

ベイズ情報量規準を用いた脳波雑音除去手法における

最適な電極配置の検討と精度比較

Investigation of optimal electrode placement and comparison of accuracy in EEG noise reduction methods using Bayesian information criterion

白須賀俊彦[†]
Toshihiko Shirasuka土屋 誠司[†]
Seiji Tsuchiya渡部 広一[‡]
Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、高齢化に伴って要介護者が増加傾向にある。要介護者の中には発話の困難な高齢者もあり、介護に対して満足しているかどうか分からない。そこで、感情を把握する方法の一つとして脳波による感情判断が注目されている。しかし、脳波は微弱な電気信号であるため、取得する際に雑音が混ざりやすい。特に、使用する脳波測定機器の電極数が多ければ、雑音となる脳波も増えるため正確な感情識別を行うことが難しい。そこで、全電極から取得した電圧値の平均値を基準として適正と思われる脳波の電圧値を取得した電極のみに絞込んだ脳波を使用することで、感情判断システムの識別精度向上を目指す。

2. 関連技術

2.1 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。脳波の周波数帯域の分類を表 1 に示す。一般に脳波は周波数帯域によって δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波、 γ 波の 5 種類に分類される。ただし、 δ 波は筋電や心電から、 γ 波は周辺の電子機器からそれぞれ影響を受けるため、これらの周波数帯域の脳波は、測定時に雑音が存在し正確な値が取れないとされている。また、基礎律動と呼ばれる持続性をもって現れる脳波は成人の場合、約 10Hz であり、 α 波に含まれる。よって本研究では、 θ 波、 α 波、 β 波を用いることとする。

表 1 脳波の種類

名称	周波数帯域	雑音の原因
δ 波	1.00~4.00Hz	筋肉・心電
θ 波	4.00~8.00Hz	なし
α 波	8.00~13.00Hz	なし
β 波	13.00~30.00Hz	なし
γ 波	30.00~64.00Hz	電源周波数

2.2 x-means 法

x-means 法とは、クラスタ数を自動的に決定するクラスタリング手法であり、最も適切だと判断するまでクラスタの 2 分割を繰り返す。2 分割前と 2 分割後の BIC を求め、分割後の値が分割前の値より小さくなった時を最適なクラスタ数と判断する。

2.3 ベイズ情報量規準 (BIC)

ベイズ情報量規準とは、予測性能に着目した情報量規準の一つである。一般的に以下の式で表される。

$$BIC = -2 * \ln(L) + k \ln(n)$$

ここで、 L は尤度、 n はサンプル数、 k はパラメータ数を表す。第一項では最大尤度を用いており、値が小さければよいモデルとなる。その際、モデルの説明変数の数を増やすとデータに適合するモデルを推定できるため、第

二項では、説明変数の数とサンプル数を用いてペナルティをかける。これにより、説明変数の数を増やすと第一項の値は小さくなるが、第二項の値が大きくなる。この二つの値から、説明変数の数を増やすのに十分な尤度が得られているかどうかという観点で規準化したものである。

2.4 ペーストレス電極ヘルメット

図 1 は株式会社脳機能研究所製の脳波測定機器である。頭皮に電極を押し当てて脳波を測定する。電極が 14 極あるため、14 箇所 of 脳波を取得することが可能である。電極の配置は図 2 の実戦で囲まれた 14 箇所のようになっている。



図 1 ペーストレス電極ヘルメット



図 2 電極配置

2.5 BR32S

図 3 は株式会社 ZMP 製の脳波測定機材である。32 極の電極と付属のソフトウェアを用いることで脳波の測定と記録が可能である。電極が 32 個あるため、32 箇所 of 脳波を取得することが可能である。電極の配置は図 4 のようになっている。



図 3 BR32S

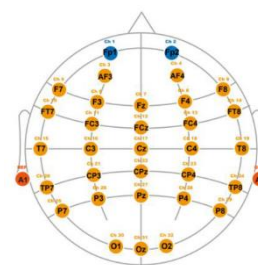


図 4 電極配置

3. 提案手法

3.1 精度評価実験

本研究では、使用する脳波感情判断システム^[1]の識別精度が電極数に依存するかどうかについて、14 極の脳波測

[†] 同志社大学大学院理工学研究科[‡] 同志社大学理工学部インテリジェント情報工学科

定機材と 32 極の脳波測定機材, 32 極の脳波測定機材で取得した脳波データを 14 極に加工したもので精度比較を行った。脳波データベースは被験者 1 人当たり 280 個の脳波データが得られるが, 一部被験者においてデータの欠損が見られたため, 一番少ないデータに合わせた 210 個×被験者 6 名分の 1260 個である。それぞれの取得した脳波データベースをクラスタリングし, 感情判断システムを使用した結果が以下の表 2 である。14 極, 32 極, 32 極を 14 極に加工したものの順で識別精度が高かった。

表 2 4 感情の LOOCV 識別精度評価

使用脳波データ	被験者内	全体
32 極	41.9%	42.1%
32 極 (14 極に加工)	26.8%	21.6%
14 極	56.4%	56.2%

3.2 精度評価実験の考察

脳波データを加工したことで大きく識別精度が低下した理由は, 脳波による感情判断において有効な電極を除外してしまったからであると考えられる。

3.1 節の結果を踏まえて, 本研究では感情の想起の仕組みをもとに使用する電極を絞り込むことで, 感情判断システムの精度を向上させることができるのではないかと考えた。

