

## 垂直歪みを加えた線画における認知閾の測定

高橋 優

物体認知において視点の変化は大きな問題である。視点が変化することにより網膜に写る物体の像は大きく変化する。しかし、人間の視覚システムはこのような像の変化にも関わらず、すばやい物体の同定が可能である。

だからといって、我々の視覚認知が視点の変化によりまったく影響を受けないというわけではない。心的回転 (mental rotation) はそのよい例である。たとえば Shepard & Metzler (1971) では、3次元物体の2次元投影図の対の異同を図の傾きにかかわらず判断させたが、同じ対における平均正反応時間は図形間の傾きに比例して増加した。心的回転は異同判断だけでなく、物体を同定しその名前を発声反応によって報告する呼称課題 (naming task) においても、物体がはじめて提示される時に傾きに応じた反応時間の増加が報告されている (Jolicoeur, 1985)。

こうした結果は人間が視覚認知の際に用いる内的表象が、視点の変化の影響を受けるものという可能性を示唆する。傾きに伴う反応時間の増加は、入力された像をモデルと照合する際になされる、傾きに関する変換を反映したものと考えることができる。こうした視覚的表象を仮定する視覚認知モデルとして、たとえば Ullman (1989) のアラインメント法 (alignment method) が挙げられる。アラインメント法では入力像と候補のモデルの2次元画像とを照合する際に、像の変形を仮定している。

Jolicoeur (1992) は呼称課題を用いた心的回転の結果を踏まえて、二重システム理論 (dual-systems theory) を提案した。この理論では、心的回転システムと特徴依存システムの2つの処理系を仮定している。2つのシステムは並行して物体の同定を行い、先に処理が完了したほうの結果によって判断がなされる。物体をはじめて提示された場合には、入力像を回転して物体モデルとの照合を行う心的回転システムのほうが有効であるために、

こちらのシステムでの処理が先に完了する。このため、傾きに応じて反応時間が増加することになる。一方、同じ物体が前と同じ・異なる傾きで再び提示される場合は、物体の非偶然的特性 (nonaccidental property; Lowe, 1985) を利用した判断が可能となるため、回転などの処理を必要としない特徴依存システムによって判断が可能となる。結果、傾いた図形が提示されても傾きの効果が減少する。Jolicoeur のモデルは性質の異なる2つのシステムを仮定することにより、呼称課題を行う場合に心的回転が初見時にのみ見られることを説明した。

ところで、物体の2次元画像の変形という観点から見たときに、回転はその一部に過ぎない。本間と高橋はこのような変換の要素を包含する概念としてアフィン変換 (affine transformation) による変形を提起した (本間と高橋, 1993; 高橋と本間, 1993, 1996; 高橋, 1994, 1995a, 1995b, 1999)。アフィン変換は、回転、垂直歪み (vertical distortion)、剪断 (shear)、大きさの変化の4つの要素に分けることができる。垂直歪みとは、対象のアスペクト比を変化させる変形を、剪断とは長方形を平行四辺形のように斜めにつぶすような変形を指す。

大きさに関しては、Bundesen と Larsen らによるサイズレシオ効果に関する研究がある (Bundesen & Larsen, 1975; Bundesen, Larsen, & Farrell, 1981; Larsen, 1985)。Bundesen & Larsen (1975) は照合する図形間で大きさを操作し、大きさの差に応じて反応時間が変化することを報告した。また、Bundesen, Larsen, & Farrell (1981) や Larsen (1985) は大きさと回転が独立に反応時間に影響を与えていることを報告した。

一方、垂直歪みと剪断を加えた鏡映弁別でも、回転や大きさの場合と同様に加えた変形に応じて反応時間は増加した (高橋と本間, 1993; 本間と高橋, 1993)。さらに、垂直歪みは回転の要因を加えても垂直歪みについては交互作用が見られず、垂直歪みが回転とは独立に処理されている可能性が示唆された (高橋と本間, 1993)。また、垂直歪みを加えた線画の呼称課題では、物体が初めて呈示された時には歪みに応じて反応時間が増加する一方、同じ物体が後の試行に異なる垂直歪みの水準で呈示されても反応時間の増加は見られなかった (高橋, 1994)。この結果は回転や大きさを変形の要因とした呼称課題の結果と同様のものであり、垂直歪みに関する正規化の処理が回転のそれと同様のものであることを示唆している。

