

# 色彩感覚の数量化に基づくスポーツウェア デザイン支援システム開発の試み

京都工芸繊維大学 佐藤 哲也  
(共同研究者) 同 森本 一成  
同 梶原 莞爾  
同 黒川 隆夫

## Development of Sportswear Design Assisted System Based on Numerical Expression of Colour Emotion

by

Tetsuya Sato, Kazunari Morimoto,  
Kanji Kajiwara, Takao Kurokawa  
*Kyoto Institute of Technology*

### ABSTRACT

Colour is important for sportswear design. In order to know how customers assess the colour of sportswear, we obtained many *kansei* words for assessing the colours of sportswear through questionnaires. We selected 32 words as opponent word pairs from the *kansei* words, which represent "Beautiful - Dirty", "Braced - Relax", "Clean - Not clean", "Deep - Pale", "Easy to move - Stiff to move", "Fast - Slow", "Gaudy - Plain", "Hot - Cool", "Heavy - Light", "Light - Dark", "Refreshing - Dull", "Refined - Not refined", "Settling - Exciting", "Striking - Subdued", "Strong - Weak" and "Youngish - Oldish" feelings.

We have examined to analyse quantitatively the feelings of colour in terms of colorimetric values. With the results of comparison between visual assessments and

CIELAB values, the following empirical formula was derived to represent the feelings of colour.

$$CE = [ \{k_L(L^* - L^*_o)\}^2 + \{k_A(a^* - a^*_o)\}^2 + \{k_B(b^* - b^*_o)\}^2 ]^{1/2} + K_M$$

Where,

CE : Prediction value of the colour emotion

L\* : CIELAB metric lightness

C\* : CIELAB metric chroma

L\*<sub>o</sub>, a\*<sub>o</sub>, b\*<sub>o</sub> : CIELAB L\*, a\* and b\*, when the colour emotion percent is minimum

k<sub>L</sub> : Constant of the contribution of CIELAB L\* for the colour emotion

k<sub>A</sub> : Constant of the contribution of CIELAB a\* for the colour emotion

k<sub>B</sub> : Constant of the contribution of CIELAB b\* for the colour emotion

k<sub>M</sub> : Constant for the scaling of the colour emotion

We also tried to develop a sportswear design assisted system based on the numerical expression of colour emotion. We suggested an interface model to show a colour emotion diagram based on the visual assessments on a computer display, and discussed about the application of the system.

## 要 旨

スポーツウェアの色彩評価を前提に、消費者がスポーツウェアの色彩をどのように評価しているかについて数量化する試みを行った。最初に、スポーツウェアの色彩を評価する上でどのようなカラーイメージ語が使用されるのかを調べるために、スポーツウェアの色彩評価に使用される感性語（カラーイメージ語）を収集した。その中から重要と思われるカラーイメージ語を16種のカラーイメージ語対として選択し、カラーイメージの程度を色空間内のある一点からの距離と捉え、CIELAB表色値からカラーイメージを評価するモデル評価式を導いた。そして、得られたモデル評価式を用いて等カラーイメージラインをCIELAB色空間に展開し、カラーイメージの測色

学的特徴について検討した。これにより、カラーイメージを測色手法を用いて計測評価でき、また、数値になることで数量的に扱うことができるようになった。さらに、カラーイメージを既存の表色系を用いて表現するのではなく、人間の感覚量によって直接的に表現すべきと考え、数量化した感覚軸を用いた色彩感情空間について考察した。そして、マルチメディア環境下でのカラーデザインに応用することを目的として、スポーツウェアデザイン支援システムの開発への可能性を模索し、実際に基本システムを構築した。

## 緒 言

近年、コンピュータの進歩に伴って、我々の生活環境は急速にマルチメディア環境となり、色、形、音などが簡単に伝達できるようになってきて

いる。色だけをとってみても、このマルチメディア環境下での忠実な色再現や色の出し得る範囲の拡大などに関しては、ハードウェアの部分の開発や改良を目指した研究が盛んに行われている。しかし、使い手は人間であるにもかかわらず人間の感覚の部分、すなわちソフト的な部分取り残されており、人間の感覚そのものの伝達はできない。ここで、人間の感覚を数量化することができれば、客観的に人間の感覚量を扱うことができ、感性データベースとしてマルチメディア環境への応用の可能性が出てくる。そして、ユーザーサイドの感覚を考慮した効率的なカラープランニングが期待でき、使い手にとって使いやすいヒューマンインターフェースを持ったシステムの開発ができる可能性もある。

著者らは、この問題に対して、カラーイメージに関する基礎データの収集・解析やその数量化に関する研究を行ってきている<sup>1-8)</sup>。本研究では、スポーツウェアの色彩評価を前提に、その色彩評価に用いられる感性語(カラーイメージ語)を収集し、その中から主要なカラーイメージを選択し、個々のカラーイメージについて測色値を用

いる計測評価式として数量化した。またさらに、その結果を基に、マルチメディア環境下でのカラーデザインに応用することを目的として、スポーツウェアデザイン支援システムの開発への可能性を模索し、実際に基本システムの構築を試みた。

## 1. 実験方法

### 1.1 カラーイメージ語の収集

スポーツウェアの色彩を評価する上で、どのようなカラーイメージ語が使用されるのかを調べるために、スポーツウェアにふさわしい色を表現する形容詞と、ふさわしくない色を表現する形容詞を複数回答可で回答してもらったアンケート調査を行った。アンケート回答者は、20歳前後の男子学生112名と、女子学生21名の計133名である。この結果、ふさわしい色を表現するカラーイメージ語として372回答126種類、ふさわしくない色を表現するカラーイメージ語として315回答128種類を収集した。このうち頻度の高かったカラーイメージ語を表1に示す。

本研究で検討するスポーツウェアの色彩評価

表1 Kansei words for assessing colour of sportswear

Kansei word (suitable)	Frequency	Kansei word (unsuitable)	Frequency
Sawayakana	40	Kurai	25
Karui	25	Kitanai	24
Akarui	23	Omoi	24
Suzusii	21	Atsukurushii	11
Seiketsuna	19	Hadena	11
Tsuyoi	19	Yowai	11
Kirei	16	Atsui	9
Kakkoi	13	Dasai	6
Sugasugashii	10	Kebakebashii	6
Ugokiyasui	10	Jimina	5
Medatsu	8	Musakurushii	5
Azayakana	6	Nibui	5
Hayai	6	Usui	5
Hakkiritoshita	5	Kurushii	4
Koi	5	Medatsu	4
Kiyoi	4	Meniwarui	4
Kurai	4	Minikui	4
Ochitsuita	4		
Utsukusii	4		
Wakawakashii	4		

表2 Word pairs for visual assessments used in this study

Symbol	Word pair	Word pair translated in English
BD	Kirei - Kitana	Beautiful - Dirty
BR	Kigahikishimaru - Kigayurumu	Braced - Relax
CN	Seiketsuna - Fuketsuna	Clean - Not clean
DP	Koi - Usui	Deep - Pale
ES	Ugokiyasui - Ugokinikui	Easy to move - Stiff to move
FS	Hayai - Osoi	Fast - Slow
GP	Hadena - Jimina	Gaudy - Plain
HC	Atsui - Suzushii	Hot - Cool
HL	Omoi - Karui	Heavy - Light
LD	Akarui - Kurai	Light - Dark
RD	Sawayakana - Sawayakadenai	Refreshing - Dull
RN	Kakkoi - Kakkowarui	Refined - Not refined
SE	Kigasizumaru - Kigatakaburu	Settling - Exciting
SS	Medatsu - Meadatanai	Striking - Subdued
SW	Tsuyoi - Yowai	Strong - Weak
YO	Wakawakashii - Toshiyorikusai	Youngish - Oldish

