

## 幾何学的錯視のコンピュータ・モデル構成の試み（その2）

—モデル化すべき現象の検討とモデルの方向づけ—

大 屋 和 夫

### I. オブジェクト指向言語によるモデルの枠組みと方向づけ

本論文では、前回の論文（大屋，1992）に続き、幾何学的錯視の発生機序の解明を進めていく助けとなるようなモデルの作成に向けての検討を進めていく。このようなモデルの実現方法には、いろいろな形が存在し、それぞれ、長所・欠点が存在する。この一連の論文では、そのうちの、コンピュータ上のプログラムとして、モデルを実現する方法を考えていく。周知の如く、近年のコンピュータ科学の発展に伴い、それぞれに特徴を備えた多くのコンピュータ言語が開発されてきている。もちろん、多くの事態において、いずれの言語を使用しても、最終的には、同一結果をもたらすようなプログラムを作成することが可能である。ただ、プログラムの扱いやすさ、プログラム要素と心理学的モデルの各要素の対応の理解しやすさ等の点に差異が生じる。モデルは、そのモデル化の対象とされる現象をよく予測・説明できなければならないことは言うまでもないと思われるかもしれない。しかし、研究対象に関して確定された事実が多くなく、法則性に関して必ずしも一致した見解が得られていないような状態にある研究領域も存在する。そのような領域で提出されるモデルは、それを土台にして、本質的要素においても、改良されていくことを前提としたものとならざるを得ない場合が多い。そうしたモデル構成に際しては、ある段階で得られている一部の実験結果に対するモデルの適合度の向上をひたすら追求することが、必ずしも研究の展開に対するモデルの貢献度を高めることにつながる場合がある。研究対象との関連におけるモデルの解釈のしやすさ、モデルの改良・展開のしやすさもまた、どのようなモデルを作成していくかの選択に際し、考慮しておくべき重要な要素となる。このような点を考慮して、前論文では、プログラミング言語中のオブジェクト指向言語を採用することの利点が考察された。その結果、プログラミングのための扱いやすさ、幾何学的錯視現象の自然なモデル化に都合のよい仕組みが備わっていることなどから、オブジェクト指向言語C++を用いて、幾何学的錯視現象のモデル化を行っていくこととした。

前論文で述べたように、オブジェクト指向言語のプログラミングの主要部分においては、個々のオブジェクトが事例となるようなクラスを定義し、その定義に基づいて生成されたオブジェクトにメッセージを送っている。各クラスは、それぞれ、クラス特有のデータ構造と、メソッド

ドをもっている。同一クラスに属するオブジェクトは、同じデータ構造とメソッド群をもっているが、具体的なデータの値がオブジェクト間で異なる。オブジェクトにメッセージを送ると、メソッドが実行されるが、その際利用されるデータ値は、オブジェクト間で同じとは限らないので、同じクラスのオブジェクトに同じメッセージを送っても、結果が異なる場合もあるというわけである。このような点は、C++、一般化すればオブジェクト指向プログラム言語の特徴である。この他に、より一般的なクラスから派生するクラスを階層の下位クラスとして定義できるといった特徴もある。錯視現象の一般的な理論化においては、考察の単位として被験者と錯視図形をとり上げる。被験者と錯視図形とは、それぞれに構造と機能をもつ。この単位間の相互作用によって錯視現象が生じる。両カテゴリーは、より一般的なレベルから具体的なレベルのクラスまで、階層を成すクラス群を含む。具体的に錯視現象が生じる場面のモデルとなるのは、適当な下位クラスに属するオブジェクト間の相互作用である。相互作用するオブジェクトの属するクラスは同じであっても、オブジェクトのもつデータが異なれば、プログラムの実行結果に差が生じてくる。このような差異は、「個人差」といった概念によく対応する。このように、オブジェクト指向言語の特徴を生かせば、錯視現象のより自然なモデル化が可能ではないかと考えられたわけである。

ところで、幾何学的錯視現象といっても非常に広範な領域である。例えば、錯視図形のクラスの階層モデルを考えてみると、図1のようなものが考えられよう。このままでは非常に複雑

