研究論文：論文

白黒からなる縞模様および市松模様の寸法変化が同化現象に及ぼす影響

意匠平面における2色の配置と形状が同化現象に及ぼす影響（その2）

野中 誉子*, 西脇剛史**, 前川善一郎***

*京都工芸繊維大学大学院先端ファイブ科学専攻, ** (株) アシックス, ***平安女学院大学

INFLUENCE OF COMPONENT SIZE OF STRIPED AND CHECKED MONOCHROME IMAGE ON ASSIMILATION PHENOMENON

INFLUENCE OF LAYOUT AND SHAPE OF 2 COLORS ON ASSIMILATION AT DESIGNED PLANE (PART 2)

Takako NONAKA*, Tuyoshi NISHIWAKI**, Zen-ichiro MAEKAWA***

*Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto city, KYOTO

**ASICS Corporation, 2-1, 6-chome, Takatsukadai, Nihi-ku, KOBE

***Heian Jyogakuin University, 81-1, Nanpeidai 5-chome, Takatsuki city, OSAKA

Abstract : This study treats the relations of shapes and assimilation from the viewpoints which the color arrangement on the designed plane often changes by human eyesight. Part 1 of this study dealt with the influence of the layout and shapes of 2 colors on assimilation phenomenon. One of the results at Part 1 was that the assimilation phenomenon is affected considerably by pattern information than color information. Part 2 of this study, therefore, is focused upon the pattern phenomenon and deals with the influence of the stripe, border and check patterns composed of white and black colors on assimilation at designed plane. The results obtained in this study are shown that the distance between the designed plane and the human position which assimilation occurs was strongly influenced by the ratio of white-black widths at the border and stripe patterns and the aspect ratio at the check pattern. Furthermore, the relationship between stripe, border and check patterns on the assimilation phenomena was clarified.

Key Word : Assimilation Phenomenon, Geometric Pattern, Designed Plane

1. はじめに

日常生活において、我々の身の回りに存在する色は、単独で見られることはまれであり、いくつかの色が混在するとき、それは他の色彩から何らかの影響を受け、見え方が変化する [注1] ことは既によく知られている。こういった色の見え方の変化は、ひいてはその色が構成する意匠から受ける印象を左右することから、ある色が並置された他の色から受ける影響を定量的に把握することは、人間の感性を定量化する上で非常に重要であり、近年、活発に研究されている [注2]。

このような見地から、我々は前報“意匠平面における2色の配置と形状が同化現象に及ぼす影響” [注3] において、2色配色における同化現象に注目し、意匠平面を構成する色彩、それらの配置方法、およびそれぞれの色彩の形状が、同化にどのような影響を及ぼすのかについて調査し、比較検討した。その結果、ストライプ、ボーダー、チェックのパターンについて、単色からなる構成要素の幅が等しいとき、同化のしやすさはチェック、ボーダー、ストライプの順となることを明らかにした。また各パターンにおいて、構成要素が大きくなるにつれ同化しにくくなるが、同化のしにくさ、すなわち対象試料を構成する2色が識別できる距離の増加傾向は、要素

寸法の増加に対して線形増加ではないことがわかった。さらに、構成色間の色差よりも、構成パターンとその要素寸法の方が、同化に与える影響が大きいとの知見を得た。

これらの知見は、テキスタイルデザインのような幾何学的制約がある意匠設計の場において、デザイナーが狙った視覚効果を効率よく得るための指針を与え、有効な設計支援となると考えられる。

そこで本研究では、先の研究の結果を踏まえ、パターンとその構成要素の寸法が同化に与える影響をより詳細に知るため、白黒からなるストライプ、ボーダー、およびチェックについて、構成要素ごとに寸法を変化させた意匠を対象として実験を行い、同化現象との関係を明らかにすることを目指す。

2. 実験方法

被験者に試料をN5の背景上に提示し、試料が灰色の正方形として知覚される十分遠い距離から1歩ずつ試料に接近してもらい、試料中の白色と黒色がどのように配置されているのか、すなわち試料がどのようなパターンなのかを識別できる地点と試料提示位置との距離を、同化/識別距離（以下、識別距離と略）として計測した。これは、意匠の構成色が灰色

