

視運動性眼振の発達的变化に関する生理心理学的研究

Developmental Trends of Optokinetic Nystagmus

葉石 光一* 奥住 秀之* 国分 充** 細 湊 富夫***
Koichi Haishi Hideyuki Okuzumi Mitsuru Kokubun Tomio Hosobuchi

I. はじめに

視運動性眼振は視野内の視覚刺激の運動によって誘発される眼球運動であり、視覚刺激の運動方向と一致する眼球の緩徐な動き（緩徐相）と、それに続く逆方向への急速な戻り（急速相）との2相の繰り返しからなる。視野は機能的にも構造的にも不均一であるため、視運動性眼振の発現は視野のどの部位をどの程度の範囲にわたって刺激するかによって変わるとされており、一般には視野中心部を含む広い範囲の刺激がより活発な視運動性眼振を誘発する。すなわち視運動性眼振の発現には視野中心部と周辺部がそれぞれに特有の役割分担をしており、中心となって働くのは視野中心部であり、視野周辺部はそれを補助的に支援するといわれる (Dichigans, 1977¹⁾; van Die and Collewijn, 1982²⁾)。また、視野中心部と視野周辺部の役割分担を刺激の運動速度との関連で詳細に検討した三好・白戸 (1981)³⁾ は、刺激の運動速度が低いときには視野中心部が中心的に働き、刺激の運動速度が高くなると視野周辺部の役割が大きくなると述べている。このような視運動性眼振発現における視野中心部と視野周辺部の役割は、成人や動物実験によって検討されているが、発達の(個体発生的)にどのような経過をたどるかということについてはこれまで検討されていない。この点は、視野が発達的に拡大するとされているだけに一層興味ある問題である。

発達の視野の拡大(厳密には視機能の「島」の周辺の高さの上昇)については、松野・片桐 (1973)⁴⁾ は5歳から11歳児91名を対象として45度間隔8方向の視野を、小松 (1977)⁵⁾ は6歳から12歳児188名を対象として水平方向の耳側、鼻側2方向の視野を測定し、いずれの研究も視野が発達

的に拡大することを明らかにした。またその年齢的变化の様相については、松野・片桐は8歳までの視野の拡大がとくに著しいとしている。

いっぽう、視運動性眼振の発達的变化を調べた柳原 (1951)⁶⁾、竹森・鈴木 (1971)⁷⁾ は眼振打数および緩徐相速度が発達的に成人の水準に近づいていくという傾向を明らかにした。また竹森・鈴木は、視運動性眼振が機能的に成人の水準に達する年齢についても言及し、それを8歳としている。この年齢は松野・片桐が指摘する視野の拡大が著しい時期と合致しており、視野の拡大と視運動性眼振の発達的变化の様相とが関連している可能性が考えられる。しかし、視運動性眼振の発達的变化を調べた研究自体が少なく、まして視覚刺激が与えられる視野と関連させてその発達的变化を調べた研究はみられない。そこで本研究は、視運動性眼振発現における視野の分化がどのような発達の経過をたどるかに関する基礎的資料を得ることを目的とし、健常成人および健常児を対象として、視運動刺激が視野周辺部を大きく含む条件(Stripe条件)と視運動刺激が視野周辺部をあまり含まない条件(Non Stripe条件)での視運動性眼振の発現様相を比較検討する。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、生活年齢3歳から6歳の健常児31名(3歳児4名、4歳児7名、5歳児12名、6歳児8名)、および生活年齢20歳から22歳の健常成人10名である。被験者には斜視および弱視の者は含まない。

2. 装置

視運動性眼振の誘発には視運動性眼振誘発装置

*東北大学・**金沢大学・***長野大学

(川村鉄工所製)を用いた。本装置は我々が設計したものである。装置は、被験者の頭部を固定する顎台、視標を提示する視標提示部、視標が被験者の正中面を横切った時点を確認し、視標の数をカウントするためのセンサから構成されている。視標提示部は、視角108度の間隔で設置した2本のローラー、ローラーの1本に直結している正逆両方向に速度可変で回転するスピードコントロールモータ、視標となる絵を描いた視標提示面で構成されている。視標提示面は2本のローラーに渡して巻きつけてある。よって視標はスピードコントロールモータの回転により、被験者に対して左右両方向に、任意の速度で移動する。視標提示面は、被験者からみて上下方向は視角46度、左右方向は視角108度である。視標は以下に示す2種のものを用意し、視覚刺激が与えられる視野のサイズを変化させた。

