

心理学的空間に関するモデル¹⁾

—実験的アプローチ—

加 藤 孝 義

I. 心理学的空間研究の歴史的背景

過去の心理学的空間研究を実験的アプローチから迎ってみれば、まず研究者の関心は、1) 外界に関する知識の学習プロセス、2) 外界についての知覚・思考に与えるイメージの効果、3) 処理および方略の選択に対する優先性が、多様な刺激の要請によって如何に影響されるのか、などの問題にあった。空間に関しては、最初まず Berkeley (1707) の知覚・イメージに関する叙述、情報処理からみた空間の処理が参考にされた。彼の主張は、視覚の網膜像は2次元だから、3次元の世界における形、大きさ、量、物体の位置などを直接知覚するのは不可能であることを指摘し、意味ある知覚は、記号あるいは手掛りとしての感覚が、反復経験を通じて得られる連想的思考における以前の感覚またはかすかなコピー (faint copy) と結合したときに生起する、というものであった。

Berkeley 以降の研究者達は、視覚・聴覚・触覚のような空間感覚を、それらの感覚の手掛り (cue) との関連で研究しようとした。Freedman (1968) が指摘しているように、例えば、視覚の領域では、奥行き知覚における単眼視・両眼視、大きさの比較、線透視法、大気透視法、運動視差、眼球調節、輻輳などが主要な研究テーマであった。

初期の感覚心理学者や生理学的心理学者は、外部世界を感覚の連続体とみなし、感覚と感情（これらが心の最も単純な内容であり、連合によって結合されるときには、意識を構成するのである。）によって経験を分析した。彼等の主たる関心は、感覚についての様々な属性を分離し測定することにあった。また彼等のお互いに競合した諸理論は、感覚的経験についての神経生理学的調整に関して進歩を与えるところとなった。

19世紀の初頭に至り、空間感覚は外部刺激によって決定されるのではないという認識が次第に形成されるようになった。感覚は経験の生の資料を提供し、事物や空間に関する経験は、感覚の結合、序列化および統合によって知覚をもたらすという見解がより一般的に

1) 本論は、John, Eliot, 1987 Models of Psychological Space. Springer-Verlag, N. Y. に依っている。

なってきた。知覚は感覚印象の協調以上のものであり、手掛りとしての様々な感覚の興奮が知覚をもたらし、また意識に至るために使用されるのであると考えるようになってきた。

20世紀に入って、イメージと思考の関係に関する最初の組織的研究が Wurzburg 学派の Kuelpe を初めとするドイツの心理学者達によって始められた。しかしイメージは、身体的な対応物をもたないために、1920年代から1950年代にかけては無視されるようになった。

1960年代は、心理学者達は外部刺激による連合形成の決定因にはあまり関心をもたなくなり、彼等はわれわれの内部能力や処理機構に一層の関心を寄せるようになった。研究自体も仮想された認知過程の推測に基礎を置くパフォーマンスにおかれ、心の譬喩としてコンピュータが使用されるようになってきた。これらに関しては、後述するのでここではこれ以上は触れない。

Hochberg (1957) が、「空間・奥行き・距離の知覚は、しばしばテキストでは既に解決済の問題として扱われているが、この領域に関する基本的問題は依然として未解決のままである。」と述べてから30年も経過した今日、少なくとも若干の問題はその解決のために取り組まれてはいるが、更に新しい問題にも遭遇しているのである。

ここで取り上げる三つの話題のうち、感覚-知覚的空間は、伝統的な構想および Gibson の構想と、またイメージは Paivio らのモデルと、そして空間の情報処理は Egan 等のモデルとそれぞれ関係した話題である。ここでは心理学的空間の問題に係わるこれら三つの構成要素の問題をとりあげる。

II. 心理学的空間への実験心理学的アプローチ

1. 感覚-知覚的空間 (sensory-perceptual space)

感覚-知覚的空間に関しては、精神物理学の出現を顕著にした若干の重要な出来事がある。Bell (1811) および Magendie (1822) は、脊髄の前根および後根がそれぞれ感覚と運動の機能を分化して担当していることを明かにし、Helmholtz (1850) は神経の伝導速度を測定することに成功し、また Fechner (1860) は感覚閾を測定するための3種の実験的方法を確立したのがそれである。

1890年代には、知覚図形を感覚の独立的要素として扱おうとする試みがなされたが、知覚を要素的感覚に帰属させることには成功しなかった。Ittelson (1960) は次のように記している。「初期の知覚研究は刺激決定主義の伝統として知られるようになってきているが、その研究の目的は外的刺激の詳細な分析に力点が置かれ、外部環境と主観的経験との間の普遍法則を求めたのであった。」今世紀に入ってから、理論家達の知覚に対する関

心は、Helmholtz に負うところの外的事物に関する推測を形成する手掛りによる推測に寄せられた。その間、様々な理論が進歩したが、視空間に関しては多くの理論家は言及することがなかったのである。

このような背景の中から、次に述べる三つのモデルは知覚の構成に含まれるそれぞれ異質な遺産を背景にしているものである。

1) Carr (1935) のモデル

Carr は space perception の術語は、我々が何か知覚するようなものを示唆しているので不幸な概念であると述べ、つぎのように指摘している。

「物のみが知覚されるのであり、これらの物は質や空間のような多くの属性を持っている。空間知覚の術語は物の空間的属性、例えば大きさ・形・安定性・運動力と、それら相互間の距離・向きの位置・知覚する主体に関係する。これらの空間的属性から明瞭に区別される空間は、ある概念的構成である。」

Carr はまた、次のようなことに特に注目していた。すなわち、諸々の感覚は協調して、例えば物の位置や形態、その大きさ、安定性、運動力のような空間的性質に関する知識を見事に我々に与えてくれる。一般に我々はものが聞こえるところにそれを見、見えるところにそれを聞く。物の空間的性質に関する感覚のこのような協調は、他の全ての感覚の属性に関するこのような協調についての色々な疑問の一部に過ぎない。経験的理論によれば、物の聴覚的経験と視覚的経験とは、二つの空間的に無関係なものと当然みなされている。これらの感覚は当初全く無関係であって、こどもは経験のうちこのような関係を学習するように強制されるのであろうか。

彼は Stratton (1896) の実験やその他の研究者達の研究を概観した後で、次のように述べている。諸感覚の首尾よい協調は、聴覚、視覚、身体感覚の三つの連合組織の偶然的副産物なのであって、これら3感覚は三つの刺激がその事物のそれぞれの感覚的側面を操作するのに適合するようなある共通の位置的反応を引き出すときには、いつでもその物の位置を知覚するようにうまく協調するのである。我々は聴覚の対象と我々自身との間の距離を見たり聞いたりしているのではない。我々は単にその対象を聞き、そしてある見える物としてその我々に対する空間的関係を解釈しているに過ぎない。視覚、聴覚、身体感覚の空間的協調は、空間定位反応に関するそれらの直接結合に帰されるものなのである。Carr は聴空間知覚、ステレオ視、距離・方向知覚、運動知覚などの実験を通して、それらの実験が空間知覚に関する自説が支持されるものであると記している。

2) Howard および Templeton のモデル

Carr の著書より30年後に書かれた Howard らの著書は、Carr の身体や環境に対する感覚・知覚の記述の延長線上にある。彼等の概観した実験は、アイ・レベルの判断・見掛

けの垂直知覚に及ぼす教示・セットの効果・様々な方向における動作の正確さ・プリズム置換などである。

Howardらはこれらの実験を通して、空間的行動は身体的制約および環境の性質の両者によって拘束されることを強調する。日常的環境においては、身体的運動およびその感覚的結果、そして外部刺激は、身体および外部世界が構成されるやり方のためにパターン化される。空間的に協調される行動は、身体および環境構造の多くの予測可能な特徴がある故にのみ可能なのである。典型的環境は、その位置を変える物体に関するお互いに多かれ少なかれ一貫した関係にある物体から成り立っている。適切な空間的行動は、自分の身体および外界の任意の制約に対して、自分の行動レパトリーを照合させることを意味しているのである。

最も根本的な身体的制約は、神経筋肉的組織のメカニクな構造によって与えられるとして、彼等はこのような組織に関する四つの制約カテゴリーをあげている。まず各関節は限定された運動の方向と範囲をもっており、また各動作は特定の筋肉の制約下にコントロールされている。第二のカテゴリーは、姿勢反射のような感覚・運動の制約である。第三は運動-感覚の制約である。第四の制約は、環境の制約についての感覚内外の副カテゴリーであり、いわゆる知覚的恒常は網膜像の大きさと距離の関係における生態学的普遍の例である。これを単一の感覚内で考えるときには感覚内制約になり、感覚間の結合で考えるときには、感覚間の制約になる。自己産出的運動の行動マッピングに対する学習パラダイムは、オペラント条件づけのパラダイムになるのに対して、感覚間の空間マッピングのパラダイムは古典的条件づけになる。

Carr および Howard 等の解釈は、我々の空間知覚を形成するものとして感覚要素をそれと密接に結合させており、また我々の感覚は、諸感覚、記憶、イメージおよびその連合過程の協調を通して豊かになったり付加されたりするという仮説をもっているために、さらには変化というものを刺激作用によって、感覚入力にある種の付加・付着が与えられるからであるとしている点で“伝統的”な構想であるといえる。