しかし、どれだけ回転しても線画の細部の見やすさは変化しないのに対

して、垂直歪みでは大きな変形を加えると細部がつぶれてしまう。こうした「つぶれ」の要因として、表示装置の解像度の問題がある<sup>(1)</sup>。CRTで刺激を表示する場合、画面上で刺激は画素に分解されて表示されるため、粗い表示となってしまう。

このため、垂直歪みによる反応時間の増加は、処理における負荷の増加ではなく、細部がつぶれて「見にくい」ために、物体の判別がつかないからである可能性がある。もしこれが反応時間の増加の原因であるならば、回転の場合とはまったく原因が異なることになり、回転と垂直歪みを対照してモデルを検討することができないことになる。

そこで、本研究では極限法により垂直歪みを加えた線画の認知閾を測定し、これまでの垂直歪みを加えた研究における刺激の妥当性を検討する。

## 方 法

**被験者** 視力・矯正視力の正常な大学生・大学院生 12 名を被験者とした。

**刺 激** 30 の線画を本試行の刺激として、5 の線画を練習試行の刺激として用いた。線画は、Snodgrass & Vanderwart (1980) が作成し西本と安田 (1982) が日本人を被験者として標準化したものから選択した。

これらの線画に対して、以下の式により変形を加えた。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2^v & 0 \\ 0 & 2^{-v} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

式中、 $(x', y')$  は変換後の図形の座標を、 $(x, y)$  は変換前の座標をあらわす。変換の結果、図形のアスペクト比は変化するものの、面積は変化しない。実験では  $v$  を 0.1 単位で変化させた。この式により変形された図形の例を図 1 に示す。

実験の制御および刺激の提示に MS-DOS のパーソナル・コンピュータを用いた。刺激は 17 インチのディスプレイ (NANA O 製 FlexScan 54T)

---

(1) もちろん、被験者の視力も解像度を考える上では問題となる。しかし、実験では視力もしくは矯正視力の正常な被験者を用いており、表示装置の解像度と比べたときに問題とはならないものと考ええる。

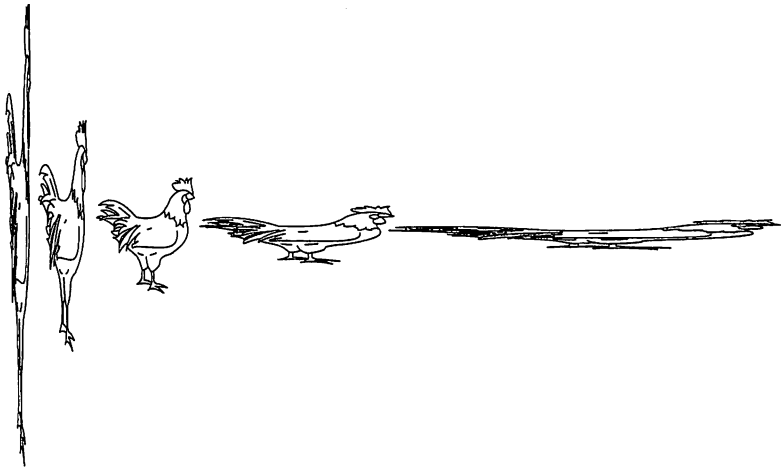


図1：変形された図形の例。図形は本試行で用いられたものの1つである。  
左より  $v = -2.0, -1.0, 0, 1.0, 2.0$  となる。

に表示された。刺激はパーソナル・コンピュータのCRT上に呈示された。刺激は  $v = 0$  のときに  $160 \times 125$  ピクセルを外枠として描かれた。CRTの表示の解像度は  $1024 \times 768$  ドットだった。

**手続き** 極限法を用いた。被験者は呈示された線画の同定を求められたが、各試行は、刺激が大きく変形した状態 ( $|v| = 2.3 \sim 2.6$ ) での提示から開始された。それが何であるかわからない場合、被験者はキー押下により  $v$  の絶対値の値を  $0.1$  ずつ小さくした。何であるかわかった場合は、その名前を報告してその試行を終了した。同定に際して時間制限は設けず、被験者ペースで実験は進められた。

