

手のイメージの触運動感覚的操作¹

——心的回転課題の刺激提示様式からの検討——

大阪市立大学 積 山 薫²

Mental rotation of kinesthetic hand images and modes
of stimulus presentation

Kaoru Sekiyama (*Department of Psychology, Faculty of Letters, Osaka City University,
Sumiyoshi-ku, Osaka 558*)

Three experiments on mental rotation were carried out to investigate conditions under which hand images are operated kinesthetically. In Experiment 1 a, either a left or right hand was presented in a photographic slide, and subjects' task was left-right identification. In Exp. 2, each slide consisted of two hands, identical hands or mirror-imaged hands, and same-different judgment was required. In Exp. 3, two hands were presented successively, requiring same-different (mirror-reversed) judgment. On the other hand, subjects in Exp. 1 b were asked to rate physical difficulty of actual hand movements to imitate stimuli. Six to 12 undergraduate students served as subjects in each experiment. The results suggested that subjects' mental operations of hand images were kinesthetic in Exp. 1 a but visual in Exp. 2 and 3, on the basis of comparison between reaction times in the three experiments and the ratings in Exp. 1 b. Conditions which give rise to kinesthetic image processes were argued in relation with task structures.

Key words : hand images, visual-kinesthetic representations, mental rotation, modes of stimulus presentation.

心的回転 (mental rotation) 実験は、提示方向を異にする図形対での鏡映像弁別課題で、反応時間 (reaction time, 以下 RT と略す) を指標とし、課題解決にあたって非言語的過程をひきおこしやすいとされている。この実験パラダイムの下で、多くの実験を通じて明らかになったのは、RT が図形対の提示角度差の増加関数になることである (Cooper & Shepard, 1978 ; 下條, 1981 などの展望がある)。この事実から、知覚とイメージとの類同性、即ち、心的回転課題を解くために被験者は外界の対象の回転を知覚するのに似た内的過程を経る、という主張がなされてきた。

この流れに沿う研究の大部分は、視知覚と視覚イメージとの対応を念頭に置いて行われてきた。しかし、知覚とイメージの類同性の主張それ自体は、視覚に限定されない。筆者は以前 (Sekiyama, 1982, 1983)、種々の手の線画が右手か左手かを判断させる実験で、手のイメージの触運動感覚的特性を示唆した。その実験では、手の

左右同定に要する RT が、刺激の垂直からの回転角度の単なる増加関数とはならなかった。むしろ RT は、被験者が実際に自分の手を刺激に合せようとして動かす場合の身体的な動かし難さに対応していたのである。このことから、自己の手のイメージを触運動感覚的に操作し、刺激と照合する内的過程が議論された。さらに、この左右同定課題を小学生に実施した発達の研究 (積山, 1983) では、年少児ほど触運動感覚的处理が顕著なことを示唆する RT が得られた。これは、発達理論においてしばしば認知の起源は運動であると言われるのと一致する。

これらの実験で特筆すべきは、刺激が視覚的に提示されるという意味で視覚的課題なのに、その解決過程に触運動感覚的特性が見出された点である。ちなみに、視覚イメージが欠如しているとされる先天性の盲人においては、触運動感覚的イメージが視覚イメージの代行機能を果たすと考えてよいであろう (Carpenter & Eisenberg, 1978 ; Landaw, Gleitman, & Spelke, 1981 ; Marmor & Zaback, 1976 ; 佐々木, 1981)。しかるに、正眼者のイメージにも触運動感覚的特性が見出される場合、その機能はいかなるものであろうか。この問いに答えるための端緒として、本稿では、手の線画の心的回転実験において、どのような条件が触運動感覚的イメージ

