

ニューラルネットワークの混合エキスパートモデルを用いた脳波感情判断システムの構築 Construction of the EEG Emotion Judgement System Using Mixture of Experts Model of Neural Network

松本 英介[†] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Eisuke Matsumoto Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、科学技術の急速な発展により、ロボットは産業向けの用途に加えて、人間とコミュニケーションをとる相手として注目が集まっている。将来的に人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを可能にするためには、ロボットが人間の感情を理解し、適切な返答をすることが重要である。

人間の感情表現として、表情やイントネーション、発話などがあり、これらから感情判断する手法が数多く存在する。しかし、感情をコントロールしている器官が脳であるため、脳から発する電気信号である脳波を解析することにより、人間の感情をより正確に判断することができるのではないかと考える。

既存システム^[1]では、感情判断したい脳波を脳波データ知識ベース内の脳波データと類似度計算することによって、感情判断を行っている。しかし、脳波は複数の要因が複雑に絡み合った時系列信号であり、計測部位によって現れる脳波は異なる。また、脳波は性差や個人差が存在する。よって、これらを考慮した上でシステム構築をしなければ正確な判断は困難であると考えた。そこで本稿では、混合エキスパートモデルを用いて、計測部位、性差、個人差それぞれを考慮した感情判断システムの構築を行った。

2. 関連技術

2.1 脳波

脳波は周波数帯域によって表 1 のような 5 種類に分類される。δ波は筋電・心電にあたり、γ波は周波数帯域に日本の電源周波数が含まれているため、周囲の電子機器からの影響が及ぶ。よって、本稿ではθ波、α波、β波を用いる。

表 1 脳波の分類

名前	周波数帯域	雑音の原因
δ波(デルタ)	1~4Hz	筋電・心電
θ波(シータ)	4~8Hz	-
α波(アルファ)	8~13Hz	-
β波(ベータ)	13~30Hz	-
γ波(ガンマ)	30~64Hz	周囲の電子機器からの影響

2.2 感情・脳波取得実験

感情・脳波取得実験は、脳波の取得とそれに対応する感情を取得するために実施した。男女 20 名(男性 10 名、女性 10 名)の被験者に対して、脳波測定機器を装着した状態で

[†] 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

邦画 1 作品の視聴を行った。実験で得られる脳波を源脳波と呼ぶ。

本実験では、邦画内の登場人物の発話 315 個に対して被験者がどのような感情を抱いたかをエクマンの感情^[2]に基づく、「喜び」、「怒り」、「悲しみ」、「恐れ」、「驚き」、「嫌悪」の基本 6 感情の中から最も近いものを選択してもらう。ここで付与した感情は、2.4 節で述べる脳波データ知識ベースの感情ラベルにあたる。

2.3 脳波データ

本節では、実験で得られた源脳波から脳波データ知識ベースに格納する脳波データを作成するまでの流れについて述べる。まず、得られた各電極の源脳波を 1.28 秒ごとにスペクトル解析することによって、0.39Hz 刻みで電圧値が得られる。2.1 節より本稿では θ・α・β 波を使用するため、4Hz から 30Hz に対応する電圧値を取得する。すなわち、1 電極あたり 66 個の電圧が得られる。このとき、各周波数帯域の電圧値を平均化した値を脳波特徴量と定義する。

よって、電極 1 本から得られる源脳波からは脳波特徴量が θ 波、α 波、β 波の 3 周波数帯域分得られる。また脳波感情判断システムでは、電極 14 本から得られる脳波特徴量を 1 つのまとまったデータとして扱うため、脳波特徴量は 14×3=42 個となる。この 42 個の脳波特徴量を 1 つの脳波データとして定義する。

2.4 脳波データ知識ベース

脳波データ知識ベースとは、2.3 節で作成した脳波データと 2.2 節で得た感情ラベルを対応付けしたデータが格納された知識ベースである。本稿では、プルチックの感情の輪^[3]より、実験で取得した 6 感情のうち、対となっている「喜び」、「怒り」、「悲しみ」、「恐れ」の 4 つを基本感情とし、これら 4 感情の推定を試みた。脳波データ知識ベース内の脳波データの例を表 2 に示す。

脳波データ知識ベースの内訳は、喜び 480 個、怒り 629 個、悲しみ 875 個、恐れ 979 個の合計 2945 個である。

表 2 脳波データ知識ベースの例

Fp1θ	Fp1α	..	Pzα	Pzβ	被験者番号	感情ラベル
0.37	0.16	..	0.43	0.22	1	怒り
0.31	0.42	..	0.46	0.91	1	悲しみ
0.61	0.82	..	0.61	0.21	2	恐れ
:	:	:	:	:	:	:

3. 提案手法

3.1 概要

本稿では、アンサンブル学習の 1 つである混合エキスパ

ートを用いて計測部位、性差、個人差それぞれを考慮したシステムを提案し、脳波感情判断における有効性を調査した。アンサンブル学習とは、個々に学習した複数の分類器から1つの分類器を構築する手法であり、中でも混合エキスパートとは事例ごとに適切な分類器を選択する手法である。

3.2 混合エキスパートモデル

本稿にて使用した混合エキスパートモデルは、ゲートネットワークとエキスパートネットワークと呼ばれる2種類のニューラルネットワークを用いて構築された分類器を組み合わせたモデルである。図1に混合エキスパートモデルの概略図を示す。

