

博士学位論文

色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響

2019年3月

愛知県立大学大学院人間発達学研究科

張 禎

目次

序章.....	3
第1節 問題の所在.....	3
第2節 本研究の目的と構成.....	6
第1章 先行研究の検討.....	7
第1節 物体色と光源色について.....	7
第2節 色材による色彩環境に関する研究.....	7
1. 色材による色彩環境と生理機能に関する研究.....	8
1.1 色彩とホルモンの分泌.....	8
1.2 色彩と脈拍.....	8
2. 色材による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究.....	10
2.1 色彩と走り幅跳び.....	10
2.2 色彩とボール投げ.....	11
2.3 色彩と捕球動作.....	12
2.4 色彩と歩行動作.....	13
2.5 色彩とユニフォーム.....	14
2.6 色彩と力の発揮.....	15
第3節 色光による色彩環境に関する研究.....	15
1. 色光による色彩環境と生理機能に関する研究.....	16
1.1 色彩と血圧.....	16
1.2 色彩と交感神経, 副交感神経.....	16
1.3 色彩と脳波.....	17
1.4 色彩と皮膚温および皮膚血流量.....	17
2. 色光による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究.....	18
2.1 色彩と反応時間.....	18
2.2 色彩と指の振動.....	18
第4節 先行研究における到達点と課題.....	19
第2章 研究1 色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響.....	24
第1節 問題と実験条件.....	24
1. 実験協力者と色彩環境.....	26
2. 測定の手順と方法.....	27
第2節 結果.....	29
第3節 考察.....	34
1. 色彩環境が動作正確性に与える影響.....	34
2. 色彩環境が全身反応時間に与える影響.....	34

3. 色彩環境が垂直跳びに与える影響.....	35
4. 色彩環境が膝関節最大伸展力に与える影響.....	35
第4節 まとめ.....	35
第3章 研究2 色彩環境が走行運動の心拍数に及ぼす影響.....	36
第1節 問題と実験条件.....	36
1. 実験協力者と色彩環境.....	37
2. 測定の手順と方法.....	37
第2節 結果.....	39
第3節 考察.....	43
1. 緑色と青色との関連性について.....	43
2. 緑色と赤色との関連性について.....	43
3. 緑色が人間の身体運動に及ぼす影響.....	44
第4節 まとめ.....	44
第4章 研究3 色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響	
—昼光色LEDと赤色LEDとの比較—.....	45
第1節 問題と実験条件.....	45
1. 実験協力者と色彩環境.....	46
2. 測定の手順と方法.....	47
第2節 結果.....	50
第3節 考察.....	52
1. 色彩環境が動作正確性に与える影響.....	52
2. 色彩環境が膝関節最大伸展力と筋電図に与える影響.....	53
3. 色彩環境が身体重心動揺に与える影響.....	53
第4節 まとめ.....	54
終章.....	55
第1節 本研究の成果.....	55
第2節 今後の研究課題と展望.....	57
参考引用文献.....	59

序章

第1節 問題の所在

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割が色彩の情報といわれている(日本色彩学会, 2009)。人間は、色彩に溢れる環境に住んでいる。様々な色彩の服を着る、様々な色彩の食を食べる、様々な色彩の家に住むなど、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。すなわち、普段人間は無意識に色彩の環境に生きているが、人間の精神などの感情活動に、色彩は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。

光がなければ見ることができない。周りが真っ暗だったり、目を閉じたりしていれば色彩は存在しない。現在、衣・食・住のあらゆる場面で色彩のさまざまな効果が利用されている。身近な例でいえば、道を渡る時に、赤信号が停止、青信号が通行を示す。また空港など標識がないと多くの人々が混乱する場所などでは標識が目立つように黄色と黒色の組み合わせを使う。

色彩の分類については、波長の長さによって、一般に、赤・橙・黄色などは暖色、青・青紫、紫などは寒色とよばれている。それは可視光線の組成の差によって、視覚的に赤色などは暖かそうだから暖色、青色などは寒そうだから寒色とよばれている。色彩の見え方は、光源や目視する物体によって変化するが、それは色味といわれる色相、鮮やかさの濃淡を示す彩度、明るさ暗さを表す明度の「色彩の三属性」による変化なのである(加藤ほか, 2010)。

我々の日常生活も様々な色彩に取り囲まれている。空つまり大気は、人間の目が青色と感じる波長の光を多く散乱させ、草は人間の目が緑色と感じる波長の光を多く反射させているにすぎない。そしてその光は、赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の七色に分けられる。赤色は波長が長く、紫色に向かって波長が短くなる。

通常、黒色の服を着ると重圧感を与える。逆に白色の服は、誠実さや上品な印象を与える。色彩の効果はほかにもたくさんある。黄色は福や希望などの意味があり、明るく朗らかな印象になる。緑色は疲れた時、癒しや安らぎを与えることができる。青色はまじめさや落ち着いた印象を与え、また、集中力もあげることができるといわれている。赤色は炎や血からの連想により生命力、情熱、行動力などパワフルなエネルギーを感じさせてくれる色彩である(江森ほか, 2008; 加藤ほか, 2010; 末永, 2001; 野村, 1994)。つまり、色彩は我々人間の体と生活との結びは緊密であり、その相互作用を無視することはできないと考えられる。

色彩が日々私たち人間の心理的变化に影響を与えている。色彩によって、物を区分し、我々の好みのものを選別することができる。また、色彩によって、周囲の環境から様々な情報を受け、私たちの感情や気分が大きく影響する。例えば、黄色を見ると人は明るい気分になる。観葉植物などの緑色を見ると人は安心する(野村, 1994)。そのほかに、赤色には人の購買欲をそそったり、モチベーションを上げたりする効果があるといわれている。住まいの配

色については、床を暗く、天井を明るく、壁はその中間の明るさにすることで、明るく、軽く感じさせ、落ち着きが得られる。このことは、自然界の暗く重い地面から明るい空と同じ色彩環境となり、慣れ親しんでいるからである。

色彩にある暖色系と寒色系も様々な効果がある。暖色系は時間の流れが速く感じるのに対し、寒色系は時間の流れを遅く感じさせることができる(野村, 1994)。また、同じ温度でも赤色、黄色などの暖色は、青色や緑色などの寒色に比べ、人は暖かさを感じる。以上のように、色彩によって人の体感温度は変わってくる(加藤ほか, 2010)。食べ物について、食欲を増進させるには暖色、食欲の減退には寒色のようなものである。また、お皿や食材の組み合わせで生まれる色彩の効果、盛り付けの色合いによって、料理の印象を変えることができる。

色彩は生活の中にも無意識的に人間の生理機能に影響を与えている。例えば、暖色系は、血圧・脈拍数・呼吸数を高め、筋肉の緊張が増大し、性ホルモンの分泌を促進する効果があるといわれている。一方、寒色系は、血圧・脈拍数・呼吸数を低め、筋肉の緊張が減少し、性ホルモンの分泌を抑制するとされている(深澤ほか, 2009; 板垣ほか, 1999; 野村, 1996; 山本ほか, 1976)。このように、色彩は生理機能に多くの影響をもたらしているのである。

こうした色彩がもつ生理機能に対する効果は、心身の健康回復のためのカラーセラピーや色彩療法にも活用されつつある。例えば、神経の緊張を軽減するためには、ピンクより水色のパジャマを着て寝るほうがリラックスして寝ることができるとされている。精神病院では患者の気持ちを落ち着かせるよう、沈静色で統一している。また、娯楽室のように朗らかな気持ちで過ごす場所では、暖色系の色彩を配するなど、生理的な側面に配慮し、色彩環境の調節を行っている(加藤ほか, 2010)。

運動スポーツの分野でも、色彩の効果が数多く報告されている。そして、運動スポーツの環境や器具も、色彩の研究成果に基づき、常に改良してきた。

例えば、陸上のトラックが赤茶色から青色に変更される傾向がみられるが、それは青色の持つ色彩心理、生理効果が活用されているといわれている。その原因としては、青色は心拍数、呼吸数を抑え、鎮静効果が与えられ、リラックスさせることで、集中力や凝視力がアップすることである。このような理由で、青色のトラックを採用することで、ランナーのパフォーマンスの向上に寄与することが期待される。

また、スポーツウェアの色彩がスポーツの勝敗に影響するほどの結果が報告されている。2004年アテネオリンピックの格闘技種目(ボクシング、テコンドー、グレコローマンレスリング、フリースタイルレスリング)のユニフォームの色彩(選手は試合前に赤色と青色のユニフォームをランダムに分けられる)と勝敗の関係を調査し、赤色ユニフォームを着た選手が青色ユニフォームを着た選手と比較し、勝率が高いことが報告されている(Hill ほか, 2005)。その一方、赤色ユニフォームのサッカーチームが、ほかの色彩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ている(Attrill ほか, 2008)。

但し、スポーツにおいて、レスリングやサッカーのような精神的な緊張や興奮を高め、闘志をかき立てる種目もあれば、射撃やアーチェリーなど、精神的な安定が必要となる種目も

ある。このため、色彩の効果をj得るためには、種目の特性を配慮する必要となる。

このように、色彩が人間の体に様々な影響を与えることを踏まえ、運動スポーツにおいて色彩の効果を研究する意義があるjと考える。

先行研究によると、色材による色彩環境と色光による色彩環境を 2 つに分けられた。色材(塗料など)による色彩環境、色材によるスポーツ器具やユニフォームおよび色光による色彩環境の研究において、色彩は人間の体に影響を及ぼすことが報告された。その中、色材による色彩環境と生理機能の研究(Farrelly ほか, 2013; 深澤ほか, 2009; 板垣ほか, 1999)では、色材に反射した色彩が人間の体に影響を与え、おもにホルモンの分泌、脈拍、血圧、すなわち自律神経の働きに影響を及ぼすものは多数を占める。また、色材によるスポーツ器具の色彩の遠近感、大小感、視認性、誘目性などの特性が人間の視覚への刺激で、運動パフォーマンスに影響を及ぼす場合(兄井ほか, 2003; Belka ほか, 1985; 林ほか, 1984; Isaacs ほか, 1980)とスポーツユニフォームの着用で運動パフォーマンスに影響を及ぼす場合(Attrill ほか, 2009; Hill ほか, 2005; 岩瀬ほか, 2000)があることがわかった。

一方、色光による色彩環境の研究において、色彩は人間の血圧、交感神経、副交感神経、脳波に影響を及ぼす(松井ほか, 2012; 清水ほか, 2002; 山本ほか, 1976)。その中、色光による色彩環境に緑色は人間の疲労感や疲労回復などに直接影響する。(松井ほか, 2012; 清水ほか, 2002)。また、赤色は運動パフォーマンスに影響を及ぼす(James ほか, 1953; 亀宮ほか, 1969)。色光による色彩環境は、人間の交感神経、副交感神経、脳波に影響を及ぼすことから、人間の運動能力にも影響を及ぼすことが推測できる。

これまでの研究によると、青色は皮膚温を高め、皮膚血流量を速くし、捕球の成功率を高める効果があることがみられる。

また、本研究で、特に明らかにしたい色彩の一つは赤色である。先行研究によると、赤色環境にjると、脈拍や血圧を上昇し、男性ホルモンの分泌を刺激することを報告した(Farrelly ほか, 2013; 深澤ほか, 2009; 板垣ほか, 1999)。運動スポーツ場面では、赤色ユニフォームを着ると、勝率が高いことを報告した(Attrill ほか, 2009; Hill ほか, 2005;)。また、赤色環境にjると、人間の反応時間を速くなり(亀谷ほか, 1969)、指の振動が大きくなることを報告した(James ほか, 1953)。赤色環境は人間の生理機能、身体運動能力、運動パフォーマンスに確実影響することがみられ、以上のことから、本研究では赤色の効果を明らかにすることが目的とする。

もう一つ色彩は緑色である。緑色は、副交感神経系の活動を優位に立たせ、一方、交感神経の活動を抑制させる可能性がある(松井ほか, 2012)。また、脳波の α 波ピーク周波数を大きくし、疲労回復効果もあることが示唆される(清水ほか, 2002)。以上のことから、緑色、赤色はほかの色彩と比べたら、生理機能や運動スポーツにより強い影響を及ぼす可能性があることが考えられる。

以上のように、色彩が人間の生理機能またはスポーツ場面で発揮するパフォーマンスに影響を及ぼすことがみられた。しかしながら、人間の生理機能の変化が直接運動パフォーマンス

ンスに影響するものではない。行動要素(狭義の体力)は、体格(骨格, 筋)とエネルギー系(呼吸循環系など)および調整能系(神経系, 内分泌系など)に分類される。これらの3者が統合し、筋力, 敏捷性, 持久力などの身体運動能力を通し、運動パフォーマンスや作業に反映する。に生理機能と運動パフォーマンスをつなぐのは身体運動能力が必要である。しかし、色彩と身体運動能力との関連性また明らかにされていない。

第2節 本研究の目的と構成

本研究の目的は異なる色彩環境において、人間の身体運動能力を測定し、色彩環境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うことである。

本研究では以下に示す構成によって、実験的な方法によって、上記の点の検討を進める。

第1章では、これまでの色彩に関する研究を概観し、色彩と生理機能, 運動スポーツとの関連性を明らかにすることである。具体的には、色材による色彩環境と色光による色彩環境を分けられ、色彩環境に関する研究動向を概観し、これまで何が明らかになったかを整理する。その後、色彩環境と身体運動能力に関わる研究を概観し、残された問題が何であるかを明らかにする。最後に、身体運動能力の定義について述べ、平衡性, 柔軟性, 敏捷性, 筋力, パワー(瞬発力), 持久性, 巧緻性, 正確性, リズム感覚 9つの項目を挙げる(大山ほか, 1983)。その9つの一般運動能力を注目し、色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

第2, 3, 4章では、本研究の検討課題についての研究成果について記述する。

第2章では、赤色環境を着目し、身体運動能力の中の正確性, 敏捷性, 筋力, パワー(瞬発力)の4つの項目を明にすることを目的とする。そのため、異なる色彩環境において、ダーツゲーム得点, 全身反応時間, 垂直跳び, 膝関節最大伸展力を測定し、赤色における身体運動能力の変化が一般光, 青色, 緑色と比較し、その影響に関する定量的な検討を行う。

第3章では、緑色環境を着目し、身体運動能力の中の持久性を明にすることを目的とする。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う。

第4章では、身体運動能力の中の平衡性, パワー(瞬発力), 正確性の3つの項目を明にすることを目的とする。昼光色 LED と赤色 LED との比較によって、色彩環境が人間の身体運動能力に与える影響および影響の性差を検討する。

終章では、色彩環境と身体運動能力との関連性について議論し、本研究で明らかになったことと、残された課題を整理する。

第1章 先行研究の検討

第1節 物体色と光源色について

色彩が存在するためには、光と視覚の2つの要素が最低限必要な条件である。人は物体の色彩を見る場合、①物体を照らしている光源の色彩 ②物体そのものの色彩 ③人の目の感度の3つの要素が関係している。それに対し、光源の色彩は、光源のそのものの色彩と人の目の感度の2つの要素が関係しているのである。このため、人が感じるのと同じように色彩を数値で表すための定義式は、物体色と光源色で異なる(図1-1)。物体色の場合、物体を照らすための照明光源が必要である。また、照明光源が違くと色彩が違って見えることから光源の色、すなわち照明光源の分光分布を決めて評価する必要がある。光源色の場合、光源そのものの色だけで評価できる(Konica Minolta, 2018;松田ほか, 2014)。

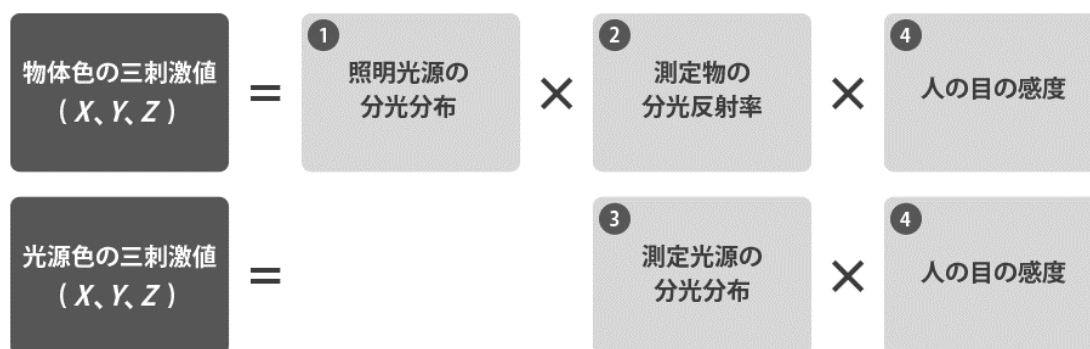


図1-1 物体色と光源色の評価方法(Konica Minolta, 2018)

つまり、光源色は、光源からの光が直接眼に入射して視細胞（錐体）を刺激することによって認識される色彩である。また、物体色は、光源からの光が物体に当たって、その物体特有の波長毎の反射特性の影響を受けた光が眼に入射して視細胞（錐体）を刺激することによって認識される色彩である。

第2節 色材による色彩環境に関する研究

色彩と生理機能に関する研究では、おもに色彩環境での研究が行われてきた。色彩環境に関する研究は、色材(塗料など)に関するものと色光に関するものに行われることができる。

色材(塗料など)による色彩環境と生理機能の研究の多くは、脈拍やホルモンの分泌に関するものである。

1. 色材による色彩環境と生理機能に関する研究

1.1 色彩とホルモンの分泌

Farrelly ら(2013)の研究は, 研究の目的は知らされない 73 人の男子実験協力者を対象に行われた. 実験協力者に, 競争的な作業をさせ, その成績をリーダーボード(スコア順にプレイヤーを掲示した告知板)に表示することを告げた. 次いで, テーブルで自分を示すシンボルの色(赤色か青色)を選び, その作業を行った. また, この色の選択に影響する可能性のある個人的な理由があるかどうかを調べるためのアンケートに回答した. 男性ホルモンのテストステロンのレベルを測定するために, 研究の開始時と競争的作業を行う前, そして測定の最後にもう一度, 唾液のサンプルを採集した. 測定の結果から, 赤色のテーブルで作業する場合, 男性に対しては, 男性ホルモンのテストステロンのレベルが高いことがわかった. テストステロンのレベルの上昇は, いわゆる気力の上昇, 性欲の増進, 集中力の上昇, 疲労の解消, などとの関連が報告されている.

以上の研究で, 赤色は男子の闘争心を上げることで, 色彩がホルモンの分泌に影響を及ぼすことがみられた. 人間のホルモンの分泌を左右する力を持つ色彩はほかの体の器官や神経にも影響を及ぼす可能性があるかと推測できる.

1.2 色彩と脈拍

坂垣ら(1999)は, 健康な成人女子 4 名を対象とし, 色彩の違う環境を設置した実験室で, 各実験協力者の心拍数, 血圧値, 作業能率検査(クレペリン検査参考)を測定した.

