

## 宿題報告

## 回旋（まわし）斜視の研究（図23, 表12）

稲富 昭太（滋賀医科大学 眼科学講座）

## 共同研究者

可児 一孝	佐々本研二	山出 新一	新井 真理	永田 啓	井上美奈可
佐藤 友哉	西田 保裕	寺尾 直道	高橋 清子	高橋 總子	丸尾 亨
小鳥ともゑ	福富里都子	宇野 史子	末吉 宏江		

## Studies of Cyclodeviation

Akihiro Inatomi

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Shiga University of Medical Science

## 要 約

まわし（回旋）斜視は水平斜視とその性質が種々の点で異なる。とくにまわし運動、まわし眼位測定は従来から多くの研究があるにも拘らず未解決の問題が少なくない。そこで我々はまずまわし斜視の研究方法を開発し、まわし運動について記録、解析した。またまわし眼位測定法を確立し、各種斜視のまわし眼位の測定を行なった。さらにまわし眼位の手術による変化、まわし斜視の病態、まわし斜視の特徴について実験を行なった。研究方法として斜視の視機能をより他覚的に把握するために眼底直視下で両眼視機能の観察できる大型弱視鏡を開発し、**Fundus Haploscope**と名づけた。これを用いてまわし（回旋）運動について研究し、固視微動の中には水平、垂直微動の他にまわし成分も存在することを確認した。まわし融像運動は、感覚性融像に比して極めて微量であった。反対回旋については頭部傾斜角の1/5~1/10であった。まわし視運動眼振を実験的に誘発し、解析の結果最大振幅は4°~6°、平均振幅は0.5°~2.0°であった。まわし眼位の測定に関しては**Fundus Haploscope**により両眼の眼底を同時に撮影し、その画像をコンピュータで解析し乳頭の重心と中心窩を結ぶ線と水平線のなす角から計測する新しい他覚的まわし眼位測定法を確立した。この方法を用いて各種の斜視におけるまわし眼位ずれ、斜視手術後の変化を測定した。測定結果によると上下筋異常では当然まわし眼位ずれをもつものが多いが、反面まわしずれのないものもあり、斜筋手術によっては眼位ずれは矯正方向に減少した。また術前のまわしずれ量の大きい程、その効果は大きかった。水平斜視でもまわしずれを含むものも存在し、水平筋手術のみでもまわしずれが減少する傾向にあった。両眼の自覚的まわしずれと他覚的まわしずれの比較からまわし斜視における感覚適応（Cycloadaptation）は斜視の発生年齢と関係があり、乳幼児以前に発生したものの起こりやすいことが判明した。まわし斜視の特徴として、まわし運動は水平、垂直のそろれに比して微小で、感覚面では適応が起こりやすいことが特徴であった。（日眼91：1119—1136, 1987）

キーワード：回旋斜視, **Fundus Haploscope**, 回旋運動, 回旋眼位, 回旋適応

## Abstract

Cyclotropia, a condition differing from horizontal strabismus in a number of respects, remains a poorly understood condition in spite of numerous studies of cyclorotation and cyclodeviation. We

別刷請求先：520-21 大津市瀬田月輪町 滋賀医科大学眼科学講座 稲富 昭太

Reprint requests to: Akihiro Inatomi, M.D. Dept. of ophthalmol., Shiga Univ. of Medical Science.

Seta, Otsu, Shiga, 520-21, Japan

(昭和62年10月19日受付)(Accepted October 19, 1987)

thus undertook the development of a new method to observe and measure cyclotropia, its pathology, and its special characteristics.

In order to facilitate the objective understanding of visual functions in strabismus, we developed the Fundus Haploscope, a major amblyoscope enabling the direct, simultaneous observation of the fundi. The fundi are photographed with a pair of infrared television fundus cameras, and the images thus recorded are analyzed by computer. Cyclodeviations can be objectively determined by measuring the angle formed between the horizontal and the line joining the fovea to the center of gravity of the optic disk.

Analysis of cyclorotation with this device revealed that micro-fixation movements include not only horizontal and vertical elements but cyclorotational components as well. Cyclofusional movements proved to be quite minor in comparison with those of sensory fusion. Counterrolling was found to extend to 1/10—1/5 of the angle of head tilt. Cyclorotational optokinetic nystagmus was experimentally induced: analysis showed the maximum amplitude to be 4°—6°, and the mean amplitude to be 0.5°—2.0°.

Use of the Fundus Haploscope made possible the measurement of cyclodeviation in the various forms of strabismus and also allowed before-and-after comparisons on patients surgically treated for strabismus. Cyclodeviations were commonly, though not universally, found in accompaniment with abnormalities of the superior and inferior muscles. Oblique muscle surgery was found to reduce deviations to levels closer to normal: the larger the presurgery level of cyclodeviation, the greater was the benefit. Some cases of horizontal strabismus exhibited cyclodeviation: surgery for the horizontal strabismus tended to reduce deviations.

Comparison of subjective and objective cyclodeviations revealed that cycloadaptation is influenced by the patient's age at the time of cyclotropia onset. When the onset occurred in infancy, cycloadaptation was strongest.

Cyclotropic movements were found to be quite small in comparison with those of horizontal and vertical strabismus, and sensory adaptation occurred more readily. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 91: 1119—1136, 1987)

**Key words:** Cyclotropia, Fundus Haploscope, Cyclorotation, Cyclodeviation, Cycloadaptation

## 目 次

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| I. 緒言                        | 3. 前庭動眼反射と視運動眼振                 |
| II. 研究方法の開発                  | 1) 前庭動眼反射                       |
| 1. 従来のまわし(回旋)眼位・運動の測定法       | (1) 前庭眼振                        |
| 1) 自覚的検査法                    | (2) 反対回旋                        |
| 2) 他覚的検査法                    | 2) 視運動眼振                        |
| 2. Fundus Haploscopeの開発      | VI. まわし(回旋)眼位の測定法               |
| III. Fundus Haploscopeの構造と機能 | 1. 他覚的まわし(回旋)眼位の測定法             |
| IV. 眼位・眼球運動記録装置の開発           | 2. 各種の斜視とまわし(回旋)眼位              |
| 1. 眼位の測定                     | VII. まわし(回旋)眼位の斜視手術による変化        |
| 2. 眼球運動の測定                   | VIII. 感覚適応(Cycloadaptation)について |
| V. まわし(回旋)運動の研究              | 1. 両眼の自覚的まわし(回旋)ずれ              |
| 1. 固視微動におけるまわし(回旋)成分         | 2. 片眼の自覚的まわし(回旋)ずれ              |
| 2. まわし(回旋)融像                 | IX. まわし(回旋)眼位・斜視の特徴             |

## I 緒 言

眼球は眼窩内において、テノン囊、外眼筋、脂肪組織などによって支えられ、その運動は回旋点を中心にした回転運動である。回旋点の移動は軽微であるから、眼球運動は、この回旋点を原点とする互いに直交する3つの軸のまわりの運動である。すなわち、水平軸(X)、前後軸(Y)、垂直軸(Z)を軸として上下運動、まわし(回旋)運動、水平運動に分けられる(以下回旋は原則としてまわしとのみ記す)。

両眼性眼位の異常として、これらの運動に相当して上下斜視、まわし斜視、水平斜視が存在する。

同様に上下運動とまわし運動は上下筋がともに分担しているために上下運動とまわし運動は同時に起こることが多く、上下斜視とまわし斜視は合併しているものと思われる。また、上下斜視に関係した頭位異常も臨床的に多くみられ、その発生機序にもまわし運動、まわし斜視の関与が充分考えられる。このまわし運動、まわし斜視に関する研究はすでに数多くある。しかし、まわし斜視を正面から観察することが困難であるため、その測定法、研究法自身にも困難がとれない、またその病態も水平斜視や上下斜視と著しく異なるため未だ充分解明されたとはいえない。むしろ未知の分野といえる。

そこで、我々は臨床的に多くみられる頭位異常、上下斜視に関連してまわし斜視の研究に取り組み、幾多の知見を得たので報告する。

## II 研究方法の開発

### 1. 従来のまわし眼位・運動の測定法

角膜や瞳孔はほぼ円形で、その周辺にも明らかな目印になるようなものがないため、角膜を中心とするY軸を軸とするまわし眼位や、まわし運動は正面から肉眼的に観察することは困難であるが、従来次のような方法が行われてきた<sup>1)</sup>。

#### 1) 自覚的検査法

複視を利用する方法

交代 cover によって検出する方法

Hess の Coordimeter

大型弱視鏡

Maddox 小桿法

Maddox double-rod test<sup>2)</sup>

Cyclophorometer<sup>3)</sup>

Maddox double-prism test<sup>2)</sup>

Phase Difference Haploscope<sup>4)</sup>

The New Cyclo Tests (AWAYA)<sup>5)</sup>

### 2) 他覚的検査法

視診

写真測定法<sup>6)</sup>

眼底写真法<sup>7)</sup>

電氣的測定法<sup>8)</sup>

自覚的検査法は両眼視機能が正常である場合においては極めて正確に眼位を測定することが出来る<sup>5)</sup>。しかしこれはあくまで自覚的方法であって、他覚的な眼位と自覚的眼位の相違がみられる斜視症例では全く利用できない。一方他覚的検査法においてはまわし運動が微細であるために肉眼的視診は極めて困難であり、より精密さが要求される場合には角膜に印しをつけたり、角膜輪部血管を目印にして写真撮影による法が用いられる。渡辺ら<sup>9)</sup>はこの方法により極めて精度の高い研究成果をあげているが、日常診療という点ではどこでも利用できるというものではない。比較的よく用いられるもう一つの方法は、眼底に目印を求める眼底撮影法<sup>7)</sup>である。この場合、測定には撮影時の頭の傾きが大きな影響を与えるので、誤差が大きく問題は解決したとはいえない。動物実験でよく用いられる磁場を作って測る電氣的測定法はまわし運動については測定されるが静的なまわし眼位については測定が難しいし、まわし斜視の診断には応用出来ない。このような従来の方法ではその測定の精度は高く、研究には利用可能であるが、臨床的なまわし眼位と運動の測定には適しているとは思えない。

