

照明刺激環境下のくつろぎ感に関する心理生理学的研究

中村 透[†] 上垣百合子[†] 藤原ゆり[†] 奥谷晃久[†] 山本松樹[†] 長田 典子[‡]

[†] パナソニック株式会社 〒571-8686 大阪府門真市大字門真 1048

[‡] 関西学院大学 〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1

E-mail : [†] {nakamura.to-oru, uegaki.yuriko, fujiwara.yuri ,okuya.teruhisa, yamamoto.matsuki}@jp.panasonic.com}

[‡] nagata@kwansei.ac.jp

あらまし 本研究では、照明刺激環境における高次感性であるくつろぎ感が2次元感情モデル(快適感, 覚醒感)で表現できるのか, さらにはどのような生理指標で客観的に説明できるのかを心理生理学的に検討した. 2次元感情モデル上で代表的な4つの照明刺激を用いて, 心理計測と生理計測(脳波, 心電, 皮膚電位水準)を実施した. 心理評価の結果, くつろぎ感が2次元感情モデルで表現できる可能性を確認した. さらに, 重回帰分析と交差検証を用いて, 心理指標と生理指標との相関性を検討した結果, 快適感, 覚醒感ともに脳波パワー値やその相互相関係数といった生理指標で説明できる相関モデルを導出した. 以上より, 本研究で対象とした照明刺激環境下のくつろぎ感が脳波パワー値関連の生理指標を用いて客観的に説明できる可能性が示唆された.

キーワード 照明刺激, くつろぎ感, 2次元感情モデル, 生理指標, 脳波

Psychophysiological Study on Feeling of “Relaxation” in an Environment with Lighting Stimuli

Toru NAKAMURA[†] Yuriko UEGAKI[†] Yuri FUJIWARA[†] Teruhisa OKUYA[†]

Matsuki YAMAMOTO[†] and Noriko NAGATA[‡]

[†] Panasonic Corporation 1048, Kadoma, Osaka 571-8686, Japan

[‡] Kwansai Gakuin University 2-1 Gakuen, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan

E-mail : [†] {nakamura.to-oru, uegaki.yuriko, fujiwara.yuri ,okuya.teruhisa, yamamoto.matsuki}@jp.panasonic.com}

[‡] nagata@kwansei.ac.jp

Abstract This study investigated psychophysiological whether feeling of “relaxation” in an environment with lighting stimuli could be explained by applying two-dimensional emotion model and by using any physiological index objectively. Using four typical stimuli, psychological ratings and physiological activities (electroencephalogram (EEG), electrocardiogram(ECG) and skin potential level) were measured. Subjective evaluation indicated that feeling of “relaxation” could be modeled by psychological valence and arousal. In addition, Stepwise regression analyses and cross validation revealed that both the psychological valence and arousal could be accounted for by indices of the EEG. These results suggest that the feeling of “relaxation” in our study could be explained objectively by indices of the EEG.

Keyword lighting stimuli, feeling of “relaxation”, two-dimensional emotion model, psychological valence, psychological arousal, physiological indices, EEG

1. まえがき

近年, 住宅照明では, 居住者のライフスタイルの多様化により, くつろぎやだんらんの場面など生活シーンに合った質的な照明空間を求めるニーズが高まっている[1]. こうしたニーズに対応した照明空間を創出するためには, 照明刺激環境とその時のユーザの心理状態との関連性を生活シーン毎に明確化する必要がある.

人の心理状態を評価する手法として, 心理計測手法, 生理計測手法などがある. 心理計測手法では, アンケート方式の主観評価が一般的であり, 照明環境の印象を計測している研究事例は多く見られるが[2] [3], 照明環境によって喚起される気分や心理状態を計測した事例は少ない. また生理計測手法では, 実用的な計測手段の一つとして知られる脳波を用いた感性解析法が提案されているが, 照明環境に適用した研究例は少な

い[4-6]. このように、照明刺激環境下の人の心理状態を客観的に評価する手法が未だ確立していないのが現状である。

そのような中、筆者らはこれまで、ヒューマンセンタードな快適空間をユーザに提供することを目指し、空間内の環境刺激による心理状態を客観的に捉えるための指標化の方法を提案してきた。映像刺激環境を対象とした先行研究[7]では、映像刺激による心理状態を客観的な生理指標でモデル化できるかを検討し、多くの先行研究[8]で知られる2次元感情モデルの構成要素である快適感と覚醒感を、中枢神経系と末梢神経系の生理指標によって高い相関係数でモデル化できることを示した。

