

イメージ空間のメトリック

増井 透

イメージ空間について

われわれをとりまく世界はどのように内的に表象されているのだろうか。実際、視野には入ってなくても左右に壁面があり、背後にも又続いていることを知っているだけでなく、部屋の外のどこに何があるかイメージすることができる。Attneave (1972, 1974) によると、物理的な外界の3次元空間は、内的な3次元空間あるいは座標系に表象されるという。そして外界の対象物はその内的空間内に、同型の縮尺モデルとして対応した領域を占める。すなわち頭の中の砂箱モデルである。これに従えばイメージした情景の中でさまざまな空間的操作が説明可能になるだろう。

既知の対象が見なれた定位でなく傾いて示された場合、一応同定は可能だとしても、確認のために通常の定位に変換してみることもある。Shepard & Metzler (1971) は、立方体を組みあわせた3次元対象の対を異なる定位で提示し、両者が同一の対象かどうかの判断を行なわせ

た。反応に要した時間は2対象の定位の角度差の明確な一次関数となり、彼らはこの過程を心的回転とよんだ。すなわち、対の一方を他方の定位にまで心的に回転させ、同定位にしておいて判断を下したというのである。既知の対象が見なれぬ定位で示された場合の変換も同様であろう。明らかに、目の前の対象をその記憶像の定位にまで回転していると考えられる。可能ならば物理的に回わしてみても、不可能ならばイメージを回転してその変換を行なっている。(FIG. 1 参照)

今度は日本地図を思い浮かべてみよう。そしてたとえば東京の位置に心の目を向けておいて、そこから大阪まで直線的に辿ってみる。大阪到着までいくばくかの時間を要したはずである。では東京から稚内ではどうか。おそらくさらに時間がかかったはずである。Kosslyn一派 (1978) はいくつかの具体的な地点を書き込んだ架空の地図を被験者に学習させた後、そのイメージをもとに、特定の地点を指示して心の目で凝視させ、次に指示する第2地点まで辿らせる課題を行なった。到達時間は2点

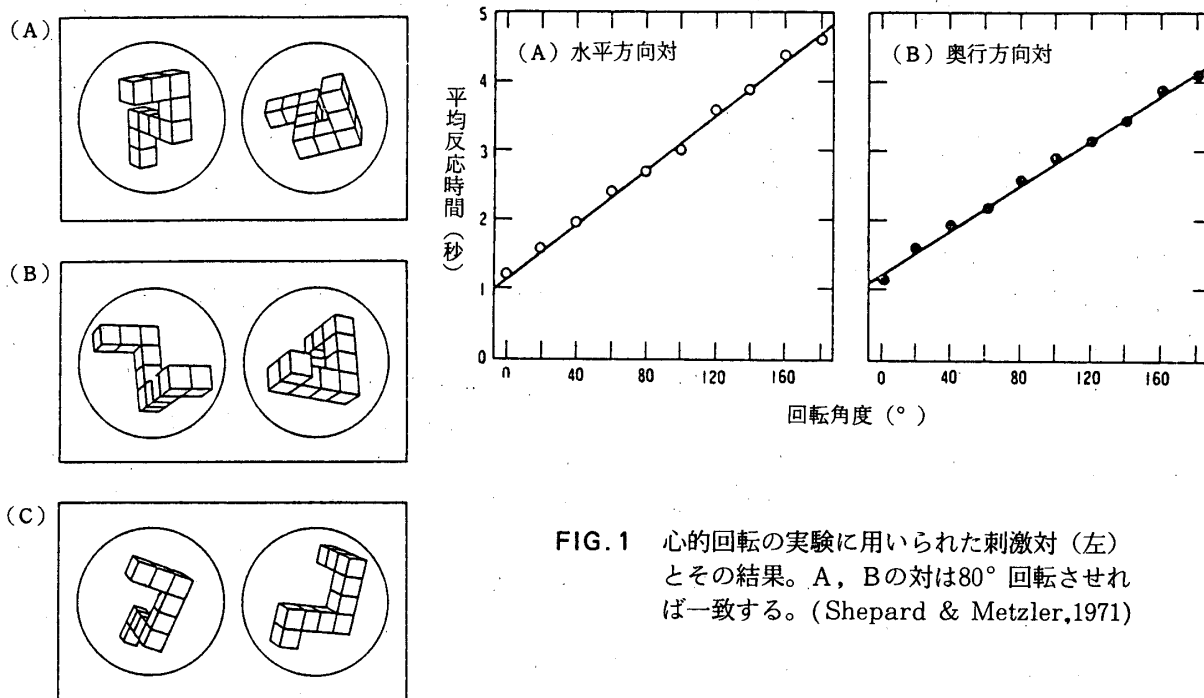


FIG. 1 心的回転の実験に用いられた刺激対 (左) とその結果。A, Bの対は80° 回転させれば一致する。(Shepard & Metzler, 1971)

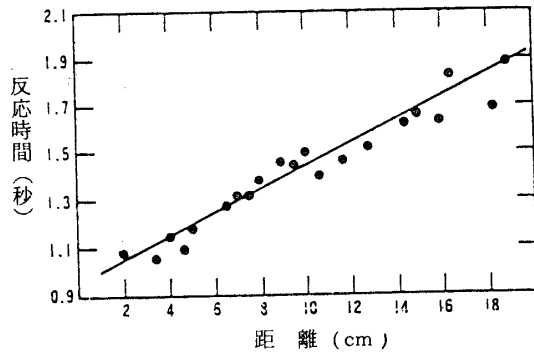


FIG. 2 心的走査の実験で用いられた刺激(左)とその結果。(Kosslyn, et al., 1978)