このため我々はまず測定法の開発がこの研究の出発点となった。

### 2. Fundus Haploscope の開発<sup>11)12)</sup>

視機能を検査する場合にその機能と眼底での部位の関係を明確にすることは非常に重要なことで、このためには眼底直視下で検査することがもっとも正確な手段である。

この種の検査として斜視、弱視の検査には固視状態の検査があり、古くは von Graefe (1854) にはじまり、Steiger ら(1955)、Cüppers (1956)、わが国では足立<sup>13)</sup>、堀内<sup>14)</sup>の方法がある。とくに Cüppers の Visuscope は今日もよく使用されている。足立、堀内の方法はいずれも眼底カメラを利用して固視状態を記録するものである。

著者は足立の方法、すなわち眼底のカメラの鏡筒内の眼底像のできる共軛な点に視標を入れることになら

い、この視標を動かすことにより眼底直視下で中心視野を測ることを思いつき、1966年視野の会で発表し、Fundus Perimetry<sup>15)</sup>と呼ぶことにした。すでに Thrantas<sup>16)</sup>、Meyer<sup>17)</sup>は Visuscope を用いて眼底直視下で視野測定をしていることをあとで知ったが、このような方法は栗屋<sup>18)</sup>、可児<sup>19)</sup>、諫山<sup>20)</sup>、太田<sup>21)</sup>によってつぎつぎと発展させられた。とくに可児の方法は赤外線テレビカメラによって眼底を観察し、各部位の感度を精密に測定できるもので、国際的にも高い評価をうけている。これをあとで述べるように Fundus Haploscope に応用することになった。

可児の使用した赤外線テレビカメラによる眼底の観察法は甲南カメラ研究所現社長の池上がすでに10年以上前に特許をとっており、眼科学会では中島<sup>22)</sup>の発表が最初である。

さて、眼底直視下で両眼視機能を検査しようとする試みも以前からある。

Cüppers (1961)<sup>23)</sup>の Binocular Visuscope test は有名で、網膜対応の検査として広く行なわれている。その後寺門・川村<sup>24)</sup>は Two Visuscope test を発表し、鈴木<sup>25)</sup>は1台の眼底カメラで両眼同時撮影装置を開発し、神前<sup>26)</sup>はこれを応用して両眼視機能を観察している。これは両眼視状態を眼底カメラで撮影した最初のたいへんユニークな研究である。

著者ら<sup>27)</sup>は2台の眼底カメラにより両眼同時眼底撮影装置を試作し、両眼視の観察をはじめた。この装置では視標を鏡筒の共軛な点に入れ、眼底の観察には可視光線を用いた。カメラは可動ではあったが、大型弱視鏡のように眼球の回旋点を軸にして動くようになっていなかったので、操作性が悪く、また眼底の照明光が被検者に苦痛を与え、まわし融像の基礎的な研究<sup>28)</sup>には利用できたものの臨床的に患者に使用するにはいたらなかった。しかし、この実験により両眼視状態を眼底直視下で観察することは可能で、しかも多くの情報をもたらすことがわかったので、さらに改良にとりくむこととなった。

改良の第1は2台の眼底カメラを利用することをそのまま引きつぎ、大型弱視鏡と同じように被検者の眼の回旋点の真下の点を軸にして可動するようにすること。第2は眼底の観察は赤外線テレビカメラを利用することで、赤外線眼底カメラはすでに可児の Fundus Perimeter として完成していたので、可児の応援を求め、甲南カメラ研究所の技術陣によって製作に着手し、1980年に完成した。これを眼底を観察するこ

とのできるハプロスコープという意味で Fundus Haploscope (以下文中は Fd. Haplo. と略す) と命名した<sup>11)12)</sup>。

### III Fundus Haploscope の構造と機能

2台の眼底カメラの対物鏡の前に反射鏡を取りつけ、カメラ本体は、眼球回旋点を軸にして外よせ、内よせ側に回転する。カメラ内には視標を組み込み、この視標(target)は大型弱視鏡と同様に同時視用、融像用、立体視用などを用い、またこれらを交換することによりそれぞれの機能が検査でき、大型弱視鏡の機能をもたせている。眼底の観察系は光源に赤外線を用い、赤外線テレビカメラによって眼底像を受像する。眼底像と target の位置は共軛な点になっているので、眼底像と視標は TV モニターに重なってうつる。受像は左右別々に2台のモニターTVをならべて観察する。

眼底カメラ本体の細部はブロックダイアグラムに示すとおりで(図1)、被検者は光源  $L_2$  から出た可視光線によって HM と P との間に挿入した target をみる。この光線は眼底で反射しても半透鏡 HM では反射されず、TV カメラには到達しない。眼底の観察には光源  $L_1$  から出た光線を赤外線透過フィルター F によって赤外線のみとして用い、 $M_1$ 、 $M_2$  によって反射させて眼底を照射する。眼底から反射した赤外線は半透鏡 HM (赤外線のみ全反射、可視光線は透過)、 $M_3$  によって反射され、赤外線 TV カメラに受像される。Target の位置は眼底像と共軛な点にもってきていて、しかも Target は赤外線でも観察できるように製作しているので、眼底像と target の像は重なって受像される。被検者にとって視標のピントを合わせることは同時に眼底像のピント合わせになり、被検者の屈折異常には矯正眼鏡を使用しなくてもよいことになっている。

本体は2台の眼底カメラからなり前後、左右に可動で、瞳孔距離は最小50mmまで合わせられる(図2、3)。観察視野は30°の円形で視標面上で0.8mmが視角1°に相当する。被検者の視標観察光は白色タングステン光で、0~1,000asbまで可変であり、瞬間点灯、フリッカー交互点滅、点滅時間の加減なども可能である。大型弱視鏡のアームを動かすのと同様に、カメラ本体を回転させて斜視角を測ることも、またこれによって視標の入射角をかえることもできるが、視標そのものも上下、左右、回旋方向にも動くようになっている。

日付、タイム、被検者の応答信号を TV 上に表示さ

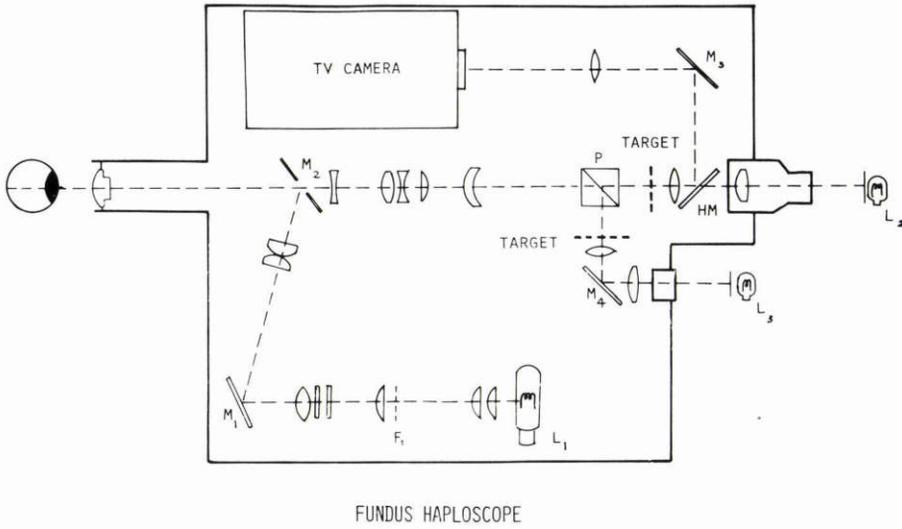


図1 装置の block diagram<sup>11)</sup>

L<sub>1</sub>: 眼底観察用赤外線光源, L<sub>2</sub>: 視標用光源, F<sub>1</sub>: 赤外線透過フィルター, HM: 半透鏡 (赤外線全反射), L<sub>3</sub>: 量の視野測定用光源

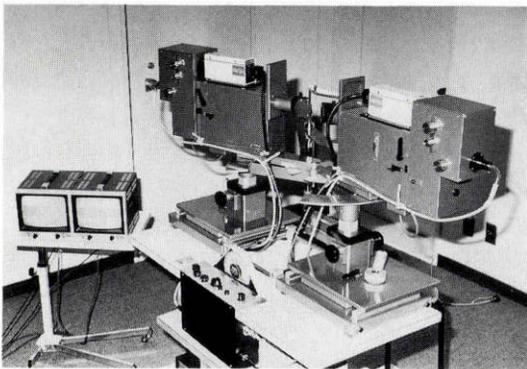


図2 装置の全景<sup>11)</sup>

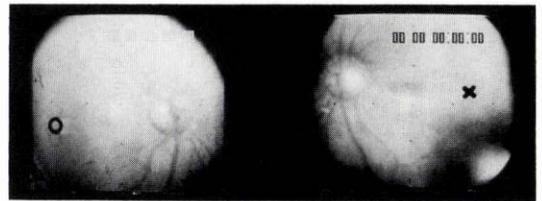


図4 同時視視標と眼底が同時にモニターテレビ上につづっている。

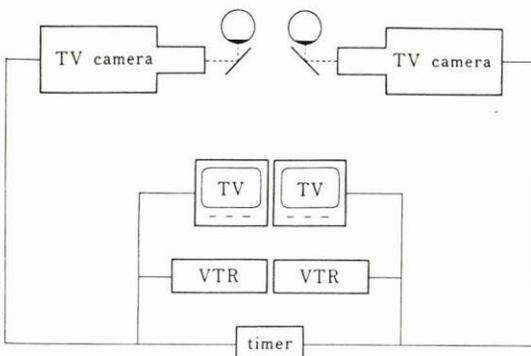


図3 概略配置図<sup>11)</sup>

せ, VTR に録画して記録を残すこともでき, TV 像を写真撮影してもよいようになっている。

使用法は大型弱視鏡とほぼ同様で被検者は大型弱視鏡や眼底カメラ撮影の場合と同様に椅子に座り, 顎台に顎をのせ, 額を額帯にあて, 顔を固定する。左右のカメラ本体を眼前に近づける。この際視標観察用の可視光線が本体から出ているので, このスポットを角膜上に当たるようにし, 一方赤外線 TV によって受像される前眼部をモニター TV が観察しながら近づける。被検者からは視標が見え, モニター TV 上に眼底像と視標がうつるように調整する。視標のピントと眼底像のピントは何れか一方を合わせれば自動的に他方も合うことになる。中心窩の反射は赤外線では見えないのでこの位置は片眼ずつ視標をみさせて, 黄斑反射との関係で確認する。

