデル化による揺らぎの数値化

上で述べたように、固視微動中の揺らぎであるドリフト眼球運動に対して、注意機構が影響を及ぼしている可能性が示されている。そこで、ドリフト眼球運動の特徴に基づいて、注意の機能を定量的に把握するために、ドリフト眼球運動の確率的振る舞いを再現する数学モデルを構築した。固視微動の平均二乗変位量 (MSD) の特性は、複数の外的要因が関与することを示唆するクロスオーバーの特徴を有することが知られている。このことから、固視微動の制御システムが、ドリフト眼球運動とマイクロサッカードによる注視位置補正により統制されることを仮定して

モデル化を行った。シミュレーションの結果、固視微動の基本的な MSD 特性は、フラクショナルブラウン運動と注視位置を維持するためのフィードバック制御により記述されることが示された。また、マイクロサッカードが短時間尺度におけるクロスオーバーの形成に寄与していることが示唆された。

(雑誌論文 , 学会発表)

(2) NIRS + 脳波の同時計測データの解析による注意機構の解明

本研究課題を進める過程において、NIRS 計測データは、心拍変動や体動によるアーチファクトが想像以上に大きな影響を受けており、計測結果が脳活動を示しているのか否かを判断できない場合がほとんどであることが明らかとなってきた。そこで、当初計画にはないものの、NIRS の計測手法や解析手法に関する基礎的検討を行った。その成果を以下に記す。

前頭前皮質 NIRS 信号における動的ランダムドットパターンによる安静効果

NIRS を用いた脳活動の計測では、レスト時とタスク時の賦活量の差が評価されるが、NIRS 信号はレスト中の変動が大きいことが問題となる。そのために NIRS 計測実験を行うに際し、まずはじめにレストに適した実験条件を検討する必要がある。そこで、NIRS 計測における賦活後の回復過程に着目し、レスト中の NIRS 信号変動を抑制する可能性が示されている高域遮断動的ランダムドットパターン (LPDRD) の効果を検証するとともに、NIRS 計測の精度を向上させるための計測条件についての検討を行った。被験者に3バック課題を与え、その後のレスト期間に LPDRD または十字視標を提示して、このときの前頭前皮質 (PFC) から右側側頭皮質 (rLTC) にかけての NIRS 信号を計測した。NIRS 信号には、脳機能成分と全身性成分に分離する手法を適用して脳機能成分のみを抽出し、いずれの条件がタスクによる賦活状態から早期に定常状態に回復させるのかを比較した。その結果、LPDRD 観察時の方が減衰の効果は強く、PFC において両者の差は有意となることが明らかとなった。

(雑誌論文 , 学会発表⑪⑬⑳㉓)

独立成分分析を用いた NIRS 計測信号解析手法の検討

NIRS 信号から脳活動を正確に評価するためには、身体動作や心拍、血圧変動等の皮膚血流 (SBF) によるアーチファクトの除去方法を検討する必要がある。そこで、NIRS 信号に混入する SBF 成分を除去するための手法

として、従来研究で用いられている ICA を取り上げ、SBF 成分が NIRS 信号にどれほどの影響を及ぼすのかを調査するための実験を実施し、SBF 成分の性質について検討を行った。さらに、NIRS 信号に混入すると考えられる種々の血流成分の性質を仮定した上で擬似的な NIRS 信号を生成し、シミュレーションによる SBF 除去のための閾値設定について検討した。その結果、身体動作由来のアーチファクトと脳機能成分の変動との相互相関が低い場合は、ノイズや SBF 成分の除去が可能であることが示されたものの、これらの相関が高い場合には、SBF 成分の分離は困難であることが示された。身体動作由来のアーチファクトと脳機能成分の変動が相関関係を持つ場合、ICA に限らず、SBF 成分の分離は困難になると考えられることから、タスク中に SBF 成分が大きく変動するような実験プロトコルを避ける必要があることが示唆された。

(学会発表)

