

# 色彩の心理学的意味空間の研究

金沢大学 文学部

岡 本 安 晴

Unfolding methods to analyze semantic space were introduced and applied to color symbolism data. One of the unfolding methods uses the criterion of the fourth quantification method by Hayashi, and the other a penalty function. Color symbolism data were collected individually from subjects, who sat in front of a CRT display and were shown stimulus pairs to be rated one by one. The experiment consisted of two sessions, session 1, where color-word pairs were presented, and session 2, where color-color pairs presented. Subjects rated fitness of color for a word of color-word pairs and similarity of colors of color-color pairs. Unfolding analysis of the data from session 1, using the penalty function, produced successful configuration of colors and words. Color configuration formed a circle, like one in color science, and words configuration was reasonable. Modified Spearman rank correlation coefficient of the data and the distances estimated by the model was perfect. Applicability of unfolding methods to individual differences in preference was also noted.

## 1 緒 言

素肌の美しさ・健康を保つ、さらにより良い状態になるように努めることは化粧の基本の一つであろう。それと共に、与えられた素肌の状態をもとに自分をどのように見せるかということがあるが、自己の演出としての化粧においてはこの後者の問題の方が主要な問題となりうる。化粧の自己演出としての効果は複数の要因の複合によって惹き起こされるものとして理解されなければならないが、研究の出発点においては個々の要因について個別に行うのも1つの方法である。化粧の効果に係わる要因としては、人間の五感からみた場合、日本人においてはまず視覚、そして嗅覚に関するものがあげられよう。本研究では、視覚に関係するものうち色をとりあげ、色彩の主観的意味構造を調べる。

意味空間を調べる方法としてはsemantic differential (SD) 法があるが、岡本<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6)</sup>はSD法を更に発展させて展開法による分析法を提案している。これらの新しい分析法の可能性を探ることも本研究の目的の1つである。展開法による分析の場合は、概念の評定に用いるものは形容詞対以外のものでもよい。本研究では、色彩の意味空間を象徴語との関連においてとらえることとする。色彩と象徴語の関係を調べているものとして大山<sup>6)</sup>のものがあるので、まずそのデータを数量化4類の基準による展開法によって分析してみる。その分析結果に基づいて本実験で用いる刺激の選定を行う。本実験では、色と象徴語との適合度の評定データの収集を行い、展開法による分析を試みる。

## 2 準 備

### 2.1 数量化4類の基準による展開法

対象間の(非)類似度データから対象の空間内の大まかな布置を求めるものとして数量化4類<sup>7)</sup>がある。数量化法の細かい問題点は種々指摘されている<sup>8, 9)</sup>が、データの示す傾向を大づかみに捉える<sup>10)</sup>ものとしての実用性は研究の出発点にお

A study on semantic space of color



Yasuharu Okamoto

Faculty of Arts  
Kanazawa University

いて極めて有効である。数量化4類は各対象間の類似度データを分析の対象とするが、対象が2つのグループに分かれていて異なるグループに属する対象間の類似度データのみが与えられているときは欠損値を含むデータの特別な場合であり展開法と呼ばれる分析法となる。展開法に数量化の考え方を適用すると次のようになる<sup>11, 12)</sup>。

対象*i*と対象*j*の類似度 $e_{ij}$ が与えられているとき、次の目的関数 $Q$ を設定する。

$$Q = - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N e_{ij} \cdot \{x(i) - y(j)\}^2$$

ここで、 $x(i)$ と $y(j)$ は対象*i*と対象*j*の座標であり、対象*i*の属するグループには*M*個のものがあ、対象*j*の属するグループには*N*個のものがあるとす。

対象*i*と対象*j*の布置は $Q$ を最大にする $x(i)$ と $y(j)$ の値として与えられるが、さらに数量化4類における考え方<sup>7)</sup>に倣ったスケーリングが行われる<sup>12)</sup>。

### 2.2 Penalty基準による展開法

2点*i*と*j*の類似度データ $e_{ij}$ と分析モデルの空間内における隔たり $d_{ij}^2 = \{x(i) - y(j)\}^2$ との関係が数量化4類の基準(目的関数)では内積として表わされている。多次元尺度構成法においては $e_{ij}$ と $d_{ij}$ との単調関係を直接扱う方法として非計量(nonmetric)変換がある<sup>13, 14)</sup>が、この方法を展開法に適用した場合には退化(degeneration)の問題の生じることがよく知られている。 $e_{ij}$ と $d_{ij}$ との単調関係を扱う方法としては非計量変換の他にpenaltyによるものがある<sup>5, 9, 15)</sup>。ここではこのpenaltyを用いた展開法として次の形のもの<sup>5)</sup>を用いる。