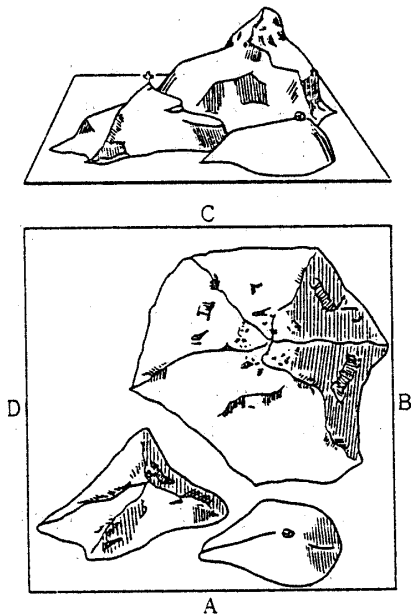


FIG. 3 三つ山問題の例。A~Dの位置に人を置き、そこから写したときの写真を選択させる。(Piaget & Inhelder, 1956)

間の物理的な直線距離の明確な一次関数となり、彼らはこの過程を心的走査とよんだ。言葉を変えれば、イメージ空間の中で注意を移動させることができ、しかもそれは空間の大きさ、長さに対応していることになる(FIG. 2 参照)。

内的な空間は、視野の内外の対象物を空間内に適切に位置づけることのできるシステムである。これに関連した概念は Tolman (1948) 以来、認知地図として知られている。確かに、郵便局へ行くためにはタバコ屋の角を右にまがり、次の交差点を左に折れ、約50メートル進むと云々、といった地図をわれわれは持っているようにみえる。しかし特定の場所からある方向を向いた時の光景も

経験できるという意味では、いわゆる地図とは異なる空間がある。イメージ空間においては、観察者は動かずに対象を変換する(心的回転)だけではない。観察者が動いて新しい光景を経験することも可能である。Piaget & Inhelder (1956), Huttenlocher & Presson (1973) は3つの山を配置した箱庭を子供に示し、向こう側から見たらどのように見えるかイメージさせた(FIG. 3 参照)。対象のイメージを回転する課題(rotation problem)に対して、自分の視点を移動させる課題(perspective problem)である。彼らの報告では発達的には前者の能力がより早く獲得され、異なる視点からの見えをイメージするためには、視点を含めた全体的な座標系の発達が必要だとしている。

回転や走査などさまざまな操作が可能であるということは、そのような操作が生ずる内的な3次元空間を媒体として考えなければならない。イメージ空間は写真のような2次元空間ではないようである。

パースペクティブについて

Attneave の提案するような3次元縮尺モデルにおいてはイメージ対象の直接的な処理が可能となる。しかしそれは視覚的というよりむしろ触覚的な世界に近い。視覚では当然ながら光景の3次元レイアウトは直接には処理されず、網膜像に投影された2次元パターンから再構成あるいは解釈されるものと考えられる。するとここには遠近法則(perspective law)が存在する。すなわち対象の見えは観察者からの距離と視角の大きさに依存する。3次元縮尺モデルでは、改めて視点(mind's eye)という概念を導入しない限り、この法則を説明できないだろう。

3次元の世界を触覚で探索する場合、遠方の対象がよ

り小さく感じられたり、対象の（視覚的には見えない）向こう側が隠れているように感じられたりはしない。このことを触空間の直接的処理と考えると、視覚イメージにおいて、その見えが視点の位置や距離で組織的に変化するならば、3次元空間が何らかの2次元面に投影されたが故のパースペクティブ効果だと考えざるを得ない。当初イメージ空間は、外界の3次元レイアウトを縮尺モデルの型で同型に保存したものと考えられた。しかしいくつかの報告はこのモデルの枠に収まらないデータを提供している。

Kosslyn (1978) は被験者にさまざまな対象をイメージさせて、対象までの距離を評定させたところ、物理的に大きな対象ほど遠くにイメージし、結果として対象の張る視角はほぼ一定（約 20° ）であることがわかった。われわれの行なった追試でも大部分の被験者にこの傾向が認められている。ただし視角はもっと大きく（ $40^\circ \sim 60^\circ$ ）、又視角一定といっても、小さな対象にも接近の限度があり、およそ0.5~2mに位置づけることが示された（FIG. 4参照）。

Abelson (1976) あるいは Keenan & Moore (1979) はイメージした光景の中の見えている部分はよく記憶しているが、見えていない部分については殆んど憶えていないという結果を報告している。この場合、イメージ光景を見ている特定の視点からの見えだけが有効だということである。

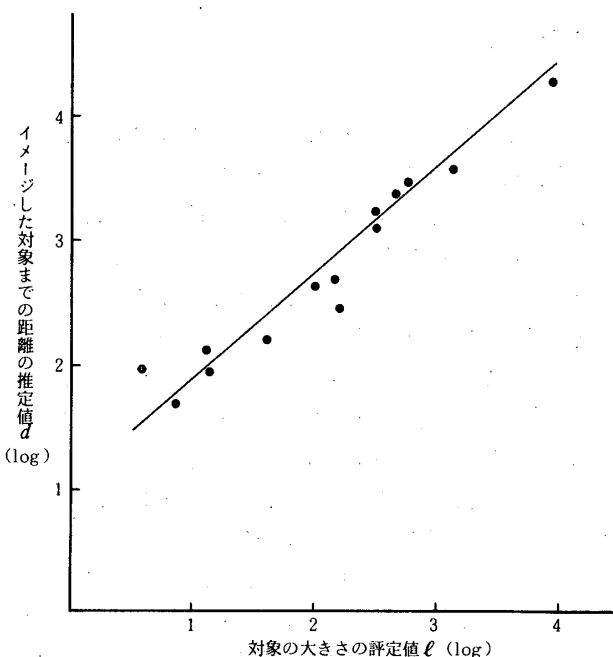


FIG. 4 イメージした対象の大きさとその距離との関係。 $\theta = 2 \arctan (l/2/d)$ で視角を求めると約 50° となる(未発表データ)。

