

解説

色覚検査の歴史 (3)

History of Colour Vision Test

太田 安雄 Yasuo OHTA

東京医科大学名誉教授
MD Professor Emeritus Tokyo Medical University

(前号より続く)

前号「色覚検査の歴史(2)」の(6)の項において、Wrightの第3色盲発見時に使用されたPicture Post誌(1951年5月発行)記載のFarnsworthのTritan Plate¹⁾について述べ、これがのちの1955年発行の第3色盲検出用F2表、前号の(7)記載とは異なるものと考えられることを述べた。この調査の為当時のPicture Post誌を取り寄せて確認した。同誌のare you colour blind?と題された角膜から入った光が網膜、視細胞層を通り脳内にいたる図が付された見開きの左頁に、石原表の5枚の表と使用されたTritan Plateが図示されている。図1に示すものは、Wrightの第3色盲発見時に使用された色盲表である。明らかに前号のF2表とは異なっている。

次に前々号「色覚検査の歴史(1)」において、内外諸外国の色覚検査表についてのべ、石原表の色彩学的検討に就いて述べた。今回、東京大学 三島濟一名誉教授のお口添えと、東京大学眼科 新家 眞教授のご好意により、石原式色盲表の原稿を本誌に掲載する許可を戴いたので此処に発表する次第である。

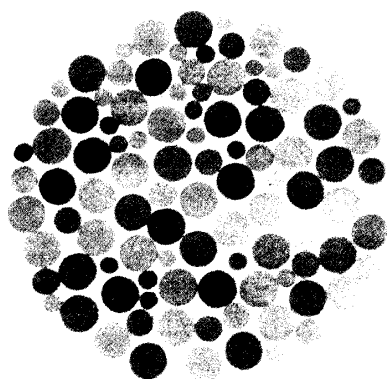


図1 Picture Post誌記載のFarnsworthのTritan Plate¹⁾

石原式色盲検査表の原稿²⁾は、クロスと皮の表紙により製本されている3部3冊のアルバムで出来ており、第1冊は「数字・絵画」23表、第2冊は「平仮名」24表、第3冊は「片仮名」24表で構成されている。第1冊の巻頭に次ぎの文書が記されている。

「石原式色盲検査表ハ既ニ世界各国ニ於テ採用セラレテオルガ、一九三三年ノ第一回国際眼科学会ニ於テハ更ニ世界最高ノ標準トシテ認定セラレ、日本医学ノ誇ヲ世界ニ示シタノデアル。此処ニ収メタモノハ石原教授ガ同色盲表ヲ作製セラルルニ当リ自ラ彩色描画セラレタ貴重ナル原図ノ数々デアル。ソノ一点一色ニ教授ノ苦心ノ跡ガ窺ヘルデアロウ。最近ノ色盲表ハ之等ノ原図ニ幾回モノ改定ヲ加ヘラレタ事ハ言フ迄モナイ。」(註:筆者は不明)

この原稿の彩色された色斑の見事な出来栄に、優秀な助手の補佐により作られたと考えたが、全て自らの手により作製されたことが明らかで、誠に感嘆せざるをえない。

第2冊平仮名表第1表の巻頭には、次ぎの文書が記されている。

「次ノ表ハ石原教授ガ、ソノ独特ノ理念タル<同一表ニ於テ色盲者ト健常人トガ各々異ッテ読ム表>ノ可能性ヲ試ミラレル為ニ最初ニ試作サレタモノデアル。教授ハ本表ヲ彫心試作サレ、実際ニ色盲者ニ就テ試験サレタ結果、斯ル創案ガ実現シ得ル事ヲ確メラレ、之ニヨリ自信ヲ得、続イテ『石原式色盲検査表』ヲ完成サレタノデアル。此ノ意味ニ於テ本表ハ實ニ歴史的意義ヲ有スル最初ノ一表デアル。」(大正四年)

「健常者ハ本表ヲ<い>ト読ミ、色盲者及色弱者ハ<に>ト読ム。」

図2は、大正4年始めて試作された1表である。

石原はこの理念に基づいて「新案仮性同色表」に関

する論文を、大正5年の日本眼科学会誌に発表した³⁾。

図3は、大正七年作、第1冊数字、絵画表中の第21表で 第二十一表 コノ表ノ中ニ健康者ハ「富士山ニ雲」ノ絵ヲ見ルガ色盲者及色弱者ハ「三日月ニ雲」ノ絵ヲ見ル とある。