2点*i*と*j*の類似度を $e_{ij}$ 、*i*と*j*の座標値 $\{x_{ii}\}$ と $\{y_{jj}\}$ から算出される距離を $d_{ij}$ で表わし

$$d_{ij}^2 = \sum_i (x_{ii} - y_{jj})^2$$

とおく。

このときpenalty  $P$ を次式で与える。

$$P = \sum \phi((e_{i_1, j_1} - e_{i_2, j_2}) \cdot (d_{i_1, j_1}^2 - d_{i_2, j_2}^2) / \sum d_{i, j}^2)$$

ここで

$$\phi(z) = 1 / (1 + \exp(-c \cdot z))$$

である。

$P$ を与える式の右辺において、 $\phi$ の左隣の $\sum$ は $(i_1, j_1)$ と $(i_2, j_2)$ のすべての組み合わせにわたり、同じく右辺の $\sum d_{i, j}^2$ は*i*と*j*の組み合わせ全体に対して和がとられる。

$\phi(z)$ の定義式における定数*c*は近い値同士のみ $e_{ij}$ あるいは $d_{ij}$ の順位関係に対するpenaltyの厳しさの程度を与えるものであり、*c*の値が大ききほど厳しいものとなる。

座標値 $\{x_{ii}\}$ 、 $\{y_{jj}\}$ は*P*の最小化によって求められる。

### 2.3 Individual Difference Scaling (INDSCAL)

刺激間の(非)類似度の知覚における個人差を扱う多次元尺度構成法としてINDSCAL<sup>16)</sup>がある。

ここでは次の形で用いる。

刺激*j*の座標値を $(x_{jt})$ 、被験者*i*の第*t*次元に対する重みを $w_{it}^2$ で表わし、被験者*i*における刺激*j*と*k*の距離 $d_{j,k}^{(i)}$ を次式で与える。

$$d_{j,k}^{(i)} = \left\{ \sum_t w_{it}^2 (x_{jt} - x_{kt})^2 \right\}^{1/2}$$

Nonmetric INDSCALでは非類似度データ $\delta_{j,k}^{(i)}$ に対応するようにnonmetric変換された値 $\hat{d}_{j,k}^{(i)}$ と $d_{j,k}^{(i)}$ の値の差の2乗和が最小になるように布置 $(x_{jt})$ と重み $(w_{it}^2)$ が求められる。モデルの当てはまり具合は次のStress  $S$ によって表わされる。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_{j < k} (\hat{d}_{j,k}^{(i)} - d_{j,k}^{(i)})^2}{\sum_i \sum_{j < k} (d_{j,k}^{(i)})^2}}$$

CarrollとWish<sup>16)</sup>は色知覚のデータをINDSCALによって分析したものを紹介しているが、被験者の色覚異常がその重み $w_{it}^2$ の値の偏りとして表わされている。

## 2.4 大山(1964)のデータの分析

本研究の目的の1つは色の情緒的意味空間を展開法を用いて調べることであるが、そのために用いる刺激の選定を行う。大山<sup>6)</sup>の象徴語に対する色紙の選択傾向を調べたデータの分析を2.1の数量化4類の基準による展開法によって行い、その結果に基づいて使用する色と語を決める。大山のデータは、14語の象徴語それぞれについて16枚の色紙からもっとも適したものを選ばせるということを145名の被験者に対して行われたものであるが、その選択度数を類似度として分析すると図1、図2の布置が得られる。円内の記号が表わす象徴語と色はそれぞれの図の下に示す通りである。図1と図2を重ねれば色と象徴語の同時分布(同じ空間内における布置)が得られる。

図1に表わされている色の布置において、「白」、「中灰」、「黒」の無彩色は他の「赤」などの有彩色の集まりから離れた位置にある。本研究においては展開法による分析が行われるが、そ

