CFF で示される中心視と周辺視の感度差

NHK 放送科学基礎研究所 福田 忠彦

ちらつき光に対する視野各部の感度特性を CFF を指標に求めたところ、小面積視標の場合は網膜上の視細胞（錐体・杆体）の密度分布と強い相関を示すこと、大面積視標の場合は網膜周辺部における面積効果により、周辺部で CFF が最も高くなること、また、眼球運動中の方が視線を固定した場合より CFF が高いことなどが明らかになった。

1. ま え が き

画像技術の問題を取り扱う場合、画像の持っている物理的な構造とそれに対面する人間の視知覚との対応関係を十分に考慮しなければならない。特に画像を経済的に効率よく伝送することを考えるためには、視覚の性質をうまく利用する必要がある。

ところで、ディスプレイが多様化する中で、画面を大きくしようという動きがあるが、画面が大きくなると像が網膜上に占める割合が大きくなり、視線方向の視覚（中心視という）の性質のみならず、視線方向以外の視覚（周辺視という）の性質も充分考慮しなければならなくなる。特に周辺視機能は形や時間的に変化する視覚情報に対して重要な働きをしているといわれており、また、視線運動以前の視覚情報はすべて視野周辺部から視覚系に入ってくることをあわせ考えると、周辺視機能を明らかにすることは、工学的必要性からいっても、また、視覚系そのものの理解のためにも重要であるといえる。

そこで、本報告では、周辺視機能の重要な要素のひとつと考えられている明滅する光（フリッカー光）に対するヒトの視覚系の感度特性（フリッカー特性）を取り上げ、視野各部位におけるその特性を明らかにした。

一般に、フリッカー光によって視覚系に生ずるちらつき感覚は、必ずしもフリッカー周波数とは一致しない¹⁾が、フリッカー周波数をしだいに高くするとちらつき感には、やがて消失して定常光感覚となる。ちらつき感がちょうど消失する境界の周波数を臨界フリッカー周波数（Critical Flicker Frequency 略して CFF）ということは、衆知のとおりであり、CFF によって視野各部位とフリッカー特性の関係を明らかにしようとする研究は、

歴史的に古くから行われている²⁾。しかし、これまでの研究はいずれも視覚現象の一側面のみを捉えたものが多く、全体を統一的に扱ったものはなかった。そこで、本論文ではフリッカー刺激光の物理条件を拡大し、統一的な測定を行い、視野全体のフリッカー特性を明確にした。さらに、この種の測定では初めて眼球運動の効果を積極的に取り入れたところ、いずれもこれまでは見られなかった刺激の物理構造と視覚現象の対応が明らかになった。これらのデータは視知覚の基本特性の明確化に寄与するだけでなく、工学的には例えば新しいテレビジョン方式決定や人間工学上の有効な基礎資料となるであろう。

2. 実験装置と実験方法

本実験では、半円形回転セクターによって正弦波状に輝度を変調することが可能なフリッカー発生器を用い、これとフリッカー視標（以下単に視標と呼ぶ）呈示部をライトガイドで結ぶことにより、視標呈示位置の調整を容易にしている。視標呈示部は簡単な積分球でできており、その開口面が視標となる。この方法によれば、一樣輝度を有する比較的大きな視標が得られる。実験に用いた視標はすべて円形であり、積分球開口面に光学マスクを設けることによって所定の大きさを選択する。一方、視標輝度はフリッカー発生器内に設けられた ND フィルターにより調節する。なお、フリッカー発生器の光源にはハロゲンランプを用いているので、呈示されるフリッカー光はほぼ白色に近い。このような視標を図 1 に示すように視野各部の測定部位に固視点とともに同一視距離（約 1 m）に呈示する。

被験者は顔面固定器を用いて頭部とあごを軽く固定し、前方の固視点を単眼（右眼）で注視しながら、そのまま視線を止めた状態で同時に周辺視野に呈示される視

"The Sensitivity Differences Measured by CFF between Central and Peripheral Retina" by Tadahiko Fukuda (NHK Broadcasting Science Research Laboratories, Tokyo)

図1 実験方法（暗視野での実験では固視点に赤色発光ダイオードを用いる。明視野での実験では半径90cmの半球型スクリーンを設け、固視点はその上に赤いマークを設ける。また、視距離は暗視野では1m、明視野では90cmである）

