回転および歪曲変換が知覚プライミングに及ぼす効果¹

東京女子大学 今井久登²・株式会社東洋情報システム 油谷実紀³・東京大学 高野陽太郎

Effects of rotation and distortion on perceptual priming

Hisato Imai (Department of Psychology, College of Arts and Sciences, Tokyo Woman's Christian University, Zempukuji, Suganami-ku, Tokyo 167-8585), Miki Yutani (Toyo Information Systems Co., Ltd., Shinkawa, Chuo-ku, Tokyo 104-0033) and Yohtaro Takano (Department of Psychology, Graduate School of Humanities and Sociology, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033)

We conducted two experiments to specify the properties of the representation underlying perceptual priming. We transformed a particular property of stimuli between study and test. We used novel stimuli to eliminate contamination by semantic memory. They were rotated by 0°, 90°, or 180° in Experiment 1 and were distorted horizontally in Experiment 2. These transformations were chosen for topological structures of stimuli to be kept unchanged. In Experiment 1 the priming effect of the rotated stimuli was smaller than that of the identical ones. The rotational angles had no effect. More surprisingly, the horizontally distorted stimuli showed the same amount of priming as the identical ones in Experiment 2. In contrast, recognition performance of the rotated or horizontally distorted stimuli was lower than that of the identical ones. Statistical independence between priming and recognition was found in both experiments. Thus, recognition was statistically and functionally independent of priming. These results suggest that the priming representation encodes both orientation-independent and orientation-dependent information, and that the global topological structure is critical for priming.

Key words: perceptual priming, transformation, rotation, distortion, topological structure.

本論文の目的は、知覚プライミング (perceptual priming) を生み出す記憶表象の性質を明らかにすることである。本論文では、便宜上、この表象をプライミング表象と呼ぶ⁴。

近年、プライミングが生じるためにはどのような情報が重要なのかを明らかにするために、変換パラダイムを用いた研究が行われている (たとえば Biederman & Cooper, 1991a, 1991b, 1992; Biederman &

Gerhardstein, 1993; L. A. Cooper, Schacter, Ballesteros, & Moore, 1992; Srinivas, 1993, 1995)。変換パラダイムとは、学習とテストとの間で大きさや方位などといった刺激の物理特性の一部を変換し、変換しなかった場合に比べてプライミングや再認の成績がどのように変化するかを調べる方法である。そして、変換によってプライミングの大きさが減少したならプライミング表象は変換した情報を符号化しており、変換によってプライミングの大きさが変化しなかったなら変換した情報を符号化していないと考えられる (Cooper & Schacter, 1992; L. A. Cooper et al., 1992)。

L. A. Cooper et al. (1992) は、3次元立体の線画を鏡映反転する実験を行った。プライミング課題は、瞬間呈示された刺激が3次元立体として可能な図形か不可能な図形かを判断する課題であった (図形判断課題 object decision task)。顕在記憶課題は単一項目再認 (yes-no recognition task) であり、被験者は図形の形にだけ注目して判断するよう教示された。その結果、可能図形の場合、鏡映反転によって再認課題の成績は低下したものの、プライミング課題の成績は低下しなかった。不可能図形の場合、変換の有無によらず、プライミングはみられなかった。この結果は、可能図形の左右方向の情報を再認の記憶表象は符号化しており、プライミング表象は符号化していないことを示している。自然物体を鏡映反転した場合も同様であった。

¹ 本論文の実験のうち、実験1は1994年の日本心理学会第58回大会で、実験2は1993年の日本心理学会第57回大会で、それぞれ報告された。

² 本研究は、今井久登が東京大学大学院在籍中に実施された。

³ 本研究は、油谷実紀が東京大学大学院在学中に実施された。

⁴ “プライミング表象”という呼び方は、顕在記憶の表象とは異なる記憶表象が存在していることを主張しているとの誤解を与えるかもしれない。周知のように、プライミングが顕在記憶と異なる記憶システムによって生じるのか (システム説。たとえば Hayman & Tulving, 1989; Squire, 1987; Tulving & Schacter, 1990)、それとも同じ記憶表象に対して異なる処理がなされるために生じるのか (処理説。たとえば Jacoby, 1983; Roediger & Srinivas, 1993) については、広く議論がなされている。本研究は、これらの説のいずれが妥当なのかを検証することが目的ではないので、プライミングを生み出す記憶表象が顕在記憶と同じか違うかには関係なく、単に便宜上プライミング表象と呼ぶこととする。なお、プライミング表象と顕在記憶の表象との関係については、本研究の結果を踏まえて全体的考察で述べる。

(Biederman & Cooper, 1991a). 鏡映反転以外にも、自然物体 (Biederman & Cooper, 1992) や新奇図形 (L. A. Cooper et al., 1992) の大きさの変換、呈示位置の変換 (Biederman & Cooper, 1991a)、視点の変換 (Srinivas, 1995) などが調べられており、いずれも変換後にプライミングがみられるという結果であった。

