

脳波のフラクタル性に基づいた 不快刺激による影響の定量化

町田 幸平[†] 中川 匡弘[‡]

[†]長岡技術科学大学 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1
E-mail: [†] machida@pelican.nagaokaut.ac.jp, [‡] masanaka@vos.nagaokaut.ac.jp

あらまし 現代社会において、仕事や職業生活に関して強いストレスを感している労働者が9割を超える状況にある。ストレスを予防・軽減する方法として、アンケートによるストレス具合の把握に関する研究が行われており、自己の状態を把握することが重要とされている。そこで、本研究では、脳波を測定することで、不快な刺激による影響の定量化を目的とし、不快度の異なる画像を視認した際の脳波を取得した。解析の結果、画像の不快度が高くなることで、不快の感性出力も同様に高くなることが確認できた。このことから、脳波のフラクタル性に基づいた感性解析を行うことにより、不快感を定量化出来る可能性が示唆される。

キーワード フラクタル,脳波,不快刺激

On the Evaluation of unpleasant stimuli Based on Fractal Analyses of EEG Signals

Kohei MACHIDA[†], Masahiro NAKAGAWA[‡]

[†] Nagaoka University of Technology, Kamitomiokamachi 1603-1,
Nagaoka, Nigata 940-2188, Japan

E-mail: [†] machida@pelican.nagaokaut.ac.jp, [‡] masanaka@vos.nagaokaut.ac.jp

Abstract Recently, over eighty percent of workers feel strong stress in their work. Important to quantify your state as a way to relieve stress. Therefore in this study we will quantify unpleasant based on the brain functional activities as seen in EEG during image viewing. As a result it is found that one may quantify the variation of unpleasant. From the present investigation, one may conclude that the variation of unpleasant feelings can be derived based on the fractal analyses of EEG signals.

key words Fractals, Electroencephalogram, Stimuli

1.はじめに

1.1.背景

現代社会において、仕事や職業生活に関して強い不安・ストレスを感じている労働者が6割を超える状況にある。また、ストレスが原因で精神障害を発病し、労災認定される労働者も増えてきており、ストレスを予防・解消する方法が望まれている[1]。また、ストレスケアを目的として、アンケートなどによりストレスの定量化も行われており、自身の状態を把握することが重要視されている。不快感などの感情を伝える方法として、SD法やVASなどの自己記入式のアンケートがあるが、これらの方法は、自己の体験や感情を振り返ってから記入するため、その場で結果を反映することは難しいという問題点がある。自己記入式のアンケート

以外で感情を定量化する方法としては、生体信号を解析する方法がある。本研究では、生体信号の中でも、感情・感性と密接な関係があるといわれている脳活動に着目した。そこで、本研究では刺激を与えた際の脳波を計測することにより、不快感の定量化を試みた。

脳波を用いて感性を定量化する手法の一つとして、脳波信号から得られた3種類の周波数帯域からch間の相互相関係数を求め、それを特徴量とすることで、人間の感性を定量的に評価する感性スペクトル解析手法(Emotion Spectrum Analysis Method: ESAM)がある。この手法は、1997年に武者らによって提案されており[2]、その後脳波の複雑性を定量化する手法の一つであるフラクタル次元を特徴量として[3,4]、ESAMと同様に人間の感性を定量化することが可能とされている感性

フラクタル次元解析手法 (EFAM: Emotion Fractal-dimension Analysis Method) が, 2002 年に佐藤らによって提案された[5-7]. ESAM は感性の平均認識率が 52[%]であるのに対し EFAM では感性の平均認識率が 80[%]と ESAM と比べて高いことが報告されており[8-12], また EFAM は, 被験者自身が自発的に感情を想起した場合でも, 外部より明確なタスクを与えた場合と同程度に認識できることが確認されており[13], 感性価値を付加した商品開発などにも用いられている[14-16].

1.2. 目的

脳波の複雑性に着目した感性フラクタル次元解析手法により, 不快な刺激による影響の定量化を目的とする.

2. 解析手法

2.1 フラクタル次元推定手法

脳波解析には分散のスケーリング特性を用いたフラクタル次元解析法を用いる. この方法では自己アフィンフラクタル次元が D である時系列データ $f(t)$ の α 次モーメント σ_α は式(1)のように表せる.

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

ここで $\langle \bullet \rangle$ は統計平均を表している. 式(1)において, Hurst 指数 H_α は時系列データのスケール特性を用いて, 式(2)のように求められる.