Schematic diagram of the experiment. (As a fixation, a red LED is used in case of dark background and a red mark is mounted on the hemispherical screen in case of light background. The viewing distance to both a fixation point and a test field is 1m in the former, and 90cm in the latter)

標を網膜周辺部で観察する。

CFF の測定は極限法に準じた方法にしたがい、初めに充分低い周波数のフリッカーを呈示し、次第に周波数を高くして融合して見えるようになる瞬間の周波数を測定する。次に、融合周波数より充分高い周波数のフリッカー光を呈示し、徐々に周波数を低くして、ちらつきが知覚され始める瞬間の周波数を求める。測定は1測定点につき8回行うものとする。なお、被験者の応答はパルスカウンターと連動した押ボタンによる。

本実験に用いた被験者は成人男女6名で、1名を除き22～24歳である。このうち3名はすべての実験に参加したが、他の3名はその一部のみに加わった。いずれも視力1.2以上であり正常視機能を有する。

3. 実験-1（暗順応状態におけるフリッカー特性）

実験-1では背景光がまったくなく、視野全体が暗順応状態にある場合の視野各部のフリッカー特性を、視標の大きさと輝度をパラメーターにとり、視角偏位（視標と視線のずれ角）の関数として求める。

3.1 実験条件

実験-1で用いた視標は100%輝度変調されたものであり、その大きさは視角1/8°から8°に至る7段階、平均輝度を0.3から6.0 cd/m²までの範囲とした。輝度の上限はフレアを感じない値であり、下限は周辺視野における見やすさを考慮し、同時に、この輝度範囲内では視標呈示位置による瞳孔径の変化が少ないことをあらかじ

図2 網膜部位と CFF の関係におよぼす視標の大きさの効果（点線は被験者2名の平均値、その他は6名の平均値を示している。背景は暗黒、視標の平均輝度は3 cd/m²である）

Mean critical flicker frequencies obtained along the horizontal plane.

The data for 2°, 1/2° and 1/8° fields (solid lines) were obtained from six subjects and those for 8° and 4° (dashed lines) were obtained from two among them. The average luminance of the target is 3 cd/m² and the background is dark.

め確認して定めた値である。また、固視点は約0.1 cd/m²に点灯した赤色発光ダイオードを用いた。

測定に先立ち、被験者は実験室（暗室）入室後30分は暗順応する。測定は視標の大きさと輝度を固定し、視角偏位を変数として水平方向部位と垂直方向部位について行ったが、詳細な測定は水平方向部位に限定した。いずれの場合にも変数である視角偏位が中心部位から周辺部位の方向へ変化する場合と、その逆方向について行い、測定方向による影響が少なくなるよう配慮した。

3.2 実験結果

以上のような実験条件下で得られた暗順応状態における視野各部の CFF の変化を図2、図3に示す。いずれも被験者6名の平均値である。図2は水平方向部位について視標の輝度を3.0 cd/m²に保ち、視標の大きさをパラメーターとしたときの網膜部位による CFF の変化を示している。図のように、視角偏位の関数として求めた CFF の変化は視標の大きさによって異なった傾向を示す。視標が4°および8°の場合には、中心より約2°～10°周辺に偏った部位において、CFF が中心部位より高くなるいわゆる paracentral rise が認められる。図は平均値で示されているので相殺して認められないが、2°視標の場合にも、個々のデータをみると、2～3の被験者は paracentral rise を示していることが認められる。さらに視標の大きさが8°の場合については paracentral rise

図3 視標輝度が網膜部位とCFFの関係におよぼす効果および視細胞の密度分布³⁾(背景は暗黒である)

Mean critical flicker frequencies for small test targets with dark background and the density distribution of cones and rods.

