

眼球運動測定装置を用いた hue-heat 仮説の検証に関する研究

青木祐樹¹⁾, 松原斎樹²⁾, 坂本英彦³⁾, 合掌 顕⁴⁾, 藏澄美仁⁵⁾, 飛田国人⁶⁾, 小東敬典²⁾

1) 神戸大学, 2) 京都府立大学, 3) 兵庫県立大学,

4) 岐阜大学, 5) 広島国際大学, 6) 有明工業高等専門学校

Verification Study of the Hue-heat Hypothesis Using an Eye Camera

Yuki AOKI¹⁾, Naoki MATSUBARA²⁾, Hidehiko SAKAMOTO³⁾, Akira GASSHO⁴⁾,

Yoshihito KURAZUMI⁵⁾, Kunihito TOBITA⁶⁾, Takanori KOHIGASHI²⁾

1) Kobe University, 2) Kyoto Prefectural University, 3) University of Hyogo,

4) Gifu University, 5) Hiroshima International University, 6) Ariake National College of Technology

Abstract : The purpose of this study is to verify the hue-heat hypothesis from the point of view of "How do subjects gaze at the presented color?" using an eye camera. The verification experiment of the effect that a thermal factor and an acoustic factor produced the gazing behavior of the color was examined. The following results were observed: 1) The tendency was seen that the higher the temperature, the lower the fixation frequency (time) rate to the warm color, and the higher the fixation frequency (time) rate to the cool color. 2) The tendency was seen that the hotter the thermal sensation vote, the lower the fixation frequency (time) rate to the warm color, and the higher the fixation frequency (time) rate to the cool color. 3) The sound of the wind bell produced a tendency that the rate of the fixation frequency (time) to the warm color is low, and the rate of the fixation frequency (time) to the cool color is significantly higher. However, it was suggested that the size of the given influence is different depending on the thermal environment.

Key Words : hue-heat hypothesis, thermal factor, acoustic factor, gazing behavior, thermal sensation vote

要旨 : 本研究の目的は、眼球運動測定装置を用いて、hue-heat 仮説について「呈示された色彩をどのように注視しているか」という観点から検証を行うことである。温熱要因と聴覚要因が色彩の注視行動に与える影響について検証実験を行なった結果、以下のことが示された。1) 温度が高いほど、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向が見られた。2) 温冷感が暑い側であるほど、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向が見られた。3) 風鈴の音は、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向をより顕著にさせるが、与える影響の大きさは温熱環境によって異なることが示唆された。

キーワード : hue-heat 仮説, 温熱要因, 聴覚要因, 注視, 温冷感

1. はじめに

居住空間には複数の環境要因が複合して存在しているため、各環境要因を総合的に捉える複合環境評価研究の重要性が堀江ら(1988)によって指摘されている。また、冷暖房の使用を抑えながらも、一定以上の快適環境を保ちながら生活を営むために、これらの環境要因の相互関係を検証することは重要である。

その中で、特に hue-heat 仮説に関する実証的な研究(Morgenson and English 1926, Houghten et al. 1940, Berry 1961, Bennet and Rey 1972, Greene and Bell 1980)が、いくつも行われてきた。しかし、これらの

研究の多くは、hue-heat 仮説を実証することには至っていない。例えば、Fanger et al. (1977)は、極端な赤い光と青い光の照明が好みの温度に与える影響について、また、大野ら(1987)は、カーテンの色彩が寒暑感や涼暖感などに与える影響について検証しているが、両研究ともに、その与える影響の程度はわずかであるという結果となっている。

その一方で、松原ら(2000)は、温冷感及び非特異的評価尺度である寒暑や涼暖の印象といった心理的な評価に色彩が与える影響について検証し、『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

理的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。』という結果を示した。この結果に関して、特に涼暖の印象の評価に典型的な効果が見られ、hue-heat 仮説と一致した結果が得られたといえる。