3) Gibson のモデル

1950年、Gibson は知覚精神物理学に基づく一つの公式を提案したが、この基礎になったものは第二次大戦初期の彼自身の体験である。当時、飛行技術の実際問題としてパイロットの3次元空間の知覚の問題が起っていた。両眼視による空間知覚の問題は、すでにHelmholtzによって完成されていて、或る一点や線が他の一点より近いか遠いかの遠近の知覚のような問題は説明されるのであるが、パイロットが飛行中見ているものはこのような点や線ではなく、実際かなり素早く運動する地面、地形、水平線、滑走路の着陸面などであり、パイロットは恐らくは冷汗をかきながら着陸する着陸面のような実際の問題は

説明されないのである。

Carr の場合と異なり、Gibson は空間知覚が視覚のみによって捉えられていることを強調した。見ることは、相違をみることである(分化)。見ることは我々の中枢の努力によって生じるのではなく、視覚が生じるための適切な情報は、既に刺激そのものの中にある。我々は事物をその配列、勾配、濃淡、きめの変化、横波・縦波の表面、多様な変換の中にある不変項を見ているのであり、しかもこのような刺激パターンそのもののすべての特徴は、刺激作用のより高次の序列変数としてすでに網膜像の中に代表されているのである。

Gibson の分析は、感覚野 (visual field of sensation) と知覚野 (visual field of perception) の区別から始まっている。前者は、その境界や範囲が限定されたある一点からの光景、視野がおよそ 180 度に限られており、観察者が移動すればその形や物体が歪を受ける、感覚印象の協調に依存する意味が回避されている世界であるのに対して、後者は馴染の普通の事物が連続した境界のない背景の中に見え、我々の周りを囲む 360 度の世界であり、意味のある事物に満ちた世界である。

18世紀から19世紀にかけては、物理的世界をいかに考えるかはニュートンの世界観に支配されていたので、空間の問題は点・線・交差する面、デカルトの座標によって定義された3次元の幾何学的空間を想定していたのに対し、Gibson は視覚世界は馴染の物に満ちた空間であることを強調した。

Gibson のモデルの要点は、以下のようなものである。

- 1) 視覚世界の根本条件は、光を反射する表面であり、単なる幾何学的な空間の特徴にあるのではなく、表面や縁の特徴にある。視覚世界の空間的特徴は、事物によってではなく、連続した背景にたいして存在する物の表面によって付与される。
- 2) 視覚世界における特性と直接対応する刺激には常にある変数が存在する。視空間の特性に対応する網膜上にある刺激変数は、その特性の対応物に過ぎないがコピーではない。
- 3) 通常の馴染の物の表面には、二つの型がある。一つは視線方向に交差するもの (frontal surface) であり、地形や地面などがそれに相当し、他は視線の方向に平行なもの (longitudinal surface) であり、奥行き・距離知覚、立体の見えなどがその例である。
- 4) 表面知覚の一般的条件は、きめを生む普通の刺激のタイプである。これは光を反射する物体にではなく、網膜上の光エネルギーに帰される。この通常の作用はきめを生み、その突然の変化は縁を示し、明るさにおけるそのような変化は網膜の変化である。
- 5) 奥行きにおける事物の知覚の問題は、曲がった表面・傾いた表面の僅かな傾斜に帰される。
- 6) 奥行き方向の表面、傾いた表面の知覚に関する一般条件は、勾配とかれが呼んだ刺激作用の一種にある。この勾配は、輪郭・視差・歪(観察者の移動の際に生ずる)・陰影に

依存する。

これらの六つの原理は、1950年に続き、1966、1979年に公表されているが、その間に構想の変化もみられる。たとえば、1979年には曖昧な絵の奥行き知覚は、伝統的理論の通常の知覚に依存するのではなく、むしろ知覚者が利用できる場所・物・人・出来事のみならず、その絵に対する知覚者の関係をも特定化する構造化された光に依存すると述べている。1979年にはまた、次のように記している。視覚の伝統的アプローチは、視線の固定、刺激の瞬間視から始まるが、生態学的アプローチは全く反対のところから始まる。それは観察

表 1. 伝統的理論とギブソンの構想の対比

〈伝統的理論〉

- 1) 知覚は主観的なもので、知覚者に依存する。知覚対象は刺激を超えて進行し感覚にやきつけられる。
- 2) 知覚は利用可能な資料を変換したり補足したりする大脳の活動によって決定される。
- 3) 知覚は末梢の受容器活動に対する中枢の反応である。
- 4) 刺激作用は知覚を決定する。刺激は知覚に先行し、知覚は認知に先行する。
- 5) 感覚と知覚の間には差異が仮定される。感覚は生のもので、意味のないものである。
- 6) 感覚入力は、記憶における貯蔵されたイメージと融合される。
- 7) 視覚的或いは聴覚的刺激は、神経組織におけるある機構—注意のフィルター説—を通じてブロックされる。
- 8) 知覚は連合と推論を必要とする。
- 9) 環境内の意味は、連合“大脳内にある小人”による意味の付与に由来する。
- 10) 知覚は大脳内にある表象に対する照合過程である。
- 11) 環境内の秩序 (order) は、ある手掛りをその事象との連合によって結合される。
- 12) 生活体は、感覚の変幻きわまりない場から知覚的に恒常な事物をなんとかして構成しようとする。
- 13) 改善された知覚は、ある刺激に対してそれに替わる反応を必要とする。

〈Gibson の構想〉

- 1) 観察者の様々な視覚世界は、考えられているよりは類似性がある。
- 2) 知覚は観察者に直接利用可能な資料の抽出によって決定される。
- 3) 知覚は観察者とその環境の適切な局面との協調過程である。
- 4) 知覚は全く感覚印象に依存せず、ただ刺激情報を抽出するだけである。
- 5) 環境は経験とそこに身を曝すこと (exposure) を通してみれば、多様な知覚を生みだす変容する複雑な刺激情報に満ちている。
- 6) 情報は常に利用可能な故に、記憶に貯蔵されているのではない。
- 7) 知覚者はその情報に対して単に何もしないことで、その情報を無視する—選択的注意。
- 8) 知覚は分化および直接経験を必要とする。
- 9) 環境はアフォーダンス (affordance) と呼ばれる意味をもった物・表面場所・事象から成っている。
- 10) 知覚は刺激情報の中から不変項を抽出することである。
- 11) 環境の秩序は直接経験される。
- 12) 生活体は物理的に恒常な事物に対応する刺激の束のなかにある数学的に普遍的な特性に対して感受する。
- 13) 改善された知覚は、変化する刺激作用に対して一層識別的に反応することを伴う。

者の歩みによって生じる一つの見通し (vista) から他の見通しへの流れから始まり、対象への精査もでき、そこから視覚の展望的構造の変化の中にある不変項を抽出し、見えるものと見えないものとの間にある結合をも見るのできるのである。

Gibson は、ニュートン流の空間概念に対し、また伝統的な“手掛り”に対する感覚から空間を考える方向に対して、狭い感覚経験ではなく通常の知覚経験に強調点をおいた見方を提供したのであった。感覚を強調し、手掛りの統合によって意味を獲得するというよりは、むしろ直接知覚を論じ、3次元空間の現象的側面は馴染の物に満ちており、これは我々の感覚に影響する物理的刺激における対応的側面によって示されるのである。Gibson と伝統的構想の相違点を表1に対比させてみる。

ここで論じたものは、空間知覚の中でも、一般的知覚、変換知覚、輻輳、調節、単眼・両眼視、多方向における動作の正確さ、聴覚的定位、絵の知覚、みかけの垂直の正確さなどである。このほかにも多くの問題点があり、空間知覚の問題は依然として未解決のままである。

2. イメージ

思考におけるイメージの役割は数世紀におよぶ哲学者達の推測課題となってきたものであるが、英国の経験論者によってイメージは記憶の中における視覚刺激と連合した運動と感覚の結合コピーであるとみなされるようになり、これは外界との反復的経験を通じて獲得されるようなものであった。しかし18世紀の中頃までに、イメージは思考の根本的要素とみなされるようになってきた。例えば Helmholtz は、空間意識とイメージとの関連を次のように記し説明している。「純粹な感覚印象の記憶イメージは、思考がなくても必要であるような思考の結合要素として使用されるものであろう。事物の物理的形態の意識があって、我々はこちら側とかあちら側からの眺めを期待できるようなすべての展開的イメージを想像することができるのであり、またそのようなイメージが経験にそぐわないときには、即座に妨害されてしまうのである。」(1844, in Warren & Warren, 1968)

イメージの研究は今世紀の代わりめに Wurzburg 学派によって組織的に研究されたのであるが、研究方法を内観に依存したので、思考におけるその役割に関して重大な疑問が生じたのであった。例えば、James (1912) が次のように述べているのはそのような批判の一つである。「我々は火のイメージを喚起することはできるが、それによって暖められない。心の火は本当の薪を燃やさない。」心理測定者達が空間に関する記述を“視空間イメージを獲得し、それを利用する能力”と結びつけているにもかかわらず、(El-Koussy, 1935)、イメージおよび空間能力に関する研究は、今世紀の半分以上にもおよぶ間、それぞれ独立の課題として研究されていたのである。1950年代においては、イメージにおける

関心の復活の徴候は多くの論文・著書の出版に現れている (Holt, 1963; Bruner, 1966; Sheehan, 1972; Neisser, 1967)。また同年に多くの重要な貢献をするものが出版されたことも、これが歴史的関心事であったことを示すものである (Paivio, 1971; Shepard & Metzler, 1971, Piaget & Inhelder, 1971; Segal, 1970)。Block (1981) がイメージに関する論文のレビューをした時点では、イメージは認知科学の最も熱いトピックの一つになっていた。過去15年間をみると、イメージに関する文献が増加している。理論家達はイメージをある能力・技術・媒介反応・思考スタイル・表象コード化の基礎・一種の記憶コードなどと特徴づけてきた。このようにイメージは様々な特性をもっているものとして特徴づけられてきているのであるが、Anderson (1980) は次のような六つのリストをあげている。