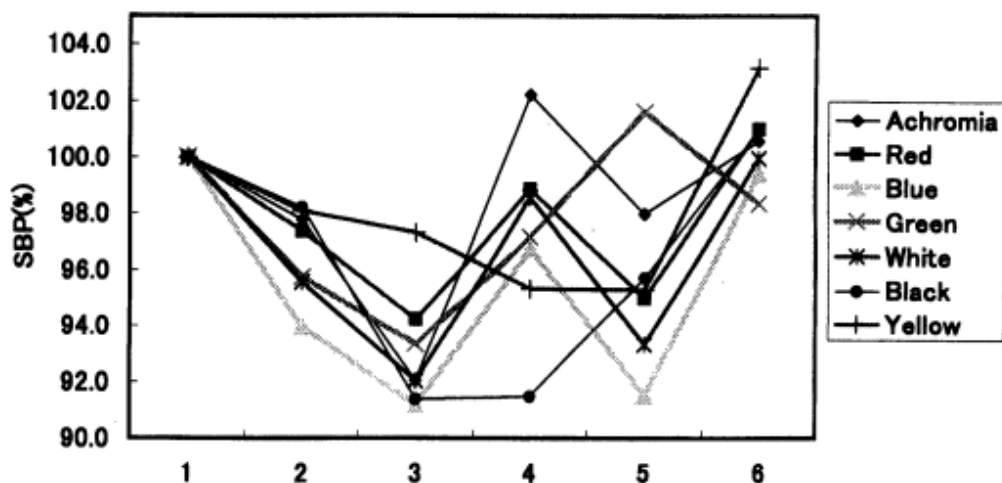


図 1-2 脈拍の変化(坂垣ほか, 1999)

実験手順は以下の通りである. 各実験協力者とも, 測定 15 分前より車椅子に座位姿勢にて安静にし, ①安静時(一分間隔にて 3 回測定し, 中央値を代表値とした), その後アイマスク

を着用し、実験協力が動かない状態で、車椅子を実験室内に移動②実験室に入室し、アイマスクをはずした直後③入室 10 分後、測定終了後クレペリン検査を参考にした独自の作業能率検査を行い④クレペリン検査を行い直後⑤入室 30 分後とし、測定後、入室前と同様に実験協力が椅子を移動させ⑥実験室退室 5 分後の計 6 回を測定した。また、1 色につき週 3 回測定することとした。

その結果、入室中は緑を除く、すべての色彩が、入室前の測定値を上回ることなく下降し、赤、青、黄、緑、黒、白の 6 色とも、血圧値が下降したことがわかった。また 6 色の色彩のなかでも、黒色は、作業直後の測定値が作業直前の値に対し、各色の著しい上昇に比べ、作業中の血圧値は影響を受けることなく全く変化しなかった。黄色は、作業直後の値が 6 回の全測定中最も低く、他の色彩と相反する反応であった特徴が現れた。全実験協力の脈拍は、全色とも入室直後に、入室前の測定値より増加しており、入室中は、血圧の反応とは逆に増加する傾向がみられた。

また、図 1-2 のように入室中における各色の脈拍の増加は、血圧の下降傾向とは無関係に（脈拍増加率が高い順—1 赤 2 青 3 緑 4 黒 5 白 6 無 7 黄）増加した。時間の長さの感じ方に関しては、青、赤、白は長く、緑は短く感じるという結果であった。

色彩と心拍数に関して、深澤ら(2009)は、20 代健康な成人女子 3 名と男子 3 名を対象に、アイボリー、ピンク、白、青、赤の 5 つの色彩環境を設置した。図 1-3 のように、座位安静を 20 分行った直後、その後アイマスクを着用し、実験協力が動かない状態で、車椅子で実験室内に移動させた。入室してから 5 分間色彩を見続けた直後、退室し 5 分間安静を取った直後の計 3 回心拍数を測定した。その結果、表 1-1 のように入室後 5 分間はピンクと赤は心拍数大きく上昇し、有意な変動がみられた。

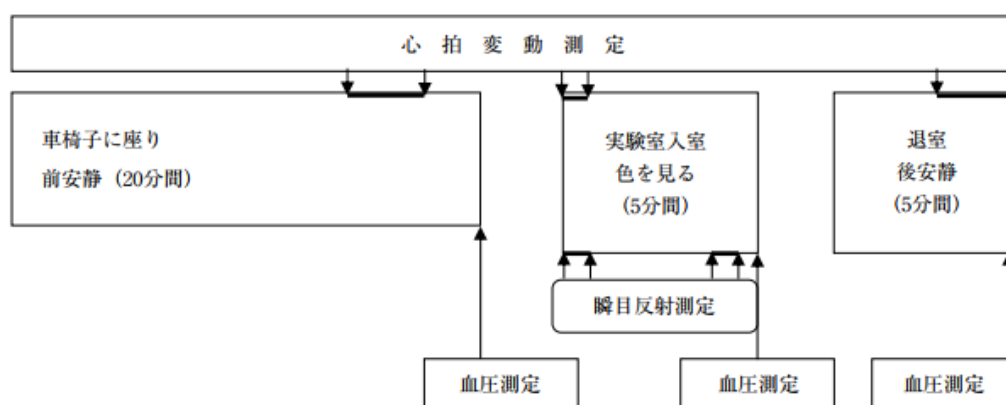


図 1-3 実験のプロトコロー(深澤ほか, 2009)

表 1-1 色別に見た実験中と後安静の心拍数を、前安静を基準としたときの差とその比較(深澤ほか, 2009)

	基準値(拍/秒)	実験中(拍/秒)	後安静(拍/秒)	U値	確率
アイボリー	64 ~ 72	0.09 ± 3.77	0.38 ± 4.33	146665.000	p=0.949
ピンク	55 ~ 85	9.45 ± 20.29	-0.16 ± 4.66	9160.500	p<0.000
白	54 ~ 79	0.20 ± 5.08	0.26 ± 4.31	14445.000	p=0.806
青	54 ~ 77	-1.79 ± 5.44	-2.86 ± 5.72	13003.500	p=0.152
赤	58 ~ 91	4.33 ± 4.06	3.21 ± 3.77	12129.500	p=0.031

注) 検定には Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた

以上のように、色材による色彩環境と生理機能に関する研究では、色彩がホルモンの分泌や脈拍、血圧に影響を与えた結果がみられた。

2. 色材による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究

色彩に関する研究は生理学的な分野だけではなく、運動スポーツの分野でも数多くの研究がされている。その中で、色彩と運動パフォーマンスに関する研究は、①ボールや的などの器具、およびユニフォームの色彩が運動パフォーマンスに関するもの、また②運動スポーツが行う環境の色彩が運動パフォーマンスに関するものにわけることができる。

色彩と運動パフォーマンスの研究では、おもにプレーヤーへの影響に関する研究が行われている。1 つは、球技で使われるボール、射撃競技で使われる的、陸上競技で使われる踏切板などの器具によるもの、もう 1 つは、団体競技や個人対戦で着ているユニフォームの色彩によるものである。

2.1 色彩と走り幅跳び

色彩の進出後退現象についての研究では(兄井ほか, 2003)、男子大学生 25 名の実験協力者を対象とし、走幅跳の踏切板と踏切板標識色の変更による色彩と運動パフォーマンスとの関連性を調べた。

その結果、走幅跳において、踏切板と踏切板標識の色彩が異なると、踏切板までの距離が近く見えたり、遠く見えたりする色彩の進出後退現象が生じることが示された。この現象は、踏切板と踏切板標識の色彩が、黄、白、赤、青、灰、緑、黒の順で踏切板が進出して見えるというものであった。

以上の進出後退現象のほかに、兄井らは、色彩の変化が運動パフォーマンスに大きな影響があると報告した。踏切板と踏切板標識の色を入れ替えた直後の跳躍において、有色彩条件では、より遠くに踏切板が見える色に入れ替えた直後の跳躍は、より近くに見える色に入れ替えた直後の跳躍よりも、助走時のステップ長が一部分長くなり、踏切板を踏み越えて跳躍し、実際の跳躍距離も長くなるといった色彩の影響がみられた。しかし、無色彩条件では、こ

のような色彩の影響は確認されなかった。

色彩は、人の奥行き感や距離の判断に影響を与える。暖色系の色彩は実際よりも飛び出して見える進出色で、寒色系の色彩は引っ込んで見える後退色である傾向が強いものである。一般的に、無彩色よりも有彩色が進出して見え、背景が明るい場合は目視する物体が暗い程、背景が暗ければ目視する物体が明るい程、目視する物体は進出して見える。赤色や黄色などの暖色系の色彩や白色は、実寸より物が大きく近くに見える膨張色なので、他の色彩より知覚しやすい色彩である(野村, 1994)。

兄井らの研究で、色彩の遠近感で、走幅跳に影響を及ぼすことがみられたが、走幅跳だけではなく、ほかのスポーツ項目にも色彩の遠近感の影響で、運動パフォーマンスにも影響することが考えられる。

2.2 色彩とボール投げ

林ら(1984)は、野球におけるボールの色彩と打者のコース認知に関する研究を行った。違う色彩の野球ボールを用い、ボールの色彩が投手と打者にどのような影響を与えているかが研究の目的であった。実験協力者は、野球サークル部員30名と一般学生20名の計50名を対象とした。投げ出す違う色彩のボールを、的に向かって打ってもらい、その得点を集計するという計測法を用いた。

計測の結果から、的中率については、野球部員・一般学生ともに、黄色のボールが最も高い得点を記録した。また、野球部員は、緑色のボールに対して、一般学生は、白色のボールに対しての得点が最も低かった。ボールの弾道の方向性については、野球部員・一般学生ともに黄色のボールの時、答えた格子番号と実際の位置のずれ方に関し、上下の誤差が小さかった。

的の色彩とバックの色彩が投手に与える影響の計測では、野球部員25名の実験協力者を対象とした。その結果、表1-2のように、一般に使用されている組み合わせ(バックが黒色また青色、的が茶色)の合計得点順位は、それぞれ6位・4位で上位にランクされた。合計得点で最高点を示したのは、バック黄色で、的が青色の組み合わせであった。合計得点で最低点を示したのは、バックが赤色で、的が茶色の組み合わせであった。好きな色彩のバックと嫌いな色彩のバックで投球した場合、好きな色彩のバックの方が1球の得点率が上まわっていたが、有意差はみとめられなかった。

上記の報告から、野球ボールの色彩が選手の認知や視認性に影響を与えることがみられた。

表 1-2 バックと的の色組み合わせ実験結果 (林ほか, 1984)

バック	的	合計得点	順位	有得点率	順位
黒	茶	277	6	66%	19
青		289	4	69%	17
黄	青	346	1	80%	1
赤	茶	189	21	60%	21

色彩の視認性について、認められやすい色彩は視認性が高い色彩といわれている。視認性は背景の色彩によって変わってくる。背景色に比べて、明度差の大きいものほど視認性が高い。例えば、背景が黒色のときは黄色が最も見やすく、ついで黄色、オレンジで、紫色、青紫色の視認性は最も低い。しかし、背景が白色のときは逆に、紫色や青紫色が最も見やすくなり、黄色やオレンジは最も見にくい色彩になる。一般に、視認性が問題となるのは、対象が視野のなかにただ一つしか存在せず、それを早く見つけようとしている人の注意がその方向に向けられているような場合である。テニスや卓球などのコート、あるいは体育館の壁面を背景としたときのボールの色彩は視認性が高いものが多いといわれている(石垣, 1992)。

2.3 色彩と捕球動作

Belka ら(1985)は、捕球という課題で、色彩の違ったソフトボールでボールをキャッチする成功数の変化を測定した。6歳から10歳までの147名の小学生を対象とし、前から投げてきたソフトボールを両手で捕まえる成功の数を測定した。その結果、青色ボールの成績が一番よく、ソフトボールの色彩の違いで運動パフォーマンスに差が現れることがみられた。

また Isaacs(1980)の捕球動作の研究では、7歳から8歳までの男子45名と女子45名の実験協力者では、実験協力者の好みの色彩とほかの10色のソフトボールをキャッチする実験では、好みの色彩が一番成績が良かった結果がみられた。

以上の研究で、色彩は捕球動作に影響を与えることがみられた。しかし、これまでの研究では子どもに対する研究はあったが、成年者に対する捕球の実験が見当たらなかった。それらの結果は、色彩の遠近感、大小感、視認性、誘目性等の特性が運動パフォーマンスに影響することが推測できる。

石垣(1992)は、色彩の大小感について、同じ大きさでも明るい色ほど大きく膨張して見え、暗い色ほど小さく収縮して見える。野球の実技では、投手のユニフォームが赤色、オレンジ、黄色などの膨張色で、明度の高い色にした場合、投手にとっては自分を近くに感じさせ、打者に圧迫感や威圧感を与える効果があると述べている。

色彩の誘目性について、周囲の注意を引きやすい色彩、目立ちやすい色彩という。目立ちやすい色彩は誘目性の高い色彩である。誘目性の高い色彩は異常な配色、あるいは周囲の環境に比べてアンバランスの色彩である。最も誘目性の高い色彩は赤色で、オレンジ、黄色な

ども誘目性が高い。青色, 青緑色, 青紫色などの誘目性が低い。誘目性は背景色の影響はそれほど大きくはないが, 背景が白色の場合では赤色が最高の誘目性があり, 背景が黒色や灰色のときに黄色の誘目性が最も高いといわれている(石垣, 1992)。

2.4 色彩と歩行動作

色彩と歩行動作に関する研究では(成瀬ほか, 1996), 極めて日常的動作である歩行を課題とし, 3種類の色彩の衣服着用時の動作特性ならびに心理生理的变化を分析し比較した。女子大学生 18 名の実験協力者を対象に, 赤色・黄色・紫色の 3 種類とし, 各色の布製ベスト状衣服を着用して実験空間内を 30 秒間歩行してもらった。

図 2-5 は実験空間を示している。手順としては, 実験協力者は安静時の脈拍を計測し, その後日常的な服装のまま歩行した。各色の衣服を着用後, 椅座位姿勢で 30 秒間鏡と対面し。その後実験空間内の中央を立ち, 実験協力者の合図で歩行を開始し, 行時の脈拍を携帯用心拍数記憶装置により測定した。また, 歩行動作の全てを実験空間の前方および側方に設置したビデオカメラにより時間計測とともに録画した。計測の内容については, 安静時及び各色着用歩行時の脈拍をそれぞれ求めた。歩数およびフロア・パターン: ビデオテープに収録された歩行動作から, 各歩行動作時の歩数を計測した。また実験空間を 25 領域に区分して, 各領域ごとに踏み込み回数を分析した。

図 1-4 は各色着用歩行時の使用空間を示している。その結果, 各色衣服着用歩行時の脈拍は安静時よりも増加したが, 日常衣服着用歩行時との差はみとめられなかった。歩数とフロア・パターンからみると, 各色着用時の歩数は日常時とほぼ同数であった。

実験空間の使用領域数は赤色と黄色着用時に日常時よりも増加傾向を示し, 紫色着用時は変わらなかった。そして, 空間を横に 5 列に分割して踏み込み回数の割合を比較したところ, 日常衣服時は実験空間の前列を使用する割合が最も高いのに対して, 赤色および黄色着用時は後列の割合が高く, さらに黄色着用時は中央列の使用もみとめられた。また紫色着用時は後方を使用する割合が最も高かった。

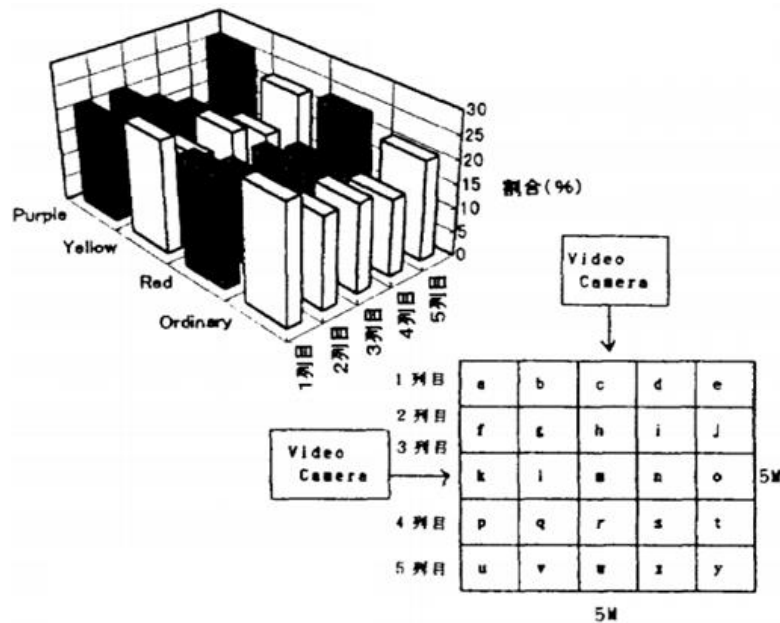


図 1-4 実験空間および各色着用歩行時の使用空間(成瀬ほか, 1996)

色彩の服が人間の歩行動作のパターン, 歩数, 歩く意欲などに影響する結果がみられた. 衣装の色彩が運動時やスポーツ参加時の影響も考えられる.

2.5 色彩とユニフォーム

岩瀬ら(2000)の研究では, バスケットボールゲームにおけるユニフォームの色彩効果について検討した. 男子バスケットボール部員 10 名を対象に, 各ゲームごとにユニフォームの色彩条件を変え, パス, シュートのそれぞれの成功数, ミス数を計測した.

その結果, ユニフォームの識別が敵, 味方と明確な場合はプレイヤーの動きが認知しやすく, チームユニフォームの色彩が統一されなかった場合, 敵と味方が同色のユニフォームの場合では逆に認知しにくいという結果が出された.

両方のチームがすべて同じ色のユニフォームでのゲームでは, シュート数, パス数が最も少なく, 色彩が認知しにくいゲームの場合においては視覚的要素よりも, かけ声などの聴覚的要素に重きをおいてプレーしているものと推察された. 逆に両チーム間のユニフォーム色彩の差が大きい条件でのゲームは, 色彩の識別があるため聴覚要素よりも視覚要素に大きく反応しているものと考えられる.

