

感性解析を応用したインテリア空間評価に関する基礎的研究 ー インテリアの色彩に着目して ー

小玉一徳[†] ペリー史子[†]

A Study on the Evaluation of Interior Spaces with Focus on Sensitivity Analysis

KODAMA Kazunori[†], PERRY Fumiko[†]

Abstract

In this paper, the authors attempt to evaluate interior spaces with focus on sensitivity analysis. An EEG experiment and the impression evaluation experiment using CG imaging of interior space was conducted using 3 colors, namely, red, blue and white. The following three results were obtained;

1. Blue and white colored interior spaces have more impact on human senses compared to red spaces. 2. Differences are observed between the impact of particular colors themselves and the impact that colors used in interior spaces have on subjects, and also, the influence of interior colors vary between subjects. 3. The degree of relaxation subjects “feel” is similar in both a sensibility analysis measurement, and subjective evaluation.

Key Words: Emotion, Evaluation of interior space, Color

キーワード: 感性, インテリア評価, 色彩

1. 背景・目的

現代の生活において色彩は欠かす事のできないことがらである。私たちは、空間を彩る色によって、心理的にも身体的にも様々な影響を受けている。特に色彩の心理的な影響については、景観や建築物、インテリア空間等に関して生活環境における様々な場面で研究が進められている。インテリア空間においても、色彩がもたらす視覚的快適性や居心地の良さ¹⁾、色彩が空間に与える印象に関する研究や空間の容積知覚への影響に関する研究²⁾、インテリア空間の色彩傾向³⁾や色彩の使われ方の実態⁴⁾に関する研究等、多岐に渡る分野で研究が行われてきている。

しかしながら、従来のインテリア空間における色彩の印象や意識に関する研究では、SD法等を用いたアンケート調査やインタビュー調査等、被験者の主観に基づく手法が多い。

[†]大阪産業大学 デザイン工学部 建築・環境デザイン学科

草稿提出日 2月28日

最終原稿提出日 4月23日

一方、近年では、脳波の動きというものが幅広い分野で注目されている。客観的な物理量としての脳波に基づく感性解析が、音楽と感性との関係⁵⁾、香りと感性の関係、行為と感性の関係⁶⁾、都市空間の評価への応用⁷⁾等の多様な分野で応用されている。本研究においても、客観的物質量としての脳波を測定することから感性への影響を探ることで、インテリア空間の評価に関して新たな成果が期待できると考えた。

また、色彩と脳波に関する研究では、色そのものが生体レベルで私たちにどう影響を与えているのかという点に着目した研究⁸⁾や、空間内のオブジェとして色彩を捉えたり⁹⁾、壁面や床面のみ色彩に着目した¹⁰⁾、脳波を用いた例は見られる。しかし、家具等も含めたインテリア空間を対象とし脳波による感性評価を試みた研究は少ない。

そこで、本論文では、色彩のあるインテリア空間への感じ方やその評価に対し、脳波測定実験による感性解析を応用することで、新たな空間評価方法の可能性を探ることを目的とした。そして、インテリア空間における色彩と感性の関わりを見出し、色彩のある豊かな住環境形成のあり方を探っていくこととした。

2. 研究の方法

インテリア空間評価に関し、感性解析を応用する基礎的研究として、本研究では3つの色彩を取り上げ、脳波測定による感性解析実験、アンケート調査を行うこととした。3つの色彩とは、寒色を意図した青系の色、暖色を意図したの赤系の色、無彩色の白色である。青は副交感神経を優位にし落ち着きを与え、赤は交感神経を優位にし興奮させる色である。一方で、白は室内に用いられる最も一般的な色として選択した。この3色を用い、

- ①脳波測定実験を通して、インテリア空間における色彩が感性に与える影響を確認すること
- ②脳波測定実験を通して、色彩単体とインテリアにおける色彩が感性に与える影響を比較すること
- ③脳波測定実験にアンケート調査を併用し、結果を比較すること

