

資 料

色覚異常検査器としての彩度識別能測定器について

市 川 宏*

田 辺 詔 子**

1. 彩度識別能と色覚検査

色刺激は色素色であれ、発光体であれ、明るさと色調と彩度の三要素によって規定される。ところで眼に与えられた色刺激は網膜の受容器から視神経繊維を経て大脳の視覚中枢へ伝えられるが、明度・色調・彩度の各要素は総合的に、ときにそれぞれが分離した刺激として網膜内で処理され統合される。ひとの色感覚は網膜内の色刺激の処理の過程で、ときに先天的遺伝的に欠陥を生じる。これが先天性色覚異常である。

ところで最近の研究のめざましい発展によって、網膜に三種類の感光色素が存在することが精神物理学的に証明されるに到り、先天性色覚異常の多くが、感光色素の欠落、あるいは異常によることが明らかになり、特に先天性赤緑色覚異常は頻度が多いこと、社会適性の面で強い関心をもたれていることなどから、今日は数多くの臨床的な検査法が開発され実用化されている。今回は赤緑色覚異常を対象に話をすすめるとして、その代表的検査器を検査目的によって分類して紹介すると次のごとくなる。

1) 検出用検査器

各種色覚検査表（石原式・東京医大式・AO社仮性同色表AO-Hardy-Rand-Rittler表などが代表的）

2) 診断用機器

ナーゲル氏アノマロスコープ

3) 色覚障害度検査器

色覚異常度判定用各種色覚検査表（東京医大表、大熊表、Hardy-Rand-Rittler 表 etc.）

4) ランタン型色覚検査器

Farnsworth氏100 Hue Test（日本製のものとしては色彩研究所製の色相配列器があり、太田氏の40Hue Testもこれに属する）Farnsworth/s Dichotomous Test Panel D-15,

色覚障害度検査法として、先天性、後天性を問わず、色覚障害の程度を量的に評価するものとして、今日最もひろく用いられているのは、F/s 100 Hue Test に代表される色相識別能検査器であり、色覚異常者が日常冒す色混乱は色相識別能の低下が最もきわ立った特徴である

から、100 Hue Test は臨床的に重要視される。

ところで、先天性赤緑色盲者に可視スペクトル帯をみせると、スペクトル光の特定の部位に灰色と区別出来ない部分がある。その部分は第一色盲で490nm、第二色盲で500nm附近で、中性点とよばれ可視スペクトル領域で彩度識別能の最も劣っている部分である（図1）。色相環でいえば第一色盲、第二色盲のそれぞれの中性点と中央のC点を結んだ軸p及びdのところで彩度識別能は極端に低下しているのである。従って、この波長域で彩度識別能を測定すれば赤緑色覚異常の色感の特性を端的に知ることができるわけである。この特徴を利用した色覚検査表として大熊氏色盲色弱度検査表が有名であるが、この表は彩度識別能低下の強弱を判定するためのもので、細かく定量するためのものではない。

図1-a 正常者と7例の第一色弱者の彩度識別能 (Wright)

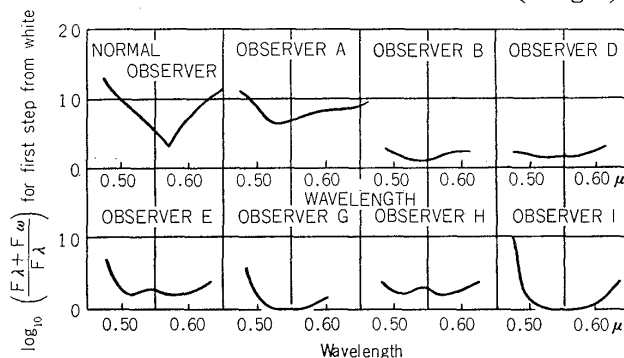
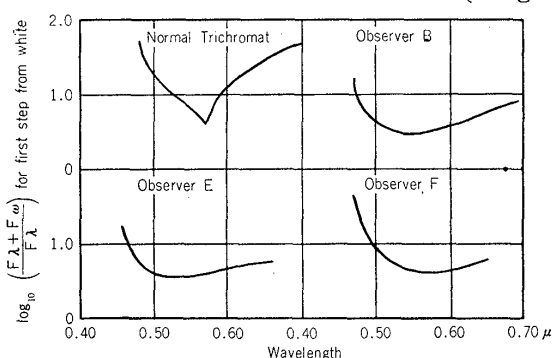


