

## モデル像の奥行き方向への心的回転が 一致／不一致の判断に及ぼす影響

石倉 忠夫<sup>1</sup>

### Effects of lateralized mental rotation of model imagery on judging correspondence or non-correspondence

Ishikura Tadao<sup>1</sup>

This study investigated how comparing the poses of two figures, which were laterally rotated at several different angles, influences the judgment of whether their poses are the same. The figures were rotated clockwise by 0° (facing angle), 60°, 120°, 180°, 240°, and 300°. In an experiment, 15 university students performed two tasks: in the first, the front or back view (rotated at 0° and 180° respectively) of a wooden jointed doll was first presented for three seconds, and the doll was subsequently presented in another pose; in the second, two poses were presented simultaneously. The pictures were of a wooden jointed doll, and the participants were required to accurately judge as fast as possible whether the poses were the same. The results showed that the reaction time when the angle of difference between the two dolls was 0° was lower than that for any other degree; the reaction time when one pose had been presented previously was lower than that when both poses had been presented simultaneously. These results indicate that the participants laterally rotated the mental image of the doll's figure in the same way as participants of other studies rotated geometrical figures. Moreover, when the model was presented beforehand, the image of the model could be retained in the working memory for a short time. Consequently, this study suggests that prior presentation facilitates the judgment of correspondence or non-correspondence in spatial compatibility tasks.

【Keywords】 Lateralized mental rotation, imagery, stimulus-response compatibility, spatial compatibility

本研究は奥行き方向へモデル像を回転して提示した2つのモデル像が一致したものか否かの判断に及ぼす影響について検討した。回転角度は正面を0°とし、奥行き方向へ時計回りに60°, 120°, 180°, 240°, 300°であった。15名の大学生に2つの課題が課せられた：1) 予め正面もしくは背面からポーズが提示され、500mm秒後に別のポーズが提示される課題、そして2) 2つのポーズが同時に示される課題。本実験では絵画のデッサン用の関節人形が使用され、ポーズをとっている写真が提示された。被験者にはできるだけ速く正確に判断するように求められた。分析の結果、2つのポーズの角度差が0°の時の反応時間が最も速かった。全ての角度差において、事前にポーズが示された方が同時に2つのポーズが提示された場合よりも反応時間が速かった。これらの結果から、図形を用いた心的回転の研究で報告されているように、人形が使用された課題でも奥行き方向へのイメージの心的回転が行われていたと推察できる。また、事前にポーズが示された方が、作業記憶にモデル像を短時間保持することができるため、空間的適合性の一致判断に有利に働くことが示唆された。

【キーワード】 奥行き方向への心的回転、イメージ、刺激-反応適合性、空間的適合性

## I. 緒 言

運動技能の指導では、学習者に対してモデルのデモンストレーションを観察させ模倣させる観察学習は技能習得の能率を上げるために重要な方法の一つである。観察学習の研究から、観察するだけでは身体練習

ほどの学習効果は得られないが、まったく身体練習を行わない場合よりも学習効果が得られることが明らかにされている (e.g., Wulf et al, 2009; 石倉, 2007)。

これまで、デモンストレーションの設定方法が観察学習の能率に及ぼす影響について、さまざまな側面から検討されている。その中でもデモンストレーション

の提示角度は、学習者の観察した運動技能のイメージ化に影響するため、観察学習の能率に及ぼす重要な要因の1つとして指摘されている (e.g., McCullagh and Weiss, 2001; Williams, 1993). 正面からモデル動作を観察させた場合とモデルの目線と一致した角度からモデル動作を観察させた場合では、後者の方が速やかに習得させることができる。その理由として、モデルと視線を一致させることのできる観察条件はモデル像を学習者自身が自己の遂行するイメージとして捉えやすく、一方、正面からの観察条件はモデル像を反転操作する必要があるためであると考えられている (Roshall, 1961; 猪俣ほか, 1983; 石倉・猪俣, 1995). さらに、学習者の視覚的イメージを反転操作するイメージ統御能力は正面からの観察条件における技能の習得における得点と強く関与していることが明らかにされている (猪俣ほか, 1983). また、モデルの正面から観察する条件において、モデル観察時にモデル像の背中から見た再認課題を正確に速く応えられるように教示が与えられた条件は、反転方略については何も指示を与えられず再生できるように教示が与えられた条件と正面から見た再認課題を正確に速く応えられるように教示が与えられた条件よりも技能習得が速やかに現れ、モデル観察時に積極的にモデル像を反転操作する観察方略は技能習得を促進することが報告されている (Ishikura and Inomata, 1998). これらの報告から、モデルと学習者 (観察者) の身体位置関係の一致度が高いほど技能習得が速やかに現れ、一致度が低くなるほどイメージ統御能力が技能習得の能率に大きく関わるといえよう。