に加えてこめかみ側網膜部位 30°, 鼻側網膜部 70° に至る範囲内の周辺部位全体にわたって中心部位より高いCFFを示している。

一方、視標の大きさが 2° 以下の場合には、中心部位におけるCFFが最も高くなり、周辺部位では低い値を示している。しかし、その部位による変化の様子は視標の大きさによってそれぞれ特徴的である。すなわち、2° の場合は中心部位から周辺部位にかけてCFFは単調にゆるやかに減少し、鼻側では 45° より周辺の部位では一定値となる傾向を示すが、1/2° の場合には、中心部位付近でのCFFの変化が急峻になり、10° 以上の周辺部ではほぼ一定値となる。さらに視標の大きさが小さくなる

と、中心部位付近でのCFFの変化がますます急峻になるとともに、周辺部位 6° 付近で極小値を示し、周辺部位 20° 付近に第2の感度ピークを示すような傾向となる。

同様の実験を垂直方向部位について行ったところ、定性的にはほぼ水平方向と共通した結果が得られた。したがって、図2の結果は水平方向部位固有の傾向ではなく、視角偏位を変数とする場合、大略各方向に共通して得られる傾向であるとみてさしつかえない。

ところで、視標の大きさが大きい場合に得られた結果は局所的な意味での測定部位固有の値というより、むしろ部位間の相互作用等が影響している値であるとみるべきであろう。したがって暗順応状態における刺激部位とCFFの関係を検討する場合、小面積の視標を対象とする方に、特に視覚のなりたちを明らかにしようとする立場からは重要な意義があるように思われる。このような観点から、次に、われわれは小面積の視標に関するより詳細な測定を行った。

図2の結果は視標の輝度を固定し、その大きさをパラメーターとして得られたものであるが、同様の傾向が視標輝度を変えた場合にも得られるか否かを検討するために、視標輝度をパラメーターとして視野各部におけるフリッカー特性を測定した。結果を図3に示す。図のように、いずれの場合にも視標の輝度変化に伴いCFFの絶対値は変化するが、中心部位におけるCFFと各周辺部位におけるCFFの相対関係、すなわち視角偏位の関数として表わした曲線の形状には変化は少ないといえる。これらの結果で特に注目されるのは、視標が最も小さい1/8°の場合である。図に示された曲線群はいずれも前述のように、CFFの変化が急峻な中心部位近傍の曲線と、周辺部位 20° 近傍に第2の感度ピークを示す比較的ゆるやかな変化を示す曲線の2種類から成り、それらは中心から 6~8° 偏った部位で交わっている。このような曲線の形状は図3に示す網膜上の視細胞密度分布と対照してみると、きわめて強い相関性を示すことが認められる。すなわち、中心部の急峻な変化な錐体に、そして周辺部のゆるやかな曲線は桿体に対応する。

以上の結果から、暗順応時の網膜中心部と周辺部とのちつき感覚の差は、視標の輝度よりむしろ面積が支配的な影響を与え、視標の輝度は各部位におけるCFFの絶対値に対して支配的な影響を与える。また、網膜部位によるフリッカー特性の違いは本来視細胞の密度分布に強く依存するものと推定される。このことは、視標の大きさが小さく、したがって部位間の相互作用が小さいと思われる範囲内では、CFF決定に際し錐体と桿体はそれぞれ視細胞1つ1つについて代数加算が成りたつこと

を意味する。しかし、視標の大きさが大きくなると部位間の相互作用、すなわち、視細胞以降の視神経部位における非線形加算効果あるいは眼光学系等における非線形要素によりその形状が変化すると考えられる。

4. 実験-2 (明順応状態におけるフリッカー特性)

実験-2 では、視野全体に一樣な背景光を与えた場合のいわゆる明順応状態における視野各部のフリッカー特性を、背景光輝度レベルと視標の大きさをパラメーターとし、実験-1 と同様、水平方向の視角偏位の関数として CFF を求める。

4.1 実験条件

本実験では、視野全体を一樣に明順応状態となるような背景光を与える。このために内面がつや消し白色に塗られた半径 90cm の半球形スクリーンを設け、周囲から最大 8 個の写真用タングステンランプで内部を照射する方法をとった。スクリーン上での輝度の一樣性は高輝度の場合 $\pm 5\%$ 、低輝度の場合 $\pm 10\%$ 以内に保たれる。

視標はスクリーン上に設けられた円形アパーチャーを通して呈示され、その大きさはアパーチャー上に光学マスクを設けることにより 2° から $1/16^\circ$ まで 6 段階選択できるようにした。また、大面積視標の効果をあわせて検討するための視標はこれとは別に作成し、視距離 60 cm から観察した。

