

## 資 料

視標のサイズと輝度が低視力者の  
衝動性眼球運動の反応時間に及ぼす影響

永井伸幸\*・柿澤敏文\*\*・中田英雄\*\*

本研究では、19歳から30歳の低視力者5名(男3名、女2名)の衝動性眼球運動の反応時間に視標のサイズと輝度が及ぼす影響を検討した。輝度が200 cd/m<sup>2</sup>のLEDを用い、直径を3 mm、5 mm、7.6 mmの3条件としたサイズ課題と、直径が5 mmのLEDを用い、輝度を100 cd/m<sup>2</sup>、300 cd/m<sup>2</sup>、1100 cd/m<sup>2</sup>の3条件とした輝度課題を行った。被検者の正面とその左右の視角5°、10°の位置にLEDを呈示した。その結果、以下の知見が得られた。1) 低視力者一人ひとりの衝動性眼球運動の反応時間には、サイズか輝度のどちらか一方の影響が顕著であった。2) 視野が狭窄している被検者は、視標の点灯方向の反対側へ反応する誤反応が多かった。

キー・ワード：低視力者 サイズ 衝動性眼球運動 輝度 反応時間

## I. はじめに

低視力者<sup>#</sup>は、視覚情報を取り入れる眼球から視中枢にいたる経路のいずれかに器質的な障害をもっている。この障害により、低視力者の受容する視覚情報は量的にも質的にも晴眼者のものとは異なっていると考えられる。そのため、拡大やコントラストの強調、あるいは拡大読書器や弱視レンズの使用などの様々な工夫によって視覚情報の補償がなされている。こうした工夫の効果については、指導者の経験的な判断だけでなく、実験的に条件を統制した研究によっても明らかにされている(例えば、Lovie-Kitchen and Woo, 1988<sup>12)</sup>; Rubin and Legge, 1989<sup>16)</sup>)。しかし「どのような条件が効果があるのか」という点についての研究に比して、「その条件が視覚系にどのような影響を及ぼすために効果があるのか」つまり「なぜ効果があるのか」

という点についての研究は遅れている。この点を明らかにすることは、低視力者に対する様々な教育的配慮やリハビリテーションの処方に理論的、科学的な根拠を与えるという点で重要である。

こうした研究をすすめる一つの方法に眼球運動の解析がある。眼球運動は外界の視覚的情報を取り入れるためにおこなわれる運動であり、その解析によって「どのように見方が変わったか」という観点から、呈示した視覚刺激条件の効果を検討することができる。例えば、ある条

注：従来、視覚障害を盲と弱視 (partial sight) に分類してきたが、弱視という用語は、医学では外見上異常が見つからないのに視力がでない状態 (amblyopia) を指している。異なる2つのものに同じ用語を用いては混乱を招くため、現在では視覚障害としての弱視の代わりに低視力 (low vision) という用語も用いられる。そこで、本研究では用語の混同を避けるために低視力という用語を用いることとした。

\*心身障害学研究科

\*\*心身障害学系

件で読速度が速くなったとき、その眼球運動を分析することで、読速度の増加は1回の停留で取り入れられる情報量が増えた結果であるのか、1回の停留における情報の読みとりにかかる時間が短縮された結果であるのか、その両方が複合した結果であるのかを知ることができる。

ところで、随意的な眼球運動には、外界の情報をとらえる際に認められる急速な運動である衝動性眼球運動、移動する対象をとらえ続ける滑動性眼球運動、遠近方向の対象の移動に対応する輻輳性眼球運動などがある。これらの中で、衝動性眼球運動はその機能上、日常おこなわれる眼球運動の大半を占めており、その機能の把握は教育場面や指導場面で有効な情報となる。

本研究では視覚刺激の条件の影響を検討する第一歩として、光点刺激を用いて、その刺激の

属性、すなわち条件の変化と衝動性眼球運動の関係を明らかにする。光点刺激の変化可能な属性は輝度とサイズである。刺激の輝度とサイズの変化と衝動性眼球運動の関係については、視覚刺激の輝度が高くなると衝動性眼球運動の反応時間は短くなる (Brigell, Goodwin and Lorange, 1988<sup>4)</sup>; Doma and Hallett, 1988a<sup>6)</sup>; Doma and Hallett, 1988b<sup>7)</sup>; Reulen, 1984<sup>15)</sup>) が、サイズを大きくすることは反応時間に影響を与える場合 (Perron and Hallett, 1995<sup>14)</sup>; 山本・桶本・窪田, 1984<sup>21)</sup>) と与えない場合 (Kowler and Blaser, 1995<sup>11)</sup>) があることが指摘されている。しかしながら、こうした研究は晴眼者を対象としたものが多く、低視力者についての研究はほとんど見られない。

そこで本研究では、5名の低視力者について視標の輝度およびサイズと衝動性眼球運動の反

Table 1 被検者の特性

| 被検者 | 年齢 | 性別 | 近距離視力 |      |      | 眼 疾 患                     |
|-----|----|----|-------|------|------|---------------------------|
|     |    |    | 両眼    | 右眼   | 左眼   |                           |
| HY  | 18 | 男  | 0.1   | 0.1  | 0.1  | 網膜色素変性                    |
| KA  | 19 | 男  | 0.08  | 0.1  | 0.08 | 先天性白内障 (水晶体摘出)・眼振         |
| MH  | 23 | 女  | 0.03  | —    | 0.03 | 先天性白内障 (水晶体摘出)・眼振・緑内障 (右) |
| AT  | 26 | 男  | 0.2   | 0.1  | 0.1  | 網膜色素変性                    |
| KH  | 30 | 女  | 0.05  | 0.02 | 0.03 | 網膜色素変性                    |