¹ 本研究の一部は、昭和 60 年度文部省科学研究補助金 (奨励研究 A, 課題番号 60790005) によって実施された。

² 本論文の作成にあたり、御指導と励ましをいただいた大阪市立大学太城敬良助教授に、深く感謝いたします。

過程をひきおこすのかを分析しようとした。

さて、この目的に沿って、以下の関連研究があげられる。Cooper & Shepard (1975) は、Sekiyama (1982) の実験に近い手続きで、手の左右同定をさせる心的回転実験を行ったが、その結果、RT は刺激提示角度の増加関数であり、とりたてて触運動覚的イメージ過程を示唆しなかった。一方、佐伯 (佐伯, 1980; Saeki, 1981) は、ブロック図形の線画でさえも手がかり次第で自己身体になぞらえて把握され、“身体感覚の共感的投入”は図形認知一般に適用できる方略であると主張する。以上の研究の実験手続きを整理すると、Sekiyama (1982) は種々の手の単独提示、Cooper & Shepard (1975) は典型的な形の手の継時および単独提示、Saeki (1981) はブロック図形対の同時提示であった。一般に心的回転実験における刺激提示様式を大別すると、1) 比較すべき1対の図形の同時提示 (e.g., Shepard & Metzler, 1971), 2) それらの継時提示 (e.g., Cooper, 1976), 3) 既知パターンとの比較を求める単独提示 (e.g., Cooper, 1975) の3つであるが、上記の Saeki (1981), Cooper & Shepard (1975), Sekiyama (1982) の実験は、刺激提示様式でこの3分類にまたがる。それゆえ、イメージの触運動覚的特性に関する議論でも、刺激提示様式からの検討が必要と思われる。

以上の3つの提示様式のうち、同時提示と継時提示はともに比較すべき2つの図形を実際に提示するのに対し、単独提示では刺激と照合されるべきものは、被験者が長期記憶として保持している既知パターンである。その意味では、単独提示だけが異質と言える。しかし、長期記憶との照合は、単独提示だけでなく、場合によっては継時提示によっても生じるという報告がある。Roldan & Phillips (1980) は、文字の心的回転において、被験者に倒立文字をイメージさせている時にテスト刺激を提示した。その結果、RT は確かにテスト刺激も倒立である時に最小だったが、テスト刺激が正立の場合にもRT の谷があり、被験者は準備していた倒立文字イメージと、長期記憶である正立文字のイメージの両方を利用するのではないかと考えられた。この例から、刺激材料が熟知図形の場合、単独提示に限らず他の提示様式でも、長期記憶が判断過程に働く可能性が示唆される。

さて、触運動覚的処理を示唆した Sekiyama (1982) の手の左右同定課題は単独提示であり、刺激と長期記憶との照合事態であった。それゆえ、触運動覚的処理が生じるには、その判断過程に手の長期記憶が関与する必要があるのではないかと考えられる。以下の実験では、刺激提示様式を変化させてイメージ過程の触運動覚的特性を検討するが、その際、上述の点を考慮して、その提示様式の結果として判断過程に手の長期記憶が働いたかどうかを含めた考察がなされるべきだと思われる。

ところで、手の長期記憶として、形や向きのあらゆる場合を記憶するのは効率的でないから、いくつかの典型的な場合だけが長期記憶に保持されているのではないかと推察される。Sekiyama (1982) の実験では、前額平行面上なら指先が上を向くあたりで最も速く判断されており、垂直付近が標準的な手の向きと考えられる。そのような長期記憶としての標準的な手(形は定かではない)を、以後は手のプロトタイプと呼ぶことにする。

以上の議論を踏まえ、本稿では、手の単独、同時、継時提示の各心的回転実験において、次の2点を検討して行く。(1) 判断過程に触運動覚的特性が見出されるか。(2) 判断過程にプロトタイプが関与するか。

実 験 1

単独提示による左右同定

実験 1a および 1b は、各々、Sekiyama (1982, 1983) の追試に相当し、手の左右同定課題では触運動覚的処理が RT に反映するという結果の再現性を検討する。実験 1a では、単独提示された手の線画の左右同定が課題であり、一方 1b では被験者は、同様の刺激図形を自分の手で模倣する際の身体的抵抗感の評定を求められた。先の結果が再現されるなら、実験 1a の RT 関数は刺激提示角度の単なる増加関数ではなく、むしろ実験 1b で得られる身体的抵抗感の評定値関数とよく似ているであろう。

ここで先の実験との主な違いは、刺激の基本図形を握った形の手のみの奥行回転によって作成した点で、視覚パターンは異なっても、それらの形を自分の手で作る運動パターンに共通部分があった。それゆえ、刺激についての構えが触運動覚的に形成されやすいと考えた。

方 法

刺激 Fig.1 の基本図形と、それらを変換(鏡映および平面内での45度ステップの回転)したもの。刺激数は3(図形)×2(左右)×8(回転角)=48、回転角は、前額平行面における垂直(Fig.1の状態)を0度とし、時計まわりで定義した。各刺激図形は黒い背景中の直径13cmの白ぬき円中に、大きさ10cmとしてスライドで提示された。被験者は机の前に座り、机上には観察距離約60cmの位置に半透明スクリーンが置かれていた。



Fig.1. Basic forms employed as stimuli in Exp. 1 and 2.

