

ブックレット法による錯視の分析

——モデル構成を目指して（そのⅠ）——

大 屋 和 夫

Ⅰ 問 題

著者は、近年、錯視研究グループの一員として、ブックレット法を用いたエビングハウス錯視の研究を行ってきた（甲村他，1988；丸山他，1988；後藤他，1987a；大屋他，1987b；大屋他，1988；寺本他，1989）。このような方法を用いて錯視研究を進めていくことには以下のような意義があると考ええる。

従来より、幾何学的錯視の研究は盛んに行なわれ、日本においても優れた成果が得られてきた（e. g., Oyama : 1960）。それにもかかわらず、幾何学的錯視の機序について得られた決定的な知見は多くないと言わざるを得ない。もちろん、過去の多くの研究によって興味深い錯視現象が見い出されており、そうした現象には、かなりの条件変化があっても一定方向の錯視が生じるという程度の頑健性を持っているものも多い。たとえば、エビングハウス錯視については後藤（1987）の研究等がある。

もちろん研究の第一歩としては第一次近似法則を発見し、その水準での理論化を行なうことは重要である。そこでこれまでの研究の多くは、刺激条件を「単純化」したり、実験条件に「厳密な統制」を課すことによって十分に単純な事態を生ぜしめることが出来ると考え、さしあたり十分単純な事態が生じていると想定して、実験とその結果からの法則化、理論化を進めてきた訳である。

しかし、このような水準での頑健性は、あくまで一次的近似としての頑健性にすぎない。したがって、たとえば広い範囲にわたって刺激条件を変化させたり、また多くの被験者を用いて個々のデータについて検討したり、同一の被験者であっても何回もの実験反復を行なったりした場合に、そこで得られたデータは細かな変化、時としてはかなり大きな変動を示すことは、実験事態でよく出会う事実である。このような場合、一次近似の水準で見れば、実験データの再現性が乏しいということになる。そして、より「厳密な」事態の統制が必要だという結論が導かれるかもしれない。

しかし、我々の目指す理論化の水準が、それに必要なデータの再現性の程度を規定する。我々がデータに再現性が欠けると感じるのであれば、我々が必要としている理論や法則は、それ以前より一段階進んだものになっているのではないだろうか。それにもかかわらず、以前と同

様の手法や考え方で実験事態を統制したり、結果を分析したりすることで研究が進展すると考えるのは、あまりに楽観的である。

現状を打開し、より高次の法則を確立していくには、事態を過度に単純化せず、心理現象自体の複雑さを十分取り込んでいけるようなアプローチをとることが望まれる。即ち、多様なデータの多様性を十分に尊重した上で、潜在する内部構造の検出を行なっていかなければならないであろう。そのためには、当然、多様な事態での反応データパターンを収集し、それらを比較対照し、分析することが必要である。たとえば、今井（1982）の因子分析的研究もこの方向を目指すものと考えてよいのではなかろうか。

今述べたようなデータの収集、分析を行うためには、刺激の側では、刺激変数の変化の幅を十分に広げ、かつ複数の刺激次元を組み合わせることによって、刺激パターンの包含する領域を拡大しなくてはならない。被験者の側においては、できるだけ年齢や経験の多様な被験者を用いて、多数回の反復データを収集することが必要である。しかし、このようなデータ収集には広い意味でのコストが、多量に必要となる。従来の実験室的厳密性を維持していこうとすると、このようなデータ収集は相当に困難となる。そこで我々は、一次近似的法則を越えて、より高次の近似法則を獲得するための第一歩として、従来の実験室的方法ほどの厳密性は持たないが、多様な刺激条件の変化による多量のデータの収集をより低コストで可能にする方法を用いることを考えた。

もとより、このような方法を採用すると、条件統制の厳密度の低下により、ある種のノイズの混入は増大すると考えられる。しかしこの実験法によれば、「多人数・多数回のデータの分析」によって、多様な刺激条件をまとめて検討することが可能となる。したがって、目的とする潜在構造を再現可能な程度に推定できるだけのデータの質を維持出来れば、この方法が今後の研究の進展に寄与するところは大きであろう。もちろん、このような方法は潜在構造のある一定の側面を捉えるものであり、他の側面の研究においては従来の実験室的アプローチの方が有効となろう。それゆえ、錯視研究において、多様な事態での反応データパターンの収集が必要とされることは言うまでもない。

