

香りが脳波に及ぼす影響

李 傳房¹⁾, 勝浦 哲夫¹⁾, 柴田 哲史¹⁾, 上野 恭¹⁾, 太田 知見¹⁾,
萩本 晋¹⁾, 住田 雲生²⁾, 岡田 明³⁾, 原田 一¹⁾, 菊池 安行¹⁾

1) 千葉大学工学部人間工学教室

2) ㈱日立冷熱 環境技術研究所

3) 大阪市立大学生活科学部

Responses of Electroencephalogram to Different Odors

Chang-fanw LEE¹⁾, Tetsuo KATSUURA¹⁾, Satoshi SHIBATA¹⁾, Yasushi UENO¹⁾,
Tomomi OHTA¹⁾, Shin HAGIMOTO¹⁾, Kumoi SUMITA²⁾, Akira OKADA³⁾,
Hajime HARADA³⁾ and Yasuyuki KIKUCHI¹⁾

1) Department of Ergonomics, Faculty of Engineering, Chiba University

2) Hitachi Air Conditioning & Refrigeration Co., Ltd.

3) Faculty of Science of Living, Osaka City University

The responses of electroencephalogram (EEG) to different odors and their densities were studied on four men and two women at rest while sitting. The odors examined were citrus, floral and lavender, and their densities were 100 ppb and 200 ppb. The odors were released for ten minutes from a duct to fill the room completely. The subjective estimation indicated that citrus had a tendency to be the most comfortable odor in this study, but it was not significant. To evaluate changes of EEG, the power spectra of frequency-fluctuation of α wave (Fz) and the rate of α , β and β/α wave (Oz, Fz) were calculated. The rate of α wave (Oz) in the period of giving out the citrus at 100 ppb was significantly ($p < 0.05$) higher than that of the lavender. The rate of β wave (Oz) in the period of giving out the floral at 200 ppb was significantly ($p < 0.05$) higher than that of the lavender. The regression coefficient of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave in the period of giving out the lavender at 100 ppb was significantly higher than those in the other periods of the experiment. The regression coefficient of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave for lavender given out at 200 ppb was significantly ($p < 0.01$) higher than those for the other odors given out. It seems that the regression coefficient of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave can be used for the evaluation of psychophysiological responses.

(Ann. Physiol. Anthropol. 13(5): 281-291, 1994)

Key words: Electroencephalogram (EEG), Frequency-fluctuation of α wave, Citrus, Floral, Lavender

古くから香りが人間の心理・生理に影響を及ぼすことが知られている。しかし、それについて十分な科学

的証明がなされているわけではなかった(橋本, 1989)。近年は「香りブーム」と言われており、いくつかの科

学分野で香りに関する研究が行なわれるようになった。例えば、オフィスに比較的低濃度の芳香剤を流すことにより、室内の環境の快適性や作業効率が上がることが報告されている(橋本, 1989; 浅野, 1989)。しかしながら、これらの研究では、香りの生理学的な検討はなされていない。

実験室においては、脳波の CNV (Contingent Negative Variation—随伴陰性変動) の早期成分を解析することにより、香り的大脑に与える影響が調べられており、香りの鎮静作用、興奮作用と CNV 早期成分の振幅の間に関連性が見出されている(鳥居, 1986; 菅野, 1987)。また、寺内ら (1991) は、CNV の振幅の減少と脳波の α 波周波数成分の増加がみられることから、ヒノキの匂いには鎮静作用と人間の脳の覚醒水準を低下させる効果があるとしている。高濃度の匂いによる快適感および覚醒状態と、脳波の α 波周波数ゆらぎの変化との相関が高いことも示されている(吉田ら, 1988, 1989a)。これらの脳波を用いた研究における香りの呈示方法は、被験者の鼻孔に芳香剤を近付けて嗅がせるものであり、使われた香りの濃度は高いものであった。したがって、これらの実験状況は実際のオフィスなどにおける状況とはかなり異なるものであり、低濃度の香りが脳波に及ぼす影響は明かにされていない。

そこで、本研究では、オフィスなどに使われる室内空調器で香りを放出し、低濃度の香りによる脳波の変化について検討した。

方 法

健康な成人男性 4 名と女性 2 名の計 6 名を被験者とした。年齢は 22~47 歳で、平均 32.7 歳であった。彼らは香りについての特別な知識を持つものではなかった。

実験は気温 25℃、相対湿度 50% に設定した約 30.4m³ の応接室を想定した実験室で行なった。実験中の被験者の姿勢は安静椅坐位とした。香りはシトラス (リモネン)、フローラル (フェニル エチルアルコール)、ラベンダー (トリメチル シクロヘキシル) の 3 種類を用い、それぞれ濃度を 100ppb, 200ppb の 2 種類とし、計 6 条件で実験を行なった。

香りはエアコンの吹き出し口より放出させ、部屋の容積に対する香りの分子数によって濃度を設定した。

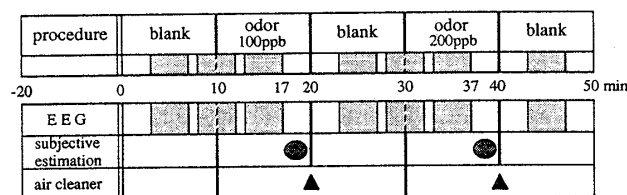
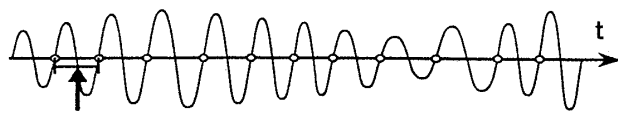


Fig. 1 Procedure of this study

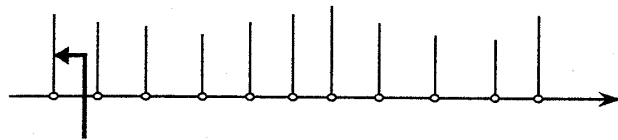
香りのない状態 (Blank)、香りのある状態を10分間ずつ交互に繰り返した。香りのない状態にするために、空気清浄器を用いた。1回の実験で用いる香りは同じものとし、始めに100ppb、10分間の香りのない状態を挟んだ後、200ppbの濃度とした。脳波の記録は香りのない状態、香りのない状態から100ppbの香りのある状態にかけて、100ppbの香りのある状態、再び香りのない状態、香りのない状態から200ppbの香りのある状態にかけて、200ppbの香りのある状態、さらに香りのない状態、の計7回、それぞれ4分間ずつ安静閉眼状態で行なった(図1)。脳波は国際式10-20法によって定められた部位 Fz, Oz から、左の耳朵を基準電極として導出し、時定数を0.3sec、感度を0.02mV/DIV に設定した生体アンプ(日本光電, AB-620G)で増幅し、DAT データレコーダ (TEAC, RD-111T) に記録した。脳波の周波数帯域のデータ処理は、記録テープを再生し、A/D 変換後に高速フーリエ変換による周波数分析を行い、測定部位 Fz, Oz における脳波の α 帯域率 (8~13Hz のパワー値 / 4~25Hz のパワー値)、 β 帯域率 (13~25Hz のパワー値 / 4~25Hz のパワー値) 及び β/α 比 (13~25Hz のパワー値 / 8~13Hz のパワー値) を算出した。このとき、高速フーリエ変換の条件設定は、サンプリング周波数100Hz、ポイント数 8192、関数窓 Hanning であった。さらに Fz 部位における脳波の α 波周波数のゆらぎ特性を以下の手順で解析した。

