

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

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

1 Peripheral Visual Reaction Time

石垣尚男*¹ 山田久恒*²

Hisao ISHIGAKI*¹ and Hisatsune YAMADA*²

AN INVESTIGATION OF PERIPHERAL REACTION TIME

The purpose of this study is to investigate peripheral reaction time as a function of the cooperation between central and peripheral vision especially when the load was placed on central vision. The principal experimental conditions were as follows:

- 1) Photopic vision - 400 lux
- 2) Horizontal meridian of nasal side on the retina of the right eye - 4°, 6°, 8°, 10°, 20°, 40°, 60°, 80° from the fovea
- 3) Peripheral stimulus - light emitting diode (yellow); size 1°; luminescence 16 nit, 8 nit, 4 nit; stimulus time 100 msec.
- 4) Visual fixation target - landolt ring (1.7°) made of LED (yellow, 16 nit)

For central vision loading there were two conditions, that is the landolt ring be changed at 1 sec and .5 sec intervals. The subject identified the direction of the landolt ring verbally.

The main results of the study are as follows:

- 1) The reaction time of the fovea was shorter than that of the peripheral retinal locus and the reaction time was longer in the peripheral retina as the distance from the fovea was increased. All stimulus conditions produced almost the same results.
- 2) The reaction time when the stimulus began to move was inversely proportional as the velocity of the movement increased. The result was the same in all peripheral loci.
- 3) In the peripheral field of any retinal locus the reaction time was less when the subject foresaw the stimulus than when it was unforeseen.
- 4) When the subject did not foresee the stimulus, the closer to the visual fixation target it was, the longer the reaction time was. But when the subject foresaw the stimulus, the result was the opposite. This result was considered to be due to the influence of the inhibition effect of a visual fixation target.
- 5) When deciphering the landolt ring was established, the reaction time was extended by a 70 msec average at the 1.0 sec interval and an 83 msec average at the 0.5 msec interval. This extension of the reaction time was caused by the parallel increase in relationship between the two intervals and the static condition.

*1 愛知工業大学 *2 名古屋大学総合保健体育科学センター

*1 Aichi Institute of Technology

*2 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

本研究は昭和55年度文部省科学研究補助金（奨励研究A）によって行なわれたものである。

- 6) The parallel increase was independent of peripheral locus, unforeseen conditions, or other differences in stimulus condition.
- 7) It was hypothesized that this extension time of 70–83 msec was the consumption time of the central nervous system when the attention was switched from deciphering the landolt ring to the stimulus.

I 緒 言

我々は外界の視覚情報を、中心視と周辺視という異なる視覚機能による分担、連繫により受容しているが、これまでの視覚研究のほとんどは中心視に関する研究であり、周辺視の研究や、両者の連繫機能に関する研究は少ない。中心視と周辺視による外界の視覚情報の受容は、その大部分は、まず、周辺視によって視線（中心視）以外から入ってくる膨大な情報の中から、注意を向けるべき対象検出の手掛りを捉え、次に眼球運動によりその対象を中心視（網膜中心窩）で把捉し、弁別、明視を行うという両者の連繫機能によって受容している。そのために周辺視機能は、光の点滅や、動くものの検出には、相対的に中心視以上に優れた機能を持っていることが明らかにされている。一般に網膜周辺部は動くものの知覚に優れていることが、Berens¹⁾、鈴木^{2, 3)}により報告されているが、福田^{4, 5)}は網膜中心部は微小（低速、短距離）な運動に対する感度が良く、網膜周辺部は高速運動の知覚において優れていること、さらに、網膜各部位のC:F:Fの感度差⁶⁾から、周辺視は時間要素の加わった視覚情報の処理に優れており、中心視は、視力分布にみられるように、空間分解能が優れていることを報告している。しかし、周辺視機能は単に動くものの把捉に敏感であるだけでなく、視力の劣っている周辺視も図形知覚⁷⁻⁹⁾に重要な役割を果たしていることが明らかにされている。渡部⁷⁾は周辺視を制限した場合、中心視のみでは図形の識別ができず、図形識別においては、周辺視は図形全体の構成あるいは部分の相互関係の把握に重要な働きをすることを明らかにしている。このように、中心視と周辺視の機能には種々異なる点が多いが連繫して外界の情報処理を行っていることが次第に究明されてきている。

これまでの中心視と周辺視の相互作用に関する研究は、その多くが、周辺視機能が中心視に如何

なる影響を及ぼすかという中心視機能を主体とした研究であり、中心視が周辺視に及ぼす影響の研究²⁾は少ない。しかし、中心視が周辺視に及ぼす影響に関するものと考えられる現象として、高速運転時の視野狭窄^{10, 11)}や、中心視の固視点までの距離が遠い程、視野が狭窄するという鈴木¹²⁾の報告や、Engel¹³⁾、竹内¹⁴⁾らの中心視への負荷により有効視野が変化するという報告などがあげられる。

一方、スポーツ場面においても、これらに関する現象は多く存在する。例えば、ボールゲームでは「視野を広く保つこと」が重要であるとされている。これは、ボールゲームのように対象の動きが速く、かつ複雑である場合には、視野内の特定の対象を注視すると、視野が狭くなり、視野外となった対象は知覚できなくなり、又、視野内であっても発見が遅れたりすることから、視野全体にわたって注意を配分する方が良いということを表わしている。藤田¹⁵⁾が述べているように、スポーツの場において問題にされる周辺視野の広さは、視野の中でどのように注意を配分するかという心理的な問題と関連が深い。中心視で注視している対象に注意を集中すれば、周辺での知覚は悪くなり、又、逆に、周辺に広く注意を配分すれば中心視による弁別、明視が損なわれるという、注意の集中と配分という心理的なバランスが関与するものと考えられる。

そこで、本研究では、中心視と周辺視の相互作用について、中心視への負荷条件によって周辺視知覚は如何なる影響を受けるかという、言い換えれば、中心視と周辺視という視覚機能内での注意の集中と配分に関する問題について明らかにしようと考えた。具体的には、周辺視機能のパフォーマンスとして、実際のスポーツ場面と関連の深い、周辺視反応時間、視野、タイミングコントロールをとりあげ、これらのパフォーマンスが、中心視

への負荷条件によって如何なる影響を受けるかについて明らかにしようとするものである。本報告では、まず周辺視反応時間について検討を行う。

周辺視反応時間の研究は Rains¹⁶⁾ によれば Hall and Von Kries (1879) が自分たちを被験者として、網膜上 9 カ所について調べたのが初めといわれる。以後、明順応、暗順応条件、中心窩 (Fovea) と周辺部 (Peripheral retina) の部位の差、網膜上鼻側とコマカミ側の関係、網膜上の方向、刺激の大きさと強さの関係について研究が行なわれている。Bartlett and Macleod¹⁷⁾ が明順応下では中心窩の方が周辺部より反応時間 (以下、RT) が速く、暗順応条件下では、中心窩が速いか、周辺部が速いかは刺激光の強弱によって異なるということを示唆して、Lemon and Geisinger (1936) と Galifret and Pieron (1948) の論争に終止符を打って以来、周辺視反応時間の研究は、暗順応下で、中心窩に比較的近い部位における刺激光の大きさと強さの関係^{16, 18-22)} についての研究が中心となっている。これは、網膜上の錐体細胞と桿体細胞の密度分希が複雑な中心窩から 25° (中周辺部) 附近までは、両視細胞の働きの関係から、複雑な問題を提起するためである。しかし、網膜上全域にわたって RT を調べた研究^{2, 18, 23)} は少ない。又、周辺部に提示される刺激の条件も、刺激光の大きさと強度の関係に基づいて、点灯条件 (off → on) で提示されるのが一般的である。刺激光が動いたり、輝度変化したり、消灯 (on → off) したりする刺激の違いによる RT の差をみた研究^{2, 24, 25)} は少ない。

従って、以上のことから本研究では、具体的に以下の 2 点について明らかにしようとするものである。

1) 実用的価値の高い明所視の条件下において、これまでの研究でほとんど行なわれていない刺激の違いによる RT の相違、及び、刺激の提示方法の違いによる RT の相違を、網膜中心窩水平方向上 0° ~ 80° の網膜部位との関係から明らかにする。

2) 次に、中心視に負荷条件が設定され、より注視を強める時、周辺視機能のパフォーマンスとし

ての RT は如何なる影響を受けるかについて明らかにする。

以上の目的のため、本研究では以下の実験を行った。

実験 1 中心固視標が変化しない場合

- (1) 網膜周辺部刺激の条件差による反応時間 (実験 1-1)
- (2) 中心固視標近傍部刺激の反応時間 (実験 1-2)

実験 2 中心固視標が変化する場合

- (1) 中心固視標近傍部刺激の反応時間 (実験 2-1)
- (2) 網膜周辺部刺激の条件差による反応時間 (実験 2-2)

実験 3 刺激光の on → off, off → on 刺激による反応時間について

II 実験方法

1 実験装置

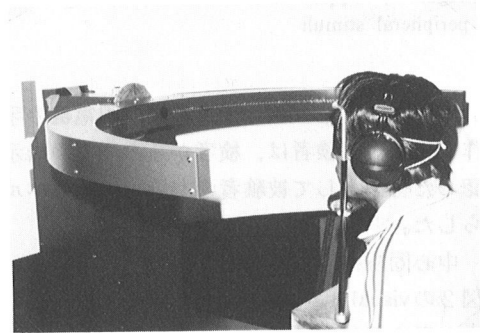


Figure 1. Experiment apparatus

実験装置を図 1, 図 2 に示す。被験者は 3m × 2m の室内 (照度 200 lux) に置かれている多用動体視野計 (三幸電子 K・K 製) の前に座し、左眼を eye mask により遮眼し、右眼で図 3 に示す中心固視標のランドルト氏環 (以下、ラ氏環) が視野計の中心円 (直径 1.5 cm) の中央に位置するように、頭部固定器の位置とアゴ台の高さを調節した。被験者にヘッドホンを装着させ、検者からの指示はすべて室外からマイクを通して行っ