視標は原図を透明印画紙にプリントして作る。図4

は同時視図形を用いて同時視を行なっているときの眼底像と視標がモニター-TVにうつっている状態である。

視線の方向の変換は大型弱視鏡と同様に内よせ側、外よせ側に動かすことによって行ない、その角度は外に目盛りをつけた角度計によって読み取る。細かい動きは視標を動かしてもよく、これも移動を目盛りで読み取ることができる。また視標は自覚的まわしずれやまわし融像を測るために視野の中心を軸に回旋するようになっている。

#### IV 眼位・眼球運動記録装置の開発

##### 1) 眼位の測定

Fd. Haplo.は大型弱視鏡の機能をすべて備えているので、水平、上下の眼位は従来の方法で容易に測ることができる。まわし眼位は他覚的には両眼の相対的な傾きである。眼のY軸は眼底の中心窩を通るから中心窩を中心に傾きを測らねばならないが、目印になるものは乳頭以外にないから、中心窩と乳頭の位置からまわし眼位を測る。詳しくはまわし眼位の測定法として後述する。

##### 2) 眼球運動の測定

Fd. Haplo.により、観察された眼位、眼球運動は3/4インチカセットビデオに録画記録される。この記録を解析する方法はすでに種々あるが<sup>28)</sup>、改良して新しい眼球運動記録解析装置を開発した<sup>30)</sup>。その使用法は記録した画像はまずディスクレコーダに記録し直す。この映像は1秒間が60画面の静止画像として再生される。まず運動の基準となる任意の画面を選び、これを解析装置のオリジナル画面用のフレームメモリーに記録させる。次にこの画面から後の任意の画面、すなわちどれだけ動いたか比較したいサンプル画面を選択し、サンプル画面用フレームメモリーに記憶させる。オリジナル画面とサンプル画面を映像合成用モニター上に同時に写し出す。ジョイスティックによりオリジナル画面はサンプル画面に重ね合わせることができるようになっている。このときのオリジナル画面の移動量がすなわち眼球の移動量であり、水平、垂直、回旋成分に分けて視角に換算されてモニターテレビ上に表示される。このように1画面の解析が終わったならば、このデータをマイクロコンピュータに入力しておく。次で新しいサンプル画面を選択して、最初のオリジナル画面と重ね合わせていくことにより連続して眼球運動量を算出してゆく。これを再びマイクロコンピュー

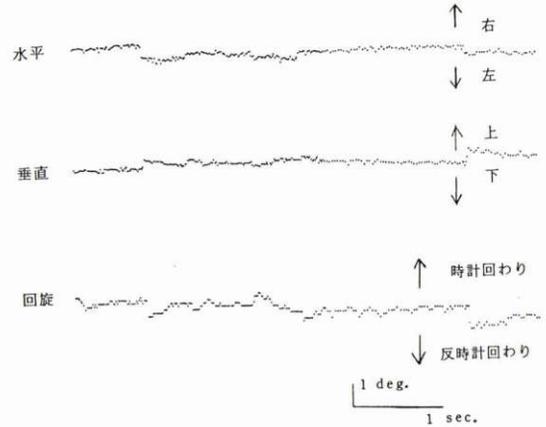


図5 固視微動における水平垂直まわし成分、まわし(回旋)微動が明らかに記録される。

タに入力してゆけば眼球運動は各成分に別けて経時的な波形の変化としてグラフ化してモニター上に描写される(図5)。

#### V まわし運動の研究

Fd. Haplo.とその解析装置により固視微動、まわし融像、前庭動眼反対、生理的まわし眼振について検討した。

##### 1. 固視微動におけるまわし成分

基本的な正面第1眼位において注視物を固視しているときに固視微動があることはよく知られている。この固視微動にまわし成分があるかどうかについて検討した。

図5は1秒間約60コマの解析結果である。時計方向、反時計方向へ30°以内の微細な固視ゆれが測定される。先に高橋ら<sup>32)</sup>が行なった測定では1°程度のdrift様の運動を認め片眼固視では動きがやや粗大で、両眼固視では動きは少なくなっている。

##### 2. まわし融像

大型弱視鏡によるまわし融像幅は上下の融像幅に比してはるかに大きく10°前後もある<sup>33)</sup>。しかしその融像運動については正確な測定が困難なために多くの研究はあるが、その存否は確定していないようであった<sup>34)35)36)</sup>。そこで視標として一辺の視角2.7°の正三角形で中心に2の固視点をそなえた融像視標を用いて自覚的融像幅とそのときの眼球運動を解析した<sup>37)</sup>。図6をみると融像中の前半にはあまり大きな動きはないが、自覚的融像の破れる2秒位前から比較的大きな動きが見られる。この解析結果からまわし融像のとき

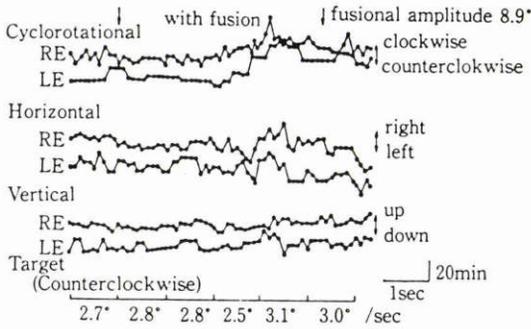


図6 視標を反時計方向に回転した時の眼球運動(高橋<sup>37)</sup>)

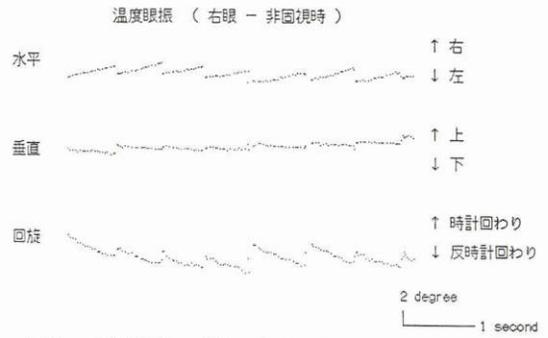


図7 非固視時の右眼の眼球運動(佐藤ら)<sup>39)</sup>各成分とも jerk nystagmus を認める。振幅は回旋成分が最も大きい。

に見られるまわし運動成分は自覚的融像の約1/10以下であり、固視微動との区別が付き難い程度である。しかし、中山<sup>38)</sup>三浦ら<sup>39)</sup>はともに Phase Difference Haploscope により厳密に測定して、運動性回旋融像を証明している。いづれにしてもまわし融像では感覚性が主体であり、運動性融像は極めて微量ということになる。

3. 前庭動眼反射と視運動眼振

外界に対して体が動いた時と、体は動かさないが外界の注視物が動いたとき、それぞれ恒常性を保つために前庭動眼反射、追従固視運動、視運動眼振などが起こる。

これらの運動のまわし成分について検討した。

1) 前庭動眼反射

体が傾くなど頭の重心移動に対して外界の恒常性を認識しつづけるために起こる一種の姿勢反射で、身体の傾きそのものに反応する静的な反射と、傾いてゆく加速に反応する反射とがある。まわし運動に関係があるのは前庭眼振と反対回旋である。前者は回転台や内耳への注水によって人工的に誘発できる動的反射であり、後者は体あるいは頭を側方に傾けると誘発される静的反射である。

(1) 前庭眼振

頭位を垂直のまま冷水を外耳道に注入して内耳の半規管のリンパに対流を起こして動的眼振を誘発することができる(温度眼振検査)。図7はその記録で眼振には垂直成分の他にまわし成分がはっきりと確認される(図7, 8)<sup>40)</sup>。この温度眼振を両眼遮閉時、融像時、縦線固視時の3通りの視覚条件で誘発し、視覚の種類による眼振抑制率の測定を行なった。各成分とも50~70%の抑制率が得られた。しかし視標が融像図形

