

感性計測脳波のフラクタル性を用いた BCI

BCI based on Fractal Analyses of EEG Signals

安倍 大介[†], 中川 匡弘[‡]
Taisuke ABE[†], Masahiro NAKAGAWA[‡]

† 長岡技術科学大学 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1
Nagaoka University of Techonology 1603-1 Kamitomioka-machi, Nagaoka-shi, Niigata, 940-2188 Japan
E-mail: [†] abe@pelican.nagaokaut.ac.jp, [‡] masanaka@vos.nagaokaut.ac.jp

Abstract In recent years it has been researched to analyze human psychological state from biological information such as heart pulse, EMG and so on. On the other hand, we shall propose herewith a novel method to quantitatively evaluate certain psychological information from a human electroencephalogram (EEG) by means of the fractal analyses. We achieved BCI system to control variety of device by using EFAM(Emotion Fractal Analysis Method).

1.はじめに

現在人間の心理状態を計測する方法として、脈波などの生体情報を利用したものが存在する。本研究室では、ヒトの脳波に感性フラクタル解析法を用いることで感性情報や心理状態を判別する。本手法を適用することにより「喜・怒・哀・楽」の基本 4 感性以外にも幅広い感性情報を取得することができる。主観評価であるアンケート方式や、従来使用してきた SD 法では感情や感性を定量的に評価する事は困難である。それに対して本研究手法では、人間の脳波から定量的に感性情報を取得することができる。また、本手法の特徴として、経時な感性や意思を計測することが可能である。

次式で示される。

$$H = \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta \log \langle |f(t+\tau) - f(t)|^\alpha \rangle}{\Delta \log |\tau|} \quad (2)$$

(2) 式より、スケーリング特性の傾きによって求められる。また、 $\alpha=2$ の場合時系列、データの分散スケーリング特性が求められる。この分散スケーリング特性から自己アフィンフラクタル次元を推定する。自己アフィンフラクタル次元の推定値 D は、Hurst 指数 H を用いて次式で求められる。[1]

$$D = 2 - H \quad (3)$$

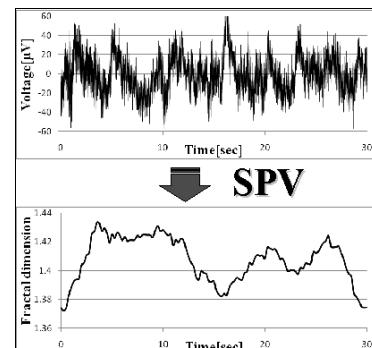


Figure 1. EEG wave form vs SPV wave form

2. 解析方法

2.1 フラクタル次元解析法 (SPV)

(Scaling Property of Variance)

本研究では、脳波のフラクタル性を用いて解析を行っている。以下にフラクタル次元の算出方法である SPV について記す。

フラクタル次元が D である時系列データ $f(t)$ と時間 τ だけ離れたデータ $f(t+\tau)$ の α 次のモーメントは次式で示される。

$$\sigma_\alpha(\tau) = \langle |f(t+\tau) - f(t)|^\alpha \rangle \sim |\tau|^{\alpha H} \quad (1)$$

ここで、 $\langle |f(t+\tau) - f(t)|^\alpha \rangle$ は $|f(t+\tau) - f(t)|^\alpha$ の統計平均

を表している。[1][2]もし、対象とするデータが一様なフラクタル性を有するならば Hurst 指数 H はモーメントの次数 α に依存しない。 τ を変化させていき $\sigma_\alpha(\tau)$ と両対数グラフを取ると対象とする時系列データのスケーリング特性が求められる。この時 Hurst 指数 H は

2.2 感性フラクタル解析手法 (EFAM)

(Emotion Fractal Analysis Method)

脳波測定によって得られた 16ch 分のデータを用いて 120 組の差分信号を作成する。この差分信号に対してフラクタル次元解析(SPV)を行い、120 組のフラクタル次元を計算する。120 組のフラクタル次元の入力信号ベクトルを D_n とし、線形写像の認識にて感性解析が可能となる。3 感性の場合、線形写像 C を用いて 3 次