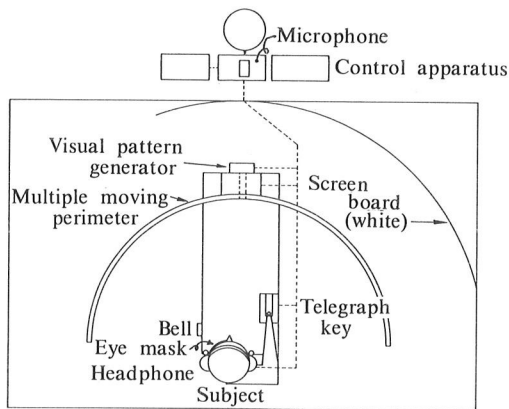


Figure 2. Experimental arrangement

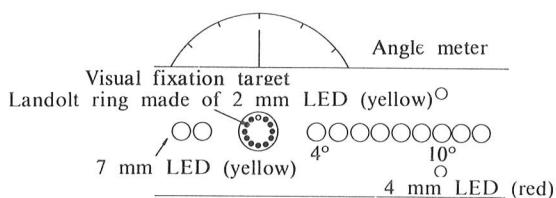


Figure 3. Apparatus of visual fixation target and peripheral stimuli

た。被験者の反応は利き手での通信用電鍵の手押動作である。被験者は、検者からの種々の指示を確認した合図として被験者の左前方にあるベルを鳴らした。

A 中心固視標

図2のvisual pattern generatorにより、視野計の中心円を通して提示される。直径2 mmの円形発光ダイオード(LED, Yellow, 16 nit)を12個用い、直径1.3 cm(視角1.7°)の円形を作り、12個のLEDのうち、それぞれ、上、下、左、右のLEDを発光させないことにより、視標の切れ目が上、下、左、右の4方向からなるラ氏環(切れ目の視角20')を用いた。(図2の例では切れ目、上)ラ氏環の切れ目の方向を、静止、及び、2 sec, 1 sec, 0.75 sec, 0.5 secの時間間隔でランダムに提示することができる。

B 周辺視標

視角1°に相当する直径7 mmのLED (Yellow)

を左右それぞれ4°～90°まで1°きざみに視野計に装着し周辺視標とした。4°からとしたのは、視野計の回転軸の構造上3°までは不可能のためである。中心固視標、周辺視標とも、LEDを用いることによって、点灯立ち上がり時間は無視することができる。周辺視標は4 nit, 8 nit, 16 nitの輝度に切り換えられ、on → off(消灯), off → on(点灯)が可能である。又、周辺視標の移動は1つ1つのLEDのon → offの繰り返しにより行い、10°/sec～100°/sec内の6段階に速度の切り換えができる。従って、移動のための立ち上がり時間は無視できる。停止→移動、移動→停止、方向変換が可能である。

C その他

視野計はつやけし黒色塗装で、視野計スクリーン上は400 luxに統一した。又、視野計の背景に白色ボードを用い、背景色を統一した。全実験を通じ、右方視野水平方向(右眼、網膜上鼻側に対応)についてRTを測定した。

2 被験者

被験者は視力1.0以上の眼疾患のない19才～20才の大学男子10名である。ただし実験1～3における被験者は10名のうちから、実験条件に応じ、ランダムに抽出した。被験者はいずれも各種の予備実験を経験し、本実験条件に十分慣れている者である。

III 実験と結果

実験1 中心固視標が変化しない場合

(1) 網膜周辺部刺激の条件差による反応時間(実験1-1)

- A 中心固視標：ラ氏環切れ目上
- B 周辺刺激光提示部位：右視野水平方向(右眼網膜上鼻側)10°, 20°, 40°, 60°, 80°及び0°(中心窩)
- C 周辺刺激光提示条件
 - 1) 周辺視標(LED)を16 nitで100 msec間点灯させる。10°, 20°, 40°, 60°, 80°のいずれに提示されるか被験者には知らされていない一般的RT測定の条件(予知のない条件)
 - 2) 1)と同様の刺激光を提示するが、いずれ

に提示するかあらかじめ提示する部位に3回(1 sec 間隔)点灯し、被験者に提示部位を予知させた条件(予知条件)

3) 0° ~ 80° に提示(点灯)されている16 nit の刺激光が4 nit に輝度変化する条件

4) 0° ~ 80° に提示(点灯, 停止)されている刺激光が100°/sec で移動する条件

5) 同, 40°/sec で移動する条件

6) 同, 16°/sec で移動する条件

尚, 4) 5) 6) については刺激光の移動方向の割合は視野内方, 外方ほぼ同数とした。

D 被験者: 5 名

E 測定値: 刺激条件(6)×提示部位(6)=36条件, 1 条件につき10試行の平均値。ただし, 0°の

部位の予知のない条件10試行はのぞく。1 人計 350 試行

F 手続き: 約20試行の練習後, 提示部位及び刺激条件の組み合わせによる測定順序はすべてランダムで行った。各試行後, 次の刺激条件について説明を行い, 被験者の確認(ベル鳴らし)後, 検者の「ヨーイ」のあと, fore-period を 3 sec ~ 5 sec で刺激を提示した。試行間隔は約 30 sec。30 試行ごとに5分休憩, 160 試行で1時間以上の休憩を行った。「ヨーイ」の合図により, 被験者にラ氏環の切れ目を固視させ, 周辺刺激の方へ眼球運動を起さないようくり返し注意した。

Table 1. Result of experiment 1-1
Mean, SD of six stimulus conditions (5 subjects) msec

	16 nit 100 msec	16 nit 100 msec	16 nit ↓ 4 nit	moving condition		
	Non foresee	Foresee		100°/sec	40°/sec	16°/sec
0°		$\frac{183.8}{17}$	$\frac{183.2}{15}$	$\frac{181.8}{17}$	$\frac{188.8}{10}$	$\frac{187.8}{17}$
10°	$\frac{202.6}{18}$	$\frac{191.2}{17}$	$\frac{188.8}{14}$	$\frac{185.2}{15}$	$\frac{191.8}{13}$	$\frac{193.6}{18}$
20°	$\frac{200.6}{20}$	$\frac{193.8}{20}$	$\frac{196.6}{17}$	$\frac{190.4}{19}$	$\frac{200.2}{13}$	$\frac{203.6}{16}$
40°	$\frac{203.8}{23}$	$\frac{194.0}{21}$	$\frac{196.0}{13}$	$\frac{192.0}{17}$	$\frac{202.2}{12}$	$\frac{203.2}{20}$
60°	$\frac{205.4}{21}$	$\frac{202.8}{26}$	$\frac{201.6}{15}$	$\frac{197.8}{15}$	$\frac{205.4}{14}$	$\frac{206.2}{21}$
80°	$\frac{217.4}{19}$	$\frac{210.6}{20}$	$\frac{209.0}{15}$	$\frac{209.0}{18}$	$\frac{218.6}{18}$	$\frac{220.2}{20}$

Moving condition: stimulus velocity when the stimulus begin to move

Foresee condition: subject foresees the stimulus locus

Non-foresee: subject unforesees the stimulus locus

16 nit → 4 nit: luminance change from 16 nit to 4 nit

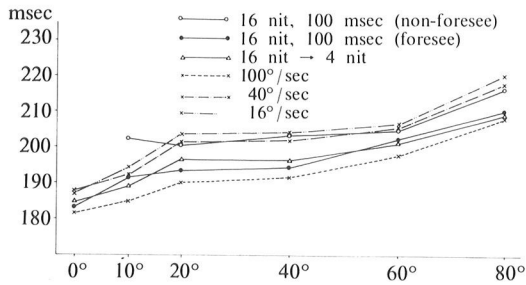


Figure 4. Reaction time of six stimulus conditions in the peripheral retina and the fovea (experiment 1—1)

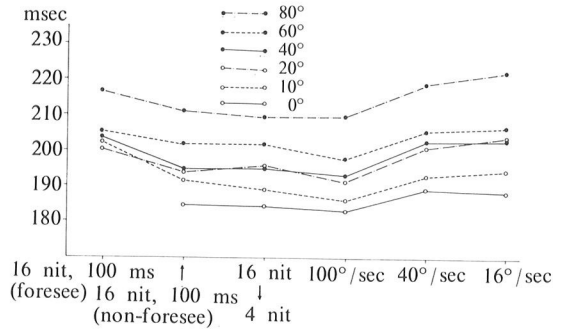


Figure 5. Reaction time of different stimulus conditions in each retinal loci

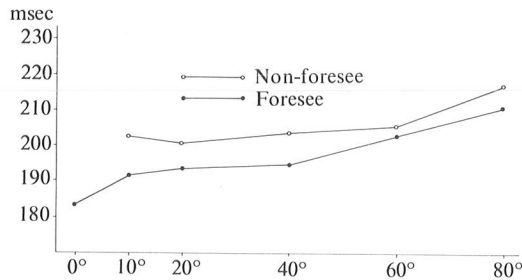


Figure 6. Difference of reaction time between the non-foresee condition and the foresee condition in each retinal loci (exp. 1—1)

