

## 網膜傍・周中心窩の光感性の様相

石 垣 尚 男

# The Aspect of the Brightness Sensitivity in the Parafovea and Perifovea

Hisao ISHIGAKI

### Summary of experiment 1

Using the reaction time method, the brightness sensitivity of 15 retinal loci in the perifovea around the fovea were measured.

Stimulus condition: 5', 16Nit, 100msec, photopic vision

Stimulus retinal locus: 6°, 8°, 10° from the fovea, 5 directions on the perifovea in the right eye

Subject: 10 right hand dominant subjects

### Results

The nearer to the fovea the retinal locus was, the better the brightness sensitivity in the perifovea was.

The brightness sensitivity from the nasal retina to the superior retina was better than that from the nasal retina to the inferior retina.

The brightness sensitivity in the inferior retina was worse than that of the other retinal loci.

## I. 目 的

反応時間法（潜時法）を用いた網膜各部位の光感性についての研究の多くは、網膜上鼻側（nasal retina）とこめかみ側（temporal retina）についてのものが多く、網膜中心窩（fovea）の周りの各部位についてみたものは少ない。Osaka<sup>1)</sup>は暗所視下で、中心窩の周りの視角30°について、30°ステップごとの12カ所の網膜部位の反応時間（以下、RT）を調べている。これによれば、nasalやsuperior retinaのRTは、temporalやinferior retinaより有意に速いと報告している。又、鈴木は<sup>2)</sup>、網膜上5方向の視角10°~60°のRTを調べ、superior retinaのRTが最も速いとしている。又、石垣は<sup>3)</sup>、右眼の右半視野の10°~60°のRTを調べている。RTは固視点の周りの同一視角であるならば、その刺激が提示される視野方向の視野が広いほど速いという関係があり、視野周辺部ほどこの傾向が顕著であることから、視野周辺部（網膜周辺部）の光感性の等感曲線は円形ではなく、楕円形であることを推測している。同時に、視角10°という近傍部においても方向による差が僅かながら認められることから、中心窩の近傍部網膜の不等光感性の予測をしている。

この中心窩の周りの傍中心窩（parafovea）や周中心窩（perifovea）の光感性はどのようになっているのであろうか。古田<sup>4)5)</sup>はTübinger perimeterを用いて視角30°ま

での水平、垂直、45°、135°経線の各波長に対する精密な視標識別閾値をみている。結果を視角10°までの近傍部に限ると、波長によって異なるが、nasal retinaはtemporal retinaより閾値が低く、superior retinaはinferior retinaより閾値が低い傾向がみられている。光感性をみたものではないが、2°~14°での網膜上の動きに対する速度閾値は楕円形であるとするMcColgin<sup>6)</sup>の報告や、視角2°、4°、6°における図形の類似性や同一性の判別閾値は楕円形をしているとするCohenら<sup>7)</sup>の報告なども、中心窩近傍部網膜の不等感性を示唆するものではないかと考えられる。そこで、実験1において、中心窩の周りの網膜周中心窩の光感性が等感であるか否かを反応時間法を用いて確かめる。

次に、中心窩に投げられる刺激図形は、その近傍の小光点の光覚閾に影響を及ぼし、図形の近傍で光覚閾が上昇することは場の効果<sup>8)</sup>として知られている。場の効果は一般に中心窩内での現象であるが、実験2で、中心窩への刺激が、傍中心窩や、周中心窩にどのような影響を及ぼすかについて反応時間法を用いて検討する。

