

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700210

研究課題名(和文) 嗜好・意思決定に関連した脳活動分析のための心理学的個人差を考慮した脳波分析法

研究課題名(英文) Analysis Methods for Electroencephalogram Related to Preference and Decision-making Considering Human Character

研究代表者

伊藤 伸一 (ITO, Shin-ichi)

徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究部・助教

研究者番号：90547655

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、心理学的個人差(パーソナリティ)が脳波の個人差を生じさせる要因の一つである、という仮説に基づく個人差を考慮した脳波分析を提案した。脳波分析では、メディアン・モルフォロジカルフィルターと独立成分分析を組み合わせた新たなノイズ除去フィルターを考案した。また、心理学的個人差を定量評価するために、エゴグラム、KT性格検査およびYG性格検査を用いて個人の性質を得点化している。さらに、嗜好・意思決定に関連した脳波計測箇所の選定を試みた。提案手法の有効性を検証するために、被験者実験を実施し、随意歩行運動におけるヒトの意思、聴取音・音楽に対する嗜好、をそれぞれ脳波により検出するタスクを対象とした。

研究成果の概要(英文)：We proposed a method to analyze an electroencephalogram (EEG) with an individual difference. The proposed method consisted of three phases; EEG analysis, individual difference quantification and selection of the measurement positions of the EEG. In EEG analysis, a median morphological filter and an independent component analysis were used for reducing the noise and extracting the EEG feature, respectively. An egogram, Kretschmer Type Personality Inventory and Yatabe-Guilford Personality Inventory were used for the individual difference quantification, because we defined that human character affects the individual difference. In measurement positions selection, we specified the significant measurement positions by checking from the mechanism of the brain activities during a voluntary movement. To show the effectiveness of the proposed methods, we conducted experiments.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性計測評価 脳波 心理工学 個人差 性格 自己組織化マップ フィルタリング 独立成分分析

1. 研究開始当初の背景

脳科学の発展および工学的技術革新に伴い、脳波インタフェース (Brain Computer Interface: BCI) の研究・開発が飛躍的に進展している。国内の関連研究では、脳活動計測法を利用して感性を評価する研究や人間の意思決定をセンシングする BCI (電動車いすの制御の研究・開発が盛んに行なわれているが、頭皮上脳波の個人差が課題の一つとして挙げられている。特に心の計測においては、その個人差が脳波分析の精度低迷の原因となっている。個人差が生じる要因が究明されるかもしくは定量的に評価することが出来れば、個人差による脳波分析精度低下の抑制が可能となる。一方、国外では脳内メカニズム解明を目指し、脳活動の個性 (個人差) が着目され、「意思決定」時の脳活動とその個人差に関する研究などが行なわれている。しかしながら、個人差が生じる要因の究明にまでは至っていない。本申請課題は、心理学的個人差 (パーソナリティ) が脳波の個人差を生じさせる要因の一つである、という仮説に基づく個人差を考慮した脳波分析の工学的アプローチの一つである。

我々はこれまでに、日常生活場で手軽に利用可能な BCI のシステム設計を想定して、脳波の個人差に基づく脳波分析法を提案している (研究業績[16])。この研究では、脳波計の装着時間短縮および髪の毛の影響除外のために、前頭連合野の活動の一部を観測可能な左額の一箇所を計測対象とした。そして、「気分と一致する曲」・「気分と一致しない曲」・「判断が困難な曲」を脳波で分類する問題 (嗜好・意思決定) に帰着させ、実験的に検証した。このとき、脳波の個人差は、周波数フィルターのパラメータ (阻止する周波数帯域および減衰率) で表現され、加えて、脳波パターンの分類識別結果にも個人差が確認できた。しかしながら、個人差が生じる原因は不明瞭であった。そこで、心理学的個人差との関連性に着目し、パーソナリティと脳波の個人差の関連性を考察するための研究を開始した。このとき、パーソナリティを定量化するために、心理学の基礎理論に基づく自我モデルを採用した。実験的検証を実施した結果、「理論的で合理的な判断」に関連する自我 (心理特性) が「気分と一致しない曲」のようなネガティブな印象を与える刺激に対する脳活動と関連性があることが示唆された。この成果は、研究略歴に示す受賞対象となり (第 20 回インテリジェント・システム・シンポジウム ベストプレゼンテーション賞)、高い評価を受けている。研究成果より、心理学的個人差を脳波分析手法に導入することで、脳波の個人差を抑制することが可能であると推測した。

