

# 探索時間法を用いたスポーツウェアにおける 色の視認性評価

大阪樟蔭女子大学 小林 政 司  
(共同研究者) 同 藤 本 純 子  
大阪教育大学 岡 本 幾 子

## Evaluation of Visual Attraction and Visibility of Sports Wear by Searching Time Method

by

Masashi Kobayashi, Junko Fujimoto  
*Osaka Shoin Women's University*  
Ikuko Okamoto  
*Osaka Kyoiku University*

### ABSTRACT

The color effects, such as eye catching or visibility, of soccer uniforms were investigated by using a personal computer system as a stimulation presentation device in the experiment. Moreover, the eye movement while searching operation was analyzed with the eye mark recorder.

The results obtained were;

The shortest average time required to search was obtained by yellow uniform model, and it was followed in order of white, red, purple, gray, black, blue, and green. The difference yellow and green was about 200 ms. In the analysis of color combination, however, no large difference was investigated except for the combination of the white-red and gray-blue in the 5 % critical rate.

On the other hand, the eye movement pattern in the searching operation was different depending on the subject, and when the correct answer was not able to be discovered,

the appearance of a certain kind of panic was observed. It differs from the result of the previous experiment, but the possibility for the color of the uniform to influence is left at panic times.

## 要 旨

スポーツウェアなどの被服の視認性評価については、心理物理量としての客観的な評価方法、特にダイナミックな条件下での評価方法は確立されておらず、被服設計段階においては多くの場合、経験則や静的条件で導かれた配色に依存している状況にある。筆者らは、これまでに迷彩柄など低視認性条件下で、探索時間を指標にした評価方法を提案している<sup>1)</sup>。今回の研究では、この手法をスポーツウェアにおける色、柄の視認性評価に応用することを試みた。また、その結果として次のような結論を得た。

ユニフォームの色彩の効果は特定の色彩の組み合わせで認められるが、ウェアの面積、形状、また背景色なども大きく影響するので、色彩のみが試合中の優位性の決定要因とは言い難いであろう。また、特定の競技においては、赤が有利との報告もあるが、誘目性、視認性といった観点からは、そのほかに白や黄といった色彩の優位性にも注目が必要であるといえる。

一方、眼球運動の解析からは、順調に味方を探索できた場合の平常状態と見方を見失った場合のパニック状態の大きく2種の状況が存在し、ある種のパニック状態に陥ったときにはユニフォームの色彩が大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。

## 緒 言

被服色彩の視認性は、日常生活、災害時およびサイクリングやウォーキング、ハイキングや登山といったスポーツにおいて、安全や人命救

助等の面で重視される要件のひとつである。また、チームスポーツにおいては味方探索、プロフェッショナルスポーツにおいては広告宣伝効果などとも関連し、高視認性が不可欠な要素となる。一方、ハンティング、フィッシングやシューティングゲームなどのように、隠蔽の効果を上げるため逆に低視認性が求められる場合もある。

その中で様々なチームスポーツに用いられるスポーツユニフォームは、本来所属チームの区別のために着用されるもので、各競技の競技規則においては審判との区別やポジションによる区別に加え、安全性や運動機能などにも配慮してその仕様等が定められている<sup>2,3)</sup>。ただし、他の服装と同様にファッション性の観点や、プロスポーツにおいてはスポンサーのPRといった観点から様々な色彩、柄が用いられるとともに、例えばプリント技術の進歩から近年になってグラデーション柄が取り入れられる<sup>4)</sup>などその多様化が進んでいる。

一方、色彩には様々な心理的效果が期待でき、国際競技大会でのナショナルチームのユニフォームなどは国家を挙げての団結意識の向上などにも役立っているものと考えられる。また、格闘技、チームスポーツともに赤色ウェアの着用が勝敗に有利に働くという統計学的な研究結果も複数見受けられる<sup>5-8)</sup>。色彩には誘目性や視認性の向上といった心理的效果もあり、これらに着目したユニフォームの評価にも興味深いものがある。

そこで本報告では、これまで行ってきた「ファッションカラーコーディネーションに関する研究」<sup>9-13)</sup>の一環として、世界的にポピュラー

なチームスポーツであるサッカーを取り上げ、ユニフォームの色を変化させながら自分の味方を発見するまでの早さや正確さを計測し、どのユニフォームの色が瞬時の発見に有利か、すなわち誘目性や視認性が高いかに関して調査を行った。また今回実験では刺激提示装置としてパーソナルコンピュータを使用することとし、アイマークレコーダにより、こうした動作時の眼球運動も解析した。

## 1. 実験方法

### 1.1 実験の概要

ここで提案する視認性の評価方法は、刺激提示、反応測定にパーソナルコンピュータシステムを利用するものである。縦横3分割、9領域に分割した静止デジタル画像を刺激とし、その中央に探索対象の指示画像、周囲に1枚の探索対象画像と7枚のダミー画像を表示して、探索開始指示後、被験者が周囲8枚の画像から探索対象の画像を見出し回答操作を完了するまでの時間を計測し、これを視認性の指標とする。しかしながら、被服モデルや背景の選定によっては探索時間が極端に短くなり有意差が出難いなど、高視認性の評価には十分な精度を得難い面がある。

