

色光の波長特性が調節力に及ぼす影響について (図9, 表2)

丸本 達也・八木沼康之・永井 宏 (福島県立医科大学眼科学教室)
 山田 宏圖・加藤桂一郎
 斉 藤 進・金 田 一 男 (労働省産業医学研究所)

The Relationship Between the Accommodative
 State and Wave Length of Color Light

Tatsuya Marumoto, Yasuyuki Yaginuma, Hiroshi Nagai
 Hiroto Yamada, Keiitiro Katou
 Susumu Saitou and Kazuo Kaneda

Department of Ophthalmology, Fukushima Medical College

要 約

CRT 作業に際し適切な色調選択を行うために、色光の波長が調節力に及ぼす影響を及ぼすかを検討した。測定装置としてオートレフラクトメーターの改良型にマイクロコンピューターを接続した屈折測定装置を用いた。その結果、アウトフォーカス時の色光に対する眼の調節位置の測定では、700nm では-0.47D、450nm では-1.68D と長波長ほど遠方に定位され、短波長ほど近方に定位された。このことは色光について考える時、単に色収差のみならず色光自体が眼の調節位置に影響する結果であろうと考えてもよく、刺激色光がデフォーカスされた場合、波長の違いによって調節する位置が異なることを示唆するものとも言える。(日眼 92: 121-126, 1988)

キーワード：VDT, 色光, 赤外線オプトメーター, アウトフォーカス, 色収差

Abstract

The relationship between the accommodative state and wave length of colored light was studied, in order to select the most appropriate color for visual display terminals. The accommodative state was measured with a modified infrared ray optometer. Accommodation was measured at a viewing distance of 50cm. thus, perfect accommodation would result in a value of 2 diopters. In outfocus, the accommodation of 700nm light resulted in -0.47D, and that of 450nm light resulted in -1.68D. In conclusion, the accommodation may be affected by not only chromatic aberration but also the color of the light itself. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 121-126, 1988)

Key words: Visual display terminals, Color light, Infrared ray optometer, Outfocus, Chromatic aberration

I 緒 言

CRT 作業の頻度が増加し、対象画面が多色表示される傾向が多くなるにつれ、見やすく、疲労感の少ない

色を選択する必要が望まれている。1946年に Ivanoff は、色光までの距離が0D では700nm 付近の色光が見やすく、2.5D の距離では500nm 付近の色光が見やすいことを見いだしたが、その後新たな知見の報告はな

別刷請求先：960 福島市光が丘1 福島県立医科大学眼科学教室 丸本 達也 (昭和62年7月24日受付)

Reprint requests to: Tatsuya Marumoto, M.D. Dept. of Ophthalmol., Fukushima Medical College
 1 Hikarigaoka, Fukushima 960, Japan

(Accepted July 24, 1987)

い、本論では、適切な色調選択を行うに際し、色光の波長が経時的に調節力にいかの影響を及ぼすかを検討した。

II 対象および実験方法

1. 対象

十分な調節力を有する20歳代の正視眼4名(A, B, C, D)を選んだ。平均年齢は24歳である。近点計による調節力検査にていずれも7D以上の調節力を有した。

2. 測定装置

各視標における経時的な屈折状態の変化を把握するために、オートレフラクトメーター(NIDEK AR1100)の改良型にマイクロコンピュータ(PC9801)を接続した屈折測定装置を用いた。眼屈折力の値を示すアナログ信号は、XYレコーダーのY軸に入力させ、X軸はtime baseで作動させた。

3. 実験方法

実験は調光室にて行い、室内の照度はほぼ0の状態で行った。

予備実験 視標輝度による屈折値の変化について

刺激方法としては、ハーフミラーを介して視距離50cmの位置に15cm四方の大きさの透過スクリーンを置き、分光器を用いて575nm色光をスクリーン上に10秒間投影させた。次いで、視距離1.5mの白地のスクリーン上にランドルト環を置き、手前のスクリーンを視軸からはずし、10秒間呈示した(図1)。そしてNDフィルターを用いて575nm色光の輝度を変化させ屈折値を測定した。

