

# 後天色覚異常者に対する色素色による混同色軌跡の検討

小木曾 みどり

東京医科大学眼科学教室

## 要 約

先天第3色盲と類似の色混同を示す後天青黄異常者46例66眼に対し、種々の色覚検査を行った。その結果、中心性網脈絡膜症、糖尿病網膜症、網膜中心静脈分枝閉塞症、網膜色素変性症、および黄斑変性症の網膜疾患では、混同色軌跡はいずれもスペクトル中の短波長側に収束をみた。しかしながら、緑内障の混同色軌跡は、他の網膜疾患と異なり、純紫軌跡と交叉し、同じ後天青黄異常を呈する疾患のなかでも、特異な傾向を有することが分かった。また、中心性網脈絡膜症以外の疾患では、視力、視野と色混同の間に相関関係は認めなかった。(日眼会誌 97:411-418, 1993)

キーワード：後天青黄異常，先天第3色盲，混同色軌跡

## Examination of Confusion Loci in Acquired Color Vision Deficiency with Surface Color

Midori Ogiso

Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College

### Abstract

Miscellaneous color vision tests were performed on 66 eyes in 46 acquired blue-yellow deficiency cases, in which the deficiency resembled congenital tritanopia. The confusion loci converged at a point on the short wavelength side of the spectrum in central chorioretinopathy, diabetic retinopathy, branch retinal vein occlusion, retinal pigmentary degeneration, and macular degeneration. However, the confusion loci of glaucoma differed from those of the other 5 diseases of the retina. They crossed the purple boundary, showing a unique tendency among the diseases exhibiting acquired blue-yellow deficiency. In these diseases, except in chorioretinopathy, no correlation was observed between visual acuity, visual field and color confusion. (J Jpn Ophthalmol Soc 97: 411-418, 1993)

Key words: Acquired blue-yellow deficiency, Tritanopia, Confusion loci

## I 緒 言

1952年、Wright<sup>1)</sup>により、先天第3色盲が報告され、その混同色軌跡は短波長側に収束することが証明された。しかしながら、先天第3色盲の混同色軌跡の収束

点に関しては、未だ各研究者間でばらつきがあり明確な結論が得られていない。一般に後天青黄異常は概ね網膜疾患によって起こり、後天赤緑異常は視神経疾患により起こると言われている。今回、先天第3色盲と類似の色混同を示すと考えられる後天青黄異常者に対

別刷請求先：160 新宿区西新宿6-7-1 東京医科大学眼科学教室 小木曾みどり

(平成4年1月31日受付，平成4年8月17日受理)

Reprint requests to: Midori Ogiso, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College.

6-7-1 Nishishinjuku, Shinjuku-ku 160, Japan

(Received January 31, 1992 and accepted in revised form August 17, 1992)

し、種々の色覚検査を施行し、混同色軌跡に関して若干の知見を得たので報告する。

## II 対象および実験方法

### 1. 対象

東京医大眼科外来を受診した中心性網脈絡膜症 12 例 12 眼, 糖尿病網膜症 8 例 15 眼, 網膜中心静脈分枝閉塞症 6 例 6 眼, 網膜色素変性症 4 例 8 眼, 黄斑変性症 6 例 8 眼, 緑内障 10 例 17 眼の合計 46 例 66 眼に対し実験を行った。

### 2. 実験方法

上記の対象に対して, Farnsworth Dichotomous test Panel D-15(以下 Panel D-15 と略す), Lanthony's Desaturated 15 Hue Test (以下 Desaturated test と略す), 標準色覚検査表第 2 部後天異常用(以下 SPP-II と略す), Farnsworth-Munsell 100 hue test (以下 100 hue test と略す) で検査を行い, 更に 100 hue test の色票より, 第 3 異常の混同色軌跡を得る目的で色票を選択しカラーマッチングテストを行った。すなわち, キャップ番号 10~22 の黄色系統, 23~37 の黄緑から緑系統, 56~67 の青から青紫, 68~79 の紫から赤紫系統の群に分け, 10~22 のキャップ番号の色票群と, 56~67, 68~79 の各々の色票群との間で混同する色票を選択させた。同様に, 23~37 のキャップの色票群についても, 56~67, 68~79 の各々の色票群との間で, 混同する色票を選択させた。今回使用した 100 hue test の色度座標の算出は, 標準 C 光源下において高速分光光度計 CMS-500 ([株]村上色彩技術研究所製)を用い, 色票のキャップの分光反射率を 390 nm から 730 nm まで 10 nm 間隔で測定し算出した。各色票の座標を CIE 色度図上にプロットしたものを図 1 に示す。カラーマッチングテストにより混同した色票ペアの 2 点間を通る混同色線の方程式を求め, 外挿法を用いて各混同色線の方程式から交点を算出し, 全交点より最小自乗法を用いて統計処理し収束点の方向性を見るための回帰直線を各疾患群ごとに求めた。