元ベクトル z_n に線形変換を行う。この成分の大きさが感性状態の特徴量のレベルとなる。ここで d は定数ベクトルであり、線形写像の数値は各感性状態を $z_n = (1,0,0), (0,1,0), (0,0,1)$ となるように決定する。この線形写像 C を感性マトリクスと呼ぶ。[2][3][4]

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & \cdots & C_{1,120} \\ C_{2,1} & \ddots & C_{2,120} \\ C_{3,1} & \cdots & C_{3,120} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_{120} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

3. 感性解析

3.1 計測方法

脳波測定にはティアック株式会社の Polymate を用いて実験を行った。サンプリング周波数は 2[kHz]で計測を行い、データの収録はノートパソコン本体に記録した。国際 10-20 電極法に基づいた配置で被験者の頭皮に電極を取り付け、計 16ch で脳波測定を行った。

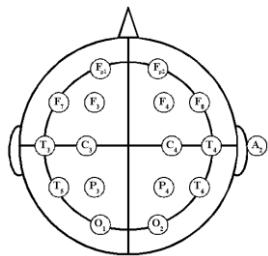


Figure 2. International 10-20 system

3.2 測定手順

最初に感性の教師データとなる脳波を測定する為、被験者に各感性について閉眼で想起を行ってもらう。(例 人生で最も楽しかった場面を 30 秒間想起する) 教師データ用の脳波を測定した後、感性マトリクス(式 4 の線形写像 C) を作成し、実際に実験タスクを評価する。

3.3 基本感性の認識率

Table 1 に基本感性に対する本手法の認識率を示す。被験者として 20 代の健康な男性に協力してもらい、20 回分の結果を平均した数値を示す。斜めの項目が各感性に対する認識率(単位 [%])となっている。

Table 1. Recognition rate of 4 emotion

	喜	怒	哀	安静
喜	78.54	11.35	8.00	8.23
怒	12.11	69.48	10.00	9.51
哀	4.81	7.84	71.92	10.45
安静	4.53	11.33	10.08	71.81

3.4 ロボット制御実験

被験者として、20 代の健康な男性の協力を得て実験を行った。リアルタイムで被験者の脳波に対してフラクタル解析を行い、「怒り」と「楽しい」のイメージでロボットの制御を試みた。被験者には、これからイメージする内容を測定者に分かるように手で軽く合図(怒り→手を握る・楽しい→手を開く)してもらった。感性の出力値がある一定の閾値を超えるとロボットが動作する制御を行った為、数秒のタイムラグがあったが、感性のイメージを用いて制御することに成功した。

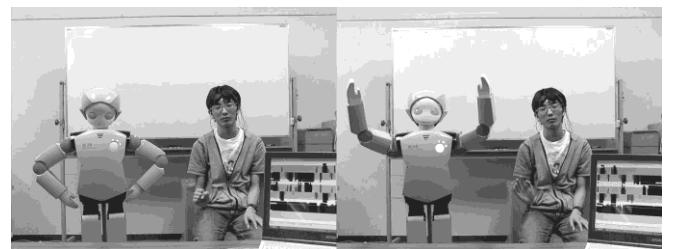


Figure 3 Affective robot AVIOS

4 考察・展望

現段階では認識率や精度に対する課題が残されている。更なる認識率の向上を目指し、感性マトリクスから脳内寄与部位の逆推定や、教師データの測定方法に関する研究を進めている。様々な機器のインターフェイスや肢体不自由者の支援、介護分野への実用化を目指し研究を進めている。

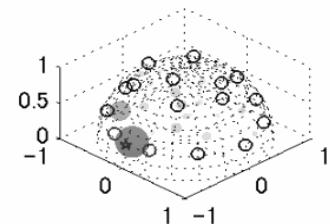


Figure 4 Inverse estimation

参考文献

- [1] 佐藤高弘, 中川匡弘, “フラクタル次元解析を用いた感情の定量化法”, 信学技報, HIP2002-45, 2002.
- [2] 飯塚拓也, 中川匡弘, “脳波のフラクタル次元解析と感性処理への応用”, 信学技報, NLP2002-124, Vol.104, No.753, pp53-58.
- [3] 特許第 3933568 号, 脳機能計測方法及び装置
- [4] 中川匡弘著, カオス・フラクタル感性情報工学, 日刊工業新聞社, 2010