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

また, 式(2)において, $\alpha=2$ の場合に時系列データの分散のスケーリング特性を得ることができる. この分散スケーリング特性から式(3)よりフラクタル次元 D を算出する.

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

得られたフラクタル次元 D を特徴量として「感性フラクタル次元解析手法」により感性解析を行った.

2.2 感性フラクタル次元解析手法 (EFAM)

算出した脳波の特徴量であるフラクタル次元をパターン認識することにより, 人の感性を分類する手法である感性フラクタル次元解析手法 (Emotion Fractal-dimension Analysis Method: EFAM) を用いて感性解析を行う.

フラクタル次元推定手法から得られたフラクタル次元を入力ベクトル $\mathbf{x}(t)$ とし, 感性出力を $\mathbf{z}(t)$ とすると, EFAM の関係式は式(4), (5)であらわせる.

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & \cdots & C_{1,M} \\ C_{2,1} & C_{2,2} & \cdots & C_{2,M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{N,1} & C_{N,2} & \cdots & C_{N,M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_M(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ \vdots \\ z_M(t) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

$$\mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{d} = \mathbf{z}(t). \quad (5)$$

ここで, M は電極のチャンネル数であり, N は感性の数, \mathbf{C} は感性マトリクス, \mathbf{d} は定数ベクトルである. 式(5)に線形変換を行うことで感性マトリクス \mathbf{C} が算出される. 感性マトリクス \mathbf{C} と定数ベクトル \mathbf{d} の決定は, 教師信号と, 基準となる脳波データをフラクタル次元解析で導出した入力ベクトルから算出される. 式(5)に求めた感性マトリクスを当てはめ, 評価用データを入力することにより, 感性出力 $\mathbf{z}(t)$ を得る.

3. 実験方法

3.1 測定条件

今回は被験者として, 健康的な 20 代男性 4 名について調査を行った. 脳波測定時の電極配置図を図 3.1.1 に示す.

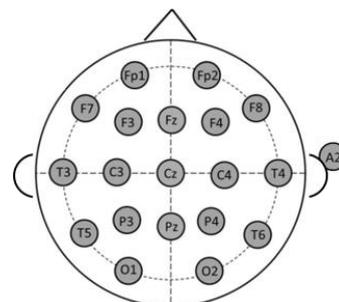


図 3.1.1 電極配置図

電極は図 3.1.1 の国際 10-20 法に基づき, A_2 を基準電極として 残りの 19 点を測定電極として配置した.

脳波及び筋電測定には株式会社ミュキ技研の Polymate AP1538 を用いた. この機器における測定条件を表 3.1.1 に示す.

表 3.1.1 測定条件

Sampling frequency	2[kHz]	
Notch filter	50[Hz]	
	Software	Hardware
HPF	Non	0.5[Hz]※2
LPF	Non	667[Hz]※3

※2: -12(dB/oct) Butterworth

※3: -6(dB/oct) Butterworth

実験のプロトコルは大別して、基準測定、課題測、の2つからなる。

基準測定は、画像は IAPS から各感性に符号する画像を選定した。選定範囲を図 3.1.2 に、実際に使用した画像を図 3.1.3 に示す。そして被験者に対して、「快」「不快」の画像をモニタ画面により提示する。具体的には、30 秒間前方のモニタに提示される画像をみせ、その後、先ほど見た画像を閉眼で 30 秒間想起させた。その際の脳波データを計測し、以降、このデータを基準測定データと称す。

次に、課題測定では刺激として、IAPS から不快度のことなる画像を各 3 枚、計 9 枚用意した。選定範囲を図 3.1.4 に、実際に使用した画像を図 3.1.5 に示す。この画像 9 枚に対して、それぞれ閉眼で 30 秒間安静にした後に、30 秒間画像を提示した。その時の脳波データを計測し、以降、このデータを評価測定データと称す。

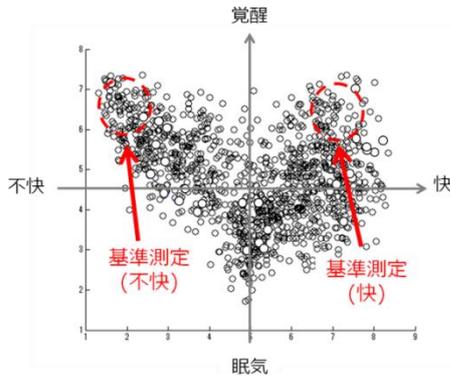


図 3.1.2.画像の選定範囲 (基準測定)



(a)基準測定 (快)



