

弱視者の衝動性眼球運動の特性

柿 沢 敏 文*・中 田 英 雄**・谷 村 裕**

弱視者6名と晴眼者6名の衝動性眼球運動を EOG 法 (DC 記録) を用いて測定した。被検者の左右 5°と 10°の位置 (眼前 100 cm) に視標を配置し、ランダムに点灯させた。視標の注視によって生じる衝動性眼球運動の EOG をコンピュータを用いて分析し、最大速度と振幅を求めた。さらに、用手法を用いて潜時を計測した。その結果、晴眼者の衝動性眼球運動は平均潜時が約 200 ms であった。また、固視点から視標までの偏位角度が 5°の場合、平均最大速度は 160°/s、平均振幅は約 5.4°であった。10°の場合は平均最大速度は約 250°/s となり平均振幅は約 10.8°であった。弱視者の潜時は晴眼者と比較すると有意に長く、その平均値は約 220 ms であった。また、平均最大速度と平均振幅は偏位角度が 5°の場合に約 160°/s と約 5.0°であり、10°の場合に約 250°/s と約 10.2°であった。弱視者の衝動性眼球運動の最大速度と振幅は晴眼者とほぼ等しいが、潜時は有意に長い傾向が認められた。

キー・ワード：弱視者 衝動性眼球運動 潜時 最大速度 振幅

I. はじめに

視覚系に器質的な障害があり、矯正視力が 0.3 未満の弱視者は、視覚系からの入力情報を正確に、迅速に、かつ、十分に得られないと考えられる。これまで弱視者の視知覚特性は、視知覚テスト (黒川・佐藤・佐々木, 1979¹⁴⁾)、空間周波数特性 (小沢・谷村, 1982²⁵⁾)、パターン認識 (小柳・山梨・千田・志村・山県, 1983¹²⁾)、1984¹³⁾)、SAME-DIFFERENT 判断課題 (金城・中田・佐藤, 1986⁹⁾)、錯視量 (小林・中田, 1986⁹⁾)、読書 (Brown, 1981¹¹⁾)、佐藤, 1984²⁸⁾)、Legge, Rubin, Pelli, and Schleske, 1985¹⁵⁾) の観点から報告されてきた。

ところで、視覚情報をまず最初に受容する視覚系、とりわけ眼球運動については晴眼者を対象にしてこれまで数多く報告されてきた (Dodge, 1899²⁾)、Miles, 1936¹⁷⁾)、Westheimer, 1954³⁴⁾)、Robinson, 1964²⁶⁾)、菅阪, 1973²⁴⁾)、小松崎・篠田・丸尾, 1985¹¹⁾)、Hallett, 1986⁵⁾)。しかし、先天性の弱視者の眼球運動に関する報告は、きわめて少ないのが現状である。

眼球運動は滑動性眼球運動 (smooth pursuit eye movement)、衝動性眼球運動 (saccadic eye movement)、前庭性眼球運動 (vestibular-induced eye movement)、視運動性眼球運動 (optokinetic eye

movement)、輻輳性眼球運動 (vergent eye movement) に分類される (小松崎・篠田・丸尾, 1985¹¹⁾)、Hallett, 1986⁵⁾)。Leigh and Zee (1980¹⁶⁾) は視覚障害者の眼球運動について測定し、前庭性眼球運動、随意的な衝動性眼球運動、滑動性眼球運動に問題があることを指摘した。さらに、眼振の急速相 (quick-phase of nystagmus) は、晴眼者と同様な最大速度と振幅の関係が視覚障害者に認められることを示した。滑動性眼球運動について、武市・和気・山下・鳥居・望月 (1977²⁹⁾) と中田 (1984²⁰⁾) は、晴眼者と比較して弱視者の追視能力が低いことを指摘している。さらに、山下・田中 (1978³⁵⁾) は眼振と作業能力の関係について指摘している。

本研究では周辺視でとらえた視覚対象を網膜上で最も視力のすぐれた中心窩に運ぶ際に生じる衝動性眼球運動に注目した。衝動性眼球運動は共同性で急速な眼球運動であり、随意的にも、反射的にも生じる運動である。本研究では、視野内に点灯する 1 点の視標を随意的に眼球運動でとらえる際に生じる衝動性眼球運動について EOG 法 (electrooculography) を用いて測定した。得られた EOG 波形から、刺激が提示されて衝動性眼球運動が生じるまでの潜時、衝動性眼球運動の最大速度、衝動性眼球運動の振幅の 3 点について解析するとともに、晴眼者と弱視者の成績を比較し、検討した。

* 筑波大学大学院

** 筑波大学心身障害学系

Table 1 弱視者の年齢、視力、および眼疾患

被検者	年齢	視力		眼疾患
		右	左	
HK	15	0	0.04	視神経萎縮
FK	17	0.03	0.4	先天性小眼球、先天性白内障
KA	18	0.1	0.07	強度近視
SK	18	0.1	0.1	先天性白内障
TS	19	0.3	0.2	緑内障
TM	20	0.2	0.01	ブドウ膜炎

