コントラスト弁別における眼球運動の役割

NHK 放送科学基礎研究所 渡 部

叡

視覚の機能、特に視力に対する眼球の運動の影響は古くから注目されていたが、1950年代に Riggs ら、および、Ditchburn らが、網膜上に生ずる像の位置を固定する方法を開発してから、多くの人々により興味ある実験結果が報告されている。一方、視覚の空間周波数特性の立場から、眼球運動による効果を一種の伝送系要素として取り扱う試みもなされている。ここでは、これらの報告を基に、眼球運動がコントラスト弁別に与える影響について解説した。

1. ま え が き

視覚の情報処理機能を十分に発揮するために眼球運動が役立っていることはいうまでもない。この眼球運動を、パターンの弁別における有用性という点から考えると、性質の異なった4種の成分に分類できる。

これらは次章で説明するように、衝動性運動、随従運動、輻輳開散運動、固視微動である。このうち固視微動は、視線を固定した場合でも存在する不随意的なノイズ状の微小運動成分で、パターンの細部を弁別する機能を保持するのに、重要な役割を演じているといわれている。

われわれの眼は、網膜上の視細胞の大きさ、間隔から考えると、とても分解できぬと思われる微細なもので見わけられる場合があるが（たとえば、副尺効果とよばれるように、2本の線のくいちがいを弁別する場合、あるいは、明るい背影の前におかれた細い線が存在を弁別する場合などは、視角の秒のオーダーまで見わけられるといわれる）、このような分解能がどのようにして得られるかという問題は古くから研究されており、前述の固視微動の影響も研究対象のひとつとして取り上げられてきた¹⁾²⁾。Ditchburn ら³⁾、および Riggs ら⁴⁾のグループは、1950年頃にこの問題に着目し、固視微動を止める

とパターンはどう知覚されるかという実験を初めて試みた。

実験方法としては、眼球はある程度自由に運動しうる状態におき、観察パターンがつねに視線と一致して動くという装置を工夫して使用した。すなわち、この装置によって、網膜上に投影されたパターンの像位置は固定されることになり、等価的に眼球運動を止めたことに相当するわけである。この実験の結果、最初鮮明に見えていたパターンが数秒後にはそのディテールおよびコントラストが失われ、視野が灰色になったように感ずる、ある場合には暗黒になったように感ずるという現象を確かめた。そして、いったん消滅したパターンは、その後数秒おきに、瞬間的あるいは部分的に見えるという状態（このような状態は、像位置固定の不完全さによるという説もある一後述）に達する。

以来、この現象は Ditchburn-Riggs 効果ともよばれて、多くの人々の興味を引くようになった。そして欧米においては、この問題に関して多数の研究が行なわれてきたが、種々のパターンに関する知覚現象が確かめられながら、その現象の起因する本質についてはまだ完全に究明されず、現在でもこの問題に関して研究が続けられている。

欧米における多くの研究に比して、わが国においては、筆者の不勉強かも知れないが、この問題に関するシステマティックな研究の例をまだ見ない。

Riggs ら⁴⁾は、網膜上の像位置を固定しなくても経験しうる似たような事実として、つぎのような例をあげている。すなわち、光学測定に用いる積分球のように、周囲が一樣に照明された環境の中に頭を置くとか、または、まぶたを閉じて明るい光源を見るような状態を長時間続けると、次第に暗黒になったように感ずる、あるいは

筆 者 紹 介

わたなべ あきら
渡部 叡 昭和24年、慶応大学工学部電気工学科卒業。同年、NHK 秋田放送局技術部勤務、昭和28年、NHK 技研テレビ研究部勤務となり、受像に関する諸問題の研究を行なう、昭和36年、視聴科学特別研究室主任研究員となり、視覚に関する研究を行ない現在に至る。正会員。

"Effect of Eye Movements on Contrast Sensitivity" by Akira Watanabe (NHK Broadcasting Science Research Laboratories, Tokyo)

は盲目になったように感ずることがある。また、うす暗い講堂で講演者を見つめていると何も見えなくなり、視野の中を洗い去られたように感ずることがある。さらに、神経生理学的には、動物の眼の神経節細胞の光刺激に対する応答をしらべると、刺激の定常状態において応答を維持する細胞の数はごくわずかであり、多くの細胞は刺激開始時および終了時のみに応答する、あるいは終了時のみに応答する (Hartline⁵⁾ の蛙の眼を用いた実験、Granit⁶⁾ のねずみの眼の実験) ということが確かめられている。

このように、視覚の神経系は光刺激の明滅あるいは運動のような過渡状態において、大きな応答を生ずることが知られているが、人間の視覚においても同様の生理機構が存在し、眼球の微小振動が、神経の順応による応答の低下をさけるような効果をもっていることは充分考えられる。

以上のような事実から推定すると、視覚系は Schade⁷⁾ のモデル (信号の主系路は結合コンデンサを通して伝送する交流伝送系であり、直流分は補助的に直流再生の形で伝送される) のように、本質的に交流成分の伝送系であり、直流成分の伝送は補助的に行なわれるものと考えてよいであろう。そこで、眼球運動はスキャンニングあるいはサンプリングによって、直流入力を時間的に変化する信号に変換する役割を演じていると推定できる。こう考えると、視覚を伝送系として取扱い、眼球運動を考慮に入れて通信工学的な考察が適用しうることになり、われわれテレビ技術者にとっても新たな興味の対象が生まれてくることになる。

ここでは、網膜上の像位置を固定する方法と、像位置を固定した場合における知覚現象に関する多くの実験報告、および、筆者が比較的大きな眼球運動を対象として行なった測定結果について概要をのべることとする。

2. 眼球運動の成分と性質⁸⁾⁻¹¹⁾

眼球は、6本の筋肉によって眼窩の中に釣られており、その中心がほぼ固定された回転運動を行なう。特殊な運動を除けば、その運動成分は前項でのべたように、つぎの4種類に分類される。

(a) 衝動性運動 (saccadic movement)

一般に、注視点を移動するときを生ずる跳躍的な運動成分で、両眼で同方向に生ずる。その立上り時間は1/20~1/100 sec 程度であり、偏位の大きい場合ほど時間は長い。その発生周期には一定の傾向があり、0.15~0.35 sec の範囲に多く分布する。これは人体におけるサンプリング制御のひとつの現われと考えることができる。

(b) 随従運動 (smooth pursuit movement)

