

眼科臨床における測定と評価

可児 一孝

滋賀医科大学 眼科学講座
〒520-21 大津市瀬田月輪町

1. はじめに

眼科では患者を診察するとき、非常に多くの検査法を用いる。検査には、細隙灯顕微鏡検査や眼底検査のような、医師や検査員が観察して、あるいは、測定データを読みとって評価するものと、視力、視野、色覚の検査のように、被験者の自覚によってデータが決定されるものがある。後者においては心理物理的な手法が用いられるのであるが、被験者は患者であり、心理物理実験のように、よく訓練された優秀な被験者を対象とする実験ではない。臨床においては、結果の厳密さより、いかに簡単に診断に役立つ最低限のデータが得られるかという点が問題である。例えば、視野を測定しようとして、ある1点を恒常法で200回刺激し、0.1dBの精度で結果を出したとしても、こんな値は診断的な価値はないし、もし、測定中に眼球が動いておれば全く信用できないものである。それよりも、予想される閾値より数倍明るい視標で網膜各部の50点を刺激して、見えない点を調べる方が、診断にはずっと役立つのである。

ここでは、視野測定を取り上げて、いろいろな測定法、その進歩、評価法などについて述べる。

2. 視野測定とは

眼科臨床で最もポピュラーな検査は視力検査と視野検査である。視力は、一般にはランドルト環で最小分離閾が測定されるが、よく知られているように、視力には光覚視力、最小可読

閾、副尺視力などいろいろなものがあり、広く考えると中心窩（あるいは最も機能の高い部位）の視機能を測定したものということができる。

視野は、視覚の感度分布であると定義されている。従って、網膜のいろいろな部位での視機能を測定するものである。この意味では視力も視野の概念の中にも含めることができる。眼科臨床では、患者のすべての視機能を測定することはできないし、またその必要もない。一般的には、前述したように、コントラストの高いランドルト環で視力を測り、視野計で明度識別閾を粗く測って実用に共している。

3. 視野測定 of 歴史

すでに紀元前にHippocratesの著書の中に半盲が知られていたとの記載があるそうである。時代は下って、1668年、Mariotte盲斑が発見され、1800年にはYoungが視野の広さを角度で表した。眼科臨床に視野が用いられるようになったのはvon Graefeからである(1856)。

視野を評価するとき、一般にまず頭に浮かぶのは視野が「広い」か「狭い」かであろう。見える範囲が広いか狭いかということは網膜の周辺部（あるいはそれに対応した神経系の周辺部）が働いているか否かということである。網膜の病変にしても、視神経以後の病変にしても、視野の周辺部にあたるところに生じる疾患は多いものではない。視神経や中枢では視野の中心部が非常に大きな領域を占めており、病変

で障害が生ずるのは視野の中心部が圧倒的に多い。临床上、知りたいのは、その患者の視野が広いか狭いかではなく、網膜のある部位（あるいはそれに対応した神経部位）の感度が高いか低いかであるから、その部位の感度（閾値）を測ったらよいわけである。このように視標の位置を固定してその網膜部位の感度を測定する方法を眼科では「静的視野測定(static perimetry)」といい、視標の大きさと輝度を一定にしたまま視標を動かして、その視標が見える範囲を求める方法を「動的視野測定(kinetic perimetry)」という。

临床上、視野の異常には、疾患によって一定のパターンがある。臨床に役立つ視野はこのパターンがよく捉えられているものである。したがって、臨床で視野を測るときはパターンにしたがって、感度の悪くなりやすい場所と、なりにくい場所を静的測定によって測るのがよいと考えられる。しかし、静的視野測定が普及するためには非常に長い年月がかかり、最近の自動視野計が普及するまで待たねばならなかった。

古く、von Graefeは平板視野計を使って、Mariotte盲斑の拡大、中心暗点、半盲などを発

見し、診断上に応用した。彼は、視野の周辺部のことは考えず、中心部（30°以内と思われる）について、いろいろなコントラストの視標を使って、見えないところ（絶対暗点）と、見えるけれども見え方が異常な部分（比較暗点）を調べている。