そこで、本研究では、住宅照明の代表的な生活シーンであるくつろぎのシーンを想定し、照明刺激環境下のくつろぎ感に着目した場合に、くつろぎ感という高次感性が2次元感情モデル（快適感、覚醒感）で表現できるのか、さらに、快適感と覚醒感がどのような生理指標で説明できるのかを心理生理学的アプローチにより明確化することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

実験参加者は数年以内に新築住宅購入予定の意思があり、正常な視覚を有する健康な30代、40代女性12名（平均年齢 38.1±6.3 歳）であった。実験の冒頭で非侵襲的な生理計測内容に書面にて同意を得てから実験した。

2.2 刺激条件

表1に、本実験で用いた4つの照明刺激条件A, B, C, Dをそれぞれ示す。本実験ではリビングの照明空間を対象とし、刺激呈示にはリビング空間を想定した照明実験環境（4380mm×3640mmの約10畳）を用いた。刺激条件は、住宅照明の代表的な手法である1室1灯と1室複数灯[1]において照明手法毎に明るめと暗めの条件を設定した。代表的な照明物理量として、実験参加者の顔面鉛直面における照度と光色を表1に示す。ここで、1室1灯については一般的なシーリングライトを用いて可能な範囲で照度や光色の差をつけた照明条件A, Bを設定し、1室複数灯については社内の照明プランナーがくつろぎのシーンを想定してプランニングした代表的な照明条件C, Dを設定した。なお、本実験中の温湿度条件は、平均温度 25℃、平均湿度 53% RHであった。

2.3 実験手続き

図1に、本実験のプロトコルを示す。実験参加者は、ソファに着席しアイマスクを着用した閉眼状態で、1分間安静にした。安静後、アイマスクを閉眼状態で外

し、開眼して照明空間を3分間観察した。ここで、主な観察対象は、実験参加者の目の前の壁全体とした。照明のまぶしさの影響を極力排除するため、照明の光源を直視し続けたり天井を見上げたりしないように、実験前に教示した。生理計測は、安静開始以降、連続して行い、心理評価は空間観察後に実施した。

以上の手続きを、表1で示した4つの刺激条件に対し繰り返して実施した。なお本実験では、1室1灯と1室複数灯の呈示順番を交互にしつつ、実験参加者毎に4つの刺激条件の呈示順番をランダムに入れ替えた。

表1 本実験で用いた4つの照明刺激条件

刺激条件名	主な照明仕様 ※図は天井面から照明器具を見た場合の設置位置		被験者が観察する照明空間	
	観察イメージ	顔面鉛直面の照度, 光色	観察イメージ	顔面鉛直面の照度, 光色
A	1室1灯 明るめ	【調光仕様シーリングライト(蛍光灯)】 ・天井面の中央に1箇所 ・調光:100%, 光色:昼白色		208(lx) 4331(K)
B	1室1灯 暗め	【調光仕様シーリングライト(蛍光灯)】 ・天井面の中央に1箇所 ・調光:15%, 光色:電球色 ※器具自体は刺激条件Aと同じものを使用		40(lx) 2644(K)
C	1室複数灯 明るめ	【ライン照明(LED)】 ・天井面左側, TVボード上・下面の計3箇所 【ダウンライト(LED)】 ・天井面の前側・中央・後側の計8箇所		128(lx) 2629(K)
D	1室複数灯 暗め	【スポットライト(LED)】 ・天井面の前側に2箇所 【フロアスタンド(蛍光灯)】 ・床面の前側・後側に2箇所		33(lx) 2662(K)

アイマスク装着(閉眼)	安静(1分間)	アイマスク外す(閉眼)	照明空間観察(3分間)	心理評価(数分)
-------------	---------	-------------	-------------	----------