図形や積み木などの視覚的イメージを心の中で回転させて視覚的イメージを別の角度からイメージ想起したり、他の図形や積み木などと比較照合したりするときの回転を心的回転と呼ぶ (藤田, 1989). Shepard and Metzler (1971) は3次元に描かれた積み木の一組の絵を同時に提示し、両者が前額平行面上または奥行き方向に回転させた同一の図か否かをできるだけ速く判断させた。その結果、前額平行面、奥行き方向の両課題において、反応時間は回転角度が0°から180°にかけて一次関数の関係を示し、両者の勾配はほぼ等しかったことを報告している。つまり、回転角度が開くに従って反応時間が遅くなる関係が見られたということである。また、心的に回転させなくてはならない方向を刺激図形の提示前に予告刺激として矢印で示したところ、予告刺激がない条件では角度差が大きくなるほど反応時間が遅くなったが、予告刺激の提示時間を延ばしていくと角度差が大きくても反応時間は短くなる傾向が示されている (Cooper and Shepard, 1973). Press et. al, (2009) は全身的な系列動作の模

倣を課題とし、モデルの提示角度と動作再生の正確性に及ぼす影響について検討している。モデル提示角度はモデルの背面を0°とし、60°間隔で300°まで提示された。第1実験において被験者に「モデルが行っているように再生しなさい」と教示を与えた結果、背面 (300°, 0°, 60°) からの観察が正面 (120°, 180°, 240°) よりも正しく再生された。また、単純に被験者に対して「モデルが行っているように再生しなさい」と教示したのにもかかわらず、モデルが右手を上げたら被験者も右手を上げるといった解剖学的整合反応 (anatomically matching responses) が、鏡映像のようにモデルが右手を上げたら被験者は左手を上げるという解剖学的不整合反応 (anatomically nonmatching response) 以上に用いられていたことが確認された。さらに第2実験ではモデル観察時に解剖学的整合反応もしくは解剖学的不整合反応を取るように教示が与えられた場合とモデル観察角度の関連性について検討している。分析の結果から、背面 (0°) からの観察角度では解剖学的整合反応の教示を受けた条件の方が正確に動作を再生したが、正面 (180°, 240°) では解剖学的不整合反応の教示を受けた条件の方が正確に動作を再生した。これら視覚的イメージの操作に関する知見から、視覚的イメージ-視覚的イメージあるいは視覚的イメージ-身体イメージの照合において両者に角度差あるいは不整合性が大きくなるほど認知的負担も増し、反応も遅れるといえる。

視覚イメージの認知的負担と脳活動に着目した多くの研究が報告されている。例えば熊谷ほか (2001) は図形の心的回転時の脳の賦活状態について機能的核磁気共鳴断層撮影装置 (fMRI: functional Magnetic Resonance Image) を用いて検討した結果、両側の頭頂葉の広い範囲に賦活領域が波及することを明らかにしている。宮谷・永野 (2002) および Heil (2002) は、文字の心的回転時の事象関連脳電位の変化について検討し、傾きが大きくなるほど頭頂部、中心部、後頭部、側頭部の広い範囲で陰性方向への変化が大きくシフトしていることを報告している。また、Riečanský and Katina (2010) は文字の心的回転時の脳波を測定した結果、よりよいパフォーマンス (速い反応) は早期の頭頂皮質と後期の前頭皮質  $\alpha$  波 (8-13 Hz) と低  $\beta$  波 (14-20 Hz) 帯域振動のふり幅の減衰に関連していることを明らかにしている。Zacks et. al, (1999) は、正面から描いた人型を視覚刺激として左右の判別課題を用いて検討した結果、人型を鏡映像のように捉える場合よりも、学習者自身の身体として人型を捉えると左右判別の時間が遅くなり、その時に左側の前頭皮質と左側の頭頂-側頭部-後頭部の接合部周辺が活性化したことを報告している。これら心的回転または左右

反転処理と認知的負担の関係について脳神経活動の視点から検討された研究から、少なくとも頭頂部が関与しているといえる。

観察学習および模倣に関連する Neuroimaging 研究から、実際に行動するときと行動を観察するときに通じる神経構造が活性化することが報告されている (Gallese and Goldman, 1998; Grèzes and Decety, 2001; Jeannerod, 1994)。その共通した部位は前運動野皮質、補足運動野、下頭頂小葉、帯状回そして小脳といわれている。モデル像の背面から観察する条件においては、モデル像を学習者自身の遂行する動作として記憶に記録することができるのに対し、モデル像の反転操作が必要な観察条件においてはモデル像の反転操作をしてから記憶に記録する必要がある。よって、両観察条件間には賦活される脳神経の部位も異なることが予想できる。