1862年、Försterが有名な弓状視野計を作った（図1）。彼は視野の周辺部に着目して、見える範囲を角度で表すようにした。この視野計は非常に普及し、そのため中心部の視野があまり測られなくなった。視野が角度という数字で表現されるので、一見科学的であり、再現性もあるのでこの方式が広く使われるようになったものと思われる。「視野が広い」、「視野が狭い」という表現が一般化したのもこのためであろう。

今世紀のはじめ、Roenneは多数の視野に関する研究を行い、isopterの概念を作った。彼は、いろいろな大きさの視標を用いてそれが見える範囲を測定し、同じ大きさの視標が見える点をつないで地図でいう等高線を描いた（図2、3）。これをisopterという。見える限界を調べるのみでなく、限界内での見え方を定量的に表

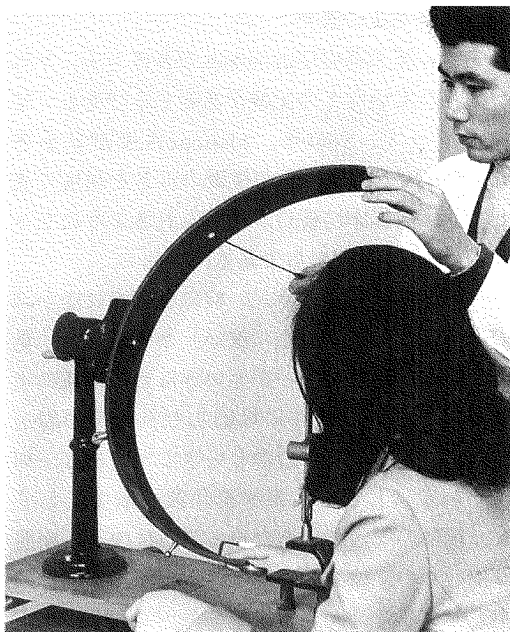


図1 Förster視野計

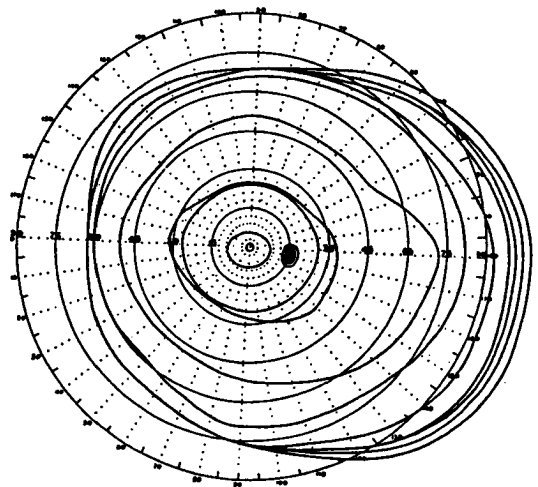


図2 視標の大きさを変えて測ったisopter 視標の大きさは、分母に視標までの距離(mm)、分子に視標の直径をとると、160/1000, 80/1000, 40/1000, 20/1000, 10/1000, 5/1000, 5/2000, 3/2000, 1/2000, 1/4000, 0.63/4000である。Traquair's clinical perimetryより引用。