今回は、この評価方法をさらに進展させ、より不偏的な条件での視認性の評価方法も提案する。これには背景や被服モデルの選定など刺激画像およびその提示方法の工夫、タッチパネルやレバー（スティック）などの応用による操作システムの改善などが検討課題となる。

### 1.2 モデルと刺激画像の設定

人体モデルは、3DCGソフトウェアPoser 6 (e frontier) を用い、同ソフトウェアに付属する成人男子の素体 (James, 図1) に、サッカーのユニフォーム<sup>3)</sup> を連想させる半袖Tシャツ、ショー

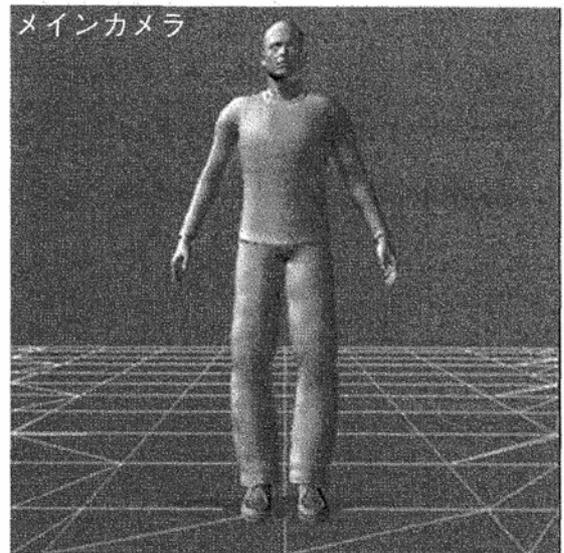


図1 3D data used as model base (James)

トパンツ、ハイソックス、シューズを同ソフトウェアに付属のデータから選択し、組み合わせて作成した。肌の色は肌色カラーカード (日本色研事業) のなかから標準的なN-II (5.0YR 7/4) を使用し、ウェアの色はマンセルの基本5色相、赤 (5R 4/14)、黄 (5Y 8/15)、緑 (5G 5/11)、青 (5B 5/11)、紫 (5P 4/12) と無彩色の黒 (N1.5)、灰 (N5)、白 (N9.5) を加えた合計8色を使用した。なおこれらの色彩は、使用する刺激提示装置、今回の場合はコンピュータディスプレイ (SHARP PC-32MD3) の表示三原色を色彩輝度計 (KONICA MINOLTA CS-100A) で実測して得た補正式を用いて厳密に再現した<sup>13)</sup>。

刺激の背景は図2に示すように、芝生の実画像をインターネットからダウンロードし、画像処理ソフトウェアPhotoshop CS6 (adobe) を用いて、平均色調を黄緑 (5GY 7/12) に調整して用いることとした。

以上を組み合わせで作成した単独の人体モデルのパネルを図3に示した。さらにこのモデルにポーズを付与し、もう一体別のモデルにも他のユニフォーム色とポーズを付与して組み合わせることで、図4に示すような探索対象となる刺激パネルを構成する。ここで用いたポーズデー