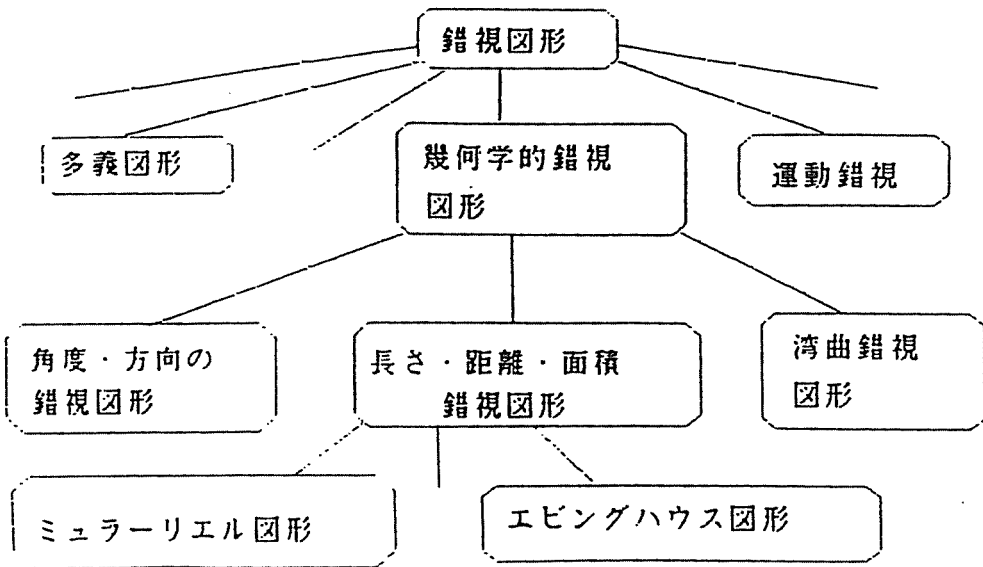


図1 錯視図形のクラスの階層モデル

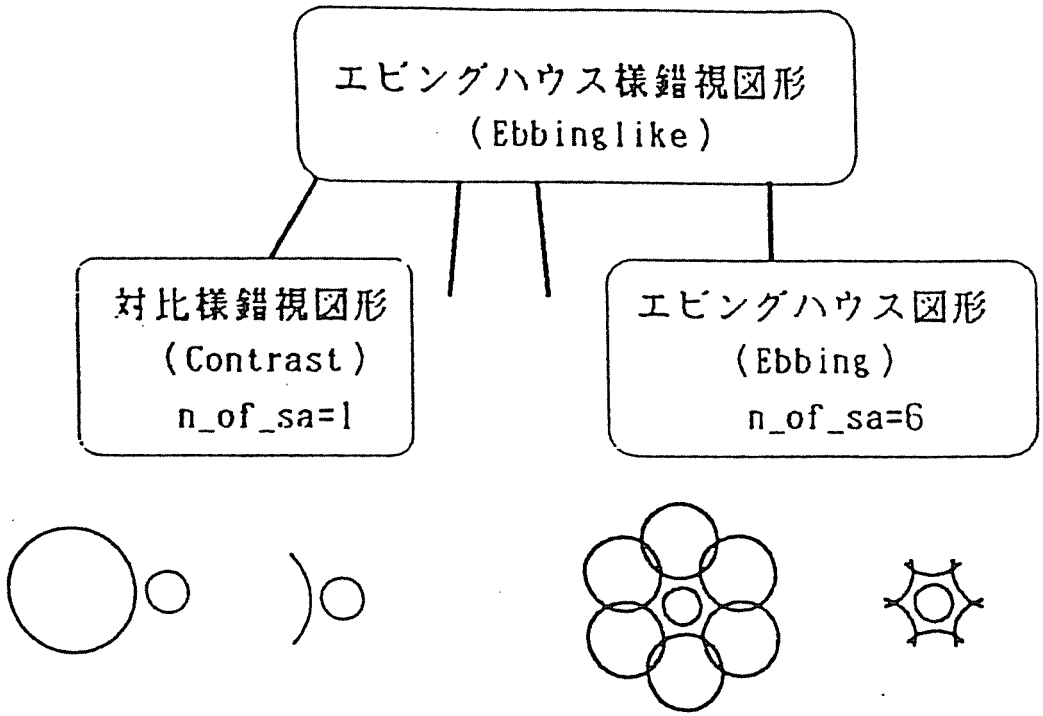


図2 エビングハウス様錯視図形のクラスの階層モデル

であるから、当面のところ、その部分的階層として図2のように表現される「エビングハウス様錯視図形」というクラス階層でモデル化されるような現象について考察していくこととした。ここで、「エビングハウス様錯視図形」というクラスについて、もう一度説明しておく。通常のエビングハウス錯視図形は、中心円の周囲をとり囲んで、数個の付加円が置かれるという刺激配置より成る。付加図形として円弧をも許容し、また付加図形の数やその位置をもパラメータとしたのが、クラス「エビングハウス様錯視図形」である。付加図形が1個の場合には、従来、対比錯視図形と呼ばれていた図形となる。このようなパラメータ変化により発生するクラスは、下位クラスとして定義でき、階層的モデルを構成することができる。このクラスの構成要素は円弧としてあるが、大きさ錯視図形としては、構成要素を他の種類の図形としたものも考えられる。このような図形への拡張には、クラス定義の修正により対応していくことになるが、さしあたりは、円弧によって構成される刺激から出発することとする。プログラムとしては、その他に、「被験者」クラスを定義した。錯視現象は、被験者クラスのオブジェクトから、刺激図形クラスのオブジェクトに適当なメッセージが送られるというかたちで表現される。結果として返される値が、被験者が図形を見た結果生じる事象となるわけである。この結果をどのレベ

ルでとらえるかによって、モデルも異なる。より個々の判断事態に近いモデルを考えれば、たとえば、錯視図形と、比較円との比較で「どちらが大きいか」という個々の反応を返すようなモデルも可能であれば、それらの個別反応から推定された錯視量や、知覚された円の大きさを返すモデルを考えることもできる。オブジェクト指向言語を用いると、そのカプセル化によって、このようなモデルの部分的な変更がより簡単にできるようになることも利点のひとつに挙げられよう。なおこのような機能を果たすプログラムのリストは、論文の最後にまとめて載せたので、必要があれば、参照されたい。

## II. モデル化すべき現象の検討

当然のことながら、モデル化のためには、対象となる現象についての理解は不可欠である。幾何学的錯視に関する研究は、古くから数多く行われてきており、取り扱われてきた変数も多様である。最初から、これらの側面の全てに十分配慮したモデル化を行うということは、困難である。そこで、出発点としては、むしろモデル化しやすい側面からアプローチしていく方が実り多いのではないかと考え、そのような方向をとることにした。そういうわけで、モデルの対象の選択は相当に恣意的なものとならざるを得ないが、まったく恣意的というわけでもないことを示すため、関連する研究の一部を紹介しておくこととする。

