

■ 論 文

色彩環境の変化が身体運動能力に及ぼす影響

張 禎^{*1}
邵 建雄^{*1}
潘 珍^{*2}
金謙 樹^{*3}
豊島 進太郎^{*4}
湯 海鵬^{*5}

The Effects of the Environmental Color Change on the Ability of the Human Movement

Zhen ZHANG
Jian-xiong SHAO
Zhen PAN
Itsuki KANAOKI
Shintaro TOYOSHIMA
Hai-peng TANG

キーワード：色彩環境, 身体運動能力, 全身反応時間, 筋力, 垂直跳び

Environmental color, Human movement, Whole body reaction time, Muscular strength, Vertical Jump

1. 緒 言

色彩は人間の心理状態, 生理状態および身体運動に関わり, 多くの先行研究から, 様々な形で身体に影響を及ぼすことが報告されている。(永留ら, 2011; 今田ら, 2004; James ら, 1953; 野村, 1994; 大森ら, 2002; 坂垣ら, 1999)。James (1953) らは, 白光と赤光の環境での生理的反応を測定した。健常の大学生男性34名と女性14名, 特別なグループ(統合失調症患者)の男性25名と女性21名の被験者に対して, 指微震計を用い, 30秒間における指の震えのデータを測定した。その結果, 赤

光の環境で両グループの指の震えが大きく, また赤光の環境では特別なグループがより大きな震えがあった。

野村(1994)は, 色彩が血圧に対する影響を調べるために, 赤色の環境と青色の環境に入った被験者の血圧, 脈拍, 体温の変化を測定し比較した。その結果, 赤色の環境では血圧が上昇したが, 脈拍がやや遅くなった。また, 暖色系の環境では, 脈拍数, 血圧が高くなり, 自律神経系が刺激され, 性ホルモンの分泌を促進させ, 筋肉の緊張が増大させた効果がみられた。

一方, 運動やスポーツの分野でも, 色彩の影響が多く報告されている(Andrew ら, 2007; 兄井ら, 2003; Hill ら, 2005; 石垣, 1992; 岩瀬ら, 2000; Martin ら, 2007)。

*1 愛知県立大学人間発達学研究科博士後期課程在籍
*2 愛知県立大学人間発達学研究科博士前期課程修了
*3 名古屋大学非常勤講師 *4 東海学園大学スポーツ健康科学部 *5 愛知県立大学教育福祉学部

Hill (2005) らは、ユニフォームと試合結果の関係を分析するために、2004年オリンピックのボクシング、テコンドー、アマチュアレスリングとフリーレスリングの試合を分析した。その結果、赤いユニフォームを着る選手たちは、それぞれの試合中に勝率が高く、試合で優位に立ったことがわかった。

Andrew (2007) らは、赤色と青色はFPSゲーム選手に与える影響を分析した。同じ場所での10名のFPSゲームトップ選手の3ヶ月の1347回の試合を分析した。その結果、赤色チームが青色チームより勝率が高かったことが明らかとなった。Martin (2008) らは、ホームユニフォームの色彩と勝率を分析するために、1947年から2003年までのプレミアリーグの68のチームの成績を分析し、その結果、赤いユニフォームを着用したチームの勝率が最も高かった。

石垣 (1992) はユニフォームの効用について、次の結果を報告している。上下黒いユニフォームや黒い靴下は、重く感じさせ、相手の選手に威圧を感じさせ、逆に白いユニフォームは、軽量なイメージを与え、軽快、敏捷な印象を与える効果がある。

色彩に関する多くの研究成果が、スポーツ用具の進化に貢献した。例えば、バレーボール競技では、ボールの回転を見やすくするために、従来の白いボールに青やオレンジを補色することになった。また、陸上競技では、走りやすいために、一部のトラックは従来の赤茶色から青色に変更された。

以上のように、色彩が人間の心理的、生理的機能に影響を与え、また用具やユニフォームの色彩がスポーツのパフォーマンスに影響することを示す報告は多い。しかし、環境の色彩の変化が、人間の基本的身体運動能力に与える影響の報告は、ほとんどみられない。このことから、本研究では、作業環境の色彩が基本的身体運動能力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、異なる色彩の作業環境において、人間の基本的身体運動能力を測定し、色彩の変化における身体運動能力の変化を比較し、色彩環境の影響に対する定量的な検討を行った。

