

視野と周辺視反応時間の関係について

石 垣 尚 男

The Relationship Between the Visual Field and the Peripheral Visual Reaction Time

Hisao ISHIGAKI

From this study we got the relationship between the visual field and the peripheral visual reaction time (RT) about the fixation target as follows.

When we indicate the extensive of the visual field : V° , the stimulus loci : S°

- 1 In comparison with the same stimulus loci (visual angle) of the fixation target, the smaller the ratio of S°/V° is the faster the RT is.
- 2 In comparison with the different stimulus loci (visual angle) of the fixation target, where the ratio of S°/V° is same, the RT becomes same.
- 3 IT comes from the fact that the same brightness stimulus can be perceived as the different brightness according to the difference of the visual field of the fixation target.

I 目的

Rains¹⁾によれば、周辺視反応時間の研究は、Hall and Von Kreis (1879) が自分達を被験者として、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・暗順応下、FoveaとPeripheral retinaの部位、NasalとTemporal、網膜上の方向、刺激の大きさや強度の関係などについて研究が行なわれている。

石垣²⁾は、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(刺激光の on, off, 輝度変化, 移動)による反応時間(以下、RT)の差や、刺激が提示される部位を予知しているか否かによるRT差、及び、固視標近傍部のRTなどについていくつかの知見を明らかにしている。

しかし、網膜上の方向については、網膜上鼻側(Nasal)とコマカミ側(Temporal)という水平方向の違いをみたものが多く、中心窩の周りの網膜上の方向、すなわち視野の方向とRTの関係を見たものは少なく³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾、又、そこには明確な知見はみいだされていない。そこでこの研究は、網膜上の方向と網膜部位の関係によってRTがどのように異なるのかを明らかにし、そこに関する要因を考察しようとするものである。

II 実験方法

1 実験装置

実験装置は前報の研究²⁾と同様、図1に示す多用途動



図1 実験装置

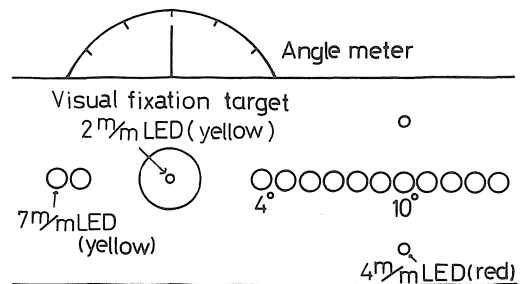


図2 固視標と周辺視標装置

体視野計を用いた。

A 固視標

前報の研究では、固視標として発光ダイオードで作ったランドルト氏環(1.7°, 16nit, Yellow)の切れ目(20°

を用いたが、前報の結果から、この大きさの固視標では、固視標近傍部の網膜に抑制効果を及ぼすことが考えられることから、本実験では固視標の影響を避けるため、図2に示す2m/mのLED(16nit, Yellow, 20)を用いた。周辺視標条件は前報と同様である。

B 背景視野

多用途動体視野計はつや消し黒色塗装で、視野計スクリーン上は400Luxに統一した。視野計の背後には白色ボードを用い背景色を統一した。

2 被験者

全実験を通じ、眼疾患のない19才男子大学生5名(同一被験者)を用いた。被験者は視力1.0以上を有し、眼鏡等により矯正していない。被験者の左眼を遮幣し、右眼のみを用いた。

3 手続き

前報の研究で明らかにされたように、刺激の違いによるRTの差は数msecである。又、網膜部位の差も数msec~20msec程度である。これに対し、被験者の注意の散漫などによるRTの増加はこれらを大きく上廻るため、被験者の注意や集中力がコントロールされなければRTは大きく変動する。そこで本実験では、被験者の刺激に対する注意をできる限り集中させるため、周辺視標をあらかじめ視野内に提示し、被験者には視標を固視しつつも、注意は周辺視標に向けるように要求した。又、被験者が集中できなかった状態での反応であると判断した場合には、被験者に申告させ、その反応を除外して、その後の試行に組み入れた。測定値は95%信頼限界の棄却検定により処理した。尚、本研究では、固視標(点)と周辺視標を結ぶ方向を視野方向として用いることとする。