## II. 実 験

### 実験1：周中心窩の光感性について

#### 1. 実験装置・方法

##### A. 装置：前報<sup>3)</sup>と同様の多用途動体視野計

- B. 固視標：2 m/m の LED (16Nit, Yellow, 20)
- C. 周辺刺激条件：黒色塩基板に0.5m/m(視角 5°)の  
小点をあけ<sup>9)</sup>, 1°, 16Nit Yellow の LED の中心を  
マスキングした。刺激時間100msec
- D. 方向：右眼単眼の右半視野(左半網膜)の上  
(inferior), 上45°(135°), 右(nasal), 下45°(45°),  
下(superior)の5方向
- E. 提示部位：視角 6°, 8°, 10°の計15カ所。尚, polyak  
の分類によれば, 周中心窩は9°10'までで, 10°は近周  
辺部となるが, ここでは周中心窩として扱った。
- F. 室内条件：照度200lux の明所視
- G. 被験者：眼疾患のない大学男子10名。利き手(右  
手)による電鍵手押動作
- H. 反応：方向(5)×部位(3)につき random に20  
回, 計300回, 方向×部位の組み合わせは被験者ごとに  
カウンターバランスされている。
- I. 手続き：その他の実験方法及び手続きは前報と同  
様

2. 結 果

図1は, 結果を10名の平均値で表わしたものである。  
表1は分散分析。まず結果を6°, 8°, 10°の視角につい  
てみると, いずれの方向においても RT は6°<8°<10°の  
順であり, 中心窩に近いほど RT は速い。下位検定の結  
果, 右(右視野, 以下方向は視野方向)では, 6°, 8°,  
10°間の有意差はないが, 他の方向ではそれぞれ, 上では

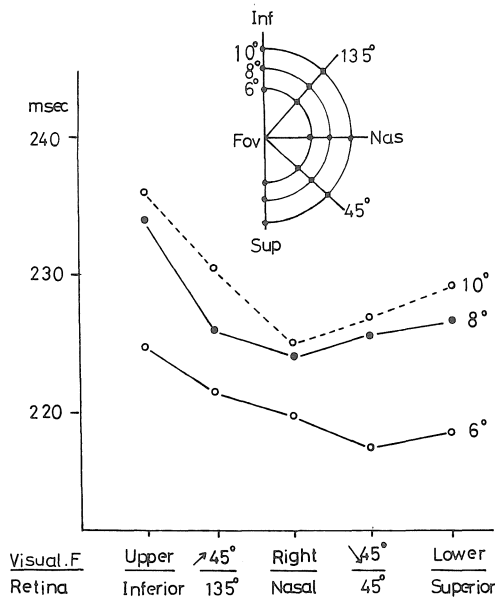


図1 実験1 網膜周中心窩15カ所の R T の平均値

表1 実験1の分散分析

変動因	S S	df	MS	F
A (方向)	1436.3	4	359.1	9.852***
B (部位)	2326.5	2	1163.2	31.913***
C (個体)	44646.6	9	4960.7	136.099***
A × B	137.3	8	17.2	0.471
A × C	3152.9	36	87.6	2.403***
B × C	500.0	18	27.8	0.762
Error	2624.4	72	36.4	
全 体	54824.1	149		*** 1%

6°と8°に5%, 6°と10°(1%), 上45°では6°と10°(5%), 下45°で6°と8°(5%), 6°と10°(1%), 下では6°と8°(5%), 6°と10°(1%)の有意差がある。次に方向間の差であるが, まず6°では下45°の RT が最も速く(上との間に5%), 上, 上45°より, 下45°, 下の RT が速い傾向がある。8°では右の RT が最も速く(上との間に5%), 次に下45°, 上45°, 下, 上の順であるが, 上の RT が大きいのを除いてその差は少ない。これに対し10°では各方向間の差が顕著に表われている。右が最も速い(上との間に1%)のは8°と同様であるが, 6°にみられた下45°, 下の RT が上45°, 上より速いという傾向が10°ではより明確である。

以上の結果をまとめると, RT からみた周中心窩の光感性は中心窩に近いほど感度が良く, 又, 網膜上の方向では nasal から superior retina にかけての左上半網膜(右下半視野)にかけての光感性は, nasal から inferior にかけての左下半網膜(右上半視野)より良いことが示