2. 方法

2.1 被験者と作業環境

本研究は、19歳から29歳までの男子7名と女子3名の被験者を用いた(表1)。いずれの被験者においても色覚等を含む健康上の問題は認められなかった。

表1 被験者の身体特徴

	人数 (N)	年齢 (Years)	身長 (m)	体重 (kg)
		平均 (標準偏差)		
被験者	10	24.9 (2.5)	1.74 (0.08)	68.7 (14.7)
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)

本研究は、一般光、青色、緑色および赤色の4色の作業環境における被験者の身体運動能力を測定した。この4色の作業環境について、一般光作業環境(以下一般光)は日常で使用する蛍光灯、青色作業環境(以下青色)、緑色作業環境(以下緑色)および赤色作業環境(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環境であった。カラーランプのRGB値については、カラーアナライザー(佐藤商社製、RGB-1002)を用いて測定、青はR57, G103, B108, 緑はR70, G167, B80, 赤はR255, G76, B10であった。

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

2.2 測定手順

測定は、1名の被験者に対し1日2色について行い、2日間連続して測定した。各被験者のサーカディアンリズム

ムを考慮し、2日間の実験開始時間と終了時間はほぼ同じように設置した。

被験者はある色彩の作業環境に入り、5分間の安静状態を取ってから、個々の身体運動能力の測定を行った。測定の順番は、動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節伸展力および走行前、走行中、走行後における脈拍の変化の順であった。1色の測定の後に、2時間の休憩をとらせ、次色での測定を行った。作業環境の色彩変更の順番は、一般光、青色、緑色、赤色の順であった。

2.3 各運動能力の測定

人間の基本的体力には、筋力、動作の正確性および全身反応時間などが含まれ、基本的身体運動能力には、走動作、無酸素能力の跳動作などが含まれる（藤原ほか、1992）ことから、本研究の測定項目として、動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節伸展力、走行前、走行中、走行後における脈拍の変化として5つの項目を選択した。

動作正確性の測定については、マグネットダーツボードゲーム（NEO KAWADA 社製）を使用した。国際ダーツゲーム協会のルールを適用し、ダーツボード中心の高さは1.73m、ダーツボードまでの距離は2.37mに設置した。被験者は10回の試技を行い、その平均得点を算出した。

全身反応時間の測定は、全身反応時間測定装置（竹井社製、T.K.K5408）を用い、3回の測定を行いその平均値を用いた。

垂直跳びは、垂直跳び測定計（竹井社製、T.K.K5106）を用い、3回の測定を行いその平均値を用いた。

膝関節伸展力は、デジタル電子筋力計（竹井社製、T.K.K5710）を用いて測定した。被験者は装置の上に座り、膝関節は約90°に保ち、足首は補助具で固定した。被験者は検者の合図によって右足の膝関節を最大努力で伸展した。測定は3回を行い、その平均値を用いた。

走行中における脈拍の変化は、トレッドミル（SPORTSART 社製、FITNESS 6310HR）と脈拍計（POLAR 社製、FT4TM）を用いて測定した。トレッドミルの速度は10km/h、走行時間2分間であった。脈拍は、走行開始前、走行中、および終了後の2分間に測定した。

各被験者について、各色彩作業環境で測定したデータの平均値などを算出し、各色彩の間における有意差の検定を行った。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。

2.4 補足実験

本実験は、4種類の色彩での測定が同じ順番で行うので、その測定順番による影響が出る可能性が考えられる。それを確認するために、補足実験を行った。補足実験は、本実験と全く同じ手順で行い、ただし色彩の変化がなく、全部一般光で、動作正確性と全身反応時間に対して、それぞれ4回の測定を行った。被験者は男性2名、女性4名の計6名であった。