そのため、申請者は定量化された心理学的個人差を考慮した脳波分析法を研究している。提案手法は、自己組織化マップ (SOM) の学習アルゴリズムを改良し、応用した脳波

分析法である。この研究では、まず、SOM を用いて脳波の個人差を視覚的かつ定量的に確認した。その結果、SOM の初期パラメータを固定しているにも関わらず、学習結果において個人差が確認された。次に、SOM の勝者ノード決定方法を改良した。このとき、類似したパーソナリティを持つ被験者のデータが近隣に分布するように設計している。その結果、「気分と一致しなかった曲」に対して 70%以上の分類・識別率を獲得することが出来、手法の有効性が確認できた。しかしながら、BCI 構築に向けての十分な分類・識別結果を得るまでには至っていない。これは、脳波計測の部位が左額の一箇所であるため十分な脳活動の情報を獲得することが出来ないこと、心理学的個人差の定量化のために一種類の心理テストのみを用いていること、などが原因として推測された。

2. 研究の目的

研究期間内において、以下の 4 点について明らかにする。

(1) 多チャンネル脳波計測によるノイズ除去

多数の計測点において「嗜好・意思決定」のタスク実行時の脳波の分析を試みる。まず、心理学的個人差を考慮した SOM を用いて脳波パターンを分類する。また、灰色分析が脳波分析法としての有用性について考察する。さらに、多チャンネル脳波分析に有効な既存のノイズ除去法 (独立成分分析: ICA) に、新たなノイズ除去フィルターを導入することで、ノイズ除去および特徴抽出を行なう。

(2) 最適な計測箇所の選抜

「嗜好・意思決定」に関連する脳活動情報が取得可能な計測箇所を選定する。多数の計測箇所において観測されるデータの中には、実験タスクに寄与しない計測箇所が含まれる可能性があるためである。ここでは、脳活動メカニズムに基づき、分析する。具体的には、意思決定の脳活動メカニズムと観測脳波との関連性について考察し、計測箇所の選定を実施する。

(3) 多数の心理テストを用いた心理学的個人差の定量化

複数の心理テストを用いて、心理学的個人差の定量化を図る。心理学において、パーソナリティを評価する手法は多数存在し、それぞれの特性は論理的に異なる。複数の心理特性項目を用いてパーソナリティを定量化することで、「嗜好・意思決定」に関与する心理特性項目を選定する。

(4) 心理テスト項目の最適化

複数の心理テスト項目すべてが脳波の個人差の生じる要因に寄与するとは限らない。このことが、脳波分析精度に影響をおよぼす可能性がある。そのため、最適な心理テスト項目を選出する。

3. 研究の方法

まず、脳波の個人差と心理学的個人差との関連性の傾向を考察した。次に、自己組織マップ (SOM) を用いて視覚的かつ定量的に脳波の個人差を確認し、SOM の有用性を示した。最後に、心理学的個人差を定量化し、定量結果を用いて SOM の学習時における勝者ノードの決定方法が改良された脳波パターン分類・識別器を考案し、その有効性を示した。しかしながら、提案した識別器のパターン分類・識別精度は 70%程度と十分ではない。原因として、左額の一箇所から観測される脳波のみを分析しているため、「嗜好・意思決定」に関連する脳活動の情報を十分に獲得できていないこと、脳波に含まれるノイズ (アーチファクトを含む) の除去が不十分であること、使用した心理テストが一種類であり、「嗜好・意思決定」タスク実行時における脳波の個人差と深く関連する心理特性 (心理テスト項目) を網羅するまでには至っていないこと、が挙げられる。本申請課題では、これら 3つの問題を 4つのフェーズに分けて解決する。

