

# 心的回転過程の検討 – 反応時間と誤反応率を用いて –

金森 庸浩

独立行政法人産業技術総合研究所  
人間福祉医工学研究部門

n.kanamori@aist.go.jp

武田 裕司

独立行政法人産業技術総合研究所  
人間福祉医工学研究部門

yuji-takeda@aist.go.jp

In this study, we examined the mental rotation process in three directions of rotation (horizontal, vertical, and plane rotation) by using a simultaneous presentation procedure. Two cube-objects were presented in the display simultaneously, and participants were required to respond whether those objects were identical or reflected. Overall, the performance of normal-mirror judgment declined with increasing angle throughout 0° to 180° in the plane rotation condition. In the depth rotation conditions (i.e., horizontal and vertical), however, the performance for 180° rotation was not worse than that for 120° rotation. These results indicate that the mental process in depth rotation is different from that in plane rotation. Furthermore, the mental process in depth rotation would not be explained by continuous rotation manner. These findings are inconsistent with the previous studies suggesting the continuous rotation process (e.g., Shepard & Metzler, 1971).

Keywords: mental rotation, plane rotation, depth rotation, sequential presentation, simultaneous presentation.

## 序論

Shepard & Metzler (1971)は、心的表象の操作は回転方向(例えば垂直軸回転や平面回転)に依存せず、一定の速度で連続的に行われると報告している。しかし、その後の研究において、心的回転の速度は回転方向によって変化するという結果も報告されている(Parsons, 1987)。さらに、金森・八木(2003)は、平面回転では角度差の増加に伴ってほぼ線形な反応時間の増加が認められるが、奥行回転(垂直軸回転および水平軸回転)では角度差180度条件の反応時間が角度差120度条件の反応時間よりも短くなると報告している。この結果は、奥行回転において心的表象の操作が連続的ではない可能性を示している。そこで本研究では、奥行方向の心的回転の非連続的特性が一般化されうるかを検討した。

Shepard and Metzler (1971)に代表される一般的な心的回転の研究では、比較されるべき2つの物体が同時に呈示される同時呈示手続を用いているのに対し、金森・八木(2003)では系列的に呈示する継時呈示手続が用いられていた。継時呈示手続では先行呈示された物体の記憶過程が深く関与しており、金森・八木(2003)の結果は、過去の研究と直接的に比較することはできない。そこで、本研究では、同時呈示手続を用いて、心的回転における3種類の回転方向(平面回転、水平軸回転、垂直軸回転)の心的回転過程における相違について再度検討することを目的とした。

## 実験1

本実験は、同時呈示手続を用いて回転方向による心的回転特性の差異を検討する目的で行われた。

## 方法

**被験者** 被験者は大学生16名(男性11名、女性5名)であった。すべての被験者は健常な視力を有していた。

**装置および刺激** パーソナルコンピュータ(EPSON DIRECT Pro2000)およびMatlab 6.5 + Psychophysics Toolbox extensionを用いて刺激の呈示を行った。刺激として、2箇所の関節部位をもって10個の立方体を結合した5種類のcube objectを用いた(Shepard & Metzler, 1971)。各cube objectに対し、3種類の軸(水平軸、平面、垂直軸)における60度刻みの角度の画像が作成された。さらに刺激呈示時にはcube objectに赤色の回転軸が付加されていた。刺激の大きさは視角縦横2.5度以内(平均2.3度)であった。

**実験手続** 各試行において2つのcube objectが画面中央を挟んで左右に同時呈示された。被験者は2つのcube objectを比較し、正像(normal image)か、鏡像(mirror image)かをキー押しで反応するよう求められた。2つの刺激は、被験者が反応するまで呈示されていた。

被験者は、水平軸回転条件、平面回転条件、垂直軸回転条件の3種類の回転条件について課題を遂行した。これらの条件はブロックごとに行われた。各ブロックとも練習試行を行ったのち、本試行を行った。本試行は計360試行が行われた。また、物体の回転角度は0度から300度まで6つあり、ブロック内でランダムな順に呈示された。

## 結果および考察

2名の被験者の課題成績がチャンスレベルであったため、それらを除外して分析を行った。また、本実験では6種類の角度差で刺激が呈示されたが、回転軸に対して時計回り、反時計回りを平均し、0、60、120、180度の4水準として反応時間および誤反応率を検討した。

Figure 1に本実験の反応時間、Figure 2に本実験の誤反応率を示す。反応時間について、回転方向(3) × 回転角度(4)の分散分析を行ったところ、回転角度と回転方向の主効果およびそれらの交互作用が認められた( $ps < .05$ )。また、誤反応率についても反応時間と同様の分散分析を行ったところ、回転角度と回転方向の主効果およびそれらの交互作用が認められた( $ps < .05$ )。

本実験の結果，水平軸回転における角度差×反応時間の関数がほぼ線形に増加しており，また，平面回転においては角度差120度条件から180度条件にかけて反応時間の増加が認められなかった．これらの結果は，心的回転の特性が回転軸によって異なることは示しているものの，平面回転では角度差の増加に伴って反応時間が線形に増加し，水平軸回転では線形にならないという金森・八木 (2003)の結果とは明らかに異なっている．しかし，本実験の結果は速度と正確さのトレードオフに起因している可能性が考えられる．特に平面回転では，角度差180度条件で誤反応率の顕著な増加を示しており，本実験の結果のみで心的回転特性を議論するのは困難であると考えられる．そこで実験2では刺激を短時間呈示し，誤反応率を指標として検討した．

