

## 男女の脳波知識ベースを統合した脳波感情判断手法 EEG Emotion Judgment Method by Integrate Male and Female's EEG Knowledge Base

森本 麻代† 芋野 美紗子† 土屋 誠司‡ 渡部 広一‡  
Mayo Morimoto Misako Imono Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

### 1. はじめに

人と円滑なコミュニケーションが取れるロボットを実現するためには、人の感情を読み取ることで相手の感情に応じた振る舞いができることが必要である。人間は感情を脳でコントロールしているため、脳波 (EEG) を解析することで感情の判断ができると考えられる。現在脳波から感情を判断する手法として脳波知識ベースを用いた感情判断方式<sup>[1]</sup>が構築されている。しかしこの方式では男性の脳波データのみが使用されているが、男女の脳波の違いがなければ、性別で区別せずに脳波から感情を判断できる。そこで本稿では、男女間の脳波の特徴に有意な差があるかを分析し、性別に囚われず脳波を用いて感情判断する手法を構築する。

### 2. 脳波感情判断手法

本稿では既存の研究で使用されている感情判断方式<sup>[1]</sup>を参考に、性別に囚われずに脳波を用いて感情を判断する手法を提案する。この手法は、脳波知識ベース内の複数の脳波データをまとめることにより作成されたクラスタの重心と、入力する脳波データの合計誤差を計算を用いて求める。入力脳波は合計誤差が最小のクラスタと脳波の特徴が最も近いことから、同じ感情を持つと判断できる。よって入力脳波の感情は合計誤差が最も小さいクラスタの感情を出力する。

本手法で使用する脳波知識ベースを構築するために感情および脳波を取得するために実験を行った。実験により得た脳波データを源脳波と呼び、スペクトル解析することにより脳波特徴量に変換する。実験で動画を被験者に視聴させて動画内の人物の発話時対応する被験者の感情と脳波データを取得し、この感情を脳波特徴量に対応付けて知識ベースに格納する。人間が持っている代表的な 4 感情として喜怒哀楽があるが、「喜」と「楽」が類似している点と、「哀」は「悲」と同一と判断できる点を考慮して、脳波特徴量に対応付ける感情を「喜」「悲」「怒」「無」の 4 感情とした。さらにクラスタリングを用いて膨大な脳波データをクラスタにまとめることで脳波知識ベースを構築する。クラスタリング手法はクラスタの大きさを設定するための閾値を用いた k-means 法<sup>[3]</sup>を用い、閾値・クラスタ数を変化させながら適切な値を決定した。クラスタリングによって得たクラスタの重心は感情が対応付けられ脳波知識ベースに格納される。

### 3. 感情・脳波取得実験

脳波知識ベースを構築するために感情・脳波取得実験を行った。男性 10 名、女性 8 名、計 18 名の被験者に邦画 1 作品を視聴させ、映画内の登場人物の発話 315 回に対応す

†同志社大学大学院理工学研究所  
Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

‡同志社大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

る被験者の感情と脳波を取得した。感情データは 2 章で述べた通り、喜び、怒り、悲しみ、感情なしの 4 感情の脳波データを使用する。

### 4. 男女の脳波の分析

実験により得た男女の脳波を混ぜた脳波知識ベースを構築するためには、性別により正解率が偏らないことを考慮する必要がある。つまり性差によって脳波に違いがあるかを調べる必要がある。本稿では 4 種類の分析方法を用いて男女の脳波による特徴の分析を行った。正解率の有意差の有無を求める際にカイ二乗検定の独立性検定<sup>[2]</sup>を用いた。

分析方法①、②-A、②-B のイメージを図 1 に示す。分析方法①では男性脳波データを入力データとして男性脳波知識ベースで感情判断を行い求めた正解率と、女性も同様に女性脳波知識ベースで感情判断を行い求めた正解率を比較することで有意差を求める。次に分析方法②-A では男性脳波データと女性脳波データをそれぞれ男性脳波知識ベースで感情判断を行った場合の正解率を比較し有意差を求める。さらに分析方法②-B では女性脳波データと男性脳波データをそれぞれ女性脳波知識ベースで感情判断を行った場合の正解率を比較し有意差を求める。

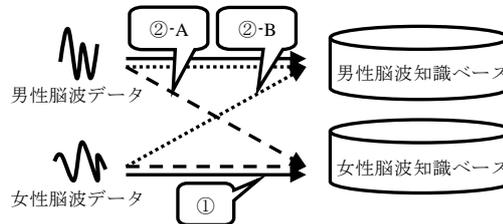


図 1 分析方法のイメージ

#### 4.1 分析方法①

分析方法①は男女の脳波の特徴から正解率の偏りがあるかを判断し、脳波知識ベースの作成方法に性別ごとに工夫が必要であるかを求めるために行った。男性脳波を用いた場合と女性脳波を用いた場合の正解率に有意差があれば、同じ性別の入力脳波と脳波知識ベースを使用していることから男女の脳波に明確な違いがあることが判断できる。つまり脳波の特徴や形状が性別により大きく異なる場合、性別に応じた脳波知識ベースの作成方法が必要だと考えられる。

男女の脳波データを用いて感情判断を行った結果、男性脳波データを用いて感情判断を行った場合の正解率は 26.8% となった。また、女性も同様に女性脳波データを用いて正解率を求めた結果 33.4% だった。この正解率を使用しカイ二乗検定を用いて正解率の比較を行った結果、男性脳波データを用いて感情判断を行った場合の正解率と女性脳波データを用いて感情判断を行った場合の正解率に有意差はなかった。よって男女の脳波の特徴により正解率に偏りはないため男女の脳波知識ベースはそれぞれ