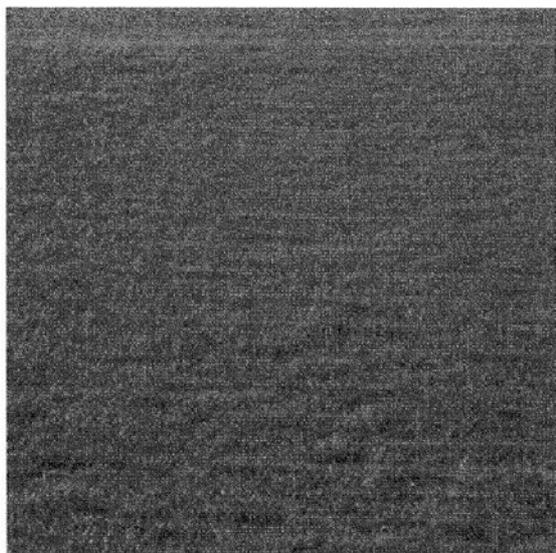


図2 Photographic data used as background

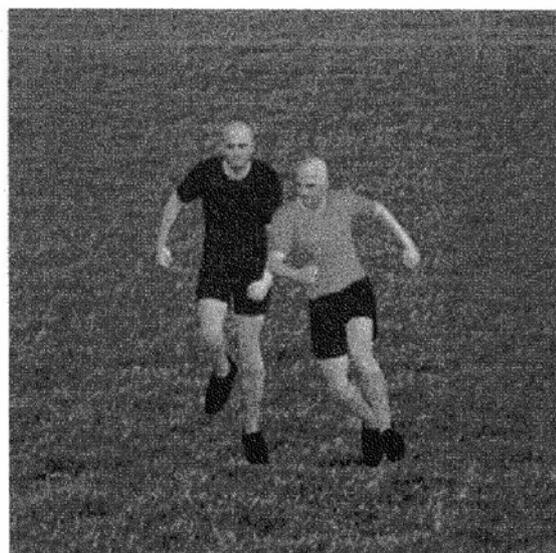


図4 Couple model used as searching stimulus

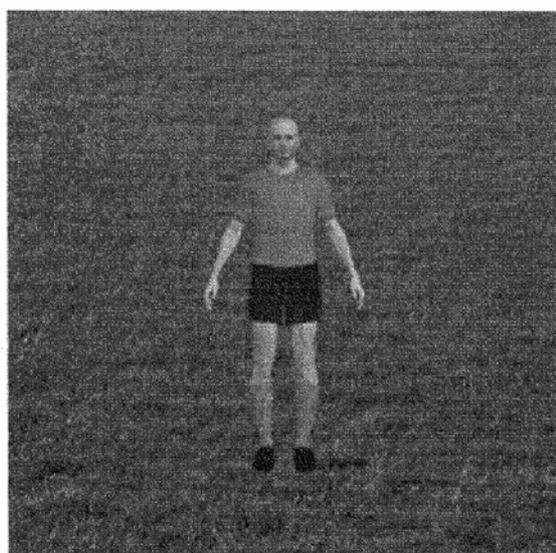


図3 Solo model used as standard stimulus

タもソフトウェアに付属のものから、サッカーの試合を想定した場面にふさわしいものを2ポーズ選択して使用した。なお、2体の距離は人体の重心と考えられる臍（へそ）の位置で身長 $\frac{1}{4}$ に設定した。

以上のように作成したポーズの異なる2体のモデルを様々に組み合わせることで、探索対象となる刺激パネルは特定の2色のユニフォームの組み合わせでポーズと前後関係が異なる8種を作成することが出来る。(図5) さらにこれらを組み合わせて、図6に示すような被験者提示用の刺激画像を作成した。ここでは中央に単独

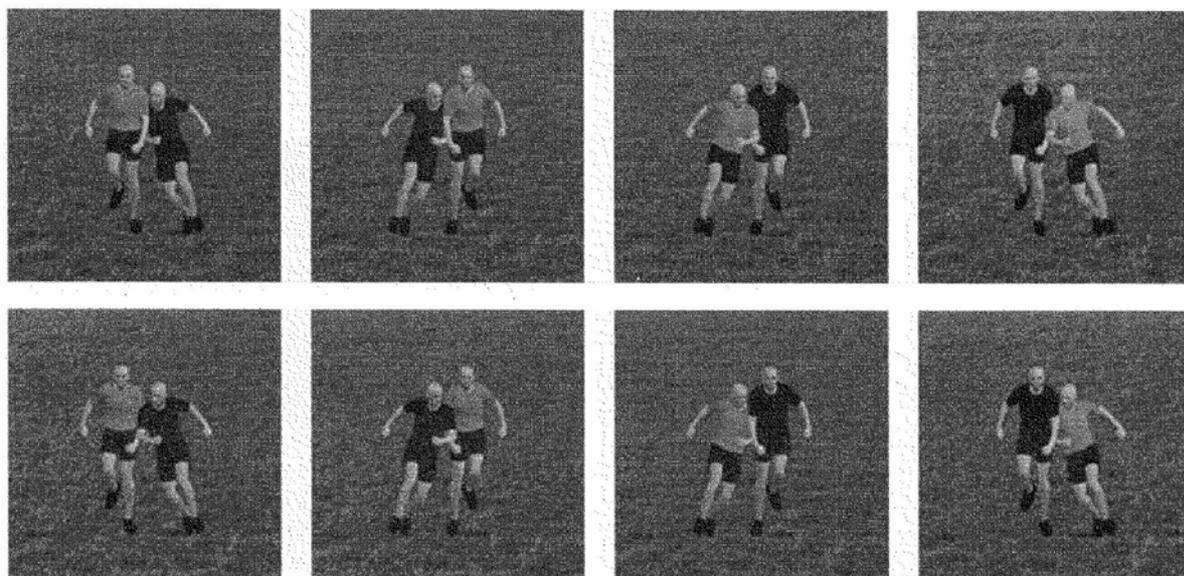


図5 Stimulus variation

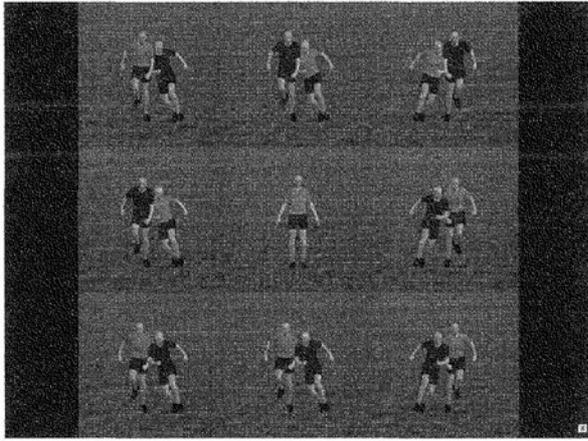


図6 Stimulus used for experiment

人体モデルのパネルを配してこれを標準刺激（探索対象指示画像）とし、その周囲に8種の探索用刺激となるパネルを配するが、このパネルのうち1枚のみが標準刺激のモデルが着用するユニフォームと同じ色のユニフォームを着用したモデルが前方に位置するように組み合わせられたパネルとなっている。