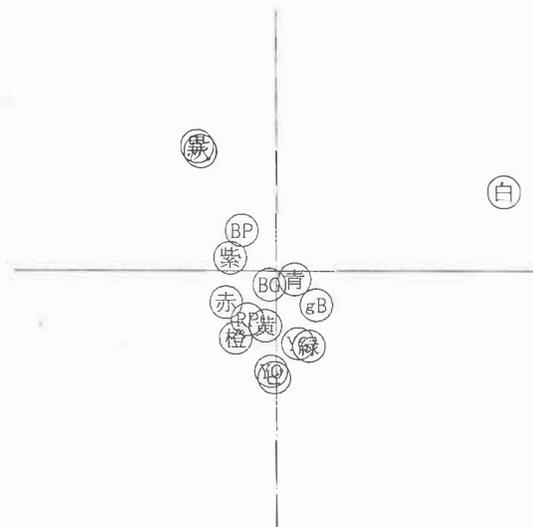


図1. 色の布置。円内の文字は次のものを表わす。  
 黒→黒；灰→中灰；白→白；ピ→ピンク  
 赤→赤；橙→橙；Y0→黄橙；黄→黄  
 YG→黄緑；緑→緑；gB→緑味青；青→青  
 BP→青紫；紫→紫；BG→青緑；RP→赤紫

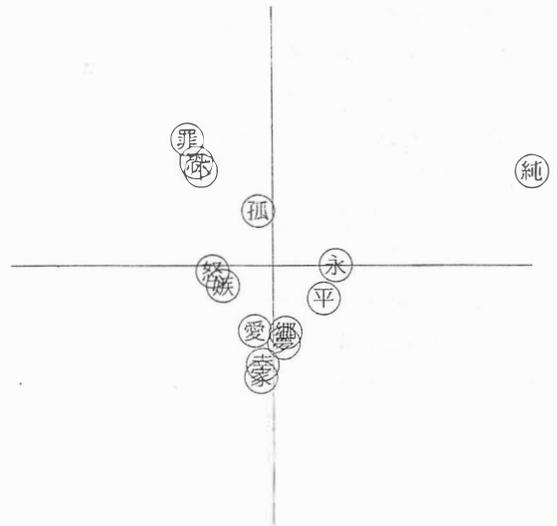


図2. 象徴語の布置。円内の文字は次のものを表わす。  
 怒→怒り；嫉→嫉妬；罪→罪；永→永遠  
 幸→幸福；孤→孤独；平→平静；郷→郷愁  
 家→家庭；愛→愛；純→純潔；夢→夢  
 不→不安；恐→恐怖。

の分析が成功するためには刺激の布置がなるべく一様であることが望ましい。又、無彩色、特に「白」は刺激の提示されるCRTディスプレイのバックグラウンドの色も白であるので不適切である。以上のことから、「白」、「中灰」、「黒」の無彩色は本研究では用いないことにする。有彩色の方はそれぞれの色相に応じてバランスよく布置が与えられている(図1)。本研究の刺激としてはCRTディスプレイに提示する関係から「赤」、「黄」、「緑」、「シアン」、「青」、「マジェンタ」の6色<sup>17)</sup>を用いる。

象徴語の方は、除かれた無彩色に近接した位置にあるもの「純潔」、「恐怖」、「罪」、「不安」の4語を除いた残り10語を用いる(図2)。

## 3 実験

2.4の分析結果に基づいて選定された色と象徴語の適合度評定データを個別実験により収集した。この適合度評定実験を第1セッションとし、それに続けて、12色に増やされた色について色同

士の類似度評定データ収集の実験を第2セッションとして行った。

被験者：

大学生13名（男子4名、女子9名）。

装置：

実験はパーソナルコンピュータ（PC-9821 Ap2, NEC）による制御の下で行われ、刺激はパーソナルコンピュータ用ディスプレイ（PC-KM172, NEC）上に提示された。実験の制御プログラムはTurbo-Pascal for Windows（Borland）によって作成された。

方法：

刺激として用いた色はWindows API関数RGBによって指定された。API関数RGBでは、赤(R)、緑(G)、青(B)の輝度を0から255の範囲の値で指定することにより色が決められる。赤、緑、青の指定値がv1、v2、v3であることを(v1/R, v2/G, v3/B)で表わせば、本実験の第1セッションで用いた6色の指定は次のようになる：赤(255/R, 0/G, 0/B)、黄(255/R, 255/G, 0/B)、緑(0/R, 255/G, 0/B)、シアン(0/R, 255/G, 255/B)、青(0/R, 0/G, 255/B)、マゼンタ(255/R, 0/G, 255/B)。