まず、記録した脳波から α 波帯域 (8~13Hz) をバンドパスフィルター (NF 回路設計ブロック, ACTIVE FILTER DV-04B) により抽出し、A/D 変換の後、ゼロ交差法により α 波周波数のゆらぎ波形を求めた (小杉ら, 1979; 吉田, 1989a)。 α 波周波数のゆらぎ波形の周波数は 6.5Hz を超えることはあり得ないので、ゆらぎ波形を 20Hz でサンプリングした。ついで、512ポイント (25.6秒) での高速フーリエ変換を行ない、 α 波周波数のゆらぎパワースペクトルを求めた (図2)。

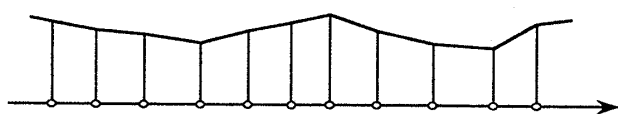
Detect a zero crossing (O) in each cycle of α wave.



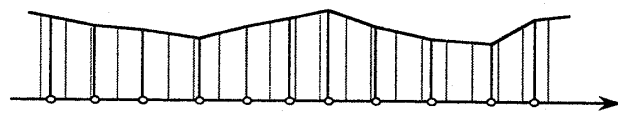
If the interval of two consecutive zero crossings was 0.08 s.



The frequency (the length of perpendicular) was $1/0.08 = 12.5$ (Hz) in this period.



Link to two tops of consecutive perpendicular by lines. These lines formed a frequency-fluctuation curve of α wave.



20Hz of sampling frequency was used, and the power spectra of frequency-fluctuation of α wave were obtained by FFT.

Fig. 2 Computation of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave

Table 1 20 adjective pairs were used in the subjective estimation

さわやかな	_____	暑苦しい
洗練された	_____	洗練されてない
好き	_____	嫌い
高級な	_____	低級な
上品な	_____	下品な
快い	_____	不快な
明るい	_____	暗い
落ち着きのある	_____	落ち着きのない
印象のある	_____	印象のない
高価な	_____	安価な
軽やかな	_____	重々しい
あっさりした	_____	くどい
強い	_____	弱い
個性的な	_____	平凡な
はっきりした	_____	ぼやけた
ソフトな	_____	硬い
自然な	_____	人工的な
まろやかな	_____	刺激的な
暖みのある	_____	冷たい
派手な	_____	地味な

lavender 200ppb (Sub. I)

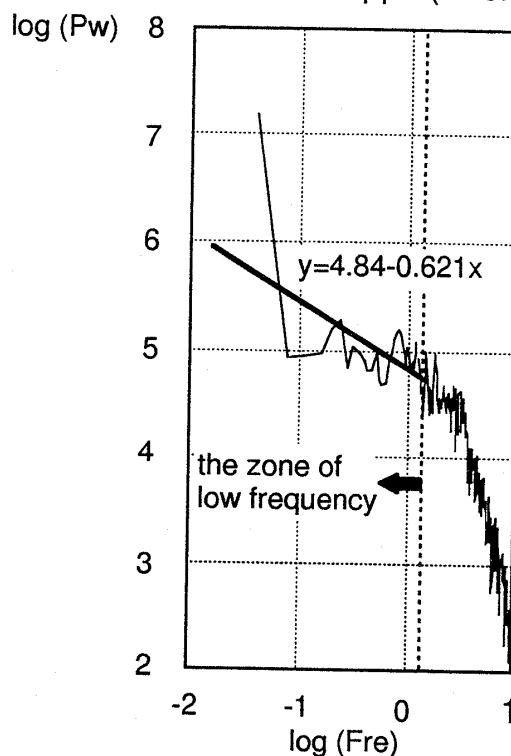


Fig. 3 Illustration of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave

Devide the power spectra of frequency-fluctuation between the zone of the low frequency (e.g. ~ 1.21 Hz) and the zone of the high frequency with the curve regression to the fourth power. The regression equation (e.g. $y = 4.84 - 0.621x$) of the zone of the low frequency was calculated, and the regression coefficient (e.g. -0.621) was obtained.

α 波周波数のゆらぎパワースペクトルは、低周波数帯域と高周波数帯域の傾き特性が異なり、低周波数帯域の傾きは小さく、高周波数帯域の傾きは大きい。そこで、傾き特性の変化する周波数を求めるために、横軸に α 波ゆらぎの周波数、縦軸にゆらぎパワースペクトルと周波数の積をとり、4 次多項式回帰を行なった。これにより極大値をとる周波数を、傾き特性の変化する変曲点周波数とした。さらに α 波ゆらぎの周波数とそのパワースペクトルに関してともに対数を取り、変曲点周波数より低周波帯域において直線回帰を行ない、回帰係数を算出した (図 3)。

主観評価は香りに関するイメージを表す 20 の形容詞対 (表 1) について、7 段階の SD 尺度を用いて行なった。主観評価は、香りのある状態での測定後に行なった。同一被験者の実験は、異なる日の同時刻に行うよ

うにした。本研究で、有意差検定には対応のある t 検定を用いた。 $p < 0.05$ を有意とした。

結 果

1. 主観評価

主観評価に用いた20の形容詞対は、因子分析により4つの因子に分類された。図4に各条件を布置した結果を示す。横軸は第1因子で「好ましき」、縦軸は第2因子で「強さ」とした。香りの違いに注目すると、3つの香りが第1因子の「好ましき」によって区別されていることがわかる。つまり、フローラル、ラベンダー、シトラスの順で主観評価の「好ましき」の因子が高くなる傾向がみられた。一方、濃度に注目した場合には、100ppbと200ppbが第2因子の「強さ」によって区別されていることがわかる。各香りの「快-不快」の評価を濃度別に図5に示した。どちらの濃度においても、シトラスが最も高い評価を示す傾向がみられたが、有意差は認められなかった。

