

脳波の可視化

鎌田 拓郎* 島田 英之** 塩野 充** 宮垣 嘉也**

* 岡山理科大学大学院工学研究科情報工学専攻

** 岡山理科大学工学部情報工学科

(1999年11月4日 受理)

1 まえがき

私たちは「感情」という現象を経験的に良く分かっているつもりであり、日常の会話や文章の中でよく使っている。しかし、「感情とは何か?」という質問に対し、言葉で適切に説明する事は難しい。「怒り」という感情なら、激しい、赤いなどの人それぞれのイメージが頭の中にあるはずだが、その全てを言葉にするのはとうていできない。あるいは、以前から「感情」を主な研究対象としている哲学者、心理学者なら、様々な事象や心理テスト等から分析した事実や仮説で、「感情」を説明できるのかもしれない。しかし、近年、脳・神経科学の分野が重視されるとともに、工学的な手法でこの「感情」とは何かに迫ろうとする研究が始まっている。

「感情」への工学的なアプローチの1つに、脳波から脳内現象を解くという研究¹⁾がある。(株)脳機能研究所では、「感性スペクトラム分析法 (Emotion Spectrum Analysis Method = ESAM)」という独自の方法を用い、「こころ」の状態を数値的に計量する方法を研究している。このESAMという解析方法では、一度脳内現象を分析し、その現象の強さを数値として取り出す式をつくり、新たに測定した脳波をその式で評価する。

本研究では、ESAMを参考に脳波より精神状態を解析し、人の心にイメージとして存在する感情を、人が一見して認識できる様に表現する事で、感情の可視化を目指す。これにより、言葉や態度で表現しなくても感情が伝わる様になり、言葉の要らないカウンセリングの可能性がでてくる。また、自分では気づきにくいストレスを見る事ができるので、より容易なストレスコントロールもできる。さらには、人の言葉を持たない動物の感情も分かるかもしれない。他にも、キーボードを使わずに、想念だけでコンピュータを操作するなど新たなユーザインターフェースへの応用の可能性も考えられる。

2 脳波

2.1 脳波とは

始めに、脳波の発生原理について述べる。¹⁾

大脳皮質の断面には、表面の数mmの層内にニューロンが詰まっている(図1)。この部分は灰白色に見えるので、灰白質と呼ばれている。その下層は、ニューロンの細胞体から出ている軸索が集まっていて比較的白く見えるので白質と呼ばれている。ニューロンの内部は外部に対して60~90mV程のマイナスの電位に保たれている。これを細胞が分極しているという。ニューロンが他のニューロンから電気的な信号を受けてイオン電流が細胞内に流れ込み脱分極(興奮)すると、灰白質の層の表面に垂直方向に電流が流れ出し、さらに頭蓋骨を通して頭皮に達するので頭皮上に電位が発生する。これが脳波である。

脳波は大別すると、常に発生し続けている電位、そしてその時々が発生する電位の2種類に分ける事ができる。

前者は、自発電位と呼ばれるもので、常に頭皮上に現れている。大脳皮質表面にあるニューロンの活動が皮質全面にわたって常に起こっている為である。後者は、誘発電位または、事象関連電位と呼ばれるもので、ある刺激や、文字を読んだり言葉を聴いたりして意味を判断する認識作用などによって発生する。

一般的に、2~5Hzの脳波を δ 波、5~8Hzの脳波を θ 波、8~13Hzの脳波を α 波、そして、13~30Hzの脳波を β 波と呼ぶ。人が安静にして目を閉じていると、 α 波が後頭部に際立って現れる。