低速で運動する対象をを視線が追跡するときを生ずる成分で、静止した対象の上で注視点を移動するときには生じない。その速度は視角にして 35°/sec 程度が限度である。眼球運動の機構は一種の自動制御機構とみなせるが、随従運動は対象物の運動速度で誘起するので、速度制御系の出力とみなすことができる。一方、前述の衝動性運動は目的物の網膜上における像位置を中心窩 (網膜上で最も視力のすぐれた部分で、その直径は約 300 μ) の上に移動するという位置制御の出力とみなすことができる。いいかえれば、運動する対象物を追う場合に衝動性運動は、中心窩位置と対象物の像位置とのずれを補正して零にする役目を果たし、随従運動は像位置を常に中心窩上に保つための役目を果たしている。

(c) 輻輳開散運動 (convergence & divergence)

遠近方向に運動する対象物を追跡するとき発生する成分で、両眼の運動方向は必ずしも一致しない (この点から disjunctive movement とよばれており、これに対し (a), (b) 両者は conjunctive movement とよばれることもある)。その立上り時間は長く、0.5 sec 以上である。一般に、遠近方向に視線を移す場合には衝動性成分が混入するが、これは両眼の運動方向が一致し、輻輳開散としての本質的な役目をもたない。

(d) 固視微動 (small involuntary eye-movement, physiological nystagmus)

一点を注視しているときにも不随意的に存在するノイズ状の微小運動成分であり、一般に、tremor, flick および drift の3種の成分に分類されている。これらの振幅、発生周期については概略を示す数字として、つぎのように報告されている³⁾⁴⁾¹²⁾¹³⁾。

tremor: 振幅角 15 秒程度で、周波数 30~80 c/s (100 c/s あるいは 150 c/s ともいわれている) 程度の分布を有する不規則な振動で、だいたい 50 c/s 位に最大点がある。

flick: 偏位角約 20 分以下で、0.03~5 sec の範囲の周期で不規則に発生するパルス状あるいはステップ状の運動成分。

drift: 偏位角約 5 分以下で、flick の間に存在する遅い運動成分。周波数の非常に低い振動成分も含まれる。

図1は固視微動の一例 (Cornsweet¹⁴⁾ より) であり、以上の3種類の成分が混在しているのがわかる。なお、固視微動のフーリエ解析を行なった結果として、Fender と Nye¹⁵⁾ は図2の曲線を報告している。

固視微動の方向性については、flick と drift について報告されているものがある。Fiorentini と Ercoles¹⁶⁾ の測定によれば、flick は水平方向成分が圧倒的に多く、drift は垂直方向成分が最も多く、水平方向にもかなり

図1 固視微動 (small involuntary eye-movement) の記録例

一点を注視している間に生ずる運動で、非常に小さい振動成分は tremor, 比較的大きい急激な偏位は flick, そして flick の間の遅い偏位が drift と呼ばれている (Cornsweet より)

図2 固視微動振幅 (中央値) の周波数に対する分布 (Fender and Nye より)

の発生が見られるが、いずれの場合もなめ方向の成分が非常に少ない。Nachmias¹⁷⁾ の測定結果は Fiorentini らのものとは一致せず、被験者によってかなりの差異があり、また、純粋に水平あるいは垂直方向に発生する成分は少ないと報告している。

Krauskopf¹⁸⁾ によると、drift と tremor については両眼の間で相関が見られないが、flick は方向、偏位の大きさとも両眼で一致している。

これらの運動成分のうち、特に固視微動が視力その他の視覚の弁別機能に与える影響が中心問題としてとり上げられてきた。

しかしながら、コントラスト弁別機能という広い立場から (ディテールの弁別も含む) は、固視微動の影響だけでなく、注視点移動時に生ずるような比較的大きな衝動性運動もパターンの大きい部分間のコントラスト弁別に影響を与えているはずであるから、この点も考慮しなければならないであろう。すなわち、コントラスト弁別機能を視覚の空間正弦波レスポンスとして扱うとき、高周波域レスポンスは、Bryngdahl¹⁹⁾ が論じているように、固視微動によって助長され、低周波域レスポンスは Schade²⁷⁾ および渡部²⁰⁾²¹⁾ が報告しているように、大きな眼球運動によって助長されると考えてさしつかえないであろう。

3. 網膜上の像位置を固定する方法

3.1 眼球に光学系を直接固定する方法

図3 網膜像固定用コンタクトレンズ (光学系を眼球に直接固定する方法)

(a) Full fitting type, (b) Yarbus type, (c) Pritchard type, (d) (b)と(c)の組合せ (Gerrits, Haan & Vendrik の使用したもの)

Clowes と Ditchburn²²⁾, Yarbus²³⁾²⁴⁾, Pritchard²⁵⁾ らが考案し、その後多くの研究者が用いている方法で、装置の構造は図3に示すようなものである。

図3(a)は full-fitting type とよばれ、強膜、角膜にまたがる大形のコンタクトレンズを眼球に密着させる。コンタクトレンズの中央部には人工瞳孔および+40ディオプトリのレンズをつける。ターゲットは細いアルミニウムの棒の先につけ、2.5cm 前方に固定する。こうすることにより、ターゲットは無限遠に見え、眼球が動いても網膜上のターゲット像の位置は移動しないことになる。

同図(b)は Yarbus type suck-on lens とよばれ、アルミニウムの薄板などでつくられ、腹部につけたゴムのバルブを用いて内部に負圧を与え、眼球に吸着させる。内部には NaHCO_3 の溶液を満たして角膜の乾きを防止する。

同図(c)は Pritchard の考案したもので、ターゲットの裏側に拡散板およびランプを付けて照明する。高屈折力のレンズを通してターゲットが無限遠に見えるようにする。この装置ではねじ機構によってターゲットの交換およびピント調整ができ、ボールジョイントにより光軸の調整が可能である。

同図(d)は Gerrits, Haan, と Vendrik²⁶⁾ が用いたもので(b)と(c)を組合せた構造になっている。コーン内部は特に液体を満たさず、水滴によるくもりを防

止するためコーン周囲にチューブを巻き、体温程度の湯を流している。装置全体の重量は約 2.2 g で、(b) の装置 (約 0.35 g) とくらべるとかなり重い。

以上のように、光学装置を直接眼球に固定する方法では、装置が簡単であるが、使用するパターンの種類に限度があること、また、像位置の固定はかなり完全に行なえるが、像位置に任意の運動を外部から与えるような実験を行なうことができない、などの欠点がある。これらの欠点を除くために、つぎのべるような装置が工夫された。

3.2 コンタクトレンズに固定した鏡で反射投影した像を観察する方法 (optical lever technique)