しかし、これらの研究にはいくつかの問題が残されている。第一に、自然物体を刺激とした実験の場合、学習段階で生成された知覚表象だけではなく、実験以前から被験者がもっている意味記憶や物体の典型的な形態の記憶の影響を受けている可能性がある。たとえば Treisman (1992) は、形態の記憶は“物体タイプ (object type)”と“物体トークン (object token)”の2種類の情報からなると主張している。物体タイプは物体の典型的な形態 (例：ピアノの典型的なかたち) を指し、物体トークンは個々の物体の個別的な形態 (例：この特定のピアノのかたち) を指す。この主張が妥当なら、自然物体に対するプライミングの場合、物体トークンだけではなく物体タイプも関与している可能性がある。この場合、学習時に生成されたプライミング表象による知覚プライミングだけではなく、意味的あるいは概念的なプライミングも同時に生じてことになる。第二の問題は、新奇図形を刺激とした実験の場合、プライミング課題が必ずしも適切ではないという点である。たとえば図形判断課題では、瞬間呈示された刺激が可能図形か不可能図形かを判断するという2値的判断 (binary decision) をしなければならない。この判断の際に、旧項目を“可能図形である”と判断するバイアスがかかると批判されている (McKoon & Ratcliff, 1995; Ratcliff & McKoon, 1995)。したがって、変換パラダイムを用いた実験において2値的判断を含むプライミング課題を課した場合、たとえば変換条件と無変換条件の間で2値的判断の基準が異なったり、いずれかの条件のみでバイアスがかかったりする恐れがある。

本研究では、上記の問題点を踏まえ、次の3点の改善を行った。第一に、意味記憶の影響を排除するため、新奇図形を刺激として用いた。これは、 3×3 の

Figure 1. Stimulus examples in Experiment 1: (a) A stimulus example; (b) A stimulus example in 90° rotated condition, which was obtained by rotating (a) through 90° clockwise; (c) A stimulus example in 180° rotated condition, which was obtained by rotating (a) through 180° ; (d) The mask stimulus presented at the priming phase.

ドット・マトリクスを5本の線分で結んだ図形であり (Figure 1(a)), Musen (1991) や Musen & Treisman (1990) が用いたのと同様の刺激である。第二に、プライミング課題として知覚同定課題を用いた。知覚同定課題は2値的判断の過程を含まないので、条件間で異なる判断基準を取ったり、特定の方向へバイアスがかかったりする恐れが少ないと考えられる。第三に、変換後にプライミングがみられるか否かだけでなく、変換後のプライミングの大きさにも注目した。(a)変換後のプライミングの大きさが変換しなかった場合と同じであるなら、変換した情報はプライミングにまったく影響を及ぼさなかったことから、プライミング表象は変換した情報を符号化していないと考えられる。(b)変換後のプライミングの大きさが変換しなかった場合に比べて小さかったなら、プライミング表象は変換によって失われた情報と変換によって失われなかった情報の両者を符号化していると考えられる。なぜなら、変換によって失われなかった情報によってプライミングが生じ、変換によって情報が失われたためにプライミングの大きさが減少したと考えられるからである。(c)変換後にプライミングが完全に消失したとすれば、プライミング表象は変換した情報を符号化しており、かつその情報がプライミングには重要であると考えられる⁵。

では、プライミング表象の性質を明らかにするにはどのような変換を行えばよいだろうか。刺激の物理特性の変換は原理的には無数にあるので、可能な変換を次々とつくしてゆくのは適切ではない。筆者らは、適応的な意義あるいは生態学的妥当性の観点から、用いる変換を決定すべきであると考えた。そこで、知覚プライミングが知覚と記憶の接点となる現象であること (Schacter, Delaney, & Merikle, 1990) を考慮し、視知覚の適応的な意義として、視点非依存性 (viewpoint invariance) に注目した。たとえば Treisman (1992) は、過去に知覚した物体を再び知覚する (re-perceive) 場合、過去に知覚した際に生成された表象を利用することで知覚的な処理が効率化されており、これが知覚プライミングとして現れていると主張している。再び知覚する際の処理を効率化するためには、物体を異なる視点からみた場合にも同一の物体であると同定できなければ適応的ではなく、この意味で視点

⁵ これらの仮定が成り立つためには、変換した場合も変換しなかった場合も、プライミング表象がもっているすべての情報が等しくプライミング課題に寄与しているという前提が必要である。少なくとも本研究の場合には、学習段階でもプライミング段階でも、変換条件と無変換条件に対して異なる処理がなされているとは考えにくく、この前提は妥当であろうと思われる。ただし、プライミング表象がもっているすべての情報が等しくプライミング課題に反映していることを検討するためには、プライミング課題に関する詳細な課題分析が必要であろう。

非依存性は生態学的にきわめて重要である。さらに、多くの場合、視点が変化しても物体のもつ特徴がどのように配置されているかという構造情報は維持されている。そこで本研究では、前額平行面内で物体の構造情報が維持される変換として、実験1では前額平行面内での回転変換を、実験2では水平方向への歪曲変換を取り上げた。