II. 方法

1. 被検者

被検者は健康な成人男性で、晴眼者6名(年齢23~27歳)、弱視者6名(年齢15~20歳)である。Table 1に弱視者の年齢、視力および眼疾患を示す。

2. 呈示視標

被検者の眼前100cmに筆者の作成した視標呈示装置を設置した。視標は正面の固視点(central LED)とその左右横の5°および10°の位置に2つずつ配置した計4つの注視点(peripheral LED)である。被検者の前方中央にある固視点は2~4秒間無作為に点灯する。次にその固視点が消失し、5ms後に固視点の左右横の5°あるいは10°の位置にある4つの注視点のどれか1点が無作為に3秒間点灯する。これらの時間制御はタイム・プログラマー(竹井機器製)を用いた。測定の様式図をFig. 1に示す。

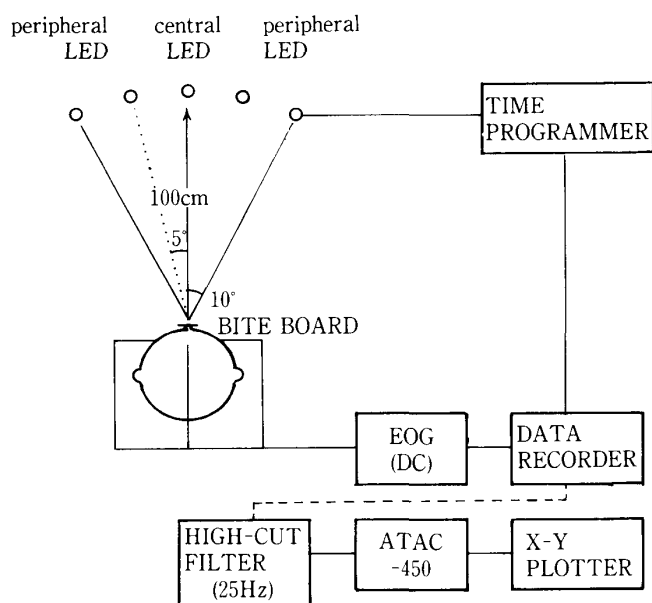


Fig. 1 測定の様式図

3. 眼球運動の記録

被検者は電極を装着し、バイト・ボードと顎台に頭部を固定した。電極の装置部位は左右外眼角部である。さらに前額中央部に不関電極を装着した。導出された眼球運動(両眼、水平誘導)のEOG(DC記録)をペンレコーダ(日本光電製、RJG-3024)に記録するとともにデータレコーダ(日本光電製、RMG-5304)に記録した。EOGの測定方法は、小松崎・竹森(1983¹⁰⁾)と梅田(1985³¹⁾)を参考にした。

4. 手続き

被検者はバイト・ボードに頭部を固定した状態で前方の視標呈示装置の固視点を注視する。眼鏡常用者は、眼鏡の使用を許可した。固視点が消失してから5ms後に点灯する注視点を被検者はできるだけ速く注視するよう教示した。そのときに生じる衝動性眼球運動を記録した。固視点から右あるいは左の5°あるいは10°の位置にある4つの注視点が各1回ずつ無作為に点灯する試行を1セットとし、各被検者に10セットの測定を行なった。

5. 分析方法

データレコーダの記録を再生し、コンピュータ(日本光電製、ATAC-450)を用いてAD変換を行ない、さらに統計処理を行なった。その際、EOGのアーチファクトの除去のために25Hzのハイカットフィルター(エヌエフ回路設計ブロック製、MODEL FV-606T)を用いた。サンプリングタイムは1msで、AD変換の精度は10ビットである。EOGのコンピュータ処理に用いたプログラムはいずれも筆者がBASIC言語を用いて開発した。衝動性眼球運動の特性をとらえるために、定量的な指標として注視点が点灯してから衝動性眼球運動が生じるまでの潜時(Latency)、衝動性眼球運動の最大速度(Peak Velocity)、および振幅(Amplitude)を求めた。コンピュータ処理において、潜時は注視点が点灯してから眼球運動が振幅の1/10の角度に達するまでの時間と定義した。最大速度は10ms毎の眼球運動の回転角度から算出した。注視点が点灯する前の100msの間のEOGをAD変換し、これら100個の値の平均値を求めた。この平均値を衝動性眼球運動が生じる前の眼球の位置と定義した。また注視点が点灯した後、1000~1100msの間に導出されたEOGをAD変換し、これら100個の値の平均値を求めた。この平均値を衝動性眼球運動が発生後の眼球の位置と定義した。これら2つの平均値の差を求め振幅を算出した。さらに、コンピュータ処理したEOGの記録をX-Yプロッタ(HEWLETT PACKARD製、7475

弱視者の衝動性眼球運動の特性

A) に再生し、用手法を用いて潜時を求めた。

コンピュータ処理で求めた潜時と用手法で求めた潜時の相関係数を求めた結果、晴眼者の相関係数は $r=0.719(p<.001)$ であり、弱視者では相関係数は $r=0.590(p<.001)$ であった。これらの相関図と、生のデータを詳細に検討した。その結果、コンピュータ処理で求めた潜時は、EOG の基線の動揺によって著しく影響されているので、正確性に欠けると判断した。むしろ、用手法がより正確に潜時を測定できると判断した。そこで、本研究では潜時を用手法で求めることにした。