一方、視標の平均輝度は背景光のそれと等しくなるようにし、それぞれ 3, 30, 300 cd/m^2 の 3 段階とした。視標輝度の変調度はほぼ 100% であるが、視標が大きい場合 (16°) のみ 33% とした。

なお、固視点はスクリーン上に大きさ約 $1/4^\circ$ の赤い円形マークを貼りつけ、これを適宜移動させることとした。

被験者は 3 名で、実験に先立ち数分間明順応する。測定要領は実験-1 とまったく同様である。

4.2 実験結果

以上のような実験条件下で小面積の視標について得られた明順応状態における視野各部の CFF の変化を図 4 に示す。いずれも被験者 3 名の平均値である。

これらの結果から次のような定性的な傾向を読みとることができよう。すなわち、視標の大きさおよび輝度が実験範囲内においては、いずれの順応レベルにおいても中心部位における CFF が最も高く、周辺部位になるにしたがって減少する。この減少の仕方は視標の大きさにより異なる。順応レベル (視標輝度) が低い場合 (3cd/m^2) には CFF が視標の大きさによって変化する様子は、全般的には実験-1 の暗順応状態で得られた傾向にきわめて近い。しかし視標が小さい場合にはこの限りではな

図 4 視標の大きさが網膜部位と CFF の関係におよぼす効果 (背景は視標の平均輝度に等しくしてある)
Mean critical flicker frequencies for small test targets with light background.
The average luminance of test target was matched the luminance of the background (30cd/m^2).

く、フリッカーが感じられる範囲は中心部位近傍の部位に限られる。したがって、暗順応時において見られたような周辺部位での第 2 の感度ピークはみられない。また、順応レベルが高くなるにしたがい、中心部付近での CFF の変化がより急峻になる傾向が認められる。この傾向はすべての大きさの視標についていえる。さらに、いずれの順応レベルにおいても周辺視野では小さい視標は背景に融合してしまい、ちらつき感は失われる。

以上の結果を前述の暗順応状態で得られた結果と比較すると興味深い。暗順応状態では視角偏位の関数として表わした CFF の変化は本来視細胞の密度分布に強く依存するものであることを推定したが、明順応状態で得られたこれらの結果は基本的にはこの推定が妥当であることを示している。つまり、明所視におけるこれらの結果

図5 大面積の視標を用いた場合の視野各部における CFF の変化 (背景光はそれぞれ視標の平均輝度の 2/3 の輝度を有する)

Mean critical flicker frequencies for a large test target of 16° with light background.
The average luminance of it was 50% higher than that of its background.

には暗所視でその機能を発揮する杆体の機能は抑制されてその密度分布に対応すると思われる CFF 曲線の変化は見られなくなり、明所視機能を有する錐体の密度分布のみに対応するような傾向を示していることがわかる。

ところで、視角の大きさの変化が CFF に与える効果は、いずれの順応レベルにおいても中心部位より周辺部位の方が大であるが、この傾向は視標が大きくなるに伴い一層強調されることが予想される。そこで、次に 16° の大視標を用いて視標の面積効果を確認するための実験を各順応レベルについて行った。結果を図5に示す。

この実験で用いた視標の変調度は 33% であり、前述の 100% 変調の視標を用いた実験の結果と直接比較することには問題があるが、図5の結果は大きな視標を用いた場合の視野各部の CFF の変化をよく表わしているように思われる。図のように、いずれの順応レベルにおいても中心部位より周辺部位の方が CFF は高く、鼻側部位では中心から 40°~50° 周辺に偏った部位で、また、こめかみ側では 10°~20° 周辺に偏った部位において最大となる。このような傾向は順応レベルが高いほど著しく、また鼻側部位の方がこめかみ側部位より一般に CFF は高い。

このように、視標が大きくなると周辺部位の方が CFF が高くなるが、これは小さな面積の視標を用いて得られた図5の結果から予想されたとおり、周辺部位における面積効果、すなわち空間加重効果が中心部位のそれより大であることによるものと思われる。もちろんこの場合の空間加重効果は視細胞以降の視神経部位で生ずる。

5. 実験-3 (眼球運動がフリッカー知覚におよぼす効果: CFF の動特性)