実験1：回転変換

回転変換がプライミングに及ぼす効果を調べた実験として、たとえば Biederman & Gerhardstein (1993) は、自然物体の線画を垂直軸まわりに奥行き回転し、奥行き回転した場合にも回転しなかった場合と同じ大きさのプライミングがみられることを見いだした。これに対して Srinivas (1995) は、自然物体の写真を奥行き回転し、回転角度が大きい場合や回転によって刺激の一部が遮蔽される場合にはプライミングがみられないことを見いだした。新奇立体の写真を奥行き回転した実験では、回転角度の大きさや遮蔽の有無によらず、プライミングはみられなかった。このように、奥行き回転の場合、用いる刺激や回転角度、遮蔽の有無などの影響が大きく、一貫した結果が得られていない。さらに、奥行き回転では方位以外の情報も変化するため、垂直軸まわりの奥行き回転と前額平行面内の回転とは異なる変換である。

回転と類似した前額平行面内の変換として、鏡映反転を行った研究がみられる (Biederman & Cooper, 1991a; L. A. Cooper et al., 1992)。これらの研究では、自然物体を刺激とした場合にも新奇図形を刺激とした場合にも、変換しなかった場合と同じ大きさのプライミングがみられている。しかし、鏡映反転では刺激の垂直軸方向の情報が変化しないため、プライミング表象が方位情報をもっているか否かは明らかにできない。

そこで実験1では、プライミング表象が方位情報を符号化しているか否かを明らかにするために、前額平行面内で刺激を時計まわりに0度・90度・180度のいずれかの角度に回転させた。これらの角度に回転させた場合、本実験で用いた刺激の見かけは変化しないため、ドット間を結ぶ線分の配置以外には刺激を同定する手がかりがないという利点がある。

方法

実験計画 独立変数は、学習-テスト間の刺激の関係 (旧項目同一条件・旧項目回転条件・新項目条件) と、回転角度 (90度・180度) の2要因であり、前者は被験者内要因、後者は被験者間要因であった。従属測定はプライミング課題と再認課題の二つであった。

被験者 被験者は、東京大学および東京女子大学の学生・大学院生30名であり、15名ずつランダムにそ

れぞれの回転角度の条件に割り当てられた。

装置 実験装置はパーソナル・コンピュータ (NEC PC-9801RA) とディスプレイ (EPSON CR-4000) であった。

刺激 刺激は3×3の正方形のマトリクス状に配置されたドットを5本の線分で結んだ図形であった (Figure 1(a))。刺激作成の手順は以下のとおりであった。最初に、パーソナル・コンピュータを用いて10000個の図形を生成した。次に、以下の条件にあてはまる図形を排除して、1445個の図形を選出した。(a) 上下または左右対称の図形、(b) 回転や鏡映反転によって一致する図形、(c) 垂直・水平・斜め線分のいずれかが1本も含まれていない図形、(d) すべての線分が中心のドットから伸びている図形。次に、図形に対して言語ラベルを付けたり有意味図形と連合させるなどの記憶方略を防ぐため、実験の被験者以外の大学生7名に1445個の図形のイメージしやすさを評定させ、評定値が低かった図形490個を実験に使用した。この490個のうち、460個を本実験で使用し、残りの30個は練習試行およびフィラー試行で使用した (詳細は手続きの項に記述する)。さらに、460個のうち、240個を再認課題のディストラクタに、100個を閾値決定段階に、残りの120個を各実験条件に (旧項目同一条件40個・旧項目回転条件40個・新項目条件40個)、それぞれランダムに割り当てた。

刺激の観察距離は68.7 cmであり、視角は約4度であった。旧項目回転条件では、学習段階で呈示された刺激を、プライミング段階および再認段階では90度または180度時計まわりに回転して呈示した (Figure 1(b), 1(c))。

手続き 被験者は個別に実験を受けた。被験者には、実験の目的は図形の標準化であると教示した。実験は、閾値決定段階・学習段階・プライミング段階・再認段階の4段階からなり、所要時間は約70分から90分であった。

(a) 閾値決定段階。最初の閾値決定段階では、プライミング課題での天井効果や床効果を防ぎ、各被験者の成績のベース・ラインを約50%にそろえるため、プライミング段階での刺激の呈示時間を被験者ごとに決定した。各試行の手順は次のとおりであった。最初に合図としてトーン刺激が呈示され、続いて注視点が呈示された。注視点消失後、刺激が1個呈示された。刺激の呈示時間については後述する。刺激消失後、ただちにマスク刺激が呈示された。マスク刺激は9個のドットすべてを線分で結んだ図形であり (Figure 1(d))、呈示時間は531 msであった⁶。マスク刺激消

⁶ 本研究では、垂直周期が17.7 msのディスプレイを用いて刺激を呈示したので、実験ではこの周期と同期した呈示時間を用いた。

失後、ただちにトーン刺激が呈示された。被験者は、このトーン刺激が呈示されるまでディスプレイから目を離してはいけないと教示された。トーン刺激の呈示後、被験者は、3×3のドットだけが印刷された回答用紙に線分を書き加え、呈示された図形を再現した。