(b)基準測定 (不快)

図 3.1.3. 使用画像 (基準測定)

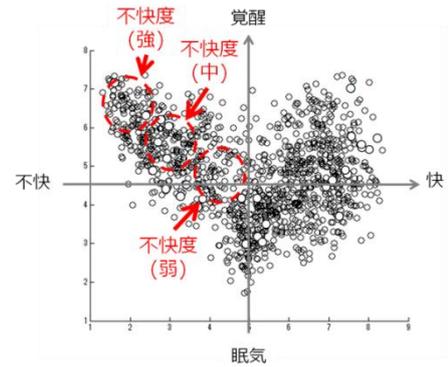


図 3.1.4.画像の選定範囲 (課題測定)



(a)不快刺激 (弱)



(b)不快刺激 (中)



(c)不快刺激 (強)

図 3.1.5. 使用画像 (課題測定)

4. 解析結果

4.1.フラクタル次元解析

計測した脳波データ全てに対して、フラクタル次元解析を行った。測定した脳波データに窓幅を 1.0[sec]、遷移ステップを 0.1[sec]、遅れ時間を 1, 2[point]としてフラクタル次元 D を求めた。このフラクタル次元 D を用いて、感性フラクタル次元解析を行った。

4.2. 感性フラクタル次元解析手法

算出したフラクタル次元 D を用いて、感性フラクタル次元解析手法より感性解析を行った。具体的には、基準測定データの「快」と「不快」の後半部分である「想起」30 秒のデータと、評価測定データの前半部分である「安静」30 秒のデータを用いて、線形写像 C を算出し、評価測定データを入力することで感性解析を行った。

4.3. 感性解析結果

感性解析を行うことにより、各刺激の影響を調査した。結果の例として、被験者 A 結果を示す。不快度（弱）の画像に対する結果を図 4.3.1 に、不快度（中）の画像に対する結果を図 4.3.2 に、不快度（強）の画像に対する結果を図 4.3.3 に示す。

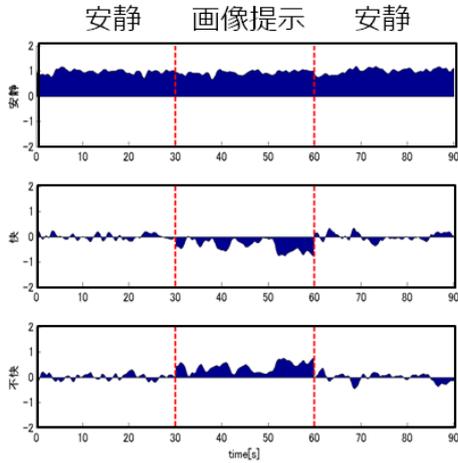


図 4.3.1 感性解析結果 被験者 A 不快度（弱）

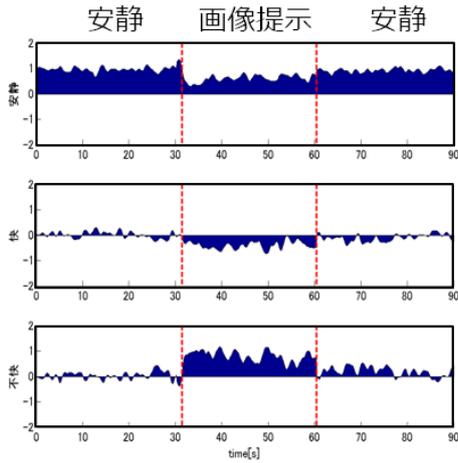


図 4.3.2 感性解析結果 被験者 A 不快度（中）

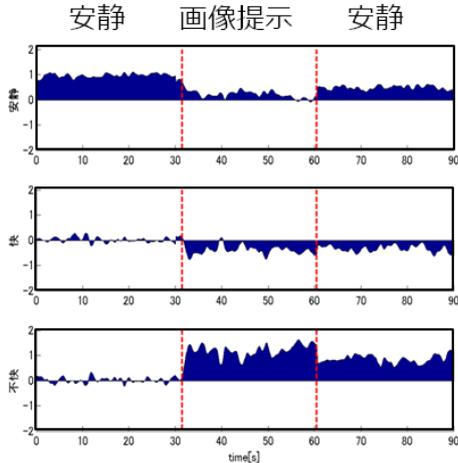


図 4.3.3 感性解析結果 被験者 A 不快度（強）

図 4.3.1 から図 4.3.3 より、画像の不快度が上昇することで、画像提示時の不快の感性出力も高くなることが分かる。

画像提示時の不快の感性出力について被験者 4 名分を纏めた結果を図 4.3.4 に示す。その際、快と不快の感性出力の相関が -0.6 よりも大きい場合は、感性分離が上手く出来ていないとして、取り除いた。