既に述べたように、イメージ空間が外界と同型の3次元縮尺モデルであり、その中で直接的処理が行なわれるならば、上記のようなパースペクティブ効果は認められないはずである。この効果は3次元空間が2次元面に投影されたときのみ生ずる。しかるにイメージ空間が単純な3次元座標系ならば、何故イメージ対象の見えている部分のみがアクセスされ、また視点の位置や距離の変動にもよって対象の見えが変化するのか。心的回転を初めとする直接的操作も可能な事実とあわせて考えると、2つの媒体が存在するとの仮説が生じてくる。すなわち、空間的レイアウトを保存する3次元構造と、網膜像に対応し、元来のパースペクティブを保存する2次元構造である。

イメージのフォーマット

Pinker & Kosslyn (1978) や Pinker (1980) は組織的な実験を行ない、しかしながら2つの媒体説を否定している。彼らの方法は、上面と手前が空いた一辺38cmの立方体の箱の内部に5つの小さな対象物を空間的に配置し、そのレイアウトを被験者に十分学習させる。実験セッションでは対象はすべてとり去り、対象名をひとつ告げてイメージ中でのその位置に注意を集中させる。次にもうひとつの対象名を告げ、もしそれがイメージ中に存在すれば、第1の対象からそこまで「点を動かしていくように」辿っていかせ、到着までの時間を測る。心的走査を3次元事態に拡張した課題である。結果はやはり物理的な3次元距離に対応した反応時間関数が得られた ($RT = 833 + 33.8d$; d は2対象間の3次元的距離)。観察者の視点の位置にかかわらず、いわば直接的な操作が3次元空間において行なわれたと考えられる。ところが今度は教示を変えて、同じ課題をライフルの照準スコープをのぞいたつもりで行なわせる。つまり特定の2次元面に投影されたイメージ空間における2対象間の2次元的距離の走査になるわけである。結果として、先のような3次元距離でなく、2次元距離に対応した反応時間関数が得られた ($RT = 1209 + 11.4d$)。イメージとはもとの光景の3次元空間レイアウトの情報を保存するものであり、写真のような2次元的な、パースペクティブの特徴を持つものではないとする、たとえば Neisser & Kerr (1973) らの結論に反して、後者の情報も保存されていることが示された。とは言ってもこれには2通りの可能性があるだろう。第1に、もとの光景の2次元的スナップショットも保存されている場合。第2に、保存されているのは3次元レイアウトだが、これと、視点のパラメータとによって新たに生成される場合。Pinker たちはこの点を明らかにするために次の実験を行なった。

レイアウトを学習させた後、側面あるいは上方から見たイメージを思い浮かべておいて、やはりライフルサイトを通した走査を求める。結果は又しても新しい視点から見た2次元投影面における2対象間の距離の関数としての反応時間が得られた ($RT = 1299 + 20.4d$)。被験者は新しい視点からの光景を実際に見たことはないから、保存されている2次元イメージの走査とは考えられない。

イメージではなく実際にレイアウトが目の前に存在する場合にも同様の効果は生ずるかという問題に対して、Pinkerらは実際のレイアウトを見たまま走査させる条件を検討しているが、眼球の動きその他の要因を除いても、明らかな一次関数が得られている ($RT = 1087 + 16.4d$)。

Pinkerらの実験を要約すると、イメージ空間には3次元レイアウトが保存されており、直接的な操作が可能なこと、しかし2次元投影情報も又利用可能であり、いわゆるパースペクティブ効果が存在すること、かといってそれは知覚経験にもとづく記憶像ではなく、保存されている3次元レイアウトを全く新たな視点から見た光景に関しても同様に3次元情報のみならず、2次元投影情報も利用可能であること、である。

Anderson (1978) が指摘するように、表象システムに関する仮説は常にそれに対応する処理過程についての仮説と対して考える必要があるが、仮に2つの課題において同じ処理が行なわれているとみなすことができ、さらに同じ行動データが示されたならば、そこには共通の表象システムが介在したと考えていいのではないかというのが、現在のイメージ理論のひとつの考え方である (Anderson, 1978; Finke, 1979)。確かに心的走査については知覚とイメージとの間にきわめて類似した結果が得られており、両者の表象システムの類似性、あるいは共通性を吟味する興味深いデータと考えられるが、表象の本性については単なる3次元縮尺モデルでも2次元投影像でもない。より複雑なシステムを想定する必要がありそうである。

表象システムのモデル

PinkerらはMarr & Nishihara (1978) のモデルにもとづいて自分たちのデータを解釈しようとした。Marr & Nishihara のモデルは次のようなものである。3次元対象の認知プロセスにおいて、視覚情報は3つのタイプの構造に表象され、それらの異なるフォーマット間での変換が行なわれる。第1の段階は初期スケッチ (primary sketch) とよばれるもので、網膜像上での強度分布や2次元特性を表わす2次元布置である。第2段階は2½Dスケッチとよばれ、特定の視点に従った

奥行きを保存する表象であり、視点を中心とした座標系であることから、視点中心型 (viewer-centered) 表象ともよばれる。第3段階は3Dスケッチといい、対象はさまざまな大きさ、形の円柱 (shape primitive) を組みあわせたものとして、いわば形を抽象化して3次元座標系に表示される。そして座標系自体は対象自体のもつ軸によって規定されるために、対象中心型 (object-centered) 表象とよばれる。視覚過程はこれら3つの表象間の変換過程であり、末梢レベルの初期スケッチは2½Dスケッチに変換される。これは短期記憶における記憶表象と考えられ、特定の視点からの見えとパースペクティブ効果にもとづく特徴を保存、さらにこれが3Dスケッチに変換されることで、長期記憶中の表象となる。