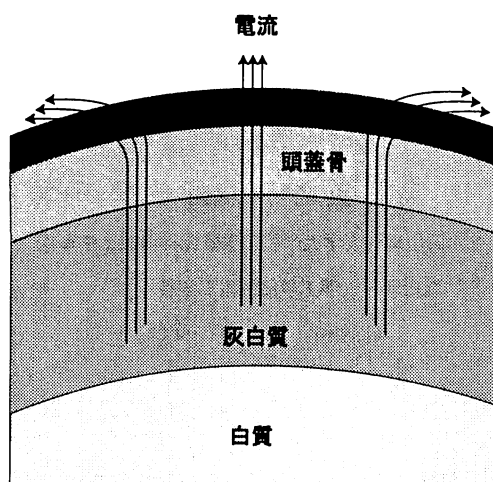


図 1: 脳波の発生の仕組み

2.2 脳波の抽出

自発電位から誘発電位等を区別して取り出せると、刺激や認識によって、脳のどの部分のニューロンが興奮しているかをある程度推定する事ができる。しかし、誘発電位は自発電位に比べると非常に小さいので、そのままでは測定が難しい。同じ刺激を何回も繰り返して加え、刺激時間をそろえて加算平均をすると自発電位はランダムに現れるので、プラスとマイナスの電位が互いに打ち消しあって小さくなる。しかし、誘発電位は同じ波形の繰り返しになるので、誘発電位だけが浮き出してくる。この方法で誘発電位の取り出しが可能となる。

2.3 脳波の測定

脳波測定に用いた脳波計の仕様を、以下に示す。

- 形式：EE2110 (NEC)
- チャンネル数：10+2 (マークチャンネル)
- 入力インピーダンス：100 M Ω
- 最大感度：0.5 μ V/mm

2.3.1 電極の装着

脳波の測定は、あらかじめ電極が的確に配置されている電極帽を被ってもらい測定する。

使用する電極は、普通、脳波を測定する場合 16 個、時には 21 個や 32 個といった多数の電極を用いるが、感性分析に用いるには、10 ~ 14 個で十分である。本研究では作業速度を考慮して、測定電極を 8 個用いる (図 2)。

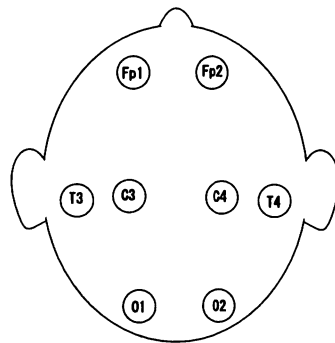


図 2: 測定電極配置図

2.3.2 抵抗の調整

電極を正しい位置に装着した後、測定電極の抵抗を減らすために、Electro-Gel（以下 E ゲル）を頭皮と電極の間に注入する。注射器に入れた E ゲルを電極の外側の穴からあふれるまで注入し（図 3）、頭皮と電極の間を E ゲルで満たす（図 4）。

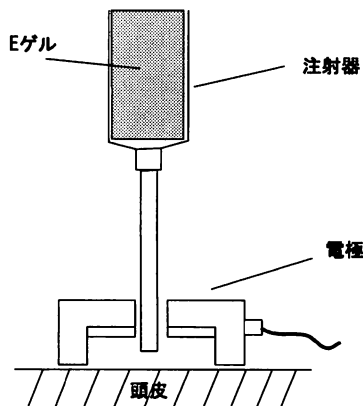


図 3: 注入前

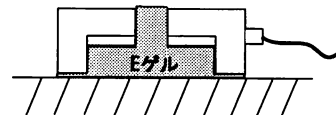


図 4: 注入後

電極全てに E ゲルを注入した後、抵抗を計る。本研究では、全ての電極の抵抗を $20k \Omega$ 以下にして脳波を測定した。

3 特徴抽出

3.1 感性マトリクス

感性状態を取り出す方法として、感性マトリクス¹⁾を用いる。この感性状態の特徴抽出方法、つまり、感性マトリクスについて以下に述べる。

ここでは、4 種の感性状態（喜怒哀楽）の特徴を抽出する場合について説明する。脳波の測定データにはそれぞれの特徴が入り交じっているため、1 個の測定データに対し、4 個の特徴レベルを表す必要がある。そのために、1 種の感性状態に対し 1 個の特徴レベルを抽出する式を計 4 個用意する。測定電極を 8 個使い、 α 波 β 波 θ 波の 3 種類の脳波に対して抽出した場合、入力するデータ数は、(脳波の測定点数) \times (脳波の種類) より、24 となる。以上の条件で、感性状態の特徴抽出式を作ると、次の式になる。

