

## 中心固視条件が周辺視知覚に及ぼす影響に関する研究

### 3. 周辺視のタイミングコントロール

#### A Study of Influence of Central Visual Fixation Condition on the Peripheral Visual Perception

#### 3. Timing Control in Peripheral Vision

石垣尚男\*<sup>1</sup> 山田久恒\*<sup>2</sup> 寺田邦昭\*<sup>3</sup>

Hisao ISHIGAKI\*<sup>1</sup> Hisatsune YAMADA\*<sup>2</sup> Kuniaki TERADA\*<sup>3</sup>

We investigated the timing control in the peripheral vision when we saw the moving visual target in the central vision. The landolt ring going straight ahead 1m/sec velocity was used as the fixation target. The landolt rings were used under two conditions one corresponds to 20/20 visual acuity at the distance of 20m (large fixation target condition) and the other corresponds 20/20 visual acuity at distance of 10m (small fixation target condition). The timing points were set up in 0°, 10°, 20° of the right visual field. The velocity of the timing target was set up at 2m/sec. The subjects were twenty members of the college baseball player.

1) Under both conditions, the large fixation target condition and the small fixation target condition, the timing error was large at 0°, and the timing error was small at 10°, 20°.

2) The timing error increased under the large fixation target condition. For following two reasons, it was considered that the fall of the visual perception in the peripheral vision was larger than the small fixation target condition. First, the stricture of the visual field become large in case of far distance to fixation target, and second, the accomodation speed concerning moving far distance was slow.

3) The increase of the timing error was due to the reaction of premature.

#### I 目 的

われわれは、ある視対象を中心視しながら、同時に視野の周辺にある対象をも知覚することができる。ところが、この中心視が注視あるいは凝視といった状態になるとき、周辺視の対象は知覚にのぼらないことがあることは経験するところである。これらの現象は、眼生理学的には鈴木<sup>1)</sup>の高速運転時の視野狭窄、心理物理学的には、Engel<sup>2)</sup>、Ikedaら<sup>3)</sup>の有効視野の研究等により存在が明らかにされている。本研究も、中心視と周

辺視の連繫機能のなかで、中心視への負荷が周辺視知覚に如何なる影響を及ぼすかについて研究を進めてきた。これまで中心視にラ氏環の方向判読という負荷が設定された場合、周辺視反応時間がどのように変容するかを、中心視への負荷条件と周辺刺激条件の関係<sup>4)</sup>、及びスポーツ経験の有無<sup>5)</sup>によりいくつかの知覚を明らかにした。

しかし、スポーツや自動車の運転などでは中心視する対象は、静止しているものより、動く視対象(動体)であることがほとんどであり、そこでは、動く視対象の明視が求められるとともに、周

\*<sup>1</sup> 愛知工業大学 \*<sup>2</sup> 名古屋大学 \*<sup>3</sup> 南山大学

\*<sup>1</sup> Aichi Institute of Technology

\*<sup>2</sup> Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

\*<sup>3</sup> Nanzan University

辺視での動くものの知覚が必要となる。しかし、動くものの知覚は静止しているものの知覚とは機序を異にする<sup>6)</sup>といわれることから、静止における知見をそのまま適用することはできない。従って、動く視対象を中心視した場合、周辺視の動きの知覚がどのようなかについて新たな研究が必要となるとともに、得られる知覚はスポーツや交通安全上にも重要な意義をもつものと考えられる。

本実験では、視対象が遠方から眼前に向かって移動するという眼調節作用を伴う中心固視条件を設定し、これが周辺視の視知覚に如何なる影響を及ぼすかを、周辺視でのタイミング動作におけるタイミング誤差時間の変容をもとに明らかにしようとするものである。具体的には今回は、眼前に近接してくる中心固視標が明視できる最大視距離地点における周辺視でのタイミング動作において、その最大明視距離の変容がタイミング視標の移動周辺部位別タイミング誤差時間に如何なる影響を及ぼすかについて明らかにしようとした。

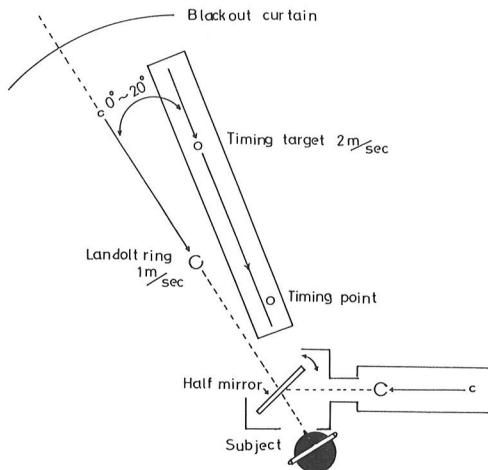


Fig. 1. Experimental apparatus.