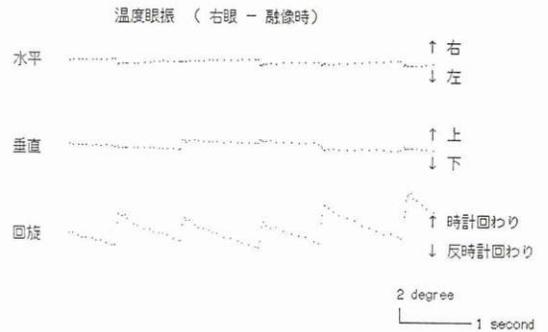


図8 融像時の右眼の眼球運動(佐藤ら)<sup>39)</sup>水平、垂直成分の振幅は著明に減少しているが回旋成分にはほとんど変化が見られない。

の場合は水平、垂直成分は抑制されるがまわし成分の抑制は小さく視標の種類により抑制率が異なった。このことからまわし運動は視覚の影響をうけやすいと解される。

(2) 反対回旋

これは頭の重心のずれに対して卵形囊が反応して、眼球のまわし方向への移動をもとの状態に保とうとするまわし運動である。これに関しては人間では存在しないという否定論<sup>41)~44)</sup>もあるが渡辺博士一派<sup>9)10)45)</sup>はこの存在や性質を詳細に研究している。このように存否について議論のあるのは測定の困難さが一つの原因であると思われるので、Fd. Haplo.により検討した<sup>48)</sup>。

実験は Fd. Haplo. を被検者と共に側方に傾けることのできる傾斜台を作製して行なった。この際、台を傾けるとモニター上の眼底像の傾きそのものが反対回旋として測定されることになる。測定時には固視視標として一辺が視角2°の固視点のある黒い正三角形融像図形を用い、傾斜台は手動で0.5~1°/sec の速度で傾け

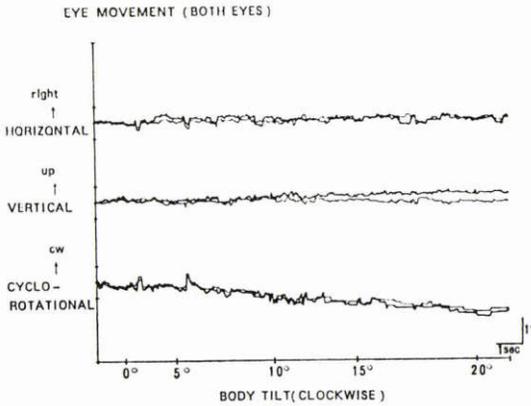


図9 躯幹傾斜(時計方向)時の両眼球運動<sup>46)</sup>  
 躯幹傾斜2秒前より停止2秒後までの眼球運動を経時的に表わしている。横軸は時間の経過と躯幹の傾きを、縦軸は眼球運動を表わす。上段は水平成分、中段は垂直成分、下軸はまわし成分を示す。

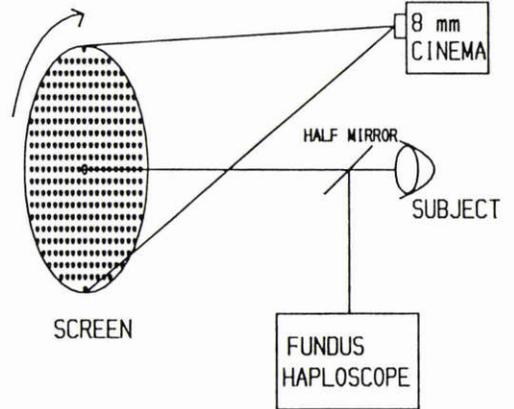


図11 スクリーン上に視標を回転させ、このときの Cyclo-OKN を眼底の動きとして Fd. Haplo. で記録する。(Sato, et al)<sup>49)</sup>

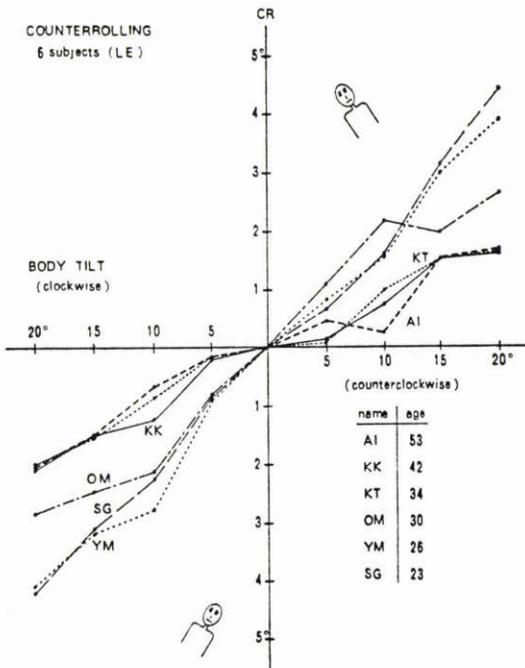


図10 6人の反対回旋, 個人差があり, 年齢に関係がある。

て測定した。図9はその結果で、まわし運動成分は両眼の協調性を保ちながら、徐々に反対回旋が起こっていることを示している。また固視微動がそのままつづいている。体の各傾斜角における反対回旋量を正常者6名についてグラフ上に記入したものが図10である。

傾斜角20°における最大値は267', 最少値は98'で、個人差が著しい。その値は傾斜角に比して極めて小さく、傾斜角の大略1/5~1/10にすぎないが、確実に存在する。個人差は年齢とも関係があるようで、高齢ほど小さい傾向があるようである。森の研究<sup>9)10)45)</sup>の他に山本<sup>49)</sup>らはX線撮影を利用してたくみに反対回旋の存在を証明しており、我が国ではこれの存在を確認したことになる。

森ら<sup>45)</sup>は頭を側方に傾けたときには加速による動的反射として、眼振様の反対回旋を測定し、動的反対回旋と呼んでいる。

2) 視運動まわし眼振

体は動かさずに外界が動いた時には普通追従固視が起こるが、外界の動きが反復すると眼振が起こる。これは視運動眼振としてよく知られている。この眼振におけるまわし成分の有無についてはよく分かっていない。とくに純回旋運動つまり視運動性回旋眼振(Cyclo-OKN)については研究が少ない<sup>48)</sup>。そこでこれの存在を確認しその特性を解析した<sup>49)</sup>。

方法として、眼前2mにスクリーンを置き、8mm映画機にて視軸を中心に回転する視標を投影した。視標は視覚25°の白色円板に幅が視覚0.72°の黒色帯の格子が画かれたものと、放線状に帯を配列した車輪状の視標を用いて実験した。回転は毎秒6°の等速で、反時計方向、時計方向ともに行なった。測定はFd. Haplo.の接眼部を半透鏡にしてこれを通して視標を見させるようにして記録した(図11)。この結果は図12のようで全例にCyclo-OKNが測定され、とくに車輪視標では大き

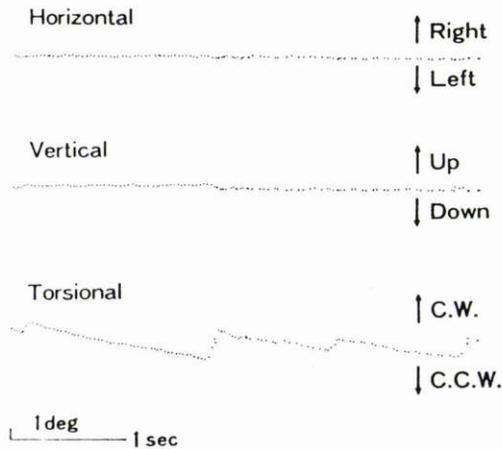


図12 下段は典型的な Cyclo-OKN. (Sato, et al)<sup>49)</sup>

く、最大振幅 4~6°に達するものがあつた。しかし平均振幅は0.5°~2.0°と個人差が大きく、平均周期は0.6~1.2Hzであり、視標による差はなかつた。平均緩徐相速度から求めた利得は0.15~0.3であつた。

このように前庭まわし眼振は最大約12°、視運まわし眼振では刺激条件で異なるものの最大8°という予想外に大きい振幅を認め、個人差はあるがその存在は明らかであり、その利得は水平性の前庭眼振に比し小さい。

## VI まわし眼位の測定法

まわし斜視を論ずるには眼位測定法が確立していなくてはならない。臨床的には上斜筋麻痺のときに見られる複視症状の仮像が傾いていることでまわし眼位の異常はよく気づかれる。このようにまわしずれがあつても網膜対応が正常であるときに maddox 小桿法、maddox double rod test<sup>2)</sup>、The New Cyclo Tests (AWAYA)<sup>5)</sup>など自覚的検査によって精度の高い測定値が得られる。

しかし斜視では感覚面に種々の適応現象が起こり、網膜対応が正常でない場合が多く、自覚的検査は全く用いることができないことが多い。このために他覚的測定法が重要となってくる。しかしこれには眼位の基準となるものがなく、眼位の変化は測定されても静的な眼位を測定することは至難であつた。これがまわし斜視の研究の最大の課題であつたので、まずこの測定法の確立にとりかかつた。

### 1. 他覚的測定法の確立

従来から眼底撮影法として乳頭の位置を目標にして

まわしずれを測定しているが、これは片眼の眼球周囲、眼窩、顔面に対する単眼での眼位ずれを測っているもので、しかも基準がはっきりせず、その上頭位が傾くと眼球もまわしずれを起こしたように計測され極めて粗雑な方法である。

一方、Fd. Haplo.では眼底が両眼同時に観察できるので著者らは<sup>50)51)12)</sup>これらを目標にして測定を試みた。その方法はFd. Haplo.により両眼の固視を確かめつつ第1眼位で両眼視状態にある眼底像を視標とともに撮影記録する。このネガフィルムをプロジェクターで投影、拡大してコンピューターを用いて解析する。

眼底においては中心窩と乳頭の位置の関係によってまわしずれを測定する以外に目標は全くない。ただし、乳頭は正円ではなく、普通上下にやや細長く、しかも不正円であり、個人差もある。したがって乳頭の位置といつてもその中心は極めて求めにくい。そこで、個々の乳頭にとって不変の点として重心を求めることにした。重心は画像解析装置により幾何学的に容易に求められる。この重心と中心窩を結ぶ線を乳頭中心窩線(P-F線)とし、これと水平線のなす角を(P-F角)とする。