ところで仮に知覚とイメージとが同じ表象システムを共有しているとする、イメージの過程は上述した知覚過程を逆に進行させたものと仮定できるかもしれない (Pinker, 1980)。すなわち3Dスケッチの形で貯蔵された情報 (対象の形だけでなく対象間の位置関係についても) が、視点の位置や方向などのパラメータとともに計算され、2½Dスケッチが生成されるのである。課題によってどちらのスケッチをも表象として選択できるならば、これまでに述べた現象はいずれも説明可能なように考えられる。単に知覚とイメージの対応を指摘するだけでなく、表象システムとそれに対応する処理過程の仮説を考慮したという意味でMarr & Nishiharaモデルの適用はひとつの成果とみなせるだろう。

心的外挿について

Kosslyn一派の開発した心的走査の実験では、当初は第2の対象名を告げて、それがイメージの中にあるかどうかの判断を求めている。対象の有無については予め承知しているわけだから、むしろ注意が直線的に第2の対象へ移動することを期待したのである。つまり被験者の自発的な走査を前提にしているわけで、この点に関しては実験者あるいは被験者が実験の意図を知っているかどうかなどの要因 (experimental demand characteristics) に強く影響されるとする報告もある (Richman, Mitchell, and Reznick, 1979など)。そこでPinker (1980) では2対象間をイメージした点を移動させて直線を引くように教示を与えている。その是非はともかくとして、走査時間を距離関係の指標にするためには、まず走査すべき先が見えている (あるいはわかっている) こと、走査が距離に関する知識によって制御されることなく自発的に行なわれること、そして走査速度が安定していること、が必要となろう。特に初めの2点はPylyshyn (1981) に代表されるイメージのアナロ

グ説（空間モデルも含めて）批判と関連して十分に吟味される必要がある。

そこで次に外挿という課題を考えてみる。求められるのは、矢印を延長した先に目標が存在するか否かの判断である。幾何学において補助線を頭の中で引いてみる作業、複数のものを直線上に並べる作業、ピストルでねらいをつける作業、あるいはさらに要因が複雑になるが、ゴールに向けて投げるべきボールのコースを予測する作業などもこれに関連するかもしれない（例えば Rosenbaum, 1975 など）。いくつかの方略が可能だろうが、おそらく被験者は矢印をそれが示す方向に直線的に辿ることによって判断を下すのではないだろうか。少なくとも走査を強いる教示は与えていないわけだから、もし辿るという操作がなされるのであれば、それはまさに自発的な走査という他はない。そして心的外挿が行なわれる媒体としての空間が存在することを意味する。以下に、まず2次元面における外挿の実験を、次に3次元空間における外挿実験を報告する。

2次元空間での外挿

Finke & Pinker (1981) は心的走査に対する Pylyshyn たちの批判 (tacit knowledge 暗黙の了解による) への反証として、スクリーン上の4点から成るドットパターンを十分に記憶させた後、矢印を提示してそれがドットのいずれかを指しているかを判断させた。その時点でドットパターンは消失している。被験者には単に視覚記憶の実験であるとだけしか告げられていなかったにもかかわらず、そして矢印がどのドットを指すか予期できないはずなのにもかかわらず、心的走査を行なったとの内観報告の通り、反応時間は矢印とドット間の距離の関数になった。しかも走査時間を算出すると、Kosslyn et al (1978) のイメージ事態における 17ms/degree とほぼ等しい 19.8ms/degree が得られた。ただし彼らの目的は自発的な心的走査が生ずることを明らかにする点にあったため、矢印がドットを指すかどうかの弁別性はきわめて大きく、単なる空間選択でも判断が可能であって、走査のための必要条件が満たされていたとはいえない。

Kosslyn 一派の心的走査のもともとの意味は出発点から同心円状に注意を（走査というプロセスで）周囲へ拡大していき、目標物に出会った時点で打ち切るという図式だったように思われる。ところが目標物の有無は当初から承知の上なので、次第に Pinker (1980) の教示に代表されるように、既に見えている目標への注意の直線的移動に変わってきている。従ってここでは目標物の有無の判断は課題にはなり得ず、走査そのものが課題と

して求められることになる。これに対して外挿課題は、矢印の延長上に目標が存在するかどうかの判断を求めるものであって、走査はその手段の方略のひとつにすぎない。つまりいかなる方略をとろうとも、その処理が空間的媒体を利用することが示されればよいわけだし、暗黙の了解にもとづいて走査時間を距離との関係で計算する (Pylyshyn, 1981) 可能性も少ないのではないか。又実験設定によっては、既に見えている目標へ外挿線を延ばす（あるいは内挿する）のではなく、外挿線の先をモニターしながらそこに何がぶつかるとを認知する課題も可能であろう。こうした場合にはいわば自発的な走査を強いることになるかもしれないが、なおさら外挿が生ずる媒体の特性を知る上では有効と考えられる。

実験 I は14インチ CRTディスプレイ (HITACHI C 14-1070, 可視光線 32.6%カットのTVフィルターつき) 上で刺激を提示して行なった。課題は矢印（観察距離約 55cm, 視角 1° ）とドットとが提示され、矢印の延長上にドットが位置するか (ON) 否か (OFF) の判断を求める。両者の距離は画面上で 54mm から 220mm まで6段階あり、位置関係は被験者内でランダム。矢印とドットが同時提示される S 群と、ドットのみ1秒提示後、2秒のブランクをおいて矢印を提示する D 群とがあり、いずれも ON, OFF 32 試行ずつの 64 試行から成る。S-D, D-S の順に5名ずつの被験者 (男女大学生, 視力 0.7 以上) がわりあてられた。実験制御はすべてマイクロコンピュータ APPLE II による。

結果は FIG. 5 に示すように両条件とも距離に対応した反応時間関数が得られた。傾向検定でもいずれも一次成分のみ有意 ($p < .01$)。誤答数は距離とともにやや増加する傾向を示すが、最長距離で約 17% であり、S, D 条

