

眼球運動測定装置を用いた hue-heat 説の検討

—室温・色彩からなる複合環境が人の注視行動に与える影響 その1—

EXAMINATION OF HUE-HEAT THEORY USING EYE CAMERA

—Part 1 Effect of the combined environment of temperature and color on gazing behavior—

坂本 英彦*, 松原 斎樹**, 藏 澄美仁***, 合 掌 顕****, 土川 忠浩*****

Hidehiko SAKAMOTO, Naoki MATSUBARA, Yoshihito KURAZUMI,
Akira GASSHO and Tadahiro TSUCHIKAWA

The purpose of this research is to examine the effect of the combined environment of room air temperature and color on one's evaluation and gazing behavior. Temperature conditions were set as three steps (23℃, 27℃, 30℃), and the housing indoor picture which consists of warm color and cold color was shown. Eye camera was used for gazing point measurement. As a result, the following findings were clarified.

- 1) When thermal sensation vote was at a little colder side than thermal neutrality, thermal comfort vote was the maximum.
- 2) When temperature was hot, subjects frequently gazed at cool color more. On the other hand, when it was cold, they frequently gazed at warm color more.
- 3) Color affected fixation frequency and fixation time significantly under a little higher or a little lower temperature than neutral.

Keywords : Combined enviroment, Eye camera, Color, Temperature, Thermal sensation

複合環境, 眼球運動測定装置, 色彩, 温度, 温冷感

1. 背景と目的

人間は、複数の環境要因（音・熱・光・空気など）が複雑に関係し合った環境をさまざまな感覚器官（視覚・聴覚・触覚など）で捉え総合的に環境評価を行っている。

今までの多くの研究は色彩・照明・熱などの単一の環境要因についてのものであったが、実際の人間と環境との関係は、単一の環境要因を対象とした研究を単に集合させただけでは捉えることはできない。そのため、環境の総合的な向上のためには、複数の環境で構成される複合環境評価を研究する必要がある¹⁾。

これまで、複合環境評価研究に関して様々な研究が行われてきた。聴覚刺激が温冷感に及ぼす影響についての研究²⁾、視覚刺激及び聴覚刺激が温冷感に及ぼす影響についての研究³⁾などがある。また、色彩が温冷感に及ぼす影響についての研究も複合環境評価研究の1つである。この研究は、特に建築環境工学・空調工学等の分野で多くなされてきた。それは、呈示色彩により至適温度が変化するのであれば、空調などの省エネルギー手法として利用できると考えられたからである。

色彩が温冷感に及ぼす影響についての研究は数多くある(Morgensen and English⁴⁾, Houghten et al.⁵⁾, Berry⁶⁾, Bennett and Rey⁷⁾, Fanger et al.⁸⁾, Greene and Bell⁹⁾)。Bennett and Rey⁷⁾は、『赤

を主体とした環境では人は暖かく感じられ、青を主体とした環境では涼しく感じられる』という hue - heat 仮説を定義した。その後の研究で色彩が有意に影響したという報告は、赤と青の極端な色彩を用いた Fanger ら⁸⁾のみである。また、大野ら¹⁰⁾は室温が不快側から快適側に変化後 30 分まで色彩が有意に影響したと報告した。しかし、ほとんどが極端な色彩を設定しており、検討結果をそのまま応用できない、また定常不快温度については検証されていないことなどの問題点が挙げられる。これを踏まえ、松原ら¹¹⁾はより日常生活に近い色彩条件で環境評価を行い、温熱環境条件を不快側に設定して色彩を呈示した場合、熱的な心理負荷の軽減効果は、高温側の寒色あるいは低温側の暖色がより大きいことを導き出した。

多くの複合環境評価研究では主に主観的評価を対象とし、特定の環境要因についての評価を重視した特異的評価が用いられてきた。しかし、実際の空間は音・熱・光・空気などの複数の環境要因から構成されているため、すべての環境要因の影響を同等に扱う総合的な環境評価手法を用いる必要がある。そこで、松原ら¹⁾,¹¹⁾-¹⁷⁾は音・熱・光・空気といった異なる種類の要素からなる複合環境を総合的に評価するために、特定の要因に限定されない反応を捉えることの重要性を指摘した。そして「不快さ」の心理申告を総合評価のための尺度に選び、これを非特異的尺度とした (Horie et al.¹⁸⁾, 堀江ら¹⁹⁾,²⁰⁾)。hue-

* 兵庫県立大学大学院環境人間学研究科 博士前期課程

** 京都府立大学人間環境学部環境デザイン学科
教授・工博*** 広島国際大学工学部住環境デザイン学科
教授・博士(工学)

**** 岐阜大学地域科学部 助教授・博士(工学)

***** 兵庫県立大学環境人間学部 教授・博士(工学)

Graduate Student, School of Human Science and Environment, Univ. of Hyogo
Prof., Faculty of Human Environment, Kyoto Prefectural Univ., Dr. Eng.Prof., Department of Socio-Environmental Design, Faculty of Engineering,
Hiroshima International Univ., Dr. Eng.

Gihu Univ., Assoc. Prof., Faculty of Regional Studies, Dr. Eng.

