

## 幾何図形の位置と形情報の並列処理

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-04-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 弓野, 憲一 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00008341">https://doi.org/10.14945/00008341</a>

## 幾何図形の位置と形情報の並列処理

Parallel Processing of Positional and Formal Information  
of Geometric Form

弓野 憲 一

Kenichi YUMINO

(昭和57年10月12日受理)

The Ss were given a simple spatial geometric pattern as a memory set and then were required to decide whether or not a test item was (a) a positional match with of memory set, (b) a formal match with any of memory set, (c) either a positional match or formal match. Reaction times for "yes" conditions were linear functions of memory set size in three conditions, while for "no" conditions were not linear. The slope for "yes" condition of (c) was as same as the slopes of (a) and (b), suggesting that positional and formal information can be retrieved in parallel but not in simultaneous between two dimensions. The retrieval processes for (c) condition were elucidated with the analogy of an interrupt routine of computer.

## 問 題

短期記憶に貯えられた情報がどのようにして検索されるのかに関しては Sternberg (1966)<sup>(7)</sup> の先駆的研究がある。彼が記憶検索過程を調べるために用いた方法は以下のようなものであった。まず被験者に文字や数字から成る短い記憶セット(正セット)が与えられた。続いてこの正セット項目の内の1つか、あるいはそれ以外(負セット)の項目の1つが標的(target)として提示された。被験者はこの標的に対して、それが正セットであった場合は正反応(yes)レバーを引き、負セットの場合には負反応(no)レバーを引いた。正セットの大きさ(M)は毎回変化して、反応潜時(RT)が測定された。彼の結果をみると、正反応と負反応のRTはMの関数として平行に増加している。

この結果を説明するために Sternberg (1969)<sup>(8)</sup> は、次のような直列悉皆走査(serial exhaustive scanning)モデルを提唱している。このモデルは5つの段階より成り立っている。段階1では、標的項目の表象がつくられる。段階2の照合過程では、この表象と記憶セットの表象が一時に1つづつ1対1に比べられる。段階3では段階2の結果が判断される。すなわち、記憶セットを探索(search)あるいは走査中に、標的が記憶セット項目の1つと一致したかどうかの判断である。段階3の結果に基づいて、yesかあるいはnoの反応が段階4で選択される。そして最後に段階5で反応が外的に遂行される。

このモデルは2つの特徴をもっている。1つは、前段階の処理が終った後に次段階へと処理が進むというものである。しかし Dumas, Gross & Checkosky (1972) の行なった研究は、この継時的な処理段階モデルに疑問を投げかけている。彼らは記憶セットの各項目に形(丸、

四角、三角等)とともに、小さな円周上の12時と4時に当たる位置の情報をもたせ、標的が12時の位置に出現した時には、.72の確率(高出現条件)で正反応であるが、4時の位置の場合には、.5よりは僅かに大きい、.57の確率(低出現条件)でしか正反応が起きないように標的の出現確率に偏りをもたせた。すると高出現条件のRTは低出現条件に比べて約50 msec短くなった。負反応では逆に、高出現条件が低出現条件に比べて20 msec長くかかった。彼らはこの結果に基づいて、記憶検索の過程はSternbergの仮定したような5つの段階を順序よく進むのではなく、2つ以上の段階が同時に生起する場合もあると主張している。すなわち、この実験で高出現条件のRTが低出現条件より正反応で短く、また負反応で長くなったのは、標的が12時の位置の場合にはyesの正起確率が高いという情報を被験者が用いて、段階2の照合過程の最終結果を待たないで反応したためと解釈されている。しかしこの出現確率の違いを利用した速い反応は、Atkinson & Juola (1974)、弓野(1979)のような標的の熟知性に基づく検索過程を仮定すると別な解釈が成り立つ。Atkinsonらは正の標的と負の標的の試行毎に変化する重なり合った熟知性の分布を仮定し、内的表象と標的表象の照合過程の前段階に標的の熟知性の評価の段階を考えた。そして熟知性がある値より大きいと評定された場合には短いRTでyes反応が、また別の違った値より小さいと評定された場合には同様に短いRTでno反応が起きる。そして熟知性が2つの値の中間と評定された場合にのみ内的表象と標的表象の照合がなされ、比較的長いRTで反応が起きるとする数理モデルを提唱している。このモデルに立脚すると、Dumas *et al*の結果は、2つの段階で同時に操作が進行するというよりも、高熟知性(高出現)の標的が短いRTで反応されたと再解釈される。