被験者 いずれも右手ききの大学生で、実験 1a は 8 名、1b はそれとは別の 7 名。

実験 1a の手続き 被験者の課題は、ランダムにスライドで提示される各刺激が左手か右手か、できるだけ正確に速く判断することであった。反応は“左”“右”の口頭で求め、ボイス・キーを用いて RT をミリ秒単位で記録した。スライドは反応によって消えた。48 試行の練習の後、480 試行を 10 ブロックで行った。試行間隔は約 3 秒。誤試行は各ブロックの最後に取り直した。被験者には、自分の手は膝の上に置き、直接見ないこと、判断には自分の手を頭の中に思い浮かべること、と教示した。

実験 1b の手続き 被験者には、両手を楽にして机の上に置かせた。各刺激が提示されると、左右どちらか該当する方の自分の手を動かして、刺激を模倣するように教示した。模倣は、その手の形と向きが、前額平行面上の見えとして刺激と同じになると完了だった。模倣した状態で、被験者は、その手の身体的抵抗感を評定した。選択肢は、0 (何の努力もなしに極めて容易に模倣できる) から 4 (抵抗が強すぎて厳密な模倣は困難) の 5 段階。評定試行は 96 試行で、2 ブロックに分かれていた。

結果と考察

RT、評定値の条件ごとの平均を、刺激の回転角の関数として、それぞれ Fig. 2a, 2b に示した。両関数とも回転角の単なる増加関数ではなく、それぞれの図形に特有なパターンを示している。また左手と右手とでパター

ンが異なり、全般に RT または評定値の大きい部分が、左手では 225 度方向に、右手では 135 度方向に偏っている。偏りの程度は、評定値関数の方が大きい (図形 F, G) が、同一図形内で RT 関数と評定値関数のパターンは互いに似ている。図形内で、同一条件下の平均 RT と平均評定値とを対応させ (対応点の数は 1 図形につき 16)、相関係数を算出した。その結果、E, F, G に対して各々、 $r=.84, .76, .84$ の高い相関が見出され、先の研究結果が再現された。RT と身体的抵抗感の高い相関から、実験 1a の左右同定課題では、実験 1b における実際の手の運動に伴う触運動感覚的経験と同様の内的過程が生じたことが示唆される。即ち、左右同定課題においては、手のプロトタイプを触運動感覚的に操作して刺激と照合しようとする過程が生じたと考えられる。また、RT 関数のパターンが左手と右手とで異なる事実からは、左右それぞれの手を代表するプロトタイプがあり、それらが並列的に操作されたことが示唆される。

図形 E は、先の研究でも用いられていたが、相関係数は前回の $r=.33$ から今回の $r=.84$ に上昇した。これは、刺激図形が握った形ばかりの 3 種類のみで、前回の 5 種類に比べて RT に触運動感覚的処理がよりストレートに反映されたためではないかと考えられる。

実験 1a では、全体の誤答率は 3.3% であり、誤答率と RT との間に負の相関はなかった ($r=.81$)³。

実験 2

同時提示による異同判断

実験 2 では、一対の図形を横に並べて同時に提示し、異同判断を求めた。ここでの目的は、RT 関数を実験 1a の結果と比較することなので、角度差を単に量としてではなく、心的回転の起点と終点を明示する形で記述すべきと思われた。そこで、ここでは対のうちの左側の図形は方向を固定し (この意味では左側は標準刺激になっていた)、右側には実験 1 で用いた回転図形のすべてが出現するように刺激を作成した。そして、標準刺激を、実験 2a ではプロトタイプに近い向きで、実験 2b ではプロトタイプとかげはなれた向きで与えた。

かかる刺激状況で予想される内的過程を、実験に先立ち次のように考えておく。(予想 1) 被験者は、標準図形、回転図形の各々をプロトタイプとの照合で右手か左手か判断し、その結果を比較する。この過程は、Saeki (1981) がブロック図形の同時提示実験で主張した“身体感覚の共感的投入”に相当すると考えられ、触運動感覚的イメージ過程という意味では、実験 1 と 2 の結果に対応が見られよう。(予想 2) 被験者は、標準図形、回転

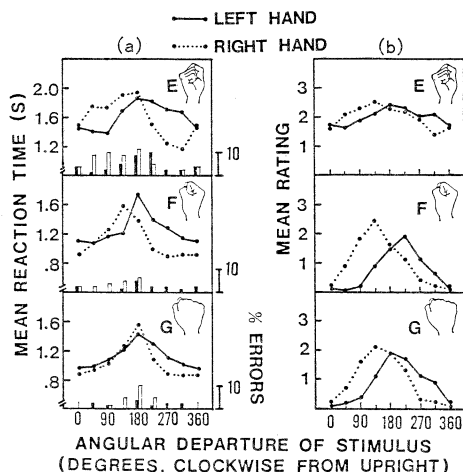


Fig. 2. (a) Mean RTs in the identification of left and right hands, as a function of angular departure of stimulus from upright.