## III 結 果

表 1 は全症例 46 例 66 眼の検査成績を示したものである。混同した色票ペアの数を混同線数として表中に記載した。100 hue test の判定において T は tritan, マイナス記号は定型の色相混同軸が認められなかった症例である。混同する色票のペアが存在した症例は, 100 hue test で殆どが第 3 色覚異常を示した。Panel D-

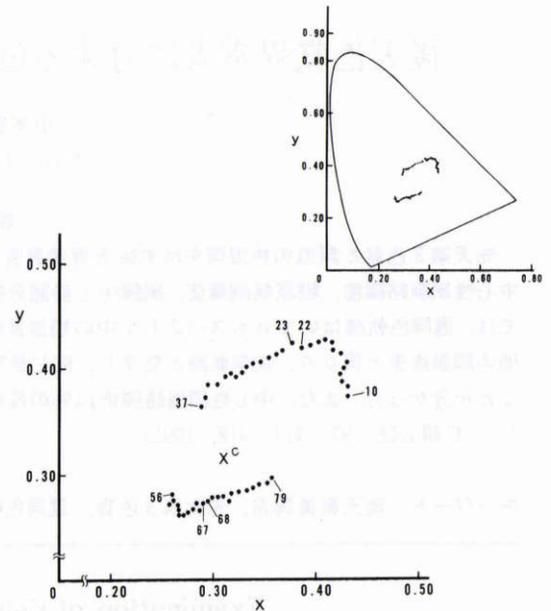


図 1 各色票の CIE 色度図上における座標の位置。

15 で pass した症例でも Desaturated test では tritan または fail を示し, SPP-II でも青黄異常を示したものが多く認められた。

中心性網脈絡膜症の検査成績を表 1 (症例 1~12) に示す。症例 1~9 の 9 眼に混同する色票のペアが存在し, 全混同色線と, 混同色線の交点, その交点から求めた回帰直線を CIE 色度図上に示すと図 2 のようになる。なお, 左下方の図は, スペクトル軌跡外でも混同色線が交叉し, 多数の交点を持つが, 図が複雑になるので, スペクトル軌跡外の混同色線の部分は省略した。以下, 図 3~7 も同様である。全ての混同色線は短波長側に収束しており, 1,638 個の全交点から得られた回帰直線  $y=1.543x-0.219$  ( $r^2=0.993$ ) は, スペクトル軌跡の 450 nm 付近において交叉した。また症例 2, 3, 6 は治療経過中に繰り返し色覚検査を行った例で, 治療開始後, 病状の軽快と共に混同色線数が減少し色混同の改善を認めた。

糖尿病網膜症の検査成績を表 1 (症例 13~20) に示す。症例は全て単純型または前増殖型網膜症で症例 18 と 19 のみ光凝固施行後である。15 眼中 8 眼に混同する色票のペアが認められた。図 3 に混同色線とその交点および回帰直線を示す。91 個の全交点から得られた回帰直線は  $y=1.504x-0.176$  ( $r^2=0.999$ ) であった。