さて、このような論拠により、われわれは低コストに多量のデータを収集する技法として、質問紙調査に類似の形で錯視刺激図形を提示し、その見え方について回答させる方法を用いることにした。この方法を、我々は、ブックレット（Booklet）法と呼ぶ。何枚かの刺激図形より成るブックレット（小冊子）を作成し、被験者にこれを観察させ、その見え方を問う方法だからである。ブックレット法の使用により、多人数の被験者から比較的容易に多量のデータを収集することができる。また、一定の観察条件を遵守してもらうことは当然であるが、実験場所や実験時間については、わざわざ被験者に実験室へ来てもらう必要もなく、学校、職場、それに家庭等で、適当な時間を利用して観察してもらうといったことも可能となる。

我々はブックレット法を用いた錯視研究の対象としてエビングハウス錯視図形における形態

の影響という問題を取り上げた。即ち、エビングハウス図形における付加円の代わりに付加円弧 (SURROUNDING ARC; 以下 SA と略す) を用い、その中心角を変化させることによって主円 (CENTER CIRCLE; CC) と SA との形の類似性を変化させた。SA の大きさ (直径) の変化に伴う錯視量の変化に対し、CC と SA の類似性がどのような影響を及ぼすかを調べることによりエビングハウス錯視の発現機構に関する手がかりを得ることが一連の研究の目的であった。

上述の一連の研究から、ブックレット法は今後の理論構成の基礎となるデータの採集法として十分な信頼性と妥当性を持つと結論された。したがって、そこから得られるデータを使って法則化し、理論化していくことが一つの課題となる。ある程度の複雑さを持つデータに対応する法則記述や理論化のためには、それに応じた数量化やモデル構成の技法の展開が必要となる。この論文に続く一連の報告では、コンピューター・プログラムとしてモデル構成を行なっていく予定である。

ところで前にも述べたことから明らかなように、理論がデータのどの側面または水準を対象とするかは、どの段階の理論化を狙うかによって異なる。そこで理論構成の出発点である本論文では、もっとも最近に我々が行った実験結果 (大屋他, 1989) から、現象のどの側面について理論化するかを明らかにしてモデル構成の出発点としたい。⁽¹⁾⁽²⁾ まず実験条件について述べる。

II 実 験⁽³⁾

刺激：刺激の作成には、大型計算機を使用し、日本語レーザーラインプリンター FACOM 6715D2 (画面34.5×26.5cm, 精度0.105mm) によって出力した。線分の太さは0.8mmであった。直径20mmのCCの周囲に等間隔で6個のSAを描いた。CCとSAの円周間距離は5mmであった。SAの直径と中心角を変化させた。中心角が90° (円弧), 360° (真円) の図形では直径が5, 10, 15, 20, 30, 40, 60mmであった。中心角180°の図形 (半円) の直径は5, 15mmを用いた。SAの円弧はCCに近い側にあり、SAとCCの中心を結ぶ線に関して対称であった。合計16種の刺激図形が用いられた (図1)。CCの中心から水平方向に120mm, 下方向に15mmの位置を中心として比較円が描かれた。各検査刺激に対して、比較円は7種類ずつであった。したがって、このような図版が計112枚作成された。統制用にCCと比較円のみでSAを持たない図版7枚ずつを最初と最後に加えた126枚の図版から成るブックレットを用いた。1冊のブックレット内でCCと比較円との相対的位置関係は左または右に固定されていた。

手続き：実験は、被験者ベースで行われ、被験者は、明室内の机上に、体の中心と図版の中心が一致するようにブックレットを置き、約30cmの距離から自由視で図版を観察する。そして、どちらの円が大きいかまたは等しいか3件法で判断する。各被験者に左系列と右系列を5回ずつ計10回観察させた。原則的に1セッションに2系列ずつの観察を行わせた。今回は、ブックレットを被験者に持ち帰ってもらい、上記の指示に従って、各自の都合のよい時間帯に回答をしてもらうという方法をとった。ここに報告するのは83名のデータである。