Table 2. Analysis of variance of experiment 1—1

Factor	df	Ms	F
A Stimulus condition	4	509.423	22.235**
B Retinal loci	5	2399.083	104.713**
C Ind. Diff	4	7635.207	333.255**
A × B	20	15.219	0.664
A × C	16	99.515	4.344**
B × C	20	59.583	2.601
Error	80	22.911	
Total	149		** p < 0.01

結 果

結果を表1, 図4, 図5, 図6に示す。分散分析を表2に示す。図4は結果を0° ~ 80°の刺激提示部位ごとの刺激条件の差をみたものであり, 図5は0° ~ 80°の刺激提示部位のRTが刺激条件によりどのようになるかをみたものである。まず,

図4, 図5から, いずれの刺激条件とも0°(中心窩)が最もRTが速く, 10°, 20°と周辺になるに従いRTは延長していくが, 全般的にみて, 0° → 20°間で約10 msec延長し, 20° → 40°間の延長はみられず, 40° → 60°でやや延長し, 60° → 80°間で再び10 msec程度延長するという共通の傾向

がみとめられる。図5から20°, 40°のRTはいずれの刺激条件ともほぼ同様であることが特徴的である。表2の分散分析では、刺激条件、提示部位、個人差の主効果はいずれも1%水準で有意であり、下位検定の結果、いずれの刺激条件とも0°と20°以上は1%水準で有意、60°と80°間にも1%の有意差がみられる。

次に刺激条件間のRTの差をみると、まず、停止している視標が動き出すとき反応する移動条件では、いずれの提示部位においても100°/sec、40°/sec、16°/secと移動速度が速い程、RTは短縮している。特に16°/secと40°/secの平均2 msecの差(有意差なし)に対し、40°/secと100°/secの差(平均10 msec、1%)が大きいことから、本実験条件では、停止している刺激が移動する時の速度が速い程RTはより短縮するものと考えられる。あらかじめ提示部位を知っている予知条件と16 nitの刺激光が4 nitに輝度変化する条件間のRTはほぼ同様であり、いずれの提示部位においても条件間には有意差はみられない。この2つの条件のRTは40°/secと100°/secの条件の間にあり、40°/secの移動条件より速いが100°/secより遅い条件であることが明らかとなった。

図6は16 nitの刺激光が100 msec点灯(off → on)する時、あらかじめ提示される部位を知らされている条件(予知条件)と、10°, 20°, 40°, 60°, 80°のいずれに提示されるかを知らされていない条件(予知のない条件)を比較したものである。図から明らかなように、いずれの提示部位においても、予知している場合の方がRTは速い。その差は各部位でほぼ一定であり(平均7 msec)、10°(1%), 20°(1%), 40°(1%), 60°(10%), 80°(1%)の有意差がみられる。

16 nit → 4 nitに輝度変化する条件と、16 nitで点灯(予知条件)するという光のon, offに関する条件間には、実験1-1では明確な関係が認められなかったので実験3において更に条件を複雑にして、刺激光のon → off, off → on刺激に対する反応時間を検討した。

(2) 中心固視標近傍部刺激の反応時間

(実験1-2)

- A 中心固視標：実験1-1と同じ
- B 周辺刺激光提示部位：4°, 6°, 8°, 10°
- C 周辺刺激光提示条件
実験1-1と同様の手続きにより
 - 1) 16 nitの刺激光を予知のない条件で提示(100 msec)
 - 2) 16 nitの刺激光を予知条件で提示(100 msec)
- D 被験者：10名
- E 測定値：実験1と同様、1条件につき10回測定の平均値

結 果

結果を表3、図7に、分散分析を表4に示す。図7から明らかなように、4°, 6°, 8°, 10°の提示部位のうち、いずれに提示されるかあらかじめ知っている予知条件(●)では4°, 6°, 8°, 10°とRTは漸増(有意差なし)している。しかし、この結果を被験者10名の個人傾向からみると、固視標に近い4°, 6°程RTが短縮している被験者6名、逆に4°, 6°と固視標に近い程延長する被験者は4名であり、平均値として漸増する傾向は、両者の相殺された結果であることがわかる。

これに対し、いずれに提示されるか知らされていない条件では、固視標に近い4°においてRTが最も延長し、次に6°の順でRTは延長(4°と6°, 8°, 10°間は1%で有意)している。固視標に近い4°, 6°程RTが延長する傾向は、10名の被験者のすべてにみられる傾向である。予知条件と予知のない条件間のRTの差を提示部位ごとにみると、4°では17 msec(1%), 6°で8 msec(1%), 8°で3.7 msec(10%), 10°で5.2 msec(1%)であり、中心固視標に近い程その差は有意に大きくなっている。

実験2 中心固視標が変化する場合

(1) 中心固視標近傍部刺激の反応時間

(実験2-1)

実験1-2から固視標近傍部のRTは、予知及び予知のない条件で傾向が異なることが明らかとなったので、まず、網膜周辺部にさきだち中心固

Table 3. Result of experimnt 1—2
Reaction time in the retinal loci near to the visual fixation target (10 subjects)

	4°	6°	8°	10°
Non-foresee	$\frac{226.0}{19}$	$\frac{219.0}{19}$	$\frac{215.7}{17}$	$\frac{218.6}{20}$
Foresee	$\frac{209.1}{22}$	$\frac{211.4}{20}$	$\frac{212.0}{21}$	$\frac{213.4}{20}$

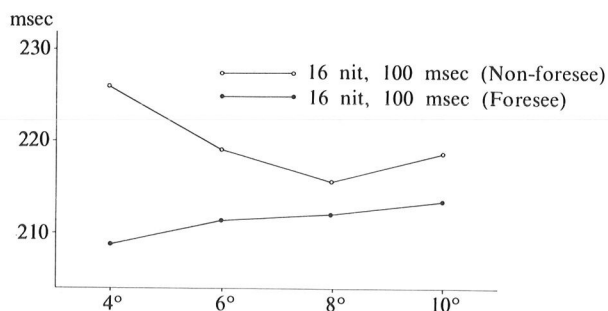


Figure 7. Difference between the reaction time under non-foresee and that under foresee in the retinal loci near to the visual fixation target (exp. 1—2)

Table 4. Analysis of variance of experiment 1—2

Factor	df	Ms	F
A Foresee, Non-foresee	1	1411.200	85.426**
B Retinal loci	3	49.294	2.984*
C Ind. Diff	9	3020.992	182.874**
A × B	3	173.158	10.1482*
A × C	9	30.223	1.829
B × C	27	18.635	1.128
Error	27	16.519	
Total	79		* p < 0.05 ** p < 0.01

視標が変化するという更に固視の負荷が大きくなった場合の近傍部の RT について究明を行う。

A 中心固視の負荷条件

- 1) ラ氏環の切れ目が上で静止している条件
- 2) ラ氏環の切れ目が 1.0 sec 間隔で上, 下,

左, 右の 4 方向にランダムに変化する条件
3) 同, 0.5 sec 間隔で変化する場合

B 周辺刺激光提示部位: 実験 1—2 と同様
4°, 6°, 8°, 10°

C 周辺刺激光条件: 実験 1—2 と同様

- 1) 16 nit 100 msec (予知のない条件)
 - 2) 同, 16 nit 100 msec (予知条件)
- D 被験者: 6名
- E 測定値: 中心固視負荷条件(3)×提示部位(4)×刺激条件(2)=24条件。1条件ごと5試行の平均値 1人120試行, 測定順序はすべてランダム。
- F 手続き

1) 中心固視の負荷条件の設定

負荷条件の設定に関して予備実験を行い, 2.0 sec, 1 sec, 0.75 sec, 0.5 sec 間隔でラ氏環の切れ目をランダムに変化させ, これを有声判読させた場合, 被験者の自省報告では, 2.0 sec → 0.5 secの順で有声判断が困難となり, 特に0.5 sec間隔が最も難しく, 判読の間違いや, 謂ゆる, 口をついて出ないという場合がみられたことから, 本実験条件では0.5 sec間隔が中心固視の負荷条件として最も負荷の大きい条件と判断した。従って, 負荷条件の設定に際して, ラ氏環の切れ目が上で静止している条件を基本の条件とした時, 1.0 sec, 0.5 secの順でより固視の負荷が高まるものと考えた。

ラ氏環の切れ目の方向はすべて1試行ごとランダムに提示し, 被験者は切れ目の方向を記憶することはできない。又, 予備実験の結果から, 0.5 sec間隔の条件では, ランダムな切れ目の方向を連続10回以上有声判読させると誤答や無応答(応答できない)がみられたので, 10回以内に周辺刺激を提示した。検者の「ヨーイ」の後「スタート」の合図とともに固視標を提示した。foreperiodは「スタート」の合図ののち, 実験1, 2, 3と同様, 3~5 secとした。従って, 1 sec間隔の負荷条件では, 有声判読は3~5回, 0.5 sec間隔では6~10回である。静止条件は, ラ氏環提示と同時に「上」と答えさせ, 切れ目を固視させた。

2) 測定値の処理

被験者には, ラ氏環の切れ目の方向を間違わずに判読することと同時に, 周辺刺激に対しても注意を配るよう要求したが, 予備実験においては, 極端に大きいRT, 及び, 判読の間違い, 無応答が見られたので,

- (1) 周辺刺激提示前に判読を間違えたり, 無応答の場合は, その試行はやりなおし,
- (2) 被験者がラ氏環の判読に気をとられ, 周辺刺激への反応が遅れ, もっと速く反応できたと判断した場合は, すべて被験者に申告させ, その条件はやり直し(その後の試行に組み入れ)とした。