3.3 感情の想起

感情の想起の仕組みとそれに関係の深い脳の部位について述べる。

3.3.1 扁桃体

感情は人が見たり聞いたりしたものが生存に関わる重大なものかどうかを扁桃体が瞬時に評価し, 体に伝えたものである。

3.3.2 前頭前野

扁桃体で下された評価は前頭前野でコントロールされる。前頭前野とは大脳の中で前頭葉に位置し, その大部分を占めている。行動や感情をコントロールする働きをもつ。

3.3.3 側頭葉

扁桃体で下された評価は側頭葉の神経回路を通して伝達される。また, 人が言葉を理解するための感覚的言語野があり, 本研究で扱う脳波データは音声による感情の想起を行っているため, 感情の想起に関係していると考えられる。

3.4 脳波データセット

本実験では, 3.1 節で用いられた脳波データを用いる。その理由は 3.1 節の結果と比較を行うためである。3.3 節で述べた脳の部位にあたる 6 極に絞り込むため, $6 \times 27 = 162$ の合計 162 個の脳波特徴量から構成されるデータと BR32S による $32 \times 27 = 864$ の合計 864 個の脳波特徴量から構成されるデータが本実験における脳波知識データとなる。

3.5 使用電極

6 極に加工する際の使用電極は 4.1 節で述べたように, Fp1, Fp2, T7, T8, P7, P8 の 6 極の電極脳波データを用いる。また, 14 極の脳波測定機器には P7, P8 が存在しないため, その 2 極と最も近い P3, P4 の電極を代わりに使用する。

3.6 評価方法

本実験で用いる評価の手法は 3.1 節と精度の比較を行うため同様の手法を用いる。3.1 節では以下の 3 つの手法を用いて, 脳波感情判断システムにより感情判断が行われた。次に述べる各手法を用いて精度を求め, 距離計算にはユークリッド距離を用いる。またその際に, 入力脳波データの感情と出力が一致すれば正解とする。先行研究で用いられた 2 つの手法を以下に示す。

① LOOCV: Leave One Out Cross Validation (被験者内)

任意の被験者の全データのうち 1 個のデータを評価用データ, その被験者の残りのデータを学習用データとして評価を行う。これをその被験者の全データが 1 度ずつ評価用データとなるように繰り返し, それぞれの評価結果の平均を算出する。これを被験者全員に対して行う。

② LOOCV: Leave One Out Cross Validation (全被験者)

全被験者の全データのうち 1 個のデータを評価用データ, 全被験者の残りのデータを学習用データとして評価を行う。これを全被験者の全データが 1 度ずつ評価用データとなるように繰り返し, それぞれの評価結果の平均を算出する。

4. 結果

脳波感情判断システムにより感情識別を行った際の精度を以下の表 3 に示す。精度比較を行うにあたり, 32 極と 6 極に加工したものと, 14 極に加工したものと 6 極に加工したものとに対して有意水準 5% で 2 標本 t 検定を両側検定で行った。32 極と 6 極に加工したものの間においては LOOCV の被験者内と全被験者のどちらにも有意差が認められなかった。一方, 14 極に加工したものと 6 極に加工したものの間においては LOOCV の被験者内と全被験者のどちらにも有意差が認められた。また, 14 極の脳波データでは, 6 極に加工しても有意差は認められなかった。

表 3 4 感情の LOOCV 識別精度評価

使用脳波データ	被験者内	全体
32 極	41.9%	42.1%
32 極 (14 極に加工)	26.8%	21.6%
32 極 (6 極に加工)	38.1%	38.9%
14 極	56.4%	56.2%
14 極 (6 極に加工)	53.2%	53.0%

5. 考察

32 極のものよりも 14 極に加工したものの精度が低かったことから, 電極を減らせば減らすほど精度が低下する可能性があると考えていたが, 実際は 6 極に加工することによって精度が向上した。これは, 他の脳波測定機器の電極配置と同じ配置にするだけでは, 感情の想起に関係している脳波データを排除してしまうため, より感情判断に適した電極配置があると考えられる。

精度比較の結果としては, 14 極と 32 極のどちらの脳波データを加工した場合でも, 加工前の脳波データを使用した場合の方が精度は高いことから, 本研究で加工した 6 極の電極配置は最適な電極配置であるとは言えない。

6. おわりに

本研究では, 14 極と 32 極の脳波測定機器から得た脳波データを 6 極に加工することによる感情判断システムの識別精度を比較した。評価結果から, 電極を最適な配置に減らすことで精度を向上させることが可能であることがわかった。しかし, 本研究で加工した 6 極では元の識別精度に及ばなかった。本テーマの最終目標は使用する電極を減らした場合の識別精度が加工前の識別精度よりも高くなることである。脳波を用いた研究における雑音は識別精度に大きく影響するため, 雑音除去の方法についても見直す必要があると考えられる。

参考文献

[1] 杉本聖弥, 森本麻代, 土屋誠司, 渡部広一, “x-means 法による雑音処理を有した脳波感情判断システムの構築”, 研究報告知能システム(ICS), Vol.2017-ICS-186, No.8 (2017)