## II 実験方法

### 1 実験装置

#### (1) 動体空間視標露出装置

中心固視標の提示は、動体空間視標露出装置(興和KK製)を用いた。この装置はレンズ系により、50m から2mの間の任意の距離をランドルト氏環(以下、ラ氏環)を接近、後退(いずれ

も直進)させ、被験者にはハーフミラーに映る虚像が暗幕を背景とする空間に、接近、後退するラ氏環として見えるものである。ハーフミラーの角度を変えることにより、ラ氏環の移動する方向を変えることができる。

#### (2) 周辺タイミング装置

被験者眼と同高の眼前1mにタイミング点(白色卓球ボール、視角 $1.7^\circ$ に相当)を置き、タイミング視標(白色卓球ボール)をタイミング点に向かって直進させる装置。タイミング点にマイクロスイッチが装着されており、タイミング視標の接触と被験者の反応(電鍵手押)との時間差が1msec単位で計測できる。

## 2 実験条件

### (1) 動体中心固視標条件

- 1) 大きさ—視距離 20m で静止視力 1.0 に相当するラ氏環(以下、視標大)、視距離 10m で静止視力 1.0 に相当するラ氏環(以下、視標小)の2種類。従って、視標大は、視標小の2倍の遠方距離で同一視角となる。
- 2) 移動速度・方向—いずれも 1m/sec で被験者の正面第1眼位方向に近接直進
- 3) 提示移動の範囲—1m/sec で直進させ、被験者ごとの最大明視距離を中心に遠方 5m, 近方 5m の計 10m の範囲。例えば、視標大のラ氏環では視距離 19m で明視できる被験者には 24m から 14m の範囲を移動させた。
- 4) 提示の同期—2種類のラ氏環がそれぞれ明視できる最大視距離地点に到達するのと、タイ

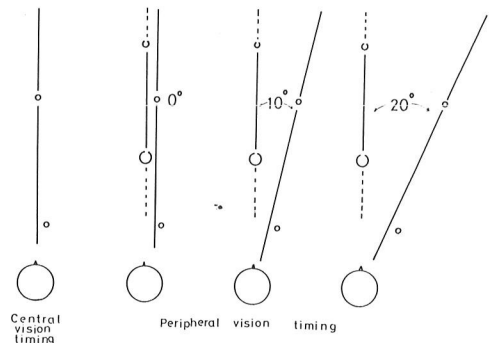


Fig. 2. Timing condition.

ミング視標がタイミング点に到達するのを同期させるよう被験者ごとに調整した。

5) ラ氏環の判読—ラ氏環の切れ目の方向を、上・下・左・右の4方向とし、0.7secごとに切れ目を変化させ被験者に有声判読させた(両眼視)。ラ氏環の切れ目を有声判読させたのは、被験者の無意識での誘目眼球運動を除くためであるが、さらに検者はミラーで監視した。

(2) タイミング視標条件

1) 移動周辺部位—正面第1眼位(固視標と隣接平行約3°部位)に相当するが、ここでは0°として扱う)と、右方の視角10°及び20°にタイミング点を設置(図2参照)、又、これらと比較するため、固視標を提示せず、タイミング視標を中心視しタイミング動作を行わせた(中心視タイミング)。

2) 速度—いずれも2m/sec

3) 移動距離—それぞれ4m前方から眼前20cmまで直進

4) タイミング誤差時間—タイミング点にタイミング視標が到達するのに合わせて通信用電鍵を押させ、両者の差をタイミン誤差時間とした。各条件5回の平均値。

(3) 被験者

動体に対するタイミング動作に慣れている18~22才の大学野球部員20名。いずれも視力1.0(両眼視, 矯正を含む)を有している。

Ⅲ 結 果

本実験結果を図3, 図4に示す。(一)は尚早反応を示す。タイミング視標のタイミング点到達と被験者の電鍵手押反応とのタイミング誤差時間(Timing Error, 以下, TE)を恒常誤差(C.E)でみることにする。分散分析の結果、固視標( $F=34.37, df=1,38, P<.01$ ), 移動周辺部位( $F=7.29, df=2,38, P<.01$ ), 個体( $F=60.51, df=19,38, P<.01$ )の主効果及び固視標×個体( $F=3.69, df=19,38, P<.01$ ), 移動周辺部位×個体( $F=8.72, df=38,38, P<.01$ )で有意であった。下位検定の結果は図中に示す。