網膜中心静脈分枝閉塞症の検査成績を表 1 (症例

表1 後天色覚異常者の全検査成績

症例	病名	性別	年齢	左右	視力	混同線数	100 hue test 総偏差点	型	Panel D-15	Desaturated test	SPP-II
1	中心性網脈絡膜症	女	47	左	0.6(n.c.)	24	456	T	T	T	BY
2	初診時	男	49	左	0.2(0.7)	9	280	T	T	T	BY
	21日後				0.2(1.2)	1	148	T	T	T	BY
3	初診時	男	39	左	0.2(0.7)	9	396	T	T	fail	BY
	21日後				0.2(0.8)	1	156	—	T	fail	BY
	49日後				0.2(0.9)	0	80	—	pass	pass	N
4		女	43	右	0.1(0.9)	5	120	T	pass	T	BY
5		男	56	左	0.3(n.c.)	5	152	T	pass	T	N
6	初診時	男	45	左	0.6(1.2)	2	196	T	pass	T	BY
	28日後				1.2(n.c.)	0	36	—	pass	pass	N
7		男	39	左	1.0(1.2)	2	120	T	pass	T	N
8		女	60	左	0.3(0.8)	1	160	—	pass	T	BY
9		女	51	右	0.1(1.2)	1	132	T	pass	fail	BY
10		男	33	左	0.9(1.2)	0	52	—	pass	pass	N
11		女	58	右	0.3(1.0)	0	48	—	pass	fail	N
12		男	52	右	0.4(0.5)	0	168	—	fail	fail	BY
13	糖尿病網膜症	女	60	右	0.2(0.8)	1	120	T	pass	fail	BY
				左	0.5(0.8)	6	132	T	pass	T	BY
14		男	59	右	0.7(0.9)	1	176	T	pass	T	BY
				左	0.3(0.4)	4	244	T	fail	fail	BY
15		男	36	右	0.02(0.7)	3	232	T	pass	T	N
				左	0.1(1.0)	0	104	—	pass	pass	N
16		男	51	右	0.08(1.2)	0	68	—	pass	fail	N
				左	0.7(0.7)	1	80	—	pass	fail	BY
17		女	39	右	0.08(0.7)	1	252	T	fail	fail	N
				左	0.04(0.6)	0	224	T	pass	fail	N
18		女	55	右	0.4(0.8)	1	176	—	T	fail	BY
19		男	73	右	0.2(n.c.)	0	192	—	T	fail	BY
				左	0.04(0.1)	0	192	—	T	fail	BY
20		男	66	右	0.7(1.0)	0	96	—	pass	fail	BY
				左	0.7(1.2)	0	76	—	pass	T	BY
21	網膜中心静脈分枝閉塞症	女	79	右	0.08(0.2)	15	612	—	fail	fail	判読不能
22		女	55	右	0.7(0.9)	8	140	T	pass	fail	N
23		女	60	左	0.02(n.c.)	3	324	T	fail	fail	判読不能
24		女	66	右	0.2(0.5)	1	88	—	pass	fail	BY
25		男	67	右	0.1(n.c.)	0	224	—	fail	fail	BY
26		女	60	左	0.7(0.9)	0	72	—	pass	fail	N
27	網膜色素変性症	女	32	右	0.05(0.8)	4	184	T	T	fail	BY
				左	0.05(0.8)	1	284	T	T	fail	BY
28		女	34	右	0.03(0.6)	0	104	T	pass	T	BY
				左	0.02(0.5)	4	200	T	pass	T	BY
29		男	42	右	0.6(0.8)	0	36	—	pass	pass	N
				左	0.7(0.8)	0	44	—	pass	pass	N
30		男	45	右	0.04(0.6)	0	84	—	pass	pass	BY
				左	0.03(0.7)	0	124	—	pass	pass	BY
31	黄斑変性症	男	65	右	0.04(0.5)	7	420	T	T	fail	BY
32		女	43	右	0.03(0.1)	1	388	—	T	fail	判読不能
				左	0.01(0.03)	4	560	—	T	fail	判読不能
33		男	65	右	0.5(1.0)	0	276	—	T	fail	BY
34		女	49	右	0.1(0.4)	0	204	—	pass	fail	BY+RG