III. 結 果

衝動性眼球運動の EOG のコンピュータ処理記録とその角速度について晴眼者と弱視者各 1 名の結果を Fig. 2 に示す。晴眼者と弱視者ともに右側 10° の注視点に対する衝動性眼球運動 10 試行の記録を重ね書きしたものである。晴眼者と比較して弱視者は、注視点が点灯してから衝動性眼球運動が生じるまでの潜時が長く、試行ごとののばらつきが認められる。

衝動性眼球運動の定量的な 3 つの指標である潜時、最大速度、振幅について弱視者の成績と晴眼者の成績の比較を行なった。

1. 潜 時

Fig. 3 は左側 5°、右側 5°、左側 10°、右側 10° の位置にある注視点に対する衝動性眼球運動の潜時について晴眼者と弱視者の平均値と標準偏差 (±1 SD) を示したものである。図中の○が晴眼者、△が弱視者の結果である。6 名の晴眼者と 6 名の弱視者はそれぞれ 10 試行

の衝動性眼球運動を行なったので、注視点位置別に 60 試行の衝動性眼球運動の潜時の平均値をあらわしている。右側 5° と左側 5° の位置にある注視点に対する晴眼者と弱視者の衝動性眼球運動の潜時の平均値はほぼ等しく 200~220ms であった。一方、右側 10° と左側 10° の位置にある注視点に対する衝動性眼球運動の潜時の平均値は晴眼者と比較して弱視者は値が大きい傾向が認められた。潜時について三要因の分散分析 (被検者

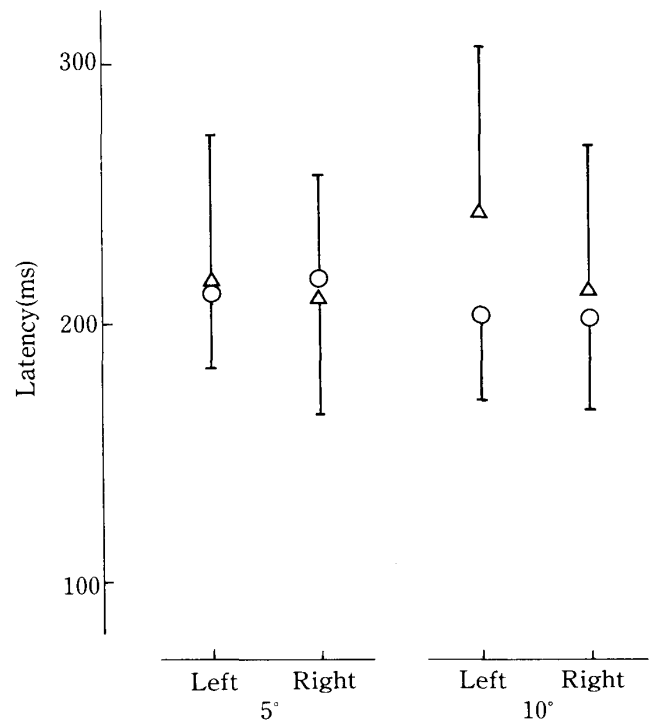


Fig. 3 晴眼者 (○) と弱視者 (△) の衝動性眼球運動の潜時の平均値と標準偏差

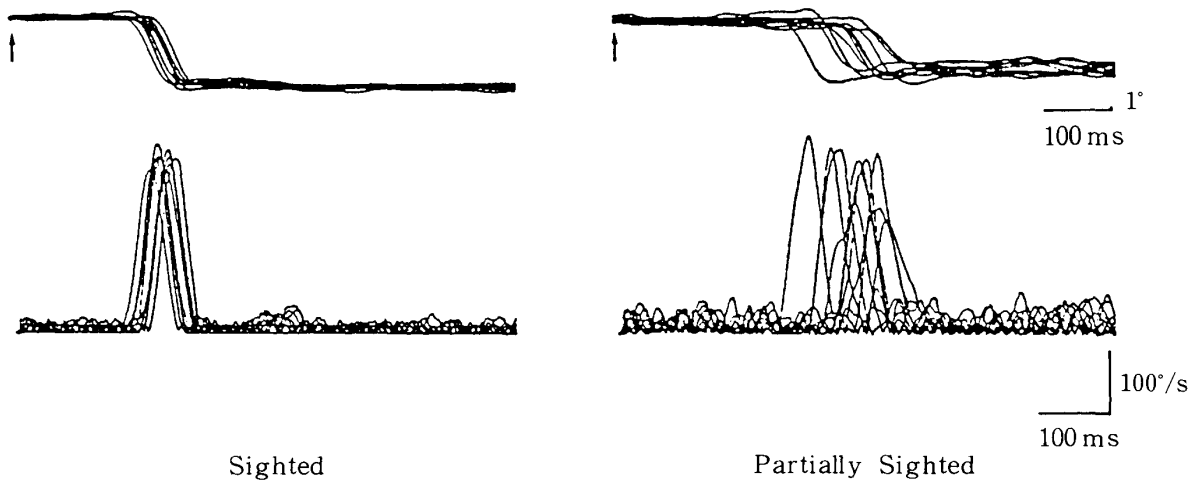


Fig. 2 左側 10° の注視点に対する晴眼者および弱視者の衝動性眼球運動 10 試行の記録。図中 ↑ 印で注視点が点灯し、衝動性眼球運動が生じた。上段：コンピュータ処理した EOG を X-Y プロッタ上に再生した記録 下段：眼球の角速度

