

色光下に於ける老視性遠視眼の視力

行田 尚義

(受理 平成4年5月31日)

Visual Acuity of Presbyopic Hyperopia under Colored Lighting

Naoyoshi NAMEDA

This report concerns an investigation of visual acuity using Japanese letters illuminated by colored lights. The lens is colored according to age.

Then, for subjects of various ages, the measurement of the visual acuity is carried out using the same degree of brightness. For this adjustment, a flicker method using the subject's eye itself, was adopted. Subsequently, the visual acuity measurement was performed.

As a result, blue light was better for vision than red light for the presbyopic eye and for the young normal eye, after adding minus refractive power. For the myopic eye, red light was better for visual acuity than blue light. These phenomena was caused by the color aberration in the subject's eyeball. Human beings will compensate their lack of accommodation by the color aberration in their eyeballs.

1. 緒 言

筆者はこの数年高齢化社会における光源の分光分布はどうあるべきか、という問題について研究を行っている。昨年は色彩の見え方（特に色彩の識別）について、ND 100 hue test 法¹⁾を使って、種々の光源について研究した²⁾。その結果は演色性の良い光源が見やすい結果となった。また、高齢者には青色や黄色が識別しづらい結果が得られた。今回は、種々の色光によって照明された文字視標の見え方について研究したものである。視標を使って視力を測定する本実験は輝度チャンネルの見え方を研究することになると考える。点光源としての色光の見え方は1945年以前にすでに研究されている^{3, 4)}。最近でも航空照明に関する研究がある^{5, 6, 7)}。しかし、測定が多くが光源自身の輝度が低く、被験者の角膜照度も低い場合が多いので、必ずしも錐体だけが関与している保障がなく桿体も働いている可能性があり、輝度チャンネルの特性と断じることが困難である。蒲山は1954年眼科医の立場で色光を論じている⁸⁾。その報告によると、青と赤の混色によって得られた紫色光の点光源を蒲山自身で観察した時に、中心部に青が見えその外側に赤が見えたと報告してい

る。その原因は眼球の色収差にあるのではないかと推察している。しかし、残念ながら使用した眼自身の特性には触れていない。たとえ正常眼であったとしても、すでに若者の歳を過ぎた眼であったと思われる。本研究は加齢の効果をさぐるために、被験者には20歳台と50歳台を選んだ。加齢によって水晶体が着色していると考えられる⁹⁾50歳台の被験者と透明な水晶体と考えられる20歳台の被験者について、同じ明るさの下で測定する必要がある。そこで、色光の明るさを各々の被験者について、被験者自身の眼を使った交照法^{10, 11)}によって基準光と合せて測定した。

2. 方 法

測定装置としては図1のような光学系を使用した。図1に示す回転セクターは厚み2mmの透明のアクリル板を円形に切り、半分に銀を蒸着して鏡とした。回転セクターには限取モーターを直結して、モーターの印加電圧を変えて回転速度を調節した。電圧変化後約5分すると回転数は安定するので、眼の順応時間も考えて各実験の間は10分間空けた。回転セクターが回転して透明部分が来ると色光が透過し、鏡の部分では参照光の電球光が反射するようになっている。反射した参

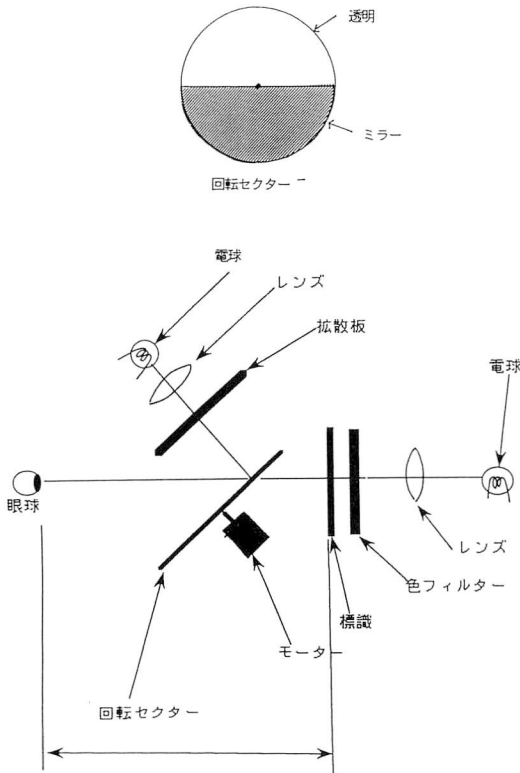


図1 実験装置

照光の電球光の輝度は15 cd/m²である。透明部分でも参照光が反射するが、色光に比べて1/100以下と少ないので無視した。色光と電球光が交互に被験者の眼に到達する時に適当な回転数にしていおくと、色が異なっても明るさが同じになるとチラツキ感が無くなる。回転数を変えた時、チラツキ感が無くなった時の色光の輝度計の値(輝度値とは言えないので、ここでは輝度計の値としておく)をトプコン製BM-8で測定してバラツキを規準化した標準偏差で求めると図2になった。測定値の標準偏差が小さいと言うことは、その回転数が交照法として望ましい回転数(最小交番数)であったと考えられる。そこで、今回の測定では20 Hzを採用した。