結 果

まず図8から, 固視標が切れ目上で静止(static)している条件(●—●, ○—○)の傾向は, 実験1-2の結果とはほぼ同様であることがわかる。提示される部位を予知している条件(●—●)のRTは4°で最も短縮し, 6°→10°はほぼ同じRTである。予知していない条件(○—○)では4°で最も延長し, 6°, 8°と短縮するが10°で再び延長する傾向がみられる(4°と6°, 8°, 10°間は5%)これに対し, ラ氏環の切れ目の方向がランダムに変化し, 切れ目の方向を有声判読する1.0 sec間隔, 0.5 sec間隔の負荷条件では, 静止条件のRTが予知している場合, 予知していない場合を平均して197.7 msecであるのに対し, 1.0 sec間隔では平均267.2 msec, 0.5 sec間隔では281.1 msecであり, それぞれ約70 msec, 83 msecと大きくRTが延長している。しかし, 負荷条件の差(13 msec)は静止条件と1.0 sec間隔の差(約70 msec)と比較して大きくはない。

これを更に詳しくみると, まず, 1.0 sec間隔の負荷条件では予知している場合(●—●)では, ラ氏環が静止している場合の予知条件と異なり, 固視標の近くの4°が最もRTが延長し, 6°, 8°, 10°と周辺になるに従い, 僅かに短縮(4°と6°, 8°, 10°間は5%)している。予知していない条件(○—○)では, 静止の場合の予知条件と全く同様, 4°が最も延長し, 6°, 8°と短縮するが, 再び10°で延長している。(4°と6°, 8°, 10°間は5%)予知条件と予知のない条件間の差についてみると, 4°における差(7.2 msec)は, 静止条件の場合の4°の差(18.6 msec)と比較して少なくなっている。6°, 8°では静止条件の6°, 8°と同様のRTの差であり, 10°ではその差はやや拡大している。

Table 5. Result of experiment 2—1

Reaction time when load condition of 1.0 sec interval and that of 0.5 sec interval were used in the central vision (6 subjects) msec

	Foresee condition			Non-foresee condition		
	static	1.0 sec interval	0.5 sec interval	static	1.0 sec interval	0.5 sec interval
4°	$\frac{189.6}{17}$	$\frac{272.3}{15}$	$\frac{284.0}{16}$	$\frac{208.2}{15}$	$\frac{279.5}{13}$	$\frac{300.0}{24}$
6°	$\frac{196.6}{13}$	$\frac{264.3}{14}$	$\frac{275.5}{24}$	$\frac{199.5}{12}$	$\frac{268.7}{16}$	$\frac{280.3}{20}$
8°	$\frac{195.5}{13}$	$\frac{264.1}{18}$	$\frac{278.0}{24}$	$\frac{195.5}{20}$	$\frac{263.8}{21}$	$\frac{278.0}{16}$
10°	$\frac{196.5}{18}$	$\frac{257.8}{13}$	$\frac{273.6}{13}$	$\frac{200.3}{21}$	$\frac{267.2}{15}$	$\frac{279.0}{13}$

Stimulus condition: 16 nit, 100 msec

Static condition: randolt ring not change, fixation at upper direction

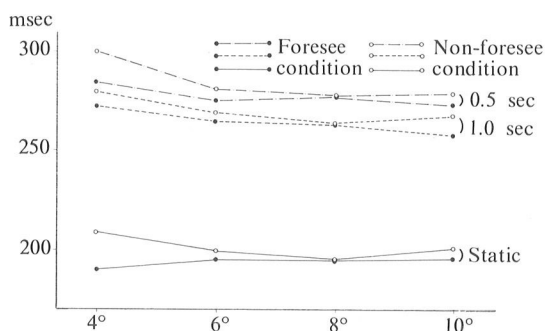


Figure 8. Difference of reaction time between static condition and two load conditions (exp. 2—1)

次に、本実験条件で最も中心固視の負荷条件が大きいと考えられる 0.5 sec 間隔の負荷条件についてみると、図 8 から明らかなように、予知している場合、予知していない場合とも、1.0 sec 間隔の条件と同様の傾向であることがわかる。

図 8 の結果を静止条件を 1.00 とした時、各条件の増加率をみたのが図 9、表 7 である。1.0 sec 間隔の増加率の平均は 1.315 倍、0.5 sec 間隔の増加率は 1.428 倍である。図 9 から明らかなように、

増加率を 1.0 sec 間隔と 0.5 sec 間隔の負荷条件のそれぞれ予知している場合 (●---●, ○---○) を比較すると、2つの曲線は平行していることがわかる。同様に予知していない条件 (○---○, ○---○) も 2つの曲線は全くの平行関係にあることが明らかである。

これを 1.0 sec 間隔の負荷条件の増加率についてみると、予知している場合と予知していない場合の増加率の差は 4°のみ 5% の差がみられ、6°、8°、10°にはみられない。これは 0.5 sec 間隔の負荷条件についても同様である。従って、ラ氏環が静止している静止条件においてみられた予知している場合の 4°の RT の短縮傾向は、逆に、中心固視への負荷によって、予知していても周辺 6°、8°、10°より延長し、その増加率は予知していない条件よりも有意に大きいものといえる。次に増加率を 1.0 sec、0.5 sec の負荷条件間の比較でみると、予知している場合 (●---●, ○---○) 及び予知していない場合 (○---○, ○---○) とも、それぞれ 4°、6°、8°、10°の増加率の差は有意 (5%) であり、負荷条件間に増加率の差が認められる。

以上の結果をまとめると

Table 6. Analysis of variance of experiment 2—1

Factor	df	Ms	F
A Foresee, Non-foresee	1	224.481	30.787**
B Interval of change	2	15961.375	2189.114**
C Retinal loci	3	135.809	18.626**
A × B	2	1.383	0.189
A × C	3	53.898	7.392*
B × C	6	27.581	3.783
Error	6	7.291	
Total	23		* p < 0.05 ** p < 0.01

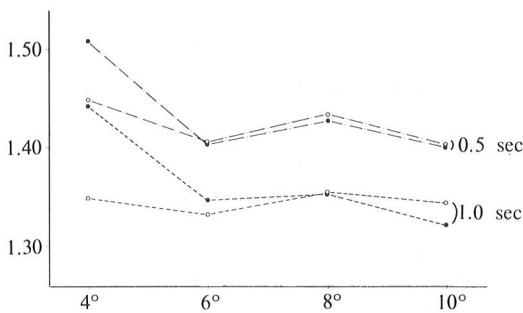


Figure 9. Extension ratio when we counted the static condition as 1.00 under two load conditions

- 1) 中心固視標近傍の RT は、中心固視への負荷により延長する。その RT 延長は、静止条件と比較して 1.0 sec 間隔の負荷で平均 70 msec、0.5 sec の負荷で平均 83 msec と有意に延長する。1.0 sec、0.5 sec の負荷条件間の差も有意である。
- 2) この延長の傾向は、予知条件、予知のない条件、及び提示部位の違いに関らず、静止条件に 1.0 sec 間隔では約 70 msec、0.5 sec 間隔の負荷では約 83 msec を一率加算した平行増加関係である。

Table 7. Analysis of variance of extension ratio (experiment 2—1)

Factor	df	Ms	F
A Foresee, Non-foresee	1	0.0011	8.350**
B Interval of change	1	0.0212	162.328**
C Retinal loci	3	0.0041	31.084**
A × B	1	0.0001	0.554
A × C	3	0.0016	12.507
B × C	3	0.0001	0.448
Error	3	0.0001	
Total	15		** p < 0.01

- 3) 固視標に近い 4° の RT は、予知していても中心固視の負荷がある場合、6°、8°、10° より延長する。
- 4) 静止条件、1.0 sec、0.5 sec 間隔の負荷条件のいずれにおいても、予知している場合、予知のない場合の提示部位間の差は 4° が最も大き

く、6°、8° とその差は小さくなるが 10° では再び拡大する傾向がみられる。特に 8° では 2 つの条件による RT の差は全くみられない。

(2) 網膜周辺部刺激の条件差による反応時間 (実験 2—2)

A 中心固視の負荷条件

実験 2-1 と同様

- 1) ラ氏環の切れ目が上で静止している条件
- 2) ラ氏環の切れ目が 0.5 sec 間隔で上, 下, 左, 右の 4 方向にランダムに変化する条件

B 周辺刺激光提示部位: 20°, 60°, 80°

C 周辺刺激光提示条件

- 1) 16 nit → 8 nit に輝度変化
- 2) 16 nit → off (消灯)

3) 16 nit の刺激光 (停止) が 25°/sec で移動する

D 被験者: 実験 2-1 と同じ被験者 5 名

E 測定値: 負荷条件(2) × 提示部位(3) × 刺激条件(3) = 18 条件 1 条件につき 5 回測定 の平均値 1 人 90 試行

F 手続き: 実験 2-1 と同じ

Table 8. Result of experiment 2-2

Reaction time of static condition and load condition of 0.5 sec interval (same 5 subjects as in experiment 2-1) msec

	Static condition			0.5 sec interval condition		
	16 nit → 8 nit	16 nit → off	25°/sec	16 nit → 8 nit	16 nit → off	25°/sec
20°	$\frac{209.6}{10}$	$\frac{199.2}{13}$	$\frac{200.8}{15}$	$\frac{303.6}{26}$	$\frac{279.0}{21}$	$\frac{276.6}{29}$
60°	$\frac{216.2}{13}$	$\frac{204.4}{12}$	$\frac{208.2}{9}$	$\frac{305.0}{18}$	$\frac{282.4}{23}$	$\frac{280.4}{29}$
80°	$\frac{221.8}{12}$	$\frac{211.8}{9}$	$\frac{217.0}{13}$	$\frac{313.4}{29}$	$\frac{293.0}{22}$	$\frac{291.6}{28}$