### 1.3 実験環境、装置およびプログラム

実験は図7のような暗室状態のブースを作りこの中に被験者が一人ずつ入り、Visual Basic (Microsoft) で作成したプログラムにより制御されるコンピュータ画像を見ながら行う。ディスプレイの中心と被験者の眼球との距離は  $100 \pm 5\text{cm}$  である。

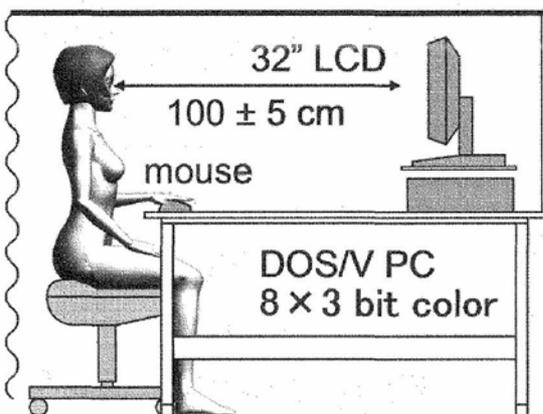


図7 Illustration of experimental

刺激画像は、先述のように人体モデルを組み合わせて、画面中央部を9分割し、中央に1体、その周囲の8箇所にも2体のモデルのパネルを組み合わせて配置することで構成した。被験者（女子大学2～4年生、 $n=30$ ）は、中央に配置された標準刺激のモデルが着ているユニフォームと同じ色のものを着用しているモデルが前方にいる組み合わせを、周囲の8枚のパネルからできるだけ早く探索し、回答操作（マウスのクリック操作）を行う。

実験用のプログラムでは、最初に初期画面（図8）を提示し、スタートアイコンのクリックによる実験開始とともに画面中央に黒色の正方形を配置した挿入用画面（図9）を提示する。この正方形の部分をクリックすると探索用の刺激画像

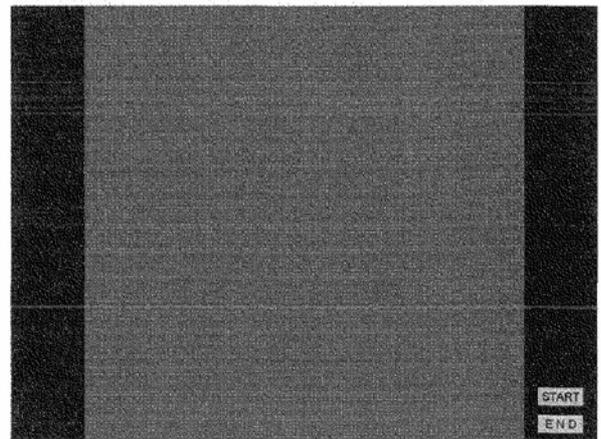


図8 Starting picture

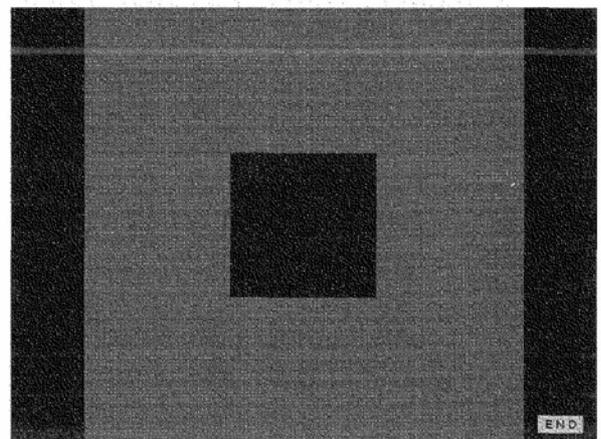


図9 Inserted picture

(図6) が提示される。被験者が探索を行い正しい回答動作を行うと再度挿入用画面が提示される。これにより各刺激の提示前にマウスなど入力装置の位置を中央に戻す操作(初期化)を行うことになる。なお、探索用の刺激画像提示から、正解の回答操作までの時間を自動計測する機能をプログラムに組み込み、この時間を実験結果とする。(実験Ⅰ、探索時間)

同時に、コンピュータ画面と被験者との間に非接触/無拘束方式アイマークレコーダ(nac Image Technology, VOXER, 図10)の検出器(図11)を設置して、実験を行うとともに、その際の眼球運動を解析した。(実験Ⅱ、眼球運動)このアイマークレコーダシステムでは、3台のカ

メラを水平に配置した検出器が応用されており、左右のカメラで頭部の運動を把握し、そのデータをもとに中央の可動式カメラを操作して被験者の眼球(光彩)に照準を当て刺激画面上の視点の位置を連続的に記録する。データとしては、1/30s ごとの視点位置が記録されるが、DV App, EMR dFactory といった専用の解析プログラムで様々なデータ処理が可能である。