表 1：試料の概要

パターン	分類	構成要素の特徴	構成要素の寸法 (mm)				試料数
			X_W	X_B	Y_W	Y_B	
ストライプ	S-I	白要素の横幅 X_W =黒要素の横幅 X_B	2.8, 5.6, 11.2		179.2 (辺長)		3
	S-II	白要素の横幅 X_W ≠黒要素の横幅 X_B	2.8, 5.6, 11.3	2.8, 5.6, 11.3	179.2 (辺長)		6
ボーダー	B-I	白要素の縦幅 Y_W =黒要素の縦幅 Y_B	179.2 (辺長)		2.8, 5.6, 11.2		3
	B-II	白要素の縦幅 Y_W ≠黒要素の縦幅 Y_B	179.2 (辺長)		2.8, 5.6, 11.3	2.8, 5.6, 11.3	6
			X_1	X_2	Y_1	Y_2	
チェック	C-I	横幅 X =縦幅 Y	2.8, 5.6, 11.2				3
	C-II	横幅 X ≠縦幅 Y	2.8		5.6, 11.2, 22.4, 44.8, 89.6, 179.2		12
			5.6, 11.2, 22.4, 44.8, 89.6, 179.2		2.8		
	C-III	横幅 X_1 または X_2 で縦幅 Y なる 2種の構成要素が交互に配置 (ただし $X_1<X_2$)	2.8	5.6, 11.2	11.2, 22.4, 44.8, 89.6, 179.2		8
	C-IV	横幅 X で縦幅 Y_1 または Y_2 なる 2種の構成要素が交互に配置 (ただし $Y_1<Y_2$)	11.2, 22.4, 44.8, 89.6, 179.2		2.8	5.6, 11.2	8

1色,あるいは複数の明度の異なる灰色で構成されるように見える臨界点が,白色と黒色がどのように配置されて構成された意匠かを識別できる臨界点と等しいものと考えたからである。

被験者は,前報に引き続き,裸眼または矯正済みの視力おおよそ1.0を有する色覚正常な20代の男女20人とし,試料を重複なく,パターンおよび要素寸法がランダム順となるように注意して,1つずつ被験者の目の高さで提示した。

本実験では,白色と黒色の2色で構成された意匠が同化して灰色の意匠として知覚されるとき,意匠中の2色の配置,形状および寸法変化が同化しやすさにどのように影響するかを調べるため,これらを変数として試料を作成した。作成した試料は全て18cm四方の正方形で,白色あるいは黒色の単色で塗りつぶされた矩形要素(以下,構成要素と略)をストライプ(縦縞),ボーダー(横縞),ブロックチェック(市松模様:以下,チェックと略)の3種のパターンとなるよう配置した。また,構成要素の横幅,および縦幅の寸法を変化させ,計49種の意匠を作成した。ここで,意匠中の構成要素は白色と黒色の正方形または長方形とし,辺で接する構成要素が異なる色となるよう留意して作成した。

表1に,実験対象とした試料の概要を示す。以下,対象とした試料の名称は,表1中のパターンおよび分類名によるものとする。表1に示すように, X , Y はそれぞれ試料の水平(横)方向,垂直(縦)方向を意味し,添え字 W は白要素,添え字 B は黒要素に関するもの数値を意味する。また,チェックについては白要素と黒要素が交互に出現するため,添え字 W , B ではなく,添え字 1 , 2 を用いて要素寸法を表し,このとき, $X_1 < X_2$ が成り立つものとする。

図1に,試料のいくつかについて模式図を示す。ここで,図1(a), (b)の X_W , X_B , Y_W , Y_B はそれぞれ,表1のストライプ,ボーダーの欄で記述した白要素の幅,および黒要素の幅とし,図1(c), (d)の X , X_1 , X_2 , および Y , Y_1 , Y_2 は,表1のチェックの欄に記述した構成要素の横幅,および縦幅とする。全てのC-IIIチェックにおいて, X_1 は2.8mm,

C-IVチェックにおいて, Y_1 は2.8mmとした。

図 1：試料の模式図

3. 実験結果および考察

実験で測定した識別距離に関して,被験者間における視力のばらつきの影響を小さくするため,本報では,構成要素が $X=Y=2.8\text{mm}$ の最も細かいチェックを基準とし,各試料の識別距離を要素が最小のチェックの識別距離との相対比(以下,比距離と略)として,被験者ごとに算出する方法を採用した。さらに全体の傾向を見るため,各被験者の相対比を算術平均し,考察する。以下,本節で提示する全てのグラフにおいて,横軸に比距離を取り,データとして全ての被験者の平均値をプロットした。またグラフ中に,標準偏差も併せて示した。

3.1 構成パターンおよび構成要素寸法が同化に及ぼす影響

意匠を構成する幾何学パターンと,そのパターンを構成する構成要素の大きさが同化現象に及ぼす影響について考察するため,白要素の幅と黒要素の幅が等しいストライプ(S-I)とボーダー(B-I),および横幅と縦幅が等しいチェック(C-I)について比較する。