2. 脳波

図6～11は、それぞれ測定部位 Fz, Oz における脳波の α 帯域率、 β 帯域率及び β/α 比を香り別に示している。香りのない (Blank) 時の α 帯域率、 β 帯域率

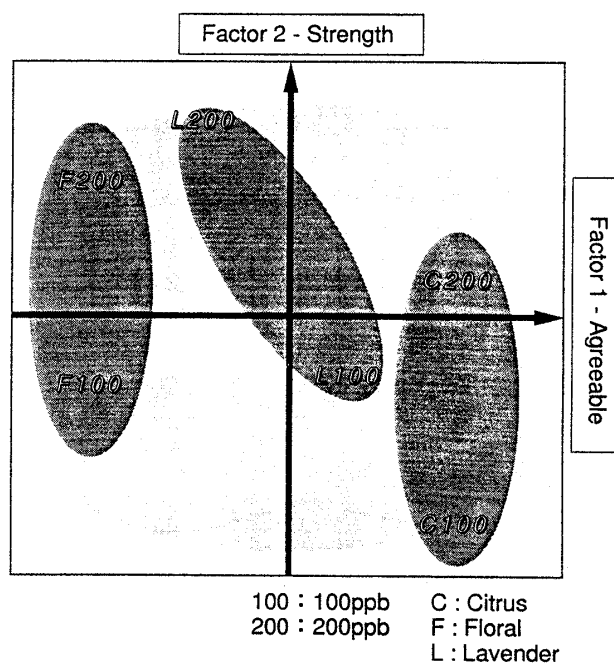


Fig. 4 Results of factor analysis

different densities different odors

Factor 1 = Agreeable (X-axis)

Factor 2 = Strength (Y-axis)

The first, second, and third agreeable odor were citrus, lavender, and floral respectively with factor 1 for factor analysis. Densities of the odor corresponded with factor 2 (Strength).