のためのカラーイメージ語の選択にあたっては、被験者の選択の頻度が高く、かつ、対語として使用できる言葉、また、一般の人々が容易に認識できることを選択条件とし、近似した表現は一つの対語に集約して16組のカラーイメージ語対を設定した。表2には、設定した16組のカラーイメージ語対と、対応すると考えられる英語ならびに個々のカラーイメージの表記（英語の頭文字）を示す。

### 1. 2 色サンプルと観測条件

色サンプルは、色空間全体にわたるように系統的に用意された114色の研彩館社製ポリエステル染色布を台紙に貼り使用した。色サンプルのサイズは1.5cm×1.2cmである。

視感評価にあたっては、1つの色サンプルのカラーイメージに対して16種のカラーイメージ語対の該当するどちらか一方を選んでもらう2点法によって視感評価を行った。被験者は、20歳前後の男子学生15名と、女子学生15名の計30名である。観測条件は、Machbeth社製The Judge II光源ボックスを用いてD<sub>65</sub>光源下で行い、色サンプルは光源ボックスの背景色とほぼ同色のグレーマスク（L\*=61.4）でおおい周辺の色の影響を少なくした。また、色の出現順による影響も少

なくするように色サンプルの提示順を無作為に決定し、被験者は全員その順番にしたがって判定を行った。また、16種のカラーイメージの判定は、1つの色サンプルに対して同時に判定された。判定データの総数は54,720である。視感評価に用いられた色サンプルはミノルタ社製Spectrophotometer CM-2002によって測色し、CIELAB表色系の三属性であるL\*, C\*, hなどの基本色属性値を算出した。

### 1. 3 得点化

得られた視感評価の結果は、たとえば“明るい-暗い”（LD）の評価の場合、“明るい”を選んだ場合は+1点、“暗い”を選んだ場合は-1点として得点化した。そして、得られた得点の平均を百倍し、+100から-100までの数値をとる対語得点率V<sub>LD</sub>とした。対語得点率の持つ意味は、V<sub>LD</sub>が+100をとるときはすべての被験者が“明るい”と判断した場合であり、V<sub>LD</sub>が-100をとるときはすべての被験者が“暗い”と判断した場合である。また、V<sub>LD</sub>が0をとるときは、被験者の明暗感の判断がちょうど半数に分かれた場合である。この得点化は、114色のサンプルに対する16種のカラーイメージの評価すべてについて行った。算出した対語得点率の総数は

表3 Correlation coefficients between visual assessments

	BD	BR	CN	DP	ES	FS	GP	HC	HL	LD	RD	RN	SE	SS	SW	YO
BD	----	0.287	<b>0.949</b>	-0.499	<b>0.854</b>	<b>0.919</b>	0.713	-0.569	-0.701	<b>0.890</b>	<b>0.920</b>	0.767	-0.427	0.671	-0.242	<b>0.932</b>
BR	0.287	----	0.227	0.469	0.043	0.338	0.421	0.223	0.269	0.064	0.100	0.585	-0.392	0.446	0.705	0.440
CN	<b>0.949</b>	0.227	----	-0.587	<b>0.889</b>	<b>0.925</b>	0.629	-0.672	-0.759	<b>0.859</b>	<b>0.934</b>	0.765	-0.320	0.573	-0.344	<b>0.890</b>
DP	-0.499	0.469	-0.587	----	-0.761	-0.545	-0.042	<b>0.830</b>	<b>0.915</b>	-0.590	-0.646	-0.242	-0.198	0.040	<b>0.912</b>	-0.314
ES	<b>0.854</b>	0.043	<b>0.889</b>	-0.761	----	<b>0.888</b>	0.448	<b>-0.825</b>	<b>-0.881</b>	<b>0.818</b>	<b>0.896</b>	0.660	-0.120	0.372	-0.539	0.740
FS	<b>0.919</b>	0.338	<b>0.925</b>	-0.545	<b>0.888</b>	----	0.627	-0.646	-0.728	<b>0.837</b>	<b>0.886</b>	0.797	-0.333	0.560	-0.268	<b>0.879</b>
GP	0.713	0.421	0.629	-0.042	0.448	0.627	----	-0.033	-0.320	0.747	0.608	0.457	<b>-0.850</b>	<b>0.959</b>	0.175	<b>0.820</b>
HC	-0.569	0.223	-0.672	<b>0.830</b>	<b>-0.825</b>	-0.646	-0.033	----	<b>0.818</b>	-0.540	-0.741	-0.458	-0.323	0.028	0.730	-0.398
HL	-0.701	0.269	-0.759	<b>0.915</b>	<b>-0.881</b>	-0.728	-0.320	<b>0.818</b>	----	-0.797	<b>-0.819</b>	-0.388	0.059	-0.237	0.777	-0.559
LD	<b>0.890</b>	0.064	<b>0.859</b>	-0.590	<b>0.818</b>	<b>0.837</b>	0.747	-0.540	-0.797	----	<b>0.899</b>	0.514	-0.526	0.687	-0.381	<b>0.846</b>
RD	<b>0.920</b>	0.100	<b>0.934</b>	-0.646	<b>0.896</b>	<b>0.886</b>	0.608	-0.741	<b>-0.819</b>	<b>0.899</b>	----	0.656	-0.290	0.560	-0.428	<b>0.850</b>
RN	0.767	0.585	0.765	-0.242	0.660	0.797	0.457	-0.458	-0.388	0.514	0.656	----	-0.187	0.423	0.036	0.773
SE	-0.427	-0.392	-0.320	-0.198	-0.120	-0.333	<b>-0.850</b>	-0.323	0.059	-0.526	-0.290	-0.187	----	<b>-0.809</b>	-0.344	-0.566
SS	0.671	0.446	0.573	0.040	0.372	0.560	<b>0.959</b>	0.028	-0.237	0.687	0.560	0.423	<b>-0.809</b>	----	0.253	0.790
SW	-0.242	0.705	-0.344	<b>0.912</b>	-0.539	-0.268	0.175	0.730	0.777	-0.381	-0.428	0.036	-0.344	0.253	----	-0.041
YO	<b>0.932</b>	0.440	<b>0.890</b>	-0.314	0.740	<b>0.879</b>	<b>0.820</b>	-0.398	-0.559	<b>0.846</b>	<b>0.850</b>	0.773	-0.566	0.790	-0.041	----