1) **Non Stripe 条件** : Fig.1 は Non Stripe 条件で用いた視標である。視標は視角8度の大きさの絵(アニメーション映画の人気キャラクタ「となりのトトロ」)である。絵は線画であり、彩色も施されている。視標は視角35度の間隔で配置しており、視標提示面に提示される視標の数は常に3個である。すなわち左右方向に関しては視角78度の範囲の視運動刺激となる。

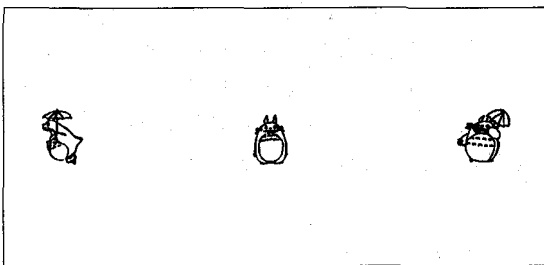


Fig.1 Non Stripe 条件の測定で用いた視標

2) **Stripe 条件** : Fig.2は Stripe 条件で用いた視標である。Non Stripe 条件での視標の上下に視角46度の幅の黒色のストライプを設けた。このストライプを設けることにより、刺激される視野のサイズが特に上下方向で大きくなる。すなわち Stripe 条件では上下方向のストライプの分だけ Non Stripe 条件よりも視覚刺激のサイズが大きいため、視運動刺激の強度は強い。

健康児については、同一被験者に両条件での測

定を行った。健康成人については、被験者を5名ずつに分け、ひとりの被験者にはひとつの条件での測定しか行わなかった。

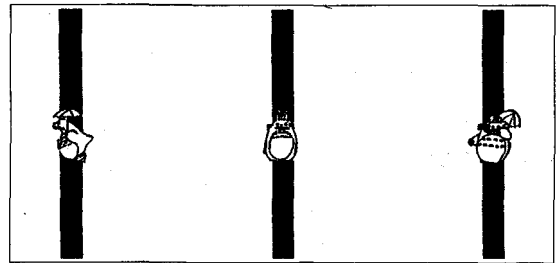


Fig.2 Stripe 条件の測定で用いた視標

3. 手続き

刺激方法は、加藤ら(1986)⁹⁾の Step 刺激法を参考にした。視標速度は、20、40、60、80度/秒の4つを、健康成人の場合は、1視標速度ごとに休憩をとりながら測定した。健康児の場合は、80度/秒は過剰でめまいを起こす者がみられることが予備的検討から判明したため、測定を行わなかった。視標の移動方向は、被験者の左から右(LR方向)、および右から左(RL方向)の水平2方向とし、1視標速度ごとにLR方向、RL方向の順に測定した。すなわち総試行数は4視標速度それぞれに2方向での測定を行うため合計8回(幼児の場合は2視標速度、2方向の4回)である。1試行は、視標が被験者の眼前を20個通過した時点で終了とした。被験者には、「眼前を通過する視標をひとつずつ数えるように追視して下さい」と教示した。

4. 処理

視運動性眼振の分析パラメータには眼振波形そのもののパタン、眼振の打数、緩徐相速度、急徐相速度などがあるが、緩徐相速度は視運動性眼振の特性を表すのにもっとも有効なパラメータである(Robinson, 1981)⁹⁾とされており、また最近の研究では緩徐相速度を視標速度で除した Gain(すなわち Gain が1.0に近いほど緩徐相速度は視標速度と一致している)を用いて脳の障害部位などが論じられている。そこで本研究でも緩徐相速度の Gain をパラメータとして視運動性眼振の分析を行う。具体的には1試行における緩徐相速度の平均値を平均緩徐相速度とし、平均緩徐相速度に一

貫した左右差を示した被験者がいなかったため、1 視標速度の LR 条件、RL 条件において、高い値をその視標速度での平均緩徐相速度の代表値とした。

III. 結果

1. 健常成人の平均緩徐相速度の Gain

Fig.3 には健常成人および健常児の平均緩徐相速度の Gain を視標速度ごとに示した。縦軸は平均緩徐相速度の Gain、横軸は視標速度である。○は健常成人の Non Stripe 条件、●は健常成人の Stripe 条件、□は健常児の Non Stripe 条件、■は健常児の Stripe 条件での Gain である。