図2に、比較した試料の模式図を示す。これは、試料中心部近傍を切り出し、パターンの繰り返しの基本単位について、構成要素の形状と寸法比を簡易的に表したものである。以下、本節で示す模式図は全て、この形式にならうものとする。

図2：S-I、B-I、C-Iの模式図

これらの試料群は、 $X_W = X_B$, $Y_W = Y_B$, または $X = Y$ の関係が成り立っており、それぞれ2.8mm, 5.2mm, 11.2mmの3段階に変化させたもの、計9種である。

図3に、各パターンにおける構成要素の寸法と識別距離との関係を示す。図3において、×はチェック、◇はストライプ、△はボーダーの結果を示す。

図3：パターンおよび構成要素の寸法と比距離の関係

図3より、構成要素の幅が等しいストライプとボーダー(90度回転すると同じ図形)、およびチェックを比較すると、チェックが最も識別しにくく、ストライプが最も識別しやすいことがわかった。また同じパターン同士を比較すると、いずれのパターンにおいても、構成要素が大きくなるにつれ識別しやすくなることがわかった。

図4：前報でのパターンおよび構成要素の寸法と比距離の関係

前報でも、異なる被験者集団に対して同じ試料を提示し、実験を行った。そこで、前報で得られた結果をあらためて比距離に換算しなおし、図4に示す。

図4においても、図3に見られるのと同様に、チェックが最も識別距離が短く、次いでボーダー、ストライプという傾向となることがわかる。したがって、被験者の母集団が変わっても、幾何学形状とその構成要素寸法が同化に与える影響は同様の傾向を示すことが確認できた。

3.2 各パターンにおける構成要素寸法が同化に及ぼす影響

意匠を構成するパターンが等しく、構成要素の寸法が異なる試料を比較し、寸法変化が同化に及ぼす影響について考察する。

(1) ストライプにおける構成要素寸法が同化に及ぼす影響

ストライプにおいて、白要素(白線)の幅 X_W と黒要素(黒線)の幅 X_B が同化現象に及ぼす影響について考察するため、ストライプ(S-I, S-II)9種の試料群について比較する。

図5に、比較に用いたストライプの試料のいくつかについて、その模式図を示す。比較に用いた試料は、白要素の幅 X_W 、および黒要素の幅 X_B を、それぞれ2.8mm, 5.6mm, 11.2mmの3段階に変化させたものである。

図5：比較に用いたストライプの試料の模式図

図6に、ストライプについて得られた結果を示す。図6において、◇はストライプの結果を表しており、そのプロットの大きさは、黒要素の横幅 X_B に比例している。また縦軸は、黒要素の横幅に対する白要素の横幅 X_W/X_B を対数で表示した。したがって縦軸1上のプロットは、白と黒の面積が等しい試料S-I群に対する結果を表しており、1より大きいもののほど白の面積が大きい試料、1より小さいもののほど黒の面積が大きい試料に対する結果を表す。

図6：ストライプにおける白黒比と比距離の関係

図6より、黒要素の幅 X_B が等しい試料（プロットサイズが同じ系列）を比較すると、白要素の幅 X_W が大きくなるにつれ、すなわち黒線同士の間隔が広くなるにつれ、識別しやすくなることがわかった。その際、識別距離の増加傾向は、白要素の幅の増加に対し、片対数グラフである図6においておおよそ線形であった。これらの傾向は、白要素の幅 X_W が等しい試料を比較した場合にも見られた。

また、試料中の白黒比 X_W/X_B が等しい試料を比較すると、構成要素が大きいほど、識別しやすい傾向を示した。

さらに、白要素の幅 X_W と黒要素の幅 X_B が逆転している試料 ($X_W/X_B=2, 1/2$, または $X_W/X_B=4, 1/4$) を比較すると、白地に黒線でも黒地に白線でも、その識別距離に有意な差は認められないことから、識別のしやすさはほぼ同程度であると考えられる。

(2) ボーダーにおける構成要素寸法が同化に及ぼす影響

ボーダーにおいて、白要素の幅 Y_W と黒要素の幅 Y_B が同化現象に及ぼす影響について考察するため、ボーダー (B-I, B-II) 9種の試料群について比較する。

図7に、比較に用いたボーダーの試料のいくつかについて、その模式図を示す。比較に用いた試料は、白要素の幅 Y_W 、および黒要素の幅 Y_B を、それぞれ 2.8mm, 5.6mm, 11.2mm の3段階に変化させたものである。