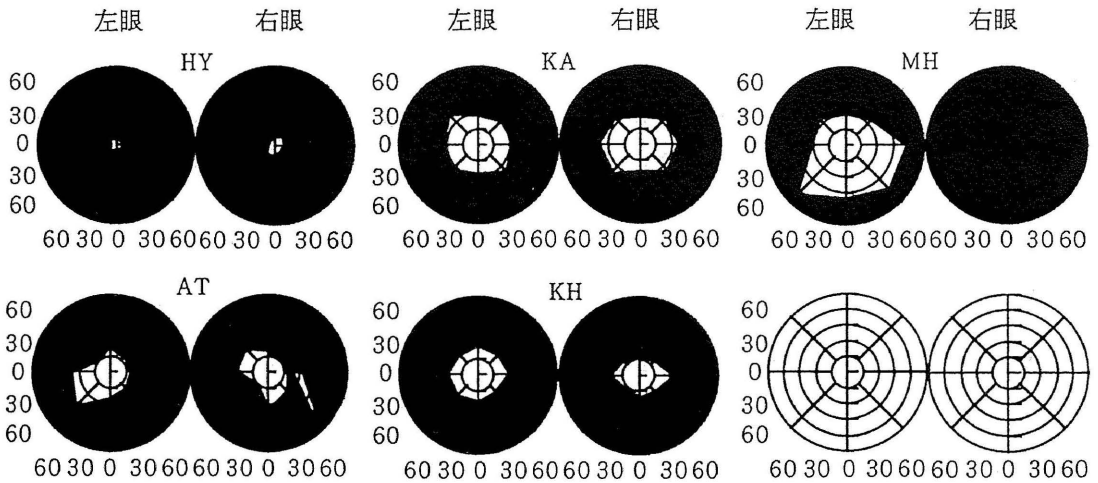


Fig. 1 被検者の視野

応時間の関係を検討した。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は19歳から30歳までの低視力者5名で、男性が3名、女性が2名であった。Table 1に低視力者の特性を示した。また、Fig. 1に各被検者の視野を示した。被検者MHは右眼の視力がなく、外斜視があったため、左眼のみの記録をおこなった。その他は両眼記録であった。

### 2. 視力と視野の測定

眼球運動の測定の前に近方視力と視野の測定をおこなった。視力の測定には近距離単独視標(半田屋製)を、視野の測定にはFörster視野計(半田屋製)を用いた。

### 3. 視標呈示装置

被検者の眼前60cmに筆者の作成した視標呈示装置を設置した。Fig. 2はその模式図である。視標として発光ダイオード(Light-Emitting Diode: LED)を用いた。被検者の正面と、その左右5°および10°の位置の計5カ所にLEDを配置した。正面のLEDを固視点、残りの4つのLEDを注視点とした。Fig. 2に示したように、直径の異なる3種類のLEDを用い、また5mmのLEDについては電圧を調整して、輝度を3段階に設定できるようにした。LEDの点灯の制御にはタイムプログラマ(竹井機器製)を用いた。

### 4. 眼球運動の測定

EOG法を用いて被検者の水平・垂直眼球運動を記録した。導出された眼球運動をENGアン

プ(日本光電工業製、AN-601G)で増幅し、ミニポリグラフ(日本光電工業製、RM-6100)でペン記録するとともにデータレコーダ(共和電業製、RTP-50A)に磁気記録した。同時にタイムプログラマからのLED点灯情報もデータレコーダに記録した。

### 5. 実験課題

実験課題として、サイズ課題と輝度課題を設定した。サイズ課題では輝度が200 cd/m<sup>2</sup>のLEDを用い、直径を3条件(3mm、5mm、7.6mm)設定した。これらの直径は60cmの呈示距離でそれぞれ視角約17分、29分、44分に相当した。輝度課題では、直径が5mmのLEDを用い、輝度を3条件(100 cd/m<sup>2</sup>、300 cd/m<sup>2</sup>、1100 cd/m<sup>2</sup>)設定した。

### 6. 手続き

実験前に被検者に実験の目的と方法について説明し、理解と同意を得た。視力と視野を測定した後に、被検者は暗室で椅子に座り、頭部を固定した状態で前方の視標呈示装置の中央の固視点を注視した。眼鏡常用者に対しては眼鏡の使用を許可した。視標は初めに固視点である正面のLEDが点灯し、それが消灯すると同時に残りの4つの注視点のLEDのいずれかが点灯した。固視点の点灯時間は1秒から3秒の間でランダムであった。注視点の点灯時間は1.5秒で一定であった。固視点点灯から注視点消灯までを1試行として、1つの条件につき30試行をおこなった。

### 7. 分析方法

本研究では10°の注視点は点灯位置の予測を防ぐための疑似刺激とし、5°の注視点に対する衝動性眼球運動のみを分析対象とした。データレコーダの記録をAD変換器(BIOPAC Systems製、MP 100 WS)を介してコンピュータ(Apple製、Power Macintosh 8500/120)に取り込んだ。サンプリングタイムは1msであった。波形処理ソフトウェア(BIOPAC Systems製、AcqKnowledge)を用いて分析をおこなった。ノイズ除去のために波形に15ポイントのスムージング処理をおこなった。さらに、その波