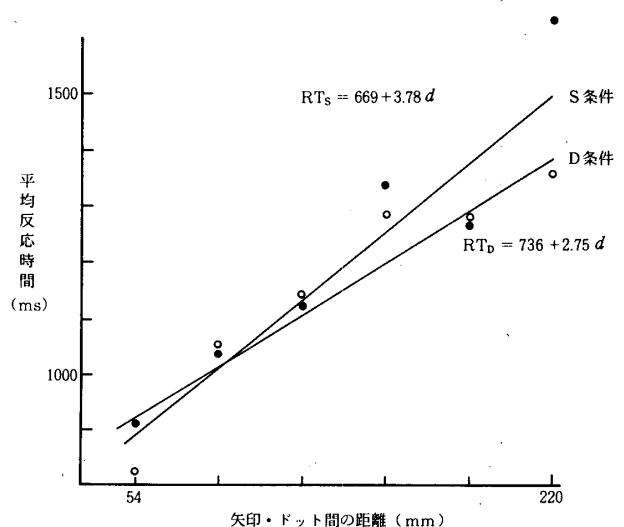


FIG. 5 矢印・ドット間の距離の関数としての平均正ON反応時間 (● S条件, ○ D条件)

件間の差は認められない。すなわち目標が実際に見えていてもいなくても、比較的正確で等速な走査が行なわれたとみなすことができる。

ところで被験者の傾向は実は2つに分かれていた。一次の増加関数を示す群 (FIG. 5) と、直線の傾きがあってもごく小さいか又は全くフラットな関数を示す群である。後者をFAST群とよぶと、この群では反応時間が距離と独立であるかわりに (分散分析で距離の主効果なし)、誤答は距離に対して明確な一次増加関数を示し ($p < .05$), さらにS, D条件間にも主効果が認められた ($p < .01$)。反応パターンが2群に分かれたことは、誤答と反応時間の関係を含めて考えると、方略が決してひとつでないことを示唆する。矢印を延長させていった後、あるいは延長させつつON/OFFの判断を下すならば距離の効果が認められるはずである。そこである種の2段階処理というものを設定してみる。まず第一段階で矢印を含む直線を一度に画面上におくような操作を行なって、ONらしさ、あるいはOFFらしさを決定する。この方略だと距離の効果が生じないし、又矢印と直線とのずれがあったとしても修正不可能だから誤答の増加についても説明できる。さらにおよその空間選択的な判断であるために、ドットが存在しない条件では判断が遅れ、誤答も多くなるのであろう。FAST群はこの段階での処理に重点を置いた場合であり、より確実な走査の方略をとれば誤答は減るかわりに、反応時間はより遅くなってしかも距離の効果が線型に認められるようになる。これら2段

階処理は必ずしも連続した処理である必要はないが、個人内データの吟味などから、連続した処理と考えておきたい。ちなみに走査速度はS条件で44mm/degree, D条件で62mm/degreeと従来の走査時間よりはるかに遅い。

被験者が2次的に直線を外挿できることは明らかになったが、ではどのくらい正確な外挿が可能なのか。実験IIでは矢印とドットを結ぶ線分と外挿線とのずれの角度を変数にして検討してみた。今回は実験Iよりも大きな画面 (リアスクリーン) に電子シャッター付スライドプロジェクター (KODAK EKTAGRAPHIC) で刺激を提示、スクリーン上で矢印の長さ4cm, ドットの直径6mm, 矢印とドット間距離は8~40cmまで5段階。矢印の基底部と最遠ドットを結んだ線分を対角線とする長方形が視角にして $16.0^\circ \times 23.7^\circ$ となる。又ずれの大きさは2, 3, 5, 10, 20° の5種類。同時提示のS条件のみの他は実験Iと同じ。

10名の被験者は今回はすべて同じ傾向を示し、ON反応は明確な一次関数を示した (FIG. 6 参照)。False Alarm 反応 (以下FA) も一次関数となり ($RT = 1076 + 10.28d$ $r^2 = 0.93$), 全体としては外挿後に判断を下したのと考えられる。ところがCorrect Rejection 反応 (以下CR) は一次関数ではあるものの ($RT = 1121 + 3.13d$ $r^2 = .60$), むしろずれの効果が大きく (FIG. 7 参照), ずれと距離の関係をみると 10° 以上であれば距離とは独立に速やかに弁別可能だが、ずれが小さくなるにつれ距離の効果を大きく受けるようになることが明らか

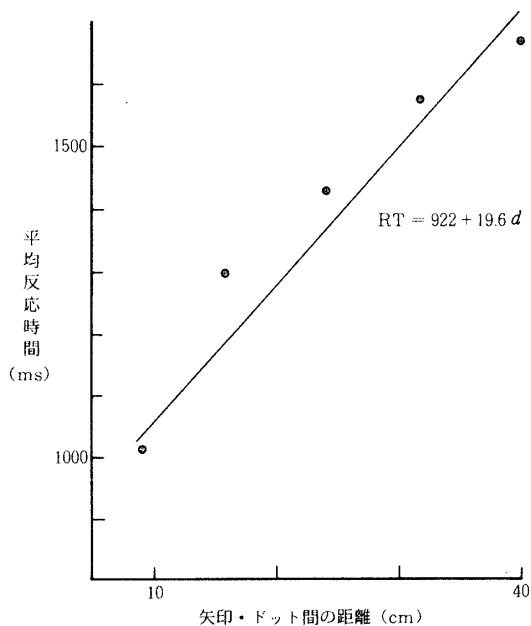


FIG. 6 矢印・ドット間の距離の関数としての平均正ON反応時間 (実験II)