Hi11 ら(2005)の研究では, 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. その研究は, 赤色ユニフォームと青色ユニフォームの対戦のプレイヤーのレベルによって, 4 つのグループを分け, 色彩と勝利のデータを統計した. その結果は, すべての項目で, 赤色ユニフォームのプレイヤーの勝率が高か

った。プレーヤー間の競技レベルの差が小さい場合、赤色ユニフォームの勝率が高かった。レベルの差が普通の場合、赤色ユニフォームの勝率も高かった、レベルの差が大きい場合、青色ユニフォームの勝率が高かった。これらの結果からみると、赤色ユニフォームを着る選手たちは、ボクシング、テコンドー、アマチュアレスリング、フリーレスリングの対戦の中で、優位に立つことがわかった。

Attrill ら (2009) の研究では、1947 年から 2003 年までイギリスサッカーリーグの成績を分析することを行った。68 のチームを選んで、そのホームユニフォームの色彩と勝率を記録した。これらのチームのユニフォームを色彩で分類すると、赤色 (16 チーム)、青色 (23 チーム)、白色 (11 チーム)、黄色あるいはオレンジ (9 チーム)、それ以外の色彩 (9 チーム) であった。このデータを分析すると、赤色のチームの勝率が高く、優位に立つという結果が出た。

以上の研究から、ユニフォームの色彩がプレーヤーに影響を及ぼすことがわかる。赤色は、攻撃性・怒り・興奮・活力的などといった意味を持っている。このような赤色が持つ意味合いがプレーヤーの心理に影響を及ぼし、赤色が優位になる結果へとつながっているのではないかと考えられる。赤色ユニフォームを身につけることで、勝負時にそれが活力となり、選手の闘争心を向上させ、潜在的な能力をも引き出すことができる可能性があると考えられる。色彩とユニフォームの研究では、赤色ユニフォームを着る選手は優位に立つことが検証されている。しかしながら、赤色が優位に立つ原因については先行研究で明らかにされていない。そこで、選手は赤色ユニフォームを着る選手の生理的、心理的变化を測定する研究が必要である。

2.6 色彩と力の発揮

O'Connell ら (1985) は、男子大学生 40 人の実験協力者を対象に、赤色と緑色の壁に向かわせ、握力の測定を行った。その結果、赤色の壁の測定値は緑色の壁より高い傾向がみられた。また、Hamid ら (1989) は、5 歳から 5 歳半までの学齢前の実験協力者 6 人を対象に、灰色、青色、ピンク色の部屋で握力の測定を行った。その結果、ピンク色の部屋での握力の測定値は青色より高い傾向がみられた。

上述のように、赤色やピンク色のような暖色系の色彩では、青色や緑色のような寒色系の色彩より大きな力が発揮できる測定結果が報告された。

これらの研究によって、色材による色彩環境と色材によるスポーツの器具やユニフォームが人間の体に刺激を与え、生理機能や運動パフォーマンスに影響することがわかった。

第 3 節 色光による色彩環境に関する研究

色光による色彩環境に関する研究は生理機能と運動スポーツ場面にも行われている。色光による色彩環境と生理機能の研究は交感神経、副交感神経、および脳波に関するものがみられる。

1. 色光による色彩環境と生理機能に関する研究

1.1 色彩と血圧

色彩の研究について、色彩光の変化と生理機能の変化の研究がある(山本ほか, 1976). 色彩光が変化することによって、どのように生理機能が変わるのかという点を中心として実験が行われた. 実験は、体育専攻学生男女各 6 名の計 12 名の実験協力者を対象とし、密閉室内において彩光状態を変化させ、楽な姿勢で椅子に腰掛ける安静状態で、色彩光の違いにより、生理機能の変動という観点から、収縮期血圧の変化を中心として観察した.

その結果、暗黒あるいは赤色、青色による照明下における 10 分間では、色彩光の変化直後から昼光下におけるコントロール値に比べて、大きな動揺を示し、2-5 分後にある程度コントロール値に近い値を示した. 個人間の比較においては、暗黒あるいは赤色、青色光の照明下において動揺の大きい人は一定していた.

実験条件として、赤色光から青色光へあるいは、青色光から赤色光へと変化させた場合より、暗黒から変化せる場合と、暗黒へと変化させる場合の方が、収縮期血圧の動揺が大きかった. 赤色光から青色光へあるいは、青色光から赤色光へ変化させた場合に、変化させる前に示した色彩による影響がある程度残り、全く異なった収縮期血圧の動揺を示すことはほとんどみられなかった.

1.2 色彩と交感神経, 副交感神経

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 成分パワー値(副交感神経活動指標)、LF/HF 比(交感神経活動指標)、唾液中の CgA と POM 心理検査を測定し、緑色の照明環境が人間に及ぼす生理的・心理的影響を探ることが行われた. その結果、心理的検査では、緊張・不安や疲労感・混乱について緑色は一般蛍光灯より有意に低く、リラックス感が一般蛍光灯より有意に高めることがみとめられた. また、表 1-3 のように、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させ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.

松井らの研究では、緑色は人間の交感神経系や副交感神経系に影響を与えることを示した. 交感神経はエネルギーを消費する神経で、交感神経が働いているときは、瞳孔は拡大し、心臓の拍動は速くなり、血管を収縮させるので血圧が上がり、身体や精神の活動が活発になる. これに対し、副交感神経は、夜の神経・休む神経などとよばれ、主に夜、心身を緊張から解きほぐし、休息させるように働く神経である.

交感神経は身体の働きを活性化させるが、副交感神経は逆にリラックスさせる. そして、一方の神経の働きが高まるともう一方の働きが低下するという関係にある. 脈拍に関しては、交感神経が高まると速くなり、副交感神経が優位になると遅くなる. 身体を動かすと脈拍は増加するが、これは交感神経の働きが活性化するためである. 一方、運動をやめると脈拍が低下するのは、副交感神経の働きが高まるためである.

表 1-3 照明の条件による生理的な影響(松井ほか, 2012)

	900 lx	200 lx	緑色+200 lx
心拍数 (回/分)	63±6.75	64±5.5	62±4.75
HF成分パワー値 (ms ²)	700.01±476.41	839.02±523.6	1384.54±470.34*
LF/HF比	1.46±0.93	1.22±0.96	0.42±0.26*

中央値±四分位偏差 *p<0.0167
 Friedman 検定後, Wilcoxon の符号付き順位検定 (Bonferroni 法により補正)
 *900 lx vs. 200 lx *200 lx vs. 緑+200 lx *緑+200 lx vs. 900 lx による比較

色彩が交感神経と副交感神経の優位に立つことを影響する結果がみられた。交感神経と副交感神経の働きによって、リラックス色彩、興奮する色彩の特性を活用し、人間の生活に応用できると考えられる。

1.3 色彩と脳波

清水ら(2002)の研究では、蛍光灯下において単一作業負荷として計算課題を行い、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。

まずは、精神疲労の評価方法として脳波解析が有用であるかどうかの検定を行った。蛍光灯下において、α波帯域におけるスペクトラムのピーク値周波数が精神疲労誘発時に低下し、疲労回復時には上昇することがわかり、疲労の客観的評価に脳波解析が有用であることが示唆された。これに対して、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、疲労回復効果もあることが示唆された。

以上の報告では、色彩は脳波に影響することで、人間の疲労感や疲労回復などに直接影響する可能性を示唆した。その色彩の特性を利用し、体をリラックスさせることもできると考える。

1.4 色彩と皮膚温および皮膚血流量

郭ら(2013)の研究では、女子大学生 10 人を実験協力者として、白色、青色、赤色それぞれの色光による色彩環境で実験協力者の左手掌を 15℃の水に 3 分間つけさせて冷水刺激を与えた。実験中の実験協力者の皮膚温、皮膚血流などの生理的指標を継続に測定した。

その結果、青色環境において、冷水刺激により低下した皮膚温の回復が白色と赤色より速いことがみられた。また、左手掌の冷却側の皮膚血管の収縮を軽減され、皮膚血流量の回復が速いことが報告した。

以上の研究から、青色のような寒色系の色彩環境は冷水刺激により変化する生理的指標

をより速く回復できることがみられた。

2. 色光による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究

色彩環境の影響は、運動スポーツ場面での影響も研究されている。運動スポーツを行う環境、主に照明で作られた作業環境と身体運動能力に関する研究については、反応時間、動作正確性などに対する影響が検討されている。

2.1 色彩と反応時間

反応時間に関する心理生理学の研究では(亀谷ほか, 1969), 反応すべき刺激と異なる刺激を同時に与える場合で、反応時間の変化とその時の情緒的な興奮を測定することが目的された。女子大学生 8 名の実験協力者を対象に、暗室で腰をおろし、安静を保つようにし、ライトを消灯時、赤、青、紫、緑のライト点灯時のそれぞれの場合で、音による単純反応を測定した。その結果、反応時間は、ライトを点けない場合が最も短く、青色が点けた場合が最も長く、緑、紫、赤、の順で短くなるという結果が得られた。

脳波用自動分析装置を用い、反応する瞬時値、 θ 帯域 (4-8c/s)・ α 帯域(8-13c/s)・ β 帯域(13-20c/s)を記録した。各色ライトによる瞬時値の変化は、反応時間がもっとも短いライトをつけない時には、 $\alpha < \theta < \beta$ であるが、 α 波は小さく、 θ 波、 β 波は大きい、反応時間の長い青色では α 波は大きくなっている。また、実験協力者が落ち着いた感じがするというライトの時には α 波が大きい、反応時間が長くなるという傾向がみられた。

この研究から、色彩は人間の反応時間に影響を与える結果がみられた。色彩の影響で、人間の脳波に影響し、反応時間にも影響することが報告された。この色彩の効果が心理的、生理的だけではなく、身体運動能力にも影響することが考えられる。

2.2 色彩と指の振動

James ら(1953)の白色光と赤色光が指の運動に関する研究では、白色光と赤色光の環境で、指の震えの違いを測定した。

実験協力者は通常のグループと異常なグループの二つグループに分け、通常のグループは大学生男子 34 人、女子 14 人。異常なグループは統合失調症を患った 4 歳から 6 歳までの男子 25 人、女子 21 人である。指微震計を用い、白色光と赤色光の 2 つの環境の下に 30 秒間指の震えのデータを記録された。

その結果、赤色光の環境で、指の震えが大きくなり、また赤色光の下で異常なグループの中により大きな指の震えがあった。

このように色彩光の影響で人間の手の震えに影響することが証明された。このように、運動スポーツ場面では、照明の色彩でアスリートたちの運動パフォーマンスにも影響する可能性があると考えられる。

第4節 先行研究における到達点と課題

色材による色彩環境と生理機能に関する研究では, Farrelly ら(2013)は, 男子は赤色のテーブルで作業する場合, テストステロンのレベルが高いことが発見した. 赤色はテストステロンの分泌に影響することが明らかにされたが, 色彩はほかの種類のホルモンの分泌または女子のホルモンの分泌にどのような影響を及ぼすのかを明らかにされていない.

板垣ら(1999)は, 赤色の部屋の中では, 実験協力者の脈拍と血圧が上昇することを報告した. また, 深澤ら(2009)はピンク色と赤色の部屋の中では, 心拍数が大きく上昇することが発見した. これらの研究では, 色材による色彩環境では安静時の脈拍, 血圧に影響をおよぼすことがみられたが, 運動時にピンク色と赤色は脈拍や血圧どんな影響を及ぼすのかを明らかにされていない.

色材による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究では, 兄井ら(2003)は, 色彩と走り幅跳びの運動パフォーマンスを検討した場合, 踏み切り板の色彩の入れ替えで, 走り幅跳びの選手のステップ長に影響を及ぼすことを報告した. 色彩の遠近感で走り幅跳びの運動パフォーマンスに影響を及ぼすことが明らかにされた. しかし, この遠近感の影響で, ほかの運動スポーツの選手にどんな影響を及ぼすのかまた明らかにされていない.

林ら(1984)は, 野球のボールと的の色彩を入れ替え, 打者や投手にどのような影響を与えているのかを検討した. その結果, 黄色のボールを投げる時, 最も高い得点を得た. 黄色のボールは投手に対して, よりいいパフォーマンスを発揮できる色彩とは示唆した. しかし, 黄色のボール投手にどんなメカニズムで動作の精度を上げたのか明らかにされていない.

Belka ら(1985)と Isaacs(1980)は, 捕球という課題で, 色彩と捕球の成功率について検討された. Belka ら(1985)は前から投げてきたボールの色彩は青だった時は, 最もキャッチする成功率が高かった. Isaacs(1980)は実験協力者の好みの色彩のボールをキャッチする時, 最も成功率が高かった. これまでの捕球課題の研究では, 色彩は捕球動作に影響を及ぼすことがみられたが, 実験協力者はすべて未成年者で, 色彩は成年者に対する捕球動作はどんな影響を与えているのかは明らかにされていない.

以上の色材による色彩環境の研究は, おもに色材によるスポーツ器具の色彩の遠近感, 大小感, 視認性, 誘目性などの特性が人間の視覚への刺激で, 運動パフォーマンスに影響を及ぼした.

色彩と服やユニフォームに関する研究で, 成瀬ら(1996)は各色彩のベスト状の衣服を着用し, 歩行時の歩数, フロア・パターンおよび使用空間と色彩との関連性を探った. 各色彩の歩数は日常時とほぼ同数だった. 使用空間は後方の使用する割合が高いことと報告した. Hill ら(2005)はボクシング, テコンドー, アマチュアレスリング, フリーレスリングの試合を分析し, 赤色ユニフォームを着る選手は優位に立つことと報告した. Attrill ら(2009)の研究では, 赤色ユニフォームのサッカーチームは試合の中で優位に立つことと報告した.

以上の色材による色彩環境の研究では, Hill ら(1985)や Attrill ら(2009)は赤色ユニフォームを着た選手の勝率が高いという報告があり, 敵の赤色ユニフォームを目で感知する

より、自ら赤色ユニフォームを着ることはよりいいパフォーマンスを発揮した。赤色が優位に立つ原因については先行研究で明らかにされていない。

色材による色彩環境が身体運動能力に影響を与える研究もあった。O'Connellら(1985)とHamidら(1989)は、赤色やピンク色の壁を向かって、大きな力を発揮したことが発見した。色彩と身体運動能力の上半身の筋力との関連性を明らかにされたが、下半身と上半身の力を発揮する際の筋肉の内部情報を検討することがしなかった。

色光による色彩環境と生理機能に関する研究では、山本ら(1976)は、色彩光の変化で血圧に及ぼす影響を探った。色彩光は変化する際に、血圧の動揺が大きいことが明らかになった。松井ら(2012)は、緑色は交感神経の活動を抑制させる可能性があるとし唆した。また、副交感神経の働きが高まることと報告した。つまり、色彩は人間のリラクセス、興奮状態と関連性があることが明らかになった。清水ら(2002)は緑色の刺激で、人間の α 波帯域におけるスペクトラムのピーク地周波数が精神疲労誘発時に低下し、疲労回復時には上昇することを報告した。

色材による色彩環境と色光による色彩環境と生理機能に関する研究では、ともに、生理機能に影響を及ぼすことが判明した。本研究で、明らかにする身体運動能力は常に生理機能の変化と結び付けているので、色彩と生理機能の研究は色彩と身体運動能力の研究の基礎でもいえるであろう。

色光による色彩環境と運動パフォーマンスに関する研究である。亀谷ら(1969)は色彩と反応時間に関する研究を探った。音による単純反応を測定した結果、点灯時では最も反応時間が速かったのは赤色であった。色彩と身体運動能力の敏捷性との関連性を明らかになった。しかし、人間は生活や運動スポーツをする時に、音だけではなく、視覚で情報を判断する場合が多く、その視覚情報で反応時間と色彩との関連性はまた明らかにされていない。Jamesら(1953)は色彩と指の振動を測定した結果、赤色環境では、指の震えは白色より大きいことを報告した。色彩と指のコントロール能力にも影響を及ぼすことが明らかになった。しかし、赤色は指の振動を大きくするが、指の微調整が必要な運動スポーツ項目にどんな影響を与えるのかまた明らかにされていない。

以上の研究から、色彩と生理機能、運動パフォーマンスに影響する検討がみられたが、身体運動能力との研究は数少なく挙げられる。まずは、色彩とボール投げの研究がみられ(林ほか、1985)、身体運動能力の正確性を明らかにするために、ボールや的の色彩を変え、投手のパフォーマンスに対する影響を検証した。しかし、その色彩が視覚に与える大小感、遠近感、視認性で運動パフォーマンスに影響を及ぼしたことが考えられるが、色彩環境ではどんな影響を与えているのかを検証することができなかった。

または、色彩と力の発揮の研究がみられ(O'Connellほか1985;Hamidほか、1989)、身体運動能力の筋力を明らかにするために、握力を測定した。しかし、林ら(1984)の研究と同じように色彩環境での研究ではなく、壁を見て、大きな力を発揮ことがみられた。色彩環境では、同じような大きな力を発揮できるのか、また明らかにされていない。

最後に、色彩と反応時間の研究がみられ(亀谷, 1969), 身体運動能力の敏捷性を明らかにするために、音による単純反応を測定した。しかし、人間は視覚で情報を判断する 경우가多く、その視覚情報では、反応時間と色彩との関連性を明らかにすることができなかった。

以上のように、色彩と身体運動能力に関する研究は数すくないことがわかり、明らかにされていないことも多いことを判明した。

先行研究をまとめると、色材(塗料など)による色彩環境、色材によるスポーツ器具やユニフォームおよび色光による色彩環境の研究において、色彩は人間の体に影響を及ぼすことが報告された。その中、色材による色彩環境と生理機能の研究(Farrelly ほか, 2013; 深澤ほか, 2009; 板垣ほか, 1999)では、色材に反射した色彩が人間の体に影響を与え、おもにホルモンの分泌、脈拍、血圧、すなわち自律神経の働きに影響を及ぼすものは多数を占める。また、色材によるスポーツ器具の色彩の遠近感、大小感、視認性、誘目性などの特性が人間の視覚への刺激で、運動パフォーマンスに影響を及ぼす場合(兄井ほか, 2003; Belka ほか, 1985; 林ほか, 1983; Isaacs ほか, 1980)とスポーツユニフォームの着用で運動パフォーマンスに影響を及ぼす場合(Attrill ほか, 2009; Hill ほか, 2005; 岩瀬ほか, 2000)があることがわかった。

一方、色光による色彩環境の研究において、色彩は人間の血圧、交感神経、副交感神経、脳波に影響を及ぼす(松井ほか, 2012; 清水ほか, 2002; 山本ほか, 1976)。その中、色光による色彩環境に緑色は人間の疲労感や疲労回復などに直接影響する。(松井ほか, 2012; 清水ほか, 2002)。また、赤色は運動パフォーマンスに影響を及ぼす(James ほか, 1953; 亀宮ほか, 1969)。色光による色彩環境は、人間の交感神経、副交感神経、脳波に影響を及ぼすことから、人間の身体運動能力にも影響を及ぼすことが推測できる。

先行研究によると、青色は皮膚温を高め、皮膚血流量を速くし、捕球の成功率を高める効果がある。緑色は、脳波の α 波ピーク周波数を大きくし、疲労回復効果もあることが示唆された。副交感神経系の活動が優位になり、一方、交感神経の活動を抑制させる可能性がある。赤色は、脈拍や血圧が高くなり、反応時間が速くなり、指の振動が大きくなるなどの効果がある。以上のことから、青色、緑色、赤色はほかの色彩と比べたら、生理機能や運動スポーツにより強い影響を及ぼすことが明らかにされた。