しかし、これまでの hue-heat 仮説に関わる研究では、被験者はその色彩を見ていることを前提として色彩が与える影響について考察しているが、具体的に被験者がどのように色彩を見ているのかは定かではなかった。したがって、実際に眼の動きを検証する研究が必要であると考えられる。

そこで、坂本ら (2007) は室温 (23, 27, 31℃) が色彩の注視に与える影響を検証し、暑いときは寒色への注視回数・時間率が高く、寒いときは暖色への注視回数・時間率が高くなる傾向があることを実証した。

本研究では、坂本らの研究では検証されなかった高温不快域の知見を得ることを第一の目的とする。また、暑さを心理的に軽減させる聴覚刺激が眼球運動に与える影響について検証を行うことを第二の目的とする。

2. 実験条件

実験は京都府立大学人間環境シミュレータ内にて 2006 年 9 月 7 日～11 月 3 日に行った。実験室は前室と呈示室に構成され、それぞれエアコンからの気流を遮り、色彩の影響を無くするため、壁面を無彩色の薄い生地布で覆った。

設定温度は、前室が 27℃、呈示室が 27, 31, 34℃の 3 条件とした。被験者は 3 回実験に参加し、3 通りの温熱条件を全て被験した。その際、どの被験者も 1 日に 1 実験しか行えないこととし、また、被験する温熱条件の順序はランダムに設定した。測定点は床面、天井面、実験時が椅子座であることを考慮して床上 0.8m の 3 点に設置した。設定湿度は前室、呈示室ともに 60% であり、風速は 0.15m/s 以下の静穏気流であった。

視覚刺激は、壁面を暖色 (5YR7/12) 及び寒色 (5B8/4) に加工した住宅室内映像を用意し、「暖色のみ」、「寒色のみ」、「左側暖色・右側寒色」、「左側寒色・右側暖色」の 4 種類の組み合わせで用いた (図 1)。聴覚刺激は、温熱条件が主に高温域であるため、夏期に暑さの不快さを和らげる環境音として既往研究 (長野ら 1998) で用いられた風鈴の音とした。風鈴の音の等価騒音レベルは LAeq45.3 (dB) であり、暗騒音は LAeq43.2 (dB) であった。視覚及び聴覚の刺激呈示は、順序効果を考慮し、それぞれの被験者では異なる順序となるよう設定した (表 1)。

被験者は 21 歳から 24 歳までの健康で色覚正常の男子学生 8 名であった。実験時の服装は白の半袖シャツ、長ズボン、ソックス、下着は被験者のものを着用し、着衣量は約 0.4clo であった。