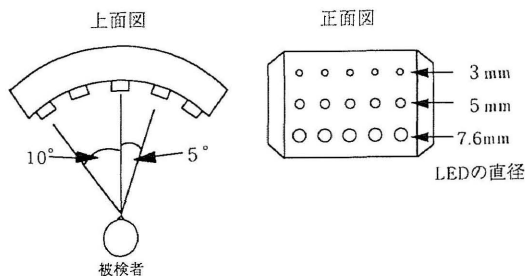


Fig. 2 視標呈示装置の模式図

形を微分して速度波形を作成した。柿沢・中田・谷村 (1987)<sup>10)</sup>の方法にもとづいて、眼球回転速度が  $30^\circ/\text{sec}$  を越えた地点を衝動性眼球運動が生じた地点として、注視点の点灯から衝動性眼球運動が生じるまでの時間を測定した。予測による反応時間の短縮、不注意による反応時間の遅延の影響を除外するため、反応時間が 100 ms から 500 ms の衝動性眼球運動を分析対象とした。なお、固視点消灯の前後 200 ms に瞬目が認められた場合、その眼球運動は分析から除外した。

また、点灯した注視点の方向に衝動性眼球運動が認められた場合を正反応とし、その割合を求めた。さらに、反対方向への反応や反応がないなどの、注視点に対する衝動性眼球運動とみなされない反応を誤反応とし、「遅い」、「早い」、「反対へ」、「振幅大」、「判別不能」の 5 タイプに分類した。それぞれの例を Fig. 3 に示した。

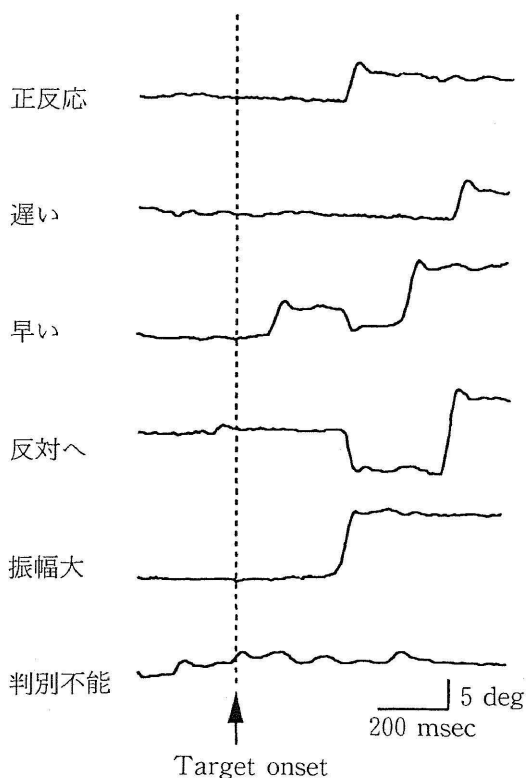


Fig. 3 誤反応例

### III. 結果および考察

#### 1. 個別検討

Fig. 4 から Fig. 8 は各被検者の結果を示している。各図の a は眼球運動記録である。b は正反応率のグラフである。c はサイズ課題の、d は輝度課題の反応時間のヒストグラムである。

#### 1) 被検者 HY

##### ①結果

サイズ課題では、ヒストグラムの分布は LED のサイズが大きくなるにつれて全体的に左へ移動する、つまり反応時間が短くなる傾向を示した。輝度課題では、 $100 \text{ cd}/\text{m}^2$  のときには  $200\text{--}250 \text{ ms}$  の階級に分布が集中していたが、それ以上の輝度では分布の範囲が広がる傾向にあった。

正反応率では、LED が視角  $17'$  のときに左方向への正反応率と右方向への正反応率との差が非常に大きかった。LED のサイズが大きくなるにつれて方向による差はみられなくなった。誤反応は、サイズ課題ではすべて (29 例) 「反対へ」であり、輝度課題では  $100 \text{ cd}/\text{m}^2$  と  $1100 \text{ cd}/\text{m}^2$  の左方向でそれぞれ「遅い」、「早い」が 1 例あったが、それ以外はすべて (27 例) 「反対へ」であった。

##### ②考察

HY は、網膜色素変性のために視野が狭窄しており、右眼で約  $10^\circ$ 、左眼で約  $5^\circ$  の視野であった。刺激は固視点の左右  $5^\circ$  と  $10^\circ$  の位置に点灯したため、正面を固視している状態で  $10^\circ$  の刺激の点灯を捉えることは困難であった可能性がある。しかし、分析対象とした  $5^\circ$  の刺激については点灯を捉えることができたと考えられる。

HY の反応時間は、サイズが大きくなると短くなる傾向にあった。これは、視標の直径が小さい場合には、注視点が視野の周辺部にあるのでその点灯をとらえにくい、大きい場合には視標の一部が視野のより内側に呈示されるために反応しやすかったためではないかと考えられる。また、輝度と呈示時間が同じ場合、刺激光のエネルギー量は面積によって決定されるという、空間的寄せ集め (池田, 1975<sup>9)</sup>) の観点から