#### 1.4 実験環境, 装置の新たな提案

さらに現状では予備実験の段階であるが、頭部装着型のディスプレイ(Sony HMZ-T1, 図12)を刺激提示装置として用いることで実験環境の安定化を実現とともに、スティック型入力装置

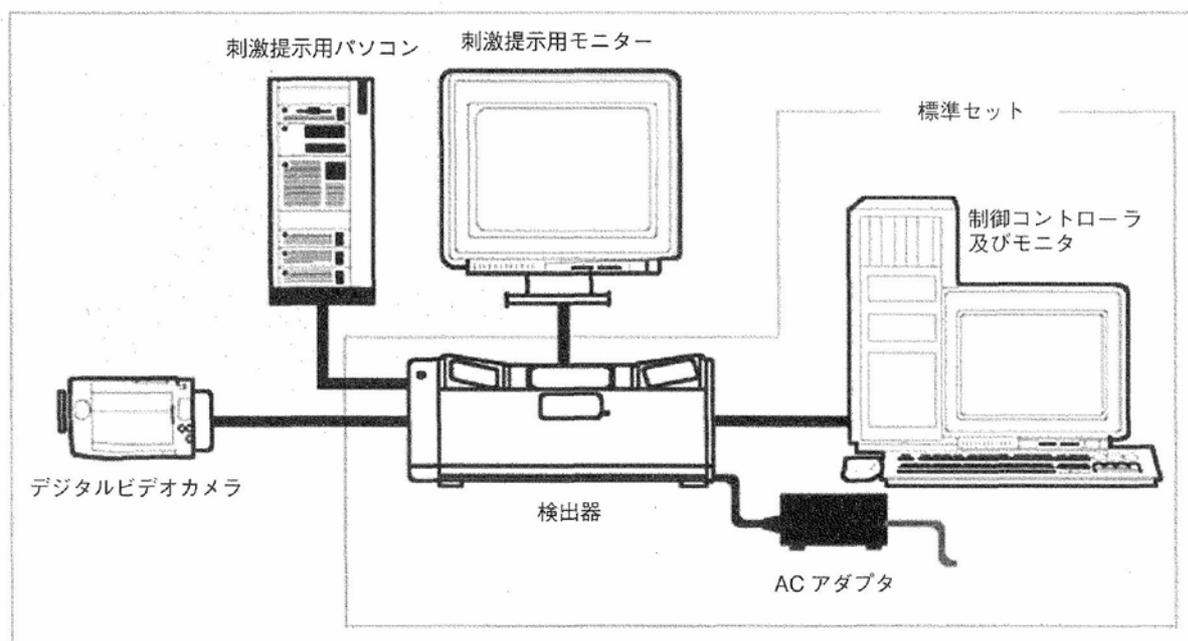


図10 System of eye mark recorder (EMR)

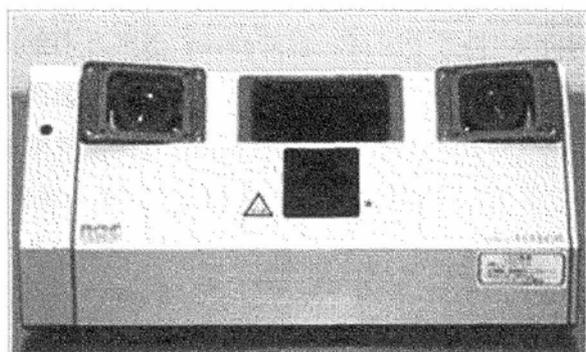


図11 Camera unit of EMR

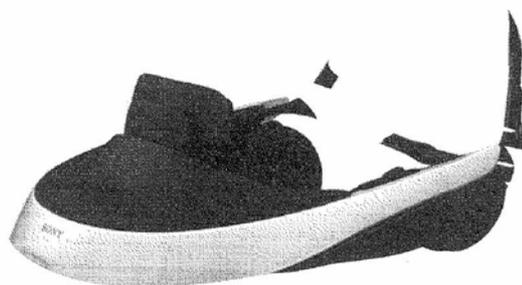


図12 Head mount display (Sony HMZ-T1)

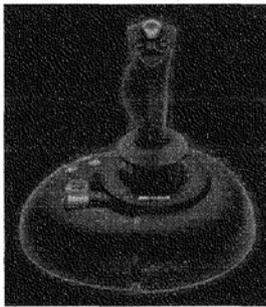


図13 Joystick (Microsoft Side Winder)

(Microsoft Side Winder Force Feedback 2 Joystick, 図13)の導入により探索時の操作性の向上を図ることを試行しており, 今後の研究では, 結果の精度を向上させることが期待される. ここでは, 提案としてその概要のみを述べる.

