

## 再帰型ニューラルネットワークを用いた脳波による情動判断システムの提案 Suggestion of Emotion Judgment System by EEG Using the Recurrence Neural Network

阪田 基記<sup>†</sup>      土屋 誠司<sup>‡</sup>      渡部 広一<sup>‡</sup>  
Motoki Sakata   Seiji Tsuchiya   Hirokazu Watabe

### 1. はじめに

近年、表情等による感情判断システムが提案されている。しかし、これらは表層化しているもので判断を行うため被験者の状態によっては適切に判断できるとは言えない。そのため表層化される以前で判断する必要があると考え、本稿では脳波解析による情動判断に注目した。情動とは、感情と比べ急激に発生し、短時間で消滅するものである。この急激な変化を解析することで表層化される感情の定量分析に繋がると考える。また感情の定量分析が可能となれば、より正確な感情判断を行う基準を設けることが可能となると考える。そこで本稿では、再帰型ニューラルネットワークを用いた脳波による情動判断システムを提案する。

### 2. 感情と情動

感情と情動の境界には厳密な定義は存在せず、心理学、脳科学、などの研究領域あるいは、研究者によって扱いが異なるが、一般に情動は感情の下位概念であり本能的行動に関係するものであると考えられている。1980年にアメリカの心理学者 Robert Plutchik 氏は、人間の感情・情動は喜び・信頼・恐れ・驚き・悲しみ・嫌悪・怒り・期待の 8 つからなる基本情動 (1 次感情) と、基本情動の組み合わせである楽観・愛・服従・畏怖・失望・自責・軽蔑・攻撃性の 8 つからなる応用感情 (2 次感情) であると提唱した。

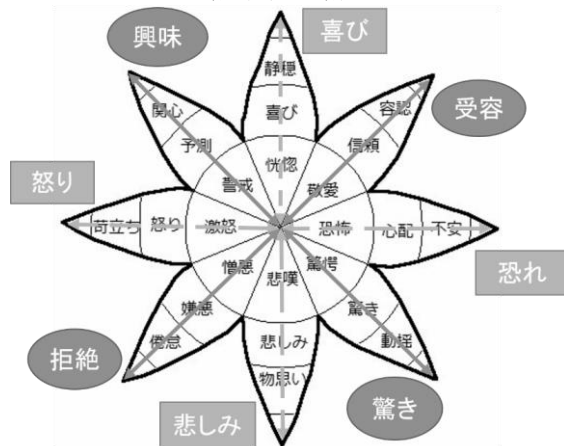


図 1 Wheel of Emotions

本稿における情動は、感覚刺激への評価に基づく生理反応・行動反応・主観的情動体験からなる短期的反応であり、喜び・怒り・恐怖・嫌悪・受容などの基本情動 (basic emotion) から嫉妬・困惑・恥など高次の社会的情動 (social emotion) まで多岐にわたる。感情と情動は Plutchik 氏の円環モデル<sup>[1]</sup>に従って図 1 に示すように区別できるものとする。ただし Plutchik 氏は感情と情動それぞれにおける強度差を表すために色のグラデーションを用いているが、本稿ではこのグラデーションは使用しないものと

<sup>†</sup> 同志社大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

<sup>‡</sup> 同志社大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

する。また本提案手法では基本情動のうち「喜び」・「悲しみ」・「怒り」・「恐れ」の 4 つの感情に分類されない「受容」・「驚き」・「拒絶」・「興味」を情動として判断を行う。加えて本稿では、後述の泉啓太氏の実験<sup>[2]</sup>によって得られたデータを用いるため、「驚き」と「困惑」を驚き (Surprise) として、「嫌悪」と「拒絶」を拒絶 (Rejection) として、「冷静」と「緊張」を興味 (Interest) として、「余裕」と「受容」を受容 (Reception) として取り扱う。

