

K-47

脳波による感情の可視化システム

Emotion imaging system by EEG

竹内 俊文† 野澤 昭雄† 田中 久弥† 井出 英人†
 Toshifumi Takeuchi Akio Nozawa Hisaya Tanaka Hideto Ide

1. まえがき

平成 10 年度の厚生労働省国民生活基礎調査によると寝たきりの在宅要介護者は 35 万 6 千人である。寝たきりの経年に伴って家族や介護者との意思疎通が低下することが報告されている。特に進行性の難病で運動神経が冒される索硬化症や筋ジストロフィー症の患者は、発話や四肢体動による意図伝達機能が奪われてしまう。これらの患者の中樞神経、抹消神経は正常であり、健常者と同等の皮膚感覚や思考能力を有している。我々は自発脳波を利用してこのような患者の感情を家族や介護者に伝えるためのシステムの開発を目指している。

近代心理学では人の感情は円環モデルを構成し、快・不快 (Pleasantness-Unpleasantness), 覚醒・睡眠 (Arousal-Sleepy) の 2 次元平面上にベクトルとして表現できるといわれている。我々は自発脳波を利用して快・覚醒感を数値化する研究を続けてきた。今回は感情をリアルタイムで可視化するシステムを作製し、快音・不快音刺激下における被験者の感情を可視化したので報告する。感情の表現方法は、心理学者 Russell の提唱する快 vs. 覚醒平面におけるベクトル表現法とする。快・覚醒感の数値化手法は脳波の周波数・探索電極間相互相関係数を入力ベクトル C 、快・覚醒感の値を感性ベクトル Z として、 $Z=AC$ となる行列 A (感性マトリックス) を用いた数値化を行う。

2. 生理指標の計測と快・覚醒感の数値化

2.1 理論

本システムの脳波の測定部位は、図 1 に示す国際 10-20 電極法に基づいた部位 6 点 ($F_2, C_3, C_4, C_2, O_1, O_2$) である。計測した脳波を FFT 解析し、3 つの周波数帯域 (θ 波: 5.0~7.9Hz, α 波: 8.0~12.9Hz, β 波: 13.0~19.9Hz) に分割したものについて各電極間の相互相関係数を求めることにより 45 個 ($6C_2 \times 3$) の生理指標を得る。これを入力ベクトル C とすると式(1)の線形式を構成する。数値化された快・覚醒感(感性ベクトル Z)は $Z=AC$ より算出される。 z_1, z_2 は Z の要素, $a_{1,1}, \dots, a_{1,45}, a_{2,1}, \dots, a_{2,45}$ は A の要素, c_1, \dots, c_{45} は C の要素である。

$$\begin{cases} z_1 = a_{1,1} c_1 + a_{1,2} c_2 + \dots + a_{1,45} c_{45} \\ z_2 = a_{2,1} c_1 + a_{2,2} c_2 + \dots + a_{2,45} c_{45} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \text{快: } z_1 = +1, & \text{不快: } z_1 = -1 \\ \text{覚醒: } z_2 = +1, & \text{睡眠: } z_2 = -1 \\ \text{安静: } z_1 = z_2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

†青山学院大学, 東京都
 Aoyama Gakuin University, Setagaya-ku, 157-8572 Japan
 ‡広島市立大学情報科学部, 広島県

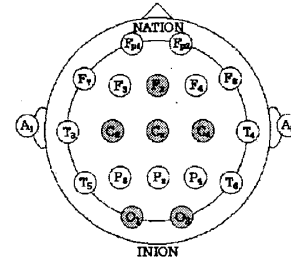


図 1 電極配置

Fig.1. Position of the electrodes

快・覚醒感を数値化するためにはあらかじめ感性マトリックス A が分かっている必要がある。また、感性マトリックスは個人によって異なるため各自専用のものが必要となる。本システムの使用に際して使用者にはあらかじめ、快・不快・睡眠を喚起させる 3 種類の音刺激 (快音: クラシック音楽, 不快音: スクラッチ音, 睡眠: 単調連続音) を与えその時の脳波を計測する。そして各状態における入力ベクトル C と出力(2)の値を式(1)に代入し、ガウス消去法によって感性マトリックス A を求めておいてシステムに入力しておく必要がある。

2.2 リアルタイム処理

本システムは PC を用いてリアルタイム処理を行う。生体アンプで増幅した脳波を AD コンバータ(サンプリング周波数: 250Hz)でデジタル値化し、1.024 秒毎に生理指標の計測、快・覚醒感の数値化、感情の可視化を行う。具体的には 1.024 秒間の脳波(256 データ)に対して FFT 解析をし、得られた各周波数帯域にあてはまる power スペクトルの総和をこの間の α 波, β 波, θ 波の大きさとする。10.24 秒間の 3 周波数帯域における探索電極間の相互相関係数を求め、入力ベクトル C とする。つまり数値化された快・覚醒感(感性ベクトル Z)は $Z=AC$ より算出される。

2.3 感情の表現方法

感情は Russell の提唱する快 vs. 覚醒平面上にベクトルとしてあらわす(図 2)。新たに数値化されたものを赤、それ以前の 9 つを黄色の点としてディスプレイに表現し、過去 10 点の感情の履歴を表示することで感情の推移を把握できるようにした。例えば図 2 においては矢印に沿って感情が変化してきたことが分かる。このとき、目盛りを 5 段階とするため快・覚醒感の値は 2.5 倍してある。また軸の意味は次のとおりである。

横軸: PU 値(z_1), 縦軸: AS 値(z_2)
 PU 軸 P 方向: Pleasantness
 U 方向: Unpleasantness
 AS 軸 A 方向: Arousal
 S 方向: Sleepy