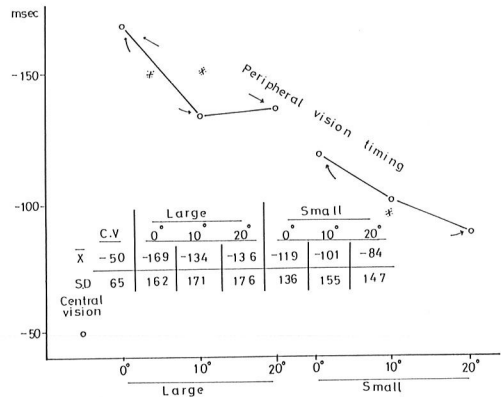


Fig. 3. Mean and S. D of Timing Error (Constant Error) of each conditions.

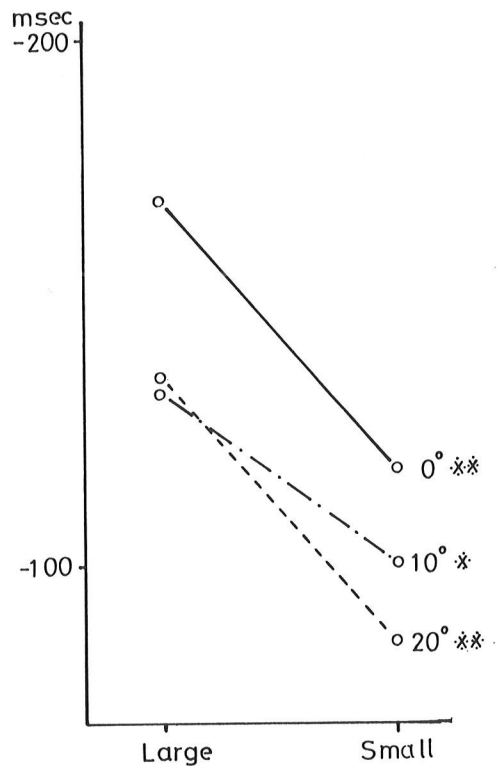


Fig. 4. Significant difference of C. E between large and small fixation target condition.

動体中心固視標(以下, 固視標)を提示せず, 中心視でタイミングを把え, タイミング動作を行う中心視タイミングでのTEは-50msecである。

これに対し、被験者の眼前に直進するラ氏環の切れ目を有聲判読しつつ、同時に周辺視でタイミング視標を把え、タイミング点の到達に合わせてタイミング動作を行う周辺視タイミングではTEはどのようであろうか。

まず、タイミング視標の各移動周辺部位のTEを固視標の大、小の条件で比較すると、図3に示すように、 $0^\circ$ すなわちタイミング視標が固視標に隣接平行する場合、及び $10^\circ$ 、 $20^\circ$ のいずれにおいても有意に固視標大でTEが大きい。タイミング動作は固視標の大、小の条件とも尚早反応であるが固視標大でより尚早反応が強い。

次に固視標大、小の各条件における $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $20^\circ$ のタイミング視標移動周辺部位間のTEを比較すると、固視標大では $0^\circ$ で $-169\text{msec}$ と最も大きく、 $10^\circ$ で $-134\text{msec}$ 、 $20^\circ$ で $-136\text{msec}$ と有意にTEは小さい。又、固視標小でも $0^\circ$ のTEが最も大きく、 $10^\circ$ で $-101\text{msec}$ 、 $20^\circ$ で $-84\text{msec}$ と周辺になるに従い有意にTEは減少している。

以上の結果をまとめると、固視標の大、小に関らず、タイミング視標が固視標に隣接平行する場合( $0^\circ$ )で最もTEが大となり、タイミング視標の移動周辺部位が周辺になるとTEは有意に小さくなる。固視標が設定された場合のTEは、それが無い場合と比較して、すべてのタイミング視標移動周辺部位において有意に大きく、これはとくに中心固視標大の場合に顕著である。また、これらはタイミング動作の尚早反応によるものであることが明らかとなった。

#### IV 考 察

まず、固視標の大、小に関らずタイミング視標の移動周辺部位が $0^\circ$ で最もTEが大きく、 $10^\circ$ 、 $20^\circ$ と周辺で有意に小さいことについて考察する。