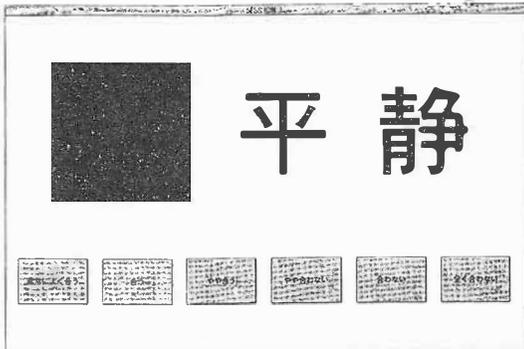


図3. 第1セッションでの刺激提示画面。左側の黒い正方形は評定用の色で塗り潰され、右側の象徴語は黒で表示された。バックグラウンドは白(255/R, 255/G, 255/B)であった。この刺激提示用ウインドウは17インチディスプレイ上に最大サイズで表示された。

第1セッションでは最大の大きさのウインドウ画面において、左側に6色のうちの1色によって塗り潰された正方形が提示され、その右側に象徴語が表示された(図3)。画面の下部には6つのボタンが横に並べられ、左から「非常によく合う」、「合う」、「やや合う」、「やや合わない」、「合わない」、「全く合わない」のそれぞれの評定語がボタン内に記入されていた。被験者はボタンの上に並べられている色と語の組み合わせに対して最も適した評定語のボタンをマウスの左ボタンでクリックするという方法で評定を行うことが求められた。6色と10語の組み合わせは60通りであるが、60対の組み合わせをランダムに並べ換えたものを20セット作成し、その中から同じ色または語ができるだけ3つ以上続かないもの、先頭あるいは末尾の10対に6色がなるべく均等に現れるものを1つ選んだ。第1セッションでの提示順序はこの選ばれた1セットとその逆順のものいずれかが用いられた。各提示順序において、その末尾の10対と同じものがそのままの順序で先頭の前に付け加えられ練習用とされた。それらに対する評定データは分析には用いなかった。

第2セッションにおいては色同士の類似度の評定データがとられた。よく似た色を増やすため第1セッションでの6色にさらに6色を加えて12色が用いられた。色名あるいは記号を付けて以下に示す。red(255/R, 0/G, 0/B)、r\_y(255/R, 128/G, 0/B)、yellow(255/R, 255/G, 0/B)、y\_g(128/R, 255/G, 0/B)、green(0/R, 255/G, 0/B)、g\_c(0/R, 255/G, 128/B)、cyan(0/R, 255/G, 255/B)、c\_b(0/R, 128/G, 255/B)、blue(0/R, 0/G, 255/B)、b\_m(128/R, 0/G, 255/B)、magenta(255/R, 0/G, 255/B)、m\_r(255/R, 0/G, 128/B)。12色から2色を選びそれぞれの色で塗り潰した正方形が最大サイズのウインドウ画面の上部に2つ並べて提示され、その下側に6つのボタンが横に並べて表示された(図4)。各ボタンには左のものから順に「同じ」、「似ている」、「やや似ている」、「やや異なる」、「異なる」、「全く異なる」の評定語が記入され

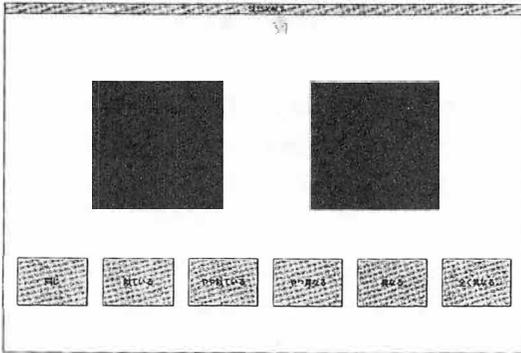


図4. 第2セッションでの刺激提示画面。  
左右の黒い正方形はそれぞれ評定用の色で塗り潰されていた。バックグラウンドは白(255/R, 255/G, 255/B)であった。この刺激提示用ウィンドウは17インチディスプレイ上に最大サイズで表示された。