- 1) イメージは、連続して変化する情報を表現することができる。
- 2) イメージは、空間の操作と類似の操作を空間にすることができる。
- 3) イメージは、視覚モダリティに結びつかないが、空間情報および連続的に変化する情報を表現するための一層一般的なシステムの一部であるとみられる。
- 4) 大きさのような量は、それが小さいものほどイメージにおいて識別することが困難になる。
- 5) イメージは、絵よりも一層可塑性があり、また絵ほどすっきりしたものではない。
- 6) 複雑な事物のイメージは、断片に分割される。

Johnson-Laird (1983) は、イメージを記述しようとする努力が心理学者達を対立する2群に分割してきたと記している。第一群は、Paivio (1971), Shepard (1978), Kosslyn (1980) 等であり、彼等はイメージは明瞭な心的表象の一種であると主張している。これらの研究者間では、次の四つの点でコンセンサスがある。1) イメージを経験する際の心的過程は、事物や絵を知覚する際の過程と類似のものである。2) イメージは回転・拡大などのような明らかに連続する心的変換に従順である。そしてこのような変換において介在する状態は、それと対応する物理的変換を被る実際の事物についての介在状態 (あるいは眺め) に対応している。それゆえに、この対応における小変化は、事物について的小変化 (あるいは眺め) である。

第二の群は、Baylor (1971), Pylyshyn (1973), Palmer (1975) 等である。彼等によれば、イメージは一種の付帯現象であり、イメージが生み出される表現の唯一の基礎形式があるだけである。ここでは、このようなイメージの議論に立ち入るのが目的ではないので、空間認知との関連で幾つかのモデルをとりあげる。

A) Paivio のモデル

1971年 Paivio は、長期記憶がコード化および情報を表現する二つの異なったしかし相

互に関連のあるシンボル・システムであると主張した。

「イメージおよび言語過程は、二者択一的なコードシステム或いは言語と同時に具体的な事物や事象でもって経験に発達的に結びつくシンボル表現の様態とみなされる。任意の状況においては、ある事物や事象が知覚的イメージとしてまた知覚-運動痕跡として、記憶の中に表象されるものとしてよりは、感覚の中に比較的直接的に喚起されるものと思われる。あるいはまたそれらは、ある事象がその言語ラベル(あるいは他の事物のイメージ)を引き出し、またある単語が曖昧な言語連想あるいは事物のイメージを喚起するような感覚において連合的に喚起されるものであろう。さらにシンボル変換の連鎖が、単語かイメージかあるいはこの両者を伴って喚起するか、あるいはまたこれらの連鎖が、知覚・言語的学習・言語等における一つの調整的機能として働くものではないかと仮定される。」

イメージおよび言語システムの機能は、刺激の意味の具体的次元或いは課題の特徴によって、一層具体的になっているイメージシステムと、また一層抽象的機能に適合している言語機能と協調している。このような次元を例証するために、Paivio は具象的言語(犬というような絵画的事物の名付けるもの)が“真実”という抽象的言語よりも想起しやすいことを示した。彼は具象語はイメージ的にあるいは言語的に記憶され易いものに対し、抽象語は言語的にのみ記憶されるのであると主張し、その結果、具象語を記憶する際には、イメージおよび言語の二者による変化をうけるが、他方抽象語はそれを記憶するのに言語による一つの変化のみを受ける。この差が記憶の差になる。

彼のモデルのもう一つの仮說的次元は、シンボル情報の処理におけるイメージ及び言語システムの相対的効率である。Paivio によれば、イメージは空間的にパラレルな情報処理のための記憶コードである、他方言語システムは継時的序列の情報を処理するのに役立っている。これはイメージと言語を二分割する試みであるが、かれは日常の生活状況においては、多くの場合イメージの存在と相互作用があると主張している。

Paivio の〈二重コードモデル〉はイメージに関する機能的性質に対する考え方、記憶や表象におけるイメージと言語との関係、また様々な課題の技術や要請が我々のシンボル機能に与える効果等に関する考え方に貢献してきているのである。このように Paivio は、イメージと言語システムは別個の独立した情報処理の様式であることを説明するためのモデルを提供したのであるが、他方 Shepard (1978) はイメージの形成と変換が事物の認知およびある物と他の物とを比較する課題を、我々がいかに解決するかの問題を解決しようとした。さらに言えば、Paivio がイメージと言語との間の関係を考察したのに対し、Shepard はイメージと知覚の様々な局面との関係を考察したのである。

B) Shepard のモデル

彼のモデルについての最初の動機づけは、回転する物を見た時、それを視覚化して連続

的に回転しているように見える事実が発端である。彼と Metzler (1971) は、一対の立体図形を 8 人の被験者に見せ、それらが同一の立体か否かを判断させた。これらの立方体は 0~180 度回転したものであるが、二つの間の回転角が離れているほど反応時間は長く、このことは三次元方向の回転に関しても同様であった。

1978 年、彼は頭の中に文字どおり“絵”を見るという考え方（一次的序列同型論, first-order isomorphism）を否定し、一層抽象的な同型論（second-order isomorphism）に味方している。しかし純粹に心的過程を外界の物理的行為と類似していると説明することは、何を意味するのであろうか。これは外的対象をイメージしているときには、外部で生起する事象と内的事象との間に共通性があるということである。

このようなメンタル・ローテーションから、彼等は知覚変換の研究に対して、時計測定法（chronometric paradigm）を拡張させ、初期には外界のテスト刺激にたいする照合時間を基に研究したが、後期には空間的変換の三つの一般的ケースを区別した研究を進めている。a) 回転, 移行, あるいはこれらの変換の組み合わせのような厳密な変換。b) やや厳密な変換：全体の布置は維持されたまま、個々の部分の重なり、接合のような部分的変換。c) 厳密でない変換：物体の幾何学的構造は維持されたままで、その一部が伸長されたり圧縮されたりするよう変形を加えられるもの（1982）。

何らかの物理的変換によって二つの物体の等価性を比較する際には、大脳は介在する物理的状态と一対一の対応をする介在状態の軌道を通過すると彼は主張している。彼のモデルは、情報処理アプローチを用いて時計測定法的に確立された空間テスト・空間問題を吟味するために多くの他の研究を刺激した。これはまた、イメージの回転、二次元ランダム図形の回転、心的折り紙の時計法的研究、三次元物体の表象などのような多くの空間問題を解決するために必要とされる過程に関する認識を拡大させるのに役立った。

Paivio および Shepard は、イメージの機能的性質を強調したが、次に述べる Kosslyn (1980, 1983) のモデルはさらに構造的であり、イメージの発生の際に採用されているメカニズムの内的構造は、知覚に用いられているそれと類似のものであると主張している。特に彼はコンピューター・シミュレーションを用いて、メンタル・イメージが回転・走査などのようなテレビジョンによって生みだされる画像と同一の機能をするかと仮定している。

c) Kosslyn のモデル

Kosslyn のモデルは、イメージに関するものであるが、それは心理学的な空間に含まれる広範な問題にも適用できるような性質のものである。そのモデルの核心は、視覚刺激の空間的特性を保持するような類似の表象を生み出すのに働くという仮説である。

彼は構造と過程を区別し、さらに二つの構造の存在を認めている。その第一は、視覚的バッファ（buffer）或いは短期記憶の形態をもつものであり、これはイメージが形成され

る時には、常に活性化されるような一列の“細胞”を含む。この細胞の列は、ある対等な空間と類似しており、また情報を提供する資料構造を支持する。Kosslynによれば、視覚的バッファの活性化された部分間の関係は、現実の事物およびそれらの関係を反映するものである。そのために、イメージが空間的特性をもっている主観的印象が生まれるのである。

第二の構造は、長期記憶に貯蔵されている情報のタイプである。これは事物の諸部分に関する命題的情報とそれらの関係および対象或いは事物の文字どおりのみかけの列についての情報の両者を含むような構造である。

構造のほかに、Kosslynは様々な構造に働く過程の存在を仮定する。視覚バッファに働く一つの過程は、再生 (regenerate) と呼ばれる。この過程は表象を再活性化または更新するもので、これがなければ表象は時間とともに消失する。結局、もしあるイメージが働かされれば、それは何とかして維持される。他の過程は、回転、走査、ズーム、変換などである。これらの各々は、視覚バッファにおける表象の変換をもたらすイメージについてのある変換を含んでいる。最後に、Kosslynは“発見と解決”の過程が、表象における情報を査察して分類すると述べている。

Kosslynの構造と過程は、同時に働く。その相互作用は、コンピューターシュミレーションにおいてモデル化されてきた。Swartz および Kosslyn (1982) は、これに関して次のように述べている。「通常的目標は、コンピューターの動作が人間の動作をまねるように、コンピューターをプログラムすることである。というのは、心とそのプログラムは多分同一の状態をもっているからである。我々は、一つには資料についてのもっともらしい説明を与える基礎をあたえるというよりは、経験的研究のプログラムを導くことを目的としているために、認知過程のコンピューターモデルを使用するのである。」

イメージに関しては、Kosslyn (1980) は類似の空間的媒介において生起する一時的資料構造として、作業記憶の中で発生される情報として記述している。かれはイメージ過程の四つのクラスを特定している。すなわち、イメージ発生、イメージの査察、イメージの変換、イメージの使用。イメージの発生は、個人が長期記憶において一層抽象的表象からイメージを生み出すときに発生する。イメージ査察はイメージに関する質問を受けた時、それに答えるときに生じる。イメージ変換はイメージを変えるとき、或いは折り紙課題のように連続した心的変換をする場合のように、それを操作する時のものである。イメージの使用は、幾何学のようにそれが何かほかの心的操作の援助を受けているときに生起するものである。Kosslynのイメージモデルの理論に沿った過程は表2に示す。