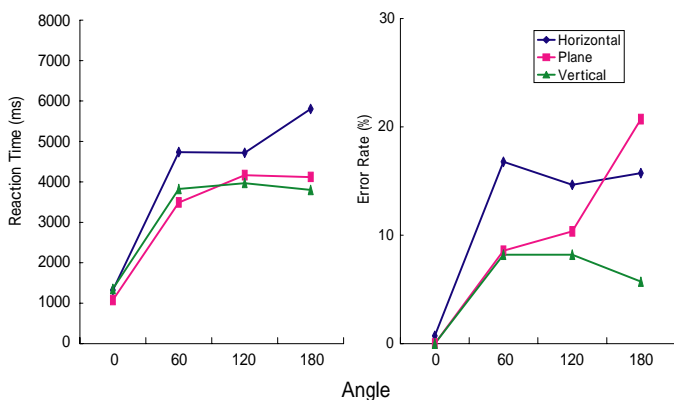


Figure 1. The results in Experiment 1. The left panel indicates reaction times (ms), and the right panel indicates error rates (%).

## 実験2

実験2では刺激を短時間呈示し，誤反応率を指標として検討した

### 方法

**被験者** 被験者は大学生26名(男性，女性)であった．すべての被験者は健康な視力を有していた．

**装置および刺激** 実験1と同様の物体を用いた．回転角度は30度刻みで180度まで作成された．

**実験手続** 同時に2つの刺激が1500 ms間呈示された．その後，「normal or mirror?」というメッセージが出現し，被験者はそれらが正像か鏡像かの選択反応が求められた．被験者には，早く反応するのではなく，正確に行うように教示した．

### 結果および考察

6名の被験者の課題成績がチャンスレベルであったため，それらを除外して分析を行った．

Figure 3に本実験における誤反応率を示す．回転方向(3) × 回転角度(6)の分散分析を行ったところ，回転角度の主効果( $p < .001$ )および回転方向と回転角度の交互作用( $p < .05$ )が見られた．本実験の平面回転条件では，0度から180度に至るまで角度差の増加に伴って誤反応率の増加が認められた．この結果は，角度差の増

加に伴って反応時間がほぼ線形に増加するという金森・八木 (2003)の結果と一致しており，継時呈示手続と同時呈示手続で同様の心的回転が行われていたことを示唆している．一方，水平軸回転および垂直軸回転においては角度差120度条件と角度差180度条件間の誤反応率の差は有意ではないものの，金森・八木 (2003)と同様に，角度差180度条件で成績が向上する傾向が見られた．これらの結果は，継時呈示手続と同様に同時呈示手続においても回転方向によって心的過程が異なることが示された．

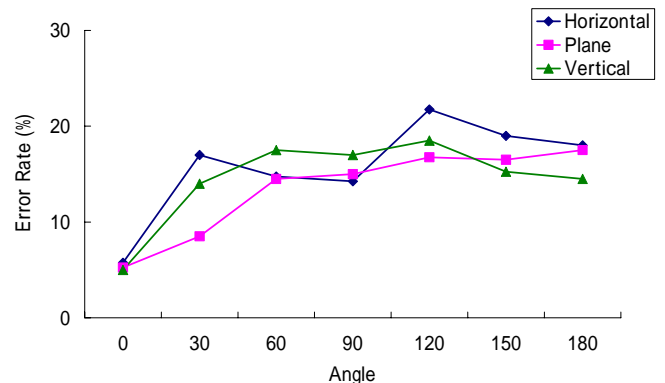


Figure 2. The results in Experiment 2.

## 総合論議

本研究は，継時呈示手続において認められている回転方向による心的回転過程の差異が同時呈示手続においても認められるかを確認する目的で行われた．反応時間を指標とした実験1では，継時手続での結果とは異なる傾向が認められた．しかし，誤反応率を指標とした実験2では，継時呈示手続と同様に，平面回転条件では連続的な心的回転過程を支持する結果が，奥行回転条件(水平軸回転および垂直軸回転)では連続性を仮定できない結果が得られた．このことから，実験1の結果は速度と正確さのトレードオフを反映していたものと考えられる．

金森・八木 (2003)および本実験の結果は，奥行回転条件の心的過程が単純な連続的回転では説明できないことを示している．奥行回転がどのように行われているのかを知ることは，従来から用いられてきた反応時間や誤反応率と角度差との関数のみでは困難であると思われる．新しいパラダイムの提案が必要不可欠である．

## 引用文献

- 金森 庸浩・八木 昭宏 2003 3次元物体の心的回転とブライミング効果. *Technical Report on Attention and Cognition*, No. 10.
- Parsons, M. 1987 Visual discrimination of abstract mirror-reflected three-dimensional objects at many orientations. *Perception & Psychophysics*, 42, 49-59.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 191, 952-954.