### 3. 関連技術

#### 3.1 脳波

脳波とは、脳の神経細胞の活動に伴って発生する微弱な電気信号を電極によって記録したものである。一般に脳波は表 1 に示すように  $\delta$  波、 $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波、 $\gamma$  波の 5 種類に分類される。 $\delta$  波は筋電や心電から、 $\gamma$  波は周辺の電子機器からそれぞれ影響を受けるため、本稿では、 $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波を用いることとする。

表 1 脳波の分類

名称	周波数領域	雑音の原因
$\delta$ 波 (デルタ)	1~4Hz	筋電・心電
$\theta$ 波 (シータ)	4~8Hz	-
$\alpha$ 波 (アルファ)	8~13Hz	-
$\beta$ 波 (ベータ)	13~30Hz	-
$\gamma$ 波 (ガンマ)	30~64Hz	周辺の電子機器

#### 3.2 源脳波・感情取得実験

取得した脳波と感情の対応付けを行うために、男性 16 名の被験者に対して、邦画 1 作品の視聴を行ってもらった。本実験において、脳波測定機器から得られる脳波を源脳波と呼ぶ。

本実験で使用した邦画 1 本の中には発話シーンが 315 個存在している。1 シーンの源脳波データ取得後に映像を停止し、被験者がその発話に対してどのような感情を抱いたかを項目別に選択させる。

### 4. Wheel of Emotions へのデータ適応

3.3 節で述べた脳波取得実験では被験者が発話を聞いたときの感情・情動を意図 (10 個)、感情 (8 個)、気持ち (16 個)、心情 (52 個) の 4 つの分類からそれぞれ 1 つ以上の任意の個数を選択させ、そのときの脳波を対応付ける。対応付ける脳波は実験時間中における電圧値の連続値である。そのため、発話に対応した 1 つのデータへの分割を行う。スペクトル解析の基本単位となる 1.28 秒間における  $\theta$ ・ $\alpha$ ・ $\beta$  波に対応する電圧値を 1 ブロックとする。さらに感情なしと該当なしを除いた感情ラベル (6 個) と平静と該当なしを除いた気持ちラベル (14 個) を本稿では使用するため、Wheel of Emotion への対応付けを行う。前述の 2 種類計 20 個のラベルをプロットすると以下の図 3 に示すようになり、着色された領域内に存在するラベルを情動として取り扱う。

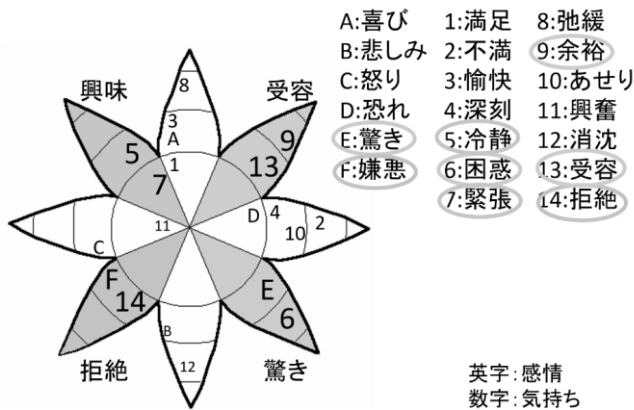


図 3 Wheel of Emotions への適応

## 5. ニューラルネットワークを用いた情動判断手法

脳波は時系列データであり情動は前後の脳波の変化に何らかの特徴があると考えられるため、情動判断手法の提案手法として、再帰型ニューラルネットワークを用いる。

再帰型ニューラルネットワークの基本的な構造は、入力層・中間層（隠れ層）・出力層の 3 種類の階層と各層のノードを繋ぐ重みから構成される。また中間層には再帰処理を可能とするため、中間層の状態を一時的に記憶する内部記憶層と帰還路が用意されている。

入力層には 3.2 節で作成した脳波データを 1 ブロックずつ入力するため、14 極×66 サンプルより 924 個の入力ノードを用意する。出力層では、2 節で定義した「Surprise」「Rejection」「Interest」「Reception」計 4 つの情動それぞれに対する確率をソフトマックス関数によって表している。本稿ではこの出力された確率のうち最も高い値を示す情動をシステムの判断結果とする。