Kosslynは一連の実験を通じて、イメージが知覚-様の機能的性質を示す証拠があると報告している。例えば、物体の相対的大きさはイメージの中に保持される。それがイメー

表 2. Kosslyn のモデルに沿った過程のアウトライン

名 称	タイプ	入 力	操 作	出 力
画 像 (picture)	P	r, ツータファイル (大きさ, 位置, 方向)	表面マトリックスにおけるマップ。このマップ機能は, 大きさ・位置・方向を変えるように調整される。	IMGファイル [新しいフォーマットを生む。もしマップ機能が調節されれば新しい内容を生み出す。] の内容を描く点の布置。
発見する (find)	C	探索される部分 の名称	記述を調べる, 記述において明記された手続きを調べる。表面マトリックスに関する手続きを実行する。	<設定>を通過したり, しなかったりする。もし<設定>されれば, 部分のデカルト座標軸を通過する。
設定する (put)	P	設定される部分 の名称	イメージファイル, 位置関係, 根本的部分の名称を調べる。根本的部分および関係を調べる。根本的部分を設定するために<発見>を呼ぶ。マップ機能を調整する。<画像>を呼ぶ。	イメージ (新しい内容を生む) の中に統合される部分。
イメージ (image)	P	イメージされる 対象の名称 [大 きさ・位置・方 向・細部の程度]	IMG ファイルを設定する。<画像>を呼ぶ。[もし大きさ・位置・方向が特定されれば, マップ機能を調節する。もし細部が必要ならば, HASA登録を探索し<設定>を呼び出す。]	特定された或いは誤った大きさ・位置・方向における詳細な又は骨格的なイメージ (別のフォーマット, 体制化によって新しい内容を生む。)
解 決 (resolution)	P	表面的イメージ	イメージ内の諸点の濃度を計算する。	イメージの多くの指標的濃度 (新しいフォーマットを生む。)
再 生 (regenerate)	A	表面的イメージ	表面的マトリックスを細かく調べる。すべての部分が更新されるまで, ほとんど消失した部分を更新する。	変えられた諸部分の中で, 緊密な関係でもってイメージが再活性化される。
探 索 (lookfor)	P	あるイメージに ついての特性や 名づけられた部 分を発見する命 令を出す。	<再生>を呼び出す。記述と部分の大きさをさがす。<解決>を呼び出す: もし濃度が最適であれば, <ズーム>または<pan>を呼ぶ。イメージが向けられた方向でオーバーフローしているならば, <走査>を呼び, <発見>を呼び出す。もし部分が設定されていないなら, 適切なHASA登録を探し, 領域を挿入するために<設定>を呼びだし, <発見>を呼ぶ。	発見された反応または発見されない反応。
走 査 (scan)	A	イメージ, 要請 された方向への 移行 [割合]	ベクトルに沿って表面マトリックスにおけるすべての点を動かす。反対のマップ機能を通して首位の縁において新材料で満たす。	再置されたイメージ (内容を変える。)
ズ ーム (zoom)	a	表面イメージ, 目標の解決 [割	中心から表面マトリックスにおけるすべての点を動かす。反対	イメージ, より高度な解決, 新しい部分におけるスケールの変

		合]	のマップ機能を通して新材料で満たす。〈解決〉を呼び、解決が許す限りにおいて新しい部分を挿入するために〈設定〉をよびだす。	化（内容を変える。）
パン (pan)	A	表面的イメージ，目標解決〔割合〕	中心部から表面マトリックスにあるすべての点を動かす。	イメージ，より程度の低い解決におけるスケールの変化（内容を変える。）
回転 (rotate)	A	イメージ，角度，方向〔割合〕	回転軸の周りの特定化された方向にある区切られた領域にある全ての点を動かす。	イメージの方向を再び変える（内容を変える。）

注) 表中の記号の意味

- A：最初の資料構造を変えるような選択的変換。
- P：最初の資料構造は変えないが，そこから新しい構造を生み出す産出変換。
- C：二つの資料構造又はその中の部分を比較する比較操作。
- []：[] 内は随意的入力。

じされた大きさが次第に減少していくような動物についての“見える”特徴を被験者が長く保持できる理由である。それがイメージされた光景を通じて遠くの距離を長いこと走査でき、被験者がある光景をイメージするように求められた時、焦点になっている光景のイメージの中心を維持し、またそれとは違った部分がある中心にくるようにイメージを“動かす”ことができる理由である。さらに、被験者が最初離れた物体をイメージするように求められ、それからその周りを“歩きまわる”ように求められた時、光景の中のより小さな物体は、近付いてくるために大きくなるので、近いところでは“オーバーフロー”してしまうようになる理由である。

Pellegrino (1984) らは、心理学的空間を議論する場合に Kosslyn のモデルが有効になるような別の方法を要約している。

「まず視空間の情報処理は、その細部と明瞭さで変化する情報の表象と相互作用のある多くの基礎的過程から成り立っている。第二に、課題やパフォーマンスは幾つかの次元で変化する筈である。そのような次元の一つは、ある結果を達成するために実行される過程の数である。他の次元は、その結果を得るのに必要な過程のタイプである。第三に、個人はある過程をいかに上手に行うことができるかによって、またこれらの過程が違ったタイプの問題を解決するのに必要である程度によって、パフォーマンスの中で変えることができるのである。」

上の要約にみるように、ここ10年の間に、イメージの機能と構造における関心の復活がみられる。Paivio, Kosslyn 等は、イメージを言語、イメージと知覚、イメージと表象の間の関係の理解に貢献してきた。とくに彼等は、イメージが空間的情報や多様な空間課題の解決過程にいかに関係しているかの理解を助けてきたといえる。

3. 連 合

1950年代の終わり頃まで実験心理学者達は、連合の形成とその記憶がいかに成立するかに関して多大のエネルギーを費やしてきた。連合或いはより高次の心的過程の研究は、単一の連合の発達から学習の様々なタイプにおける連合間の競合へと次第に関心が移って行った概念形成や問題解決によって、主として研究されたのであった。しかし Kendler (1964) や Kessen (1966) が指摘しているように、思考の複雑な形態を説明するモデルがなかった苛立ちがあり、心に関する新しい譬喩が要請されていたのである。

このような要請に対する一つの反応は、心の譬喩としてのコンピューターの苦心および情報処理における関心の急速な発達がある。1970年代の中頃までに、情報処理は多数の研究プログラムの一つの枠組みとなってしまうに至っていた。しかしこのような研究グループには、その目標を人間の思考を模倣してコンピュータープログラムを進展させようとする理論家達と情報を表現する人間の諸過程および問題解決を特徴づけている大まかな譬喩としてコンピューターを利用しようとする理論家達がいた。前者の理論家達は、Siegler および Richards (1985) が指摘するように、人間を一つの操作者或いは記号とみる見解から始まった傾向がある。彼等の最も基礎的な目標は、表現され操作される記号を記述することである。そしてこの目標を達成するために、彼等は情報処理システムに関する膨大な疑問に答える必要があった。情報は言語的形態、イメージ的形態、それともなんらかの非様相的命題の形態として表現されるのか？ 大抵の処理は同時的なのか、それとも継時処理なのか？ 全体のシステムは、直接的-短期的記憶、長期記憶あるいは諸部分が一度にその活動の程度を変えて進行するような単一のシステムのような別個の記憶貯蔵によって考え得るものなのか？ これと対照的に、後者の理論家達は人が特別な課題または問題を解くのに用いるのは、諸過程の“継時”であるとみるところから始まっている。まず、なにか特別な問題（例えば、視覚的、言語的、空間的など）の性質を記述する努力がある。次に、人が各試行或いは大抵の試行において採用しようとする過程または諸過程を決定する方法がある。最後に、これらの諸過程がある解決の方略においていかに継時的に結合されるかをみきわめる方法がある。凝視、反応時間、エラーの分析のような方法が、複合的測度として有用なのである (Carpenter & Just, 1986)。

このような情報处理的アプローチの文脈にある二つのモデルを以下に紹介する。

1) Egan のモデル

Egan (1978) は、単純な空間的操作を素早く実行する能力がさらに複雑な空間の問題を正確に実行する能力を予測するものかどうかという疑問から出発した。Zimmerman (1954) の研究やその他の文献からすれば、両者は一般に無関係なのである。彼は一連の研究 (1976, 1979) から、空間能力に関する心理測定測度と情報処理課題の測度と関連づ