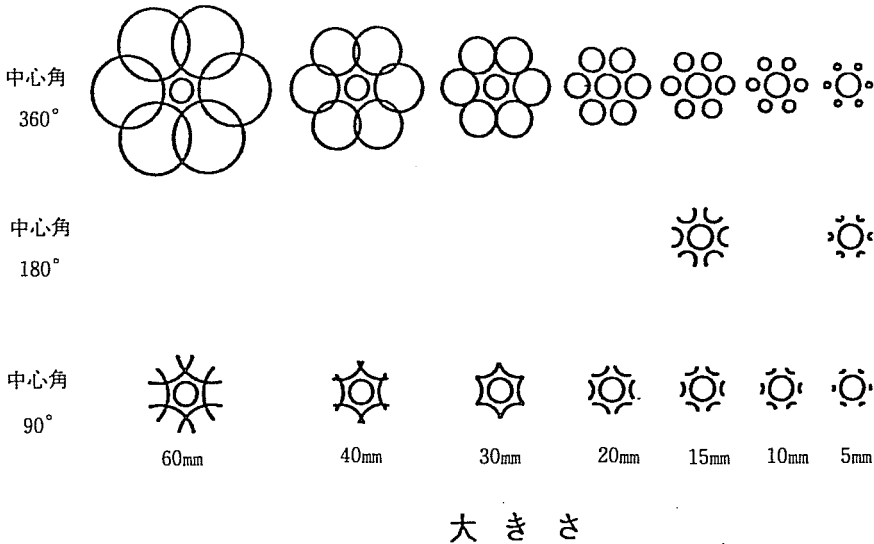


図1・ブックレットに使用された刺激図形の縮小図。エビングハウス図形の付加円を円弧としてその大きさ(直径)と中心角とを変化させた。中心角が90, 360°の場合は5, 10, 20, 30, 40, 60mmの大きさを用いた。中心角180°では, 5, 15mmの大きさを用いた。

Ⅲ 結果と考察

使用された刺激図形の縮小図が図1に示されている。直接的には、SAの中心角と大きさという2つのパラメータを統制したのであるが、これにより全体的布置、または形態に変化が生じていることが分かる。

今回用いられた刺激パラメータでは、SAの大きさが30mmになると隣接するSAの輪郭線が互いに接する。そして40mm以上になるとSAの輪郭線が交差するようになる。SAが真円の場合、このような大きさ30mm以上の図形ではCCとSAの輪郭で囲まれた地の部分が図となり、中心に穴の開いた図形として知覚される場合が生じる。

またこのような大きさで、SAが図形として完結していない円弧条件では、6個の円弧という知覚よりもCCをとりまく一つの輪郭線という体制化が見られる。一種のデルブフ錯視図形となるわけである。

このように物理次元上ではひとつの連続体上においてパラメータを変化させても、知覚体制においては、刺激構造とは異なる次元構造が生じるということは心理現象においてよく見られるところである。このような知覚的差異は、確かに「形態」要因という呼び方が妥当するようなものではある。しかし、形態要因の影響というものをより詳細に分析し、またその発生機構を解明していくためには、形態要因と呼んでいるものに関して何らかの具体的に操作しやすい

測度が得られたり、実験データを一定の手法で分析することにより、形態要因の影響が抽出し得れば、研究を進めていく上で都合がよい。ブクレット法を用いて多様なデータを集める目的のひとつには、そのような点についてもなんらかの手がかりを得たいということがある。

実験においては各被験者は各刺激図版に対し10回の判断を行なった。左系列と右系列とに対し5回ずつの判断を行なったわけだが、当面のところ、異方性の問題は無視して10回分をまとめて分析する。この素データから主観的等価点 (POINT OF SUBJECTIVE EQUITY ; PSE) を推定した。推定法としては比較円が「大きい」という判断を1点、「等しい」という判断を0.5点として平均得点を算出し、その分布から平均得点が0.5となる刺激値を推定し、これをPSEとした。これまでは、複雑な推定法を用いる必要がなかったので推定には単純な線形補間法を用いている。実験刺激のPSEから統制条件刺激のPSEを差し引いたものを錯視量の推定値とする。