1824である。

表3には、カラーイメージ間の関係について、114色に対する2つのカラーイメージの対語得点率の間の相関係数を示す。相関係数による比較から、“きれい-きたない” (BD)、“清潔な-不潔な” (CN)、“速い-遅い” (FS)、“さわやかな-さわやかでない” (RD)、“若々しい-年寄りくさい” (YO) の間で0.900を越える高い相関関係があることが認められた。また、これとは別に、“派手な-地味な” (GP)と“強い-弱い” (SW) の間で0.959、また、“濃い-薄い” (DP)と“明るい-暗い” (LD) の間で0.915の高い相関が見られた。一方で、“気がひきしまる-気がゆるむ” (BR)と“かっこいい-かっこわるい” (RN) のように、他のカラーイメージと0.800を越える良好な相関がないカラーイメージもあった。これらのことから、スポーツウェアの色彩評価においては、評価する因子が似ている場合もあれば、独立している場合もあり、評価因子は多様であると言える。

## 2. カラーイメージの数量化

### 2.1 カラーイメージ評価式

16種のカラーイメージと表色系との関係について検討するために、個々のカラーイメージに対する対語得点率と測色によって得られた基本色属性との相関係数を求めた。この結果は、表4となり、“重い-軽い” (HL)とL\*の-0.910、“濃い-薄い” (DP)とL\*の-0.896、“強い-弱い” (SW)とL\*の-0.820を除いて、ほとんどのカラーイメージが特定の基本色属性との間に良好な対応関係は見い出せなかった。先に検討したカラーイメージ間の関係では、高い相関関係が認められたものも多くあったにもかかわらず、上述した3種のカラーイメージを除いてCIELAB表色系の基本色属性とは良好な相関関係はなかった。このことは、個々のカラーイメージは、表色

系とは直接的な関係はほとんどないことを意味しており、逆に言えば、人間の色感覚を表現するためには、従来の表色系は必ずしも満足のいくというものではなく、新たな表現方法が必要であることを示唆している。

したがって、基本色属性を用いて表現するならば、カラーイメージは単一の基本色属性では直接カラーイメージを表現できないので、個々のカラーイメージごとに基本色属性を複合的に組み合わせることで寄与の比率を変えて表現する必要がある。

著者らはこれまでの研究からも同様の知見を得ており、この問題に対しては、カラーイメージは色空間中の一点を中心とする楕円体の方程式を用いることによって評価の程度が表現できることを見出している<sup>3-5)</sup>。すなわち、CIELAB表色系の場合、色空間内で最少評価を与える座標点を(L\*o, a\*o, b\*o)とすると、その点から離れるにしたがって評価の程度も増大する次式によって一般化できる。

$$CE = \{ [k_L (L^* - L^*o)]^2 + [k_A (a^* - a^*o)]^2 + [k_B (b^* - b^*o)]^2 \}^{1/2} + k_M \quad (1)$$

ここで、

CE : CIELAB表色値から算出されるカラーイメージの評価値

L\* : CIELABメトリックライトネス

C\* : CIELABメトリッククロマ

L\*o, a\*o, b\*o: カラーイメージ評価がもっとも小さくなるCIELAB色空間内の座標

k<sub>L</sub> : カラーイメージ評価に対するL\*の寄与係数

k<sub>A</sub> : カラーイメージ評価に対するa\*の寄与係数

k<sub>B</sub> : カラーイメージ評価に対するb\*の寄与係数

k<sub>M</sub> : 視感評価と(1)式によるカラーイメージ評価値の範囲を設定する定数

表4 Correlation coefficients between visual assessments and colorimetric values

Symbol	L*	a*	b*	C*	h
BD	0.504	-0.028	-0.154	0.206	0.081
BR	-0.450	0.152	-0.314	0.307	0.459
CN	0.570	-0.126	-0.142	0.128	0.070
DP	<b>-0.896</b>	0.235	-0.095	0.336	0.206
ES	0.737	-0.172	-0.115	-0.058	0.026
FS	0.556	-0.072	-0.132	0.135	0.154
GP	0.206	0.241	0.024	0.675	0.072
HC	-0.727	0.498	0.144	0.343	-0.030
HL	<b>-0.910</b>	0.210	-0.120	0.081	0.168
LD	0.694	0.027	0.113	0.350	-0.131
RD	0.660	-0.203	-0.056	0.153	-0.021
RN	0.156	-0.070	-0.415	-0.041	0.381
SE	-0.015	-0.508	-0.167	-0.769	0.030
SS	0.121	0.190	0.041	0.711	0.077
SW	<b>-0.820</b>	0.264	-0.182	0.389	0.305
YO	0.365	0.038	-0.136	0.358	0.149

また、無彩色軸上にあり、色相による影響がない場合は次式に変形できる。

$$CE = [\{k_L (L^* - L^*_o)\}^2 + \{k_C (C^* - C^*_o)\}^2]^{1/2} + k_M \quad (2)$$

ここで、

$k_C$  : カラーイメージ評価に対するC\*の寄与係数

そしてさらに、明度あるいは彩度だけに影響される場合は、それぞれ次式に変形できる。

$$CE = k_L (L^* - L^*_o) + k_M \quad (3)$$

あるいは、

$$CE = k_C (C^* - C^*_o) + k_M \quad (4)$$

ここで、上述の式は色空間の中でカラーイメージ評価が最小になる色度点からの距離で表現することを前提にしているため、実際に評価式を導く場合には、対語得点率が最小あるいは最高になる色の空間座標がどの領域にあるかどうかを調べる必要がある。表5には、個々のカラーイメージに対して対語得点率が90以上および-90以下の評価をした時の色サンプルのCIELAB表色

表5 Maximum and minimum points of visual assessments in CIELAB colour space

Symbol	Kansei word	L*	a*	b*	max value	Kansei word	L*	a*	b*	min value
BD	Kirei	73.35	18.84	-2.16	100	Kitanai	41.13	2.90	12.88	-93
BR	Kigahikishimaru	32.89	7.98	-24.70	93	Kigayurumu	68.33	6.28	18.71	-60
CN	Seiketsuna	70.11	5.10	-8.68	100	Fuketsuna	47.24	5.81	27.23	-87
DP	Koi	32.81	8.29	-0.98	100	Usui	81.51	-0.87	6.01	-100
ES	Ugokiyasui	83.76	-2.01	-2.35	100	Ugokinikui	34.90	9.02	10.91	-80
FS	Hayai	73.56	-2.71	-15.38	100	Osoi	38.03	10.75	17.09	-87
GP	Hadena	55.90	32.77	6.03	100	Jimina	48.05	0.82	3.45	-93
HC	Atsui	40.38	32.81	22.96	100	Suzushii	81.80	-4.70	1.10	-100
HL	Omoi	31.98	9.67	3.88	100	Karui	83.28	-4.69	6.52	-100
LD	Akarui	76.29	2.61	13.74	100	Kurai	31.85	5.08	3.03	-100
RD	Sawayakana	77.19	-7.98	-1.56	100	Sawayakadenai	42.83	4.41	14.50	-93
RN	Kakkoi	56.85	1.23	-23.11	93	Kakkowarui	54.30	16.28	24.08	-67
SE	Kigashizumaru	54.75	46.84	17.58	93	Kigatakaburu	53.76	-1.92	0.87	-100
SS	Medatsu	56.88	26.87	15.78	100	Medatanai	42.78	1.59	-4.18	-87
SW	Tsuyoi	22.44	6.62	-6.30	100	Yowai	80.48	-1.30	11.44	-87
YO	Wakawakashii	62.94	2.01	-6.46	100	Toshiyorikusai	45.10	2.18	22.57	-100