実験は15試行の練習試行と、60試行の本試行より構成された。本試行は2ブロックとし、ブロックごとに30の線画が1度ずつ提示された。両ブロックとも  $v$  の値が正の線画と負の線画それぞれ15ずつとし、一方のブロックで正の値で提示された線画はもう一方のブロックでは負の値で提示された。また、線画ごとに見たときに正負の提示順序が偏らないよう、被験者間でバランスされた。

ブロックの間では休憩をとった。休憩の時間は被験者の任意であった。

## 結 果

誤 答 全 720 試行のうち、第 1 ブロックで 22 試行、第 2 ブロックで 18 試行の誤答があった。また、変形を受けていない状態 ( $v=0$ ) に至っても正しい判定がなされなかった試行が第 1 ブロックで 13 試行、第 2 ブロックで 5 試行あった。これに装置の誤操作のあった 4 試行の、合計 62 試行を除く 658 試行を以降の分析の対象とした。これは全体の 91%にあたる。

認知閾 表 1 は、正しく同定された試行について、認知閾の平均値と標準偏差をまとめたものである。

表 1：正答試行におけるブロックごとの認知閾 ( $v$ ) の平均値と標準偏差

	$v$ の正負	平均値	標準偏差
第 1 ブロック	正	0.92	0.43
	負	-0.82	0.40
第 2 ブロック	正	1.02	0.39
	負	-0.98	0.39

$v$  が負のものについては符号を逆転した上で、被験者×ブロック×正負の 3 要因の分散分析を行ったところ、被験者 ( $F(11,643)=26.27, p<.0001$ )、ブロック ( $F(1,643)=26.31, p<.0001$ )、正負 ( $F(1,643)=5.90, p<.05$ ) において有意な差が見られた。また、物体×ブロック×正負の 3 要因の分散分析を行ったところ、物体 ( $F(29,643)=8.26, p<.0001$ )、ブロック ( $F(1,643)=23.86, p<.0001$ )、正負 ( $F(1,643)=5.60, p<.05$ ) において有意な差が見られた。いずれの場合も、ブロックと正負の間の交互作用は有意ではなかった。

認知閾は物体の形や描写時の視点によって影響を受けると考えられる。そこで、物体ごとに認知閾の平均を求め、閾値の絶対値の特に小さいものおよび大きいものを調べた。個々の物体ごと認知閾の平均を求めたところ、 $|v|$  が 0.5 未満と小さいものは、クマの 0.47 とブラウスの 0.33 の 2 つだった。一方、 $|v|$  が 1.5 より大きいものは、チョウの -1.54 のみだった。

## 考 察

正答試行における認知閾の絶対値は、ブロックおよび歪みの正負のそれぞれで有意な差が見られたものの、その差は非常に小さかった。認知閾にあたる  $v$  の絶対値は1前後であり、これよりも変形が小さければCRT画面上において物体の認知が可能であることになる。これまで垂直歪みに関して行った一連の実験（高橋と本間，1993，1996；高橋，1994，1995a）では、 $v$  の絶対値は最大1で設定されていたので、この水準では物体を十分に認知可能であったと考えることができるだろう。

また、 $v$  の正負は有意ではあったものの平均の差は小さく、認知閾の違いは実質的には見られなかった。したがって、少なくともこの刺激セット全体としてみたときに、 $v$  の正負の違いが大きな影響を与えないものと考えられる。個々の物体ごとに見たときにも  $|v|$  の平均が1を大きく下回る物体は非常に限られた数しか見られなかった。これらを除いた大半の物体は、実験で受けていた程度の変形ならば認知が可能であったと考えてよいだろう。

また、第1ブロックと第2ブロックとでは閾値の絶対値に有意な差が見られた。第2ブロックのほうがより著しい変形でも認知できたものと判断することができる。しかしながら反復提示による認知閾の変化はわずかだった。このことは、利用される情報の提示反復による減少はほとんどなく、初回提示時と同じくらいの情報が同定に必要となることを示唆している。