図1 本実験のプロトコル

2.4 計測・解析方法

図1で示した心理評価では、照明空間観察後のくつろぎ感と心理状態を計測した。くつろぎ感は0から100%の9段階尺度で総合的に評価し、心理状態はSDアンケートを用いて評価した。なお、SDアンケートは、筆者らの先行研究[7]と同様、爽やかな、気分の明るい、落ち着くなどの19個の評価形容詞対を7段階で評定する仕様とした。SDアンケートの結果に対して主成分分析を実施することで、照明刺激環境下の心理状態の主成分を解釈した。くつろぎ感と、心理状態の主成分との対応関係を検討するために、目的変数をくつろぎ感とし説明変数を心理状態の主成分とする線形重回帰分析を実施した。統計ソフトにはSPSS (Version 19.0.0)を用いた。

表2に、生理計測項目を示す。筆者らの先行研究[7]で心理状態（快適感、覚醒感）を説明する有効な生理指標として抽出された脳波、心電、皮膚電位水準を計

測した。脳波は、拡張 10-20 法に基づいた 32 チャンネルをサンプリング周波数 1024Hz で計測したが、本研究では、図 2 で示す代表的な 8 つの脳波部位 (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, O1, O2) に対して両耳基準 (A1, A2) にて解析した。脳波データを周波数解析し、各脳波部位毎に、 θ (4.1~8.0Hz), $\alpha 1$ (8.0~10.0Hz), $\alpha 2$ (10.0~13.0Hz), $\beta 1$ (13.0~20.0Hz), $\beta 2$ (20.0~30.0Hz) 帯域の脳波パワー値 $V_{i,j}$ を算出した。ここで $i=1\sim 8$ (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, O1, O2), $j=\theta, \alpha 1, \alpha 2, \beta 1, \beta 2$ である。また、 θ (4.1~8.0Hz), α (8.0~13.0Hz), β (13.0~30.0Hz) 帯域における異なる脳波部位間の相互相関係数 $X_{i,j,k}$ を算出した。なお、相互相関係数は式 (1) で定義する [9] [10]。

$$X_{i,j,k} = \frac{\langle V_{i,k} V_{j,k} \rangle}{\sqrt{\langle V_{i,k}^2 \rangle} \sqrt{\langle V_{j,k}^2 \rangle}} \quad (1)$$

$i, j = 1\sim 8$ (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, O1, O2)

$k = \theta, \alpha, \beta$

以上、脳波パワー値 $V_{i,j}$ と相互相関係数 $X_{i,j,k}$ を脳波の生理指標とした。心電は、RR 間隔データを周波数解析し、副交感神経活動指標 HF の自然対数である $\ln HF$ を心電の生理指標とした。ここで、HF は 0.15~0.4Hz の周波数範囲で算出した。精神性発汗の生理指標として、皮膚電位水準を検討した。なお各生理指標は、安静時を基準に空間観察時に対し算出した。

表 2 生理計測項目

生理計測項目	計測装置名	センサ取付部位
中枢神経系	Active Two System 32ch (Biosemi社製)	両耳含む34点 (拡張10-20法)
		胸部 2点
末梢神経系	皮膚電位計 (SPL-01) ((株)西澤電機計器製作所製)	手掌部 3点

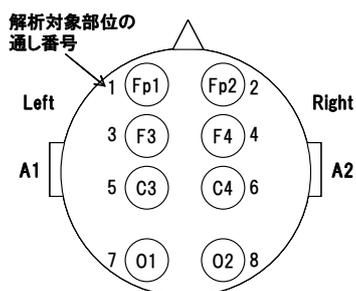


図 2 脳波データの解析対象部位

心理状態の主成分が、どのような生理指標で説明できるかを検討するために、心理状態の主成分を目的変数とし、脳波、心電、皮膚電位水準から算出した生理指標を説明変数とする線形重回帰分析を実施した。重回帰分析は、SPSS を用いて、ステップワイズ法 (変数増減法) に基づいて実施した。なお、ステップワイズのための F 値確率の投入、除去条件は、それぞれ 0.10, 0.15 で実施し、重回帰モデルの導出に際し多重共線性の問題が生じないように変数選択をした。