先行研究はおもに、色材による色彩環境と色光による色彩環境に関する研究に分けられる。色材による色彩環境は周りの材料の反射率によって、各場所の色彩条件を統一するのが難しい。また、光源の光は視野に入れてしまうことがある。以上のことから、一定の色彩条件で実験をするのは難しい。しかし、色光による色彩環境は、色彩条件は照明光源で一定にするのが簡易である。そのため、異なる色光による色彩環境において、人間の身体運動能力を測定し、色彩環境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。

先行研究からみると、色彩が交感神経、副交感神経、脳波、脈拍、血圧などの生理機能に影響を及ぼす。スポーツ場面では、色彩がサッカー、柔道、レスリング、野球、走幅跳びに影響を及ぼす。また、陸上のトラックは昔の赤茶色から青色に変更する傾向がみられた上、色彩が人

間の生理機能またはスポーツ場面で発揮するパフォーマンスに影響を及ぼす。しかしながら、図 1-5 のように人間の生理機能の変化が直接運動パフォーマンスに影響するものではない。行動要素(狭義の体力)は、体格(骨格, 筋)とエネルギー系(呼吸循環系など)および調整能系(神経系, 内分泌系など)に分類される。これらの3者が統合し、筋力, 敏捷性, 持久力などの身体運動能力を通し、運動パフォーマンスや作業に反映する(浅野, 2013)。図 1-6 のように生理機能と運動パフォーマンスをつなぐのは身体運動能力が必要である。しかし、色彩と身体運動能力との関連性を明らかにする研究は見当たらなかった。そして、色彩は身体運動能力にどんな影響を及ぼすのかを明らかにすることが必要である。

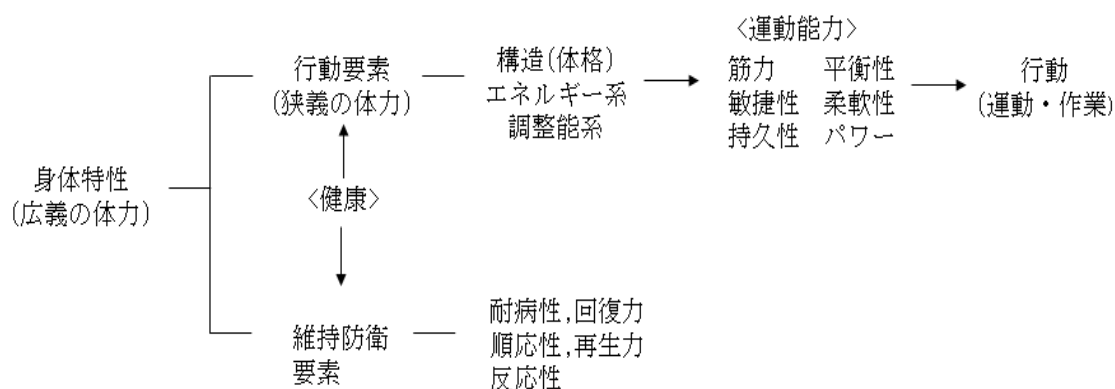


図 1-5 運動能力の位置づけ(浅野, 2013)

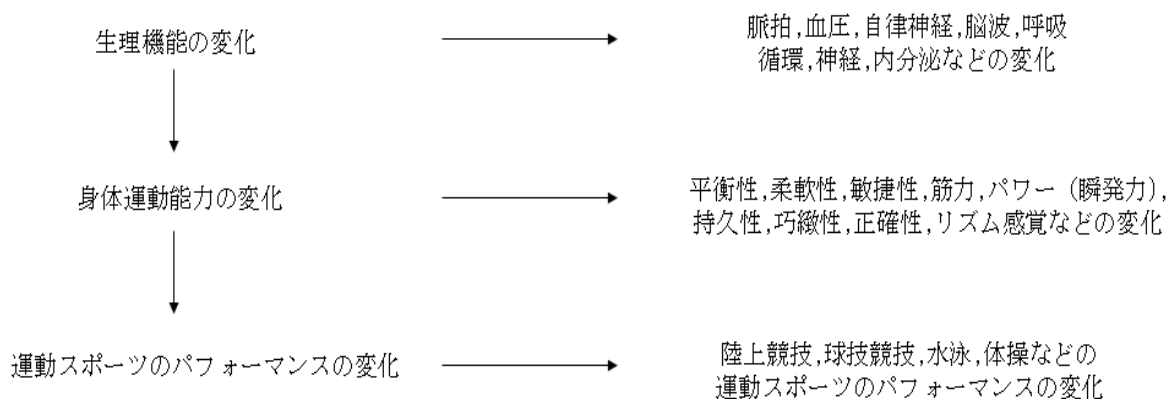


図 1-6 生理機能, 身体運動能力, 運動パフォーマンスの関係図

運動能力は、一般運動能力と特殊運動能力に区分される。一般運動能力というのは、それぞれの運動に共通する運動能力という意味である。すなわち、いろいろな運動の基礎になっ

ている共通因子的な能力であり,これを基礎的運動能力という.特殊運動能力というのは,例えば体操,野球,サッカーなどそれぞれのスポーツに限定されたスキルを指す特定の運動能力である(大山ほか,1983).本研究では,人間の日常生活に必要となるとともに,運動スポーツの基礎となる一般運動能力の測定を行うことにした.

一般運動能力の測定は,おもに平衡性,柔軟性,敏捷性,筋力,パワー(瞬発力),持久性の6つの項目に分類されている.このほかには,巧緻性,正確性,リズム感覚なども項目としてあげられている(大山ほか,1983).本研究では,以上の9つの一般運動能力を注目し,色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする.

第2章 研究1 色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響

第1節 問題と実験条件

先行研究において、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(Attrill ほか, 2009; Hill ほか, 2005). 赤色の環境にいと、大きな力が発揮され(Hamid ほか, 1989 ; O'connell ほか, 1985), 反応時間が速くなる(亀宮, 1969), 指の振動が大きくなる(James ほか, 1953)などの赤色の効果が示唆された. また、脈拍や血圧(深澤ほか, 2009; 加藤, 2010; 野村, 1994;), ホルモンの分泌(Farrelly ほか, 2013)などの研究では、赤色の効果が確実にあることを踏まえ、本研究では、赤色環境を着目し、動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展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、異なる色彩環境において、各身体運動能力を測定し、赤色における身体運動能力の変化が一般光、青色、緑色と比較し、その影響に関する定量的な検討を行った.

第2章で記述したように、一般運動能力の測定は、おもに平衡性、柔軟性、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、持久性の6つの項目に分類されている. このほかには、巧緻性、正確性、リズム感覚なども項目としてあげられている(大山ほか, 1983). 本研究では、一般運動能力の中の正確性、敏捷性、パワー(瞬発力)、筋力を測定することとした.

運動スポーツにおいて、動作正確性が求められる場面はよく見られる. 例えば、野球ではピッチャーの投球またはバスケットボールでは選手のシュートには正確なコントロールが要求される.

本研究で使われる動作正確性という用語は、広義的には二つの意味付けをしている.

一つ目は、動作の正確さというのである. 動作の正確さはK. マイネル(2013)によると、「正確なあるいは正確な運動とは目標や努力された目的に達するという目標に正確な運動だけではなく、ある一定の合目的な、しかもたいていは経済的な仕方で目標への道程をたどる経過に正確な運動でもある. その状態によっては、精確な運動を運動熟練ともいい. いわば、運動系の訓練における最高の状態を表わす. スポーツでは、ほとんどすべての種目で経過の正確な運動の仕方と目標に正確な運動の仕方が高度に要求されている. 公式競技のゲームや、小さな内輪のゲームのなかでも、ゴールや敵めがけてボールを目標投げしたり、バックをねらいをつけて打ったりすることは多くのプレイ行為の魅力やクライマックスを形づける. そこでは、特に空間において用具や目標に当てること、あるいは決められた方向を守ることとはもっとも高度な運動操作の精確さを要求するものであり、例えば、テニス、卓球、バレーボール、ファウストバル、シュラークバル、ゴルフのゲームにおいてである. この観点からすれば、ビリヤード、ケーゲルやアーチェリーも近縁性をもち、射撃競技は確かに目と静かな手の協力のうちに高度の正確さが要求されるが、そのほかの運動に関しては、異なった諸条件に支配されている。」(p. 236~p. 237)つまり、動作の正確さは明確な空間的、時間的、力動的経過の定常性である.

二つ目は、動作の精度というのである。K. マイネル(1991)によると、「動作の精度というのはボクシングやフェンシングでは、ストレートパンチやフック、あるいは突きを相手の顔面やボディーに的中させることが目標になっている。そのため、瞬間に打突部位をしっかりと視線で捉えなければならない。相手が身をかわしたり避けたり、防衛したりしなければ、見越した部位に、どの程度的中したか、また狙った点と打突点がどのくらい離れているが、ということがわかる。この目標点と打突点の関係、つまり的中性を動作の精度という。例えば、踏み切り板、スプリングボードの最もよい位置に踏み込むときの的中性。鉄棒、平行棒、鞍馬、平均台で、握りと支持の的中性。特に、瞬間的に握り、あるいは、支持した後に、それを離したり、突き放したりするときの的中性。柔道の足技で、足首関節への的中性などがある。これらの的中性、全体的の行為を成功させるために絶対必要なものである。的中性と関わって、特殊な精度が必要なパフォーマンスとして、的当て投げ、目標を狙った突き、ボールを道具や素手で打つ動作、ボールのストップや狙い定めたりバウンドなどがある。事前に定まっている測定のできる結果を達成することが重要とされている。」(p. 206～p. 209)つまり、動作の精度とは、目標値と現在値の比、動作の中で実現される結果、部分結果とあらかじめ定められている具体的な目標、部分目標との一致度である。

または、動作の精度が客観化することができる。定めた目標からの差は簡単な道具で測定することである。例えば、走り幅跳びの踏み切り位置は、足跡によってははっきり見ることができる。爪先と踏み切り板との距離がすぐ測定できる。手の握り位置やボールの当たった点などは適当な方法で定めることができ、目標からのずれが捉えられる。

以上のように、動作の正確さは動作の精度と比べ、おもに動作のよさ、美しさ、正確さを判断するのである。ダーツゲームのような身体全体の筋肉や関節の動きが少なく、点数でパフォーマンスのよさを判断する項目については、動作の正確さの全てを測定することが困難である。スポーツにおいて、動作の精度はおもにボール投げが当たった点数、バスケットボールのシュートの成功数、ダーツゲームの得点などで評価されることが多いことで、本研究で測定する動作正確性は、ダーツゲームの点数で評価する動作の精度である。

また、James ら(1953)の研究では、赤色は人間の指の振動に影響をすることがみられた。色彩の影響を動作の精度に左右することができるかどうかを判断する時に、ダーツゲームのような動作が少なく、色彩の変化による微小影響でもが計れることが出来る種目が妥当であろう。

評価方法として、ダーツを任意的な動作でダーツボードに向かって投げる。投げたダーツはダーツボードの中心に近いほど、より運動パフォーマンスを発揮でき、動作正確性も高いといえる。

全身反応時間は、体力テストの敏捷性テストでよく使われている項目の1つである(光川, 2018)。その反応時間は、状況を判断し素早く動くための能力で、運動スポーツでの重要な身体運動能力の一つであるとともに、日常生活での危険回避に役立つ。本研究で測定する全身反応時間計測は、光刺激を受け、視覚からの情報を大脳皮質に伝え、また大脳皮質から指令

を出し、脊髄を通し、筋肉に伝えるというプロセスである(永田, 1983).

垂直跳びは、体力テストのパワー(瞬発力)テストの測定項目の 1 つとして使われている(大山ほか, 1983). ジャンプ能力は、運動スポーツだけでなく日常生活でも物越えなどに必要な身体運動能力の 1 つである. その垂直跳び動作は、上肢、体幹、下肢などの部位を使った全身運動であるとされており(金子, 1982), 下肢の筋力だけでなく、全身の協調性も重要である.

膝関節最大伸展力は、体力テストにおける下肢の筋力を計測する重要な項目の 1 つである(大山ほか, 1983). 膝関節最大伸展力の測定は、下肢、主に大腿部の筋力に関する測定である. 大腿部の筋力は、日常生活や運動スポーツにおいて、走る、歩くおよび跳ぶ動作の原動力である. 膝関節の筋力活動は人の移動動作において不可欠な関節動作である.

1. 実験協力者と色彩環境

本研究は、成年男子 7 名と女子 3 名の実験協力者を対象とした(表 2-1). いずれの実験協力者においても色覚等を含む健康上の問題はみとめられなかった. なお、実験協力者には本研究の目的、実験内容、データの取り扱いなどを事前に説明し、書面によって協力の同意と署名を得た.

表 2-1 実験協力者の身体特徴

	人数(N)	年齢(Years)	身長(m)	体重(kg)
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)
平均		24.9(2.5)	1.74(0.08)	68.7(14.7)

()内の数値は標準偏差

本研究では、光の三原色青色、緑色、赤色のカラーレフランプと日常用の蛍光灯、4つの照明を使って実験を行った. 4つの色彩環境について、一般光環境(以下一般光)は蛍光灯、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環境であった.

色彩環境の照度は、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 56.16lx, 青 24.08lx, 緑 60.30lx, 赤 30.54lx であった.

色彩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、色彩環境の室内は白色で統一し、検者も白い服を着用した. 各色彩環境の温度は 10° ~12° , 相対湿度は 59%~72%であった.

2. 測定の手順と方法

測定の日程については,各実験協力者に対し,2日間連続で1日に2つの色彩環境での測定を行った.またサーカディアンリズムを考慮し,各実験協力者に対し,2日目の測定の開始時間と終了時間は,1日目とほぼ同じようにした.

各色彩環境での測定手順について,実験協力者は色彩環境に入ってまず5分間で安静状態に整えてから,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,膝関節最大伸展力の順であった.1つ目の色彩環境の測定後に,2時間の休憩をとらせ,2つ目の色彩環境での測定を行った.測定する色彩環境の順番は,色彩の波長に応じ,一般光,青色,緑色,赤色の順であった.

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定めた基準を参考し,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.実験協力者は3回練習し,10回の試技を行い,その得点を記録した.得点はダーツボードの中心から5等分にし,中心から,5点から1点までを割り当てた(図 2-1).

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,フラッシュが点灯してから被検者が跳びあがり両足がマットから離れるまでの時間を測定する(図 2-2).3回の測定を行いその平均値を用いた.

垂直跳びは,デジタル垂直跳び測定器(竹井社製,T. K. K5106)を用い,腰に紐がついた計測器を着け,垂直にジャンプすることにより伸びた紐の長さで計測する(図 2-3).3回の測定を行いその平均値を用いた.

膝関節最大伸展力は,デジタル電子筋力計(竹井社製,T. K. K5710)を用いて測定した.実験協力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.実験協力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(図 2-4).測定は3回を行い,その平均値を用いた.

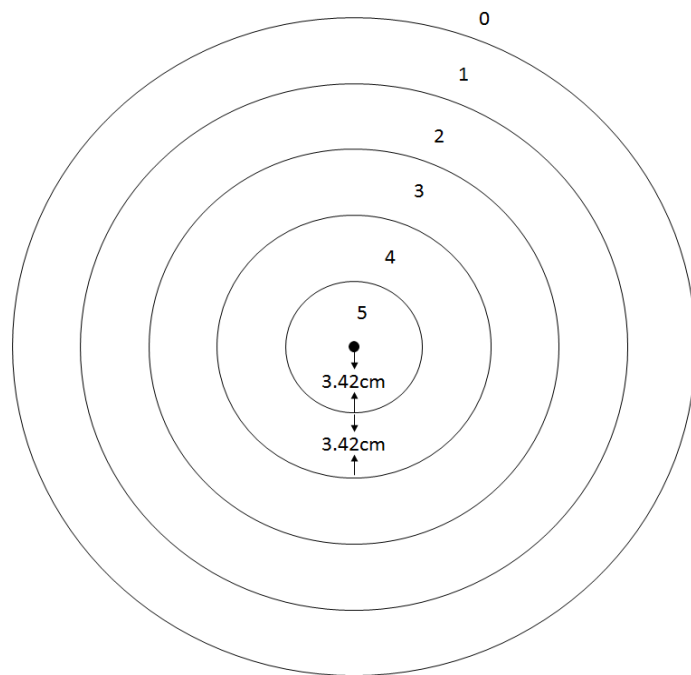


図 2-1 動作正確性における測定用のダーツボード

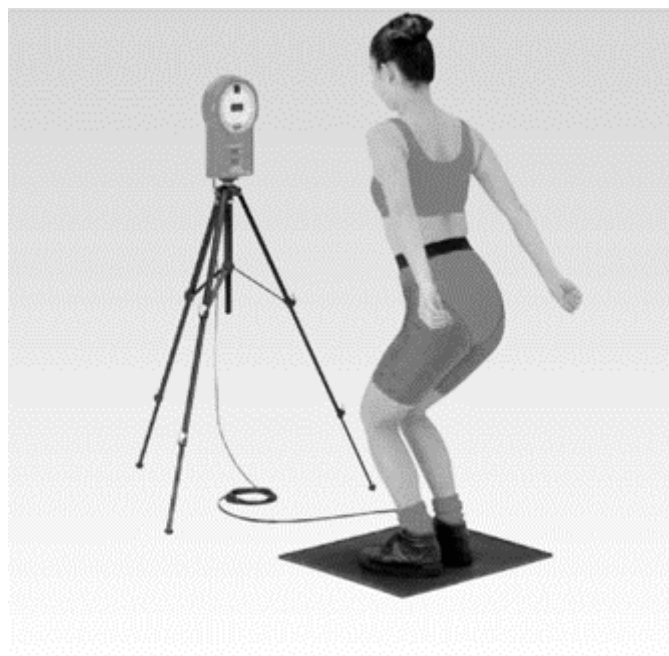


図 2-2 全身反応時間の測定方法

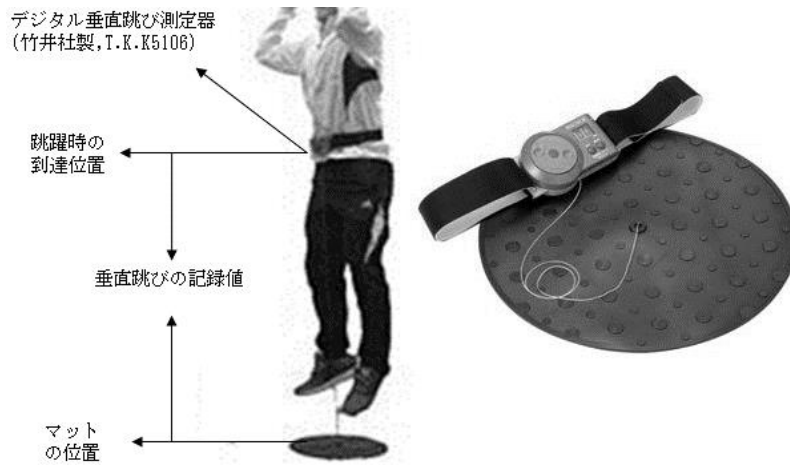


図 2-3 垂直跳びの測定方法

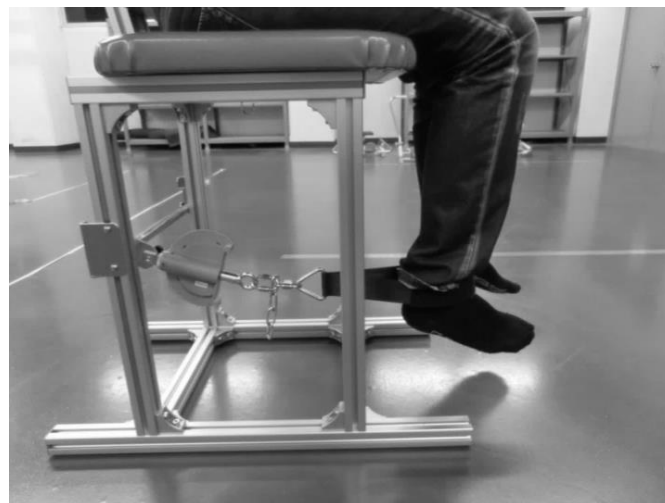


図 2-4 膝関節最大伸展力の測定方法

本実験は、4つの色彩環境での測定は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。その影響の有無を確認するために、補足実験を行った。補足実験は、色彩環境を全部一般光環境にし、本実験と全く同じ順番と方法で動作正確性と全身反応時間をそれぞれ4回の測定を行った。実験協力者は男子2名、女子4名の計6名であった。