実験1 色光の調節力に及ぼす影響について

刺激方法は予備実験と同様に図1に示す通りで、分光器を用いて6種類の波長(450nmから700nmまで50nm間隔)の色光をスクリーン上に10秒間投影させた。次いで、視距離1.5mの白地のスクリーン上にランドルト環を置き(指標輝度は0.4ft-L)、手前のスクリーンを視軸からはずし、10秒間呈示した。色光の輝度は0.1ft-Lに一定とし、450nm, 700nm, 500nm, 650nm, 550nm, 600nmの順で、それぞれ間に30分間暗順応させた。

実験2 色収差の調節力に及ぼす影響について

刺激方法としては、ハーフミラーを介して視距離50cmの位置に1m四方の透過型スクリーンを置き、スライドプロジェクターを光源として、白黒のチェッカーパターンのスライドと干渉フィルターを組み合わせ、白地に各波長の色光が投影されるようにし、各波

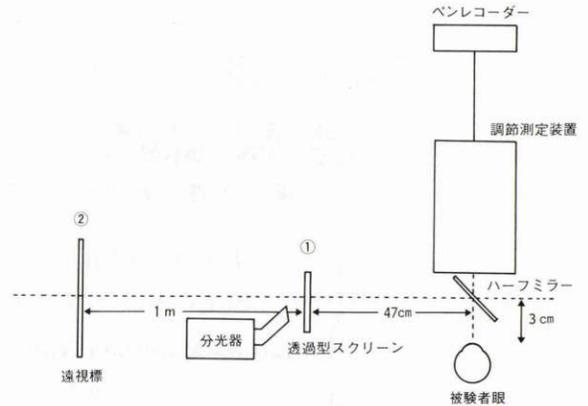


図1 実験装置(1)

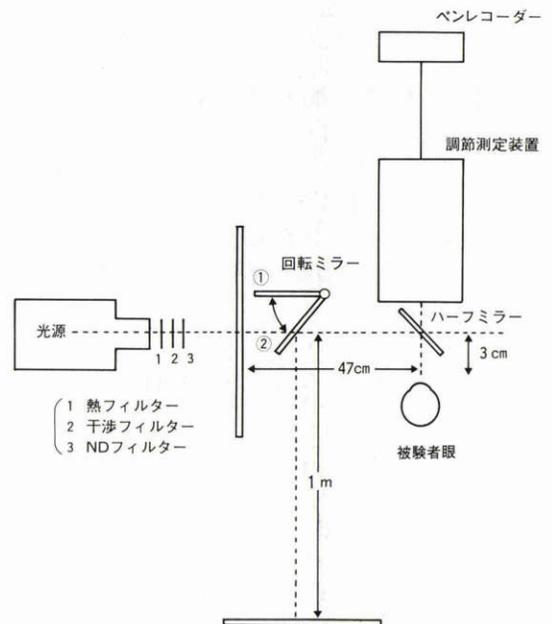


図2 実験装置(2)

長の色光と黒のチェッカーパターンを作成し、透過型スクリーンに10秒間投影させた。次いで、回転ミラーにて視距離1.5mの白地のスクリーン上にランドルト環を10秒間呈示した(指標輝度は0.4ft-L)。尚、干渉フィルターは、日本真空光学社製の450nmから650nmまでの50nm間隔の5種類の波長のものを用いた。また、各波長の干渉フィルターの透過率が異なるため、NDフィルターにより減光させ、各波長の色光面の輝度を0.1ft-Lに一定となるように設定した(図2)。また、黒面の輝度は0ft-Lとし、450nm, 650nm, 500nm, 600nm, 550nmの順で被験者B, C, Dの順に実験した。

III 結 果

図3は、XYレコーダーに記録された経時的な水晶体の屈折状態の変化を示す実波形である。平均屈折値の記録および計算方法としては、デジタイザーとマイクログンピューター(PC9801)を使用した。0Dと3Dのキャリブレーションを入力後、波形をデジタイザー上でなぞると、X軸上(time)の1,000カ所以上の点における水晶体の屈折値が算出される。即ち、平均を取る際の屈折値の測定回数が一波形につき1,000回以上となる。さらにこの1,000カ所以上の屈折値の平均と標準偏差をPC9801にて算出できる様にプログラミングした。