III 実験結果

主実験：視野方向とRTの関係

- A 視野方向：図3に示す右眼静視野，上(90°)，上45°(45°)，右(0°)，下45°(315°)，下(270°)の5方向
- B 提示部位：各方向の視角10°，40°，60°，ただし上方向60°については視野外となるため除外，計14カ所
- C 周辺視標刺激条件：提示されている(静止)周辺視標(1°，16nit, Yellow)が図3に示すように視野内方，又は外方に移動する。移動する時の速度は16/sec，66/secの2条件
- D 全実験を通じ，被験者の反応は電鍵手押
- E 各条件 Random に5回測定

結果

結果を図4に示す。まず、視角10°，40°，60°の部位についてみると、いずれの視野方向においても10°<40°<60°

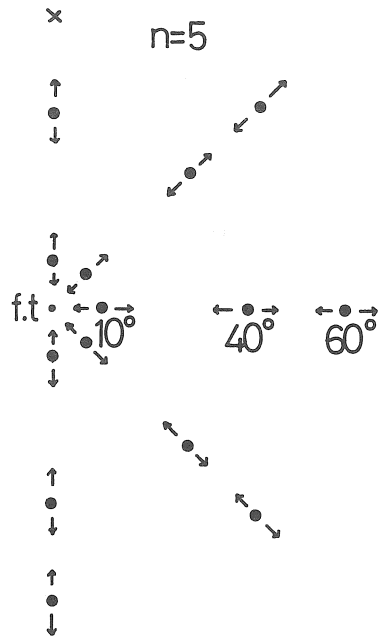


図3 視野方向と提示部位(主実験)

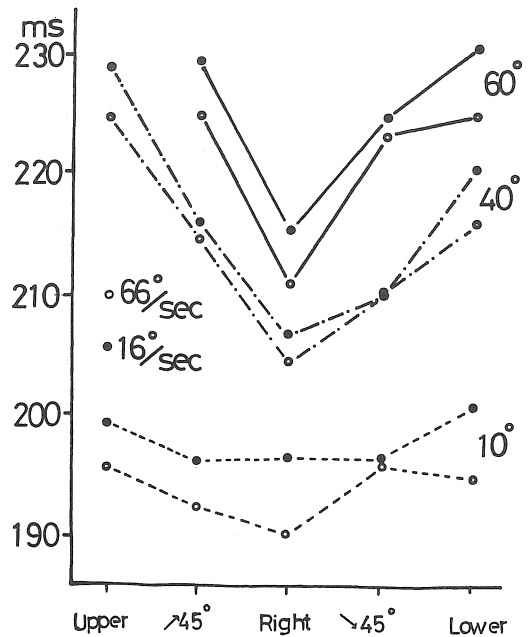


図4 視野方向,提示部位,速度条件の関係(主実験)

のRTであり、明所視では中心窩に近い部位ほどRTは速く、周辺になるに従いRTは延長するという、前報と同じ結果となっている。次に提示されている(静止)視標が動き出すという刺激条件による違いをみると、いずれの視野方向、及び視角(10°，40°，60°)においても、66/secの方が16/secよりRTが速い。このことは、移動する時の視標速度が速い方がRTは速い(前報では100/

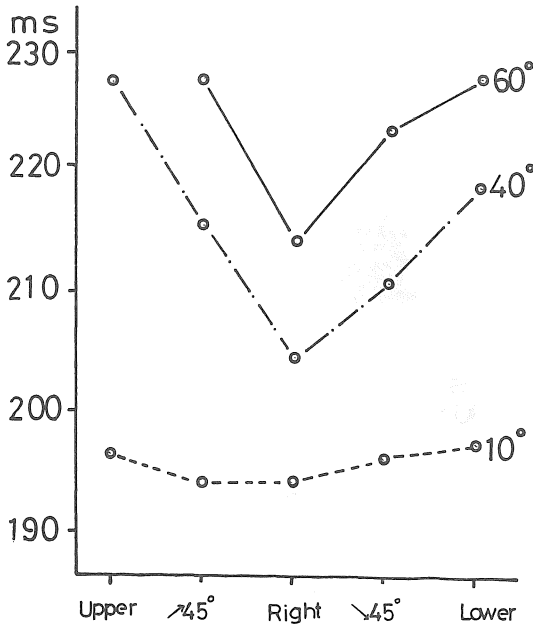


図5 速度条件を平均した場合の結果

表1 10°, 40°の分散分析

変 動 因	平方和(SS)	df	平均平方(MS)	F	
主 効 果	A (方向)	847.2	4	211.8	3.007*
	B (部位)	4667.7	1	4667.7	66.286***
	C (個体)	2627.1	4	656.8	9.327***
交 互 作 用	A×B	520.4	4	130.1	1.848
	A×C	666.7	16	41.7	0.592
	B×C	191.7	4	47.9	0.681
	Error	1126.7	16	70.4	
全体	10647.5	49		* 5 % *** 1 %	

