

正常眼および偏心固視弱視眼におけるフリッカー値と
視感度の関係について (図7, 表2)

近江 栄美子 (大阪市近江眼科)
乾 敏 郎 (京都大学文学部心理学教室)

Relationship between Critical Flicker Frequency and Visual
Sensitivity in Normal and Amblyopic Eye.

Emiko Ohmi

Ohmi Eye Clinic, Osaka

Toshio Inui

Department of Psychology, Kyoto University

要 約

赤外線 Fundus Haploscope を用いて、正常眼および偏心固視弱視眼におけるフリッカー値と視感度を測定した。その結果は、1. 正常眼で種々の大きさの円形光を用い、閾値で CFF を測定した結果、刺激の大きさによらず CFF は一定であった。2. CFF を、各網膜位置で測定された閾値よりも 0.4 log unit 高い輝度で測定した場合は、網膜位置によらず CFF は一定であった。3. 偏心固視弱視患者において、偏心固視眼の中心窩および偏心固視部位ならびに正常眼の中心窩および対応部位における CFF と視感度は、平行関係にあった。以上の結果は、正常眼および偏心固視弱視眼において、視感度とフリッカー値は同一のメカニズムの特性であると考えられる。(日眼 91:107-111, 1987)

キーワード：偏心固視，フリッカー値，視感度，ファンダスハプロスコープ

Abstract

In the present paper, the visual sensitivity and critical flicker frequency (CFF) were measured under various conditions. In Experiment I, we measured the increment threshold for the spots of various size, and CFF was determined for these spots of the threshold intensity. It was found that CFF was constant for any stimuli. In Experiment II, CFF was determined at some retinal positions under the same condition as Experiment I (Intensity was 0.4 log unit above threshold for each position.). Then CFF was also appeared to be constant with retinal position. In Experiment III, CFF and visual sensitivity were determined for the eccentric fixation amblyopia. It was shown that when CFF was measured with the spot of constant intensity, CFF-retinal position curve was quite similar to sensitivity-retinal position curve. These results suggest that CFF and visual sensitivity were determined by the same visual channel. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 107-111, 1987)

Key words: eccentric fixation, critical flicker frequency (CFF), visual sensitivity, Fundus Haploscope

別刷請求先：550 大阪市西区江戸堀 1-24-18 近江眼科 近江栄美子

Reprint requests to: Emiko Ohmi, M.D. Ohmi Eye Clinic

1-24-18 Edobori, Nishi-ku, Osaka 550, Japan

(昭和61年 8月 4日 受付) (Accepted August 4, 1986.)

I 緒 言

これまで弱視眼のフリッカー値は、視感度や視力に比べて比較的良好であると言われてきた。しかし、視標の大きさを小さくすればフリッカー値が正常眼と弱視眼ではきわめて異なるという結果も得られている。

Bradley と Freeman(1985)¹⁾は、1949年から1982年までに報告された7つの研究結果を総合し、正常眼と弱視眼の臨界融合頻度 (CFF) および時間コントラスト感度 (temporal contrast sensitivity) の差と視標の大きさの関係を分析しなおした。その結果視標の大きさが3°より大きければ正常眼と弱視眼の差はきわめて小さいが、視標が3°より小さい時は両者の間に大きな差がみられたのである。一方、視感度についても、視標の大きさが大きい時には正常眼と弱視眼との間の感度差は小さいが、視標を小さくすればするほど差が大きくなるという結果が得られている²⁾。すなわち、CFFも網膜視感度とともに正常眼と弱視眼の差は視標の大きさに依存しているのである。一方、Kelly と Savoie³⁾は、パルス状に呈示した刺激に対する閾値とフリッカー検出閾を、同一チャンネルの特性として統一的に扱うモデルを提案している。