閾値決定段階の手続きは極限法の下降系列に類似したものであり、3ブロックから構成された。最初のブロックでは20試行の練習試行を行った。このブロックの呈示時間は850 msであった。次のブロックでは、呈示時間を粗く決定するために、ある呈示時間の試行を2試行続けて行った。このブロックの呈示時間は、練習試行と同じ850 msから開始し、被験者が1試行以上正しく図形を完成できた場合には、呈示時間を106 msずつ短くしてこのブロックを繰り返した。もしも2試行とも正しく完成できなかった場合には、このブロックを終了して最後のブロックに移った。最後のブロックでは、呈示時間を細かく決定するために、ある呈示時間の試行を5試行続けて行った。このブロックでは、先のブロックの最後の呈示時間よりも106 ms長い呈示時間から開始し、被験者が3試行以上正しく図形を完成できた場合には、呈示時間を17 msずつ短くしてこのブロックを繰り返した。もしも3試行以上正しく完成できなかった場合には、このブロックを終了し、この時の呈示時間をプライミング段階での呈示時間とした。もしも被験者が5試行とも正しく完成できなかった場合には、最後の呈示時間よりも17 ms長い呈示時間をプライミング段階での呈示時間とした。

(b)学習段階。学習段階では、旧項目同一条件40個と旧項目回転条件40個の合計80個の刺激をランダム順に呈示した。偶発学習課題として、被験者には、刺激のイメージしやすさを5段階で評定するよう教示した。各試行の手順は以下のとおりであった。最初に合図としてトーン刺激が呈示され、続いて注視点が呈示された。注視点消失後、刺激が5秒間呈示された。刺激消失の7秒後に再びトーン刺激が呈示された。被験者には、このトーン刺激が呈示されるまで、先に呈示された刺激をイメージし続けるように教示した。トーン刺激の呈示後、被験者は口頭で評定値を答えた。

(c)プライミング段階。学習段階に引き続いて、ただちにプライミング段階を行った。被験者には、図形の見えやすさを標準化するための段階であると教示し、旧項目同一条件・旧項目回転条件・新項目条件それぞれ40個、合計120個の刺激をランダム順に呈示した。加えて、被験者を課題に馴致させるため、最初に10試行のフィラー試行を挿入した。したがって、プライミング段階は全部で130試行であった。各試行の手順は呈示時間を除いて閾値決定段階と同様であり、以下のとおりであった。合図のトーン刺激に続いて注視点が呈示され、続いて刺激が1個呈示された。

刺激の呈示時間は閾値決定段階で被験者ごとに決定した呈示時間であった。刺激消失後、マスク刺激が531 ms呈示された。マスク刺激消失後、ただちにトーン刺激が呈示された。被験者は、このトーン刺激が呈示されるまでディスプレイから目を離してはいけないと教示された。トーン刺激の呈示後、被験者は、3×3のドットだけが印刷された回答用紙に線分を書き加え、呈示された図形を再現した。

(d)再認段階。プライミング段階に引き続いて、ただちに4肢強制選択による再認段階を行った。再認段階は、旧項目同一条件40試行と旧項目回転条件40試行の合計80試行であり、これをランダム順で行った。各試行の手順は以下のとおりであった。最初に注視点が呈示され、続いて、旧項目の刺激1個とディストラクタ3個の合計4個の刺激が、2×2のマトリクス状に同時呈示された。旧項目の位置は試行ごとにランダム化された。被験者は、これらの中から学習段階で呈示されたと思うものを選び、口頭で答えるように教示された。さらに、90度または180度回転すると学習段階で呈示された刺激と一致するような刺激も旧項目として扱うよう教示された。

結果

プライミング課題 被験者の回答のうち、5本の線分すべてを正しく完成できた場合だけを正答とし、それ以外の回答はすべて誤答とした。そして、旧項目同一条件および旧項目回転条件の正答率と新項目条件の正答率の差をプライミングとした (Figure 2(a))⁷。

Figure 2. Results of Experiment 1. The left panel (a) represents the results of the priming task. The data of 90° identical condition and that of 180° identical condition were averaged in this panel (see also Footnote 7). Error bars indicate standard deviations. The right panel (b) shows the results of the recognition task. Error bars indicate standard deviations and the dotted line represents the chance level of 25% (The data of 90° identical condition and that of 180° identical condition were averaged in this panel as well).

その結果、同一条件だけではなく回転条件にもプライミングがみられた。ただし、回転条件のプライミングは同一条件よりも小さかった。また、90度回転条件でも180度回転条件でも同程度のプライミングがみられており、回転角度はプライミングに影響を及ぼさないという結果であった。

統計検定の結果もこれを裏づけている。2要因分散分析の結果、学習-テスト間の刺激の関係の要因だけが有意であり ($F[2, 56]=21.8, p<.001$)、回転角度の要因および交互作用は有意ではなかった。刺激の関係の要因について Tukey の HSD 検定で多重比較を行ったところ、すべての条件間の差が有意であった (旧項目同一条件と新項目条件の差, $HSD=0.11, p<.01$; 旧項目回転条件と新項目条件の差, $HSD=0.04, p<.05$; 旧項目同一条件と旧項目回転条件の差, $HSD=0.07, p<.01$)。