3. 結果

3.1 補足実験の結果

補足実験の結果から、測定の順番による成績の変化傾向はほとんどみられなかった。すなわち、動作正確性と全身反応時間に対し、測定順が原因で、測定値に影響を与える結果は認められなかった。このことから、本研究での測定の信頼性が確認できたと考えられる。

3.2 動作正確性

図1は、各色における動作正確性を示している。赤色において最も高い得点（3.13点）が得られ、一般光での点数（2.87点）が最も低く、一般光と赤色との間には統計的に有意差がみられた（ $P<0.05$ ）。

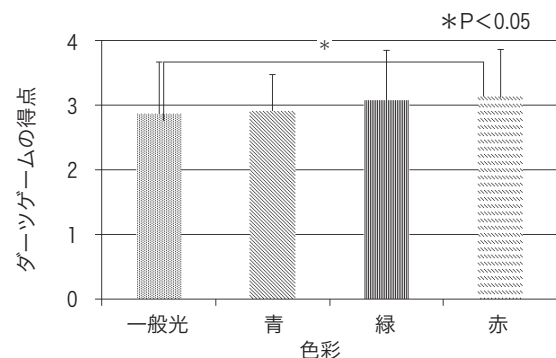


図1 色彩によるダーツゲーム得点の変動

3.3 全身反応時間

図2は、各色において全身反応時間を示している。各被験者とも赤色の全身反応時間は最も短く(0.35s)、一般光が最も長かった(0.40s)。また青色の全身反応時間より緑色のほうが短かった。一般光は、青色、緑色および赤色との間に、それぞれの有意な差異が認められた(P<0.01)。

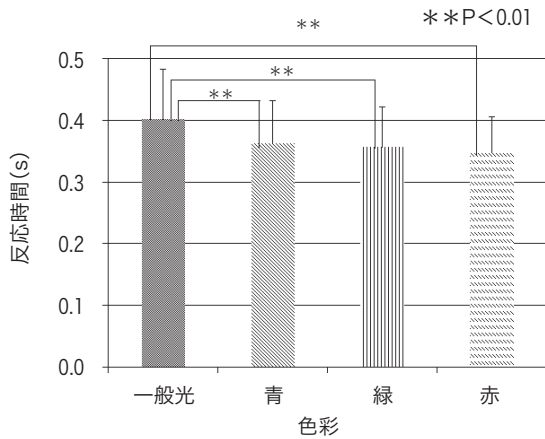


図2 色彩による全身反応時間の変動

3.4 垂直跳びと膝関節伸展力

図3は、各色における垂直跳びの結果を示している。最も高く跳べたのは一般光(0.49m)であった。青色、緑色および赤色の中では、最も高く跳べたのは赤色(0.48m)であり、一般光と青色との間にのみ有意差が認められた(P<0.05)。