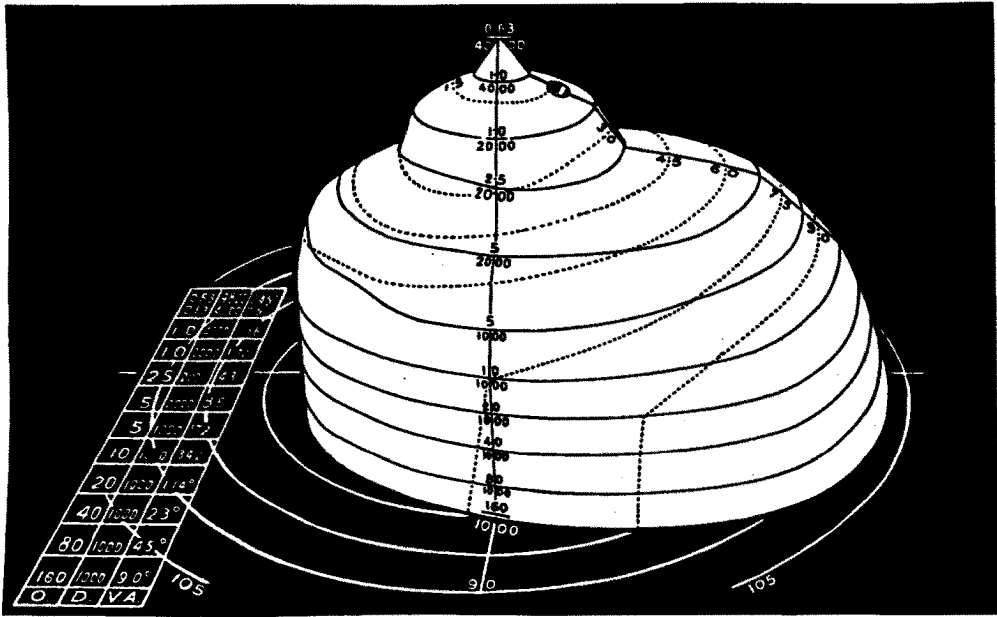


図3 図2のisopterを立体模型にした視野の島 Traquair's clinical perimetryより引用.

すことができることは大きな進歩であった。

1945年、Goldmannによって投影式の視野計Goldmann 視野計(図4)が作られた。これは、標準的な視野計として広く用いられるようになり、isopterの概念を普及させ、中心部の視野の重要性を再び認識させた。この視野計は均一な背景と鮮明な投影式視標をもち、とくに視標は大きさが6段階、輝度が4段階に変えられるようになっており、これを利用して、視野の内部のisopterが容易に測定されるようになった。これは画期的な視野計であるが、さすがのGoldmannも、isopterにこだわり、視野内の一定の場所でその感度を測るということは考えなかったようである。Försterの影響はこれほどまでに強烈であった。

これより前1936年にSloanは、中心性網膜症の症例の黄斑部の感度を測定するのに、視標の位置を固定して、閾値を求める方法をとった。これが最初の静的視野測定(static perimetry)である。

