

■論 文

色彩環境の変化が走行運動の心拍数に及ぼす影響

張 禎^{*1}
邵 建雄^{*1}
湯 海鵬^{*2}

The Effects of the Environmental Color on the Ability of the Heart Rate During Running

Zhen ZHANG
Jian-xiong SHAO
Hai-peng TANG

キーワード：色彩環境, 緑色, トレッドミル, 走行運動, 心拍数

Environmental Color, Green, Treadmill, Running, Heart Rate

1. 緒 言

人間が外界から得る情報の約8割は視覚情報であり、さらにそのうちの約8割が色彩の情報とされている(日本色彩学会, 2009)。人間は、色彩に溢れる環境に住んでいる。色彩の服を着る, 色彩の食を食べる, 色彩の家に住むなど, 様々な色彩に取り囲まれている。色彩を無視して生活は成り立たないといっても過言ではない。普段人間は無意識に色彩の環境に生きているが, 人間の精神, 情動活動や喜怒哀楽などの感情活動に, 人々が思うよりもはるかに複雑に, そして強く関わっていると考えられる。

例えば, 色彩の生理的な影響については, 数多くの研究が行われている。色彩と血圧の研究では, 色彩光の変動に伴う血圧の動揺に関する研究が報告されている(山本ら, 1976)。赤色彩光から青色彩光へあるいは, 青色彩光から赤色彩光へと変動する場合より, 暗黒から変化する場合と, 暗黒へと変動する場合の方が, 収縮期血圧

の動揺が大きくなることが報告された。また, 各色彩の環境を設置した実験室で, 各実験協力者の血圧値を測定する研究も報告されている(板垣ら, 1999)。その結果, 色彩の部屋に入室すると, 赤, 青, 黄, 緑, 黒, 白6色から緑色を除く, すべての色彩に対し, 入室前の血圧値が下がった結果を報告した。

色彩と自律神経との関連に関する研究では, 大森ら(2002)は, 自律神経のはたらきの指標となる心拍スペクトルの解析を行い, 交感神経側に傾いてストレスを感じさせる色は赤, 黄赤, 黄であり, ストレスを感じさせない色は青, 青紫, 紫であった結果がわかった。

色彩に関する研究は生理学的な分野だけではなく, 運動やスポーツの分野でも数多くの研究がされている。その中, 色彩と運動パフォーマンスに関する研究の中では, スポーツや運動を行う環境, ボールや的などの器具, 及びユニフォームの色彩に関するものに大別できる。

ユニフォームの色彩と運動パフォーマンスの研究では, 柔道, テコンドーなどの試合に赤いユニフォームを

*1 愛知県立大学人間発達学研究科博士後期課程在籍
*2 愛知県立大学教育福祉学部

着る選手たちは勝率が高く、試合で優位に立ったことがわかった (Hill ら, 2005)。また、赤いユニフォームのサッカーチームが、ほかの色のユニフォームのチームよりも勝率が高いことも報告された (Martin ら, 2008)。

スポーツ器具の色彩と運動パフォーマンスに関する研究が数多くなされている。捕球動作の研究では、小学生が異なる色のソフトボールをキャッチする成功数が比較された (Belka ら, 1985)。その結果、青いボールの成績が一番よく、ボール色の違いで運動パフォーマンスに差があることを示唆した。また Isaacs (1980) の研究でも、年齢の低い実験協力者に対しては、キャッチボールの成績が一番良かったのは、自分の好みの色であったことを報告した。

正確さが要求されるボールやダーツの的当ての競技に関する報告もあった (Eason ら, 1980)。ダーツ投げ動作に対し、的が白、ダーツが有彩色の条件が最も成績がよかったことがわかった。張ら (2014) の研究でも、赤色環境において一般光より、ダーツゲームの成績が優れていることがわかった。また、野球の投手の制球力について、古藤ら (1985) は、的に当たった位置と的の中心までの距離をパフォーマンスの得点とした実験を行い、背景が黄色、的が青色の条件での成績が良いことがわかった。