一般に、従来の古典的なフリッカー視野測定においては、固視点を定め、これを注視することによって視線を固定し、所定の部位に視標が投影されるような方法がとられている。われわれも、実験-1、実験-2 においては同様の方法をとった。しかしながら、通常われわれは視線を動かしながら視覚系に入ってくるさまざまな刺激に対して反応しているわけであるから、眼球運動中の特性を明らかにすることに、機能的にも実用的にも重要な意義があると考えられる。

実験-3 では、このような観点から、眼球運動中の CFF を視野各部において測定し、フリッカー知覚に対する眼球運動の効果を検討する。

5.1 実験条件

実験方法は基本的には前述の実験と同様であるが、本実験では固視点的に運動視標を注視点とする。運動視標はガルバノメータースポットを半球形スクリーン上に投影し、これを電気信号で正弦波状に駆動する。

本実験では視標平均輝度および背景光輝度を実験-2 と同様、等しく 30 cd/m² に固定し、被測定網膜部位を中心部位および水平方向鼻側 40° の部位に限定した。この場合、視標が投影される網膜部位は眼球運動とともに変化するので、ここでは刺激される部位の中心を刺激部位と呼ぶことにする。

運動視標は中心部位での測定においては円形視標の下端を中心に、また周辺部位での測定においては視標から水平方向に 40° 周辺に偏った位置を中心に、それぞれ正弦波状に水平方向に往復運動するように呈示し、その振幅を 8° および 1°、周波数を 0.2、0.5、1.0 Hz の 3 段階とした。なお、この運動視標の大きさは約 0.2° である。一方、視標の大きさは 1/4°, 1/2°, 1°, 2° の 4 段階とした。本実験で用いた被験者は、実験-2 と同じ 3 名である。

5.2 実験結果

以上のような実験条件下で求めた測定結果を図6に示す。測定値はいずれも 3 名の被験者の平均値である。図6は視標の大きさを変数としたときの眼球運動時の CFF の変化を、実験-2 で得られた視線を固定した場合のデータとともに、それぞれ中心部、および鼻側 40° の部位について示している。同時に、運動視標の周波数の効果、振幅の効果をも表わしている。

図6に示すように、眼球運動はフリッカー感度を高める要素として働くことは明白である。しかし、その様子は中心部位と周辺部位とでは多少異なっているように思われる。すなわち、視標の大きさが小さい場合には眼球

図 6 眼球運動がフリッカー知覚におよぼす効果(視標および背景の輝度は 30 cd/m^2 である)

The effect of eye movement on flicker perception.
The average luminance of a target was matched the luminance of the background (30 cd/m^2).

運動の効果は周辺部位より中心部位の方がより大であるが、視標が大きくなると周辺部位の方がより大きな効果を示すようになる。たとえば、振幅 1° 、周波数 0.5 Hz の場合には、視標の大きさが 2° のとき、周辺部位の方が中心部位より CFF が高くなっている。このような傾向は視標が大きくなれば、この他の眼球運動条件下でも見られることは想像に難くない。事実、 16° の視標を用いて行った結果は、この推定を裏づけるものであった。

一方、眼球運動の振幅の効果は中心部位では $0.2, 0.5 \text{ Hz}$ の場合に認められるが 1 Hz においては認められない。周辺部位においては、いずれの周波数に関しても同じ程度の効果が認められる。総じていうならば、振幅 1° より 8° の方が眼球運動の効果は大きいといえる。

また、眼球運動の周波数の効果は中心部位では認められる。ただし振幅によって傾向の違いはある。しかし、周辺部位においてはその効果は少ない。

いずれにしても、眼球運動が CFF に与える効果は視標が大きいくほど大きく、視標が大きい場合には周辺部位の方が大きい。また、眼球運動に関しては、視標の大きさに応じて、最も CFF が高くなる最適な運動条件、たとえば、最適眼球回転角速度といったものが存在するものと思われるが、これがどのような値になるかは本実験結果のみからは明白にできない。

6. まとめと考察

以上の実験から次のような結果を得た。

(1) 視角偏位と CFF の関係は、基本的には網膜上の視細胞の密度分布に強く依存するものであるが、この関係は主として視標の大きさと順応レベルによって変化

する。

(2) CFF に対する面積加算効果は視野周辺部の方が中心部位より大である。その結果、視標が小さい(約 2° 以下)場合には中心部位における CFF が最も高いが、視標が大きい場合には逆に周辺部の方が高くなる。