群×注視点角度×方向)を行なった結果、被検者群間に有意差が認められた ($F=10.01$, $df=1/472$, $p<0.01$)。注視点角度と方向については非有意であった。また、被検者群×方向の交互作用が1%水準で有意であった ($F=6.71$, $df=1/472$)。すなわち、衝動性眼球運動が生じるまでの潜時は晴眼者と比較して弱視者は長い傾向が認められた。交互作用については、弱視者の左側10°の位置にある注視点に対する衝動性眼球運動の潜時の平均値が特に大きいことに基づいていると考えられる。次に、潜時について注視点位置別に、弱視被検者間および晴眼者群の比較を行なうために一要因の分散分析を行なった。その結果、いずれの注視点位置についても1%水準で有意差が認められた。そこで、Scheffeの検定法を用いて多重比較を行なった結果、弱視被検者FKはいずれの注視点に対する衝動性眼球運動も晴眼者群と比較して潜時が5%水準で有意に短い傾向が認められた。一方、弱視被検者HK、KAは潜時が5%水準で有意に長い傾向が認められた。弱視被検者SK、TS、TMの衝動性眼球運動の潜時は晴眼者群と差異が認められなかった。

2. 最大速度

Fig. 4は左側5°、右側5°、左側10°、右側10°の位置に

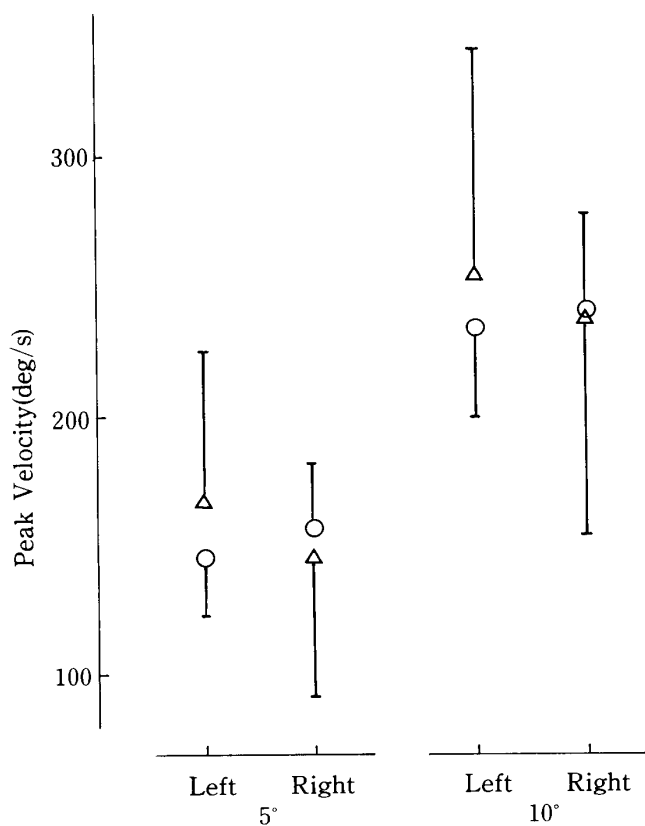


Fig. 4 晴眼者 (○) と弱視者 (△) の衝動性眼球運動の最大速度の平均値と標準偏差

ある注視点に対する衝動性眼球運動の最大速度について晴眼者と弱視者の平均値と標準偏差 (± 1 SD) を示している。図中の○が晴眼者、△が弱視者の結果である。振幅の大きさに対応して最大速度は異なり、振幅が大きいほど最大速度も大である傾向が認められる。晴眼者と弱視者の同一注視点 (同一振幅) に対する衝動性眼球運動の最大速度の平均値はほぼ等しく、固視点から注視点までの角度が5°の場合には平均最大速度が約160°/sで、10°の場合には平均最大速度が約250°/sであった。最大速度について三要因の分散分析 (被検者群×注視点角度×方向)を行なった結果、注視点角度間 (5°と10°) に有意差が認められた ($F=294.7$, $df=1/472$, $p<0.001$)。被検者と方向については非有意であった。また、被検者群×方向の交互作用が1%水準で有意であった ($F=7.07$, $df=1/472$)。すなわち、5°の位置の注視点に対する衝動性眼球運動の最大速度と比較して10°の位置の注視点に対する衝動性眼球運動の最大速度の方が速いことがわかった。さらに、晴眼者と弱視者の衝動性眼球運動の最大速度には差異が認められなかったが、衝動性眼球運動の方向と速度に関して晴眼者と弱視者の間に異なる傾向が認められたのである。次に、最大速度について注視点位置別に、弱視被検者間および晴眼者群の比較を行なうために一要因の分散分析を行なった。その結果、いずれの注視点位置についても1%水準で有意差が認められた。そこで、Scheffeの検定法を用いて多重比較を行なった結果、いずれの注視点に対する衝動性眼球運動も弱視被検者FKは、最大速度が晴眼者群と比較して5%水準で有意に大である傾向が認められた。弱視者KA、SK、HKは晴眼者群と比較して5%水準で有意に小である傾向が認められた。弱視者TS、TMの衝動性眼球運動の最大速度は晴眼者群と差異が認められなかった。