色彩環境と運動パフォーマンスの関係に関する研究もあった。筋力の発揮については、握力を測定した結果、緑や青よりも赤の色彩環境の中で、大きな力が発揮されることがわかった (O'Connell ら, 1985)。また、同じ握力の研究でも、青よりピンクの色彩環境の中で、大きな力が発揮されることがわかった (Hamid ら, 1989)。一方、張ら (2014) の研究では、膝関節最大伸展力の測定を行い、色彩による有意な差異がみられなかった。

亀谷ら (1969) は、色彩と反応時間の関係を報告した。その結果、ライトを当てず、暗闇状態に反応時間は最も速く、青では最も遅く、次に緑・紫・赤の順で速くなった。張ら (2014) の研究でも、赤色環境において一般光より、全身反応時間が速くなることがわかった。

色彩は心拍数に影響を与えることも報告されている。色彩の明るさや暖かさは、自律神経系を刺激することから、血圧は高まり心拍数が速くなる。逆に、色彩の暗さや寒さは、血圧は低まり心拍数が遅くなることも言われ

ている (野村, 1994)。

深澤ら (2009) は、成人女性 3 名と男性 3 名を対象に、実験室で、アイボリー、ピンク、白、青、赤の 5 色を用いた色彩環境を設けた。入室前、入室直後時、退室直後時における計 3 回の心拍数を測定した。その結果、入室後 5 分間はピンクと赤の環境では心拍数が大きく上昇し、有意な変動がみられた。坂垣ら (1999) は、女性 4 名を対象に 7 つの色彩環境での心拍数測定を行った。各実験協力者とも、入室前、入室直後、入室 10 分後、クレペリン検査を行った直後、入室 30 分後、実験室退室 5 分後の計 6 回の測定を行った。全実験協力者の心拍数は、全色とも、入室直後は入室前より増加し、入室中は増加する傾向があった。また、入室中における各色の心拍数の増加率の高い順は、1 赤 2 青 3 緑 4 黒 5 白 6 無 7 黄であった。

赤色の環境にいると心拍数が上昇し、青色の環境にいると心拍数が低下すると言われているが (野村, 1994)、自律神経や脳波に関する研究では、緑色は効果があることを示した。

松井ら (2012) の研究では、緑色と一般蛍光灯の二つの環境で、実験協力者の HF (高周波数成分) 成分パワー値 (副交感神経活動指標)、LF/HF (中間周波数成分 / 高周波数成分) 比 (交感神経活動指標) を測定し、その結果、HF 成分パワー値において、緑色は一般蛍光灯より有意に高値を示した。副交感神経系の活動を活性化した可能性が考えられる。一方、LF/HF 比においても、緑色が一般蛍光灯より有意に低値を示した。交感神経の活動を抑制させた可能性が考えられる。また、清水ら (2002) の研究では、作業環境における赤色、青色、緑色を変化させ、蛍光灯下との脳波の α 波帯域スペクトラムのピーク周波数を分析し、その差を比較し検討を行った。その結果、緑色環境下では作業における精神疲労の誘発が一般的に少なく、安静後の値が蛍光灯より有意に精神疲労が減少していることより、疲労回復効果があることが示唆された。

以上の研究から、色彩に関する研究は各領域で行われることがわかった。スポーツ場面では、赤色のユニフォームを着ると勝率が高い。赤色の環境にいると、大きな力が発揮され、反応時間が速くなる。また、青色のボールがキャッチしやすいなどの色彩の効果が示唆され

た。心拍数に関する研究では、色彩は安静時における心拍数に影響を与えることがみられたが、色彩が運動時における心拍数に影響を与えることがまた明らかにされていない。また、自律神経や脳波の研究では、緑色の効果が確実にあることを踏まえ、本研究では、緑色環境を着目し、運動時における心拍数に与える影響を明らかにすることを目的とした。そのために、異なる色彩環境において、トレッドミルを用い、人間の走行前・走行中・走行後の心拍数を測定し、緑色における心拍数の変化が一般光、青色、赤色と比較し、その影響に関する定量的な検討を行った。

