

私たちは生まれてすぐに色や形を見ていたのでしょうか。例えば、猫や犬は生まれてから開眼するまでに10日前後かかりますが、2か月程度で成体と同等の視力をもつようになります。これに対し、人間は、生後すぐに開眼しますが、成人と同等の視力になるまでには、およそ10か月かかります。このことから、人間は“見る”までに長い時間を要すると考えられます。今回は、乳幼児の視覚がどのように発達しているのかについて、脳計測と行動学的側面からみていきたいと思えます。

### 1. 目の構造

人間の目は、出生直後にはすでに器官として完成しています。その構造を図1に示します。光はまず、カメラのレンズに対応する水晶体を通過します。水晶体の両側には毛様体という筋肉があり、これにより水晶体の厚みを調節することで焦点距離を変化させます。

網膜上の中心窩には、錐体という視細胞が分布しています。錐体は380~680 nmの波長の光に感度をもっていて、これが私たちの色知覚をもたらします。錐体の光感度は低いものの、その分布が密なため、中心窩に像が結ばれることで鮮明な画像を得ます。中心窩から周辺に向けて、錐体の分布は疎になり、光感度の高い桿体という視細胞が分布します。網膜に届いた光の信号は、視神経から大脳へと伝達され、私たちは物を“見る”ことになります。

### 2. 視力

乳幼児の視力測定には、乳幼児自身の刺激への反応から判断する行動学的な方法や、視覚誘発電位による脳波測定が用いられています。視覚誘発電位による測定結果から、乳児の視力は生後4か月目で0.3、8か月目で0.6、生後10か月目では1.0に到達していて、10か月間で大きく変化することが確認されています。乳幼児の年齢と視力の変化の結果の一例を、図2に示します<sup>1)</sup>。黒丸のプロットが92人の乳幼児の結果で、直線がそれらの回帰直線を示します。図中の縮図は、図2のリプロットです。乳

幼児の実験では個人差が大きく現れますが、10か月程度までの大きな変化とその後の緩やかな視力上昇の傾向は、共通して得られます。また、コントラスト感度における2か月ぐらまでの低・高空間周波数への上昇と、それ以後の高空間周波数のみへの上昇が報告されています。これらの脳計測による結果を行動学的側面と照らし合わせてみると、例えば、生後直後は顔の輪郭のみに反応し、2か月前後からは顔の内部に反応しはじめ、4か月後には顔の表情を識別するという結果と一致しており、乳児と母親の距離では母親の顔を認識していると考えられます。

目が器官として完成しているにもかかわらず、生後すぐに良い視力が得られない理由として、次の2点が挙げられます。1点は、生後2か月までは、水晶体の厚みを調節する毛様体がうまく機能せず、焦点が中心窩に定まりにくい状態だということです。もう1点は、中心窩に落ちた光の情報が大脳の視覚野に到達しても、その処理過程がまだ構築されていないということです。したがって、網膜上の情報と脳での処理の対応づけに時間を要することになります。

### 3. 色知覚

色覚測定にも視覚誘発電位による脳波測定が用いられます。無彩色の変化、例えば白と灰色の区別などへの応答は生後1週間で確認でき、3か月程度で安定します。有彩色では、等輝度の青と黄の区別と等輝度の赤と緑の区別への応答は異なります。等輝度の緑と赤の刺激への応答は、生後2週間でも確認されていて、6週間程度で安定した応答を示すようになります。一方、青と黄の刺激への応答は、4~8週で安定します。ところがこの安定した応答は、成人の示す応答とは異なっていて、成人と同等の応答を示すまでに12~14年必要なことが確認されています<sup>2-4)</sup>。

また、興味深いことに、生後1年間を単色光の下で育てられた日本猿には色恒常性の機能が備わっていないという実験結果があります<sup>5)</sup>。人間の場合、

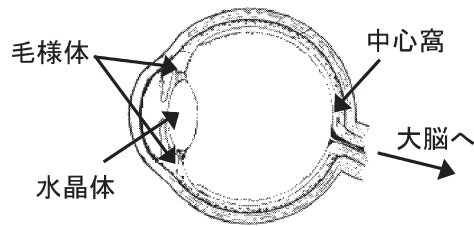


図1 目の構造.

