

脳波を用いた概念ベース構築方法の再検討 Review of constructing Concept Base using EEG

玄武[†] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Takeshi Gen Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、ロボットは人間のコミュニケーションの相手としての役割が期待されている。ロボットが人間と円滑にコミュニケーション取るためには、何らかの方法で人間の感情を取得する必要があると考える。しかし、コンピュータが人間のように相手の細かい仕草などを見て感情を読み取ることは難しいと思われる。そこで、人間の感情を機械的に読み取る方法として脳波感情判断システムがある。本稿では先行研究^[1]をもとに脳波感情判断システムを改良し精度向上を目指す。

2. 関連技術

2.1 脳波

脳波とは脳から生じる電気信号を電極で記録したものであり、その周波数帯域によって分類することができる。この分類を表 1 に示す。δ波、γ波については雑音の影響が大きいので、本研究では使用しないこととする。

表 1 脳波の分類

名称	周波数帯域	雑音の原因
δ波	1Hz~4Hz	筋電・心電
θ波	4Hz~8Hz	—
α波	8Hz~13Hz	—
β波	13Hz~30Hz	—
γ波	30Hz~60Hz	周囲の電子機器

2.2 脳波測定機器

脳波の取得には株式会社脳波研究助成の脳波計を用いる。この脳波測定機器には国際 10-20 法で定義された 14 極の電極が搭載されている。

2.3 源脳波・脳波特徴量・脳波データ知識ベース

被験者に上で述べた脳波測定機器を装着した状態で、邦画 1 作品を視聴させる。視聴させる映画の登場人物の発話 315 個に対する被験者の脳波と感情を取得した。ここで取得した脳波を源脳波と呼ぶ。この源脳波をスペクトル解析し、θ波・α波・β波の周波数帯域で平均化した電圧値を脳波特徴量と呼ぶ。これによって、映画の登場人物の 1 つの発話から、脳波計の電極 14 極それぞれに θ波・α波・β波の 3 つの周波数帯域より 42 個の脳波特徴量が得られる。この脳波特徴量 42 個を 1 セットの脳波データとする。脳波データ知識ベースには、この脳波データが感情と対応付けられて格納されている。

3. 脳波特徴量概念ベース

脳波感情判断システムを構築するために、脳波から概念ベースを作成する。概念ベースとは言語処理の分野で利用される方法で、一つの言葉を「概念」、その意味を表す語を「属性」と定義したとき、「属性」と重要さを示す「重み」の対を複数付与することで構成される。概念ベースは任意の次元までの属性を導出することができ、属性が連鎖的に集合した構造をしている。この構造より言語同士に新たな関係性を見出すことができる。脳波特徴量でも共起する脳波特徴量の集合によって同様の構造を構築できる。また概念ベースでは、概念に対する属性の関連が強いほど大きな重みが付与されている。雑音である属性には小さい重みが付与されるため、使用する際に雑音の影響を減らすことができる。

3.1 概念ベース構築方法

脳波データ知識ベース内の脳波データ 1 セットは 42 個の脳波特徴量で構成されている。この 42 個の脳波特徴量のうち 1 つを概念、概念を含む 42 個を属性と定義する。

脳波特徴量は少数第 8 位までの細かい数値のデータになっているが、脳波データ関連度計算方式を用いるために、脳波特徴量のある程度の幅で区切り、脳波特徴量とその区間内にある概念は同じ概念として定義する。

概念は脳波測定機器の電極の部位、周波数帯域、脳波特徴量で定義され、属性は電極の部位、周波数帯域、脳波特徴量と、概念に対する重要さを示す重みで定義される。

属性に対する重みの付与は、情報検索などの分野で用いられる tf-idf の考え方を基に行う。ある概念 A の属性 a の重み $W(A, a)$ は(1)の式で求められる。

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

$tf_n(a)$ とは、ある概念 A の n 次属性内に a が出てくる頻度、 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。 V_{all} を $df_n(a)$ で除算した値の対数を取ったものを idf と定義し、tf と idf の積を重みとする。構築した脳波特徴量概念ベースのイメージを表 2 に示す。

表 2 脳波特徴量概念ベースのイメージ

概念	属性
(Fp1,α,0.19)	(Fp1,β,0.69,0.34) (Fp1,θ,0.98,0.08) …
(Fp1,β,0.69)	(Fp1,α,0.19,0.25) (Fp1,θ,0.89,0.18) …
(Fp1,θ,0.98)	(Fp1,α,0.67,0.43) (Fp1,θ,0.42,0.34) …
…	…

3.2 脳波データ関連度計算方式

脳波データ関連度計算方式とは、2 つの脳波データ間の関連の強さを定量的に求める方法である。脳波データ間の関連が強いほど大きな数値となる。

まず、重み比率付き脳波データ一致度について述べる。入力する脳波データを A とし、その 42 個の脳波特徴量を

[†] 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

属性とした、概念 A' を定義する。概念 A' は式(2)で表される。L は属性数、p は電極の部位、f は周波数帯域、e は脳波特徴量、u は属性の重みをそれぞれ表している。