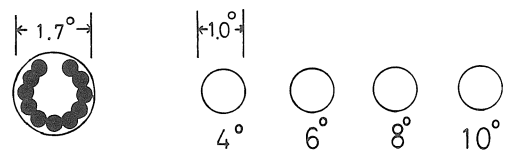


図2 実験2で用いた固視標と周辺刺激

表2 実験2-1 A, Bの分散分析

変動因	S S	df	MS	F
A (方法)	1411.2	1	1411.2	85.426***
B (部位)	147.9	3	49.3	2.984*
C (個体)	27188.9	9	3020.9	182.874***
A × B	519.5	3	173.2	10.482***
A × C	272.0	9	30.2	1.829
B × C	503.1	27	18.6	1.128
Error	446.0	27	16.5	
全 体	30488.6	79		* 5% *** 1%

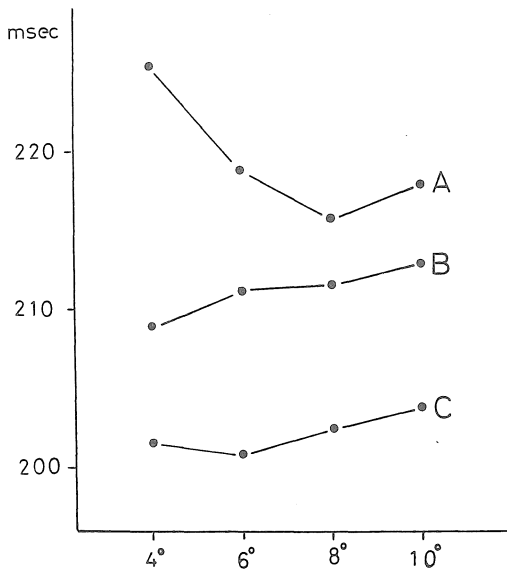


図3 実験2-1 提示部位を予知しているか否かによるRTの平均値

唆される。又、inferior retina (上視野) は明らかに光感性が劣ることを示している。

#### 実験2：網膜中心窩の光刺激が傍・周中心窩の光感性に及ぼす影響

##### 実験2-1：周辺刺激提示部位を予知しているか否かの影響

###### 1. 実験装置・方法

- A. 装置：実験1と同
- B. 固視標：図2に示す直径2 m/mのLED (16Nit Yellow) を用いて作製したランドルト氏環 (切れ目の視角20°)。被験者の固視点はラ氏環の切れ目。固視標は多用途動体視野計の中心円 (視角2°) を通して提示される。
- C. 周辺刺激条件：視角1°、16Nit YellowのLED、刺激時間100msec
- D. 方向：右眼鼻側網膜水平方向
- E. 提示部位：視角4°、6°、8°、10°の4カ所
- F. その他の方法・手続きは実験1と同

###### 2. 実験条件

- 1) 被験者に次に周辺刺激が提示される部位 (以下、提示部位) が4°、6°、8°、10°のいずれであるかを、その部位を3回点灯 (100msec間) させることにより、あらかじめ知らせた条件
- 2) 提示部位が4°、6°、8°、10°のいずれであるかを知らせずに反応させた条件
- 3) 2 m/mのLED 1個を固視標として、2)と同様に提示部位を知らせずに反応させた条件

1) 2)の被験者は眼疾患のない大学男子10名。条件(2)×部位(4)につきrandomに20回。計160回反応。3)の被験者は1) 2)と異なる大学男子8名。部位(4)ごとにrandomに20回。計80回。尚、眼球運動のモニターは行っていない。あらかじめ十分に固視の練習を行っている。いずれの条件においても、予告ブザー (1 sec) と同時に固視標が提示され、3~5 secのforeperiodで周辺刺激が提示される。被験者の反応後、固視標は消される。試行間隔は約30sec。

