

色覚異常者の低照度条件におけるパネル D-15 テスト

工藤 仁

東京医科大学眼科学教室

要 約

我々は先天色覚異常者において、照度の低下がパネル D-15 テストの結果にどのような影響を及ぼすのかを調べるために実験を行った。40名の先天色覚異常者(第1色盲3名, 第1色弱10名, 第2色盲10名, 極度第2色弱7名, 第2色弱10名)および色覚正常者10名に対して、0.9~900ルクスの7段階の低照度条件下でパネル D-15 テストを行った。色覚正常者は3.5ルクスまでは全員がパスし、0.9ルクスでは70%の被験者がパスした。色覚異常者は225ルクスからフェイルする被験者があ

り、3.5ルクスでは56%の被験者がフェイルし、0.9ルクスでは92%の被験者がフェイルした。また、色覚異常者では照度が低下するとパネル D-15 テストの判定結果が変化するものが多く見られた。第1色弱者の中には照度が低下すると protan pattern から deutan pattern になる者が認められた。(日眼会誌 99:371-375, 1995)

キーワード: パネル D-15 テスト, 低照度, 先天色覚異常

Panel D-15 Test Under Reduced Illumination for
Persons with Color Vision Defects

Hitoshi Kudo

Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College

Abstract

We evaluated the panel D-15 test under reduced illumination in subjects with color vision deficiency and in normal subjects. Forty subjects with color vision deficiency (3 protanopes, 10 protanomalies, 10 deuteranopes, 7 extreme deuteranomalies and 10 deuteranomalies) and 10 normal subjects were the subjects for the experiment. Seven light levels ranging from 0.9 to 900 lux were used. All normal subjects passed the test at 3.5 lux or more and 30% failed at 0.9 lux. Color vision defective subjects

began to fail the test at 225 lux, with 56% failing at 3.5 lux and 92% at 0.9 lux. The performance on the panel D-15 test decreased in proportion to decreasing the illumination in some color vision defective subjects. Some protanomalous subjects showed a deutan pattern at low illumination levels. (J Jpn Ophthalmol Soc 99:371-375, 1995)

Key words: Panel D-15 test, Reduced illumination, Color vision deficiencies

I 緒 言

パネル D-15 テストは、強度色覚異常と弱度色覚異常を簡便に分類できる優れた色覚検査である¹⁾。しかし、さらに細かな程度分類にはアノマロスコープなどが用いられている。一方、一般生活上で我々が直接必要とする色弁別の機会は、色光よりも色素色による場合の方が遙かに多いと考えられる。したがって、色覚の程度の判定は色光によるよりも色素色を用いた検査法の方が適していると考えられる。そこで、我々はパネル D-15 テストを

用いて先天色覚異常者に対し、種々の照度下で実験を行い、照度の変化によって色覚がどのように変化するかを調べるとともに、パネル D-15 テストでさらに細かい程度分類が可能かどうかを検討する目的で実験を行った。

II 実験方法

1. 対 象

対象は、東京医科大学病院色覚外来を受診した先天色覚異常者のうちで、アノマロスコープによる分類が可能であった者40名と、対照として色覚に異常のない者10

別刷請求先: 160 東京都新宿区西新宿6-7-1 東京医科大学眼科学教室 工藤 仁
(平成6年1月25日受付, 平成6年10月12日改訂受理)

Reprint requests to: Hitoshi Kudo, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College, 6-7-1 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan

(Received January 25, 1994 and accepted in revised form October 12, 1994)