を実施した。

3. 感性スペクトル解析法

感性スペクトル解析法(ESAM)とは、計測された脳波から4つの感性要素(喜び、怒り/ストレス、悲しみ、楽/リラックス)を推定する方法である。感性スペクトル解析法とは、感情が脳内現象であり、脳波にも何らかの変化を与えるという考えに則ったものであり、脳波の特徴に基づいて、心の状態を感性状態の要素に分解して数値に置き換えるものである¹¹⁾。

本研究では、株式会社脳機能研究所が開発したESA basic⁽¹⁾を使用した。ESA basicで

は、脳波測定に使用した電極は10個であり、ここから取り出されたこれらの電極から2個の電極を取り出す組み合わせは45通り存在する。これを θ 波、 α 波、 β 波のそれぞれについて求めることにより、すべてで135個の相互相関係数の値が得られる。この中から4つの感性要素に関する特徴量を捉え、感性要素のレベルを算出する方法である。4つの基本感性要素とは、「喜び・満足感」、「怒り・ストレス」、「悲しみ・気落ち感」、「楽（弛緩）・リラックス」であり、これらを感性マトリックスと呼ぶ。その内容は次に示す通りである^{12), 13), 14)}。

- ・「喜」（喜／満足感）：被験者が喜びを感じていたり、何かをやり遂げた時などポジティブな状態の時、高い数値を示す。
- ・「怒」（怒／ストレス）：被験者が怒っている時に高い数値を示すが、ストレスが蓄積されたり、精神的に高ぶっている時にも高い数値を示す。
- ・「悲」（悲／気落ち感）：被験者が悲しんでいたり、気分が落ち込んでいる時に高い数値を示す。
- ・「楽」（楽／リラックス）：被験者がくつろいでいる時に高い数値を示す。

測定した被験者の脳波から、この感性マトリックスに従って抽出された喜怒哀楽の4つの基本感性要素に基づいて分析を進めることとした。

また、感性スペクトル解析法は様々な分野で研究成果をあげているが、インテリア空間の評価に応用した研究事例は少ない。

4. 実験概要

4-1. 実験環境

実験には実空間ではなく仮想現実空間を応用することとした。仮想現実空間は実空間に比べて、光の設定が難しいことや全体的に平坦に見えるがちな事等の視覚的課題もあるが、実空間を用いた実験では、複数の実験対象空間の制作にかかる費用や個々の実験空間間の移動が大変になること等、その準備や手順が大変な作業となる。仮想現実空間であれば、色彩シミュレーションや空間シミュレーション等が比較的容易であり、空間作成費用が不要である等のメリットもあり、大スクリーン（横2430×縦1820mm）に提示したCG画像を偏光メガネによって立体視し、臨場感のある実空間のように体験できる仮想現実空間を用いることは妥当であると考えられる。実験室ではスクリーン以外の視覚情報が実験の妨げにならないように、周囲の床・天井は黒塗りで、壁面は暗幕で閉じた(図1, 図2参照)。

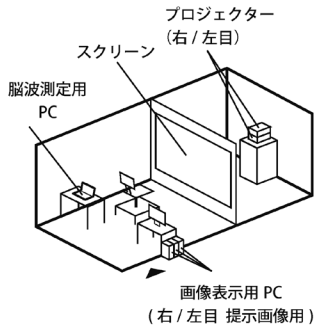


図1 VR実験室の様子

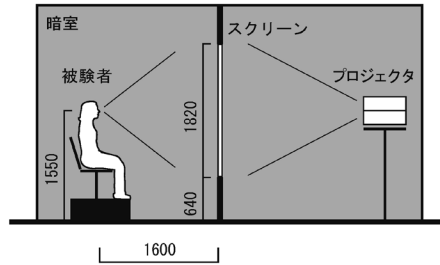


図2 被験者とスクリーンの関係

4-2. 対象空間

対象空間は、昼間のリビングルームを取り上げることにした。一般的に、リビングは日常生活で滞在時間が長く、安らぎが求められる場所である。室内には、長期的に置かれるものを中心に、チェア、ソファ・クッション、カーテン、カーペット、棚等を不自然に見えないよう配し、それらを着色の対象とし、青のインテリア空間、赤のインテリア空間、白のインテリア空間を用意した(図3)。照明条件は全てのパターンで同一とし、自然光が差し込む昼間を想定することで空間にリアリティを出すと共に、室内には間接照明としてコーブ照明を設け、全体的に強い影が生じたりしない柔らかい雰囲気を出した。