Sternbergモデルの第2の特徴は、第2段階の比較・照合は記銘セットの全項に対して順次実行される系列悉皆走査であるという点である。すなわち正反応の場合も負反応と同じように、たとえ探索の途中で標的項目と一致するものに出くわしても探索は最後の項目まで続くとするものである。しかしこの仮定に対しても、次元間には自動打ち切り走査(self-terminating scanning)が存在するというデータをCheckosky (1971)、Dumas *et al* (1972)は得ている。Checkoskyは形(丸、四角、---)と色(赤、青、---)の2次元から構成された図形を記銘セットとして用いた。セットサイズは2と3であった。yes、no反応ともにセットサイズの関数としてRTは平行に増加した。またこの記銘セットの大きさは独立にyes、no反応をするために比較する必要のある次元(D)の数を変化した。例えば記銘セットが赤い丸、四角い青の場合に標的として赤い丸が出現した場合にyesと反応するためには、色と形の2次元を調べる必要がある(D=2である)。これに対してno反応は、記銘セットと重なる属性の数に応じて次の3種類ができる。no-0:正セットと重なる属性が全くないもの。上例では黄色い三角とか緑のプラス等がこれに当たる。この場合、標的の1次元のみについて記銘セットと比べればno反応ができるのでD=1である。no-1:正セットと重なる属性が1つあるもの。上例では赤い三角とか、緑の四角がこれに当たる。この場合、標的の1次元のみを比べればいい場合と2次元必要とする場合があるので、平均するとD=1.5となる。no-2:正セットと重なる属性が2つあるもの。たとえば赤い四角とか青い丸、この場合のDは2となる。Checkoskyの結果は、記銘セットサイズ2と3の両条件ともに、Dの増加に伴ないRTも長くなっていた。この事実から、次元間においては自動打ち切り型の走査があったとの結論が下されている。

さらに、聴覚的と視覚的<sup>(3)</sup>に提示された情報が並列的に同時に走査されるという研究(Burrows & Solomon, 1975)や、意味的情報と形式的情報が同時に処理されるという研究もあ

る (Burrows & Okada, 1973)<sup>(2)</sup>。したがって、Sternbergの仮定した直列悉皆走査モデルが全ての事態に適用可能ではないことがわかる。

本研究は、幾何学図形とその図形の空間位置情報がどのように探索・走査されるかを明らかにしようとするものである。条件として位置条件、形条件、位置OR形条件を設ける。そして位置および形条件のRTから、1つの位置および1つの形を探索するのに要する時間(グラフにした場合には勾配がこれに当たる)を求め、これと位置OR形条件の勾配とを比較する。もし位置OR形条件において1つの次元をまず走査し、その次元が不適切であった場合には他の次元に移って探索するような直列型の探索がなされたならば、この条件の勾配は他の2条件よりも大きくなるはずである。逆に2つの次元が並列に探索される場合には、勾配は他の2条よりは大きくなるであろう。

## 方 法

被験者 女子大学生7名

装 置 マイクロコンピュータ NEC PC8001と14インチグリーンモニター。

材 料 本実験に用いられた刺激セットは、Fig. 1の9種である。



Fig. 1 実験で用いられた9種の刺激図形

Fig. 1の図形より1-3の図形が選ばれて記銘セットと標的が作られた。それらの図形はモニターテレビ上の9.6 cm × 9.6 cmの四角の枠の中の3 × 3 = 9の位置のいずれかに映しだされた。1つの図形と他の図形との上下左右の中心距離は3.2 cmであった。