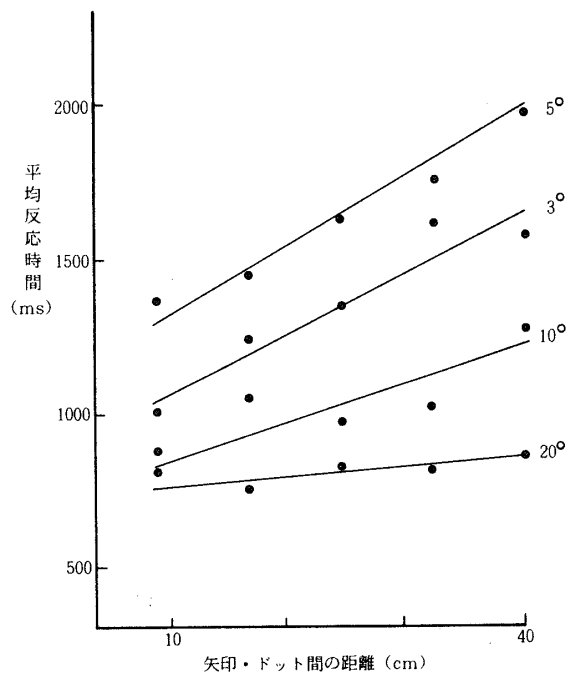


FIG. 7 ずれの角度別のCR反応時間

かであった。ON反応の場合、走査速度は34.2mm/degreeで実験Iより速くなっているが、いわゆる眼球運動の速度に比較したらはるかに遅いことが指摘される。誤答数についてはやはり距離の増大とともに増える傾向がみられるが、FA反応やMiss反応に特に組織的な対応は認められず、ほぼ正確な外挿が可能だがON判断の許容範囲が広がって誤答が増えるのではなく、外挿線自体が遠距離ほどずれやすくなると考えられる。

さらにずれの大きさの効果は、先に述べた2段階説とも関連し、ずれが大きければ第1段階で距離に無関係に判断が下せるが、小さくなるほど第2段階の走査が必要とされることが、特にCR反応の分析から示唆された。以上の実験を通して、少なくとも2次元面においては外挿が可能であり、しかも2次元的な距離に対応することが明らかになった。対象自体が実際に見えていようがまいが、外挿作業を通してかなり正確な空間選択が可能なのである。では3次元空間ではどうだろうか。

3次元空間での外挿

指さし行動は3次元的外挿のひとつの例と考えられる。指さす先に何があるかの判断に、当然ながら手がかりはいくつもあるだろう。しかしこれを空間という媒体を用いた空間的推理、あるいは視覚的思考とみなして、目標までの物理的距離の役割を検討してみる。ところで指さしの場合、われわれは指（以下ポインターとよぶ）のまうしろに視点を移動させて目標物と重なるようにするに違いない。奥行きのなみえを極力減少させようとするのであろうか。物理的に目の移動が不可能な場合でも推理によってポインターを延長させることはできそうだが、そのとき心的に視点を移動させ、イメージ上でポインターと目標とを重ねあわせているのだろうか。仮にそうであるとするならば、そして視点移動に難易があるのならば、判断に要する時間はこの視点移動の難易の効果を特に受けるものと考えられる。逆に、重ねあわせのために心的に努力することなく、観察者の固定した視点から外挿を

行なうならば、距離の効果が何らかの形で組織的に関与してくるのではないかと仮定される。既に指摘したように対象の回転よりも自身の視点移動によるイメージ認知の方が困難であること、Hintzmanら(1981)が示すように、認知地図課題での方向判断において自らの方向を固定しつつ可能ならばディスプレイ(地図)の方を回転させること、そして地図読みの専門家は必ず地図の上下と南北軸とを合わせ(自身の軸の固定)、対象物に地図を合わせるようにはしないこと、などの知見を考慮しても、自らの視点移動にもとづく判断は考えにくい。Pinker(1980)の実験などで全く新しい視点からの見えのイメージは可能であることが指摘されてはいるが、3次元外挿ではどのような方略がとられるだろうか。

ポインターは長さ28cm、直径7mmの樹脂性の棒で、2個のステッピングモーターによって水平垂直方向ともに0.15°の精度で制御される。実験制御はすべてマイクロコンピュータAPPLE IIによる。被験者は高さ67cmの椅子に坐わり、その前方60cm、地上高80cmの位置にあるポインターの先に目標が存在するかどうかを判断する(FIG.8参照)。目標とポインターとの距離は105cm~260cmの5段階、ポインターが被験者に対して90°右を向いた位置を0°として、55°~125°まで10°ステップで8方向に延長した線と、ポインター基底部を中心とする5段階の円心円との交点40ヶ所のうち、角度に重複のない8ヶ所に目標(直径3cmの円柱、被験者側に番号が書かれている)を配置した布置を5通り設定。被験者ごとにランダム順に5布置を3度くり返して実施した。OFF条件は目標の中心を5°はずれて指示する場合。毎試行ポインターはランダムに動き、警告音とともに停止した時点から反応時間を測定した。頭部は今回は特に固定しなかったが、動かさぬように教示した。被験者は男女大学生7名。

