

## 乳児の視覚世界—研究方法と近年のトピックスについて

山口 真美

中央大学 文学部・科学技術振興機構さきがけ  
〒192-0393 八王子市東中野 742-1

### 1. はじめに

その昔、生まれたばかりの新生児は眼が見えず、耳も聞こえないと信じられてきた。しかしその後行われた数々の実験成果から、視覚は出生直後から機能し、聴覚は胎児の段階から機能していることが判明している。

乳児を対象とした心理学実験の手法の確立は1960年代に Fantz<sup>1)</sup>の研究にある。言葉の通じない乳児に心理物理的な実験を行うために考え出された方法のひとつが「選好注視法 (Preferential looking)」である。「選好注視法 (Preferential looking)」とは特定の図形パターンを選好するという、乳児の一般的な性質を利用したもので、この選好をベースに実験は行われる。

Fantzは乳児の選好する図形パターンを解明した。生後46時間から生後6ヶ月までの乳児を対象として、図形パターンへの好みを調べる実験を行ったのである。さまざまな図形パターンを提示し、図形への注視時間を計測した。その結果、柄がないものよりも柄のあるもの、同心円のものや縞、そして顔図形も好んで見る事が判明した。

特定の図形パターンに対する注視時間は一貫して高いという性質を利用した「選好注視法 (Preferential looking)」は、現在でも乳児を対象とした心理物理実験に利用される。一般的にはコンピュータモニタ上に視覚刺激を二つ横に並べて提示し、それぞれの刺激への注視時間を目視で比較することにより選好を調べる。

選好注視法の限界は、実験対象の図形に対する乳児の選好を前提としていることにある。選好のない好みが同等なもの同士の図形の区別には、有効でないのである。

対象に好みがあるかどうかにかかわらず対象間の区別を調べる実験手法には、「馴化・脱馴化法 (habituation/dis-habituation)」がある。乳児には新規な刺激を好んで見る新奇選好 (novelty preference) があり、それを利用したものだ。成人では慣れた刺激を好む既知選好 (familiarity preference) があるのに対し、乳児では慣れたものよりも新しい刺激を好むという新奇選好 (novelty preference) がある。そもそもこの性質の逆転したいも不思議ではあるが、実験ではそのメカニズムには触れずに乳児の性質を利用する。人工的に馴れた(学習した)状態を作り出す。人工的に馴れた状態を作り出すことを馴化と呼び、刺激への注視時間をもとにこの成立を判断する。

実験では、同じ刺激を何度も繰り返し提示することにより人工的に馴化の状態を作り出す。

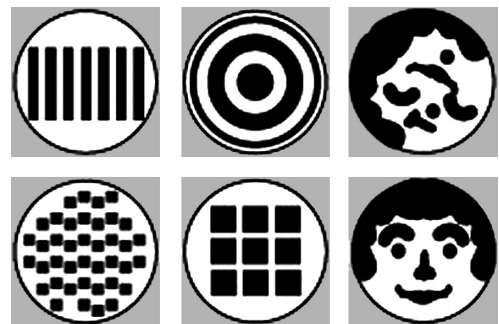


図1 乳児が好む図形パターン。

最初に提示した刺激への注視時間を基準とし、注視時間が半分に減少した時に馴化が成立したと判断する。より簡易的な方法では、あらかじめ刺激の提示時間と提示回数を決めておき、その間で馴化が生じたか否かを注視時間の有意な減少で調べる。馴化成立後、馴化で使った刺激と、全く異なる新奇刺激を提示して、新奇刺激に対する注視時間の上昇で、脱馴化が起きるかどうかが、つまり馴化刺激と新奇刺激の区別ができてきているかを調べるのである。