3. 振 幅

Fig. 5は左側5°、右側5°、左側10°、右側10°の位置にある注視点に対する衝動性眼球運動の振幅について晴眼者と弱視者の平均値と標準偏差 (± 1 SD) を示したものである。図中の○が晴眼者、△が弱視者の結果である。注視点の位置に対応して振幅は異なり、注視点の位置が5°の場合と比較して10°の場合には振幅は大きくなっている。さらに、標準偏差についても5°の場合と比較して10°の場合には大きい傾向が認められた。晴眼者と弱視者の同一注視点 (同一振幅) に対する衝動性眼球運動の振幅の平均値はほぼ等しいが、弱視者の方が注視点角度に近似の振幅を示している。し

弱視者の衝動性眼球運動の特性

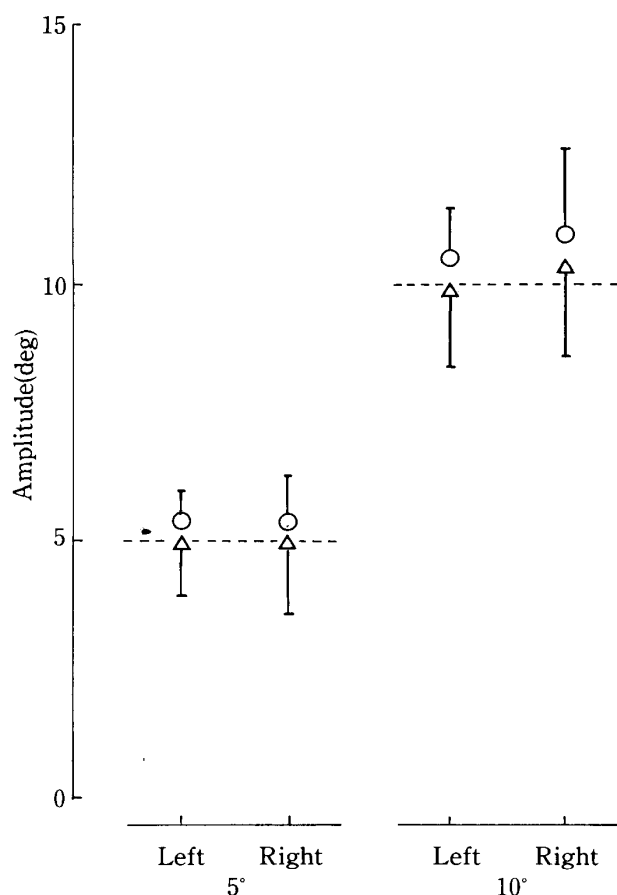


Fig. 5 晴眼者 (○) と弱視者 (△) の衝動性眼球運動の振幅の平均値と標準偏差

しかし、標準偏差が晴眼者と比較して弱視者は大きく、ばらつきが大きい傾向が認められた。振幅について三要因の分散分析 (被検者群×注視点角度×方向) を行なった結果、被検者群間、注視点角度、方向のそれぞれについて有意差が認められた ($F=15.54$, $df=1/472$, $p<0.001$; $F=1950.63$, $df=1/472$, $p<0.001$; $F=4.66$, $df=1/472$, $p<0.05$)。交互作用は非有意であった。

衝動性眼球運動の定量的指標である潜時、最大速度、振幅についてそれぞれ相関係数を求めた。晴眼者の衝動性眼球運動の潜時と最大速度 ($r=-0.159$, $p<0.05$)、潜時と振幅 ($r=-0.06$, $p>0.1$) にはほとんど相関が認められなかった。すなわち、衝動性眼球運動の潜時と最大速度、潜時と振幅は互いに独立であることがわかった。振幅と最大速度の相関係数は $r=0.826$ ($p<0.001$) であり、高い相関が認められた。一方、弱視者の衝動性眼球運動の振幅と最大速度の相関係数は $r=0.579$ ($p<0.001$) であった。さらに、潜時と最大速度の相関係数は $r=-0.236$ ($p<0.001$) であった。潜時と振幅の間の相関係数は $r=0.021$ ($p>$

0.1) であった。

IV. 考 察

晴眼者の衝動性眼球運動は潜時が約 200 ms (Dodge, 1899²⁾; Miles, 1936¹⁷⁾; Westheimer, 1954³⁴⁾; Robinson, 1964²⁶⁾; 五十嵐, 1985⁶⁾; 小松崎・篠田・丸尾, 1985¹¹⁾; Hallett, 1986⁵⁾)、最大速度は 10°の振幅で約 350°/s を示し、最大速度は振幅に比例して増大する (大平・岡本・小沢, 1981²²⁾; 大平, 1985²³⁾; 五十嵐, 1985⁶⁾; 小松崎・篠田・丸尾, 1985¹¹⁾) ことが報告されている。本研究の結果は、晴眼者の平均潜時が約 200 ms であり、固視点から注視点までの角度が 10°の場合には平均最大速度が約 250°/s となり、振幅が大きいかほど最大速度は増加する傾向を示した。一方、弱視者の衝動性眼球運動の平均潜時は約 220 ms であり晴眼者と比較して有意に長い結果が得られた。平均最大速度は 10°の場合には約 250°/s を示し、晴眼者と同様に振幅が大きいかほど最大速度は増加する傾向が認められた。本研究の結果で得られた晴眼者の衝動性眼球運動の最大速度は、大平・岡本・小沢 (1981²²⁾)、大平 (1985²³⁾)、五十嵐 (1985⁶⁾)、小松崎・篠田・丸尾 (1985¹¹⁾) の示した最大速度と比較して小さい値であった。その原因は、ハイカットフィルターの影響と考えられる (渡辺・大橋・今村・水越, 1984³³⁾; 五十嵐, 1985⁶⁾)。