れ同じ方法で作成することが可能である判断できる。

## 4.2 分析方法②

分析方法②は感情判断を行う男女の脳波の形状に明確な違いがあるかどうかを求める。同じ性別の脳波知識ベースを用いるため、正解率より各性別の入力脳波間に大きな違いが生じているかを判断することができる。

### 4.2.1 分析方法②-A

分析方法②-A で感情判断を行った結果、男性脳波データ、女性脳波データを用いた場合の正解率はそれぞれ 26.8%、29.6%となった。カイ二乗検定により正解率に有意差があるか判断した結果、正解率に有意差はないと判明した。有意差がないことから、男女の脳波の形状に明確な違いはないことが判断できる。

### 4.2.2 分析方法②-B

分析方法②-B で感情判断を行った結果、女性脳波データ、男性脳波データを用いた場合はそれぞれ 33.4%、29.5%となった。カイ二乗検定により正解率に有意差があるか判断した結果、正解率に有意差はないと判明した。つまり分析方法②-A と同様に男女の脳波の形状に明確な違いはないことが判断できる。

## 5. 統合した脳波知識ベースの評価と考察

分析方法①、②-A、②-B でそれぞれ正解率を比較した結果、感情判断においての男女の脳波に有意差はないことが分かった。よって男女両方の脳波データを用いた脳波知識ベースを構築し性別を区別せずに感情判断を行うことが可能であると判断した。そこで男女の脳波知識ベース内の脳波データを統合し、クラスタリングを行うことで新たに脳波知識ベースを構築した。クラスタ数は 4 感情ごとの脳波データ数を考慮し変化させて最も高い正解率を導いた。性別を区別しない男女の脳波データを入力脳波として構築した脳波知識ベースで感情判断を行った結果、正解率は 27.5%であった。

### 5.1 性別による評価と考察

男性脳波データを用いて男性脳波知識ベースで感情判断を行った正解率と、女性脳波データを用いて女性脳波知識ベースで感情判断を行った正解率はそれぞれ 26.8%、33.4%であるため、男女の脳波データを統合した脳波知識ベースによる感情判断の正解率 27.5%はそれぞれの正解率の間に位置する。既存研究<sup>[1]</sup>の正解率が約 30%であることから、ほぼ期待した結果となった。しかし、女性脳波データは女性脳波知識ベースを用いた場合の正解率よりも精度が下がっていることから、性別により正解率が偏っているため、脳波知識ベースを構築する際に何らかの工夫が必要であると考えられる。

### 5.2 感情による評価と考察

感情別に正解率を見ると、正解率 27.5%の内訳は「怒」17.2%、「悲」61.3%、「無」18.0%、「喜」3.4%であり、4 感情の正解率に偏りが生じた。さらに、分析方法①、②-A、②-B の結果を基に男性脳波知識ベース、女性脳波知識ベースの内部を分析した。ここでは性別間の正解率、脳波データの数、感情ごとの正解率と脳波データ数に着目する。男性脳波データを用いて正解率を求めた

方法を「分析方法① (男性)」, 女性脳波データを用いて正解率を求めた方法を「分析方法① (女性)」として表 1 に示す。

表 1 正解率と正解数のまとめ

分析方法	正解率 正解数	感情別正解率・正解数			
		怒	悲	無	喜
分析方法①(男性)	26.8%	9.3%	16.9%	7.3%	66.6%
	253	33	60	26	237
分析方法①(女性)	33.4%	1.6%	35.4%	40.5%	22.5%
	316	5	112	128	71
分析方法②-A	29.6%	6.1%	7.5%	13.2%	73.2%
	280	17	21	37	205
分析方法②-B	29.5%	3.1%	61.8%	7.1%	28.0%
	394	12	243	28	110
男性データ数	1330	78	354	263	635
女性データ数	941	47	240	362	292

次に男女の脳波データ数に着目する。女性の脳波データの総数 941 個は、男性の脳波データの総数 1330 個より少ない。感情別で比較すると男性脳波データは「悲」と「喜」、女性脳波データは「無」の脳波データの数が多。このことを考慮して感情別の正解率を比較すると、男性脳波データは「喜」、女性脳波データ「悲」と「無」の正解率が高いことが分かった。つまり男女で脳波が出やすく感じやすい感情がそれぞれ異なることが判明した。

よって上記で述べた通り男女間で出やすい感情がそれぞれ異なるため、男女の脳波を区別せずに感情を判断する場合男女別に出やすい感情を考慮して感情を判断する必要がある。クラスタリングをする場合でも、脳波知識ベース内の異なる性別の異なる感情の脳波データの脳波特徴量が似ていれば誤った感情と判断する可能性がある。よって脳波知識ベースの統合により、脳波特徴量の差が小さく異なる感情を持つクラスタが存在するか否かを確認する必要がある。

## 6. おわりに

本稿では感情判断における男女の脳波データの有意差の有無を分析し、男女の脳波データを統合した脳波知識ベースを構築した。構築した脳波知識ベースを用いて感情判断を行った結果、27.5%の正解率が得られた。しかし、正解率を分析すると、感情ごとの正解率には性別により偏りが生じているため、男女それぞれの脳波の特徴を活かすことにより、さらに精度の高い結果が得られると考えられる。

### 謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金 (若手研究 (B)21700241) の補助を受けて行った。

### 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”, FIT2011, J-050, 2011
- [2] 橋本智雄, “基礎過程 統計学”, 共立出版株式会社 (1989)
- [3] Ville Hautamaki, “Improving K-Means by Outlier Removal”, Speech and Image Processing Unit, Department of Computer Science, University of Joensuu(2005)