誤答率は8方向の両端で多少下がる逆U字型を示すが最大で約20%。CR反応率は両端と中央でよいW字型、中央部分は重なるの効果、両端はアンカー効果と考えら

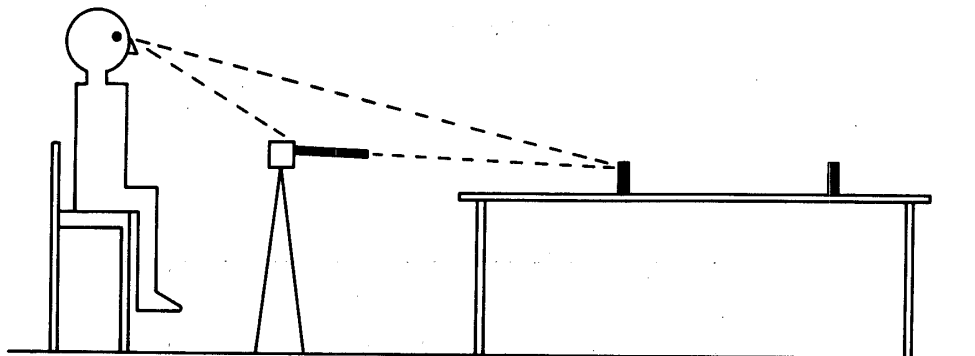


FIG. 8 実験場面の図式

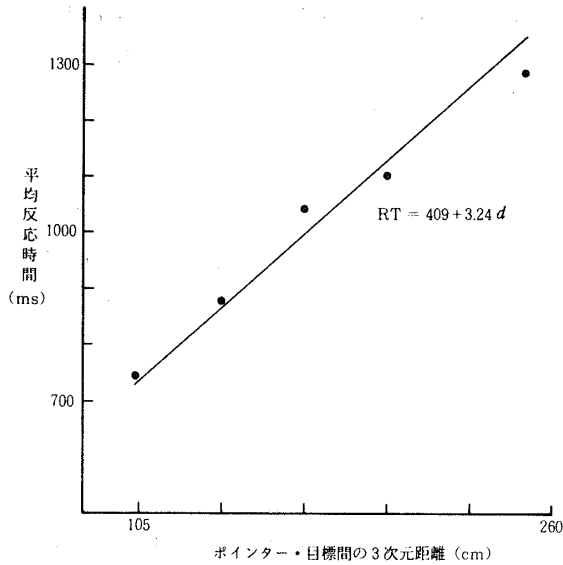


FIG. 9 ポインター・目標間の距離の関数としての平均正ON反応時間

れる。念のためON反応時に指示している目標の番号を答えさせたが、混同は認められなかった。

ON反応のうちの正答について8方向別に距離との関係を見ると、方向による差はあれすべて距離の一次関数を示した。方向をまとめたものがFIG. 9である。2次元条件とほぼ同速の走査が行なわれていたとみなすことができる。距離をまとめて方向別にプロットしたのがFIG. 10だが、誤反応率CR反応率とそれぞれ逆の対応が認められて興味深い。

さて上述の関連実験は現在進行中であり、結論を導くには時期尚早だが、どのようなことが可能性として考え

られるか。被験者は自身の視点からポインターを外挿し判断を下しているように思われる。そしてその外挿はポインターと目標間の3次元距離に依存していた。布置そのものは3次元空間であるから目標までの距離知覚は成立している。だからといってその知覚された距離にもとづいて判断時間を調節する必然性はないように考えられる。だとすれば被験者は外挿によってむしろ距離を3次元的に造出しているのだろうか。

今回操作した距離はせいぜい3m以内であるが、この距離自体の問題も重要であろう。はるか遠方の建物、あるいは山頂を指さしたとしても、その物理的距離が影響するとは考えにくい。辻(1979)によれば視空間はその特性から操作空間、定位空間、背景空間の3つに区分されるという。操作空間は生体の移動や操作などともなう視覚の手がかりとして成立するが、距離の増大とともに単なる遠近関係に抽象化され、主体からの距離も喪失して表象的な空間に移行する。空間の直接的操作にかかわるイメージ実験の多くはここでいう操作空間に対応している(認知地図に関する実験の一部は定位あるいは背景空間に対応するかもしれない)。こうした空間の特性も十分考慮する必要がある。知覚とイメージとが表象構造を共有すると仮定するならば、知覚に関与するパラメータはイメージにも又、何らかの形で適用されねばならないからである。

距離の問題の他に、3次元布置の2次元投影に対する外挿、あるいは直接見えない空間(布置の記憶空間、背後の空間、例えば Attneave & Farrar, 1977; Attneave & Pierce, 1978 など)への外挿など、表象構

