

成果報告書

眼球運動を指標とした10ヶ月児の2次運動知覚の発達

Development of the sensitivity to second-order motion in 10-month-olds – an eye-tracking study

東京女子医科大学 加藤 正晴

派遣援助期間： 2006年4月12日 - 2007年4月14日

研究機関： Department of Psychology, Uppsala University
Box 1225 S75 142 Uppsala, Sweden

研究指導者： Prof. Claes von Hofsten

Abstract: 10-month-old infants' sensitivity to first-order motion (FOM) defined by luminance and second-order motion (SOM) defined by flickering was measured in an eye-tracking paradigm. We used a small single disc or grating moving horizontally. Although infants could track the SOM of a small disc, they failed to exhibit smooth pursuit eye movements. They also failed to track SOM gratings with smooth pursuit. However, the gain of tracking based on slow eye movement was influenced by the motion direction of SOM in cases when both FOM and SOM were presented simultaneously, suggesting some sensitivity to SOM.

0. はじめに

研究成果の報告にさきだって、今回ご報告することが中間報告で報告させていただいたことと若干変化していることをお許し下さい。当初の計画では、乳児の運動知覚におけるトップダウン処理とボトムアップ処理についてダイナミックドットカルテット(Dynamic Dot Quartet)という上下運動にも左右運動にも運動して見える曖昧な運動刺激を用いることで調べる予定でした(中間報告のテーマ1に相当します)。この実験自体は無事終了し、データの解析もほぼ終わり論文の執筆をしている段階ですが、結果の解釈がなかなか難しくまとめ方に苦慮していることです。一方、ウプサラ大学に到着後指導教官との話し合いの中では始めることになった研究テーマ(中間報告のテーマ2に相当します)が思いのほか順調に進み、すでに論文も投稿済みです。そこで、この成果報告書においては、後者のほうを主体とした報告書を作成することにいたしました。いずれにせよ申請時に提出した研究課題「眼球運動を指標とした乳児の認知機能の発達」をこの一年で行ったことは間違いありません。

1. 研究目的

人は外界からの情報のうち、かなりの部分を視覚に頼っている。特に運動の知覚は自分の身に迫る危険を察知、予測するため、あるいは自分の身体がいまどのような運動をしているかのフィードバックを得るための情報としても非常に重要である。脳がどうやって視覚的な運動を検出するのかについては昔から研究がなされており、古典的には空間中の線分の傾きを検出するメカニズムと同様のメカニズムによって運動が検出されると考えられてきた。この機構は原理的に線形構造をしているが、近年線形の検出器では捕らえられないはずの運動を人やサル、ネコが検出可能であることが実験的に示された。この運動は2次運動と呼ばれる。一方従来のモデルでも検出可能な運動は1次運動と呼ばれる。

1次運動とは輝度の時間的空間的变化によって生じる運動であり、2次運動とは1次運動以外の運動である。例えば暗闇に白い物体が移動している場合、この運動は1次運動である。一方、純粋な2次運動は自然界にはあまり存在しないが、例えば擬態をして隠れた生物が、少しでも動くことで検出可能になるのには2次運動知覚が貢献をしていると考えられている。

Wilson, Ferrera & Yo (1992)は2次運動の検出は1次運動の検出とは異なった脳の場所で行われていると考え、その場所を V2 であると予測している。この予想を支持する結果は多くあるものの、より低次の場所における非線形処理が2次運動知覚に貢献しているという考え(例えば Barraclough, Tinsley, Webb, Vincent & Derrington, 2006)もあり、十分に解明されたとはいえない。

本研究ではこの2種類の運動知覚の発達過程を検討することにより、この問題に答えを出すものである。つまり2次運動と1次運動の検出に発達のなずれがあるならば、両者は別々の回

路で処理されていることを示唆し、同時であれば同一の回路で処理されている可能性が示唆される。

2. 方法

運動刺激を提示された際に生じる slow eye movement (SEM)という眼球運動に注目し、SEMが生後10ヶ月の乳児において1次運動や2次運動提示時に生じるかどうかを検討した。SEMは運動刺激によってのみ誘導されるため、SEMが検出されるならば運動刺激が検出されたといえる(Stone & Krauzlis, 2003; Dobkins, Stoner, & Albright, 1998; Beutter & Stone, 2000)。

対象: 10ヶ月児および成人各々31名。

刺激: 実験は二つから成り立っており、実験1では比較的小さい標的が一定速度で運動するものであり(Fig. 1)、実験2では、画面全体に水平方向にドリフトするグレーティング刺激を用いた。実験2A では刺激は1次運動か2次運動が単独で提示されるのに対し、実験2B では両者が同時に提示された(Fig. 2)。

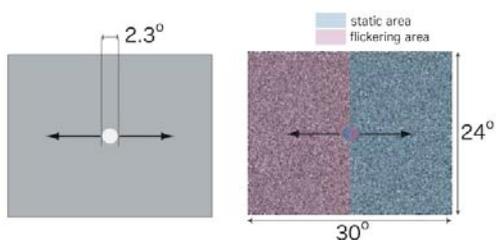


Fig. 1: The schematics of the stimuli used in Experiment 1. Left panel indicates the first-order motion (FOM) stimuli where a white disc moves back and forth in a gray background. Right panel indicates the second-order motion (SOM) stimuli where a flickering target moves in a static background (stSOM condition) or a static target in a flickering background (dtSOM).