そこで本研究は、モデル像の反転操作処理時の認知的負担の関連性について脳波を手掛かりとして検証するための予備実験として位置づけ、モデル像の奥行き方向への心的回転が2つのモデル像の一致／不一致の判断に及ぼす影響について検討することを目的とした。また、2つのモデル像を同時に学習者へ提示する場合と、事前に1つのモデル像を提示する場合では学習者の認知的処理過程では異なる。つまり、前者の場合、観察と同時に2つのモデル像を比較するため、モデル像のイメージを短期的に記憶に留めておく必要はあまりない。一方、後者の場合、始めに提示されたモデル像を一時的に記憶に留めておく必要があるため、モデル像を学習者自身の身体のイメージ、あるいはモデルの全体像を形容する言葉や視覚的イメージを利用するといえる。よって、第二の目的として、2つのモデル像の事前提示と同時提示が一致／不一致の判断に及ぼす影響について検討する。

## II. 方 法

### 1. 被験者

武道やダンス競技経験のない大学生 15 名 (19.6 ± 0.9 歳; 男性 3 名, 女性 12 名) が本実験に参加した。被験者は実験者から実験に関する説明を受けたのち、承諾書に署名した。

本研究は同志社大学倫理審査委員会の承認を得て実施された。

### 2. 課題

被験者に2つの一致／不一致判別課題が与えられた。一つはポーズが提示されたのち、別のポーズが提示され、両者のポーズが一致しているか判断する課題

(以下、事前提示課題とする)。もう一方は、2つのポーズが同時に提示され両者のポーズが一致しているか判断する課題 (以下、同時提示課題とする) である。

提示されたポーズは木製で絵画のデッサン用の球面人形が使用された (Holbein Art Material Inc. 製, No.00M)。球面人形の高さは 11cm であり、四肢の位置関係を容易に判別できるように両手先、両足先を赤色で、頭髮部分を黒色で塗りつぶされた。また、人形の向いている方向を明らかにするために顔面部分に両目、鼻、口が描かれた。

実験では3つの正しいポーズと3つの誤ポーズが取り上げられた。誤ポーズは正ポーズの四肢の位置が左右逆になるよう設定された。これら合計6つのポーズがデジタルカメラに記録され、課題として使用された (図1参照)。本研究で取り上げられたポーズは猪俣ら (1983) と石倉・猪俣 (1995) で使用されたものから左右非対称のポーズを選んだ。

課題の提示には、心理実験用プログラム E-Prime2.0 (Psychology Software Tools, Inc. 製) が使用され、コンピュータ・ディスプレイ上 (19 インチ液晶ディスプレイ) に課題が提示された。

事前提示課題では、始めに正しいポーズの正面または背面が3秒間提示された。次に0.5秒間のブランクの後 (モニタ画面が黒色)、再度ポーズが提示された。一方、同時提示課題では、画面左側に正しいポーズの正面または背面が、右側には別のポーズが提示された。被験者には、両課題とも、二つの人形が同じであると判断した場合はキーボード上の“1”を、同じではないと判断した場合は“2”を、出来るだけ正確に速く押すように教示が与えられた。