色彩は、マンセル表色系に基づき、青系の空間に5B、赤系の空間に5R、白の空間にN9.5を採用した。また、青、赤の空間においては、エレメントによって明度・彩度を微調整している。白の空間は僅かに色味を許し、空間全体が自然に見えるように心が

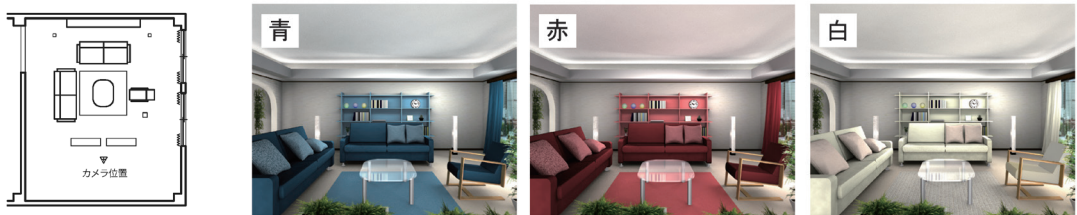


図3 リビング平面図 インテリア空間CG

表1 青・赤空間における各エレメントの色相/明度/彩度

色 \ エレメント	チェア, ソファ	カーテン	棚, カーペット
青	5B 4/6	5B 5/8	5B 6/6
赤	5R 4/10	5R 5/14	5R 6/12

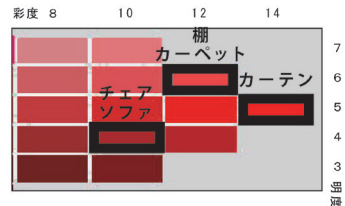


図4 選択した色票(赤の例)

けた(表1, 図4).

モデリング及びレンダリング用のソフトは, Shade 3D ver. 14を用い, 一つの空間に対して, 視差70mmとして右目用画像, 左目用画像を準備した. レンダリングは光の状況が最も美しく表現できるパストレーシング手法を用い, レンダリング画像サイズは1280 x 960 pixelとした. CG画像の立体視表示には, 表示システムOSU-VR⁽²⁾を用い被験者がCG空間を実物大に感じられるような実験環境を整えた.

4-3. 提示画像について

脳波測定実験において, 被験者に提示する画像は, 青, 赤, 白のインテリア空間CG画像と青, 赤, 白の色画像の計6枚である. 色画像は, 各インテリア空間に対応した色相内のうち, 中明度, 高彩度のものを選択し, 青は5B 5/8, 赤は5R 5/14, 白はN 9.5を採用した.

画像提示の流れは, 色別に白, 青, 赤の順番とし, まず色画像, 次にインテリア空間を提示した. また, 各画像を提示する前には, 黒画像がはさまれており, 被験者が6枚の画像を眺める際の条件に違いが生まれまいよう配慮している. それぞれの画像提示時間は, 被験者の疲労を考慮し, 30秒間とし, 脳波測定時間は全体で約7分に留めた(図5).



測定終了
(約7分間)

図5 画像表示の流れ

4-4. 実験手順

実験は, 脳波測定実験, アンケート調査の順に行い, 全体で25分間程度であった.

被験者にまず事前の教示を行い, 基本情報を採取した. 次に, 実験室に移動し, 被験者に偏光メガネ, エレクトロヘルメットを装着してもらい, 脳波測定の準備を行った. 準備が整い次第, 被験者には閉眼安静状態をとってもらい, 脳波が安定したと見られた後に, 4-3. の流れに沿って6枚の画像を提示した.

脳波測定終了後, 被験者には, エレクトロヘルメットのみ外してもらい, スクリーンに各インテリア空間を映し出し, 画像を順番に見てもらいながら, SD法による10形容詞対による5段階印象評定を行った. 質問項目は, インテリアや室内の居心地に関する過去の研究を参照し, リビングに望まれるポジティブな感情想起につながる項目であり, かつ, ESAMの「喜」「楽/リラックス」の2感性に対応すると考えられる計10項目を選定した(表2). 被験者は, 視力が0.7以上で色覚に異常のない学生6名とした. 実験は, 2016年8月に大阪産業大学のVR実験室で行った(写真1参照).