刺激の各種属性の差異がより強調される現象は、「対比」として、古くから認められてきている。たとえば、「明るさの対比」、「色の対比」等がある。このような現象は、刺激図形の幾何光学的配置が特異な知覚体験をもたらす「幾何学的錯視」にも見出され、「大きさの対比錯視」として知られてきた。クラス「エビングハウス様錯視」の下位クラスであるエビングハウス錯視もこの対比錯視の一例と考えられる。同じ大きさの中心円が、より小さい付加円に囲まれている場合には大きく見え、より大きい付加円に囲まれると小さく見える「大きさの円対比錯視」とも呼ばれるものである。付加円の大きさを横軸にとり、錯視量の測度を縦軸にとったグラフが、もっとも基本的な事実をあらわしている(図3)。繰り返せば、付加円が中心円より小さいある領域では、中心円は過大視され、付加円が大きくなると、ついには過小視に移行するという事実は、広く認められていると言えよう。ただ、過大視や過小視の量が、頂点をもち、ある付加円の大きさを境として逆に減少したり、増大したりするのか、そうであれば、頂点に対応する付加円の値はどれだけか、また過大視と過小視との転換は、どのくらいの大きさの付加円で生じるかといった、より細かな心理物理曲線の形の規定要因に関しては、未だ結論はまともでない。おそらくいろいろな実験条件の影響があるために、なかなか一貫した結論に到達し得ないものと思われる。

ところで、対比錯視の発生機構を解明していく際には、エビングハウス錯視を孤立させて捉えるのではなく、他の錯視とのつながりの中で見ていくことがひとつの有効な視点となると思

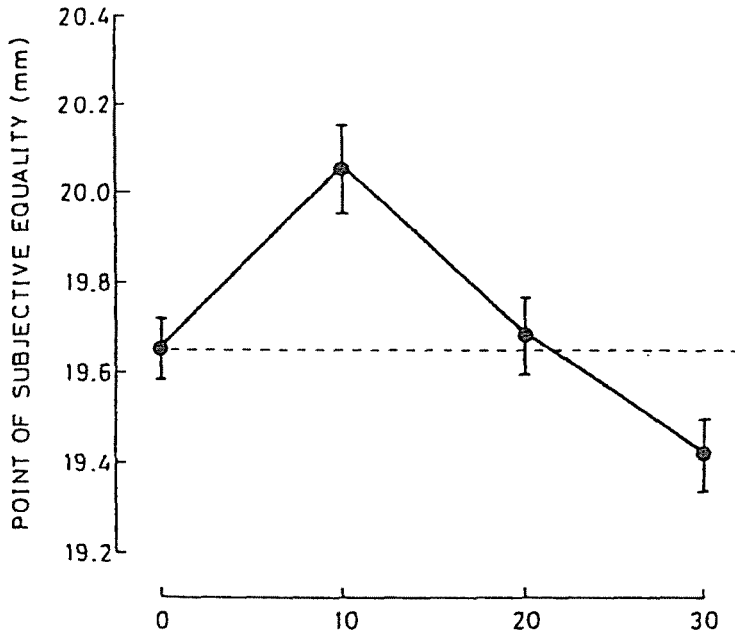


図3 エビングハウス錯視の典型的な錯視曲線。横軸は、付加円の直径、縦軸は中心円の主観的等価値を表す。中心円の物理的直径は20 mm。この図は後藤他(1984)からとった。

われる。従来からエビングハウス錯視と関連づけられてきた錯視に、同心円錯視がある。この錯視では、より大なる同心円を付加した場合、基本的に、対比ではなく「同化」が生じるわけであるが、中心円を他の図形が取り囲んでいるという点に注目すれば、両者は共通しており、錯視の発生過程においても、両者に共通の機構が働いているのではないかと考えたい。実際、Morinaga 他(1962)は、大きさ同化錯視と大きさ対比錯視との統一的理解を試みている。このような統一的理解が正しいか否かを検討するひとつの方法として、大きさ次元以外の属性次元上において、中心円と付加円との関係を変化させ、それが錯視量にどのような影響を及ぼすかを見るという方向の研究が行われてきた。このような変化の影響が、同心円錯視とエビングハウス錯視において異なるのであれば、これらの錯視は異なる機構によって発生していることの証拠となるのではないかということになる。

たとえば、Oyama(1962)は、より大なる付加同心円を使った同心円錯視の事態で2円の色相と明度を様々に変化させ、その錯視への影響を見た。結論としては、色相であれ明度であれ、同心円間の類同性は錯視量に影響しなかった。ただ、外円と背景との明度差が大きくなると錯視量は増大し、内円と背景との明度差が増大すると錯視量は減少するとされた。すなわち、色相そのものは影響をもたなかったわけである。

これに対し、後藤(1978)は、エビングハウス錯視図形を用い、中心円と付加円との明度差および色相差の効果を調べている。即ち、中心円と付加円を、それぞれ白または黒にする $2 \times 2$ の4条件の刺激を用いて、明度の類同性の効果を調べた。さらに、赤と緑を組み合わせた4条件を用いることにより、色相の類同性の効果を調べた。その結果、いずれの類同性も大きな効果はもたないとしながらも、色相においては、一部、同色相条件より、異色相条件で錯視量が小さくなると結論しており、同心円錯視での研究とは異なった結果を出している。

黒田他(1984)は、エビングハウス錯視と、同心円錯視の過大視条件と過小視条件の他に過大視と過小視に対応する付加円を同時に呈示する条件を導入した。これに検査円(中心円)と付加円との色相差を組み合わせて、大きさ錯視への影響を見た(図4)。その結果、過大視条件と過小視条件においては、同心円錯視においてもエビングハウス錯視においても、検査円と付加円が同色相の場合には、顕著な錯視が見られた。付加円の色相が異なる場合、同心円錯視においては同色相の場合とほとんど同量の錯視が生じたが、エビングハウス錯視においては錯視量が著しく減少した。過大視過小視組み合わせ条件の場合、同心円錯視では色相差の影響はわずかであった。一方、エビングハウス錯視においては検査円と小さい付加円が同色相で、大きい付加円とは色相が異なる場合は有意な過大視が生じ、検査円と大きい付加円が同色相で小さい付加円とは色相が異なる場合には有意な過小視が生じた。彼らはこの結果から、同心円錯