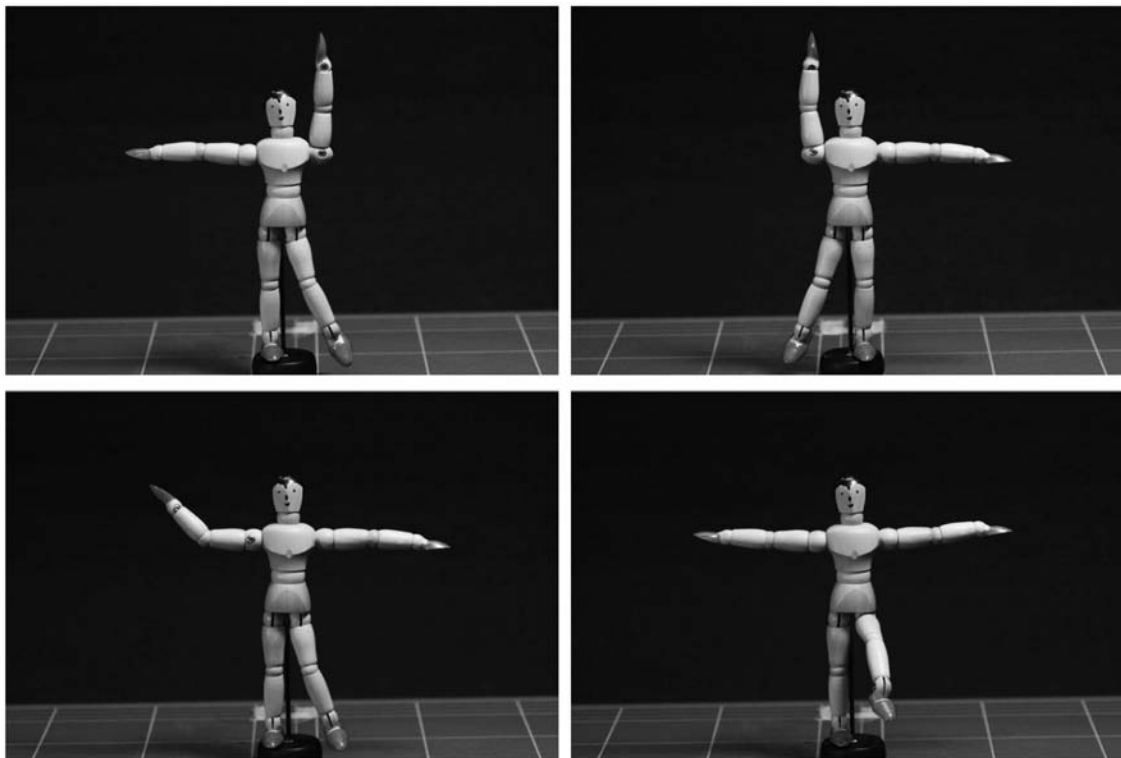
### 3. 実験条件および手順

実験は個別に実施された。

初めに、実験について説明された。事前提示課題と同時提示課題の実施される順番は、順序効果を防ぐために被験者毎にランダムに実行された (図2参照)。

事前提示課題は、モニタ画面上に予備刺激 (3秒間 白い画面上に “Ready!”) が提示された後、1つのポーズが3秒間提示された (3つのポーズの正面または背面)。次に別のポーズが提示された。この時、正しいまたは誤りのポーズを 0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300° のいずれかの角度で撮影された1つのポーズが提示された。被験者がテンキー上の “1” または “2” を押すと画面上からポーズが消え、ブランク画面が3秒間提示された。これを1試行として、72試行繰り返し実施された。内容は、始めに提示されるポーズ (3種類 × 0°・180°) × 2番目に提示されるポーズの角度 (6つのアングル: 0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300°) × ポー

a)



b)

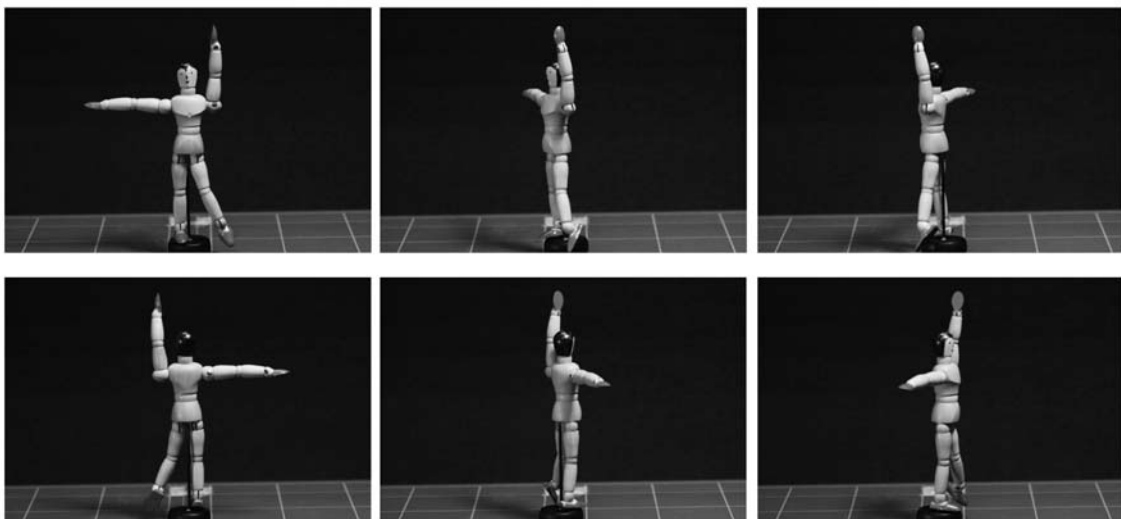


図1 本実験で用いられたポーズ

- a) 左上：ポーズ1, 右上：ポーズ1の間違え  
左下：ポーズ2, 右下：ポーズ3
- b) 上段左から  $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$   
下段左から  $180^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $300^\circ$