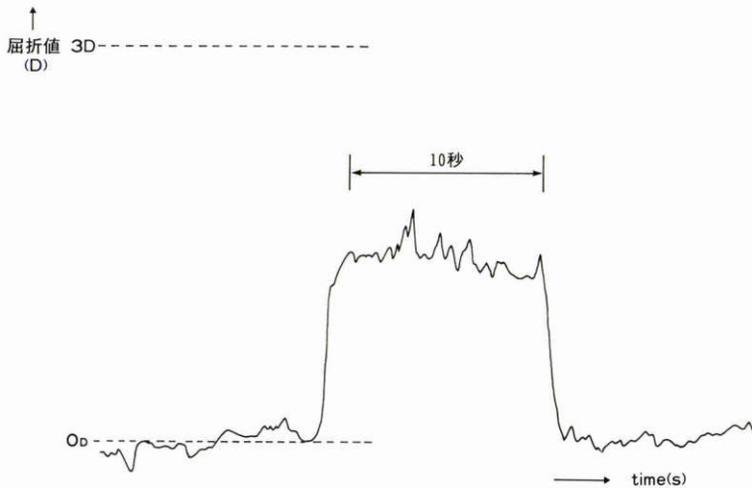


図3 XYレコーダーに記録された実波形

予備実験

図4に示す如く輝度が0.13ft-Lの時、屈折値は-1.66Dとなり最も近方に定位された。

実験1

各波長毎の平均屈折値を図5に示す。450nmでは-1.78D、700nmでは-0.62D、600nmでは450nmと同程度に近方に定位され-1.69Dであった。しかし、各波長の色光の輝度が異なるため、予備実験(図4)において最も近方に定位された輝度0.13ft-Lの点の屈折値を基準として異なる輝度における屈折値の差を仮に補正值とし、表1に示した。また補正後の波長変化と平均屈折値の関係は、図6の様になり、長波長ほど屈折値は遠方に定位され、短波長ほど近方に定位された。