図1-b 正常者と3例の第二色弱者の彩度識別能 (Wright)



*名古屋大学医学部眼科教室

**名古屋第一赤眼科

Wright は先天性赤緑異常についてスペクトル域での色相識別能と彩度識別能を調べているが、その成績をみると、可視スペクトル域上で彩度の最も低下している部位と弁色能の最も低下している部位は必ずしも一致しない。(図2) この点からも彩度識別能の測定は重要であ

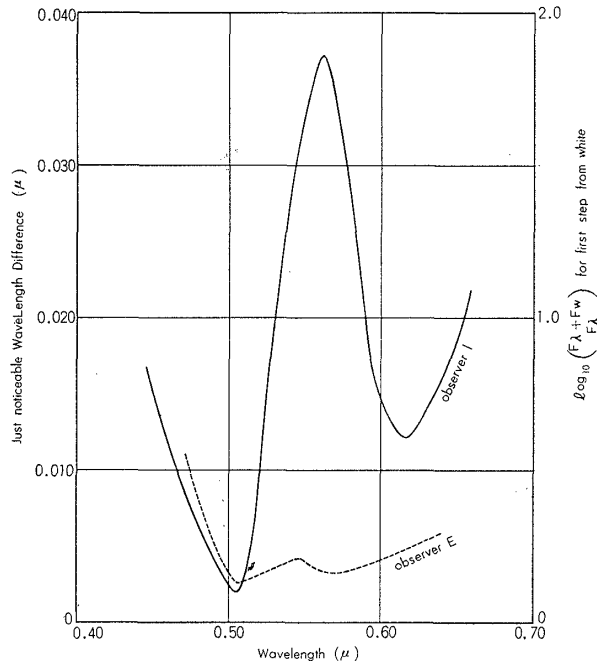


図2 第一色弱者(被検者IとE)の波長差識別能と彩度識別能

るが、弁色能を測定するときは 100Hue Test にみられるように、等明度、等彩度に統一した色票を色相環上からほぼ等間隔に100色選んで色相順に並べさせ、色混乱の多い位置から弁色能の低下している波長部位を定性し、混乱の程度で弁色能の障害程度を量定することが可能になるが、彩度識別能の検査にあたっては比色する2色を常に等明度に保ちながら2色間の彩度差を定量せねばならない。この作業は色紙で行うには限界があり、このため彩度識別能検査は臨床的应用につながらないまま今日に到ったのである。

こういう状況に於て Lovibond社はすぐれた色フィルタ作製技術に加えて簡単でしかも優れたアイデアによって臨床的应用を目的とした彩度識別能検査器を作製した。検査手技上なおいくつか解決すべき点があるとしても臨床的应用が期待されるので本器の構造並びに臨床例について紹介することにする。

2. Lovibond Colour Vision Analyserの紹介

Lovibond Colour Vision Analyser (以下 Lovibond型検査器という) は1971年にロンドン市立大学の S.J.Dain 博士によって作られた。彩度識別能を手がかりとして色相環の全域に亘って定量が可能であり、色刺激面の輝度を恒常に保ちながら彩度を変化せしめる方法を簡単な装置で解決した点がユニークである。(写真1)

1) 構造(図3)