2. 方法

本研究は、色覚障害をもたない19歳から29歳までの男子7名と女子3名の実験協力者を対象とした(表1)。

本研究は、一般光と光の三原色、青色、緑色および赤色の4色の色彩環境における実験協力者のトレッドミル上での走行前・走行中・走行後の心拍数の変化を測定した。この4色の色彩環境について、一般光環境(以下一般光)は、日常で使用する蛍光灯、青色環境(以下青色)、緑色環境(以下緑色)および赤色環境(以下赤色)は、それぞれ8個のカラーレフランプ(東芝ライテック製、RC100 V57 WR80)の照明によってつくられた。カラーランプのRGB値については、カラーアナライザー(佐藤商事製、RGB-1002)を用いて測定し、各色におけるRGBは表2に示している。

色彩環境の照度は、作業環境で均等に分布した高さ1.6m(実験協力者の目の平均高度)の9個の測定地点で

表1 実験協力者の身体特徴の平均値

	人数(N)	年齢(Years) 平均±標準偏差	身長(m) 平均±標準偏差	体重(kg) 平均±標準偏差
男子	7	25.4(2.2)	1.77(0.08)	74.1(14.9)
女子	3	23.7(3.2)	1.66(0.04)	56.0(6.6)
計	10	24.9(2.5)	1.74(0.08)	68.7(14.7)

表2 各色のRGBカラーモデル

	青	緑	赤
R	57	70	255
G	103	167	76
B	108	80	10

測定した(デジタル照度計、佐藤商事製、LX-PROTM204)。その平均値は、一般光56.16lux、青24.08lux、緑60.30lux、赤30.54luxであった。

作業環境内での色彩の相互影響を除くため、また実験用の色彩以外の色彩が視界に入らないように、作業環境の室内は白色で統一し、検者も白い服を着用した。各作業環境の温度と湿度はそれぞれ温度10°~12°、湿度59%~72%であった。

測定は、1名の実験協力者に対し1日に2色の測定を行った。各色の間に2時間休憩してから、次の色の測定を行い、2日間連続での測定を行った。各実験協力者のサーカディアンリズムを考慮し、2日間の実験実施時間をほぼ同じように設置した。

実験協力者は色彩の色彩環境に入り、5分間座ってから、トレッドミル(SportsArt社製、FITNESS 6310HR)上での走行運動を行われ、走行前、走行中、走行後における心拍数の変化を心拍数計(Polar社製、FT4TM)で計測した。1色の計測後、2時間の休憩を取らせてから次の色への測定を行った。計測の色彩の順番は、色彩の波長に応じて、一般光、青、緑、赤であった。

トレッドミルの速度は10km/hにセッティングし、心拍数の計測は、走行開始と同時に10秒間隔で12回の計測を行った。走行終了後も同じく10秒間隔で12回の測定を行った。

各色彩作業環境で測定した各実験協力者のデータの平均値などを算出し、有意差検定を行った。有意差検定は、対応のある2群の平均値の検定(Welch法のt-検定、片側)方法を用いた。

3. 結果

図1は、各色彩環境において走行前、走行中および走行後における心拍数の平均値の変化を示している。

図2は、10秒間における心拍数の変化率を出すために、各時点において、10秒後の値が10秒前の値を引いた差を示している。心拍数上昇の緩急度により、心拍数の変化区間が、開始直後期(0~40秒間)、上昇直前期(40~60秒間)、上昇期(60~120秒間)、終了直後期(130~150秒間)、回復期(150~240秒間)の5つの変化区間に分けられた。