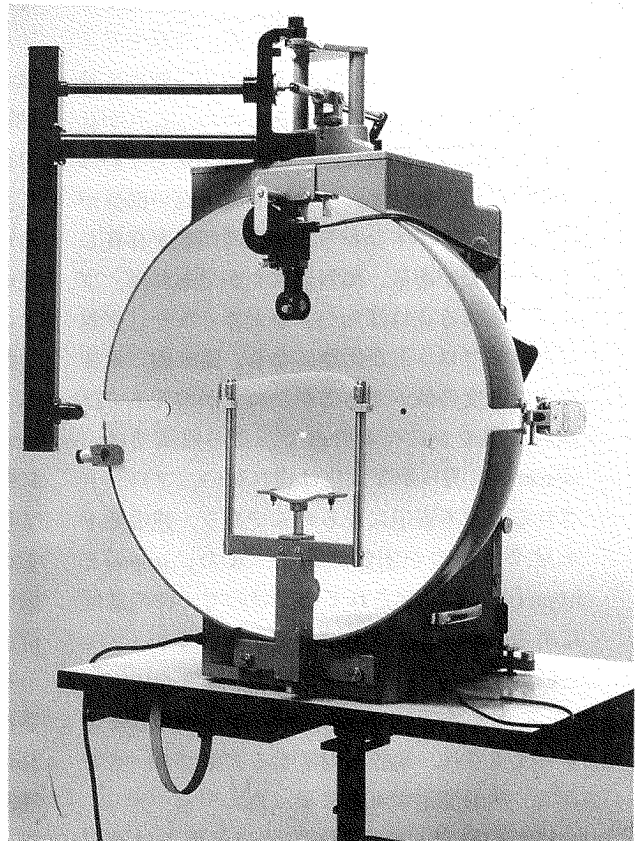


図4 Goldmann 視野計

求める網膜部位の感度を測定しようとするこの考えは前述したように非常に合理的であるが、普及しなかった。実在視標では、視標を一箇所に固定したまま輝度を変えることが難しく、精密な投影式の視野計ができるまでは静的測定ができなかったためであろう。1960年、HarmsとAulhornは静的測定のためにTübinger視野計を開発した。これは、視標の大きさを直径116minから7minまでの8段階に、輝度を1000asbから0.0001asbまでの70段階に変えることができるもので、非常に大がかりな装置である。

4. 動的測定と静的測定

Goldmann視野計のisopterをもとに立体模型を作ったものが図5である。ここでは、感度として視標の輝度の対数値を取っている。立体模型および断面から分かるとおり、isopterは地図の等高線と同じで、網膜部位に感度の差がある所に引かれるものである。Isopterは視標の見えかけの点をつないで描くのであるが、視標を見えない部位から見える部位へと動かし、初めて見えた点をプロットするのであるから、これが行えるためには、網膜に、その視標が見えないほど感度の低い部位と、十分に感度の高い部位が存在している、すなわち、感度の傾斜が存在している必要がある。傾斜が緩やかであれば、プロットされる点はばらつきが大きくなり、平坦であればプロットが困難になる。臨床的に重要なのは感度の低下であるが、わずかの低下では傾斜は緩やかになるのみで、この段階では、isopterには明らかな変化は現れない。プロットされる点が不安定になるのみであり、感度低下を見つけるのが困難である。また、isopterとisopterの間は測定されていないので、この部位にある暗点は見逃されていることが多い。

Goldmann視野計も後に視標の輝度を0.1 log unitステップで60段階に変えることができるように改良され、視標を固定するアダプターもできて、静的測定が可能になった。

私が眼科を始めた頃、25年ほど前にはまだFörster視野計で視野を測っていた。これは半径

30 cmの弓状の弧の上に直径10 mmの視標を周辺から中心に向かって動かし、見えたところの角度を記載していく方法であった。視標は白、青、赤、緑の4種類を用い、この順に見える範囲が狭くなっていた(図6)。その頃、Goldmann視野計がしだいに普及してきて、外来でもルーチンの検査として使用するようになった。Förster視野計の色視標の視野の形とGoldmann視野計の内部インプターの形が似ていたので、違和感はなく、視野が等高線で表されるということにはなんの不思議も感じなかった。しかし、実際に多数の患者の視野を測っているうちに、視標を動かしていると見えているのが、視標を停止させると見えなくなると訴える症例があること、視標を動かして測定すると、緑内障のBjerrum領域の小さな暗点や、半盲の初期の中心に近いところの暗点が発見され難いことなど、動的視野が必ずしも最良のものではないことに気づいてきた。

その頃、Harmsらの作ったTübinger視野計がはいってきて、主として視神経疾患の視野を静的測定をするようになった。手動で視標の輝度を変えて閾値を求めるので、検者、被検者ともに大変な労力を要し、視野の全域を静的測定するのはほとんど不可能であったが、ねらった部位の感度が求められ小さな暗点を正確につかむことができ臨床に大いに役立った。

静的測定を普及させたのは自動視野計である。1973年、Fankhauserは有名な自動視野計Octopusを開発した。この視野計では、視野内に基盤目状に配置した点に次々に視標を呈示して行き、ごく簡略化した上下法で閾値を決定するのである。この結果を表示するために閾値の低い(感度の高い)部位は薄く、閾値の高い部位は濃く現すgray scale法を取っている。