この角度(乳頭中心窩傾斜角)をもって片眼のまわしを測定することができる。しかし頭位が傾けばこれを代償する反対回旋は頭位の傾きの1/10程度と僅かであるため、頭位の傾きと共に眼球も傾き、したがってP-F角も変化する。これらの理由で片眼のみでまわし斜視を論ずることは危険である。これを両眼同時に測定すると頭位が傾いても両眼の相対角(a+b)はほぼ一定であるのでこの(a+b)を用いて眼のまわし眼位の測定することにした(図13)。

この∠P-F角は直接的には乳頭の位置を測っていることであり、必ずしも回旋の絶対的基準ではないが、中心窩分割線が解剖的にとらえられない以上、この両眼同時に測定した相対角∠(a+b)を測定基準にすることは最も進歩した最善の方法と考えられる。

この∠(a+b)を正常者55名について測定したところ、個人差は少なくないが表1に示したように平均値は11.9°、標準偏差4.0°であつた。そこで乳頭中心窩傾斜角12°をまわし眼位の基準とすることにした。したがって平均値±2SDすなわちa+b=12°±8°は正常、これより大きいものは外まわしずれ、小さいものは内まわしずれとなる(図14)。

### 2. 各種斜視とまわし眼位

各種の斜視におけるまわし斜視の状態をしらべるた

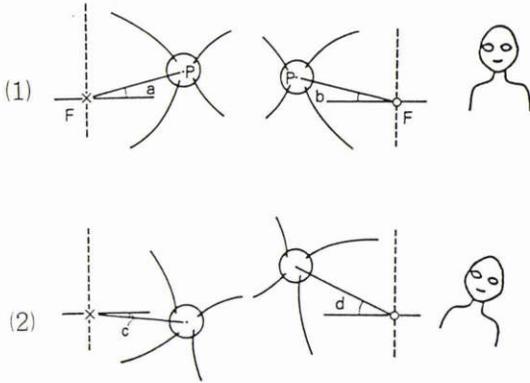


図13 まわし眼位の測定<sup>50)51)</sup>

P: 乳頭の重心, F: 中心窩,  $\angle a + \angle b \approx \angle c + \angle d$ . 頭が傾いても相対的まわし角は変らない.

表1 正常者55名のまわし眼位  
(乳頭中心窩傾斜角測定値)

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
両眼	11.9°	4.0°	20.3°	4.6°
右眼	6.4°	2.7°	12.2°	0.3°
左眼	5.5°	3.2°	12.6°	0.1°
左右差	3.4°	2.6°	11.9°	0

表2 斜視外来統計

	症例数 (%)
外斜視	722 (44.7)
内斜視	608 (37.6)
上下斜視	124 (7.7)
その他	160 (9.9)
計	1615

(外来総数 昭53~60年  
約10,000)

表3 上下筋異常を伴う症例の統計

		症例数 (%)
上直筋	過動	38 (4.1)
	遅動	28 (3.0)
下直筋	過動	0
	遅動	28 (3.0)
上斜筋	過動	105 (11.4)
	遅動	171 (18.6)
下斜筋	過動	518 (56.6)
	遅動	55 (6.0)
		915

(斜視患者総数1615例の56.7%)

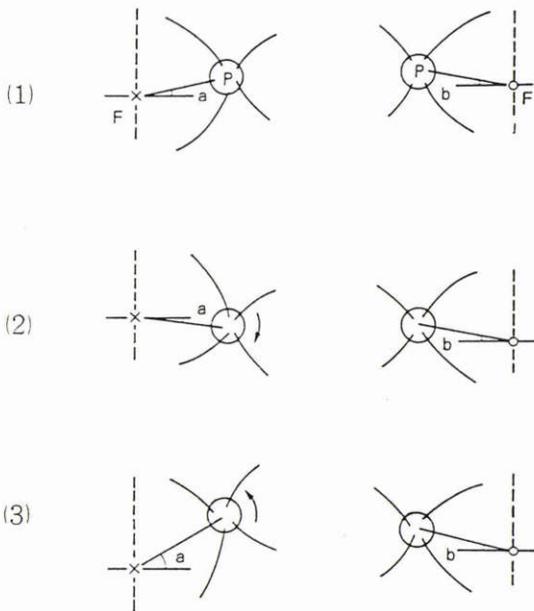


図14 まわし斜視

- (1) 正常者  $\angle a + \angle b = 12^\circ \pm 8^\circ$
- (2) 内まわし斜視  $\angle a + \angle b < 12^\circ \pm 8^\circ$
- (3) 外まわし斜視  $\angle a + \angle b > 12^\circ \pm 8^\circ$

表4 まわし眼位測定症例

外斜視	15
内斜視	2
上斜筋過動	9
上斜筋麻痺	9
下斜筋過動	30
下直筋麻痺	2
動眼神経麻痺	1
外転神経麻痺	1
Duane 症候群	1
計	70

めにまず母集団について述べる(表2).

滋賀医科大学附属病院開院の昭和53年10月以来昭和60年12月末まで約10,000人の外来患者があった. そのうち斜視外来の患者は1,615名で外来患者の16%に相当する. その内訳は外斜視44%, 内斜視37%, 上下斜視7.7%である.

まわしに関係の深い上下筋異常を伴ったものをすべて集計すると表3となり, 斜視患者1615例中915例, 56.7%となる. 最も多いのは下斜筋過動を伴うもので518例であり, 上下筋異常の56.6%に相当する.

これらのうち Fd. Haplo. でまわし眼位の測定できた約70例(表4)の成績は図15のようである。これによると外斜視, 内斜視では大部分は正常範囲にあるが, 内まわしずれ, 外まわしずれを示すものも存在する。下斜筋過動では外まわしずれ, 下斜筋不全では内まわしずれの方向に, 上斜筋過動では内まわしずれ, 上下斜筋不全では外まわしずれの方向に分布しているのは外

筋の作用方向の理論に合致したことである。しかし反対に斜筋の過動・不全でも正常範囲に含まれる症例も少なくない。

上下直筋の不全では測定された例数が少なく一定の傾向はみられていない。

### VII まわし眼位の斜視手術による変化<sup>52)</sup>

対象は下斜筋過動症の30例をはじめ外斜視, 内斜視など計70例である(表4)。行なった手術は表5に示す如く水平筋手術44例, 斜筋手術23例で, 下斜筋後転術が最も多く21例である。これらについて検討したのが図16, 17である。縦軸にまわし眼位, 横軸に術前, 術後とその経過日数をとっている。1本の線は1症例についての経過を表している。

水平筋手術群について図16をみると, 水平筋手術でも, まわし眼位に変化があり, その変化は正常眼位の方向に向いている。水平筋はまわし眼位に関係がない筈であるが, 水平筋手術例でも水平斜視のみならず上

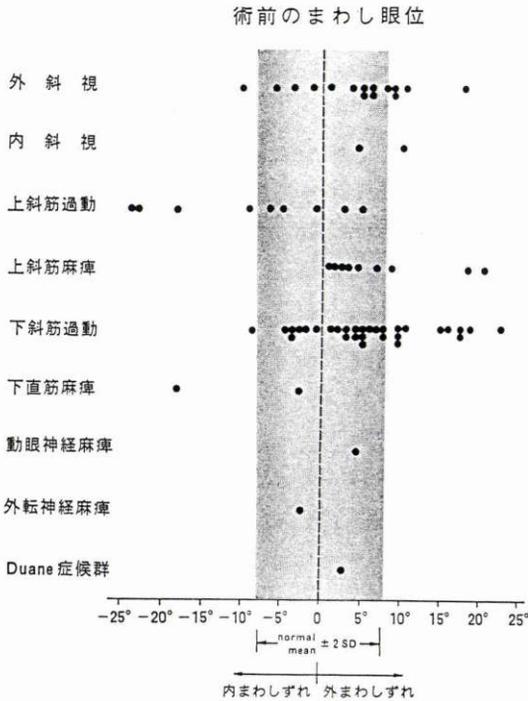


図15 各種斜視のまわし眼位

表5 施行手術の内容

水平筋手術	44	短縮または後転 短縮・後転併用	21 23
斜筋手術	23	上斜筋縫縮 下斜筋後転	2 21
上下直筋手術	3	上直筋前転 上直筋後転 および下直筋後転	2 1
計	70		70