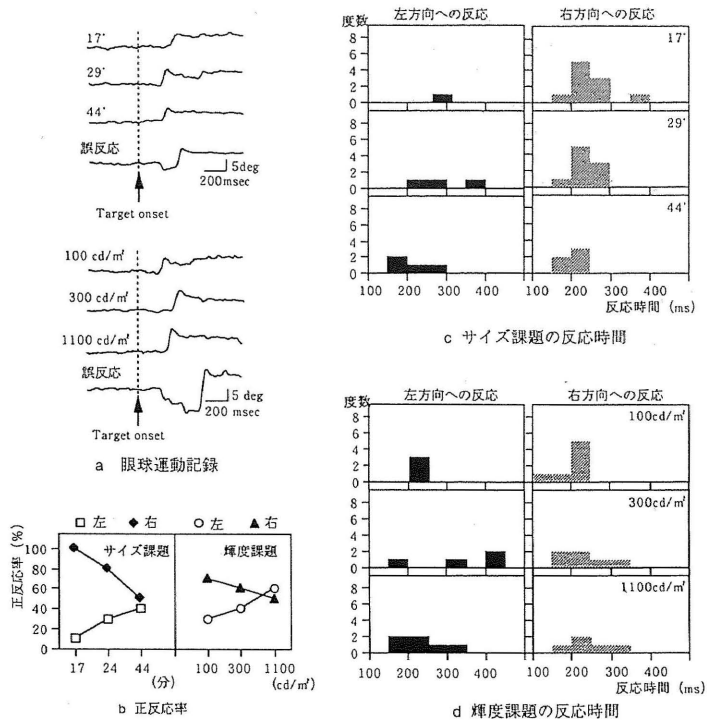


Fig. 4 被検者 HY の結果

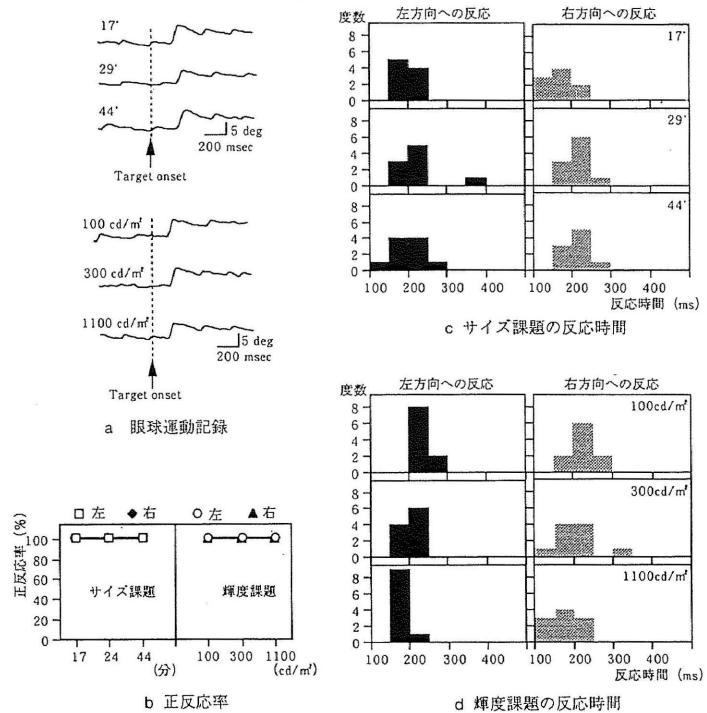


Fig. 5 被検者 KA の結果

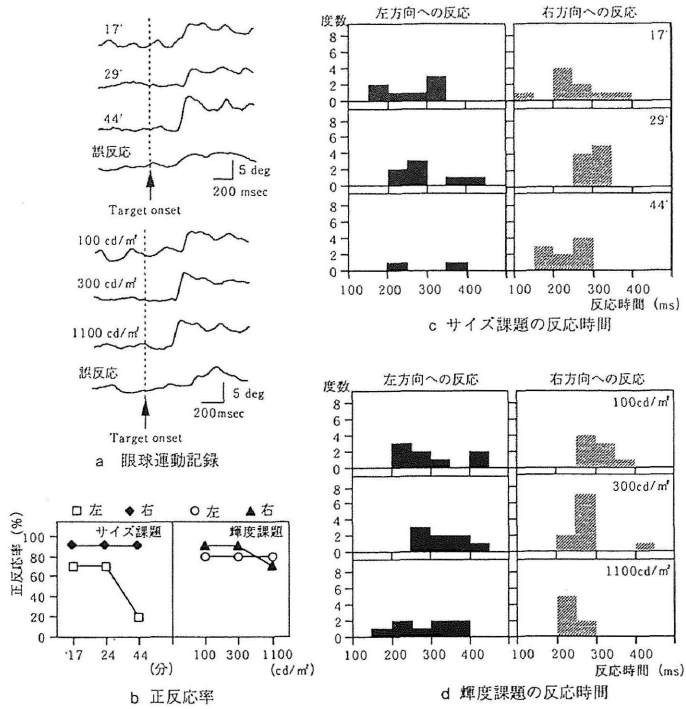


Fig. 6 被検者 MH の結果

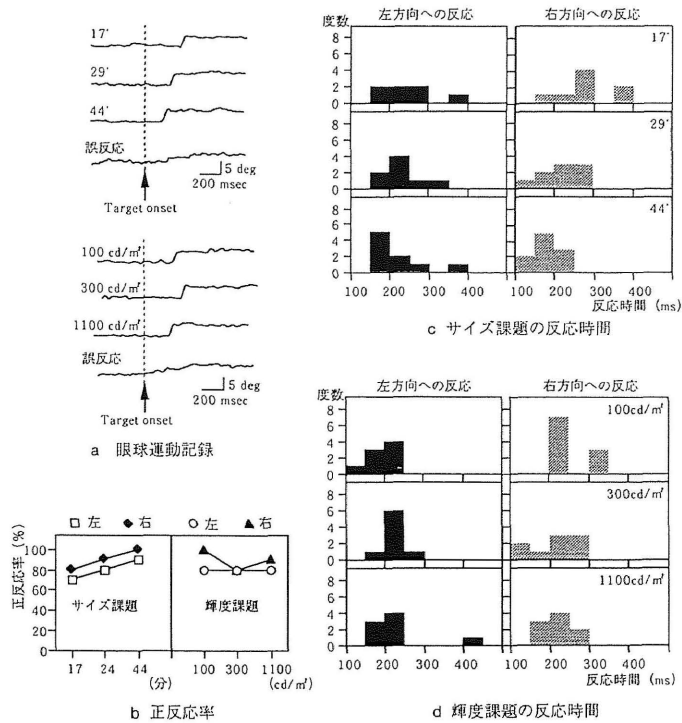


Fig. 7 被検者 AT の結果

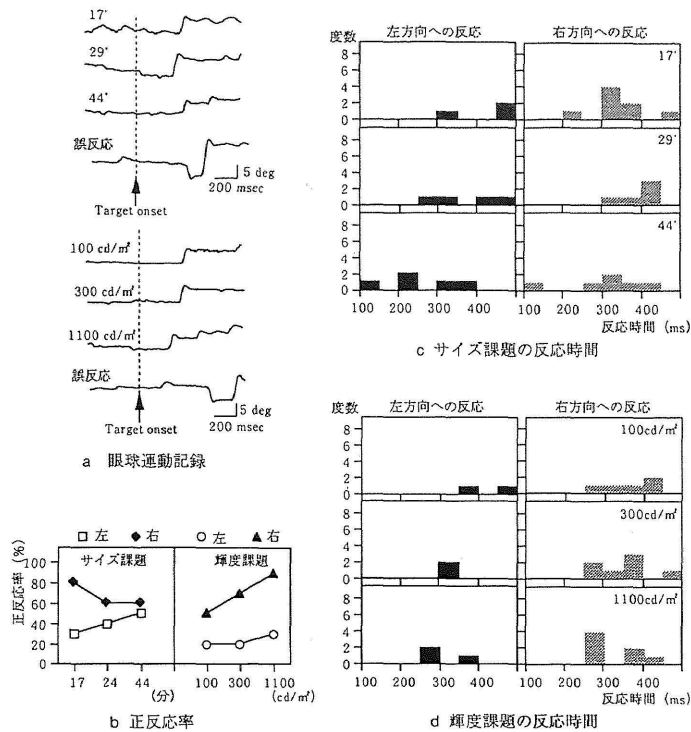


Fig. 8 被検者 KH の結果

考えると、大きな刺激はエネルギーが高いため情報の処理を促進し、反応を速めたといえる。逆に考えると、HYの網膜の機能低下は視野の周辺部から進行しており、現在見えている網膜部位であっても周辺部の機能低下が進行している可能性があり、小さな刺激ではエネルギーが低いため情報の処理が遅れたと考えられる。サイズ課題の正反応率は、17'のときは左方向で10%、右方向で100%と大きな差があった。誤反応の分類では、すべて反対方向、つまり右への反応として表れていた。これは、HYの左側の視野は右側の視野よりも狭く、注視点の点灯がわかりにくかったためと考えられる。左右どちらの注視点も点灯しても右へ反応することが多かったことは、刺激が見えにくいときには右へ反応する方略をHYが獲得していることを推測させる。これはまた、右方向への正反応率100%の中にはそうした方略のために正反応できた試行が含まれていることを意味する。この解釈から、サイズが大きくなるにつ

れて右への正反応率が低下していったことは、刺激が捉えやすくなったために右へ反応する方略を用いなくなり、方向を問わず誤反応が見られるようになったためであるという推測がなされる。

## 2) 被検者 KA

### ①結果

サイズ課題では右方向で17'のときに反応時間の分布が左へ全体的に移動しており、反応時間が短かったことを示した。輝度課題では、両方向とも輝度が高くなると分布全体が左へ移動しており、反応時間が短くなる傾向を示した。また、左方向への反応は範囲が狭かった。

正反応率はすべての方向、条件で100%を示した。

### ②考察

一般的に白内障について羞明のあること(谷, 1978<sup>19)</sup>)やコントラストの高い読材料を好むこと(原田, 1989<sup>20)</sup>)などが言われている。KAは先天性白内障であったが、水晶体摘出手術を受