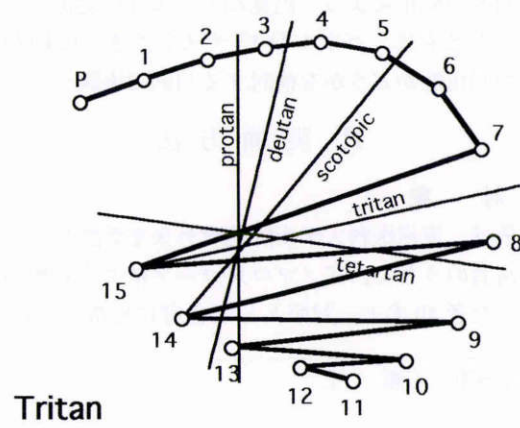
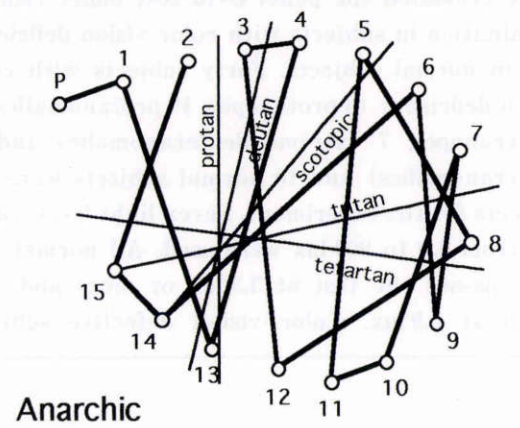
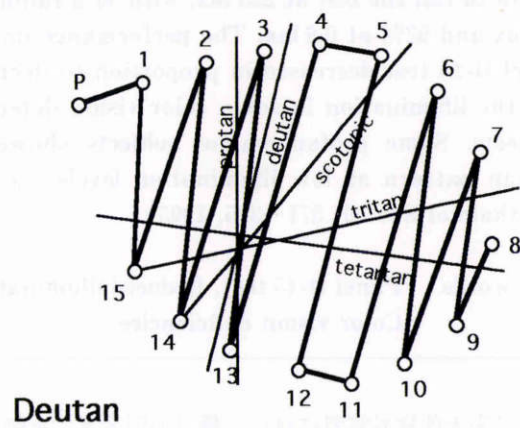
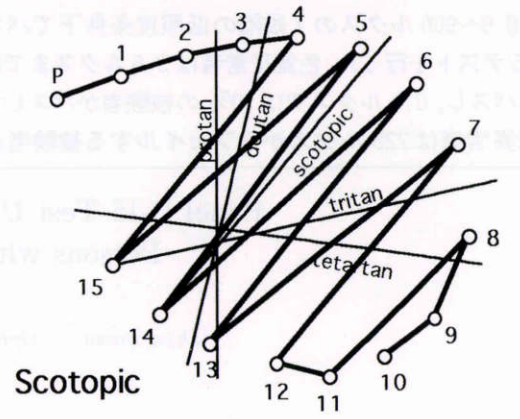
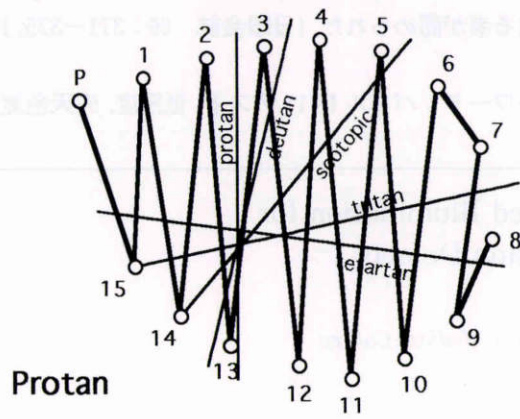
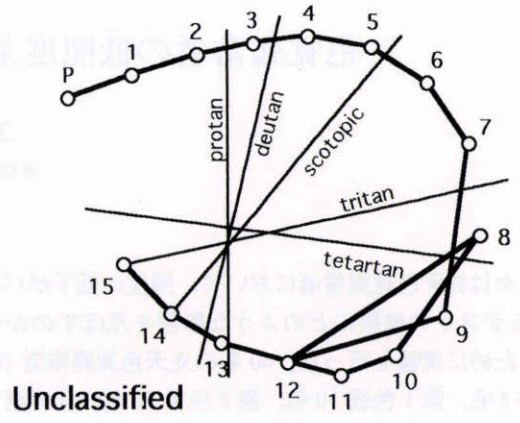
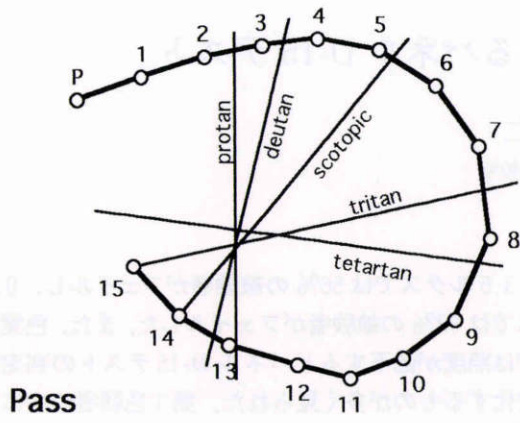