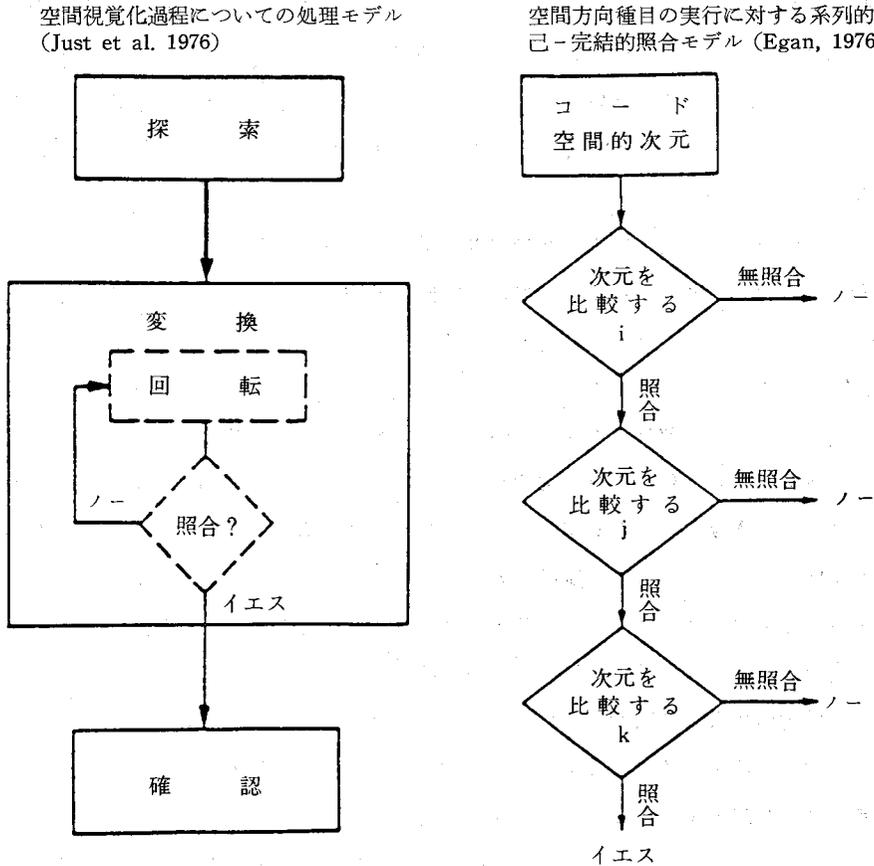


図 1. 空間方向および空間視覚化テスト種目に対する諸過程のフロー・チャートの例 (Egan, 1979)

けようとした。Guilford-Zimmerman の空間方向テスト(心的に回転される時計に関して、変換を行うテスト)と Shepard-Metzler の立方体回転課題)から項目を構成して、反応時間とエラーを測定した。また速度に関する三つの測度、総反応時間・回転率・インターセプト (inter cept: 符号化, 判断, 反応時間の測度)を採用した。

彼は両者の正得点間に高い正の相関を見出したが、回転率と総反応時間との間にはその得点に関して相関を見出してはいない。反応速度と正確さの間には差異があるのは、両者には異なった処理過程が関係しているからと、彼は解釈している。これを説明するために、彼は空間的操作を行いそして視覚化する解決過程についての過程モデルを発展させている(図1)。

Egan (1978)によれば、測定される空間能力を情報処理課題のパラメーターに関係させる努力は、三つの点で心理学的空間理解に役立つのである。第一に、心的操作 (mental operation)によってテストを理解することは、心理テストにおいて採用されている古典

的概念を新しく解釈するのに役立つ、またこのような解釈はこれまで殆ど純粋に統計的やり方で処理されてきた概念に対して、一つの構成的な処理志向の枠組みを提供する。第二に、心的テストをより深く理解することは、個人差に関する研究に新しい方向を示唆する。第三に、心的過程によって色々なテストを理解することは、様々な能力を評価する改善された方法を導き出すと思われる。

Egan が研究を公表して以来、空間課題に関する様々な研究が生まれてきているが、Carpenter-Just (1986) が提案した最近の空間問題解決のモデルは、このような処理研究をまとめるものとして興味ぶかいものがある。

2) Carpenter および Just のモデル

このモデルは三つの部分、課題の特徴・過程の特徴・方略の特徴、における記述モデルである。彼等は空間表象の性質の議論から手を染め、個人差の問題は表象すべき能力にあるのではなく、表象すべき空間情報にあり、それは空間表象の内容とともにその内容が処理中に如何に容易にまた正確に維持されるかにあると考えた。課題の特徴の第二のものは、空間表象が準拠枠に依存する程度の問題である。我々は環境の文脈、重力および網膜の上下の方向を含む幾つかの普通に関係している枠組みのなかで、空間情報に反応する。例えば、回転課題の場合に頭部を傾けて見るのは、反応時間の速さに影響する。なぜなら、このような動作は我々の準拠枠に関する刺激の符号化される位置を変えるからである。第三の特徴は、空間表象が計量的情報を保持する程度である。Bundesen および Larson (1975) が例証しているように、大きさの異なる物体の特徴を判断するには時間を余計に必要とするから、反応時間は大きさの不均衡とともに増大するのである。第四の特徴は、空間情報が知覚の諸過程に関係する程度である。例えば同一の情報源に対して2種の過程が競合する場合には、空間表象に干渉効果が生起する (Brooks, 1968; Segal & Fusella, 1970)。Carpenter 等は、このような効果の強度を組織的に研究すれば、ある任意の課題や問題にたいする個人の表象が実際に空間的なものであるか否かの指標になると示唆している。

次に過程の特徴に関しては、発生・評価・変換の過程をあげている。彼等が特に注目しているのは、空間表象が生み出される三つの方途、すなわち、物理刺激を符号化すること、以前に構成された表象を検索すること、なんらかの視覚的な特殊化をとみなわない、たとえば言語的記述によるようなものに沿って新しい表象を構成すること、があることに注目している。これらはお互いに独立なものではなく、例えば検索は視覚的符号化および構成にも関与し、逆に二次元的絵を符号化によって三次元的表象を生み出す時には、構成が要請されるであろう。さらに様々な発生過程が或る課題を実行中に様々な能力を伴うであろうし、スキルとの相互交渉もあろう。

評価の手続きに関してみれば、彼等が指摘しているのは、空間表象の特徴を調べる一つのやり方として、被験者にその特徴を記述するように求めることである。空間テストのあるものは、刺激の操作よりも刺激の内部にある特徴の再認、保持を求めることが強調されている（図2～10；図2～5までは再認課題の部類に属し、図6～11までは操作課題に属す）。再認や保持を要請する課題に関して実行することが異なれば、そのことが表象形成の容易、正確さ、細部、そしてその特徴を評価している間の被験者の表象を保持する能力に関しての情報を提供することになるであろう。Smith (1964) が指摘するように、空間的テストを他の視覚テストから区別するものは、ある図形を体制化された全体としてそれを心の中に知覚し保持することであるとすれば、評価の過程は空間表象の研究においては明らかに根本的なものであるといえる。

最後の変換過程に関しては、Carpenter 等は、心的回転あるいは様々な視点をとるような課題においては、被験者が刺激を心的に回転する選択、物体が見られる視点の変化をイメージすること、物体に対して方向が自由なコードの構成などを行うことを指摘している。彼等の主張は、ある物体の配列に関する情報を符号化する際に用いられる準拠枠が、どんな課題が様々な解決方略を喚起するかをより単純に予測することができるような手がかりとして働くというものである。変換過程の研究にはこのような準拠枠のほかに、変換が実行される前に被験者が、変換の方向、刺激に対する変化の方向、この変化のうちに変換される情報の量、何時変換が実行すべきかを決定する過程の研究が必要とされることを付け加えている。

Carpenter 等の最後の主張は、彼等の空間的問題解決のモデルが問題を完成するための被験者の方略選択に対する注意を必要としているということである。この方略の選択には二つの要因が関係する。それらは問題が提示される方法と表象の示唆された形態を使用する被験者の能力とである。まず問題の提示方法に関してみれば、表面的には類似の空間的テストでも刺激の提示、刺激項目が体制化され、テスト頁に示される方法、言語的教示の量、採用される反応の仕方、また類似のテストがある時間制限のもとで施行されるか否かなどの相違という点からみると、かなりのバリエーションが存在する。実際、空間問題の提示法がテストの実行に異なったように影響することを支持する証拠がある。Carpenter 等が指摘するように、空間問題を解決するために選択される方略が、個人の能力およびスキルの水準と結合しているのである。例えば、Just (1985) 等は、Thurstone (1938) の立方体比較課題と解決する被験者の空間能力の高低に関するモデルを開発している。それによれば、空間能力の構成に関しては質・量ともに相違がある。特に空間能力の高い被験者は、その低い被験者よりも、空間変換の反復や空間表象の再生があまり多くない傾向があり、また空間情報をより正確に、より詳細にコード化する傾向がある。結局このよう

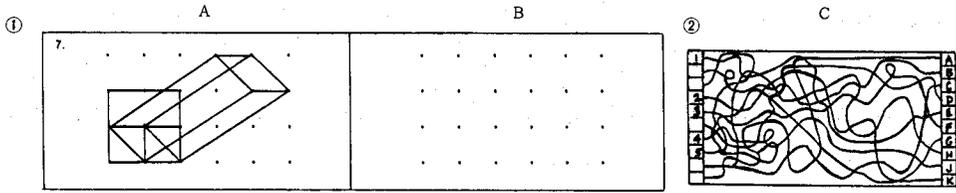


図 2. カテゴリー 1: 模写および迷路課題 ①AをBの枠の中に模写する。②Cでは紙からエンピツを離さずに、迷路を左から右へ辿る。(Eliot, J. 1980の空間課題の分類から)。

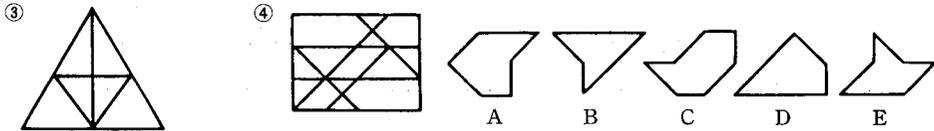


図 3. カテゴリー 2: EFテスト ③三角形の数を探す。④左図の中にAからEまでの図形を探す。

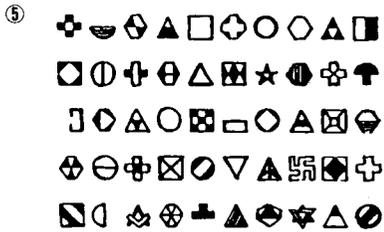


図 4. カテゴリー 3: 視覚の記憶課題
例 1. デザインの記憶課題。図 4 のようなデザインを描いた図形群を短時間スライドで提示され、用意された白紙に記憶していたデザインを再生する。
例 2. デザインの再認テスト。例 1 と同じ状況で、再認用の用紙上に見たと思うデザインに印をつけて再認率が調べられる。