図4は、大正七年作、絵画表中の第22表で 第二十二表 此ノ表ノ中ニ健康者ハ「魚」ノ絵ヲ見ルガ色盲者及色弱者ハ「瓢箪」ノ絵ヲ見ル とある。

以上が前々号発表以後に見ることのできた石原表

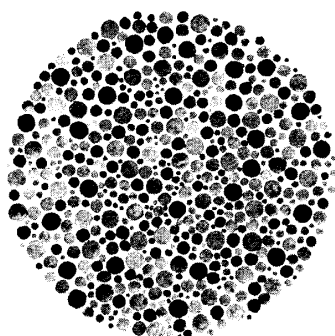


図2 石原式色盲検査表の原図
大正4年、最初の試作表である

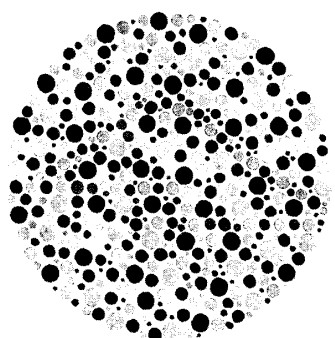


図3 石原式色盲検査表の原図
大正7年作 第1冊第21表 絵図表である

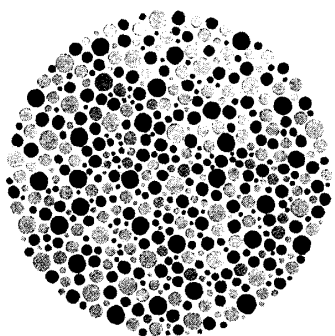


図4 石原式色盲検査表の原図
大正7年作 第1冊第22表 絵図表である

の原図であり、何れも現在まで未発表のもので、紙上発表されるのは本誌が初めてである。

13) 色相配列検査：F-M100 hue test

(Farnsworth-Munsell 100 Hue test)

1943年Farnsworth⁴⁾は新しい色覚検査法として色票を色相順に並べる色相配列検査を考案し、これを Farnsworth-Munsell 100 hue testと名付けて発表した。用いた色票は85色からなっているが、Munsell表色系のValue5, Chroma5の100色相の中から視感的にほぼ等色差になるように85色を選んでいる⁵⁾(図5)。したがって4つの箱に収められているが、等分に分けられてはいない。85色の色度をCIE色度図上にプロットし、各混同線との関係を見ると図6のようになる⁶⁾。

Farnsworthは検査の対象と目的を次の2つに大別した。

- 1) 色彩を使用する人の適否を調べること。
- 2) 色覚異常者の弁色能を測定すること。

更にその配列誤数からみた検査結果は4群に分類される。

- (1) 正常弁別：一般の人の約68%がこの群に入る。ただし色覚異常者を除く。
- (2) 優秀弁別：色覚異常者を除いた16%が入る。
- (3) 劣等弁別：色覚異常者を除いた16%がこの

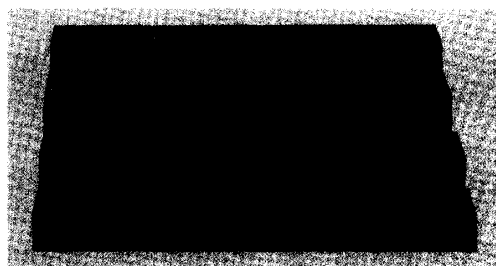


図5 Farnsworth-Munsell 100 Hue test

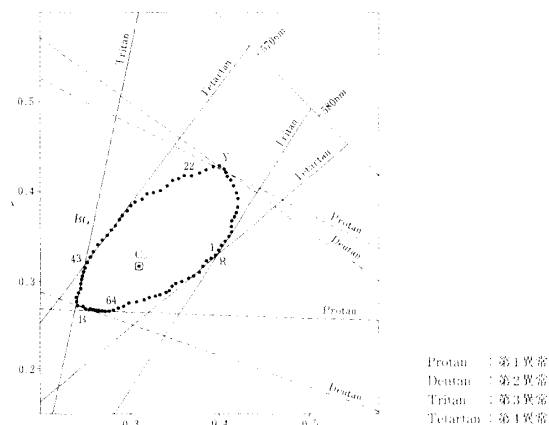


図6 Farnsworth-Munsell 100 Hue test
CIE色度図上に於ける各混同線との関係

中に入り、何回繰り返しても同じ程度の誤りが認められる。その誤りの箇所は一定していない。

- (4) 色覚異常：色覚異常の型は2極性で、ほとんどが対応する位置の2つの部分に最大の誤りが現れる。この誤りが集中する部位は、色覚異常の類型を決定するのに用いることができる。