値の平均を示す。なお、90以上、あるいは-90以下の評価がなかったときは、最大あるいは最小の評価をした場合の色サンプル5点、同じ点数があった場合はそのサンプルを含んだCIELAB表色値の平均とした。なお、表5には、最大と最小となった対語得点率値も合わせて示す。この表からはカラーイメージ評価が最小あるいは最高となる色域がわかるだけでなく、最小値と最高値の幅から、個々のカラーイメージ評価がはっきりと分かれやすいか、あるいは分かれにくいという評価の内容についても推測できる。

実際に評価式を導く方法としては、個々のカラーイメージについて、114色の測色値を(1)式に代入することによって算出される推測評価値と、視感評価によって得られた対語得点率との関係が、相関係数が1、傾きが1、切片が0にそれぞれ近く、また分散が小さくなる(1)式の係数 $k_L$ ,  $k_A$ ,  $k_B$ ,  $k_M$ をコンピュータフィッティングによって見出した。また、 $L^*o$ ,  $a^*o$ ,  $b^*o$ についても、表5のデータを参考に同様のコンピュータフィッティングを行い高い相関になる値を求めた。

以下に、本研究で検討した16種のカラーイメージの評価式を示す。

きれい-きたない (BD) ;

$$BD = \{[6.5 \cdot (L^*-40)]^2 + [5.5 \cdot (a^*-10)]^2 + [4.5 \cdot (b^*-20)]^2\}^{1/2-220} \quad (5)$$

気がひきしまる-気がゆるむ (BR) ;

$$BR = \{[2.9 \cdot (L^*-70)]^2 + [2.9 \cdot (a^*-10)]^2 + [3.3 \cdot (b^*-20)]^2\}^{1/2-100} \quad (6)$$

清潔な-不潔な (CN) ;

$$CN = \{[7.0 \cdot (L^*-40)]^2 + [5.4 \cdot (a^*-10)]^2 + [4.8 \cdot (b^*-20)]^2\}^{1/2-210} \quad (7)$$

濃い-薄い (DP) ;

$$DP = \{[6.0 \cdot (L^*-100)]^2 + (3.5 \cdot a^*)^2 + (4.0 \cdot b^*)^2\}^{1/2-260} \quad (8)$$

動きやすい-動きにくい (ES) ;

$$ES = \{[4.6 \cdot (L^*-30)]^2 + [1.6 \cdot (a^*-20)]^2 + [1.2 \cdot (b^*-60)]^2\}^{1/2-140} \quad (9)$$

速い-遅い (FS) ;

$$FS = \{[6.2 \cdot (L^*-40)]^2 + [4.4 \cdot (a^*-10)]^2 + [4.2 \cdot (b^*-20)]^2\}^{1/2-200} \quad (10)$$

派手な-地味な (GP) ;

$$GP = \{[4.6 \cdot (L^*-50)]^2 + (8.2 \cdot a^*)^2 + [5.4 \cdot (b^*-10)]^2\}^{1/2-210} \quad (11)$$

暑い-涼しい (HC) ;

$$HC = \{[4.0 \cdot (L^*-100)]^2 + [5.0 \cdot (a^* + 10)]^2 + [2.0 \cdot (b^* + 20)]^2\}^{1/2-220} \quad (12)$$

重い-軽い (HL) ;

$$HL = \{[5.0 \cdot (L^*-100)]^2 + (1.5 \cdot b^*)^2\}^{1/2-210} \quad (13)$$

明るい-暗い (LD) ;

$$LD = \{(5.8 \cdot L^*)^2 + (7.8 \cdot a^*)^2 + (5.4 \cdot b^*)^2\}^{1/2-400} \quad (14)$$

さわやかな-さわやかでない (RD) ;

$$RD = \{[9.0 \cdot (L^*-40)]^2 + [4.5 \cdot (a^*-10)]^2 + [6.0 \cdot (b^*-10)]^2\}^{1/2-270} \quad (15)$$

カッコいい-カッコわるい (RN) ;

$$RN = \{[4.6 \cdot (L^*-50)]^2 + [2.6 \cdot (a^*-20)]^2 + [2.8 \cdot (b^*-40)]^2\}^{1/2-160} \quad (16)$$

気がしづまる-気がたかぶる (SE) ;

$$SE = \{(5.0 \cdot a^*)^2 + (2.0 \cdot b^*)^2\}^{1/2-110} \quad (17)$$

目立つ-目立たない (SS) ;

$$SS = \{[2.5 \cdot (L^*-50)]^2 + (6.0 \cdot a^*)^2 + (4.5 \cdot b^*)^2\}^{1/2-140} \quad (18)$$

強い-弱い (SW) ;

$$SW = \{[4.2 \cdot (L^*-80)]^2 + (0.6 \cdot a^*)^2 + (1.0 \cdot b^*)^2\}^{1/2-90} \quad (19)$$

若々しい-年寄りくさい (YO) ;

$$YO = \{[8.0 \cdot (L^*-40)]^2 + [8.0 \cdot (a^*-10)]^2 + [6.0 \cdot (b^*-20)]^2\}^{1/2-300} \quad (20)$$

導かれた評価式による評価と視感評価との相関係数、傾き、切片を表6に示す。結果として、16種中14種のカラーイメージについて相関係数



表6 Correlation between visual assessments and instrumental predictions

Symbol	r	Slope	Intercept
BD	<b>0.856</b>	0.966	-4.598
BR	0.769	0.997	2.082
CN	<b>0.857</b>	1.014	1.148
DP	<b>0.958</b>	1.003	4.110
ES	<b>0.837</b>	0.975	2.956
FS	<b>0.836</b>	0.991	-0.292
GP	<b>0.893</b>	0.981	3.417
HC	<b>0.858</b>	0.967	-2.312
HL	<b>0.929</b>	1.000	4.800
LD	<b>0.848</b>	0.934	0.899
RD	<b>0.801</b>	1.021	1.423
RN	0.711	0.810	-3.682
SE	<b>0.829</b>	1.008	1.124
SS	<b>0.815</b>	0.964	-12.670
SW	<b>0.871</b>	1.036	-1.300
YO	<b>0.838</b>	1.019	1.917

が0.8000以上となり、上述の式によってカラーイメージの数量化ができたと考えられる。しかし、“かっこいい-かっこわるい” (RN) と“気がひきしまる-気がゆるむ” (BR) については、良好な相関を持つ評価式は導けず、相関係数はそれぞれ0.711と0.769にとどまった。

これまでに行った研究<sup>3-5)</sup>と比較すると、これまでの研究で検討した12種のカラーイメージの視感評価と評価式による評価との相関係数がすべて0.900以上であったのに対して、本研究では0.900以上の相関になったカラーイメージは16種中2種にとどまった。また、本研究では、これまでの研究で検討した同じカラーイメージ語対として、“濃い-薄い” (DP)、“派手な-地味な” (GP)、“重い-軽い” (HL)、“明るい-暗い” (LD)、“目立つ-目立たない” (SS)、“強い-弱い” (SW)の6種について検討しているが、今回の研究で導いた評価式による評価と視感評価との関係は、これまでの研究結果に比べ相関が悪くなっている。これは、被験者を含む観測条件が多少異なることも一因と考えられるが、これまでの研究が、色の使用対象を限定しないことを前提とした研究であることに対して、本研究はスポーツウェアの色彩評価を前提としており、