$$z_1 = c_{1,1}y_1 + c_{1,2}y_2 + \cdots + c_{1,24}y_{24} \quad (1)$$

$$z_2 = c_{2,1}y_1 + c_{2,2}y_2 + \cdots + c_{2,24}y_{24} \quad (2)$$

$$z_3 = c_{3,1}y_1 + c_{3,2}y_2 + \cdots + c_{3,24}y_{24} \quad (3)$$

$$z_4 = c_{4,1}y_1 + c_{4,2}y_2 + \cdots + c_{4,24}y_{24} \quad (4)$$

$$\text{喜} : z_1 = 1, z_2 = 0, z_3 = 0, z_4 = 0 \quad (5)$$

$$\text{怒} : z_1 = 0, z_2 = 1, z_3 = 0, z_4 = 0 \quad (6)$$

$$\text{哀} : z_1 = 0, z_2 = 0, z_3 = 1, z_4 = 0 \quad (7)$$

$$\text{楽} : z_1 = 0, z_2 = 0, z_3 = 0, z_4 = 1 \quad (8)$$

ここで、 z はそれぞれの感性要素のレベルを示し、 y は測定した脳波データである。
式(1)～式(4)を行列で表すと次のようになる。

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & \cdots & c_{1,24} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \cdots & c_{2,24} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & \cdots & c_{3,24} \\ c_{4,1} & c_{4,2} & \cdots & c_{4,24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ y_{24} \end{bmatrix} \quad (9)$$

このときの c 行列を感性マトリクスと呼ぶ。

感性の特徴を抽出する式(1)～式(4)を求める為には、学習データを用い、連立方程式により解を求める。しかし、この連立方程式は、方程式より未知数の方が多い連立方程式となり、普通の方法では解を求める事ができない。そこで、特異値分解²⁾という技法を用いる。これは、方程式より未知数の方が多い連立方程式について、最小二乗近似により近似解を導き出す技法である。

式(1)～式(4)を求める場合、感性マトリクスの行成分1つ1つを求めていくので、方程式4、未知数24の連立方程式が4つ必要になる。まず、各感性状態で測定した脳波データを用意する。

$$\text{喜} : y_{1,1}, y_{1,2}, \cdots, y_{1,24} \quad (10)$$

$$\text{怒} : y_{2,1}, y_{2,2}, \cdots, y_{2,24} \quad (11)$$

$$\text{哀} : y_{3,1}, y_{3,2}, \cdots, y_{3,24} \quad (12)$$

$$\text{楽} : y_{4,1}, y_{4,2}, \cdots, y_{4,24} \quad (13)$$

脳波データ(10)は「喜」状態の学習脳波データで、(11)、(12)、(13)は順に、「怒」状態、「哀」状態、「楽」状態の学習脳波データである。式(1)～式(5)より、「喜」の感性状態レベルを示す為の係数を求めるには次の連立方程式を解く。

$$\begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} & \cdots & y_{1,24} \\ y_{2,1} & y_{2,2} & \cdots & y_{2,24} \\ y_{3,1} & y_{3,2} & \cdots & y_{3,24} \\ y_{4,1} & y_{4,2} & \cdots & y_{4,24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{1,1} \\ c_{1,2} \\ \vdots \\ c_{1,24} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$Y C_1 = Z_1 \quad (15)$$