第2節 結果

動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力の結果は表 2-2 に示している。図

2-5 は、各色彩環境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が得られたが、ほかの4つの各色彩環境との間に、いずれも有意差はみとめられなかった。

図 2-6 に各色彩環境において全身反応時間を示している。各実験協力者とも赤色の全身反応時間は最も短く、一般光が最も長かった。赤色は一般光より有意に低いことがみられた ($p < 0.05$)。

各色における垂直跳びの結果を図 2-7 に示している。赤色はほかの4つの各色彩環境との間にいずれも有意差はみとめられなかった。

図 2-8 に各色における膝関節最大伸展力の結果を示している。最も平均値が高かったのは、赤色であったが、各色彩環境の間には、いずれも有意差はみとめられなかった。

表 2-2 動作正確性の得点, 全身反応時間, 垂直跳びの測定値および膝関節最大伸展力

	動作正確性 (点数)	全身反応時間 (s)	垂直跳び (m)	膝関節最大 伸展力(kgw)
一般光	2.87(0.79)	0.402(0.082)	0.488(0.112)	49.53(18.12)
青	2.91(0.56)	0.362(0.071)	0.474(0.103)	49.27(16.22)
緑	3.08(0.77)	0.357(0.066)	0.478(0.102)	50.58(14.26)
赤	3.13(0.72)	0.348(0.058)	0.484(0.102)	50.61(12.76)

()内の数値は標準偏差

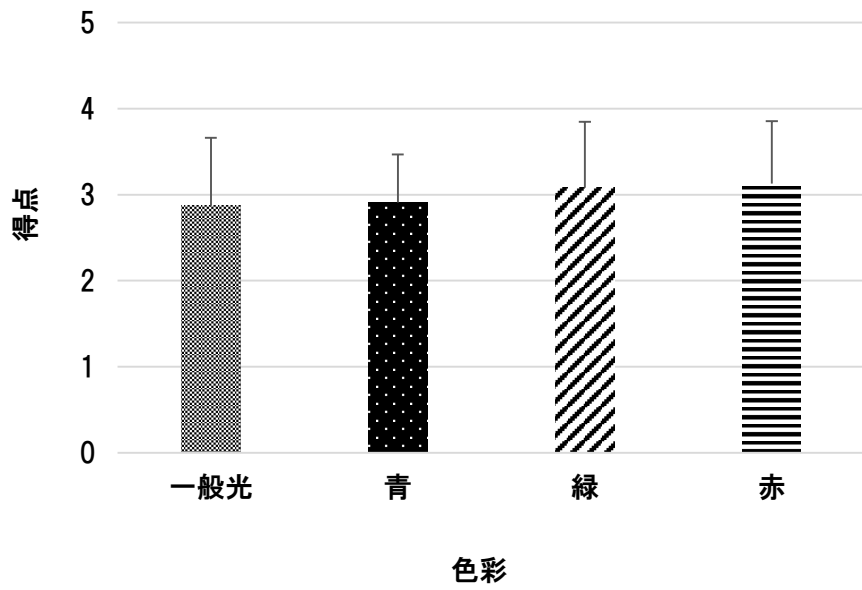


図 2-5 4つの色彩環境における動作正確性の得点(ダーツゲーム得点)

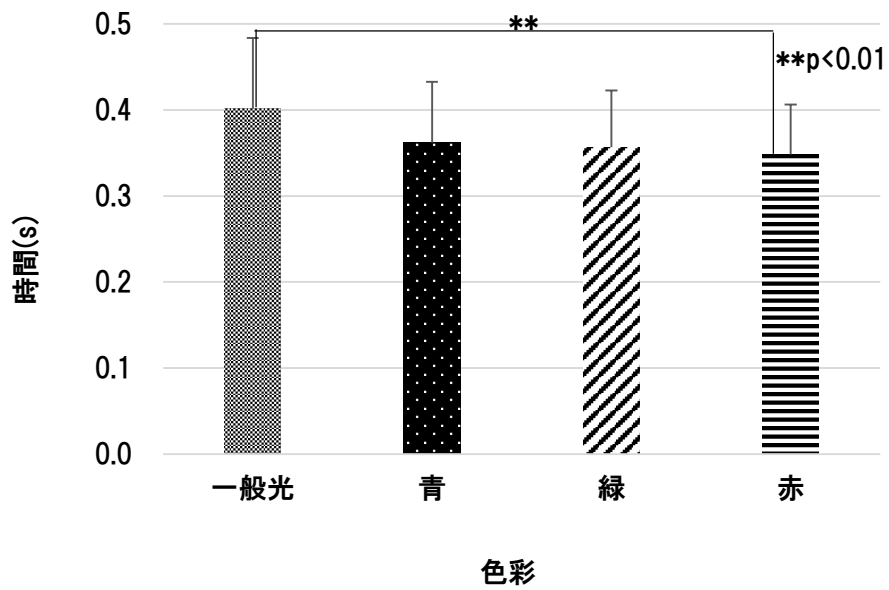


図 2-6 4つの色彩環境における全身反応時間の測定値

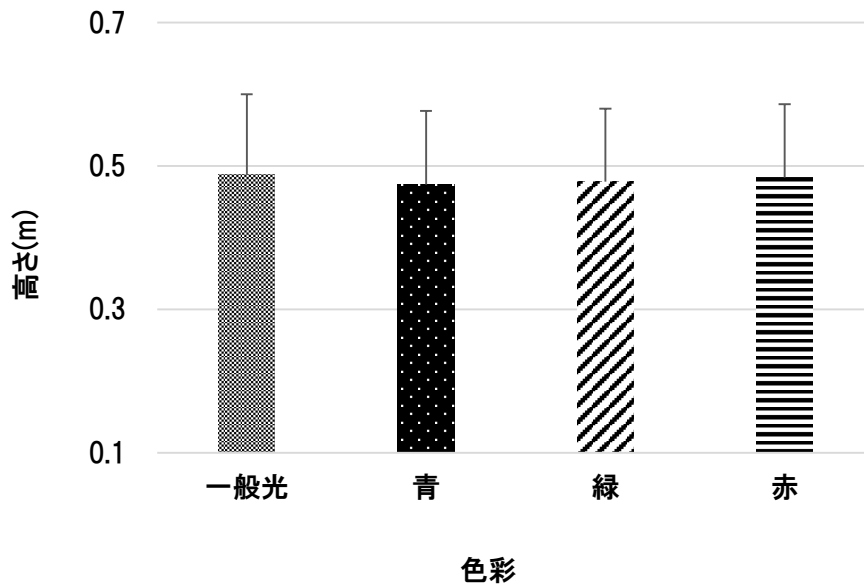


図 2-7 4つの色彩環境における垂直跳びの測定値

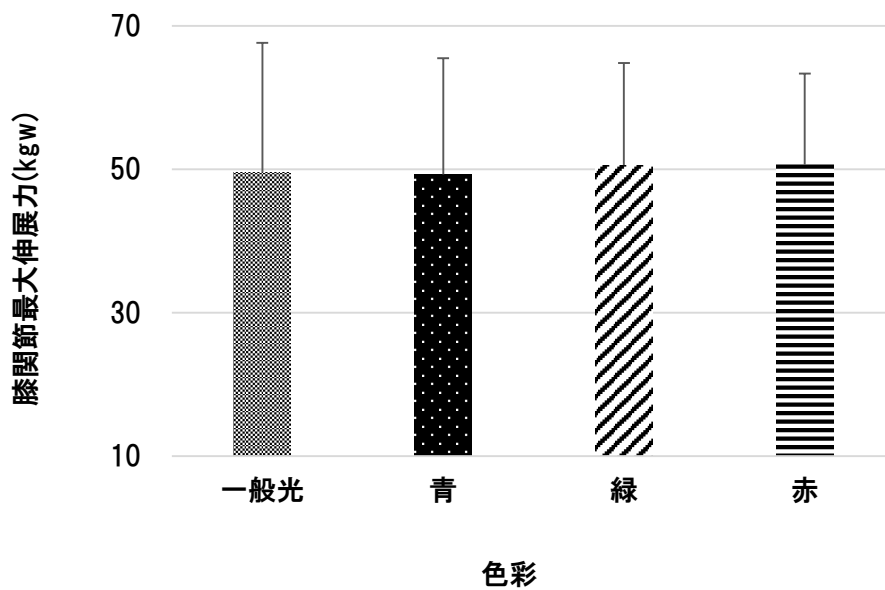


図 2-8 4つの色彩環境における膝関節最大伸展力の測定値

補足実験の結果については、図 2-9 は動作正確性を示している。実験協力者を対象とした 1 回目 (M=2.783, SD=0.973), 2 回目 (M=3.350, SD=0.761), 3 回目 (M=3.350, SD=0.485), 4 回目 (M=3.083, SD=0.828) のダーツゲーム得点を用いて反復分散分析を行った。結果、平均値には

有意差がみられなかった ($F(3, 15)=2.610, (m. s.)$).

図 2-10 に各実験において全身反応時間を示している. 各実験協力者とも 3 回目の反応時間は最も短く, 2 回目の反応時間のほうが最も長かった. また 4 回目の反応時間より 1 回目のほうが短かった. 実験協力者を対象とした 1 回目 ($M=0.402, SD=0.116$), 2 回目 ($M=0.412, SD=0.098$), 3 回目 ($M=0.401, SD=0.102$), 4 回目 ($M=0.404, SD=0.178$) のダーツゲーム得点を用いて反復分散分析を行った. 結果, 平均値には有意差がみられなかった ($F(1.276, 6.378)=0.056, (m. s.)$).

補足実験の結果からみると, 動作正確性と全身反応時間の実験では, 1 回目から 4 回目までの運動成績が順で上げていく傾向がみられなかった. 運動学習能力が実験結果に影響を与えることはみとめられなかった.

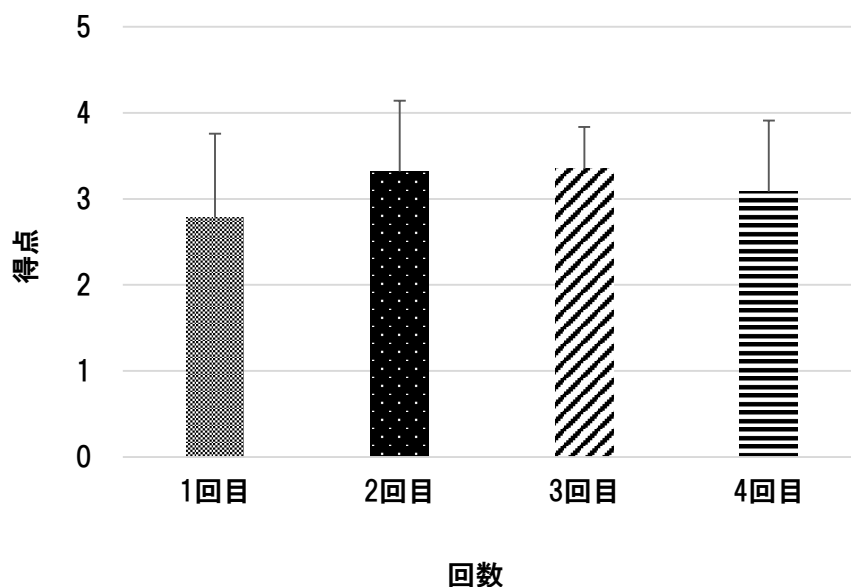


図 2-9 補足実験における動作正確性の得点(ダーツゲーム得点)

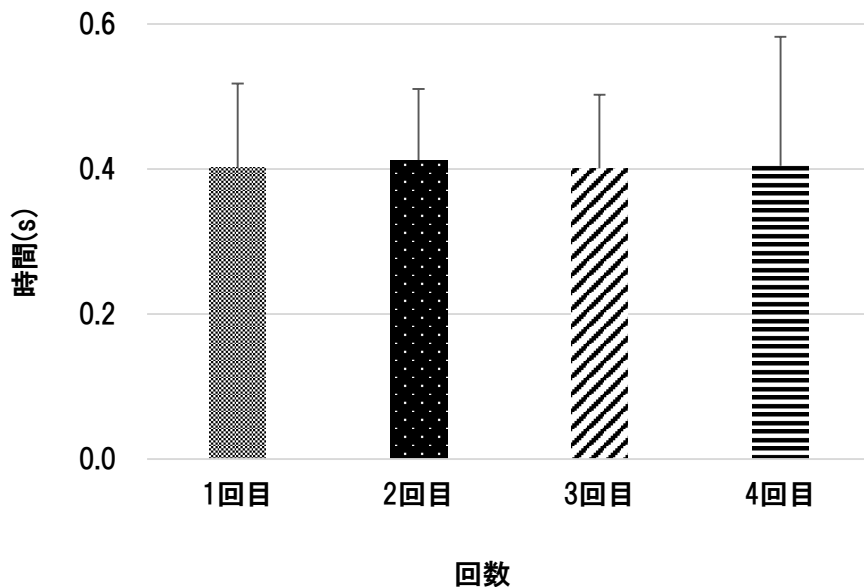


図 2-10 補足実験における全身反応時間の測定値

第 3 節 考察

1. 色彩環境が動作正確性に与える影響

本研究の結果から赤色では他の色よりいい得点が得られたことがみられたが、いずれも有意差はみとめられなかった。

本研究では、10 名の実験協力者はすべてダーツゲームの初心者で、10 回の実技を行う前に、3 回しか練習を行わなかったため、ダーツの投げ方、投げ動作の把握は不十分であることが考えられる。そして、色彩環境の影響が不慣れの影響よりも微弱であることが考えられ、4 つの色彩環境の間に有意な変化がみられなかった。これからの研究では、不慣れの影響を軽減するため、ダーツゲームのような技術を含める身体運動能力の測定には、練習の回数を増やす必要があると示唆される。

2. 色彩環境が全身反応時間に与える影響

本研究では、各実験協力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。一般光と赤色との間には有意差はみとめられた。

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、実験協力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長くなる傾向がみられた。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)の環境にいると、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の環境にいると反応時間が長くなる(野村, 1994)。

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、赤色環境では、全身反応時間が要求される競技において、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。

3. 色彩環境が垂直跳びに与える影響

本研究の結果から赤色はほかの色彩環境と比較すると、いずれも有意差はみとめられなかった。

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ので、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、軽快を感じる可能性があり、高く跳べると推測できる。それらのことを考量し、色彩環境と計測法を改良して再検討する必要があると考えられる。

4. 色彩環境が膝関節最大伸展力に与える影響

膝関節最大伸展力について、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。

先行研究から赤色やピンク色のような暖色系の色彩は、青色や緑色のような寒色系の色彩より大きな力が発揮できると報告した(Hamidほか, 1989; O'Connellほか, 1985)。しかし、それらの先行研究は、上肢の握力に関する計測で、本研究で計測した下肢と違う対象部位であった。その違う計測結果は、身体部位の違いによる影響か、あるいはそのほかの原因によるものかの究明は、さらなる研究が必要であろう。

第4節 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、10名の実験協力者を対象に、4つの色彩環境において、動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力を測定し、色彩が人間の身体運動能力に与える影響を定量的に検討した。その結果から、赤色環境は一般光環境より、全身反応時間の成績が優れていることがわかった。

第3章 研究2 色彩環境が走行運動の心拍数に及ぼす影響

第1節 問題と実験条件

研究1では、青色、緑色、赤色カラーレフランプと日常用の蛍光灯4つの色彩環境において、動作正確性(ダーツゲームの得点)、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力を測定し、その結果から、色彩環境が人間の身体運動能力に影響を及ぼす結果がみられた。赤色環境において蛍光灯より、全身反応時間は成績が優れていることがわかった。色彩環境と身体運動能力との関連性があることが判明した。

一般運動能力の測定は、おもに平衡性、柔軟性、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、持久性の6つの項目に分類されている。このほかには、巧緻性、正確性、リズム感覚なども項目としてあげられている(大山ほか, 1983)。研究1では、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、正確性四つの身体運動能力を測定し、色彩環境との関連性を探ってきた。本研究では、一般運動能力の中の持久性を測定することとした。

走行前・走行中・走行後の心拍数の変化をみるために、おもに走る時と回復時の心拍数を測定した。その計測は、色彩の変化が人の運動の強度および持久力に与える影響を計るものである。心拍数とは心室の拍動を一分間当りで表示したもので(永田, 1983)、運動が始まると体の酸素需要が増大するので、これに即応するために心拍数も増加する。したがって心拍数は、運動強度および運動の持久力を表す重要な指標になる(永田, 1983)。その心拍数の測定も、体力テストでよく使われている項目の1つである(大山ほか, 1983)。

先行研究において、色彩は心拍数に影響を与えることが報告されている。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)。

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、疲労回復効果も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。

1. 実験協力者と色彩環境

本研究は、成年男子 7 名と女子 3 名の実験協力者を対象とした(表 3-1)。いずれの実験協力者においても色覚等を含む健康上の問題はみとめられなかった。なお、実験協力者には本研究の目的、実験内容、データの取り扱いなどを事前に説明し、書面によって協力の同意と署名を得た。

表 3-1 実験協力者の身体特徴

	人数(N)	年齢(Years)	身長(m)	体重(kg)
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)
平均		24.9(2.5)	1.74(0.08)	68.7(14.7)

()内の数値は標準偏差

本研究では、光の三原色青色、緑色、赤色のカラーレフランプと日常用の蛍光灯、4つの照明を使って実験を行った。4つの色彩環境について、一般光環境(以下一般光)は蛍光灯、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環境であった。

色彩環境の照度は、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 56.16lx, 青 24.08lx, 緑 60.30lx, 赤 30.54lx であった。

色彩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、色彩環境の室内は白色で統一し、検者も白い服を着用した。各色彩環境の温度は 10° ~12° , 相対湿度は 59%~72%であった。

2. 測定の手順と方法

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時間の休憩をしてから、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（図3-1）、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（図3-2）。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、青色、緑色、赤色であった。

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。

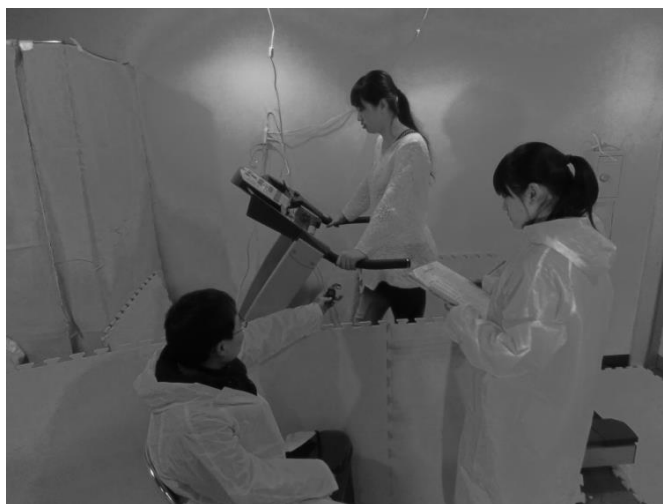


図3-1 トレッドミルで心拍数を測定する実験風景



図 3-2 心拍数測定計と測定方法

なお, 各色彩環境で測定したデータの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, 両側 $p < 0.05$) 方法を用いた.