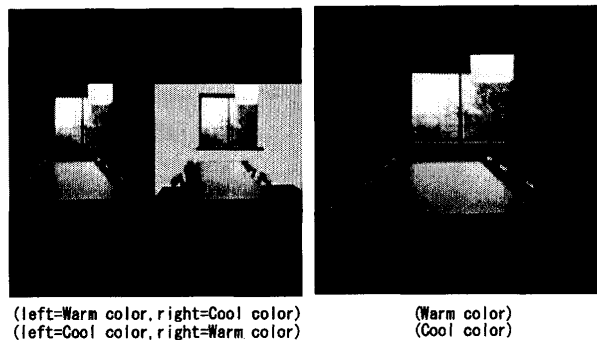


Figure 1 Presented picture

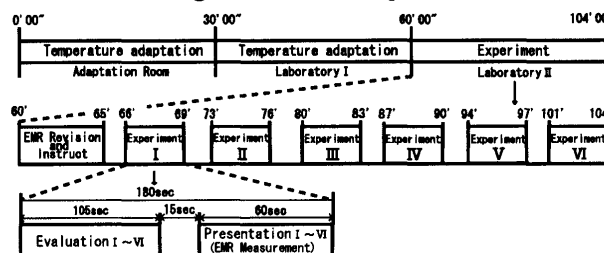


Figure 2 Time table of the experiment

Table 1 Stimulation sequence

subject	I	II	III	IV	V	VI
A	Warm → Cool	→ W·C	→ C·W	→ W·C(+α)	→ C·W(+α)	
B	Warm → Cool	→ W·C	→ C·W	→ C·W(+α)	→ W·C(+α)	
C	Warm → Cool	→ C·W	→ W·C	→ W·C(+α)	→ C·W(+α)	
D	Warm → Cool	→ C·W	→ W·C	→ C·W(+α)	→ W·C(+α)	
E	Cool → Warm	→ W·C	→ C·W	→ W·C(+α)	→ C·W(+α)	
F	Cool → Warm	→ W·C	→ C·W	→ C·W(+α)	→ W·C(+α)	
G	Cool → Warm	→ C·W	→ W·C	→ W·C(+α)	→ C·W(+α)	
H	Cool → Warm	→ C·W	→ W·C	→ C·W(+α)	→ W·C(+α)	

※ Warm→Warm color W·C→left=Warm color, right= Cool color
Cool→ Cool color C·W→left= Cool color, right=Warm color
α→Environment sound

実験スケジュールは、まず、前室に温度順応として 30 分間滞在した。次に、呈示室に移動し 30 分間の曝露後、アイマークレコーダ (ナックイメージテクノロジー社製 EMR-8) を装着して心理評定と眼球運動測定を 4 分おきに計 6 回行った (図 2)。心理評定は、室内の印象評価として 7 段階尺度を用いて温冷感と熱的快適感を回答させた。眼球運動測定は、心理評定後に行った。映像と環境音の組み合わせ (表 1) を 15 インチディスプレイとスピーカーから 60 秒間呈示し、その際の注視点の動きを測定した。

3. 分析方法

注視点は、渡部 (1965) の研究により、視野角 1 度以内、停留時間 0.2 秒以上と定義した。本研究では分析に用いる呈示映像を「左側暖色・右側寒色」、「左側寒色・右側暖色」のみとし、測定した注視点データを解析することで注視回数及び注視時間を求めた。そして暖色と寒色のどちらをより注視していたか比率化するため、以下の式により注視回数・時間率を算出した。
注視回数率 = 暖色 (もしくは寒色) への注視回数 / (暖色と寒色への注視回数の和) * 100
注視時間率 = 暖色 (もしくは寒色) への注視時間 / (暖色と寒色への注視時間の和) * 100