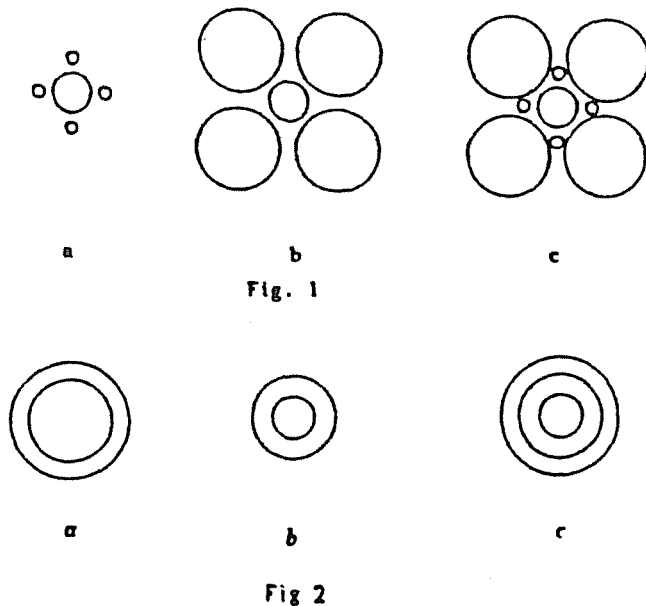


図4 黒田他(1984)が用いた刺激図形。実際には、各円は赤または緑の色をもち、これらを本文に述べるようにいろいろの組み合わせで呈示した。このような実験操作の影響の現われ方は、エビングハウス錯視図形と同心円錯視図形で異なっていた。

視とエビングハウス錯視の生起機構は、必ずしも同一ではないとした。

Ehrenstein 他(1992)は、黒田他(1984)と類似のエビングハウス錯視図形を用いて、中心円と付加円の距離、中心円と付加円の方向、付加円の大きさの一様性の錯視量に及ぼす影響性を検討した(図5)。その結果、中心円は、大円に囲まれると過小視、小円に囲まれると過大視された。大円と小円の両方に囲まれた場合には過小視が生じたが、その量は小円を除去した図形の場合よりも少なかった。つまり付加円が大円のみ図形と小円のみ図形との結果を単純に加算したよりも過小視されていたわけである。中心円と付加円との距離に関しては、小円で囲まれた場合は、距離を増大させると錯視量は少なくなるが、付加円が大円の場合には、逆に、距離が大きいと錯視量は増大した。中心円と付加円の方向の影響に関しては、付加円が水平垂直方向にある方が、斜め方向にある時よりも、得られた錯視量は大きかった。彼らは、このような結果から、エビングハウス図形における大きさ錯視は、単に中心円と付加円との大きさ関係のみの関数として決定されるものではなく、付加円の方向、知覚的優位性、大きさ距離関係といった構造的要因によっても影響されると結論している。

エビングハウス様図形で生じる大きさ錯視は、単に中心図形と付加図形との大きさ関係のみによっては決定されないということは、例えば Coren 他(1974)からもうかがえる。彼らは、エビングハウス図形の付加図形として、円以外の図形をも呈示した(図6)。面積は、どの図形