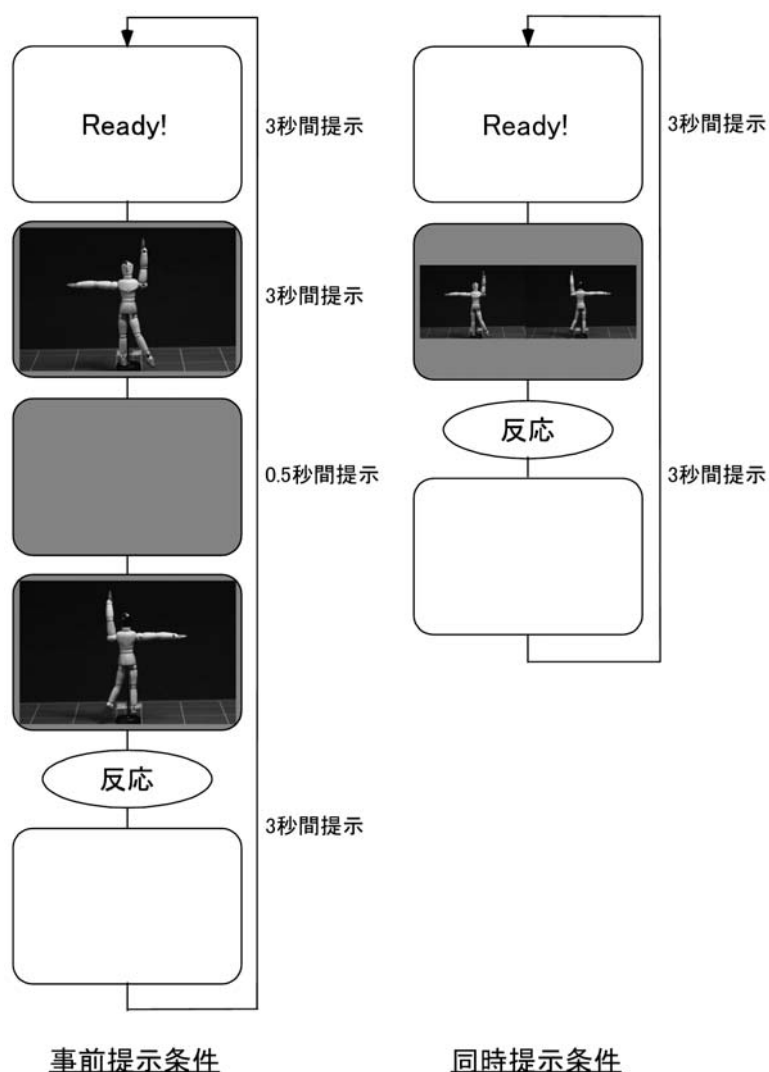


図2 提示課題プロトコル

事前提示条件（連続 72 試行）と同時提示条件（連続 72 試行）の順序は被験者毎にランダムに決定された。

ズの正誤（正・誤）で合計 72 試行という計算になる。

同時提示課題は、予備刺激（3 秒間白い画面上に“Ready!”）提示の後、画面左側と画面右側に同じ大きさで 2 つのポーズが提示された。画面左側のポーズは 3 つのポーズのうち正面または背面から撮影されたポーズが提示された。また、右側のポーズは正しいまたは誤りのポーズを  $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $300^\circ$  のいずれかの角度で撮影したものが提示された。事前提示課題と同様に、被験者がテンキー上の“1”または“2”を押すと画面上からポーズが消え、ブラック画面が 3 秒間提示された。これを 1 試行として、72 試行繰り返し実施された。72 試行の内訳は次のと

おりである：左側のポーズ（3 種類  $\times 0^\circ \cdot 180^\circ$ ） $\times$  右側のポーズの角度（6 つの角度： $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $300^\circ$ ） $\times$  ポーズの正誤（正・誤）。

#### 4. 依存変数

事前提示課題では 2 番目のポーズが提示されてから、同時提示課題では 2 つのポーズが提示されてからキーボード上の“1”または“2”が押されるまでに要した反応時間と判断の正答率が用いられた。

統計分析には、SPSS Inc. SPSS Ver12.0 が用いられ、3 要因 3 繰り返しの分散分析が行われた：タイプ（事前 / 同時） $\times$  ペース（前 / 後） $\times$  角度（ $0/60/120/180/240/300$ ）。

また、有意水準は5%に設定された。また、多重比較には Bonferroni 法が用いられた。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 反応時間について

図3は各角度におけるタイプとベース別の反応時間の平均値を示している。

3要因の分散分析の結果、タイプ要因による主効果 ( $df=1/14$ ,  $f=82.26$ ,  $p=.001$ ,  $\eta^2=.86$ ,  $\phi=1.00$ ), 角度要因による主効果 ( $df=5/70$ ,  $f=31.21$ ,  $p=.001$ ,  $\eta^2=.69$ ,  $\phi=1.00$ ), タイプ×角度による交互作用 ( $df=5/70$ ,  $f=8.21$ ,  $p=.001$ ,  $\eta^2=.37$ ,  $\phi=.99$ ), タイプ×ベース×角度による交互作用 ( $df=5/70$ ,  $f=3.79$ ,  $p=.004$ ,  $\eta^2=.21$ ,  $\phi=.92$ ) が有意であった。