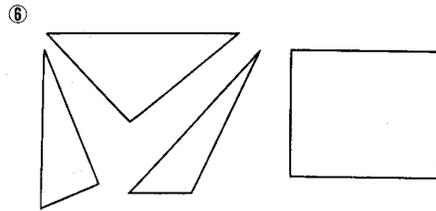


図 5. カテゴリー 4: 図形完成課題
右の図形をどのように切れば、左の 3 図形が得られるか。

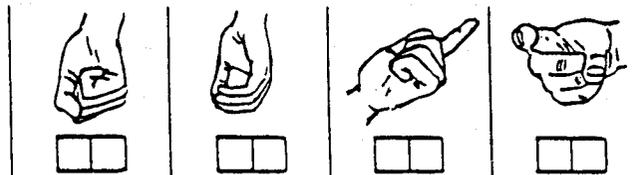


図 6. カテゴリー 5: 図形回転課題 テスト図形を幾つかの回転・上下逆転された図形の中から探し出す課題。図 6 の例は、それぞれの手が右手か左手かを判断する設定。

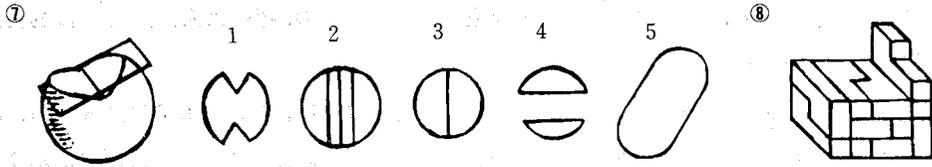


図 7. カテゴリー 6: 積み重ねられたブロックの数, 交点などを評価する課題
 ⑦は左の立体図形の交点とはどんな形になるかを右の 1~5 の図形で答える例。⑧は, 同一の立方体でできているものであるが, 数は幾つか。

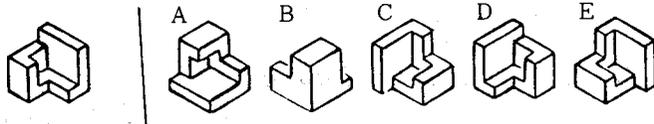


図 8. カテゴリー 7: ブロックの回転課題
 左のテストブロックを回転されている右側のブロック群から探し出す。

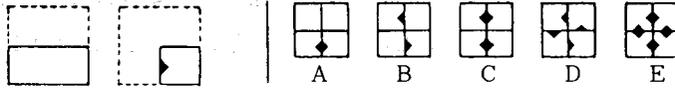


図 9. カテゴリー 8: 折り紙課題 折り紙が折られる前の記号や穴のパターンを予測する課題。図の例は, 左側の紙が折られた 2 つの段階を描いたものであるが, その時に切られて出来た穴のパターンを右側のパターンの中から探し出す課題。

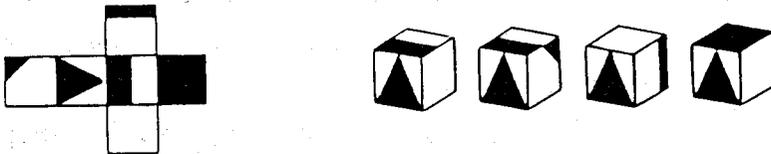


図 10. カテゴリー 9: 表面展開課題 左側の図形を折れば出来る立方体のパターンはどれか。右側の立方体群から探し出す課題。

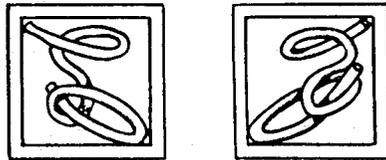


図 11. カテゴリー 10: 視点課題 幾つかの視点からみた物体の配列を判断する課題。上の例は, 左側のものは, この立方体の前面から見たひねられている針金を含んでいるものである。それでは右側のものは, これを左右, 前後, 上下のどこからみたものか。

な個人差は、同一の問題に対して非-変換過程を使用するのが得意な被験者と空間的変換が得意な被験者の間の相違に依存する。

個人の能力と方略との間の関係についてさらに付言すれば、Lohmanらは空間能力に関する重要な側面は、新しい刺激図形を符号化しようとする時、まえもって図形にかんする知識を使用するスキルにあり、また空間能力は単に視覚的イメージを形成する能力だけではなく、抽象的視覚イメージやこれらのイメージのさらに具体的な表象に関して推理するスキルをも含んでいる。

4. 実験的アプローチからみた六つの一般的な論点

上に述べた空間知覚の問題に関する文献はかなり存在するにもかかわらず、それは実験的研究者達の主要な関心事ではなかった。様々な課題における実行上の年齢的变化は、単に幾つかの独立変数のうちのひとつとして扱われてきたに過ぎない。その結果として幼児期や成人前期における変化は、なんら学習されるようなものではなく、人生の後半ではそのような変化は全くと言ってよいほど学習されることはないと考えられたのである。

1) 空間知覚における発達(年齢)との関係

Wholwill (1965) は、きめの濃淡や規則性を変えたスライドを作成し、奥行き知覚と年齢の間関係を調べている。このスライドの中には、オモチャの牛、馬、フェンスがお互いの距離を変えられて、また異なったきめの表面をつくるように描かれている。例えば、牛は前面に馬は背景に置かれ、フェンスはその間に置かれる。1学年、3学年、8学年の児童が、これらのスライドを覗き窓を通して観察させられる。児童は馬か牛のいずれがフェンスにより近いかの判断を求められる。

Wohlwillはこの実験から、すべての学年の児童がスライドのある位置が実際の位置よりもより遠くにある(超恒常)と判断するエラーをしたことを見出している。さらに、表面のきめの濃度が増すにつれ、恒常性のエラーが減少することをも見出している。この例では、年齢差は重要な変数ではなく、また年齢ときめの間には相互作用は見出せなかった。また絵のなかの知覚される距離を判断する際には、年少児ほどきめの情報の規則性に依存しなかったのである。

さらに最近の研究としては、Marmor (1975) 等が Shepard と Cooper (1982) のメンタル・ローテーションの技法を用いて実験した例がある。彼等は回転する情報をイメージする能力が4歳児にもあることを見出した。4歳児は、二つの絵が同一かあるいはその鏡映像かを指摘する実験で、メンタル・ローテーションの度合と反応時間との間に、典型的な線型関係を見出している。この研究のほかにも年齢と空間表象、空間の情報処理を調べた研究があるが (Caylord, & Marsh, 1975)、空間イメージや空間処理の発現や衰退

を論じる証拠としては不十分であり、その一般化のためには、さらに証拠が必要である。

さらに最近の研究としては、Kail, Pellegrino および Carter (1980) らの Thurstone (1938) の空間項目から採用した項目 (Primary Mental Abilities Spatial Items) のスライドを使用し、第3学年、第4学年、第6学年および大学生を被験者とした研究がある。この研究で彼等は、回転の程度が発達差を示すことを見出しただけでなく、特に年少児では馴染でない刺激を符号化し比較するための付加時間が最大の個人差の源泉であることをも見出している。成人においても、これらがかなり大きな個人差の源泉であった。しかし、実験的アプローチからみた空間行動における年齢に関する変化は、疑問に満ちた研究対象として残されている。

2) 性差

性差に関しても同じことがいえる。認知機能における性差が立派な文献を生み出してきているにもかかわらず、知覚に関する最近のテキストはこのトピックを全く扱っていない (例えば, Hochberg, 1978; Rock, 1975; Sekuler & Blake, 1985) ここではイメージおよび空間処理における二つの研究例を示そう。

Kail, Carter, Pellegrino (1979) 等は、メンタル・ローテーション課題において比較をするような場合には、女性の方が男性よりも反応時間が長いこと、女性は反応の速さに非常に多様性があることを見出している。このような多様性は、多くの空間課題に関する他の研究者達によっても観察されている。

Piaget (1959) 等によって創始された“水位”課題は傾いた容器に適切な水位の線を書き込むものであるが、この課題は大きな性差を生むのでよく用いられてきた。例えば Thomas (1973) は、傾いた水差しに水位を評価する能力を多くの被験者について調べている。この課題に成功するには、被験者は水平性の原理 (容器の向きに無関係に、水位は地上の表面に平行である) を理解しなければならない。就学前の幼児から大学生までの被験者について、様々な傾きにある水差しの水位と実際の水位との誤差を調べてみると、小学校の男児は水平性の原理を理解していたが、女性では大学生の中にもこれを理解していない者もいたのである。男性は水位の評価もより正確であり、“水はいつでも水平である”ことに同意していたが、女性は“水は水差しが上を向いている時は水平であるけれど、水差しが傾けば水も傾く”ということに同意する傾向があったのである。

さらに最近では、Harris (1978) は、もし課題の教示が課題の特徴にたいする分析的注意を強調する場合には、水位課題を行う際の性差は除去される事実注目している。教示が“水は動いている”という叙述を含む場合には、男性は水差しが静止していると見える標準課題よりも難しかったのである。しかし教示が“水は静止している”という叙述を含む場合には、女性の方が標準課題よりもこの課題の方が易しかったのである。教示が“水