表2 アンケート項目

項目		5段階 <1-5>
喜 joy	1 気分	気分の下がる — 気分の上がる
	2 楽しさ	つまらない — 楽しいな
	3 活気	活気のない — 活気のある
	4 満足感	満足感のない — 満足感のある
	5 温かさ	冷たい — 温かい
楽 relax	1 リラックス	リラックスできない — リラックスできる
	2 居心地	居心地の良くない — 居心地のよい
	3 落ち着き	落ち着かない — 落ち着く
	4 快適さ	不快な — 快適な
	5 癒し	疲れる — 癒される



写真1 ヘルメット装着(左)・実験中の様子(右)

5. 結果と考察

感性データの解析については、被験者毎に得られた感性要素の数値を基準化することで、被験者間での比較・平均を有効とした⁽³⁾。インテリア空間を提示した際の被験者の数値データを表3、色画像を提示した際の被験者の数値データを表4に示す。数値が大きいほどその感情が強く想起されることを示しており、負の値となっているのはその感情が弱くなっていることを示している。

ここで、外れ値(各インテリア空間、色画像を眺めた際の、6名の平均値からのずれが±1SDより大)と考えられる値を全体の1/2以上保持していた被験者Bの1名を除き、計5名を分析対象としている。図6は3色のインテリア空間を提示しているとき、図7は3色の色画像を提示しているときの被験者5名の中央値と標準偏差を示している。

表3 全被験者の感性解析結果(基準化数値)/インテリア空間

被験者	怒り/ストレス anger			喜び joy			悲しみ sadness			楽/リラックス relax		
	白イ	青イ	赤イ	白イ	青イ	赤イ	白イ	青イ	赤イ	白イ	青イ	赤イ
A	0.73	-1.14	0.41	-0.74	1.14	-0.40	0.26	-1.11	0.84	-0.71	1.14	-0.44
B	-0.94	1.05	-0.11	-1.15	0.49	0.66	0.99	-1.01	0.03	0.80	-1.12	0.32
C	-1.04	0.09	0.95	0.58	0.58	-1.15	-0.98	-0.05	1.02	1.15	-0.54	-0.62
D	0.83	0.28	-1.11	1.14	-0.74	-0.39	-0.94	1.05	-0.11	-0.25	-0.85	1.10
E	0.97	-1.03	0.05	0.58	-1.15	0.58	-0.75	1.14	-0.38	-1.08	0.90	0.18
F	-0.29	-0.82	1.11	1.13	-0.38	-0.75	-1.13	0.78	0.35	0.24	0.86	-1.10
中央値(B除外)	0.73	-0.82	0.41	0.58	-0.38	-0.40	-0.94	0.78	0.35	-0.25	0.86	-0.44
標準偏差(B除外)	0.87	0.66	0.89	0.77	0.95	0.64	0.56	0.94	0.60	0.87	0.92	0.85

表4 全被験者の感性解析結果(基準化数値)/色画像

被験者	怒り/ストレス anger			喜び joy			悲しみ sadness			楽/リラックス relax		
	白画像	青画像	赤画像	白画像	青画像	赤画像	白画像	青画像	赤画像	白画像	青画像	赤画像
A	0.77	0.36	-1.13	-0.69	-0.45	1.15	1.03	-0.97	-0.06	-1.10	0.86	0.24
B	-0.87	1.09	-0.22	1.03	-0.97	-0.07	0.33	0.80	-1.12	-1.15	0.58	0.58
C	0.41	0.73	-1.14	-1.03	0.97	0.06	1.10	-0.86	-0.23	-1.13	0.35	0.77
D	0.88	0.21	-1.09	-1.00	0.00	1.00	1.00	-1.00	0.01	-1.05	0.11	0.94
E	-1.09	0.87	0.22	1.04	-0.96	-0.08	1.15	-0.58	-0.58	-1.15	0.61	0.54
F	-0.46	-0.69	1.15	-0.95	1.04	-0.09	0.94	-1.05	0.10	-0.82	1.11	-0.29
中央値(B除外)	0.41	0.36	-1.09	-0.95	0.00	0.06	1.03	-0.97	-0.06	-1.10	0.61	0.54
標準偏差(B除外)	0.85	0.61	1.04	0.88	0.88	0.61	0.08	0.19	0.27	0.13	0.40	0.48