健常成人についてみると、どちらの条件でも視標速度の上昇に伴い Gain が低下している。40度/秒以上の視標速度においては、常に Non Stripe 条件の Gain の方が Stripe 条件の Gain よりも低い。中村(1985)¹⁰⁾、加藤ら(1986)⁸⁾は、Gain 0.8 以下を眼球運動が視標に対して大きな遅れを示す目安としているため、それに従い、Gain が0.8を下回る視標速度をみてみると、Non Strip 条件で

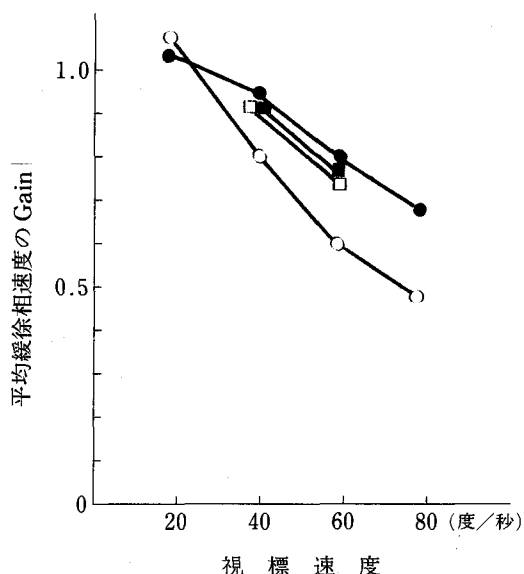


Fig.3 健常成人および健常児の平均緩徐相速度の Gain

- : 健常成人の Non Stripe 条件の Gain
- : 健常成人の Stripe 条件の Gain
- : 健常児の Non Stripe 条件の Gain
- : 健常児の Stripe 条件の Gain

は60度/秒、Strip 条件では80度/秒であり、眼球運動が視標から大きな遅れを示す視標速度は Non Strip 条件の方が低い。すなわち視標速度の上昇に伴う Gain の低下は、Non Stripe 条件の方が著しい。

2. 健常児の平均緩徐相速度の Gain

次に Fig.3 の健常児についてみると、健常成人と同じく、どちらの条件でも視標速度の上昇に伴い Gain は低下している。しかし Non Stripe 条件を比較すると、健常成人でみられた条件間の差は認められず、視標速度の上昇に伴う Gain の低下が Non Stripe 条件でより顕著であるということもみられない。また、健常成人と比較すると、Stripe 条件での Gain は、40度、60度/秒のどちらの視標速度においても健常成人の方が健常児よりも Gain が高いが、Non Stripe 条件では、40、60度/秒のどちらの視標速度においても健常児の方が健常成人よりも Gain が高い。

3. 平均緩徐相速度の Gain の年齢的变化

Fig.4 は健常児の平均緩徐相速度の Gain の年齢的变化を視標速度ごとにみたものである。縦軸は平均緩徐相速度の Gain、横軸は年齢である。○は Non Stripe 条件、● Stripe 条件である。どの年齢についてみても、健常児全体でみた前項の場合と同じく Non Stripe 条件と Stripe 条件との間に Gain の差はほとんどない。これはどちらの視標速度においても同様である。また発達の Gain の変化をみると、特に40度/秒で若干の変動がみられるもののどの年齢においてもほぼ同じであり、発達の変化の傾向は認めがたい。

IV. 考察

1. 健常成人について

一般に視運動性眼振を誘発する視標速度が上昇すると視標の追視が困難になるため、Gain は低下するといわれる(加藤ら、1986)⁸⁾。また視標のサイズは視運動性眼振の誘発に重要な要因であり(Dichigans, 1977)¹⁾、視標のサイズが小さいほど視運動刺激の強度が弱くなるため Gain は低下するとされる(時田, 1981)¹¹⁾。健常成人の平均緩徐相速度の Gain は、Non Stripe 条件、Stripe 条件いずれの場合においても視標速度の上昇に伴って