まずSAの大きさの関数としての錯視量曲線を指標としてデータを分析する。この際、半円条件は用いた大きさが少なかったため、真円と円弧の条件についてのみ考察する。

以前の実験から次のような結果が得られていた。SAの中心角が 360° 、 270° では、通常のエビングハウス錯視のようにSAがCCより小ならばCCが過大視されるが、SAがCCより大きくなるとCCが過小視へ転換する(過小視移行)。しかしSAの中心角が小さくなると、SAの直径が大きくなってもCCの過小視への転換が生じない(大屋他, 1987a, 1987b)。

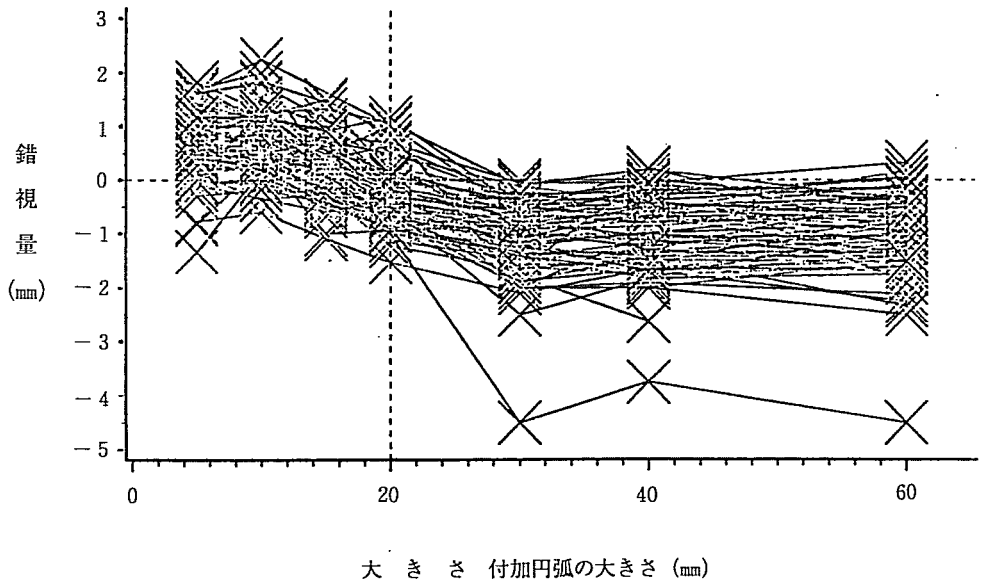


図2. 付加図形が真円の図形で測定された錯視量を付加円の大きさの関数として示した。83名の被験者毎にデータを線で結んだ。各点は10回の大小判断から推定された。

SA の輪郭線を CC から遠い方の円弧とする、すなわち、図 1 の SA と中心について点対称な円弧を用いると異なる傾向が得られた。中心角は 90, 180, 270, 360° を用いた。被験者は 6 名と少なかったが中心角 180° 以上では全員が、そして 90° でも 4 名が過小視移行を示した(寺本他, 1989)。

SA の大きさの関数として錯視量の変化を図示してみると、真円図形では、多くの被験者が上述の過小視移行が見られる単調減少型であった(図 2)。91.6% (76名) が 5 または 10mm で最大錯視量を示した。最小錯視量は 94.0% (78名) で SA が CC より大きい図形において得られた。

これに対し円弧条件の錯視量曲線を図 3, 4 に示した。円弧では過小視移行が生じる被験者群と生じない群とがあったので、後に述べる基準により、非過小視移行群(図 3)と過小視移行群(図 4)とに分けて図示した。この条件での錯視量曲線は逆 U 字型が多く得られた。最も多くの被験者で最大錯視量が得られたのは 30mm で 42.2% (35名) であった。最小錯視量が最も多かったのは 60mm で 50.6% (42名)、2 番目が 31.3% (26名) となっていた。