頭部装着型ディスプレイは, ゴーグル形状の本体内に左右両眼に対応した0.7 inchのHD(High Density)有機EL(Electro Luminescence)パネルが設けられており, これを目隠しの様に頭部に装着する. 現状の方法では, 刺激提示環境の安定化を図るため遮光の必要があり, 同時に十分な視野を確保するためには, 実験環境全体を暗幕やブースで覆い暗室化する必要があるが, 新たな方法ではパネル以外の視野が制限されるためその必要がなくなる. また至近距離におかれたパネルにより, 大きな視野角(約45°)を確保することが可能で, 仮想視距離20mで高さ9.3m程度の仮想画面サイズにおよぶ映像空間を確保することができる. また, 左右両眼に独立したHDパネルを持つデュアルパネル方式により, 将来的には3D映像を刺激画像とすることも可能である.

また, スティック型入力装置は, レバー, トリガー, ボタンなどを装備しており, マウス操作におけるポインティング, クリック操作を代替するとともに, 迅速性において有利な操作を可能とする.

さらに, 刺激画像においては背景の不偏化の

ため, 図14に示すような迷彩柄の応用<sup>13)</sup>なども検討の余地があるものと考える.

## 2. 結果および考察

### 2.1 実験I(探索時間)

実験Iの結果の一例を図15に示した. ここでは各色ごとに, 探索時間の平均値を示しているが, おおよそ2s強の値を示し, 順位は白, 黄, 赤, 紫, 灰, 黒, 青, 緑の順に長くなる傾向にある. また黄と緑の差は約200msだった. 一般的に言われている膨張色の白, 黄, 赤が探索時間が短く



図14 Stimulus with camouflage background

有利で, 収縮色と言われている黒, 青, 緑は逆に探索時間が長くなり不利であるという結果となった. また, 一般的に誘目性の高いとされる赤や黄などの暖色系や, 明度の高い白が上位となる結果となった. 緑の探索時間が最も大きい理由の一つとしては, 背景画像の芝生との色差が小さいことがあげられる. 同様に背景画像と明度の似通った無彩色である灰色も探索時間が長くなった. 背景色と明度差, 彩度差がある場合, 誘目性が高くなり, 明度差, 彩度差が少ないと背景との境界が不明確となり, 誘目性が低くなる. したがって今回の実験の場合も, 探索時間には, 色の明度, 彩度が関係し, さらに背景色が探索

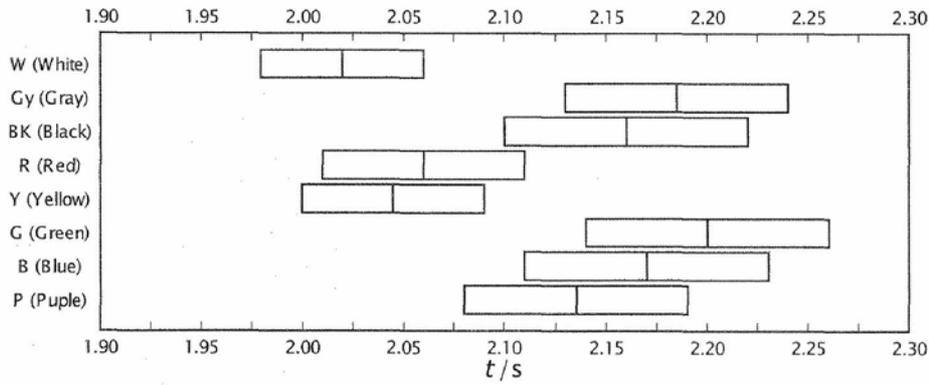


図15 Results of Experiments I (Each color)