選好注視法をより簡便に改変した強制選択選好注視法のテクニックは、乳児を対象とした視力検査であるテラー式テストなどとして医療機関で利用されている。これは注視時間を測ることなく目の前の左右どちらにターゲットがあるかを乳児の行動から二者択一で決定し、その成績からターゲットに対する有意な選好があるか否かを調べるのである。これらの手法を用いて、視力やコントラスト感受性など、乳児の基礎的な視覚特性が解明され、乳児の視覚世界が明らかとなった<sup>2,3)</sup>。テラー式テストなどを含めた乳児を対象とした視力検査では、白黒の縞パターンと白黒の縞を混ぜ合わせたグレーパターンを左右対にして提示して縞パターンへの選好を測定し、選好が生じる限界を視力と決定する。新生児の視力は0.02程度で生後半年までに急速に発達し、その後緩やかに発達する。生後半年がおおまかな分岐点といわれているが、この時点の視力は0.2程度である。コントラスト感受性も生後半年が、発達上のおおまかな分岐点となることが知られている。視力発達は生後半年以降も緩やかに続き、視力発達が終了するのは、おおよそ10歳ごろともいわれる。



図2 乳児から見た顔イメージ。

振動によって伝わる聴覚は、胎児の頃から機能する。一方で光によって伝わる視覚は、真っ暗な胎内から出ないことには、刺激自体を受け取ることができない。そういうことから、視覚機能の発達は、出生後しばらく続くことがわかっている。

たとえば生まれてから光を受け取ることができなかった白内障による先天盲、その開眼手術の時期と視覚機能の回復から、視覚機能の完成時期を推測することができる。こうした患者の手術後10歳まで追跡調査を行ったところ、手術の時期が生後100日を越えると、規則的で不随意的な眼の震(眼振)が残り、視力が悪くなる可能性が高まることがわかっている<sup>4)</sup>。

こうした視覚障害の研究や乳児を対象とした視覚実験から、視覚機能は運動視から機能し始め、パターンを見る能力や立体視へと続き、複雑な機能ほど後に形成されることがわかっている。

## 2. 動きと形を見る能力の発達

視覚を形と動きに大きく分類すると、運動視が先に発達することが知られている<sup>5-7)</sup>。新生児でも近づく動きに防御反応をすることは、Yonasら<sup>8)</sup>の実験から明らかになった。またShiraiら<sup>9)</sup>は、放射状に運動するランダムドットを提示し、特定の速度ではあるが生後2ヶ月の乳児でも放射状の運動に好みを示すこと、さらに加速度をつけ放射運動を接近運動に近い印象にするとその好みは増えることを示している。結果に限定はあるものの、動きへの反応は皮質の発達し始める生後2ヶ月という、早い時期に機能することが示されている。

一方で形態知覚は一般的に動きよりも遅く発達し、さらに運動情報を加えることによって形態知覚が促進されることが知られている<sup>2,3,7)</sup>。たとえばOtsukaら<sup>10)</sup>の実験では、主観的輪郭を動かすことによって生後3ヶ月の乳児が主観的輪郭を知覚できることを見出した。

形と比べて先に発達する動きの経路である背側系は、しかしながら発達障害で壊れやすいといわれ<sup>6,11)</sup>、ウィリアム症候群をはじめとした

発達障害ではこの動きの経路が選択的に壊れているという仮説のもと、多くの研究が行われている<sup>6,7)</sup>。

自閉症児を対象とした研究では、自閉症児の運動視の欠損と、形態視の特殊性が研究されている。

形を見る能力の優位性に関しては、たとえば囲まれた中にある、静止したターゲットの検出が速く<sup>12-15)</sup>、ローカルな部分に注意しやすいこと<sup>16-20)</sup>、視覚学習課題では、よく似た新奇刺激を弁別する能力に長けていること<sup>21)</sup>などが報告されている。Bertoneら<sup>22)</sup>が、静止した図形の方位の閾値を計測したところ、単純な刺激の場合、高機能自閉児の閾値は健常児よりも低く、複雑な刺激の場合、逆に高機能自閉症の閾値は健常児よりも高くなることが判明した。