事象関連 NIRS 信号に対する一般線形モデル解析に基づいた視覚野応答の計測

前述したように、fNIRS 計測信号は、様々な要因で変動する皮膚血流が大きなアーチファクトとして混入し、これが脳活動と誤解されやすいことが問題となるために、NIRS により脳活動を計測する際は、実験条件や解析手段には十分な配慮が必要となる。そこで、NIRS による脳機能計測に適した実験条件および解析手法の検討を目的として、点滅するチェッカーフラッグパターンを観察する際の事象関連 NIRS 計測を行い、計測信号から血流動態モデルを用いて脳機能成分を抽出した後、これに一般線形モデルを用いたモデルベースによる解析手法の適用を検討した。計測された NIRS 信号に対して、まず前処理として計測器由来のノイズ除去を適用した後、血流動態モデル解析を適用して脳活動を分離して抽出した。次に、得られた脳機能由来の信号に対して、タスク開始時刻を時間原点とする加算平均処理を施し、これに対して血流動態を定式化した一般線形モデルをフィットした。このとき、系列相関を除去するための前白色化処理である Cochrane-Orcutt 法を適用することで、脳活動が生じている賦活領域の推定精度が向上することが示された。これらの処理を施した結果、視覚刺激の提示に同期して、第 1 次視覚野や第 2 次視覚野の賦活が捉えられたことから、提案手法の有効性が示された。

(雑誌論文)

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 21 件)

小濱 剛、中井裕真、大谷尚平、山本雅也、上田慎一、吉田 久、マイクロサッカド頻度解析に基づいた音声応答および身体応答に要する認知負荷の定量的比較、ヒューマンインタフェース学会論文誌、査読有、19, 2, 2017 (印刷中)

中井裕真、小濱 剛、上田慎一、松田康太、角野 彩、吉田 久、言語流暢課題下における操舵精度と眼球運動特性の解析、映像情報メディア学会技術報告、査読無、41, 9, 2017, 9-12

小玉光将、小濱 剛、初期視覚系受容野特性と高次運動選択機構を考慮した自己運動映像に対する顕著性推定モデル、映像情報メディア学会技術報告、査読無、41, 9, 2017, 13-16

岡本亮太、小林 葵、小濱 剛、吉田 久、事象関連 fNIRS 信号に対する一般線形モデル解析に基づいた視覚野応答の計測、映像情報メディア学会技術報告、査読無、41, 9, 2017, 25-28

Shohei Ohtani、Takeshi Kohama、Sho Kikkawa、Hisashi Yoshida、A microsaccade detection method by using an order-statistic time-window analysis, International Journal of Bioelectromagnetism、査読有、18, 1, 2016, 19-25

久保賢典、小濱 剛、吉田 久、網膜-外側膝状体間における視覚情報のリマッピング、近畿大学生物理工学部紀要、査読有、38, 2016, 11-20

大谷尚平、小濱 剛、吉川 昭、吉田 久、注視視標パターンが固視微動の動的特性に及ぼす影響、電子情報通信学会技術報告、査読無、116, 229, 2016, 61-66

久保賢典、小濱 剛、吉田 久、網膜神経機構モデルによる周辺視野の空間サンプリング特性の解析、電子情報通信学会技術報告、査読無、116, 229, 2016, 79-84

加納悠史、中井裕真、大谷尚平、田中公子、白井久美、小濱 剛、雑賀司珠也、吉田 久、弱視者の固視微動に見られる特徴の解析、映像情報メディア学会技術報告、査読無、40, 9, 2016, 9-12

並河弘樹、岡本亮太、柴田はるな、小濱 剛、吉田 久、前頭前皮質 fNIRS 信号における動的ランダムドットパターンによる安静効果、映像情報メディア学会技術報告、査読無、40, 9, 2016, 13-16

吉野宏紀、小濱 剛、自由観察時のスキャンパスを再現する視線移動予測モデル、映像情報メディア学会技術報告、査読無、40, 9, 2016, 17-20

前田侑大、正岡明浩、小濱 剛、視覚探

索を再現する視覚的注意の神経機構モデル, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, 40, 9, 2016, 21-24

Mitsuhiro Kodama, Takeshi Kohama, Hisashi Yoshida, A saliency based motion detection model of visual system considering visual adaptation properties, Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2015, 査読有, 2015, 6658-6661
DOI: 10.1109/EMBC.2015.7319920.