Ditchburn ら³⁾、および Riggs ら⁴⁾ が最初に考案したもので、図 4 は装置の原理的構成を示す。小さな表面鏡 (直径 5 mm 以下) を強角膜形コンタクトレンズにはめこみ、これを眼球に密着させる。一方、スライドプロジェクターからの投射光を鏡に当て反射させる。反射光は前方のスクリーン上に試験用パターンの像をむすぶ。眼球回転によるスクリーン上の像の偏位は、視線偏位角の 2 倍に相当するから、これを補償する必要があり、このため図のようにスクリーンから瞳孔へ入射する光に対して補償系路を設け、2 倍の距離を通過するようにする。実効的視距離は 30 cm 程度であり、補償系路は実際には直角プリズムおよび 2 個の dove prism* によって作られる。

眼球運動は厳密には中心の固定された回転運動ではなく、わずかな位置変動も伴う。また、頭の動きによる位置偏位も生ずる。そして、像位置固定を完全に行なうに

図 4 コンタクトレンズに固定した鏡で反射投影した像を観察する方法の原理図
実効的視距離はスクリーンと眼の間の距離の 2 倍にとり、網膜上の像位置が眼球運動にかかわらず固定されるようにする。

* dove prism とは図のような構造のプリズムをいう。

は、ずれの許容度を視細胞の直径以下 (錐体細胞の直径は約 1.5μ 、視角で約 20 秒に相当するといわれている) にせねばならない。図 4 の装置では、水平方向の移動があっても像位置は追従するが、垂直方向の移動に対しては追従できぬことは明らかである。したがって、垂直方向の眼球運動に対する像位置固定のよさは、Ditchburn らによれば 85% 程度であり、この不完全さから逃げるため、図 4 の装置による実験では垂直方向には一様の観察用パターンを用いなければならない。Fender の指摘したもうひとつの欠点は、眼球運動にはねじれ回転 (光軸を中心軸とする回転) の成分があるが、この成分による投射像の不必要な偏位がかなり大きい。これをさけるには、鏡を視線と垂直な平面内に置く必要がある。このためには、コンタクトレンズから前方に細い棒を出し、その先端に鏡を固定する方法がとられる。

さらに、もうひとつの問題は、眼球回転運動に伴い鏡は回転運動と位置移動との両者を行なうことになるが、このために、像固定に誤差を与えることである。これをさけるには、鏡の中心と、眼球回転中心とを結ぶ線に一致させて光を投射せねばならない。

Clowes と Ditchburn²²⁾ は厳密な検討を加え、完全な位置固定を行なうため、光学素子数十個を用いるような装置を開発した。このような複雑な装置は、実用性のうえでは必ずしもすぐれたものとはいえない。そこで Ditchburn²⁷⁾ はさらに実用性にも重点をおき、かなり完全に像位置固定が行なえる装置を工夫した。図 5 はその原理図である。

レンズ L_2 はしばり P の像を反射鏡の表面に結像する。 L_3 と M は角度倍率 1/2 の望遠鏡を構成する。これは M' の反射光が眼球回転角の 2 倍だけ偏位するのを補

図 5 Ditchburn が考案した網膜像固定装置

コンタクトレンズに付属したミラー M' は、視線と垂直な平面に一致するように固定する。 L_2 はしばり P の像を M' の上に結像する。 L_1 は平行光線を作っているの、 M' から見たスライド像は無限遠にある。凹面鏡 M の焦点距離は L_3 の 2 倍であり、 L_3 とともに角倍率 1/2 の望遠鏡を構成する。 M' と瞳孔は L_3 と M に関して共軛関係にあり、眼から見たスライド像は無限遠にある。 M' による反射光は視線変位角の 2 倍だけ偏位するが、 L_3 と M により補正され、網膜上の像位置は固定される。 L_4 は L_3 と M の焦点距離が理論値と異なった場合に補正用として用いる。

償して視線方向と一致させる。L₁ は平行光線を作成し、M' は L₂ の焦点距離の位置にあるから、T のスライドパターンは M' から無限遠に見えることになる。M' と眼球瞳孔は L₃、M、L₄ に関して共軛関係にあり、M' から反射した光はこれらのレンズ、凹面鏡光学系を通り、瞳孔位置にしばらく P の像をむすぶ。そして無調節眼から見ると、スライドパターンの像位置は無限遠に存在することになる。L₄ は、L₃、M の焦点距離が理論値と一致しない場合に補償用として用いるレンズである。

この装置では像が無限遠に見えるため、鏡 M' の位置ずれに関連した誤差はほとんど問題にならない。視野の大きさは 10 度程度であり、像位置固定の精度は視野中心付近において、水平方向に関して約 99%、垂直方向に関して約 98% である。

コンタクトレンズは大形のものでも眼球に対して完全に固定されるものではなく、わずかのずれを生ずる。このずれは本質的な誤差となるが、Barlow²⁸⁾ は、ずれの量について精密な測定を行なっている。すなわち、図 3 (a) の full-fitting type と、同図 (b) の Yabus type について比較測定を行なった。測定方法は眼の残像を利用したもので、たとえば図 6 のようなターゲットを用いている。同図 (a) において下半分は黒、上半分は偏光フィルターの組合せで、左右の極性は 90° 変えてある。このターゲットの裏面から偏光フラッシュを照射するのであるが、1 回目の照射はターゲットの偏光フィルターのどちらかに極性を一致させる。5 ないし 10 sec 後に、極性を 90 度変えて 2 回目の照射を行なう。もし、その間にコンタクトレンズがずれていれば、残像によりターゲットは同図 (b) のように黒のエッジに段を生ずる場合が出てくる。その段の大きさからずれの程度が判断できる。測定結果では、full-fitting type は視角 3.5 分相当までずれるのに対し、Yabus type はこれよりよく、約±40秒以下のずれである。

図 6 コンタクトレンズの眼球に対するずれを測定するために Barlow が用いたターゲットの例 (図 3 の (a)(b) 用のターゲットとして用いた)

(a) の下半分は黒で上半分は 90° 極性の異なるフィルターを組合せたもの、裏面から偏光フラッシュで照射する。1 回目と 2 回目は極性を 90° 変えて照射するが、その間にコンタクトレンズがずれると残像によって (b) のように黒との境界に段が生ずることがある。

このようなわずかなずれは完全に除くことはできない。また、コンタクトレンズを用いるときは、一般に麻酔薬を点眼して苦痛を除くが、それでもわずらわしさはかなりの残る。そこで、コンタクトレンズを用いずに像固定を行なう方法として、つぎのようなものも提案されている。