タイミングの良否を左右する要因の1つに動くものに対する視知覚の良否<sup>7)</sup>がある。動くものの知覚を網膜中心部と周辺部で比較した場合、網膜周辺部は桿体機能優位となる暗所視下では、中心視より良好<sup>8)</sup>となる。又、錐体機能優位となる明所視下においても、福田<sup>9)10)</sup>は、周辺部は中心

部より相対的、あるいは絶対的に運動知覚に優れた機能を有するとしている。又、山田ら<sup>11)</sup>の、桿体機能昂進剤としてアダプチノールを服用させると、動くものに対するタイミング能が良くなるという結果からみても、動きの知覚に網膜桿体機能が関与していることは明らかである。しかし、このことからただちに固視標が提示された場合、これに隣接平行する $0^\circ$ でTEが大きいことを網膜桿体細胞の少ない網膜中心部でのタイミング視標の知覚のためとすること、あるいは、 $10^\circ$ 、 $20^\circ$ と周辺部にTEの小さいことを桿体細胞数が $20^\circ$ 附近で最も多くなるという桿体細胞の密度分布<sup>12)</sup>にその根拠を求めることはできない。なぜなら、本実験でのタイミング視標は図2に示したように、眼前に直進するに従いその大きさが増大して知覚され、タイミング点と同一の大きさに知覚されたところがタイミング点へのタイミング視標の一致となる。従って、単なる動きの良否以上にタイミング点とタイミング視標の大きさに対する認知的能力が網膜周辺部に要求される。ところが、動体の速度弁別<sup>13)</sup>においては、速度の違いを弁別するという認知課題に対しては、網膜中心部が最も優れ、周辺部になるに従いその能力は低下し、わずかな速度の違いの弁別ほど中心部との差が著明であること、又、周辺部における形態覚<sup>14)</sup>、凶形知覚<sup>15)</sup>等の認知課題の結果からみて、本実験におけるタイミング点とタイミング視標との大きさの比較では明らかに網膜周辺部ほど劣っていると考えてよいであろう。従って固視標が設定されなければ、本実験におけるタイミング課題は、周辺部になるに従いTEは大きくなると考えるのが妥当であろう。この推測は視標を設定しない中心視タイミングにおいて $-50\text{msec}$ と最もTEが小さいことから首肯されるし、有意差はないが視標大の $10^\circ$ と $20^\circ$ で $10^\circ$ にTEが小さいこともこの表われと考えるとよいであろう。にもかかわらず、視標が設定された場合に $0^\circ$ で最もTEが大きくなるのは明らかに固視標の影響である。これは、固視標に隣接平行するタイミング点、及びタイミング視標が投射されている網膜部位が、網膜中心窩に固視標が投射されることにより起る

感覚閾値低下<sup>16)</sup>によるためではないかと考えられる。これが網膜周辺部のどの範囲まで及んでいるかは明らかではないが、視標小で20°よりも10°でTEが大きかったことからみて、10°附近まで及んでいることも考えられる。

次に本実験結果は、これらの周辺視のTEが固視標大の条件で有意に大きくなることを示した。これは何に起因するのであろうか。まず考えられるのは、ラ氏環の切れ目が明視できる最大視距離の影響である。視標大では視距離20mで静止視力1.0に相当するラ氏環を用いている。視標小は視距離10mで1.0に相当するラ氏環である。つまり、2つの固視標は、視標大が視標小の2倍遠方の視距離に提示されたとき同じ大きさに見える関係にある。ちなみに両視標が動体となったとき、ラ氏環の切れ目が明視できる最大視距離の平均は視標大で17.6m、視標小で平均9.2mであった。固視標の移動距離は、明視できる最大視距離を中心に遠方5m、近方5mの計10mを移動させているので、視標大での平均移動視距離は23mから13mまで、視標小では14mから4mまでを移動することになる。明視の難易を同じ条件にして、移動する視距離を2倍遠方にしたのが本実験での固視標条件である。このように明視できる最大視距離が異なる場合には、固視距離が遠方になるほど視野狭窄が大きいことが考えられる。鈴木<sup>17)</sup>は、各視距離で切れ目2'に相当するラ氏環を固視標（静止）に用いて視距離0.5m～12m間に設定したところ、固視距離が遠方になるに従って視野が狭窄し、周辺を移動する視標が動体である場合に狭窄は著明であることを報告している。その機序については明らかではないが、中心視への努力による周辺視野での感覚抑制が主因であると考察している。本実験では前述したように視標の大、小による明視の難易は同じであっても、遠方を固視標が動くとき、遠いということから無意識に明視のための努力が払われ視野狭窄が強まることは充分考えられる。つまり、中心視で動くものの明視が求められることにより、周辺視野での感覚が抑制され、タイミング点及びタイミング視標の動きの知覚が低下し、タイミング点とタイミン