第 2 節 結果

図 3-3 は, 各色彩環境において走行前 (安静時), 走行中および走行後における心拍数の平均値を示している.

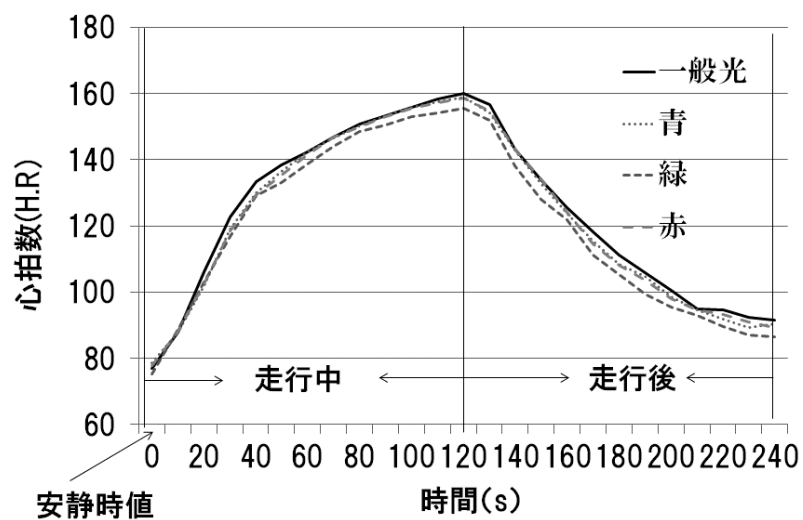


図 3-3 4つの色彩環境における走行前・走行中・走行後の心拍数の変化

表 3-2 は各時点の 4 つの色彩環境における心拍数の平均値を示している。各時点において、緑色の平均値は 10 秒時点と 20 秒時点を除き、一般光、青色、赤色より低いことがみられた。しかし、いずれにしても有意差はみとめられなかった。

表 3-2 4 つの色彩環境における各時点の心拍数の平均値

	一般光	青色	緑色	赤色
0	77.1 (11.12)	78.7 (15.82)	75.2 (10.59)	77.9 (13.14)
10	88.0 (9.91)	87.8 (12.71)	88.8 (9.47)	88.2 (11.90)
20	106.1 (10.57)	101.9 (12.44)	103.1 (7.87)	102.4 (11.40)
30	122.7 (11.15)	118.9 (12.84)	116.9 (9.50)	118.4 (11.98)
40	133.3 (13.13)	130.0 (13.98)	129.1 (12.85)	129.4 (13.99)
50	138.4 (14.60)	136.3 (15.25)	133.1 (12.84)	135.4 (14.75)
60	142.2 (13.55)	142.2 (14.76)	138.8 (11.89)	141.6 (15.88)
70	146.7 (13.04)	146.5 (15.08)	143.9 (12.93)	146.8 (16.78)
80	150.8 (13.37)	150.2 (14.76)	148.5 (14.46)	149.8 (16.75)
90	153.3 (12.69)	153.3 (14.95)	150.5 (14.41)	152.9 (16.07)
100	155.9 (13.54)	155.8 (15.14)	152.9 (14.75)	155.5 (16.32)
110	158.4 (13.19)	157.6 (15.81)	154.0 (15.74)	157.3 (16.47)
120	160.0 (13.11)	159.0 (15.27)	155.5 (16.21)	158.6 (16.75)
130	156.7 (16.11)	154.1 (18.92)	151.8 (18.21)	154.6 (20.56)
140	143.2 (17.69)	143.0 (19.65)	138.1 (19.54)	143.3 (23.70)
150	133.9 (17.75)	132.7 (18.22)	128.1 (20.97)	134.2 (21.86)
160	125.4 (19.17)	123.7 (20.17)	121.8 (21.90)	124.1 (24.76)
170	118.3 (18.48)	115.3 (21.32)	111.1 (22.39)	114.5 (24.20)
180	111.2 (18.18)	108.4 (21.29)	105.2 (22.68)	108.1 (21.01)
190	105.8 (16.48)	104.6 (17.85)	99.3 (20.71)	103.7 (21.56)
200	100.5 (16.57)	98.7 (20.09)	95.4 (19.52)	98.1 (20.56)
210	95.0 (15.68)	94.5 (20.05)	93.0 (19.11)	94.6 (19.73)
220	94.5 (13.62)	91.7 (20.17)	89.7 (17.90)	93.2 (18.78)
230	92.4 (15.01)	89.2 (20.21)	87.0 (18.92)	91.0 (19.03)
240	91.6 (15.80)	90.5 (18.57)	86.6 (19.29)	89.2 (19.29)

()内の数値は標準偏差

図 3-4 は 4 つの色彩環境における 0 秒時点(安静時)の心拍数の平均値を示している。緑色は一般光、青色、赤色との間に有意差はみとめられなかった。

また, 図 3-5 は 4 つの色彩環境における 10-120 秒間(走行時)の心拍数の平均値を示している. 緑色は一般光, 青色, 赤色より有意に低かったことがみられた($p < 0.01$). 図 3-6 は 4 つの色彩環境における 130-240 秒間(回復時)の心拍数の平均値を示している. 緑色は一般光, 青色, 赤色より有意に低かったことがみられた($p < 0.01$). 図 3-7 は 4 つの色彩環境における 0-240 秒間(全体)の心拍数の平均値を示している. 緑色は一般光, 青色, 赤色より有意に低かったことがみられた($p < 0.01$).

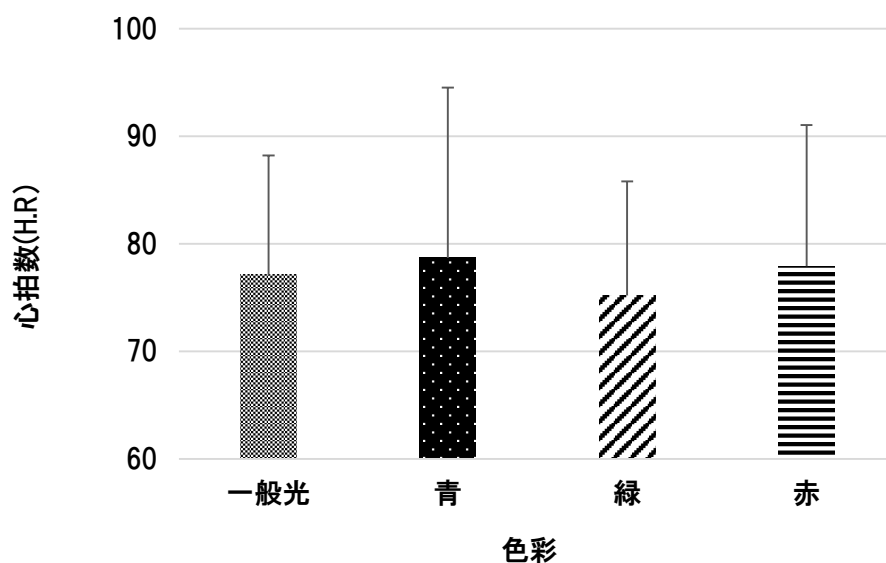


図 3-4 4 つの色彩環境における 0 秒時点の心拍数の平均値

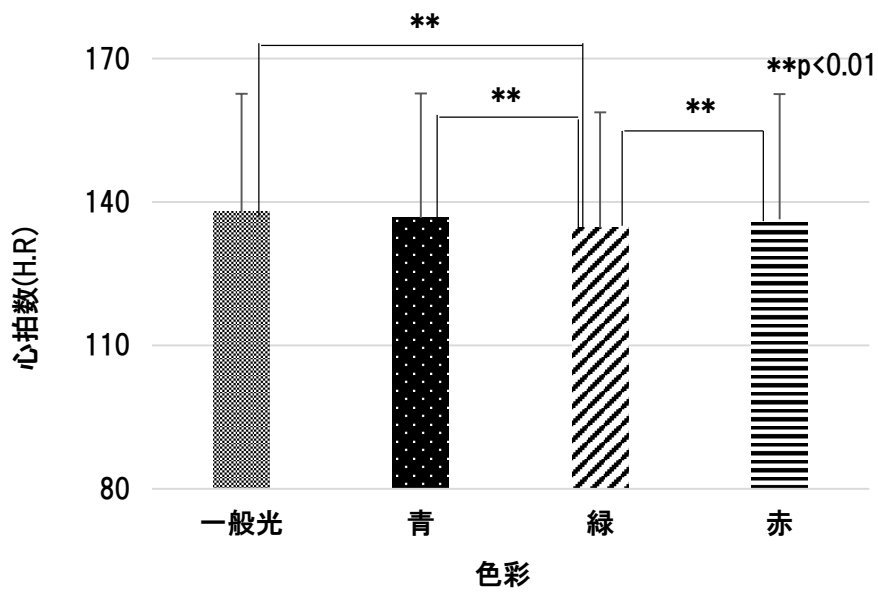


図 3-5 4つの色彩環境における 10-120 秒間の心拍数の平均値

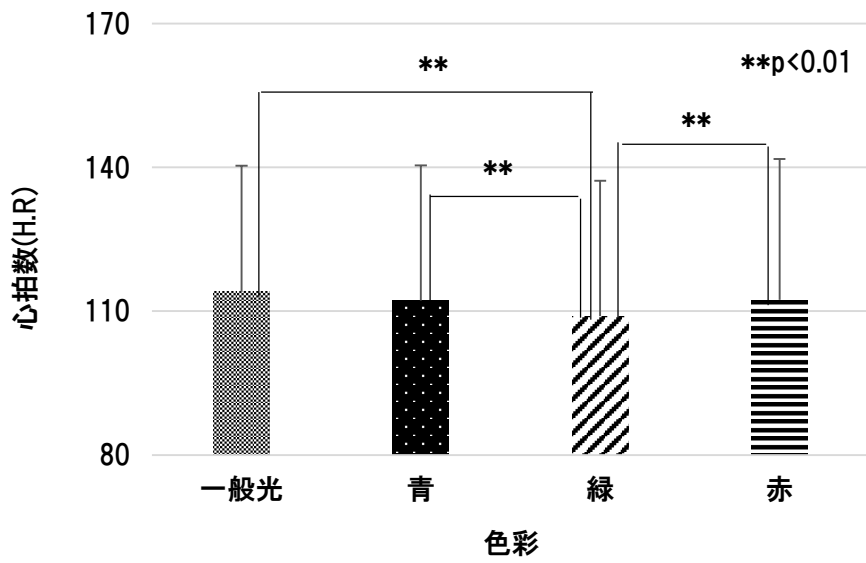


図 3-6 4つの色彩環境における 130-240 秒間の心拍数の平均値

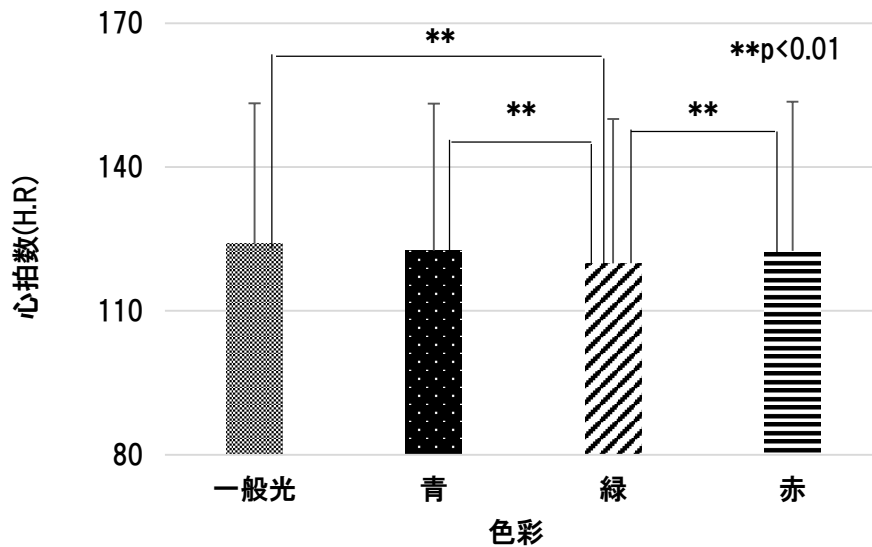


図 3-7 4つの色彩環境における0-240秒間の心拍数の平均値

第3節 考察

本研究では、緑色環境は一般光環境、青色環境、赤色環境より10-120秒間(走行時)、130-240秒間(回復時)、0-240秒間(全体)に心拍数の平均値が有意に低かったことがみられた。

1. 緑色と青色との関連性について

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(加藤ほか, 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、本研究は運動時で測定したもので、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。

2. 緑色と赤色との関連性について

先行研究から、赤色環境にいると心拍数が上昇することが報告されている(深澤ほか, 2009;板垣ほか, 1999)。本研究の結果は、先行研究の報告と一致し、赤色環境にいると、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と述べた(加藤ほか, 2010;野村, 1994)。赤色環境にいると、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できる。

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も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た。本研究では、緑色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。

第4節 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。

第4章 研究3 色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響—昼光色

LED と赤色 LED との比較—

第1節 問題と実験条件

研究1では、カラーレフランプで作った日常用蛍光灯、青、緑、赤4つの色彩環境において動作正確性(ダーツゲームの得点)、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力を測定し、その結果から、色彩環境が人間の身体運動能力に影響を及ぼす結果がみられた。赤色環境において日常用蛍光灯より、全身反応時間は成績が優れていることがわかった。また、研究2では、緑色環境で、走行中における脈拍の上昇が遅いことがわかった。色彩環境と身体運動能力との関連性があることが判明した。

先行研究において、色彩環境の影響は、スポーツ、運動場面でも研究されている。運動を行う場所の色彩、すなわち色彩環境と身体運動能力に関する研究については、筋力の発揮、反応時間、動作正確性などに影響を及ぼすことが検討されている。

筋力の発揮の研究では、色彩環境で握力を測定した結果、緑色や青色よりも赤色環境の中で、大きな力が発揮されることが示された(Hamid ほか, 1989; O'Connell, 1985)。色彩環境と筋力の発揮に関しては、上半身の運動パフォーマンスに影響を及ぼすことを報告した。亀谷ら(1969)は、200W ランプに着色ゼラチンのカバーをかけて色彩を変化させ、色彩と反応時間との関連性について検討した。その結果、暗闇の時に反応時間は最も速く、青色では最も遅く、次に緑・紫・赤の順で速くなった。色彩環境は全身反応時間との関連性があることを報告した。James ら(1953)の研究で、白色環境と赤色環境で、指微震計を用い、30秒間の指の震えのデータを測定し、その結果、赤色環境で大きな指の震えがみられ、色彩環境と手の安定との関連性があることを報告した。

以上のことより、筋力の発揮、全身反応時間、また、指の運動において、色彩環境は人間の身体運動能力に関連していることが考えられる。その中、おもに赤色環境の効果が注目されている。そして、先行研究と研究1において、色彩環境の中で、赤色は最も人間の身体運動能力に影響を及ぼしていることを踏まえ、本研究では、昼光色 LED と赤色 LED との比較によって、色彩環境が人間の身体運動能力に与える影響および影響の性差を検討することを目的とした。

本研究では、第3章に記述したように、一般運動能力の測定は、平衡性、柔軟性、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、持久性の6つの項目として分類されている。研究1では、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、正確性四つの身体運動能力を測定し、色彩環境との関連性を探ってきた。研究2では、一般運動能力の中の持久性と色彩環境との関連性を究明した。本研究では、研究1で明らかにされていないパワー(瞬発力)、正確性、または一般運動能力の中の平衡性を測定することとした。

研究1では、パワー(瞬発力)を測定する時、力を発揮した量、あるいは外部情報を検討したが、内部情報(筋電図)を検討しなかった。力を発揮する際に、内部情報を見るのは、運動スポーツではよく求められる手法の一つとして、本研究では、再検討することになる。また、研究1では、動作正確性を測定した場合、10名の実験協力者はすべてダーツゲームの初心者で、10回の実技を行う前に、3回しか練習を行わなかったため、ダーツの投げ方、投げ動作の把握は不十分であることが考えられる。そして、本研究では、練習の回数を増やし、再検討することになる。

身体重心動揺に関する測定は、静的バランスに対する測定を行う。静的バランスの測定は平衡性テストの1つの項目としてよく使われている(大山, 1983)。平衡性は人間の身体バランスと安定性を保つ能力で、立位姿勢における平衡性を保つことは、人間の立位姿勢の必要な能力である(金子, 1982)。膝関節最大伸展力の測定には、同時に筋電図の測定を加えた。筋電図は筋力発生時の筋の内部情報である。しかし、筋電図は筋力と同等ではなく、筋が収縮し筋力を発揮しているときに筋活動電位がどの程度、そしてどのように発生したか、すなわち運動単位の参加度合いを表現しているものである(永田, 1983; 酒井医療, 2018)。筋力と筋電図を同時に計測し、その筋力の出力と筋の内部電位の変化を比べることが重要である。

動作正確性の測定は、研究1の測定と同じものである。

1. 実験協力者と色彩環境

本研究は、成年男子8名と女子8名を実験協力者とした(表4-1)。いずれの実験協力者においても色覚等を含む健康上の問題はみとめられなかった。なお、実験協力者には本研究の目的、実験内容、データの取り扱いなどを事前に説明し、書面によって協力の同意と署名を得た。

表4-1 実験協力者の身体特徴

	人数(N)	年齢(Years)	身長(m)	体重(kg)
男子	8	25.6(2.3)	1.74(0.07)	67.3(6.7)
女子	8	23.6(2.8)	1.60(0.07)	54.1(10.6)
平均		24.6(2.7)	1.67(0.10)	60.7(10.9)

()内の数値は標準偏差

本研究は昼光色LEDと赤色LEDの2つの色彩環境における実験協力者の身体運動能力を測定した。昼光色環境(以下昼光色)は昼光色LED電球(パナソニック株式会社製, LDA7DGGK40W, 相関色温度6700K)、赤色環境(以下赤色)は赤色LED電球(ビームテック株式会社製, LB1526R, 波長660nm)の照明によってつくられた環境であった。色彩環境の照度は、作業環境に均等に分布した9個の測定地点(図4-1, 高さ1.6m)で測定(デジタル照度計, 佐藤商事株式会社

製, LX-PROTM204) された. 2 つの色彩環境の平均照度は $100 \pm 10lx$ に統一された. 色彩環境内での色彩の相互影響を軽減するため, 色彩環境の室内は白色で統一し, 検者も白い服を着用した. 各色彩環境の温度と湿度はそれぞれ $17^{\circ}C$, $50\%RH \sim 58\%RH$ であった.