###### 3. 結果

結果を図3に示す。Aは4°、6°、8°、10°のいずれに周辺刺激が提示されるかを知らされていない場合である。固視標に最も近い4°のRTが大きく、次に6°であり、8°が最も速く、10°ではややRTは大きくなっている (4°と6°、8°、10°間に1%)。これに対しBは、同じ被験者にあらかじめ提示部位を知らせた場合である。4°から10°と固視標から離れるに従いRTは漸増している (有意差なし)。AとBとの間には4°、6°、10°間に各1%の有意差がある。つまり、提示部位を知っているか否かにより、固視標に近い4°、6°のRTが有意に異なることを表わしている。ここで考えられることは、Aの場合には固視標に近いほどRTが大きいことから、4°、6°の光感性に固視標が影響していることである。そこで、Aが固視標の影響であるかを明らかにするために、A、Bで用いた視角1.7°の固視標に変えて、視角20°の固視標を用いてAと同じ条件でRTをみたのがCである。図から明らかかなようにCでは4°、6°のRTは8°、10°より大きくない (有意差なし)。このことからAでは、網膜中心窩に投げられる1.7°の固視標 (16Nit Yellow) が網膜傍・周中心窩の光感性を抑制する作用を及ぼしているためと考えられてよいであろう。しかし、同じ固視標を用いているBでは、4°、6°の傾向が異なるのは何故であろうか。Bの被験者10名の傾向をみると、Aのように4°、6°ほどRTが大きい者4名、Bのように4°、6°のRTが8°、10°より小さい者6名であり、Bの傾向はこれらの相殺された結果であることが推測される。このことは、提示部位を知らされた時に、被験者が提示部位にどのように注意を向けるかによって、Aにも、Bにもなる可能性のあることが考えられる。そこで被験者の注意の向け方の違いがRTに影響するかを明らかにするため次の実験を行った。

##### 実験2-2：注意配分の影響

###### 1. 実験装置・方法

実験2-1と同

###### 2. 実験条件

あらかじめ被験者に提示部位を知らせた条件下で、以

下の2つの注意配分条件で行った。

- 1) 被験者は固視点を固視しつつ、提示部位に積極的に注意を向ける。
- 2) 提示部位を知らされても、提示部位に注意を配らず、固視点(ラ氏環の切れ目)を固視する。ただしこの条件は提示部位に注意が向きやすいので、実験中に時々「ラ氏環の切れ目をはっきりみるようにして下さい」との教示を与えた。

表3 実験2-2の分散分析

変動因	SS	df	MS	F
A (注意配分)	5583.8	1	5583.8	155.402***
B (部位)	195.5	3	65.2	1.814
C (個体)	10115.0	7	1445.0	40.215***
A × B	375.8	3	125.3	3.486*
A × C	1788.4	7	255.5	7.111***
B × C	1016.4	21	48.4	1.347
Error	754.6	21	35.9	
全体	19829.5	63	* 5% ** 1%	