けており、透光体の混濁はない。そこで、輝度が高くなると反応時間が短くなる傾向は晴眼者と同様だと考えられる。この点については、透光体混濁を有する被検者で得られた結果と照合する必要がある。また、KA は眼振を有していた。彼の眼振は LED の輝度の変化とともに振幅が変わっていた。このことは、LED の輝度が KA の眼球運動系に何らかの影響を与えていたことを示している。反応時間の短縮も眼振の変化も、輝度が眼球運動系に影響を及ぼした結果であると推測される。

### 3) 被検者 MH

#### ①結果

サイズ課題では、左方向はサイズが大きくなると分布が全体的に右にずれ、反応時間が全体的に遅くなる傾向にあり、また 44' で正反応率が急に低下した。右方向の正反応率は 90% で一定であった。また、17' で範囲が広がった。輝度課題では、両方向とも輝度が高くなると分布が全体的に左へ移動し、反応時間が短くなる傾向を示したが、左方向は常に範囲が広く、反応時間の短縮傾向もはっきりしなかった。

誤反応は、サイズ課題では 44' で「早い」が 1 例あった以外はすべて (16 例) 「判別不能」であった。輝度課題では、「早い」が 300 cd/m<sup>2</sup> と 1100 cd/m<sup>2</sup> でそれぞれ 2 例、1 例あり、「判別不能」が全部で 7 例であった。

#### ②考察

MH の眼球運動記録は左眼のみでおこなった。MH の反応時間の分布は、ばらつきの大きさ、範囲の広さが特徴的であった。これは眼振が影響していると考えられる。このことについては後に別項で述べる。また、方向によって分布の形が異なっていたり、正反応率が急に低下した点については、眼振に加えて単眼記録であったことも関係している可能性がある。通常両眼視をおこなっている晴眼者の結果では、両眼記録と単眼記録の反応時間の方向特性は同じであるという報告 (Williams and Fender, 1977<sup>20)</sup>) があるが、常に単眼視をしている者の単眼記録については明らかではなく、独自の方向

特性を有しているかもしれない。

### 4) 被検者 AT

#### ①結果

サイズ課題では、左方向は反応時間の分布の範囲は変わらないが、サイズが大きくなるにつれて度数の最も多い階級 (以下最頻階級とする) が左へ移動し、反応時間が短くなる傾向にあることを示した。右方向では、サイズが大きくなるにつれて反応時間の分布全体が左へ移動し、反応時間が短くなる傾向を示した。輝度課題では、左方向では 100 cd/m<sup>2</sup>、右方向では 300 cd/m<sup>2</sup> のときに分布が左へ移動していたが、最頻階級はほとんど変わらなかった。正反応率は全体的に高く、サイズ課題では LED のサイズの上昇とともに正反応率が上昇した。誤反応は、サイズ課題では「早い」が 17' と 29' でそれぞれ 1 例ずつ、「遅い」が 29' で 1 例あったほかはすべて (6 例) 「判別不能」であった。輝度課題では、「早い」が 1100 cd/m<sup>2</sup> で 1 例、「振幅大」が 300 cd/m<sup>2</sup> で 1 例あったほかはすべて (7 例) 「判別不能」であった。

#### ②考察

AT は網膜色素変性で、視野が不規則に狭窄していた。また振子様眼振を有していた。サイズが大きくなると反応時間が短くなる傾向があったことは HY と同じである。両者とも網膜色素変性で、視力は低視力者の中では高い方であり、視野が狭窄している点が共通していた。サイズ課題で視標の直径が大きくなると反応時間が速くなる傾向にあったことは、大きな視標は狭い視野内にはっきり呈示されるために反応しやすかったため、あるいは空間的寄せ集め (池田, 1975<sup>9)</sup>) の効果であると考えられる。

誤反応は「判別不能」が多かったが、これは眼球運動の振幅が小さかったことが原因である。今回の測定では EOG 法を用いた。この方法は網膜の損傷などで網膜電位が低下している人には適さない。AT は網膜疾患であるがためにうまく記録できなかった可能性がある。

## 5) 被検者 KH

### ①結果

サイズ課題では、左方向はサイズが大きくなるとともに反応時間の分布全体が左へ移動し、反応時間が短くなる傾向を示した。輝度課題では左方向は反応時間の分布全体が左へ移動した。右方向は反応時間の分布の範囲は変わらないが、最頻階級が左へ移動し、輝度の上昇に伴い反応時間が短くなる傾向を示した。

正反応率は常に右方向への反応の方が高く、特に輝度課題で顕著であった。誤反応は、サイズ課題では「判別不能」が29'と44'でそれぞれ2例、1例あったほかはすべて(25例)「反対へ」であった。輝度課題では100 cd/m<sup>2</sup>で「遅い」、<sup>1</sup>「早い」がそれぞれ1例、2例、300 cd/m<sup>2</sup>で「遅い」、<sup>1</sup>「判別不能」が1例ずつ、1100 cd/m<sup>2</sup>で「早い」、<sup>1</sup>「判別不能」がそれぞれ3例、2例あったほかはすべて(22例)「反対へ」であった。

### ②考察

KHはAT、HYと同じ網膜色素変性であったので、両者と同様にサイズの上昇とともに反応時間が短くなる傾向を示すと考えられたが、むしろ輝度課題で、輝度の上昇とともに両方向とも反応時間が短くなる傾向を示した。これに関しては、AT、HYと比べて相対的に視力が低かったことが影響した可能性がある。