久保賢典, 小濱 剛, 吉田 久, 視細胞および神経節細胞の密度分布特性を考慮した網膜数理モデル, 電子情報通信学会技術報告, 査読無, 115, 232, 2015, 55-60

中井裕真, 大谷尚平, 加納悠史, 山本雅也, 上田慎一, 栗原正幸, 小濱 剛, 吉田 久, 音声および身体応答による認知負荷がマイクロサッカー発生頻度に及ぼす影響, 電子情報通信学会技術報告, 査読無, 115, 232, 2015, 79-84

西野 誠, 小濱 剛, 吉田 久, 網膜数理モデルによる固視微動が視覚に及ぼす影響の検証, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, 39, 11, 2015, 17-20

徳留 健, 小濱 剛, 吉川 昭, 吉田 久, 固視微動の確率的振る舞いを再現する数学モデル, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, 39, 11, 2015, 21-24

本田彰吾, 小濱 剛, 吉田 久, 固視微動と瞳孔径変動解析に基づく覚醒水準の客観的評価, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, 39, 11, 2015, 25-28

Shogo Honda, Takeshi Kohama, Tatsuro Tanaka, Hisashi Yoshida, Quantitative assessments of arousal by analyzing microsaccade rates and pupil fluctuations prior to slow eye movements, Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2014, 査読有, 2014, 2229-2232
DOI: 10.1109/EMBC.2014.6944062.

小濱 剛, 吉川 昭, 吉田 久, マイクロサッカーおよびドリフト眼球運動の解析に基づく注意集中度の定量化, 電子情報通信学会技術報告, 査読無, 114, 226, 2014, 87-92

④ 西野 誠, 小濱 剛, 吉田 久, 網膜神経系数理モデルを対象にした大規模シミュレーションの並列計算手法, 近畿大学生物理工学部紀要, 査読有, 34, 2014, 35-46

〔学会発表〕(計 27 件)

Mitsuhiro Kodama, Takeshi Kohama, A saliency estimation model considering receptive field properties of the early visual system and relative motion detection mechanisms, The SICE Life Engineering Symposium 2016, 2016 年 11 月 5 日, 大阪国際交流センター, 大阪府大阪市

岡本亮太, 小濱 剛, 吉田 久, 独立成分分析を用いた fNIRS 計測信号解析手法の検討, 第 33 回センシングフォーラム計測部門大会,

2016 年 9 月 2 日 近畿大学和歌山キャンパス, 和歌山県紀の川市

大谷尚平, 小濱 剛, 吉川 昭, 吉田 久, マイクロサッカーの動的特性と注視視標形状との関係, 第 33 回センシングフォーラム計測部門大会, 2016 年 9 月 2 日 近畿大学和歌山キャンパス, 和歌山県紀の川市

Akihiro Masaoka, Yuta Maeda, Takeshi Kohama, A hypothesis for a mechanism of the proximity role in visual search, The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2016 年 7 月 22 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

Kensuke Kubo, Takeshi Kohama, A retinal neuron network model to reproduce spatio-temporal properties of magnocellular ganglion cells, The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2016 年 7 月 22 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

Akihiro Masaoka, Yuta Maeda, Takeshi Kohama, Hypotheses of proximity-rule generation during visual search tasks, 4th INCF Japan Node International Workshop Advances in Neuroinformatics 2016 and 14th INCF Nodes Workshop, 2016 年 5 月 28 日, 理研鈴木梅太郎ホール, 埼玉県和光市

岡本亮太, 並河弘樹, 柴田はるな, 小濱 剛, 吉田 久, fNIRS 計測信号に対する独立成分分析適用手法の検討, 第 55 回日本生体医工学学会大会, 2016 年 4 月 26 日 富山国際会議場, 富山県富山市

大谷尚平, 中井裕真, 加納悠史, 小濱 剛, 吉川 昭, 吉田 久, 注視視標形状がマイクロサッカーの動的特性に及ぼす影響, 第 55 回日本生体医工学学会大会, 2016 年 4 月 26 日 富山国際会議場, 富山県富山市

Takeshi Kohama, Sho Kikkawa, Hisashi Yoshida, Attentional effects on involuntary fixation eye movements, u-Healthcare 2015, 2015 年 11 月 2 日, 近畿大学, 大阪府東大阪市

大谷尚平, 中井裕真, 加納悠史, 小濱 剛, 吉田 久, 吉川 昭, 順序統計量に基づくマイクロサッカーの検出手法, 生体医工学シンポジウム 2015, 2015 年 9 月 25 日, 岡山国際交流センター, 岡山県岡山市

Hiroki Namikawa, Ryota Okamoto, Takeshi Kohama, Hisashi Yoshida, Low-passed dynamic random-dot patterns affect the resting-state activities of prefrontal cortex, 生体医工学シンポジウム 2015, 2015 年 9 月 25 日, 岡山国際交流センター, 岡山県岡山市