結 果

まず, ラ氏環が切れ目上で静止している条件において, 16 nit → 8 nit に輝度変化する, 16 nit → off, 25°/sec で移動する, 3 つの刺激条件の RT の傾向は実験 1-1 でみられた RT の傾向と同様である。(図 10) すなわち, 20° での RT は 60° でやや延長し, 60°, 80° 間での延長はやや大きいという結果となっている。又, 刺激条件間の RT の差では 20°, 60°, 80° のいずれの提示部位でも, 16 nit → 8 nit より 16 nit → off の方が RT が速く, 静止している刺激光が 25°/sec で移動するという刺激条件の RT は, 8 nit と off 条件の間にあることがわかる。

これに対し, 0.5 sec 間隔の負荷条件では, 3 つの刺激条件の RT は, 図 10 から明らかなように静止条件とはほぼ平行関係にあることがわかる。静止条件における 3 つの刺激条件の平均 (20°, 60°, 80° の平均) は 16 nit → 8 nit (215.9 msec), off

(205.1 msec), 25°/sec (208.7 msec) であるが, 0.5 sec 間隔では 16 nit → 8 nit (309.1 msec), off (284.8 msec), 25°/sec (282.9 msec) と大きく延長し, その差は 16 nit → 8 nit で 93.2 msec, off で 79.7 msec, 25°/sec では 74.2 msec でいずれも 1% 水準で有

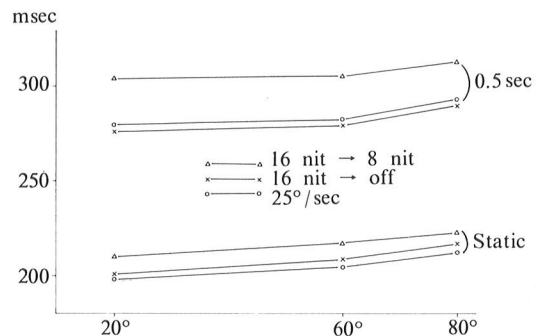


Figure 10. Difference between the reaction time under static condition and that under condition of 0.5 sec interval (exp. 2-2)

Table 9. Analysis of variance of experiment 2—2

Factor	df	Ms	F
A Interval of change	1	30094.222	52899.999**
B Retinal loci	2	273.469	480.707**
C Stimulus condition	2	528.002	928.129**
A × B	2	5.216	9.168*
A × C	2	116.815	205.339**
B × C	4	2.782	4.891
Error	4	0.568	
Total	17		* p < 0.05 ** p < 0.01

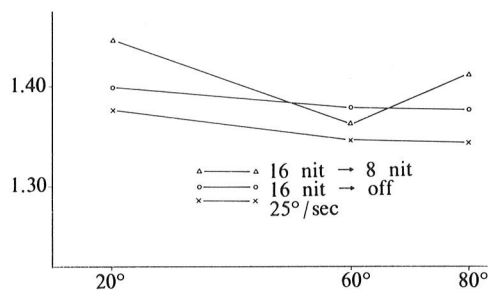


Figure 11. Extension ratio under load condition of 0.5 sec interval when we counted the static condition of experiment 2—2 as 1.00

意である。このため、静止条件では 8 nit, 25°/sec off の順で RT は延長していたが、0.5 sec の負荷条件では 8 nit off, 25°/sec の順となっている。又、16 nit → 8 nit に輝度変化するという輝度差の少ない条件の RT の延長は 93.2 msec と大きいのに対し、25°/sec で移動するという動きの条件に対する延長は少ない。3つの条件の RT 延長の平均は 82.4 msec であり、これは実験 2—1 でみられた 83 msec の延長と同値である。

静止条件の各 RT を 1.00 とした時、3つの刺激条件の増加率をみたのが図11、表10である。16 nit → 8 nit, off, 25°/sec の順で増加率の大きい傾向がみられるが、表10の分散分析では個人差のみ有意で、提示部位、刺激条件の主効果は有意ではない。従って、このことから 0.5 sec 間隔の負荷条件による RT は、刺激条件の違い及び提示部位に関りなく、ほぼ同じ比率で増加するものとい

えよう。

図12は 0.5 sec 間隔の負荷条件による増加率の個人差を 25°/sec の条件を例にとりみたものである。0.5 sec の負荷による RT の増加には、Sub. G, Sub. S のように 1.20 倍から、Sub. N, Sub. K の 1.5 倍のように大きな個人差が認められる。この増加率の大小の違いは、増加率の大きい被験者は他の刺激条件でも大きく、同様に小さい被験者は他の刺激条件でも小さいというように刺激条件による傾向の違いはみられない。

実験 3 刺激光の on → off, off → on 刺激による反応時間について

実験 1—1 の結果では、on → off, off → on 刺激光に対する反応時間には明確な関係が認められなかったので、実験 3 において更に究明を行った。

Table 10. Analysis of variance of extension ratio (experiment 2—2)

Factor	df	Ms	F
A Retinal loci	2	0.0072	1.484
B Stimulus condition	2	0.0102	2.112
C Ind. Diff	4	0.0777	16.013**
A × B	4	0.0019	0.393
A × C	8	0.0021	0.429
B × C	8	0.0072	1.477
Error	16	0.0049	
Total	44		** p < 0.01

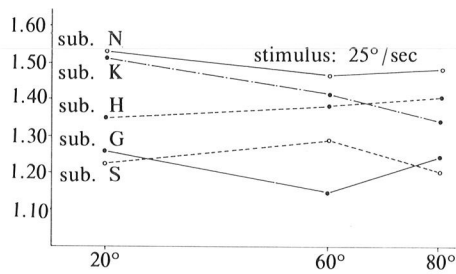


Figure 12. Individual difference in the extension ratio of experiment 2—2

Table 11. Result of experiment 3 (same 5 subject as in exp. 1—1)

msec

	Off → On condition			On → Off condition		
	off → 16 nit	off → 8 nit	off → 4 nit	16 nit → off	16 nit → 8 nit	16 nit → 4 nit
0°	$\frac{182.8}{16}$	$\frac{188.6}{11}$	$\frac{187.2}{10}$	$\frac{182.0}{19}$	$\frac{182.2}{11}$	$\frac{183.0}{17}$
10°	$\frac{191.0}{21}$	$\frac{192.4}{9}$	$\frac{194.4}{15}$	$\frac{186.6}{18}$	$\frac{196.0}{15}$	$\frac{189.6}{17}$
20°	$\frac{197.2}{23}$			$\frac{187.8}{23}$		
40°	$\frac{194.8}{25}$	$\frac{196.2}{23}$	$\frac{205.8}{20}$	$\frac{189.8}{17}$	$\frac{197.8}{17}$	$\frac{195.0}{15}$
60°	$\frac{199.4}{19}$			$\frac{195.0}{18}$		
80°	$\frac{206.8}{19}$	$\frac{209.6}{21}$	$\frac{220.6}{24}$	$\frac{204.6}{16}$	$\frac{211.4}{15}$	$\frac{203.8}{18}$

- A 中心固視標：実験1と同じ（固視標が変化しない）
 - (1) 16 nit で点灯している刺激光が off（消灯）する 16 nit → off 条件
- B 周辺刺激光提示部位：
 - (2) 16 nit → 8 nit に輝度変化
 - (3) 16 nit → 4 nit に輝度変化
- C 周辺刺激光提示条件
 - 1) off → on 条件
 - (1) off → 16 nit で点灯
 - (2) off → 8 nit で点灯
 - (3) off → 4 nit で点灯
 - 2) on → off 条件
 - 尚, off → on 条件は実験1-1と同様の手続きにより, 被験者はあらかじめ提示部位を予知している条件で行った。
- D 測定値：実験1-1と同様, 1条件につき5試行の平均値
- E 被験者：実験1-1と同じ被験者5名

Table 12. Analysis of variance of experiment 3

Factor	df	Ms	F
A Stimulus condition	1	286.017	10.897**
B Retinal loci	5	619.070	23.500**
C Ind. Diff	4	4324.767	164.169**
A × B	5	21.577	0.819
A × C	4	23.433	0.889
B × C	20	38.437	1.459
Error	20	26.343	
Total	59		** p < 0.01

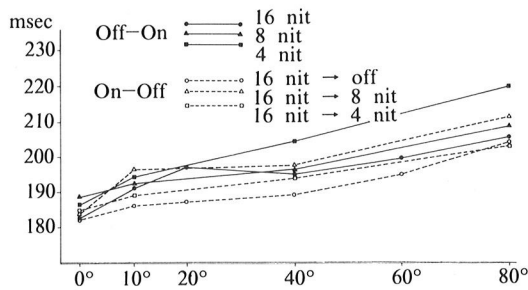


Figure 13. Reaction time of on → off, off → on condition in each retinal loci (exp. 3)

結 果

結果を表11, 図13に示す。分散分析を表12に示す。まず, 16 nit で点灯している周辺刺激が消える (off), 8 nit に輝度変化する, 4 nit に輝度変化する on → off 条件間の比較では, 全般的にみて, 16 nit → off 条件が最も RT が速く, 以下, 16 nit → 4 nit, 16 nit → 8 nit の順で RT は延長し