対象を限定することで相関が悪くなったと考えられる。このことは、本研究の結果からだけでは断定はできないが、価値観の多様性によるものではないかと推測した。

その理由は、表6にみられる相関係数の悪いカラーイメージは、一般に主観的で“好き嫌い”や“買う買わない”という価値判断にもかかわるカラーイメージであることや、視感評価による対語得点率の最高点と最低点の得点差の幅が小さく被験者全員が同じ判断をする色サンプル数が少ないという結果から推定できる。たとえば“かっこいい-かっこわるい” (RN) の場合は、価値判断に直接かかわることは言うまでもないが、視感評価の最高対語得点率は93、最低対語得点率は-67であり、被験者全員が“かっこいい”、あるいは“かっこわるい”と感じた色が存在しないこと、また、対語得点率が同じ色サンプルの色域は色空間のかなり広い範囲にまたがっており、その中に特定の規則性が見出せなかった。

このことは、相関係数の低いカラーイメージについては、楕円体方程式で表現できる評価ではなく、異なった形の式によって表現されるべきなのかもしれない。あるいは、1つのカラーイメージに対する多様な価値観を何らかの方法で分類し数量化しなければならぬのかもしれない。どちらにしても、今後、新たに実験を行い、詳細を検討していく必要がある。

## 2.2 カラーイメージの測色学的特徴

カラーイメージの特徴は、カラーイメージ評価式を変形した等カラーイメージ評価値ライン (Iso-CE line) をCIELAB色空間の中で表示することによって視覚的に知ることができる。具体的には、個々のカラーイメージ評価式に、求めたいカラーイメージ評価の値と既知の定数を代入すれば、等カラーイメージ評価値ラインをCIELAB表色値L\*, a\* b\*の関数として得られる。

図1には“速い-遅い” (FS) について、

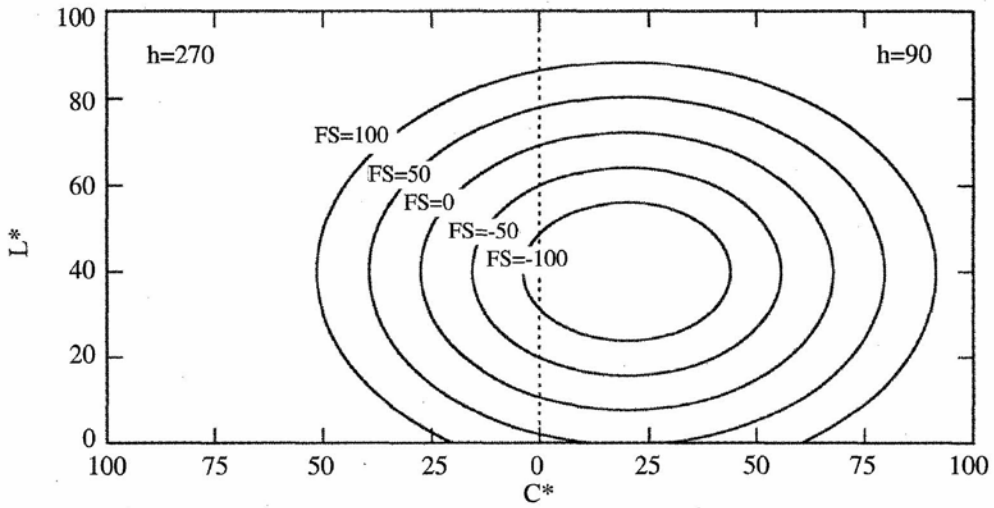


図1 Iso-FS lines on CIELAB  $L^* C^*$  plane:  $h=90$  and  $270$

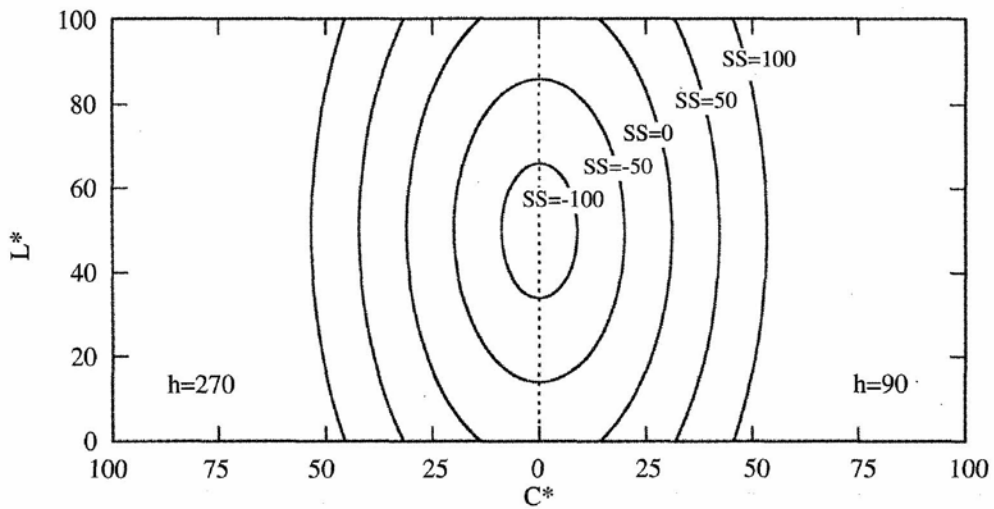


図2 Iso-SS lines on CIELAB  $L^* C^*$  plane:  $h=90$  and  $270$

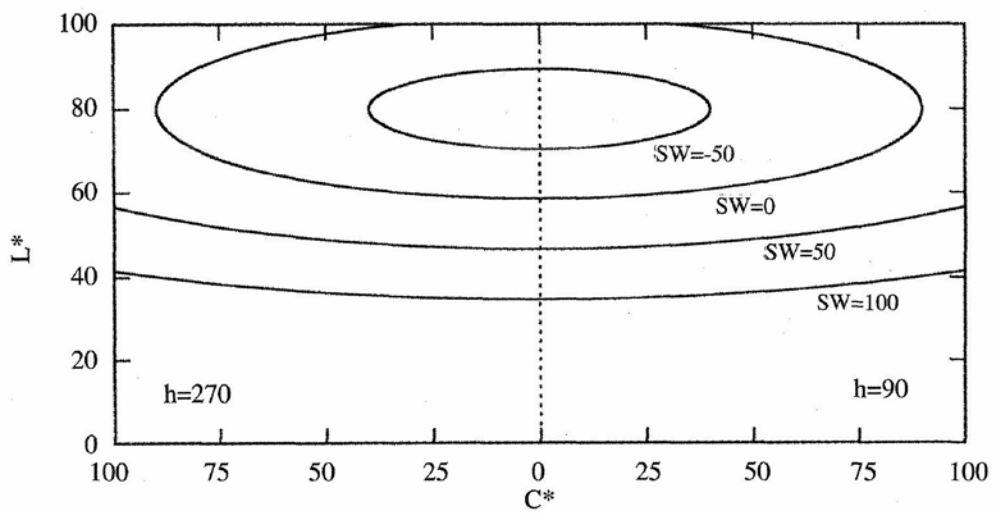


図3 Iso-SW lines on CIELAB  $L^* C^*$  plane:  $h=90$  and  $270$

CIELAB表色系の黄-青色相平面 (h=90, 270) に投影した等カラーイメージラインを示す。この図から、黄色系のくすんだ色をほとんどの人が“遅い”と評価し、その色域から離れるにつれてカラーイメージの評価が上がり、“速い”と評価することがわかる。特に、白を含む明るい青系の色は全員が“速い”と評価することがわかる。