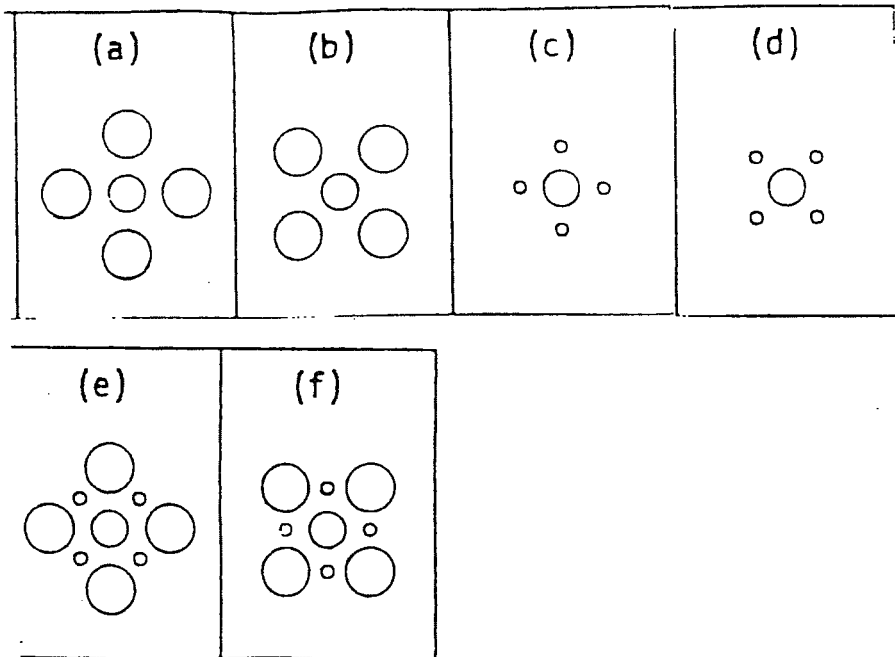


図5 Ehrenstein他(1992)が用いた刺激図形

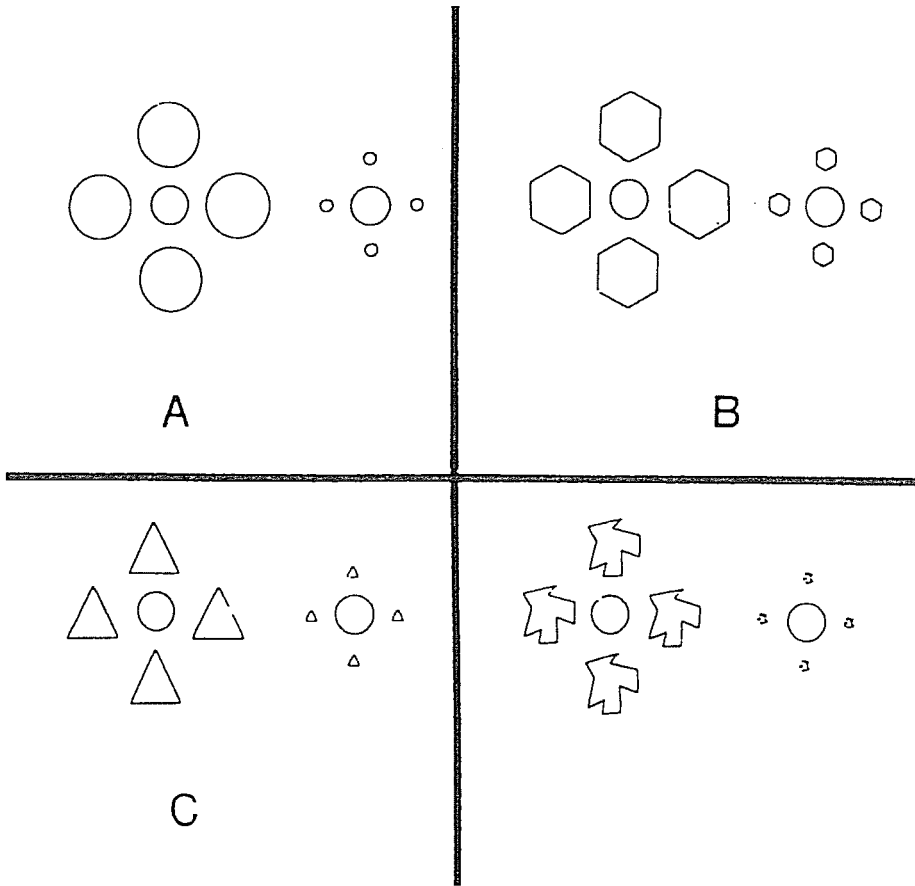


図6 Coren他(1974)が用いた刺激図形

でも等しくしてあった。別に、円と他の図形との類似度を評定させ、中心円と付加図形の類似度と錯視量との関係を調べたところ、中心円と類似度が小さくなるほど、錯視量が小さくなった。

このような結果は、エビングハウス錯視発生機構に関与する要素の多様性を示唆するものであろう。こうした点を考慮した理論としては、たとえばCooper他(1970)がある。彼らは発達的視点を導入して理論化を行った。幼少時の知覚様式は、受動的であり、受容器の感度、明るさのコントラスト、網膜上の痕跡といった感覚的要因が影響力をもつ。成長するにつれて、記憶とか継時的比較とかいった、より認知的な過程が優勢になってくる。そして、この一次的な知覚の「場効果」が同化錯視の基礎にあり、時間的統合や記憶に関する知覚活動が対比錯視の基礎にあるとされる。このような理論から、彼らは、具体的な錯視図形に及ぼす実験条件変化の影響についての予測を導き、検証を行った。この研究で用いた図形は、同心円錯視図形、



エビングハウス錯視図形の過小視が生じるもの、エビングハウス錯視図形の付加図形を円弧に変えた図形の3種類であった。実験においては、中心円と付加図形を別々に一定の時間間隔において呈示できるような装置を使用した。付加円を一定時間呈示し、ある時間間隔において中心円と比較円を呈示した。同心円錯視図形は、同時呈示の際には、感覚要因に支配され、同化を示すが、継時呈示の際には、時間的に区別される2刺激の認知的比較が必要となり、このような事態では対比効果が生じると予測された。つまり、過大視が過小視に反転するわけである。これに対し、エビングハウス錯視図形では、もともと時間的統合を基礎とする対比が生じているので、継時呈示にしても、過小視は変わらないことになる。実験結果を見ると、同心円錯視図形では、中心円と付加円を同時呈示すると、過大視が生じていたが、継時呈示では、過小視に移行した。一方、エビングハウス錯視図形では、同時呈示でも継時呈示でも、過小視が生じていた。ただし、時間間隔が長くなるにつれ、過小視量はある漸近値に近づいた。これらの結果は、上述の錯視分類からの予測に合致している。しかし、この分類理論にとって問題となる結果も生じた。刺激図形の輝度変化は、同心円錯視には影響し、エビングハウス錯視には影響しないと予測されたが、この変数の効果はほとんど見られなかった。また、凝視点を設けた場合と、自由視の場合との比較では、同心円錯視においてもエビングハウス錯視においても、自由視条件の方が主観的等価点となる比較円が大きくなった。即ち、同心円錯視では、過大視量が増大し、エビングハウス錯視では、過小視量が減少した。Cooper等は、この結果を次のように説明する。自由視条件では、中心円と付加円から比較円に凝視点を移動させた時、付加円の残効が比較円に働く。そして先行する付加図形は取り囲まれた円を小さく見せる。したがって、より大きな円が主観的等価値の円となる。このような効果が現れるということは、エビングハウス錯視の基礎が認知的大きさ比較のみにあるわけではないことを示唆する。

ところで、Cooper 他が用いた付加円弧を使用したエビングハウス様錯視図形は、盛永(1956)の結果からは、付加円を用いた場合と異なり過大視されることが知られていた。そこで、この図形は同心円錯視と同じ分類に属すると予想されたが、結果は逆で、エビングハウス錯視に近いものであった。このような差異は、幾何学的錯視(心理学研究の多くの領域にまで一般化が可能とも考えられるが)の研究でしばしば見られることで、このような実験結果の変動が、幾何学的錯視研究の基礎的事実の確定を妨げているといえよう。このような変動の原因としては、ひとつには、同じ研究対象を扱っているといいながら、具体的な実験条件に重大な差異が存在する可能性があることが挙げられよう。しかし、ここでは、ひとつの重要な原因として、個人差の存在を指摘しておきたい。錯視現象は、他の心理現象と比較して個人差が少ないと考えられる傾向があるが、個人差はたしかに存在する。エビングハウス錯視の一般的な錯視量曲線を図3に示したが、複数の被験者の錯視量曲線を同一グラフに示すと、図7のようになる。これらの曲線群を平均的な一本の曲線にすれば、たしかに図3に近いものが得られるが、常にそのようなことになるかどうか保証はない。特に被験者数が少ない場合などは、実験間の変動の原因