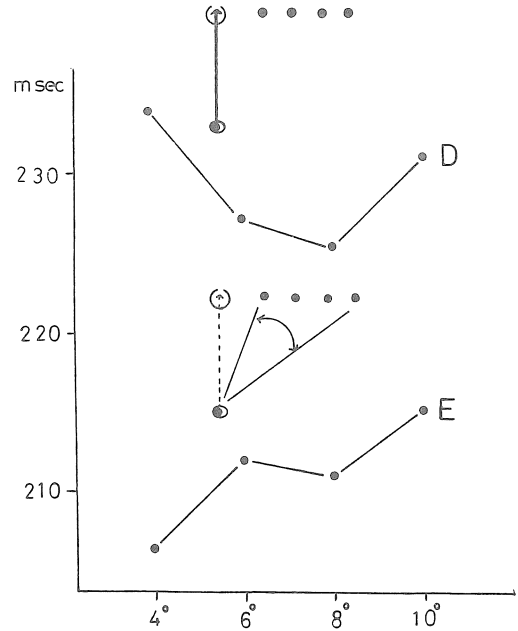


図4 実験2-2 注意配分の違いによるRTの平均値

表4 実験2-1、実験2-2の条件とRTの平均値、標準偏差

			msec			
	被験者	条件	4°	6°	8°	10°
A	10名	提示部位を知っていない	$\frac{226.0}{19}$	$\frac{219.0}{19}$	$\frac{215.7}{17}$	$\frac{218.6}{20}$
B		〃 知っている	$\frac{209.1}{22}$	$\frac{211.4}{20}$	$\frac{212.0}{21}$	$\frac{213.4}{20}$
C	A、Bと異なる 8名	〃 知っていない 固視標20'	$\frac{201.4}{12}$	$\frac{200.7}{13}$	$\frac{203.0}{12}$	$\frac{204.3}{14}$
D	A、B、Cと異なる	〃 知っている 固視標に注意を向ける	$\frac{233.4}{15}$	$\frac{227.2}{17}$	$\frac{226.0}{17}$	$\frac{230.8}{15}$
E	10名	〃 知っている 提示部位に注意を向ける	$\frac{206.3}{12}$	$\frac{210.9}{17}$	$\frac{210.5}{18}$	$\frac{215.0}{14}$

1) 2) の条件とも眼球運動のモニターは行っていない。被験者は実験2-1で用いた被験者と異なる大学男子10名。条件(2)×部位(4)ごと random に20回、計160回。

### 3. 結果

結果を図4に示す。表3は分散分析結果である。Dはあらかじめ提示部位を知っていても、提示部位に注意を配らず、ラ氏環の切れ目を固視した場合である。実験2-1のAとはほぼ同様の結果となっている。Eは提示部位に積極的に注意を向けた場合である。実験2-1のBと同じ傾向を示しているが、Bに比較して4°から10°への傾きが大きい。D、E間には条件と提示部位間に有意(5%)な交互作用がある(表3)。この結果は、提示部位に

注意をどのように配るかによって、固視標に近い4°、6°のRTが有意に異なることを表わしている。従ってこのことから、実験2-1の結果を考察すると、Aでは提示部位を予測できないことから、積極的に周辺部位に注意を配ることをせず、むしろ、固視を強める方向に働き、Bでは、提示部位を知らされた場合には、Dのような注意配分をする被験者と逆にEのように積極的に提示部位に注意を向ける被験者にわけられたための、それらの相殺された結果であると考えてよいであろう。

### III. 考察

実験1: 中心窩の周りの6°~10°の周中心窩の光感性が nasal から superior retina にかけての左上半網膜(右下半視野)で良く、 nasal から inferior retina にかけて

の左下半網膜（右上半視野）が劣り、中でも inferior retina（上視野）の光感性が明らかに劣ることは、Osaka<sup>1)</sup>、鈴木<sup>2)</sup>、石垣<sup>3)</sup>が反応時間法を用いてみた網膜周辺部（10°～60°）の光感性の特徴とほぼ一致する結果となっている。本結果から、周中心窩における等光感曲線を描くとすれば、nasal-temporal 側の水平方向に広く、inferior と superior では inferior に狭い変形した楕円形であることが予測される。本実験の結果や前報から、中心窩を除く網膜全域にわたって nasal-temporal の水平方向から superior にかけての上半網膜（下半視野）の光感性が優れていることが示唆されよう。これが受容器レベルの視細胞の分布に起因するかは、nasal 側と temporal 側の錐体・桿体細胞の分布には大きな差がない<sup>10)</sup>ことからみて直接密度分布の違いによるものとは考えにくく、水平方向から下方視野にかけて優れていることから、下方視野に注意の大部分を払うという日常習慣に起因した認知的要因も関与していることも考えられる。