ており, 基準となる 16 nit に対する輝度差が大きい程, RT は短縮する傾向がみられる。次に off → on 条件では, 点灯する刺激光の輝度が, 16 nit, 8 nit, 4 nit と輝度が高い程 RT は短縮しており, 本実験条件では, 刺激の大きさが同じならば輝度が高い程 RT は短縮するといえよう。以上の結果を提示部位で比較すると, 0° においては, 6 つの

刺激条件間の RT の差 (有意差なし) はほとんどないが, 10° では刺激条件による差はやや拡大し, $16 \text{ nit} \rightarrow \text{off}$ (○) と $16 \text{ nit} \rightarrow 8 \text{ nit}$ (△) 間で有意差 (1%) がみられる。 40° , 80° になるとその差はさらに拡大し, それぞれ $16 \text{ nit} \rightarrow \text{off}$ 条件 (○) と $16 \text{ nit} \rightarrow 8 \text{ nit}$ (△) の間に 5%, $\text{off} \rightarrow \text{on}$ 条件では 16 nit 点灯 (●) と 4 nit 点灯 (■) の間に 1% の差がみられる。以上のように, 本実験条件では提示部位が周辺になるに従い, 刺激条件の違いによる RT の差が拡大し, それは特に $16 \text{ nit} \rightarrow 8 \text{ nit}$ に輝度変化する条件, 4 nit の刺激光が点灯する条件のように輝度差が少ない条件や, 輝度の低い刺激光に対する RT がより延長することに起因している。

IV 考 察

本実験条件における反応時間 (RT) は刺激提示から通信用電鍵が ON になるまでの筋収縮時間を含んだ時間相である。従って, 考察では, RT の 2 つの時間相の関係を明らかにしておく必要があると考えられる。4 名の被験者の指屈筋と指伸筋から表面電極法により筋電図を導出し, Premoter time (刺激から筋収縮開始までの時間) と Moter time (筋収縮時間) の関係を調べた。中心固視条件は, 静止条件, ラ氏環の切れ目が 2.0 sec 間隔で変化する, 0.5 sec, 0.75 sec, 1.0 sec, 2.0 sec の 4 つのランダムな時間間隔で変化 (ランダム条件) する 3 条件。刺激提示部位はそれぞれ 20° , 80° 。結果は, RT と PMT との間に静止条件 $20^\circ \rightarrow 0.87$, $80^\circ \rightarrow 0.93$, 2.0 sec 間隔では, $20^\circ \rightarrow 0.95$, $80^\circ \rightarrow 0.97$ ランダム条件では $20^\circ \rightarrow 0.99$, $80^\circ \rightarrow 0.93$ といずれも高い相関関係が見い出されている。筋収縮時間は一貫して約 100 msec であった。従って, 本実験条件における RT の変化は筋収縮時間の 100 msec をのぞいた刺激から筋収縮開始までの時間変化によるものと考えてよいであろう。

1. 実験 1-1, 1-2 の考察

実験 1-1 で RT はいずれの刺激条件においても 0° (Fovea) が最も速く, 10° , 20° と周辺になるに従い延長するという本実験結果と同様の報告には須見²³⁾らの研究 (明所視, 右眼, 赤色光,

$0^\circ \leftrightarrow 80^\circ$) がある。RT のレベルは本実験結果より平均 120 msec 程大きい, $0^\circ \rightarrow 60^\circ$ までの RT の傾向はほぼ一致している。明所視下の RT は網膜錐体細胞の密度分布と関係が深い²⁹⁾とすれば, Fovea から 20° までの延長は大きく, 20° と 40° の RT は同じであるという周辺 40° までの RT の傾向は錐体密度分布³⁰⁾と一致しているが, 40° より以遠の RT も延長することは, 錐体の密度分布が 20° 以遠 80° の鋸状縁までほぼ一定であることと一致していない。網膜周辺部での RT は, 単に錐体密度により決定されるものでなく, 角膜曲率などの光学系, 双極細胞, 神経節細胞などの網膜組織, 中枢神経系などの複合されたものであることが推測される。

次に, 刺激条件の違いによる RT について考察を進める。河辺ら²⁵⁾は, 移動視標の方向変化に対する反応時間について, 動きの変化を刺激とする方が固定光刺激よりも反応時間は小さいとしている。本実験条件では, 河辺らの固定光刺激「ランプがついたら」と「ランプが動き始めたら」の 2 つの条件と比較することができる。河辺らの結果では動きの変化の方が点灯するより有意に RT は速い (約 50 msec) としているが, 本実験結果では, 固定光刺激に対応する 16 nit 100 msec で点灯 (予知) 条件より RT が速いのは $100^\circ/\text{sec}$ だけであり (これは河辺らの平均速度 $83.8^\circ/\text{sec}$ に近似した速度), $40^\circ/\text{sec}$, $16^\circ/\text{sec}$ では点灯する条件より延長している。このことから, まず考えられることは, 固定光刺激と移動する条件のいずれが速いかは, 移動速度によって異なり, 一概に移動する方が速いとはできないと考えられる。次に, 本実験条件のように, いわば刺激の違いによる RT の閾値をみようとする場合には, 刺激の提示方法の違いを含めずに比較しなくてはならないであろう。本実験結果での点灯と移動の時間差は, 0° では僅か 2 ~ 4 msec であり, $10^\circ \sim 80^\circ$ の周辺部でも約 10 msec である。実験装置でも述べたように, 発光ダイオード (LED) の点灯を刺激として用いているので, 点灯や移動の立ち上がり時間は一定で, その時間は無視できる時間である。従って, 2 msec ~ 10 msec の時間

差は、刺激条件の違いによる RT の差であり、刺激提示の方法上の差は含まれていないと考えてよいであろう。

移動条件において、静止している刺激光が移動する時の速度が速い程 RT が速いという結果は、網膜上のいずれの部位においても $16^\circ/\text{sec} \rightarrow 40^\circ/\text{sec}$ が 2 msec, $40^\circ \rightarrow 100^\circ/\text{sec}$ が 10 msec とほぼ一定の時間差がみられることから、刺激光が移動する時の網膜光化学反応を起させる単位時間あたりの刺激量の差が関与しているものと考えられる。しかし、刺激量の違いだけに起因するものとするれば、速度比が $16^\circ/\text{sec} \rightarrow 40^\circ/\text{sec}$ で 2.5 倍、(2 msec) であれば、 $16^\circ/\text{sec} \rightarrow 100^\circ/\text{sec}$ の 6.25 倍では 5 msec であるが、実際の $16^\circ/\text{sec}$ と $100^\circ/\text{sec}$ の RT の差は 12 msec と大きい。網膜光化学反応の時間約 20 ~ 30 msec²⁶⁻²⁸⁾ から考察すると 12 msec の短縮がすべて網膜光化学反応によるものとは考えられず、速度が速いということが何らかの機序により網膜以降の処理過程の中で時間消費を促進させることも考えられる。

本実験結果では、16 nit で点灯 (予知条件) する条件と 16 nit \rightarrow 4 nit に輝度変化する条件は、いずれの網膜部位でも $100^\circ/\text{sec}$ と $40^\circ/\text{sec}$ の間にあるが、これらの刺激条件の違いによる RT の差がいかなる機序に起因するかはただちに明らかにすることはできない。ここでは結果の報告のみにとどめる。

実験 1-1 (図 6) で、16 nit, 100 msec の刺激光が同じ網膜上の部位に提示される時、いずれの網膜上の部位でも、提示部位を予知している場合には、予知していない場合より、RT は有意に速く、その差は平均 7 msec であることが明らかになった。この結果は、実験 1-2、実験 2-1 においても同様にみられている。刺激光の条件は同一であること、及び、網膜上のどの部位でもほぼ同じ RT の差があることから、この差は網膜上の問題ではなく、中枢が関与していることが考えられる。提示部位を前もって知ることによって、中枢過程で RT の短縮回路が形成されることが推測される。本実験の刺激光の点灯という単純な条件でも約 7 msec の時間差が存在しているので、こ

れが複雑な条件である弁別、選択反応時間では更にその差が拡大することは明らかである。本結果から、刺激条件の違いによる RT の差をみようとする場合には、予知しているか否かによって常に時間差が存在することを考慮に入れた条件設定をする必要があるものと考えられる。

実験 1-1 は、 0° と周辺部としては $10^\circ \sim 80^\circ$ の RT についてみたものであるが、本実験条件のように、明るくて、大きな固視標が存在する場合には、固視標の近傍の RT は何らかのかたちで固視標の影響を受けることが予測されるため、固視標と近傍の RT の関係をみようとしたのが実験 1-2 (図 7, 表 3, 4) である。本実験結果のように、中心固視標に近い程 RT は延長するという報告と同様の結果は内山^{31, 32)}らのものがある。内山らはターゲット (固視標) 凝視の影響であるとしているが、本実験条件のように固視標として大きな、視角 1.7° のラ氏環の切れ目を固視する場合では、中心固視標が固視標近傍の網膜に何らかの影響を及ぼしていることが考えられる。一般に知覚野内に 2 つ以上の刺激対象が空間的、時間的に近接して提示されるときには、それらが個々独立に提示されるときは異った様相に知覚される³³⁾ ということは良く知られている心理学的事実である。その中の 1 つに刺激図形の近傍のいろいろな部位に小光点を提示した場合、小光点の刺激閾が図形から離れるに従い低下してゆくという場効果の現象が多く研究者により見いだされている。この現象から推察すると、本実験結果において、予知していない条件で $4^\circ, 6^\circ$ と固視標近傍の RT が延長することは、固視標の場効果の影響を受けるためではないかと考えられる。つまり、固視標が 6° 附近までの網膜に抑制の影響を及ぼすため、 6° 以内に提示される刺激光の知覚が抑制され、抑制は固視標に近い程大きいことから、 $4^\circ, 6^\circ$ と固視標に近い程 RT が延長するのではないかと考えられる。しかし、予知している条件では $4^\circ \rightarrow 10^\circ$ と RT は漸増する傾向を示しており、固視標の近くの $4^\circ, 6^\circ$ の RT は延長していない。刺激が提示される部位をあらかじめ知っていることは、固視標を固視しながらも提示部位に注意を払うことが可

