

「脳の機能発達と学習メカニズムの解明」

平成 15 年度採択研究代表者

杉田 陽一

((独) 産業技術総合研究所脳神経情報研究部門 研究グループ長)

「幼児脳の発達過程における学習の性質とその重要性の解明」

## 1. 研究実施の概要

本研究の目的は、脳機能が最も劇的に変化する幼児期に特殊な視覚体験をさせて、その後の発達経過を行動科学的方法で検討し、さらに大脳皮質の働きを単一細胞活動記録法で測定し線維投射様式を組織学的方法で描記することによって、視覚体験の効果を生理心理学的に解明することである。この研究によって、「色彩」あるいは「顔や表情」の知覚などの高次視覚機能が獲得されていく経緯が明らかになるだけでなく、幼児期と成人期における学習の性質の相違も科学的に明らかにできると期待される

## 2. 研究実施内容

### (1) 色を創り出す神経回路の発達

照射光の波長成分が大きく変化しても、ヒトは物体の色を正しく認識できる。たとえば、晴れた日の日中、真っ赤な夕焼けのとき、あるいは蛍光灯の光で照明されているとき、物体から眼に入る光の波長成分は大きく変化している。それでも、リンゴは赤くバナナは黄色に見える。この「色の恒常性」は、眼に入射する光の波長そのものには「色彩」情報が欠けていることを示している。眼に入る光の波長成分が大きく変化しても、対象物の「色」が同じように知覚されるのは、「色」が網膜から大脳皮質に至る神経結合の連鎖によって創り出されるからである。「色」を生み出す神経系の働き（色彩感覚）は、生得的なもの（生まれながら備わっている）と考えられてきたが、実際の神経回路網の構造と働きは未だ明らかになっていなかった。

生まれて間もないサルを、1 年間、単色光の照明だけで飼育し、色を認識できないようにして育てた。このとき、網膜にある 3 種類の色受容細胞（錘状体）を全て賦活（活性化）できるように、単色光の波長を 1 分間毎に赤・緑・青に変化させた。その後、これら単色光で育てたサルの色彩感覚を検査したところ、色の類似性判断と恒常性に障害があることが明らかになった。単色光サルは、見本の色と同じ色の対象物を選ぶという見本合わせの課題では、長い訓練によって正常サルと同じ成績が得られるようになったが、見本の色によく似た対象物を選ぶという類似性判断の課題では、正常サルとは極めて異なった結

果が得られた。この結果は、単色光サルが、正常サルとは異質な方法で色を分類していることを示している。さらに、いくつかの色の中から一つの色を選択するという課題の結果は、照明条件によって大きく変化し、単色光サルに「色の恒常性」が備わっていないことが明らかになった。これは、「色彩感覚」が生得的なものではなく、経験によって獲得されることを示している。

一方、「色の恒常性」には、色の同時対比（周辺を赤で囲まれると緑っぽく見え、逆に緑で囲まれると赤っぽく見える現象）が重要な役割を果たしていると考えられてきた。ところが、恒常性を失った単色光サルにも、色の同時対比が正常サルと全く同じように存在していることが明らかになった。今後これら色覚障害サルの神経活動を丹念に調べることによって、「色の恒常性」を実現している神経回路網の構造と働きを明らかにすることが出来ると期待される。

## （2）「動き」を検出する神経回路の発達

生まれて間もないサルを、1年間、ストロボ光の照明だけで飼育し、なめらかな動きを知覚できないようにして育てた。これらストロボ光で育ったサルの視覚を検査したところ、点滅光の知覚は正常サルと変わらない成績が得られたが、運動視に障害があることが明らかになった。ストロボ光サルは、静止しているものと動いているものの区別は可能だったが、動きの速度あるいは方向の判断をさせると、正常サルと比べて極めて劣った成績しか得られなかった。fMRIによって脳活動を測定すると、グレーティングやランダムドットを動かしてもMT野の応答が全く見られなかった。ところが、チェッカーボードパターンを点滅させると、MT野が強く応答した。この結果は、1年間、ストロボ光の照明だけで飼育したことによって、MT野の応答特性が大きく変化したことを示している。

## （3）顔を識別する神経回路の発達

生まれて間もないサルを、半年間、1年間または2年間、「顔」を一切見せずに育てた。これらのサルは、「顔」をまったく見たことがないにも関わらず、成人した正常サルと同じ精度でサルの顔を弁別することが出来た。さらに、正常サルはヒトの顔を弁別することが困難であるのに対して、「顔」を見たことがない幼少サルはヒトの顔写真を弁別することが出来た。これらのサルに、ヒトの顔もしくはサルの顔を1ヶ月間見せると、顔の弁別に大きな変化が現れた。初めにヒトの顔を見たサルは、ヒトの顔だけを弁別できるようになり、逆に初めにサルの顔を見たサルは、サルの顔だけを弁別するようになった。以上の結果は、顔のイメージは生得的に備わっていて、見慣れた顔を容易に弁別できるようにイメージが大きく変化する感受性期が存在していることを示している。

## まとめ

色や動きを知覚することなく育ったサルを、通常の生育環境に戻しても、容易に機能回

復が認められないことから、色彩感覚や動きの知覚の発達にも「臨界期」が存在していることが強く示唆された。また、最初に見た「顔」が、その後の顔知覚を大きく左右するという点で、顔知覚にも感受性期が存在すると考えられる。

### 3. 研究実施体制

#### (1)「システム脳科学研究」グループ

##### ①研究者名

杉田 陽一(産業技術総合研究所 研究グループ長)

##### ②研究項目

・高次視覚機能獲得過程に関する行動実験と単一細胞活動記録

#### (2)「神経解剖研究」グループ

##### ①研究者名

端川 勉(理化学研究所 B S I チームリーダー)

##### ②研究項目

・高次視覚機能獲得過程に関する組織学的研究

### 4. 研究成果の発表等

#### (1)論文発表(原著論文)

神経解剖研究グループ

- T. Akagi, K. Ishida, T. Hanasaka, S. Hayashi, M. Watanabe, T. Hashikawa, K. Tohyama (2006)  
Improved methods for ultracryotomy of CNS tissue for ultrastructural and immunogold analyses. J. Neurosci. Methods, 153: 276-282.
- K. S. Saleem, J. L. Price, T. Hashikawa (2007) Cytoarchitectonic and chemoarchitectonic subdivisions of the perirhinal and parahippocampal cortices in macaque monkeys. J. Comp. Neurol., 500: 973-1006.