ていた。被験者は上部に提示されている2つの正方形の色の関係について6つのボタンの評定語から最も適切なものを選んでそのボタンをマウスでクリックすることが求められた。12色から作られる対の提示順序は、Ross<sup>18)</sup>の方法によって決められたものの間に、同じ色同士の対を同色の提示が対間において続かないように挿入して作成された78対よりなる系列とこれを逆の順序にしたものの2系列が用意された。各系列の先頭にはred、green、blueの3色から作られる3組の対と同じ色同士の対3組の計6組の対よりなる系列が付け加えられていたが、これらの6対に対するデータは練習用のものとして分析には用いなかった。

第2セッションは第1セッション終了後に続いて行われた。

#### 4 結果

被験者個人個人の色覚の特徴を調べるため、第2セッションの男女13名のデータが非計量INDSCALによって分析された。「同じ」から「全く異なる」までの6つの評定に0から5までの整数値を対応させた。次元数とStressの関係が表1に示さ

表1. 第2セッションにおける男女13名による色の類似度評定データを非計量INDSCALによって分析したときの各次元数に対するStressの値。

次元数	Stress
1	0.3556
2	0.1144
3	0.0857
4	0.0659
5	0.0511
6	0.0410

れている。表1における次元数の増加に伴うStressの値の変化の割合から判断すると次元数が3のモデルが適当であると思われる。次元数3のと

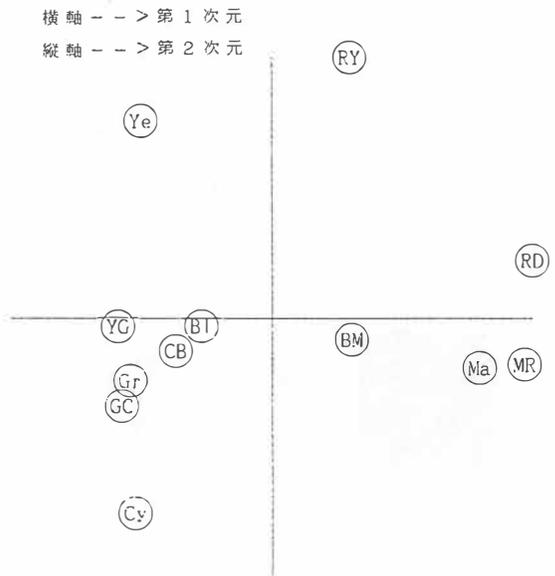


図5. 第1次元と第2次元による色の布置NDSCAL)  
図中の記号の表わす色は次の通りである  
; RD (255/R, 0/G, 0/B), RY (255/R, 128/G, 0/B), Ye (255/R, 255/G, 0/B) YG (128/R, 255/G, 0/B), Gr (0/R, 255/G, 0/B), GC (0/R, 255/G, 128/B), Cy (0/R, 255/G, 255/B), CB (0/R, 128/G, 255/B), B1 (0/R, 0/G, 255/B), BM (128/R, 0/G, 255/B), Ma (255/R, 0/G, 255/B), MR (255/R, 0/G, 128/B),

横軸 --> 第1次元  
縦軸 --> 第2次元

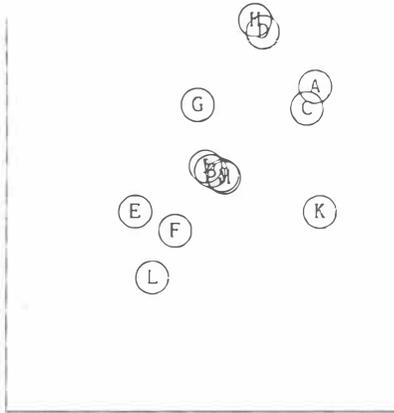


図6. NDSICAL解による各被験者の重み。  
左下隅が(0,0)である。記号A~Iは女子、J~Mは男子のものを表わす。

きの布置を第1次元と第2次元に対して図示したものが図5である。横軸が赤-緑の次元、縦軸が青-黄の次元に対応していることが分かる。同じ第1次元、第2次元に対する各被験者の重みを図示したものが図6である。左下隅が(0,0)を表わす。図6の重みの分布から特に色覚に問題のある被験者は含まれていなかったことが分かる。