(3) 鼻側網膜部位の方が、こめかみ側より CFF は高い。

(4) 眼球運動時にはフリッカーに対する感度が上昇する。この場合、視標の大きさによって CFF が最大となる眼球運動の条件は異なる。一般に、視標が比較的大きい場合にはこの傾向は周辺視野において著しい。

以上の結果は単眼による測定結果であり、実際には両眼での特性が問題になるわけであるが、Ireland⁴⁾ の報告によれば単眼の CFF と両眼の CFF はほぼ等しいと考えられるので、単眼で得られたこれらの結果を、そのまま両眼の特性と理解しても問題はないものと思われる。この場合、左右視野に関しては結果(3)から鼻側網膜部位における特性が視野周辺部の特性を表わすものと考えられる。

このように、視角偏位と CFF の関係を求める場合、その目的が視環境に対する眼の特性を求めることにある場合は、視標が物理的に一定であればよいが、それが網膜以降の視覚機構そのものの理解にある場合には、視標は網膜上で一定でなければならない。この点に関して特に問題となるのは視標輝度であろう。視標輝度を網膜上において一定にするには瞳孔径を一定に保たなければならない。そのために一般には人工瞳孔を用いるが、これは視野を制限するので本実験には適当でない。そこでわれわれは暗順応状態の測定においては視標輝度を視標呈示位置による瞳孔径変化が少ない範囲内に止め、また明順応状態の測定においては背景光輝度と視標の平均輝度を等しくなるようにすることによって、この問題を一応解決している。したがって、得られた結果と視覚系の構造との対応を考えることも近似的には可能であると考えられる。

7. む す び

以上、視野各部のフリッカー特性を心理物理的手法によって測定した結果について述べた。ここでは視野各部固有の性質を取り上げたが、視野各部位間の相互関係を積極的に取り上げることによって、より一般的なフリッカーに対する視野の性質が明らかになる。また、工学的にはフリッカー光の波形による違いも重要な課題と思われる。

ここで得られた結果は、いずれも巨視的な視覚系の性質とその法則性の記述が中心であり、それらの基礎とな

る視覚系の微細なメカニズムを明らかにするには至っていない。そのためには当然、充分な生理データの裏づけが必要であろう。

おわりに、この研究の機会を与えていただき、また激励をいただいた NHK 放送科学基礎研究所 樋渡所長はじめ、日頃ご指導いただいている渡部主任研究員、視聴科学研究室 坂田室長、実験に協力された評定者、実習生諸氏に深謝する。

(昭和52年8月11日受付)

〔参 考 文 献〕

1) T. Fukuda: Subjective Frequency in Flicker Per-

ception, Perceptual and Motor Skills, 45, Aug. (1977) 203-210

2) たとえば W. W. Abney: The Sensitiveness of the Retina to Light and Colour, Phil. Trans. Roy. Soc. (London) 190A (1897) 155-195

3) G.A. Österberg: The Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina, Acta. Ophthalmol., Suppl. VI (1935)

4) F.H. Ireland: A Comparison of Critical Flicker Frequencies under conditions of monocular and binocular stimulation, J. exp. Psychol., 40 (1950) 282-286

テレビジョン学会誌投稿規定 昭和52年2月9日一部改定

(論文・資料、研究速報、これすぽんでんす欄)

1. 投稿者は原則として本会会員にかぎる。
2. 本会所定の原稿用紙に、「テレビジョン学会誌執筆のしおり」に従って執筆し、正1部、副2部、計3部提出する。ただし、副はコピーでも差支えない。原稿用紙および執筆のしおりは申込みにより送付する。
3. 投稿欄は論文・資料、研究速報、これすぽんでんすの各欄とする。論文・資料欄の長さは原則として刷上り6ページ以内(表題、図・表、文献等を含む)、研究速報、これすぽんでんす欄は2ページ以内とする。1ページは375字詰本会原稿用紙で約6枚。

投稿の際はページ数厳守のこと、ページ数が超過している場合は、原則として返戻する。

なお、各欄の内容はつぎのとおりとする。

論文・資料：テレビジョン技術および画像エレクトロニクスに関係のある独創的な研究結果の報告、あるいは会員の参考となるような新しいデータ、設計資料、施設計画資料、試験報告等をまとめたもの。