SUBJECTIVE ESTIMATION

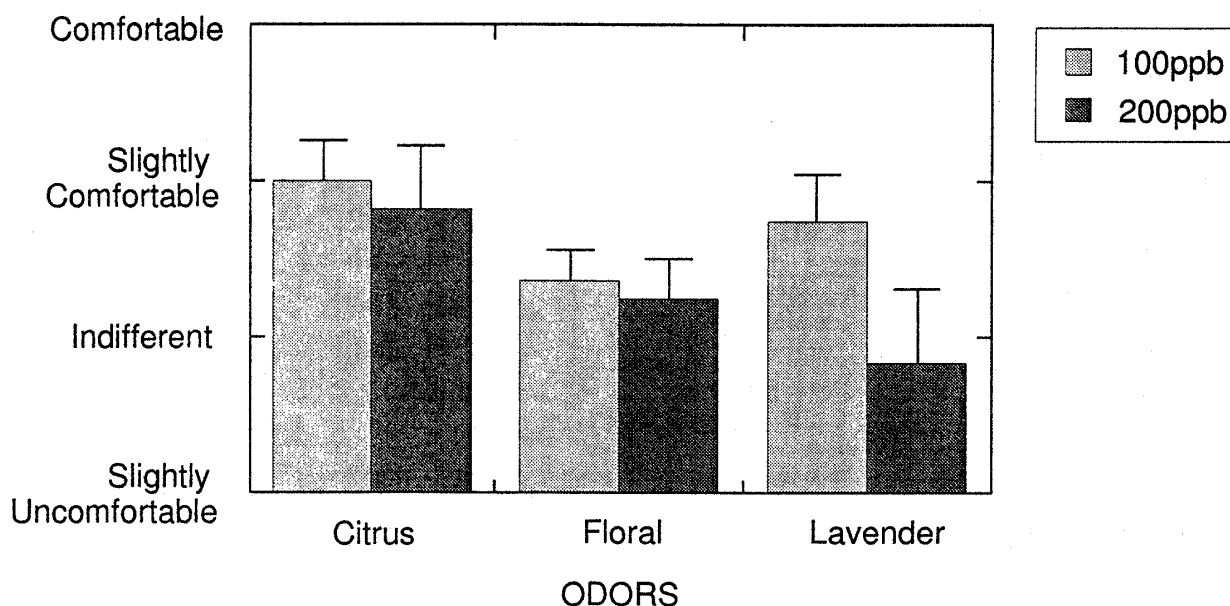
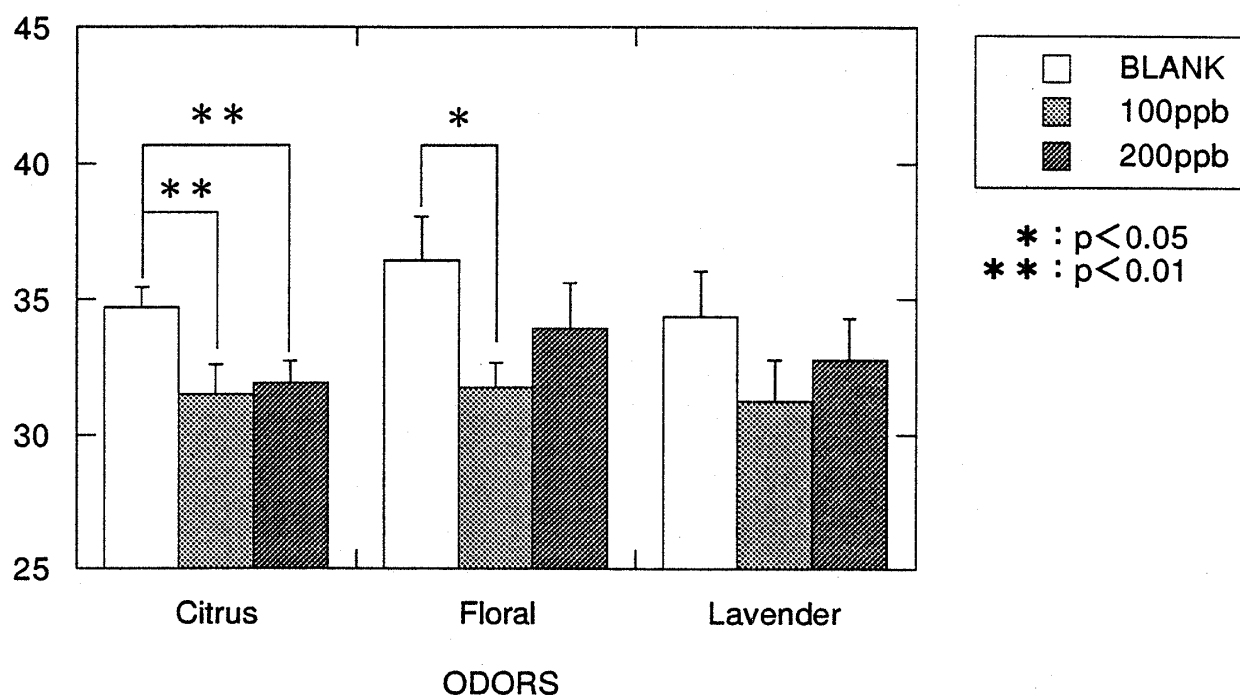
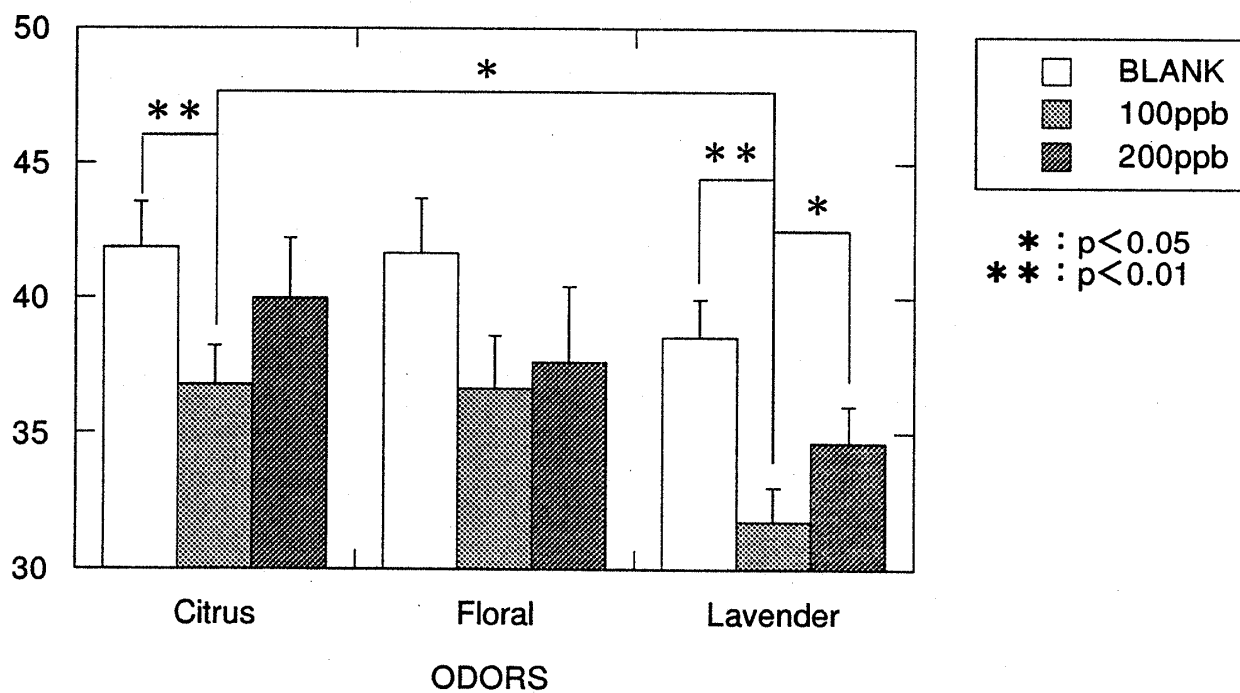
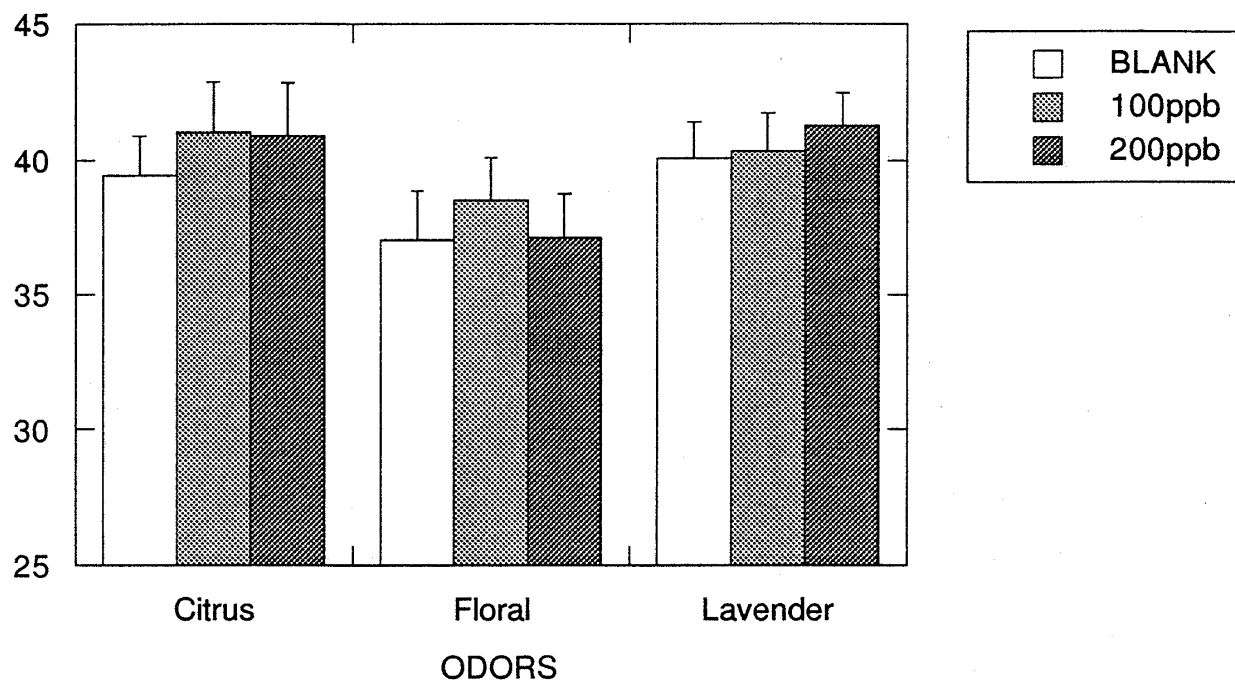
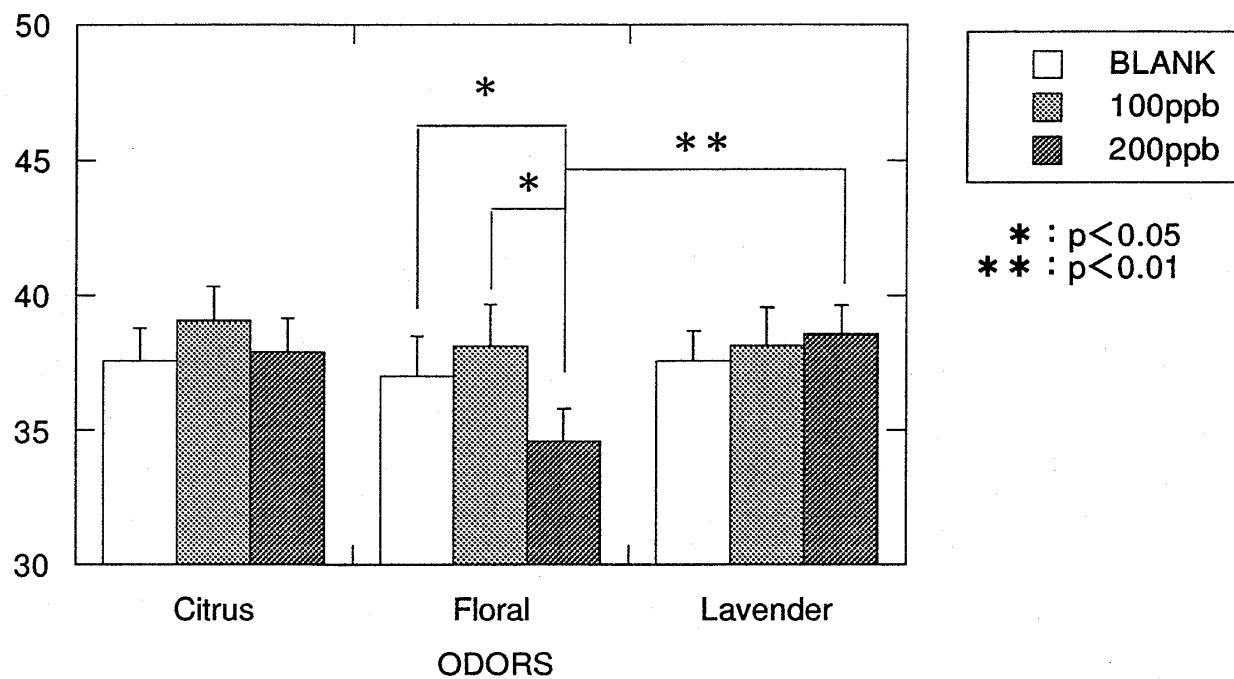