Prof., School of Human Science and Environment, Univ. of Hyogo, Dr. Eng.

heat 研究の場合も同様に評価手法として特異的尺度、非特異的尺度が用いられてきた。しかし、これらの研究は主観的評価のみを対象とし、視覚要因の効果があるとしているが、被験者がどのようにその対象を見ていたか、といった客観的評価は行われていない。被験者が客観的に色彩をどのように見ていたのかを明らかにすることは重要である。その具体的な方法として、眼球運動測定装置を用いて検討することが有意義であると考えられる。

横田ら²¹⁾は、『眼球運動は単に景観の物理的特長を捉え脳に伝えるだけではなく、脳内でその視覚情報が評価者の態度(価値観)、経験・知識、愛着、審美性などに照合され、次の眼球運動に影響を与える。こうした過程を繰り返しながら景観を注視し、認識・評価している。』と論じた。これより、眼球運動と心理評価には関連性があると考えられる。眼球運動と心理評価に関する研究として、馬谷ら²²⁾は都市景観における評価・分析について、「見る」という行為と景観を評価することとの相関関係を検証した。その結果、『良いと評価を受けた景観と悪いと評価を受けた景観とでは注視行動に明らかな相違が認められ、評価と注視とは少なからず相互関係を持っている。』と導き出した。しかし、注視行動を検証した研究の中で hue-heat 研究に関するものは見られない。

以上を踏まえ、本研究を複合環境評価研究の一端と位置づけ、『人は温熱的不快感を軽減するために、暑いときには寒色をより多く見る。また寒いときには暖色をより多く見る。』という仮説を立てた。そして、この仮説を検証するために、眼球運動測定装置を用いて、温熱環境条件を快適、暑不快、寒不快に設定し、暖色・寒色からなる画像を同時に呈示した場合の人の注視行動を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 実験装置及び設定条件

実験は2004年1月から3月にかけて、図1に示す京都府立大学人間環境シミュレーター内で行った。実験室は、実験室入室までの環境履歴をキャンセルするための順応室Ⅰと、刺激画像を呈示する際の温熱環境条件に順応するための順応室Ⅱと、刺激画像を呈示する刺激呈示室の3種で構成した。各室には、被験者への空調からの気流の影響や実験室の色彩の影響などを考慮し、無彩色(白)の布でブースを作成した。

温熱環境条件は、各被験者に対して3条件設定した(表1)。順応室Ⅰは全条件を通じて27℃に設定した。順応室Ⅱ及び刺激呈示室は、温熱環境条件Ⅰでは寒不快側として23℃、温熱環境条件Ⅱでは熱的中立温度として27℃、温熱環境条件Ⅲでは暑不快側として31℃に設定した。なお風速(0.1m/s以下の静穏な気流)と相対湿度(50% rh)は一定とした。

呈示する刺激画像は日常生活により近づけるため住宅室内の写真を用い、その壁面の色を加工(「暖色(5YR7/12)」「寒色(5B8/4)»)した。そして、「暖色のみ」「寒色のみ」の刺激画像(図2(a))と、「左側暖色・右側寒色」「左側寒色・右側暖色」の刺激画像(図2(b))の計4種

表1 温熱環境条件

温熱環境条件	順応室Ⅰ	順応室Ⅱ	刺激呈示室
I	27℃	23℃	23℃
II	27℃	27℃	27℃
III	27℃	31℃	31℃

(RH=50%rh const, Air velocity≤0.1m/s const, MRT≒ta)