本実験の刺激系列は、あらかじめ決められたものではなく、コンピュータの乱数を用いて決定された。したがって、ある試行がどの条件であるかは前もって知ることはできなかったし、さらにある条件の中でも9個ある図形と9点の表示位置のいずれに記銘セットならびに標的が出現するかは予測できなかった。それゆえ被験者間の刺激系列は、必然的に異なった。しかし本試行216試行の内、A(3) × B(3) × C(2)の計18条件は等しく12試行づつあった。記銘セットと標的は、コンピュータの乱数にしたがって決定された。記銘セットについては同一図形が同一画面上に現われることはなかった。また標的の決定は以下のようにしてなされた。A<sub>1</sub>(位置)条件の標的図形は記銘セットの図形の形に関係なく、記銘セットの図形が現われた位置の1つ(yes)かまたはそれ以外(no)に等しく現われた。A<sub>2</sub>(形)条件においては、記銘セットの図形の位置に関係なく、記銘セット中の形の1つと同じもの(yes)かまたはそれ以外(no)から標的が選ばれた。A<sub>3</sub>(位置OR形)条件では、記銘セットの位置または形次元の内、いずれか1つの次元が記銘セットにあったものがyesの標的として選ばれた。したがって両次元がともに記銘セットにあったものはyesとして使用されなかった。またno条件は位置、形ともに記銘セットとは異なるものが標的として選ばれた。

位置OR形条件の記銘セットが3の場合のyesとnoの例をFig. 2に示す。yes試行は位置がyesの場合と形がyesの場合がそれぞれ1/2づつあった。no試行は1/2であった。

計画 A × B × C × Sの要因計画が用いられた。Aには3条件あった。A<sub>1</sub>(位置)：記銘セ

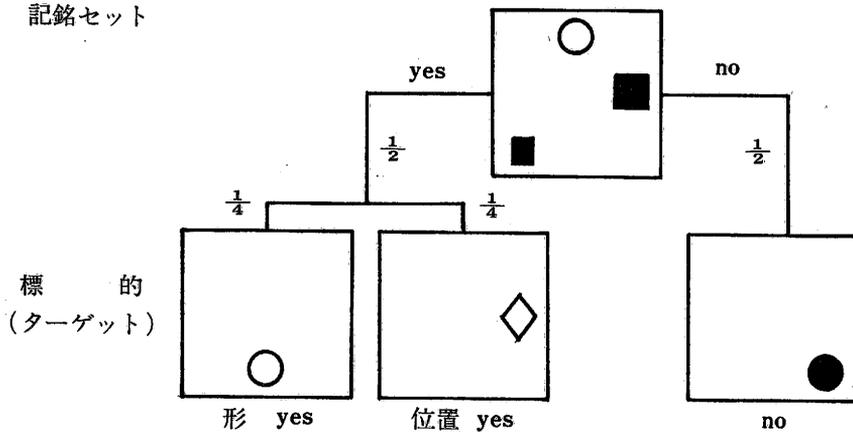


Fig. 2 記銘セットサイズ3の場合の yes (形と位置) 事例と no 事例

ットの図形の位置中に標的の位置と合致するものがあつたかどうかを判断する条件,  $A_2$  (形) : 記銘セットの各図形の位置には関係なく, 標的の形が記銘セットにあつたかどうかの判断を求める条件.  $A_3$  (位置 OR 形) : 標的の位置または形が, 記銘セットにあつたかどうかの判断を求める条件. B (記銘セットサイズ) : 記銘セットサイズには 1 ( $B_1$ ), 2 ( $B_2$ ), 3 ( $B_3$ ) の 3 種あつた. C (反応) : yes ( $C_1$ ) と no ( $C_2$ ) の 2 種類あつた. この反応は実際には, コンピューターのキーボードを押すことによってなされた. 4 人の被験者は yes の場合は 1 のキー, no の場合は 2 のキーを押した. 残りの被験者は逆の押し方をした. S (被験者) : 7 名あつた.