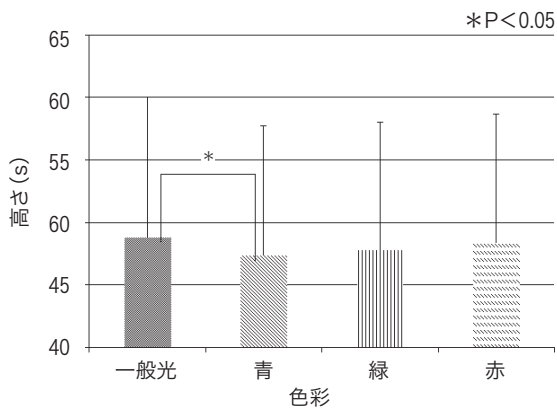


図3 色彩による垂直高跳びの成績の変動

図4は、各色における膝関節伸展力の結果を示している。最も平均値が高かったのは、赤色(50.61kgw)で

あったが、各色の間には、いずれも有意差は認められなかった。

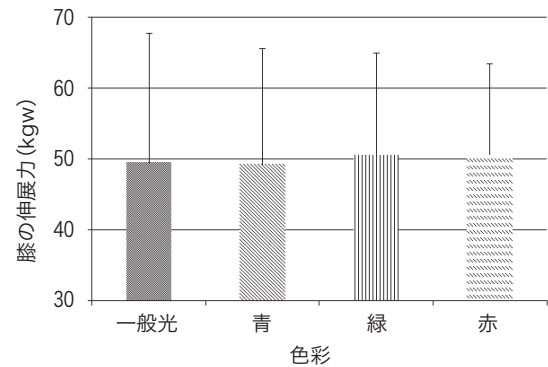


図4 色彩による膝関節伸展力の変動

表2 各測定項目の平均値と標準偏差

	動作正確性 (点数)	全身反応時間 (s)	垂直跳び (cm)	膝関節最大伸 展力 (kgw)
	平均値 (標準偏差)			
一般光	2.87 (0.79)	0.402 (0.082)	48.80 (11.21)	49.53 (18.12)
青	2.91 (0.56)	0.362 (0.071)	47.40 (10.29)	49.27 (16.22)
緑	3.08 (0.77)	0.357 (0.066)	47.80 (10.23)	50.58 (14.26)
赤	3.13 (0.72)	0.348 (0.058)	48.43 (10.23)	50.61 (12.76)

3.5 走行前, 走行中および走行後における脈拍の変化

図5は、各色における走行前, 走行中および走行後の脈拍の変動を示している。走行開始から40秒までの間に脈拍の変化が最も緩やかだったのは、緑色であり、走行終了から20秒までの間に、脈拍回復の最も速かったのは一般光と緑色であった。

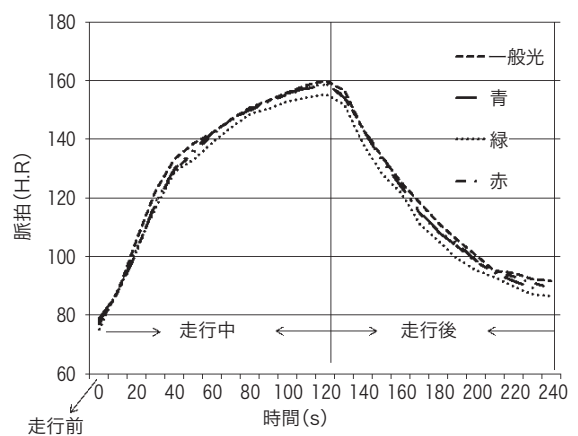


図5 色彩による走行前, 走行中, 走行後における脈拍の変化

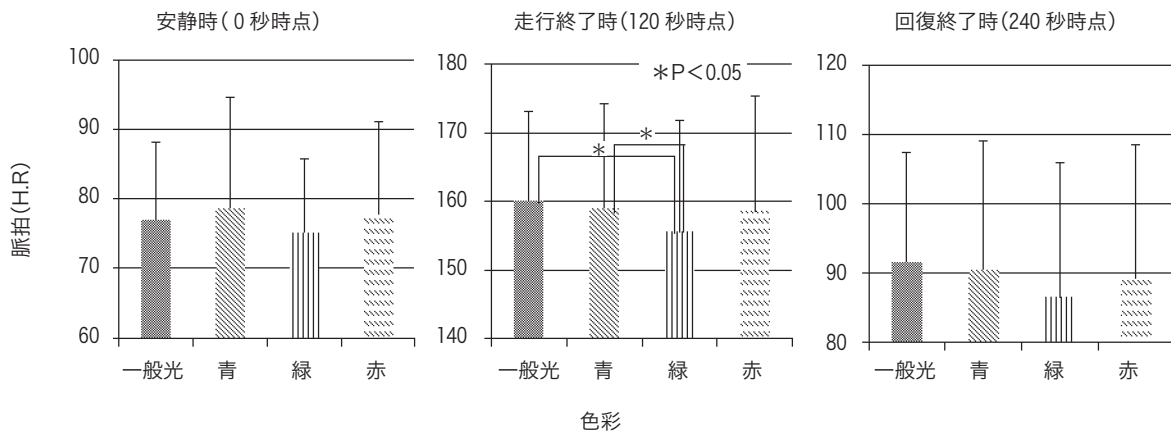


図6 色彩による安静時、走行終了時、回復終了時における脈拍の変動

脈拍の変動

図6は、安静時（0秒時点）、走行終了時（120秒時点）および回復終了時（240秒時点）における脈拍の平均値を示している。いずれの時点においても、緑色の脈拍が最も低かった。走行終了時には、一般光と緑色との間に、また青色と緑色との間に有意差が認められた ($P<0.05$)。回復終了時には、各色の間に有意の差異は認められなかった。