(b) Mean ratings of physical difficulty for imitative movements, as a function of angular departure of stimulus from upright.

³ RT に関する分散分析の結果は、実験 2 の項で述べる。

図形の内の一方を回転させて他方に重ね合せられるかどうかで、異同判断する。これは視覚的なイメージ過程と考えられ、Shepard & Metzler (1971) の結果同様、RT は刺激提示角度差の単なる増加関数となる。

方法

刺激 Fig. 1 の 3 図形をもとに、刺激対を作成した。対のうち右側には、実験 1 で用いられた 48 種類 [3 (図形) × 2 (左右) × 8 (角度)] すべての図形が提示された。左側には、右側と同じ図形またはその鏡映像が、常にひとつの角度のみで提示された。その角度は、垂直からの回転角でいえば、実験 2a は 0 度、実験 2b は 180 度であった。右手と左手の組合せで、同一対 2 種類と鏡映対 2 種類とがあり、刺激対の数は、3 (図形) × 4 (対の種類) × 8 (角度差) = 96。刺激対のスライドには、黒い背景中に 2 つの白ぬき円 (直径 6 cm, 中心間の距離は 8 cm) を配置し、その中に各図形 (4 cm) を描いた。観察距離は約 60 cm。

手続き 96 対の刺激のスライドを、ランダムに半透明スクリーン上に提示した。被験者の課題は、各対が互いに同じか異なる (鏡映) かを、できるだけ正確に速く判断することだった。反応は、“yes (同)” “no (異)” の口頭で求め、RT を記録した。96 試行の練習後、実験 2a では 960 試行を 10 ブロックで、実験 2b では 576 試行を 6 ブロックで実施した。方略について教示はなかった。

被験者 実験 2a は大学生 6 名、実験 2b はそれと別の大学生 10 名。

結果と考察

最初、3 種類の図形ごとに、4 つの対の種類を区別し、RT を回転図形の垂直からの回転角の関数として整理した。それら 12 条件についての各平均 RT 関数は、実験 2b では、全て 180 度中心の左右対称型であり、実験 2a でも 1 条件 (図形 G の “右手-左手” 対のみ 135 度がピーク) を除き全て左右対称型であった。それゆえ、対の種類は RT 関数の傾向に組織的な影響を与えないとみなし、同一対と鏡映対の区別のみ残した。Fig. 3 で、横軸は回転図形の垂直からの回転角、標準図形の角度は、Fig. 3a が垂直、Fig. 3b が倒立。RT 関数は刺激対の提示角度差に規定されており、標準図形の角度に従って Fig. 3a が山型、3b が谷型である。実験 1 で、RT 関数のパターンが図形の種類や手の左右に影響され、身体的抵抗感を反映していたのと対照的に、ここでは RT はどの条件にも共通して、Shepard & Metzler (1971) と同様、角度差の 1 次関数であり、実験 1b で測定した身体的抵抗感の関数との類似性はない。Fig. 3a, 3b で 6 本の関数ごとに、0 度—180 度と 180 度—360 度の区間で各々傾向検定を行った結果、すべて 1 次の傾向しか認められなかった。各関数は 180 度で直線が折り返された型と見なせよう。2 次以上の傾向については、F 値の大部分が 1 以下で、最大でも Fig. 3a で $F_{(1,25)}=2.381$ 、Fig. 3b で $F_{(1,35)}=1.028$ だった。ただし、実験 2b では 10 名中 2 名は、内観報告でも RT でも、他の 8 名の被験者と著しく異なっていたので (後述)、Fig. 3b から除外した。以上の結果から、冒頭で予想した 2 通りの内的過程のうちの予想 2、即ち視覚的イメージ過程が示唆される。

次に、判断過程にプロトタイプが関与していたかどうかを検討する。標準刺激が倒立だった実験 2b で、もしも Roldan & Phillips (1980) の文字の実験のように、倒立刺激のイメージと垂直なプロトタイプのイメージの両方が判断過程に働くのなら、提示角度差 180 度 (右側の回転図形が垂直) 付近でも RT は小さくなるのではないかと考えられた。しかし結果として、提示角度差の大小のみに依存する関数が得られたので、RT 関数は刺激表象としてのイメージの回転だけで説明でき、判断過程にプロトタイプは関与しなかったと考えられる。また、Fig. 3 の被験者全員は、各図形が左手か右手かまでは考えず、刺激対の一方を回転させて他方に重ねられるかどうかで判断したと報告した。中には、練習試行でその点を考慮していたが、かえって判断が遅くなることに気付いて止めた、という者もいた。これらの報告と RT 関数の直線的な傾向とを総合すると、実験 2 では、一方の図形の刺激表象としての視覚イメージを回転させて他方のそれに重ね合わせる、視覚的な処理過程が示唆される。