Fig. 5 Subjective estimation (Comfortable-Uncomfortable)

The citrus had a tendency to be the most comfortable odor by subjective estimation in this study, but it was not significant.

% α WAVE (Fz)Fig. 6 Average rates of α wave for Fz during each experiment using three kinds of odors.% α WAVE (Oz)Fig. 7 Average rates of α wave for Oz during each experiment using three kinds of odors.

% β WAVE (Fz)Fig. 8 Average rates of β wave for Fz during each experiment using three kinds of odors.% β WAVE (Oz)Fig. 9 Average rates of β wave for Oz during each experiment using three kinds of odors.

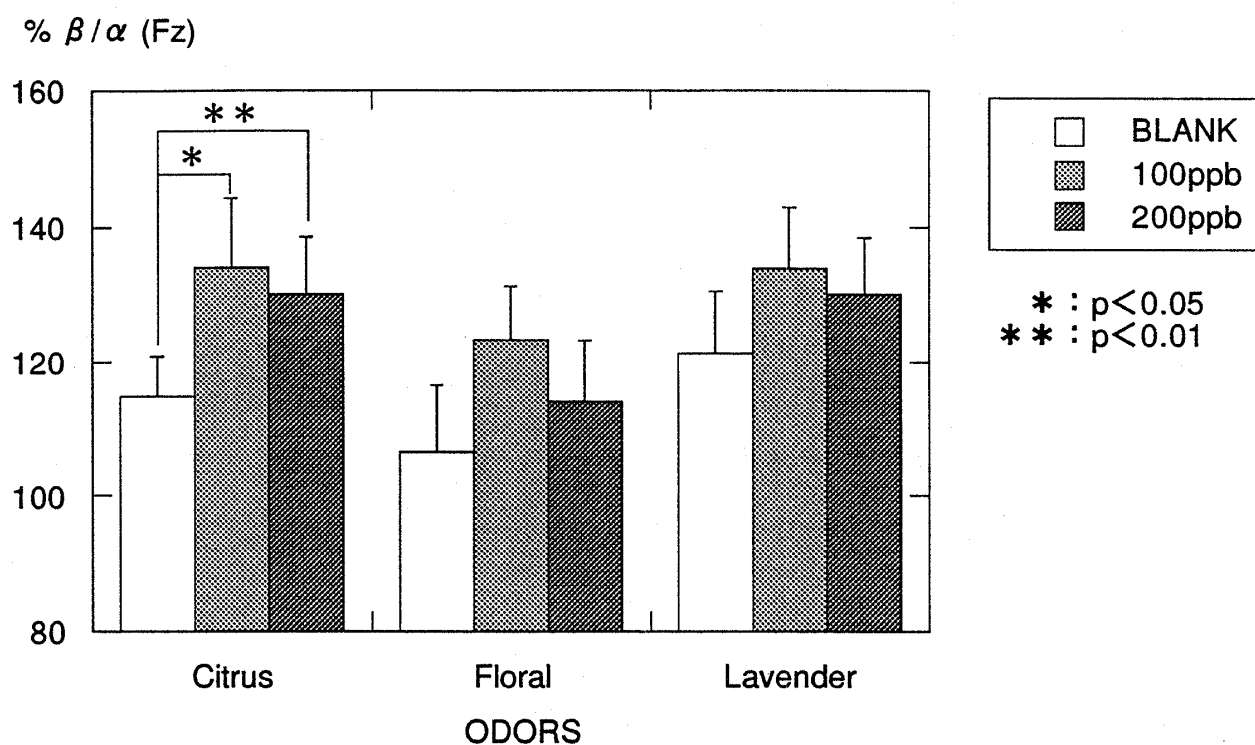


Fig. 10 Average rates of β/α wave for Fz during each experiment using three kinds of odors.