sec<40°/sec<16°/sec) という前報での結果を更に裏付けるものである。以上のことから、右方水平方向にみられた、中心窩に近い部位ほど RT は速いこと、及び、静止している視標が動き出す時の速度が速いほど RT は速いという前報での知見は、今回の結果から、いずれの視野方向においても適用できることを示唆しているものといえよう。

次に、視野方向によって RT にどのような違いがみられるであろうか。図4の16°/sec, 66°/secの速度条件の RT を平均したのが図5である。表1は10°, 40°についての分散分析である。まず、10°についてみると(図5)、右が最も速く、上、下方向の RT がやや遅いが、各視野方向間には有意差はなく傾向ははっきりしていない。これ

を平均値ではなく、16°/sec, 66°/secのそれぞれの速度条件でみると(図4)、66°/secでは右が最も速く、上と下の RT は右よりも約5~6 msec RT は増加しており、視野方向間の傾向は明確である。従って、固視点の囲りの10°ですでに右が最も速く、上・下方向では RT は遅く、斜め45°方向ではその中間的傾向であると考えてよいであろう。40°, 60°では10°での視野方向間の傾向は更に顕著になっている。40°の RT は右が最も速く、次に下45°, 上45°, 下, 上の順である。同様に60°でも右が速く、次に下45°, 上45°, 下の順で40°と全く同じ結果となっている。つまり、10°でみられる視野方向間の違いは、40°, 60°の周辺部になるに従い、更に顕著になり、各方向間の RT 差は拡大し、なかでも上・下方向の RT の増加が著しいことを表わしている。又、右<下45°<上45°<下<上という RT の順序は、右が最も広く、次に下45°, 上45°, 下, 最も狭いのが上という単眼の静視野⁹⁾の広さの順序と一致しており、視野の広い方向ほど RT は速いという結果となっている。従ってこの結果は、各視野方向の RT はその方向の視野の広さと何らかの関係があることを推測させるものである。そこで以下の3つの補足実験を行いこの関係について更に究明を進めた。

補足実験1：視野方向90°~0°の視野の広さと RT の関係

RT 測定

- A 視野方向：図6-2に示す90°(上), 75°, 60°, 45°, 30°, 15°, 0°(右)の15°ステップの7方向
- B 提示部位：視角40°
- C 周辺視標刺激条件：提示されている視標(主実験と同)が点滅
- D Randomに10回測定

視野測定

上記C光の1°ごとの閾値測定(上下法)

結果

主実験の結果から視野の広い方向ほど RT は速いことが明らかとなったが、視野方向は5方向と少なく、具体的な視野測定を行っていないことから両者の関係は不明確である。そこで主実験の結果、最も RT の遅い上方向(90°)と最も RT の速い右(0°)の間の15°ステップごとの視野の広さと RT を測定し、両者の関係をみた。視角40°としたのは、上方向では視角40°は視野の限界に近いので、より視野との関係を明らかにすることができるものと考えられるためである。

結果を表2, 図6に示す。表3は分散分析結果である。表2の()内は90°を1.00とした時の相対値である。結果は RT は90°(上)から0°(右)へとほぼ直線的に速く

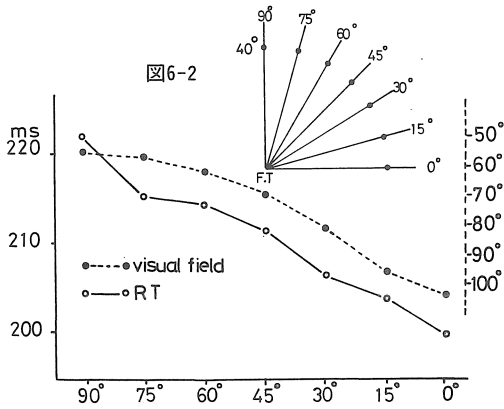


図6 15°ステップごとの視野とRTの関係 (補足実験1)