そこで、本研究においては、正常眼および偏心固視眼におけるフリッカー値と視感度を種々の条件下で調べ、両者の関係について検討した。

II 方 法

1. 装置

赤外線 Fundus Haploscope への刺激光路の途中にセクターディスク方式のフリッカー刺激装置を接続し、刺激光をオン・オフさせるようにした(図1)。

また、フリッカー刺激装置の模式図を図2に示す。本装置では、矩形波で刺激が点滅し、発光ダイオード(LED)で、刺激光の点滅周波数が表示されるようになっている。

2. 刺激および手続き

(1) 網膜視感度と CFF

赤外線 Fundus Haploscope を用いて、眼底をモニタしつつ、右眼中心窩と鼻側9°の位置で、CFFおよび増分閾(網膜視感度)を測定した。用いた視標は、直径が2', 4', 8', 12', 22', 40'の6種類の円形光である。

まず、視標呈示時間250msecで、網膜視感度(増分閾)を測定した。つぎに、視標輝度を増分閾に設定し、CFF測定を行った。視標呈示時間は、1秒間で種々の周波数でオン・オフさせ、極限法上昇系列からCFFを測定した。背景輝度は、10asbであった。被験者は、正常成人3名で、心理物理学の実験の経験を有するものであった。平均年齢は25歳であった。