再認課題 再認課題は4肢強制選択なので、ヒット率だけを分析した。その結果、同一条件のヒット率のほうが回転条件よりも高かった (Figure 2(b))。また、90度回転条件の成績のほうが180度回転条件よりもややよかった。

2要因分散分析の結果、学習-テスト間の刺激の関係の要因だけが有意であり ($F[1, 28]=4.53, p<.05$)、回転角度の要因および交互作用は有意でなかった。さらに、各条件のヒット率とチャンス・レベルとの差を t 検定で検定したところ、180度回転条件以外のすべての条件でチャンス・レベルよりも有意に成績が良かった (90度同一条件, $t[14]=5.05, p<.001$; 90度回転条件, $t[14]=4.20, p<.001$; 180度同一条件, $t[14]=5.11, p<.001$; 180度回転条件, $t[14]=2.12, ns$)。

統計的独立性 プライミング課題と再認課題の統計的独立性に関して、Yule の Q を指標とし、 χ^2 検定を用いて統計検定を行った (Hayman & Tulving, 1989)。また、旧項目同一条件と旧項目回転条件は被験者内要因なので、結果をプールして分析した。その結果、Yule の Q の値は、90度条件で .05、180度条件で .05 であった。また、 χ^2 検定の結果、いずれの値も有意ではなかった (90度条件, $\chi^2[1, N=15]=0.79, ns$; 180度条件, $\chi^2[1, N=15]=0.76, ns$)。

この検定は、統計的従属の検定において帰無仮説が棄却できないことに基づいているが、帰無仮説から統計的独立性を結論することには批判がなされている (Howe, Rabinowitz, & Grant, 1993)。そこで、上記の χ^2 検定における検定力を、GPOWER (Buchner,

Faul, & Erdfelder, 1996; Erdfelder, Faul, & Buchner, 1996) を用いて検討した。その結果、 χ^2 検定の検定力は、90度条件で .86、180度条件で .84 であった。実証的な研究においてどの程度の検定力が必要であるかについての合意はなされていないが、.80 が一つの目安と考えられており (Cohen, 1992)、これをもとにすると、統計的独立性の検定における検定力は十分であったといえるだろう。

考 察

プライミング課題の結果は以下のとおりであった。第一に、同一条件だけではなく回転条件でもプライミングがみられた。この結果は、プライミング表象が刺激の方位に依存しない情報を符号化していることを示している。第二に、回転条件のプライミングは、同一条件よりも小さかった。この結果は、プライミング表象は刺激の方位に依存する情報をも符号化していることを示している。これらの結果から、プライミング表象は、刺激の方位に依存する情報と方位に依存しない情報の両者を符号化していると結論できる。第三に、90度回転でも180度回転でもプライミングの大きさは同じであった。すなわち、回転角度はプライミングに影響を及ぼさなかった。これは、回転条件のプライミングは方位に依存しない情報だけによって生じると考えれば説明できる。なぜなら、方位に依存する情報は回転によって失われるので、回転角度と独立だと考えられるからである。

この結果は、情報タイプ理論 (information type theory: Takano, 1989) によって説明できる。情報タイプ理論では、物体認識において、向き拘束情報 (orientation-bound information) と向き自由情報 (orientation-free information) が利用されていると仮定している。向き拘束情報とは刺激の方向が変わると変化する情報であり、向き自由情報とは刺激の方向が変わっても変化しない情報である。実験1の結果は、情報タイプ理論によって次のように説明できる。同一条件の場合、向き自由情報と向き拘束情報の両者によってプライミングが生じる。これに対して、回転条件の場合、向き自由情報だけによってプライミングが生じるため、同一条件に比べてプライミングの大きさが減少する。さらに、向き自由情報は回転角度と独立なので、90度回転の場合も180度回転の場合もプライミングの大きさは変わらない。

再認課題については、回転条件よりも同一条件のヒット率のほうが高いという結果であり、鏡映反転したり大きさを変換したりした場合、変換しなかった場合に比べて再認成績が低下するという研究 (L. A. Cooper et al., 1992) と一致する。これらの結果は、顕在記憶課題は刺激の全体的な親近性に基づいて遂行されるので、刺激の大きさや方位といった、学習時の

7 回転角度の要因は被験者間要因だったので、実際には90度同一条件と180度同一条件のデータは別々に得られている。統計解析ではこれらのデータを別個に取り扱ったが、混乱を避けるため、Figure 2では、90度同一条件と180度同一条件の平均値だけを示した。

ユニークな特徴が再認課題に影響を与えるという主張 (E. E. Cooper, Biederman, & Hummel, 1992) を支持する。さらに、再認課題の結果は 90 度条件でも 180 度条件でもプライミング課題と統計的に独立であったことから、プライミング課題は頭在記憶による影響を受けていないと考えられる。

実験 2：水平方向への歪曲変換

実験 1 では、刺激図形を前額平行面内で回転させた。前額平行面内の回転では刺激の構成要素間の距離や線分の曲率などの情報は変化しないが、奥行き方向への回転ではこれらの情報は変化する。視点非依存性という観点に立つと、同一の図形を別の視点からみた場合でもプライミングが生じるほうが適応的であることから、知覚プライミングにおいては、構成要素間の距離や線分の曲率などの情報は重要でないと考えるのが妥当であろう。実験 2 ではこの可能性について検討した。