タイプ要因の多重比較の結果から、事前提示 ( $M=1117.8\text{mmsec.}$ ) が同時提示 ( $M=1875.9\text{mmsec.}$ ) よりも反応が速いという結果が得られた。角度要因の多重比較から、 $0^\circ$  が最も速かった ( $M=1151.8\text{mmsec.}$ )、 $60^\circ$  ( $M=1489.2\text{mmsec.}$ ) と  $300^\circ$  ( $M=1465.3\text{mmsec.}$ ) が  $0^\circ$  よりも遅いが、 $240^\circ$  ( $M=1611.6\text{mmsec.}$ ) よりも速いという結果が得られた。タイプ×角度による交互作用の多重比較から、全ての角度において事前提示が同時提示よりも速かった。また、事前提示は  $0^\circ$  ( $M=912.01\text{mmsec.}$ ) が最も速かった。同時提示は  $0^\circ$  ( $M=1391.53\text{mmsec.}$ ) が最も速く、 $120^\circ$  ( $M=2098.56\text{mmsec.}$ ) と  $240^\circ$  ( $M=2037.55\text{mmsec.}$ ) の間には差は認められなかったが、 $300^\circ$  ( $M=1790.60\text{mmsec.}$ ) よりも遅いという結果が示された。タイプ×ベース×角度による交互作用の多重比較から、事前提示の前では角度差による時間差は認められなかった。事前提示の後ろは  $0^\circ$  ( $M=851.75\text{mmsec.}$ ) が  $60^\circ$  ( $M=1071.31$

$\text{mmsec.}$ ),  $180^\circ$  ( $M=1304.42\text{mmsec.}$ ),  $240^\circ$  ( $M=1111.19\text{mmsec.}$ ) そして  $300^\circ$  ( $M=1142.28\text{mmsec.}$ ) よりも速かった。そして、 $60^\circ$  ( $M=1071.31\text{mmsec.}$ ) は  $180^\circ$  ( $M=1147.63\text{mmsec.}$ ) よりも速かった。同時提示の前は、 $0^\circ$  ( $M=1380.49\text{mmsec.}$ ) が最も速く、 $60^\circ$  ( $M=1835.73\text{mmsec.}$ ) が  $120^\circ$  ( $M=2162.78\text{mmsec.}$ ) よりも速かった。同時提示の後ろは  $0^\circ$  ( $M=1402.57\text{mmsec.}$ ) が最も速く、 $300^\circ$  ( $M=1673.00\text{mmsec.}$ ) が  $60^\circ$  ( $M=1963.85\text{mmsec.}$ ),  $120^\circ$  ( $M=2034.34\text{mmsec.}$ ),  $180^\circ$  ( $M=2010.10\text{mmsec.}$ ) そして  $240^\circ$  ( $M=2064.94\text{mmsec.}$ ) よりも速いという結果が得られた。ベースの前と後の両方において、事前提示は同時提示よりも反応時間が速かった。また、事前提示における  $0^\circ$  と  $240^\circ$  は前から提示した方が遅く ( $0^\circ$  前 =  $972.26\text{mmsec.}$ ,  $0^\circ$  後 =  $851.75\text{mmsec.}$ ;  $240^\circ$  前 =  $1260.01\text{mmsec.}$ ,  $240^\circ$  後 =  $1111.19\text{mmsec.}$ ),  $180^\circ$  では後ろから提示した方が遅かった (前 =  $1131.65\text{mmsec.}$ , 後 =  $1304.42\text{mmsec.}$ )。同時提示の  $300^\circ$  では前から提示した場合の反応時間が遅かった (前 =  $1908.21\text{mmsec.}$ , 後 =  $1673.00\text{mmsec.}$ )。

その他の主効果および交互作用に5%水準で有意差は認められなかった。

#### 2. 正確性について

図4は各角度におけるタイプとベース別の反応の正答率の平均値を示している。

3要因の分散分析の結果、角度要因による主効果が有意であった ( $df=5/70$ ,  $f=5.26$ ,  $p=.001$ ,  $\eta^2=.27$ ,  $\phi=.98$ )。多重比較から、 $0^\circ$  ( $M=95.5\%$ ) は  $120^\circ$  ( $M=85.3\%$ ) よりも高く、 $180^\circ$  ( $M=91.6\%$ ) は  $120^\circ$  ( $M=85.3\%$ ) よりも高いという結果が得られた。