表2 補足実験1の結果

	msec						
	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
RT	222.4	216.6 (1.03)	214.8 (1.04)	211.7 (1.05)	206.5 (1.08)	203.4 (1.09)	199.9 (1.11)
視野	54.6°	56.2° (1.03)	61.4° (1.12)	70.4° (1.29)	83.0° (1.52)	96.6° (1.77)	103.2° (1.89)

表3 補足実験1の分散分析

変動因	平方和(SS)	df	平均平方(MS)	F
処理(方向)	1888.7	6	314.8	7.854***
個体	1661.9	4	415.5	10.366***
残差	961.9	24	40.1	

全体 4512.7 34 *** 1%

なっている。15°ステップごとのRTの短縮時間は平均3 msecである。これと同様に視野の広さも90°(上)で54.6°, 60°で61.4°, 30°で83.0°, 0°で103.2°というように90°から0°になるに従い視野は次第に広がっている。つまり、固視点の囲りのRTは、同一視角であるならば明らかに視野の広い方向ほどRTは速いという関係にあるということができよう。では何故RTは90°→0°と視野が広がるに従って速くなるのであろうか。5名の被験者の内省では一様に90°から0°に視野方向が変移するに従って提示されている視標の明るさが次第に明るく感じられるようになる」と報告している。又、内省のみを求めた予備実験でも、固視点の囲り10°においても視野方向によって明るさに違いが認められ(特に上と右の差)、視角が20°, 30°, 40°と周辺部になるに従い明るさの違いがより著しくなると報告している。つまり、同一視角の部位であっても、視野の狭い方向では相対的に視標を暗く(内

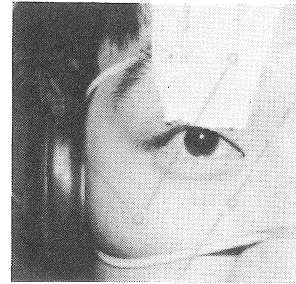


図7 眼瞼挙上の方法

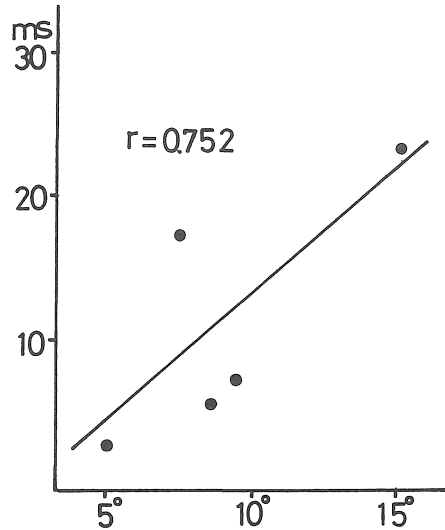


図8 眼瞼挙上による拡大視野と短縮時間の関係 (補足実験2)

表4 眼瞼挙上による視野とRTの平均値

正常眼	眼瞼挙上	差
224.6msec	213.2msec	-11.4msec
53.6°	62°	+ 8.6°

省では白っぽくと報告する例もある) 知覚し、視野の広い方向では明るく知覚することがRTに直接関する要因であることが考えられる。

補足実験2: 眼瞼挙上とRTの関係

RT測定

- A 視野方向: 上(90°)
- B 提示部位: 視角40°
- C 周辺視標刺激条件: 補足実験1と同
- D Randomに正常眼10回, 挙上眼10回

視野測定

正常眼と挙上眼で、補足実験1と同様に測定

結果

補足実験1から視野の広狭によって視標の明るさが異

なって知覚されることが RT の変動に起因するとすれば、上方視野の広さを決めている眼瞼を挙上して、視野を拡大しても RT は短縮するはずである。結果は予測したように図 7 の眼瞼挙上の方法により、視野は正常眼視野より平均 8.6° 拡大し、RT は 11.4msec 短縮した。被験者の内省も、補足実験 1 と同様、眼瞼挙上により、周辺視標は明るく知覚されると報告している。図 8 は 5 名の被験者の拡大した視野の広さと RT の関係をみたものである。被験者数が少ないため有意ではないが、両者には $r = 0.752$ の高い相関関係がある。つまり、上方向(90°)では、視野の拡大に比例して RT は短縮することを示している。補足実験 2 の結果は、補足実験 1 の結果を更に裏付けるとともに、視野の拡大→明るさの増加→RT 短縮の相互関係の存在を示唆している。