5-1. 色インテリアの感性解析結果

まず、各色のインテリア空間を提示した際の感性解析結果をみると、

- ・白のインテリア空間においては、「喜び」や「怒り/ストレス」が高くなって、反対に「悲」が低いことから、白い部屋から感じられる落ち着いたさや飽きやすさなどが影響しているのではないかと考えられる。
- ・青のインテリア空間においては「怒り/ストレス」が低く、「悲しみ」と「楽/リラックス」が高く、青色の持つ鎮静効果が影響しているといえよう。
- ・赤のインテリア空間においては、他の2色に比べ、目立った特徴がないように見える。などのことが導かれた。

5-2. 色インテリアと色画像との比較

ここで、図6を図7を比較すると、インテリア空間における色彩と色彩そのものとの対応は、特に見られないように見え、両者が感性に与える影響に何らかの違いがあるということになる。これらは、色彩単体の印象が周辺にあつてほしい色と必ずしも一致しないという研究結果¹⁵⁾などから説明がなされると考えた。

一方で、「楽/リラックス」に関しては、インテリア空間と色画像ともに、青が高くなっ

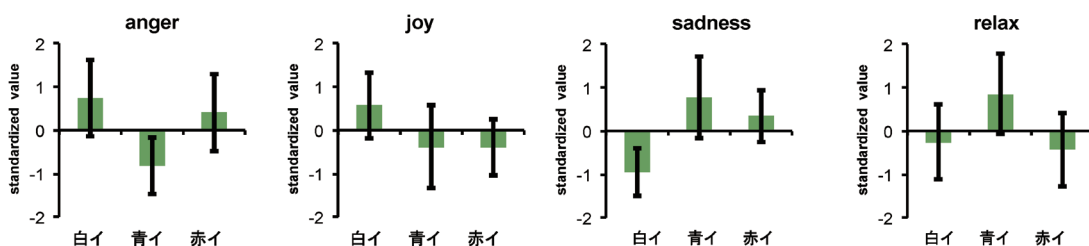


図6 各感性要素の出力結果(中央値と標準偏差)/インテリア空間

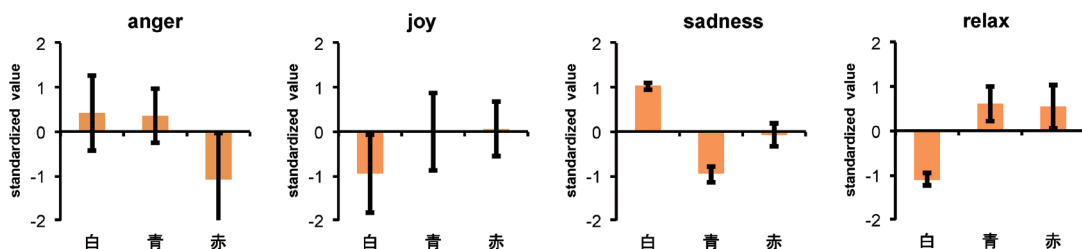


図7 各感性要素の出力結果(中央値と標準偏差)/色画像

ており、色の持つ鎮静効果が窺えた。また、図6、図7の標準偏差をみると、「悲しみ」と「楽/リラックス」に関して、色画像の方がインテリア空間よりもばらつきが小さいことが目立っている。これは、私たちの感性は、色単体においてはある一定の影響を受けやすいが、色が空間に配置されることで、感性は多様な受け止め方をしていると考えられる。

5-3. 感性評価とアンケート評価の比較

各質問項目の評定平均値を図8に示す。

「喜」のアンケート項目では、5つの質問のうち、4つの質問において、赤、白、青という順番で高い結果を得ている。これは図6の感性出力結果と比較すると、赤のインテリア空間に関して一致していない。特に、「活気」と「温かさ」については、感性レベルと心理レベルに開きがある。これらは、そもそも、使用する感性スペクトルデータベースが、一般の感情評価用に開発されたことに原因があり、インテリア空間の評価においてESAMの「喜び」という指標を用いるのは難しいことが推察された。