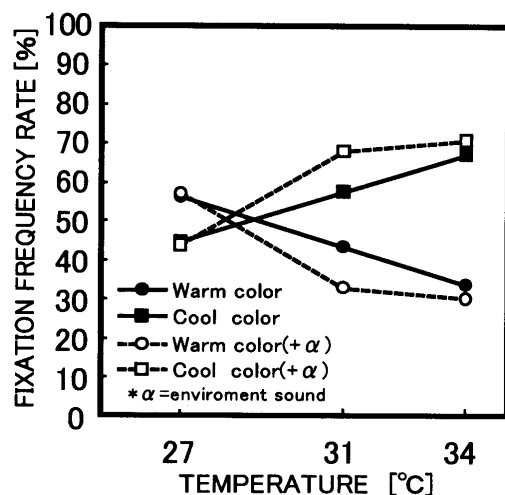


Figure 3 Relation between temperature and fixation frequency rate

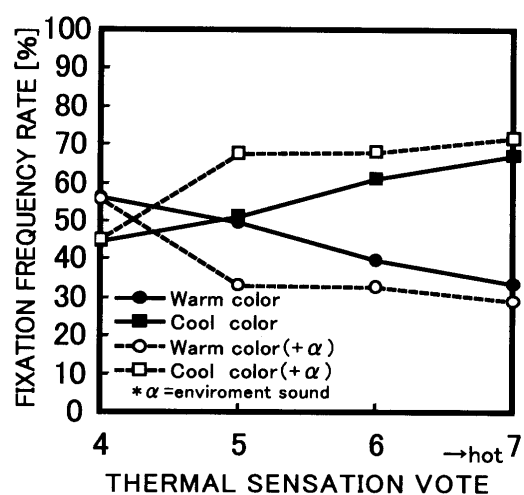


Figure 5 Relation between thermal sensation vote and fixation frequency rate

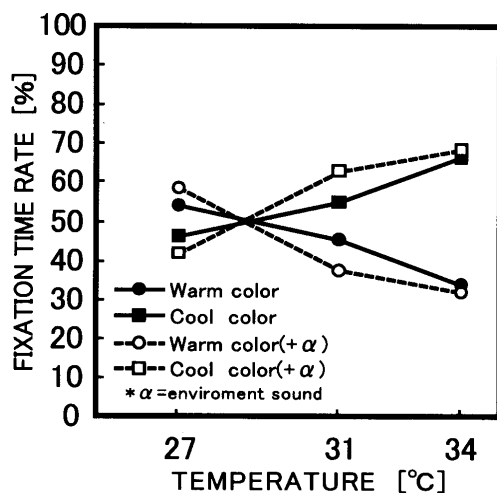


Figure 4 Relation between temperature and fixation time rate

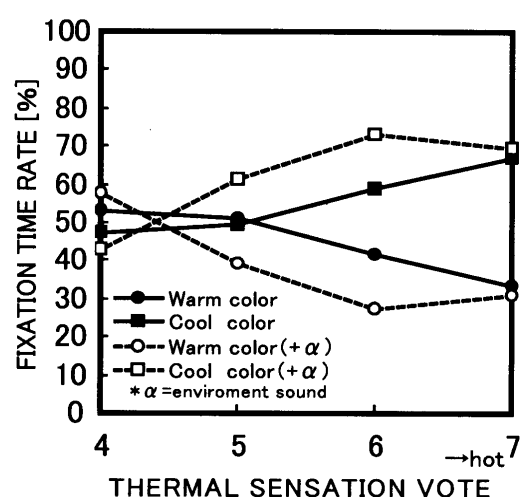


Figure 6 Relation between thermal sensation vote and fixation time rate

以降、注視回数・時間率の値はこの算出式に基づいている。そして、各温熱条件において、温度と注視回数・時間率との関係、また、全温熱条件において、各被験者が直前の心理評定で申告した温冷感申告値とそのときの注視回数・時間率との関係を考察した。

4. 結果

温度と注視回数・時間率との関係を図 3、図 4 に示す。環境音を付加しない条件（以下、音なし条件）の傾向を見ると、温度が高いほど、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向が見られた。音なし条件の各温熱条件で暖色と寒色の注視回数・時間率の平均の差を検定（以下、平均の差の検定には t 検定を用いている）したところ、注視回数・時間率ともに『34℃』のとき有意な差 ($p < .05$) が示された。環境音を付加した条件（以下、音あり条件）の各温熱条件で暖色と寒色の注視回数・時間率の平均

の差を検定したところ、注視回数・時間率ともに『31℃』、『34℃』のとき有意な差 ($p < .05$) が示された。よって、温度が『31℃』のとき、音あり条件でのみ有意な差が示される結果となった。

次に、温冷感と注視回数・時間率との関係を図 5、図 6 に示す。温熱条件は中立域の 27℃から高温域の 34℃であるため、温冷感申告値が『4（暑くも寒くもない）』、『5（やや暖かい）』、『6（暖かい）』、『7（暑い）』のときの注視回数・時間率の結果を示している。音なし条件の傾向を見ると、温冷感が暑い側であるほど、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向が見られ、坂本ら（2007）の報告の再現性が認められた。また、本研究では温冷感申告値『7（暑い）』の知見を得ることができた。各温冷感申告値で暖色と寒色の注視回数・時間率の平均の差の検定を行ったところ、注視回数・時間率ともに『7』のとき有意な差 ($p < .05$) が示された。また、音あり条件と