補足実験 3：視野と周辺視標の相対的位置と RT の関係

- A 視野方向：視野方向 90°, 60°, 30°, 0°
- B 提示部位：視野方向 90°では視角 20°, 40° 60°では視角 23°, 45° 30°では視角 31°, 61° 0°では視角 38°, 75° の 8カ所
- C 周辺視標刺激条件：補足実験 1, 2 と同
- D Random に 10 回測定

結果

補足実験 1, 2 の結果から、固視点の囲りの同一視角(40°)に提示されている同一輝度の視標であっても、その視野方向の視野の広さが異なれば、明るさが異なって知覚され、それが RT の変動に起因していることが推測

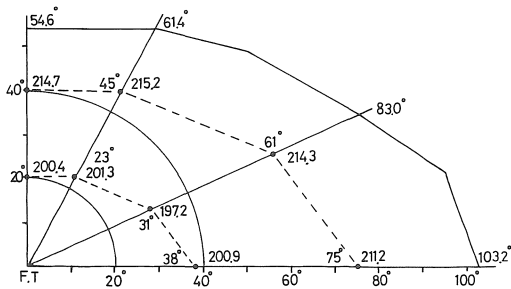


図 9 視野の広さと提示部位の位置関係とその RT (補足実験 3)

表 5 相対的に同一位置となる各視野方向の提示部位と RT の平均値

	msec							
方向	90°		60°		30°		0°	
視野の広さ	54.6°		61.4°		83.0°		103.2°	
提示部位	20°	40°	23°	45°	31°	61°	38°	75°
RT	200.4	214.7	201.3	215.2	197.2	214.3	200.9	211.2

された。このことは逆に、視野と視標の位置関係が、各視野方向において相対的に同一位置になるように視標を提示したならば、明るさは同じように知覚され、結果として同じ RT となることが予想される。そこで、図 9, 表 5 に示すように、視野方向は 90°, 60°, 30°, 0° の 4 方向とし、視角は 90°(上)の視角 20°, 及び 40° を基準として、各方向 60°, 30°, 0° の視野の広さ(表 2)と相対的に同一位置となるように、視角 20° については 23°, 31°, 38°, 視角 40° については 45°, 61°, 75° に提示した。結果は予測したように、90°(上)の視野の広さ(54.6°)と相対的に同一位置となる 20°, 23°, 31°, 38° の RT はほぼ同一の 197~201msec であった。同様に 40°, 45°, 61°, 75° の RT は 211~215msec とほぼ同じ結果となった。又、被験者の内省からも、これらの位置関係では、視標の明るさはほとんど同じように知覚されるという結果が得られている。補足実験 3 の結果は、相対的に同一位置に提示されれば、ほぼ同じ RT となることを示しており、固視点の囲りの RT を決定する要因は、視野の広さと視標との相対的な位置関係における視標の明るさの知覚にあることを示唆するものといえよう。

IV 考察

視野方向と RT の関係についての研究では、網膜上鼻側とコメカミ側という水平方向間の違いを錐体、桿体細胞の密度分布の関係から考察したものが多く、本研究のように、固視点の囲りの視野方向全般について、視野との関係から考察したものは少ない。本研究と同様に視野方向を 5 方向、視角は 10°~60° について調べた鈴木⁹⁾の研究では、下方視野が最も RT が速いとしており、本実験と結果を異にしているが、各条件によって RT の速い方向が異なり統一性がみられていない。又、2 名の被験者を用いて、視角 30° について 30° ステップごとに 12カ所について調べた OSAKA⁹⁾の研究からは、上・下方向より右の RT が速く、上と下では上の方が速いという結果となっているが、本実験条件と異なる暗所視、両眼視、視標条件の違いなどから直接の比較はできない。

ここで、本実験結果より得られた視野と RT に関する知見を要約すると以下のようなものである。主実験で得られた、視野の 5 方向での右<下 45°<上 45°<下<上という RT の順序が、その視野方向の視野の広さの順序と一致したという結果は、補足実験 1, 2 の、視野の広い方向など RT は速いという結果により更に裏付けられ、RT の変動は、視野の広狭により、視標の明るさが異なって知覚されることに起因することが推測された。更に、補足実験 3 からは、具体的に RT は、視野方向の視野の広さと視標との相対的な位置関係に依存するものと考えられ

