

## 第21回 人間-生活環境系シンポジウム（横浜 1997年12月）

## 生理指標からの感性，感覚量の推定と評価

○辻本浩章 堤 正範 福田 慎 辰巳大祐 西田正吾

大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム人間系専攻

Estimation and prediction of subject's feeling  
who being stimulated by odor using physiological indexes○Hiroaki TSUJIMOTO, Masanori TSUTSUMI, Shin FUKUDA,  
Daisuke TATSUMI and Shogo NISHIDADepartment of Systems and Human Science,  
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Recently, the analysis of the human olfaction is developing and an odor is using in various fields, for example to get a relaxation or an excitation. But each of us has a different sensation to an odor. Therefore, even if an odor is favorite for some people it might be unfavorable for the other people. Some research groups studied how to evaluate the human olfaction objectively. But there was no attempt to evaluate objectively a subjectivity evoked by an odor stimulation. We tried to evaluate the subjectivity evoked by the odor stimulation. In this study, we measured an EEG activity which was one of the most important signal in physiological indexes, namely its value strongly depend on a human mind, of a subject who was being stimulated by the odor and evaluated objectively the influence of the odor stimulation by a chaotic analysis and a time-frequency analysis. It could be considered to be measurable the affection of odor stimulation even if we aren't conscious of the presence of the odor stimulation. The results showed that in the case of the favorite odor stimulation the chaotic value of EEG data decreased slowly with a time but it of the unpleasant odor stimulation dispersed. It was analyzed using the method of Statistics that some of the chaotic in EEG data strongly depended on the subject's feeling. We have tried to estimate and predict the subject's feeling by several explanatory variates selected from physiological information. We could predict the subject's feeling by several explanatory variates selected from physiological information. And the accuracy to estimate and predict was compared the two system. One was a the neural network system as a nonlinear system and another was the multiple regression equation from the multiple regression analysis as a linear system.

## 1 はじめに

近年，ニオイ処理解析の進展によりニオイ情報処理の分野が注目され，ニオイ感覚に対する関心が急激に高まっている。

人間の嗅覚を客観的に評価できる方法が未だ存在しないため，人の主観評価に頼っている。本研究ではニオイ刺激時の生体情報（脳波応答等）により人に対するニオイ刺激の影響を客観的に評価しようとするものであり，また被験者の感じ方を脳波応答をカオス解析，周波数解析することにより，被験者の感じ方を測定しようとするものである。

今回は快適臭，不快臭での脳波応答の変化を計測し，相関次元法，リアプノフスペクトラム法，パワースペクトラ

ム法を用いて解析を行い，得られた生体情報を統計的手法を用いることにより被験者の感じ方（感性，感覚量），すなわち被験者の主観量をどのように推定，評価できるかについて検討を行った。

## 2 実験

図1に計測システムを示す。国際式10-20法（モントリオール法）に基づきP3, P4, Czの3点での脳波と呼吸曲線をサンプリング周波数500Hzで測定した（図2）。

図3に呼吸曲線と計測された脳波の例を示す。各呼吸ごとに吸入開始時刻から3秒間の脳波データの解析を行った。

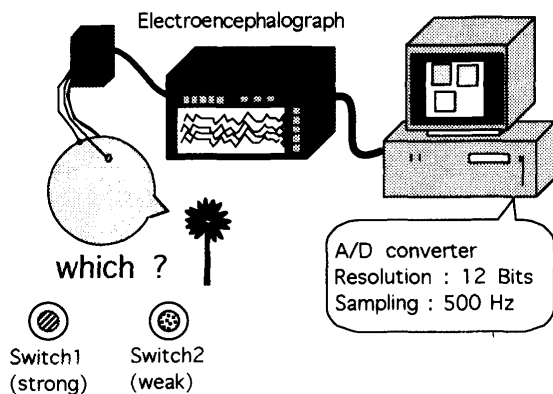


図 1: Measuring system

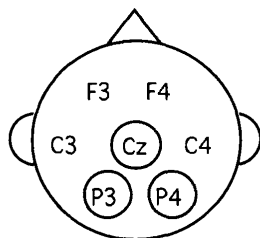


図 2: Positions of electrodes (P3,P4,Cz)