図2と図3には、“派手な-地味な”(SS)と“強い-弱い”(SW)について、それぞれCIELAB表色系の黄-青色相平面 (h=90, 270) に投影した等カラーイメージラインを示す。これらの図から、“派手な-地味な”(SS)については、中明度のグレー (L\*=50) から離れるにしたがって“派手”に評価し、彩度の寄与が大きいたことがわかる。“強い-弱い”(SW)については、白に近い明るいグレーがもっとも“弱い”と評価し、その色域から離れるにしたがって“強い”と評価することや、強弱感には明度の寄与が大きいたことがわかる。しかし、“弱い”と評価した明るいグレーでも必ずしもすべての人が“弱い”と評価するわけではないことや、逆にL\*が35以下の暗い色になれば、ほとんどの人が“強い”と評価することもわかる。

また、等カラーイメージライン間の幅は、幅が狭い場合は評価の判断がはっきりと分かれることを示し、幅が広い場合は評価の判断がはっきりと分かれなことを示すので、図1で示した“速い-遅い”(FS)の評価は、図2と図3で示した“派手な-地味な”(SS)と“強い-弱い”(SW)の評価に比べ判断がはっきりと分かれることもわかる。

### 3. カラーイメージの系統的表示方法の開発

前項ではカラーイメージの特徴についてCIELAB表色系の色空間との関係から検討したが、カラーイメージは人間が評価しているものであるので、人間側の立場に立てば感覚をより直

接的に表示する必要があると考えられる。その場合、一つの表現方法として、感覚軸に従来の表色系を投影する方法を提案できる。感覚軸は数量化した種類だけ設定できるが、本研究では16種のカラーイメージについて数量化したので、16次元の感覚空間(色彩感情空間)として表現できることになる。

図4には、“重い-軽い”(HL)と“派手な-地味な”(SS)の感覚軸を用いた2次元平面へのCIELAB表色系の黄色相平面 (h=90) の投影を示す。この図から、横軸の“重さ”が増すと

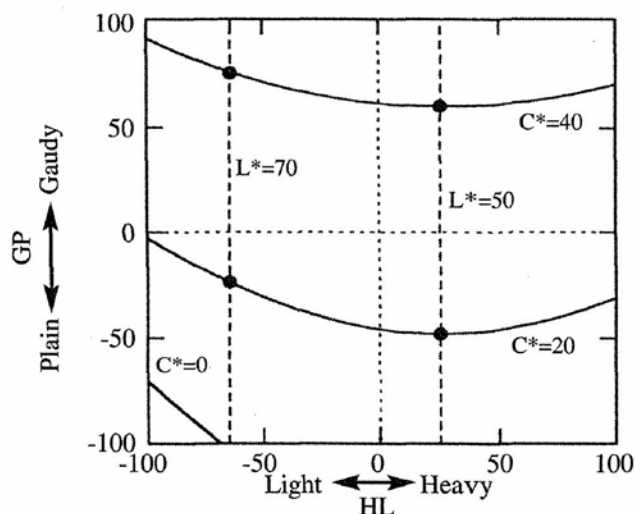


図4 The projection of CIELAB colour system on HL-GP colour emotion diagram : h=90

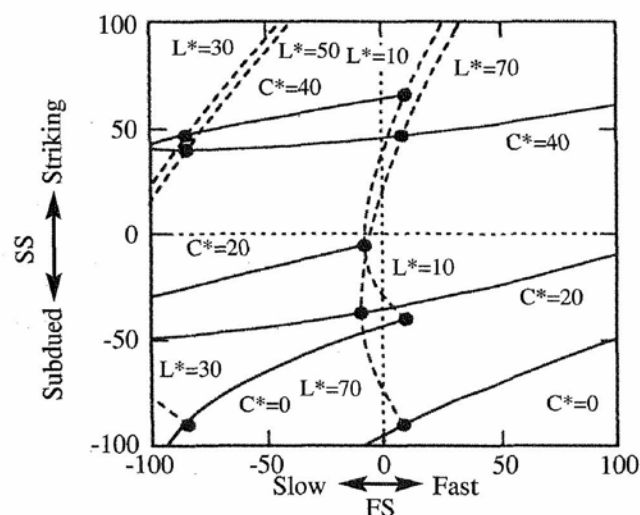


図5 The projection of CIELAB colour system on FS-SS colour emotion diagram : h=90

明度 $L^*$ が下がり、縦軸の“派手さ”が増すと彩度 $C^*$ が上がることをわかる。“重さ”の感覚は $L^*$ とよく対応しているため直線に近いが、“派手さ”の感覚は必ずしも $C^*$ だけと対応しているわけではないので $C^*$ ラインは曲線を描く。“重く派手な”色は低明度・高彩度な黄色で、“軽く地味な”色は高明度・低彩度な黄色であり、その色の間の重量感と派手地味感の程度変化をこの図から読みとることができる。

図5には、“速い-遅い”(FS)と“目立つ-目立たない”(SS)の感覚軸に対して、CIELAB表色系の黄色相平面( $h=90$ )を投影した。この図から、明度が大きくなると一端“速さ”感が減少し、明度の上昇と共に“速さ”感が増加することがわかる。“速く目立つ”色は高明度・高彩度な黄色で、“遅く目立たない”色は低明度・低彩度な黄色であり、図4の場合と同様に、速度感と目立ち感の程度変化をこの図から読みとることができる。

図4と図5の比較から、図4では明度が上がれば“軽さ”感は常に増すことに対して、図5では明度が上がれば“速さ”の感覚が上がるとは一概に言えないことがわかる。また、図4では

$C^*$ の間隔が広いことに対して図5では間隔が狭い。このように、組み合わせが変わることによって、投影された表色系の様相は異なることがわかる。

このように、色彩感情空間による表示方法により人間の色から受ける印象を視覚的に表示できるので、人間の感覚を意識した色の選択が行え、たとえば、コンピュータを利用したカラープランニングのための支援システム開発に応用できる可能性がある。しかし、実際にシステムを開発するためには、ディスプレイ上のRGB出力による色画像と色彩感情空間とを数量的に関連させて表現する必要がある。また、16次元の色彩感情空間は平面(2次元)であるディスプレイ上に同時に表現できないので、ユーザからの入力を前提としたインターフェースを作成することも必要となる。