35	〃	男	65	右	0.5(0.6)	0	272	-	fail	fail	N
36	〃	女	57	右	0.01(0.1)	0	496	-	fail	fail	判読不能
				左	0.01(n.c.)	0	512	-	fail	fail	判読不能
37	緑内障	女	66	右	0.2(0.5)	4	140	T	pass	T	BY
				左	0.3(0.9)	7	148	-	fail	fail	N
38	〃	男	73	左	0.5(0.9)	4	260	T	T	fail	判読不能
39	〃	女	44	右	0.05(0.3)	2	256	T	pass	fail	判読不能
				左	0.05(1.0)	0	16	-	pass	pass	N
40	〃	男	64	左	0.7(0.9)	1	248	T	T	fail	N
41	〃	男	48	右	0.01(1.0)	1	72	-	T	T	BY
				左	0.1(1.0)	0	48	-	T	T	BY
42	〃	男	44	右	0.1(1.5)	0	76	-	pass	pass	BY
				左	0.4(1.5)	0	52	-	pass	pass	N
43	〃	女	52	左	0.3(1.0)	0	84	-	pass	pass	N
44	〃	男	61	右	0.6(1.2)	0	92	-	pass	fail	N
				左	0.6(1.2)	0	76	-	pass	fail	N
45	〃	男	49	右	1.2(n.c.)	0	40	-	pass	pass	N
				左	1.0(n.c.)	0	44	-	pass	pass	N
46	〃	女	74	右	0.4(0.7)	0	152	-	fail	fail	BY
				左	0.06(0.4)	0	344	-	T	fail	BY

N : 正常 ; - : 非定型 ; T : tritan ; BY : 青黄異常 ; RG : 赤緑異常 ; SPP-II : 標準色覚検査表第2部後天異常用

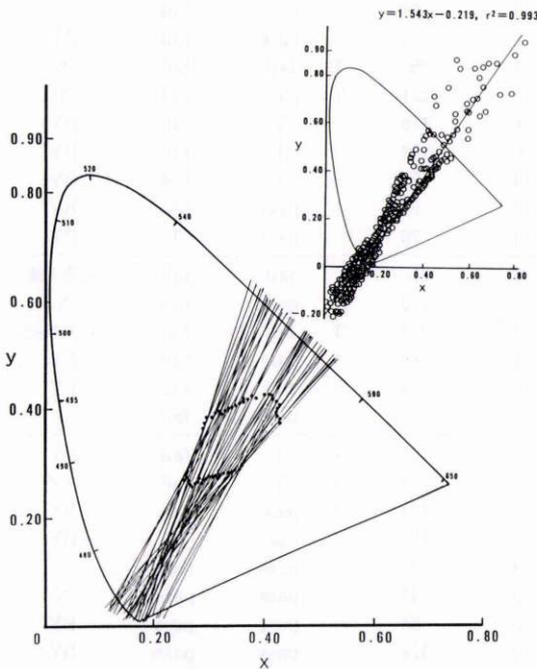


図2 中心性網脈絡膜症の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。

左下方のCIE色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のものは、図が繁雑になるので都合上省略した。

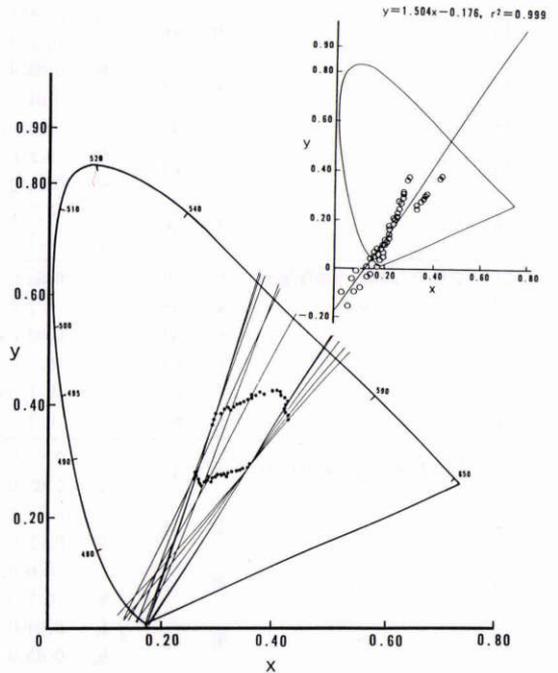


図3 糖尿病網脈絡膜症の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。

左下方のCIE色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のものは、図が繁雑になるので都合上省略した。