さて、眼球運動は眼球運動の出力系である外眼筋が収縮・伸展することによって制御されている。猪飼 (1967⁷⁾) は、身体運動の調整において grading, spacing, timing という 3 つの skill の概念を導入している。grading は運動の強さの調整能力、spacing は運動の空間的調整能力、timing は運動の時間的調整能力をあらわしている。この概念は大筋活動ばかりでなく、眼球運動のような小筋活動にも適用できるのではないかと考える。この意味で、衝動性眼球運動においてもこれらの 3 要素が巧みに調整され制御される必要がある。弱視者の衝動性眼球運動は、視標が呈示されてから眼球運動が生じるまでの潜時、すなわち timing が晴眼者と比較して長い傾向にあった。一方、眼球運動の最大速度、すなわち grading は晴眼者と比較して差異がないことが認められた。衝動性眼球運動の振幅、すなわち spacing についても晴眼者と差異がないと考えられる。本研究に参加した弱視者は、眼球運動の調節や制御に関してこれら 3 つの skill のうち timing、すなわち対象の運動と位置を知覚し、認知するまでの時間的な側面に問題のあることが推察される。さらに、弱視者の衝動性眼球運動の最大速度は晴眼者の最大速度と有意な差異がないこと、振幅と最大速度の間に

$r=0.579$ ($p<0.001$) の相関があること、晴眼者同様の速度—振幅関係 (Leigh and Zee, 1980¹⁶)；三村・加藤・可児・下奥・貫名・時枝・朝倉, 1981¹⁹) が認められたことの三点から、本研究に参加した弱視者の外眼筋の機能は障害されていないことが推察される。

弱視者は衝動性眼球運動について、timing すなわち、対象の運動と位置を知覚し、眼球運動が生じるまでの時間に遅延が認められた。山本・樋本・窪田 (1984³⁶) は刺激の物理的なエネルギーや視覚入力情報の量が衝動性眼球運動の制御に関係しており、入力情報が減少すると衝動性眼球運動の潜時は長くなることを指摘している。弱視者は空間周波数の全ての帯域において感度の損失が認められ、特に高周波数帯域における損失が大きい (小沢・谷村, 1982²⁵) という特性をもっている。すなわち、視覚系の器質的な障害が刺激の物理的なエネルギーや視覚入力情報の量を制限することによって衝動性眼球運動の潜時が遅延するのではないかと推察される。また、斎田・池田 (1975²⁷) は、人工的に視野を制限した場合の文章判読について実験し、人工視野が 7°~8° 以上では判読に要する時間は変わらず、それ以下の視野になると判読が困難になることを指摘している。このことから視覚系の器質的な障害による視野の制限は弱視者の衝動性眼球運動の潜時の遅延の原因となりうると考えられる。弱視被検者 FK (先天性小眼球・先天性白内障) は晴眼者と比較して潜時は有意に短く、最大速度は有意に大であった。一方、弱視被検者 HK (視神経萎縮) と KA (強度近視) は晴眼者と比較して潜時は有意に長く、最大速度は有意に小であった。さらに、弱視被検者 SK (先天性白内障)、TS (緑内障)、TM (ブドウ膜炎) はほぼ晴眼者と等しい成績であった。これらの成績は被検者の眼疾患に特有の性質をあらわしているのだろうか。今後、眼疾患・視力・視野などの要因と衝動性眼球運動の定量的指標の関係について検討したい。

衝動性眼球運動は随意的にも反射的にも生じるが、本研究で検討した衝動性眼球運動は随意的な眼球運動である。衝動性眼球運動は 4 つの注視点のうち、点灯した注視点の位置と方向に関する情報を受容し、認知し、その注視点に注意 (attention) を向けた結果、生じたと考えられる。この過程において、視覚的注意の範囲 (Engel, 1975³¹) は重要であると考えられる。Miller (1969¹⁸) は、幼児は視覚的注意の範囲が狭く、衝動性眼球運動の潜時が長いことを指摘している。弱視者についても幼児と同様に、視機能としての視野ばかりでなく、視覚的注意の範囲が狭いという心理的な

要因によって、衝動性眼球運動の潜時に遅延が生じたことも推察される。さらに、鳥居・望月 (1976³⁰) は開眼手術をうけた先天盲人の術後の視知覚の成立過程を調べ、ヒトが“見える”ようになるには、さまざまな体験を通じて“学習”する必要があることを示している。弱視者は、いわば部分的視覚遮断の状態のなかで“見える”ようになるための“学習”を長期間蓄積してきていると考えられる。その長期にわたる学習体験が入力から出力に関与する機能に何らかの影響を与えていると推察される。本研究結果は、その影響が timing という時間的な側面にあらわれたことを示唆している。