図7：比較に用いたボーダーの試料の模式図

図8に、ボーダーについて得られた結果を示す。図8において、 Δ はボーダーの結果を示しており、そのプロットの大きさは黒要素の縦幅 Y_B に比例している。また縦軸は、黒要素の縦幅に対する白要素の縦幅 Y_W/Y_B を対数表示した。

図8：ボーダーにおける白黒比と比距離の関係

図8より、黒要素の幅 Y_B が等しい試料（プロットサイズ

が同じ系列）を比較すると、白要素の幅 Y_W が大きくなるにつれ、すなわち黒線同士の間隔が広くなるにつれ、識別しやすくなることがわかった。その際、識別距離の増加傾向は、白要素の幅の増加に対し、片対数グラフである図8において線形であった。これらの傾向は、白要素の幅 Y_W が等しい試料を比較した場合にも見られた。

また、試料中の白黒比 Y_W/Y_B が等しい試料を比較すると、構成要素が大きいほど、識別しやすい傾向を示した。

さらに、白要素の幅 Y_W と黒要素の幅 Y_B が逆転している試料を比較すると、 Y_W/Y_B が2と1/2の試料では、黒要素の幅が広い試料、すなわち黒地に白線の試料の方が識別しやすいが、 Y_W/Y_B が4と1/4の試料では、白地に黒線の試料の方が識別しやすかった。しかしながら、どちらの場合も識別距離の差は非常に小さく、白地に黒線でも黒地に白線でも、識別のしやすさはほぼ同程度であると思われる。

以上の傾向は、図6から得られたストライプにおける傾向とほぼ同様であった。

(3) ストライプおよびボーダーにおける構成パターンの違いが同化に及ぼす影響

次に、ストライプとボーダーのパターンの違いが同化におよぼす影響について調べる。

図9に、ストライプおよびボーダーについて得られた結果を合わせて示す。図9において、 $\diamond$ はストライプを、 Δ はボーダーを表しており、プロットの大きさは黒要素の幅に比例している。

図9：ストライプおよびボーダーにおける白黒比と比距離の関係

図9より、白要素の幅 $X_W=Y_W$ 、かつ黒要素の幅 $X_B=Y_B$ が成り立つストライプとボーダー（90度回転すると同じ図形になるもの同士）を比較すると、要素寸法によらず、ボーダーよりもストライプの方が、常に遠くから識別できることがわかった。また、構成要素が大きくなるにつれ、ストライプとボーダーの識別距離の差が大きくなる傾向であった。

(4) チェックにおける構成要素寸法が同化に及ぼす影響

チェックについても、構成要素の横幅と縦幅が同化現象に及ぼす影響を調べるため、C-IおよびC-IIの試料の中でも、構成要素の横幅 X と縦幅 Y が 2.8mm, 5.6mm, 11.2mm の3段階に変化させた試料、計9種について比較する。

図10に、比較に用いたいくつかの試料の模式図を示す。

図 10：比較に用いた C-I および C-II の模式図

図 11 に、先に述べたチェック 9 種の試料について得られた結果を示す。図 11 において、×の大きさは構成要素の縦幅 Y に比例するものとする。また縦軸は、構成要素の縦横比 X/Y を対数表示しており、1 より大きくなるにつれ構成要素が横長に、1 より小さくなるにつれ構成要素が縦長の試料を表す。

図 11：チェックにおける構成要素の縦横比と比距離の関係

図 11 より、構成要素の縦幅 Y が等しい試料（プロットサイズが同じ系列）を比較すると、横幅 X が大きくなり、面積が増大するにつれ、識別しやすくなることがわかった。この傾向は、横幅 X が等しい試料を比較した場合にも、確認できた。

また縦横比 X/Y が等しいもの、すなわち構成要素の形状が同じ試料を比較すると、要素が大きくなるにつれ、識別のしやすさが増すことがわかった。

さらに、構成要素の面積が等しい ($X/Y=2$, $1/2$, または $X/Y=4$, $1/4$) 試料を比較すると、識別距離に大きな差はなく、要素が縦長でも横長でも、識別のしやすさは同程度だと思われる。

3.3 チェックにおける構成要素の縦横比の変化と、ストライプおよびボーダーとの関係

以上の結果より、試料の構成要素において、 $X=X_W=X_B$ 、あるいは $Y=Y_W=Y_B$ が成り立つ試料を比較すると、ストライプが最も遠くからでも識別でき、次いでボーダーが識別しやすく、チェックはかなり近くまで近付かなければ識別しにくいことが確認された。しかしながら、チェックの構成要素が縦長、あるいは横長になっても、識別のしやすさに大きな差は見られなかった。