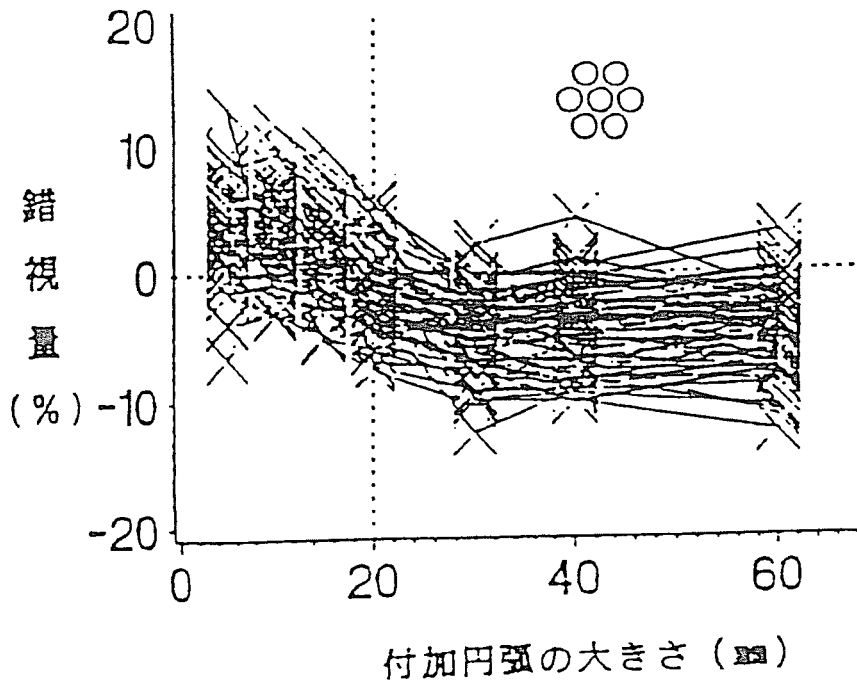


図7 個人別のエビングハウス錯視曲線群。大屋他(1991)による

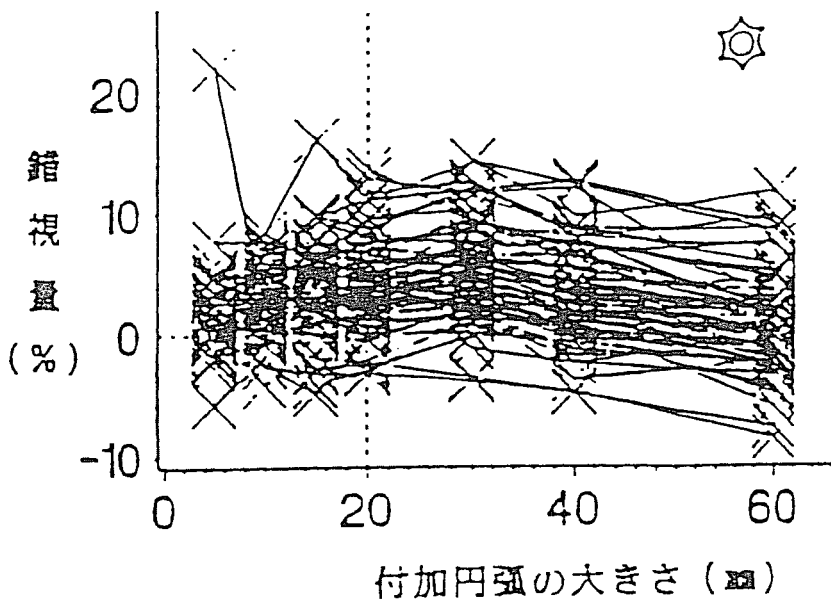


図8 付加図形に円弧を用いた場合の個人別錯視曲線群。大屋他(1991)による

が、被験者群の違いに帰せられる場合も存在すると思われる。付加図形に円弧を用いた図形についても大屋他(1991)は調べているが、図8のように被験者により過大視も過小視も生じる。もうひとつこのような例を挙げておけば、エビングハウス様錯視図形で付加円が1個の対比錯視図形において、1/2の大きさの付加円を用いた条件で、後藤(1980)では、過大視が生じなかったが、後藤(1987)では過大視が生じていた。大屋他は、この条件も検討しているが、やはり、被験者によって、過大視も過小視も生じた。

### III. モデルの方向づけ

上に、多くの研究中のごく一部を示したが、これらの研究などを参考にして、どのような方向へモデルを展開していくかについて、次に述べたい。

まず、研究間で見られる実験データ間の矛盾を解決し、大きさ錯視の発生機構を解明するためには、個人差を捨棄して理論化に向かうよりも、出来るだけ個人差をも取り込んでいくのが有効と考えたい。大屋他の研究も、こうした見地に立ち、個人別データのレベルから錯視現象を見ていこうとしている。そこで、今後のコンピュータ・モデル作成に際しても、データの個人差を表現できるような仕組みをモデル中に取り込んでいきたい。これについて、説明を加えると、既に被験者に対応するクラス「Subject」を定義してはいるが、このクラスの生成するオブジェクトは、必ずしも個々の被験者の反応を表現するものでなくてもよいわけである。図3のような代表的錯視曲線を発生する、抽象的な「エビングハウス様錯視図形を見る平均的被験者」のようなものであってもよい。ただし、この一連の論文で作成しようとするモデルでは、被験者クラスはもう少し抽象度の低い「エビングハウス様錯視図形を見る個別的被験者」となるようなものにしていきたい。