その後多くの比較的安価な自動視野計が開発され、自動視野計の全盛時代を迎えている。これらの自動視野計で用いられている測定法は、静的に閾値を測るものと、閾上の刺激を呈示して、それが見えることを確認するもの(閾上刺激による静的測定、suprathreshold static

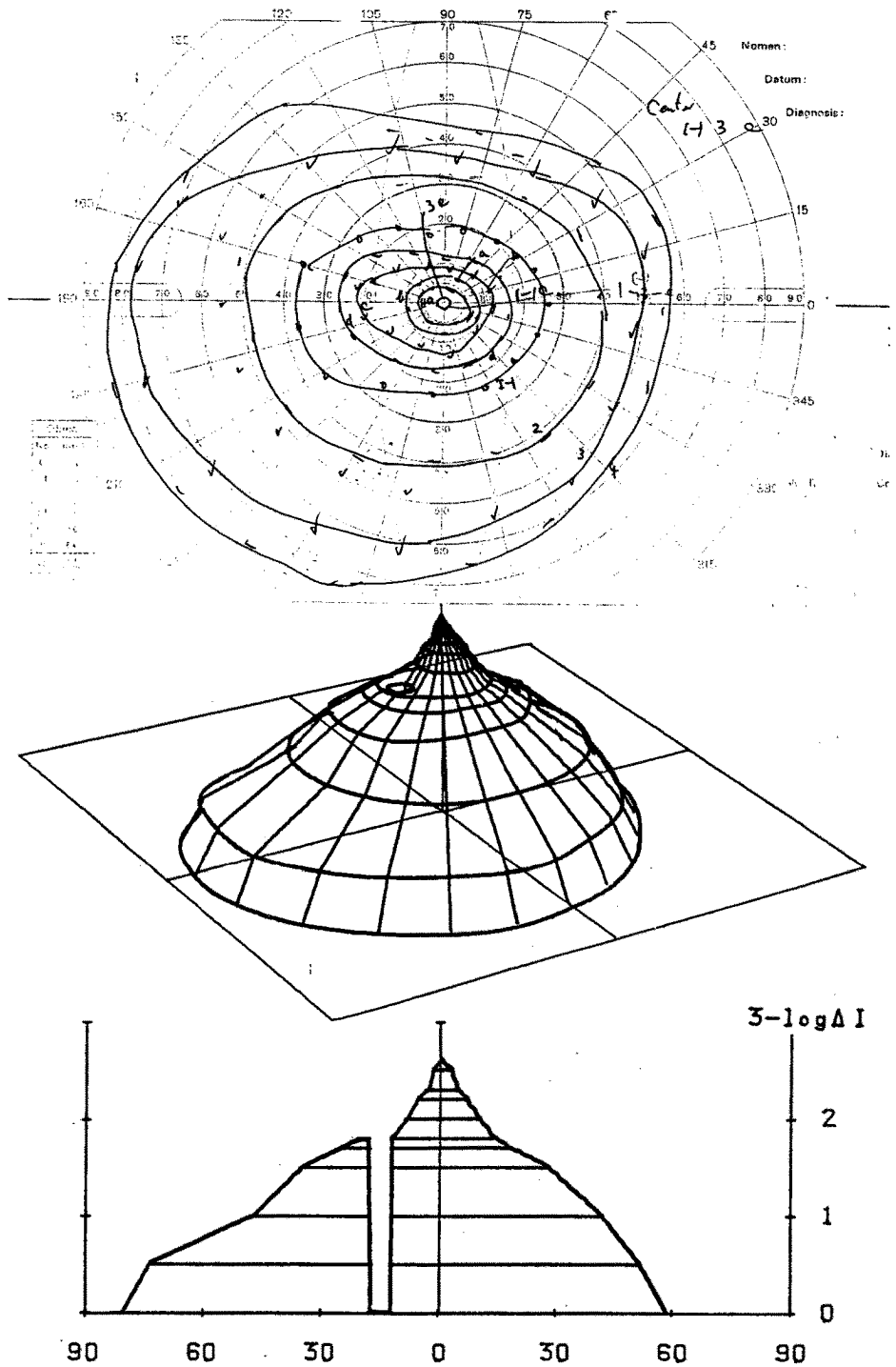


図5 Goldmann 視野計で測定した正常視野 背景輝度31.5 asb, 視標の大きさは面積0.25 mm²視標までの距離30 cm. 輝度は最大1000 asbで, これを0として, 減衰度0, 0.5, 1.0, 1.5, 1.7, 1.8, 2.0, 2.2, 2.3, 2.5, 2.6 log unit. 実際に臨床ではこのように詳しくは測らない. せいぜい4~5本のisopter程度である. 中段は立体模型, 下段は水平断面.

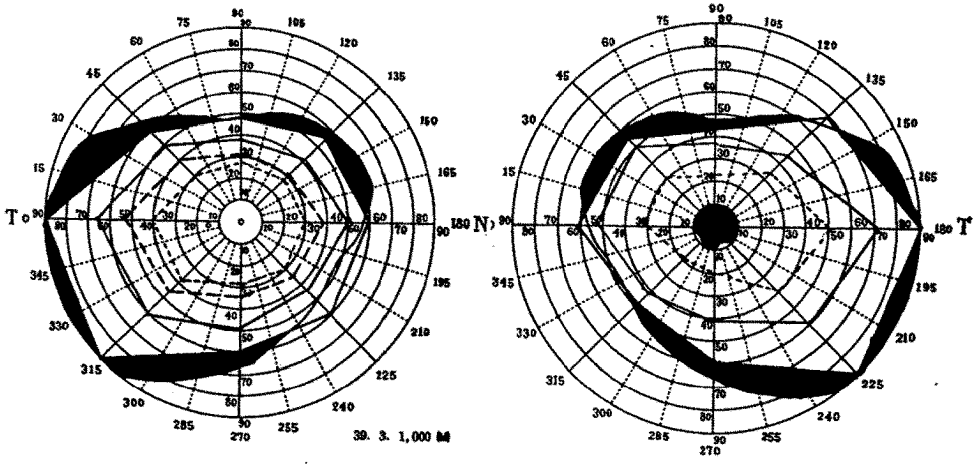


図6 Förster視野計で測定した視野 外から白色, 青, 赤, 緑の視標の見える範囲. 左眼は正常, 右眼は中心暗点.

perimetry) の2種類である。

5. 自動視野計による視野測定法

閾値測定の方法として、心理物理実験では上下法や恒常法が広く用いられている。臨床の患者は一般に優れた被験者ではないので、精密な測定には不向きである。また、スクリーニング検査でも数10点の測定点について測るのであるから、1点について多くても数回の試行ですむような方法でなければ、疲労などのため信頼性のあるデータは得られない。このため、閾値測定でも、最終2 dBステップのbracketing法が用いられる。これは上下法と極限法の一つでPEST法(parameter estimation by sequential testing)とも呼ばれる。上下法の上昇系列と下降系列が切り替わるごとにステップの幅を小さくしていき、求める幅になったときに試行を打ち切る方法である。一般的には予想される閾値の数dB強い刺激で、系列は4 dBステップから始めて、2 dBあるいは1 dBで打ち切る方法が行われる。反応の逆転は通常2回しか起こらないので、最終の反応逆転の起こった値の中間値あるいは見えた値を閾値とする。