右方向の正反応率は常に低く、また、サイズ課題では左方向のみサイズの拡大とともに反応時間が短くなる傾向を示したことなど、反応特性が方向によって異なる傾向を示した。人間の網膜は、同じ刺激を呈示した場合でも刺激される網膜部位が変わると閾値が変化するという不均一性を有している(池田, 1975<sup>9)</sup>)。KHは進行性の網膜疾患である網膜色素変性であったので、機能が残存している網膜部位もその機能低下が進み、網膜の不均一性もさらに変化している可能性がある。このことが反応時間の方向特異性の原因となったのかもしれない。誤反応の分類では、「反対へ」がほとんどであったことはHYと似ている。前述の通り、両者は眼疾患が同じで、程度は違うが視野が狭窄しており、この

ことが原因と考えられる。しかし、そうであるならばATも同じ誤反応を示すはずであるが、そうではなかった。この反対へ反応するという現象は、視野狭窄以外にも影響するものがあると考えられる。

被検者は五者五様の結果を示した。これは、刺激のサイズや輝度が低視力者の衝動性眼球運動に何らかの影響を及ぼすこと、そしてその影響は低視力者の視覚特性が個人で異なるのと同様に一人ひとり異なっていることを意味している。

## 2. 眼振について

被検者が眼振を有する場合、眼振が条件によって変化の様子が観察された。本稿では眼振の分析は目的ではないが、これも刺激条件の効果の一つと考えられる。そこで、眼振に関する知見の概要を示し、本研究で見られた眼振について若干の考察を加えることにする。

低視力者に見られる眼振は先天眼振が大半である。先天眼振の特徴として、輻輳・暗所、閉瞼により抑制されること、注視により増強すること、衝動性眼振では静止位(null point)が一般にみられること、Alexanderの法則(側方注視で増強)がみられること、などがある(向野・藤山・青木, 1996<sup>13)</sup>)。

Abadiら(1991)<sup>2)</sup>は先天眼振を、視覚障害を伴う先天眼振と伴わないもの(狭義の眼振)とに大別している。また、先天眼振の波形のタイプについて様々な研究がなされ、大きく分けて、往復の速度が等しい振子様眼振、往と復で速度が異なる衝動性眼振に分類できることが明らかとなっている。

狭義の先天眼振についての研究(例えば、Abadi and Dickinson, 1986<sup>1)</sup>; Bedell and Bollenbacher, 1996<sup>3)</sup>; Dell'osso and Daroff, 1975<sup>5)</sup>)と比べると、視覚障害を伴う先天眼振についての研究、特に弱視教育という観点からの研究はほとんどない。そうした中、鈴木(1987<sup>17)</sup>; 1989<sup>18)</sup>)は器質的眼疾のある被検者を対象に実験的書見における眼振の測定をおこない、眼振

は個体差が大きく、環境や条件により変動が大きいこと、無意味な光点の固視より有意味な字の固視の方が眼振は抑制されやすいことなどを報告した。

本研究における眼振も条件によって変化を示したが、眼振が抑制される条件、増強される条件は個人で異なっていた。Fig. 9は被検者MHとKAの眼振の強度（振幅×周波数）の平均値と刺激条件および反応時間の中央値との関係を示したものである。MHはサイズ課題で視角29'のときに強度が低くばらつきが小さくなった。MHの「一番大きい刺激は（眼振のせいで）ぶれて見づらかった。真ん中の刺激が見やすかった。」という内省報告と合わせて考えると、MHにとって、眼振の抑制は見やすさを向上させることが窺える。しかし、眼振の抑制、つまり見やすくなることによって反応時間が短くなることはなかった。KAの場合、眼振の強度と内省報告との間に関連はなかった。MHと同様に眼振の強度と反応時間の間に何らかの関連性は見られなかった。これらのことより、今回の被検者に関しては眼振の強度は眼球運動の反応時

間に影響しなかったといえる。しかし、刺激条件が眼振に影響を及ぼしたことは確かである。この影響が低視力者の「見え」とどう関わっているのかは、今のところ明らかではない。眼振が視知覚や視覚認知に及ぼす影響を明らかにするには、同一の被検者について様々な環境条件を設定し、眼振波形と合わせて内省報告や課題遂行の正確さなどの他の指標も測定して探索的に検討していく必要がある。

#### IV. おわりに

本研究は、光点刺激に対して固視をおこなうという、知覚的な刺激に対する瞬間な反応に関する実験であり、眼球運動から低視力者に対する適切な視覚的環境を検討する上で、もっとも基礎的な過程であると考えられる。今後、より複雑な、認知的な課題における衝動性眼球運動について、反応時間だけでなく、正確性や運動の過程などをも検討することで、視対象の変化が視覚系にどのような影響を及ぼすために視覚的なパフォーマンスの向上が見られるのかを、より詳細に検討していきたい。

#### 文 献

- 1) Abadi, R. V. and Dickinson, C. M. (1986): Waveform characteristics in congenital nystagmus. *Documenta Ophthalmologica*, 64(2), 153-167.
- 2) Abadi, R. V., Dickinson, C. M., Pascal E., Whittle, J. and Worfolk, J. (1991): Sensory and motor aspects of congenital nystagmus. In R. Schmidt and D. Zambarbieri (Eds.) *Oculomotor control and cognitive process*. Elsevier Science Publishers, Inc., 249-262.
- 3) Bedell, H. E. and Bollenbacher, M. A. (1996): Perception of motion smear in normal observers and in persons with congenital nystagmus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 37(1), 188-195.
- 4) Brigell, M. G., Goodwin, J. A. and Lorange, R. (1988): Saccadic latency as a measure of afferent visual conduction. *Investigative*