次に、第1セッションのデータの分析を行う。データは女性被験者のものを用いる。「非常によく合う」から「全く合わない」までの6つの選択

表2. 色と象徴語の適合度評定データ(女性)。「非常によく合う」から「全く合わない」までの6つの評定語に6から1までの整数値を順に対応させ、女性被験者9人の中央値を求めたもの。

色	象徴語									
	永遠	平静	慈悲	夢	家庭	幸福	愛	厳格	怒り	孤独
赤	4	1	3	4	5	5	6	5	6	2
黄	5	2	4	5	5	6	3	5	4	2
緑	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3
シアン	5	6	4	4	4	3	3	3	2	5
青	5	5	4	4	3	3	2	4	4	6
マジェンタ	3	3	4	3	2	3	3	5	4	4

肢に6から1までの整数を対応させたときの女子9名による評定の中央値を表2に示す。

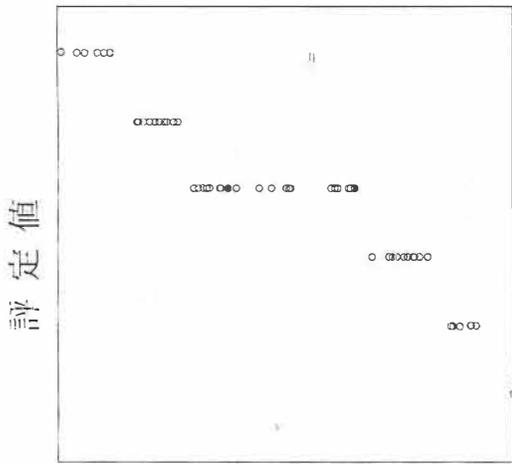
表2のデータを2.2のpenalty Pを目的関数とする展開法により分析する。c = 1558.44のときの各次元数に対するP、及び評定データとモデルによる距離のSpearman順位相関係数を表3に示す。但し、順位相関係数の算出における順位付けは、一方のスコアがtieであっても他方のスコアがtieでない場合はそのtieでない方のスコアによって順位付けを行った。この修正された順位付けによる相関係数を用いる方がモデルのデータに対する適合状況がよく分かる。

表3. Penalty関数による展開法によって表2のデータを分析<sup>\*)</sup>したときの各次元数に対するPと順位相関係数<sup>\*\*)</sup>。

<sup>\*)</sup> c = 1558.44 <sup>\*\*)</sup> 順位付けにおいて一方のスコアがtieであっても他方がtieでない場合はそのtieでない方の順位が用いられた。

次元数	P	順位相関係数 <sup>**)</sup>
1	390.81	-0.900
2	231.91	-0.993
3	195.64	-1.000

表3によれば表2の適合度評定値の順序関係と次元数3のときにモデルから算出される距離の順序関係に矛盾が全く無くなることが分かる。次元数3のときの距離と評定値の関係を図7に示す。又、このときの色と象徴語の分布をそれぞれ図8、9と図10、11に示す。ユークリッド距離が用いられているので布置の解釈が容易なように回転を行うことが出来るが、図8~11では回転を行わずに布置が示されている。色と象徴語は同一空間内にあるが、図8と10、あるいは図9と11を重ねることによって色と象徴語の同時分布(joint map)が得られる。



距離の2乗

図7. 次元数3のときの距離と評定値の関係

横軸 - - > 第1次元  
縦軸 - - > 第3次元

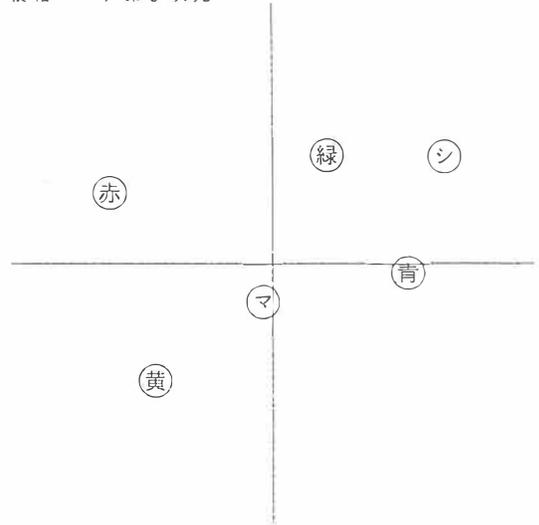


図9. 色の布置(展開法)