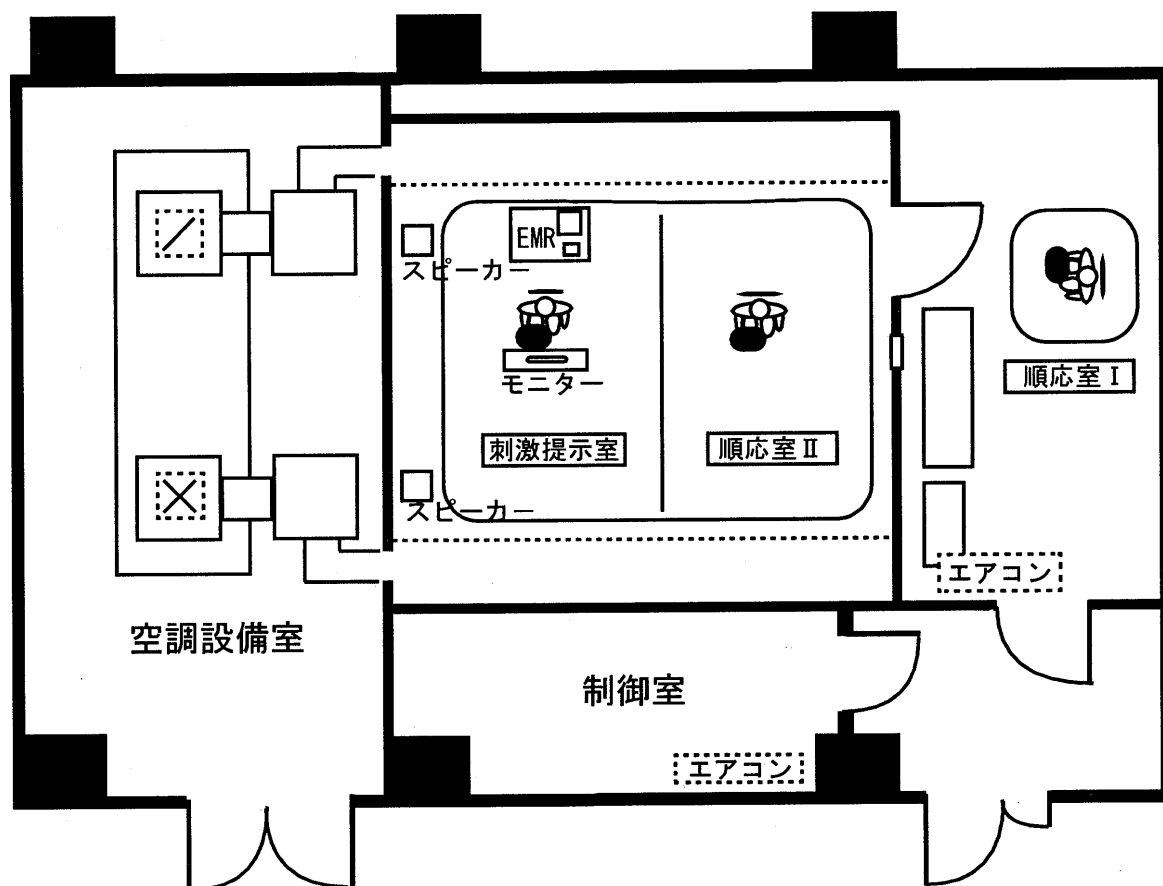


図1 実験室配置図

類の刺激画像を作成した。

2.2 被験者

被験者は19～22歳の健康な男子学生12名であった。1回の実験につき1人の被験者を対象とした。被験者は1日につき1実験・1温熱環境条件とし、後日その他の全ての温熱環境条件に参加した。被験者は、着衣量を統一するために、用意した実験服（半袖シャツ、長ズボン、ソックス）に着替えた。着衣量は約0.4cloであった。また、着衣の色は印象評価への影響を考え、すべて無彩色（白）に統一した。被験者は通常どおりに生活をし、極端な食事や運動は避け、実験室入室2時間前までには食事を済ませた。刺激画像の呈示順序の影響を考慮し、12人を4つのグループに分けそれぞれ異なる順序で呈示した。また、各被験者ごとに3回実験を行ったが、毎実験ごとに同じ順序で呈示した。各グループごとの刺激画像の呈示順序を表2に示す。実験

終了後、被験者に対して適切な報酬が支払われた。

2.3 測定項目

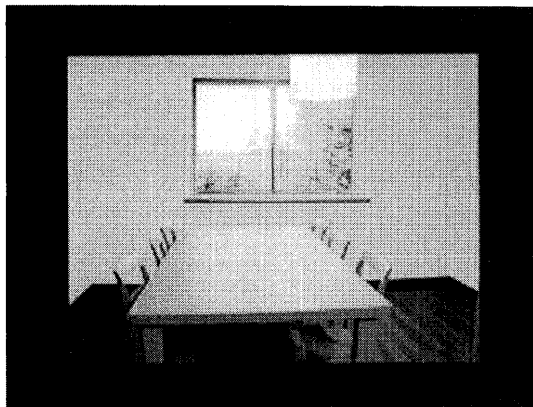
室内の温湿度測定には電動式アスマン通風乾湿計を用いた。実験中

表2 グループごとの刺激画像呈示順序

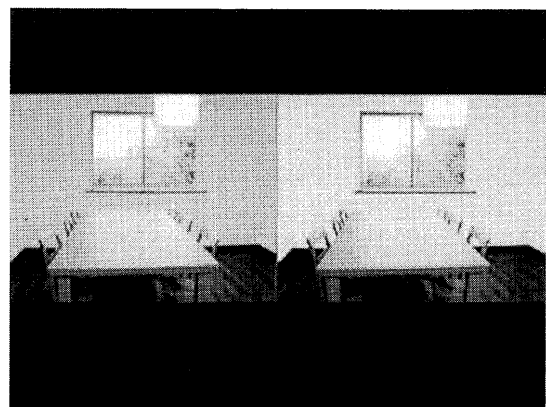
被験者	測定Ⅰ	測定Ⅱ	測定Ⅲ	測定Ⅳ
A B C	寒色※ ¹	→ 暖色※ ²	→ 寒色・暖色※ ³	→ 暖色・寒色※ ⁴
D E F	暖色	→ 寒色	→ 寒色・暖色	→ 暖色・寒色
G H I	寒色	→ 暖色	→ 暖色・寒色	→ 寒色・暖色
J K L	暖色	→ 寒色	→ 暖色・寒色	→ 寒色・暖色

※1 寒色=寒色のみ ※2 暖色=暖色のみ

※3 寒色・暖色=左側寒色・右側暖色 ※4 暖色・寒色=左側暖色・右側寒色



(a) 暖色のみ、寒色のみ



(b) 左側暖色・右側寒色、左側寒色・右側暖色

図2 刺激画像

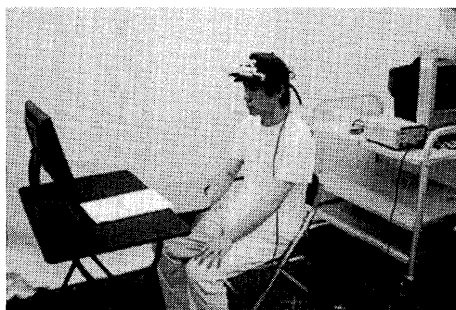


図3 眼球運動測定

問1. 室温について	問2. 温熱的快適感について
1. 寒い	1. 非常に不快
2. 涼しい	2. 不快
3. やや涼しい	3. やや不快
4. どちらでもない	4. どちらでもない
5. やや暖かい	5. やや快適
6. 暖かい	6. 快適
7. 暑い	7. 非常に快適