しかし、本研究の刺激を奥行き方向に回転させてもドットを結ぶ線分は直線のままであり、曲率が変化しない。このため、上の可能性を検討するためには、奥行き回転以外の変換を行う必要がある。そこで実験 2 では、刺激図形を前額平行面内で歪曲するという変換を行った (Figure 3(b))。もしもプライミング表象が刺激の構成要素間の距離や線分の曲率などの情報を符号化していないなら、図形を変換した場合にも変換しなかった場合と同じ大きさのプライミングがみられるだろうと予測される。

方法

実験計画 独立変数は、学習-テスト間の刺激の関係 (旧項目条件・新項目条件) と、歪曲変換の有無 (同一条件・歪曲条件) の 2 要因であり、前者は被験者内要因、後者は被験者間要因であった。従属測定は、実験 1 と同じく、プライミング課題と再認課題の二つであった。

被験者 被験者は東京大学の大学生 24 名であり、12 名ずつランダムに歪曲変換の有無の条件に割り当てられた。

装置 実験 1 同様、パーソナル・コンピュータ

Figure 3. Stimulus examples in Experiment 2: (a) A stimulus example; (b) A stimulus example in distorted condition, which was presented at the study phase.

(EPSON PC-386GS) とディスプレイ (SANYO CMT-A14HU) であった。

刺激 刺激は実験 1 と同様の新奇図形であり (Figure 3), 実験 1 と同様の手続きで 340 個を作成した。このうち、310 個の図形を本実験で使用し、残りの 30 個をフィラー試行で使用した。実験に使用した 310 個の刺激は、150 個を再認課題のディストラクタに、60 個を閾値決定段階に、残りの 100 個を各実験条件 (旧項目条件 50 個・新項目条件 50 個) に、それぞれランダムに割り当てた。

歪曲条件では、水平に歪曲した図形を学習段階で呈示した (Figure 3(b))⁸。刺激の観察距離や刺激の視角などの条件は実験 1 と同様であった。

手続き 実験 2 の手続きは、次の点を除いて実験 1 と同様であった。プライミング課題および再認課題を同一条件と歪曲条件でまったく同じ方法で行うため、歪曲条件では、歪曲した図形を学習段階で呈示し、歪曲していない図形をプライミング段階および再認段階で呈示した。実験 2 の所要時間は約 50 分であった。

結果

プライミング課題 分析方法は実験 1 と同様であった。その結果、同一条件だけではなく歪曲条件でもプライミングがみられた (Figure 4(a))。さらに、歪曲

Figure 4. Results of Experiment 2. The left panel (a) represents the result of the priming task and the right one (b) shows that of the recognition task. Error bars indicate standard deviations. The dotted line in (b) represents the chance level of 25%.

⁸ 歪曲変換の詳細は以下のとおりである。変換前の図形のドット間の距離を d とし、水平方向への歪曲の距離を l とする。この時、ある点の変換前の座標を (x, y) 、変換後の座標を (x', y') とすると、変換の関数は

$$x' = x - d \cdot \sin(\pi y / 2l),$$

$$y' = y$$

であった。なお、実験 2 における d および l の値は、 $d = 3.33$ 、 $l = 2$ であった。

条件におけるプライミングの大きさは、同一条件よりもやや小さいものの、ほぼ同程度であった。すなわち、歪曲変換はプライミングの大きさに強い影響を及ぼさなかった。

統計検定の結果もこれを裏づけている。2要因分散分析の結果、学習-テスト間の刺激の関係の要因だけが有意であり ($F[1, 22]=44.6, p<.001$)、歪曲変換の有無の要因および交互作用は有意でなかった。

再認課題 分析方法は、同一条件と歪曲条件の差を t 検定で検定したという点を除いて、実験1と同様であった。結果は Figure 4(b)のとおりであり、歪曲条件よりも同一条件のヒット率のほうが高かった。

統計検定の結果もこれを裏づけている。 t 検定の結果、同一条件と歪曲条件の差は有意であった ($t[11]=4.54, p<.001$)。また、 t 検定によってヒット率とチャンス・レベルとを比較したところ、両条件ともチャンス・レベルよりも有意に成績がよかった (同一条件, $t[11]=6.22, p<.001$; 歪曲条件, $t[11]=3.04, p<.05$)。

統計的独立性 課題間の独立性も実験1と同じ方法で分析した。その結果、Yuleの Q の値は、同一条件で-.02、歪曲条件で.07であった。 χ^2 検定の結果、いずれの値も有意ではなかった (同一条件, $\chi^2[1, N=12]=0.06, ns$; 歪曲条件, $\chi^2[1, N=12]=0.59, ns$)。