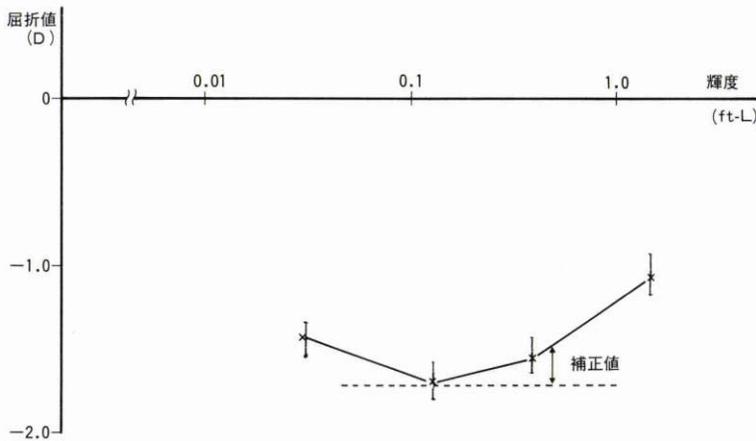


図4 575nm色光における輝度と屈折値

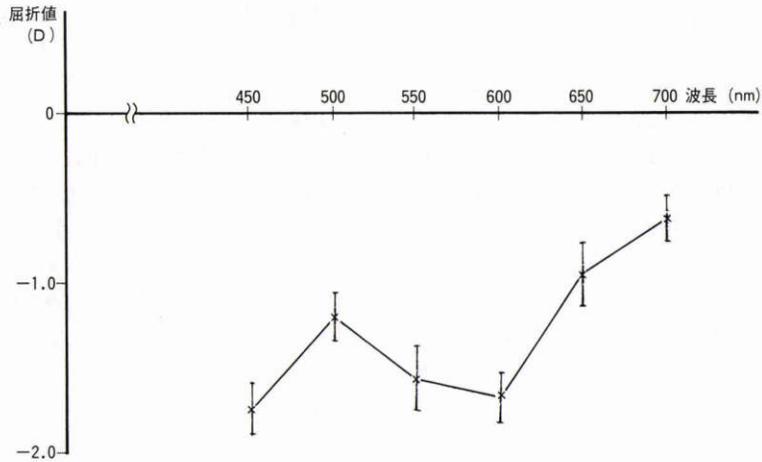


図5 実験(1) 色光の波長変化と平均屈折値

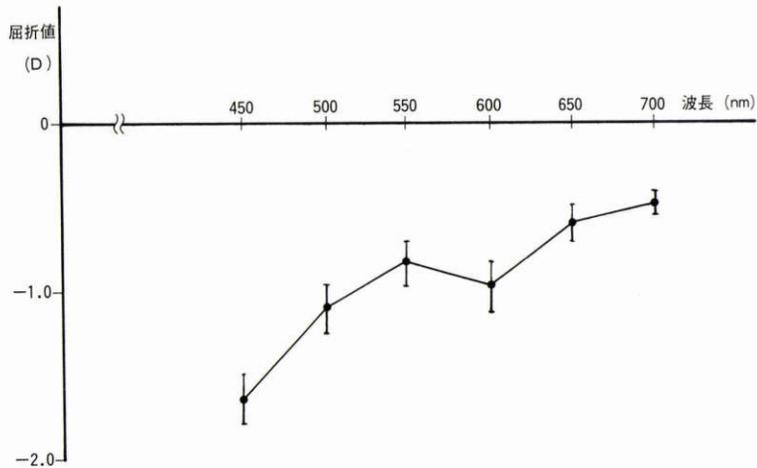


図6 補正後の波長変化と平均屈折値

表1 色光の波長毎の輝度とその補正屈折値

波長 (nm)	輝度 (ft-L)	屈折値 (D)	補正值 (D)	補正屈折値
450	0.08	-1.780	0.130	-1.675
500	0.4	-1.192	0.109	-1.083
550	2.0	-1.594	0.672	-0.922
600	2.1	-1.693	0.672	-1.021
650	0.80	-0.946	0.349	-0.597
700	0.07	-0.626	0.149	-0.477

表2 実験(2) 色光の波長変化と平均屈折値

波長 (nm)		B	C	D
650	mean	-1.400	-1.823	-2.603
	S.D.	0.153	0.102	0.141
600	mean	-1.201	-1.202	-2.502
	S.D.	0.129	0.151	0.103
550	mean	-1.121	-1.151	-2.304
	S.D.	0.114	0.112	0.092
500	mean	-0.705	-0.804	-2.261
	S.D.	0.093	0.091	0.120
450	mean	-0.604	-1.401	-1.982
	S.D.	0.129	0.010	0.093

(単位はジオプター)

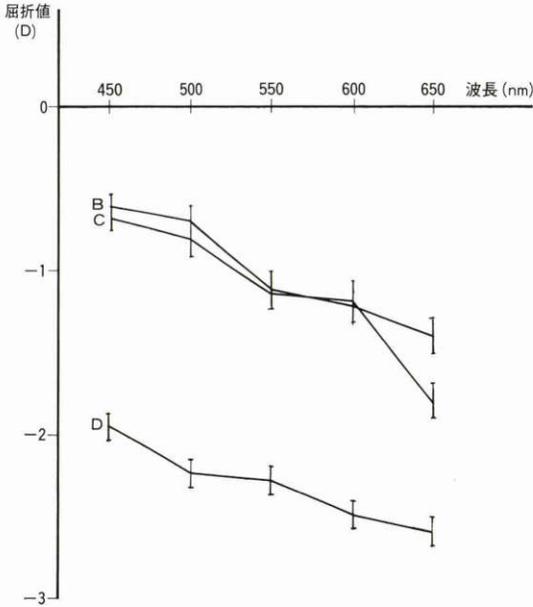


図7 実験(2) 色光の波長変化と平均屈折値

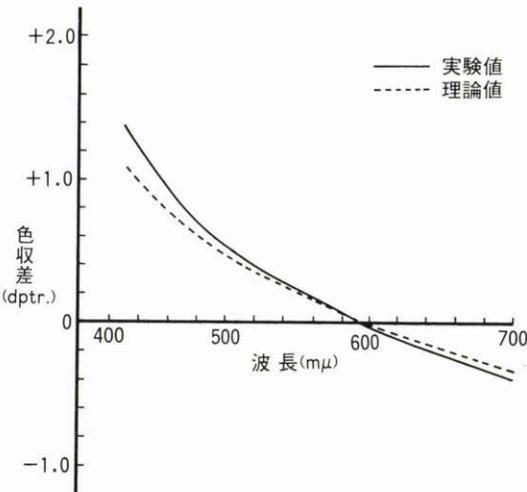


図8 眼の色収差 (Ivanoff 1946) (Davson: The Eye による)