グ視標の一致の認知に影響を及ぼしTEの増大を招くものと考えられる。その場合、固視標大でTEが大きいことは、遠方明視ということから周辺部の感覚抑制がより強く起るため、周辺視知覚の低下がより大きいためではないかと考えられる。

さらに要因として考えられるのは、固視標が動体であることによる眼調節作用の関与である。近見時の強度の調節は視野を拡大する<sup>18)</sup>が、本実験のような遠方距離を固視標が動く場合、明視のための眼調節は無視できるほどの調節量<sup>19)</sup>である。このような遠方距離を移動する動体に対する眼調節の速度は、調節量より、調節しようとする視標までの距離によって左右され、距離が近いほど速い<sup>20)</sup>という関係にあるといわれる。この知見から結果を考察すると、固視標大では平均23m、固視標小では平均14mの距離にラ氏環が提示され（この距離では切れ目の方向は明視できない）、1m/secで接近する場合、視標小で切れ目の方向明視のための眼調節速度が速く（調節時間が短く）、かつ、調節は滑らかに行われること<sup>21)</sup>が考えられる。つまり、固視標小では近方であることによって固視標の明視が速く滑らかに行われ、この中心視の状態は周辺視知覚の低下の少ない要因となっているのではないかと推測される。

以上、遠方視距離に動体が提示され、これが眼前に直進するとき、動体を眼調節を伴って明視する中心視の状態は、明視できる固視点距離が遠方であること、及び眼調節作用の関与が少ないことにより周辺視知覚の低下が大きく、タイミング動作のTEの増大を招く要因となるものと考えられる。本実験では固視距離がその主因であり、眼調節作用は従的関与であると考えられるが、あくまで知見にもとづく考察であることから、今後さらに条件を増加させ究明を続ける必要がある。

さて、以上考察した中心視及び周辺視機能の関係が、タイミング動作には尚早反応をもたらすということについてどのように考えたらよいであろうか。一般的に一致タイミングにおけるタイミング課題は、タイミング点に対してタイミング視標が接近し、両視標の一致を距離の偏差で求めるものであって、本実験のように、タイミング点とタ

イミング視標との大きさの偏差を求めるタイミング課題はこれまで行われていない。距離の偏差を求めるタイミングにおいては反応（電鍵手押）はタイミング視標の速度が遅い場合、尚早反応を、速い場合は遅延反応になる<sup>22)23)</sup>という。又、周辺視のタイミングは尚早反応<sup>24)</sup>であるといわれる。本実験において中心視タイミングが—50msecの尚早反応であったことは、大きさの偏差を課題とするタイミングにおいても速度条件が関係することを推測させるが、2m/secという速度において、固視標の設定によりタイミング動作が尚早になり、特に固視標大で尚早反応が強まることについては本実験結果からは明らかにすることはできない。周辺視でのタイミング点とタイミング視標の大きさの認知の低下が被験者の心理的尚早を招き尚早反応となるのか、あるいは視覚的にはタイミング視標がタイミング点よりも小さくても（タイミング点よりも遠方にある）、タイミング点と同一の大きさに知覚されるのか、その複合されたものによるかは今後の研究課題として明らかにする必要がある。

## V 要 約

中心視に眼調節作用を伴う動体が提示されたとき、動体を明視するという中心視条件が、周辺視での視覚に如何なる影響を及ぼすかについて周辺視でのタイミング条件を設定し究明を行った。動体中心固視標として、明視の難易は同じとなるラ氏環を用い、明視できる最大視距離の違いが周辺視のタイミング誤差時間に及ぼす影響をみた。

1) 中心視に固視標が提示された場合、ラ氏環の明視できる最大視距離が遠方にあるか、近方にあるかに関らず、タイミング誤差時間はタイミング視標が固視標と隣接平行する0°で最も大きく、10°、20°と周辺では有意に小さかった。