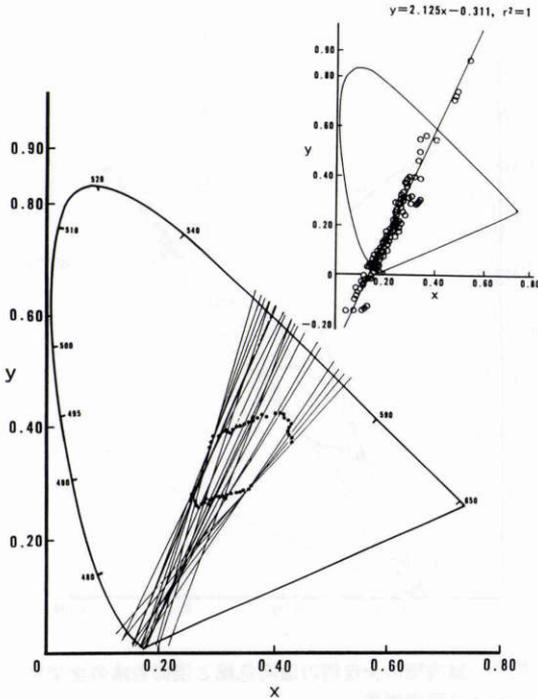


図 4 網膜中心静脈枝閉塞症の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。  
左下方の CIE 色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のもの、図が繁雑になるので都合上省略した。

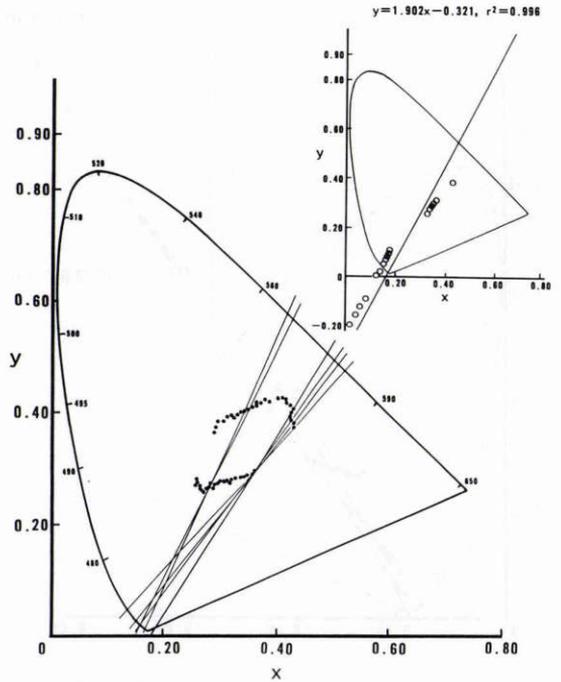


図 5 網膜色素変性症の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。  
左下方の CIE 色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のもの、図が繁雑になるので都合上省略した。

21~26) に示す。症例は黄斑部に浮腫を伴うもので 6 眼中 4 眼に混同する色票のペアが認められた。図 4 に混同色線とその交点および回帰直線を示す。344 個の全交点から求めた回帰直線は  $y = 2.125x - 0.311 (r^2 = 1)$  であった。

網膜色素変性症の検査成績を表 1 (症例 27~30) に示す。症例 28, 29 の視野は輪状暗点を示し、症例 27, 30 の視野は中心 10° が残存するのみであった。8 眼中 3 眼に混同する色票のペアが認められた。図 5 に混同色線とその交点および回帰直線を示す。35 個の交点から求めた回帰直線は  $y = 1.902x - 0.321 (r^2 = 0.996)$  であった。

黄斑変性症の検査成績を表 1 (症例 31~36) に示す。症例 31, 33, 35, 36 は老人性黄斑変性症、症例 32, 34 は確定診断のつかなかった症例で 8 眼中 3 眼に混同する色票のペアが認められた。図 6 に混同色線とその交点および回帰直線を示す。66 個の交点から求めた回帰直線は  $y = 1.705x - 0.243 (r^2 = 0.999)$  であった。