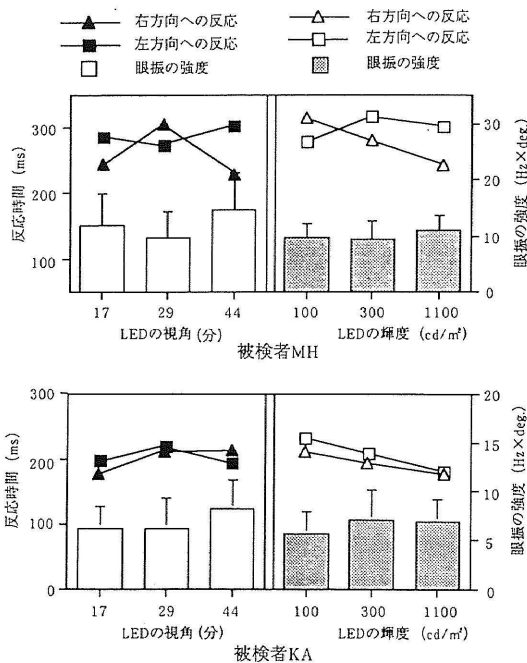


Fig. 9 眼振の強度と反応時間、刺激条件との関係

- Ophthalmology & Visual Science, 29(8), 1331-1338.
- 5) Dell'osso, L. F. and Daroff, R. B. (1975): Congenital nystagmus waveforms and foveation strategy. *Documenta Ophthalmologica*, 39(1), 155-182.
  - 6) Doma, H. and Hallett, P. E. (1988a): Dependence of saccadic eye-movements on stimulus luminance, and an effect of task. *Vision Research*, 28(8), 915-924.
  - 7) Doma, H. and Hallett, P. E. (1988b): Rod-cone dependence of saccadic eye-movement latency in a foveating task. *Vision Research*, 28(8), 899-913.
  - 8) 原田政美 (1989): 眼の働きと学習. 慶応通信.
  - 9) 池田光男 (1975): 視覚の心理物理学. 森北出版.
  - 10) 柿沢敏文・中田英雄・谷村 裕 (1987): 弱視者の衝動性眼球運動の特性. *特殊教育学研究*, 25(3), 31-39.
  - 11) Kowler, E. and Blaser, E. (1995): The accuracy and precision of saccades to small and large targets. *Vision Research*, 35(12), 1741-1754.
  - 12) Lovie-Kitchen, J. E. and Woo, G. C. (1988): Effect of magnification and field of view on reading speed using a CCTV. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 8(2), 139-145.
  - 13) 向野和雄・藤山由紀子・青木 繁 (1996): 眼振 治療法と予後. *眼科*, 38(2), 141-154.
  - 14) Perron, C. and Hallett, P. E. (1995): Saccades to large colored targets stepping in open fields. *Vision Research*, 35(2), 263-274.
  - 15) Reulen, J. P. (1984): Latency of visually evoked saccadic eye movement II. Temporal properties of the facilitation mechanism. *Biological Cybernetics*, 50, 263-271.
  - 16) Rubin, G. S. and Legge, G. E. (1989): Psychophysics of reading. VI. The role of contrast in low vision. *Vision Research*, 29(1), 79-91.
  - 17) 鈴木雅夫 (1987): 弱視教育における先天眼振の問題. *弱視教育*, 25(1), 17-22.
  - 18) 鈴木雅夫 (1989): 実験的書見にみる先天眼振の観察. *弱視教育*, 27(1), 12-18.
  - 19) 谷 道之 (1978): 小眼科書. 金芳堂.
  - 20) Williams, R. A. and Fender, D. H. (1977): The synchrony of binocular saccadic eye movements. *Vision Research*, 17, 303-306.
  - 21) 山本文昭・桶本忠司・窪田靖夫 (1984): 衝動性眼球運動の潜伏期に関する検討 第1報 正常者について. *日本眼科紀要*, 35(8), 1538-1544.



## **The Effects of Size and Luminance of Visual Targets on Saccadic Reaction Times in Individuals with Low Vision**

**Nobuyuki NAGAI, Toshibumi KAKIZAWA and Hideo NAKATA**

The purpose of this study was to clarify the effects of size and luminance of visual targets on saccadic reaction times in individuals with low vision. We measured saccadic reaction times of five subjects with low vision (aged 19 to 30 years, 3 males and 2 females). We used LEDs as targets. In the experiment, size and luminance conditions were used. Each condition included three stimulus levels. In the size condition, diameters of LEDs were 3mm, 5mm and 7.6mm while their luminance were 200 cd/m<sup>2</sup>. In the luminance condition, the luminance of LEDs were 100 cd/m<sup>2</sup>, 300 cd/m<sup>2</sup> and 1100 cd/m<sup>2</sup> while their diameters were 5mm. LEDs stepped 5° or 10° horizontally from the front. As a result, 1) some subjects were effected by size and others were effected by luminance. 2) subjects with narrow visual field showed a tendency to response to opposite direction from the stimulus.

**Key Words :** low vision, size, saccade, luminance, reaction time