図1 パネル D-15 テストの判定結果の分類.

名とした。

先天色覚異常者は 15~24 歳で、男性 38 名、女性 2 名で、第 1 色盲 3 名、第 1 色弱 10 名、第 2 色盲 10 名、極度第 2 色弱 7 名、第 2 色弱 10 名であった。先天色覚異常者は 900 ルクスの照度下で、パネル D-15 テストをパスする者とフェイルする者との 2 群に分けて検査を行った、対照群は、24~35 歳で、男性 2 名、女性 8 名であった。

2. 方 法

実験はアノマロスコープおよび 900 ルクスの照度下で、石原表、大熊表、東京医大表、標準色覚検査表(SPP-I)、パネル D-15 テストの検査を行った。この照度において、パネル D-15 テストをパスする者に対しては、900 ルクスから 0.6 log unit ずつ、すなわち、225 ルクス、56 ルクス、25 ルクス、14 ルクス、3.5 ルクスおよび 0.9 ルクスと低下させ、それぞれの照度下でパネル D-15 テストを行った。また、900 ルクスでパネル D-15 テストをフェイルする者に対しては、照度を 1,500 ルクスに上げて再度検査を行った。検査に用いた光源は EDL D₆₅ 蛍光灯で、照度の変化は新たに作製した調光器付き検査ブースを用いた。この調光器付き検査ブースは 10 本の蛍光灯が光源として用いられ、蛍光灯の下には拡散板が付けられている。この蛍光灯は長さの異なる 5 種類の遮蔽カバーが付けられてあり、最大の光量が異なるようになっている。調光器によって点灯する蛍光灯に流れる電流を変え、色温度を変化させずに照度を変化させることができる。照度変化は調光器により、照度計で照度を確認しながら行った。検査は明るい段階から順次照度を下げて行った。

結果の判定は、pass, protan, deutan, tritan, unclassified, scotopic, anarchic の 7 種類に分類した(図 1)。分類の判定は、protan, deutan, tritan, scotopic はそれぞれの混同線と平行な線が 2 本以上見られた場合とし、anarchic はエラーの程度が著しく分類不能な者、unclassified は色相環を横切る線が存在するが、2 本以上の平行な線が見られないエラーの程度が低く分類不能な者とした。

III 結 果

色覚正常者、色覚異常者とも照度の低下によって色覚に変化を来した。被験者のうち、900 ルクスでパネル D-15 テストをフェイルした者は、アノマロスコープで第 1 色盲または第 2 色盲と判定された 13 名全員と、極度第 2 色弱 7 名中 2 名の 15 名であった。これらの者は全員、典型的な protan pattern または deutan pattern を示し、アノマロスコープの類型判定の結果と一致していた。この 15 名は全員とも照度を 1,500 ルクスに上げて判定に変化は見られなかった。

一方、900 ルクスでパネル D-15 テストをパスした者

は、第 1 色弱者 10 名全員、第 2 色弱者 10 名全員および極度第 2 色弱 7 名中 5 名の 25 名で、照度の低下に従ってフェイルする被験者の数が増加した。