計測データに対してターケンスの埋め込み定理により遅れ時間  $\tau$  を 50ms, 埋め込み次元を 10 次元として埋め込みを行った。被験者にフローラルの香水と嗅覚の検査に用いられる T & T オルファクトメータ (Table 1) の 5 種類のニオイから 1 対比較により最も心地よいニオイと、もっとも不快なニオイを選択させ、それぞれについてニオイ刺激実験を行った。被験者は健康な成人男子であり、安静開眼状態での脳波を測定した。

表 1: Standard odor in T&amp;T Olfactometer

Standard odor	Expression of odor
A	Rose
B	Caramel
C	Putrefaction
D	Peach can
E	Bad breath

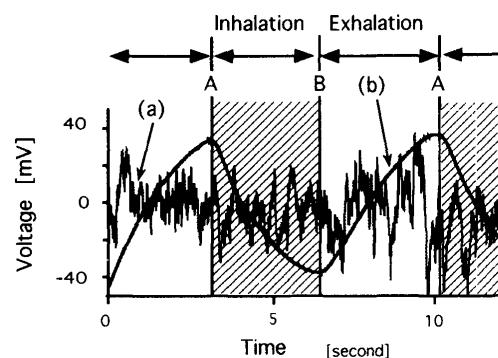


図 3: Examples of measured EEG and breathing curve. (a) is EEG and (b) is breathing curve. Capital letter A shows a start of inhalation and capital letter B shows both an end of inhalation and a start of an exhalation.

### 3 主観（感性，感覚）の計測

図 4 はフローラルの香水を嗅いだときの被験者が実際にどのように感じたかの程度を表す値と生体情報から推測された被験者の感じ方の推測値を示す。被験者はニオイ刺激に対してどのように感じたかを図 1 に示した Switch1, Switch2 のいずれかを押し、またニオイ刺激感覚の無いときにはどちらの Switch も押さないことにより被験者の主観値を 1, 0.5, 0 の 3 段階の数値で表すことにした。

図 4-(a) は被験者が実際に感じた程度を表す値である。図 4-(b) は (a) を指数関数近似をした場合の近似値である。図 4-(c) は計測された生体情報から得られたデータを用いて重回帰分析を行ない得られた値である。ここに示すように客観的な生体情報である脳波データより、被験者の感じ方を推定する重回帰式を求めることができる。

### 4 主観（感性，感覚）の推定

同じ被験者に対し快適臭，不快臭それぞれについて 2 回実験を行った。1 回目の実験データに対して多変量解析を行った。24 個の変量より変量増加法で 5 つ変量を選択し、被験者の主観量を目的変数とする重回帰式を求めた。それに対し検定を行った後、その重回帰式を用いて 2 回目の実験データより主観量の推定を行った。また同時に 1 回目の実験データに対してニューラルネットワークの学習も行い、その学習済みのニューラルネットワークを用いて 2 回目の実験データより主観量の推定を行った。主観量の推定の精度のよさを調べるために、被験者の申告から求めた主観量と重回帰式による推定値の差が 0.1 以下の割合と 0.2 以下の割合を求めた。

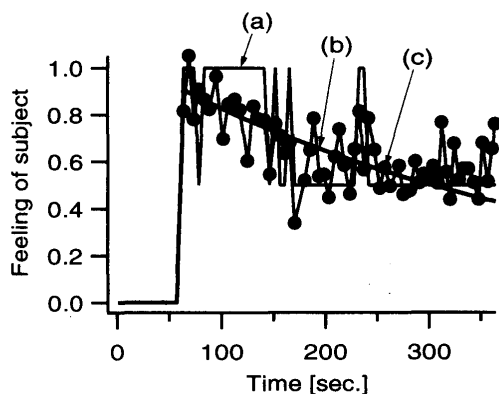


図 4: Change of feeling of subject by favorite odor stimulation. (a) is a change of measured feeling of subject. (b) is an approximate curve calculated by measured data of (a). (c) is a predicted value by multiple regression equation and physiological information.