#### 4. カラーイメージの数量化に基づいたスポーツウェアデザイン支援システム開発への応用

##### 4.1 色画像サンプルの作成

色の画像表示にあたっては、 $L^*a^*b^*$ 表色系による物体色の表示方法<sup>9)</sup>、ならびにXYZ表色系

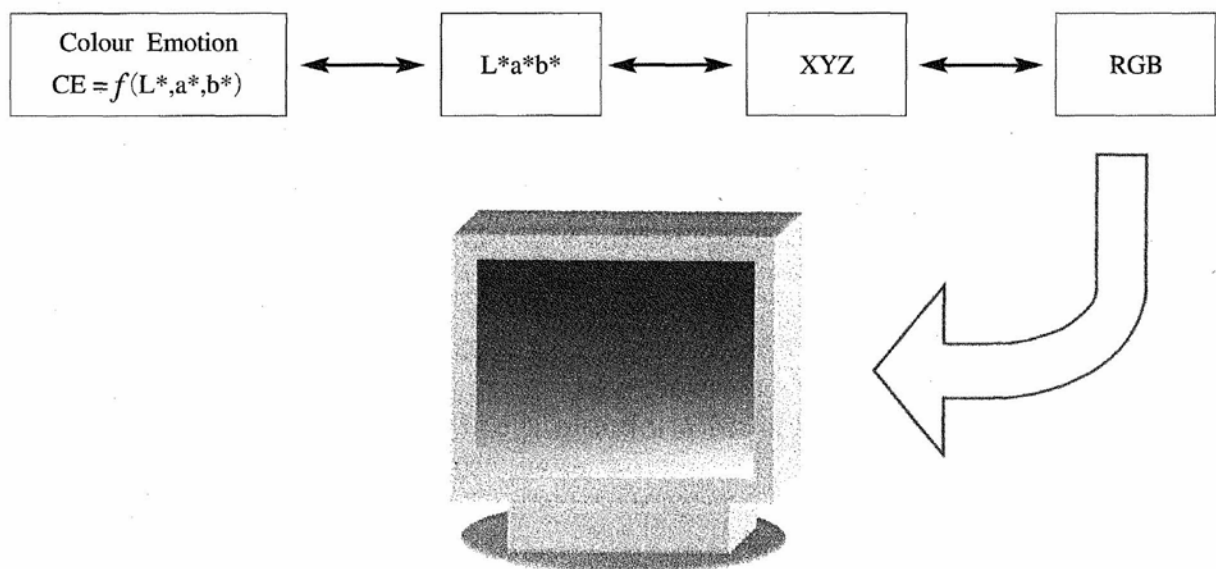


図6 Process for the projection of a colour emotion diagram on a computer display

とRGB表色系の変換式<sup>10)</sup>により、前述のカラーイメージ評価式から算出される値を、CIELAB表色値、XYZ表色値、RGB表色値を経て画像表示のためのRGB出力値へ変換する方法を用いた。図6には、色表示のためのCIELAB表色値からRGB出力値に変換するルートを示す。プログラミング言語としては、プラットフォームを限定されないため現時点ではもっとも汎用性のあるJavaを用いた。これにより、カラーイメージ評価値に対応する色を任意に画像表示できるようになった。

#### 4. 2 スポーツウェアデザイン支援のための基本システムの構築

16次元の色彩感情空間を2次元のディスプレイ画面で効率よく入出力できるようにするためには、16種のカラーイメージからの選択、ならびに表色系の3次元色空間から2次元表示に変換する必要がある。そのため、色彩感情空間の表示部だけでなく、カラーイメージの選択や表色系の属性を入力する操作部が必要となる。

図7と図8には、それぞれ図4で示した“重い-軽い”(HL)と“派手な-地味な”(GP)、図5で示した“速い-遅い”(FS)と“目立つ-目立たない”(SS)の組み合わせによる色彩感情空間2次元断面の表示部と操作部のインターフェースを持ったコンピュータディスプレイ画面を示す。本報では、白黒印刷でしか表示できないが、カラーイメージの座標が変化するにつれて、表示される色も徐々に変化するグラデーションになっていることがわかる。これにより、人間が色から受けるイメージの程度について、任意のカラーイメージや色域条件についてコンピュータディスプレイ上で視覚的に理解できるようになった。

しかし、現時点では、入力部の条件設定については本研究で数量化した16種のカラーイメージとCIELAB表色値に限定されることや、2次元の感覚軸でしか表現できていない色彩感情空間

を、16次元のカラーイメージでどのように表現できるのかが課題として残っている。今後は、こういった問題も含め、ユーザの立場に立って、よりわかりやすく、また、より使いやすくなるようにインタフェースを改良していく必要がある。

#### 4. 3 スポーツウェアデザイン支援システムの応用の可能性

提案したシステムの最大の特徴は、人間の色彩感覚をディスプレイ上に視覚化することによって、色彩工学や測色学的な内容がわからなくても、一般ユーザにわかりやすいユーザフレンドリーなシステムを開発できる点である。そのため、色のサンプリングやカラーイメージの推定、またその比較を行うことに向いていると考えられる。

本研究の手法は感覚の平均化や標準化とも言えるが、ユーザにとっては一般の感覚の平均と自分自身との感覚の差や自分自身の感覚の位置づけを知ることができる。この情報はデザイナーなど感覚を扱う人々にとっては有用な情報となろう。たとえば、提案した基本システムのような色彩感情空間の画像表示を行えば、スポーツウェアのカラーデザインを行う場合、どのような方針で行うのか、また、ユーザが企画した色に対してどのように感じるのか、企画段階で視覚的に予知できる。さらに、企画側であるデザイナーのカラーイメージ評価を行い、本研究で行った数量化を進めれば、企画側のデザイナーとユーザ側の消費者との認識差を視覚的に確認することができる。

また、社会全体が急速にマルチメディア環境になる中で、インターネットを利用した情報伝達システムが構築されてきているが、提案したシステムもユーザとダイレクトなコミュニケーションのために使用でき、ユーザとメーカー間のクイックレスポンスに応用ができる可能性もある。