3. 感情の可視化

不快音・快音刺激下における被験者(健常者)の快・覚醒感を数値化し、感情を可視化した例を図 3(a)~(d)に示す。実験は遮音電波シールドルーム(遮音特性：20db@1kHz, 遮断周波数：100kHz)内で行い、照度は 200lx とした。被験者を座位安静開眼状態にさせ、不快音刺激(3 分間)を与えた後に快音刺激(3 分間)を与える。このとき測定した脳波に誘発脳波が含まれないよう被験者には動作、瞬きをなるべくひかえてもらった。

図 3 の(a)は不快音刺激下、(b)は刺激を快音に変えてから約 20 秒間、(c)は快音刺激開始約 21 秒後~約 110 秒後間、図(d)は快音刺激開始約 111 秒後~約 180 秒後間の感情を可視化したものである。

<不快音刺激下>

不快音刺激下においては可視化した感情が AS 軸より U 側に分布した(図 3(a))。数値化した z_1 の 91%が 0 より小さく、 z_2 の多くが 0 より大きくなった。

<不快音刺激から快音刺激へ変えた直後>

刺激を不快音から快音に変えると次第に P 方向に変化していく様子が確認できる(図 3(b))。

<快音刺激下>

感情が P 方向に向かったあとと安静状態となり(図 3(c))、AS 軸より U 側の分布へ変化した(図 3(d))。快音刺激を与えてからの変化をもう少し詳しく説明する。快音刺激開始から感情は次第に P 方向に変化し、快音刺激開始から約 50 秒後に z_1 の値は最大となる。その後 z_1 の値は次第に減少して行き、快音刺激 3 分間のうち最後の 1 分間の感情は AS 軸より U 側に分布した。快音刺激下の初めの 2 分間においては数値化した z_1 の 100%が -0.5 より大きく、 z_2 の 97%が 0 より小さくなった。

<考察>

動作が制限されている状況では時間が経過するにしたがって不快感が増大するものと考えられる。したがって快音刺激開始後の P 方向への変化は快音刺激に対して反応したものであり、その後の U 方向への変化は肉体的制限による不快感の増大と快音刺激に対する慣れが原因であると考えられる。

また刺激によって z_1 , z_2 の範囲が違うことから不快音刺激下と快音刺激下において感情の違いがあらわせたものと考ええる。

4. まとめ

今回は不快音・快音刺激下における被験者の感情の可視化を行った。その結果、両刺激下における感情の違いをあらわすことができた。また不快音刺激から快音刺激に変えたときの感情の変化をとらえることができた。今後は被験者に不快感を与えない実験方法の提案と様々な感情が快 vs. 覚醒平面状にどのように分布するか測定していく予定である。

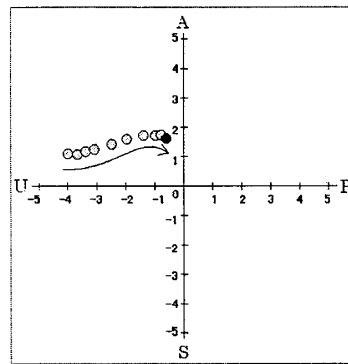
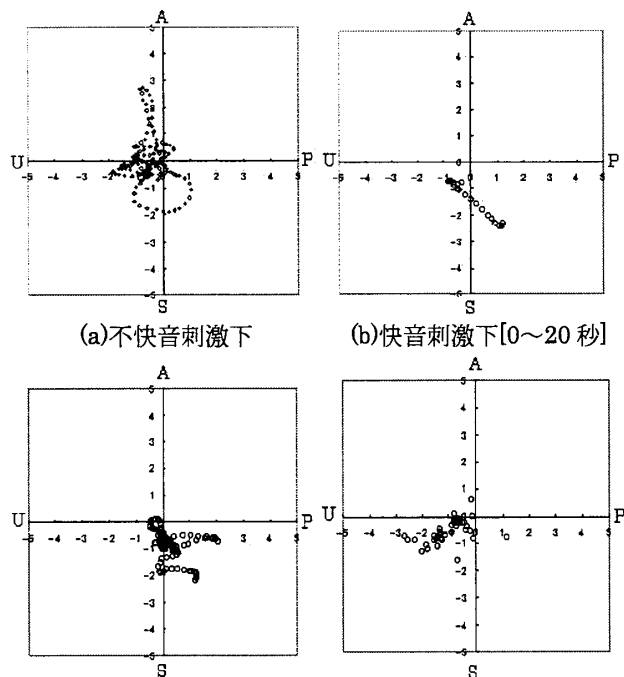


図 2 感情の表現方法

Fig.2. The expression method of emotion



(a)不快音刺激下 (b)快音刺激下[0~20 秒]

(c)快音刺激下[21~110 秒] (d)快音刺激下[111~180 秒]

図 3 可視化した感情の例

Fig.3. The example of the imaged emotion

文献

- (1)宇都宮直子, 井出英人, 他: 脳波の相互相関係数による快・不快推定マトリクスの作成, 電気学会 C 部門誌 Vol.122-C, p.309/310(2002,2)
- (2)木南和之, 井出英人, 他: 脳波の相互相関解析法によるビデオ視聴時の感情の可視化, 電気学会全国大会講演論文集 Vol.3, p.116(2002,2)
- (3)武者利光: 「こころ」を測る, 日経サイエンス, Vol.26, No.4, 20/29(1996)
- (4)Russell, J.A., "A circumplex model of affect," Journal of Personality and Social Psychology, Vol.39, pp.1161/1178(1980)
- (5)井出英人, 他: 生態情報工学, 森山出版, 1986