能な条件である。予知していても、予知のない場合にも、同じ刺激光と固視標が網膜上に投影されるにもかかわらず、予知している場合には RT は延長しないということは、提示される部位に注意を払うという心理的な注意配分が何らかの機序で 4° , 6° の短縮をもたらすためであろうと推測される。従って、網膜上に形成される外界の情報は更に上位機構によりコントロールされ、単に網膜上の特性だけで決まるものではないことを本実験結果は示唆している。この結果は、あらかじめターゲットの出る位置を知らせて、注意を払う位置を選定させると有効視野は拡大するという Engel¹³⁾ の結果と類似した現象であると考えられる。しかし、10名の被験者の平均値としては漸増しているが、短縮している被験者が6名で、4名は予知していない場合と同様に 4° , 6° と延長しており個人差が大きい。この個人差は、注意を固視標と刺激の提示される部位のいずれに多く配分するかという被験者の注意配分の違いによるものと思われる。

本実験条件では固視標の条件（大きさ、輝度）が固定しているので、実験結果がただちに固視標の影響であると断定することはできないが、この点は固視標条件を変えることにより明らかにすることができよう。更には今後の研究で究明を行う。

2 実験 2-1, 2-2 の考察

実験 2-1, 2-2 の考察の前に、固視と注視の用語の規定をする必要があると考える。一般に固視とは、眼球運動が発現しない状態（実際には固視微動が存在する）で中心窩に外界像を結像させるという眼生理学的用語であるのに対し、注視は、視対象が何であるか注意してじっとみるというように心理的意味づけがなされる状態である。従って注視は必ずしも固視を前提としたものではなく、固視点の多少の移動を含むものである。実験 2-1, 2-2 で中心固視の負荷条件として、ラ氏環の切れ目を変化させるということは、固視点をできるだけ一定にさせた状態でラ氏環の切れ目の方向を判読させるという注視をも併せて行なっている条件である。従って、固視の負荷が大きいということは、ここではより注視をするという意味に用いることとする。

実験 2-1, 2-2 の条件では、被験者はラ氏環の切れ目の方向を間違えずに有声判読し、かつ、周辺刺激に対し、できるだけ速く反応するという 2 つの課題を行なわなければならない。この課題達成は初めは極めて困難であり、特に 0.5 sec 間隔の負荷条件ではすべての被験者が判読の間違いや、口をついて出ない場合がみられた。又、判読はできても周辺刺激に反応できなかつたり、著しく RT が遅れた。しかし、数十回の予備練習の過程で安定した反応を示した。被験者の内省報告でも、判読を間違わずに行なおうとすると、刺激への反応が遅れたり、反応できなかつたりする。逆に刺激の方に気を配るとラ氏環の判読ができないが、次第に 2 つのことに注意を配分して行なえるようになったと報告している。本実験は十分な予備練習の後行ったが、本実験中にも、時々、判読の間違いや極端の RT の遅れが出現したので、実験 2-1 の手続き、2) 測定値の処理により統制した。

まず、実験 2-1 (図 8, 9, 表 5, 6, 7) についてみてみよう。実験 2-1 は固視標近傍の RT の負荷条件による影響をみたものであるが、最も特徴的なことは、RT は 1.0 sec 間隔の負荷条件で平均 70 msec, 0.5 sec 間隔では平均 83 msec と延長し、その延長は負荷のない静止条件に対して、一率に 70 ~ 83 msec を加算した平行増加関係にあることである。増加率は 0.5 sec 間隔の方が有意に大きいことも明らかとなった。この RT の延長は何に起因しているのであろうか。まず考えられることは注意のメカニズムが関与していることである。我々は一般に高度に習慣化、自動化された作業であれば、いつくかの対象にわたって注意することが可能である。例えば、自動車の運転でも、初めは会話を交すことができない程運転に注意を集中しなければならないが、馴れれば運転と会話に頻繁に注意を移動させなくとも処理することができる。これら注意に関する諸現象^{34), 35)} は多くの人によって研究されているが、Johnston and Heinz³⁴⁾ は左右の耳に異なる文節を聞かせ、光量変化に対する反応時間を注意負荷の測度とした時、熟知した文節を聴きわけながらの RT は短い

が、初めて聞く文節の場合、RT は増加し、しかも反応することによって文節をどこまで聞いたかわからなくなると報告している。本実験条件で、予備練習中にみられた極端な RT 延長や、反応のできない現象は Johnston らの RT の遅れと対応するものではないだろうか。しかし、十分予備練習を行い安定化した状態での実験で、負荷によりそれぞれ平均 70, 83 msec の RT の時間延長が起ることは、この時間は被験者の注意がラ氏環判読から、周辺刺激へ変換するための処理に用する時間ではないかと考えられる。0.5 sec 間隔と判読が困難な条件程 RT が遅れるのは、判読に要する注意(処理)の深さの違いがあるためではないだろうか。この時間延長が、どの過程で起っているかは明らかではないが、網膜上の部位の違いに関りなく平行増加していることから網膜レベル以降の過程であると考えられるが、反省報告では、視野が狭くなった、暗くなったと報告していることから、網膜レベルも関与していることが考えられる。

次に固視標近傍の RT は提示部位を予知している場合には実験 1-2 と同様 4°、6° と短縮(図 8 ●→)しているが、中心固視の負荷によって逆に延長することは、静止条件では可能であった提示部位への注意の配分が、ラ氏環の判読に注意を集中することによって困難になるため、固視標の持つ抑制効果の影響を受けるためではないだろうか。4°、6° が延長する結果は 6 名の被験者すべてにみられる傾向である。予知していても、負荷によって 4°、6° と RT が延長するという結果は、提示部位への注意の配分という心理的要因が RT を短縮させているのではないかとした実験 1-2 の考察を裏付けたものと考えられる。

網膜上 8° の部位の RT は静止条件、及び 2 つの負荷条件のいずれにおいても、予知と予知のない条件の間の RT の差は全くみられない。これは、同一条件で行った実験 1-2 でも、8° の差は 3.7 msec (10%) であり、これを同一刺激光による 10° ~ 80° の 2 つの条件の差(図 6) の 7 msec と比較しても少ない傾向である。この 8° における両者の差が少ないことは、特に予知していない場合の RT が、他の網膜部位、なかでも 10° と比較

した時、やや大きく短縮するためと考えられる。これは 8° は固視標により抑制されていると考えられる 6° 附近までの網膜部位の外縁にあたるため、8° に提示される刺激光は強調されて知覚され、その際、予知していないことによって、より強調されるためではないかと考えられる。

実験 2-1 から負荷による RT の延長傾向が明らかになったので、実験 2-2 (図 10, 11, 表 8, 9, 10) では刺激条件の違いによる影響と、20°, 60°, 80° という網膜周辺部の RT についてみたものである。結果は実験 2-1 と同様に刺激条件の違い、及び、網膜上の部位の違いに関らず、平行増加関係で RT は延長することが明らかとなった。延長時間は平均 82.4 msec と実験 2-1 と同値であった。しかし、刺激条件の違いでは、16 nit → 8 nit という輝度差の少ない条件の延長は大きく、25°/sec という動きの条件の RT の延長は少ない傾向がみられる。20°, 60°, 80° という周辺部位を用いたのは、固視の負荷による視野狭窄が周辺部の RT に影響を及ぼすことを予測して設定したものである。しかし、実験 2-2 の予備練習の当初には、負荷によりすべての被験者が視野狭窄、特に 80° の部位に提示されている刺激光 (16 nit) を知覚できないことを訴えているが、次第にその存在を知覚し反応できるようになる。従って確かに視野狭窄現象は一過性に起るが、実験条件に馴れるに従い負荷のない静止条件と同様の視野を保てるようになっていく。実験結果は予備練習後の安定した状態下でのデータであるので、初期における視野狭窄に伴う反応の遅れが含まれていないことが、20°, 60°, 80° の増加率に差がないという結果となったものと考えられる。

図 12 に示したように、負荷条件による増加率には個人差が大きい。実験 2-1 でもそれぞれの被験者の増加率は共通の傾向を示している。実験 2-2 の被験者 (5 名) は実験 2-1 (6 名) と同じ被験者を用いているため、実験条件には充分馴れているが、実験 2-1 とほぼ同様の増加率が存在している。なかでも、実験 2-1 で用いた被験者のうち 1 名は、予備練習の過程で、負荷が設定されると 80° の部位の刺激光を知覚することがで

きなかったため、実験2-2の被験者からは除かざるを得なかった。このように負荷により増加率に大きな個人差が存在することは、ラ氏環判読と周辺刺激光という2つの課題への注意配分の違い、言い換えれば、中心視での負荷をいかに少ない負担で処理し、周辺視へ注意を配分できるかという能力に依存するものと考えられる。本実験条件では、電鍵手押の Simple RT であるにもかかわらず大きな個人差がみられることから、これが中心視での課題を増したり、周辺視での弁別、選択という更に複雑な条件では個人差が拡大することは間違いなく、視野内での注意配分能力という点からスポーツ適性等に利用できることが推測される。本実験結果はこれらの基礎となるものと考えられる。今後更に実験条件を複雑にして練習効果及び個人差について究明を進める。