その他の主効果および交互作用に5%水準で有意差は認められなかった。

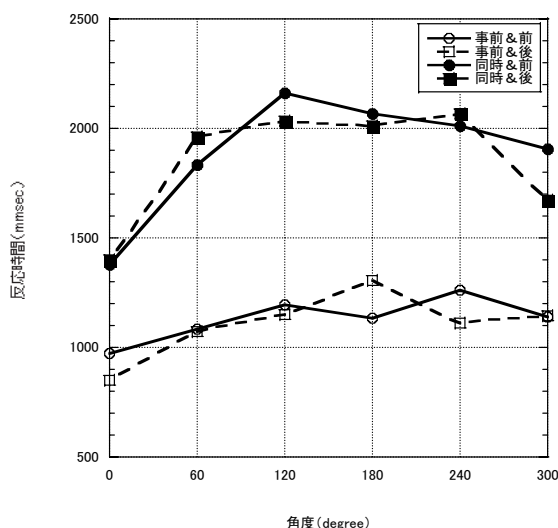


図3 各条件における反応時間

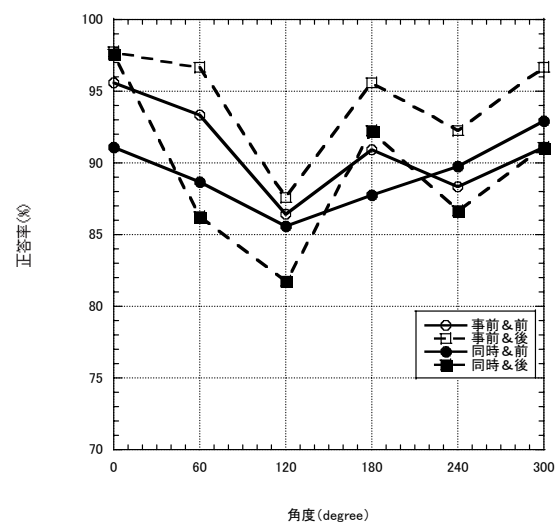


図4 各条件における正答率

#### IV. 考 察

本研究はモデル像の奥行き方向への心的回転がモデル像の一致／不一致の判断に及ぼす影響について検討することを第一の目的とした。分析の結果、図形や文字などを用いた心的回転を検討した研究報告 (Shepard and Metzler, 1971; 宮谷・永野, 2002; Heil, 2002) と同様に、2つのモデル像の角度差が0°の時の反応時間が最も速く、60°と300°は240°よりも速く反応した。よって、2つのモデル像の角度差が大きくなるほどモデル像の一致／不一致の判断に要する時間は遅くなるといえる。一方、反応の正確性に関しては、角度差0°と180°は角度差120°よりも正確に反応していたという結果が得られた。角度差が180°の時に反応の正確性が最も劣ることが予想できるが、被験者に対して実験後に尋ねた感想から“斜めからモデルを観察するときの左右の足の位置関係が分かりにくい”との意見が多数見られた。つまり、本研究で取り上げた課題は角度差0°が速く正確に反応し、そして180°の角度差を観察する方が120°の角度差を観察するよりも一致／不一致の判断が正確であったということになる。

本実験の第二の目的は、2つのモデルの同時提示と1つのモデルの事前提示が判断に及ぼす影響について検討することであった。その結果、反応時間においてすべての角度差で事前提示が同時提示よりも速く反応していたことが明らかにされた。事前提示の場合、予め1つのポーズを視覚イメージもしくは自己の身体イメージなどを介して記憶に留めることによって、2つ目に提示されたモデル像に対する一致／不一致の判断が容易になったためであると考えられる。一方、同時提示の条件では一度に2つのポーズが提示されるため、両ポーズを比較するために必要な視覚的手掛かりの選択肢が事前提示に比べて多くなることが遅くなった原因であると考えられる。

以上の結果から、心的回転に関連する研究で報告されているように、人形を使用した場合でも心的回転の角度差が反応時間の遅さとなって現れることが確認された。この結果は、心的回転が大きくなるほど視覚的イメージの認知的負荷が大きくなり、熊野ほか (2001)、宮谷・永野 (2002)、Heil (2002)、Riečanský and Katina (2010)、Zacks ほか (1999) が報告しているように、心的回転の認知的作業と脳活動の関与を示唆するものといえる。このことは、fMRI を用いた Koski ほか (2003) の報告にあるように、正面から提示された指の模倣において、モデル像の反転操作が必要な解剖学的整合反応はモデル像の反転操作が必要のない解剖学的不整合反応 (鏡映像としてモデルを捉え

る) をするよりも神経機能が活性化したことを明らかにしていることから裏付けるものと言えよう。

行動を模倣する意図を持って観察するときには、前運動野皮質、補足運動野、下頭頂小葉、帯状回そして小脳が活性化し、これらの共通する神経構造をミラー・ニューロン・システムと呼ぶ (Gallese and Goldman, 1998; Grèzes and Decety, 2001; Jeannerod, 1994)。このシステムの発見は、脳波、誘発電位、脳磁図、陽電子放射断層撮影装置 (PET: Position Emission Tomography) や fMRI など、コンピュータを用いたイメージング技術の飛躍的な発達によるものであり、ヒトの脳機能の解明に大きく期待が寄せられている。脳の機能を非侵襲的に測定するそれぞれのイメージング技術には一長一短がある。脳波と誘発電位は脳内の電気的活動を主に頭皮上から測定する技法であり、時間分解能に優れている。一方、PET と fMRI はニューロンの電気的な活動に伴って変化する局所脳内血流や脳代謝を測定する技法であり、空間分解能に優れている長所を持つ (内藤, 2004)。このため、短時間の反応が求められる心的回転や運動の模倣の課題の場合、時間的に優れている脳波や誘発電位が脳活動を捉えるに適した測定技法であるといえる。よって、次なる実験では、本研究で取り上げた課題を用い、心的努力或いは心的回転が認知的負担に及ぼす影響を脳波を手掛かりとして検討することとする。