そこで、構成要素の縦横比を 3.2 項で比較した試料群より、構成要素がより縦長、あるいはより横長になるようなチェッ

クの試料について、構成要素の縦横比が同化現象に与える影響を調べるとともに、ストライプおよびボーダーの識別のしやすさとの関係を検討する。

(1) C-II チェックにおける構成要素の縦横比の変化が同化に及ぼす影響

比較に用いたのは、白要素と黒要素の幅が等しいストライプ (S-I) とボーダー (B-I)、構成要素の横幅と縦幅が等しいチェック (C-I) および C-II のうち、 $X=X_W=X_B=2.8\text{mm}$ 、または $Y=Y_W=Y_B=2.8\text{mm}$ なる試料群、計 13 種である。

図 12 に、比較に用いた試料のうち、S-I、B-I および C-II のいくつかについて、模式図を示す。図 12 に示すように、構成要素の横幅または縦幅が 2.8mm のチェック C-II は、比較に用いたストライプやボーダーについて、構成要素の長手方向を分割したものと考えることができる。

図 12：比較に用いた S-I、B-I、C-II の模式図

図 13 に、これらの試料について得られた結果を示す。図 13 において、◇はストライプ (S-I)、△はボーダー (B-I)、×はチェック C-I を表しており、◆は C-II 群のうち構成要素が縦長のチェック、▲は C-II 群のうち構成要素が横長のチェックを表す。また縦軸は、ストライプ、および C-II のうち構成要素が縦長の試料については Y/X を、ボーダー、および C-II のうち構成要素が横長の試料群については X/Y を取り、対数表示した。したがって、縦軸が 1 より大きいほど、構成要素が縦または横方向により細長く、要素面積が大きい試料を表す。

図 13 より、構成要素が正方形のチェックに比べ、要素が縦長または横長のチェックになるにつれ（要素面積が大きくなるにつれ）遠くから識別できるようになり、ストライプやボーダーの識別距離へと近付くことがわかった。また、その比距離の増加傾向は、要素の縦横比の増加に比例している。しかしながら、構成要素の縦横比が等しいチェック同士を比較すると、その識別距離に大きな差はなく、要素が縦長あるいは横長であることは、ストライプやボーダーのように大きな有意差を持たないと考えられる。

本実験で用意した試料のうち、C-III および C-IV 群は、白要

素と黒要素の幅が異なるストライプおよびボーダーについて、その長手方向を分割し、チェックになるよう配置したものに对应している。そこで、白要素と黒要素の幅が異なるストライプおよびボーダーと、大きさの異なる2つの構成要素からなるチェックとの関係についても、同様に検討する。

図 13：C-II チェックにおける構成要素の縦横比と比距離の関係およびストライプ、ボーダー、C-I チェックとの関係

(2) C-III チェックにおける構成要素の縦横比の変化が同化に及ぼす影響

白要素と黒要素の幅が異なるストライプと、大きさの異なる2つの縦長要素からなるチェックについて、構成要素の縦横比の変化が同化に及ぼす影響について、比較検討する。

比較に用いたのは、C-III チェックおよびストライプ(S-I, S-II), C-II のうち構成要素が縦長となる試料である。

図 14 に、比較に用いた試料のうち、S-II および C-III チェックについて模式図を示す。図 14 に示すように、C-III 群の試料において、常に $X_1 = 2.8\text{mm}$ 、かつ $X_1 < X_2$ の関係が成り立っている。つまり、すべての C-III 群には $X = 2.8\text{mm}$ なる C-II チェックの要素からなる列が存在することになる。

図 14：比較に用いた試料のうち、S-II、C-III の模式図

図 15 に、C-III チェックおよびストライプ(S-I, S-II), C-II のうち構成要素が縦長となる試料について、得られた結果を示す。図 15 において、◆は C-III および C-II の要素が縦長な試料で $X_2 = 5.6\text{mm}$ の C-III は灰色、◇はストライプ、×は C-I を表しており、そのプロットの大きさはそれぞれ、 X_2 , X_B , または X に比例している。また縦軸は、構成要素の横幅に対する縦幅であり、C-III については Y/X_2 、C-I および C-II については Y/X 、ストライプについては Y/X_w を取り、対数表示した。したがって、図 13 と同様に、縦軸が大きいほど構成要素が縦に長い試料を表す。