色覚正常者は 3.5 ルクスまでは全員がパスし、0.9 ルクスでは 10 名中 3 名 (30%) がフェイルした。色覚異常者は 225 ルクスからフェイルする者が見られ、照度の低下に従ってフェイルする者の数が増加した。3.5 ルクスでは 25 名中 14 名 (56%) がフェイルし、0.9 ルクスでは 23 名 (92%) がフェイルした (図 2)。

色覚正常者では tritan pattern のエラーしか見られなかったのに対し、色覚異常者では様々なパターンエラーが見られ、0.9 ルクスにおいては 64% の者が anarchic または scotopic pattern を示し、異常の程度も強く出ていた (図 3)。

パネル D-15 テストをフェイルした被験者の判定結果は、3.5 ルクスでは第 1 色弱では protan, deutan pattern が見られ、極度第 2 色弱では deutan pattern、第 2 色弱

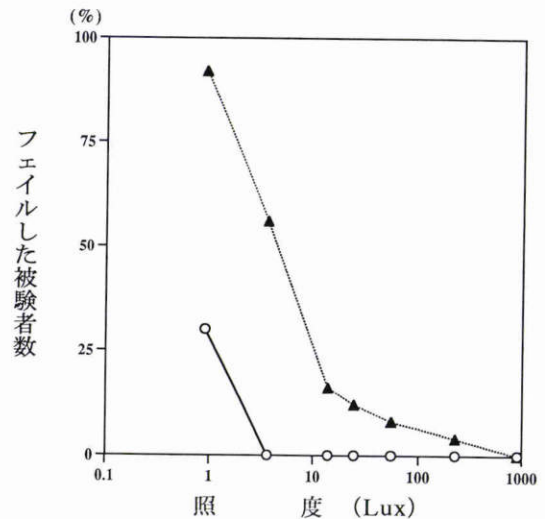


図 2 各照度におけるパネル D-15 テストでフェイルした人数の割合 (%)。

丸は色覚正常者 (総数 10 名)、黒三角は 900 ルクスでパネル D-15 テストをパスした色覚異常者 (総数 25 名)。

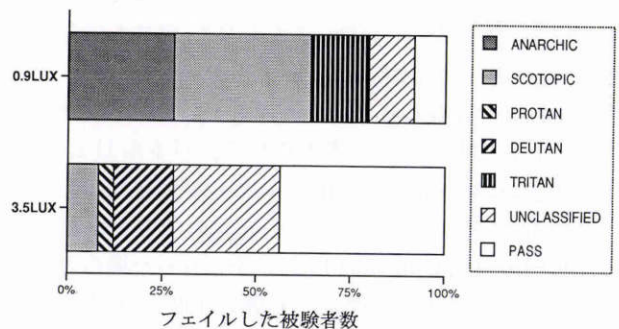


図 3 900 ルクスでパネル D-15 テストをパスした色覚異常者 (総数 25 名) の 0.9 ルクスおよび 3.5 ルクスにおける判定結果。

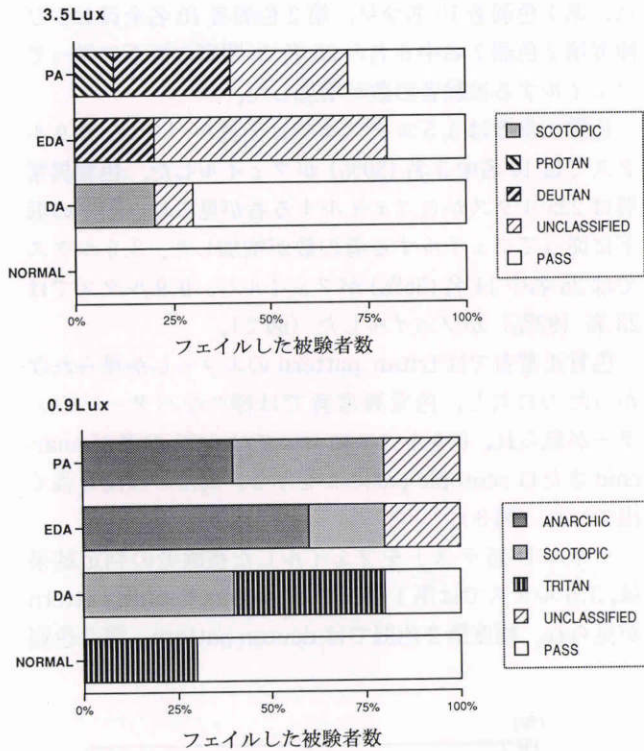


図4 0.9ルクスおよび3.5ルクスにおける900ルクスでパネルD-15テストをパスした被験者(総数35名)のアノマロスコープによる類型別判定結果。

では scotopic pattern が見られた。0.9ルクスになると、第1色弱および極度第2色弱ではほとんどの者が anarchic または scotopic pattern を示した。第2色弱では scotopic pattern が40%、tritan pattern が40%であった。正常者は30%が tritan pattern を示した(図4)。

IV 考 按