さらに、重回帰分析で導出した重回帰モデルの汎用性を評価し、改善するために、モンテカルロ法に基づく交差検証を実施した [11]。全データ 48 個 (= 実験参加者 12 名 × 照明刺激 4 条件) の内、30 個のデータを用いた学習と、残りの 18 個のデータに対する予測を 500 回ランダムに繰り返して、重回帰モデルの推定精度 cv を算出した。また、重回帰モデルの汎用性の改善には、重回帰分析で導出した重回帰モデルの説明変数を最適化することで、推定精度 cv を最小化した。統計ソフトには R (Version 2.13.1) を用いた。

3. 実験結果

3.1 心理評価結果

図 3 に、4 つの刺激条件に対するくつろぎ感を 12 名の平均値と標準偏差で示す。1 室 1 灯である刺激条件 A, B におけるくつろぎ感はそれぞれ 50% 以下であり、特に刺激条件 B が 4 つの条件の中でくつろぎ感が最も低い値であった。一方、1 室複数灯である刺激条件 C, D におけるくつろぎ感はいずれも 75% 前後の同程度の値であった。一对の標本による平均の検定の結果、1 室 1 灯 (刺激条件 A, B) と 1 室複数灯 (刺激条件 C, D) との間には、統計的に有意な差があった。

心理状態を計測する SD アンケートの結果に対して主成分分析を実施した結果、4 つの主成分が抽出されたが、第 1 主成分と第 2 主成分の累積寄与率は 64% であり、SD アンケートの評価形容詞対の 6 割程度を説明できた。第 1 主成分は、快適な、気分が軽い、気分が明るいといった評価形容詞と相関があり、「快適感」と解釈できた。また第 2 主成分は、緊張する、高揚する、覚醒するといった評価形容詞と相関があり、「覚醒感」と解釈できた。

図 4 に、4 つの刺激条件に対する心理状態 (横軸: 快適感, 縦軸: 覚醒感) を 12 名の平均値と標準偏差で示す。1 室 1 灯においては、明るめの刺激条件 A では快適感が中程度で覚醒感が最も高く、暗めの刺激条件 B では快適感が最も低く、覚醒感が中程度であった。一方、1 室複数灯においては、明るめの刺激条件 C では快適感が最も高く覚醒感が中程度であり、暗めの刺激条件 D では快適感が中程度よりやや高く覚醒感が最

も低かった。多変量に拡張された平均値の検定 (wilks のラムダ) [12]の結果, 刺激条件 A と C との間では 5% 水準の統計的に有意な差はなかったが ($p=0.052$), その他の刺激条件間では統計的に有意な差があった。

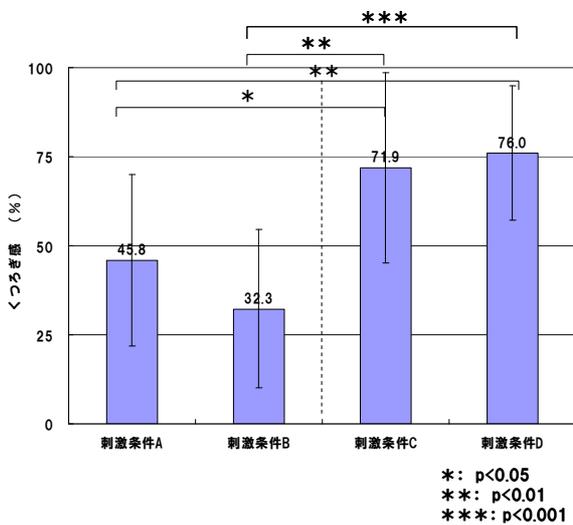


図 3 心理評価結果 (くつろぎ感)

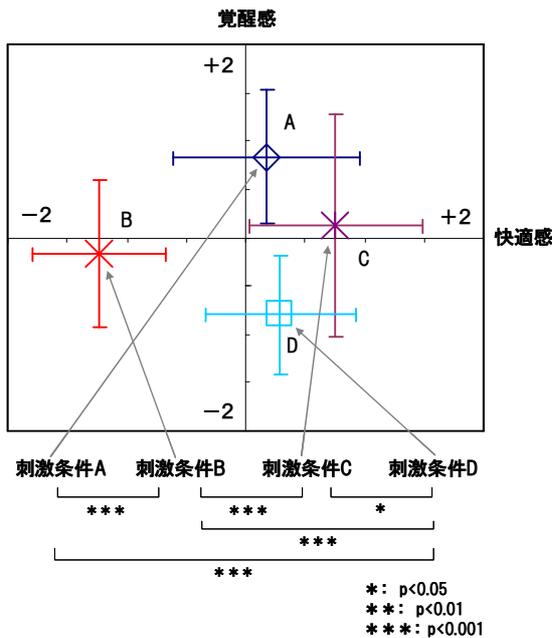


図 4 心理評価結果 (快適感, 覚醒感)