2) これは、網膜中心窩に固視標が投射されることによる周辺網膜に及ぼす感覚閾値低下によるものと考えられた。

3) 遠方視距離に固視標が提示されそれを明視したとき、近方のそれに比し有意にタイミング誤差時間は大きかった。

4) これは、明視できる最大視距離が遠方であること、及び眼調節作用の関与が少ないことによる周辺視知覚の低下が大きいことに起因するものと考えられた。

5) 固視標の提示によるタイミング誤差時間の増加は尚早反応によるものであった。

## 引 用 文 献

- 1) 鈴村昭弘, 立体動視野の研究, 環境医学研究所年報 16: 100-103, 1966.
- 2) Engel, F. L.: Visual conspicuity, directed attention and retinal locus, Vision Research, 11: 563-576, 1971.
- 3) Mitsuo Ikeda and Tetsuji Takeuchi: Influence of foveal load on the functional visual field, Perception & Psychophysics, 18 (4), 255-260, 1975.
- 4) 石垣尚男, 山田久恒, 中心固視条件が周辺視知覚に及ぼす影響に関する研究 1 周辺視反応時間, 総合保健体育科学 5 (1): 13-34, 1982.
- 5) 石垣尚男, 山田久恒, 中心固視条件が周辺視知覚に及ぼす影響に関する研究 2 スポーツ経験と周辺視反応時間の関係, 総合保健体育科学 6 (1): 1-9, 1983.
- 6) 鈴村昭弘, 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発, 日眼会誌 75 (9): 22-54, 1974.
- 7) 山田久恒, 視機能が動作のタイミングにおよぼす影響に関する研究, 日大医誌, 28 (8): 869-886, 1969.
- 8) 鈴村昭弘, 三輪武次, 谷口正子, 動体視力の研究, 1) 動体視力に於ける網膜機能の意義, 環境医学研究所年報 16: 65-71, 1965.
- 9) 福田忠彦, 運動知覚における中心視と周辺視の機能差, テレビジョン学会誌, 33 (6): 479-484, 1979.
- 10) 福田忠彦, 静止および運動刺激に対する視覚的識別能力, 照明学会誌, 64 (6): 11-15, 1980.
- 11) 山田久恒, 岩見恒典, 寺田邦昭, タイミングコントロールに関する研究, 視機能がタイミング動作に及ぼす影響に関する研究 第3報, 体育学研究 11 (2): 94-100, 1967.
- 12) 和田陽平, 大山正, 今井省吾編集, 感覚+知覚ハンドブック, 第5章視覚, 誠信書房, 209.
- 13) 石垣尚男, 山田久恒, 周辺視の速度弁別反応時間の研究, 東海保健体育科学 6: 29-38, 1984.
- 14) Cohen, K. M and Haith, H. M: Peripheral Vision: The effects of developmental, perceptual and cognitive factors, Journal of experimental child psychology 24: 373-394, 1977.
- 15) 福田忠彦, 図形知覚における中心視と周辺視の機能

- 差, テレビジョン学会誌 32 (6) : 492-498, 1978.
- 16) K. Shiina and R. B. Freeman, Jr : Decrement of visual acuity resulting from two types of visual detection task, Japanese Psychological Research 20 (4) : 155-158, 1978.
- 17) 鈴村昭弘, 谷口正子, 中心視と周辺視との連繋機能に関する研究 1) 中心固視条件が周辺視野に及ぼす影響に関する研究, 環境医学研究所年報 18 : 111-115, 1967.
- 18) 萩原 朗 : 眼の生理学, 第 8 章視野, 金原出版, 264.
- 19) 鈴村昭弘, 動体視力における眼調節機能の意義について, 環境医学研究所 14 : 81-88, 1962.
- 20) 鈴村昭弘, 動体調節の研究 1) 動体の運動方向と速度の調節時に及ぼす影響, 環境医学研究所年報 16 : 81-90, 1964.
- 21) 鈴村昭弘, 微動調節の研究, 日眼会誌 79 (9) : 139-154, 1975.
- 22) C. A. Wrisberg and B. J. Mead : Anticipation of coincidence in children : A test of schema theory, Perceptual and Motor skills 52 : 599-606, 1981.
- 23) P. Del Rey, E. Wughalter, D. Du Bois and M. M. Carnes : Effects of contextual interference and retention interval on transfer, Perceptual and Motor skills 54 : 467-476, 1982.
- 24) 寺田邦昭, タイミング動作に関する研究—見越要素の分析—, アカデミア 26 : 107-129, 1976.

(昭和 60 年 1 月 23 日受付)