ここで、行列 Y は、 4×24 の行数より列数が多い行列なので、0ばかりの行を補い、 24×24 の正方行列にする。この状態で特異値分解を用いて、行列 Y を次の様な行列の積の形に分解する。

$$\begin{pmatrix} Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 & & & \\ & w_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & w_{23} \\ & & & & w_{24} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V^T \end{pmatrix} \quad (16)$$

U は 24×24 の直交行列, W は 24×24 の対角行列で対角成分は非負, V^T は 24×24 の直交行列 V の転置である。行列 W は補った行 (20 行) と同数の w_j がほぼ 0 になり, 元の 4 個の方程式が退化していれば, それ以上の個数の w_j がほぼ 0 になる。これらの w_j を 0 にした後, 次の様な行列計算を行う。

$$\begin{pmatrix} C_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{diag}(1/w_j) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_1 \end{pmatrix} \quad (17)$$

以上の処理で, 「喜」の感性状態レベルを示す為の係数 C_1 が求まる。「怒」, 「哀」, 「楽」の感性状態においても同様の手順を繰り返して求める。 $C_1 \sim C_4$ までのベクトルが求まると, 脳波の特徴抽出を行う為の感性マトリクス C が作成できる。

3.2 サンプル脳波取得

感性マトリクスを作成するには, 基本となる状態の脳波データが必要になる。そういった脳波を得るために, 被験者に一定の感情を保ち続けてもらう訳だが, 感情の訓練を受けていない人でも大丈夫な様に, 今回は「不快」, 「安静」, 「集中」, 「喜び」という, 作りやすい感情を扱う事にした。それぞれの感情を椅子に腰掛けた状態で, 20 分間一定に保ってもらい, 各々の脳波を測定した。具体的には, これらの状態を保つのに, まず, 被験者にパソコンのモニターに映された死体の写真を見てもらい, 「不快」状態を起こしてもらった。次に 1 日間を空け, リラクゼーションミュージックの CD をイヤホンをつけて聞いてもらい「安静」状態に, また 1 日後, 数学の計算問題を解いてもらって, 「集中」状態の脳波を得た。最後も同じく日を空けて被験者の好むアニメーションのビデオを見て「喜び」状態とした。

3.3 感性マトリクス生成

学習用脳波サンプルを測定後, 学習に使うサンプルを選び, θ 波, α 波, β 波の 3 成分の脳波を取り出す。各成分のチャンネル毎の平均を算出し, 感性マトリクスを求める為の連立方程式をたてる。特異値分解で連立方程式の近似解を求め感性マトリクスを作成する。以下に, 各手順について詳しく述べる。

3.3.1 データ部の読み込み

脳波サンプルを全て読み込む。データ部の分析件数は可変なので, 自己参照型の構造体にデータを格納する。20 分間の測定で, 40 数件のデータが得られる。

3.3.2 学習サンプルの選択

1 つのデータファイルから, 30 件のデータを学習サンプルとして用いる場合, 次の様な選択方法をとる。読み込んだデータが 40 件とすると, 学習サンプルとして, 6 ~ 35 件目のデータを使用する。これは, 測定始めと, 測定解除後における脳波の不安定な部分を取り除くためである。

3.3.3 脳波の成分分け

データ部に保存されている脳波サンプルは, 0.5Hz 刻みで 0 ~ 40 Hz の計 81 点のデータが分析数分だけ保存されている。脳波は, θ 波 (5 ~ 8 Hz), α 波 (8 ~ 13 Hz), β 波 (13 ~ 30 Hz) の 3 成分を取り出す。

3.3.4 平均脳波の取得

データ部の読み込み, 学習サンプルの選択, 脳波の成分分けを繰り返し, 何人分かの学習サンプルを読み込んだ後, 脳波の平均を求める。「不快」状態の脳波の平均を求めた場合, それを「不快」状態の標準的な脳波として扱う。この様な標準脳波を, 「不快」, 「安静」, 「集中」, 「喜び」の 4 状態それぞれについて求める。