図4 室内印象評価尺度

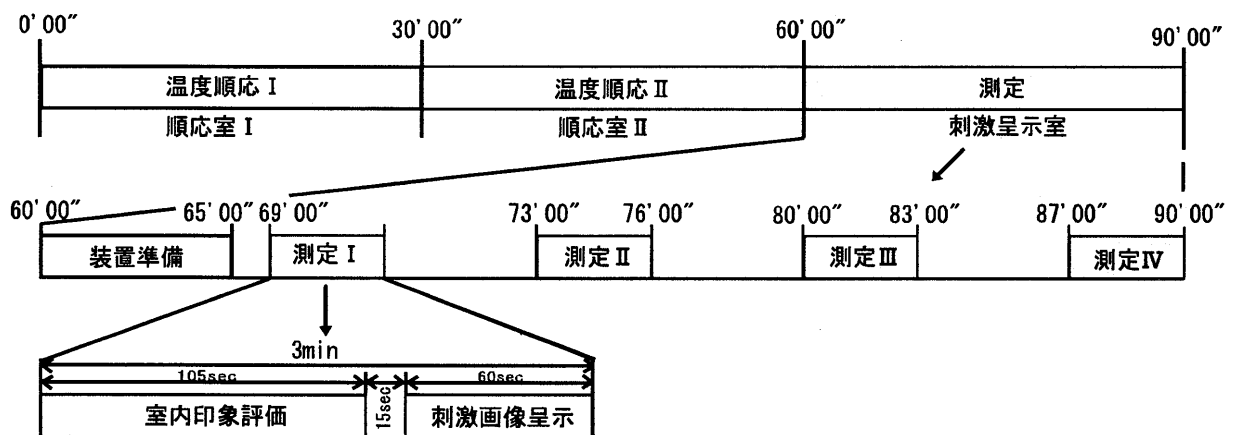


図5 実験進行

被験者は椅子座のため、姿勢を考慮し設置位置を床 0.8 m とした。その他の測定点は、鉛直方向には、床面・天井の計 2 点を設置し、水平方向には被験者周辺カーテン各面、計 4 点を床 0.8 m に設置した。

注視行動の測定には、眼球運動測定装置（アイマークレコーダ EMR-8 ナックイメージテクノロジー社製）を使用した。刺激呈示室での眼球運動測定を図 3 に示す。視野レンズは水平画角 44 度のレンズを使用し、左目測定を行った。刺激画像呈示には 15 インチディスプレイを使用し、視距距離は約 50 cm である。

室内の印象評価として、刺激画像を呈示する直前に温冷感、温熱的快適感を尋ねた。評価方法には 7 段階評価尺度を用いた。それぞれの 7 段階評価尺度を図 4 に示す。

2.4 進行

実験時間は約 90 分である。順応室 I で設定温度 27℃ に 30 分間順

応させた。その間に、氏名、年齢、身長、体重、視力のアンケートの記入を行った。次に、順応室 II に移動し設定温度に 30 分間曝露した。最後に、刺激呈示室に移動し、眼球運動測定装置を装着後、測定を開

表 3 温熱環境条件結果

温熱環境条件	実験室	気温 [°C]	天井表面温度 [°C]	床表面温度 [°C]	相対湿度 [%rh]
I	順応室 I	26.0±0.2	25.7±0.2	23.7±0.0	62±0
	順応室 II	22.4±0.1	24.9±0.1	22.4±0.0	51±0
	刺激呈示室	22.1±0.1	24.8±0.1	22.3±0.1	52±0
II	順応室 I	26.0±0.2	25.4±0.1	24.1±0.1	58±0
	順応室 II	26.3±0.1	28.2±0.1	25.9±0.0	50±0
	刺激呈示室	26.3±0.7	26.7±0.0	26.1±0.1	51±0
III	順応室 I	26.4±0.2	25.3±0.1	24.1±0.1	65±1
	順応室 II	30.5±0.1	32.0±0.1	29.7±0.0	52±0
	刺激呈示室	30.4±0.0	30.1±0.0	29.6±0.0	52±0

