



Title	Behavioral Evidence for Visual Perception of 3-Dimensional Surface Structures in Monkey
Author(s)	宇賀, 貴紀
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41626
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	宇 賀 貴 紀
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 4 3 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科生理系専攻
学 位 論 文 名	Behavioral Evidence for Visual Perception of 3 - Dimensional Surface Structures in Monkey. (サルにおける 3 次元表面構造の視知覚の心理物理学的証拠)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 津 本 忠 治 (副査) 教 授 福 田 淳 教 授 佐 藤 宏 道

論 文 内 容 の 要 旨

【目的】

私たちは、両眼視差を基に、2次元網膜像を3次元表面構造に復元する。このとき、脳は情報としては不十分な網膜像から、その網膜像を与えうる可能性の最も高い表面構造を推論する機構を獲得していると考えられている。例えば、十字の水平の腕に交差視差を与えると、十字の水平の腕の水平輪郭には両眼視差情報が与えられていないため、理論的には少なくとも2つの表面構造、2本の棒が重なっている構造、あるいは十字の水平の腕が手前に折れ曲がっている構造が復元可能である。にもかかわらず、私たちは、ほぼ必ず前者を知覚する。

Nakayama と Shimojo は、一般像抽出原則に従ってこの知覚現象を説明した。すなわち、ある2次元網膜像を投影する3次元表面構造が、複数存在するとき、視覚系は、その像を一般的に生じるような3次元表面構造を再構築するのである。十字の水平の腕に両眼視差をつけたとき、重なり合う2本の棒を知覚したり、Redies-Spillmann (R-S) 図形で、ネオン色拡散を知覚したりすることは、人が一般像抽出原則に従って、3次元表面構造を復元していることを示唆している。

一般像抽出原則は、どのようにして3次元表面構造が復元されるかを「光学」的には説明するが、それがどのような神経メカニズムでなされているのかを説明しない。このようなことを理解するには、サルのように、視覚系の構造および機能が良く知られている動物での、生理学的実験が必須である。本実験では、まず初めに、サルも人間と同じように3次元表面構造を知覚するのか検討した。

【方法ならびに成績】

2頭のサルを用いた。まず、サルに十字の水平の腕に交差視差が与えられたら右サッケード、非交差視差が与えられたら左サッケードをするように訓練した。サルは、この弁別を瞬く間に学習し、9割以上の正解率で弁別できるようになった。その後、両眼視差を用いず、遮蔽輪郭により、十字を2本の棒に分離した2つの図形を呈示した。その結果、サルは遮蔽輪郭により、横棒の手前に縦棒が来るような構造に対しては左サッケードをし、縦棒の手前に横棒が来るような構造に対しては右サッケードをした。この結果は、両眼視差を手がかりとした弁別の効果が、遮蔽輪郭を手がかりとした弁別に転移したことを示しており、サルも人間同様、十字の水平の腕に両眼視差を与えたものを、2つの棒が互いに重なっている構造として知覚することを示している。

次に、赤い十字に薄い円盤が乗っていれば左サッケード、赤い十字のみが呈示されれば右サッケードをするように訓練した。サルは、この課題も瞬く間に覚え、高い正解率で弁別できるようになった。その後、赤い円盤の輝度を少しずつ低くし、サルが70%程度の正解率でしか赤い十字と薄い赤い円盤が乗っている十字とを弁別できなくなるまで、この操作を行った。この状態で、人間ではネオン色拡散を起こすR-S図形とネオン色拡散を起こさないコントロール図形との弁別に学習の効果が転移するか調べた。その結果、サルは、コントロール図形よりもR-S図形に対して、より多く左サッケードをした。この結果は、赤い円盤が乗っているかないかの弁別の効果が、R-S図形とコントロール図形との弁別に転移したことを示しており、サルもR-S図形でネオン色拡散を知覚することを示している。

最後に、前実験同様、赤い十字に薄い円盤が乗っていれば左サッケード、赤い十字のみが呈示されれば右サッケードをするように訓練した。しかしこのとき、周りに白い腕や灰色の腕が呈示されても同様の正解パターンとした。その後、赤い円盤の輝度を少しずつ低くし、サルが70%程度の正解率でしか赤い十字と薄い赤い円盤が乗っている十字とを弁別できなくなるまで、この操作を行った。すると、サルは周りに白い腕が呈示されたときにのみ、つまりネオン色拡散が知覚されると予想される場合にのみ、赤い十字に比べてより多く左にサッケード、すなわち赤い円盤が見えると答えた。この結果は、サルがR-S図形でネオン色拡散を知覚し、間違えてより多くR-S図形に対して左サッケード、つまり円盤が見えると答えたと解釈できる。

【総括】

サルも、人間同様、十字の水平の腕に両眼視差をつけたときに、重なり合う2本の棒を知覚する。また、R-S図形でネオン色拡散を知覚する。これらの結果は、サルも一般像抽出原則に従って、3次元表面構造を復元している可能性を示唆している。

論文審査の結果の要旨

網膜に投影された2次元像から、その像を投影した物体の3次元表面構造を復元することは、2つの方程式しかないときに3つの未知数を決定しようとするに等しく、本来であれば、答を一つに定めることのできない不良設定問題である。しかし、われわれ人間は、情報としては不十分な網膜像から、その網膜像を与えうる可能性の最も高い表面構造を推論する機構を有している。この知覚現象は、一般像抽出原則と呼ばれる心理法則によって説明されている(Nakayama & Shimojo, 1992)。すなわち、ある2次元網膜像を投影する3次元表面構造が、複数存在するとき、視覚系は、その像を一般的に生じるような3次元表面構造を再構築するのである。十字に水平の腕に両眼視差をつけたときに、重なりあう2本の棒を知覚したり、Redies-Spillmann (R-S) 図形で、ネオン色拡散を知覚したりすることは、ヒトが一般像抽出原則に従って、3次元表面構造を復元していることを示唆している。この一般像抽出原則が、どのような神経機構により実現されているかを知るには、サルのように視覚系の構造および機能が良く解析されている動物での生理学的実験が必須であるが、果たして、サルがヒトと同じように表面構造を知覚しているかどうかはわかっていなかった。

本研究は、巧みな行動実験により、サルがヒトと同様に、両眼視差のついた十字を重なりあう2本の棒として知覚していること、R-S図形の黒い背景部分に、物理的には存在しない色を知覚していること(すなわちネオン色拡散を知覚していること)を示した。これらの結果は、サルもまた、一般像抽出原則に従って、3次元表面構造を復元している可能性を示している。視覚研究におけるほとんどの生理学的データは動物から得られ、一方、心理物理学データのほとんどはヒトを被験者として得られてきている。これら実験動物の知覚が、ヒトの知覚に、どの程度対応しているかを問うことは重要であり、本研究の成果は、その大事なギャップの一つを埋める価値あるものと認められ、学位の授与に値すると考えられる。