緑内障の検査成績を表 1 (症例 37~46) に示す。症例は全て開放隅角緑内障で、症例 40, 46 を除いて発症後 3 年未満の症例である。眼圧は検査時点では全て良好にコントロールされ、全例に緑内障性視神経陥凹を認めた。17 眼中 6 眼に混同する色票のペアが認められた。図 7 に混同色線とその交点および回帰直線を示す。165 個の全交点から得られた回帰直線は  $y = 2.404x - 0.464 (r^2 = 0.959)$  で、直線は純紫軌跡と交叉し、先に示した網膜疾患とは異なる結果を呈した。

#### IV 考 按

後天色覚異常に関する研究は Köllner ら<sup>2)</sup>により行われ、後天色覚異常を後天青黄異常と後天赤緑異常に大別した。しかしながら、その後の数多くの研究により、両者が共存する症例が多数存在することが報告されている<sup>3)~6)</sup>。今回著者は、先天第 3 色盲の混同傾向に類似すると考えられる後天青黄異常者に対し、種々の色覚検査を行い検討を加えた。以下各疾患群別に知見を述べる。

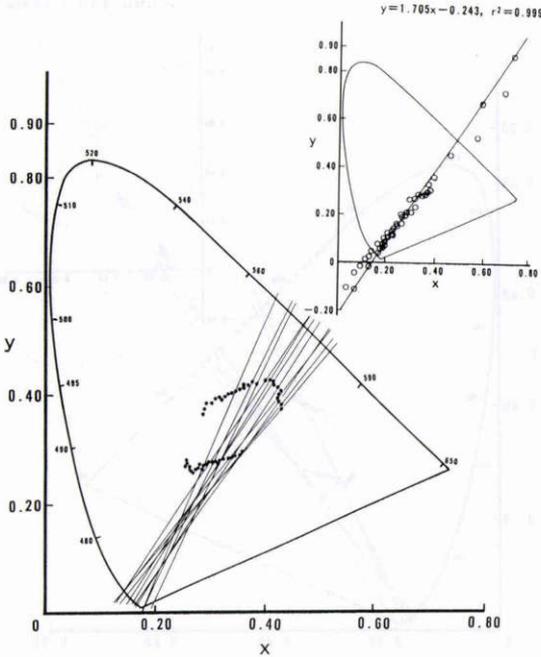


図6 黄斑変性症の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。

左下方のCIE色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のもの、図が繁雑になるので都合上省略した。

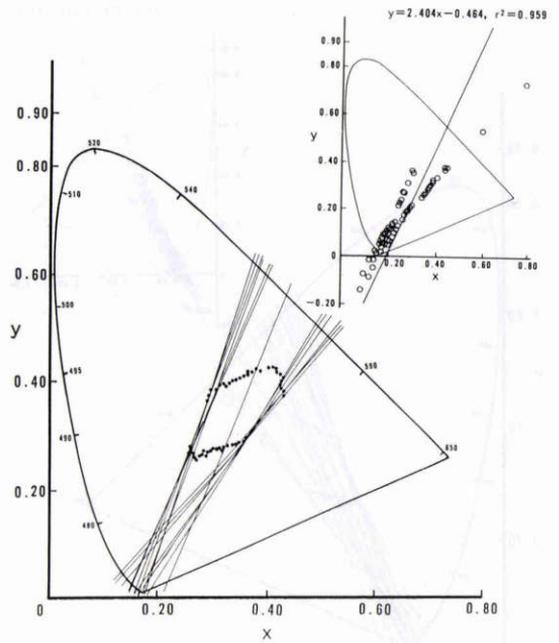


図7 緑内障の全症例の混同色線と混同色線の全交点および回帰直線。

左下方のCIE色度図の混同色線は、スペクトル軌跡および純紫軌跡外のもの、図が繁雑になるので都合上省略した。

中心性網脈絡膜症の色覚について太田<sup>7)</sup>は、本症の混同傾向は先天第3色盲のそれに類似すると述べ、北原<sup>8)</sup>は、Tübinger視野計を用いて明度識別閾値を測定した結果、524 nm以下の短波長領域の感度低下が著明であると述べている。いずれも本症の色覚障害が青黄異常の傾向を有することを指摘しており本実験の結果と一致をみた。しかし、Serraら<sup>9)</sup>の報告によると、本症を長期にわたり観察すると scotopic 軸の傾向を示し、レーザー治療、漿液性剝離の再発既往歴、光受容器の色素上皮からの分離が原因すると述べている。