しかし、一方で問題点も多く残っており、たとえば、提案したシステムは現時点では単色の評

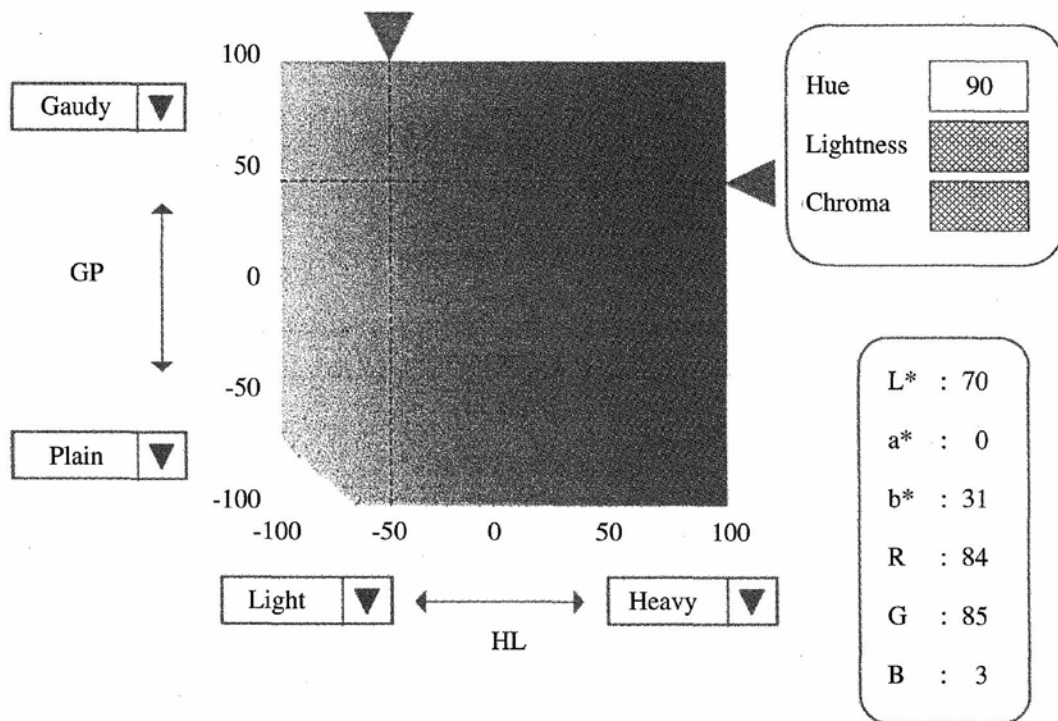


図 7 Interface for a computer display of HL-GP colour emotion diagram

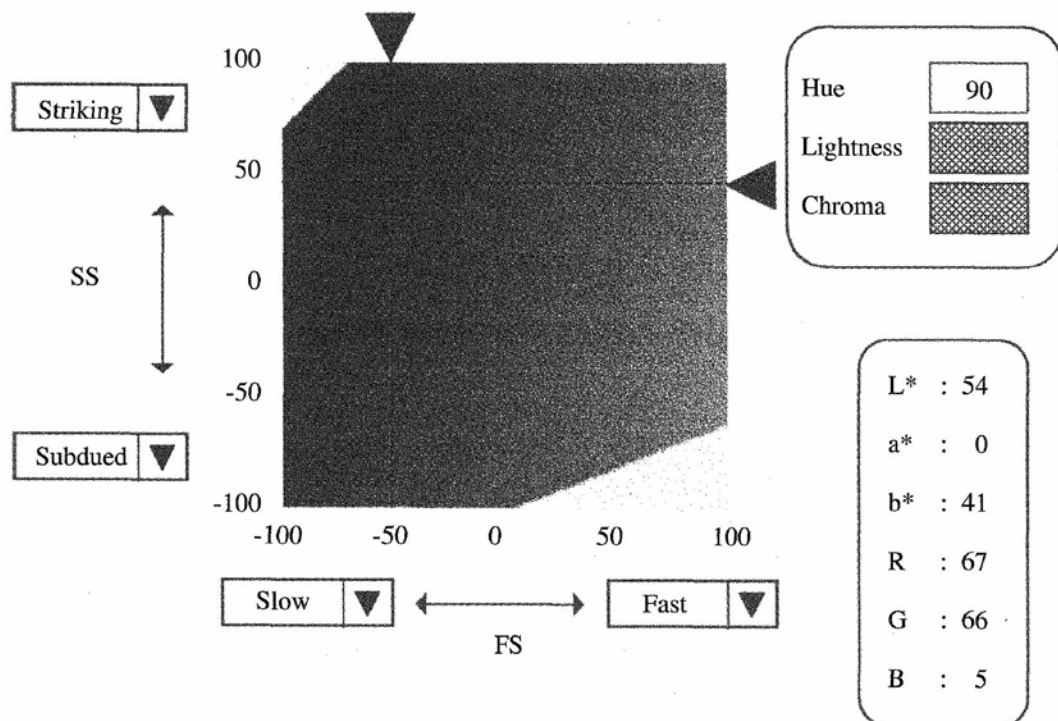


図 7 Interface for a computer display of FS-SS colour emotion diagram

価であり2色以上の配色や形との関係については検討していないこと、被験者が限定されているので一般に広く適用できるか保証がないこと、スポーツウェアでも種類によって評価が変わる可能性があることなどである。こういった問題の克服のためには、より多くの感性データベースを構築し比較検討することによって、感覚評価の一般化や統合化を行ってゆく必要がある。

## 5. 結 言

スポーツウェアに対する色彩評価を前提に、ユーザがどのように色彩を評価しているかを検討するために、色彩評価に用いられるカラーイメージ語を収集した。そして、収集されたカラーイメージ語の中から頻度の高いカラーイメージを16種の語対として選択し、測色された基本色属性との定量的な関係について検討することにより、CIELAB表色値から個々のカラーイメージを評価できるモデル評価式を導いた。さらに、得られたモデル評価式を用いて等カラーイメージラインをCIELAB色空間に展開し、カラーイメージの測色学的特徴について検討した。これにより、カラーイメージを測色手法を用いて客観的に計測評価でき、数値になることで数量的に扱うことができるようになった。

また、カラーイメージを既存の表色系を用いて表現するのではなく、人間の感覚量によって直接的に表現すべきと考え、数量化した感覚軸を用いた色彩感情空間による色彩表示について考察した。そして、マルチメディア環境下でのカラーデザインに応用することを目的として、スポーツウェアデザイン支援システムの開発へ可能性を模索し、実際に基本システムのモデルを構築した。実用に向けて課題点は多いが、今後、よりよいインタフェースを開発し、ユーザフレンドリーなシステム構築への展開をはかりたい。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に対して研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。また、本研究で行いましたアンケート調査ならびに視感評価に快くご協力いただいた被験者の皆さんに御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 中村妙子, 佐々木泰子, 佐藤哲也, 寺主一成; 色彩イメージスケールの計測的表現に関する試み, 繊維学会誌, 48, 96 (1992)
- 2) 中村妙子, 佐藤哲也, 寺主一成; カラーイメージ語の物体色空間への配置, 色彩学会誌, 18, 10 (1994)
- 3) 中村妙子, 佐藤哲也, 梶原莞爾, 星野裕之; 色から受ける暖冷感の定量化の試み, 繊維学会誌, 52, 27 (1996)
- 4) 佐藤哲也, 梶原莞爾, 中村妙子, 星野裕之; 色から受ける明暗感, 濃淡感, 重量感の定量化の試み, 繊維学会誌, 53, 7 (1997)
- 5) 佐藤哲也, 梶原莞爾, 中村妙子, 星野裕之; 色から受けるあざやかさ感, 派手地味感, 目立ち感, 動静感, 明瞭感, 清濁感, 硬軟感, 強弱感を定量化する試み, 繊維学会誌, 53, 131 (1997)
- 6) Taeko Nakamura, Hiroshi Hoshino, Tetsuya Sato, Kanji Kajiwara, Numerical Evaluation of Colour Image Words on Colorimetry, Proceedings of the 8th Congress of the International Colour Association, Kyoto Japan, 699 (1997)
- 7) John H.Xin, Karmen Cheng, Tak-fu Chong, Tetsuya Sato, Taeko Nakamura, Kanij Kajiwara, Hiroshi Hoshino, Quantifying Colour Emotion, What Has Been Achieved, Research Journal of Textile and Apparel, 2, 46 (1998)
- 8) Tetsuya Sato, Yasuhiro Kawahito, Kanji Kajiwara, Taeko Nakamura, Hiroshi Hoshino,

An Attempt of Numerical Expression of Colour Emotion, Proceeding of the International Conference 'Use of Color: From Fundamentals to Applications for the 21st Century', Bangkok Thailand, 65 (1999)

- 9) JIS Z 8729, L\*a\*b\*表色系及びL\*u\*v\*表色系による物体色の表示方法
- 10) 新編色彩科学ハンドブック, 第2版, 日本色彩学会編, 東京大学出版会, p.105 (1998)