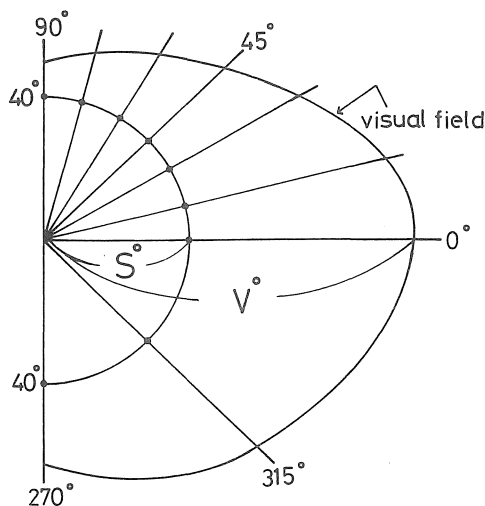


図10 単眼視野と提示部位の相対的位置関係

た。

以上を図10で説明すると、視野の広さを V° (visual field)、視標の位置を S° (stimulus) とするとき、以下の関係になりたつと考えられる。

A 固視点のまわりの同一視角であるならば、 $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ が小さいほど RT は速く、大きいほど RT は遅い。

1) 従って、視角が小さく、固視点に近いほど視野方向間の $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ の差は小さくなるため、RT の方向間の差は少なくなる。これは、主実験での視角 10° で視野方向間の RT 差が少なかったことと一致する。

2) 視角 (S°) が大となる (周辺部) と、 V° の小さい (視野の狭い) 視野方向では、 $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ がより大となるため、視野方向間の RT の差はより拡大する。これは、主実験で、 40° 、 60° と周辺部になると、視野の狭い上、下方向での RT が大きくなり、 10° と比較して、他の視野方向との差が拡大したことと一致する。

B 同一視角でない場合、 $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ の比率が同じであれば同じ RT となる (補足実験3)

本研究では、RT の変動には、視野と視標との相対的位置関係により、視標の明るさが異なって知覚されることに起因すると推測したが、あくまで被験者の内省に基づくものであり、更には厳密な明るさの知覚測定の結果を待たなければならないが、視野という外的な枠組の影響と考えられる点については、Künapas⁹⁾の視野の楕円形効果の研究があげられる。Künapas は自然視野の枠組を、体位を横に 90° 傾けて、縦長楕円にすると、横長楕円での垂直線分過大視が、逆に水平線分過大視になるという結果から、視野の広がりの方が見えの大きさを決定するとしている。本研究での知見が、視野の枠組との関係によってのみ成立するものであるかは、更に、暗室内

で視野の枠組の影響を少なくした条件、人工視野、体位変換などの条件下での知見が必要となろうが本研究結果は、固視点の周りの視野と RT の関係についての基礎的な知見を示し得たものと考えられる。

V 要約

右眼視野を用いて、固視点の周りの周辺視反応時間 (RT) について、視野の広さと RT の関係を中心として実験を行ない、以下の基礎的な知見を得た。

- 1 固視点の周りの同一視角に提示されている視標 (S°) に対する RT は、その視野方向の視野 (V°) が広いほど RT は速い。
- 2 従って 1 は $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ の比が小さいほど RT は速いといえることができる。
- 3 同一視角でない場合、 $\frac{S^\circ}{V^\circ}$ の比が同じであれば同じ RT となる。
- 4 これらの関係は、単眼視野内のすべての方向及び視角について適合するものと考えられる。
- 5 上記は同一視角に提示されている同じ輝度の視標であっても、視野の広さと、視標との相対的な位置関係によって、視野の狭い方向では相対的に暗く、広い方向では明るく知覚されるという現象に起因するものと推測される。

引用文献

- 1) Jack, D. Rains : Single luminance and position effects in human reaction time, *Vision Research*, 3 : 239-251, 1963
- 2) 石垣尚男他 1 名, 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, 総合保健体育科学第 5 巻 1 号 : 13-34, 1982
- 3) 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
- 4) Naoyuki, Osaka : Reaction time as a function of peripheral retinal locus around fovea : effect of stimulus size, *Perceptual and Motor Skills*, 43 : 603-606, 1976
- 5) W. H. Payne : Reaction time as a function of retinal location, *Vision Research*, 6 : 729-732, 1966
- 6) 内山道明他 1 名, 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
- 7) 内山道明他 1 名, 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
- 8) 荻原 朗 : 眼の生理学, 第 8 章視野, 246-280, 金原出版

9) Künapas : 知覚的世界の恒常性IV, 秋重義治編, 444
-450, 以文社

(受理 昭和58年1月16日)