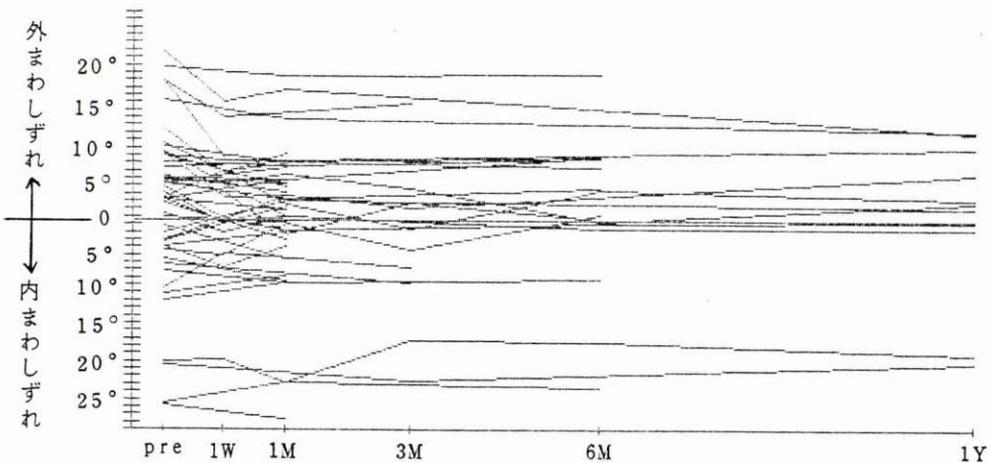


図16 水平筋手術によるまわし眼位の変化, 術前, 術後1カ年までの経時的変化

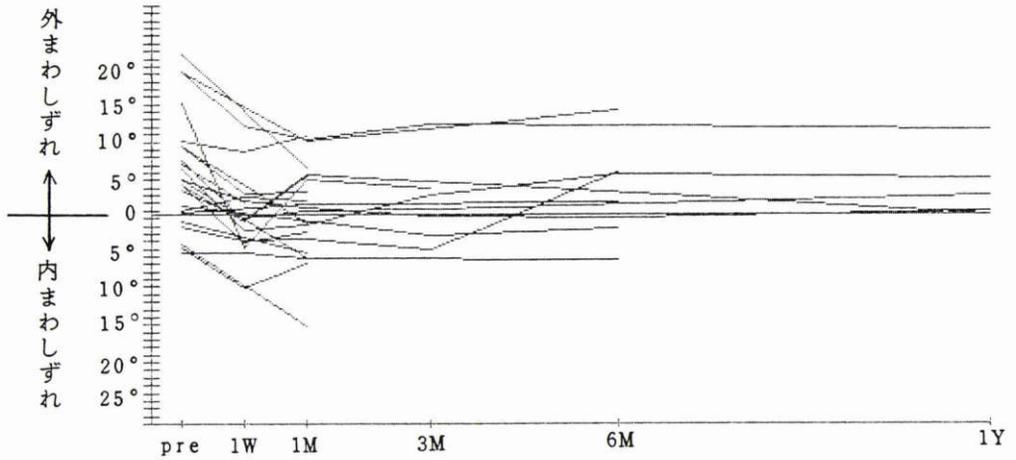


図17 上下筋手術によるまわし眼位の変化

表6 手術筋のまわし眼位の変化量

手術筋	まわし眼位の変化 (度)					
	3°~5° exc.	0°~3° exc.	0°~3° inc.	3°~5° inc.	5°~10° inc.	10° inc. ≤
水平筋(単)	●●●●	●	●●●●●●●●	●	●	
水平筋(複)	●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●	●●●●●●	
上下直筋		●	●	●		
上斜筋(片眼)					●	●
下斜筋(片眼)		●●●	●●●●●●	●	●●●	●
下斜筋(両眼)		●		●	●●●	●●●

exc.: 外まわしへ inc.: 内まわしへ  
 (単) 短縮術または後転術のみ (複) 短縮後転併用術

下斜視の合併があれば、水平筋手術により第1眼位に近づき、上下筋の異常の影響が少なくなって、まわし眼位ずれも減少するのではないかと考えられる。

斜筋手術群について全体としてその作用の増減の方向にまわし眼位は変化していて、これは当然予測された結果である。

手術筋とまわし眼位の変化量の関係を見ると表6のようになる。水平筋手術でもまわし量の変化の大きいものは術前のまわしずれの大きいものである。つまり術前のまわしずれ量と矯正による変化量(矯正量)とは正の相関を示している(図18)、斜筋手術については矯正効果があるのは当然であるが、これについても術

前のまわしずれ量と効果との間には正の相関がある(図19)。

### VIII 感覚適応 (Cycloadaptation) について

#### 1. 両眼の自覚的まわしずれ

斜視では眼位ずれに対して抑制や対応の異常など感覚適応がみられる。Gyton & von Noorden<sup>53)</sup>はまわし斜視における Cycloadaptation は片眼性の適応で、発症年齢と関係が深いと発表している。まわし眼位ずれに対してはどのような感覚適応があるのかはまわし斜視の病態を知る上で重要である。図20は Fd. Haplo.に

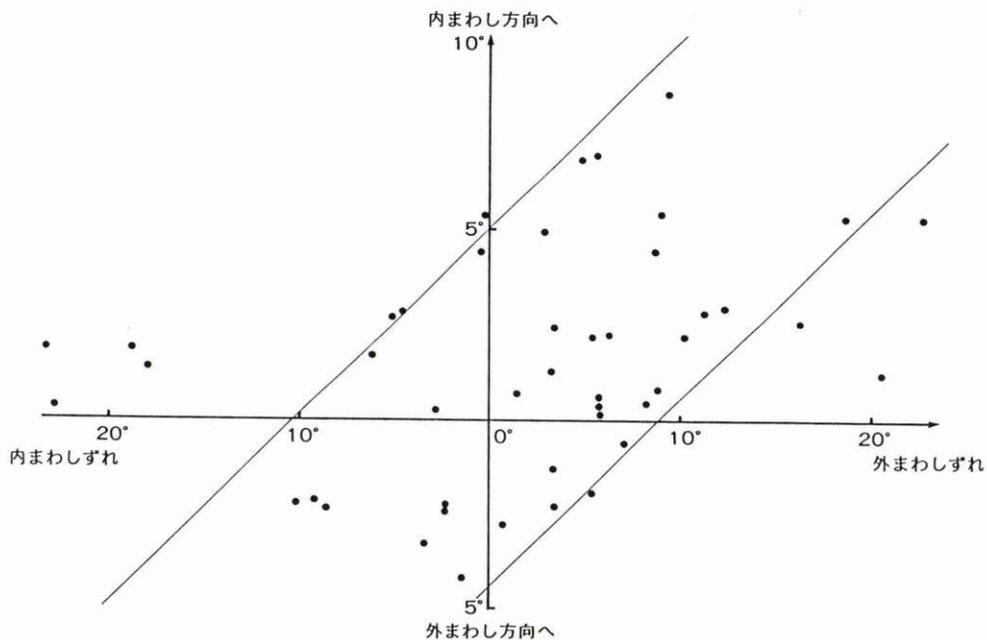


図18 水平筋手術による術前まわしずれ量と矯正量の関係. 横軸は術前まわしずれ量, 縦軸は術後のまわしずれ矯正量

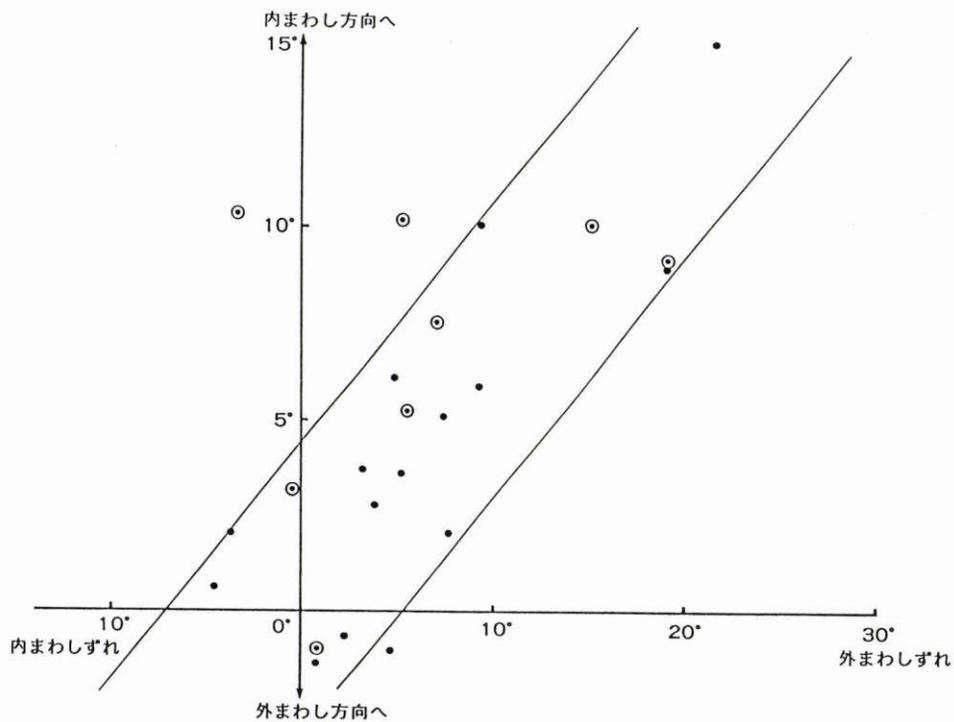


図19 斜筋手術による術前まわしずれ量と矯正量の関係

# Cycloadaptation

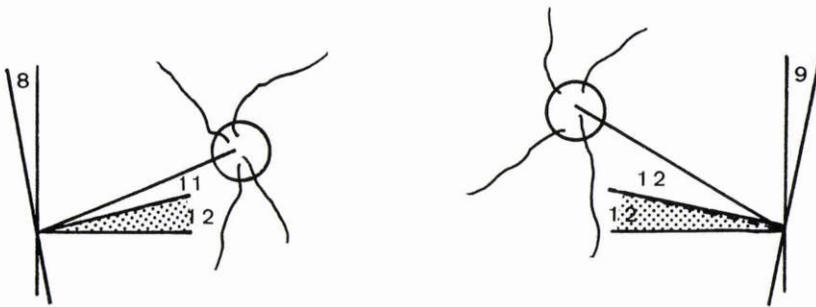
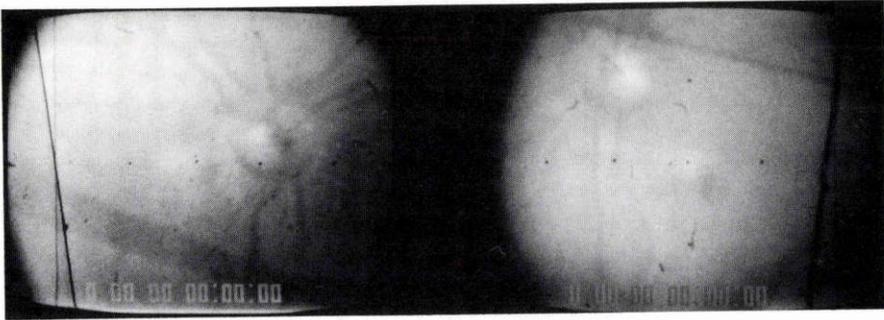