また、Pokornyら<sup>10)</sup>は本症の4例に対し100 hue testを行い、deutan, scotopic, 青黄異常等、判定結果が一定しなかったと述べているが、筆者の実験においては検査時漿液性剝離を認めた12例中8例がtritanを示し、その混同色軌跡は全て短波長側に収束する結果を得た。

糖尿病網膜症の色覚については、Kinnearら<sup>11)</sup>、Cox<sup>12)</sup>によれば、青黄軸の異常を呈するとしている。しかし、横山<sup>13)</sup>は、電気生理学的方法により糖尿病網膜症初期ではblue系の障害は検出し得ないと述べており、

鈴木ら<sup>14)</sup>は、初期では100 hue testの総偏差値は少なかったが、総合的判定では50~75%は第3色覚異常を示すと述べている。本実験においては、症例13から18に黄斑部浮腫を認めたため、第3色覚異常を呈したと思われる。

網膜中心静脈分枝閉塞症については、Françoisら<sup>6)</sup>、Cox<sup>12)</sup>により、青黄異常例が報告されている。本実験においても同様の結果が得られている。

網膜色素変性症について太田<sup>4)</sup>は、本症を病期別に3群に分類し、病変が網膜視細胞層に波及したと思われる第2群に属する症例の色覚が、先天第3色盲と定性的には全く類似の傾向を有すると述べている。しかし本実験において視野の広がりや色覚障害の程度とに相関関係は得られなかった。これは本症例の中心視力が良好であったためと思われる。また、Wolfら<sup>15)</sup>によれば、本症の混同色軌跡が第3色覚異常の収束点の方向に向かい、中性点が569 nm付近にあると報告している。本実験においても同様の傾向が得られた。

黄斑変性症について、Françoisら<sup>6)</sup>、Cox<sup>12)</sup>は、老人性黄斑変性が後天青黄異常の傾向を示すと述べてい

る。本実験においては、100 hue test で定型的な青黄異常を示した例は症例31の老人性黄斑変性症1例のみであったが、8眼中3眼より得られた混同色軌跡は短波長側に収束していた。

緑内障について横山<sup>13)</sup>は、緑内障初期に青錐体系のスペクトル感度は選択的に低下し、経過の進行と共に緑錐体系、赤錐体系の障害が加わると述べ、北原<sup>16)</sup>、阿部ら<sup>17)</sup>によっても緑内障における青錐体系の感度低下が報告されている。

緑内障の回帰直線は純紫軌跡と交叉し他の網膜疾患の結果と相違している。この点について明確な結論は得られないが、放射状乳頭周囲血管網や神経線維層の障害から、神経伝達系に異常が生じてくるためではないかと推察する。Grütznerら<sup>18)</sup>は、緑内障患者が第3色覚異常様を呈するのは、解剖学的に第3ニューロンの変性のためと述べており、色識別は視野欠損が大きい程悪いと結論している。

第3色覚異常の混同色軌跡および色度図上における収束点について、Thomsonら<sup>19)</sup>、Walraven<sup>20)</sup>の $x=0.1748$ ,  $y=0.0044$ の報告に基づき本実験において、先天第3色盲と類似の色混同を示すと考えられる中心性網脈絡膜症、糖尿病網脈絡膜症、網膜中心静脈分枝閉塞症、網膜色素変性症、黄斑変性症、緑内障を用いて混同色軌跡および回帰直線の方向性に関して検討を行った。その結果網膜疾患においては、いずれも混同色軌跡はスペクトル軌跡の短波長側に収束することが分かり、緑内障は同じ後天青黄異常を呈する疾患の中でも、網膜疾患とは異なり混同色軌跡が純紫軌跡と交叉し異なった結果を示した。また、回帰直線の方向性から収束点の位置を検討してみると、先天第3色盲と全く一致したものはなかった。これは、先天第3色盲が青錐体の欠損であるのに対し、後天青黄異常がなんらかの疾患により二次的に色覚に変化を来したものであること、すなわち先天色覚異常とは本質的に異なり、その疾患が進行性であったり、同一疾患でもその病状の程度、経過により、検査結果も非常に複雑なためと考えられる。しかしながら後天色覚異常を観察する際、青感受系の反応態度を常に考慮しておくことは、臨床においても有意義なことと考える。