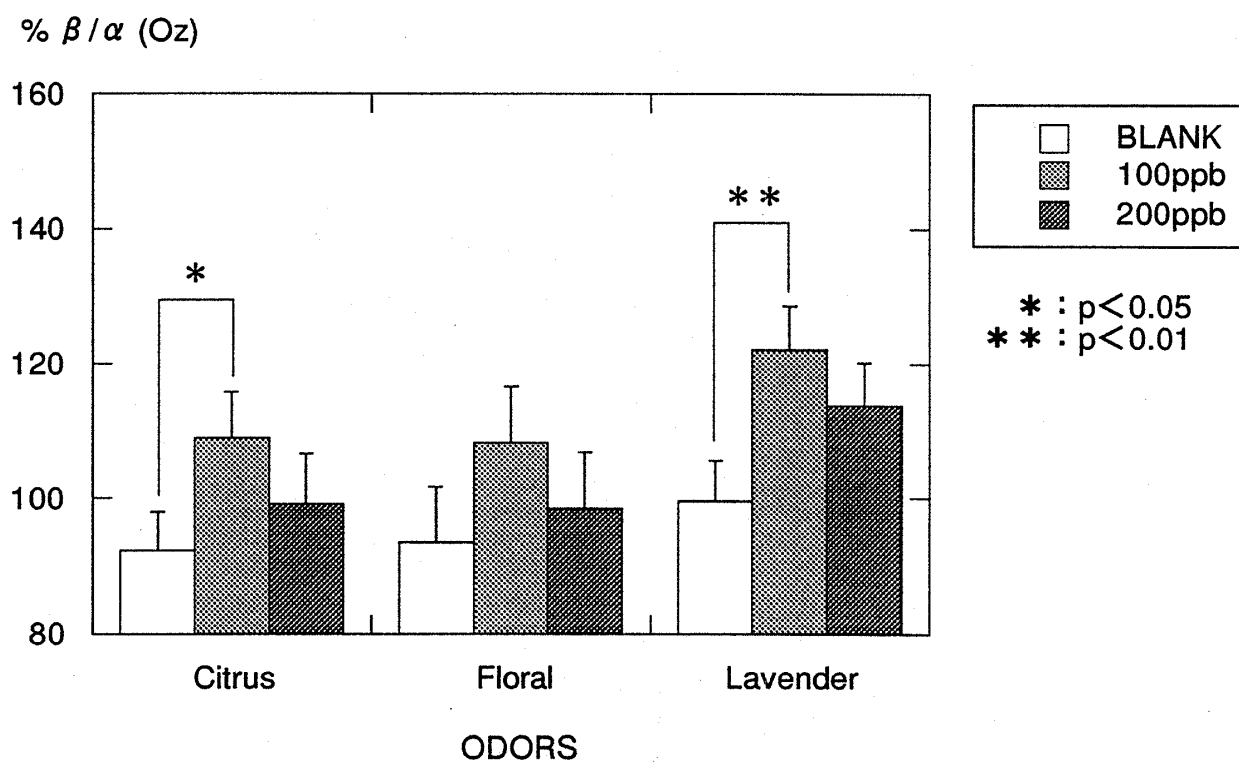


Fig. 11 Average rates of β/α wave for Oz during each experiment using three kinds of odors.

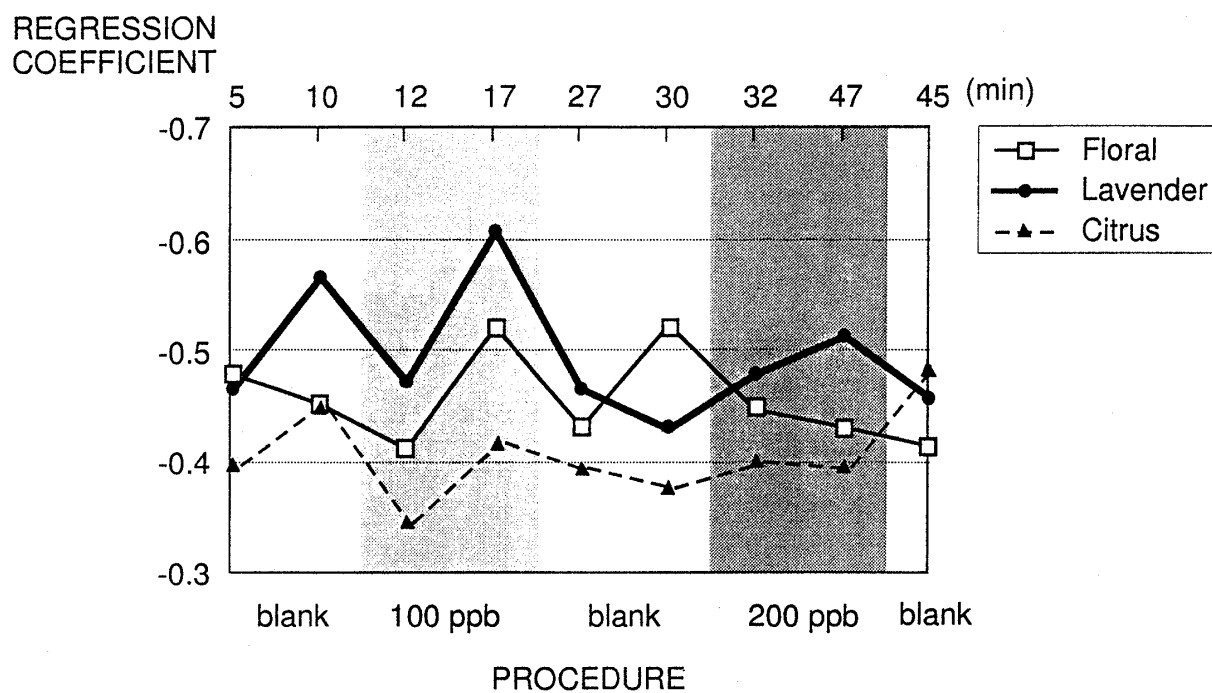


Fig. 12 Average changes of regression coefficients of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave for all subjects during each experiment using three kinds of odors.