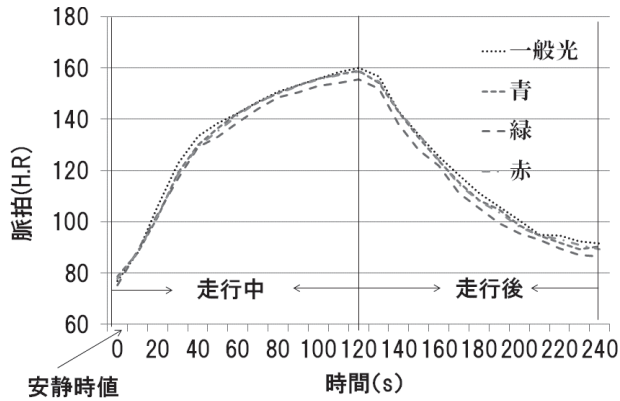


図1 色彩の変化における走行前，走行中，走行後心拍数の変動

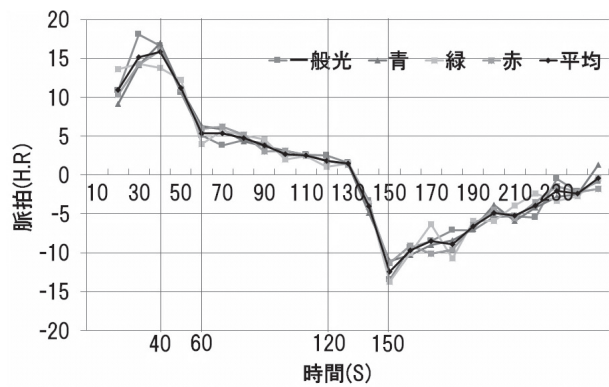


図2 走行前，走行中，走行後における心拍数10秒間隔の変化率の変動

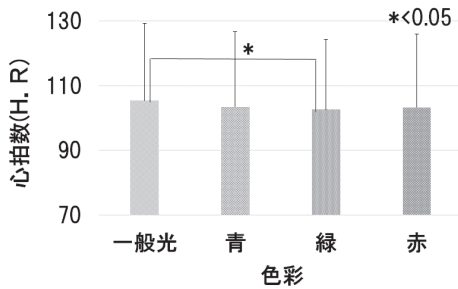


図3 開始直後期 (0~40秒間)における各色彩環境の心拍数の平均値

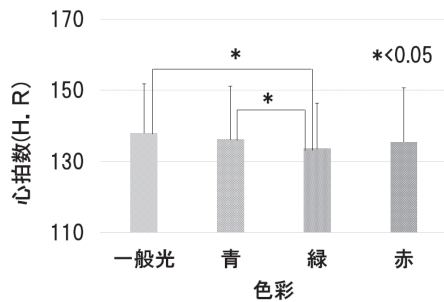


図4 上昇直前期 (40~60秒間)における各色彩環境の心拍数の平均値

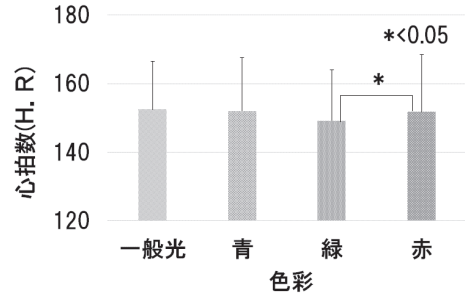


図5 上昇期 (60~120秒間)における各色彩環境の心拍数の平均値

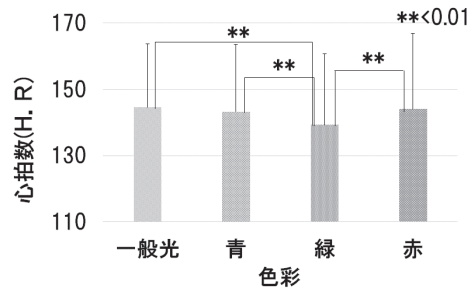


図6 終了直後期 (130~150秒間)における各色彩環境の心拍数の平均値

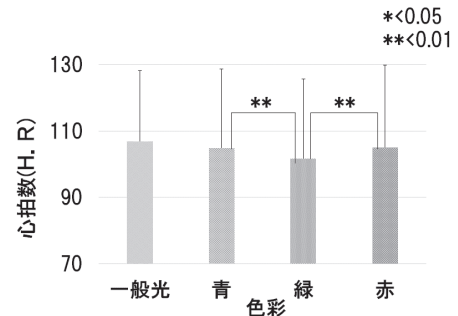


図7 回復期 (150~240秒間)における各色彩環境の心拍数の平均値

図3は、開始直後期における各色彩環境の心拍数の平均値を示している。緑色の心拍数が一般光より有意に低かったことがみられた。図2から、各色彩環境の心拍数は急速に大きく上昇した。その中で、走行開始から40秒までの間に心拍数の変化が最も緩やかだったのは、緑色であった。

図4は、上昇直前期における各色彩環境の心拍数の平均値を示している。緑色の値が一般光と青色より有意に低かった。また、図2から、各色彩環境の心拍数の変化は開始直後期より緩くなる傾向がみられた。