照度を低下させることによって色覚正常者、色覚異常者とも色弁別に異常を来した。しかし、正常者は3.5ルクスまではパネルD-15テストでフェイルする者はなく、一方色覚異常者はこの照度では56%の者がフェイルした。照度を低下させると、正常者は後天青黄異常様の色覚を呈することは従来からいわれているが^{2)~6)}、今回の実験では、先天色覚異常者ではこのような異常を示す者は僅かであった。これは、パネルD-15テストは混同軸を一つだけしか検出することができない検査であり、複数の混同軸が存在していても混同軸として検出できるのは一つだけであるためと考えられる。パネルD-15テストで色混同が検出できるのは、均等色空間座標においてパネルD-15テストのキャップの知覚的色空間座標が形作る楕円の短軸が、長軸の16%以下になった場合とされているため、この楕円の短軸が長軸の16%より大きければパネルD-15テストでは色混同を検出できない⁷⁾。すなわち、赤緑異常と青黄異常の両方が存在している場合に、パネルD-15テストではこの2つの異常の程度の差が十

分に大きければ、強く障害されている方向のみが混同軸として検出され、2つの異常の程度の差に十分な大きさがなければ、どちらの異常も検出できない。このため、赤緑軸方向の色混同を起しやすい先天色覚異常者が、低照度下で青黄軸方向の色混同が加わっても、いずれか一方しか検出できなかったのではないかと考えられる。

著者らが Minimalist test⁸⁾を用いた実験⁹⁾で、低照度下では色覚正常者は青黄異常のみならず赤緑異常も示すことを報告している。それによると、色覚正常者は照度の低下に対して加速度的に青黄、赤緑軸方向の色弁別能が低下する。また、青黄軸方向の色弁別は赤緑軸方向の色弁別よりも高い照度から障害され始まっている。この現象は色覚異常者にも同様に起こっていると考えられ、照度の低下が高度でない場合は障害される方向は主に青黄軸の方向であり、さらに照度が低下することによって青黄、赤緑軸方向も障害されてくると考えられる。

第1および第2色弱者の結果から、照度の低下によって色混同の軸が protan の軸から deutan, scotopic の軸へと時計回りに変化する傾向が認められた。青黄軸方向の色空間の縮小は照度の低下に対して最も敏感であると考えられるが、それ以外の方向にも軽度ではあるが縮小が起こっていると考えられ、色覚異常者は赤緑軸の方向はもともと縮小されているため、照度の低下による僅かな縮小でもパネルD-15テストで検出できるほどの色混同を起すような影響を受けると考えられる。さらに照度を低下させると、青黄軸の方向に強い縮小が起こり、