自閉症児の形態視の特徴は、「低次の静止情報処理に優れている」<sup>21)</sup>という仮説がある一方で、実験状況の副産物という批判もあるようだ。

運動視が劣っているというデータも多数あり、様々な複雑な運動刺激への感受性が一貫して低いことが報告されている。拡大縮小運動<sup>23)</sup>グローバルモーション刺激への順応<sup>24)</sup>、ランダムドットキネマトグラム<sup>25)</sup>、バイオロジカルモーション<sup>26)</sup>、モーションセグレーション<sup>23)</sup>などの感受性が一貫して低いことが報告されている。

### 3. 乳児の脳活動の発達

近年発達した近赤外線分光法 (NIRS) を使用し、乳児の視覚にかんする脳活動を計測する試みが行われるようになった。近赤外線分光法 (NIRS) とは、近赤外線光が皮膚や頭蓋に吸収されずに血中へモグロビンで吸収され、しかもヘモグロビンの種類によって波長が異なることから、酸化ヘモグロビンと総ヘモグロビンを計測する。非侵襲性であること、そして拘束する必要が少ないため乳児にも対応可能な計測手法である。

## 左右両側頭部

プローブの前先端 = 耳の後ろ

プローブの中心 = T5・T6 (国際式10-20法)

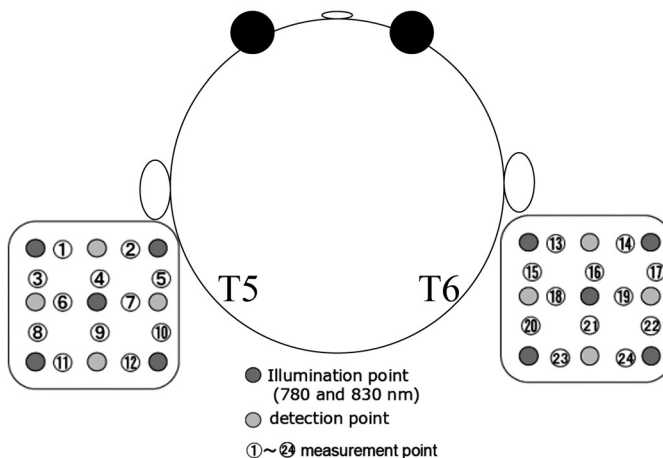


図3 プローブの計測位置。

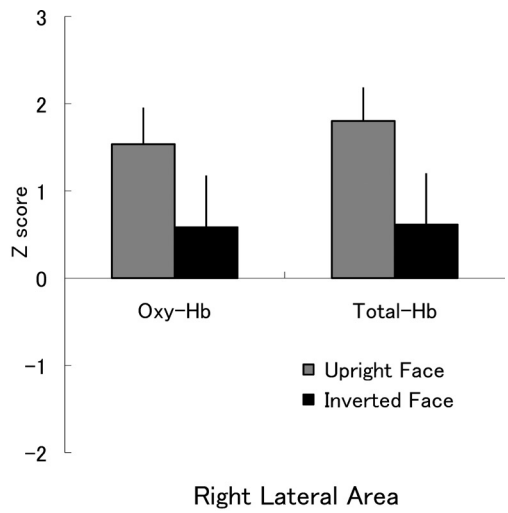
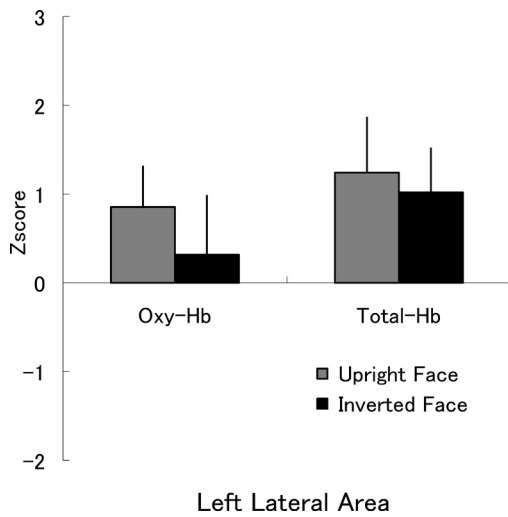


図4 正立顔と倒立顔を観察中の左右両側頭におけるヘモグロビン量の変化.