1つの反応ミスが大きな誤差の原因となる

し、被験者は一般の患者であるから、決して信頼のおけるデータではない。第1回目の測定データは実用にならないとまでいわれている。しかし、この程度が臨床の限界である。

臨床的には各測定点の閾値そのものが必ずしも必要ではない。疾患で感度が上昇することはほとんどなく、感度低下、それもかなりの低下があって始めて診断的に意味があるのである。閾値よりある程度明るい視標を呈示して、それが見えればそれでその点の測定は打ち切る、見えなければ閾値を測る、という方法がある(threshold related suprathreshold static perimetry)。臨床的には5~6 dBの感度低下が問題となるので、各網膜部位での正常値より5~6 dB明るい視標が用いられる。この方法では試行数が少なく、測定時間が短くてすむ。また、閾値ぎりぎりの視標が見えたか否かを判断するのと比べて被験者の負担も少ないため信頼性が高い。見えなかった点については、閾値を測るほかに、視野計の最高輝度を呈示して見えれば比較暗点、見えなければ絶対暗点という2段階に表す方法も用いられる。この中間の方法として、閾上の視標が見えなければ、3 dBずつ2段階だけ明るくしていき、その次には最高輝度を呈示すると

装置名称: 1666851
 I.D.番号: 1666851
 実施年月日: 1991年 8月30日 章 10:12
 コメント: 補聴器: 左
 矯正レンズ: S:0 C: A:
 検査パターン: 補聴器 (125ポイント)
 視覚提示回数: 270
 測定方式: 20dB
 測定時間: 0:49
 測定距離: 60cm
 補聴器: 対応数 0
 補聴器: 対応数 0
 補聴器: 対応数 0
 コメント: 1. 検査機/表示機, 1/18
 2. 補聴器/表示機, 0 dB
 3. 補聴器/表示機, 0 dB

装置名称: 1666851
 I.D.番号: 1666851
 実施年月日: 1991年 8月30日 章 10:12
 コメント: 補聴器: 左
 矯正レンズ: S:0 C: A:
 検査パターン: 補聴器 (82ポイント)
 視覚提示回数: 442
 測定方式: TUDRSN (2dbステップ)
 測定時間: 0:49
 測定距離: 60cm
 補聴器: 対応数 0
 補聴器: 対応数 0
 補聴器: 対応数 0
 コメント: 1. 検査機/表示機, 3/29
 2. 補聴器/表示機, 0 dB
 3. 補聴器/表示機, 0 dB