横軸 - - > 第1次元  
縦軸 - - > 第2次元

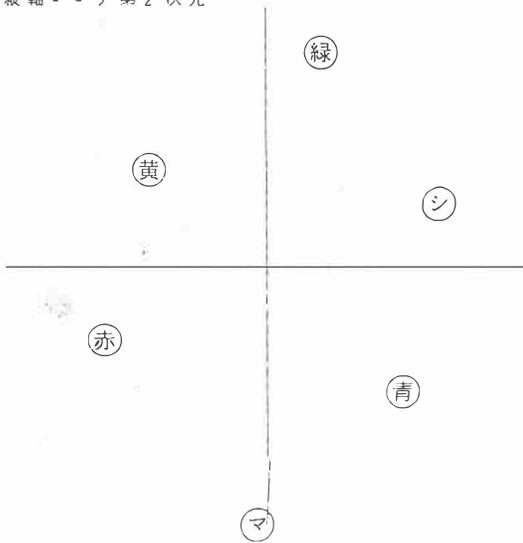


図8. 色の布置(展開法)

横軸 - - > 第1次元  
縦軸 - - > 第2次元

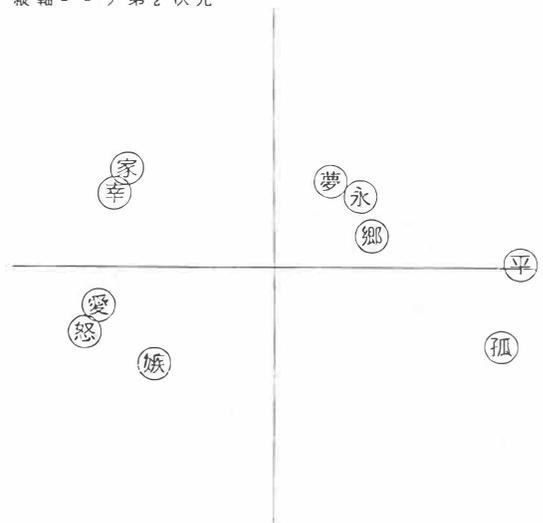


図10. 象徴語の布置(展開法)

横軸 - - > 第1次元  
縦軸 - - > 第3次元

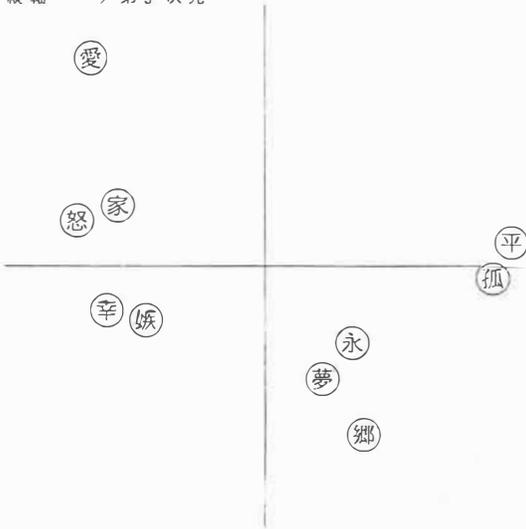


図11. 象徴語の布置(展開法)

## 5 考察

4. 結果に示されているように、大山<sup>9)</sup>のデータを数量化4類の基準による展開法によって分析したものに基づいて刺激を選ぶという方法は成功したといえる。

Carroll & Wish<sup>10)</sup>におけるINDSCALによる分析結果では色覚の異常が重みの偏りとして表わされている。本研究でも被験者個人個人の色覚のチェックのため、第2セッションの色の類似度データがINDSCALによって分析された。特に問題のある被験者は含まれていなかった。

第1セッションの女性9名による色と象徴後の適合度評定の中央値がpenalty関数を目的関数とする展開法によって分析されたが、表3に示されているように次元数3のときにデータの順序関係と距離の順序関係の間に全く矛盾の無い解が得られた。これは展開法においてpenaltyを目的関数とすることの有効性を示すものである。

次元数3のときの色の布置を見てみると、第1次元(横軸)と第2次元(縦軸)の関係を表わす図8において正の対角線方向が赤-緑の次元に、

負の対角線方向が青-黄の次元に対応していることが分かる。図8にみられる「赤」から「マゼンタ」に至る円環構造は色彩科学<sup>19)</sup>で説明されているものに合うものである。