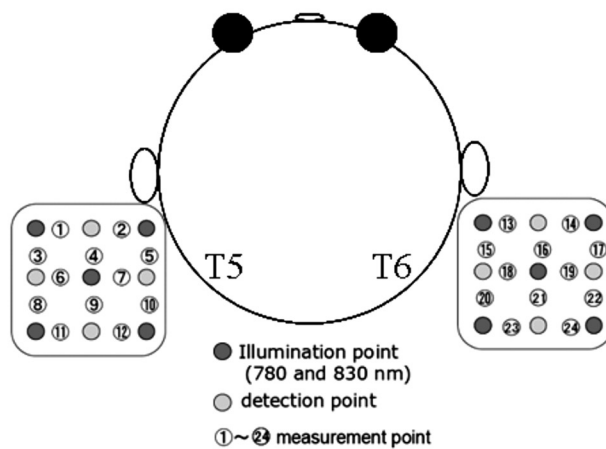
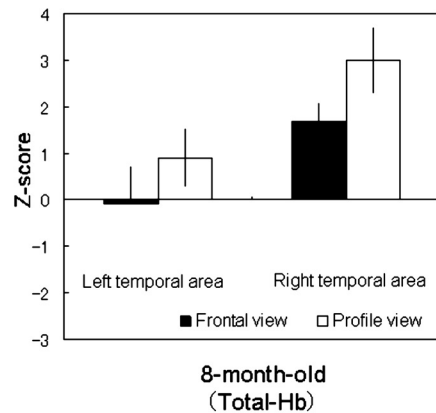
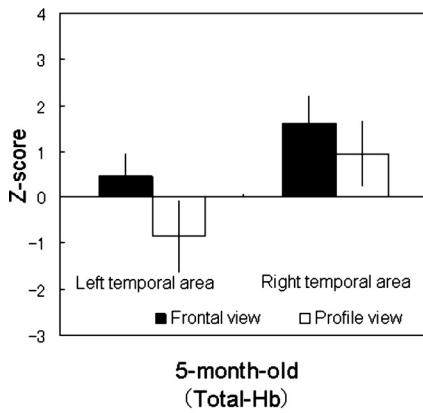


図5 正面顔と横顔を観察中の左右両側頭におけるヘモグロビン量の発達の変化.

Otsuka ら<sup>27)</sup>は、この近赤外線分光法 (NIRS) を用いて、上側頭溝 (STS) および紡錘状回 (Fusiform gyrus) など顔処理の対象部位となる側頭の活動を、生後5~8ヶ月の乳児を対象に計測した。

生まれたばかりの新生児でも顔を検出し選好することが知られているが<sup>28)</sup>、皮質や脳の発達からいうと、新生児での顔処理が成人と同様とは考えにくい。成人の顔処理の特徴は、莫大な数の顔を記憶し識別できることにあり、その背景には上側頭溝 (STS) および紡錘状回 (Fusiform gyrus) といった顔処理に特化した部位の存在と、顔の“全体処理”があげられる。“全体処理”とは、目鼻口の部分で顔を判断するのではなく、目鼻口の位置関係をもって顔を判断することである。そしてこの“全体処理”を示す現象に、顔の“倒立効果”がある。“倒立効果”とは、顔を逆さにするとわかりにくくなる現象であり、それが顔固有に生じることが知られている。そして乳児を対象とした顔認知発達の研究から、“全体処理”の証拠は生後8ヶ月にみられることがわかっている<sup>29)</sup>。

