

脳波の分布の偏りを考慮した脳波特徴量概念ベースの構築 Construction of the EEG Feature Quantity Concept Base in Consideration of the Deviation of the Distribution of EEG

杉本 聖弥[†] 森本 麻代[†] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Seiya Sugimoto Mayo Morimoto Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、脳から発せられる電気信号である脳波を解析することで感情の判断を行う研究が進められている。脳波を用いて感情を判断する先行研究として、脳波特徴量概念ベースを用いた手法が提案されている^[1]。この手法は、感情を判断する際に、脳波を取得する機器の接触不良などから混入する雑音の影響を受けにくいとされる。

脳波特徴量概念ベースを用いた感情判断システムについて説明する。感情を判断する脳波をシステムに入力し、感情と脳波を対応付けて格納している脳波データ知識ベース内の脳波と比較する。脳波データ知識ベース内には、怒り・悲しみ・感情なし・喜びの 4 感情ごとに脳波が対応付けられている。比較を行い、最も類似度の高い脳波に対応付けられた感情を入力した脳波の感情として出力する。どの脳波と類似しているかを判断する際に、脳波特徴量概念ベースと脳波関連度計算方式を用いる。脳波特徴量概念ベースとは、脳波の成分を概念、その概念と共起する脳波の成分を属性と定義し、概念を属性の集合で表現した概念ベースである。また脳波関連度計算方式とは、脳波間の関連の強さを定量的に判断する手法であり、実数値 0.0 から 1.0 で表現される。

脳波特徴量概念ベースを構築する際、脳波を一定の電圧値で区切り、同一区間内を同じ概念と定義している。これは、脳波を解析して得られる電圧値は連続値であるため、同じ値が複数出現することは少ないためである。しかし、既存の脳波特徴量概念ベースでは、電圧値の分布の偏りが考慮されておらず多くの脳波が同じ概念として定義されている。同じ概念が多いと、脳波データを概念間で比較できず正しい感情判断が行えないと考える。そこで、本稿では電圧値の偏りを考慮した脳波特徴量概念ベースを構築した。

2. 感情・源脳波取得実験

脳波と感情を対応付けた脳波データ知識ベースを構築するために、感情・源脳波取得実験を実施した。本実験では、スペクトル解析をする前の源脳波を取得し、脳波データに対応する感情を付与した。源脳波とは、実験で使用した脳波測定機器より被験者から得られる脳波のことを指す。感情取得実験では、被験者に邦画 1 作品を男性は 5 回、女性は 6 回に分けてペーストレス電極ヘルメット^[2]を被せ視聴させた。

3. 脳波データの作成

源脳波取得実験で取得した源脳波をスペクトル解析し、

[†] 同志社大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering,
Doshisha University

[‡] 同志社大学 理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

1.28 秒間の周波数帯域毎の電圧値(μV)を取得する。脳波は時間が経つにつれて電圧の強弱の変化があり、実験時間や被験者の違いによって基本の電圧の強さが異なる。そのため、電圧値に対して線形正規化と非線形正規化の 2 つの正規化を行う^[3]。線形正規化は、実験時間が経つにつれて変化する脳波の電圧の強さを補正し、非線形正規化は、被験者ごとで異なる電圧値の強弱を補正した。

脳波は周波数帯域によっておよそ 5 つの成分に分類される。 δ 波は筋電や心電、 γ 波は電気の周波数により雑音の影響を受けやすいため、本稿では θ 波・ α 波・ β 波のみ用いる。14 本の電極から得られた源脳波にそれぞれスペクトル解析を行い、各データの θ ・ α ・ β 波に対応する周波数帯域の電圧値を平均化した値を脳波特徴量とする。よって、1 つの源脳波から $14 \times 3 = 42$ 個の脳波特徴量を得ることができる。この 42 個の脳波特徴量から構成されるデータを脳波データと定義し、脳波データ知識ベースに格納する。

4. 脳波データ知識ベース

脳波データ知識ベースは、脳波データと感情との対応付けをしたデータが格納されている知識ベースである。脳波特徴量 42 個の脳波データに対して、「喜び」「悲しみ」「怒り」「感情無し」のいずれかの感情が付与されている。