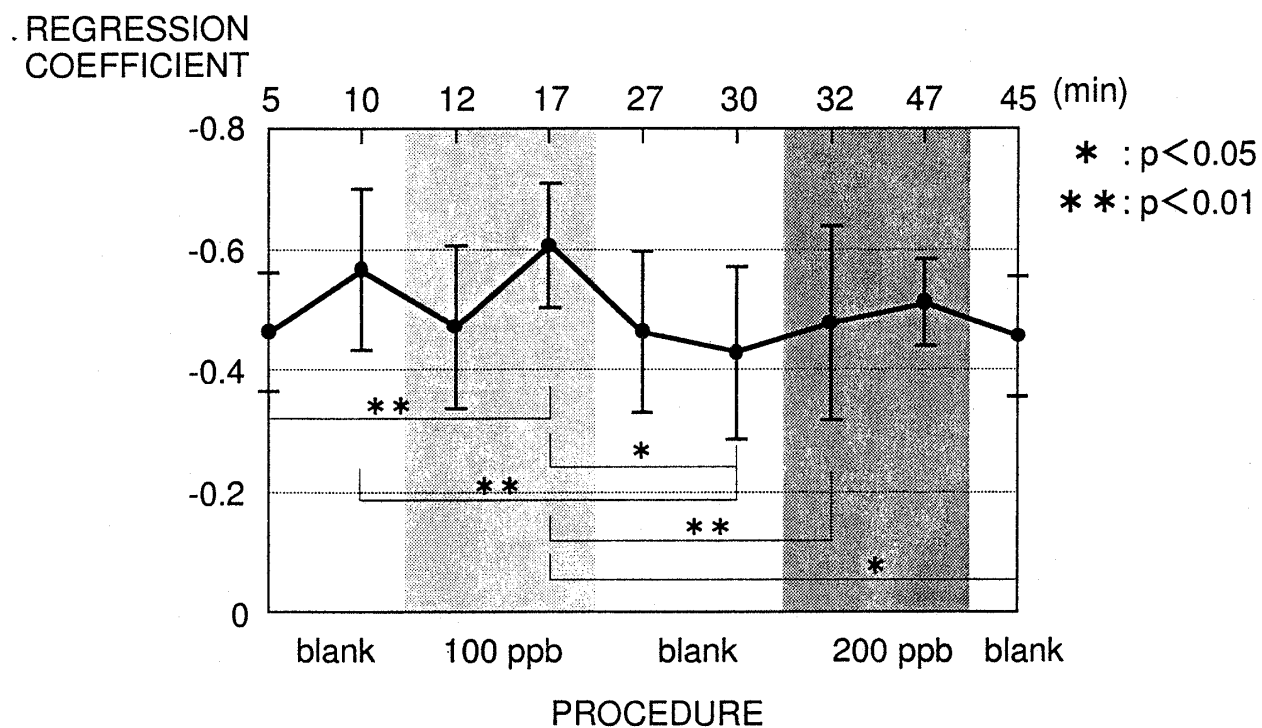


Fig. 13 Average changes of regression coefficients of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave during the experiment using lavender odor.

及び β/α 比について、いずれも条件間の差がみられなかった。測定部位 Fz, Oz と、香りの種類にかかわらず、香りのない時の α 帯域率は香りのある時より高い傾向が示された(図6と図7)。また、 α 帯域率は濃度200ppbの時点の方が濃度100ppbの時点より高い傾向が示され、特にラベンダーにおける Oz 部位の α 帯域率には濃度間に有意差 ($P < 0.05$) が見られた。図7によると、どちらの濃度においても、シトラス、フローラル、ラベンダーの順に α 帯域率が小さくなる傾向がみられ、特に濃度100ppbにおける Oz の α 帯域率はラベンダーとシトラスの間に有意差 ($P < 0.05$) が見られた。図9によると、フローラルにおける Oz 部位の β 帯域率には濃度間に有意差 ($P < 0.05$) がみられ、濃度200ppbにはラベンダーとフローラルの間に有意差 ($P < 0.01$) がみられた。香りのない時の β/α 比は香りのある時より低い傾向が示された(図10と図11)が、 β/α 比にはすべての条件間に有意差は見られなかった。

図12は、香り別に α 波周波数ゆらぎパワースペクトルの低周波領域における回帰係数の結果を示している。ラベンダーにおいては、100ppbの時点での値が他の時点での値より-1に近付き(回帰直線の傾きが大きくなる)、対応のあるt検定を行なった結果、有意差

($P < 0.05$ あるいは $P < 0.01$) がみられた(図13)。シトラスとフローラルにおいても100ppbの時点での値が他の時点での値より-1に近づく(回帰直線の傾きが大きくなる)傾向が見られたが、有意差は見られなかった。

さらに、各香りでの回帰係数を濃度別に比較し、図14に示した。どちらの濃度においても、シトラス、フローラル、ラベンダーの順に回帰係数が-1に近づく(回帰直線の傾きが大きくなる)傾向がみられた。特に、濃度が200ppbのとき、ラベンダーの回帰係数が他の香りより有意 ($P < 0.01$) に-1に近づく(回帰直線の傾きが大きくなる)ことが明らかになった。

考 察

ある香りを嗅ぐと、インパルスが嗅細胞から大脳辺縁系に伝わり、さまざまな感覚的生理的な変化を起すことが最近分かってきた(鳥居, 1987; 菅野, 1987; 高木, 1988; 寺内, 1991)。しかし、香りの濃度、呈示方法によってもその影響は異なるものと思われる。

今回と同様に比較的低濃度の香りを室内全体に流した研究として、橋本(1989)と浅野(1989)の研究がある。それらの研究では、実験した全ての香りにおい

REGRESSION COEFFICIENT

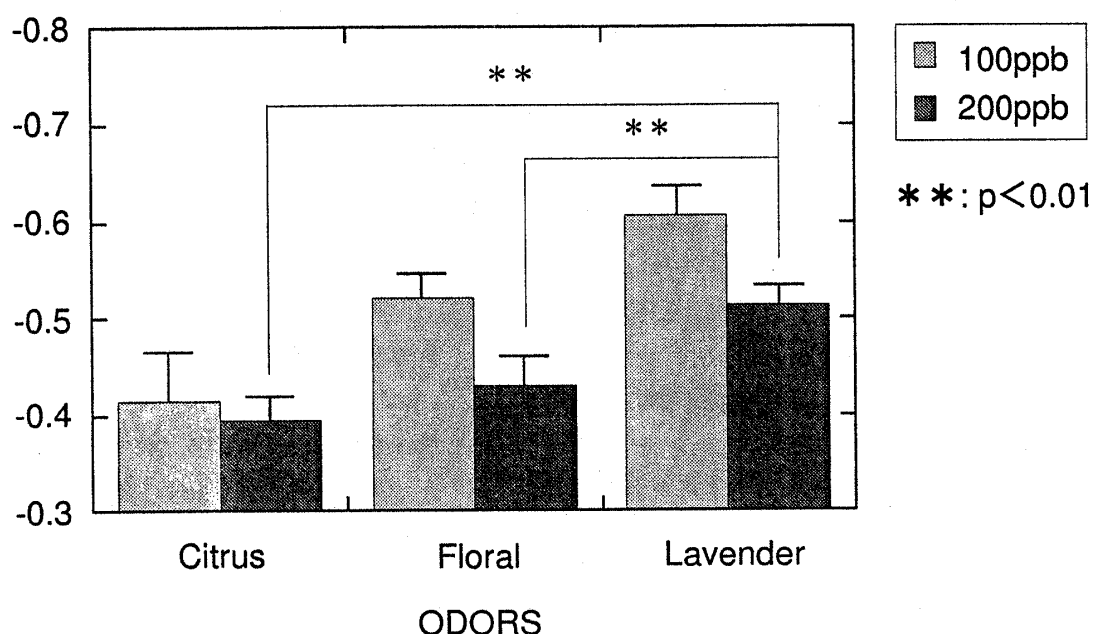


Fig. 14 Regression coefficients of the power spectra of frequency-fluctuation of α wave during three kinds of odors were given out at 100 ppb and 200 ppb.