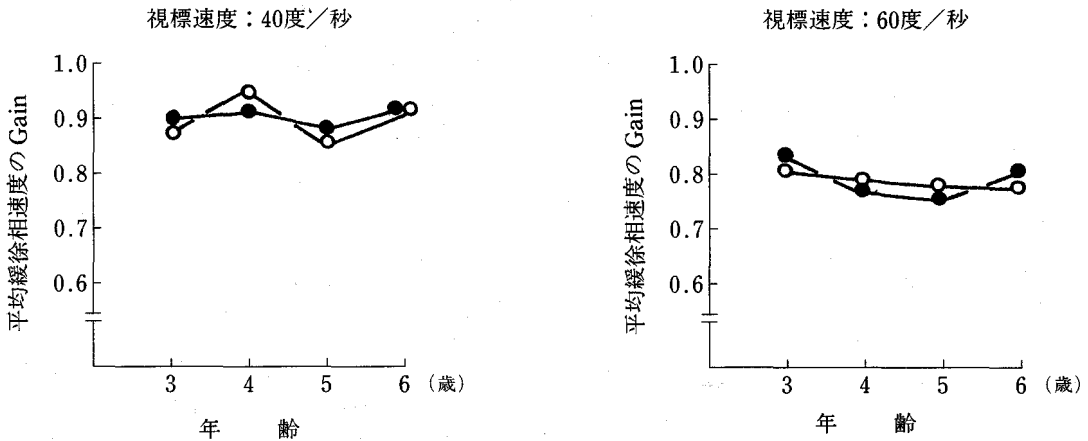


Fig.4 健常児の平均緩徐相速度の Gain の年齢的变化

○：Non Stripe 条件の Gain ●：Stripe 条件の Gain

低下していた。また Gain の低下の程度は視標が視野周辺部をあまり含まず、視運動刺激の強度が弱い Non Stripe 条件でより著しかった。すなわち健常成人の平均緩徐相速度の Gain の様相は、これまでの知見とよく一致する妥当な結果であったといえよう。

また本研究では視運動性眼振をより簡便に測定するため、筆者が設計し作製した装置を用いたが、健常成人において得られた結果がこれまでの知見とよく合致するものであったため、本研究で用いた刺激装置に関してはとくに問題を有しないとみてよいと思われる。

2. 健常児について

健常児の平均緩徐相速度の Gain は、Non Stripe 条件、Stripe 条件いずれにおいても視標速度の上昇に伴って低下している。これは健常成人の結果とも一致しており、かつ妥当な結果であった。しかし健常成人にみられたような条件間の Gain の差はなく、Non Stripe 条件では健常児の方が健常成人より Gain が高かったことは注目に値する。この結果を単純に受け入れるならば、健常児にとっての Non Stripe 条件の視運動刺激は健常成人が同じ Non Stripe 条件で示した反応以上の反応を引き出す強度をもっていたということである。先に述べたように、視運動性眼振の発現が視標のサイズと関連し、一般に視標サイズが大きく、与えられる視運動刺激の強度が強いほど緩徐相速度の Gain は高いとされていることをふまえ、Non

Stripe 条件の視標が視野全体に占める割合が刺激強度としては重要であると考え、この結果は説明できることではある。すなわち健常児の視野は発達の過程にあり相対的に健常成人よりも狭い、そのため Non Stripe 条件の視標が視野全体に占める割合を考えれば、健常児ではその割合は健常成人よりも高く、視運動性眼振における刺激強度は視覚刺激が視野全体に占める割合と関連しているとすると、健常児の Non Stripe 条件の Gain は健常成人の Stripe 条件の場合と同程度にもなりうると考えられる。これについては、今後さらに被験者の数を増やして事実の確認を行っていきながら、視野測定を合わせて行うなどして明らかにしていく必要がある。

3. 平均緩徐相速度の Gain の年齢的变化について

本研究で対象とした3歳から6歳の健常児について平均緩徐相速度の Gain の年齢的变化を調べたところ、各年齢間に特に目立った Gain の差は認められず、発達的な変化の傾向は明らかではなかった。しかし3歳から4歳にかけてのデータはないものの、松野・片桐(1973)⁴⁾によると5歳から6歳にかけては鼻側、上側、下側方向に視野が著しく拡大するとされている。このことは少なくとも5歳、6歳において Non Stripe 条件と Stripe 条件との間に条件間の差が生じてよいことを示唆するものであるが、得られたデータはそうではない。これは発達的な視野の拡大と、それが視運動性眼振に反映されるようになるまでに時

