

視覚と触覚による新奇な 3 次元物体の学習における視点の効果

上田 祥行
齋木 潤

京都大学人間・環境学研究科
京都大学人間・環境学研究科

In this study, we investigate what types of information are used when visually learned objects are recognized by haptics, and vice versa. A novel 3-D object was presented with five viewpoints along its vertical axis either visually or haptically, followed by a series of recognition tests. The results suggest that the information, which is used to recognize the objects across modalities, is viewpoint-independent. Moreover, the information that is used within modalities changed by the knowledge of the test modality.

Keywords: object recognition, view-independent information. View-dependent information, cross-modality

問題・目的

視覚で学習した物体を視覚で再認する場合、視点依存的情報と視点独立的情報の両方が用いられている(Hayward, 2003)。しかし、視覚で学習した物体を触覚で再認する、あるいは触覚で学習した物体を視覚で再認するなどのように、異なる感覚で物体を認識する場合にどちらの形式の情報を用いられているのかはまだわかっていない。これを明らかにするため、Newell et al.(2001)は新奇な3次元物体を用いて物体形状を学習し、再認するという課題を行った。その結果、異種感覚で物体を認識する場合、視点依存的な行動パターンを示すことがわかった。この結果は一見、視点依存的情報が異種感覚間で用いられていることを示唆しているように思える。しかし、Newell et al.(2001)の実験では、比較的視点の変換が容易に計算できる視点からしか再認を行っていない。

本研究の目的は、同一感覚・異種感覚を含めた統覚的な物体認識をよりシステマティックに検討することである。垂直軸を中心に72° 間隔で回転した5つの視点から3次元物体を学習し、学習時と同じ視点、もしくは異なる視点から再認を行い、再認成績を測定した。実験1では、学習の前に予め再認に用いる感覚を教示した状態で、物体の再認の視点依存性を検討した。これに対し、実験2では、学習の前に再認に用いる感覚を教示せず、両方の感覚に対応できるような学習を行わせた状況で、物体の再認の視点依存性を検討した。

実験1

方法

実験協力者 大学生48名。**実験デザイン** 学習感覚2条件(視覚 or 触覚, 被験者間要因), 再認感覚2条件(学習と同一 or 異種, 被験者間要因), 再認の視点(学習時と同じ視点 or 新奇な視点, 被験者内要因)を実験要因とした。再認成績としてA'を用いた。**刺激** LEGO社製の同一ブロックを6個用いて1つの物体を作成した(Figure 1)。視覚はCGで、触覚は実物で物体を呈示した。**手続き** 学習セッションでは、最初に再認に用いる感覚が教示された。その後、1つの物体を垂直軸を

中心に72° 間隔で5方向から学習した。視覚は刺激とブランクが1秒ずつ、触覚は刺激が6秒、ブランクが10秒で呈示された。再認セッションでは、学習時に呈示した視点、もしくは新奇な視点として水平軸を中心に回転させた視点から物体を呈示した。8方向の視点から再認を行い、それぞれの視点から学習した物体と同じかどうかを答えた。ここでの触覚における視点とは、頭部中心座標系で表すものとする。再認時に物体は視覚で1秒、触覚で6秒呈示された。学習—再認を1ブロックとして、8ブロック、計64試行を行った。触覚を用いるときは、利き手のみを用い、物体を回転させることは禁止した。触り方については特に教示はしなかった。構音抑制として、ブロック毎にランダムに呈示される7桁の数字を、常に復唱するよう教示された。

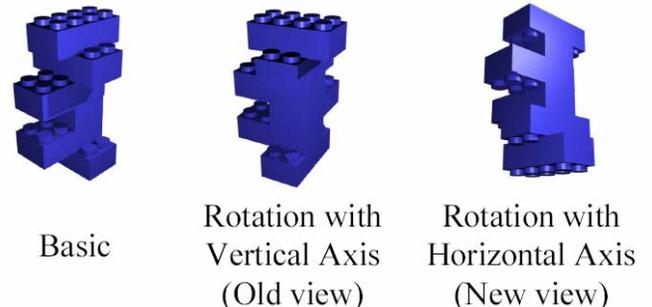


Figure 1. Examples of the stimuli. Three images in the same row are the same object.

結果・考察

結果をFigure 2に示す。同一感覚再認において、学習した視点からの再認率が高かった($F(1,44)=4.13$, $p<.05$)。このことから、同一感覚における物体の認識は視点依存性であると考えられる。多くの先行研究もこれを指摘しており、本研究の結果もこれらに一致する結果である。一方、異種感覚再認において、再認時の視点による再認率の変化は見られなかった($F(1,44)<1$, $n.s.$)。このことは、異種感覚における物体の認識は視点独立であることを示唆している。これらの結果から、学習した視点に固有な情報は異種感覚間で用いることはできず、物体認識における視点の依存性は異種感覚へと拡張されないことが示唆された。

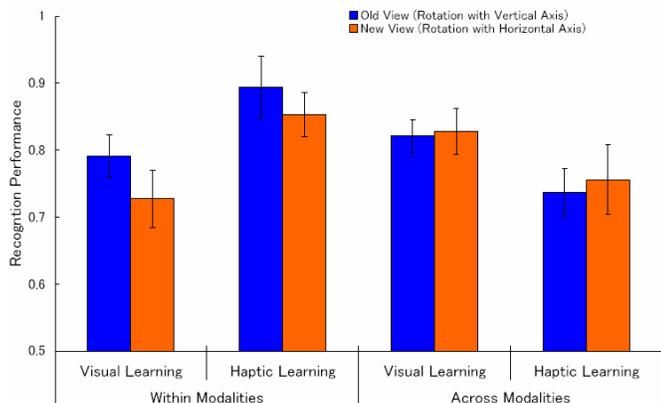


Figure 2. Results of Experiment 1.