視標は半田屋製万国近距離視力表の平仮名文字をトレーシングペーパーに複写して用いた。その視標を電球光を色ガラスを通した色光で背面から照明したので、視標は色の付いた地に黒く文字が見えている。電球光は供給電圧を変化して光束を変化させたので、同一条件で被験者間で相関色温度が±50 K程度変化した。色ガラスフィルタを通した後は色によって変化量が

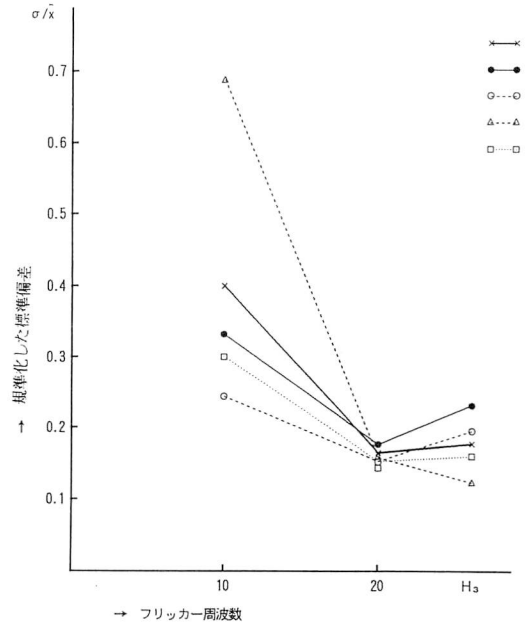


図2 フリッカー周波数と測定値のバラツキ

異り、赤色ガラスでは±20 K以下であるが、青色ガラスフィルタを通した後は±200 Kになった。しかし、各々の相関色温度に対する百分率で見るといずれも5%以下であり許容出来る範囲と考えられる。図3は標準的な各色光の分光分布を示している。視標から被験者の眼までの距離は近距離視力表の指定している距離である300mmとした。ただ、近視の被験者の裸眼の場合300mmでは測定できなかったため、200mmで測定した。被験者は20歳台の正常眼のグループと20歳台の近視のグループと50歳台の老視性遠視(以後本論文では略して老視とだけ記す)のグループの3グループで行った。20歳台の正常眼のグループとしては24歳の裸視5 m視力1.5のH D、同じく24歳の裸視5 m視力1.2のH G、同じく23歳の裸視5 m視力1.2のK Uの3人。20歳台の近視のグループは26歳の裸視5 m視力0.2のK T、25歳の裸視5 m視力0.5のI Mの2人。50歳台の老視のグループは55歳の裸視5 m視力1.0のN N、54歳の裸視5 m視力1.2のM N、50歳の裸視5 m視力1.5のU Kの3人であった。50歳台の老視のグループは裸眼の場合と+2 D(ディオプタ)の凸レンズを掛けた場合について測定した。+2 Dの凸レンズを掛けた場合は焦点が合って正常眼の見え方に近づくと考えた。20歳台の正常眼のグループは裸眼の場合と-8 Dの凹レンズを掛けた場合について測定した。-8 Dの凹レン

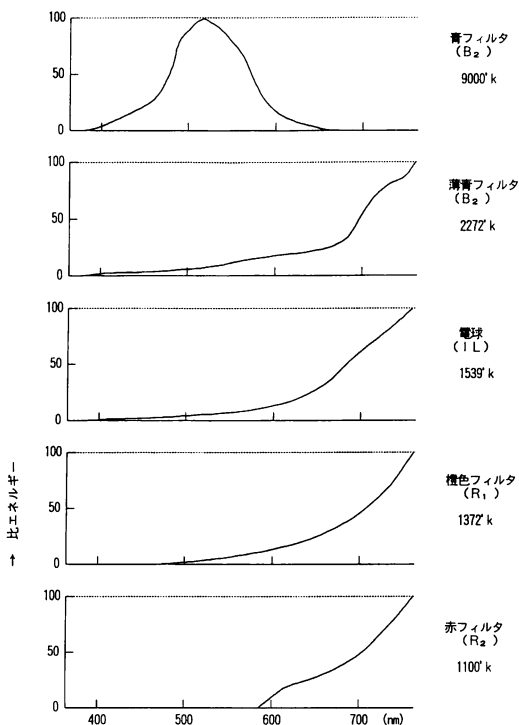


図3 使用した色光の比分光エネルギー分布

ズを掛けると老視の見え方に近づくと考えた。20歳台の近視のグループは裸眼の場合と-3 Dの凹レンズを掛けた場合を測定した。-3 Dの凹レンズを掛けた場合は焦点が合うので正常眼の場合に近づくと考えた。測定は同一条件で5回ずつ測定し標準偏差を求めた。