の比較を行った。音あり条件での注視回数・時間率は、温冷感が『4』、『7』のときでは音なし条件とそれほど差は見られず、『5』、『6』のときでは暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向がより顕著になった。音あり条件の各温冷感申告値で暖色と寒色の注視回数・時間率の平均の差を検定したところ、注視回数率では『5』、『7』のとき有意な差 ($p < .05$) が示され、注視時間率では『5』のとき有意な傾向 ($p < .10$)、『7』のとき有意な差 ($p < .05$) が示された。よって、温冷感が『5』のとき、音あり条件でのみ暖色と寒色の注視回数・時間率で有意な差及び傾向が示された。

5. まとめ

本研究では、hue-heat 仮説を色彩の注視という観点から検証し、温熱要因と聴覚要因が色彩の注視に与える影響について、以下の結果が示された。

温度が高いほど、また、温冷感が暑い側であるほど、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向が見られた。したがって、人は暑さを感じるときには熱的不快感を緩和するような視覚刺激を多く見ようとする傾向があることが示唆された。

風鈴の音は、暖色への注視回数・時間率が低く、寒色への注視回数・時間率が高い傾向をより顕著にさせるが、与える影響の大きさは温熱環境によって異なることが示唆された。Matsubara et al. (2004) では、色彩と環境音に対する心理評価に促進的効果が見られることを報告しており、注視行動に関しても、同様の傾向が見られたことは興味深い。また、堀江ら (1988) は、明らかに不快な環境条件下では複合環境の影響は無効化になると指摘しており、長野ら (1998) は、快適さを提供する音が快適感に与える影響は、中等度不快な環境で効果があり、消極的快適が維持された環境でも同様の効果があるわけではないと指摘している。これらの報告にも関連があると考えられ、今後、環境音が与える影響について、そのメカニズムを言及することが重要な課題となる。

謝辞 被験者の方々及び京都府立大学 環境心理行動学研究室の皆さんに深謝いたします。なお、本研究の一部に平成 18～20 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。

6. 参考文献

- Bennett, C. A. and Rey, P.: What's so hot about red?, Human Factors, 14(2), 149-154, 1972
- Berry, P.C.: Effect of colored illumination upon perceived temperature., J Appl. Psychol., 45(4), 248-250, 1961
- Fanger, P. O., Breum, N. O. and Jerking, E.: Can color and noise influence man's thermal comfort? Ergonomics, 20, 11-18, 1977
- 合掌頭, 田村明弘, 松原斎樹, 藏澄美仁: 視覚要因と聴覚要因の調和による総合快適感向上の可能性, 日本建築学会計画系論文集, No. 544, 55-62, 2001
- 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, 1980
- 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集, No. 387, 1-7, 1988
- Houghten, F. C., Olson, H. T. and Suciu, J. Jr.: Sensation of warmth as affected by the color of the environment. Illuminating Engineering, 35, 908-914, 1940
- 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集, No. 535, 39-45, 2000
- Matsubara, N., Gassho, A. and Kurazumi, Y.: Facilitatory Effects of Environmental Sounds on Hue-heat Phenomena, Proceedings of ICA 2004, II-1775-II-1778, 2004
- Morgenson, M. F. and English, H. B.: The apparent warmth of colors. Amer. J Psychol., 37, 427-428, 1926
- 長野和雄, 松原斎樹, 藏澄美仁, 鳴海大典: 環境音による快適性評価の向上の可能性と限界に関する一考察音・熱・光の複合環境を通して, 日本建築学会計画系論文集, No. 505, 45-50, 1998
- 大野秀夫, 久野覚, 木田光郎, 中原信生: 居住者の温冷感覚におよ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
- 坂本英彦, 松原斎樹, 藏澄美仁, 合掌頭, 土川忠浩: 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, 日本建築学会計画系論文集, No. 615, 9-14, 2007
- 渡部 叡: 画像と注視点分布, NHK 技術研究, 17(1), 4-20, 1965

<連絡先>

著者名 青木祐樹

住所 〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3 丁目 11

所属 神戸大学大学院 人間発達環境学研究科

E-mail アドレス 075d425d@stu.kobe-u.ac.jp