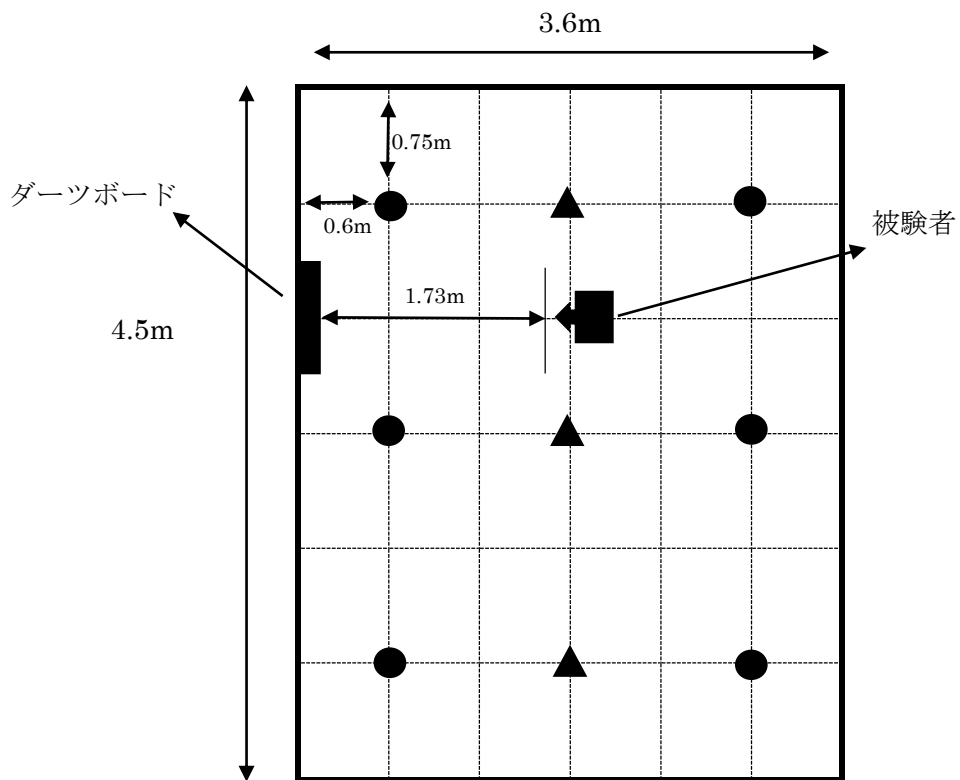
2. 測定の手順と方法

個々の実験協力者は室内照明の色光がもたらす色彩環境に入り, 開眼状態で椅子に座り, 5 分間の安静状態を取ってから, 身体重心動揺, 膝関節最大伸展力, 動作正確性の順番で測定し(表 4-2), 一番目の色彩環境での測定の後, 1 時間の休憩をとらせ, 二番目の色彩環境での測定を行った. 色彩環境の測定順番は, 8 人(男女各 4 人)は昼光色から赤色, 8 人(男女各 4 人)は赤色から昼光色となった.

身体重心動揺(以下重心動揺)の測定は, 重心軌跡測定器(竹井機器工業株式会社製, T. K. K. 5810)の上に 60 秒間の立位姿勢を保持し(図 4-2), その間の身体重心動揺の軌跡を記録した. 総軌跡長(重心が測定時間内に動いた総距離)と矩形面積(重心軌跡を囲める四角形の最小面積)を算出した.

膝関節最大伸展力(以下筋力)は, デジタル電子筋力計(竹井機器工業株式会社製, T. K. K5710m)を用いて測定した. 実験協力者は装置に座り, 膝関節は約 90° に保ち, 足首は補助具で固定された. 実験協力者は検者の合図によって両脚の膝関節を最大努力で伸展した. 測定は 3 回行い, その平均値を用いた. また, 表面筋電図(以下筋電図)センサー(竹井機器工業株式会社製, TK-11888e)を大腿直筋に貼り付け(図 4-3), 筋力と同時に測定し, 最大筋力を発揮した時点の前後 0.5 秒の間の筋電図の積分値を分析した.

動作正確性の測定は, ダーツボード(日清工業株式会社製, DELUXE4300)の裏面を使用し(図 4-4), ダーツゲームの得点(以下ダーツ得点)を計測した. 国際ダーツゲーム協会の定めた基準を参考に, 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. 実験協力者に練習 20 回, 本番 20 回でダーツを投げさせ 20 回の得点の平均値を算出した. 得点はダーツボードの中心から 8 等分にし, 中心から, 8 点から 1 点までを割り当てた.



- 赤色 LED 電球の設置場所, 照度の測定場所
- ▲ 昼光色 LED と赤色 LED 電球の設置場所 (共用), 照度の測定場所

図 4-1 実験風景の平面図

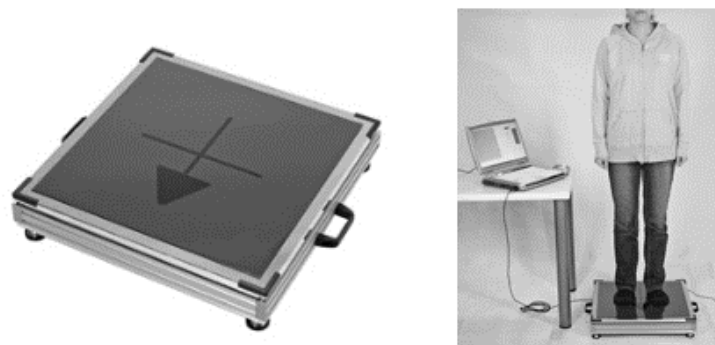


図 4-2 身体重心動揺の測定方法

表 4-2 測定の手順と測定のタイムテーブル

順番	おおよその所用時間	項目
1	5分	安静状態
2	1分	重心動揺の測定
3	1分	筋力と筋電図の測定準備
4	30秒	1回目の筋力と筋電図の測定
5	30秒	休憩
6	30秒	2回目の筋力と筋電図の測定
7	30秒	休憩
8	30秒	3回目の筋力と筋電図の測定
9	2分	ダーツゲームの練習
10	3分	ダーツゲームの本番



図 4-3 膝関節最大伸展力と表面筋電図の測定方法

なお, 各色彩環境で測定したデータの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, 両側 $p < 0.05$) 方法を用いた.

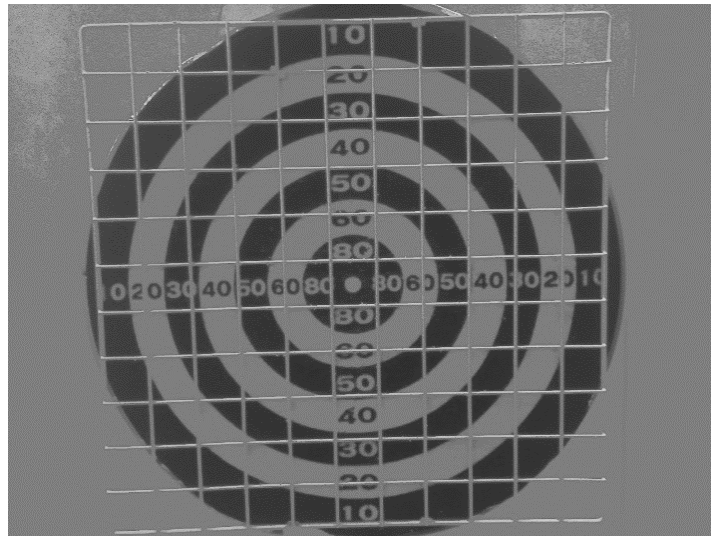


図 4-4 動作正確性における測定用のダーツボード

第 2 節 結果

重心動揺, 筋力, 筋電図およびダーツ得点の結果を表 4-3 と表 4-4 に示している.

重心動揺について, 総軌跡長および矩形面積とも, 昼光色と赤色の間に有意差はみとめられなかった.

筋力と筋電図の積分値について, 赤色光は昼光色より小さかったが, 有意差はみとめられなかった. 各 20 回のダーツ得点については, 有意差はみとめられなかった.

表 4-3 と表 4-4 のように, 男子の総軌跡長および矩形面積の測定値では, 赤色の方が平均値は大きくなったが, 有意差はみとめられなかった. また, 女子の総軌跡長および矩形面積の測定値では, 赤色の方が平均値は小さくなったが有意差はみとめられなかった. 筋力と筋電図について, 男女とも赤色の方が平均値は小さくなったが有意差はみとめられなかった. ダーツ得点では, 男子について有意差はみとめられ, 女子では違いがみられなかった. 男子と女子の 20 回のダーツ得点はそれぞれ図 4-5 と図 4-6 に示している.

表 4-3 重心動揺における総軌跡長と矩形面積

	総軌跡長 (mm)	矩形面積 (mm ²)
男子昼光色	642.24(79.51)	776.26(232.09)
赤色	698.80(114.55)	943.43(511.23)
女子昼光色	858.74(167.65)	1320.66(771.97)
赤色	782.30(115.37)	1065.09(530.30)
全体昼光色	750.49(169.01)	1048.46(618.28)
赤色	740.55(119.14)	1004.26(507.09)

()内の数値は標準偏差

表 4-4 膝関節最大伸展力, 筋電図の積分値および動作正確性の得点

	膝関節最大 伸展力 (kgw)	筋電図の 積分値 (V. s×100)	動作正確性 (点数)
男子昼光色	87.44(21.10)	1.28(1.14)	5.25(1.49)*
赤色	87.02(17.30)	0.88(0.21)	5.58(1.34)
女子昼光色	48.69(10.48)	1.01(0.42)	4.09(2.12)
赤色	47.06(12.32)	0.94(0.32)	4.06(2.00)
全体昼光色	68.06(25.59)	1.14(0.84)	4.63(1.94)
赤色	67.04(25.07)	0.91(0.26)	4.85(1.84)

*:男子昼光色と赤色の動作正確性の得点における有意差水準 p<0.05

()内の数値は標準偏差

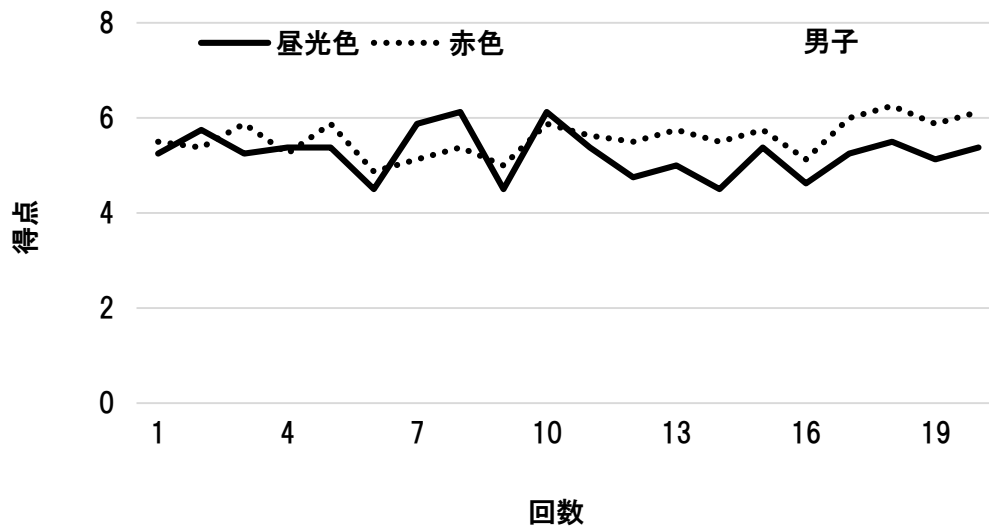


図 4-5 20回ダーツゲームの得点の変化

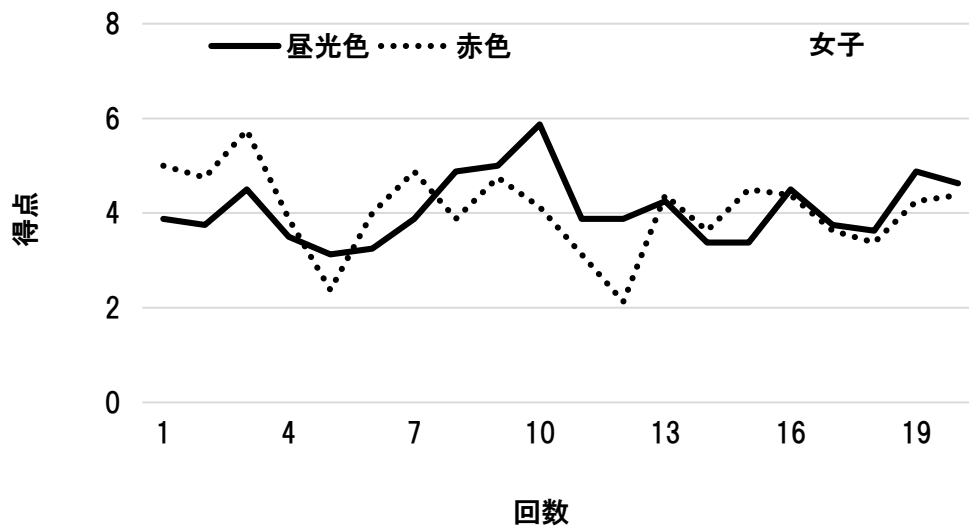


図 4-6 20回ダーツゲームの得点の変化

第3節 考察

1. 色彩環境が動作正確性に与える影響

ダーツゲーム得点の結果からみると、全体で赤色と昼光色との間に、有意差はみとめられ

なかった。しかし、男子の赤色での得点が昼光色より有意に高いことが示された。野村(1996)は赤色にある放射エネルギーが人間の体に作用し、アドレナリンまたはエピネフリンが血中に分泌されると示唆している。これらの物質の働きによって、血液の循環が促進される。また、収縮した筋肉をリラックスさせることもできる。これらのことによって、より高い得点を得られた原因の一つではないかと考えられる。

一方、男子と女子ではそれぞれ男性ホルモン(テストステロンなど)、女性ホルモン(エストロゲンなど)の分泌量の割合が違い、持久力、平衡性、敏捷性、柔軟性など様々な身体運動能力も違うことが示された。Farrelly ら(2013)の研究によると、赤色のテーブルで作業する場合、男子に対しては、男性ホルモンのテストステロンのレベルが高いことがわかった。テストステロンのレベルの上昇は、いわゆる気力の上昇、性欲の増進、集中力の上昇、疲労の解消、などとの関連が報告されているこれらの結果は、本研究で男子の得点が女子より高いことの原因の一つではないかと考えられる。

2. 色彩環境が膝関節最大伸展力と筋電図に与える影響

筋力の結果では、筋力と筋電図の積分値は2つの環境において、有意差はみとめられなかった。色彩と筋力の発揮の研究では、握力を測定した結果、緑色より赤色が大きな力が発揮されることが示された(Hamid, 1989 ほか; O'Connell ほか, 1985)。上半身の筋力発揮が色彩との関連性があることを報告した。しかし、本研究は、色彩環境は下半身の筋力発揮に関連していることをみとめなかった。兄井(2004)の研究では、環境色は正確さや巧みさが求められる小筋運動においても、また、筋力発揮や歩行、走行といった大筋運動においても、一貫した環境色の影響は見出されていないと報告した。色彩と筋力発揮を検討する場合、多くの要因の関与が想定され、色彩の影響は先行研究で一部みられたとしても、今後さらなる研究が必要であると考えられる。

3. 色彩環境が身体重心動揺に与える影響

本研究の重心動揺の測定で、有意差はみとめられなかった。高橋ら(2007)の研究で、直立姿勢は迷路、視覚、固有受容器からの入力の中樞神経系により統合、制御され、四肢骨格筋に出力され、身体は動揺しながら平衡を保っているといわれている。本実験では、実験協力者の静的身体重心の動揺を測定したので、身体重心の動揺に必要な筋力やバランスの維持力に大きな負担はかけなかった。それに対しては、動的な身体重心の動揺と色彩環境との関連性を検討する必要があると考えられる。

本研究では、使用した昼光色LEDの青色波長成分は昼白色LEDと電球色LEDより大きく、色彩環境としては視覚的な影響だけではなく、視覚を介さない生理的影響が覚醒、緊張方向に生じる可能性があるかもしれない。いずれにしても、本研究の結果に昼光色LEDの局限性があることは無視できない。

第4節 まとめ

本研究では, 色彩環境が人間の身体運動能力との関連性を探るために, 2 つの色彩環境において身体重心動揺, 膝関節最大伸展力および動作正確性を測定し, 色彩が人間の身体運動能力に与える影響を検討した. その結果から, 女子より男子のほうが赤色環境に対して, 影響を受けやすいことが示唆された.

