脳波の相互相関係数による快・不快推定マトリックスの作製

学生員 宇都宮 直 子 (青山学院大学)
正 員 田 中 久 弥 (青山学院大学)
正 員 井 出 英 人 (青山学院大学)

Construction of Pleasantness Estimation Matrix by the Correlation Coefficients of EEG

Naoko Utsunomiya, Student Member, Hisaya Tanaka, Member, Hideto Ide, Member (Aoyama Gakuin University)

We studied a pleasantness estimation matrix which was constructed by the correlation coefficients between the electrodes of EEG of its three frequency bands. In this report, we examined the selection method of EEG data as the input vector. As a result, by using the matrix that was constructed by the data which has significant differences ($p<0.01$), we estimated subjects' pleasantness which corresponded to the stimuli.

キーワード：脳波、相互相関係数、感情推定、感性マトリックス

1. はじめに

我々は、人の感情と脳波 (EEG) の関係を線形システムで表現し推定する手法を研究している。本報告は、感情の基本要素である快・不快の推定マトリックスの作製について述べる。EEG の周波数-探査電極間相互相関係数を入力ベクトル C 、快不快の大きさを Z とし、 $Z=AC$ の関係を満たす A を求める。この A が快不快推定マトリックスである。 A を求めるためには、 Z を、快: $z=1$ 、不快: $z=-1$ とおき、入力ベクトルは最も快または不快と考えられる時刻の脳波データを選択する。ここで、脳波データは2つの選択肢があり、(1) 主観値 (VAS 回答) 差が快不快で最大の場合の脳波、(2) 各相互相関係数の平均値差が有意 ($p<0.01$) な場合の脳波、が考えられる。(1) は主観値優先、(2) は測定値優先の選択と言える。我々は、両者の推定マトリックスを作製し再度実験を行い、マトリックス作製に有効な脳波データの選択方法を実験的に検討した。

2. 快・不快推定モデル

〈2・1〉 測定方法 脳波は、図 1に示す電極配置より計測する EEG ($F_z, C_3, C_4, C_z, O_1, O_2$) を 60 秒毎に FFT 解析し ($N=512$)、3 バンドの周波数帯域 (θ 波:5.0-7.9Hz, α 波:8.0-12.9Hz, β 波:13.0-19.9Hz) に分割する。ここで3周波数帯域、6 計測部位間の相互相関係数を求め 45 の変量を得る。手順は、まず被験者を座位安静にさせ、その後3分間隔で不快、快、安静の喚起を繰り返し、合計3セット測定を行う。ここで快・不快感の喚起は2種類の効果音 (快:クラシック音楽、不快:金属のひっかき音) の音刺激とした。また、安静時には被験者の快・不快の主観値を VAS (Visual Analogue Scale) で記録する。

〈2・2〉 推定マトリックスの作製 まず、安静から不快、不快から快へと効果音が変わった直後それぞれ 60~90 秒間の EEG サンプルについて各周波数帯域の電位の相互相関係数 ($n=10$) を求める。これを入力ベクトル C とすると、式 (1) のような線形式を構成する。

$$Z = AC \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 C は EEG の 3 周波数帯域における探査電極間の相互相関係数 $c_1, c_2, \dots, c_{45}$ 、 A は推定マトリックスの係数 $a_1, a_2, \dots, a_{45}$ である。

Z は VAS を不快:-1~快:1 に変換した値とし、推定マトリックスの要素となる a をガウス消去法で解く。そして、EEG の相互相関係数 c を式 (1) に代入する事により感性ベクトル Z を求める。推定マトリックスを作製する際、EEG に対する EOG アーティファクトの影響を考え、垂直・水平方向の EOG が一定閾値内の時の EEG サンプルのみを

図 1 電極配置
Fig. 1. Position of the electrodes

表 1 快・不快音刺激間の VAS 値差
Table 1. Difference of VAS value between PU sounds

Number of Experiment	subject			
	A	B	C	D
1st	77	57	61	34
2nd	85	56	59	26
3rd	80	69	57	25

表 2 有意差が認められた EEG 相互相関係数の数
Table 2. Number of the correlation coefficient data which had significant differences

Number of Experiment	subject			
	A	B	C	D
1st	26	16	18	2
2nd	9	11	28	15
3rd	15	20	7	9