て、香りを流さない場合に比べ、香りを流した場合の方が、空気の清浄感が増加し、会議の能率が上がったと回答した者の数が多かったことが報告されている。また、彼らはオフィスの中に職員が気付かないほど濃度の薄い香りを流した時の VDT 作業ミス率（キーパンチャーのミスパンチ率）を調べた結果、香りが無い場合に比べて香りを流した場合の方がミス率が低下することを報告している。こうしたことの原因として、香りによる鎮静（リラクセス）効果が推定されている。

今回の研究において、脳波の周波数分析の結果、 α 帯域率（Oz）はシトラスの場合が最も高く、ラベンダーが最も低いことが示された。特に 100ppb の濃度ではこの 2 つの香りの間に有意差が見られた。また、 β 帯域率（Oz）には濃度 200ppb でラベンダーとフローラルの間に有意差が見られた。 β/α 比はすべての条件間に有意差は認められなかった。香りのない時の α 帯域率は香りのある時より高い傾向を示し、香りのない時の β/α 比は香りのある時より低い傾向を示した。これらのことにより、香りのある時には、覚醒水準が上がることを示唆された。

吉田（1990）は、Fz 部位での快・不快感と脳波の α 波周波数のゆらぎ特性の対応関係が顕著に見られることを報告している。そこで、本研究においても Fz 部位における脳波の α 波周波数のゆらぎ特性に注目し検討した。

α 波の周波数ゆらぎの回帰係数は、「快」の状態で回帰係数が -1 に近付き（回帰直線の傾きが大きくなる）、逆に「不快」の状態では回帰係数が 0 に近付き、「快—不快」と関連が見られることが報告されている（吉田, 1990）。例えば低周波音に対する快・不快について、「快」の状態では回帰係数が -1 に近づく傾向が報告されており（吉田ら, 1989b）、香りに関しても吉田（1988）は、快い匂い（ジャスミン、ラベンダー）を嗅いだ時に、不快な匂い（アンモニアなどを合成した複合臭気とピリジン）の時よりも、 α 波の周波数ゆらぎの回帰係数が -1 に近くなることを報告している。

本研究において、 α 波の周波数ゆらぎの回帰係数は、ラベンダーが 3 つの香りの中で最も -1 に近づく（回帰直線の傾きが大きくなる）傾向が認められ、特に 200ppb の濃度ではラベンダーと他の香りとの間に有意差が認められた。しかし、本研究において「快—不快」の主観評価では、有意ではなかったがシトラスがラベ

ンダーより高い評価を示す傾向が認められた。したがって、「快—不快」の主観評価と α 波の周波数ゆらぎの回帰係数の間に明かな対応関係は認められなかった。これは本研究で用いた 3 つの香りがいずれもよい香りであったためと考えられる。

本研究において、室内全体に流した低濃度の香りの種類によって脳波の周波数分布および α 波周波数ゆらぎパワースペクトルの低周波領域の回帰係数が異なることが明かとなり、鎮静作用があるラベンダーの香り（鳥居, 1986）で α 波周波数ゆらぎの回帰係数が最も -1 に近づく（回帰直線の傾きが大きくなる）傾向が有意に認められた。今後、さらに検討を加えていくことが必要であるが、 α 波周波数ゆらぎが心理生理機能の評価指標になりうることを示唆するものと思われる。

文 献

- 浅野三千秋, 1989: 香りで室内の快適空間をデザインする. フレグランスジャーナル, 17(9): 34-38.
- 小杉幸夫, 高倉公朋, 佐野圭司, 高橋孝夫, 池辺 潤, 武者利光, 1979: 1/f ゆらぎのリズムを持つ電気刺激で痛みを除く—音楽や乱数から作った 1/f 信号で刺激パルスを制御—. 日経エレクトロニクス, 5(14): 122-140.
- 菅野久信, 1987: 香りの生理的研究について. フレグランスジャーナル, 86: 15-20.
- 高木貞敬, 1988: 嗅覚と香りの機能. フレグランスジャーナル, 91: 15-18.
- 寺内文雄, 大釜敏正, 川口孝泰, 谷田貝光克, 小原二郎, 1991: 住宅の評価因子としての木材のニオイ. 日本インテリア学会論文報告集 (1号): 29-32.
- 鳥居鎮夫, 1986: 香りと意識. フレグランスジャーナル, 77: 16-20.
- 鳥居鎮夫, 1987: 香りの睡眠効果と目覚めの効果. フレグランスジャーナル, 86: 21-24.
- 橋本修左, 1989: 建築空間における香りの効果について. 塗装工学, 24(8): 322-329.
- 吉田倫幸, 齊藤幸子, 飯田健夫, 山村光夫, 金村早穂, 1988: 脳波の周波数ゆらぎに及ぼすニオイの効果 (第 1 報). JASTS (別刷): 105-107.
- 吉田倫幸, 金村早穂, 1989a: 脳波の周波数ゆらぎに及ぼすニオイの効果 (第 2 報). JASTS (別刷):

293-295.

会技術資料, 187: 34-48.

吉田倫幸, 篠田晴夫, 1989b: 自然音・人工音に対する
人間脳波の周波数ゆらぎ特性— α 波のゆらぎと快・
不快感との関係—. 第53回日本心理学会大会発表論
文集, 53: 874.

吉田倫幸, 1990: 快適性の生理的指標の測定. 生理人
類学会セミナー (5): 40-54.

(1992年 3 月10日受付)

(1994年 7 月 5 日受理)

吉田倫幸, 1989: 感情の生理計測. 日本産業技術振興

李 傳 房
Chang-franw LEE

〒263 千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学自然科学研究科人間工学教室
Dept. of Ergonomics, Graduate School of Science and Technology, Chiba Univer-
sity, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263, Japan