過小視移行については、多数の錯視量曲線の図からも大きな傾向は把握できるがもう少し細かく見ていくために、次のように計数化の基準を定めた。今回の条件では SA が CC より大きい図形と小さい図形が 3 種類ずつあったので、SA が CC より小さい 3 条件中 2 条件以上で過大視が生じた場合に過大視化が生じたとした。同様に SA が CC より大きい 3 条件中 2 条件以上で過小視が生じた場合に過小視化が生じたとした。この定義の過大視化と過小視化とが共に生じた場合に過小視移行が生じたとした。このような定義に従って錯視量曲線を分類した。

その結果、真円では 90.4% (75名) で過小視移行が生じた。これに対し円弧では、過大視化はするが過小視化はしない事例が最も多く、81.9% (68名) あった。この基準では、上述の円弧でも過小視移行の生じる事例は 7.2% (6名) にすぎなかった。ただ円弧での錯視量曲線は逆 U 字型になる傾向があるので、端の 60mm のみで過小視が生じている場合でも過小視化が生じていると考えてもよいのではないかと考えられる。そこでこのような事例でも過小視化が生じているとみなして分類しなおした。その結果、円弧で過小視移行の生じた事例は 28.9% (24名) となった。過大視化は生じるが過小視化は生じない事例は 59.0% (49名) となった。図 3 と図 4 の分類はこの後の方の基準によっている。

この結果より円弧では真円と比較して錯視量曲線のパターンに幅があると言えよう。また SA 30, 40mm の条件で、真円は過小視になっているが、円弧では過大視の事例が多い。上述の通り、これらの図形条件では個々の SA としての知覚ではなく、デルブフ錯視図形様の体制化が生じ得る。このようなことから個々の SA が CC へ影響を及ぼす対比の過程の他に、SA 全体がひとつのまとまりとして CC に影響を及ぼす同化の過程を考えねばならないだろう。

ところで円弧での過小視移行群と非過小視移行群とでは、真円での錯視量曲線にも差異が見られるのではないかと考えられる。そこでこの 2 群の真円の錯視量曲線を図 5, 6 に示した。

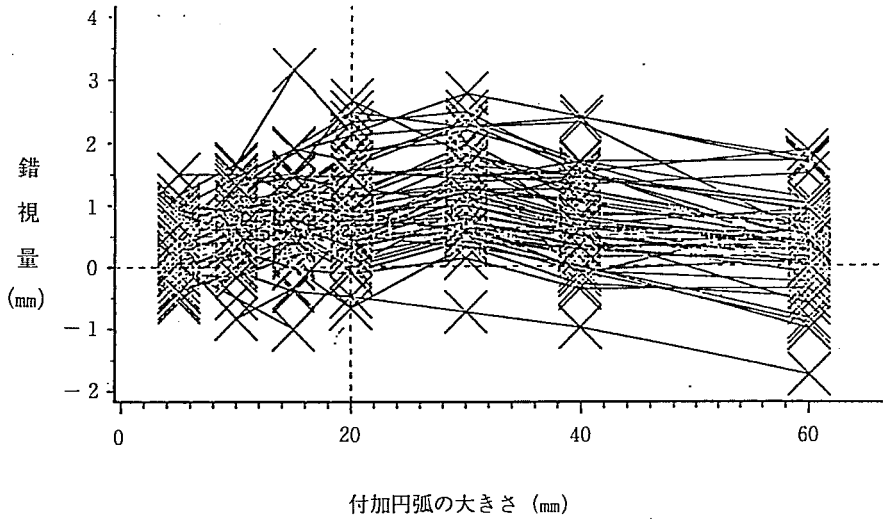


図 3. 付加図形が 90° の円弧である図形で、測定された錯視量に過小視移行が存在するか否かによって被験者を分類した。この図には過小視移行の見られない59名の群について、錯視量を付加円弧の大きさの関数として示した。