ただし、実験 2b では、前述のように、10 人中 2 人

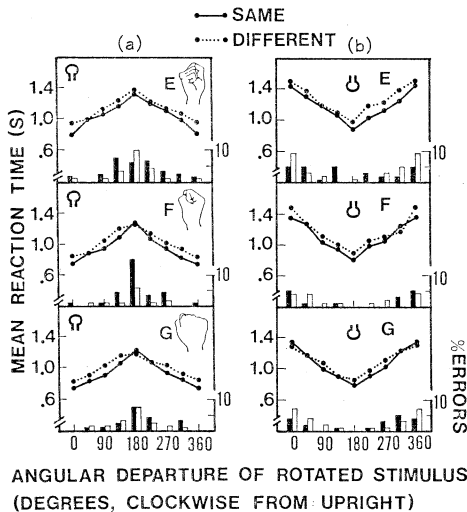


Fig. 3. Mean RTs as a function of angular departure of rotated stimulus from standard. (a) Standard upright. (b) Standard inverted.

が他の被験者と著しく異なる結果を示した。そのうちの1人は、刺激対の親指の位置関係に基づく論理的判断方略を、もう1人は、刺激対の各々を左右同定し、その結果を比較する方略を報告した。このような例外的な被験者の存在は、実験2bの標準刺激が倒立であったことと関係しているかもしれないが、ここでは実験2aと2bの被験者が異なるため、単に個人差に帰せられる可能性も残される。

本実験は、自己身体になぞらえて把握されやすい刺激材料の同時提示実験という点で、佐伯(1980)のいう“身体感覚の共感的投入”の生じやすい事態と思われたが、結果は否定的であった。そこで、彼の実験との相違点を考えると、標準刺激の一貫性ということがあげられるかもしれない。彼の実験では、標準刺激は全試行を通じて不変だったので、一度それを一定の姿勢の自己身体に置き換えれば、以後ずっと比較基準となり得た。一方、本実験では、標準刺激は向きが垂直と決まっていますが、右手であるか左手であるかは試行ごとに変化した。

実験2aの分散分析(図形×異同×角度×被験者)⁴の結果は、以下のとおり。(1)3つの要因の主効果は、いずれも1%水準で有意。順に、 $F_{(1,5)}=16.600$; $F_{(2,10)}=12.496$; $F_{(7,35)}=56.045$ 。(2)2次の交互作用は“異同×角度”交互作用のみ有意で、 $F_{(7,35)}=2.887$, $p<.05$ 。この交互作用は、“同”条件の方が“異”条件よりRT関数の勾配がきついためではないかと思われる。(3)3次の交互作用は、有意でなく、 $F_{(14,70)}=1.451$ 。これは、RT関数のパターンが図形や対の種類に影響されないことと対応している。同様に、実験2bの結果は以下のとおり。(1)3つの要因の主効果は、“図形”と“角度”の要因が1%水準で有意で、 $F_{(2,14)}=23.984$; $F_{(7,49)}=13.102$ 。(2)2次の交互作用は、“異同×角度”と“異同×図形”交互作用が有意で、 $F_{(7,49)}=4.870$, $p<.01$; $F_{(2,14)}=4.933$, $p<.05$ 。(3)3次の交互作用は有意ではなく、 $F_{(14,98)}=1.040$ 。

比較のため、ここで実験1aの分散分析(図形×左右×角度×被験者)の結果を述べる。(1)3つの要因の主効果は、いずれも1%水準で有意。順に、 $F_{(1,7)}=171.599$; $F_{(2,14)}=15.788$; $F_{(7,49)}=24.179$ 。(2)2次の交互作用は、“左右×角度”交互作用のみ有意で、 $F_{(7,49)}=$

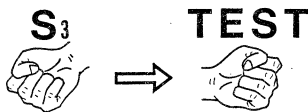


Fig. 4. An example of stimulus presentation in Exp. 3.