図20 Cycloadaptation

(P-F) 角から正常値12°を差引いた角がまわしずれになる。右眼では11°左眼では12°、合計23°の外まわし斜視である。この症例の自覚的垂直線は右8°、左は9°外方に傾いている。

よるまわし斜視の1症例の測定結果を示している。他覚的まわしずれは11°(右)+12°(左)=23°であるが、自覚的に各眼の垂直線と感ずる線は垂直とは8°と9°左右合計17°傾いている。この他覚的まわしずれと自覚的まわしずれの差6°が適応ということになりCycloadaptationとよぶ。この例では完全な適応は起こっていない。

このようなまわし斜視にとっては対応異常に相当する適応をしらべるために次のような実験を行なった<sup>54)</sup>。Fd. Haplo.において他覚的まわしずれを測定した後、固視点に円形の融像図形とチェックマークをもち、固視点の上および下2.5°に水平線をもったスライドを作り、左右眼別々に見える上下の線が平行に感ずるときのスライドの2線の傾きをもって、自覚的まわしずれとして他覚的まわしずれと比較した(図21, 22)。

正常者15例の他覚的まわしずれの平均値は0°、標準偏差3.8°であり、自覚的まわしずれの平均値は外まわしずれ0.5°、標準偏差値1.0°であった。一方他覚的まわ

表7 まわし斜視患者の自覚的まわしずれ

	症例数	自覚的まわしずれ	
		あり	なし
先天性または乳幼児期発症まわし斜視	14	6	8
小児期以降発症まわし斜視	9	8	1

しずれが正常者の平均値±2.SDの範囲外であり、まわし斜視と考えられる23例について同様の検査をした結果は図23のようである。自覚的まわしずれと他覚的まわしずれの等しいものは図において45°の線上にくる。これに両者の角度に大きな差のあるものほど適応が起こったことになる。これを発症時期別にまとめると表7となる。

先天性または乳幼児期発症のまわし斜視14例のうち、8例では自覚的まわしずれを認めず、小児期以降

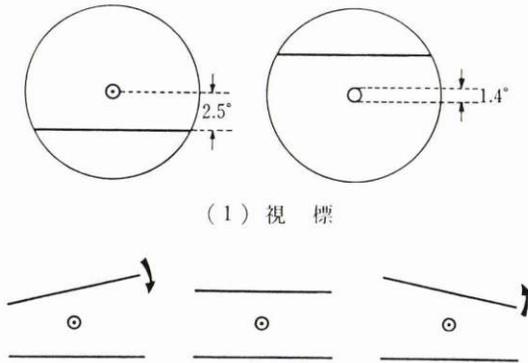
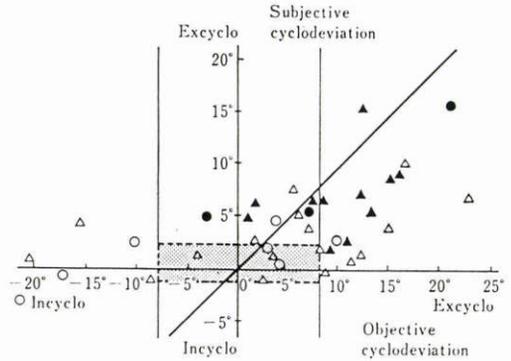


図21 自覚的まわし眼位測定法

右眼に提示した黒点つきの丸印と、左眼に提示した丸印視標を融像させ、その上下に横線視標が見えるようにセットする。固視眼の横線視標を水平と自覚される位置にしておき、被検眼の視標を斜めの位置から動かし上下の直線が平行であると自覚された時の上下の直線の傾きを測定する。



範囲：正常者の平均値±2S.D.

先天性または乳幼児期発症の上下斜視 ○：上下直筋異常(過動, 遅動, 麻痺), △：斜筋異常  
小児期以降発症の上下筋麻痺 ●：上下直筋麻痺, ▲：斜筋麻痺

図23 まわし斜視における他覚的まわし眼位と自覚的まわし眼位の関係

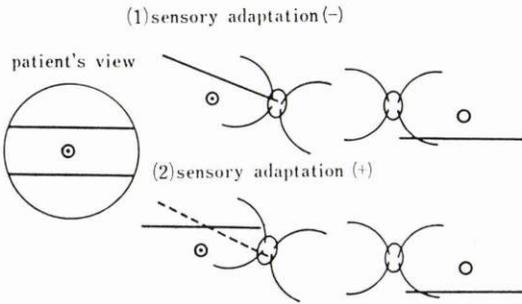


図22 Sensory Adaptation

右眼に他覚的に内まわしを認める場合、(1) sensory adaptation がなければ、自覚的まわしずれは他覚的まわしずれと同じ大きさだけ認める。(2) sensory adaptation があれば、自覚的まわしずれは認めないか、他覚的まわしずれに比し小さい。

発症の斜視では9例中8例に自覚的まわしずれを感じている。このことは小児期以降の発症例ではまわしの適応は起こりにくいことを示している。

全体として Cycloadaptation は比較的起こりやすく、両眼視に投立ち、発生年齢とも関係が深いように思われる。

2. 片眼の自覚的まわし(回旋)ずれ

上斜筋麻痺の場合、複視の一方の像が傾くことは特徴の一つであって、普通麻痺眼の仮像が傾いているとされている。しかし麻痺眼のみで見せたとき像は傾いて見えるとは限らず、また傾いて見えてもしばらく

表8 他覚的まわしずれを認める眼

麻痺眼	健眼	両眼	計
6	2	6	14

表9 片眼の自覚的まわしずれと優位眼の関係

	まわしずれを認める眼				眼
	麻痺眼	健眼	両眼	なし	
優位眼麻痺例	4	4	5	2	15
非優位眼麻痺例	6	0	3	0	9
計	10	4	8	2	24

して修正されて傾きがなくなることがある。この点について麻痺性斜視症例において片眼視で水平線、あるいは垂直線が傾いて見えるか否かを検査した<sup>55)</sup>。自覚的に傾きを感じずる場合に他覚的まわしずれの存在が測定された眼は表8の如く麻痺眼にまわしずれのあるもののみならず、健眼の方にまわしずれを認めるもの、両眼ともにまわしずれを起こしているものなど種々の場合があることが分かった。このようにまわしずれは予想に反して麻痺眼とは限らないことが分かったので、この原因を知るために優位眼、非優位眼の関係をしらべてみた。

表9によると非優位眼が麻痺した場合はその眼にまわしずれが起こるが、反対に優位眼が麻痺した場合は

必ずしも麻痺眼がまわしずれを起こすとは限らず、反対に健眼にまわしずれを起こしたり、またまわしずれの大きいときには両眼ともにまわしずれを起こす結果となっている。

以上のことから日常診療においては、自覚的に像の傾きを自覚する眼が即麻痺眼とは限らないこと、これは優位眼、非優位眼に関係することを念頭におくべきである。

両眼ではまわしずれを自覚するに拘らず片眼では自覚することが少ないのは眼球のまわしずれに対して眼前庭系の修正が関与するためと考えられる。

### IX まわし眼位・斜視の特徴 (まとめ)

今回のまわしに関する運動・眼位についての種々の実験結果と、従来からよく知られている知見を総合して、まわしを水平、垂直と比較してみると表10, 11, 12となる。

1. まわし運動は水平、垂直運動と異なり、不随意運動であり、運動量はせいぜい10°までで微量である。
2. 固視微動の中には水平、垂直成分とともにまわし成分も存在する。
3. 融像幅は水平では24°と大きく、しかも運動性融像が主であり、垂直は融像幅は0.5°~1.4°とせまく運動性が主である。しかしまわし融像は8.4°~11.5°と大きい、融像運動は極く微量で感覚性融像が主である。
4. 前庭動眼反対は水平、垂直、まわしのすべてに起こる。
5. 静的前庭動眼反射である反射回旋は存在する。
6. 視運動眼振は水平、垂直と同様に回転図形によりまわし眼振として誘発される。
7. 斜位についてはまわし融像が微小であるので存在しても水平、垂直の斜位と異なり、極めて微小なものに止る。
8. まわし斜視は主として上下斜視に合併しているが、水平斜視でも認めるものがある。
9. 感覚適応としての対応異常はまわし斜視ではCycloadaptaionとして多く存在している。

終わりに宿題報告の機会を与えて戴いた日眼評議員会の皆様、学会長の横山 実教授、座長の植村恭夫教授ならびに日頃からご鞭撻を賜わった日本弱視斜視学会の皆様には厚くお礼申し上げます。また Fundus Haploscope の作製については甲南カメラ研究所の方々に大変お世話になりましたことを感謝致します。

表10 まわしと水平、垂直の比較(まとめ1)

	運動	固視微動	融像巾
水平 (Z)	随意 大	(+)	24° 運動性
垂直 (X)	随意 大	(+)	0.5°~1.4° 運動性
まわし (Y)	不随意 微量	(+)	8.4°~11.5° 感覚性

表11 まわしと水平、垂直の比較(まとめ2)

	前庭動眼反射		視運動眼振
	動的反射 半規管動眼反射	静的反射 卵形囊動眼反射	
水平 (Z)	+	+	+
垂直 (X)	+	+	+
まわし (Y)	+	+	+

表12 まわしと水平、垂直の比較(まとめ3)