差しは静止している”あるいは“水差しは動いている”の叙述を含む時には、結果は標準課題に対する結果と同じであった。これらの所見は、他の多くの空間課題と同様に、水差しの水位に関する実行は想像されている以上に、課題の教示に潜んでいる解決のためのアルゴリズムによって強く影響されているという事実を示しているのである。

空間テストに関して性差を示す大抵の証拠は、そのような差の明確なパターンというよりもその傾向があるという事実に基づいており、性差に関してよりも一般に個人差につながっているような実行の分散をともなったものであるということは強調される必要があると思われる。広範な空間的課題に個人差が現れるとき、能力水準、知識の基礎、スキル経験、社会的期待に関係するこのような個人差にまどわされない実験がさらに必要とされる。

3) 訓練の可能性に関しては、一般に想像されている以上に実験心理学者によって関心のもたれてこなかった論点である。したがって空間知覚、イメージ、空間処理に関するよくデザインされた訓練の研究を見出すのは困難な問題である。

このような中で Kyllonen, Lohman, Snow (1984) は、選択的な解決方略を例示し、また項目の特徴と項目の提示方法を組織的に変えることによって、折り紙課題に対する被験者の解決方略を訓練することを試みた。被験者はパイロット研究から、項目の難易さのパラッキを説明する三つの項目特徴、すなわち折る必要のある数、折り方があいまいな数、非対称な折り方の数、を学習した。このようなパイロット研究で、被験者が自分達の用いていた方略に関する内省を求められた時、視覚的なものと分析的なものの二つの方略が最も多く記述された。これらの二つの方略はフィルムにされて、本研究の際には被験者の半分は視覚化された方略を訓練するために提示され、残りの半分の被験者は分析的方略を訓練するために用いられた。

Kyllonen 等は、両者の訓練は効果的であり、被験者の能力水準と提示される項目の型に依存していることを見出している。空間能力の高い被験者は、項目を解決する訓練を行い、自分の結果に対してフィードバックを与えられた時に最もよく実行できたのに対し、空間能力および言語能力の低い被験者は、視覚的措置を受けた場合に最も成績が良好であった。この実験から彼等は、特殊な空間課題に対する方略の訓練は、特に特別な被験者の認知強度を利用しようとするとき、あるいは特殊な課題の難しさに直面した時の弱点の補償として役立つと思われると結論している。

空間的能力を訓練する試みの研究と関連するもう一つの問題は、我々をとりまく世界を知覚し考えるほかのものに及ぶ般化可能性の問題である。この問題は様々な局面をもっている。例えば、Bishop (1980) の認知の強度を構成するものに関連したもので、訓練はもしそれが認知の強度を変える方向に向けられるのであれば、個人の認知機能に負の影響を与えることを指摘した研究が想起される。

4) イメージの役割

空間的思考におけるイメージの役割に関しては、いまだ不明な点が多い。たとえば、我々は如何にして知覚的現実をもつイメージに対立しているものとして自己形成したイメージを認知するのであろうか。また心理学的研究は視覚イメージの機能と特性に関する知識は進歩させたのであるが、視覚イメージを欠くような大規模な表象に関しては何も語ってくれていないのである。言語的イメージをもっていれば、空間表象についての根本的に異なったものに通じるのであろうか？ この問題については、Hilgard は、すべての感覚はイメージを生み出す刺激を提供すると思われ、またイメージは我々の感覚様相のそれぞれにおいて表現されるから、イメージの様々な形態にある共通性があり、それは各イメージの特別な様相を超越したものであるに相違ないという見方をしている。もしこのことが事実であるとすれば、ここで論じたような視覚イメージは、触覚イメージや聴覚的イメージが空間的思考における視覚的イメージに対して平行な役割をもっている程度に、ほかの感覚様相と共通な特性をもっているのであろうか？ 個人が外傷的損傷あるいは脳損傷を受けたような場合にイメージを喪失した時、彼の空間機能には何が生起するのであろうか？ (Farah, 1984)

Kosslyn (1980) を分かり易く言えば、このような初期段階におけるイメージについてのどんな詳細な説明も、殆ど正しいものではない。イメージの研究をめぐる続けている論争は、その最終的産物が達成されている過程ほど最終的産物あるとは言えないのである。この相違は、イメージと空間機能との間の関係に関心を寄せる研究者にとっても、またそれらを心に描いたり強化するようなプログラムをデザインしようとする研究者にとっても、重要なものに違いないのである。

5) 処理のタイプ

空間課題に必要とされる処理のタイプは、多くの研究の示すところによれば、次に述べるような事項によって変わる。a) 個人の能力水準に関係しているとみられる処理モードにたいする個人の好み、b) 安定した自動的な処理の手慣れた手順 (routine) および一層不安定な注意-要請過程との間の相互作用、c) ある特定の方略を強制したり示唆したりする課題教示の影響、d) ある特定の問題を特徴づけている速度、複雑さ、反応選択肢の数のような課題要請の影響、e) 個人の全体的な知識基盤および/あるいは空間問題にかんする以前の経験のような個人差。単純な課題よりも複雑な課題の方が、多くの解決のための方略を引き出すこと、課題を達成するための時間が多く与えられるほど、あまり効果の少ない方略を使いがちであること、知識基盤よりも処理基盤におけるイメージの差を報告する文献が多いことなどが知られている。

様々な空間テストを解決する際に使用される方略に関する興味ぶかい研究がある (Bur-

den & Coulson, 1981)。この研究によれば、空間処理に関する文献を通してみられる共通のテーマは、言語的コード化あるいは視覚的コード化を使用すること、また刺激に対して全体的に反応するか分析的に反応するかの好みについて個人差があることである。この研究において Burden 等は、空間項目を解決する際の被験者の方略に関する内省報告とこのような内省に基づいた七つの空間テストに関するデータを集めた。

このような内省報告から、解決方略の次元として視覚的／言語的、分析的／全体的の次元が区分されることを見出している。例えば、言語の方略を使用する被験者は、一般に単語、句、或いは完全な文によってテスト刺激に反応する。言語的記述は大抵の場合、“もしXならば、それはYではなくZである”という形式をとるのに対し、視覚の方略を使用する被験者は、“それはXである筈がないと思う、もし心的変換をするなら、それはZに相違ないと思う。”と報告するのである。

分析的方略を採用するか全体的方略を使用するかの好みに関しては、複雑な空間課題を与えられた時には、被験者は大抵の場合分析的方略か部分-部分処理する方略かのいずれかをとると報告している。EFテスト(embedded figures test)のような複雑な課題では、大抵分析的方略が採用される。また二次元の課題に対してはしばしば視覚的-全体的方略が、一層複雑な三次元の課題には視覚的-分析のおよび言語的-分析的方略が、それぞれ使用される傾向があることを見出されている。更に、大抵の空間テストに関して、最初の項目の実行と2番目の実行との間には、視覚的-全体的方略から視覚的-分析的方略に移行するという関係のあること、その他、時間条件や教示の形式等は強い効果をもたないこと、分析的方略を用いる被験者は空間問題を解くのにメンタル・イメージを用いること、違うという反応をするよりも同じであるという反応をする必要がある項目に対してのエラーの方が多く、また女性の方が同じであるという反応にかんする項目のエラーが多いことなどが見出されている。

空間問題の処理形式を二分法によって説明する考え方には長い歴史がある。例えば、視覚化型／言語化型 (Walter, 1953)、組織的／分析的 (French, 1965)、同時的／継時的 (Das, 1979)、タイプ I／II (Cooper & Podgorny, 1976)、ゲシュタルト／分析的 (Willis, 1980) 等はその例である。このような二分法は、空間テストの様々なタイプを解決するために採用される方略に関して、ある一定のパターンがあることを我々に教えてくれる。

6) 刺激次元の効果

空間の問題に関して影響する刺激次元の効果の問題に関しては、例えば Rosser (1980) は三次元におけるメンタル・ローテーションよりも二次元におけるそれの方がより容易であり、違った過程を反映すると述べているが、Shepard (1982) 等は、刺激次元の影響はないと述べて、このような主張に疑問を投げている。Shepard 等は、三次元的に提示さ

れる項目に対する反応時間がより長いのは、次元性を反映していると思われること、被験者によっては一層複雑な三次元の刺激を処理するのに、全く効果のない方略を使用する事実があることを示唆している。このことは、少なくともメンタル・ローテーションを必要とする課題に関しては、次元性の差が反応時間と処理方略の両者に影響するというところだけは言えるということである。

刺激の次元性に関するもう一つの興味ある例は、Wattawanaha (1977) の報告しているものである。彼女はオーストラリアの第7から第9学年の被験者2,346人（少年1,201, 少女1,145人）をサンプリングし、紙とペンによる広範な空間テストを施行した。この研究に続くほかの研究結果から比較した75項目のうち、25項目に関して、男児の方が女児よりも優れていた。さらに詳細にみると、高学年の男児は、三次元的思考の組み合わせやメンタル・ローテーションの操作を必要とする項目に関してより優れていた。また二次元（図形）的思考および静的イメージの使用を必要とする項目に関しては、性差は見出せなかった。

多くの心理学者がより大きな背景または布置から、ある図形や物体を分離する能力は知覚についての概念化の基礎であるということには同意しているが、競合する関係の流動性のなかにある或る特定の図-地あるいは物体-背景の関係に対して我々がどの程度異なったように反映するかに関しては、依然として明らかになっていない。刺激の次元性の論点は、観察者-物文脈を超えて様々な環境における行為者としての一観察者の関係へと進む問題である。