実験1と同様に χ^2 検定の検定力を調べたところ、同一条件で.06、歪曲条件で.54であり、統計的独立性の検定における検定力、特に同一条件の検定力が弱いという結果であった。これは、同一条件においても歪曲条件においても、得られた Q の値が小さかったためではないかと考えられる。すなわち実験2の統計的独立性の検定力は、プライミング課題と再認課題の間の弱い相関を検出するためには不十分であった。しかし、両条件における Yuleの Q の値が小さかったことを考えると、プライミング課題と再認課題の間に強い相関があるとは考えにくい。

考 察

歪曲条件のプライミングの大きさが同一条件と有意に異ならなかったという結果は、プライミング表象が、歪曲変換によって失われる情報、すなわち線分の曲率やドット間の距離などの情報を符号化していない可能性を示唆している。したがってプライミング表象は、この変換によって失われていない情報、すなわち刺激の特徴間の配置情報という構造的な情報を符号化しており、かつ、この情報がプライミングには重要であると推定できる。

他方、再認課題では、歪曲条件の成績のほうが同一条件よりも悪かった。この結果はプライミング課題と異なるものであり、歪曲変換がプライミングと再認に

対してそれぞれ別の効果を及ぼしていることを示している。すなわち、実験2の歪曲変換では、L. A. Cooper et al. (1992) と同様の機能的独立性がみられた。さらに、プライミング課題と再認課題の間には統計的な独立性もみられた。これらの事実は、プライミングと再認は異なった処理によって生じる現象であることを示唆している。

全体的考察

本論文では、プライミング表象の性質を明らかにするために、変換パラダイムを用いて二つの実験を行った。変換は、視点非依存性という適応的意義の観点から、特徴間の配置情報を維持する変換として、実験1では前額平行面内での回転、実験2では水平方向への歪曲変換を行った。その結果、回転させた刺激には、回転させなかった刺激よりも小さいプライミングがみられた (実験1)。これは、プライミング表象が方位に依存する情報と方位に依存しない情報の両者を符号化していることを示している。また、回転角度がプライミングの大きさに影響を及ぼさなかったことから、回転条件におけるプライミングは、回転角度とは無関係である方位独立の情報だけによって生じると考えられる。さらに、水平方向への歪曲変換を行った刺激には、歪曲しなかった刺激と同じ大きさのプライミングがみられた (実験2)。この結果は、歪曲変換によって失われる情報、すなわち線分の曲率や刺激の構成要素間の距離などといった情報がプライミングとは無関係であることを示唆している。したがって、プライミング表象は、これらの情報ではなく、刺激の中の特徴がどのように配置されているかという構造情報を符号化していると結論できる。

再認課題の結果はプライミング課題と異なり、変換した刺激に対する再認成績は変換しなかった場合よりも低かった (実験1・2)。この結果は、刺激の方位や線分の曲率、刺激の構成要素間の距離などといった情報を顕在記憶が表象していることを示している。これは、顕在記憶が学習時のユニークな特徴を表象しているという主張 (E. E. Cooper et al., 1992) と一致する。また実験2では、プライミング課題の成績は変換によっても低下せず、変換によって成績が低下するという再認課題の結果とは異なっていた (機能的独立性)。

顕在記憶方略の検討 実験1・2のほとんどの条件において再認課題のヒット率がチャンス・レベルよりも高かったこと、および、実験1では回転がプライミング課題と再認課題に対して同じ効果を及ぼしたことから、被験者が顕在記憶方略を用いてプライミング課題を遂行したという可能性も考えられる。しかし、以下の理由で、被験者が顕在記憶方略を用いた可能性は低い。第一の理由は、実験1・2において、課題間に統計的独立性がみられたことである。統計的独立性の

検定力は、実験1では十分に強かった。しかし実験2では検定力が弱く、帰無仮説を誤って採択した可能性がある。しかし、実験2でのYuleの Q の値はきわめて小さかったので、プライミング課題と再認課題との間に強い相関があると考えるのは妥当ではない。第二の理由は、実験2において、プライミング課題と再認課題の間に機能的独立性がみられたことである。実験1では、回転変換がプライミングと再認の両者に対して同じ効果をもっていたので、被験者が顕在記憶方略を用いたために両課題の結果が同じだったのか、それとも、回転変換が実際にプライミングと再認に対して同じ効果をもっていたのかを分離することができない。しかし、実験2では変換の効果がプライミングと再認で異なっており、被験者が顕在記憶方略を用いてプライミング課題を遂行したとは考えられない。本研究では、実験1でも実験2でも同じプライミング課題を用いているので、実験1の被験者だけが顕在記憶方略を用いたとは考えにくく、したがって、実験1でも実験2でも、被験者がプライミング課題で顕在記憶方略を用いた可能性は低いと結論できる。

変換方略の検討 次に、プライミング段階で呈示された刺激をいったん逆変換してから、学習段階で呈示された刺激の記憶とマッチングをするという方略について検討する。プライミング段階では刺激が瞬間呈示され、逆変換するほどの余裕がなかったことを考えると、被験者がこのような方略を用いた可能性も低い。本研究のプライミング課題では、閾値決定段階で被験者の成績のベース・ラインを約50%にそろえておいた。すなわち被験者は、呈示された刺激を十分に知覚できていない。このような知覚表象に対して、情報を失うことなく逆変換を行うことは困難である。したがって被験者は、プライミング課題において変換方略を用いてはいないと結論できるであろう。