そして同様に、脳波データ知識ベース内にある任意の脳波データを B とし、脳波データ B のもつ 42 個の脳波特徴量を属性とした概念 B' を定義する。概念 B' は式(3)で表される。M は属性数、v は属性の重みを表している。

$$A' = \{(a_1, u_1), (a_2, u_2), \dots, (a_L, u_L)\} \quad (2)$$

$$B' = \{(b_1, v_1), (b_2, v_2), \dots, (b_M, v_M)\} \quad (3)$$

$$a_L = (p_L, f_L, e_L) \quad (4)$$

$$b_M = (p_M, f_M, e_M) \quad (5)$$

重み比率付き脳波データ一致度は式(6)で定義される。 sA' は $a_i=b_j$ となる時の a_i の重みの合計、 sB' は $a_i=b_j$ となる時の b_j の重みの合計である。 nA' 、 nB' はそれぞれ概念 A' および概念 B' に含まれる属性の重みの合計である。

$$DoM(A', B') = \frac{\frac{sA'}{nA'} + \frac{sB'}{nB'}}{2} \times \frac{\min(u_i, v_j)}{\max(u_i, v_j)} \quad (6)$$

次に重み比率付き脳波データ関連度について述べる。概念 B' の属性を、先ほど求めた $DoM(A', B')$ が最大になるように並べ替える。並べ替えたものを概念 B の属性と重みを (b_{xj}, v_{xj}) とし式(7)のように定義する。

$$B = \{(b_{x1}, v_{x1}), (b_{x2}, v_{x2}), \dots, (b_{x42}, v_{x42})\} \quad (7)$$

$$b_{xi} = (p_{xi}, f_{xi}, e_{xi}) \quad (8)$$

重み比率付き脳波データ関連度 DoA は式(9)で定義される。

$$DoA(A', B') = \sum_i DoM(a_i, b_{xi}) \times \frac{(u_i + v_{xi})}{2} \times \frac{\min(u_i, v_{xi})}{\max(u_i, v_{xi})} \quad (9)$$

4. 先行研究の問題点と提案手法

既存の脳波特徴量概念ベースにはいくつかの問題点が考えられる。まず 1 つが、定義された概念が 2000 個程度と少なくなってしまうことである。もう 1 つが属性の精錬が行われておらず、雑音と考えられるような idf 値の小さい属性が多く付与されていることである。これらの問題を解決するため、同概念として定義する区間を小さくすること(提案手法 1)と idf 値の小さい属性を削除すること(提案手法 2)を行い、脳波特徴量概念ベースを再構築した。

5. 評価実験

5.1 評価方法

評価手法として、データ群から 1 つのデータを抜き出しその他すべてのデータと比較することを繰り返し行う leave-one-out cross-validation 方式を用いる。同じ被験者の知識脳波データを除いた知識脳波データに対して比較を行い、正解率を求める。知識脳波データに付与されている感情と、入力脳波データに付与されている感情を比較し、一致すれば正解とする。本稿では怒り・悲しみ・喜び・感情なしの 4 感情を用いて評価を行う。知識脳波データ数である 2737 個に対して評価を行い、正解率を求める。重み比率付き脳波データ一致度で計算する場合、重み比率付き脳波データ関連度で計算する場合の 2 通りを行う。

5.2 評価実験

既存の脳波特徴量概念ベースは同概念として定義する区

間が θ 波、 α 波は 0.5、 β 波は 0.25 であった。提案手法 1 ではこの区間を 10 分の 1 にした場合と、100 分の 1 にした場合についてそれぞれ脳波特徴量概念ベースを再構築し、精度評価を行った結果を表 3 に示す。

表 3 提案手法 1 の評価結果

	既存手法	10 分の 1	100 分の 1
一致度	28.40%	29.12%	26.27%
関連度	30.80%	30.20%	27.18%

概念を定義する区間を 10 倍に細かくした場合について、属性の idf 値が 2.0 未満の属性を削除した場合、3.0 未満の属性を削除した場合でそれぞれ脳波特徴量概念ベースを再構築した。精度評価の結果を表 4 に示す。

表 4 提案手法 2 の評価結果

	精錬なし	2.0 未満削除	3.0 未満削除
一致度	29.12%	28.74%	29.99%
関連度	30.20%	29.98%	30.45%

6. 考察

提案手法 1 では、重み付き脳波データ一致度で計算した場合は、概念を定義する区間を 10 分の 1 にした場合はわずかに精度が向上したが、100 分の 1 にした場合はわずかに精度が悪化した。また、重み付き脳波データ関連度で計算した場合は、概念を定義する区間を 10 分の 1 にした場合はわずかに精度が悪化し、100 分の 1 にした場合はさらに精度が悪化するという結果になった。この結果から、概念を定義する区間をある程度広く設けなければ、属性として見たときに他の概念を十分に表現できず精度が下がってしまうと考えられる。

提案手法 2 では、2 つの計算方法でどちらの場合も idf の値が 2.0 未満の属性を削除した場合は精度がわずかに悪化し、idf の値が 3.0 未満の属性を削除した場合は精度がわずかに向上するという結果になった。この結果から、idf の値が 2.0 未満の属性を削除した場合は、ほとんど属性を削除できていなかったため十分な属性の精錬ができていなかったと考えられる。idf の値が 3.0 未満の属性を削除した場合は、わずかではあるがどちらの方法でも精度が向上したため、適切に属性の精錬を行えばシステムの精度向上につながると考えられる。

7. おわりに

本稿では、脳波特徴量概念ベースを用いた感情判断システムの精度向上の方法として、まず、概念を定義する区間を細かくすることで定義できる概念の数を増やすこと、次に、属性の idf の値によって属性の精錬を行うことの 2 つを試みた。概念を定義する区間を細かくする方法では、定義する概念数を大幅に増やすことはできたが、評価結果にわずかな変化しか見られず、精度の向上は見られなかった。idf の値によって属性の精錬を行う方法では、わずかではあるが精度が向上した場合もあった。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K00311 の助成を受けて行ったものです。

参考文献

- [1] 森本麻代, 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”, 情報科学技術フォーラム FIT2012, pp419-420.2012