3.3 コンタクトレンズを使用しない方法

従来提案されているコンタクトレンズを用いない方法では、観察パターンの種類がごく特殊なものに限定される。例としては Ratliff²⁹⁾ の提案による Haidinger の brush を観察する方法、Cornsweet³⁰⁾ の提案による自己の網膜構造の一部を観察する方法などがある。

Haidinger の brush は内視現象* の一種で、ユニホームなフィールドを偏光フィルターを通して見たときに観察できるパターンである。形状は砂時計に似ており、その中心は網膜中心窩に位置する。このようなパターンが見えるのは、網膜における色素粒子の配置構造に起因するといわれる。そして、偏光の極性方向が変わらぬ限り、このパターンの位置は網膜上で固定される。眼球のねじれ回転があるときの状態はくずれるが、通常の小さい眼球運動ではねじれ回転はほとんど生じないので、位置固定が保てる。

Cornsweet の提案は、視線とは異なる方向からななめに瞳孔内に光ビームを入射して網膜の一部を照射し、その反射光を外部に取り出し、レンズ、ミラーを用いて再び眼球内に戻し、自己の網膜上の照射された部分の構造が観察できるようにするもので、眼球運動によって、照明部の位置は動くが、網膜構造パターンの位置は変わらない。

これらの方法は、コンタクトレンズを用いないので、比較的容易に、誰にでも網膜像位置固定による知覚現象が確かめられるが、定量的測定を行なう実験には必ずしも適当ではないので、詳細は省略する。

3.4 比較的大きな眼球運動を対象とした電子工学的方法¹⁸⁾¹⁹⁾

筆者がテレビジョンを用いて空間正弦波パターンを観測する際に用いた方法で、図 7 にその原理を示す。

眼球運動は Stark¹⁰⁾ らの用いたのと同様の方法によって検出する。まず、角膜と強膜両者にまたがり、眼球のななめ前方の両側から光のスポットを当て、この反射光を光電素子 (シリコン太陽電池) でとらえる。素子の出力は差動結合とする。角膜表面は鏡面反射を行ない、また、角膜を通して入射した光は虹彩および瞳孔内に大部

* 内視現象: 眼球内の諸条件が原因で、眼の正規の光学系によらないで起こる光覚経験あるいは特殊な条件下で生ずる光覚経験をいう。たとえば、Purkinje の血管像とよばれるものはその一例で、網膜を通して強い光を照射すると血管のかけが網目状に見えるのをいう。

図 7 眼球運動の水平方向成分に一致してモニター上の空間正弦波パターンを動かすための装置

- (a) 眼球運動の水平方向成分検出方法
(b) (a) によって検出した電圧を用いてパターンを水平方向に動かす装置の系統図

分が吸収される。一方、強膜では主として拡散反射が行なわれるので、光電素子への入射光は強膜による反射光が主体を占める。したがって、眼球が水平方向に運動すると、光電素子に対面する強膜部の面積が大きいほうが出力が大となり、反対側の素子では出力は小さくなる。

このようにして、素子出力には水平方向の眼球運動に対応した変化が生ずる。垂直方向運動に対しては感度は低く、水平方向に比して 1/10 以下になる。素子出力によって単安定マルチのパルス幅を変調し、このパルス幅だけ水平同期信号 HD を遅延させる。その遅延 HD によって正弦連続波 (HD の任意周波数の高調波成分をとり出す) を発生する。この正弦波によりモニターを輝度変調すれば (モニターの水平同期は遅延しないものを用いる)、眼球の水平方向運動に従って運動する縦縞の空間正弦波パターンが得られる。

このようにして、水平方向に関して約 ± 6 度の範囲で被験者の網膜上の像位置は眼球運動にかかわらずほぼ固定される。固定の精度は分のオーダーである。垂直方向に関しては縦縞であるから動かす必要はない。しかし、垂直方向の大きな眼球運動はパターンを水平方向に動かす結果になるので、黒紙で画面の上下をおおい、観察パ

ターンの高さを制限するといった配慮が必要である。この方法は、網膜上の像位置固定法としてはかなりラフなものであり、固視微動を測定の対象とすることはできない。したがって、筆者は注視点移動のような比較的大きな眼球運動が、空間正弦波レスポンスの低周波域に与える影響を測定するのに用いた。

4. 網膜上の像位置を固定することによって知覚される現象

上記のような装置を用いて網膜上に投影される像の位置を固定した場合に知覚される諸現象については、数多くの報告がみられるが、それらに共通する基本的な現象は、パターン提示後数 sec 間に急速にディテールが消失することである。ここには数例だけをとり上げてのべることにする。

4.1 眼の分解能に関する測定例

Riggs ら⁴⁾ は図 4 に示す装置を用い、図 8 のようなパターンの観測を行なった。同図の中心にある小さい円は、視線と一致して動くパターンであり、外側のリングは図 4 の補償系路中に薄いガラスプレートを挿入して作成した運動しないパターンである。両者の明るさは 5 fL であり、それらの寸法は図中に示してある。中心の縦線はテストラインであり、視角にして 93.3 ~ 5.8 秒の間で 11 種類の太さを用いている。被験者は顔を固定するためにバイティングボード (かみ板) を用い、左眼をかくして右眼だけで観測した。

図 8 Riggs らの用いた観察パターン
中心の円および線の網膜上における像位置が固定される。

実験条件としては、(I): 網膜上で像位置を固定した場合、(II): スクリーン上でパターンが動かない場合 (正常の観察状態に相当するが、被験者はコンタクトレンズをつけている。ただし、投射光の反射はレンズ付属のミラーによらず、その付近に別個に固定したミラーで行なう)、(III): 眼球の動きと逆方向に像が動く場合 (補償系路中のダブリズムの 1 個を 90 度回転してセットすることによって得られ、網膜上の像の偏位は通常の場合に比して 2 倍になる)。パターンはいずれの場合も 1

分間提示のくり返しとしている。被験者はテストラインの見える間はキーを押し、見えないときにははなすという動作を行なう。

条件（Ⅰ）では、提示直後はパターンが明らかに見えるが、すぐテストラインは消え始め、通常数 sec で完全に消失する。その後再び現われることもある。ラインが太い場合には消失するまでの時間も長く、消失後もときどき現われる。中心の円まで消失する場合もあり、このときはリングだけが見える。条件（Ⅱ）では（正常の観察状態）ラインが細い場合には消失することもあるが、ときどき現われる。太いラインではまれに消失する程度である。条件（Ⅲ）では最も細いラインでもほとんど消失しない。