実験2

実験1では、学習時に再認をどちらの感覚で行うのかを予め教示されていた。しかし我々の日常では、再認感覚を予め想定して学習する状況は少ない。そこで、実験2では再認に用いる感覚を教示せずに、視覚と触覚のどちらの感覚にも対応できるように3次元物体を学習するように教示した。このような状況で、異種感覚での視点独立的な認識が保持されるのかを検討した。

方法

実験協力者 大学生11名。**実験デザイン** 学習感覚2条件(視覚 or 触覚)、再認感覚2条件(学習と同一 or 異種)、再認の視点(学習時と同じ視点 or 新奇な視点)を実験要因とした。全ての要因は被験者内要因であった。**刺激** 実験1と同様の刺激を用いた。**手続き** 学習セッションでは、視覚または触覚を用いて物体を学習した。このとき、再認に用いる感覚は教示されなかった。学習後、再認に用いる感覚が教示され、再認セッションを行った。これらの学習→再認を1ブロックとし、学習感覚を変えずに8ブロックを行った。その後、学習感覚を変え8ブロックを行った。どちらの学習感覚を先に行うのかは協力者間でカウンターバランスが取られた。また、実験1では視覚での学習・再認が触覚での学習・再認より困難だった可能性があったため、視覚学習と視覚再認の時間を1秒から1.5秒に延長した。それ以外は実験1と同様の手続きが取られた。

結果・考察

結果をFigure 3に示す。視覚と触覚のどちらの感覚でも再認することが可能なように学習するように教示された状況では、実験1とは異なり、同一感覚、異種感覚のいずれの再認条件においても、再認時の視点によって再認率に有意な差は見られなかった ($F(1,10) < 1, n.s.$)。このことは、同一感覚においても異種感覚においても3次元物体の認識が視点に独立的だったことを示唆している。

同一感覚における再認は、再認する感覚の事前知識があった実験1では視点依存的であった。これに対し、

事前知識のない実験2では同じ感覚で再認を行ったのにも関わらず視点独立的な再認になった。この変化は、同一感覚内の再認であっても、異種感覚での再認にも対応できるように学習した場合には、物体の認識が変化したということを示している。

異種感覚における物体認識は、再認する感覚の事前知識がない状況であっても、実験1と同様に視点とは独立して認識されることが示唆された。

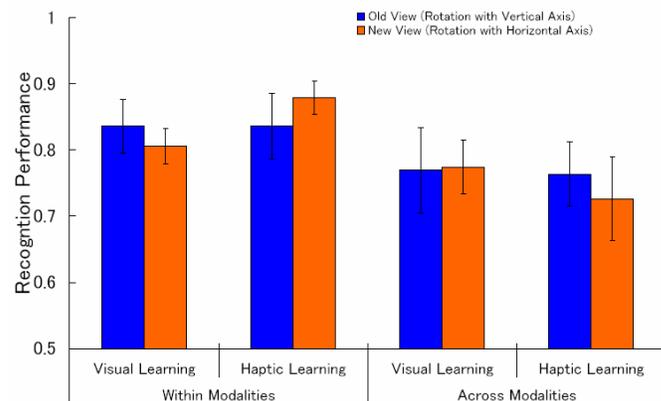


Figure 3. Results of Experiment 2.

総合考察

本研究は初めて、同一感覚・異種感覚を含めた統覚的な物体認識をシステムティックに検討したものである。これにより、異種感覚における物体の認識に関して、2つの重要な知見が得られた。第1は、学習時とは異なる感覚を用いて物体を再認する場合、視点とは独立して物体を認識するという点である。第2は、同一の感覚を用いて物体を認識する場合であっても、学習時に同一感覚で再認することを知らなければ3次元物体の認識は視点に独立的になり、同一感覚で再認することを知っていれば3次元物体の認識は視点に依存的になるという点である。

物体の認識が視点独立的になるような物体の脳内表現として、刺激に物体を区別しやすいような特徴が含まれていることが考えられる。そもそも、同一感覚と異種感覚では手がかりにする特徴が異なっている可能性も考えられる。これらを踏まえると、異種感覚間では比較的視点に独立して判別できる特徴を手がかりとし、同一感覚内では視点に依存した特徴を手がかりとしていたと考えるならば、本実験の結果を上手く説明することができる。今後、様々な特徴を持つ物体へと実験を拡張したり、学習・再認時の視覚や触覚の探索軌跡を計測したりすることでこのアイデアにアプローチできると考える。

引用文献

- Newell, F.N., Ernst, M.O., Tjan, B.S., & Bühlhoff, H.H. (2001). Viewpoint dependence in vision and haptic object recognition. *Psychological Science*, **12**, 37-42.