ところで、上に紹介した研究などから見ると、エビングハウス様錯視の発生には、同心円錯視の発生機構で働いている要因と異なるもの関与しているのではないかと考えられる。それが何なのか、どのように捉えるのが最適なのかは、未だ解決されておらず、今後も実験的研究を進めていく対象であるが、さしあたり次のように考えて、こうした要因にも対処していくこととする。エビングハウス様錯視図形の付加図形群は、いくつかの単位に分けることができる。または、自然と個々の付加図形という単位にまとまって知覚される。この1個の付加図形と中心円との間で働く作用というものを考えることが出来る。おそらく、この作用は、対比様錯視図形において発現される作用と同じ種類のものと考えては自然であろう。もちろん、付加図形が複数になった場合に、作用が単純加算的に増加するという仮定は、可能性のひとつ、簡明さという点からは望ましい可能性とも言えるが、に過ぎない。付加図形個数と作用の量とが非線形の関係にあっても差し支えない。たとえば Massaro 他(1971)は、エビングハウス錯視の大きさ判断のモデルとして [1] のような式を提唱している。

$$J = [ws + k(1-w)s^*] / [w + k(1-w)] \quad [1]$$

ただし  $s$  は付加円がない時の中心円の知覚された大きさ、 $s^*$  は付加円 1 個だけの時つまり対比条件での中心円の知覚された大きさ、 $k$  は付加円の数、 $w$  は実験条件によって決定される重みを表わす。

これに対し、複数の付加図形が作り出す構造が錯視量に影響を及ぼすということもありそうなことである。いわゆる刺激布置とか、形態とかいったカテゴリーに入れられてきたような要因をここに取り込めないかと考えている訳である。たとえば、エビングハウス様錯視図形において、付加円が中心円を取り囲むという構造をもつことが、上述の研究で考えられていた、同心円錯視図形において働いていたような影響を生じさせると考えることは、ひとつの可能性であろう。この影響は、より小なる円が付加された時には、対比によって生じる中心円過大視と同方向に作用し、より大なる円が付加された場合は、対比による中心円過小視と逆方向に働くというわけである。このような区別は、あくまで相対的なものであり、少し、深く考えて行くと、多々疑問が生じてくる。このような区別は、モデル化や研究の展開に伴って、むしろ解消・改良されていくべきものであるかもしれないが、理論化の端緒としては、それなりに有用ではないかと考えられる。

そこで、Massaro 他などを参考にして、エビングハウス様錯視の大きさ判断の一般的形式として [2] を採用することにしたい。

$$J = h(wg(\Pi) + (1-w)f(k, Sc, Ss)) \quad [2]$$

ただし、 $Sc$  は中心円の大きさ、 $Ss$  は付加円の大きさ、 $k$  は付加円の数を表わす。 $\Pi$  には刺激構造の表現が入る。 $w$  は判断の際の単位付加刺激と全体的刺激構造との影響の重みを表わす。 $h$ ,  $g$ ,  $f$  は変換関数である。この形では関数を決定することができないので、さらに [3] の形にする。

$$J = h(wg(\Pi) + (1-w)f(k\rho(Ss/Sc))) \quad [3]$$

$\rho$  は対比様錯視条件での心理物理関数を表わす。 $k$  が心理物理関数の外にくくり出されていることからわかるように、付加図形の単純加算仮定を採用している。さらに重み  $w$  は多くの実験条件で一定の個人に特有の値と仮定する。このような形で、個人差を表現していく。

さらに実験結果と対応づけて、関数の形を規定していくのであるが、これについては次稿で述べることとする。

## 文 献

- Cooper, L. A., & Weintraub, D. J. 1970 Delboeuf-type circle illusions: Interactions among luminance, temporal characteristics, and inducing-figure variations. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 75-82.

- Coren, S., & Miller, J. 1974 Size contrast as a function of figural similarity. *Perception & Psychophysics*, 16, 355-357.
- Ehrenstein, W. H. and Hamada, J. 1992 The Ebbinghaus illusion: Effects of distance, orientation, and mixed size of inducing circles. 日本心理学会第56回大会発表論文集, 606.
- 後藤倬男 1978 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (I) - 主要円と付加円間の明度差および色相差の効果について-. 名古屋大学教養部紀要, 22, 89-103.
- 後藤倬男 1980 大きさの円対比錯視に関する実験的研究 (III) - 付加円と主要円の直径比および付加円の数の効果について-. 名古屋大学教養部紀要, 25, 63-74.
- 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・両円間距離等の刺激条件および観察回数効果について-. 名古屋大学文学部論集, 哲学 33, 53-76.
- 後藤倬男・八重島建二・鈴木正彌・長田雅喜・伊藤義美 1984 大きさの円対比錯視 (Ebbinghaus 錯視) の刺激条件についての一検討 - 主要円と付加円の直径比の効果について-. 名古屋大学教養部紀要, 28, 85-100.
- 黒田浩司・野口薫 1984 同化・対比錯視における Similarity Grouping の効果. 日本心理学会第48回大会発表論文集, 168.
- 盛永四郎 1956 大きさの対比現象の条件の吟味. 日本心理学会第20回大会発表論文抄録, 53.
- Massaro, D. W., & Anderson, N. H. 1971 Judgmental model of the Ebbinghaus illusion. *Journal of experimental Psychology*, 89, 147-151.
- Morinaga, S., & Noguchi, K. 1962 An attempt to unify the size-assimilation and size-contrast illusion. *Psychologische Forschung*, 29, 161-168.
- 大屋和夫 1992 幾何学的錯視のコンピュータ・モデル構成の試み (その1) - オブジェクト指向言語によるモデルの枠組みと方向づけ-. 名古屋大学文学部研究論集, 哲学 38, 137-143.
- 大屋和夫・後藤倬男・甲村和三・寺本一美・丸山規明・久世淳子・高橋晋也 1991 ブックレット法による幾何学的錯視の研究 (5) - 円対比錯視付加図形の形態要因の影響-. 日本心理学会第55回大会発表論文集, 178.
- Oyama, T. 1960 The effect of hue and brightness on the size-illusion of concentric circles. *American Journal of Psychology*, 75, 45-55.