高次感性であるくつろぎ感と, 心理状態の主成分として抽出された快適感, 覚醒感との対応関係を検討した。くつろぎ感を目的変数として, 快適感と覚醒感を説明変数とした重回帰モデルを導出した結果, 重相関係数は 0.86, 自由度調整済み決定係数は 0.73 と高く, 2つの説明変数によって有意に説明された ($F(2, 45)=64.057, p<0.001$)。

3.2 心理と生理との相関モデルの導出結果

図 4 で示した快適感や覚醒感を目的変数とし, 脳波, 心電, 皮膚電位水準から算出した生理指標を説明変数

とする重回帰分析をそれぞれ実施し, 快適感や覚醒感の重回帰式の初期モデルを導出した。

まず快適感の重回帰モデルは, 脳波部位間の相互相関係数や脳波パワー値といった中枢神経系の生理指標 10 個によって有意に説明され ($F(10,37)=10.407, p<0.001$), 末梢神経系の生理指標は説明変数として抽出されなかった。また, 快適感の重回帰モデルの重相関係数は 0.86, 自由度調整済み決定係数は 0.67 と比較的高い値を示した。表 3 (a) に, 重回帰分析による重回帰モデルの導出結果として, 快適感を説明する代表的な生理指標とその標準化係数を示す。ここで, 代表的な生理指標として, 快適感を説明する割合を示す標準化係数の絶対値が 0.4 以上のみ示した。

次に覚醒感の重回帰モデルは, 脳波部位間の相互相関係数や脳波パワー値といった中枢神経系の生理指標 13 個と, 末梢神経系の生理指標である ln HF によって有意に説明された ($F(14, 33)=16.933, p<0.001$)。また, 覚醒感の重回帰モデルの重相関係数は 0.94, 自由度調整済み決定係数は 0.83 と高く, かなり当てはまりが良かった。表 3 (b) に, 重回帰分析による重回帰モデルの導出結果として, 覚醒感を説明する代表的な生理指標とその標準化係数を示す。ここで, 代表的な生理指標として, 覚醒感を説明する割合を示す標準化係数の絶対値が 0.4 以上のみ示した。なお, 覚醒感の重回帰モデルの説明変数として抽出された末梢神経系の生理指標である ln HF の標準化係数は -0.2 程度と比較的小さい値であった。

表 3 重回帰分析による重回帰モデルの導出結果 (初期モデル)

(a) 快適感を説明する代表的な生理指標

生理指標 (標準化係数の絶対値が 0.4以上のみ)	標準化係数
$X_{1,6,\beta}$	-0.892
$V_{1,\theta}$	0.652
$X_{1,3,\beta}$	0.556
$X_{6,7,\beta}$	-0.499

(b) 覚醒感を説明する代表的な生理指標

生理指標 (標準化係数の絶対値が 0.4以上のみ)	標準化係数
$X_{1,8,\beta}$	0.738
$X_{1,7,\theta}$	0.538
$V_{7,\beta 1}$	0.413
$X_{1,6,\alpha}$	-0.408

3.3 相関モデルの検証と改善結果

3.2 で示した快適感、覚醒感の重回帰式（初期モデル）に対して交差検証をそれぞれ実施し、初期モデルの汎用性の評価と改善を行い、改善モデルを導出した。表 4 に、交差検証による重回帰モデルの改善結果を推定精度 cv で示す。快適感、覚醒感の初期モデルの推定精度 cv に対してそれぞれ 20%、70%の改善率が得られた。

まず快適感の改善モデルでは、初期モデルで抽出された 10 個の中枢神経系の生理指標から、より汎用性の高い生理指標として、6 個の生理指標が選択された。ここで、快適感の改善モデルの重相関係数は 0.77、自由度調整済み決定係数は 0.53 であった。表 5 (a) に、標準化係数の絶対値が 0.4 以上の代表的な生理指標を示す。