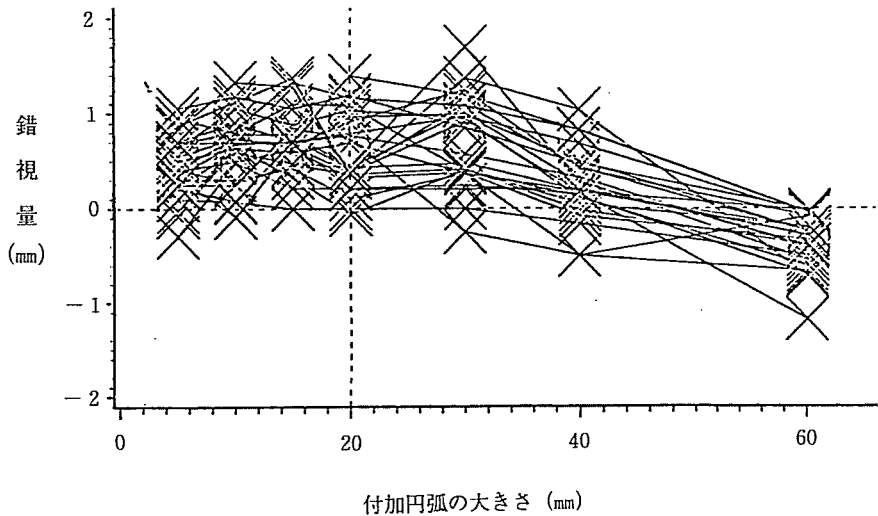


図 4. 付加円形が 90° の円弧である図形で、測定された錯視量に過小視移行が存在するか否かによって被験者を分類した。この図には過小視移行の見られた24名の群について、錯視量を付加円弧の大きさの関数として示した。

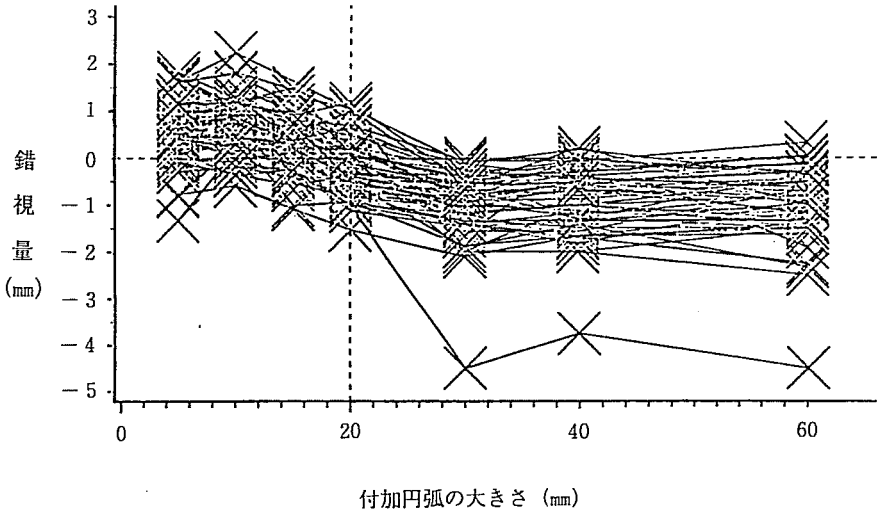


図5. 付加図形が90°の円弧である図形で、測定された錯視量に過小視移行が存在するか否かによって被験者を分類した。この図には過小視移行の見られない59名の群について、付加図形が真円の図形で測定された錯視量を付加円の大きさの関数として示した。

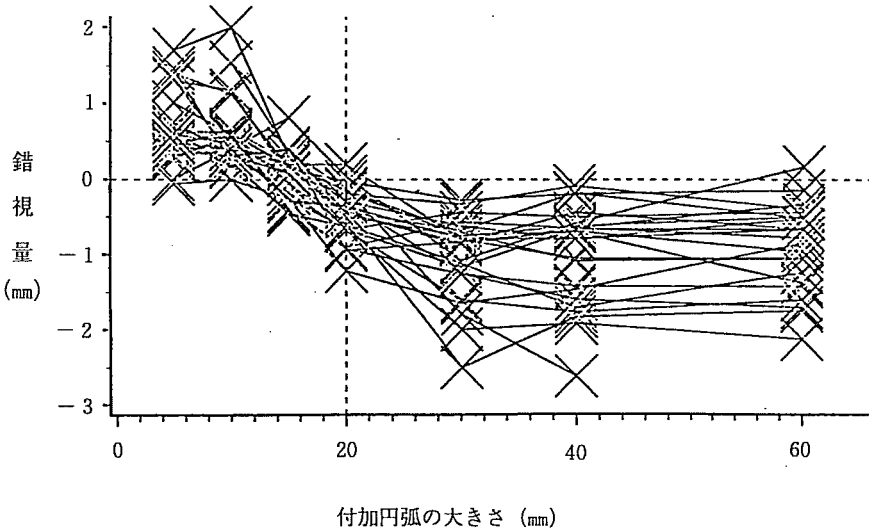


図6. 付加図形が90°の円弧である図形で、測定された錯視量に過小視移行の存在するか否かによって被験者を分類した。この図には過小視移行の見られた24名の群について、付加図形が真円の図形で測定された錯視量を付加円の大きさの関数として示した。