プライミング表象と顕在記憶との関係 プライミングと顕在記憶との関係について、同じ記憶表象に対する異なった処理を仮定する処理説(Jacoby, 1983; Roediger & Srinivas, 1993)と、異なる記憶システムを仮定するシステム説(Hayman & Tulving, 1989; Squire, 1987; Tulving & Schacter, 1990)とが主張されている。システム説の立場にたつSchacter (1992)は、物理特徴を変換した後でもプライミングがみられるという知見、および変換がプライミングと再認に対して異なる効果を及ぼすという知見について独立した記憶システムを仮定するシステム説によって説明することはできるが、処理説によっては説明できないと主張している。なぜなら、変換をした場合としない場合とでは刺激に対する処理が異なるので、処理説では変換後のプライミングはみられないと予測されるからである。

本論文は、処理説とシステム説のいずれが妥当であ

るかを検証することが目的ではない。しかし、前節の議論にしたがえば、本研究の知見、すなわち、プライミング表象は物体の構造を表象し方位に依存する情報と方位に依存しない情報の両者を符号化しているということ、さらに、物理特徴の変換がプライミングと再認に対して異なる影響を及ぼすという結果は、処理説よりもシステム説と整合的な知見であるといえるであろう。

引用文献

- Biederman, I., & Cooper, E. E. 1991a Evidence for complete translational and reflectional invariance in visual object priming. *Perception*, **20**, 585-593.
- Biederman, I., & Cooper, E. E. 1991b Priming contour-deleted images: Evidence for intermediate representations in visual object recognition. *Cognitive Psychology*, **23**, 393-419.
- Biederman, I., & Cooper, E. E. 1992 Size invariance in visual object priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 121-133.
- Biederman, I., & Gerhardstein, P. C. 1993 Recognizing depth-rotated objects: Evidence and conditions for three-dimensional viewpoint invariance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **19**, 1162-1182.
- Buchner, A., Faul, F., & Erdfelder, E. 1996 GPOWER: A priori, post-hoc, and compromise power analysis for the Macintosh (Version 2.1) [Computer software]. Trier, Germany: University of Trier.
- Cohen, J. 1992 A power primer. *Psychological Bulletin*, **112**, 155-159.
- Cooper, E. E., Biederman, I., & Hummel, J. E. 1992 Metric invariance in object recognition: A review and further evidence. *Canadian Journal of Psychology*, **46**, 191-214.
- Cooper, L. A., & Schacter, D. L. 1992 Dissociations between structural and episodic representations of visual objects. *Current Directions in Psychological Science*, **1**, 141-146.
- Cooper, L. A., Schacter, D. L., Ballesteros, S., & Moore, C. 1992 Priming and recognition of transferred three-dimensional objects: Effects of size and reflection. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **18**, 43-57.
- Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. 1996 GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, **28**, 1-11.
- Hayman, C. A. G., & Tulving, E. 1989 Contingent dissociation between recognition and fragment completion: The method of triangulation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and*

- Cognition*, **15**, 228-240.
- Howe, M. L., Rabinowitz, F. M., & Grant, M. J. 1993 On measuring (in)dependence of cognitive processes. *Psychological Review*, **100**, 737-747.
- Jacoby, L. L. 1983 Remembering the data: Analyzing interactive processes in reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **22**, 485-508.
- McKoon, G., & Ratcliff, R. 1995 How should implicit memory phenomena be modeled? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **21**, 777-784.
- Musen, G. 1991 Effects of verbal labeling and exposure duration on implicit memory for visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **17**, 954-962.
- Musen, G., & Treisman, A. 1990 Implicit and explicit memory for visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **16**, 127-137.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. 1995 Bias in the priming of object decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **21**, 754-767.
- Roediger, H., III, & Srinivas, K. 1993 Specificity of operations in perceptual priming. In P. Graf & M. E. J. Masson (Eds.), *Implicit memory: New directions in cognition, development, and neuropsychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 17-48.
- Schacter, D. L. 1992 Understanding implicit memory: A cognitive neuroscience approach. *American Psychologist*, **47**, 559-569.
- Schacter, D. L., Delaney, S. M., & Merikle, E. P. 1990 Priming of nonverbal information and the nature of implicit memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. San Diego, CA: Academic Press. Pp. 83-123.
- Squire, L. R. 1987 *Memory and brain*. Oxford: Oxford University Press.
- Srinivas, K. 1993 Perceptual specificity in nonverbal priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **19**, 582-602.
- Srinivas, K. 1995 Representation of rotated objects in explicit and implicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **21**, 1019-1036.
- Takano, Y. 1989 Perception of rotated forms: A theory of information types. *Cognitive Psychology*, **21**, 1-59.
- Treisman, A. 1992 Perceiving and re-perceiving objects. *American Psychologist*, **47**, 862-875.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. 1990 Priming and human memory systems. *Science*, **247**, 301-306.

——1997. 1. 29 受稿, 1998. 11. 7 受理——