(1) 多チャンネル脳波計測によるノイズ除去

脳波に含まれるノイズ除去に関する課題を解決するために、これまでの研究と同様に、嗜好・意思決定タスクに帰着させ、脳波を分析する。ここでは、前頭連合野全体の活動を多チャンネル脳波計測装置 (備品として計上) により計測し、脳波のノイズ除去および特徴抽出を行ない、学習アルゴリズムを改良した SOM を用いて脳波パターン进行分类する。このとき、新たなノイズ除去フィルターを考案し、ノイズ除去および特徴抽出を行なう。また、近年着目され始めている灰色理論の脳波分析への適合性について考察する。なお、心理学的個人差の定量化には、これまでの研究と同様に一種類の心理テストを用いる。

(2) 最適な計測箇所を選抜

脳波の計測部位に関する課題を解決するために、まず、前頭連合野全体の脳活動のうち、明らかに「嗜好・意思決定」に依存しない活動部位を、目視により確認する。このとき、明らかに電位が小さい電極および変位の小さい電極を、脳波分析の対象としない電極とみなす。次に、電位・変位が共に高い電極を対象に、脳波パターン分類の精度が高くなる電極配置の組み合わせを選定する。

(3) 多数の心理テストを用いた心理学的個人差の定量化および最適化

心理学的個人差の定量化に関する課題を解決するために、複数の心理テスト項目 (主に性格診断テスト) を対象とし、パーソナリティを定量化する。ここでは、研究方法 (1) (2) の結果に基づいて、脳波パターン进行分类する。このとき、すべての心理テスト項目

を対象に専用ソフトウェアを用いて総合評価を定量化する。また、心理テスト項目から、嗜好・意思決定関連タスク時の脳波の個人差と深い関連性のある心理テスト項目を選定する。ここでは、因子分析 (FA) と GAs を組み合わせた手法を用いる。そして、脳波パターン分類精度を最も高くする心理テスト項目を選定する。

4. 研究成果

(1) 多チャンネル脳波計測によるノイズ除去

我々は、まず、心理学的個人差を考慮した SOM の有用性について考察した。ここでは、聴取音楽に対する印象 (嗜好) を脳波で分類するタスクを対象とした。実験的検証を実施した結果、心理学的個人差を考慮しない場合に比べて、良好な結果を得ることが出来た。また、SOM における初期パラメータおよび学習データの特性の違いの影響を受けにくいことが確認できた。研究成果は、国内学会、国際会議および学術論文にて公表済みである。

次に、灰色理論の脳波分析における有用性について考察した。ここでは、聴取音に対する嗜好を脳波で分類するタスクを対象とした。実験的検証を実施した結果、嗜好なパターンを脳波で分類した識別率が 75%以上と比較的良好な結果を得ることが出来た。研究成果は国際会議にて公表済みであり、学術論文の掲載も決定している。

また、歩行運動を行なおうとするヒトの意思決定を対象に、新たなノイズ除去フィルターの有効性を確認した。ここでは、単一チャンネル (左前頭極) の脳波に着目し、考案フィルターの精度を確認している。考案フィルターは、メディアンフィルタを施した後に、モルフォロジカルフィルタを適用したものである。モルフォロジカルは、モルフォロジーの基本演算であるミンコフスキー和とミンコフスキー差を利用する。

$$[f \oplus g](t) = \max_{u \in G} \{f(t-u) + g(u)\} \dots\dots\dots (1)$$

$$[f - g](t) = \min_{u \in G} \{f(t-u) - g(u)\} \dots\dots\dots (2)$$

$f(t)$ は原波形を意味し、 $g(t)$ はフィルタの特性を決定する構造関数である。上記の和と差に対応するものとして dilation と erosion がある。これらは構造関数 $g(t)$ をその対象の構造関数に置き換えたミンコフスキー和とミンコフスキー差である。一般的に、dilation と erosion を組み合わせることで、opening と closing が定義付けられる。また、サポートベクターマシン (SVM) を用いて脳波のパターン分類を行なうことで、フィルターの精度を確認した。被験者実験では、健常者 5名(男性 4名, 女性 1名, 平均年齢: 21歳)を対象と