既に述べたように円弧の場合よりも曲線パターンは類似しているため、両群間で円弧条件ほどの差異は見られない。ただ20mm条件で過小視移行群の方がより過小視を示すという傾向が読み取れる。両群の差が質的なものではなくて、過小視移行群の方が過小視傾向が強いという量的なものかもしれないということを示唆する。

これまでの、各個人の錯視量曲線の分類という側面からデータを検討してきた。今度は諸条件における被験者の反応から刺激の類似度を定義し、そのデータから刺激の構造を抽出することを試みた。いろいろな側面からデータを見ることによって、モデル構成への手がかりを探ろうというわけである。

被験者の錯視量は個人によってそのレベルが異なるから測定値をそのまま使用することには問題があるとも考えられよう。しかし、今回の報告ではなんら変換を施さない値を用いる。ここで行なう分析はあくまで探索的なものであって、確認的なものとは考えていないので、さしあたりこのような手段をとっても差し支えないであろう。

まず16種類の刺激間で錯視量の相関行列を計算し、これを因子分析した。計算手法により、当然、結果が異なったが、主成分分析法で初期4因子解を抽出し、バリマックス法で回転して刺激図形を各因子に振り分けると下記の通りとなった。

因子Ⅰ 円弧15, 20, 30, 40, 60mm, 半円15mm

因子Ⅱ 円弧5, 10mm, 半円5mm, 真円5, 10mm

因子Ⅲ 真円30, 40, 60mm

因子Ⅳ 真円15, 20mm

また事前共通性推定値を他変数との重相関係数の自乗とした反復主因子分析で抽出された3因子をバリマックス回転した結果から、各因子と図形とを対応づけると以下の通りになる。

因子Ⅰ 円弧15, 20, 30, 40, 60mm, 半円15mm, 真円15, 20mm

因子Ⅱ 円弧5, 10mm, 半円5mm, 真円5, 10mm

因子Ⅲ 真円30, 40, 60mm

こうした結果からSAの大きさがかなり小さい図形がひとつのまとまりをつくりと言えよう(因子Ⅱ)。SAの大きさがある程度以上になると形態によってまとまり方が異なってくる。円弧はひとつのまとまりをなす(因子Ⅰ)。真円ではSAがCCより大きいかどうかで別の群に分かれる。SAがCCより大きければ一つの群を成すが、そうでない図形はむしろ円弧群とまとまる。半円は5mmと15mmとで別の因子の負荷が高い。

もう一つの構造抽出の手法としてクラスター分析の適用を試みた。各刺激の錯視量をユークリッド空間の座標と考えて、群平均法によって4群を抽出したところ、下記のようなクラスターが得られた。

Ⅰ群 円弧10, 15, 20, 30, 40mm, 半円5mm, 真円5, 10mm

Ⅱ群 円弧5, 60mm, 半円15mm, 真円15mm

Ⅲ群 真円30, 40, 60mm

Ⅳ群 真円20mm

Ⅰ群には、最小と最大の大きさ以外の円弧と、半円、真円の小さいものが属している。Ⅱ群には円弧の両端と、半円、真円の15mmが属す。Ⅲ群は真円のSAがCCより大きい条件を含む。Ⅳ群は真円20mmのみからなる。これらの群の方が、因子分析から導かれた群よりも錯視量の水準をより直接的に反映しているようである。