表 3 快推定値と不快推定値の平均値の差異
Table 3. Differences of the average between Pleasant estimate and Unpleasant estimate

快推定値－不快推定値	subject		
	A	C	D
測定値優先	0.05	1.14	0.01
主観値優先	-0.64	-0.6	-0.02

採用した。また、Z を求める際には、EOG 混入時のデータを除去して移動平均を行った。

3. 快・不快の推定

被験者 4 名について、快・不快実験を行った。表 1 は、VAS 回答値の差 (0~100) であり、その値が大きい程、快不快の主観的評価が強く現れていると言える。最大値の実験回の数値は太字で記してある。一方、表 2 は、各相互相関係数について 1% の危険率で有意差が得られた変数の数 (0~45) を示している。この値が大きいほど、快不快を説明する情報が多いことを示している。同じく最大値は太字で示してある。表 1、表 2 を比較すると、最大値を得る実験回が必ずしも一致していない。すなわち被験者が主観で快不快を訴えても、脳波の客観値に対応した変化が現れないと考えられる。

次に、表 1 と表 2 で最大値の実験回が異なった被験者 A、C、D についてそれぞれの実験回の脳波データを用いて、快・不快推定マトリックスを作製した。(1) 主観値優先で作製したマトリックスを A1、(2) 測定値優先で作製したマトリックスを A2 とする。そして、新たに測定した快不快刺激時の脳波を推定マトリックスに代入し、快不快の推定を行った。図 2 に被験者 C の推定結果を示す。estimate1 は、A1 による推定値、estimate2 は、A2 による推定値である。縦軸は快不快の大きさを示す。各推定値は、前半 3 分の不快音刺激の場合に負の値を、後半のクラシック音楽の場合に正の値を取ると良好な推定結果と言える。2 つの推定値を比較すると、estimate2 の方が、刺激に対応した

図 2 快・不快の推定値 (被験者 C)
Fig. 2. Estimate of Pleasant and Unpleasant

変化をする推定値であることから、(2) 測定値優先で作製したマトリックスの方が良好な推定モデルであったと言える。最後に被験者 A、C、D の不快音刺激時と快音刺激時における快・不快推定値の平均値の差異を表 3 に示す。表中の数字は快音刺激時から不快音刺激時の快・不快推定値を引いたもので、数字が正であれば刺激に対応した変化をしていると言える。表 3 より全被験者において (2) 測定値優先で作製したマトリックスの方が快・不快を妥当に推定していると言える。

4. ま と め

今回は快と不快についての推定マトリックス A を作製した。その結果、A を作製するための EEG の選択は主観値優先よりも測定値優先で行い、EEG 相互相関係数に有意差が得られたデータを用いる方が良いことが分かった。今後は覚醒水準のための推定マトリックスを作製していく予定である。

(平成 13 年 4 月 2 日受付)

文 献

(1) 宇都宮直子, 田中久弥, 井出英人: 脳波の相互相関係数による感性マトリックス作製の試みービデオ視聴時の恐怖と笑いの場合ー, 平成 12 年電気学会全国大会, 3-122(2000)
(2) Schlosberg H.: The description of facial expressions in terms of two dimensions, Journal of Experimental Psychology, Vol.44, No.4, 229/237(1952)
(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)

宇都宮 直 子 (学生員) 1977 年生。2000 年 3 月青山学院大学理工学部電気電子工学科卒業。同年 4 月同大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程入学、現在に至る。生体情報工学の研究に従事。

田 中 久 弥 (正員) 1997 年 3 月工学院 大学大学院工学研究科修士課程修了 (情報学専攻)。生体情報、ヒューマンインターフェイスの研究に従事、現在、青山学院大学理工学部電気電子工学科助手。電子情報通信学会、日本 ME 学会会員。

井 出 英 人 (正員) 1970 年工学院大学大学院工学研究科修士課程修了 (電気工学専攻)。1985 年 UCLA 応用科学科客員研究員。1986 年 UCLA 脳研究所客員教授。感覚の計測、感覚代行の研究に従事。青山学院大学理工学部講師、助教授を経て現在、同教授。工博。日本ロボット学会、電子情報通信学会、計測自動制御学会会員。