次に覚醒感の改善モデルでは、初期モデルで抽出された 13 個の中枢神経系の生理指標と、末梢神経系の生理指標である ln HF から、より汎用性の高い生理指標として、6 個の中枢神経系の生理指標のみが選択され、ln HF は選択されなかった。ここで、覚醒感の改善モデルの重相関係数は 0.83、自由度調整済み決定係数は 0.65 であった。表 5 (b) に、標準化係数の絶対値が 0.4 以上の代表的な生理指標を示す。

表 4 交差検証による重回帰モデルの改善結果
(推定精度 cv)

	初期モデルの推定精度cv	改良モデルの推定精度cv	推定精度cvの改善率
快適感	1.00	0.80	20%
覚醒感	1.98	0.60	70%

表 5 交差検証による重回帰モデルの改善結果
(改善モデル)

(a) 快適感を説明する代表的な生理指標

生理指標 (標準化係数の絶対値が 0.4以上のみ)	標準化係数
$X_{1,6,\beta}$	-0.812
$V_{1,\theta}$	0.673
$X_{1,3,\beta}$	0.577

(b) 覚醒感を説明する代表的な生理指標

生理指標 (標準化係数の絶対値が 0.4以上のみ)	標準化係数
$X_{1,8,\beta}$	0.750
$V_{7,\beta 1}$	0.534
$X_{1,2,\alpha}$	-0.498
$X_{1,7,\theta}$	0.412

4. 考察

本研究では、照明刺激環境下のくつろぎ感という高次感性が 2 次元感情モデル（快適感、覚醒感）で表現できるのか、さらに、快適感と覚醒感がどのような生理指標で説明できるのかを心理生理学的アプローチにより検討した。

まず心理評価結果では、心理状態の第 1 主成分と第 2 主成分が快適感と覚醒感と解釈できたことから、本研究で快適感と覚醒感を用いて表現する心理空間は、多くの先行研究[8]で知られる 2 次元感情モデルとほぼ一致した結果と言える。また本研究では、1 室 1 灯と 1 室複数灯において照明手法毎に明るめと暗めの条件設定をしたが、図 4 で示した結果より、設定した 4 つの刺激条件は、2 次元心理空間上において比較的異なった心理状態を喚起する条件であったと言える。しかし、明るめの条件である刺激条件 A と C の間で 5%水準の有意な差がわずかに得られなかった。その理由としては、1 室複数灯の条件である刺激条件 C における覚醒感のデータのばらつきが大きいことから、明るめの照明が複数に配置されている刺激条件が影響したと推察される。今後、実験参加者の空間観察中の視線計測などによりばらつきの主要原因を究明する必要がある。次に、高次感性であるくつろぎ感が、快適感と覚醒感で構成される 2 次元感情モデルで表現できる可能性を重回帰分析により確認した。くつろぎ感の説明変数として設定した快適感や覚醒感の標準化係数がそれぞれ 0.73、-0.46 であることから、照明刺激環境下のくつろぎ感を高めるためには、快適感を高め、覚醒感をやや低める照明刺激が有効であることが示唆された。

次に、心理と生理との相関性を、重回帰分析と交差検証を通して検討した結果、表 5 (a)、(b) で示したように、快適感、覚醒感を説明する生理指標としては、末梢神経系の生理指標（心電、皮膚電位水準）より、中枢神経系の生理指標（脳波パワー値や相互相関係数）の方が説明率が高いことを確認できた。また、表 3 (a)、(b) で示したように、快適感、覚醒感の初期モデルにおいて標準化係数が最も高い生理指標としてそれぞれ抽出された相互相関係数 $X_{1,6,\beta}$ 、 $X_{1,8,\beta}$ が、交差検証により導出した快適感、覚醒感の改善モデル（表 5 (a)、(b)）においても標準化係数が最も高い生理指標として選択されていることがわかる。これより、相互相関係数 $X_{1,6,\beta}$ 、 $X_{1,8,\beta}$ は、本研究で検討した快適感、覚醒感をそれぞれ最も説明する生理指標であると考えられる。