Yuji Kanoh, Takeshi Kohama, Kumi Shirai, Yuma Nakai, Hiroko Tanaka, Hisashi Yoshida, Shizuya Saika, A microsaccadic latency analysis of the amblyopic eye, The 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and

Biology Society (EMBS), 2015年8月28日, Milano Conference Center, Milan, Italy
Hiroki Namikawa, Ryota Okamoto, Takeshi Kohama, Hisashi Yoshida, The effects of low-passed dynamic random-dot patterns on resting-state brain functions, The 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), 2015年8月28日, Milano Conference Center, Milan, Italy

Takeshi Kohama, Makoto Nishino, Hisashi Yoshida, A simulation study of the effects of fixation eye movements on retinal responses, The European Conference on Visual Perception 2015, 2015年8月25日, University of Liverpool, Liverpool, UK

Hisashi Yoshida, Takeshi Kohama, Analysis of pupil response and event-related potential during a fast-paced cognitive and attention task, The European Conference on Visual Perception 2015, 2015年8月25日, University of Liverpool, Liverpool, UK

Hiroki Namikawa, Takeshi Kohama, Hisashi Yoshida, A method for controlling the resting-state brain function by using low-passed dynamic random-dot patterns, The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2015年7月30日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市

Mitsuhiro Kodama, Takeshi Kohama, A saliency estimation model considering motion detection mechanisms of visual system and its visual adaptation property, The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2015年7月28日, 神戸国際会議場, 兵庫県神戸市

中井裕真, 加納悠史, 上田慎一, 栗原正幸, 岩崎健二, 小濱剛, 吉田久, マイクロサッカーカード潜時解析に基づく音声および身体応答による認知負荷の客観的評価, 第54回日本生体医工学大会, 2015年5月7日, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市

岡本亮太, 並河弘樹, 小濱剛, 吉田久, NIRSによる安静時機能的結合推定のための計測条件の検討, 第54回日本生体医工学大会, 2015年5月7日, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市

Makoto Nishino, Takeshi Kohama, Effects of fixation eye movements on retinal responses to band limited random dot patterns, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2014年9月13日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

② Yuta Maeda, Takeshi Kohama, A neuron network model of top-down and bottom-up information integration in higher order visual processing, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2014年

9月13日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

② Hiroki Yoshino, Takeshi Kohama, Performance evaluation indexes of characteristics of gaze shifts on natural visual scenery, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2014年9月13日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

③ Ken Tokudome, Takeshi Kohama, Sho Kikkawa, Hisashi Yoshida, A mathematical model of drift eye movements with mean square displacement profile, The 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), 2014年8月28日, Sheraton Chicago Hotel and Towers, Chicago, IL, USA

④ Hiroki Namikawa, Takeshi Kohama, Hisashi Yoshida, A Resting-State fMRI Analysis Evoked by Low-Passed Dynamic Random-Dot Patterns, The 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), 2014年8月28日, Sheraton Chicago Hotel and Towers, Chicago, IL, USA

⑤ Takeshi Kohama, Daisuke Noguchi, Sho Kikkawa, Hisashi Yoshida, The effects of attentional concentration on dynamic characteristics of drift eye movements, The 10th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV2014), 2014年7月19日, かがわ国際会議場, 香川県高松市

⑥ 加納悠史, 小濱剛, 吉田久, 視覚的注意の集中度合いとマイクロサッカーカード潜時分布の関係, 第53回日本生体医工学大会, 2014年6月25日, 仙台国際センター, 宮城県仙台市

⑦ 並河弘樹, 小濱剛, 吉田久, 帯域制限された動的ランダムドット観察時の安静時脳活動のNIRS信号解析, 第53回日本生体医工学大会, 2014年6月25日, 仙台国際センター, 宮城県仙台市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小濱剛 (KOHAMA, Takeshi)
近畿大学・生物理工学部・准教授
研究者番号: 90295577

(2) 研究分担者

吉田久 (YOSHIDA, Hisashi)
近畿大学・生物理工学部・教授
研究者番号: 50278735

(3) 研究分担者

吉川昭 (KIKKAWA, Sho)
近畿大学・生物理工学部・研究員
研究者番号: 30075329

(平成26~27年度)