5. 考察

5.1 色彩が動作正確性に与える影響

赤色では他の色よりいい得点が得られたことがみられ、赤色では一般光より得点が有意に高いことが認められた。

色によって奥行、距離の判断が影響され、同じ距離でも、近くに感じたり、遠くに感じたりする現象がある（兄井ほか、2003）。これらのことは、色の進出性と後退性といわれる。一般的に長波長である赤色、オレンジおよび黄色のものは進出して見え、短波長である青色、青紫色のものは後退して見える。有彩色と無彩色と比べると、有彩色が進出して見える。また明度については高明度のものほど進出し、低明度は後退して見える（石垣、1992）。色そのものは、見かけの大きさにも影響する（野村、1994）。実際の大きさよりも大きく見える色は膨張色、小さく見える色は収縮色という。人間の目の色収差によって赤色は屈折率が小さいことで、赤い対象物は

膨張して見える。青色は屈折率が大きいことで、青い対象物は縮小して見える。一般的に膨張色と進出色はほぼ一致し、収縮色は後退色とほぼ一致する。また明るい色や暖色系は進出し、暗い色や寒色系は後退して見える（加藤ほか、2010）。

本研究の実験では一般光は赤色よりののが遠く小さく見える。動作の微調整が難しくなるので、当てにくくなり、逆に、赤色は的が近く大きく見え、当てやすくなり、得点が高くなると推測できる。

スポーツ競技では、動作正確性が求められる種目は多い。例えば、射撃や野球などの特定の的を狙うスポーツなどが挙げられる。本研究の結果は、これらの競技において、赤色の的あるいは赤色の環境を適用することで、競技の成績がよくなる可能性があることを示唆している。

5.2 色彩が全身反応時間に与える影響

本実験では、各被験者とも赤色での全身反応時間は最も短く、一般光は最も長かった。一般光と青色、緑色および赤色との間には有意差が認められた。

亀宮ら（1969）は、脳波用自動分析装置を用い、脳波と反応時間との関係を調べた。その結果、被験者が落ち着く青色ライトに照らされる場合、 α 波は大きくなり反応時間は遅くなるという傾向がみられた。また、緑色、紫色および赤色の順で反応時間が短くなっていた。

この結果に対して、血圧、呼吸率、筋肉緊張を増大させる興奮を代表する色である赤色（野村、1994）の環境にいと、反応時間が短くなり、逆に血圧、呼吸率、筋

肉緊張を減少させる沈静を代表する色である青色（野村，1994）の環境にいと反応時間が長くなる。

本研究の実験条件は、亀宮らと異なるが、反応時間の結果は、亀宮らの結果とほぼ一致したことから、赤色は人間の反応時間の長短に影響した可能性があると考えられる。

以上の結果から、赤色の環境では、競技者は全身反応時間において、より高いパフォーマンスが発揮できる可能性があることが考えられた。

5.3 色彩が垂直跳びおよび膝関節伸展力に与える影響

本研究の結果から、各被験者は最も高く跳べたのは一般光で、青色、緑色および赤色という順に記録が高くなり、一般光は青色より有意に高く跳べた。

今田ら（2004）の研究では、物理的には重さのないはずの色彩が、見かけの重さを感じさせると述べている。一般に暗い色彩は重く、明るい色彩は軽く見える。また、彩度が高いものほど軽い印象を受ける。一方、無彩色の白色、灰色、黒色には明度という属性しかないため、軽重感は白色よりも灰色、灰色よりも黒色が重く感じると確認できる（野村，1994）。

以上の研究から、垂直跳びに対しては、明度の低い青色では、鈍重感を感じる可能性があり、より低く跳べると推測される。また、明度の高い一般光では、軽快感を感じる可能性があり、高く跳べると推測できる。