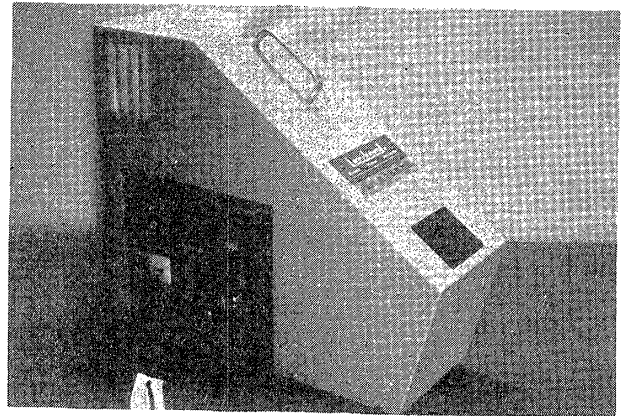


写真 1

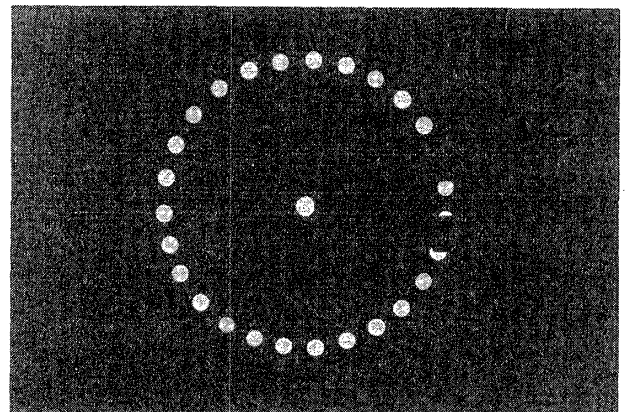


写真 2

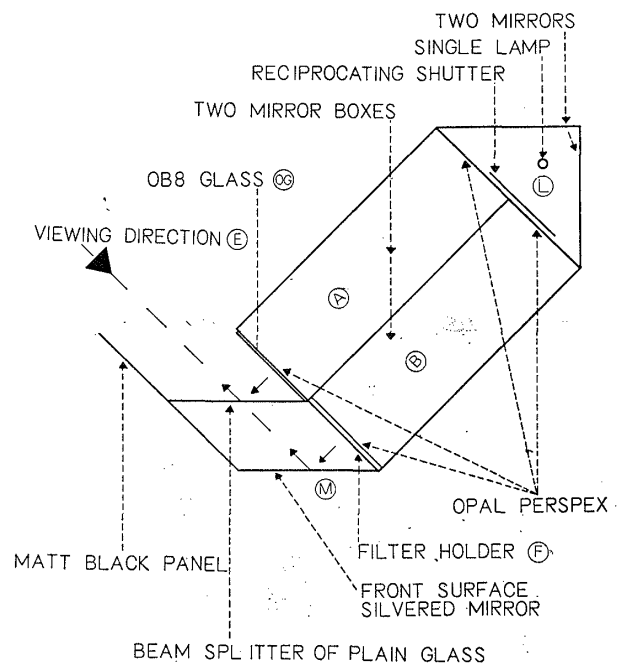


図3 構造図

視標色はロビボンド製フィルタによって与えられる。ランプハウスLからの光は2つのミラーボックスA・Bに分けられて観察野に送られるが、ランプハウスと2つのミラーボックスの境界に、器械の左側面上方の左にあるノブで移動するreciprocalなシャッターがあり、これ

によってランプハウスから A, B の各ボックスに射入する光量の和が常に一定に保たれる。このシャッターの位置をうごかすことで視標の明るさを一定にしながら彩度を変えられる。F のフィルタディスク上の色ガラスフィルタは色温度を A 光源に調整したランプからの光をボックス B を通して M_1 に色環を投影し、彩度を転換する光路はボックス A を通過する部分にある

OB 8 ガラス (OG) Illuminant C に転換されてほぼ理想に近い白色光として M_1 上の色環の上に投影され、彩度を落す役目をする。被検者は E の方向から、与えられた条件まで彩度を下げられた色の環を観察することになる。

色相環の中央には C 光源の色度を与える灰色点 (neutral gray) があり、(写真 2) この灰色点の明るさだけは他の色とは違って背面の光量調節チューブからの光だけにより、独立に変えられるように工夫されている。これを取りまく色環は 27 の色から成り、色環の各フィルタの色は CIE (1960) Uniform Chromaticity Diagram 上で C 光源の位置から等距離のものが選ばれ、ひとつだけ C 光源の色度即ち灰色点が入れられてある。従って正常者は 27 の色からなる色環のうちの灰一色だけ中央の灰色 (白) と等色ができる。

色環の色は色相順とは全く無関係に無秩序に並べられそれぞれに番号がつけられており、色ナンバー no.1 と no.14 は色度図上に於ける色相環の protan の混同線上にあり、no.2 と no.15 は deutan の混同線上にある。(図 4)

色覚異常者はその病型に応じて、ある彩度条件で中央の灰色点と等色することになる。各色フィルタは照明用 A 光源に対して透過量がひとしくなるように濃度フィルタが組み合わされ、ミラーボックス A を通して投影される白色光を消したとき、等彩度になるよう作られている。色の直径は 0.5 cm、観察距離 (33 cm) ではほぼ 1° の視角を与える。使われている色の色度図上の位置を図 4 に示す。