し、2秒間隔で音を鳴らし、「右足を前に出す」、「右足を後ろに下げる」という動作を音が鳴るごとに繰り返す。この動作を1試行とし、12試行を1セットとする。実験1回に対して合計2セットの脳波計測を実施した。様々なフィルターとの比較検討を実施した結果、考案したフィルターの有効性が確認できた。これらの研究成果は、国内学会ならびに国際会議にて公表済みである。

さらに、多チャンネル脳波計測装置で計測した脳波に対して、上述する考案フィルターとICAを用いて、脳波のノイズ除去と特徴抽出を実施した。実験的検証結果により、メディアンモルフォロジカルフィルターを前処理とするICAの有効性が確認できた。なお、実験内容は上述する内容と同じである。これらの研究成果は、国内学会、国際会議にて公表済みである。

(2) 計測箇所を選定

研究方法(1)の研究成果を基に、歩行運動に関する意思決定タスクを対象とし、随意運動時の脳活動のメカニズムと観測脳波との関連性について考察することで、計測箇所を選定を実施した。ここでは、前頭前野、運動野・連合野、側頭葉の活動を対象とした。これは、周知されている随意運動に関する脳活動メカニズムに基づいている。

右膝の随意運動時と左膝の随意運動時の脳波の計測実験を実施した結果、右膝の随意運動時では右脳、左脳の側頭葉あるいは前頭前皮質、前頭野、運動連合野の順に脳活動が確認された。これは、随意運動を行なう時に、右膝の随意運動を想起した後に意思決定を行ない、随意運動を行なったからであると考えられた。一方で、左膝の随意運動時では左脳、右脳の側頭葉あるいは前頭前皮質、前頭野、運動連合野の順に脳活動が確認された。これは、随意運動を行なう時に、左膝の随意運動を認識した後に意思決定を行ない、随意運動を行なったからであると推測された。また、メディアンモルフォロジカルフィルターとICAをかけるチャンネルに制限を設け、随意運動時のメカニズムとの照合ならびに脳波パターン分類の精度を確認した結果、計測箇所を選定することが出来た。これらの研究成果は、国際会議および学術論文にて公表済みである。

(3) 多数の心理テストを用いた心理学的個人差の定量化および最適化

心理学において、パーソナリティを評価する手法は多数存在し、それぞれの特性は論理的に異なる。複数の心理特性項目を用いてパーソナリティを定量化することで、「嗜好・意思決定」に関与する心理特性項目を選定する。具体的には、エゴグラム、東京エゴグラム、KT性格検査およびYG性格検査の心理テストを実施し、音楽聴取時の脳波を分析することで性格と聴取音楽の対する嗜好との

関連性を考察すると共に、心理学的個人差と観測脳波に含まれる個人差との関係を明らかにする。実験的検証を実施した結果、比較的良好的な結果であった。この研究成果は、電気学会C部門大会ならびに国際会議(The 2014 World Congress on Computer Science and Information Technology)で発表を予定している。また、心理テスト項目の最適化に関しては、それら項目の関連性を明らかにする必要がある。このことは今後課題として挙げられる。

(4) まとめ

全体として、申請時に挙げた研究課題の多くは達成された。しかしながら、灰色理論に基づくノイズ除去フィルターについては、検討が必要であり、有効性を確認するに至っていない。現在、パラメータの調整を実施している。また、複数の心理テスト項目を利用することで、脳波分析精度の向上を図るに至ったが、項目の最適化に至っていない。これは、心理テスト項目間の関連性を明確化することが出来なかったためである。これら関連性を明確化することが今後の課題である。