実験 2

被験者 B, C, D における各波長の屈折値を表 2 および図 7 に示す。即ち、屈折値は各被験者とも長波長ほど近方に定位され、短波長ほど遠方に定位される傾向となった。

IV 考 按

眼の光学系は色収差の影響を受けるといわれてい

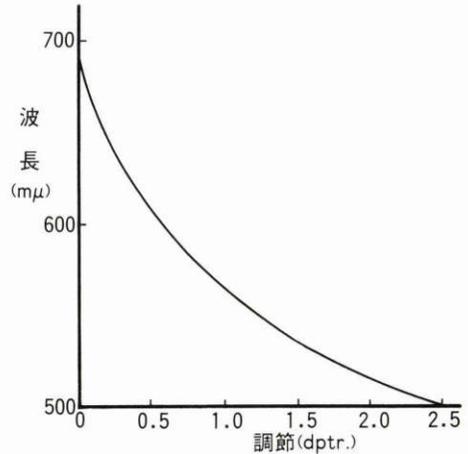


図9 調節と波長 (Ivanoff 1946) (Davson: The Eye による)

る。図 8 は、1946年に Ivanoff が人眼について眼の色収差を測定した結果を示したものであるが、650nm では-0.26D、450nm では+0.67D となり両波長における差は0.90Dであった、と報告している。今回、同じ波長間を比較した場合の実験 2 における屈折値が、B, C, D の被験者において、650nm ではそれぞれ-1.40 D、-1.82D、-2.60D、450nm では-0.60D、-1.40 D、+1.98D となり、色収差を補正する眼の屈折値の変化としてそれぞれ0.80D、0.42D、0.62D、という値になった。すなわち、調節の位置は短波長ほどに長波長ほど近位に定位し、450nm と650nm の各屈折値の差は、Ivanoff の結果による色収差の幅0.90D とほぼ一致した。一方、Ivanoff は、色光までの距離を0D から2.5D まで変化させた場合、色光までの距離が0D では、700nm 付近の色光が見やすく、2.5D の距離では500 nm 付近の色光が見やすいことを見いだした(図 9)。これは前述した色収差を補正する眼の屈折値の変化とは平行ではない。実験 1 のアウトフォーカス時の色光に対する眼の調節位置の測定では、700nm では-1.68D、450nm では-1.68D と長波長ほど遠方に定位され短波長ほど近方に定位された。これは上述の Ivanoff の実験とは異なり、波長を固定して眼の屈折値を客観的に測定したこととなるが、結果的に Ivanoff の説を裏づけるものとなった。このことは色光について考えるとき、単に色収差のみならず色光自体が目の調節位置に影響する結果であろうと考えてもよく、刺激色光がデフォーカスされた場合、波長の違いによって、調節する位置が異なることを示唆するも

のとも言える。

稿を終えるに当たり、福島医大第二生理学教室須田耕吉助手の御協力に感謝致します。

本論文の要旨は第91回日本眼科学会総会にて発表した。

文 献

- 1) 畑田豊彦, 坂田春夫: 視覚心理とディスプレイ, テレビ学会誌 31: 245-255, 1977.
- 2) 永井 宏, 山田宏圖, 松木恒生他: コンピューターグラフィックスを用いた色覚特性, 眼紀 35: 956-961, 1984.
- 3) Cambell F, Westheimer G: Factors influencing accomodation responses of the human eye. J Opt Soc Am 49: 568-571, 1959.
- 4) 所 敬, 奥山文雄他: 全面開放型赤外線オプトメーターの試作, 日本眼科学会誌 4: 14-19, 1983.
- 5) 武田常宏: VDTによる視覚機能障害(2)-調節機能変化の測定法-, 光学技術コンタクト 22: 19-28, 1984.
- 6) 笠井 健: 眼の焦点調節機能, 生理光学-眼の光覚と視覚(応用物理学会, 光学懇話会編), 朝倉書店, 115-136, 1975.
- 7) 大島祐之: 調節近点, 焦点深度並びに近点指標について, 日眼 59: 6-11, 1955.
- 8) Ivanoff A: Influence de l'accommodation sur l'aberration spherique de l'oeil Compt. rend. Acad sc Paris 223: 170-172, 1946.
- 9) 日本色彩学会: 色彩科学ハンドブック, 436-438, 東京大学出版会, 東京, 1982.

(第91回日眼総会原著)