5. 脳波特徴量概念ベース

脳波特徴量概念ベースとは、1 つの脳波特徴量をそれと共起した他の脳波特徴量で定義する知識ベースである。

脳波データは 42 個の脳波特徴量で構成されており、うち 1 個を「概念」、残りの共起する 41 個の脳波特徴量とその概念自身を「属性」として定義する。概念は属性とその重要さを示す「重み」の集合で構成される。また、属性を必ず概念として登録することで、連鎖的構造をした脳波特徴量概念ベースを構築することができる。ある概念 A の属性を 1 次属性とよび、これらの属性もまた概念として登録されているため、ある属性の集合で構成される。この属性の集合を概念 A の 2 次属性とよぶ。このように、ある概念から任意の n 次属性まで連鎖的に展開することができる。

5.1. 刻み幅の設定

脳波特徴量は小数点第 8 位までの細かい精度で表現されているが、ある程度の精度に達すると電圧値の差が非常に小さくなる。よって近似する電圧値を持つ脳波特徴量同士を同じ概念として定義する。同じ概念として定義する電圧値の幅を刻み幅とする。既存研究では θ 波・ α 波の最大電圧値を $1000\mu\text{V}$ 、 β 波の最大電圧値を $500\mu\text{V}$ として、それぞれを 2000 個に分けて区切った $0.5\mu\text{V}$ 、 $0.25\mu\text{V}$ の刻み幅で概念の定義を行った。また、概念は番号で表現され、例えばある電極 1 つから得た θ 波の電圧値 $0.0\mu\text{V}$ から $0.5\mu\text{V}$ を概念番号 1、 $0.5\mu\text{V}$ から $1.0\mu\text{V}$ を概念番号 2 とする。

5.2.属性の重み付け

概念は、属性と重みの集合で構成され、重みは情報検索などの分野で用いられる $tf \cdot idf$ の考え方を概念ベースに適応した概念ベース $tf \cdot idf$ を用いて計算される。ある概念 A の属性 a の重み $W(A, a)$ は式(1)で求められる。

$$W(A, a) = tf_n(a) \times \log_2 \frac{V_{all}}{df_n(a)} \quad (1)$$

$tf_n(a)$ とは、ある概念 A の n 次属性内に a が出てくる頻度を表す。また V_{all} は脳波特徴量概念ベース内の全概念の総数、 $df_n(a)$ は n 次属性集合内において概念 a を属性として持つ概念の数を表す。 idf は V_{all} を $df_n(a)$ で除算した値の対数を取ったものである。

6. 脳波特徴量概念ベースの再構築

既存の脳波特徴量概念ベースを、刻み幅を変更して再構築を行う。既存の脳波特徴量概念ベースでは、 θ 波・ α 波は最大電圧値を $1000\mu V$ 、 β 波は $500\mu V$ として刻み幅をそれぞれ $0.5\mu V$ 、 $0.25\mu V$ に設定している。しかし、脳波特徴量の平均値を求めると多くが $1\mu V$ 以下であるため、42 個の脳波特徴量を刻み幅ごとに概念番号に変換した場合、部位・周波数帯域毎に同じ概念番号が割り当てられる可能性が高くなる。その一例を表 1 に示す。部位は、ペーストレス電極ヘルメットに付けられた電極の位置を示す。脳波データ 1, 2, 3 において、概念番号の並びがほぼ同じになっていることがわかる。

表 1 概念番号に変換した脳波データ

部位・周波数帯域	Fp1・ θ	Fp1・ α	Fp1・ β	...	Fz・ α
脳波データ 1	1	6	51	...	2206
脳波データ 2	1	6	51	...	2206
脳波データ 3	1	6	52	...	2208

同じ概念番号が多く割り当てられると、感情を判断する入力脳波と同じ並びの脳波データが複数存在する場合があります。正しく感情判断が行えない可能性がある。よって、各周波数帯域の刻み幅を変更し、同じ概念番号が多く割り当てられないようにする必要がある。