表 2: 分散分析表

Fluctuation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Square	F-value
Regression	0.35	5	0.07	4.27
Residual	0.54	39 - 5 - 1	0.016	
Total	0.89	39 - 1		

また被験者の主観評価として、ニオイを強く感じる、弱く感じる、感じないの3種類の状態にしか分けていないため、主観量の連続的な変化を求められない。1, 0.5, 0で表された被験者の主観評価値の時間変化を指数関数近似し、その近似値を用いて重回帰分析による主観量推定式およびニューラルネットワークを使って主観量の推定を行った。

#### 4.1 被験者Dの場合

快適臭刺激の1回目の実験データより重回帰分析により主観量の推定式(重回帰式)を求め、その主観量推定式に対して検定を行った。この時の寄与率は0.39となった。分散分析表を表2示す。

有意水準  $\alpha = 0.1$  のとき

$$F_0 = 4.27 > 2.0492 = F(5, 30, 0.1) > F(5, 39, 0.1) \quad (1)$$

よって、主観推定式は主観推定に役立つと判断された。

また不快臭刺激に対する主観推定式に対しても同様に検定を行った。この時の寄与率は0.56であった。

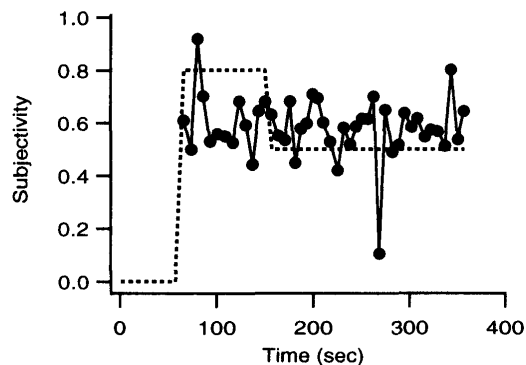


図 5: Predicted subject's feeling by multiple regression equation in the case of favorite odor stimulation. Broken line is a change of measured feeling of subject. • is a predicted value.

有意水準  $\alpha = 0.1$  のとき

$$F_0 = 7.39 > 2.0566 = F(5, 29, 0.1) \quad (2)$$

となり、不快臭刺激に対する主観推定式は主観の推定に役立つと判断された。

図5, 図6は快適臭刺激を行った時の結果である。図5は、重回帰分析により主観推定を行った場合であり、図6はニューラルネットワークにより主観推定を行った場合の結果である。被験者の申告からの主観量と推定値の差が0.1以下の割合と0.2以下の割合は重回帰分析による場合(図5)は各々42.2%, 75.6%であった。ニューラルネットワークの場合(図6)は各々26.7%, 53.3%であった。図5, 図6より明らかなように、重回帰分析により主観推定を行った場合のほうがよい結果を得た。

図7, 図8は快適臭刺激であり、同時に近似された主観値変化を用いた場合の結果である。図7は、重回帰分析により主観推定を行った場合であり、図8はニューラルネットワークにより主観推定を行った場合の結果である。被験者の申告からの主観量と推定値の差が0.1以下の割合と0.2以下の割合は重回帰分析による場合(図7)は各々51.1%, 91.1%であった。ニューラルネットワークの場合(図8)は各々51.1%, 68.8%であった。

## 5 まとめ

生体情報から被験者の感じ方の変化を追従できていることがわかる。ニオイ刺激を受けているときの生体情報から、重回帰分析、ニューラルネットワークを用いることにより、ニオイ刺激に対する被験者の感じ方、ニオイに対す

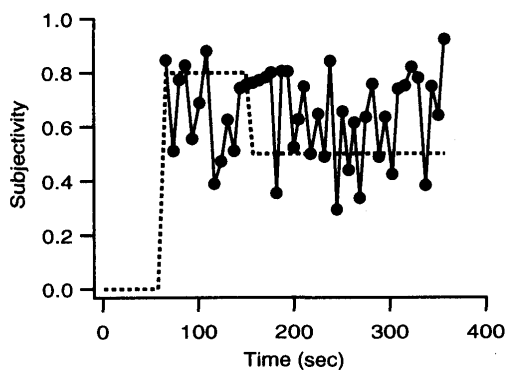


図 6: Predicted subject's feeling by neural network in the case of favorite odor stimulation. Broken line is a change of measured feeling of subject. • is a predicted value.