図7は100 hue testのスコアシートに表示された定型的なプロフィールを示す。

図8は等色差図uniform chromaticity scale diagram上の100 hue testの色度である⁷⁾。等色差図上で100 hue testはほぼ円上に並んでいる。2本の鎖線の左の2つの図はPitt-Juddの色盲混同線のうちC点を通る第1色盲protanopiaの混同線に直交する直線を軸とし、左右から押しつぶしたような形をしている。これは第1色弱protanomalyの色度図で、色弱の程度が左にいくほど強くなり、左右から押された円は長円となって横幅が狭くなっていく。程度が強いほど色度図の横幅は狭くなり、色盲は左右の図形が1本の線になってしまった状態と考えることが出来る。第1色盲の混同軸の上方と下方の色の区別はつくが、左右はまったく同じに見えることになる。

そしてスペクトルの帯を赤色盲がみたときに、

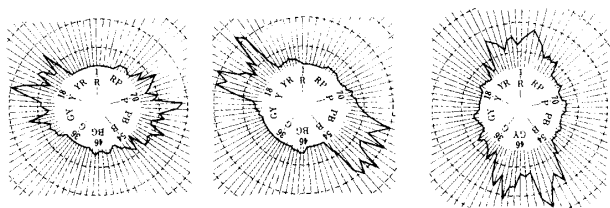


図7 定型的第1色覚異常、第2色覚異常、第3色覚異常のプロフィールを示す

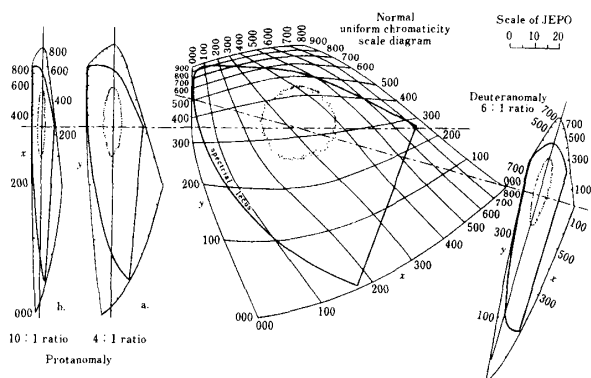


図8 等色差図上の100 hue testの色度と第1、第2色盲の混同軸を示す

495.5nm付近は灰色にみえ、これより長波長側は暖色に、短波長側は寒色にみえる。図8の右側は同様に第2色弱について示したものである。

表1は各年代層を対象にして100 hue testで配列を試み、総偏差点の正常限界値を調べた表であるが、3人の検者^{8) 9) 10)}の成績は同様の傾向を示した。平均総偏差点は何れも20歳代の成績が最も良く、40歳以降になると誤数は増加して各年代ともに色相は特に青緑付近で誤数が最も増加しているのが認められた。

なおF-M 100 hue testと同様の原理で、日本色彩研究所製の「色の標準」より選んだ色票を用いた96個の色票からなる色彩弁別検査器がある。

14) Panel D-15 (Farnsworth dichotomous test Panel D-15)

Panel D-15は、1947年Farnsworthによってつくられた検査法である。¹¹⁾ 仮性同色表によって色覚異常と判定されたものに対して、その程度を強度と中等度以下の2つに分類する検査法である。その目的が、正常者と異常者を鑑別するために用いる検査法ではないことを承知しておく必要がある。検査はpass, failに2分され、passした者は異常3色型色覚(色弱)、failした者は大部分が2色型色覚(色盲)であり、残りは強度の異常3色型色覚である。図9はCIE色度図上のPanel D-15の15個の色票の色度であり¹²⁾、protan (第1色覚異常)、deutan (第2色覚異常)、tritan (第3色覚異常)の無彩色混同線を示す。(註：protan, deutan, tritanの用語はFarnsworthによって初めて用いられた用語でそれ以前には無い)。