(2) 網膜部位と CFF

方法は、(1)とほぼ同様である。一般の被験者に対

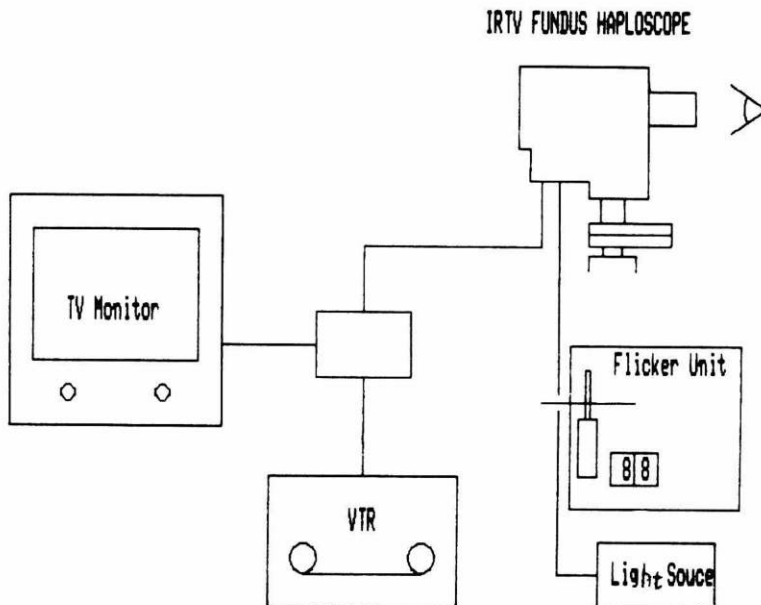


図1 実験装置の略図

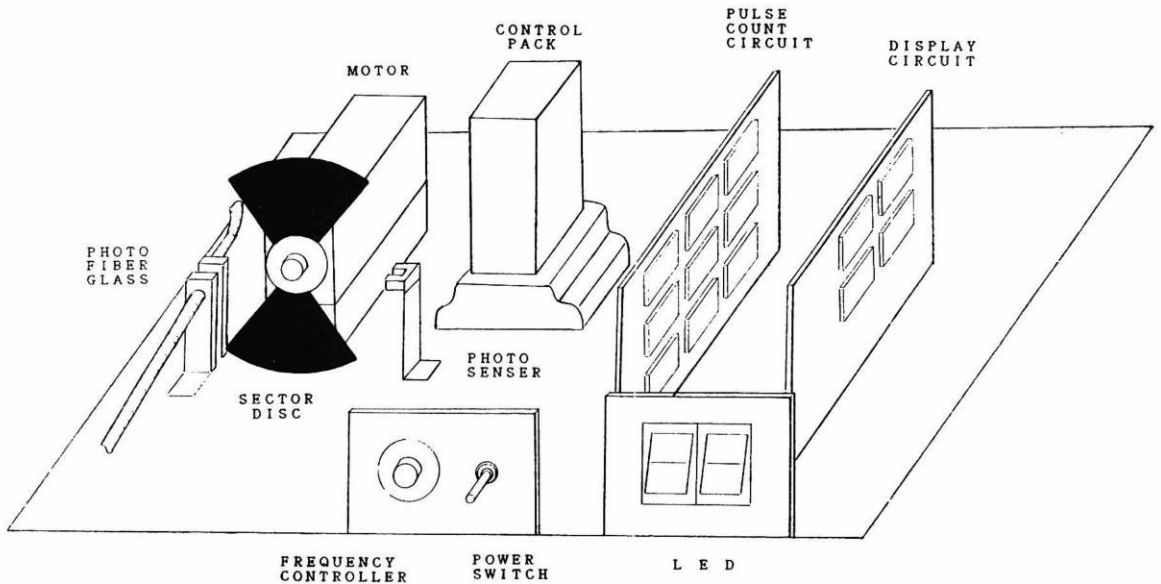


図2 セクターディスク方式によるフリッカー刺激装置

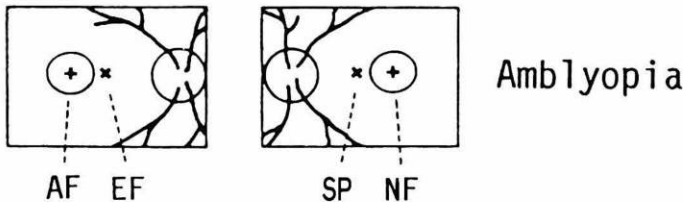


図3 偏心固視弱視患者に対する刺激呈示部位. AFは弱視眼の中心窩を, EFは偏心固視部位を, NFは健眼の中心窩を, SPは健眼の対称部位を示す.

しては、閾輝度でCFFを測定するのは困難と思われるので、閾値よりも0.4 log unit 高い輝度で中心窩および鼻側4°の位置で正常の小児7名および正常の成人7名に対し、CFFを測定した。視標は直径4'の円形光を用いた。

(3) 偏心固視弱視患者の CFF

偏心固視弱視患者12名に対し、網膜視感度および CFF を測定した。測定部位は、患眼の中心窩 AF, 偏心固視部位 EF, ならびに正常眼の中心窩 NF, 対称部位 SP の4カ所であった(図3)。網膜視感度の測定には、直径4'の円形光を用い、CFFの測定には、直径66', 視標輝度1,000asbの円形光を用いた。

III 結 果

1. 網膜視感度と CFF

図4および図5は、刺激光の直径と閾輝度で測定さ

れた CFF の関係を示している。上のグラフは中心窩での結果であり、下のグラフは偏心度9°の結果である。グラフの各点は、閾輝度で測定された CFF なので、視標の絶対輝度は視標の直径が大きいものほど低くなっている。しかし、視標の輝度をこのように閾値に設定すると、視標の大きさによらず CFF が一定になることが明らかにされた。

2. 網膜部位と CFF

表1は、正常の小児7名の結果であり、表2は正常の成人7名に対する結果である。

通常 CFF は、視標が小さい場合、網膜偏心度とともに CFF は低下する。しかしながら、本条件のように視標輝度を、各網膜部位の閾値より0.4 log unit 高くして CFF を測定すれば、網膜部位による差は統計的に有意ではなかった。