図5は、上昇期における各色彩環境の心拍数の平均値を示している。緑色の値が赤色より有意に低かった。ま

た、図2から、各色彩環境の値の上昇はさらに緩やかになる傾向がみられた。

図6は、終了直後期における各色彩環境の心拍数の平均値を示している。緑色の値が一般光、青色および赤色より有意に低かった。また、図2から、終了直後期に、各色彩環境の値が急速に下がる傾向がみられた。この傾向は、一般光と緑色でより顕著にみられた。

図7は、回復期における各色彩環境の心拍数の平均値を示している。緑色の値が青色と赤色より有意に低かった。図2から、回復期に各色彩環境の値は急速な変化がなく、緩やかに回復する傾向がみられた。

4. 考察

本研究では、全ての区間において、ほかの色彩より緑色の心拍数の値が低かったことがみられた。また開始直後期、上昇直前期、終了直後期において、緑色は日常的に使われている一般光より心拍数が有意に低かったことがわかった。

4.1 緑色と青色との関連性について

上昇直前期、終了直後期、および回復期における各色彩環境の心拍数は、青色より緑色のほうが有意に低かった。先行研究から、青色環境にいると心拍数が低くなることが報告されているが(加藤ら, 2010; 野村, 1994)、本研究では、その傾向はみられなかった。それは、先行研究は安静時で測定したものであり、本研究は運動時で計測したもので、その違いは、結果に影響した原因と考えられる。また、運動時における緑色環境での心拍数が低かった原因として、緑色が人間の疲れを癒し、ストレスを解消するだけでなく、緑色環境で心が休まり落ち着くなどの効果が挙げられる。その遠因は、人類の進化がジャングルでの暮らしを経由してきたことにあると推定される(草木, 1999)。以上のことから、青色と緑色が心拍数に与える影響が安静時と運動時とで異なることが考えられる。

4.2 緑色と赤色との関連性について

上昇期、終了直後期、および回復期における各色彩環境の心拍数は、赤色より緑色は有意に低かった。先行研究から、赤色の環境にいると心拍数が上昇することが報告されている(深澤, 2009; 板垣, 1999)。本研究の結果は、先行研究の報告と一致し、赤色の環境にいると、心拍数が緑色より高くなることがあった。先行研究から、赤色は暖色であり、人間を興奮させる効果がある(加藤ら, 2010; 野村, 1994)と述べた。赤色をみた後、神経の興奮により血液循環を高まり、心拍数が高くなることが推定できる。一方、緑色は、人間の目を癒す効果があり、快適感が感じられる可能性があると考えている(野村, 1996)。今回の研究での運動時の条件でも、疲労感を抑制し、低い心拍数となる原因と推測する。

4.3 緑色が人間の身体に与える影響

本研究での走行運動における5つの区間とも緑色の心拍数が低かった原因は、色彩が人間の自律神経系に影響を与えることから考えられる。松井ら(2012)の研究では、緑色は一般蛍光灯より副交感神経系の活動を活性化させ、交感神経の活動を抑制させる可能性があるとして述べた。すなわち、緑色が走行運動の心拍数に与える影響は、交感神経系と副交感神経系の働きによるのではないかと考えられる。

一方、清水ら(2002)の研究では、脳波の α 波帯域スペクトラムのピーク周波数の分析により、緑色環境下では作業における精神疲労の誘発が一般的に少なく、安静後の値が蛍光灯より有意に精神疲労が減少しているとわかってきた。本研究では、緑の環境で心拍数が低かったのは α 波が発生した可能性も一つの要因と考えられる。

心拍数は、運動負荷の一つの重要な指標として用いられている(永田, 1983)。心拍数が低くなることで、身体に対する運動負荷が軽くなる意味合いである。今回の研究では、緑色の環境で、心拍数が低いことは、身体運動負荷を軽減させる効用があると考えられる。

5. まとめ

本研究は10名の対象を用い、色彩環境が人間の走行前・走行中・走行後の心拍数の変化に与える影響を探った。緑色の環境では、走行運動における心拍数の値が最も低かったことがわかり、それは緑の色彩が身体運動の負荷を低減させる可能性が示唆された。但し、緑色は、運動中における心拍数に影響する原因は、緑色の癒す効果、自律神経、光の波長および脳波などと仮定できるが、確かな理由がまだ得られてない。本研究の測定順番は波長に応じて、一定にしたが、順番の設置が結果に影響を及ぼすことが確認できなかった。また、男女実験協力者の人数は統一していなかったため、性差に関する検討を行っていなかった。これからの研究では、これらの欠点を考慮し、スポーツにつながる色彩の効果について、さらに追求していきたいと考えている。