付. 参考のために, 前論文に掲げたプログラム・リストを一括して以下に載せておく。

#### リスト 1. 被験者クラス定義.

```
//被験者定義
classSubject
{
private:
    float    cont_a,
//知覚のパラメータ 1
            cont_b;
//知覚のパラメータ 2
```

```

public:
//コンストラクタ
    Subject(float cont_a, float cont_b);
//パラメータ 1 の値を返す
    floatMeasure_cont_a();
//パラメータ 2 の値を返す
    floatMeasure_cont_b();
};

```

リスト 2. 錯視図形クラス定義.

```

//エビングハウス様錯視図形定義
class Ebbinglike
{
protected:
    float    cc_x,
//中心円のX座標
            cc_y,
//中心円のY座標
            cc_r;
//中心円の半径

    int      n_of_sa;
//エビングハウス図形付加円弧の数

    float    *sa_x,
//付加円弧のX座標
            *sa_y,
//付加円弧のY座標
            *sa_r,
//付加円弧の半径
            *sa_start,
//付加円弧の開始角
            *sa_end,
//付加円弧の終止角
            distance,
//中心円と付加円弧の距離
            radius,
//付加円弧の半径
            sa_angle,
//第 1 付加円弧と中心円との角度
            start_angle,
//付加円弧の開始角

```

```

        end_angle;
//付加円弧の終止角

public:
//コンストラクタ
    Ebbinglike(int n_of_sa, float distance, float radius,
        float sa_angle, float start_angle, float end_angle);
//付加円弧の半径を設定する
    void Set_radius(float v_radius);
//エビングハウス様錯視図形の中心円の大きさの推定
    float Estimate_size(Subject sub);
};

//派生クラス：エビングハウス錯視図形
class Ebbing: public Ebbinglike
{
public:
//コンストラクタ
    Ebbing(float v_radius, float v_start_angle, float v_end_angle);
};

//派生クラス：対比錯視図形
class Contrast: public Ebbinglike
{
public:
//コンストラクタ
    Contrast(float v_radius, float v_start_angle, float v_end_angle);
};

```

リスト3. クラス Subjectのメンバ関数定義.

```

//コンストラクタ
Subject: : Subject(float v_cont_a, float v_cont_b)
{
    cont_a=v_cont_a;
    cont_b=v_cont_b;
}
//パラメータ1の値を返す
float Subject: : Measure_cont_a()
{
    returncont_a;
}
//パラメータ2の値を返す

```

```
float    Subject : Measure_cont_b()
{
    returncont_b;
}
```

リスト4. クラス Ebbinglikeと、そのサブクラスのメンバ関数定義 (その1).

```
//エビングハウス様錯視図形コンストラクタ
Ebbinglike : Ebbinglike(int v_n_of_sa, float v_distance, float v_radius,
    float v_sa_angle, float v_start_angle, float v_end_angle)
{
    inti;
    float    angle,
            inc_angle,
            i_start,
            i_end,
            cc_to_sa;

    cc_x=0.0;
    cc_y=0.0;
    cc_r=10.0;
    n_of_sa=v_n_of_sa;
    distance=v_distance;
    radius=v_radius;
    sa_angle=v_sa_angle;
    start_angle=v_start_angle;
    end_angle=v_end_angle;

    sa_x=new float(n_of_sa);
    sa_y=new float(n_of_sa);
    sa_r=new float(n_of_sa);
    sa_start=new float(n_of_sa);
    sa_end=new float(n_of_sa);

    inc_angle=360.0/n_of_sa;
    cc_to_sa=cc_r+distance+radius;
    for(i=0,angle=sa_angle, i_start=start_angle, i_end=end_angle;
    i<n_of_sa; angle+=inc_angle, i_start+=inc_angle, i_end+=inc_angle, i++) {
        *(sa_x+i)=cc_x+cc_to_sa*cos(angle);
        *(sa_y+i)=cc_y+cc_to_sa*sin(angle);
        *(sa_r+i)=radius;
        *(sa_start+i)=i_start;
        *(sa_end+i)=i_end;
```



```

    }
}

//付加円弧の半径を設定する
void Ebbinglike::Set_radius(float v_radius)
{
    radius=v_radius;
}

```

リスト 5. クラス Ebbinglike と、そのサブクラスのメンバ関数定義 (その2).

```

//エビングハウス様錯視図形の中心円の大きさの推定
float Ebbinglike::Estimate_size(Subject sub)
{
    float contrast;

    contrast=radius/cc_r*sub.Measure_cont_a()+sub.Measure_cont_b();
    return contrast;
}

```

```

//エビングハウス錯視図形コンストラクタ
Ebbing::Ebbing(float radius, float start_angle, float end_angle):
    Ebbinglike(6,10.0,radius,0.0,start_angle, end_angle)
{
}

```

```

//対比様錯視図形コンストラクタ
Contrast::Contrast(float radius, float start_angle, float end_angle):
    Ebbinglike(1,10.0, radius, 3.141593, start_angle, end_angle)
{
}

```

## SUMMARY

This paper is the second part of an attempt to construct the computer model of optical illusions. In this paper we examined some earlier experiments in related regions in order to formulate our model of the Ebbinghaus-like illusions. As a result, these 2 points are determined.

Our model consists of 2 components. One represents interactions between the center circle and each surrounding figure. The other component represents the effects of global figural configurations.

Next, in our model, we will represent the individual differences in the optical illusions as relative weights of these 2 components.