図 15：ストライプ、C-I チェック、構成要素が縦長の C-II チェック、C-III チェックにおける縦横比の変化と比距離の関係

図 15 より、 X_2 が等しい（プロットサイズが同じ）試料を比較すると、構成要素が縦長になるにつれて識別距離は増加し、 $X_2/X_1 = X_w/X_B$ なるストライプの識別距離に近付くことがわかった。

X_2 が異なる試料を比較してみると、 X_2 が大きくなるにつれ、識別距離は増加する傾向を示した。また C-II の試料群では、要素が縦長になるにつれて比距離が増加するのに対し、C-III 群では要素が縦長になるにつれ、比距離の増加量は少なくなることがわかった。これは、 X_1 あるいは X_2 の寸法が識別のしやすさに及ぼす影響によるものと考えられる。

そこで、特に C-II および C-III の試料のうち、構成要素の縦幅 Y が等しい試料について、より詳細に比較検討する。

図 16 に、C-II および C-III における構成要素の縦横比と識別距離との関係を示す。図 16 において、○は構成要素の縦幅 Y が 11.2mm （試料全体の $1/16$ の長さ）の試料、●は Y が 22.4mm （全長の $1/8$ ）、□は Y が 44.8mm （全長の $1/4$ ）、■は Y が 89.6mm （全長の $1/2$ ）の試料を表している。また縦軸は、構成要素の横幅についての比 X_2/X_1 を取る。したがって、 $X_2/X_1 = 1$ は C-II、 $X_2/X_1 = 2$ はそれぞれ C-III の試料を表す。

図 16：C-II、C-III における構成要素の縦横比と比距離の関係

図 16 より、要素の縦幅 Y が等しい試料を比べると、 X_2/X_1 が大きくなるにつれ識別しやすくなるが、その増加傾向は X_2 の増加量に比例していなかった。

また X_2/X_1 が等しい試料を比較すると、要素の縦幅が長く

なるにつれ、識別しやすくなることがわかった。しかしながら、縦幅が 44.8mm から 89.6mm に増加しても、識別距離の増加量は非常に小さく、識別距離の増加量は要素の縦幅の増加量に比例しないことがわかった。

(3) C-IVチェックにおける構成要素の縦横比の変化が同化に及ぼす影響

白要素と黒要素の幅が異なるボーダーと、大きさの異なる 2 つの横長要素からなるチェックについても、構成要素の寸法変化が同化に及ぼす影響について、比較検討する。

比較に用いたのは、C-IVチェックおよびボーダー (B-I, B-II), C-II のうち構成要素が横長となる試料である。

図 17 に、比較に用いた試料のうち、B-II および C-IV チェックについて模式図を示す。図 17 に示すように、C-IV 群の試料において、常に $Y_1=2.8\text{mm}$ 、かつ $Y_1<Y_2$ の関係が成り立っている。つまり、すべての C-III 群には $Y=2.8\text{mm}$ なる C-II チェックの要素からなる列が存在することになる。

図 17：比較に用いた試料のうち、B-II、C-IV の模式図

図 18 に、C-IV チェックおよびボーダー (B-I, B-II), C-II のうち構成要素が横長となる試料について、得られた結果を示す。図 18 において、▲は C-IV および C-II の要素が横長の試料で $Y_2=5.6\text{mm}$ の C-IV は灰色、△はボーダー、×は C-I を表しており、そのプロットの大きさはそれぞれ、 Y_2 , Y_B または Y に比例している。また縦軸は、構成要素の縦幅に対する横幅であり、C-IV については X/Y_2 、C-I および C-II については X/Y 、ボーダーについては X/Y_w を取り、対数表示した。したがって、図 13 と同様に、縦軸が大きいほど、構成要素が横に長い試料を表す。

図 18：ボーダー、C-I チェック、構成要素が横長の C-II チェック、C-IV チェックにおける縦横比の変化と比距離の関係

図 18 より、 Y_2 が等しい (プロットサイズが同じ) 試料を比較すると、構成要素が横長になるにつれて識別距離は増加

し、特に $Y=2.8\text{mm}$ と $Y_2=11.2\text{mm}$ のチェックは $Y_2/Y_1=Y_w/Y_B$ なるボーダーの識別距離に近付くことがわかった。しかし $Y_2=5.6\text{mm}$ の C-IV チェックでは、 $Y_w=5.2\text{mm}$, $Y_B=2.8\text{mm}$ のボーダーの識別距離よりも比距離が長かった。この原因として、 $Y_2=5.6\text{mm}$ の C-IV チェックは、はじめはストライプのように見えると訴えた被験者が多く、その縦縞部分に特に注目してチェックであることを判別するため、ボーダーよりも識別しやすかったものと考えられる。