表1 100 hue test総偏差点の正常値

	G. Verriest (1963)	刑部 (1982)	野寄ほか (1985)
15~19 yr :	100	92	93
20~24 yr :	74	52	59
25~29 yr :	92	52	
30~34 yr :	106	56	69
35~39 yr :	120	88	
40~44 yr :	134	116	115
45~49 yr :	144	140	
50~54 yr :	154	160	141
55~59 yr :	164	160	
60~64 yr :	174	160	170

level of significance : $p=0.05$

図10は正常者、第1色盲、第2色盲、第3色盲のPanel D-15の15個の色票配列検査所見である。図11は記録用紙上の検査結果を示す。

- a: 第1色盲のパターンでprotanのindex lineに平行な線が並列する。
 b: 第2色盲のパターンでdeutanのindex lineに平行な線が並列する。
 c: 第3色盲のパターンでdeutanのindex lineに平行な線が並列する。一般に後天色覚異常にみられ、このようなパターンに遭遇したときは眼底疾患を疑って検査を行う必要がある。
 d: 交叉線の方向が一致せず、retestによってもパターンがどの類型にも属さないものはfailである。

Panel D-15検査器は次のように結論される。

- 1) Panel-D15はpassとfailに分ける検査器である。
- 2) failは2色型色覚と、日常生活上で2色型色覚と同様に扱うべき異常3色型色覚が含まれる。
- 3) failは強度異常者、passは中等度以下の異常者と

正常者である。

- 4) 日常生活で色を誤認する危険のある強度異常者を確実に簡単に検出するのが目的である。

Panel D-15は、簡便でしかも優れた色覚検査法であることが多くの研究者によって認められている。

15) 40色相配列検査 (40hue test)

色相配列検査としては、Farnsworth Munsell 100 hue test, 色彩弁別検査器、Dichotomous test panel D-15などがあるが、これらの色相配列検査器の中間的な役割をもち、職業適性検査および先天・後天色覚異常の精密検査用として、太田は新たに40色相配列検査 (40 hue test) を製作した¹³⁾。図12は色相配列検査の正規順序の配列を示す。40色相配列検査の40色票は、最初Munsell色表系より40色相を求め試作したが、翌年これを改めて1957年にOSA (Optical Society of America) Committeeで協議され、Judd¹⁴⁾が1965年にLucerneのInternational color meetingで報告したValue 6の40色相を用いて作製した。

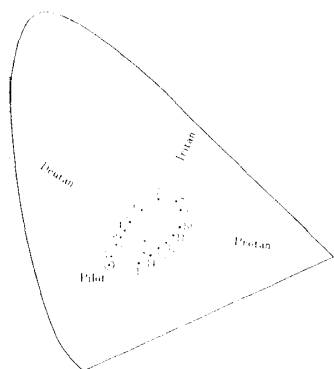


図9 CIE色度図上のpanel D-15の色票の色度を示す

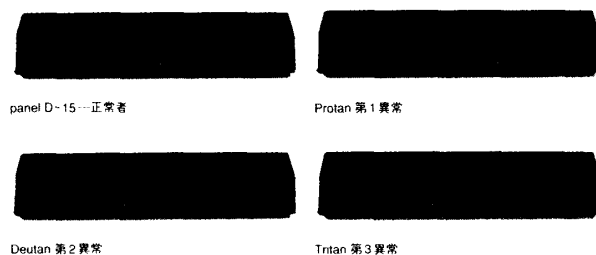
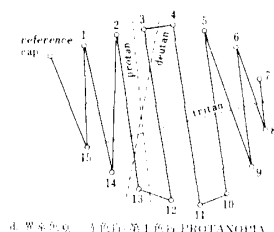
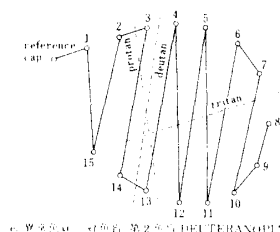


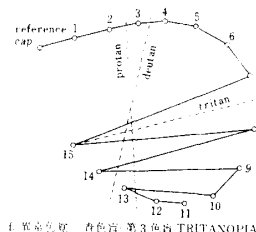
図10 Panel D-15の正常者、第1異常protan、第2異常deutan、第3異常tritan配列検査所見を示す