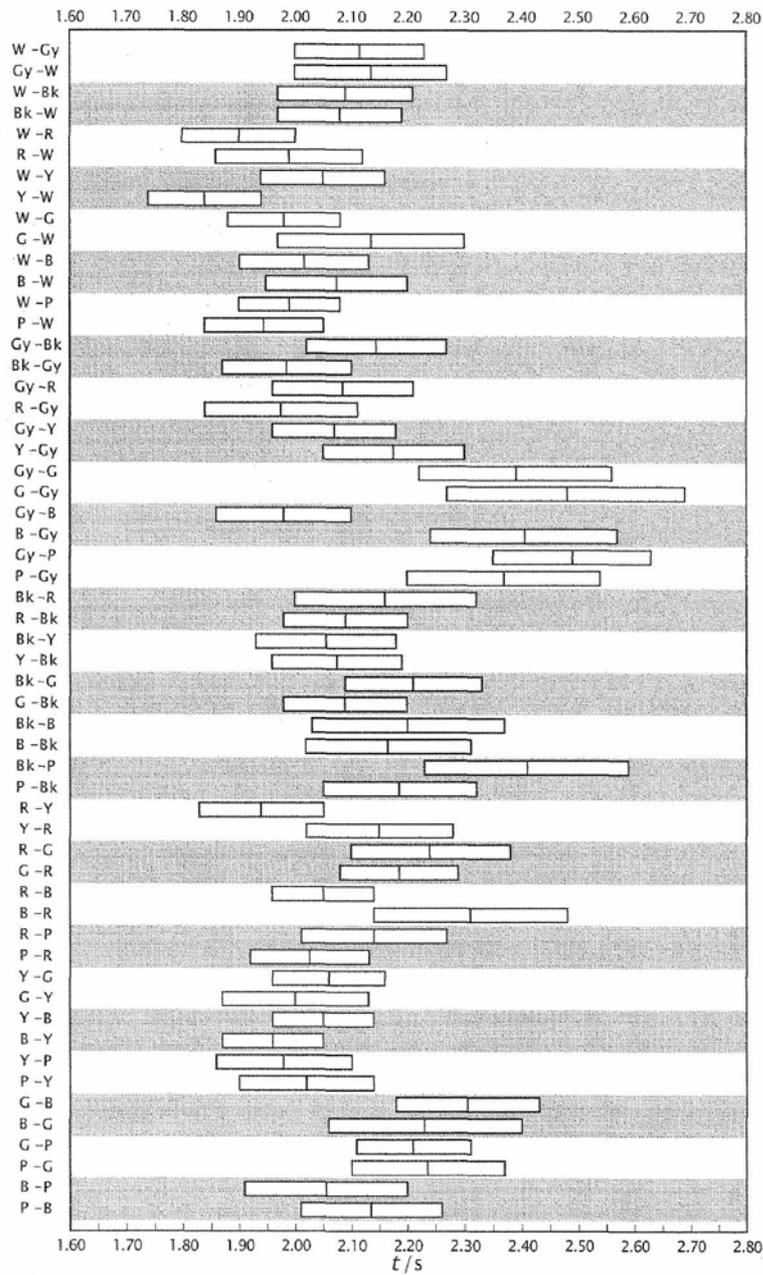


図16 Results of Experiments I (color combination, front-back)

時間に影響を及ぼすと考えられる。

一方、各色の組み合わせごとに集計した結果

を図16に示した。また、差の検定を行ったところ、

白と黄の組み合わせ、灰と青の組み合わせ

および赤と青の組み合わせに危険率5%で有意差が認められた。ここでは、前方が黄、後方が白の組み合わせは、前方が白、後方が黄の組み合わせより探索時間が短く、前方が灰、後方が青の組み合わせは、前方が青、後方が灰の組み合わせより探索時間が短い、また前方が赤、後方が青の組み合わせは、前方が青、後方が赤の組み合わせより探索時間が短いという結果になった。ただし、他の組み合わせでは、緑、灰、黒といった色との組み合わせで、こうした色彩の探索時間が大きくなっている傾向が認められるものの、同じ組み合わせでの探索時間に優位差は認められなかった。

ここで興味深いのは、先の単色での結果において視認性（あるいは誘目性）が高いと考えられる色と視認性が低いと考えられる色の組み合わせだけで必ずしも有意差が認められるのではなく、白と黄のように視認性の高いもの同士、灰と青のように視認性の低いもの同士の組み合わせでも有意差が認められる場合が存在することである。実際の競技においては、単純に自チームのユニフォームの視認性を高めることだけでなく、敵味方両チームのユニフォーム色の組み合わせを考慮する必要があることを示唆するものと考えられる。

## 2.2 実験Ⅱ（眼球運動）

一方、眼球運動については、実験開始直後には被験者により異なる探索のパターンが見出されたが、実験が進むと特定の位置から周辺の刺激を順次周回するように視線を移す（図17, A）か、左右に視線を動かしながら順次上下方向に視線を移動させるなどし、ある種の学習効果の存在が示唆された。なお、各パネル内ではそれぞれのモデルが交差する部分を集中的に観察する様子が伺えた。

そして、一通り周囲のモデルを探索した時点

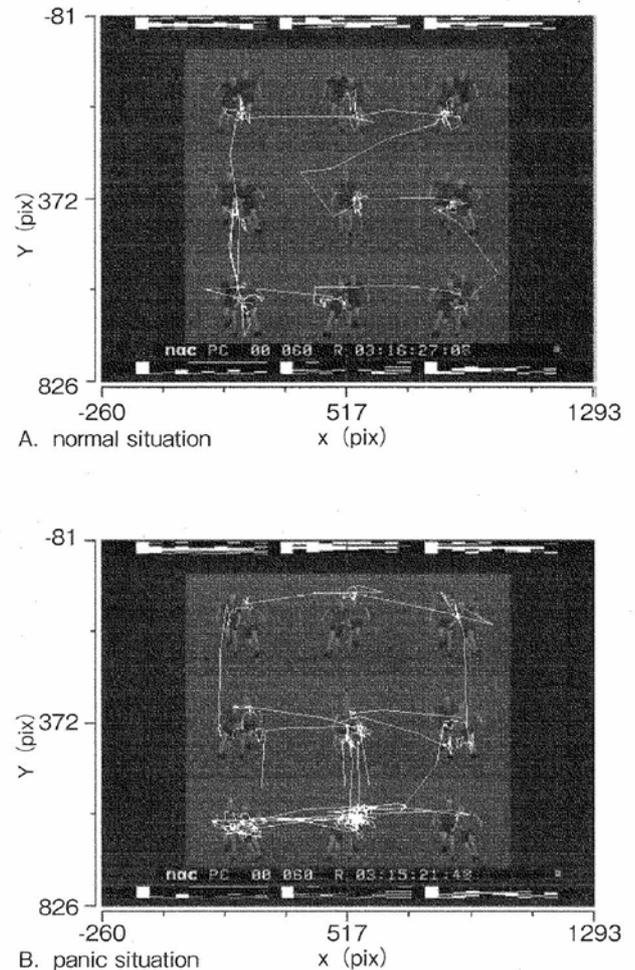


図17 Results of Experiments II  
(locus of viewpoint movement)