以上のように、実験的アプローチからみた様々な論点、モデルを歴史的な要約の形で示してきた。このなかで、イメージに関していえば、イメージは表象の明瞭な形態であると主張する立場と、それは表象についての単一の基礎的形態の一表現に過ぎないという主張との間になお論争が進行中である。また空間処理に関しては、研究者達がある特定の空間課題の結果としての処理の差に関心を払ってきてはいるが、被験者が様々な課題に持ち込む個人的知識基盤やスキルの水準に関しては殆ど注意して来なかったといえる。

このほかの特殊な論点としては、児童の感覚の統合と拡大される空間についての表象との間の関係、様々な感情状態がイメージの形成と使用に与える影響、情報処理モデルが感覚-知覚的課題と同時に心理測定的課題における個人差の研究にどの程度拡張できるのか、空間情報についての年長者の被験者の処理におけるイメージの形成と使用における変化、いかにして拡張された空間が知覚されるのかということにおける社会的期待および文化的価値の差異などの問題がある。このほかにも一層重要な問題として、空間処理に要求される訓練効果の保持と転移の程度に関する論点がある。これらの諸問題について、実験心理学者や認知心理学者の貢献する余地がなお残されているのである。

参考文献

1. Baylor, G. F. 1971 Programs protocol analysis on a mental imagery task. First International Joint Conference on Artificial Intelligence.
2. Berkeley, G. 1709 A new theory of vision, A. A. Luce & T. E. Jessop (eds.), London.
3. Bishop, A. J. 1980 Spatial abilities and mathematics—a review. *Educational Studies in Mathematics*.
4. Block, N. (Ed.) 1981 Imagery. Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
5. Brooks, L. R. 1968 Spatial and verbal components in the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349-368.
6. Bruner, J. S. 1966 Studies of cognitive growth. N. Y. Wiley.
7. Bundensen, C. & Larsen, A. 1975 Visual transformation of size. *Journal of Experimental Psychology*, 1 (3), 214-220.
8. Burden, L. D. & Coulson, S. A. 1981 Processing spatial tasks. Unpublished thesis, Victoria, Australia, Monash University.
9. Carpenter, P. A. & Just, M. A. 1986 Spatial abilities: An information processing approach to psychometrics. In R. J. Sternberg, (ed.) *Advances in the psychology of human intelligence*. Vol. 3, Hillsdale, NJ, Erlbaum Associates.
10. Carr, H. A. 1935 An introduction to space perception. N. Y., Hafner.
11. Cooper, L. A. & Podgorny, P. 1976 Mental transformations and visual comparison processes: effects of complexity and similarity. *Journal of Experimental Psychology, Human perception and performance*, 2, 503-514.
12. Das, J. P., Kirby, J. & Jarman R. F. 1979 Simultaneous and successive cognitive processes N. Y. Academic Press.
13. Egan, D. E. 1978 Characterizing spatial ability: Different mental processes reflected in accuracy and latency scores. Pensacola, Florida, Naval Aerospace Medical Research Laboratory.
14. El-Koussy, A. A. H. 1935 Visual perception of space. *British Journal of Psychology: Monograph Supplement*, 20, 1-30.
15. Farah, M. J. 1984 The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
16. Freedman, S. J. 1968 Neuropsychology of spatially-oriented behavior. Homewood III, Dorsey Press.
17. French, J. W. 1965 Relationship of problem solving styles to factor composition of tests. *Educational and Psychological Measurement*, 25, 9-28.
18. Gaylord, S. A. & Marsh, G. R. 1975 Age differences in the speed of a spatial cognitive process. *Journal of Gerontology*, 30, 674-678.
19. Gibson, J. J. 1950 Perception of the visual world. Boston, Houghton-Mifflin.
20. Gibson, J. J. 1966 Senses considered as perceptual systems. Boston, Houghton-Mifflin.
21. Gibson, J. J. 1979 Ecological approach to visual perception. Boston, Houghton-Mifflin.
22. Guilford, J. P. & Zimmerman, E. S. 1948 The Guilford-Zimmerman aptitude survey. *Journal of Applied Psychology*, 32 (1).
23. Hochberg, J. E. 1957 Spatial representation: Theme 10. Brussels, Proceedings of the International Congress of Psychology.
24. Hochberg, J. E. 1978 Perception. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
25. Holt, R. R. 1963 Imagery: Return of the ostracized. *American Psychologist*, 19, 254-264.

26. Howard, I. P. & Templeton, W. R. 1966 Human spatial orientation. N. Y., Wiley.
27. Ittelson, W. H. 1960 Visual space perception. N. Y., Springer-Verlag.
28. Iteelson, W. H. 1973 Environment and cognition. N. Y., Seminar.
29. James, W. 1912 Essays in radical empiricism. N. Y., Longmans Green.
30. Johnson-Laird, P. N. 1983 Mental models. Cambridge, Harvard University Press.
31. Just, M. A. & Carpenter, P. A. 1985 Cognitive coordinate systems: Accounts of mental rotation and individual differences in spatial ability. *Psychological Review*, 92 (2), 137-172.
32. Kail, R. V., Carter, P., & Pellegrino, J. W. 1979 The locus of sex differences in spatial ability. *Perception and Psychophysics*, 26 (3), 182-186.
33. Kail, R. V., Pellegrino, J. W. & Carter, P. 1980 Developmental changes in mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 102-116.
34. 加藤孝義, 1986 生態学的視知覚理論にいたる知覚現論の系譜『思想と文化』(岩手大学人文社会科学部欧米研究編) 565-577.
35. Kendler, H. H. 1964 The concept of a concept. In: Melton (ed.) Categories of human learning. N. Y., Academic Press.
36. Kessen, W. 1966 Questions for a theory of cognitive development. In: Stevenson(ed.) Concept of development. Monograph of the Society for Research in Child Development, 31, 55-70.
37. Kosslyn, S. M. 1983 Ghosts in the mind's machine. N. Y., Norton.
38. Kosslyn, S. M. 1980 Image and mind. Cambridge, Harvard University Press.
39. Kyllonen, P. C., Lohman, D. F., & Snow, R. E. 1984 Effects of aptitude, strategy training, and task tacets on spatial task performance. *Journal of Educational Psychology*, 76 (1), 130-145.
40. Lohman, D. F., & Kyllonen, P. C. 1983 Individual differences in cognition, Vol. 1, N. Y., Academic Press.
41. Magendie, F. 1822 Experiences sur les fonctions des nerfs rachidiens. *Journal of Physiology and Experimental Pathology*, 2, 276-279.
42. Marmor, G. S. & Zaback, L. A. 1975 Development of genetic images: When does the child first represent movement in mental images? *Cognitive Psychology*, 7, 548-559.
43. Neisser, U. 1967 *Cognitive Psychology*. New York, Appleton-Century-Crofts.
44. Paivio, A. 1971 *Imagery and verbal processing*. New York, Holt, Reinhart, and Winston.
45. Paivio, A. 1978 Comparisons of mental clocks. *Journal of Experimental Psychology*, 4 (1), 61-71.
46. Paivio, A. & Ernest, C. H. 1971 Imagery ability and visual perception of verbal and nonverbal stimuli. *Perception and Psychophysics*, 10, 429-432.
47. Palmer, S. E. 1975 Visual perception and world knowledge. In: D. A. Norman & D. E. Rumelhart (Eds). *Explorations in cognition*. San Francisco, Freeman.
48. Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Regian, J. W. 1984 *Components of spatial ability*. Paper presented at NATO Advanced Institute in Cognition and Motivation, Athens, Greece.
49. Piaget, J. & Inhelder, B. 1956 *The child's conception of space*. London, Routledge and Kegan Paul.
50. Piaget, J. & Inhelder, B. 1971 *Mental imagery in the child*. New York, Basic Books.

51. Pylyshyn, Z. W. 1973 What the mind's eye tells the mind's brain: a critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
52. Rock, I. 1975 *Introduction to perception*. New York, Macmillan.
53. Rosser, R. 1980 *Acquisition of spatial concepts in relation to age and sex*. Final Report on Grant # NIE-6-79-0091 from the National Institute of Education, Department of Education. Tucson, University of Arizona.
54. Segal, S. J. & Fusella, V. 1970 Influence of imagined pictures and sounds upon detection of visual and auditory signals. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 458-464.
55. Sekuler, R. & Blake, R. 1985 *Perception*. New York, Knopf.
56. Sheehan, P. K. 1972 *Function and nature of imagery*. New York, Academic Press.
57. Shepard, R. N. 1978 The mental image. *American Psychologist*, 33, 125-137.
58. Shepard, R. N. & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
59. Siegler, R. S. & Richards, D. D. 1985 The development of intelligence. In: R. H. Sternberg (Ed.). *Handbook of human intelligence*. Cambridge, Cambridge University Press.
60. Smith, I. M. 1964 *Spatial ability; Its educational and social significance*. London, University of London Press.
61. Stratton, G. 1896 Some preliminary experiments on vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 3, 611-617.
62. Thomas, H., Jamison, E., & Hummel, D. 1973 Observation is insufficient for discovering that surface of still water is invariably horizontal. *Science*, 181, 173-174.
63. Thurstone, L. L. 1938 Primary mental abilities. *Psychometric Monographs*, 1
64. Walter, W. G. 1953 *The living brain*. London, Duckworth.
65. Wattanawana, N. 1977 *Spatial ability and sex differences in performance on spatial tasks*. Unpublished dissertation, Monash University.
66. Willis, G. 1980 Spatial ability: Some neurological research. *MERGA*, 2, 187-197.
67. Wohlwill, J. F. 1965 Texture of the stimulus field and age as variables in the perception of relative distance in photographic slides. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2, 163-177.
68. Zimmerman, W. S. 1954 The influence of item complexity upon the factor composition of a spatial visualization test. *Educational and Psychological Measurement*, 14, 106-119.