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 4件)

① Shin-ichi Ito, Momoyo Ito, Katsuya Sato, Shoichiro Fujisawa and Minoru Fukumi, Preference Classification Method Using EEG Analysis Based on Gray Theory and Personality Analysis, Online Journal on Computer Science and Information Technology, OJCSIT (in press) 2014. 査読有

② Shin-ichi Ito, Momoyo Ito, Katsuya Sato, Shoichiro Fujisawa and Minoru Fukumi, Preference Analysis Method Applying Relationship between Electroencephalogram Activities and Egogram in Prefrontal Cortex Activities - How to collaborate between engineering techniques and psychology -, International Journal Advanced in Psychology (in press) 2014. 査読有

③ Nobuhisa Kuramoto, Shin-ichi Ito, Katsuya Sato and Shoichiro Fujisawa, Electroencephalogram Analysis of Mechanisms underlying Brain Activity During Voluntary Movement, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 4, No. 1, pp. 49-56, 2014. 査読有 (DOI: 10.7763/IJBBS.2014.V4.309)

④伊藤伸一, 濱口昌志, 佐藤克也, 藤澤正一郎, 自己組織化マップを用いた聴覚刺激時における脳波に含まれる個人差に関する一考察, ライフサポート学会, 24巻, 4号, 153-158頁, 2012年. 査読有

[学会発表] (計 7件)

①Shin-ichi Ito, Momoyo Ito, Katsuya Sato, Shoichiro Fujisawa, Minoru Fukumi, Preference Classification Method Using EEG Analysis Based on Gray Theory and Personality Analysis, The 2013 World Congress on Computer Science and Information Technology, WCSIT13, CD-ROM, Triumph Hotel (Cairo, Egypt), 15 December 2013.

② Nobuhisa Kuramoto, Shin-ichi Ito, Katsuya Sato and Shoichiro Fujisawa, Electroencephalogram Analysis of Mechanisms underlying Brain Activity During Voluntary Movement, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 4, No. 1, pp. 49-56, Elite Palace Hotel (Stockholm, Sweden), 14 December, 2013.

③倉本 展尚, 伊藤 伸一, 佐藤 克也, 藤澤正一郎, 随意運動における脳活動のメカニズム, 平成 25 年度電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文, pp.1101-1106, 北見工業大学 (北海道), 2013 年 9 月 6 日

④伊藤 伸一, 佐藤 克也, 藤澤 正一郎, 福見稔, 心理学的個人差を導入した脳波パターン分類, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp.2660-2663, 福岡国際会議場 (福岡県), 2012 年 12 月 20 日

⑤ Nobuhisa Kuramoto, Shin-ichi Ito, Katsuya Sato and Shoichiro Fujisawa, Trigger Pattern Detection Method for Assisting in Ambulation Rehabilitation Based on EEG Analysis, Proceedings of 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Ro-Man2012, pp.646-652, Arts et Métiers ParisTech (Paris, France), 11 September, 2012.

⑥伊藤 伸一, 日常生活場利用を目指した個人差を考慮した脳波センシング技術, 平成 24 年電気学会産業応用部門大会, シンポジウム, Vol.2 S10 2, No.2, pp.II-5-II-8 頁, 千葉工業大学 (千葉県), 2012 年 8 月 23 日

⑦伊藤 伸一, 満倉 靖恵, 佐藤 克也, 藤澤正一郎, 自己組織化マップを用いた個体差を考慮した脳波分析, 計測自動制御学会システ

ムインテグレーション部門講演会, pp.2208-2211 頁, 京都大学 (京都府), 2011 年 12 月 25 日

[その他]

徳島大学研究者データベース:

<http://pub2.db.tokushima-u.ac.jp/ERD/person/189119/profile-ja.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 伸一 (ITO, Shin-ichi)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・助教

研究者番号: 90547655