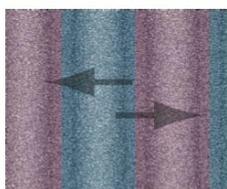


Fig. 2: The schematics of the stimuli used in Experiment 2B. In Experiment 2B, luminance modulated sinusoidal gratings (FOM) and temporally modulated gratings were presented simultaneously and overlapping each other.

3. 結果と考察

生後10ヶ月の乳児は1次運動の単独提示によってSEMが誘発された(実験1および2A)。これは先行研究(Rosander & von Hofsten, 2000; Valmaggia, Rutsche, Baumann, Pieh, Bellaiche Shavit, Proudlock & Gottlob, 2004; von Hofsten & Rosander, 1997)と一致する。一方で2次運動に対してはフリッカ自体が見えているにもかかわらず(なんとならば、実験1よりサッカーディックに運動を追う眼球運動は発生していたので)小さい標的でも画面全体の運動でもSEMは生じなかった(実験1および2A)。

ところが1次運動と2次運動が同時に提示された場合(実験2B)、刺激のコントラストが低くなると、1次運動と2次運動の相対的な運動方向に依存してSEMのゲインが変化し、両者の運動方向が逆方向のとき、ゲインが0まで減少した(Fig. 3)。Harris and Smith (2000)は成人を対象とした実験で同様の現象を報告し、これを2次運動を検出しているためだとした。このことを踏まえると、人は**生後10ヶ月の段階で2次運動を検出可能**なことが示唆される。

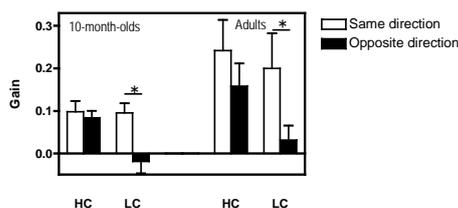


Fig 3: Gains as a function of Contrast and Relative motion direction. Data are from Experiment 2B for 10-month-olds and adults. LC = low contrast, HC = high contrast. White and black bars indicate relative motion directions of FOM and SOM (same or opposite direction), respectively.

しかしその誘導のされかたが限局的であることから、1次運動と2次運動が同一の回路で処理されているとは考えにくい。つまり2次運動の検出は1次運動の検出とは少なくとも部分的に異なった回路で行われている事を本研究の結果は示唆している。

また本研究の結果は、2次運動の検出が皮質下で行われる可能性(Barraclough, *et al.*, 2006)に対し否定的である。生後9ヶ月の段階で皮質への入り口である外側膝状体は成人同様に成熟している(Garey and Courten, 1983)にもかかわらず、2次運動単独では十分にSEMが誘発されなかったからである。

参考文献

- Barraclough, N., Tinsley, C., Webb, B., Vincent, C. & Derrington, A. (2006). Processing of first-order motion in marmoset visual cortex is influenced by second-order motion. *Visual Neuroscience*, 23, 815-824.
- Beutter, B. R. & Stone, L. S. (2000). Motion coherence affects human perception and pursuit similarly. *Visual Neuroscience*, 17, 139-153.
- Dobkins, K. R., Stoner, G. R. & Albright, T. D. (1998). Perceptual, oculomotor, and neural responses to moving color plaids. *Perception*, 27, 681-709.
- Garey, L. J. & Courten, C. (1983). Structural development of the lateral geniculate nucleus and visual cortex in monkey and man. *Behavioral Brain Research*, 10, 3-13.
- Harris, L. R. & Smith, A. T. (2000). Interactions between first- and second-order motion revealed by optokinetic nystagmus. *Experimental Brain Research*, 130, 67-72.
- Rosander, K. & von Hofsten, C. (2000). Visual-vestibular interaction in early infancy. *Experimental Brain Research*, 133, 321-333.
- Stone, L. S. & Krauzlis, R. J. (2003). Shared motion signals for human perceptual decisions and oculomotor actions. *Journal of Vision*, 3, 725-736.
- Valmaggia, C., Rutsche, A., Baumann, A., Pieh, C., Bellaiche Shavit, Y., Proudlock, F. & Gottlob, I. (2004). Age related change of optokinetic nystagmus in healthy subjects: a study from infancy to senescence. *The British Journal of Ophthalmology*, 88, 1577-1581.
- von Hofsten, C. & Rosander, K. (1997). Development of smooth pursuit tracking in young infants. *Vision Research*, 37, 1799-1810.

成果

国内学会(本人による)

1. 題名:曖昧運動刺激の方向バイアスとその発達的变化
会議名:日本赤ちゃん学会
場所, 期日:大宮, 2007年6月
2. 題名:視線計測法を用いた乳児の2次運動知覚
会議名:日本視覚学会
場所, 期日:豊橋, 2007年7月

論文

1. "Sensitivity to second-order motion in 10-month-olds"
M. Kato, T.C.J. de Wit, D. Stasiewicz, C. von Hofsten
Vision Research. (*in revision*)

2. "The directional bias of bistable apparent motion in infants"

M. Kato, T. Otobe, Y. Konishi

Vision Research (*in preparation*)