測定電極 8 個使用 (使用チャンネル 8), 脳波成分 3 種類使用により, 1 つの標準脳波は以下の様な 24 次元ベクトルで表される。

$$\begin{aligned} \text{不快: } Y_1 &= [y_{1,1} & y_{1,2} & \cdots & y_{1,24}] \\ \text{安静: } Y_2 &= [y_{2,1} & y_{2,2} & \cdots & y_{2,24}] \\ \text{集中: } Y_3 &= [y_{3,1} & y_{3,2} & \cdots & y_{3,24}] \\ \text{喜び: } Y_4 &= [y_{4,1} & y_{4,2} & \cdots & y_{4,24}] \end{aligned} \quad (18)$$

3.3.5 連立方程式の作成

学習データより、標準脳波を4つ求めたのち、感性マトリクス C を求める為の連立方程式を作成する。感性マトリクスを行ベクトルに分けて、ベクトル毎に求める。「不快」状態レベルを抽出する成分を求める連立方程式が式(20)、「安静」状態レベルを抽出する成分を求める連立方程式が式(21)、「集中」状態レベルを抽出する成分を求める連立方程式が式(22)、「喜び」状態レベルを抽出する成分を求める連立方程式が式(23)である。

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & \cdots & c_{1,24} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \cdots & c_{2,24} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & \cdots & c_{3,24} \\ c_{4,1} & c_{4,2} & \cdots & c_{4,24} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$\begin{cases} c_{1,1}y_{1,1} + c_{1,2}y_{1,2} + \cdots + c_{1,24}y_{1,24} = 1 \\ c_{1,1}y_{2,1} + c_{1,2}y_{2,2} + \cdots + c_{1,24}y_{2,24} = 0 \\ c_{1,1}y_{3,1} + c_{1,2}y_{3,2} + \cdots + c_{1,24}y_{3,24} = 0 \\ c_{1,1}y_{4,1} + c_{1,2}y_{4,2} + \cdots + c_{1,24}y_{4,24} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_1 \\ C_1 \\ C_1 \end{bmatrix} [Y_1 \ Y_2 \ Y_3 \ Y_4] \quad (20)$$

$$\begin{cases} c_{2,1}y_{1,1} + c_{2,2}y_{1,2} + \cdots + c_{2,24}y_{1,24} = 0 \\ c_{2,1}y_{2,1} + c_{2,2}y_{2,2} + \cdots + c_{2,24}y_{2,24} = 1 \\ c_{2,1}y_{3,1} + c_{2,2}y_{3,2} + \cdots + c_{2,24}y_{3,24} = 0 \\ c_{2,1}y_{4,1} + c_{2,2}y_{4,2} + \cdots + c_{2,24}y_{4,24} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 \\ C_2 \\ C_2 \\ C_2 \end{bmatrix} [Y_1 \ Y_2 \ Y_3 \ Y_4] \quad (21)$$

$$\begin{cases} c_{3,1}y_{1,1} + c_{3,2}y_{1,2} + \cdots + c_{3,24}y_{1,24} = 0 \\ c_{3,1}y_{2,1} + c_{3,2}y_{2,2} + \cdots + c_{3,24}y_{2,24} = 0 \\ c_{3,1}y_{3,1} + c_{3,2}y_{3,2} + \cdots + c_{3,24}y_{3,24} = 1 \\ c_{3,1}y_{4,1} + c_{3,2}y_{4,2} + \cdots + c_{3,24}y_{4,24} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_3 \\ C_3 \\ C_3 \\ C_3 \end{bmatrix} [Y_1 \ Y_2 \ Y_3 \ Y_4] \quad (22)$$

$$\begin{cases} c_{4,1}y_{1,1} + c_{4,2}y_{1,2} + \cdots + c_{4,24}y_{1,24} = 0 \\ c_{4,1}y_{2,1} + c_{4,2}y_{2,2} + \cdots + c_{4,24}y_{2,24} = 0 \\ c_{4,1}y_{3,1} + c_{4,2}y_{3,2} + \cdots + c_{4,24}y_{3,24} = 0 \\ c_{4,1}y_{4,1} + c_{4,2}y_{4,2} + \cdots + c_{4,24}y_{4,24} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_4 \\ C_4 \\ C_4 \\ C_4 \end{bmatrix} [Y_1 \ Y_2 \ Y_3 \ Y_4] \quad (23)$$