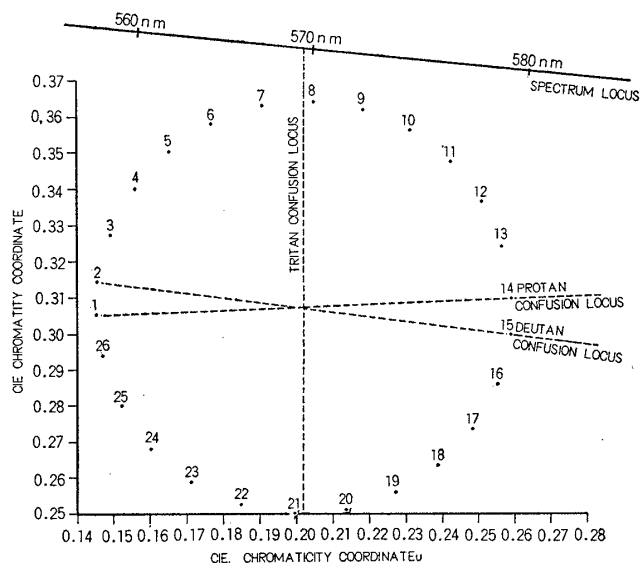


図 4 CIE (1960) 色度図上の色の位置

また、彩度変換ノブを動したときの色の飽和度と目盛りの関係を図 5 に、また中央の白色光の明るさ (輝度) と目盛りの関係を図 6 に示す。

2) 検査法

窓から離れたあまり明るくない場所で行う。検査は読書距離で (33 cm) 行うから、年長者は近用眼鏡を必要とする。

準備

1. まず飽和度コントロールノブを 20 に合せる。この条件はかなり彩度が低い。
2. 中央の白色光の明るさをノブを動かして色環内のニ

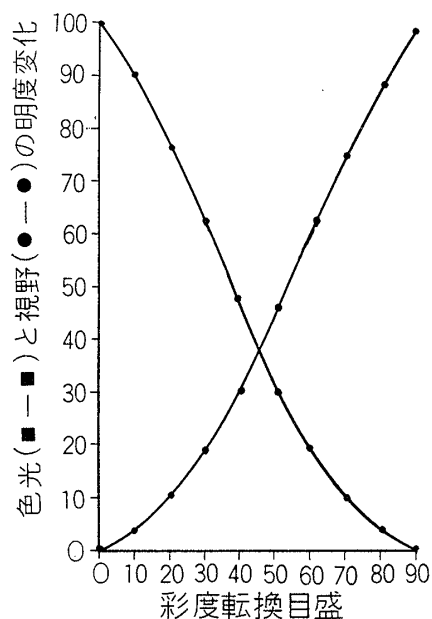


図 5 (註) 色環の色の最高輝度...9.9 cd/m²
積み上げ視野の最高輝度...35 cd/m²

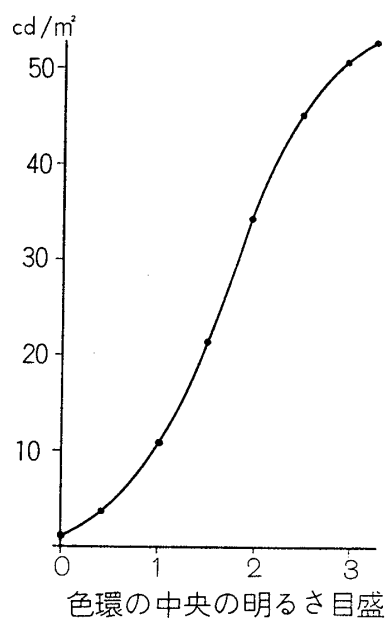


図 6 色環の中央の明るさ目盛

ニュートラルの色とマッチする明るさにセットする。

3. 等色手順としては、観察野の右側にある矢印におかれた色と中央の色を比較するのであるから、色フィルタ移動ノブを動かして色環中の白色を矢印から遠い位置へずらしておく。

以上の手づきをおえたら、検査に先立って次のように被検者に説明する。

「器具のなかを覗くと、中央の色を囲んだ色の環と、右手のポインター（矢印）が見えます。器具の右側面にはあなたの動かすノブがあります。中央の色と同じに見える色を色環のなかから捜しなさい。同じ色を見つけたら、つぎつぎとその色をポインターの位置へもってきてもってきたという合図をしなさい。」