一方、「楽」のアンケート項目では、赤の空間が5つの質問すべてにおいて低い値を得ている。これは、図6の感性レベルの出力結果とおおよそ合うものである。また、アンケートでは白と青のインテリア空間に大きな差はないが、図6と統合し、検討することが求められる。図6の「楽/リラックス」と合わせて結果を統合すると、以下のことが導かれる。

- ・実験に使用した3つのインテリア空間のうち、もっともリラックスできないのは赤の空間であること。
- ・実験に使用した3つのインテリア空間のうち、もっともリラックスを感じるのは青の空間である可能性が高いこと。

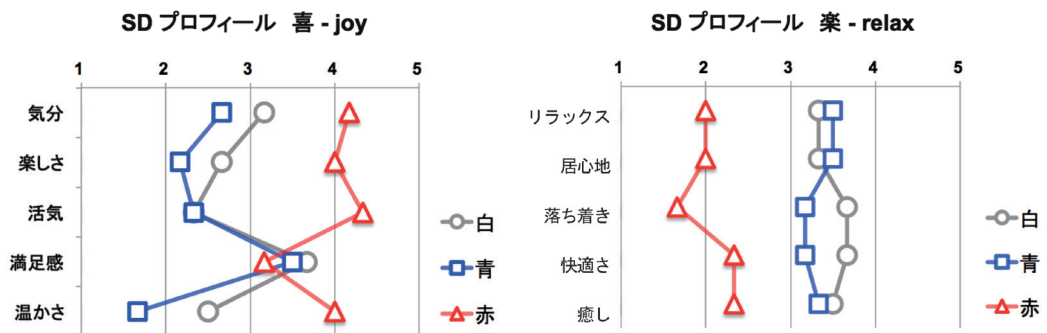


図8 平均評定値

アンケート結果については、総じて白と青に差はないが、感性評価と併用することで、実際には青のインテリア空間の方が白のインテリア空間よりリラックスを感じているのではないかと推察された。

また、アンケート質問項目の「1. リラックス」と「2. 居心地」については、数値の高い順に青、白、赤となっており、これらは脳波測定実験の結果と合致するものであり、今回の色彩を使用したインテリア空間に感性評価を応用する際のキーワードになり得ることが認められた。

6. まとめ

本論文では、インテリア空間の新たな評価方法の可能性を探ることを目的とした基礎的研究として、寒色を意図した青系の色、暖色を意図した赤系の色、無彩色の白色の3色を使って、

- ・脳波測定実験にて、インテリア空間における色彩が感性に与える影響を確認。
- ・脳波測定実験にて、色彩単体とインテリアにおける色彩が感性に与える影響を比較。
- ・脳波測定実験にアンケート調査を併用し、感性評価と主観評価を比較すること。

を実施し、結果としては以下のことを導いた。

- 1) 青と白のインテリア空間では、赤のインテリア空間よりも色彩が感性に与える影響が見られやすいこと。
- 2) 色そのものとインテリアの色から受ける感性への影響は異なっており、色がインテリアに配置されることで、被験者の感性レベルでの受け止め方にはばらつきが表れやすいこと。
- 3) 色のあるインテリア空間におけるリラックスの感じ方については、脳波測定実験とアンケート調査のそれぞれの結果が近い傾向を示すこと。

7. 本研究の今後の課題

本研究は、インテリア空間における感性解析による空間評価手法を試みた。今後は、今回得られた結果をもとに、インテリアにおける色彩とリラックスとの関係を、色彩の数を増やしたり、空間内での色彩の分量などを変更し、さらなる実験計画を立て、研究を進めたい。また、実験については、被験者の数を増やし、確固たる結論に結びつける必要があると考えている。