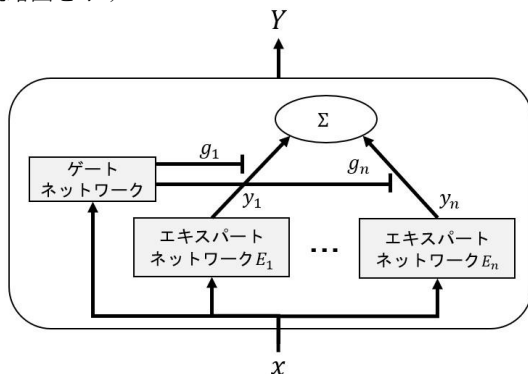


図1 混合エキスパートモデル概略図

ゲートネットワークは各エキスパートネットワークの重要性を示しており、複数のエキスパートネットワークから適切なものを選択する。エキスパートネットワーク E_1, \dots, E_n は入力された脳波データ x に対して各感情の確率を算出し、得られた出力に重みを与え、重み付けされた出力のうち最大値を最終的な出力 Y とする。出力 Y は以下の式で表される。

$$Y = \sum_i g_i y_i \quad (1)$$

性別を考慮したモデルの場合は、男性・女性それぞれのエキスパートネットワークを用意し、図1のような処理を行う。同様に、個人差を考慮する場合は、エキスパートネットワークを被験者20人分用意し、計測部位を考慮する場合は、前頭・左側頭・右側頭・後頭それぞれのエキスパートネットワークを用意した。

4. 評価実験

4.1 評価方法

評価方法として Leave One Out Cross Validation 法(以下 LOOCV と略記)を用いて、構築した脳波データ知識ベースを用いた脳波からの感情判断を行い、精度を算出した。LOOCV とは、全てのデータの内1つを抽出して残りのデータ全てを学習データとして分割を行う手法である。分割して得られた学習データで構築されたモデルを用いて、テストデータの感情を予測し、一致したときに正解として正解率を求める。

4.2 評価結果および考察

本実験において、計測部位、性差、個人差それぞれを考慮して構築した混合エキスパートモデルと、比較のため、

図2に示す単一のニューラルネットワーク(単一 NN)で感情判断を行う計4つのシステムを構築し評価実験を行った。本実験で用いるニューラルネットワークは、中間層の層数と次元数の組み合わせをそれぞれ24通り設けて実験を行い、最適なパラメータを採用している。なお、それ以外のパラメータは全ての実験において同じ数値を使用している。表3にそれぞれの実験で得られた精度を示す。

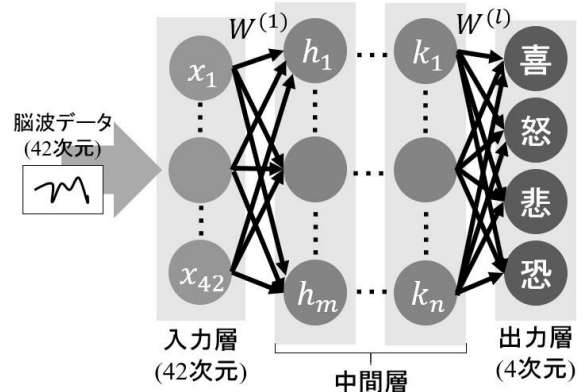


図2 階層型ニューラルネットワークのモデル概要図

表3 評価結果

単一 NN	計測部位	性差	個人差
51.10%	42.84%	52.14%	56.04%

表3より、単一のニューラルネットワークで評価した結果に比べて、計測部位を考慮したモデルでは精度が大幅に下がり、性差と個人差を考慮したモデルではわずかに精度が向上した。時田氏の研究^[4]により、女性の脳波データの方が男性脳波データよりも電圧値が大きいことから、性差が生じていることが明らかになっている。よって、性差の考慮によって精度が向上した。しかし、個人差を考慮した場合の方が精度は高いことから、脳波には性差以上に個人差による影響が大きいことがわかる。

また、計測部位の精度が低かった理由として、脳波データ作成の際に、それぞれの電極で得られたスペクトルを平均化して特徴量としているが、電極同士の相関情報も特徴量として付与する必要があると考えられる。

5. おわりに

本稿では、脳波の計測部位、性差、個人差を考慮した混合エキスパートモデルを用いた感情判断システムを構築した。評価結果より、性差、個人差を考慮した場合は精度が向上し、有効であることを示した。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16K00311 の助成を受けた。

参考文献

- [1] 泉啓太, 芋野美紗子, 土屋誠司, 渡部広一, “脳波知識ベースを用いた感情判断方式”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 10(3), pp.655-656, 2011.
- [2] Ekman, P. (1992). “An Argument for Basic Emotions.” *Cognition and Emotion*, 6(3/4), 169-200.
- [3] Robert Plutchik, “The nature of emotions”, *American Scientist*, Vol. 89, Iss. 4.
- [4] 時田直弥, 芋野美佐子, 土屋誠司, 渡部広一 “標準化ユークリッド距離を用いた脳波感情判断方式”, 情報処理学会研究報告, 2016-ICS-183(15), pp.1-6, 2016