間遅れを想定すると説明しうることであるが、本研究では被験者の実際の視野を測定していない。この点についても結果自体の確認とともに、実際に対象とした被験者の視野を測定し、視運動性眼振の発達的变化の様相と視野の拡大との直接の関連を調べるといふ観点からさらに検討していく必要がある。

V. 結論

視運動性眼振の発達的变化を視野との関連で明らかにするため、3歳から6歳の健常児31名、および20歳から22歳の健常成人を対象とし、視運動刺激が視野周辺部を大きく含むStripe条件と視運動刺激が視野周辺部をあまり含まないNon Stripe条件とで視運動性眼振を測定した。視標速度条件は健常成人では20、40、60、80度/秒、健常児では40、60度/秒とした。その結果以下のことが明らかとなった。

- 1) 健常成人の平均緩徐相速度の Gain は、Non Stripe 条件、Stripe 条件いずれにおいても視標速度の上昇に伴い低下していった。Gain の低下の程度は Non Stripe 条件でとくに著しかった。
- 2) 健常児の平均緩徐相速度の Gain は、健常成人と同じく Non Stripe 条件、Stripe 条件のいずれにおいても視標速度の上昇に伴って低下していった。しかし健常成人にみられたような条件間の差は測定を行った40、60度/秒のいずれの視標速度においてもみられなかった。これは測定を行った3歳から6歳のどの年齢についても同様であった。健常成人と比較したところ両条件の Gain は健常成人の Stripe 条件の Gain に近く、Non Stripe 条件の Gain は健常成人よりも高かった。また測定を行った3歳から6歳の間で平均緩徐相速度の Gain に一定の発達的变化の傾向はみられず、どの年齢においても Gain はほぼ同程度であった。

(ほそぶち とみお 助教授)

(1993. 6. 30 受理)

<参考文献>

- 1) Dichgans, J., Optokinetic Nystagmus as Dependent on the Periphery via the Vestibular Nucleus, in Baker, R. and Berthoz, A. eds., *Control of Gaze by Brain Stem Neurons, Developments in Neuroscience*, Volume 1. Elsevier, North-Holland Biomedical Press, pp.261-267, 1977.
- 2) van Die, G. and Collewijn, H., Optokinetic Nystagmus in Man, *Human Neurobiol.* 1, pp.111-119, 1982.
- 3) 三好豊二・白戸勝「眼球運動における視野欠損の部位・広さの意義」(鈴木淳一編『脳と平衡障害』篠原出版、pp.91-120, 1981年)。
- 4) 松野豊・片桐和雄「知能障害児の視覚系の活動について」(『東北大学教育学部研究年報』第21集、pp.289-312, 1973年)。
- 5) 小松秀茂「視野の発達と障害」(松野豊編『心身欠陥学の諸問題』桑島治三郎教授退官記念事業会、pp.147-159, 1977年)。
- 6) 柳原亮一「年齢と視性眼振」(『耳鼻臨床』第44巻、pp.456-458, 1951年)。
- 7) 竹森節子・鈴木淳一「小児における視運動性眼振検査」(『耳喉』第43巻第1号、pp.3-10, 1971年)。
- 8) 加藤功・金山亮治・中村正・長谷川智彦・五十嵐敬郎・石川誠「Step刺激による視運動性眼振の意義」(『耳鼻臨床』補2巻、pp.46-56, 1986年)。
- 9) Robinson, D. A., Control of Eye Movements, in Geiger, S. R. ed., *Handbook of Physiology*, Volume 2. Motor Control, Part 2, Section 1. The Nervous System, pp.1275-1320, 1981.
- 10) 中村正「マイクロコンピュータによる眼振分析」(『日耳鼻』第88巻、pp.1705-1713, 1985年)。
- 11) 時田喬「大脳性平衡機能へのアプローチ」(鈴木淳一編『脳と平衡障害』篠原出版、pp.159-179, 1981年)。

謝辞

測定に協力して頂きました、埼玉県浦和市まつもと幼稚園の職員、園児の皆さんに深く感謝致します。