図 9 は、被験者 1 名に関し、これらの測定結果を曲線で表わした例であり、(a) は 1 分間の提示時間のうち、パターンが見えていた時間率をテストラインの太さに対してプロットしたものであり、(b) はラインが見えるか見えないかの 50% 閾値の時間的変化をプロットしたものである。

すなわち、1 分間の提示時間を 10 セクションに分割し、各セクションの 6 sec のうち 50% の時間だけ見えていたラインの太さを閾値としてとり、その値がパターン提示後変化する様子を表わしている。これらのデータは、固視微動をとめるとディテイルに対する視覚が失わ

図 9 テストラインの見えるの良さの測定結果 (Riggs ら)
(a) は提示時間 1 分のうち、テストラインが見えていた時間率をラインの太さに関してプロットしたもの。
(b) は 1 分間を 10 セクションに分け、各セクションの 50% の時間見えていたラインの太さを提示時間の経過に関してプロットしたもの。

れることを示している。また、0.03~0.47 sec のフラッシュ照明を行なったところ、3 条件を通じて大きな差はないが、条件（Ⅰ）の場合にかえてやや閾値が低下（感度が上昇）することを認めている。

これらの結果から Riggs らは、条件（Ⅰ）においていったんパターンが消失しても、その後ときどき現われるテストラインに対する分解能は失われていないこと、そしてフラッシュ照明の実験によれば、眼球運動はむしろ視力を低下させる効果を有しているが、網膜受容器に対するステディーな刺激からくる視覚喪失 (loss of vision) を防ぐのには役立っていることを報告している。

Ditchburn と Fender³¹⁾ は、3.2 節のべたような、種々の問題点を改良した装置を用い、Riggs らと同様の測定を行なって比較し、つぎのように報告している。Riggs らの測定では条件（Ⅰ）の場合に 50% 閾値が 5 fL で視角 35 秒であったのが、Ditchburn らが直径 1 度の円の中心に縦線を置いたパターンを用いた測定では、25 mL (ミリランベルト) で視角 5 分と低い値を示しており、また、像位置固定の精度がよいほどパターンの消失時間率の増加が速い。さらに、パターンの照明を方形波状に断続した場合の 30 sec 提示時間内における像が見えた時間率を測定し、図 10 のような結果を得ている。時間率最大のときの照明断続周波数はほぼ C. F. F. (critical fusion frequency: ちらつきが感じられるか否かの閾値周波数) に近い。

視覚の神経細胞は、前述のように刺激の on-off 時に強いレスポンスを出すものが主体を占めていると推定されるが、これらが強いレスポンスを出すには、当然適当な刺激の断続周波数が存在するはずであり、網膜像固定の実験から、その周波数範囲は 4~10 c/s が効果的だと考えられる³²⁾。そして実際の固視微動においても、視細胞の間隔に相当するような振幅の振動成分が存在しており、また固視微動をフーリエ解析した結果(図 2)でも、1~10 c/s の範囲にかなり大きな部分が含まれている。

この測定時に被験者は、断続周波数が高くなるとパタ

図 10 テストラインの見えるの良さと断続光照明の周波数との関係 (Ditchburn ら)

縦軸は直径視角 1° の円の中心に幅 5' の垂直線を置いたパターンにおける線の見えた時間率、横軸は断続照明 (ピーク値 25 mL) の周波数、パターン提示時間は 30 sec.

ーンの明るさが著しく高くなったように感ずる（100 倍程度と評価する場合もあった）とうたっている。この感覚的明るさを測定するために、パターンの右半分に一定の照明を与えて標準視標とし、左半分の断続光の強さを被験者に調節させて標準視標の輝度にマッチングさせたところ、断続光の強さを可変範囲の限度まで異常に強くするような現象が見られ、マッチングができなかった。

その理由として、視覚の神経細胞の中には、この程度の輝度に対しても断続周波数が適当であればレスポンスが飽和状態に達するようなものも存在し、刺激光の強さが判断できなくなるためであろうと考えられる。

さらに、彼らの用いたパターンでは、通常黒い線からさきに見えなくなり、ついでパターン全体が輝いて見えるようになるが、このような現象は疲労による効果というような単純な理由では説明できない。

前述のように、固視微動はいくつかの異なった成分を有しているが、これらのうちで視覚の維持に有効な成分を知るために Krauskopf⁽³³⁾ はつぎのような実験を試みた。すなわち、図 4 にもとづく装置を変形し、直径 1 度の円形の中心に垂直のスリット光を重ね、その明るさを調整可能としたパターンを用い、光路中の鏡 1 個をペンモーターで振動させて（反射光の方向を正弦波状に水平面内で振動させる）スリットが見えるか否かの閾値を測定した。この実験では、スリットの幅と振動周波数をパラメーターとし、振動振幅に対するコントラスト閾値の変化を測定している。なお、30 sec の提示時間中 50% の時間だけパターンが見えたときのコントラストを閾値としている。

その結果、総合的結論として、実験結果を直接眼球運動にあてはめることは危険だが、低周波（1, 2, 5 c/s）の振動は視覚の維持に有効であり、高周波（10, 20, 50 c/s）の振動はかえって有害であることを認めた。

パターンを振動させた場合の測定は Ditchburn⁽³²⁾ も行っており、図 11 のような結果を報告している。同図は横軸に振動振幅、縦軸に振動周波数をとり、パターンの見えの時間率をパラメーターとして等高線表示したものである。90% 以上パターンが見えた範囲は 4~10 c/s の周波数、0.4~1 分の振幅の範囲であり、前述の断続光による実験結果の説明をうらがきしている。斜線の部分は視覚に悪影響を与えている部分であり、実際の固視微動ではこのような周波数および振幅の範囲に相当する成分は非常に少ない。

さらに固視微動と視力との関係については Keesey⁽³⁴⁾ のつぎのような報告がある。観察用パターンとして single line, vernier（2 本の線分の端点のずれを判断する）、grating の 3 種を用い、網膜上の像位置を固定した

図 11 提示パターンを振動させた状態におけるテストラインの見えの時間率 (Ditchburn)

30 sec 提示時間中におけるラインの見えた時間率を等高線表示した。縦軸はパターンに与えた正弦波状水平方向振動の周波数、横軸は振動振幅。

場合と、しない場合の 2 条件について、線の太さ、ずれの大きさ、線の間隔に対する閾値をそれぞれ測定した。

パターン提示時間は 0.02~1.28 sec の間で変化し、提示時間の延長に対する閾値の変化を測定したところ、2 条件の間でまったく有為差が認められず、いずれの場合も 0.02~0.2 sec の範囲では提示時間の延長に従って閾値が急速に低下（感度が上昇）し、それ以上 1.28 sec までの範囲ではほとんど一定になる。提示時間が 1.28 sec までに制限されているが、その間にも固視微動は充分発生しているはずであり、以上の結果からは Riggs らの報告（眼球運動は視力を低下させる一前述）とは一致しないが、固視微動は視力に対して何ら影響を与えていないという結論を得ている。