手続 本実験の RT は, コンピューターを使って msec オーダーで測定された. 被験者は個別にコンピューターの前に座り, モニターテレビに映る刺激に反応した. 彼らは誤反応しないで, できるだけ速く反応するように教示をうけた. 一試行は Fig. 3 のように構成されていた. まず  $A_1, A_2, A_3$  いずれの条件であるかがモニターテレビの中央にイチ, カタチ, イチ OR カタチのようにカタカナで表示された. 続いて記銘セットが提示され, その後標的が出現した. 標的は被験者が反応するまで消えなかつた. 各被験者は練習 40, 本セッション 216 試行経験した.

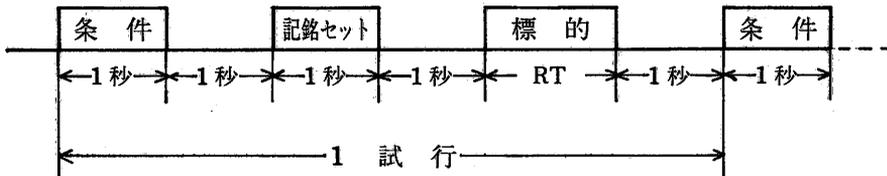


Fig. 3 本実験の構成

結 果

本セッションの 216 試行が分析に用いられた. 各条件の平均 RT と誤反応率を Fig. 4 に示す. 正反応のみがデータとして採用されて平均 RT は計算されている. yes 条件はいずれも直線性

がよいが、no 条件はセットサイズ 2, 3 があまり変わらない。yes 条件のみ直線を当てはめると、切片と勾配は図中ようになった。誤反応率はセットサイズ 3 の yes がかなり高くなっている。

Fig. 4 のデータについて分散分析を行なうと、A, B, C それぞれに有意差があり ( $F_A(2, 12) = 33.89, P < .01$ ;  $F_B(2, 12) = 46.39, P < .01$ ;  $F_C(1, 6) = 15.26, P < .01$ ), また  $B \times C$  にも交互作用があった ( $F_{BC}(2, 12) = 7.12, P < .01$ )。しかし他の交互作用は  $F$  が 1.0 よりも小さく、全く有意でなかった。

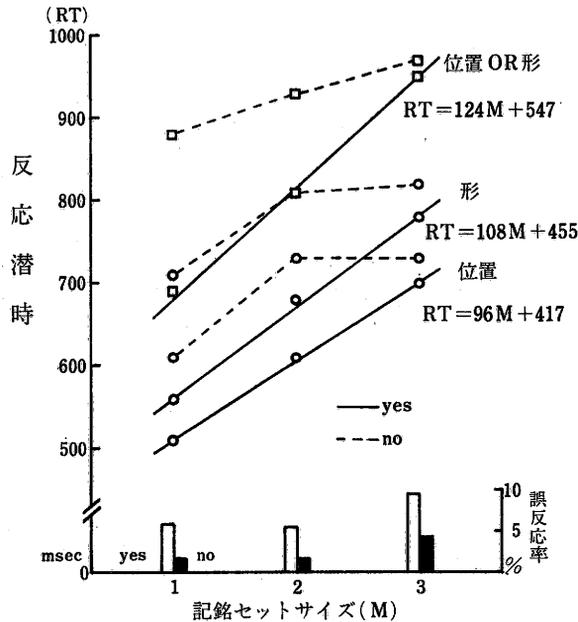


Fig. 4 記銘セットサイズの間数としての各条件の反応潜時と誤反応率

次に位置 OR 形条件の yes 反応を位置と形それぞれに別々に分け、両者の差および記銘セットサイズとの交互作用をみるために  $A(\text{位置}-\text{形}) \times B(\text{記銘セットサイズ}) \times S(\text{被験者})$  の分散分析をおこなった。しかし  $A$  には差がなく ( $F(2, 12) = 0.21, n. s.$ ),  $A \times B$  の交互作用もなく ( $F(2, 12) = 0.09, n. s.$ ),  $B$  のみが有意であった ( $F(2, 12) = 17.87, P < .01$ )。個人内のデータをみても位置あるいは形の RT が一貫して長かったり短かったりするものはなかった。