参考文献

- 1) 佐藤仁人：住宅インテリアの色彩イメージに関する研究，日本建築学会環境系論文集 第628号，pp.707-713，2008.6
- 2) 麻野友幸，島田祐輔，後藤剛史：彩色建築空間における空間評価に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集D-1，pp.503-504，2009.7
- 3) 佐藤仁人，西田悠美，仁尾麻里恵，明松亮平：居間インテリアの白色化に関する調査床・壁・天井および家具・装備類の色彩傾向ならびに室内の眩しさの実態，日本建築学会環境系論文集 第684号，pp.127-134，2013.2
- 4) 竹原広実，梁瀬度子：住宅居間の装備要因の色彩に関する調査研究，日本家政学会誌 Vol.48 No.5，pp.427-436，1997
- 5) 三谷康夫，筒本和広，中迫昇：脳波を用いた感性スペクトル解析法に基づく音楽曲調の感性評価，福山大学工学部紀要 第29巻，pp.1-8，2005.12
- 6) 山本圭治郎，兵頭和人：円筒の握り易さの脳波による感性スペクトル解析，神奈川工科大学研究報告B 理工学編24，pp.19-23，2000.3
- 7) 瀬田恵之，松本直司，高木清江，三輪律江：都市空間の物的要因が感性分析の評価傾向に与える影響—脳波解析手法を用いた建築外部空間の情緒的意味のノーテーション その2—，日本建築学会計画系論文集 第577号，pp.65-72，2004.3
- 8) 大森正子，橋本令子，加藤雪枝：色彩刺激に対する心理評価と生理反応評価，日本色彩学会誌26(2)，pp.50-63，2002.6
- 9) 石堂敬，柴田卓巳，渡辺洋子，大倉典子：空間内の色彩に関する印象評価についての研究，日本建築学会学術講演梗概集，pp.365-366，2006.9
- 10) 佐藤仁人：住宅インテリアにおける基調色白色化の心理・生理的影響 その2，日本建築学会学術講演梗概集，pp.475-476，2012.9
- 11) T. Musha, H. Terasaki, H. A. Haque and G. A. Ivanitsk, "Feature extraction from EEGs associated with emotions," Artificial Life and Robotics, pp.15-19, 1997
- 12) 武者利光：「こころ」を測る，日経サイエンス，1996.4
- 13) 株式会社脳機能研究所：技術資料 脳波による新たな感性解析法 ESA Pro/Basicを用いた感性解析の原理と応用，2008.9
- 14) 脳波を用いた感性解析のノウハウ よくあるQ&A集，2009.12
- 15) 三浦久美子，齋藤美徳：〈身につける色〉と〈周辺の色〉の嗜好比較，日本色彩学会誌 28(3)，pp163-175，2004.9

注釈

(注1) ESA Basicに標準で装備されている「喜怒哀楽」の感性マトリクスは、感情のイメージング時の脳波データをデータベース化し、次のアルゴリズムを用いて作成されている¹³⁾。

$$\text{チャンネル}l,m\text{間の相互相関係数}x = \frac{\langle u_l(t)u_m(t) \rangle}{\sqrt{\langle u_l^2(t) \rangle \langle u_m^2(t) \rangle}}$$

状態ベクトルから感性ベクトルを導く。

$$\begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,135} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,135} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,135} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,135} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_{135} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{pmatrix}$$

感性マトリクス

(脳の状態から心の状態を抽出する)

状態ベクトル

(脳の状態を表す)

感性ベクトル

(心の状態を表す)

(注2) 株式会社ソフトキューブ開発による立体視のための画像表示システム

(注3) 今回の実験結果の考察では、被験者の感性レベルを全体的に観察していくため、基準化(正規化)された数値を用いた。基準化した数値とは、同一被験者のある感性状態指標における数値の種々のタスクに対する分布が、平均値0、標準偏差1の正規分布に従うように変換したものであり、具体的には、下記式に従って変換する。

$$z = \frac{x - \langle x \rangle}{\sigma_x}$$

x はある感性状態指標の素点、 $\langle x \rangle$ は種々のタスクにおけるその被験者のその感性状態指標の平均値、 σ_x はその被験者のその感性状態指標の標準偏差、 z は基準化後の値である。基準化した数値を用いることで、他人同士の数値の比較がしやすくなる^{13), 14)}。