表 4 室内印象評価値及び注視結果

被験者	温度条件	測定項目	測定 III	測定 IV	被験者	温度条件	測定項目	測定 III	測定 IV	被験者	温度条件	測定項目	測定 III	測定 IV
A	23℃	温冷感	3	3	E	23℃	温冷感	4	4	I	23℃	温冷感	4	4
		温熱的快適感	4	5			温熱的快適感	4	4			温熱的快適感	5	6
		注視時間 (秒)	暖色 8.22 寒色 6.80	12.10 5.90			注視時間 (秒)	暖色 16.48 寒色 3.70	2.05 23.73			注視時間 (秒)	暖色 5.10 寒色 8.48	10.65 3.28
		注視回数 (回)	暖色 21 寒色 16	33 14			注視回数 (回)	暖色 27 寒色 6	7 23			注視回数 (回)	暖色 24 寒色 32	33 15
	27℃	温冷感	4	6		27℃	温冷感	4	4		27℃	温冷感	4	5
		温熱的快適感	5	4			温熱的快適感	3	3			温熱的快適感	6	5
		注視時間 (秒)	暖色 15.35 寒色 7.28	4.48 19.75			注視時間 (秒)	暖色 12.21 寒色 6.43	9.63 10.14			注視時間 (秒)	暖色 8.44 寒色 7.82	5.58 10.05
		注視回数 (回)	暖色 23 寒色 16	16 38			注視回数 (回)	暖色 27 寒色 20	23 26			注視回数 (回)	暖色 22 寒色 21	23 39
	31℃	温冷感	6	6		31℃	温冷感	6	6		31℃	温冷感	5	6
		温熱的快適感	2	3			温熱的快適感	1	1			温熱的快適感	3	3
		注視時間 (秒)	暖色 14.41 寒色 6.93	10.17 10.62			注視時間 (秒)	暖色 9.15 寒色 15.64	9.43 25.19			注視時間 (秒)	暖色 3.48 寒色 11.67	4.46 10.47
		注視回数 (回)	暖色 31 寒色 16	36 34			注視回数 (回)	暖色 15 寒色 27	16 28			注視回数 (回)	暖色 14 寒色 37	16 34
B	23℃	温冷感	3	3	F	23℃	温冷感	4	4	J	23℃	温冷感	4	4
		温熱的快適感	3	4			温熱的快適感	5	5			温熱的快適感	4	5
		注視時間 (秒)	暖色 5.10 寒色 10.51	6.25 8.87			注視時間 (秒)	暖色 13.78 寒色 4.10	1.00 22.50			注視時間 (秒)	暖色 8.17 寒色 12.13	9.25 6.97
		注視回数 (回)	暖色 18 寒色 46	24 30			注視回数 (回)	暖色 42 寒色 8	2 67			注視回数 (回)	暖色 26 寒色 36	28 23
	27℃	温冷感	5	5		27℃	温冷感	4	4		27℃	温冷感	4	5
		温熱的快適感	5	5			温熱的快適感	4	4			温熱的快適感	3	3
		注視時間 (秒)	暖色 6.93 寒色 4.65	3.63 10.85			注視時間 (秒)	暖色 10.17 寒色 6.30	5.70 13.78			注視時間 (秒)	暖色 9.59 寒色 10.27	7.61 4.90
		注視回数 (回)	暖色 12 寒色 9	4 10			注視回数 (回)	暖色 27 寒色 11	13 31			注視回数 (回)	暖色 26 寒色 29	29 18
	31℃	温冷感	6	3		31℃	温冷感	5	5		31℃	温冷感		
		温熱的快適感	3	2			温熱的快適感	3	3			温熱的快適感		
		注視時間 (秒)	暖色 4.87 寒色 10.37	14.13 3.93			注視時間 (秒)	暖色 17.75 寒色 6.10	6.49 16.87			注視時間 (秒)	暖色 寒色	
		注視回数 (回)	暖色 10 寒色 26	25 8			注視回数 (回)	暖色 36 寒色 16	10 27			注視回数 (回)	暖色 寒色	
C	23℃	温冷感	3	3	G	23℃	温冷感	4	4	K	23℃	温冷感	4	4
		温熱的快適感	5	3			温熱的快適感	4	4			温熱的快適感	5	5
		注視時間 (秒)	暖色 5.00 寒色 1.05	0.20 8.81			注視時間 (秒)	暖色 8.28 寒色 8.42	6.92 13.31			注視時間 (秒)	暖色 12.88 寒色 8.85	9.45 14.32
		注視回数 (回)	暖色 18 寒色 5	1 28			注視回数 (回)	暖色 19 寒色 18	25 29			注視回数 (回)	暖色 30 寒色 23	24 37
	27℃	温冷感	5	5		27℃	温冷感	4	4		27℃	温冷感	4	4
		温熱的快適感	3	3			温熱的快適感	6	7			温熱的快適感	5	6
		注視時間 (秒)	暖色 6.40 寒色 9.75	16.18 8.01			注視時間 (秒)	暖色 8.65 寒色 8.11	5.98 9.66			注視時間 (秒)	暖色 16.48 寒色 6.30	15.57 5.38
		注視回数 (回)	暖色 23 寒色 26	36 25			注視回数 (回)	暖色 23 寒色 19	23 40			注視回数 (回)	暖色 28 寒色 16	32 15
	31℃	温冷感				31℃	温冷感	5	4		31℃	温冷感	5	6
		温熱的快適感					温熱的快適感	2	3			温熱的快適感	3	3
		注視時間 (秒)	暖色				注視時間 (秒)	暖色 3.53 寒色 15.12	4.43 7.85			注視時間 (秒)	暖色 5.13 寒色 12.80	2.50 14.24
		注視回数 (回)	暖色				注視回数 (回)	暖色 10 寒色 38	13 23			注視回数 (回)	暖色 10 寒色 23	7 23
D	23℃	温冷感	2	3	H	23℃	温冷感	3	3	L	23℃	温冷感	2	2
		温熱的快適感	3	3			温熱的快適感	4	3			温熱的快適感	2	2
		注視時間 (秒)	暖色 13.56 寒色 8.37	4.08 16.62			注視時間 (秒)	暖色 7.43 寒色 9.43	11.66 8.88			注視時間 (秒)	暖色 16.47 寒色 11.70	10.42 3.41
		注視回数 (回)	暖色 17 寒色 20	12 30			注視回数 (回)	暖色 30 寒色 39	35 23			注視回数 (回)	暖色 24 寒色 33	26 13
	27℃	温冷感	4	4		27℃	温冷感	4	4		27℃	温冷感	4	4
		温熱的快適感	5	6			温熱的快適感	4	3			温熱的快適感	4	4
		注視時間 (秒)	暖色 14.10 寒色 0.80	3.32 13.43			注視時間 (秒)	暖色 6.57 寒色 16.34	8.23 16.03			注視時間 (秒)	暖色 6.68 寒色 7.98	5.55 11.10
		注視回数 (回)	暖色 53 寒色 4	18 48			注視回数 (回)	暖色 21 寒色 50	29 48			注視回数 (回)	暖色 20 寒色 22	23 32
	31℃	温冷感	6	6		31℃	温冷感	4	5		31℃	温冷感	6	6
		温熱的快適感	3	3			温熱的快適感	3	3			温熱的快適感	2	2
		注視時間 (秒)	暖色 10.88 寒色 5.25	3.33 6.11			注視時間 (秒)	暖色 9.92 寒色 12.90	8.83 12.62			注視時間 (秒)	暖色 11.42 寒色 7.63	6.33 15.73
		注視回数 (回)	暖色 46 寒色 23	12 34			注視回数 (回)	暖色 29 寒色 42	25 36			注視回数 (回)	暖色 25 寒色 15	14 36