3.3.6 特異値分解

感性マトリクスを求める為の連立方程式が得られれば、前述の特異値分解を用い、 $C_1 \sim C_4$ を求める事により、感性マトリクス C が求まる。

4 可視化

4.1 可視化方法

70人の男性の顔写真を平均した画像から眉、目、鼻、口、輪郭の、各パーツを型取る様に69個の点を2次元座標上に設定する。これらの点を各パーツ毎にスプライン曲線で結び、その線画を平常状態の表情とする。

図5は抽出した69個の点と、それらを結んだ平常状態を表わす表情である。

図 5: 「平常」状態の顔 N

「平常」状態を構成する座標点にそれらの点を移動させるための増分のデータを与え、「平常」状態の顔の表情を変化させて「不快」状態、「安静」状態、「集中」状態、「喜び」状態の顔の表情を作る。今回は「平常」状態の顔をこれらの表情に変化させて可視化を行う。

平常状態の顔の任意の点を X 軸 Y 軸方向に任意に移動させ、「不快」、「安静」、「集中」、「喜び」の感情を表わす様な表情をそれぞれ作成する。その移動ベクトルを E_u, E_r, E_c, E_j とする。このデータはパーツ番号、 X 軸の移動量、 Y 軸の移動量のデータを含むデータで、状態の強さを表す Z が 1、つまり最も各状態に近い脳波となる時に、図 6 に示す表情を作り出すベクトル群である。

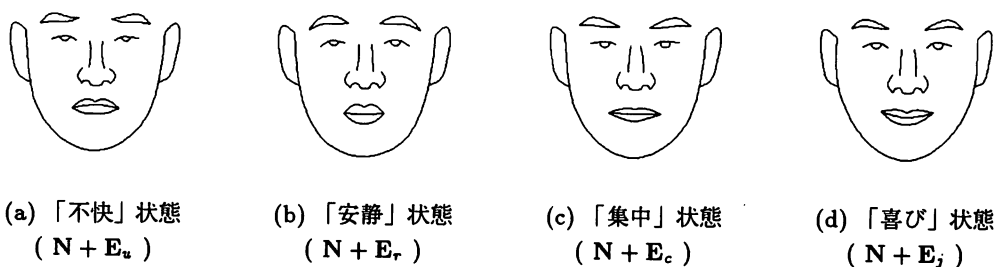


図 6: 作成した顔の表情

式 (9) を適用し、求めた各感情のレベルを示す Z_n と、それぞれの感情での移動ベクトルをかけ合わせ、合計したものを最終的な移動ベクトルとする (式 (24))。

$$\mathbf{E} = Z_1 \mathbf{E}_u + Z_2 \mathbf{E}_r + Z_3 \mathbf{E}_c + Z_4 \mathbf{E}_j \quad (24)$$

そして \mathbf{E} を「平常」状態の顔の座標点 N に足し合わせる事により、実際に表情の変化を表現する。

4.2 実験用脳波取得

感性マトリクスの精度を確かめる為、サンプルと同じ状態で測定した脳波を用意する。被験者に、学習サンプル取得時と同様に「不快」、「安静」、「集中」、「喜び」のいずれかの状態を作ってもらい、その時々脳波を取得する。脳波取得環境は学習サンプル取得時と同条件とする。

4.3 実験結果

今回の実験の結果例を以下に示す。

今回実際に脳波を採取した 2 名のデータを基に感性マトリクスを作成し、学習サンプルとして 2 名の脳波を平均したものを使用した。そして、未知サンプルとして、どちらか一方の脳波を使用した。