⁴ 本稿では、被験者項および被験者要因の絡む交互作用項は検定しない。

8.825, $p<.01$ 。(3)3次の交互作用は有意に認められ、 $F_{(14,98)}=3.681$, $p<.01$ 。この3次の交互作用は、RT関数が図形や手の左右に影響されることを示しており、2aや2bで3次の交互作用が認められなかったのと対照的である。

全体の誤答率は、実験2aで2.7%、実験2bで2.3%であり、誤答率とRTとの間に負の相関はなかった(それぞれ、 $r=-.69$, $r=-.74$)。

実 験 3

継時提示による異同判断

実験3では、1種類の図形の同一対または鏡映対を継時的に提示し、異同判断を求めた。継時的に提示される対のうち、第1刺激はセッション内では一定の向きをしており(その意味で標準刺激)、第2刺激(テスト刺激)は種々の向きで提示された。ここでは、セッションによって標準刺激の向きを3通りに変化させることで、判断過程へのプロトタイプの間与と、その過程の触運動感覚的特性を検討した。ここでも、実験2で述べた予想1、予想2の内的過程を念頭において検討を進める。

方 法

刺激 用いた基本図形は1種類のみ。Fig.4に刺激提示例を示す。標準刺激(Standard)は常に右手で、提示角度によって3種類あり、それぞれ垂直から時計まわり45度(S_1 とする)、315度(S_2)、225度(S_3)。テスト刺激は、標準刺激と同じ形とその鏡映像(左手)を45度ステップで回転して作成したので、総数は2(左右)×8(角度)=16。各刺激図形はスライドで提示された。大きさは8cmで、黒い背景中の直径10cmの白ぬき円の中に描かれていた。観察距離は約60cm。実験3で用いた図形は、以前の左右同定実験(Sekiyama, 1982, 図形B)において、RT関数のピークが右手と左手とで最も明瞭に異なり、それぞれ135度、225度であった。

手続き 被験者の課題は、テスト刺激が、先行する標準刺激と同じ(右手)か異なる(左手)かを、できるだけ正確に速く判断することだった。1ブロック内では標準刺激は1種類だけで、テスト刺激は16種類全部がランダムに出現した。刺激提示は、標準刺激3秒、ブランク2秒、テスト刺激(反応によって消える)の順で、試行間隔は4秒だった。この提示時間は、被験者が標準刺激をイメージしてテストに準備するのに十分と思われた。このことから、標準刺激が右手のみでも左右両方でも課題として大差ないと言え、本実験では右手のみ用いた。これまでのデータの安定性から、標準刺激が左手の場合については右手のデータから推測可能と考えていた。反応は、2つのマイクロスイッチを、左手の親指と残り4本の指側とで押し分けることによる。テスト刺激提示開始からのRTを記録した。被験者には次の教

示をした。標準刺激が消えてもその像を思い浮かべておき、テスト刺激が出たら、イメージを回転させてテスト刺激の方向に一致させて比べること。

被験者は全ての条件を経験した。1ブロックは32試行で、16種類のテスト刺激を2回ずつ用いた。3つの標準刺激に各3ブロックの繰り返しがあり、実験は計9ブロック。3ブロックごとに休憩をおき、ブロック条件の順序は被験者内、被験者間で相殺した。初めに練習約20試行を、垂直の標準刺激のもとで行った。

被験者 大学生 12 名。いずれも右手きき。

結果と考察

Fig. 5 に、標準刺激ごとの結果を示した。ここでは、“同”試行と“異”試行とで RT 関数のパターンが異なるのが特徴的である。“異”試行では、RT は 2 刺激間の提示角度差よりもむしろ、テスト刺激の垂直からの角度に依存しており、標準刺激の角度にあまり影響されることがなく、S₁, S₂, S₃ で同様の RT 関数が見られる。一方、“同”試行では、RT 関数の傾向が標準刺激の角度にかなり影響され、特に RT 関数の最小値は、S₁, S₂, S₃ とも、テスト刺激と標準刺激が同じ角度の時である。かかる結果から想定される内的過程は、単に予想 1 か 2 かという二者択一的には記述され得ない。まず“異”試行では、テスト刺激を、標準刺激とではなく長期記憶内のプロトタイプと比較する過程が生じたと考えられる。一方、“同”試行 RT の全体的傾向は、テスト刺激と標準刺激との照合による判断を示唆する。ただし“同”試行でも垂直付近のテスト刺激は概して速く判断されており、その付近ではテスト刺激とプロトタイプの照合も生

じたと考えられる（特に S₃；テスト刺激 45 度で、提示角度差最大なのに RT は大きくない）。

以上の関数の特徴に応じて、分散分析（異同×標準刺激×角度×被験者）では、“異同×角度”、“標準刺激×角度”、“異同×標準刺激×角度”交互作用が 1% 水準で認められた。順に、 $F_{(7,77)}=5.006$ ； $F_{(14,154)}=7.464$ ； $F_{(14,154)}=4.121$ 。また、3つの主効果も有意だった。順に、 $F_{(1,11)}=45.183$, $p < .01$ ； $F_{(2,22)}=4.622$, $p < .05$ ； $F_{(7,77)}=27.757$, $p < .01$ 。