始した。1回の測定は3分で、被験者はまず温冷感と温熱的快適感について評価を行い、その後刺激画像を呈示し、自由に注視をした。これを4回行った。実験の進行については図5、刺激画像の呈示順序については表2に示す。

3. 結果及び考察

温熱環境条件の実測結果を表3に示す。値は、各温熱条件でのすべての実験の平均値とその標準偏差である。注視行動については、仮説を検証するために、「左側暖色・右側暖色」「左側暖色・右側寒色」の刺激画像についてのみ分析を行った。暖色、寒色どちらをより注視したかを調べるために、それぞれの注視時間、注視回数に着目した。注視点は、渡邊ら²³⁾の研究より、停留時間0.2秒以上、視野角1度以内と定義する。各被験者の温冷感、温熱的快適感、注視回数、注視時間について表4に示す。ただし、被験者C、被験者Jの温度条件31℃については、実験中アイマーク消失のため、測定結果が得られなかった。

3.1 温熱環境条件の実測結果

設定に対して、平均値で気温は順応室Ⅰで1.0℃程度、順応室Ⅱ・刺激呈示室で0.7℃程度の差であった。天井表面温度は順応室Ⅰで1.5℃程度、順応室Ⅱ・刺激呈示室で2.6℃程度の差であった。床表面温度は順応室Ⅰで3.0℃程度、順応室Ⅱ・刺激呈示室で1.0℃程度の差であった。湿度は順応室Ⅰで3% rh程度、順応室Ⅱ・刺激呈示室で1.0% rh程度の差であった。以上により、23、27、31℃というカテゴリー設定に関しては、条件をほぼ満足していると考えられる。

3.2 温冷感評価値と温熱的快適感評価値との関係

温冷感評価値と温熱的快適感評価値との関係を図6に示す。これは、各温冷感評価値ごとの温熱的快適感評価値の平均をとったものである。回帰線に着目すると、温熱的快適感評価値が最大になる温冷感評価値は、熱的中立よりやや寒い側の3.6であった。

3.3 温冷感評価値と注視回数率及び注視時間率との関係

今回、「人は温熱的不快感を軽減するために、暑いときには寒色をより多く見る。また、寒いときには暖色をより多く見る。」という仮説を検証するために、刺激画像を呈示する直前の温冷感評価値と、暖色・寒色からなる刺激画像を呈示した場合の被験者の注視行動との関係を考察する。そのために、被験者の暖色・寒色それぞれの注視回数、注視時間に着目した。また、被験者がどちらをより注視したかを見るために、注視回数、注視時間を比率化して示す。それぞれを注視回数率(式(1))、注視時間率(式(2))と定義する。

注視回数率 = (暖色もしくは寒色を注視した回数 / 暖色及び寒色を注視した回数の合計) × 100 (1)

注視時間率 = (暖色もしくは寒色を注視した時間 / 暖色及び寒色を注視した時間の合計) × 100 (2)

温冷感評価値と注視回数率との関係を図7に示す。これは、各温冷感評価値ごとの注視回数率の平均をとったものである。また温冷感評価値と注視時間率との関係を図8に示す。これは、各温冷感評価値ごとの注視時間率の平均をとったものである。共分散分析を行った結果、注視回数率の「暖色」と「寒色」の回帰係数の間に有意な差 ($P < 0.05$) が示された。同様に注視時間率の「暖色」と「寒色」の回帰係数の間に有意な差 ($P < 0.05$) が示された。

図7、図8の「暖色」の回帰線に着目すると、温冷感評価値が大きいほど、暖色の注視回数率及び注視時間率は小さくなった。また「寒色」の回帰線に着目すると、温冷感評価値が小さいほど、寒色の注視