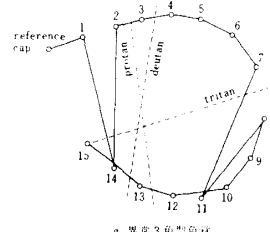
第1色盲
(PROTANOPIA)



第2色盲
(DEUTERANOPIA)



第3色盲
(TRITANOPIA)



fail

図11 Panel D-15の配列検査成績と判定

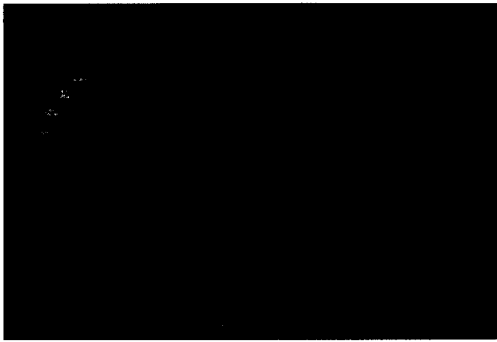


図12 40 hue test図は正規順序の配列を示す

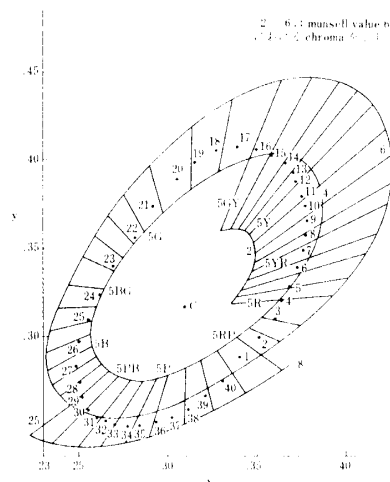


図13 CIE色度図上の40 hue test.

この色票は数値のみ入手、Juddの許可を得て、色票（色相）を初めて作製したのは村上色彩研究所である

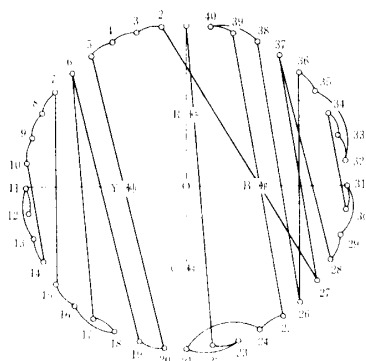


図14 40色相配列検査記録用紙と第1色覚異常のプロフィールを示す



図15 28 hue test (Roth)

図13は、その40色相をCIE色度図上にプロットしたもので、図に示す2～6は、Munsell Value6におけるChromaを示す。

本器の特徴は1) 色票が環状に配列に配列されているので、色相環の上で色の変化を調べることができる。2) 配列に要する時間は10分以内、検査成績の判定は5分以内で短時間に検査が終了できることである。

判定方法は、検査終了後、外蓋を閉じて裏返し、透明板を通して色票の裏側の数字をみる。

その数字をそのまま記録用紙の欄に記入し、数字の順に線で結び規定の方法で判定を行う。

Pass (－) 正常者の誤差範囲をこえないもの。

Fail (＋) 正常者の誤差範囲をこえるもの。

色彩識別の範囲 優れる(総偏差点0～6)

普通(総偏差点7～25)

劣る(総偏差点25以上)

図14は、40色相配列検査記録用紙に記録された第1色覚異常の1例である。

16) 28hue test (Roth)

Roth¹⁵⁾は太田の40 hue testの発表と同年に、FM 100 hue testの1～85の色票のうち、2色票おきに1つを選んで色票1,4,7,10～82と2色票とびに28色票を用いて28 hue testを作製した。検査法はPanel D-15と同様の検査法を用い、混同軸によりその誤りを判定するようになっている。図15は28 hue testを示す。

17) Lanthonyのdesaturated 15 hue test

Farnsworthによって作製されたpanel D-15は、本来、先天色覚異常者を強度色覚異常群と、それより軽度の異常群の2群に分類することを目的とした色覚検査器であるが、後天色覚異常の検査にもしばしば利用されている。その理由は検査が簡便であり、後天色覚異常者でも色覚障害の強い例や、第3異常の傾向をもつものは比較的明瞭に判定できるためである。Lanthony¹⁶⁾はpanel D-15の精度を高める目的で、色相は変えずに飽和度を落としたdesaturated testを考案した。本器は低彩度であるため、panel D-15をpassしてしまう視力良好例や、疾患の初期例でも異常を検出できる。明度はpanel D-15の平均Value 5に対し、desaturated testでは平均8、彩度はpanel D-15の平均Chroma 4.2に対し、desaturated testでは平均2となっている。

a. 先天性色覚異常について¹⁷⁾

2色型色覚では、panel D-15, desaturated testのいずれにおいても同様の結果を得た。一方、異常3色型色覚では、panel D-15をパスした症例の約半数が desaturated testでprotan,あるいはdeutanと判定された。