#### V. 結 論

本研究は人形を用い、図形や文字などを用いた心的回転研究で得られている知見のように、2つのポーズの角度差が一致／不一致の判断に及ぼす影響が見られるのかについて検討した。さらに、2つのポーズのうちの1つを事前に提示した場合と、2つのポーズを同時に提示した場合の影響について検討した。分析から、図形や文字などを用いた心的回転研究で報告されているように、角度差が多くなるほど判断に要する時間が長くなる結果が得られた。そして事前に1つのポーズを提示した方が同時に2つのポーズを提示するよりも判断に要する時間が短いという結果が得られた。これらの結果から、角度差が多くなるほど判断の時間が遅くなるのは、学習者にモデルのイメージ像を反転操作する認知的負担を強いることになり、その影響が脳の賦活の差となって現れている可能性が指摘された。また、事前に1つのポーズを提示する条件では、学習者は一時的に記憶にモデル像を保持する必要があるため、次に照合しなければならないモデル像に対して心的に準備することができた。よって、反応時間が同時提示条件よりも速くなったと考察された。

本研究の結果をもとに、本研究で取り上げた実験課題を遂行しているときの脳波を測定し、認知的負担と脳活動との関連性について検討する課題が残された。

## 参考文献

- Cooper, L.A., and Shepard, R.N. Chronometric studies of the rotation of mental images. In W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press. Pp75-176, 1973.
- 藤田尚文, 第7章知覚情報処理. 大山正編, 実験心理学. 東京大学出版会, pp120-135, 1989.
- Gallese, V., and Goldman, A. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trend in Cognitive Science*, 2, pp493-501, 1998.
- Grèzes, J., and Decety, J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, pp1-19, 2001.
- Heil, M. The functional significance of ERP effects during mental rotation. *Psychophysiology*, 39, pp535-545, 2002.
- 猪俣公宏, 小山哲, 妹尾江理子, 動作系列学習におけるモデル提示角度の影響. 総合保健体育学, 6, pp137-141, 1983.
- 石倉忠夫, 学習モデルを観察するだけでタイミングをどのくらい学習できるか? 同志社保健体育, 46, pp65-77, 2007.
- 石倉忠夫, 猪俣公宏, 大筋的系列動作のモデリングにおける対面及び背面モデル提示条件の比較に関する研究. スポーツ心理学研究, 22, pp7-13, 1995.
- Ishikura, T., and Inomata, K. An attempt to distinguish between two reversal processing strategies for learning modeled motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 86, pp1007-1015, 1998.
- Jeannerod, M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, pp187-245, 1994.
- Koski, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.C., Woods, R.P., and Mazziotta, J.C. Modulation of cortical activity during different imitative behaviors. *Journal of Neurophysiology*, 89, pp460-471, 2003.
- 熊谷英夫, 門間正彦, 塚本信宏, 関根紀夫, 鷺田孝保. Mental rotation 時の functional MRI の試み. 茨城県立医療大学紀要, 6, pp107-111, 2001.
- McCullagh, P., and Weiss, M. Modeling: considerations for motor skill performance and psychological responses. In R.N. Singer, H.A. Hausenblas, and C.M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology*. New York: John Wiley and Sons, pp. 205-238, 2001.
- 宮谷真人, 永野真紀子, 文字の心的回転にともなう事象関連脳電位の変化. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 第三部, 51, pp187-194, 2002.
- 内藤栄一, 12章ヒトの脳機能の研究: イメージング技術 (PET, fMRI). 松波謙一, 内藤栄一共著, 最新運動と脳 体を動かす脳のメカニズム. サイエンス社, pp169-174.
- Press, C., Ray, E., and Heyes, C. Imitation of lateralized body movements: doing it the hard way. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 14, pp515-527, 2009.
- Riečanský, I., and Katina, S. Induced EEG alpha oscillations are related to mental rotation ability: the evidence for neural efficiency and serial processing. *Neuroscience Letters*, 482, pp133-136, 2010.
- Roshall, S.M. Film-mediated learning with varying representation of the task: viewing angle, portrayal of demonstration, motion and student participation. In A.A. Lumsdaine (Ed.), *Student responses in programmed instruction*. Washington, DC: National Academy of Sciences--National Research Council, pp155-175, 1961.
- Shepard, R.N., and Metzler, J. Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, pp701-793, 1971.
- Williams, J.G. Motoric modeling: theory and research. *Journal of Human Movement Studies*, 24, pp234-279, 1993.
- Wulf, G., Shea, C., and Lewthwaite, R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical Education*, 44, pp75-84, 2009.
- Zacks, J., Rypma, B., Gabrieli, J.D.E., Tversky, B., and Glover, G.H. Imaged transformations of bodies: an fMRI investigation. *Neuropsychologia*, 37, pp1029-1040, 1999.