4.2 色度弁別に関する測定例

Ditchburn⁽³²⁾ はパターンを左右に二分し、両者の輝度は等しくして色度のみを変えた場合に生ずる現象として、つぎのように報告している。青と緑、あるいはオレンジと赤を組合せて提示すると、どちらの場合も青の強い青灰色と黄色とに見えるようになる。これは第三色盲の色覚と同じ現象であり、したがって、正常者と第三色盲者の違いは眼球運動にあるということが考えられる。

Krauskopf⁽³⁵⁾ は円形の背景に網膜像を固定した小さい円のパターンを重ね、両者の輝度および照明光の波長を種々の値にとって、見えの時間率を測定した。その結果では、内側の円の輪郭が消失して、周囲の色に一致して見えるようになる、あるいは、内側の円の輝度が高いときには、その輪郭はぼけて不規則となり、内側の円の色が周囲ににじみ出たように感ずることもある。

図 12 は測定結果の一例で、内側の円の波長を 529 mμ

図 12 ターゲットと周囲との照明光の波長が異なる場合のターゲットが見える時間率 (Krauskopf)

二重円の内円 (視角 $1'4''$ の直径) を網膜像固定の状態とし、波長 $529\text{ m}\mu$ で照明し、外円 (視角 $2'14''$ の直径) を $493\text{ m}\mu$, 50 fL で照明したときに、内円が見えた時間率を内・外円の輝度差についてプロットしてある。パターン提示時間 30 sec , 2本の曲線は2名の被験者についての結果を表わしたものの。

周囲を $493\text{ m}\mu$ としたとき、提示時間 30 sec のうち、内側の円が見えていた時間率を内円外円の輝度差についてプロットしたものである。横軸は、外円の輝度を 50 fL 一定として、これに対する内円の輝度を対数で表わしてある。図中の矢印は、被験者が主観的に等輝度と判定した点を示している。両者の輝度がほぼ等しいときには内円の消失傾向が著しいことがわかる。また、ディップを中心として、右側の立上りが左側のそれよりも急峻であるが、この現象は他の波長の場合にも共通して観察されている。

以上は数少ない色度に関する測定例であり、網膜像固定の実験と人間の色覚機能との関係については議論すべき資料がほとんど見当たらない。

4.3 複雑なパターンの消失過程

複雑な図形に関する網膜像固定の実験例としては、Pritchard³²⁾, Heron と Hebb³⁶⁾, あるいは Eagle と Klein ら³⁷⁾ の報告などがある。

図 13 は Pritchard らの実験で使用されたパターンである。Pritchard らの報告では、これらのパターンが消失するまでの時間は、その複雑さに関係があり、単純な図形ほど一般に速く消失するが、被験者の注意の程度や聴覚への音刺激の存在などによっても変わってくる。また、パターンの見える時間率も図形の複雑さによって変わり、1本の線分のようなパターンでは 10% 程度であるが、図 13 の1および2のような図形では 80% 程度になる。図形消失の規則性として一般につきのようなことがいえる。

無意味図形よりも意味のある図形のほうが消失するまでの時間が長い。直線はユニットとして働く傾向があり、三角形、四角形などの各辺は独立に働く (たとえば図 13 の5)。しかし、平行二線の場合は各線は独立に働かない。ぎざぎざの図形は、まるみをおびた図形よりも不安定である。ゲシュタルト心理学のいう“よい図形” (心理的にまとまりやすい図形) は、全体がユニットとして働く傾向がある。フィールド効果ともいべき現象があり、ひとつの図形は隣りの図形の一部の消失過程に影響を与える。

図 13 の2のような図形では、横顔の輪郭線を表わしている曲線のほうが消失しにくい。13 では4, B, 3 という文字を含んでおり、この場合は各部の線がランダムに消失するようなことはなく、像が見える場合には必ず1つないしそれ以上の文字の形が見える。15 の場合も同様で、無意味曲線とBの文字とは独立に働き、前者のほうが消失しやすい。3, 4 のような図形では、直線状に並んだ部分がまとまって残存することが多い。3 では1つの列だけが残って、他は全部消失する、あるいは4ではA, B を結ぶ線上の点が残るというような傾向がある。

図 13 Pritchard らが用いた観察用パターン
No. 5, 6, 16, 17 はパターンの消失あるいは変化して感じられる状態もあわせて示してある。

る。6では向かい合った平行線がユニットとして働き、7では前後の平行面が残ってこれらをつなぐ線は消失する傾向がある。8、9のような図形は安定であるが、10、11は非常に不安定で、部分的に消失、再現をくりかえす。12ではぎざぎざの部分と、まるみをおびた部分は独立に働き、前者のほうが不安定である。14の場合は閉じた曲線がまとまって働く傾向がある。16の場合は前述のフィールド効果があり、2つの図形は互いに影響し、第一に向かい合った部分の線が残りやすく、第二に平行な部分が残しやすい。17は図形の完全化ともいえるべき現象の例で、点線のように原図形よりも“よい図形”として感ずる場合である。なお、このような図形の完全化現象は、他の図形についても被験者によって生ずることがあり、たとえば、6の六角形が立方体として感ずる、あるいは2の横顔の輪郭の場合に、目が付加されて感ずるというような例も認められた。

Eagle と Klein もほぼ同様の現象を報告している。すなわち、彼らの実験によれば、角は線よりも残存しやすい、ぎざぎざの図は、まるみをおびた図形よりも不安定である。有意義図形は無意味図形よりも残存しやすい。これらの傾向は Pritchard らの実験結果とまったく一致している。

以上のような現象は、視覚神経系の末梢部で生ずるものではなく、当然大脳皮質が関与して生ずる現象と考えられる。さらに Krauskopf と Riggs³⁸⁾、あるいは Cohen³⁹⁾の実験によると、片眼の網膜像を固定し、他眼に別のパターンを見せた場合には、固定された像の消失過程に影響が認められている。この現象も中枢が関与していることをうらづけている。