Otsuka らは乳児でも顔領域が活動するかを調べるため、ベースラインに5つの野菜、テストに女性5人の顔を見せ、ベースラインから顔テストでヘモグロビンの変化を調べている。さらに倒立効果の有無を調べるため、テストの顔で顔を逆さにして提示する条件と正立で提示する条件を設定し、この間でヘモグロビンの変化を比較している。実験の結果、顔を見ることにより右側頭の活動は高まり、特に倒立よりも正立でこの活動が高まることが判明した。成人も顔処理では特に右半球の活動が高まることから、この月齢の乳児においても高度な顔処理が可能であることが示唆される。

さらに Nakato ら<sup>30)</sup>はこの時期の脳活動の発達を調べる実験を行った。これまで乳児を対象とした顔認知発達実験から、異なる角度の顔を認識することが発達の遅いことが知られている。Fagan ら<sup>31)</sup>は未知の女性の正面顔を学習した後で、横顔を見せて学習効果を確認したと

ころ、生後7ヶ月の乳児が学習可能であることが示された。そこで Nakato ら<sup>30)</sup>は、生後5ヶ月児と8ヶ月児が正面顔と横顔を見ている時の脳活動を計測した。ベースラインは Otsuka ら<sup>27)</sup>の実験と同じ5つ野菜、テストでは同じ女性5名の正面顔と横顔が用意された。5ヶ月と8ヶ月の2群に分けて実験を行ったところ、8ヶ月児は横顔・正面顔とも同じような右半球が優位な脳活動を示したのに対し、生後5ヶ月の脳活動は弱く、正面顔でしか活動を示さないことがわかったのである。

以上、さまざまな手法を使用した乳児の視覚認知実験について概観した。乳児の視覚認知発達については、比較的低下で基礎的な発達過程に関してはある程度明らかになっているところもあるが、それぞれの能力がどのように統合されてどのように高次な知覚過程が形成されるかについては未解決の部分が多い。近年の研究では比較的低下な視覚レベルの発達の障害が将来の社会的な能力の欠損という現象につながることも検討されている。発達障害児に何が欠けているかを考え直す点においても、重要な問題が残されているといえよう。

## 文 献

- 1) R. L. Fantz: Pattern vision in newborn infants. *Science*, **296**–**297**, 1963.
- 2) 山口真美: 赤ちゃんは世界をどう見ているのか, 平凡社新書, 2006.
- 3) 山口真美: 視覚世界の謎に迫る, 講談社ブルーバックス, 2006.
- 4) A. Sjoström, M. Abrahamsson, E. Byher and J. Sjostrand: Visual development in children with congenital cataract. *F. Durand (Ed.) Infant Vision*. Oxford press, London, 1996.
- 5) J. Atkinson: *The Developing Visual Brain*. Oxford University Press, Oxford, 2002. ジャネット・アトキンソン (著) 金沢 創, 山口真美 監訳 高岡昌子, 仲渡江美, 小沼裕子, 阿部五月, 田中規子 訳 *乳児の視覚と脳科学 視覚脳が生まれる*, 北大路書房, 2005.
- 6) J. Atkinson, O. Braddick, S. Anker, W. Curran,