稿を終えるにあたり、太田安雄教授の御指導、御校閲に深謝致します。また、御指導頂きました清水金郎博士に感謝申し上げます。

#### 文 献

1) Wright WD: The characteristics of

- tritanopia. *J Opt Soc Am* 42: 509—521, 1952.
- 2) Köllner H: Die Störungen des Farbensinnes, ihre klinische Bedeutung und ihre Diagnose. Karger, Berlin, 1912. In: Fletcher R, et al (Eds): *Defective Colour Vision*. Adam Hilger Ltd, Bristol, 215, 1985.
- 3) Verriet G: Further studies on acquired deficiency of color discrimination. *J Opt Soc Am* 53: 185—195, 1963.
- 4) 太田安雄: 後天性色覚異常に関する研究. 第1報. 網膜色素変性症の色覚に就て. *日眼会誌* 61: 950—969, 1957.
- 5) 倉田浩二: 後天性色覚異常者の色彩識別能に関する研究. 第1報. 緑内障の色相混同について. *日眼会誌* 69: 1998—2006, 1965.
- 6) François J, Verriest G: On acquired deficiency of color vision. *Vision Res* 1: 201—219, 1962.
- 7) 太田安雄: 後天性色覚異常者の混同色, 特に色相と明度との関係について. *日眼会誌* 65: 1973—1982, 1961.
- 8) 北原健二: 中心性網脈絡膜症の明度識別閾値に関する研究. *日眼会誌* 77: 662—668, 1973.
- 9) Serra A, Fossarello M, Martini G, Datri M, Zucca I, Mules MG: Color discrimination in long-term idiopathic central serous chorioidopathy. In: Drum B, et al (Eds): *Colour Vision Deficiencies IX*. Kluwer Academic Publishers, 229—232, 1989.
- 10) Pokorny J, Smith VC, Ernest JT: Mocular color vision defects: Specialized psychophysical testing in acquired and hereditary chorioretinal diseases. *Int Ophthalmol Clinics* 20: 53—81, 1980.
- 11) Kinnear PR, Aspinall PA, Lakowski R: The diabetic eye and colour vision. *Trans Ophthalmol Soc UK* 92: 69—78, 1972.
- 12) Cox J: Colour vision defects acquired in disease of the eye. *Brit J Physiol Optics* 17: 195—216, 1960.
- 13) 横山 実: 眼病と青の感覚. *臨眼* 33: 111—125, 1979.
- 14) 鈴木隆次郎, 横田章夫, 関 亮: 糖尿病性網脈絡膜症の色覚機能に及ぼす影響. *日眼会誌* 86: 1735—1742, 1982.
- 15) Wolf E, Scheibner H, Paschke G: Colour vision in a case of retinopathia pigmentosa. In: Verriest G (Ed): *Colour Vision Deficiencies V*. Adam Hilger Ltd, Bristol, 280—285, 1980.
- 16) 北原健二: 網膜受容器のスペクトル感度測定とその臨床応用. *臨眼* 30: 323—331, 1976.
- 17) 阿部春樹, 守田 潔: Maxwell 視により分離され

る blue cone の眼底疾患における選択的障害と色光視野. 日眼会誌 84: 1591-1602, 1980.

- 18) **Grütznér P, Schleicher S:** Acquired colour vision defects in glaucoma patients. *Mod Probl Ophthalmol* 11: 136-140, 1971.
- 19) **Thomson LC, Wright WD:** The convergence

of the tritanopic confusion loci and the derivation of the fundamental response functions. *J Opt Soc Am* 43: 890-894, 1953.

- 20) **Walraven PL:** A closer look at the tritanopic convergence point. *Vision Res* 14: 1339-1343, 1974.