また Y_2 が異なる試料を比較してみると、 Y_2 が大きくなるにつれ、識別距離は増加する傾向を示した。また C-II の試料群では、要素が横長になるにつれて比距離が増加するのに対し、C-IV 群では要素が横長になるにつれ、比距離の増加量は少なくなることがわかった。これは、 Y_1 あるいは Y_2 の寸法が識別のしやすさに及ぼす影響によるものと考えられる。

そこで、C-II および C-IV の試料のうち、構成要素の横幅 X が等しい試料について、より詳細に比較検討する。

図 19 に、C-II および C-IV における構成要素の縦横比と識別距離との関係を示す。図 19 において、○は構成要素の横幅 X が 11.2mm で試料全体の 1/16 の長さの試料、●は X が 22.4mm (全長の 1/8) の試料、□は X が 44.8mm (全長の 1/4) の試料、■は X が 89.6mm (全長の 1/2) の試料を表している。また縦軸には、構成要素の縦幅についての比 Y_2/Y_1 を取る。

図 19：C-II、C-IV における構成要素の縦横比と比距離の関係

図 19 より、要素の横幅 X が等しい試料を比べると、 Y_2/Y_1 が大きくなるにつれ識別しやすくなるが、その増加傾向は Y_2 の増加量に比例していなかった。

また Y_2/Y_1 が等しい試料を比較すると、要素の横幅が長くなるにつれ、識別しやすくなるが、その増加量は要素の横幅の増加量に比例しておらず、特に横幅 44.8mm と 89.6mm の試料とを比較してみると、識別距離の増加量は非常に小さかった。

4. ウェーバー・フェヒナー則との関係

人間の感覚は複雑で、感覚量と刺激量とは線形の関係ではなく、「感覚量は刺激量の対数に比例する」としたウェーバー・フェヒナーの法則 [注 4] が知られている。しかしながら視覚の場合、背景色の影響などにより成立しない場合があることから、「刺激の強さと、それに対応して起こる感覚での

反応量の間には、どの感覚でも一定のべき関数が成り立つ」としたべき乗則が用いられている [注5]。生体を感じる感覚量を E 、物理的刺激量を R とすると、その関係は次式 (1) によって表される。

$$E = KR^a \quad (1)$$

ここで、 K 、 a は定数である。

そこで、本実験で得られた結果において、与えた刺激とそれに対する感覚反応との関係について、検証する。

本実験では、意匠の構成パターンおよび構成要素寸法が同化に与える影響を考察しているが、パターンを定量化することは困難である。そこで、構成要素の寸法変化と識別距離との関係に注目し、図 6、8、11、15、18 における各系列に対し、最小二乗法により近似曲線を求める。

本実験において、物理的刺激量 R には要素寸法（各グラフにおける縦軸： y ）が、感覚量 E には比距離（各グラフにおける横軸： x ）が相当すると考えられるので、近似曲線は以下の累乗関数とする。

$$x = ky^a \quad (2)$$

ここで、 k 、 a はともに定数とする。図 6 および図 8 におけるストライプとボーダーの各系列について、(2) 式中の変数 x は黒要素に対する白要素の幅 X_w/X_B または Y_w/Y_B とし、図 11、15、および 18 におけるチェックの各系列について、変数 x は構成要素の縦横比 X/Y 、 X/Y_2 または Y/X 、 Y/X_2 とした。

各系列において、要素寸法と比距離とがどのような関係かを知るため、べき乗数 a に注目した。図 20 に、図 6 と図 8 から算出したストライプとボーダーについてのべき乗数 a の値を示す。すべての系列において、近似曲線の一致度は高度に優位であった。

図 20: ストライプおよびボーダーに対する近似曲線のべき乗数 a

図 20 より、ストライプ、ボーダーともに、黒要素の幅を固定した時、白要素の幅（黒線同士の間隔）の増加に対する識別しやすさの変化の傾向を示す a は、おおよそ 0.5 近傍の値をとった。また、黒要素の幅が大きくなるにつれ、 a の値が小さくなる傾向を示した。これより、白黒比に対する識別しやすさの変化は、線形でないことが確認できた。ただ、図 6、図 8 中の各系列は 3 点ずつであり、今回算出したべき乗数 a では、その値に大きい誤差が含まれる可能性がある。

図 21 に、図 11、15、18 より算出したチェックについてのべき乗数 a の値を示す。 $Y=11.2\text{mm}$ の C-I、C-II を除く各系列において、近似曲線の一致度は高度に優位であった。