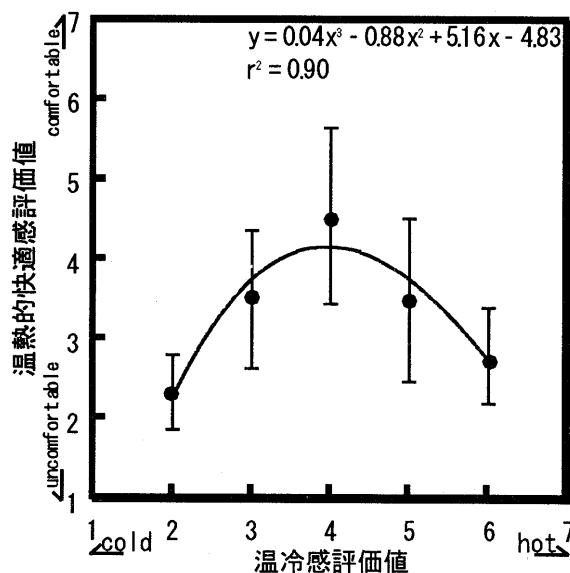


図6 温冷感評価値と温熱的快適感評価値との関係

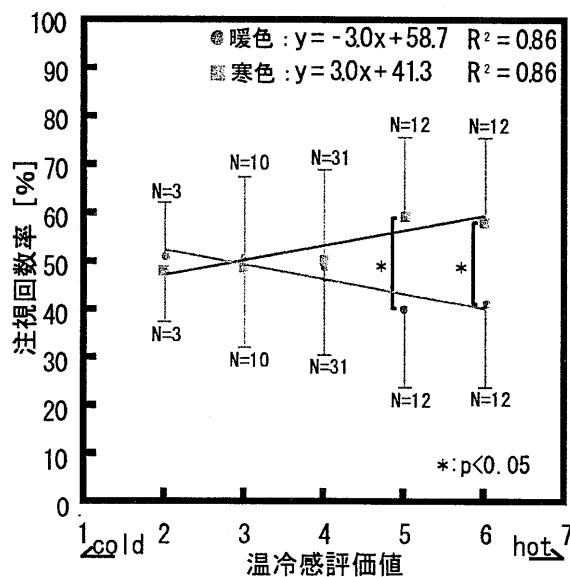


図7 温冷感評価値と注視回数率との関係

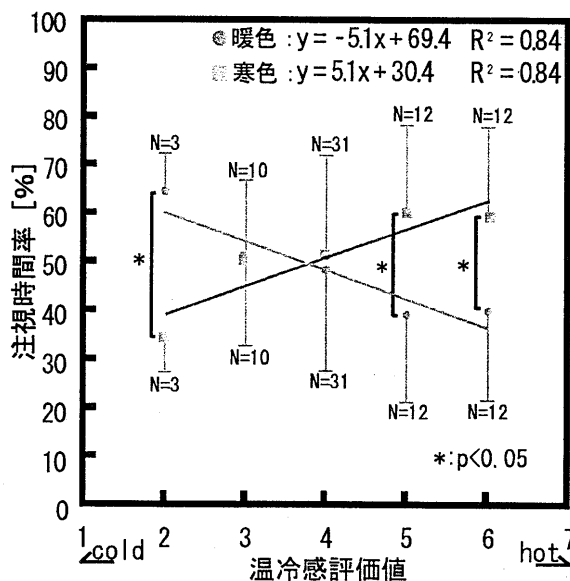


図8 温冷感評価値と注視時間率との関係

回数率および注視時間率は小さくなった。つまり、今回立てた仮説に合致する結果となり、暑いときには「寒色」をより多くまた長く注視し、寒いときには「暖色」をより多くまた長く注視する傾向が示された。

次に図7、図8において「暖色」と「寒色」の回帰線の交点に着目すると、熱的中立よりやや寒い側にあることが示された。図7の回帰線の交点の温冷感評価値は2.9であった。同様に図8では3.8であった。これは図6より、温熱的快適感評価値が最も高くなるのが、暑くもなく寒くもない熱的中立よりやや寒い側にみられることと関係があると推測される。つまり、注視行動は温冷感だけではなく、温熱的快適感とも関係があると考えられる。

最後に、図7の各温冷感評価値における暖色の注視回数率の平均値と寒色の注視回数率の平均値、図8の各温冷感評価値における暖色の注視時間率の平均値と寒色の注視時間率の平均値ごとにt検定を行った。その結果、図7より温冷感評価値“5(やや暖かい)”、“6(暖かい)”のとき、有意な差($P<0.05$)が示された。図8より、温冷感申告値“2(涼しい)”、“5(やや暖かい)”、“6(暖かい)”のとき、有意な差($P<0.05$)が示された。温冷感評価値“2(涼しい)”、“5(やや暖かい)”、“6(暖かい)”は、温熱的快適感評価値では2.3～3.5に当たり、「やや不快」の申告にあたる。松原ら¹²⁾は、『少し暑いときの寒色、あるいは少し寒いときの暖色が、「涼暖の印象」や「寒暑の印象」の心理評価に有意な影響を与える』と報告している。以上により、中程度の寒不快な場合は暖色を、また中程度の暑不快な場合は寒色を、より多くまた長く注視することが明らかになった。その理由として、このことが、温熱的不快さを軽減していると推測される。ただし、今回の実験で温冷感評価値“1(寒い)”“7(暑い)”の結果が得られなかったため、今後は実験条件をさらに暑い側、寒い側に設定し、検討を行う必要がある。