## 考 察

Fig. 4 をみると、yes と no ではグラフの形が全く異なっている。yes 条件が非常によい直線性を示しているのに対して、no 条件は 3 条件ともに記銘セットサイズ 3 のところで RT が伸びていない。ところがセットサイズ 1, 2 のところでは位置 OR 形条件を除くと、位置条件、形条件ともに yes, no 同じような勾配を示している。このことより、3 条件のセットサイズ 3 の no は他のセットサイズのところとは異なった検索過程が存在したのではないかと疑われる。

位置条件においては、セットサイズ 3 のこの短い RT は次のように解釈可能である。すなわち、本実験は僅か 9 つの位置の中でのセットサイズ 1-3 の再認である。したがって、サイズ

3の場合のnoは残り6つの位置のいずれかに図形が出現することになる。ところが9つの位置の中で3つの位置が決定されると、被験者の頭の中に形成されている位置の記憶が一定のパターンを作り上げ、それ以外の位置に出現する刺激を弁別しやすくなり、短時間でnoと反応することが可能となった。これに対しサイズ1, 2の場合は数が少ないため、サイズ3のようにパターンがはっきりしないので、探索の過程を経なければnoの反応ができなかったのではないかと思われる。もちろんサイズ3の場合も、探索を経て後にnoと反応した場合も当然あるであろう。しかしその割合が他のサイズに比べて比較的少なかったのではないかと推察される。

位置OR形条件のnoにおいてセットサイズ3のところではRTの伸びが少ないのも、上と同じようにして解釈できる。すなわち、この条件のnoは、記銘セットとは位置かつ形が別のものである。したがって上と同じように短い時間で位置が違っていると判断できる。あとは形の次元を必要に応じて探索すればnoの判断が下せる。これに対しyesの方は両次元の探索が必要となる。

一方、形条件の記銘セットサイズ3のno条件においてもRTの伸びがない。この結果はどのように考えればいいのであろうか。Atkinson & Juola (1974)<sup>(1)</sup>が仮定したような、標的の熟知性に基づく速い反応がサイズ3のnoにおいて多くあったとの過解釈もできない訳ではないが、同じサイズのyesが順調に伸びていることを考えると、この解釈の無理なことがわかる。なぜならサイズ3で標的の熟知性に基づく判断の割合が多くなったとすると、当然yesのRTも下がるはずだからである。というような理由で、残念ながらこの条件のサイズ3のnoのRTがサイズ2と同水準に滞ったことに対しては明確な考察はできない。

Aの3条件のいずれにおいてもno反応はyes反応に比べてかなり遅い。同じような結果がAtkinson & Juola (1974)<sup>(1)</sup>, 菱谷 (1980)<sup>(6)</sup>, 弓野・山内 (1976)<sup>(10)</sup>においてもみられる。おそらくno反応には一度記銘セットを走査し終えた後に、noであるが由に再度記銘セットをチェックし直すような過程が余分に含まれているのであろう。

位置、形条件において項目がどのように探索されたかを考察しよう。再条件ともに記銘セットサイズ1-2のところではyes, no条件は同じような勾配を示している。それゆえ、これらの条件には悉皆走査型の探索があったと考えられる。なぜなら、もし標的が同一の記銘セット項目と出会った時点で探索を終了する自動打切り走査がこれらの両条件にあったとすると、yes条件はno条件に比べて少ない探索項目で済むので、前者の勾配は後者の約半分になるはずだからである。そのような理由で、これらの条件には悉皆走査型の探索があったと考えることができる。

次に位置OR形条件においては位置、形情報はどのように探索されたのであろうか。この条件もyesは直線性がいいのとnoに比べて勾配が大きいことから直列的な比較・照合過程が含まれていたと考えることができる。そしてA×C, A×B×Cの交互作用がなかったことから、勾配は他の2条件とは統計的には違わないことになる。それゆえ、少なくとも位置と形情報は並列的に処理されたということが出来る。このことをもっと精密にみてゆこう。今、位置条件で1つの位置を探索するのに必要な時間を $\alpha$  (図では96msec)、形条件のそれを $\beta$  (同108msec)とすると、位置OR形条件のyesにおいては両次元を悉皆走査するには平均して $\alpha + \beta$  (204msec)の時間がかかる。この値は実際の値124よりはるかに大きい。したがって、両次元は悉皆走査されなかったといえる。次に位置OR形条件の次元間に自動打切りがあったかどうかを議論しよう。