図 21 より、チェックにおいて、要素の縦幅または横幅を固定した時、要素面積の増加（細長くなる）に対する識別しやすさの変化の傾向を示す a は 0.5 未満であり、線形ではないことが確認された。

図 21: チェックに対する近似曲線のべき乗数 a

今回用いたすべてのパターンにおいて、要素寸法による刺激量を増加させればさせる程、その増分に対する識別しやすさ、すなわち感覚量の増分は徐々に小さくなる傾向を示した。

5. まとめ

本報では、幾何学的パターンで構成された白黒の意匠が同化し、灰色の意匠として知覚される際、その構成パターンおよび構成要素の寸法が同化に及ぼす影響について調べた。その結果、得られた知見を以下に示す。

- (1) 成要素の幅が等しい時、構成パターンの異なる試料では、識別のしやすさ（同化しにくさ）はストライプ＞ボーダー＞チェックとなる。また、いずれのパターンにおいても、構成要素の幅が大きくなるにつれ、識別しやすくなる。
- (2) ストライプおよびボーダーについて、黒に対する白の面積比が等しい時、識別のしやすさは構成要素の大きさに依存する。また、黒要素の幅が等しい時、白要素の幅が大きくなるにつれ、すなわち線状の黒要素同士の間隔が広くなるにつれ、識別しやすくなる。これは、白要素の幅が等しい時にも同様の傾向を示す。
- (3) ストライプおよびボーダーにおいて、白要素の幅が等しく、かつ黒要素の幅が等しい時、すなわちストライプとそれを 90 度回転させて得られるボーダーとを比較した時、ボーダーよりもストライプの方が遠くから識別できる。また、構成要素が大きくなるにつれ、ストライプとボーダーの識別距離は、その差が大きくなる。
- (4) 構成要素寸法が 1 種のチェックにおいて、要素の縦幅が等しい時、横幅が大きくなるほど、すなわち要素面積が大きくなるほど識別しやすくなる。要素の横幅が等

しい時も同様に、縦幅が大きくなるほど識別しやすくなる。構成要素の縦横比が等しく要素形状が等しい時、識別のしやすさは要素面積に依存する。一方、要素面積が等しい時、要素が縦長でも横長でも、識別距離に大きな差は見られない。

- (5) 構成要素が正方形のチェックに比べ、要素が縦長または横長のチェックになるにつれ、遠くから識別できるようになり、ストライプやボーダーの識別距離へと近づく。しかしながら、構成要素の縦横比が逆転したチェック、すなわち 90 度回転させると等しくなる試料同士を比較すると、その識別距離に大きな差はなく、要素が縦長あるいは横長であることは、ストライプやボーダーのように有意差を持たないと考えられる。
- (6) 寸法の異なる 2 種の構成要素からなるチェックにおいて、小要素と大要素の横幅比 X_1/X_2 が等しい時、要素が縦長になるにつれて識別しやすくなり、 $X_1/X_2 = X_W/X_B$ なるストライプの識別距離へ近づく。しかしながら、縦幅が 44.8mm 以上になると識別距離の増加量は非常に小さく、識別距離の増加量は要素の縦幅の増加量に比例しない。同様に、小要素と大要素の縦幅比 Y_2/Y_1 が等しい時も、要素の横幅が長くなるにつれて識別しやすくなり、 $Y_1/Y_2 = Y_W/Y_B$ なるボーダーの識別距離へ近づくが、横幅が 44.8mm 以上では識別距離の増加量は非常に小さく、縦幅の増加量に比例しない。
- (7) X_1/X_2 が異なる試料を比べると、 X_2 が大きくなるにつれ、識別距離は増加するが、 X_2 の増加量に比例しない。同様に、 Y_1/Y_2 が異なる試料を比べてみると、 Y_2 が大きくなるにつれ、識別距離は増加するが、 Y_2 の増加量に比例しない。

本報で得られた知見は、幾何学的制約のあるデザインを設計する際、狙った視覚的効果を効率よく表現する上で有益な指針を与えられられる。

注

- 1) 日本色彩学会編；色彩科学ハンドブック，東京大学出版会，368，1999
- 2) 井上，山本，三井；彩度差による縁辺対比の特性，日本色彩学会誌，27，100-112，2003
- 3) 野中，前川；意匠平面における 2 色の配置と形状が同化現象に及ぼす影響，感性工学会誌（印刷中）
- 4) 中易，坪野，前田，前川；情報科学ヒューマン編，共立出版，22，2002
- 5) 小林，武者；生体情報工学，森北出版，48，2000