実験2：一般に知覚野内に2つ以上の刺激対象が時間的、空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とは異なった様相に知覚される。この中の1つとして、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の効果の現象はよく知られている。場の効果は網膜中心窩内で調べられることが多いが、本実験条件のように大きな刺激光が中心窩に投射されている場合には、場の効果に近似した現象が近傍部においても起きることが考えられる。つまり本実験条件で用いた1.7°の固視標が網膜中心窩に投射されている時、6°附近の網膜まで抑制の影響を受ける結果、6°以内に提示される刺激光の光感性が抑制され、固視標に近い4°ほど影響が大きく表われることである。これが固視標の影響であることは、視角20°の固視標を用いた場合には4°、6°のRTは8°、10°より小さいこと（実験2-1のC）から充分考えられよう。しかし、この現象が単に網膜上の現象に止まらないことは、実験2-2で行った注意配分という心理的要因がこれに関与していることから明らかである。本実験結果で提示部位に注意を配る場合（実験2-2のE）では、固視標に近い部位ほどRTが速くなるということを考察すれば、提示部位に注意を配ることによって刺激光をより明るく知覚するようになり、同時に注意を向けていない固視標の抑制の影響が相対的に弱まる結果、中心窩に近いほど光感性は優れているという網膜傍・周中心窩本来の特性が優位に表われるのではないかと考えられる。この結果は、周辺視野内でターゲットの提示される位置を知らせて被験者に注意を払う位置を指定させるとターゲットを発見する範囲が拡

大するという Engel<sup>11)</sup>の結果と類似して、網膜上の視覚情報を更に上位機構がコントロールしていることを示すものであろう。

#### IV. 要 約

1. 反応時間法を用いて右眼の左半網膜（右半視野）の周中心窩の光感性を調べた。主たる実験条件は、明所視、16Nit、5'の刺激光、刺激時間100msec、網膜上6°、8°、10°の15カ所である。その結果、中心窩に近いほど光感性が良いこと、nasal から superior retina にかけての左上半網膜（右下半視野）は左下半網膜（右上半視野）より光感性が良いこと、及び、inferior retina の光感性は劣ることが明らかとなった。
2. 視角1.7°、16Nit の固視標が網膜中心窩に投射している場合には、4°、6°の網膜傍・周中心窩に固視標の影響と考えられる光感性の低下が起り、中心窩に近い4°ほどその影響は大きかった。
3. しかし、この現象は、提示部位に積極的に注意を向けるという条件では逆に、中心窩に近いほど光感性が良いという結果となったことから、注意配分という心理的要因が傍・周中心窩の光感性に関与していることが示唆された。

#### 引用文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 石垣尚男, 愛知工業大学研究報告, 第18号A: 65-70, 1983
- 4) 古田效男, 網膜の各部位における明度識別閾値ならびに視標識別閾値に関する研究, *日眼会誌* 70巻8号: 59-95, 1966
- 5) 古田效男, 中村隆平, 網膜の各部位における視標識別閾値に関する研究, *日本眼科紀要* 第17巻2号: 176-184, 1966
- 6) F. H. McColgin, Movement thresholds in peripheral vision, *Journal of the Optical Society of America*, Vol.50 No.8: 774-779, 1960
- 7) Karen M. Cohen, Marshall M. Haith, Peripheral Vision: The effects of developmental, perceptual and cognitive factors, *Journal of Experimental Child Psychology* Vol.24: 373-394, 1977
- 8) 小谷津孝明, 感覚+知覚ハンドブック, 504-531, 誠

## 信書房

- 9) 宗宮 保, 超微小テスト野による光感度の測定, 心理学研究第38巻3号: 163-165, 1966
- 10) Østerberg, G, Topography of the layer of rods and cones in the human retina, Acta Ophthalmologia, Supplement: 1-102, 1935
- 11) Engel F. L, Visual conspicuity, directed attention and retinal locus, Vision Research, Vol.11: 563-576, 1971

(受理 昭和59年1月17日)