このようにして検査を始めるわけであるが、彩度の低い色環のなかから中央の白と区別できない色を指示通り順次選んでポインターの位置へもってくることは色覚障害者にとっては難しい作業であるので、目的によっては（先天性色覚異常の検査の場合）、検者があとでべるような手順で等色する可能性のある色群をポインターの位置にもって行って等色するかどうか検査した方がデータがとり易い。

このことはさておいて、被検者が色相環中のN(灰色)ひとつだけを選んだら、まず色覚は正常と考えてよいが、念のために彩度コントロールノブを15にして（更に彩度をおとして）やはりNだけ選ぶことを確かめてから色覚正常と判定する。再び彩度コントロールノブを20に戻して検査し、被検者がN以外の色を選んだら検者が矢印のところへもってきて、中央の色とマッチするかどうかもう一度たずね、答えのあいまいな場合はマッチングのため、中央の灰色の明るさをノブで加減してみる。色がマッチしていることが確かめられたら、試験色の彩度を少しづつあげて、中央の色とのマッチがやぶれる限界を求め彩度の閾値とする。

このようにしてスタンダードの条件で色相環から中央の灰色とマッチする色を順次矢印のところへもってゆき、各々の色について同じ手づきで彩度の閾値を求めて記録用紙（図7）に書き込むのである。

Filters chosen	1	15	26	14	16	25
Threshold saturation setting						
Neutral setting						

選択した色ナンバー									
測定時の彩度レベル									
均等成立時の中央灰色の明度									

図7 記録用紙（原図）

3) 成績について

この方法で正常者と先天性赤緑色覚異常の鑑別はか

なり正確に行い得る。

被検者が色環中の灰色点N以外の色を選んだ場合、選んだ色相部位が図の no.25～no.4 または no.12～no.17 の範囲内であるときは先天赤緑色覚異常が疑われる。そのとき、測色値のうち彩度限界値が最大を示した部位が、例1の成績のようにno.1とno.14で図のprotanの指示線に一致するか、またはno.1側ではno.26.25方向、no.14側ではno.13.12方向に最大部位があれば第一異常であり、no.2とno.15のdeutanの指示線またはno.2側でno.3.4、no.15側でno.16.17方向に最大部位があれば第二異常と判定される。

しかし、実際に測定してみるとこの分離は必ずしも

(a) 第一色盲例

Filters chosen	25	26	14	13
Threshold saturation setting	47	48	37	39
Neutral setting	1.25	1.25	0.7	0.7

(b) 第一色弱例

Filters chosen	1	15	26	14	16	25
Threshold saturation setting	32	29	34	41	32	28
Neutral setting	0.85	0.6	0.85	0.5	0.6	1.1

図8

(a) 第二色盲例

Filters chosen	2	5	15	16
Threshold saturation setting	50	48	57	46
Neutral setting	0.85	0.7	0.8	0.7

(b) 第二色弱例

Filters chosen	13	14	16	15	1	2
Threshold saturation setting	15	25	14	30	22	23
Neutral setting	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

図9

clearcut ではない。そのときは選び出した各色と中央の灰色とのマッチングに要した中央の灰色の明るさレベルをみると、第一異常ではno.1附近からno.14附近へ明るさの傾斜があり（図8）第二異常ではマッチングに要した中央の灰色の明るさがどの色にもそろっている。

（図9）この2つの資料から第一異常と第二異常の識別は明確になる。

彩度識別能の低下の程度は中央の灰色とのマッチングがくずれるときの選んだ色の彩度上昇量から判定される。この彩度弁別能のおち込みの深さと中央の灰色とマッチする色の幅のひろさとの間には、当然相関がある。この関係を図で表わすことを試みた。（図10～14）図10は第一色盲、図11は第一色弱を示したもので第一色盲では記録図の円周即ち最も飽和した部位にまで彩度識別能が落ち込んでいることがわかる。第二異常についての経験

例は図12・13のように第一異常ほどきわだっていない。しかし数を増やせば第一色盲と同様の定型的パターンが得られるものと思う。ただ第一異常と第二異常の彩度識別能落ち込みのピークが指示線よりも時計の針の進行方向へ幾分回転した位置にずれて現われる。このような成績の図式化では明度の勾配を表示できないが、被検者の彩度識別能のパターンを一見して判断するには役立つであろう。正常者で彩度識別能の劣っているものは tritan の指示線方向に落ち込みが出やすい。以上が先天性赤緑色覚異常についての成績であるが、この検査にはかなりの忍耐と判断力が要求されるので小児への応用はほとんど困難であり、小児の色覚異常の診断には従来の