次に弱視者の衝動性眼球運動の訓練効果について考える。Miller (1969¹⁸) は、晴眼者の衝動性眼球運動の制御は、年齢とともに発達することを指摘している。晴眼者の眼球運動制御が加齢とともに発達するように弱視者の眼球運動の制御は適切な訓練を行うことによって向上することが考えられる。武市・和気・山下・鳥居・望月 (1977²⁹) は先天盲者と開眼者について、音刺激のフィードバックが眼球運動に及ぼす効果について調べた。その結果、音刺激のフィードバックは眼球運動の制御に効果があり、訓練効果の可能性を示唆した。フィードバック情報として聴覚的な情報を与えた場合には、眼球運動の成績に関する情報が被検者に与えられるばかりでなく、被検者の注意の維持を促し動機づけが高まるのである。また、von Noorden and Mackensen (1962³²) は、視標の運動パターンの情報を被検者の上肢に与えることによって滑動性眼球運動の成績は向上することを指摘した。さらに、Leigh and Zee (1980¹⁶) は、自らの上肢の動きに合わせて自らの眼球運動を同期させることが可能であった全盲者 (20 年前失明) の例を示している。すなわち、上肢の自己受容器系からの情報が眼球運動の制御の手がかりとなることが考えられる。視覚系の情報ばかりでなく、非視覚性感覚情報を付加的に被検者に与えた場合の眼球運動の制御の変化や眼球運動の訓練についても今後、検討を加える必要があると考える。

Gross, Byrne, and Fisher (1965⁴)、Leigh and Zee (1980¹⁶)、中田 (1984²⁰) は視覚障害者の EOG は晴眼者と比較して振幅が小さいこと、さらにほとんど眼球運動を記録できない被検者の存在について報告し、ある種の眼疾患、とくに網膜疾患を有する被検者には EOG が適さないことを指摘している。しかし、今回参加した被検者にはこのような例は認められなかった。中田・柿沢・金城・谷村 (1986²¹) は晴眼者と弱視者に

弱視者の衝動性眼球運動の特性

対して角膜反射法と赤外線反射法の二方法を用いて二次元視標に対する眼球運動を測定した。その結果、両方法ともかなり忠実に眼球運動を再現し、弱視者の眼球運動の解析が十分可能であることを指摘した。今後、弱視者の眼球運動を EOG 以外の測定方法も用いて検討を加える必要があると思われる。

謝 辞

この論文をまとめるにあたり、通産省製品科学研究所基礎人間工学部感覚情報工学課、斎田真也先生と福岡教育大学、中溝幸夫先生に貴重な御助言をいただきました。深く感謝致します。

文 献

- 1) Brown, B. (1981): Reading performance in low vision patients: Relation to contrast and contrast sensitivity. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 58 (3), 218-226.
- 2) Dodge, R. (1899): The reaction time of the eye. *Psychological Review*, 6, 477-483.
- 3) Engel, F.L. (1971): Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research*, 11, 563-576.
- 4) Gross, J., Byrne, J., and Fisher, C. (1965): Eye movement during emergent stage 1 EEG in subjects with lifelong blindness. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 141 (3), 365-370.
- 5) Hallett, P.E. (1986): Eye movements. In Eds. Boff, K.R., Kaufman, L., and Thomas, J.P., *Handbook of Perception and Human Performance*, vol. 1, *Sensory Processes and Perception*, 10-22, John Willey and Sons.
- 6) 五十嵐秀一(1985): 不規則跳躍視標追跡検査による衝動性眼球運動の定量分析. *耳鼻咽喉科臨床*, 78, 増 3, 1683-1709.
- 7) 猪飼道夫(1966): 生理学から見た Coordination. *体育の科学*, 16 (10), 558-560.
- 8) 金城 悟・中田英雄・佐藤泰正(1986): SAME・DIFFERENT 判断課題からみた弱視者の視覚情報処理特性. 第 12 回感覚代行シンポジウム, 94-98.
- 9) 小林亮一・中田英雄(1986): 弱視者のミューラー・リヤー図形における錯視現象. 第 12 回感覚代行シンポジウム, 110-113.
- 10) 小松崎篤・竹森節子(1983): 眼振図とり方・よみ方. 篠原出版.
- 11) 小松崎篤・篠田義一・丸尾敏夫(1985): 眼球運動の神経学. *医学書院*, 1-27.
- 12) 小柳恭治・山梨正雄・千田耕基・志村 洋・山県浩(1983): 視覚障害児のパターン認識の発達とその指導(1). *国立特殊教育総合研究所紀要*, 10, 115-126.
- 13) 小柳恭治・山梨正雄・千田耕基・志村 洋・山県浩(1984): 視覚障害児のパターン認識の発達とその指導(2). *国立特殊教育総合研究所紀要*, 11, 107-120.
- 14) 黒川哲字・佐藤泰正・佐々木正人(1979): 弱視児の視知覚に関する研究(3). *筑波大学心身障害学研究*, 3 (2), 1-8.
- 15) Legge, G.E., Rubin, G.S., Pelli, D.G., and Schleske, M.M. (1985): Psychophysics of reading—II. Low vision. *Vision Research*, 25 (2), 253-266.
- 16) Leigh, R.J. and Zee, D.S. (1980): Eye movement of the blind. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 19 (3), 328-331.
- 17) Miles, W.R. (1936): The reaction time of the eye. *Psychological Monographs*, 47, whole No. 212 (2), 268-293.
- 18) Miller, L.K. (1969): Eye-movement latency as a function of age, stimulus uncertainty, and position in the visual field. *Perceptual and Motor Skills*, 28, 631-636.
- 19) 三村 治・加藤博俊・可児一孝・下奥 仁・貫名香枝・時枝延枝・朝倉ひとみ(1981): 弱視眼における衝動性眼球運動の潜時—二次元視標跳躍への応答—. *眼科臨床医報*, 75 (1), 1-6.
- 20) 中田英雄(1984): 動的視標に対する弱視者の滑動性眼球運動. *筑波大学心身障害学研究*, 8 (2), 13-19.
- 21) 中田英雄・柿沢敏文・金城 悟・谷村 裕(1986): 弱視者の眼球運動と視知覚・認知—眼球運動測定の見直し—. 第 12 回感覚代行シンポジウム, 104-109.
- 22) 大平明彦・岡本道香・小沢哲磨(1981): 正常人の衝動性眼球運動最大速度について. *日本眼科学会雑誌*, 85 (11), 2001-2007.
- 23) 大平明彦(1985): 衝動性眼球運動について. *眼科*, 27, 855-865.