このことは、反復提示により垂直歪みの効果が減少するとする、これまでの結果（高橋，1994，1995）と矛盾しているように見える。もしも物体の同定が反復提示により容易になるならば、第2ブロックにおける  $|v|$  の値は大きく増加してもよさそうである。しかし、先行研究と今回の研究とでは指標が異なる点には注意が必要である。すなわち、先行研究では反応時間が指標とされており、与えられる刺激自体に加えられる変形は一定の範囲内に抑えられ、その範囲内での反応時間が測定されている。対して今回の実験では、どの程度の歪みにまで耐えられるのかという、変形の範囲自体が操作・測定の対象となっている。先行研究における変形の範囲は認知可能なものであり、反応の促進はこの範囲内においていえること、またこ

の範囲が反復提示によりほとんど変化しないことが明らかになったと、今回の実験からいえるだろう。

第2ブロックでのわずかな $|v|$ の増加は、一部の試行で図形の非常に示唆的な特徴が利用されたために変形の著しい段階で判断がなされた可能性が考えられる。このことは被験者が第2ブロックの同定に際して、第1ブロックと同程度の特徴の分析が行われていることを意味している。つまり、第2ブロックにおいても、物体の構造を抽出できるような情報をもとに同定がなされている可能性が示唆されたといえるだろう。しかし、今回の実験はこれを裏付けるのに十分なものとはいえない。被験者の内観などを利用した検討が必要となるだろう。

#### 参考文献

- Bundesen, C. & Larsen, A. (1975) Visual transformation of size. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **1**, 214-220.
- Bundesen, C., Larsen, A., & Farrell, J. (1981) Mental transformations of size and orientation. *Attention & Performance*, **IX**, 279-294.
- 本間大一・高橋 優 (1993) アフィン歪みを受けた漢字の鏡映弁別：回転と剪断変形の交互作用について。日本心理学会第57回大会発表論文集。
- Jolicoeur, P. (1985) The time to name disoriented natural objects. *Memory & Cognition*, **13**(4), 289-303.
- Jolicoeur, P. (1992) Identification of disoriented objects: A dual-systems theory. in Humphreys, G. W. (Ed.), *Understanding Vision*. Oxford: Blackwell.
- Larsen, A. (1985) Pattern matching: Effects of size ratio, angular difference in orientation, and familiarity. *Perception & Psychophysics*, **38**, 63-68.
- Lowe, D. G. (1985) *Perceptual Organization and Visual Recognition*. Kluwer Academic Publishers.
- 西本武彦・安田幸弘 (1982) 記憶実験用 Picture 刺激の標準化。早稲田心理学年報, 55-76.
- Shepard, R. N. & J. Metzler (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, **171**, 701-703.
- Snodgrass, J. G. & Vanderwart, M. (1980) A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning Mem-*

ory, 6(2), 174-215.

- 高橋 優 (1994) アフィン歪みを加えた線画の命名課題：垂直歪みの練習効果に与える影響。日本心理学会第 58 回大会。
- 高橋 優 (1995a) 呼称課題時の垂直歪みの効果：一身近な物体の線画を刺激として。早稲田大学大学院文学研究科修士論文（未公刊）。
- 高橋 優 (1995b) アフィン歪みを加えた線画の呼称課題 (2)：垂直歪みの効果の減少に関する検討。日本心理学会第 59 回大会。
- 高橋 優 (1999) 垂直歪みを加えた物体における継時照合課題。早稲田大学心理学年報, 31(2), 115-118.
- 高橋 優・本間大一 (1993) アフィン歪みを受けた漢字の鏡映弁別：回転と垂直歪みの交互作用について。日本心理学会第 57 回大会。
- 高橋 優・本間大一 (1996) 垂直歪みを加えた線画の呈示反復による反応時間の促進効果。日本心理学会第 60 回大会。
- 高橋 優・本間大一 (2000) 垂直歪みを加えた線画における認知閾の測定。日本心理学会第 64 回大会。
- Ullman, S. (1989) Aligning pictorial descriptions: An approach to object recognition. *Cognition*, 32, 193-254.