膝関節伸展力について、本研究は、赤色では最大値がみられたが、各色の間に有意差はみられなかった。坂垣ら（1999）の研究では、青色が心身をリラックスさせ、筋肉の緊張を和らげる色彩であり、逆に赤色は心身を興奮させ、筋肉の緊張を増大させる色彩であると報告したが、本研究での測定では、色彩が筋力に与える影響がみられなかった。

5.4 色彩が走行前・走行中・走行後における脈拍の変化に与える影響

本研究の結果から、走行終了時（120秒時点）の時点において、緑色での脈拍が最も低かったことがわかった。

緑色の環境で人間にリラックスや精神安定に効果があることが報告されている。水庭ら（2008）は、環境の緑化が被験者に与える緊張感の変化に関する研究で、血圧、脈拍およびRPP値を生体情報モニターとして測定した。緑の植物がある場合に、緊張の度合いは減少し、逆に緑の植物がないことによって緊張の度合いが高くなることを報告した。

同じように、武田ら（2009）は、森林浴による精神の安定度を比較するために、心理的検査を行った。男女ともに森林浴前後における指標値のPOMS値の総得点の有意な低下がみられ、森林浴のリラックス効果が認められた。また、収縮期血圧と脈拍において、森林浴による低下もみられた。

本実験では、緑色では、走行中において心拍数が一番低いことから、緑色は走行中の負荷軽減の効果があると推測できる。

以上の結果から、緑色の環境で、運動負荷の軽減ができる可能性があると考えられる。

6. まとめ

本研究は、色彩が人間の身体運動能力との関連性を探るために、4つの色彩作業環境において動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節伸展力および走行前・走行中・走行後の脈拍変化を測定し、色彩が人間の基本的身体運動能力に与える影響を検討した。その結果から、色彩作業環境が動作正確性、全身反応時間、垂直跳びおよび走行前・走行中・走行後における脈拍の変化に影響を及ぼす結果がみられた。赤色作業環境において一般光より、動作正確性と全身反応時間がともに成績が優れていることがわかった。一方、垂直跳びについては、一般光での成績が高かった。また、緑色作業環境では、走行中における脈拍の上昇が遅いことがわかった。

参考文献

- Andrew, I., Silvia, I., Leon, Z., and Mihai, M. (2007) Better to be red than blue in Virtual Competition. *CyberPsychology Behavior*, 11(3): 375-377.
- 兄井彰・伊藤友記（2003）色彩の進出後退現象が運動パフォーマンスに及ぼす影響：走幅跳の助走および跳躍との関係. 体育学研究, 48(5) : 541-553.

- 藤原勝夫・外山寛（1992）身体活動と体力トレーニング. 日本出版サービス.
- Hill, R. A., and Barton, R. A. (2005) Psychology: Red enhances human performance in contests. *Nature*, 435: 293.
- 今田充一・湯浅友典・相津佳永・三品博達（2004）色彩心理効果と重量感の関係. *SVBL 年報 Vol. 6*, 77-78.
- 石垣尚男（1992）スポーツと眼. 大修館書店.
- 岩瀬雅紀・高井茂・杉山喜一（2000）ボールゲームにおけるユニフォームの色彩効果(2): 大学バスケットボール部員によるバスケットボールゲームから. *日本色彩学会誌*, 24(1): 11-17.
- 亀宮正美・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.
- 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.
- 水庭千鶴子・阿藤舞・近藤三雄（2008）緑化が被験者に与える緊張感の変化: 歯科医療診療室を事例として. *東京農業大学農学集報*, 53(2): 184-188.
- 永留美美・大井尚行・高橋浩伸（2011）壁面色が時間測定に及ぼす影響に関する基礎的研究. *日本建築学会九州支部研究報告*, 環境系(50): 33-36.
- 野村順一（1994）色の秘密. 文芸春秋.
- 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.
- 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.
- 武田淳史・近藤照彦（2009）森林浴の健康増進効果. *リハビリテーションスポーツ*, 28(1): 30-35.
- James, W. T., and William, R. D. (1953) The effect of color shock on motor performance and tremor. *The Journal of General Psychology*, 48: 187-193.