視点依存・非依存な三次元物体の学習における眼球運動の変化

○上田祥行¹・齋木潤²

(¹京都大学こころの未来研究センター・²京都大学人間・環境学研究所)

キーワード: 物体認識, 視点不変性, 眼球運動解析

Eye movement transition in viewpoint dependent and independent 3-D object encoding

Yoshiyuki UEDA¹ and Jun SAIKI²

(¹Kokoro Research Center, Kyoto Univ., ²Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto Univ.)

Key words: Object recognition, Viewpoint invariance, Eye movement analysis

目 的

我々は新奇な三次元物体であっても、比較的短時間の学習で、視点に関係なく同一物体かどうかを判断することが可能になる。三次元物体の表現形式についてはいくつかの理論が提唱されているが(Bideman, 1987; Edelman & Bülthoff, 1992 など)、時間経過とともにどのような学習過程を経て、物体の視点不変的な表現を獲得しているのかは未だ明らかではない。

そこで本研究では、三次元物体学習中の眼球運動から観察者が得た物体の情報を推定し、三次元物体の学習がどのように進んでいくのかを物体認識の理論と関連付けて検討した。三次元物体学習中の眼球運動のパターンは観察者の学習ストラテジーを反映していることが示唆されている(Ueda & Saiki, submitted)。特に物体を構成するコンポーネントのカテゴリカルな情報を取得する場合にはコンポーネントの中心を見る傾向がある。また、跳躍距離の長いサッカドは物体を概観していると考えられている(e.g. Zangemeister, Sherman, & Stark, 1995)。本研究では、物体が様々な視点から呈示され、より物体の三次元的な表現が必要となる条件(回転条件)と、常に同じ視点から呈示され、二次元イメージが必要な条件(無回転条件)での学習中の眼球運動と再認成績の推移を比較し、三次元物体の学習が時系列的にどのように行われるのかを検討した。

方 法

実験協力者 大学生および大学院生 18 名が参加し、ランダムに回転もしくは無回転条件割り当てられた。

刺激 4 種類の Geon 型のコンポーネントを同一の空間配置に基づいて組み合わせた 4 種類の新奇な三次元物体を用いた(Figure 1A)。妨害刺激として、コンポーネントのカテゴリーや空間関係を保ったまま量的に変化した物体(metric change)と、これらが変わるように変化した物体(categorical change)が各物体に対してそれぞれ 3 種類ずつ作成された。

Figure 1. (A) An example of stimuli. (B) The transitions of recognition performance in the rotate and non-rotate conditions.

手続き 各試行の最初にモニタの左右端のどちらかに注視点が 2 秒間呈示された。注視点の消失後、モニタの中央に学習物体が 10 秒間呈示され、協力者は自由に目を動かして物体を学習した。学習時には物体は常に同じ視点から呈示された。学習後は、すぐに再認課題が行われた。再認時には学習と同様に注視点が呈示された後、テスト物体が 1 秒間呈示された。回転条件では、テスト物体が学習と同じ視点あるいは様々な異なった視点からランダムに呈示され、無回転条件では、テ

スト物体は常に学習と同じ視点から呈示された。協力者は視点に関わらずテスト物体が学習した物体と同一かどうかを、できるだけ早く正確に判断してキー押しを行った。

これらの手続きを 1 試行とし、それぞれの学習物体において直近 6 試行の正答率が 100%になった時点でその物体の学習が完了したものとして、試行を終了した(各物体について最大で 75 試行)。学習中の眼球運動は Eyelink I (SR Research 社製)によって記録された。

結 果 ・ 考 察

分析では、80ms 以下の短い停留点は除外された。再認成績の時間的変化を Figure 1B に示す。学習は回転条件では平均 36.9 試行、無回転条件では 18.1 試行で終了した($t(16)=5.10$, $p<.001$)。眼球運動の解析にあたって、学習開始直後の 1-3 試行目と 2 つの条件で成績の差が顕著になる直前の 6-8 試行目に着目した。停留点から物体を構成する各コンポーネントの中心までの距離の推移について、1-3 試行目における 1-25 回目までの停留について ANOVA を行った。その結果、回転条件では無回転条件よりも有意にコンポーネントの中心が見られていたことが示された($F(1,16)=4.53$, $p<.05$)。

また、コンポーネント間を移動するような跳躍距離の長いサッカドの生起確率を Figure 2 に示す。1-20 回目までのサッカドについて ANOVA を行ったところ、1-3 回目の試行では生起確率に再認条件による差は見られなかったが($F(19,304)<1$, $n.s.$)、6-8 試行目の試行では、試行開始直後の長距離サッカドにおいて回転条件の方が無回転条件よりも生起確率が高い傾向が見られた($F(19,304)=1.54$, $p<.10$)。

これらの結果は、回転条件では学習初期にカテゴリカルな表現を獲得し、その表現に基づいて物体を記憶している可能性を示唆している。特に回転条件においては、Biederman (1982) が提唱するように、より構造記述的な表現を獲得し利用していると推測される。これに対して無回転条件では、このようなコンポーネントの配置に関連したような眼球運動はあまり見られず、二次元イメージに基づいた表現が形成されていた可能性が考えられる。

Figure 2. The proportions of global saccade in 1st-3rd trial (A) and 6th-8th trial (B).

引用文献

- Biederman, I. (1987). *Psychol Rev* 94:115-147.
 Edelman, S., & Bülthoff, H.H. (1992). *Vision Res* 32:2385-2400.
 Zangemeister, W.H., Sherman, K., & Stark, L. (1995). *Neuropsychologia* 33:1009-1025.