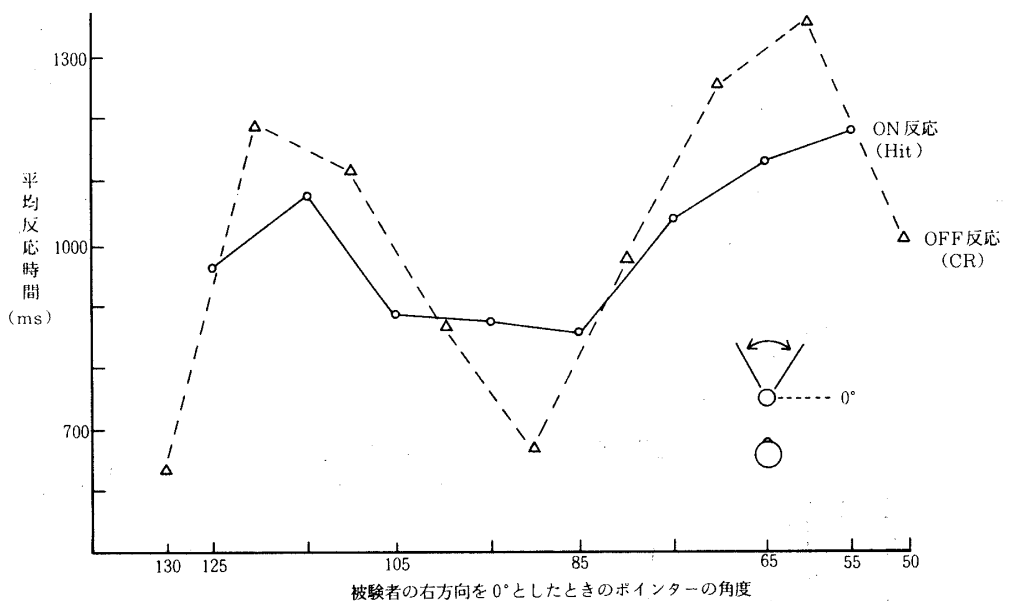


FIG. 10 角度別の正ON, 正OFF反応時間, 正答率はそれぞれ上下方向に反転したパターンを示す。

造に言及するために考察すべき点がいくつかあり、順次検討を加えていきたい。

最後に本稿の作成にあたって名古屋大学文学部辻敬一郎教授、教育学部教育心理学科59年度卒業生中村深雪嬢に深謝する。

文 献

- Abelson, R. P. 1976 Script processing in attitude formation and decision making. In J. S. Carroll & J. W. Payne (Eds.), *Cognition and social behavior*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Anderson, J. R. 1978 Arguments concerning representations for mental imagery. *Psychological Review*, 85, 249-277.
- Attenave, F. 1972 Representation of physical space. In A. W. Melton & E. J. Martin (Eds.), *Coding processes in human memory*. Washington: Winston.
- Attenave, F. 1974 How do you know? *American Psychologist*, 29, 493-499.
- Attenave, F., & Farrar, P. 1977 The world behind the head. *American Journal of Psychology*, 90, 549-563.
- Attenave, F., & Pierce, C. R. 1978 Accuracy of extrapolating a pointer into perceived and imagined space. *American Journal of Psychology*, 91, 371-387.
- Finke, R. A. 1979 Levels of equivalence in imagery and perception. *Psychological Review*.
- Finke, R. A., & Pinker, S. 1982 Spontaneous imagery scanning in mental extrapolation. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 8, 142-147.
- Hebb, D. O. 1968 Concerning imagery. *Psychological Review*, 75, 466-477.
- Hintzman, D. L., O'Dell, C. S., & Arndt, D. R. 1981 Orientation in cognitive maps. *Cognitive Psychology*, 13, 149-206.
- Huttenlocher, S., & Presson, D. 1973 Mental rotation and the perspective problem. *Cognitive Psychology*, 4, 277-299.
- Keenan, J. M., & Moore, R. E. 1979 Memory for images of concealed objects: A re-examination of Neisser and Kerr. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 374-385.
- Kosslyn, S. M. 1978 Measuring the visual angle of the mind's eye. *Cognitive Psychology* 10, 356-389.
- Kosslyn, S. M., Ball, T. M., & Reiser, B. J. 1978 Visual images preserve metric spatial information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 47-60.
- Marr, D., & Nishihara, H. K. 1978 Representation and recognition of the spatial organization of three dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society*, 200, 269-294.
- Neisser, U., & Kerr, N. 1973 Spatial and mnemonic properties of visual images. *Cognitive Psychology* 5, 138-150.
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1956 *The child's conception of space*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Pinker, S. 1980 Mental imagery and the third dimension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 354-371.
- Pinker, S. & Kosslyn, S. M. 1978 The representation and manipulation of three-dimensional space in mental images. *Journal of Mental Imagery*, 2, 69-84.
- Polyshyn, Z. W. 1981 The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge *Psychological Review*, 88, 16-45.
- Richman, C. L. Mitchell, D. B., & Reznick, J. S. 1979 Mental travel: Some reservations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 13-18.
- Rosenbaum, D. A. 1975 Perception and extrapolation of velocity and acceleration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 395-403.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects *Science*, 171, 701-703.
- 辻敬一郎 1979 平面図形の奥行視におけるみえの大きさ、みえの距離、図形の場強の関係の実験的検討。名古屋大学文学部30周年記念論集, 83-108.
- Tolman, E. C. 1948 Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.

ABSTRACT

ON THE METRIC OF THE IMAGINARY SPACE

Tooru MASUI

When someone reached out his hand and pointed at something by his index finger, we would be able to identify the aimed object rather correctly regardless of the distance between the finger and the object. Such identification seems to be time-consuming process. If we mentally extrapolate the finger (pointer) in the tridimensional space in order to select the object, it is possible to assume that there exists a certain kind of functional relation between the extrapolating time and the distance from pointer to object.

In the first two experiments, the pointer and the target dot were presented on the screen, then the time the subjects took to judge whether or not the pointer pointed at the dot was recorded. The reaction times were found to increase linearly with increasing two dimensional distance between the pointer and the dot. Even when the pointer was presented after the target dot disappeared, they could almost exactly extrapolate the line to the target. The extrapolating time estimated was about 40ms/degree, which is rather faster than mental scanning rate estimated from the recent experiments requiring mental scanning between imaginary objects in the memorized scene.

In the last experiment we attempted to investigate the extrapolation in the tridimensional space. The pointer was set up in front of the subject and he judged whether or not the pointer pointed at one of the objects positioned in the various tridimensional space. There were 8 objects in front of the pointer, and the pointer stopped with beep sound after random move, then the subject was required to press 'on' or 'off' key as fast as he could. Those procedure were same as in the first two experiments. In this case, the reaction times also increased linearly with the three-dimensional separation between the pointer and the target object. It was clear that the subjects extrapolated the pointer in the three dimensional space, not in the projected two-dimensional space.

In the paradigm of mental scanning, as indicated by some researchers in the well known debates concerning mental imagery, scanning between objects was not necessarily in order to judge whether the target object was present in his imaginary scene. However in the present experiment, though he was not instructed to scan from the pointer to the object, and not necessarily select scanning strategy, he seemed to extrapolate the pointer spontaneously by himself.

Those results suggested that we could extrapolate pointer straightly both in the two- and three-dimensional space, and to select specific spatial region correctly. However, the manipulated distance in those experiments were at most within 3 metres. Since three kinds of visual spaces have been suggested, i.e., manipulative space, orienting space, and background space, we must consider the latter two kinds of space in the next research.