結果は本来動画像であるが、紙面の都合上、特徴がよく現れている表情を抜粋した。

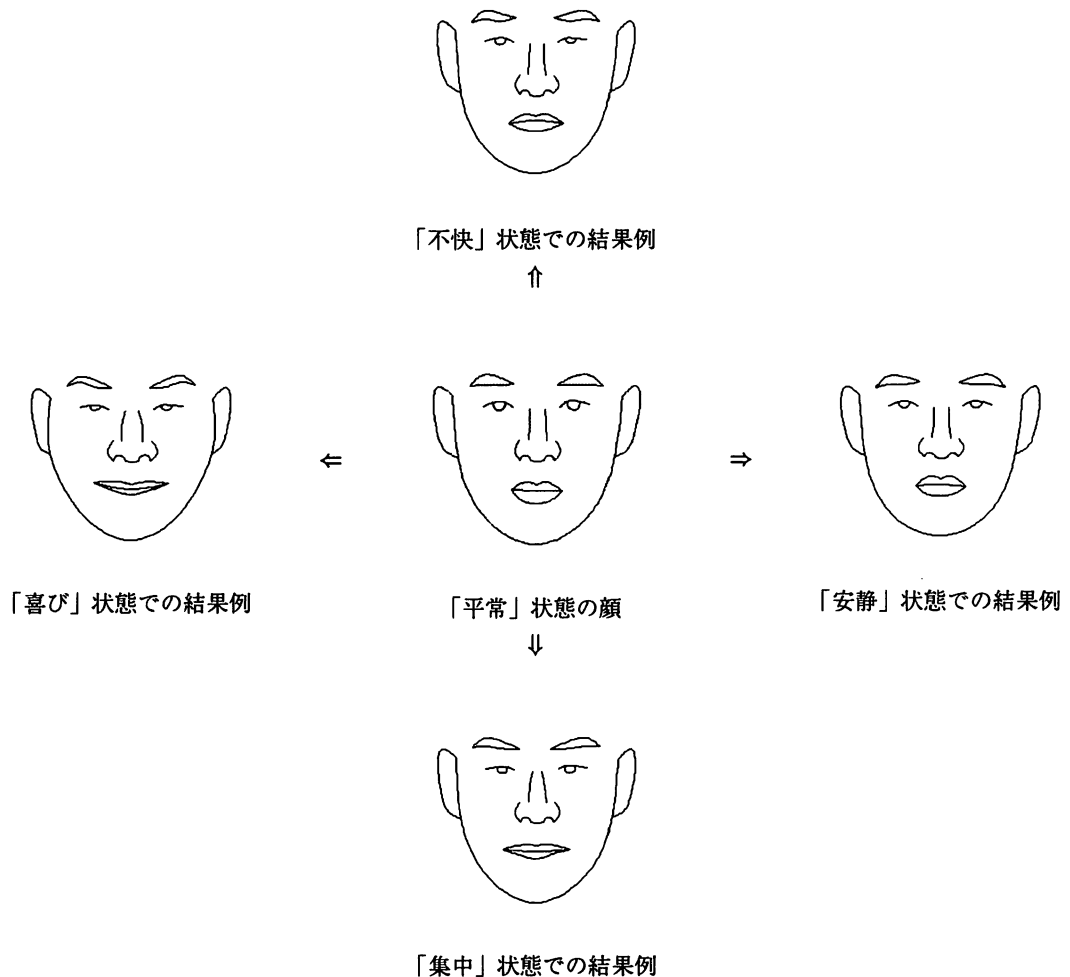


図 7: 脳波からの感情の可視化例

5 まとめ

本研究は、脳波から感情の特徴を抽出し、各感情に対応した顔の表情を時間毎に変化させる事で感情を可視化した。

「不快」状態では、うまく「不快」の表情が表出されていた。今回の研究で「不快」状態を得るのに使用した死体の写真は非常にインパクトがあり、「不快」状態を脳波に強く出したのではないかと考えられる。