4. まとめ

眼球運動測定装置を利用した室温・色彩との交互作用についての実験結果より以下のことが示された。

- 1) 温熱的快適感評価値が最大になる温冷感評価値は、暑くもなく寒くもない熱的中立よりやや寒い側であった。
- 2) 「人は温熱的不快感を軽減するために、暑いときには寒色をより多く見る。また、寒いときには暖色をより多く見る」という仮説に合致した結果が得られた。
- 3) 注視行動には温冷感だけではなく、温熱的快適感も関係があることが示された。
- 4) 温熱的に中程度不快な環境下で、色彩が注視回数及び注視時間に有意に影響し、中程度暑不快な場合には寒色をより多くまた長く注視し、中程度寒不快な場合には暖色をより多くまた長く注視する傾向が示された。

以上のことから、人の注視行動を測定することによって、hue-heat説に関して新たな知見が得られたと考えられる。また今後は、「暖色のみ」「寒色のみ」の呈示刺激についての分析と設定温度条件をさらに暑い側、寒い側に設定し、研究を進めていく必要があると考えられる。

謝辞

実験に協力していただいた被験者の皆様、また論文作成に協力していただいた京都府立大学学生の皆様に深く感謝いたします。

なお、本研究の一部に平成18年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究B(代表：松原斎樹 課題番号18300242)の助成を受けた。

参考文献

- 1) 松原斎樹：複数の環境要因の組み合わせの影響に関する文献調査について、日本建築学会東海支部研究報告, 161-164, 1984
- 2) 長野和雄, 堀越哲美：暑熱及び交通騒音が心理反応に及ぼす複合影響の定量的表現, 日本建築学会計画系論文論文集, No.524, 69-75, 1999
- 3) 松原斎樹, 合掌頭, 藏澄美仁, 澤島智明, 大和義昭：視覚刺激と聴覚刺激が温熱感覚にもたらす心理的效果, 生気象学会雑誌, 40(s), 249-259, 2004
- 4) Morgenson, M.F and English, B.H.: The apparent warmth of colors, Amer. J. Psychol., 36, 192-206, 1926
- 5) Houghten, F. c., Olson, H. T. and Suci, J.: Sensation of warmth as affected by the color of the environment, Illuminating Engineering, 35, 908-914, 1940
- 6) Berry, P. C.: Effect of colored illumination upon perceived temperature, J. Appl. Psychol., 45, 248-250, 1960
- 7) Bennett, C. A. and Rey, P.: What's so hot about red? Human Factors, 14(2), 149-154, 1972
- 8) Fanger, P. O. et al.: Can color and noise influence man's thermal comfort?, Ergonomics, 20, 11-18, 1977
- 9) Greene, T. C. and Bell, P. C.: Additional considerations concerning the effects of 'warm' and 'cool' wall colors on energy conservation, Ergonomics, 23, 949-954, 1984
- 10) 大野秀夫, 久野覚, 木田光郎, 中原信生：居住者の温冷感覚に及ぼす温熱環境と色彩環境の複合効果に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 374, 8-18, 1987
- 11) 松原斎樹, 伊藤香苗, 藏澄美仁, 合掌頭, 長野和雄：色彩と室温の複合環境に対する特異的及び非特異的評価, 日本建築学会計画系論文論文集, No. 535, 39-45, 2000
- 12) 松原斎樹：中程度領域における複数の室内環境要因の評価, 三重大学環境科学研究紀要, No. 10, 134-147, 1985
- 13) 松原斎樹：建築の複合環境評価研究における非特異的尺度の意義, 日本建築学会東海支部研究報告集, No. 25, 233-236, 1987
- 14) 松原斎樹：温度条件を含む環境評価における尺度について, ハウスクリマ研究ノート, No. 15, 12-24, 1989
- 15) 松原斎樹：複合環境の心理的な評価, 建築雑誌, No. 1298, 58-59, 1990
- 16) Matsubara, N., Ito, K., Gassho, A. and Kurazumi, Y.: Importance of nonspecific scale and the additive model in the evaluation study of the combined environment, Archives of Complex Environmental Studies, 7, 45-54, 1995
- 17) 松原斎樹：快適性評価の意義と限界, 日本建築学会第25回熱シンポジウム「エネルギーと快適性」資料集, 27-32, 1995
- 18) Horie, G., Sakurai, Y., Noguchi, T., and Matsubara, N.: Synthesized Evaluation of noise, lighting and thermal conditions in a room. Proceedings of the International conference of Noise Control Engineering (Krakow), 491-496, 1985
- 19) 堀江悟郎, 桜井美政, 松原斎樹, 野口太郎：室内における異種環境要因がもたらす不快さの加算的表現, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 387, 1-7, 1988
- 20) 堀江悟郎, 桜井美政, 松原斎樹, 野口太郎：加算モデルによる異種環境要因の総合評価の予測, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 402, 1-7, 1989
- 21) 横田幹朗, 村川三郎, 西名大作：眼球運動特性から見た眺望景観評価に関する研究, 日本建築学会総合論文誌, No. 3, 84-90, 2005
- 22) 馬谷浩, 佐藤誠治, 有馬隆文：都市景観色彩シミュレーション画像の注視実験による景観の評価に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集 F, 79-80, 1993
- 23) 渡部毅他：画像と注視点分布, NHK 技術研究, No. 86(17), 4-20, 1965

(2006年6月2日原稿受理, 2007年1月12日採用決定)