研究速報：新しい着想や研究成果を速報するもの。

これすぽんでんす：読者の自由投稿のページであり、既発表論文への討論や学会に対する建設的意見などを発表するもの。

4. 投稿の内容はなるべく本会員多数のために理解し

やすく、かつ未公表*のもののにかぎる。他の著作権を侵した場合は投稿者の責任とする。

5. 投稿原稿は本会編集委員会で査読し、不適当と認めたものは掲載しない。この場合、原稿は投稿者に返戻する。また、編集委員会が原稿の一部訂正を適当と認めたときは、そのむね投稿者に照会する。

なお、投稿者に照会後、6カ月以上経過して再送稿されたものは新投稿原稿とみなす。

6. 図面のトレースは本会で行う。
7. 原稿が掲載された場合は、原則として別刷50部の購入が義務づけられる。50部以上の別刷を希望する場合は、筆者校正の際、希望部数を申出ること。
8. 原稿用紙、執筆のしおりの申込み、原稿の送付先

〒105 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内
社団法人 テレビジョン学会

* 論文・資料の原稿は、それが既発表または公知のものである場合は、投稿者に返戻することとなりますが、当会編集委員会における既発表のものとは、国内、国外の学会誌、機関誌、商業誌などに、その主要な部分が掲載されたものを意味します。

ただし、次のものは未発表として取扱います。①既発表ではあるが、その一部を深く解析または実験し、その部分にオリジナリティあるいは主張すべき点が認められるもの、②研究速報欄に掲載されたものを一層充実させて論文・資料として投稿したもの。

また、研究会、大会などの学術講演、国際会議などにおける口頭発表論文を論文・資料として投稿されることは差支えありません。

Sensitivity Differences between Central and Peripheral Regions of Retina Measured by Critical Flicker Frequency

by Tadahiko Fukuda

CFF (Critical Flicker Frequency) determinations were made at various retinal positions by using a fixation point to which the line of vision is fixed in the first test and by employing a moving target which led the line of vision in the second test.

It is inferred from the results of the tests that CFF in the periphery is higher than that in the fovea when the target size is larger than 2° , and that the variation of CFF according to the locality on the retina in the case where the target size is very small (less than $1/8^\circ$) depends basically upon the density distribution of cones and rods on the retina.

It is also pointed out that CFF is higher during eye movement than when the line of vision is fixed, especially when the target size is large and in the periphery of the retina.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 210~216

Analysis of Correlation between Beam Discharge Lag and Scanning Electron Beam Performance in Pickup Tubes

by Mitsuhiro Kurashige

In order to find out clues for improving the beam discharge lag in widely used photoconductive pickup tubes with blocking contacts, the author looked into the following aspects in the scanning electron beam performance as the factors affecting the lag: (1) Energy distribution broadening due to relaxation in the scanning beam. (2) Beam convergence angle on the target. (3) Angle of incidence of the beam on the target. (4) Local distribution of contact potential difference between target and cathode. (5) Second exponential region of the beam acceptance curves.

The author has worked out a computational procedure to follow the surface potential variation on the target and investigated the correlations among the beam performance, the resultant beam acceptance curves and the beam discharge lag.

It is concluded that the relaxation has the most predominant effect and that the other factors add only minor influence on the decay lag characteristics due to beam discharge.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 217~223

Analysis of Distortion Caused by Multipath Transmission in Frequency-modulation Sound Broadcasting

by Mitsuo Ohara

Relations between distortion caused by multipath transmission and the essential parameters are analyzed for both monophonic and stereophonic FM sound broadcasting.

The parameters involved are DU ratio, delay time of the reflected wave in comparison with the direct wave, phase difference of these two carrier waves, modulation frequency and percentage of modulation.

Fast Fourier Transform processing technique is applied in the computer programme using which the complicated spectrum computation is carried out easily to allow a thorough analysis of multipath transmission phenomenon.

As a result, the complex nature of multipath distortion became clearly understandable. In addition, some considerations necessary for the better reception of FM sound broadcasting under the environment of multipath transmission are derived from the results of analysis.

J. Inst. TV Engrs. of Japan, Vol. 32, No. 3 (1978) 224~230