一方、「安静」や「集中」などの状態は様々な表情があらわれており、はっきりと表出されていなかった。今回は被験者に20分間それぞれリラクゼーションミュージックを聴かせたり、計算問題を解いてもらったりしたのだが、「安静」や「集中」の状態を20分もの間保っておくのは通常は困難であり、途中で雑念が入り脳波が変化する事は避けられない。リラクゼーションミュージックを聴いている時のヘッドホンの締め付による不快感や、計算問題を解いている時の苛立ちなどが脳波に反映されたとも考え得る。

そして、喜びの状態は、被験者が好むアニメーションのビデオを見てもらったが、アニメーションのビデオなどは、緊迫した状況や笑いの状況など、シーンによって多彩である。このため、本来得たい喜びの脳波をうまく得る事ができなかったのではないかと考えられる。

脳波の測定において、一定の感情を保ち測定する事が最も困難であった。まず根本的な問題として、頭部装着式の電極の装着とEゲルを注入しての脳波採取の際、常に「不快」な感情が混ざっていた可能性がぬぐえない点である。また、何の感情制御の訓練も受けていない被験者からは、十分な有意差のある脳波が得難いのかも知れない。

これらの問題は、被験者に不快感を与えない（例えば非接触式の）測定方法を用いたり、感情を自由にコントロールする訓練を受けた被験者（例えば劇団員など）を採用するなどの解決法も考えられるが、現状ではいずれも困難である。

脳波からの特徴抽出においては、保存した脳波データから、時間情報が失われてしまう事で抽出方法が制限された。脳波データを専用のアプリケーションで保存する際、自動的にFFTが施され、時間情報が失われる。これにより、ESAM そのものを用いる事が不可能となり、ESAMの考え方を元にした少々異なった方法で特徴抽出する事となった。保存データから、時間情報が失われてしまう問題に関しては、脳波計付属のアプリケーションを用いず、独自のプログラムで保存する必要がある。

脳波の可視化結果の提示手段として、顔の表情変化を用いたが、表情によってはどのような感情を示しているか分かりづらいものもある。今回の研究で示した「集中」の表情も分かりづらいとの評価を得た。「平常」状態の表情を作成するのに70人の男性の顔写真を平均したものを用いたが、それと同様に、各感情の表情も実際の実験の顔写真から得たものにすれば説得力のある顔の表情が作成できるのではないだろうか。

以上に述べた問題点を解決すれば、新たなユーザインターフェースとして、脳波の変化を読み取りそれを入力データとした脳波コントロールの装置への応用なども可能であり、将来的に有望で拡張性に富んだ研究分野であると考えられる。

6 謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なる御協力を頂いた香月優一氏に心より御礼を申し上げますとともに、器材を快く提供して下さいました阿座上教授に深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 武者利光：“日経サイエンス 1996年4月号—「こころ」を測る—”,(1996).
- [2] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery：“*NUMERICAL RECIPES in C* [日本語版]”，技術評論社(1993).
- [3] 辻井滋男，久保田一：“デジタル信号処理”，オーム社(1986).

A Method for Visualization of Brain Waves

Takuroh KAMADA*, Hideyuki SHIMADA**, Mitsuru SHIONO**,

and Yoshiya MIYAGAKI**

**Graduate School of Engineering,*

***Department of Information & Computer Engineering,*

Faculty of Engineering,

Okayama University of Science,

Ridai-cho 1-1, Okayama-shi, 700-0005 Japan.

(Received November 4, 1999)

The emotion has been researched by philosopher and psychologist. Recently some researches approach the emotion by engineering methods.

This paper describes a visualization of the emotion. Using ESAM(Emotion Spectrum Analysis Method), we measure the brain waves and numerate the states of the emotion. On the basis of those data we try to visualize the emotion, which may have applications to a self stress control or a new user interface.