別能は臨床的にいままでほとんど検査されていないのでこの検査に耐えられる年齢——中学生になれば可能——のものには是非この検査を行って弁色能の低下と彩度識別能の落ち込みの関係を研究すべきであると思う。この場合、検査の手間をはぶくため、あるいは検査法についての理解力の乏しいもののために次の手順をとることを提案する。

- ①まず色覚検査表により先天性色覚異常であることを確かめる。
- ②本器の検査に当って色環上から no.26, 1, 2, 3, 及び no.13, 14, 15, 16の計8色を順次矢印のところへもってきて saturation level 20 で中央の灰色とマッチするか否か検査する。

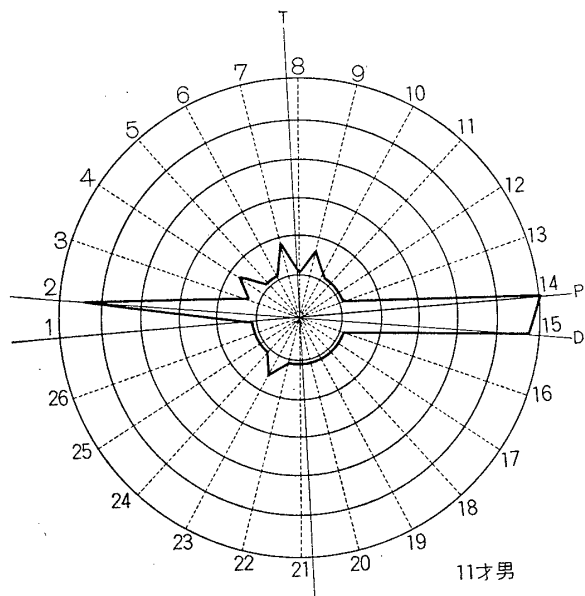


図10 第一色盲

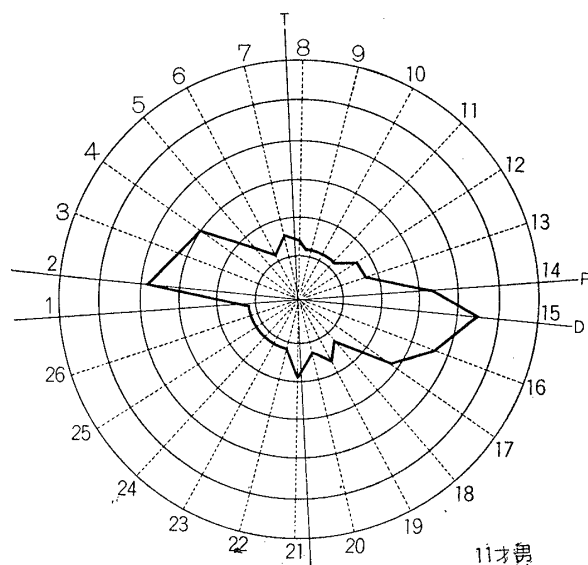


図12 第二色盲

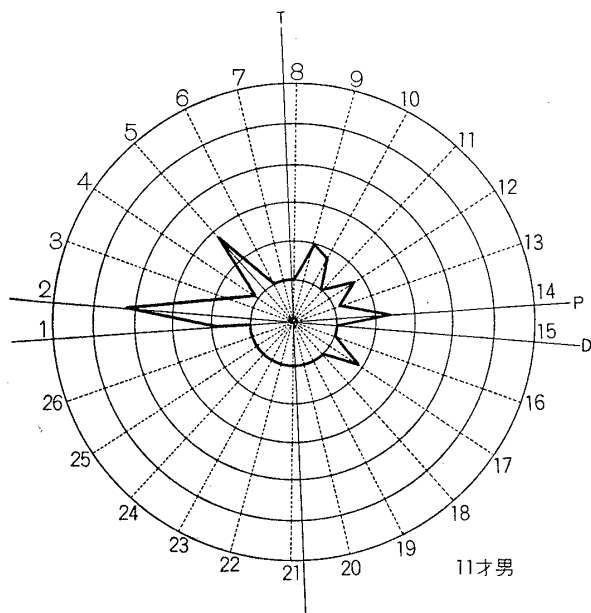


図11 第一色弱

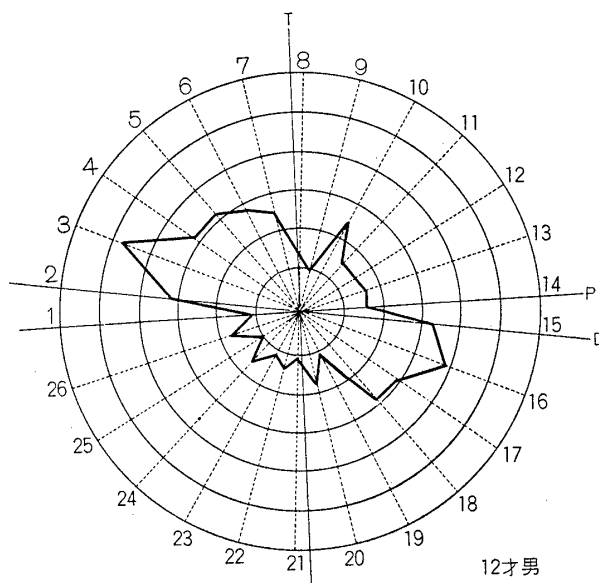


図13 第二色弱

検査器を使う方がいい。しかし先天性色覚異常の彩度識

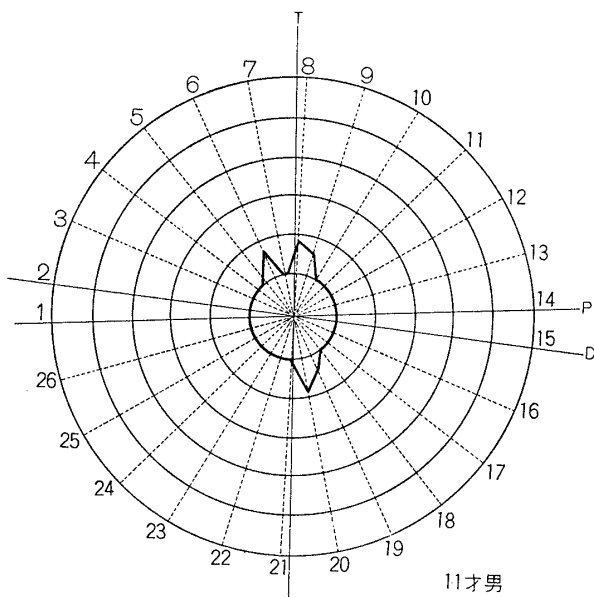


図14 正常者

③, ②の手順で中央の灰色とマッチする色について彩度識別能の閾値を求め作図する。

以上の検査で色覚異常者の彩度別能の out-line は把握出来る。

4) 後天性色覚異常検査の場合