3. 偏心固視弱視患者の CFF

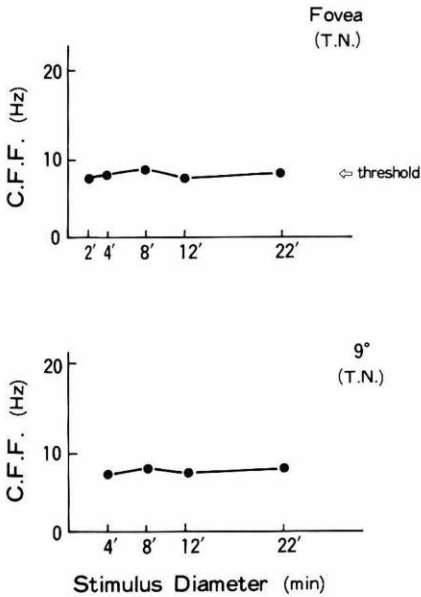


図4 刺激光の直径とCFFの関係、被験者TNの結果。

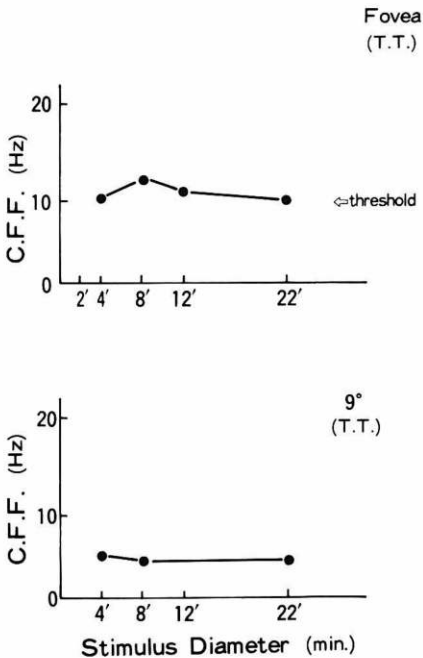


図5 刺激光の直径とCFFの関係、被験者TTの結果。

偏心固視弱視患者のCFFの結果を図6に示す。左から順に、正常眼の中心窩(NF)、対称部位(SP)、弱視眼の中心窩(AF)、および偏心固視部位(EF)の平

表1 正常小児のCFF

intensity	stimulus diameter	retinal position		difference
		fovea	nasal 4°	
threshold + 0.4 log unit	4 min.	12.8 ± 1.1	10.7 ± 1.5	p > 0.05
1000 asb.	4 min.	14.4 ± 1.0	11.9 ± 0.7	p < 0.01

(N = 7)

表2 正常成人のCFF

intensity	stimulus diameter	retinal position		difference
		fovea	nasal 4°	
threshold + 0.4 log unit	4 min.	15.1 ± 2.6	12.8 ± 1.2	p > 0.2
1000 asb.	4 min.	18.5 ± 1.4	16.3 ± 1.5	p < 0.05

(N = 7)

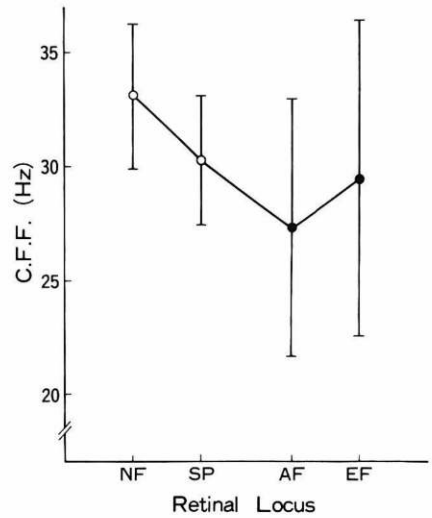


図6 偏心固視弱視患者のCFFと網膜位置との関係。横軸の記号は、図3と同じ。

均値と標準偏差を示している。AFでは、NFよりも有意に低いCFFの値を示した(p < 0.05)。他は、有意な差は見られなかった(p > 0.05)。

図7は、網膜部位と網膜視感度の関係を示している。この場合は、NFとAFおよびNFとEFの間で有意な差がみられた(p < 0.05)。網膜視感度の部位による変化は、図6に示したCFFの変化と同じ傾向であった。すなわち、視標の輝度を物理的に一定にした時のCFFの変化が視感度とほぼ平行関係にあった。

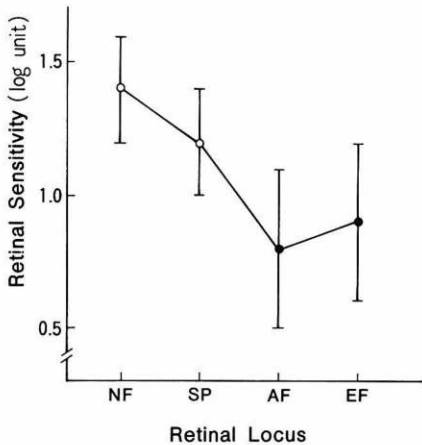


図7 偏心固視弱視患者の網膜視感度と網膜位置との関係。横軸の記号は、図3と同じ。

IV 考 按

これまで弱視眼のフリッカー値は、視感度や視力と比べて比較的良好であると言われてきた。しかしながら本研究において、直径66'の円形光を用いて一定輝度でフリッカー値を測定した場合、健眼中心窩よりも弱視眼中心窩は有意に低い値であった。これは、BradleyとFreeman¹⁾の結果と一致している。また同様に、網膜視感度も両者の間で有意な差が得られた。