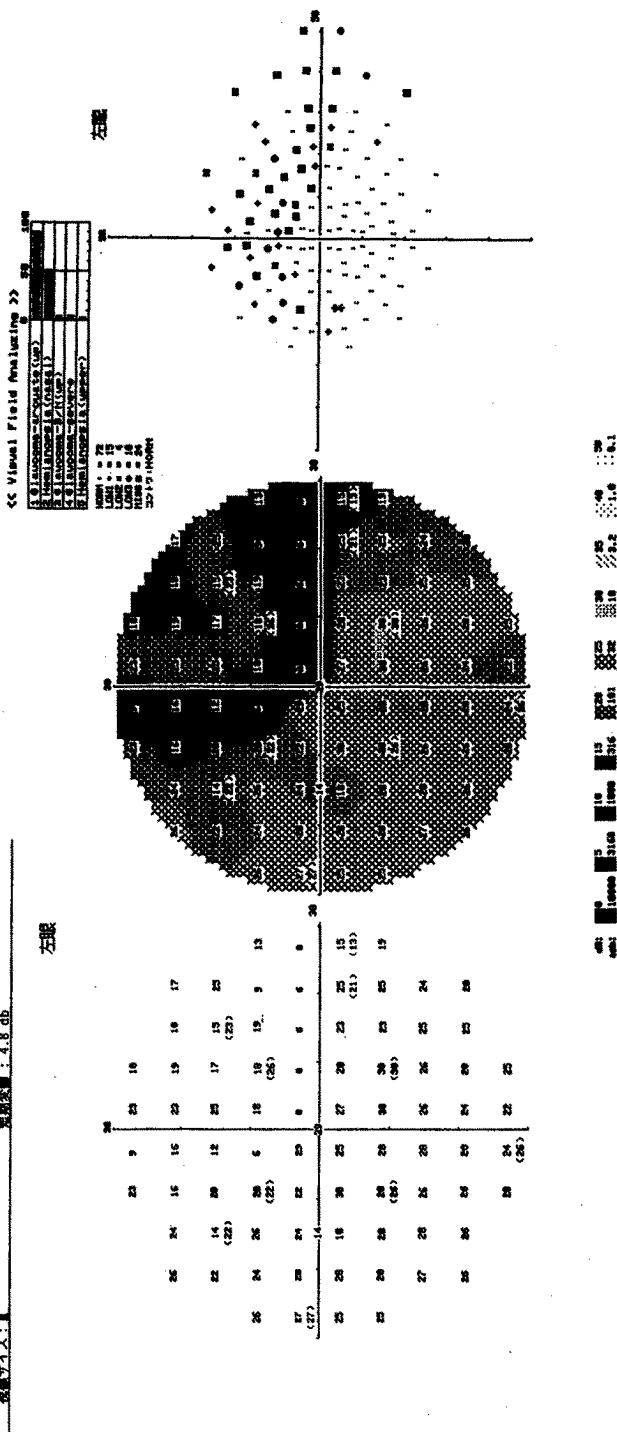


図7 Topcon自動視野計SBP2020で測定した構内聴患者の視野 左は閾値測定の結果で、10,000 asbを0として減衰度をdB表示したもの、中はそのgray scale表示である。右はthreshold related suprathreshold static perimetryの結果とneural networkによる解析を示す。

いう方法もある。正常より10 dB以上感度が低下している場合は、細かいステップの閾値測定は臨床上あまり意味がないという経験から出た方法である(図7)

6. 測定結果の表示法

最初の自動静的視野計であるOctopusでは、標準的な表示法として閾値のgray scaleを用いた。測定点の間の部分を補間して表示し、そのために測定点は等間隔に碁盤目状に配列されている。正常でも、中心部は閾値が低く、周辺は高いので、測定された視野をみて、正常と比べて考える必要がある。また、測定点のはっきりしない。私は、測定点は視野異常のパターンに合わせて配置し、表示は正常からの隔たりを表わす方が分かりやすいと考えている。

7. データ処理

動的視野測定についてはデータ処理はほとんど行われていなかった。自動視野計により静的視野が測られるようになり、網膜の各点の閾値が数値で表され、各種の処理が行われるようになった。代表的な方法は、視野を等間隔の碁盤目状の点で測り、その値の平均値、標準偏差、最高値と最低値を求め、正常と比較するものである。そのほかに、同一点を2回測定して、その変動を短期変動(short term fluctuation)とするもの、時を変えて測った値の変動を長期変動(long term fluctuation)とするものも広く行われている。各測定値について、異常である確率で表示することも行われている。

われわれは、測定点の閾値あるいはthreshold related suprathreshold static perimetryで得られた値を第1層、視野パターンの分類を第3層としたneural networkによって視野異常を分類している。

8. おわりに

眼科臨床における心理物理測定の実用、特に視野について、私の独断と偏見を交えて述べた。心理物理測定を検査法として臨床で使用する

ためには、対象が患者さんであること、疾患の診断・治療に役立つものでなければならないこと、測定法が容易であること、などの点が満足されなければならないが、少しずつ応用が進んできている。眼科医師として、手軽で、役に立つ検査法が開発されることを願っている。

文 献

- 1) A. Dubois-Poulsen: Le Champ Visuel. Masson et Cie, 1952.
- 2) G. I. Scott: Traquair's Clinical Perimetry. Henry Kimpton, 1957.
- 3) D. R. Anderson: Testing the Field of Vision. The C. V. Mosby Company, 1982.
- 4) 大鳥利文(編): 視野. 眼科Mook, 金原出版, 1988.
- 5) 可児一孝: 視野(1). 神経眼科, 4, 285-290, 1987.
- 6) 可児一孝: 視野(2). 神経眼科, 4, 405-412, 1987.