で正解を発見できないときには、視線の移動が不安定になり、ある種のパニックに陥る様子が観察された。（図17, B）こうしたときには、先の実験の結果以上に、ユニフォームの色彩が大きく影響を及ぼす可能性が残される。

チームスポーツにおいては、その練習時にフォーメーションプレイが多く組み込まれているが、こうした訓練は実戦時の不安定性を低減し、ユニフォームの色彩などの影響を小さくする効果も期待できる。しかし、フォーメーションが崩れるなど突発的な状況で、視覚的に味方を探索する必要に陥った場合などには、ユニフォームの色彩の誘目性や視認性といったものへの依存が大きくなることが予想される。



図18 Example of WEB page

### 3. まとめ

ユニフォームの色彩の効果は特定の色彩の組み合わせで認められるが、ウェアの面積、形状、また背景色なども大きく影響するので、色彩のみが試合中の優位性の決定要因とは言い難いであろう。また、特定の競技においては、赤が有利との報告もあるが、誘目性、視認性といった観点からは、そのほかに白や黄といった色彩の優位性にも注目が必要であるといえる。

一方、眼球運動の解析からは、順調に味方を探索できた場合の平常状態と見方を見失った場合のパニック状態の大きく2種の状況が存在し、ある種のパニック状態に陥ったときにはユニフォームの色彩が大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。

なお、刺激提示、回答入力に要する装置等の改善に関しては、現状では予備実験段階であるが、その成果は今後の研究で、結果の精度を向上させることが期待される。

また、一般に公開されているインターネット上のウェブページには、手軽にユニフォームのカラーシミュレーションを実現できるものも

ある(図18)<sup>14)</sup>。単に、配色調和を確認するだけでなく、今回の結果をもとに試合に有利になる色彩の使用などもデザインの要素として組み入れることが提案できるのではないだろうか。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心より感謝申し上げます。また、大阪樟蔭女子大学の学生諸姉には、実験上の様々な協力を得たので、ここに記して謝意を表します。

### 文献

- 1) 小林政司, 岡本幾子: 被服に用いられる迷彩柄の隠蔽効果に関する研究-反応時間による視認性評価-, 繊維製品消費科学, 46 [10], 637-645 (2005)
- 2) 日本プロフェッショナル野球組織など: 公認野球規則 2012, 1・11 ユニフォーム, ベースボールマガジン社(2012)
- 3) 国際サッカー評議会: サッカー競技規則 2012/2013, 第4条 競技者の用具, 国際サッカー連盟, 日本サッカー協会(2012)
- 4) デサント: Baseball 2012 Catalogue, ライトコンポ,

170-171 (2012)

- 5) Hill R. A. and Barton R. A.: Red enhances human performance in contests, *Nature*, **435**, 293 (2005)
- 6) Elliot A. J., Maier M. A., Moller A. C., and Friedman R.: Color and psychological functioning: The effect of red on performance attainment, *J. Experimental Psychology: General*, **136** [1], 154-168 (2007)
- 7) Attrill M. J., Gresty K. A., Hill R. A., and Barton R. A.: Red shirt colour is associated with long-term team success in English football, *J. Sports Sciences*, **26** [6], 577-582 (2008)
- 8) Hagemann N., Strauss B., and Leibing J.: When the referee sees red ..., *Psychological Science*, **19** [8], 769 (2008)
- 9) 小林政司: ファッションカラーコーディネーションに関する研究 -ヘアカラーマッチング試験用標準顔モデルのデザイン-, 大阪樟蔭女子大学論集, **44**, 69-79 (2007)
- 10) 小林政司, 吉村明代, 宮里紗織: ファッションカラーコーディネーションに関する研究 -肌色の warm-cool 感に関して-, 大阪樟蔭女子大学論集, **42**, 145-151 (2005)
- 11) 小林政司, 吉村明代: ファッションカラーコーディネーションに関する研究 -被服色彩としての背景色の影響-, 大阪樟蔭女子大学論集, **41**, 151-160 (2004)
- 12) 小林政司: ファッションカラーコーディネーションに関する研究 -理想の肌色は存在するのかわ-, 大阪樟蔭女子大学論集, **40**, 119-127 (2003)
- 13) 小林政司: 被服分野における色彩計画に関する研究 -肌および口紅の色彩の warm-cool 感とマッチング-, 繊維製品消費科学, **46** [8], 509-517 (2005)
- 14) デサント: UMBRO Custom order, <https://custom.umbro-jp.com/>