一方、像がいったん消失した後の再現は、コンタクトレンズが眼球に対して完全に固定されていればまったく生じない²⁶⁾²⁸⁾。したがって、再現はアーティファクトによるものであるという説もある²⁸⁾。しかしながら、複雑図形の再現の場合に見られたように、有意義な部分だけが再現するというような現象は、アーティファクトでは説明できない。中枢の関与についても考察を行なっている例があるが⁴⁰⁾、いずれにしても像の消失、再現についての本質はまだ疑問のまま残されている。

5. 眼球運動と視覚の空間正弦波レスポンス²⁰⁾²¹⁾

4.1 節でのべたように、眼球の固視微動は視力に対しては何らの影響も与えていないが、ディテールに対する視覚を維持するには役立っていると考えられる。したがって、視覚伝送系は本質的に時間的交流成分を伝送する系であり、固視微動は時間的に直流入力をスキャンニ

ングによって時間的に変動する信号に変換する役割を果たしていると考えられる。

これを空間次元で考えるならば、神経系は空間的直流入力（視野全体がユニホームな場合に相当）は伝送しない。そして神経の空間におけるディスクリートの分布から、空間的な高周波成分の伝送には限度があり、したがって、高低両周波域で利得の低下する空間的帯域通過形濾波器を形成していると考えられる。これに対して、固視微動は空間的なアパーチャー補償を行なうことになり、したがって高周波域で利得の高い濾波器に相当すると考えてよいであろう。一方、網膜周辺部は中心窩に比して空間的な低周波において利得が高いが、さらに、広い視野内の大きな部分間のコントラストを判断する場合に、視線を交互にそれらの部分に移動して比較していることを考えるならば、大きな眼球運動は空間的な低周波に対する利得増大の役目を果たしていると推定される。これらの役目を濾波器の構成によるモデルで表わすと図14のように考えられる。なお、直流分の伝送は Schade の考察のように補助的な直流再生の形で加わっている。

以上の考察にもとづき、筆者は眼球運動による空間周波数の補償特性を知る目的で測定を行なった。使用した装置についてはすでに 3.4 節でのべた。

テレビ画面の平均輝度を 10 fL とし、縦縞の空間正弦波パターンを出し、画面高の4倍の視距離から観察して縞模様が認められるか否かの弁別閾を測定した。パターンのコントラストは、被験者自身が調節して閾値を求めるのであるが、まばたきをしたとき、あるいは、大きく視線を動かしたとき以外は、縞模様が消失して画面が一様になる状態に達するので、そのようなレベルを閾値と定めた。

測定開始の前に、あらかじめ画面に細い縦線のパターンを出し、このパターンが視線と一致して動くように装置を被験者自身が調整する。この調整は眼球運動検出用のランプおよび光電子の位置、増幅器の利得、入力のバランスを変えることによって行なう。

図14 視覚の空間周波数特性を構成する要因を空間的な濾波器によって表わしたモデル

図 15 網膜上で像位置を固定した場合と、しない場合の視覚の空間周波数特性の比較

(a) は両条件におけるそれぞれの弁別特性。縦線は 5 回測定における標準偏差を示す。
(b) は両者の感度比。

被験者（正常視機能者、男性）の右眼の眼球運動を検出してパターンを動かすが、観察は両眼で行なう（両眼が一致して動くので、この程度の測定にはさしつかえない。また、視線はできるだけ画面中心に固定する）。測定周波数範囲は、網膜像固定の精度の点から低周波域のみに制限される。したがって、測定結果には比較的大きな眼球運動の影響だけが含まれることになる。

パターンを視線に一致させて動かした場合と、静止させた場合（正常の観察状態に相当）、両者について比較測定を行なった結果を図 15 に示す。

同図 (b) において両者の比が低周波域で小さくなっているのは、正常状態における低周波域特性が画枠の制限による影響を受けて、もともと低下しているためと推定される。したがって、画枠の制限がなければ、この曲線は低周波においてさらに上昇するものと考えられる。

この結果から、眼球運動がコントラスト弁別機能を助長していることが明らかにわかる。測定の精度には問題を残しているが、この測定結果は、眼球運動を含めた視覚のコントラスト弁別機能に対して、通信工学的な取扱いを適用できるという可能性を与えていると考えてよいであろう。

6. む す び

眼球運動が、視覚の情報処理のうえで重要な役割を果たしているという事実については、われわれの間では意外に着目されていないようである。テレビ技術の発展のためにも、このような問題がさらに研究されることを期待し、いままで報告された資料をもとに要点をまとめてみた。筆者もこの問題については現在研究を続行中であり、新たな機会にもう少し整った形で発表できることを願っている。

(昭和 42 年 7 月 8 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) F. H. Adler and F. Fliegelman: Influence of fixation on the visual acuity, *Arch. of Ophthalm.*, **12** (1934) 475
- 2) L. A. Jones and G. C. Higgins: Photographic Granularity and Graininess. IV. Visual Acuity Thresholds; Dynamic versus Static Assumptions, *J. Opt. Soc. Am.*, **38** (1948) 398
- 3) R. W. Ditchburn and B. L. Ginsborg: Vision with a Stabilized Retinal Image, *Nature*, **170** (1952) 36
- 4) L. A. Riggs, F. Ratliff, J. C. Cornsweet and T. N. Cornsweet: The Disappearance of Steadily Fixated Visual Test Object, *J. Opt. Soc. Am.*, **43** (1953) 495
- 5) H. K. Hartline: *Am. J. Physiol.*, **130** (1940) 690
- 6) R. Granit: *Sensory Mechanisms of Retina*, Oxford Univ. Press, London (1947)
- 7) O. H. Schade: Optical and Photoelectric Analog of the Eye, *J. Opt. Soc. Am.*, **46** (1956) 721
- 8) C. Rashbass: The Relationship between Saccadic and Smooth Tracking Eye Movements, *J. Physiol.*, **159** (1961) 326
- 9) G. Westheimer and A. M. Mitchell: Eye Movement Responses to Convergence Stimuli, *Arch. Ophthalm.*, N. Y., **55** (1956) 848
- 10) L. R. Young and L. Stark: Variable Feedback Experiments. Testing a Sampled Data Model for Eye Tracking Movements, *IEEE Trans.*, HFE, (1963) 38
- 11) 渡部：眼球運動の制御機構, *NHK 技術研究*, **18** (1966) 94
- 12) M. B. Clowes: Some Factors in Brightness Discrimination with Constraint of Retinal Image Movement, *Opt. Acta*, **8** (1961) 81
- 13) R. W. Ditchburn and J. A. Foley-Fisher: Assembled Data in Eye Movements, *Opt. Acta*, **14** (1967) 113
- 14) T. N. Cornsweet: Determination of the Stimuli for Involuntary Drifts and Saccadic Eye Movements, *J. Opt. Soc. Am.*, **46** (1956) 987
- 15) D. H. Fender and P. W. Nye: An Investigation of the Mechanisms of Eye Movement Control, *Kybernetik*, **1** (1961) 81
- 16) A. Fiorentini and A. M. Ercoles: Involuntary Eye Movements during Attempted Monocular Fixation, *Atti. Fond. G. Ronchi*, **21** (1966) 199
- 17) J. Nachmias: Two-Dimensional Motion of the Retinal Image during Monocular Fixation, *J. Opt. Soc. Am.*, **49** (1959) 901
- 18) J. Krauskopf: Analysis of Eye Movements during Monocular and Binocular Fixation, *J. Opt. Soc. Am.*, **50** (1960) 572
- 19) O. Bryngdahl: Effect of Retinal Image Motion on Visual Acuity, *Opt. Acta*, **8** (1961) 1
- 20) 渡部：視覚の空間周波数特性におよぼす眼球運動の影響, 昭41年電気四学会連大予, 1433
- 21) 渡部：眼球運動とコントラスト弁別感度, テレビ学会画質色彩合同委資料 (昭41.5)
- 22) M. B. Clowes and R. W. Ditchburn: An Improved Apparatus for Producing a Stabilized Retinal Image, *Opt. Acta*, **6** (1959) 252
- 23) A. L. Yarbus: A New Method of Studying the Activity of Various Parts of the Retina, *Biophysics*, **2** (1957) 165