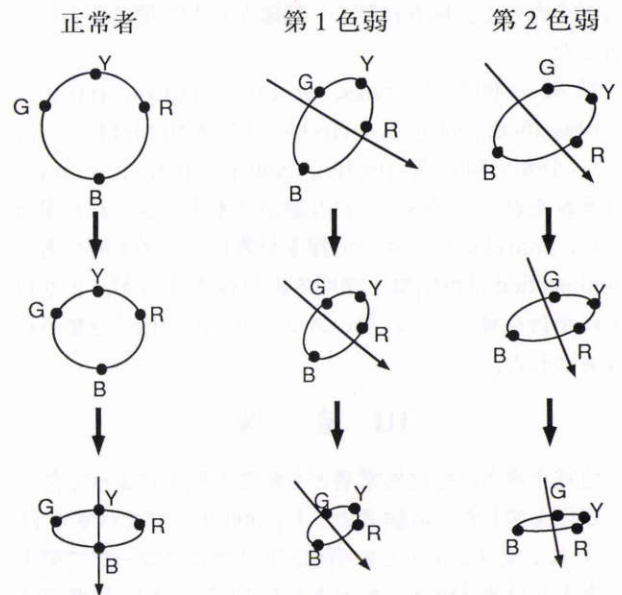


図5 色覚正常者、第1色弱者、第2色弱者の色空間を模式的に表わした図。

Rは赤、Gは緑、Yは黄色、Bは青を表わし、矢印は色混同の軸を表す。図は下に行くに従って、照度が低下した状態のものとなる。第1色弱者、第2色弱者とも照度が低下すると混同軸は時計回りに回転してくる。

このことによって色覚異常者の色空間の短軸の方向が青黄軸の方向に、すなわち時計回りの方向に変わっていくのではないかと考えられる。同様のことが色覚正常者にも起こっていると考えられるが、もともと色空間が色覚異常者よりも広いため、照度の低下によって受ける影響は少なく、また、最も強く色空間が縮小されると考えられる青黄軸方向の色混同が初めに現れると考えられる(図5)。

以上のことから、弱度色覚異常者は照度の低下によって強度色覚異常者と同様の色混同を示すと考えられる。しかし、照度によっては第1色弱者が第2色弱と判定されることが予想されるので、色覚異常の類型判定には不適と考えられるが、色弁別能を判定することに関しては有効であると考えられた。色弁別能、すなわち、その個人の色空間の大きさが、大きければ照度の低下によって受ける影響が少なく、より低い照度においても色弁別が可能であると考えられる。

弱度色覚異常者は、その色空間の大きさに様々な程度があると考えられ、その大きさは正常な色覚が保たれる最小の照度というものを尺度として、程度を分類することが可能と思われた。

また、パネル D-15 テストは優れた検査であるが、検査の照度が適正でないと程度・類型の判定を誤る恐れがあることがわかった。

文 献

- 1) **Linksz A**: The Farnsworth panel D-15 test. *Am J Ophthalmol* 62: 27-37, 1966.
- 2) **太田安雄**: 後天性色覚異常に関する研究. 第4報. 低照度下に於ける後天性色覚異常者の色覚に就いて. *日眼会誌* 61: 1666-1670, 1957.
- 3) **Bowman KJ, Cole BL**: A Recommendation for illumination of the Farnsworth-Munsell 100-hue test. *Am J Optom Physiol Opt* 57: 839-843, 1980.
- 4) **市川一夫, 長坂智子, 宮川典子, 市川 宏**: 低照度下色覚異常の研究. *眼臨* 79: 1116-1124, 1985.
- 5) **Everdingen JAM, Smith VC, Pokorny J**: Sensitivity of tritan screening tests as evaluated in normals at reduced levels of illumination. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 54: 167-175, 1991.
- 6) **Smith VC, Everdingen JAM, Pokorny J**: Sensitivity of arrangement tests as evaluated in normals at reduced levels of illumination. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 54: 177-185, 1991.
- 7) **Farnsworth D**: The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision. *J Opt Soc Am* 33: 568-578, 1943.
- 8) **Mollon JD, Astell S, Reffin J**: A Minimalist test of colour vision. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 54: 59-67, 1991.
- 9) **Kudo H, Smith VC, Pokorny J**: Sensitivity of screening tests for S-cone discrimination. *Colour Vision Deficiencies XI*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 119-127, 1993.