以上のような結果から、次のような点が今後のモデル構成に関して示唆された。

少なくとも、対比的機構と同化的機構の2機構が必要となるだろう。最も簡単なモデルとしてはこの2機構の重みづけの差によって個人差を記述することが考えられる。

この場合、対比機構はCCと個々のSAとの間で働く過程を表現するものである。一方、同化過程はCCとSA全体との間に働く過程を表現する。形態要因の影響の発現機構は、対比、同化の2機構に分割吸収されて表現されることになる。

ただこれだけでは現段階においても十分でないと思われる。この難点を補うために示唆された機構は次のようなものであった。

上述の2機構の重みづけベクトルが複数あり、いわゆる形態要因の影響により、図形によって切り替えて使われるのではないか。

またSAが小さくなると、形態要因に関係なく、CCへの影響が小さくなるのではないか。ここで形態要因という形で述べているものを隣接SA刺激間の関係を記述する刺激パラメータによってある程度置き換えられるのではないだろうか。

このような点を念頭におき、さらに実施する実験から得られるデータからの情報をも考慮に入れつつ、次回の報告ではある程度実際の研究の進展に役立つようなモデルを提出したい。

Ⅳ 要 約

錯視研究の現状の問題点を考察し、ブックレット法を用いることの意義を論じた。このような方法を用いることにより、より高水準の理論化、法則化が可能になることが示唆された。

実際のブックレット法を用いて錯視のモデル構成を行っていく対象として、エビングハウス錯視が取り上げられた。エビングハウス錯視の付加円弧の形態の影響という問題にブックレット法を適用した結果について検討がされ、今後のモデル化の指針となる点が指摘された。少なくとも対比過程と同化過程の2機構を含むモデルを考えていくという方向付けがなされた。

註

- (1) この実験の一部は、昭和63年度科学研究費（一般研究C；代表者：後藤倬男，分担者：甲村和三・大屋和夫；課題番号：63510050）、平成元年度科学研究費（一般研究C；代表者：後藤倬男，分担者：甲村和三・大屋和男；課題番号：01510058）の補助を受けて行なわれた。
- (2) この実験についての報告の一部が日本心理学会第52回大会で発表された（大屋他，1989）。

- (3) 本論文で報告された実験の刺激作成および結果の解析には、名古屋大学大型計算機センターを利用した。

引用文献

- 後藤倬男 1987 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) に関する実験的研究 (IV) ——付加円と中央円の直径比・付加円数・両円間距離の刺激条件および観察回数の効果について—— 名古屋大学文学部研究論集, 99, 53-76.
- 今井省吾 1982 因子分析法による幾何学的錯視の分類, 人文学報, 152, 1-18.
- 甲村和三・後藤倬男・寺本一美・大屋和夫・丸山規明・久世淳子・高橋晋也 1988 ブックレット法による幾何学的錯視の研究(2) ——付加円弧の長さ変化によるエビングハウス錯視の観察——. 東海心理学会第37回大会発表論文抄録集, 3.
- 丸山規明・甲村和三・後藤倬男・寺本一美・大屋和夫・久世淳子・高橋晋也 1988 ブックレット法による幾何学的錯視の研究(3) ——小型版ブックレットの妥当性の検討——. 東海心理学会第37回大会発表論文抄録集, 4.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子 1987 a ブックレット法による幾何学的錯視の研究(1) ——エビングハウス錯視における付加円の長さの効果——. 東海心理学会第36回大会発表論文抄録集, 2.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子 1987 b ブックレット法による幾何学的錯視の研究(1) ——エビングハウス錯視における付加円の大きさと中心角の影響——. 日本心理学会第51回大会発表論文集, 108.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子 1988 ブックレット法による幾何学的錯視の研究(2) ——エビングハウス錯視における個人差の問題——. 日本心理学会第52回大会発表論文集, 549.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子 1988 ブックレット法による幾何学的錯視の研究(3) ——エビングハウス錯視における個人差の問題続報——. 日本心理学会第53回大会発表論文集, 540.
- Oyama, T, 1960 Japanese studies on the so-called geometrical-optical illusions, *Psychologia*, 3, 7-20.
- 寺本一美・後藤倬男・甲村和三・大屋和夫・丸山規明・久世淳子・高橋晋也 1989 ブックレット法による幾何学的錯視の研究(4) 東海心理学会第38回大会発表論文抄録集, 5.