以上の結果から、弱視眼において特にフリッカー値だけが比較的良好であるとは言えないことが明らかになった。

ところで、パルス状に刺激を短時間呈示(過渡刺激)した時の閾値とフリッカー検出閾(定常刺激)を統一的に扱おうとする理論的試みがなされてきた(SperlingとSondi⁴⁾や、KellyとSavoie³⁾によって)。しかしながら、実験的にこれらが同一のメカニズムによって決定されるのか否かは調べられていない。また、フリッカー刺激による神経節細胞および外側膝状体細胞の応答特性は調べられているが(Grüsser, 1971⁵⁾; Spekreijse, et al., 1971⁶⁾)、心理物理学的に受容野特性との関係を直接論じた研究は少ない(King-Smith & Kulikowski, 1975⁷⁾; 乾ら, 1983⁸⁾)。本研究ではこれらの問題点を念頭におき、正常眼および偏心固視弱視眼におけるフリッカー値と視感度の関係をしらべ、以下の結果を得た。

1. 正常眼で種々の大きさの円形光を用い、閾値でCFFを測定した結果、刺激の大きさによらずCFFは

一定であった。

2. CFFを、各網膜位置で測定された閾値よりも0.4 log unit 高い輝度で測定した場合は、網膜位置によらずCFFは一定であった。

これらの結果は、条件ごとに閾値を測定し、閾値との相対的な視標の強さ(相対輝度)をそろえれば、CFFが一定になることを示している。言うまでもなく、閾値と網膜視感度とは逆関係にある。したがって、視感度を決定するチャンネルの出力を一定にすれば、CFFも一定になることを示している。

さらに、偏心固視弱視患者において、偏心固視眼の中心窩および偏心固視部位ならびに正常眼の中心窩および対応部位におけるCFFと視感度は、平行関係にあった。この結果は、視標の輝度を物理的に一定にした時のCFFの変化が、視感度と平行関係にあることを意味している。すなわち、視感度を決定するチャンネルの出力とCFFが線形関係にあることを示している。

以上の結果は、正常眼および偏心固視弱視眼において、視感度とフリッカー値は同一のメカニズムの特性であるという考えを支持するものである。

文 献

- 1) Bradley A, Freeman RD: Temporal sensitivity in amblyopia: An explanation of conflicting reports. *Vision Research* 25: 39-46, 1985.
- 2) 乾 敏郎, 可児一孝: 視神経集合の活動度と閾値一面積曲線(II) 偏心固視眼と正常眼の比較, 第23回神経眼科学会予稿集, 1985.
- 3) Kelly DH, Savoie RE: Theory of flicker and transient responses. III. An essential nonlinearity. *J Optical Society Amer* 68: 1481-1490, 1978.
- 4) Sperling G, Sondi MM: Model for visual luminance discrimination and flicker detection. *J Optical Society Amer* 58: 1133-1145, 1968.
- 5) Grüsser OJ: A quantitative analysis of spatial summation of excitation and inhibition within the receptive field of retinal ganglion cells of cats. *Vision Res Suppl* 3: 103-127, 1971.
- 6) Spekreijse H, Norren D, van Berg T, Vanden JTP: Flicker responses in monkey lateral geniculate nucleus and human perception of flicker. *Proc Nat Acad Sci* 68: 2802-2805, 1971.
- 7) King-Smith PE, Kulikowski JJ: Pattern and flicker detection analysed by subthreshold summation. *J Physiol* 249: 519-548, 1975.
- 8) 乾 敏郎, 近江栄美子, 可児一孝: フリッカー感度と受容野面積との関係について. *眼臨* 77: 1126-1130, 1983.

(第90回日眼総会原著)