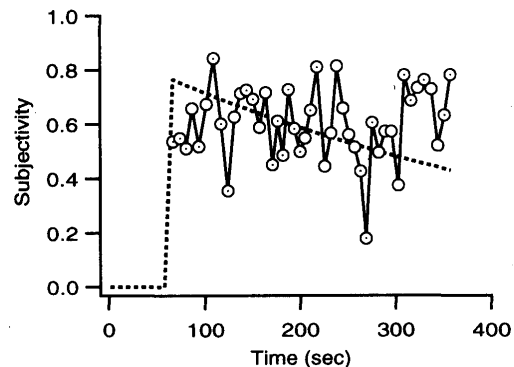


図 8: Predicted subject's feeling by neural network in the case of favorite odor stimulation. Broken line is an approximate value of subject's feeling. ○ is a predicted value.

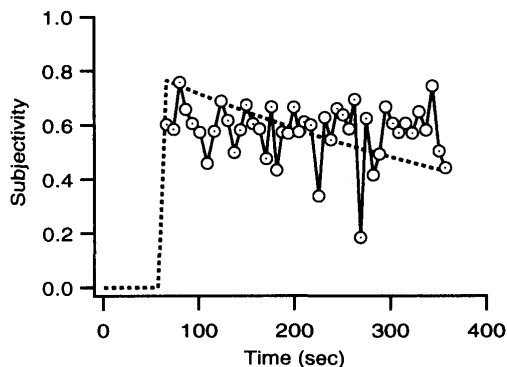


図 7: Predicted subject's feeling by multiple regression equation in the case of favorite odor stimulation. Broken line is an approximate value of subject's feeling. ○ is a predicted value.

る慣れていく過程を客観的に評価することができた。主観推定式としては重回帰分析を用いた場合により良い結果を得た。

このシステムにより音や画像などに対する人の感じ方を測定予測可能であると思われる。またこのようなシステム、考え方によって言葉では表現しにくい感覚量（主観量）や感性を客観的な数値に置き換える事が出来、様々な分野への応用が可能と考えられる。

## 参考文献

- [1] H.Tsujimoto, M.Tsutsumi, N.Saiwaki and S.Nishida : "Chaotic analysis of EEG activities stimulated by pleasant odor and unpleasant odor," Proceedings. of

18th International Conference of the IEEE EMBS, Amsterdam, The Netherlands, October 31 - November 3, 1996, pp.720 -721.

- [2] P.Grassberger and I.Procaccia : "Measuring strangeness of strange attractors," Physica 9D, pp.189-208, 1983.
- [3] T.Ikeguchi, K.Aihara, S.Itoh and T.Utsunomiya : "An Analysis on the Lyapunov Spectrum of Electroencephalographic (EEG) Potentials," Trans. IE-ICE, E73, 6, pp.842-847, 1990.
- [4] T.S.Parker and L.O.Chua : "Chaos: A tutorial for engineers," Proc.IEEE, 75, 8, pp.982-1008, 1987.
- [5] F.Takens : "Detecting Strange Attractors in Turbulence, in Dynamical Systems and Turbulence," Lecture Notes in Mathematics, 898, pp366-381, Springer, 1981.
- [6] M.Tonoike and Y.Kurioka : "Precise measurements of human olfactory evoked potential for odorant stimuli synchronized with respirations," Japanese J. of Electroenceph. and Electromy., 9 (3), pp.214-223, 1981.