第3次元を縦軸とする図9からは第3次元はValdez & Mehrabian<sup>20)</sup>のpleasure水準に対応しているようである。しかし、この第3次元がpleasure水準に関係しているという解釈は図9に対応する図11における象徴語の分布の様子とは合わない。

色と象徴語の関係は図8と10、図9と11を重ねて得られる色と象徴語の同時分布から視覚的に読み取ることができる。「赤」は「愛」、「怒り」、嫉妬」に近く激しい色であることが分かる。「青」は「孤独」と近い。「緑」と「シアン」は「夢」、「永遠」、「郷愁」といった語に比較的近い。「黄」は「幸福」に近く、「家庭」にも比較的近い色である。

このように、展開法による分析によって、色の布置と象徴語の布置のそれぞれに対する解釈と、両者の布置を重ねて得られる同時分布における色と象徴語の関係の解釈を視覚的に行うことが可能となる。

本研究では展開法が意味空間の分析のために用いられたが、展開法はもともと主として選好データの個人差の分析法として提案されたものである<sup>21)</sup>。従って、本研究で用いられた数量化4類の基準による展開法、及びpenalty関数による展開法は、消費者別の商品に対する選択パターン分析にも用いることができる。

## 引用文献

- 1) 岡本安晴(1992)SD法への展開法の適用について. 日本心理学会第56回大会発表論文集.
- 2) 岡本安晴(1992)確率的展開法のSD法への適用について. 日本行動計量学会第20回大会発表論文抄録集.
- 3) 岡本安晴(1994)色彩と象徴語の関係の展開法的分析. 日本基礎心理学会第13回大会発表.

- 4) 岡本安晴 (1994) 展開法の重み付き確率モデルについて. 日本行動計量学会第22回大会発表論文抄録集.
- 5) 岡本安晴 (1994) 色彩空間の展開法的分析. 日本心理学会第58回大会発表論文集.
- 6) 大山 正 : 色彩象徴に関する一研究. 色彩研究, 11 55-59 1964
- 7) 岩坪秀一 (1987) 数量化法の基礎. 朝倉書店.
- 8) 丘本 正・戸田 準 : 数量化理論4類と主座標分析法. 日本統計学会誌, 3 41-53 1973
- 9) Saito, T., : Contributions to euclidean type quantification and a new method of multidimensional scaling. *Behavior-metrika*, 12 63-83 1982
- 10) 林 知己夫・鮑戸 弘 (共編) (1976) 多次元尺度解析法—その有効性と問題点—. サイエンス社.
- 11) 岡本安晴 (1991) 数量化4類の基準による展開法. 日本行動計量学会第19回大会発表論文抄録集.
- 12) 岡本安晴 : 数量化4類の基準による展開法における制約条件について. 金沢大学文学部論集・行動科学科篇, 13 35-54 1993
- 13) Kruskal, J.B. : Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. *Psychometrika*, 29 1-27 1964
- 14) Kruskal, J.B. : Nonmetric multidimensional scaling : A numerical method. *Psychometrika*, 29 115-129 1964
- 15) 北條 弘 (1993) 順位づけ反応モデルに基づく多次元展開法. 日本心理学会第57回大会発表論文集.
- 16) Carroll, J. D. & Wish, M. (1974) Models and methods for three-way multidimensional scaling. In D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce & P. Suppes (Eds.) *Contemporary developments in mathematical psychology*, Vol. II : Measurement, psychophysics, and neural information processing. San Francisco : W. H. Freeman and Company, 57-105.
- 17) Murch, G. (1986) Color displays and color science. In H. J. Durrett (Ed.), *Color and the computer*. Boston: Academic Press.
- 18) Ross, R. T. : Optimum orders for the presentation of pairs in the method of paired comparisons. *Journal of Educational Psychology*, 25 375-382 1934
- 19) Wyszecski, G. & Stiles, W. S. (1982) *Color science : Concepts and methods, quantitative data and formulae* (2nd ed.). New York : John Wiley & Sons.
- 20) Valdez, P. & Mehrabian, A. : Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology : General*, 123 394-409 1994
- 21) Coombs, G. H. (1964) *A theory of data*. New York: John Wiley & Sons.