次に、イメージ過程の触運動感覚的特性を検討する。本実験の刺激図形は、左右同定実験 (Sekiyama, 1982) において、RT 関数のピークが右手は 135 度、左手は 225 度であった。今回の継時提示実験で、もしも予想 1 のようなプロトタイプの触運動感覚的操作によるテスト刺激の左右同定が生じるなら、結果は、標準刺激の角度にかかわらず、左右同定実験のそれと同様になると思われた。しかし、判断過程へのプロトタイプの関与が示唆された“異”試行において、RT 関数のピークは全て 180 度にあり、この課題における手のプロトタイプの利用され方は、実験 1 とは異なり、視覚的だったと推察される。一方、“同”試行で RT のピークが標準刺激の角度に影響されて移動したことは、予想 2 のような 2 刺激の視覚的イメージの重ね合せを示唆する。従って本実験では、プロトタイプのイメージの視覚的操作と、刺激イメージの視覚的操作とが混合した過程が生じたと考えら

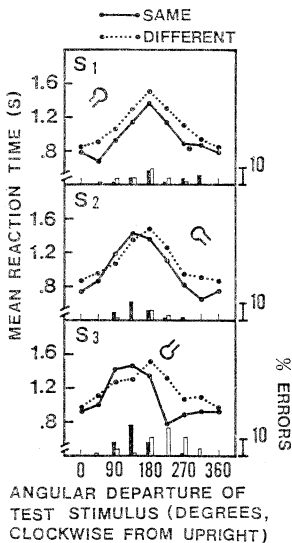


Fig. 5. Mean RTs as a function of angular departure of test stimulus from upright.

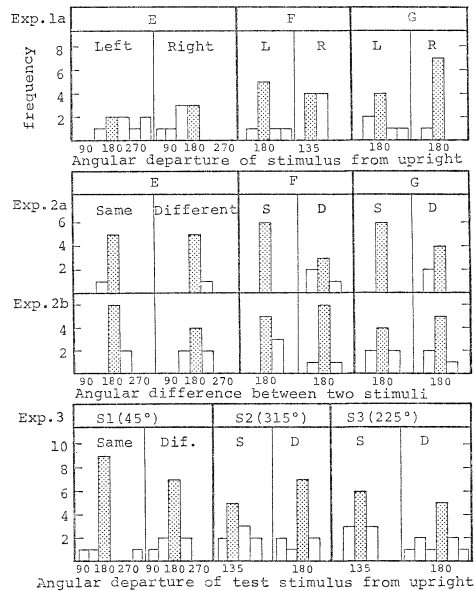


Fig. 6. Frequency of peaks of individual RT function. The stippled bar in each condition shows the peak of mean RT function.

れる。

全体の誤答率は 3.5% で、誤答率と RT との間に負の相関はなかった ($r = .68$)。

全体的考察

初めに、各実験の個人別 RT 関数のピークの分布から、結果の妥当性を確認しておく (Fig. 6)。全般に RT 関数の型は、個人レベルでも平均 RT 関数と同じ型が確固として見出せると言うよりは、個人レベルでは多少変動している (特に実験 1a, 実験 3)。これらは実験計画上、平均値で議論することが許される分布であろう。

さて、手の線画による 3 種類の提示様式の実験結果から、以下のようなことが示唆された。1) 単独提示では、プロトタイプのイメージを触運動感覚的に操作して、刺激と照合する過程が生じる。2) 同時提示では、2 刺激のイメージを視覚的に操作して照合する過程が生じ、プロトタイプは判断過程に関与しない。3) 継時提示では、条件によって判断は、2 刺激の照合の結果だったり、テスト刺激とプロトタイプとの照合の結果だったりするが、どの場合もイメージの操作は視覚的に行われる。

本研究では、手の心的回転実験でイメージ過程が触運動感覚的特性を有する条件を、その課題解決過程への手のプロトタイプの関与の有無から検討した。その結果、プロトタイプの関与は、単独提示では当然のこととして、その他に継時提示実験でも示唆された。しかし、イメージ過程に触運動感覚的特性が見出されたのは、単独提示においてのみであった。従って触運動感覚的イメージ過程が生じるには、そこに手のプロトタイプの関与が必要だが、それは十分条件ではないと考えられる。現在のところ、手のプロトタイプは modality specific と言うより抽象的なものと想定しているが、長期記憶内のプロトタイプの情報が抽出・操作される時、視覚情報だけが処理されるか、触運動感覚的情報も含めて処理されるかは、課題によるようである。イメージ過程とはまさに、長期記憶の情報を modality specific な感覚情報に変換し、必要ならば異種感覚情報を統合しながら、種々の心的操作を行う過程ではなからうか。