3. 結 果

図4は色光に対する視力値の関係を測定グループ別に示している。横軸は色光を表す相関色温度で目盛った。裸眼の正常眼あるいは眼鏡を掛けて正常眼に近づく場合は、色光による視力の変化は無いが、たとえばあっても少なくなっている。裸眼の老視眼あるいは正常眼に眼鏡を掛けて老視眼に近づく場合は青色光の場合が赤色光の場合よりも視力の良い結果になっている。近視眼は逆に赤色光の視力の方が青色光より良かった。

4. 考 察

50歳台のグループは水晶体が着色しているので、20歳台の人と同じ明るさに見えるためには視標をより高輝度にしなければならない筈である。しかし、実際に測定してみると図5のようにほとんど変わらない結果と

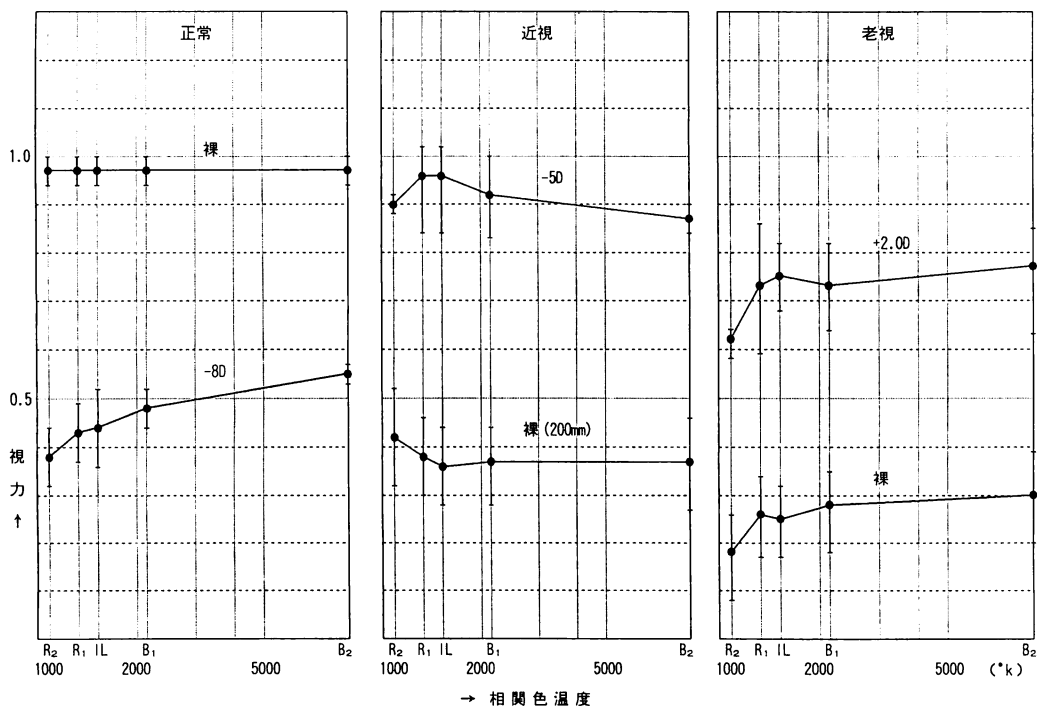


図4 相関色温度に対する視力

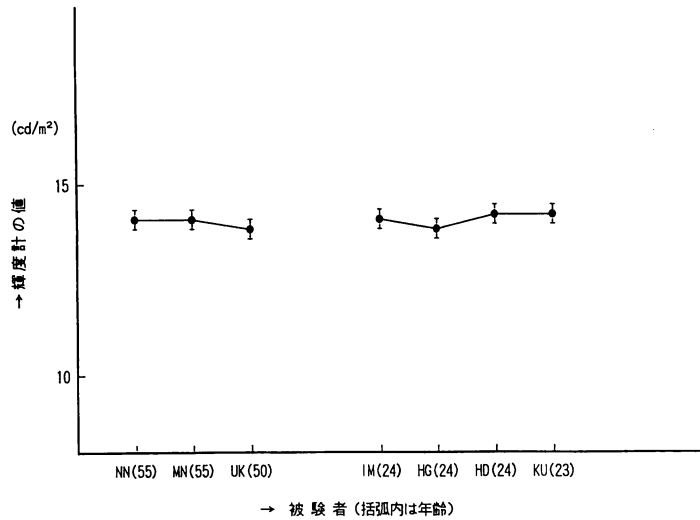


図5 電球光を基準に合わせた等明るさ時の青色光の輝度計の値

なった。神経系では色や明るさの補正をしていることは知られている¹¹⁾。前回報告²⁾した色彩の識別実験の結果は色チャンネルの特性と考えられるが、高齢者は水晶体の着色の影響があったために、黄色や青色の識別能力が弱くなっていると考えられる。それに対し、今回の実験結果が輝度チャンネルの特性と考え、輝度チャンネルに於ける明るさの補正機構は、色チャンネルによる色の補正機構より精密に出来ているのではないかと考える。50歳台の裸眼の場合、赤色光で照明した場合より青色光で照明した場合の方が細かい文字まで見えた。このことは20歳台の人にマイナスの屈折力を加えて調節力を少なくして老視眼と同じ条件を作った場合も、同様な結果を示している。逆に20歳台の近視の人の裸眼の場合は赤色光の方が青色光より良好に見えた。一方、人間の目の色収差は2D（ディオプタ）程度あることから⁹⁾、調節力が利かない条件では人は積極的に色収差を利用していると考えられる。調節力の十分な正常眼では色による差が無かった。また近視や老視の場合、眼鏡で焦点を結ぶように調整するとほぼ同一の視力を示した。この場合厳密に言う、老視眼の場合、赤色光だけは良くないし、近視では青色光が良くない。この原因は普段使っている色に焦点を合わせるくせが出来るものとする。このような現象は眼鏡の検査に携わっている者には2色検査（レッドグリーン検査）などで経験することがあると言われている。瞳孔径について検討結果を表1に示す。測定方法は不透明板に2個の小穴をその距離を変えて配列し

表1 被験者の裸眼視力と測定時の瞳孔径

眼の性質		老視	近視	正 常		
被験者(年齢)		NN (55)	KT (26)	HD (24)	KU (23)	
裸眼視力 (5 m)		0.5	0.2	1.5	1.2	
瞳 孔 径	電 球 I1	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