- 24) A. L. Yarbus: The Perception of an Image Fixed with Respect to the Retina, Biophysics, **2** (1957) 683
- 25) R. M. Pritchard: A Collimator Stabilizing System for the Retinal Image, Quart. J. Exper. Psychol., **13** (1961) 181
- 26) H. J. M. Gerrits, B. D. E. Haan and A. J. H. Vendrik: Experiments with Retinal Stabilized Images. Relation between the Observations and Neural Data, Vision Res., **6** (1966) 427
- 27) R. W. Ditchburn: A new Apparatus for Producing a Stabilized Retinal Image, Opt. Acta, **10** (1963) 325
- 28) H. B. Barlow: Slippage of Contact Lenses and Other Artefacts in Relation to Fading and Regeneration of Supposedly Stable Retinal Images, Quart. J. Exper. Psychol., **15** (1963) 36
- 29) F. Ratliff: Stationary Retinal Image Requiring No Attachments to the Eye, J. Opt. Soc. Am., **48** (1958) 274
- 30) T. N. Cornsweet: A Stabilized Image Requiring No Attachments to the Eye, Amer. J. Psychol., **75** (1962) 653
- 31) R. W. Ditchburn and D. H. Fender: The Stabilized Retinal Image, Opt. Acta, **2** (1955) 128
- 32) R. W. Ditchburn: Information and Control in the Visual System, Nature, **198** (1963) 630
- 33) J. Krauskopf: Effect of Retinal Image Motion on Contrast Thresholds for Maintained Vision, J. Opt. Soc. Am., **47** (1957) 740
- 34) U. T. Keesey: Effects of Involuntary Eye Movements on Visual Acuity, J. Opt. Soc. Am., **50** (1960) 769
- 35) J. Krauskopf: Effect of Retinal Image Stabilization on the Appearance of Heterochromatic Targets, J. Opt. Soc. Am., **53** (1963) 741
- 36) R. M. Pritchard, W. Heron and D. O. Hebb: Visual Perception Approached by the Method of Stabilized Images, Canad. J. Psychol., **14** (1960) 67
- 37) M. N. Eagle and G. S. Klein: Fragmentation Phenomena with the Use of the Stabilized Retinal Image, Paper read at Eastern Psychol. Ass., Atlantic City, Apr. (1962)
- 38) J. Krauskopf and L. A. Riggs: Interocular Transfer in the Disappearance of Stabilized Images, Amer. J. Psychol., **72** (1959) 248
- 39) H. B. Cohen: The Effect of Contralateral Visual Stimulation on Visibility with Stabilized Retinal Images, Canad. J. Psychol., **15** (1961) 212
- 40) D. O. Hebb: The Semiautonomous Process; Its Nature and Nurture, Amer. Psychologist, **18** (1963) 16

昭和 42 年度 テレビジョン 学会 編集 委員会

編 集 長	滝 保夫	東京大学	委 員	島田 聰	ソ ニ ー	委 員	立野 敏	郵 政 省
編集理事	池田 辰雄	日本テレビ	"	新谷 治生	電気通信大	"	辻 重夫	東 芝
"	副島 光積	早稲田大学	"	菅 波志女	N H K	"	長原 脩策	コロムビア
〔論文部門〕								
幹 事	竹下 彊一*	N E T	"	須山 正敏	日本大学	"	日比 正男	日 立
"	二宮 輝雄*	N H K	"	永井 淳	東北大学	"	深津 忠泰	ゼネラル
委 員	青木 昌治*	東京大学	"	中沢 康克	早稲田大学	"	守田 仁也	東京放送
"	有田 隆	毎日放送	"	中野 稔	松下電器	"	和田 好世	ビクター
"	稲津 稔*	N H K	"	滑川 敏彦	大阪大学	〔ニュース・特許部門〕		
"	遠藤 敬二*	N H K	"	成田 昭	日 立	幹 事	武井 幸夫	日 立
"	王丸 謙治	N H K	"	西田 亮三	静岡大学	"	宮崎 栄一	松下東研
"	風間 茂穂	芝 電 気	"	野口 幹夫	東 芝	委 員	柴崎 英輔	民 放 連
"	加納 顕一	日 電	"	室谷 正芳	電電公社	"	高橋 重雄	電 技 協
"	倉田 是*	千葉大学	"	渡部 叡	N H K	"	高柳 俊	東京放送
"	栗田 正一	慶応大学	"	渡辺 苞	富 フィルム	"	田中真三郎	郵 政 省
"	黒川 信次	日 電	〔海外文献部門〕			"	田中 俊幸	日本テレビ
"	黒部 貞一	北海道大学	幹 事	藤尾 孝	N H K	"	富田 定佳	N E T
"	佐藤 源貞	上智大学	"	安田 靖彦	東京大学	"	三宅 繁	国際電電
"	佐藤 文彦	東京12ch	委 員	伊藤 貞男	電電公社	"	山根 三郎	N H K
"	坂田 晴夫*	N H K	"	川原 杲	日 電			
			"	北沢 誠	東 芝			

*印は特別委員