本稿では、それぞれの刻み幅を $0.05\mu V$ 、 $0.025\mu V$ に変更する。以下の図 1 は、脳波特徴量概念ベースを構築する際に用いた脳波データの部位 Fp1、周波数帯域 θ 波において、脳波特徴量が上記の二種類の刻み幅によりどの概念番号に割り当てられたかを示す図である。

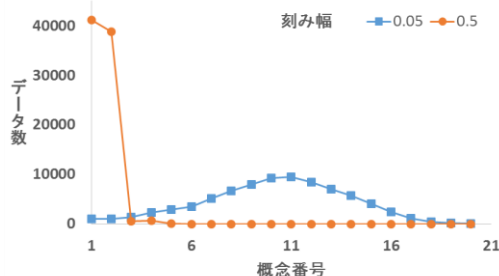


図 1 同一概念となるデータ数

図 1 より、既存の刻み幅では部位 Fp1、周波数帯域 θ 波においてほとんどの脳波特徴量が概念番号 1, 2 に変換されている。しかし、提案した刻み幅では概念番号 20 まで多くの脳波特徴量が割り当てられた。

7. 評価実験

既存手法と本稿で構築した 2 種類の脳波特徴量概念ベースを用いて、各感情判断の精度を求めた。感情判断をした際、システムから出力された感情が入力した脳波の感情と一致すると正解とする。

7.1.実験データ

本稿では、脳波データ 2874 個を評価実験の対象とする。2874 個の脳波データの感情の内訳は怒りが 536 個、喜びが 394 個、悲しみが 720 個、感情無しが 1224 個である。

7.2.実験結果

実験の結果、30.27% の精度が得られた。既存手法の精度と感情ごとに比較した結果を表 2 に示す。

表 2 精度の比較

	喜	怒	悲	無	合計
既存手法	8.38%	26.12%	35.83%	31.13%	28.25%
提案手法	13.20%	20.52%	30.56%	39.87%	30.27%

8. 考察

既存手法に比べ提案手法では、感情なしと喜びの精度が増加し、怒りと悲しみの精度が減少した。これは、脳波を比較して感情を出力するシステムの構造に原因があると考えられる。このシステムは、入力脳波を脳波データ知識ベース内の脳波データと比較して関連度を求める。脳波データ知識ベースには怒り、悲しみ、感情なし、喜びの順に格納されており、この感情順に比較を行う。同じ関連度の脳波データが複数存在した場合、1 番目の脳波データに対応付けられた感情を出力する。よって、「怒り」が最も出力されやすいと言える。提案手法の刻み幅に設定したことで、複数の脳波データが同じ概念番号の並びになる可能性が低くなり、関連度は同値になりにくくなった。その結果、出力する感情の偏りが軽減され、喜びと感情なしの精度が向上した。

9. おわりに

本稿では、脳波特徴量概念ベースを構築する際に設定する刻み幅を、脳波の分布の偏りを考慮した値に設定する手法を提案した。精度は 28.25% から 30.27% と僅かに精度が向上した結果となった。また、概念番号の割り振りによる偏りが軽減され、感情なしと喜びの精度が向上した。

刻み幅を変更して再構築を行ったが、他に最適な組み合わせの刻み幅があると考えられる。脳波データに最適な刻み幅を設定することで、より高い精度の感情判断が行えるシステムを構築することができるのではないかと考える。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（若手研究（B）24700215）の補助を受けて行った。

参考文献

- [1] 森本麻代, 芋野美紗子, 土屋誠司, 渡部広一: “脳波特徴量概念ベースを用いた脳波感情判断システムの構築”, 信学技報, AI2013-49, Vol.113, No.459, pp25-30, 2014
- [2] 脳機能研究所, “製品ラインアップ”, (2015/06/10 参照) <http://www.bfl.co.jp/products/products.html>
- [3] 時田直弥, 芋野美紗子, 土屋誠司, 渡部広一: “回帰分析を用いた脳波感情判断システムの構築”, FIT2014 J-027