終章

第1節 本研究の成果

本研究の目的は色彩環境が身体運動能力に影響及ぼすことを明らかにし、さらに色彩環境が性差によって、どのような違いがあるかを明らかにした。

本研究で明らかになったことは以下のようになっている。

研究1では、先行研究では明らかにされなかったことを究明することと色彩環境と人間の身体運動能力との関係を明らかにするために、4つの色彩環境において動作正確性、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力の4つの項目を測定し、色彩環境は人間の身体運動能力に与える影響を検討した。これらの結果から、一部の色彩環境に全身反応時間では、統計的に有意差がみられた。色彩環境が身体運動能力との関係があることを示唆した。

赤色環境では全身反応時間が一般光環境より速かったことは、亀谷ら(1969)の音による単純反応を測定した結果と一致にした。このことから、赤色環境にいと、全身反応時間が速くなることが明らかになった。一方で、研究1では、膝関節最大伸展力を測定した結果、有意な差がみとめられなかった。人間は長波長光が与える赤や黄などを見ると覚醒水準を上げ、逆に短波長光がもたらす青や緑などは覚醒水準を下げるといわれている(加藤ほか;2010 野村, 1994;大山ほか, 2009)。つまり、長波長光は興奮色、短波長光は沈静色という概念が定着している。このことを発展させて、行動への影響を見た研究もある。握力の研究で、赤色を見て、握力を測定すると、赤色やピンク色は強い力が発揮されることを報告している(Hamidほか, 1989;O'connellほか, 1985)。しかし、本研究では、膝関節最大伸展力を調べたところ、赤色が覚醒水準を上げ、大きな力を発揮する結果にならなかった。さらに、垂直跳びのような筋力やパワー(瞬発力)が必要な身体運動能力でも赤色の効果もみられなかった。以上のことから、赤色環境が人間の下半身の力の発揮に影響を及ぼすとはいえないことが本研究で検証された。

また、研究2では、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みられ、身体運動負荷を低減させる可能性があることが示唆された。緑色環境は、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た(松井ほか, 2012;清水ほか, 2002)。

色彩はおもに寒色系と暖色系に分けられる。色彩の寒暖と興奮、沈静は関係が深いことがわかる(加藤ほか, 2010)。特に暖色系の色彩を使用すると興奮効果、寒色系の色彩を使用すると鎮静効果が現れる。この沈静、興奮は人間の体内の血圧、呼吸、脈拍、筋肉活動などに作用することが立証されている(加藤ほか, 2010;野村, 1994)。赤色は血圧、呼吸率、筋肉緊張を増大させるが、青色は逆にそれらを減少させる(加藤ほか;2010 野村, 1994;大山ほか, 2009)。しかし、本研究では、青色は運動時の心拍数を低くするという結果は得られなかった。緑色

は一般光、青色、赤色より有意に低かったことから、先行研究で検証されたように交感神経、副交感神経、脳波などに影響を及ぼすことが一つの要因であると考えられる。

松井ら(2012)の研究によると、緑色は副交感神経を活発にすることができる。自律神経は交感神経と副交感神経に分けられ、自律神経の中樞は脳の視床下部という場所にある、脳のそれ以外のさまざまな部位も自律神経と関わっている。自律神経は数多くの内臓器官に関わる重要な神経で、心臓、肺、胃腸、肝臓、膀胱、唾液腺、内分泌腺、汗腺、瞳孔、血管などに分布している。交感神経と副交感神経は、体の内外の状況や部位に応じてアクセルとブレーキの役割を担っている。交感神経は激しい運動や感動状態の時に優位となり、生体が必要なエネルギーを適切に利用できるように働く。交感神経が働くと瞳孔散大、心拍数増加、血圧上昇、肝臓や筋肉からのグルコースの遊離が促進されるが、消化管運動や消化管分泌などは抑制される。副交感神経は安静時や睡眠時に優位となり、生体がエネルギーを保持できるように働く。副交感神経が興奮すると、消化管運動や分泌が促進され、瞳孔収縮、心拍数減少、血圧低下などの現象が起こる(浅野, 2013; 宮村, 2001; 玉木, 2000)。緑色は人間の副交感神経の働きを活発にし、心拍数減少の効果を与え、本研究でも運動時の心拍数を低くするという結果がでた。以上のことから、緑色は青色より運動時の心拍数を低くする効果があることを検証できた。

清水ら(2002)の研究によると、緑色は脳波の α 波を喚起することができる。 α 波の状態は、活発に精神活動をしていながらも、脈拍数が遅くなり、呼吸数も減っている。一方、精神的肉体的にリラックスすれば、 α 波が多くなる。頭脳労働のような精神活動をする場合には、リラックスして、 α 波を多く出すことが、能力を最大限に発揮するために必要である(浅野, 2013; 宮村, 2001; 富樫ほか, 2016)。運動の後、 α 波が多くなると、回復が速くなることもあると考えられる。本研究では、走行後の回復時において緑色が最も心拍数が低いことから、緑色によって α 波が多く喚起したと考える。そして、本研究では、一般的に鎮静効果があるといわれている青色より緑色のほうが運動時の心拍数に影響を及ぼすことが検証された。

研究 3 では、色彩環境が人間の身体運動能力との関連性を探るために、2 種類の色彩環境において身体重心動揺、膝関節最大伸展力、表面筋電図および動作正確性を測定し、色彩環境が人間の身体運動能力に与える影響を検討した。その結果から、女子より男子のほうが赤色環境に対し、影響を受けやすいことが示唆された。スポーツ競技では、すべての種目には動作正確性が必要である。その中、サッカーとバスケットボールのようなパスやシュートの動作正確性が求められる種目がある。一方、射撃や弓などの特定の的を狙うスポーツなども挙げられる。本研究の結果は、その特定の的を狙う競技において、赤色環境を適用することで、男子選手の競技の成績がよくなる可能性があることを示唆した。

James ら(1953)の研究によると、赤色は人間の指の振動を大きくする。本研究のダーツゲームの測定結果は男子についてはそのような影響はみられなかった。男子は赤色環境にいると、ダーツゲームの得点は高いことがわかった。それは、赤色は男性ホルモンに影響を及ぼすことがあると考えられる。Farrelly ら(2013)の研究によると、赤色は男子のテストステ

ロンのレベルを高くする。テストステロンが分泌すると体毛が多くなったり、筋肉や骨格が大きくなったりまた積極性があり行動力があるなど、大切なホルモンである（浅野, 2013）。Farrelly ら(2013)の研究では、赤色は男子のテストステロンとの関連性を明らかにしたが、ほかのホルモンの分泌の調査については行っていない。赤色は暖色系の代表的な色彩で、神経や血液を刺激しかつ興奮させ、血液の循環を促進し、交感神経系を興奮させるなどの効果がいわれている（野村, 1994）。本研究では、動作正確性の調査で、赤色の効果がみられた。このことから、赤色はよりいいパフォーマンスを発揮する要因の一つと考える。赤色は男子のホルモン分泌を刺激し、さらに動作正確性に影響を及すと考えられる。

本研究では、赤色環境は人間の動作正確性、全身反応時間に影響を与えることがわかった。また、緑色環境は走行運動の心拍数に影響することが判明した。色彩環境は人間の一部の身体運動能力に影響を及ぼすことが明らかになった。

第2節 今後の研究課題と展望

本研究では、色彩と身体運動能力との関連性を検討したが、今後の研究課題として以下の4つを挙げる。

本研究では、一般光環境、青色環境、緑色環境、赤色環境の4つの色彩環境において、身体運動能力との関連性の究明を進めてきたが、それ以外の色彩環境が身体運動能力に影響を及ぼす可能性もあるため、他の色彩環境での研究も必要と考える。

本研究で測定した項目は、第2章で記述した大山ら(1983)が言及した一般運動能力の測定の項目の平衡性、敏捷性、筋力、パワー(瞬発力)、持久性、正確性の6つの項目について実験を行い、明らかにしたが、柔軟性、巧緻性、リズム感覚の3つの項目については明らかにすることができなかった。色彩環境がこれらの3つの身体運動能力にどのように影響を及ぼすのかを測定することは今後の課題である。

本研究では、色材(塗料など)による色彩環境と色光による色彩環境が人間に同じ影響を与えるかどうかについては、まだ十分明らかにされてないため、今後の色彩研究においてこの2つの環境に差異の影響の有無を確認することが必要と考えられる。特に本研究の動作正確性のような特定の的を狙う競技スポーツでは、的の色彩と背景の色彩の組み合わせで、運動パフォーマンスに影響することが考えられる。的の色彩によって奥行、距離の判断が影響され、運動スポーツの場合、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、色彩の進出性と後退性といわれる(兄井ほか, 2003; 石垣, 1992; 加藤ほか, 2010; 野村, 1994)。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。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。色彩そのものは、見かけの大きさにも影響する。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。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(石垣, 1992; 加藤ほか, 2010; 野村, 1994)。

動作正確性のようなのを狙う競技スポーツでは、例えば、寒色系の色彩は暖色系の色彩よりの遠く小さく見える。動作の微調整が難しくなるので、当てにくくなり、逆に、暖色系の色彩は的が近く大きく見え、当てやすくなり、得点が高くなることが想定される。そのため、的や背景の色彩を変えることで、人間の動作正確性にどんな影響を及ぼすのかを明らかにすることが今後の課題である。

特に重要な課題として、本研究では、すべての身体運動能力は色彩の照明で作られた環境の中で測定した。先行研究からみると、色彩を目で感知する影響についての研究がある。例えば、赤色を見て、大きな力が発揮される (Hamid ほか, 1989; O'Connell ほか, 1985)、青色のボールを見る場合、捕球の成功率が高くなる (Belka, 1985)、黄色の的を見ると、ボール投げの正確率が高くなる (林ほか, 1985) などの色彩を見て運動スポーツのパフォーマンスに影響を及ぼした報告がみられた。一方、Hill ら (1985) や Attrill ら (2009) は赤色ユニフォームを着た選手の勝率が高いという報告もあり、敵の赤色ユニフォームを目で感知するより、自ら赤色ユニフォームを着ることはよりいいパフォーマンスを発揮した。この結果について検証することが必要である。まずは色光による色彩環境で開眼状態と閉眼状態の測定が重要であると考え。この実験では、人間は色光による色彩環境を目で感知するのか、目以外の器官、例えば、皮膚で感知するのかを検証することができると考える。

以上、これからの研究課題に取り組み、色彩と身体運動能力との関連性をさらに追求していきたい。

参考引用文献

- 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:走幅跳の助走及び跳躍との関係. *体育学研究*, 48(5):541-553.
- 兄井 彰(2004)色彩が運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討するための実験的研究への提案. *福岡教育大学紀要*, 53(5):53-59.
- Arrrill, M. J., Gresty, K. A., Hill, R. A., and Barton, R. A. (2008) Red shirt is associated with long-term team success in English football. *Journal of sports sciences*, 26(6):577-582.
- 浅野勝己(2013)運動生理学概論. 杏林書院.
- 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.
- 江森康文・大山 正・深尾謹之介(2008)色その科学と文化. 朝倉書店.
- Elliot, A. J., Maier, M. A., Moller, A. C., Friedman, R., and Meinhardt, J. (2007) Color and psychological functioning: The effect of red on performance attainment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1):154-168.
- Farrelly, D., Slater, R., Elliott, H. R., Walden, H. R., and Wetherell, M. A. (2013) Competitors who choose to be red have higher testosterone levels. *Psychological Science*, 24:2122-2124.
- 藤田 厚・中島孝夫・中島 敏(1957)体位及び照度の変化の視力に及ぼす影響. *体育学研究*, 2(7):72.
- 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.
- ゲーテ・木村直司(2001)色彩論. 筑摩書房.
- Green, W. K., Hasson, S. M., Mohammed, S. K., Phillips, C. L., Richards, P. E., Smith, M. E., and White, A. (1982) Effect of viewing selected colors on the performance of gross and fine motor tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 54:778.
- 郭洋・斉藤美穂・男座慶一・時澤 健・永島 計(2013)色光が手掌冷水刺激における生理的・心理的反応に与える影響. *日本色彩学会誌*, 37(1):15-26.
- Hackney, A. C. (2006) Testosterone and human performance: influence of the color red. *Eur J Appl Physiol*, 96:330-333.
- 浜畑 紀(2002)色彩生理心理学. 黎明書房.
- 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.
- 林 志行・古藤高良・稲垣安二・畑誠之介・池田充宏・小宮山伴与志・小沢秀行・加藤幸司・森沢 桂・常田泰弘(1984)色彩とスポーツ(2). 日本体育学会大会号, 35:580.
- 林 志行・古藤高良・稲垣安二・宮下 節・武井光彦・畑誠之介・池田充宏・角田泰造(1985)色彩とスポーツ(3). 日本体育学会大会号, 36:739.
- 光川眞壽(2018)スポーツ科学敏捷性を測る <http://hs.ch.tyg.jp/0010.html> (最終アクセス:2018年7月29日).
- 光と色と(2012)視覚が生じる仕組み 2009年10月20日 <http://optica.cocolog-nifty.com/blog/2009/10/post-b11a.html> (最終アクセス:2018年6月21日).
- Hill, R. A., and Barton, R. A. (2005) Psychology: Red enhances human performance in contests. *Nature*, 435:293.
- Ilie, A., Ioan, S., Zagrean, L., and Moldovan, M. (2007) Better to be red than blue in virtual competition. *Cyber Psychology and Behavior*, 11(3):375-377.
- 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.
- Ioan, S., Saudulache, M., Avramescu, S., Ilie, A., Neacsu, A., Zagrean, L., and Moldovan, M. (2007) Red is a distractor for men in competition. *Evolution and Human Behavior*, 28:285-293.
- 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.
- 石垣尚男(1992)スポーツと眼. 大修館書店.
- 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.
- James, W. T., and Domingos, W. R. (1953) The effect of color shock on motor performance and tremor. *The Journal of General Psychology*, 48:187-193.
- 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.
- 金子公宥(1982)スポーツ・バイオメカニクス入門. 杏林書院.
- 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)新版生活の色彩学. 朝倉書店.
- K. マイネル・G. シュナーベル・錦引勝美訳(1991)動作学—スポーツ運動学. 新体育社.
- K. マイネル・金子明友訳(2013)マイネルスポーツ運動学. 大修館書店.
- Konica Minolta(2018)物体色と光源色の違いについて <https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section5/17.html> (最終アクセス:2018年6月7日).

- 古藤高良・笹原成元・伊予田康雄・武井光彦・林 志行・畑誠之介・池田充弘・西川京子(1985) 色彩が運動選手の心理評価に及ぼす影響に関する基礎的研究(その 1). 大学体育研究, 7:127-136.
- 古藤高良・笹原成元・武井光彦・林 志行・畑誠之介・池田充弘(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). 体育科学系紀要, 8:77-83.
- 久保博子・井上容子(2008)有彩色光照明の生理的・心理的影響. 照明学会誌, 92(9):645-649.
- 草深直臣・芝田徳造・水田勝博(1986)現代・スポーツ・科学. 文理閣.
- 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.
- 松田岩男・杉原 隆(1987)新版運動心理学入門. 大修館書店.
- 松田隆夫・高橋晋也・宮田久美子・松田博子(2014)色と色彩の心理学. 培風館.
- 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.
- 松本英恵(2016)黒の服は反則を取られやすい?スポーツと色の深い関係 2016年8月3日 <https://allabout.co.jp/gm/gc/465050/> (最終アクセス:2016年11月7日).
- 光貞美香・大草知子(2017)室内照度が高齢者の食欲に与える影響の検討. 心の諸問題論叢, 15(1):1-12.
- 宮村実晴(2001)新運動生理学(上巻). 真興交易(株)医書出版部.
- 宮村実晴(2001)新運動生理学(下巻). 真興交易(株)医書出版部.
- 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.
- 永田 晟(1983)からだ・運動の科学. 朝倉商店.
- 永留英美・大井尚行・高橋浩伸(2011)壁面色が時間計測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.
- 中山正吉・大谷和寿・渡辺悦男(1990)人間の運動と健康. 不昧堂出版.
- Nakshian, J. S. (1964)The effects of red and green surroundings on behavior. *The Journal of General Psychology*, 70:143-161.
- 成瀬九美・内山明子・平井タカネ(1996)色彩イメージが身体運動に及ぼす影響:歩行動作を課題として. 日本体育学会大会号, 47:214.
- 名取礼二・永田 晟・中野昭一・梅本二郎・増田 允・遊佐清有(1983)健康・体力づくりハンドブック. 大修館書店.
- 日本色研(2007)いろのはなし <http://www.sikiken.co.jp/colors/colors01.html> (最終アクセス:2018年7月2日).
- 日本色彩学会(2009)視覚情報基礎研究会のお知らせ 2009年3月23日 http://www.color-science.jp/bbs/sig_shikaku/200903.html (最終アクセス:2014年11月27日).
- 野村順一(1994)色の秘密. 文芸春秋.

- 野村順一(1996)色彩生命論. 住宅新報社.
- 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.
- 大森重宜(1993)青色グラデーショントラックの色彩が競技者に与える影響. 星稜論苑, 17:167-174.
- 大山 正・齋藤美穂(2009)色彩学入門. 東京大学出版社.
- 大山良徳・小西博喜(1983)発育発達と体力づくり. 三和書房.
- Pressey, S. L. (1921) The influence of color upon mental and motor efficiency. *The American Journal of Psychology*, 32(3):326-356.
- リチャード・A. シュミット・調枝孝治(2012)運動学習とパフォーマンス. 大修館書店.
- 齋藤勝裕(2010)光と色彩の科学. 講談社.
- 酒井医療(2018)筋電図から得られる情報
<https://www.sakaimed.co.jp/knowledge/surface-electromyogram/basic/basic03/> (最終アクセス:2018年7月29日).
- 佐藤雅幸(2010)わかりやすいスポーツ心理学. 文化書房博文社.
- 佐藤祐造・大野秀樹・山本 親(1990)ランナーのエネルギーと持久力. 杏林書院.
- 石路・勝浦哲夫・下村義弘・岩永光一(2008)身体運動時の光源色温度がヒトの生理機能と主観評価に与える影響. 人間と生活環境, 15(2):55-61.
- 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.
- 末永蒼生(2001)自分を活かす色癒す色. 東洋経済新報社.
- 杉本 賢(1980)照明環境要素の生体への影響に関する研究:照度と生理的負担の関係(その1). 照明学会雑誌, 64(4):178-182.
- 杉本 賢(1981)照明環境要素の生体への影響に関する研究:照度と生理的負担の関係(その2). 照明学会雑誌, 65(4):171-175.
- 高橋 洋・鶴巻俊江・山名隆芳・高田 裕(2007)弱視者の立位バランスの特徴. 筑波技術大学テクノレポート, 14:165-168.
- 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.
- 玉木伸和(2000)からだと運動の科学. 学術図書出版社.
- 富樫健二・秋間 広・石井好二郎・大槻 毅・片山敬章・河合美香・川田祐樹・今 有礼・高橋英幸・滝澤一騎・西島 壮・前田清司・膳法亜沙子・山口太一(2016)スポーツ生理学. 化学同人.

- 筑波大学健康スポーツ教育専門部会(1999)健康スポーツの科学. 大修館書店.
- 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, 27:5.
- 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.
- 張禎・邵建雄・湯海鵬(2015)色彩環境の変化が走行運動の心拍数に及ぼす影響. 人間発達学研究, 6:51-56.
- 張禎・邵建雄・湯海鵬(2017)色彩環境が身体運動能力に及ぼす影響—昼光色LEDと赤色LEDとの比較—. 日本色彩学会誌, 41(3):85-90.