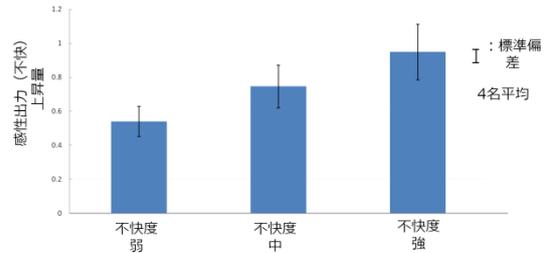


図 4.3.4 感性解析結果 被験者平均

図 4.3.4 より、被験者全体で確認した場合でも、画像の不快度が高くなった際に、不快の感性出力も高くなることが確認できた。

5. 考察

5.1. t 検定

感性解析の結果、画像の不快度が高くなることで不快の感性出力も高くなることが確認できた。この値がどの程度意味を持つのかを確認するために、t 検定を行った。t 検定の結果、不快度（弱）と不快度（中）との感性出力の結果は有意に異なる ($p=0.003<0.05$) ことが分かった。また、不快度（中）と不快度（強）との感性出力の結果も有意に異なる ($p=0.01<0.05$) ことが分かった。以上のことから、感性解析を行うことで、不快感の程度を評価出来る可能性が示唆された。

6. おわりに

本研究では、感性フラクタル次元解析を行うことによって、不快感の定量化を行った。結果としては、画像の不快度が異なることで不快の感性出力も有意に異なることが確認できた。このことから、脳波の複雑性に着目した感性フラクタル次元解析手法により、不快な刺激による影響の定量化出来る可能性が示唆される。

文 献

- [1]厚生労働省,「労働安全衛生法に基づくストレスチェック制度実施マニュアル
- [2]T. Musha, Y. Terasaki, H.A. Haque, and G.A. Ivanitsky, “Feature extraction from EEGs associated with emotions,”*Artif. Life Robotics*, vol.1, pp.15-19, 1997.
- [3]M.Nakagawa, “Chaos and Fractals in Engineering,”*World Scientific Inc.*, 1999.
- [4]小河清隆, 中川匡弘, “脳波におけるカオスとフラクタル性”, *信学論 (A)*, Vol. J78-A, no. 2, pp. 161-168, 1995.
- [5] Patent No. US 8571646B2
- [6]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手法” *信学技報*, HIP2002-12, pp.13-18, 2002
- [7]特許第 5448199 号.
- [8]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, pp.53-58, 2002.
- [9]飯塚拓也, 中川匡弘, “脳波のフラクタル次元を用いたヒューマンインターフェースの応用,” *信学技報*, CAS2005-41, pp.43-48, 2005.
- [10]松下晋, 中川匡弘, “光トポグラフィによる感性情報解析(ヒューマンコミュニケーション),” *信学論(A)*, J88-A, no.8, pp.994-1001, 2005.
- [11]丸山貴司, 中川匡弘, “脳波のマルチフラクタル次元を用いた感性解析,” *日本高専学会論文誌*, Vol.16, no.3, pp.97-104, 2011.
- [12]丸山貴司, 笹本裕美, 荒川尚美, 川副智行, 中川匡弘, “脳波のフラクタル性を用いた感性推定精度の向上に関する研究,”*信学論(A)*, vol.J95-A, no.4, pp.343-356, 2012.
- [13]丸山貴司, 笹本裕美, 荒川尚美, 川副智行, 中川匡弘, “脳波のフラクタル性を用いた感性推定精度の向上に関する研究,”*信学論(A)*, vol.J95-A, no.4, pp.343-356, 2012.
- [14]丸山貴司, 橋本公男, 上田俊吾, 中川匡弘, “脳波のフラクタル次元解析を用いた感性解析-爽快系シャンプー使用時の検討-,” *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, vol.24, no.6, pp.1137-1153, 2012.
- [15]Vaxeng Herr, 丸山貴司, 中川匡弘, “脳波のフラクタル次元解析に基づいた衣服の新規着衣感性評価方法,” *信学技報*, vol.108, no.219, pp.47-52, 2008.
- [16]丸山貴司, 中川匡弘, “脳波のフラクタル解析によるテニスラケットの感性評価,” *信学技報*, vol.108, no.442, pp.43-48, 2009.