- R. Andrew and F. Braddick: Neurobiological models of visuo-spatial cognition in young Williams syndrome children: Measures of dorsal-stream and frontal function. *Developmental Neuropsychology*, **23**, 139–172, 2003.
- 7) 山口真美・金沢 創：赤ちゃんの視覚と心の発達，東京大学出版会，2008.
  - 8) A. Yonas, L. Pettersen and J. J. Lockman: Young infant's sensitivity to optical information for collision. *Canadian Journal of Psychology*, **33**, 268–276, 1979.
  - 9) N. Shirai, S. Kanazawa and M. K. Yamaguchi: Asymmetry for the perception of expansion/contraction in infancy. *Infant Behaviour and Development*, **27**(3), 315–322, 2004.
  - 10) Y. Otsuka and M. K. Yamaguchi: Infants' perception of illusory contours in static and moving figures. *Journal of Experimental Child Psychology*, **86**(3), 244–251, 2003.
  - 11) O. Braddick, J. Atkinson and J. Wattam-Bell: Normal and anomalous development of visual motion processing: motion coherence and 'dorsal-stream vulnerability'. *Neuropsychologia*, **41**, 1769–1784, 2003.
  - 12) K. Plaisted, J. Swettenham and L. Rees: Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **40**, 733–742, 1999.
  - 13) M. A. O'Riordan, K. C. Plaisted, J. Driver and S. Baron-Cohen: Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology; Human Perception and Performance*, **27**, 719–730, 2001.
  - 14) M.-J. Caron, L. Mottron, C. Rainvill and S. Chouinard: Do high functioning persons with autism present superior spatial abilities? *Neuropsychologia*, **42**, 467–481, 2004.
  - 15) E. Pellicano, L. Gibson, M. Maybery, K. Durkin and D. R. Badcock: Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: A possible mechanism for weak central coherence. *Neuropsychologia*, **43**, 1044–1053, 2005.
  - 16) A. Shah and U. Frith: An islet of ability in autistic children: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **24**, 613–620, 1983.
  - 17) A. Shah and U. Frith: Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **34**, 1351–1364, 1993.
  - 18) T. Jolliffe and S. Baron-Cohen: Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **38**, 527–534, 1997.
  - 19) L. Mottron, S. Belleville and E. Ménard: Local bias in autistic subjects as evidenced by graphic tasks: perceptual hierarchization or working memory deficit. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **40**, 743–755, 1999.
  - 20) A. Lahaie, L. Mottron, M. Arguin, C. Berthiaume, B. Jemel and D. Saumier: Face perception in high-functioning autistic adults: evidence for superior processing of face parts, not for a configural face processing deficit. *Neuropsychologia*, **20**(1), 30–41, 2006.
  - 21) K. Plaisted, M. O'Riordan and S. Baron-Cohen: Enhanced discrimination of novel, highly similar stimuli by autism during a perceptual learning task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **39**, 765–775, 1998.
  - 22) A. Bertone, L. Mottron, J. Jelenic and J. Faubert: Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*, **128**, 2430–2441, 2005.
  - 23) B. Gepner, D. Mestre, G. Masson and S. de Schonen: Postural effects of motion vision in young autistic children. *Neuroreport*, **6**, 1211–1214, 1995.
  - 24) J. Spencer, J. O'Brien, K. Riggs, O. Braddick, J. Atkinson and J. Wattam-Bell: Motion processing in autism: evidence for a dorsal

- stream deficiency. *Neuroreport*, **11**, 2765–2767, 2000.
- 25) E. Milne, J. Sweetenham, P. Hansen, R. Campbell, H. Jeffries and K. Plaisted: High Motion processing in autism: evidence for a dorsal stream deficiency. *Neuroreport*, **11**, 2765–2767, 2000.
- 26) R. Blake, L. M. Turner, M. J. Smoski, S. L. Pozdol and W. L. Stine: Visual recognition of biological motion is impaired in children with autism. *Psychological Science*, **14**, 151–157, 2003.
- 27) Y. Otsuka, E. Nakato, S. Kanazawa, M. K. Yamaguchi, S. Watanabe and R. Kakigi: Neural activation to upright and inverted faces in infants measured by near infrared spectroscopy. *NeuroImage*, **34**(1), 399–406, 2007.
- 28) 山口真美：赤ちゃんは顔をよむ；視覚と心の発達学，紀伊国屋書店，2003.
- 29) G. Schwarzer and N. Zauner: Face processing in 8-month-old infants: evidence for configural and analytical processing. *Vision Research*, **43**, 2783–2793, 2003.
- 30) E. Nakato, Y. Otsuka, S. Kanazawa, M. K. Yamaguchi, S. Watanabe and R. Kakigi: When do infants differentiate profile face from frontal face? A near-infrared spectroscopic study. *Human Brain Mapping*, **30**(2), 462–472, 2008.
- 31) J. F. Fagan: Infants' recognition of invariant features of faces. *Child Development*, **47**, 627–638, 1976.