なおこの検査器は後天色覚異常について、特に疾病の経過を追うのに役立つ。眼疾の場合、検査に疲労しやすいことや、視力障害などのため判断のむづかしいことを考慮してno.1, 2, 8, 14, 15, 21の6色に限定して彩度識別閾値を測定し、そのうちで最も落ち込みの強い2

～3色について経過を観察するようにする。中心性網膜炎や初期の網膜黄斑変性や視神経萎縮などは、よい検査対象の疾患である。

3. むすび

彩度識別能検査器として Lovibond Colour Vision

Analyser が手に入るようになったことは疾患による彩度感覚の歪みを検査する必要がある臨床家にとって幸運である。先天性赤緑異常の対象としては、従来は色相弁別能の検査によって障害度を判定してきたが、色相環上で色相弁別能のよい部位と彩度弁別能のよい部位とは正常者で一致しないのみならず、波長部位によっては逆の関係にある部位もある。従って色相差識別能だけによって色感覚全体の障害度評価をしてきた従来の方法は片手落ちであったといわねばならない。

彩度弁別能を測る手段をもち得た今日、両者の成績を総合することで色覚障害の区分方法は少くとも先天性赤緑異常に関しては飛躍が期待される。

後天色覚異常即ち眼疾による色覚障害については、今回は紙面の関係で簡単に触れるにとどめたが、本器が彩度識別能を定量的に測り得るものであること、及び色環の全域から26の色を自由に検査の対象に選ぶことが出来るので、疾患ごとに特有な色を指定して彩度弁別能を測定し、病期の経過を追えば病巣の侵襲の深さを知る手がかりともなる。

Lovibond Color Vision Analyzer はいろいろの意味において将来性のある検査器であると考え、ここに紹介した次第である。

—1974年12月20日受付—