## 6. 評価実験

本稿で行った評価実験の実験条件を以下の表 2 に示す。再帰型ニューラルネットワークのハイパーパラメータである学習率とエポック数を統一し、取得した源脳波に対して前処理を行わない場合(以下実験 1 と表記)と、平均 0, 分散 1 に標準化処理を施した場合(以下実験 2 と表記)の 2 種類の実験を行った。エポック数とは 1 つの訓練データに対する学習回数であり、バッチサイズとは 1 回の学習単位を表す。よって、学習時のデータ入力は評価用として抜き出した 1 セリフを除く全データを学習モデルに入力し学習を行った。加えて、実験 1, 2 共に学習時のデータ入力は評価用として抜き出した 1 セリフを除く全データを学習モデルに 1 セリフごとに学習モデルへの入力し学習を行った。

表 2 実験条件

	Learning rate	epoch	Standardization
実験 1	0.0001	100	×
実験 2	0.0001	100	○

### 6.1 評価方法

評価方法として、Leave One Out Cross Validation 法(以下 LOOCV と略記)を用いた。LOOCV とは、全てのテストデータの内 1 つを抽出して残りの全データを学習データとして評価を行い、このテストデータと学習データに分割する

方法を同様に全てのデータに対して行うことで、未知データに対して評価を行う手法である。本実験の場合、被験者毎に評価を行うため、被験者それぞれの脳波データを用いてモデル構築を行う。この構築されたモデルに対して抽出した 1 個のテストデータを入力し、判断した情動がそのテストデータに付与された情動と一致したときを正解とし、構築した情動判断システムの正解率を求める。

### 6.2 評価結果

以下の表 3 に実験結果を、表 4 に各情動の正答率を示す。実験 1 と 2 の結果を 2 標本 t 検定で検定を行った結果差があるとは言えないという結果となった。しかし実験 1・2 共にデータ内のラベルの比率から算出された割合と比較すると双方とに有意差が得られた。

一方、実験 1・2 を複数回行った結果双方ともに精度にブレが生じた。実験 2 では±3%程の誤差であったのに対して、実験 1 では±5%程の誤差が生じた。これは学習回数が不足していることによる未学習が主な原因として挙げられる。

表 3 実験結果

	Learning rate	epoch	min	max	average
1	0.0001	100	58.52%	94.67%	74.44%
2	0.0001	100	57.03%	96.00%	74.37%

表 4 各情動の正答率

	Surprise	Rejection	Interest	Reception	average
1	68.98%	56.09%	81.03%	56.05%	74.44%
2	69.06%	56.27%	77.86%	58.33%	74.37%

## 7. おわりに

本稿では情動のクラス分類手法として RNN を用いた情動判断システムを提案し、評価を行った。実験 1 では最大 94.67%の精度が得られ、実験 2 では最大 96%の精度を得ることができた。しかしこの結果はデータ内の偏りが 16 名の被験者のうち最も多い被験者の結果である。加えて実験 1・2 双方ともに最も間違っただけ出力されたラベルは「Interest」であり、これは今回使用したデータ内で最も多いラベルと一致する。すなわち、本稿の結果はデータの偏りによる影響を受けていると言える。この問題はデータ件数の偏りが主な原因として挙げられるため、不均衡を是正するアルゴリズムをシステムに導入する必要がある。また勾配降下法を用いているため、データによって損失関数の形状が変化するため、現時点で使用したデータでは損失が低下する更新であったとしても全体では上昇してしまう可能性があり、学習段階が後期になれば損失率を収束させるため更新量を小さくするなどの処理を検討しなければならない。

### 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] Robert Plutchik, "The nature of emotions", American Scientist, Vol. 89, Iss. 4
- [2] 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 FIT2011, J-050, pp.655-656, 2011.