即ちdesaturated testを用いればpanel D-15ヲパスした中等度以下の先天性色覚異常群を、更に中等度と軽度の2群に分けることが可能となる。しかし現時点において先天性色覚異常にdesaturated testを用いる必要性はないと考える。その理由は先天性色覚異常者の程度判定が必要となるのは、進学や就職に際して被験者の適正を判断する場合であるが、現在なお特定の学科や職業に対して、どの程度の色彩識別能力が必要であるかが全く不明である状況において、panel D-15による程度判定でさえも、実状に即したものとは言えないからである。

b. 後天性色覚異常について¹⁷⁾

中心性網脈絡膜症、糖尿病網膜症の計40眼を対象とした実験では、desaturated testでtritanを示した例が21眼、tetartanを示した例が6眼という結果であった。

青の感覚異常は他の眼科的検査が正常となり、疾患がすでに治癒したと思われるときも、なお長期に残存するという報告があるが、図に示す症例は、問診によって20年前の球後視神経炎の既往がわかり、念のためにdesaturated testを試みたところ異常が検出された例である。本症例はpanel D-15、SPP-IIでは異常をとらえることができなかった。

これはdesaturated testが低彩度の色票を用いている結果と思われる。

(以下次号)

色覚検査の歴史(3) 文献

- 1) Morley, D.W.: are you colour blind? Picture Post (Journal):22-23, May 12, 1951.
- 2) 石原式色盲検査表原稿 三部三冊(東京大学博物館所蔵)
- 3) 石原 忍: 色盲の名称ならびに新案仮性同色表について, 日眼会誌20: 305-313, 1916.
- 4) Farnsworth, D.: A Polychromatic plate for Detecting. Congenital Tritanomalous color vision. Medical Research Laboratory U.S. Naval Submarine Base, New London.

- 5) Farnsworth, D.: The Farnsworth-Munsell 100 hue test for examination of color discrimination (manual). Munsell Color Company, Inc. 1949, 1957.
- 6) Lakowsky, R.: Theory and practice of Colour vision testing A review Part I/II Brit. J. industr. Med. 26: 173-189; 265-288, 1969.
- 7) Farnsworth, D.: The Farnsworth-Munsell 100 hue test and dichotomous test for color vision. J. Opt. Soc. Am. 33: 568-578, 1943.
- 8) 野寄 忍、浜野 薫、友永正昭、太田安雄: Farnsworth-munsell 100 hue testの正常値について、日眼会誌91: 298-303, 1987.
- 9) Verriest, G.: Further studies acquired deficiency of color discrimination. J. Opt. Soc. Am. 53: 185-195, 1963.
- 10) 刑部慶子: 原発性黄斑変性症に関する臨床的研究、その2. F-M 100 hue testの年代別総偏差点についての研究. 日眼会誌86: 351-358, 1982
- 11) Farnsworth, D.: Farnsworth Dichotomous test for color blindness-Panel D-15 (Manual). The psychological corporation. New York, 1947.
- 12) Fletcher, R., Voke, J.: Dichotomous D-15 test (Panel D-15). Detection and diagnosis, 286-291, Defectiv Colour Vision. 1985, Adam Hilger.
- 13) 太田安雄: 40hue testの改良. 日眼会誌70: 798-801, 1966.
- 14) Uniform Hue scale on the Constant chroma Ovoid, OSA Committee on U.C.S. 1957.
- 15) Roth, A.: Le test 28-hue selon Farnsworth. Bull. Soc. Ophtal. Fr. 66: 231-238, 1966.
- 16) Lanthony, P.: The Desaturated Panel D-15, Documenta Ophthalmologica, 46: 185-189, 1978.
- 17) 鳴門みどり、齊木貴美、花房 晶、宮本 正、太田安雄: Lanthony's Desaturated 15-hue testの使用経験. 日眼紀, 39: 218-223, 1988.