結果のところでも示したように、この条件のyes反応の位置と形の個人内のRTに一貫した傾

向がない。それゆえ、2つの次元のどちらから捜し始めるかはあらかじめ決めていない。このような状況でyesと反応するためには、記銘セットの1つの次元の探索で済む場合と2つ目の次元についても探索しなければならない場合が起きてくる。これに要する時間は厳密には以下のようなになる。今、上と同じように位置条件探索速度を $\alpha$  (図では96msec)、形条件のそれを $\beta$  (同108msec)とし、次元内の探索は悉皆走査であり、次元間は自動打切り走査と仮定すると、位置OR形条件のyesにおいて位置次元から探索を始める場合には1項目の探索に $\alpha$ もしくは $\alpha + \beta$ 、平均すると $(2\alpha + \beta) / 2$ の時間がかかる。逆に形から捜し始めた場合のそれは $(\alpha + 2\beta) / 2$ である。この両者を平均すると $(\alpha + \beta) \cdot 3 / 4$ となる。 $\alpha$ と $\beta$ にFig. 4の値を入れると158msecになる。現実の値は図より124msecである。両者の値はかなり近くはなるが、実際に得られた値の方が小さいので、当試行の半分は次元間に自動打切り走査があったとは決論づけることはできない。なぜなら158msecという値は標的の適切次元がいずれの次元かわからない状態で期待される最小の値だからである。そのような理由で、位置と形は並列に処理されたと結論していいのであろう。

しかし、ここでいう並列とは何を意味するのであろうか、少なくともここではある位置情報が処理されている瞬間に、形情報も同時に処理されていたと考えることはできない。なぜなら、位置を探索している瞬間に形の探索も同時に進行していたとすると、両者の処理は実質的にはほぼ片方の処理時間で済むことになる。そうすると、位置OR形条件のyesのRTは、残りの条件のyesの位置に落ちてくるはずである。しかし現実には100msec以上の開きがあるので、位置と形情報が完全に同時に処理されたとの結論は下せない。恐らく、この条件においては、ちょうどコンピューターの割りこみ処理ルーチンのように、位置と形の情報を交互に処理しながら探索が進んだのであろう。別の表現をすると、1つの次元の探索を終えてから他の次元に探索が進むのではないので、次元間は並列的な処理が行なわれた。しかし、1時に1情報を処理しているという意味からは直列的な処理であったといえるであろう。そしてこの条件のyesの勾配が他の2条件のyesとかわらないことから悉皆走査がおこなわれたとみることができる。

## 引用文献

- (1) Atkinson, R. C., & Juola, J. F. 1974 Search and decision processes in recognition memory. In D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce & P. Suppes (Eds.), *Contemporary developments in mathematical psychology*. Vol. 1. San Francisco: Freeman & Company.
- (2) Burrows, D., & Okada, R. 1973 Parallel scanning of semantic and formal information. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 254-257.
- (3) Burrows, D. & Solomon, B. A. 1975 Parallel scanning of auditory and visual information. *Memory & Cognition*, 3, 416-420.
- (4) Checkosky, S. F. 1971 Speeded classification of multidimensional stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 87, 383-388.
- (5) Dumas, J., Gross, E., & Checkosky, S. F. 1972 Effects of attribute probability in a memory search task. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 327-332.
- (6) 菱谷晋介 1980 記銘セットの符号化方略と記憶検索過程 *心理学研究*, 51, 33-36.
- (7) Sternberg, S. 1966 High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
- (8) Sternberg, S. 1969 The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method.

- In W. G. Koster (Ed.), *Attention and performance II*. Acta Psychologica, 30, 276-315.
- (9) 弓野憲一 1979 固定法によるカテゴリーおよび非カテゴリー項目の検索 心理学研究, 50, 227-230.
- (10) 弓野憲一・山内光哉 1976 短期記憶におけるカテゴリーおよび非カテゴリー項目の検索 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 21, 73-77.