3 実験3の考察

実験1-1では刺激光の点灯と 16 nit → 4 nit の輝度変化に対する RT の差は、いずれの網膜部位においてもみられなかったので更に条件を変えて刺激光の on, off に対する RT をみたのが実験3 (図13, 表11, 12) である。一般的に刺激光の大きさが同じならば、輝度の高い方が RT は速く²⁾、輝度が同じならば、刺激光が大きい方が速い^{18, 19)} ことが明らかにされている。又、鈴木²⁾ は輝度変化に対する RT は、輝度差が大きい程 RT は速いことを報告している。本実験結果で得られた輝度差が大きい程、又、点灯する時の輝度が高い程 RT は速いということは上記の報告を再確認したものと考えてよいであろう。

同じ刺激光 (1°, 16 nit) でも、off → on と on → off のいずれが RT が速いかについては、図13の off → 16 nit (●—●) と 16 nit → off (○---○) で比較することができる。結果はいずれの部位においても 16 nit → off の方が 0° ~ 80° の網膜部位の平均値で 4 msec 速い。off → 16 nit の条件は予知条件で行っているの、前述した予知していないことによる約 7 msec の RT の遅れは含まれていない。平均 4 msec の差が何に起因するかは明らかではないが、RT は継次的な刺激における刺

激の大小という前後の刺激条件に左右されることが明らかにされている。このことから、16 nit → off では反応前に 16 nit の刺激光がすでに網膜上を照射しており、このことが被験者の反応を促進させ、結果として 4 msec 程度の RT 短縮をもたらすのではないかと考えられる。

V 要 約

本研究は、中心視と周辺視という異なる視機能の分担、連繋について、中心視が周辺視に如何なる影響を及ぼすかを周辺視反応時間 (以下、RT) をその測度として明らかにしようとしたものである。実験1-1, 1-2では、それらの基礎となる刺激条件の違いによる RT について、網膜部位との関係から明らかにしようとした。実験2-1, 2-2では中心視に負荷 (ラ氏環判読) を設定した場合、負荷と RT の関係をみようとしたものである。主たる実験条件は、明所視 (照度 400 Lux)。右眼網膜上鼻側、水平方向、0°, 4°, 6°, 8°, 10°, 20°, 40°, 60°, 80° 周辺刺激、視角 1° (16 nit Yellow)。固視標は視角 1.7° のラ氏環。中心固視の負荷条件は、ラ氏環の切れ目の方向が 1.0 sec、及び 0.5 sec でランダムに変化 (有声判読させた)。

1) RT は 0° (Fovea) が最も速く、周辺になるに従い延長することが明らかとなった。延長は、0° → 20° 間で約 10 msec, 20° → 40° 間はほとんど延長せず、60° → 80° 間で再び 10 msec 程度延長する。刺激条件の違いによって、この延長傾向に違いはみられない。

2) 静止している刺激光が動き出す場合 (移動条件) の RT は、動きの速度が速い程 RT はより短縮した。速い程短縮することは、いずれの網膜上の部位でも同様であり、移動速度の違いによる RT の差はほぼ一定であった。

3) 静止している刺激光が移動する条件と、点灯や、輝度変化という on, off による刺激間の RT の違いは、本実験条件では、すべての網膜部位で 40°/sec と 100°/sec の移動条件の間に、点灯、輝度変化に対する RT があった。点灯条件に対する RT が速いか、動きの条件が速いかは、実験条件に依存することが明らかとなった。

4) 刺激が提示される部位を予知している場合は、予知していない場合より、いずれの網膜部位でも予知している方が RT は速く、その差は約 7 msec であった。

5) 固視標近傍の RT は提示部位を予知していない条件では、固視標の抑制効果による影響と考えられる固視標近傍の 4°, 6° の部位の RT が延長するのに対し、提示部位を予知している場合には 4°, 6° は、周辺 8°, 10° より短縮し予知と予知のない場合で異なる傾向を示した。

6) 中心視に 1.0 sec 間隔、及び、0.5 sec 間隔でランダムに切れ目の方向が変化するラ氏環を有聲判読する負荷を設定すると、RT は負荷のない条件の RT に、1.0 sec 間隔で 70 msec, 0.5 sec 間隔で 83 msec を一率加算した有意な平行増加関係がみられた。

7) この RT の延長は、固視標の近傍、あるいは、20°, 60°, 80° の周辺部という網膜上の部位に関りなく、又、提示部位を予知しているか否か、及び周辺刺激の違いに関りなく一率に延長する。この時間延長は、注意を中心視によるラ氏環判読から周辺刺激に切り換えるための中枢での処理時間ではないかと推測される。

8) 中心視に負荷が設定された時の RT の増加率には、2つの課題に対する注意の配分に依存すると考えられる大きな個人差がみられることから、本実験方法は視野内の注意配分という点からスポーツ適性に利用できるものと考えられる。

9) 刺激光が点灯する条件 (off → on) では、点灯する刺激光の輝度が高い程 RT は速い。又、on → off 条件では輝度差が大きい程、いずれの網膜部位においても RT は速い。同一刺激光による off → on と on → off 条件では、on → off の方が速く、その RT の差は平均 4 msec であった。

引用文献

- 1) Berens, American Journal Ophtal 45: 675, 1958.
- 2) 鈴木昭弘, 中心視と周辺視との連繫機能に関する研究, 環境医学研究所年報 18: 115—119, 1966.
- 3) 鈴木昭弘, 周辺視野における動感覚の研究, 環境医学研究所年報 21: 48—52, 1969.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 福田忠彦, CFF で示される中心視と周辺視の感度差, テレビジョン学会誌 32 (3): 210—216, 1978.
- 7) 渡辺 毅, 周辺視の働き, NHK 技術研究月報昭和47年10月: 401—408, 1970.
- 8) 渡辺 毅, 注視点と眼球運動, 応用物理 40 (3): 330—334, 1971.
- 9) 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.
- 10) 鈴木昭弘, 立体動視野の研究, 環境医学研究所年報 16: 100—103, 1966.
- 11) 鈴木昭弘, 動体視機能相互間における連繫能の研究, 環境医学研究所年報 17: 87—89, 1967.
- 12) 鈴木昭弘, 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, 1966.
- 13) Engel, F. L.: Visual conspicuity, directed attention and retinal locus, Vision Research, 11: 563—576, 1971.
- 14) 武内徹二, 池田光男, 視覚の心理物理学 200—204, 森北出版.
- 15) 藤田 厚, スポーツ心理学概論, 69, 不昧堂.
- 16) Jack, D. Rains: Single luminance and position effects in human reaction time, Vision Research, 3: 239—251, 1963.
- 17) Bartlett, N. R. and Macleod, S.: Effects of flash and field luminance upon human reaction time, Journal of opthal Society of America, 44 (4): 306—311, 1959.
- 18) Naoyuki, Osaka: Target size and luminance in apparent brightness of the peripheral visual field, Perceptual and Moter Skills, 41: 49—50, 1975.
- 19) Naoyuki, Osaka: Visual reaction time as a function of target size and retinal eccentricity in the peripheral visual field, Japanese Psychological Research, 18 (4): 183—190, 1976.
- 20) Naoyuki, Osaka: Reaction time as a function of peripheral retinal locus around fovea: effect of stimulus size, Perceptual and Moter Skills, 43: 603—606, 1976.
- 21) William O. Dwyer and Garal S. White: Peripheral area—intensity interaction in simple visual reaction time, Vision Research, 14: 971—974, 1974.
- 22) W. H. Payne: Reaction time as a function of retinal location, Vision Research, 6: 729—732, 1966.
- 23) 須見芳紀, 小林禎三, 吉田公基, 工藤義昭, 周辺視の反応時間について (第 1 報) 北海道教育大学

- 紀要23 (2): 19—23, 1972.
- 24) 大山慈徳, 山田久恒, 石垣尚男, 動体周辺視反応時間に関する研究, 総合保健体育科学 3 (1): 23—33, 1980.
- 25) 河辺章子, 大築立志, 移動視標の方向変化に対する反応時間, 体育学研究24 (4): 301—311, 1980.
- 26) R. S. Schwarb, アーゴノミクス, 大島正光編: 67, 朝倉書店.
- 27) 猪飼道夫編, 身体運動の生理学: 78, 杏林書院.
- 28) 伊藤正男, 島津 浩編, 高次脳機能と中枢プログラミング, 現代の神経科学 3: 138, 産業図書.
- 29) 鈴木昭弘, 網膜各部位の光反応時間に就て及び中心外視力との関係, 環境医学研究所年報4: 63—65.
- 30) Vilter, 応用物理学会, 光学懇話会編, 生理光学: 8, 朝倉書店.
- 31) 内山道明, 石川澄子, 視野における刺激出現方位と感覚時間及び反応時間の関係について, 第8回人間工学研究発表会抄録集
- 32) 内山道明, 石川澄子, 周辺視の知覚特性について, 第9回人間工学研究発表会抄録集
- 33) 和田陽平, 大山 正, 今井省吾編集, 感覚+知覚ハンドブック, 感覚の誘導場: 504—531
- 34) Donald A. Norman, 富田達彦訳, 記憶の科学, 紀伊国屋書店.
- 35) David E. Rumelhart, 御領 謙訳, 人間の情報処理, サイエンス社.

(1981年12月22日受付)