- 24) 苧阪良二(1973): 眼球運動と形態知覚. 八木 晃監修, 大山 正編, 講座心理学 4 知覚, 東京大学出版, 167-190.
- 25) 小沢信治・谷村 裕(1982): 乾板型プレートによる空間周波数特性(MTF)測定の試み. 筑波大学心身障害学研究, 6 (2), 59-68.
- 26) Robinson, D.A. (1964): The mechanics of human saccadic eye movement. *Journal of Physiology*, 174, 245-264.
- 27) 斎田真也・池田光男(1975): 制限された視野による文章判読. *臨床眼科*, 29 (8), 923-925.
- 28) 佐藤泰正(1984): 視覚障害児の読書速度に関する発達的研究. 学芸図書.
- 29) 武市啓司郎・和気典二・山下由己男・鳥居修晃・望月登志子(1977): 先天盲並びに開眼者の眼球運動とそのフィードバックによる統御. 第3回感覚代行シンポジウム, 139-144.
- 30) 鳥居修晃・望月登志子(1976): 開眼手術後における視覚的弁別の成立. 第2回感覚代行シンポジウム, 45-57.
- 31) 梅田悦生(1985): ENG—記録から診断まで—. 金原出版.
- 32) Von Noorden, G.K. and Mackensen, G. (1962): Pursuit movements of normal and amblyopic eyes An electro-ophthalmographic study 1. *Physiology of pursuit movements. American Journal of Ophthalmology*, 53, 325-336.
- 33) 渡辺行雄・大橋直樹・今村純一・水越鉄理(1984): ENG 記録のコンピュータ分析における諸問題. *日本耳鼻咽喉科学会会報*, 87 (9), 1089-1095.
- 34) Westheimer, G. (1954): Mechanism of saccadic eye movements. *A.M.A. Archives of Ophthalmology*, 52, 710-724.
- 35) 山下栄三・田中農夫男(1978): 眼球振盪の特性分析と作業特徴に関する一考察. *宮城教育大学紀要*, 12, 217-225.
- 36) 山本文昭・樋本忠司・窪田靖夫(1984): 衝動性眼球運動の潜状期に関する検討第1報 正常者について. *日本眼科紀要*, 35, 1538-1544.
- 1987.4.4. 受稿, 1987.7.25. 受理—

The Characteristics of Saccadic Eye Movements in the Partially Sighted

Toshibumi KAKIZAWA, Hideo NAKATA, and Yutaka TANIMURA

*Institute of Special Education, University of Tsukuba
(Tsukuba-shi, Ibaraki, 305)*

Saccadic eye movements in horizontal plane were binocularly recorded with DC-electro-oculography (EOG) in 6 sighted and 6 partially sighted subjects. A stimulus, LED, located 1.0 m from the subject showed a step displacement to the right or left. The direction as well as stimulus step size was determined randomly. Step displacements of the stimulus were either 5° or 10°. Subjects prevented from any head movements with headrest and dental bite board were asked to track the stimulus step displacement as correctly as possible. Each subject made 40 responses, 10 to each stimulus position.

As a result of computer analysis of EOG, we obtained the peak velocity and amplitude of saccadic eye movements. Since the correct latency of saccadic eye movements could not be obtained by computer analysis, the latency fitted by eye was employed. Increased latency was observed in the partially sighted. Mean latency of the sighted and the partially sighted showed 200 ms and 220 ms respectively. It was found that the peak velocity increased as the amplitude increased in the sighted and the partially sighted, and there was no significant difference in the peak velocity between the two groups. The sighted and the partially sighted showed accurate amplitude of the saccadic eye movements.

In conclusion, the partially sighted had difficulty controlling the timing of their saccadic eye movements. Since there was the amplitude-peak velocity relationship in the partially sighted, their oculomotor systems seemed to be intact neurologically. The difficulty the partially sighted have might be attributed to their eye disease, low visual acuity, narrowed visual field, and lack of oculomotor skills.

Key Words : partially sighted, saccadic eye movement, latency, peak velocity, amplitude