まず、快適感に関して支配的であった相互相関係数 $X_{1,6,\beta}$ は、標準化係数が -0.812 と符号が - であることから、左前頭部 (Fp1) と右中心部 (C4) との部位間における β 帯域の脳波の相関度合いが増加すると、心

理的な快適感が弱まる傾向にあることが示唆された。また、覚醒感に関して支配的であった相互相関係数 $X_{I,8,\beta}$ は、標準化係数が 0.75 と符号が+であることから、左前頭部 (Fp1) と右後頭部 (O2) との部位間における β 帯域の脳波の相関度合いが増加すると、心理的な覚醒感が高まる傾向にあることが示唆された。このことから、本研究で対象とした照明刺激環境下においては、異なる脳波部位間の相互相関係数が心理的な快適感や覚醒感を説明する生理指標として有効であることが確認できた。

しかしながら、どのような脳内神経基盤によりこのような結果が生じたのか、脳波の発生源が1つなのか複数なのかなどについては、本研究の範囲では定かではない。また、快適感に関しては、先行研究[13]より、快不快感情を前頭部の α 波の左右差から議論している知見があるが、こうした先行研究からの解釈も難しく、脳科学的な意味付けに関しては今後の研究課題であると考えている。

5. むすび

本研究で提案した心理生理学的アプローチにより、照明刺激環境下の高次感性であるくつろぎ感が、2次元感情モデルの構成要素である快適感と覚醒感で表現できる可能性を確認した。さらに、快適感と覚醒感が脳波パワー値関連の生理指標を用いて説明できる可能性を確認した。以上より、本研究で対象とした照明刺激環境下におけるくつろぎ感が、脳波パワー値関連の生理指標を用いて客観的に説明できる可能性を見出した。

今後は、本研究で提案した評価手法をベースに、脳科学的な意味付けのある生理指標の探索や、他の照明刺激環境・他の個人属性などへの適用範囲を明確にしていく必要があると考えている。

文 献

- [1] (社)照明学会, 省エネと快適性を目的とした住宅照明に関する研究調査委員会報告書 (JIER-105), (社)照明学会, 東京, 2009.
- [2] 城戸麻紗子, 井上容子, “あかりと心理—くつろぎ空間における壁面照明手法の検討—,” 平成 23 年度日本建築学会近畿支部研究発表会.
- [3] 高橋啓介, “照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果,” 医療福祉研究, 第 2 号, pp.30-36, 2006.
- [4] Musha T, Terasaki Y, Haque HA, Ivanitsky GA, “Feature extraction form EEGs associated with emotions,” *Artif Life Robotics*, 1, pp.15-19, 1997.
- [5] 小此木慎哉, Herr Vaxeng, 中川匡弘, 今井公泰, 網屋繁俊, 滝澤清, “脳波の自己相似性に着目した衣服着用感の感性解析に関する研究,” 信学技報, CAS2007-60, NLP2007-88, pp.47-52, 2007.
- [6] 諸岡晴美, 廣村江利子, 長岡千紗, 諸岡英雄, “脳波解析を用いた感性の客観評価,” *Journal of Textile Engineering*, Vol.57, No.3, pp.61-68, 2011.
- [7] 中村透, 山本松樹, 佐藤弥, “映像刺激環境における心理状態と生理指標との相関モデルの研究,” *生体医工学*, 48 (2), pp.197-206, 2010.
- [8] Russell JA, Weiss A, Mendelsohn GA, “Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal,” *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, pp.493-502, 1989.
- [9] 住谷正夫, 尾崎久記, 安久正紘, “音楽および雑音呈示条件下におけるトポグラフィ,” *脳の精神の医学*, 8(2), pp.175-182, 1997.
- [10] 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快・不快推定マトリックスの作製,” *T.IEE Japan*, 122-C(2), pp.309-310, 2002.
- [11] Shao J, “Linear model selection by Cross-Validation,” *Journal of the American Statistical Association*, 88(422), pp.486-494, 1993.
- [12] 清水健司, 川邊浩史, 海塚敏郎, “対人恐怖心性—自己愛傾向 2 次元モデルにおける性格特性と精神的健康の関連,” *パーソナリティ研究*, 16(3), pp.350-362, 2008.
- [13] Mauss IB, Robinson MD, “Measures of emotion: A review,” *Cognition and emotion*, 23(2), pp.209-237, 2009.