	斜位	斜視	対応異常	治療
水平 (Z)	10°以下	+まわし	(+)	水平筋手術 (前後転)
垂直 (X)	10° 交代性上斜位	+まわし	(+)	上下筋手術 (前後転)
まわし (Y)	(±)	主に 上下に合併	cyclo- adaptation	斜筋の部分 前後転 原田, 伊藤法

本研究は恩師弓削経一名誉教授、故足立興一先生らの研究の延長線上にあるもので、ご指導にあらためて深謝します。また本研究は表記の研究協力者のみならず教室員全体の協力によって行なわれたものであることを附記いたします。

本研究は文部省科学研究 (B) 59480348の援助をうけた。

#### 文 献

- 1) 稲富昭太: 回旋運動と回旋ずれについて。加藤謙, 植村恭夫 編, あすへの眼科展望。東京, 金原出版, 96-104, 1976。
- 2) von Noorden GK, Maumenee AE: Atlas of Strabismus. ST Louis, Mosby, 46-49, 1967。
- 3) Burian HM, von Noorden GK: Binocular vision and ocular motility. ST Louis, Mosby, 199-201, 1974。
- 4) 粟屋 忍, 野崎尚志, 中尾美由起他: The Aulhorn Phase Difference Haploscope による Cyclophoria および Cyclotropia の研究。日眼 80: 1009-1018, 1975。

- 5) 粟屋 忍, 馬處 明, 菅原美雪他: 回旋偏位の測定法に関する新しい試み, 眼臨 76: 1905—1908, 1982.
- 6) Watanabe Y, Mori R, Ohtsuki H: Studies on the bielschowsky head tilt test. in Reinecke (ed): Strabismus. New York, Grune & Stratton, 387—398, 1978.
- 7) Bixenman WW, von Noorden GK: Apparent foveal displacement in normal subjects and in cyclotropia. Ophthalmology 89: 58—62, 1982.
- 8) Collewijn H, Van der Steen J, Ferman L et al: Human ocular counterroll: Assessment of static and dynamic properties from electromagnetic scleral coil recordings. Exp. Brain Res 59: 185—196, 1985.
- 9) 森 礼子: 頭部傾斜による両眼の反対回旋に関する研究. 第1報. 正常者における両眼の動的反対回旋の協調性について. 日眼 77: 753—760, 1973.
- 10) 森 礼子: 頭部傾斜による両眼の反対回旋に関する研究. 第2報. 正常者における両眼の反対回旋について. 眼紀 27: 76—83, 1976.
- 11) 稲富昭太, 寺尾直道, 可児一孝他: 眼底の観察できる新しいハプロスコープ (Fundus Haploscope) について. 眼臨 34: 815—819, 1980
- 12) Inatomi A, Kani K, Abe K: Fundus haploscope, in Henkind, Paul(ed): ACTH: XXIV International Congress of Ophthalmology, Philadelphia, Lippincott, 921—923, 1983.
- 13) 足立興一: 弱視に関する2, 3の実験. 日眼 68: 739—749, 1964.
- 14) 堀内二彦: 眼底カメラの多目的利用. 臨眼 27: 1393—1398, 1973.
- 15) 稲富昭太: 眼底視標による中心視野測定の試み. 臨眼 21: 1109, 1967.
- 16) Trantas NG: Applications et résultats d'un moyen simple d'examen de la photosensibilité de la rétine. Bull Soc. Opht Fr 55: 499—513, 1955.
- 17) Meyers MP: The use of the visuscope. For mapping a "Field" of retinal function. Am J Ophthalmol 47: 677—681, 1959.
- 18) 粟屋 忍, 大橋武昭, 浅野俊樹: Visuscope(Euthyscope) を用いた後極部網膜の暗点検査法 Spot Scotometry (Awaya). 日眼 75: 1155—1163, 1971.
- 19) 可児一孝, 絵野尚子: 眼底直視下に量的視野を測定する試み. 眼臨 71: 524—527, 1977.
- 20) Isayama Y, Tagami Y: Quantative maculometry using a new instrument in cases of optic neuropathies. Docum Ophthalmol Proc Series 14: 237—242, 1977.
- 21) 太田安雄, 宮本 正, 原沢佳代子: Fundus Photo-perimeter (眼底写真視野計) の試作とその応用. 眼紀 30: 148—153, 1979.
- 22) 中島 章: 臨床検査の一つとしての ERG の臨床的価値の評価. 日眼 66: 1585, 1962.
- 23) Cüppers C: Grenzen und Möglichkeiten der pleptischen Therapie. Bücherei des Augenarztes 38, 1961.
- 24) 寺門律子, 川村 緑: 2つのビズスコープによる対応検査. 日本弱視斜視研究会会報 7: 10, 1970
- 25) 鈴木羊三, 久富 潮: 両眼同時眼底撮影. 眼紀 23: 239—243, 1972.
- 26) 神前正敬, 芥川泰生: 眼底カメラを利用した両眼視機能観察の試み(その1). 眼臨 68: 1281—1284, 1974.
- 27) 寺尾直道, 望月知恵子, 稲富昭太: 2台の眼底カメラによる両眼視状態の観察. 日本弱視斜視学会会報 17: 7, 1979.
- 28) 寺尾直道, 西尾紀子, 稲富昭太: 回旋融像における回旋運動の観察. 眼紀 31: 374—377, 1980.
- 29) 三村 治, 可児一孝, 近江栄美子他: 赤外線テレビジョン眼底カメラによる眼球振盪の記録. 眼臨 73: 752—755, 1979.
- 30) 佐藤友哉, 可児一孝: 新しい眼球運動解析装置について. あたらしい眼科 6: 879—881, 1985.
- 31) 佐藤友哉, 小島ともゑ, 可児一孝: Fundus Haploscope と新しい眼球運動解析装置による潜伏眼振の解析. 臨眼 40: 768—769, 1986.
- 32) 高橋清子, 可児一孝: Fundus Haploscope によるまわし(回旋)運動とまわし(回旋)眼位の研究. 眼臨 75: 1004—1006, 1981.
- 33) 山本裕子, 新井牧恵: 上下および回旋方向の融像域について. 眼臨 69: 1382—1384, 1975.
- 34) Jampel RS: Cyclophoria or cyclovergence: Illusion or Reality? Orthoptics. New York, Symposia Specialists, 403—407, 1975.
- 35) Crone RA: Cyclofusion, Orthoptics. New York, Symposia Specialists, 409—415, 1975.
- 36) 寺尾直道, 西尾紀子他: 回旋融像における回旋運動の観察. 眼紀 31: 374—377, 1980.
- 37) 高橋清子: Fundus Haploscope によるまわし融像の観察. 臨眼 35: 583—586, 1981.
- 38) 中山緑子: 運動性回旋融像の研究. 日眼 89: 991—1000, 1985.
- 39) 三浦元也, 粟屋 忍: 運動性および感覚性回旋融像. 眼紀 36: 1518—1523, 1985.
- 40) 佐藤友哉, 可児一孝, 稲富昭太: 温度眼振検査における眼球運動の解析. 神経眼科 3: 169—175, 1986.
- 41) Levine MH: Evaluation of the bielschowsky head-tilt test. Arch Ophthalmol 82: 433—439, 1969.
- 42) Levine MH: Pendulum-like eye movement.

- Compensatory cycloverision challenged. *Am J Ophthalmol* 75 : 979—987, 1973.
- 43) **Jampel RS** : Ocular torsion and the function of the vertical extraocular muscles. *Am J Ophthalmol* 79 : 292—304, 1975.
- 44) **Jampel RS** : Ocular torsion and the law of the primary retinal meridians. In Glaser JS, (ed) : *Neuro-Ophthalmology*, St Louis. Toronto, London, Mosby, 201—216, 1980.
- 45) 森 礼子 : 頭部傾斜による両眼の反対回旋に関する研究. 第3報. 正常者における二, 三の条件下における成績および臨床例における研究. *臨眼* 32 : 607—613, 1978.
- 46) 高橋清子 : Fundus Haploscope によるまわし(回旋)運動とまわし(回旋)眼位の研究. *日眼* 85 : 952—958, 1981.
- 47) 山本裕子, 戸塚 清, 谷野 洸, 平野清夫 : X線撮影を利用した頭部傾斜時の回旋偏位測定の一試行. *眼臨* 73 : 223—225, 1979.
- 48) **Collwijn H** : Human ocular counterroll. *Exp Brain Res* 59 : 185—196, 1985.
- 49) **Sato T, Inatomi A** : Measurement of cyclorotatory optokinetic nystagmus using the fundus haploscope. *Neuro-ophthalmol Jpn* 3 : 482—487, 1986.
- 50) 稲富昭太 : 斜視の病態に関する研究—第1報. Fundus Haploscope によるまわし眼位の測定と正常眼位一. *眼紀* 33 : 1066—1070, 1982.
- 51) 高橋総子 : まわし眼位に関する研究—第1報. Fundus Haploscope によるまわし眼位の測定と正常眼位一. *眼紀* 33 : 1066—1070, 1982.
- 52) 井上美奈香 : 斜視手術とまわし眼位の変化. *日眼* 投稿中.
- 53) **Gyton DL, von Noorden GK** : Sensory adaptation to cyclodeviations. In Reinecke RD, (ed) : *Strabismus NY, San-Fran, London, Gran & Stratton*, 399—403, 1978.
- 54) 高橋総子 : まわし眼位に関する研究—第4報. まわし斜視の sensory adaptation について. *臨眼* 38 : 591—595, 1984.
- 55) 高橋総子 : まわし眼位に関する研究—第5報. 片眼の自覚的まわしずれについて. *日眼* 88 : 1443—1449, 1984.