		cd/m ²				
		0.08	5	4	5	5
	赤 R2	0.69	5	4	5	5
		1.64	4	4	5	4
		0.06	5	5	5	5
	青 B2	0.71	4	4	5	5
		1.51	4	4	5	4
		0.06	5	4	5	5
		0.73	4	4	5	4
		1.55	3	4	5	4

ておいて、一方の眼で色光を見て、もう一方の眼で2つの小穴を覗く方法である。穴から漏れた光がその距離が瞳孔径より大きい2つに見えるものが、2つの穴の距離が瞳孔径より小さくなると重なって見える。表にはその時の距離の値を記している。色による差はほとんどないが、あえて言えば青色光の場合やや瞳孔径が小さい傾向がある。しかし、これは連続値でないための誤差とも考えられるので、今後明確にしていくつもりである。また年齢について、今後60歳、70歳の高齢者についても測定したいと考えている。

5. 結 語

色光による視力の変化を測定した結果、老視性遠視

眼には青色光の方が見易い結果が得られた。この原因は人間は調節力が不足している状態では眼球の色収差を利用していると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 川上元郎：日本色研100色相配列検査器（ND 100），色彩研究，22：24～36，1975
- 2) 行田尚義：100 hue test と光源，日本眼光学学会誌，12：10～13，1991
- 3) 山内・岡松：電試，3．11，1939
- 4) 岡松正泰：点光源の色の見え方について，照明学会誌，31：29～33，1947
- 5) 藤井・高橋・吉田：人工霧に対する色光の透過性，照明学会誌，49：299～304，1965
- 6) 海老原・益子・松本・米山・岡田・坂本：後部灯火の視認性について，運輸省交通安全公害研究所報告：30～36，1973
- 7) 運輸省航空局監修：航空照明，（財）航空振興財団，1986
- 8) 蒲山久夫：眼の色収差，照明学会誌，38：452～455，1954
- 9) Leman S：Chemical and Physical Properties of the Normal and Aging Lens：Spectroscopic (UV, Fluorescence, Phosphorescence, and NMR) Analyses, Am J Optom & Physiol Optics, 64：1～22, 1987
- 10) 東・芋谷：交照測光の研究，照明学会誌，26：81～73，1942
- 11) 池田光男：視覚の心理物理学，森北出版（株）：107～108，1975
- 12) Wald G. and Griffin D. R.：The Change in Refractive Power of the Human Eye in Dim and Bright Light, J. O. S. M., 37：321～336，1947