さて、判断過程の触運動感覚的特性が示唆された単独提示実験と、そうでなかった同時提示、継時提示実験との差異を、改めて検討すると、次のようなことが考えられる。同時・継時提示実験では、刺激対が同じ形 (鏡映像の可能性はあるが) の組み合せになっており、しかも視覚像として明確に与えられていたので、両刺激の視覚イメージを 2 次元平面内で回転させるだけで重ね合せられる課題構造だった。従来の大部分の心的回転実験も、この点では同様である。一方、実験 1 では、形はどうであれ右手を表す刺激である限り、“右手”と判断しなけ

ればならなかった。そして、図形 E, F, G が握った形の手の奥行回転によって作成されていたことから、刺激とプロトタイプのイメージの見えのパターンを照合するには、イメージの 3 次元の変形を要したのではないか。その過程で、対象化した見えのパターンを変形する視覚的処理ではなく、自己の身体運動をシミュレートする触運動感覚的処理がおこっても、不思議ではない。それゆえ、同時・継時提示において、3 次元的な変形を要する照合事態での触運動感覚的処理の検討が望まれる。

Cooper & Shepard (1975) の手の左右同定課題では、本研究の実験 1 と異なり、RT 関数は触運動感覚的処理を示唆するようなものではなかったが、その理由は、いくつか考えられる。1つは、彼らの刺激図形が 2 種類だけ、それも指を伸ばした状態の手の平と手の甲という極めて典型的な形だったことである。もしも、これらの視覚パターンが両方プロトタイプとして長期記憶に保持されていれば、上記のような 3 次元の変形過程なしに刺激とプロトタイプは直接照合される可能性があり、そのため視覚的処理が生じたのかも知れない。他に考えられるのは、彼らの左右同定課題が、継時提示実験内の先行刺激のない特別な条件だったという文脈効果である。

実験 3 (継時提示) では、刺激に注目して刺激どうし比較するよう教示しても、有効ならプロトタイプが照合の基準となることが示唆された。プロトタイプは、手についてのかかなり安定した情報源なのだろう。佐伯(1980)のいう“身体感覚の共感的投入”も、身体構造の記憶が安定した基準枠を提供することに基づくのであろう。

引用文献

- Carpenter, P. A., & Eisenberg, P. 1978 Mental rotation and the frame of reference in blind and sighted individuals. *Perception and Psychophysics*, **23**, 117-124.
- Cooper, L. A. 1975 Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive Psychology*, **7**, 20-43.
- Cooper, L. A. 1976 Demonstration of a mental analog of an external rotation. *Perception and Psychophysics*, **19**, 296-302.
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. 1975 Mental transformations in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **104**, 48-56.
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. 1978 Transformations on representations of objects in space. In E. C. Cartrette & M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception*. Vol. 8. *Perceptual coding*. New York: Academic Press. Pp. 105-146.
- Landaw, B., Gleitman, H., & Spelke, E. 1981 Spa-

- tial knowledge and geometric representation in a child blind from birth. *Science*, **213**, 1275-1278.
- Marmor, G. S., & Zaback, L. A. 1976 Mental rotation by the blind: Does mental rotation depend on visual imagery? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **2**, 515-521.
- Roldan, C. E., & Phillips, W. A. 1980 Functional differences between upright and rotated images. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **32**, 397-412.
- 佐伯 胖 1980 Empathy による回転図形の認知 日本心理学会第 44 回大会発表論文集, 225.
- Saeki, Y. 1981 "Body analogy" and the cognition of rotated figures. *Quarterly Newsletters of the Laboratory of Comparative Human Cognition* (University of California, San Diego), **3**(2), 36-40.
- 佐々木正人 1981 空間表象変換課題における視覚イメージと情報提示モダリティの効果——盲人と正眼者の比較—— 心理学研究, **52**, 281-288.
- Sekiyama, K. 1982 Kinesthetic aspects of mental representations in the identification of left and right hands. *Perception and Psychophysics*, **32**, 89-95.
- Sekiyama, K. 1983 Mental and physical movements of hands: Kinesthetic information preserved in representational systems. *Japanese Psychological Research*, **25**, 95-102.
- 積山 薫 1983 手のイメージの操作の発達 人文論叢 (大阪市立大学文学研究科), **12**, 69-76.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, **171**, 701-703.
- 下條信輔 1981 メンタル ローテーション実験をめぐって——イメージ研究の方法論の一考察—— 心理学評論, **24**, 16-42.
- 1985. 7. 8. 受稿, 1986. 9. 20. 受理——