この時期は、視力の上昇とともに脳の応答も安定し、成人の視覚への習熟へと徐々に推移していく時期です。このことは、早い時期から脳は色に反応していても、その後の経験が私たちの色知覚に影響することを示唆しています。

#### 4. 奥行き知覚

奥行きは、眼球を支える6本の筋肉を調整し、2つの網膜像のずれである視差を利用して知覚されます。そのためには、細かな眼球の位置調整が必要となります。生後1か月で眼球は動くようになり、大きくてコントラストの強い刺激を追うことが可能です。このことから、水晶体の厚みを調整する筋力よりも、眼球を動かすことを先に取得することがわかります。これは、体の動かせない乳児にとって必要なことと考えられます。ところが、生後2か月で片眼ずつ別々の動きを始め、刺激を追う眼球の動きも荒くなることがあります<sup>6)</sup>。この時期は、水晶体を調整する毛様体も調節できるようになり、眼球の滑らかな動きの習得期と考えられます。そして、4か月前後で滑らかな眼球運動を示し、25~200 cmのさまざまな奥行きに反応します<sup>7)</sup>。3か月ぐらいから物をつかもうとする行動がみられ、6か月前後で這いはじめるころには、自分と物との空間的な位置関係を見ていると考えられます。しかし、反復する刺激の追従などでは10年でも成人と同等の眼球運動を示さず、眼球を回転させる筋肉の調節にはさらなる時間を要します。

乳幼児が視力、色知覚、奥行き知覚を得るためには、水晶体や眼球に付随している筋肉を調節するこ

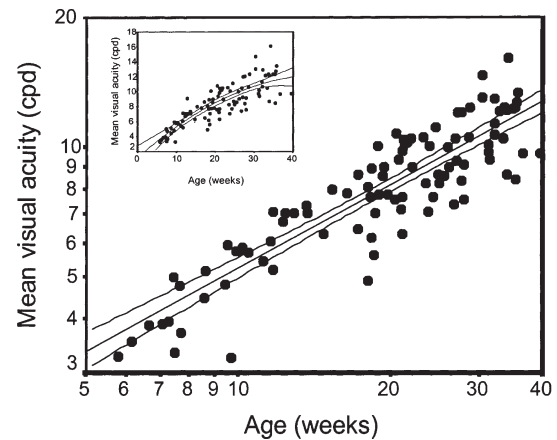


図2 乳幼児の年齢と視力変化.

と、網膜からの信号と脳での処理との対応づけが必要ことがわかりました。この対応づけの習得期間には視力や色覚、眼球運動が相互に関係していて、3~4か月で視機能の大枠が習得され、その後さらに長い期間を要して成人と同等の視機能を習得することがわかりました。

視力や色覚、眼球の動きなどの視点から乳児と接したり、育児に携わるのも面白いのではないのでしょうか。母親は母乳を与えるなどして、必然的に乳幼児との距離を確保していることから、乳児には容易に“母親”と識別されることがわかります。しかし、父親が“父親”と識別されるためには、積極的に乳児の視界に入る必要性がありそうです。

なお、乳幼児の視知覚は大きな個体差を有し、紹介した結果の被験者数は20~631人であるため、乳幼児すべてに該当するわけではないことを追記したいと思います。

(グラスゴーカレドニアン大学 山内留美)

#### 文 献

- 1) L. Lotte et al.: *Pediatric Res.*, **55** (2004) 701.
- 2) M. A. Crognale: *J. Vision*, **2** (2002) 438.
- 3) V. J. Volbrecht et al.: **27** (1987) 469.
- 4) D. Y. Teller: *Vision Res.*, **38** (1998) 3275.
- 5) Y. Sugita: *Current Biology*, **14** (2004) 1267.
- 6) M. Epelbaum et al.: *Vision Res.*, **35** (1995) 1889.
- 7) H. Louise et al.: *Vision Res.*, **35** (1995) 3229.