参考引用文献

- Belka, D. E. (1985) Effects of ball color and preferred ball color on catching by elementary school children. *Perceptual and Motor Skills*, **61**: 1011-1018.
- Eason, B. L., and Smith, T. L. (1980) Effects of multi-chromatic and achromatic target and darts on throwing. *Perceptual and Motor Skills*, **51**: 519-522.
- 深澤奏子・高田谷久美子・佐藤都也子 (2009) 健康な成人が色彩にもつイメージと生理的反応. 山梨大学看護学会誌, **8**(1): 23-27.
- Hamid, P. N., and Newport, A. G. (1989) Effect of colour on physical strength and mood in children. *Perceptual and Motor Skills*, **69**: 179-185.
- Hill, R. A., and Barton, R. A. (2005) Psychology: Red enhances human performance in contests. *Nature*, **435**: 293.
- Isaacs, L. D (1980) Effects of ball size, ball color, and preferred color on catching by young children. *Perceptual and Motor Skills*, **51**: 583-586.
- 板垣悦子・桜木真智子・高久田明 (1999) 「五感」と「血圧」の関係(Ⅲ)視覚への刺激 (色彩の影響). 共立薬科大学研究年報, **43**: 29-35.
- 板垣悦子・桜木真智子・高久田明 (1999) 「五感」と「血圧」の関係(Ⅳ): 視覚への刺激Ⅱ. 共立薬科大学研究年報, **44**: 1-8.
- 亀谷正美・杉本功介 (1969) 反応時間に関する生理心理学的研究. 体育学研究, **13**(5): 90.
- 加藤雪枝・石原久代・中川早苗・橋本令子・寺田純子・雨宮勇・高木節子・大野庸子 (2010) 生活の色彩学. 朝倉書店, 4-5.
- 古藤高良・笠原成元・武井光彦・林志行・畑誠之介・池田光宏 (1985) 色彩がパフォーマンスに及ぼす影響の運動学的研究 (その1). 筑波大学体育化学系紀要, **8**: 77-83.
- 草木雅広 (1999) ナチュラルカラーリスト——花が教える自然色彩学. 草土出版, 39.
- Martin, J. A., Karen, A. G., Russell, A. H., and Robert, A. B. (2008) Red shirt is associated with long-term team success in English football. *Journal of sports sciences*, **26**(6): 577-582.
- 松井美由紀・乗松貞子 (2012) 緑色の照明が人間に及ぼす生理的・心理的影響. 健康心理学研究, **25**(2): 1-9.
- 永田晟 (1983) からだ・運動の科学. 朝倉商店, 61-63.
- 日本色彩学会 (2009) 視覚情報基礎研究会のお知らせ 日本色彩学会 2009年 3月23日 http://www.color-science.jp/bbs/sig_shikaku/200903.html (2014年11月27日)
- 野村順一 (1994) 色の秘密. 文芸春秋, 142-150.
- 野村順一 (1996) 色彩生命論. 住宅新報社, 108-109.
- O'connell, B. J., Harper, R. S., and Mcandrew, F. T. (1985) Grip strength as a function of exposure to red or green visual stimulation. *Perceptual and Motor Skills*, **61**: 1157-1158.
- 大森正子・橋本令子・加藤雪枝 (2002) 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): 50-63.
- 清水規裕・齋藤友幸・福本一郎 (2002) 脳波解析を用いた色光環境下単一作業負荷時における疲労解析の有用性. 電子情報通信学会技術研究報告, **102**(507): 42-44.
- 山本道隆・大塚正八郎 (1976) 色彩光の変動に伴う生理機能の動揺. 日本体育学会大会号, **27**: 554.
- 張禎・邵建雄・潘珍・金謙樹・豊島進太郎・湯海鵬 (2014) 色彩環境の変化が身体運動能力に及ぼす影響. 人間発達学研究, **5**: 23-29.