

# 光吸収フィルタ（遮光眼鏡）によるコントラスト変化

## Contrast change with absorption filters

田中恵津子（杏林アイセンター）

小田 浩一（杏林アイセンター、東京女子大学 現代教養学部人間科学科）

Etsuko Tanaka (Kyorin Eye Center)

Koichi Oda (Kyorin Eye Center, Tokyo Woman's Christian University,  
Dept. of Communication)

### 要旨：

**目的：**光吸収フィルタは、その波長透過特性によって、視対象の輝度そのものを下げたり、周囲との輝度コントラストに変化をもたらして視認性に影響する。本研究では光吸収フィルタによって生じる輝度やコントラスト変化が、対象の色によってどのように異なるかを定量的に観察した。**方法：**マンセル色票 25 枚 (JIS 色名帳 (高彩度編), 財団法人日本色彩研究所) を、色評価用蛍光ランプで照明し、光吸収フィルタ (東海光学 CCP-YL, FL, YG) あり条件となし条件で輝度測定した。また、白または黒の背景色と各色票とのコントラストを計算しフィルタによる変化を比較した。**結果と考察：**フィルタによる色票の輝度低下は短波長を主成分とする色 (青) で最大の低下が (YL 50%, FL 47%, YG 70%)、長波長を主成分とする色 (赤) で最小の低下 (YL 20%, FL 38%, YG 61%) がみられた。コントラストは、白背景では、青・緑の色票で上昇する一方で、赤・黄の色票で低下した。反対に黒背景では、青・緑色票で低下、赤・黄色票でコントラストが上昇した。光吸収フィルタによるコントラスト変化はいつも改善されるとは限らず、フィルタの波長透過特性と視対象の色によって異なる。

**キーワード：**光吸収フィルタ 遮光眼鏡 輝度 コントラスト 色

### Abstract

**Purpose:** Absorption filters or tinted lenses, which improve vision by reducing the luminance of targets and stray light, and possibly by enhancing the contrast of targets, are well-known low vision aids in Japan. The aim of this study is to determine the amount of luminance and contrast change for differently colored targets when absorption filters are used and the color dependence of these changes. **Methods:** Twenty-five Munsell color chips were illuminated by FLR20SW/MA (Toshiba), and the luminance of each chip with and without absorption filters was recorded. The three filters used were CCP-YL (orange), CCP400-FL (light brown) and CCP-YG (dark yellow). The Michelson contrast was calculated for each chip against either a white or black background. **Results and Discussion:** Reflecting the spectral transmission properties of the filters, the luminance reduction was large with short-wave colors, YL 50%, FL 47%, YG 70%, and small with long-wave colors, YL 20%, FL 38%, YG 61%. Against a white background, the contrast of the

blue and green chips increased whereas that of the yellow and red chips decreased. The size of these contrast changes was  $\pm 6\%$ . Against black background, however, the contrast of the blue and green chips decreased and that of the yellow or red chips increased. The contrast change brought about by a filter is not always in the direction of enhancement but is dependent on both the spectral characteristics of the filter and that of visual targets.

**Key Words** : absorption filter, tinted lenses, luminance, contrast, color

## 1. はじめに

光吸収フィルタは、眼に入射する光の光量を下げ、また波長特性を変化させるフィルタである。ロービジョン患者が光吸収フィルタ（遮光眼鏡）によって見やすくなる、あるいは不快感が減る、と感じるには、この眼内へ入る入射光の物理変化に加えて、瞳孔径（Chung & Pease, 1999）の影響や、乱反射の原因となる物質や構造（Boyce & Sanford, 2000）といった、光が眼内に入ってから受容細胞に到達するまでの環境の影響もある。さらに受容細胞以降の視覚処理機構の特性が直接的に見えに反映される場合もある。特に後者については、その機序については完全には解明されないまま現象だけ確認されているものも含まれる。例えば、黄色に対してより明るく感じる感覚特性（Kelly, 1990; Rabin & Wiley, 1996; Wolffsohn et al., 2000）や、黄色フィルタによって空間周波数中間帯域のコントラスト感度が上昇したり（de Fez et al., 2002）、検出時間が短縮されたりする特性（Kinney et al., 1983）、高齢者や網膜色素変性患者の暗順応を助ける特性（Collins, 1989; Lynch & Brilliant, 1984; Van den Berg, 1990）、錐体細胞が障害されると光量増加で羞明感覚が生じる特性（田中, 2010）、などがある。

ロービジョンケアの臨床では、ロービジョン患者の眩しさへの対応として光吸収フィルタ（遮光眼鏡）は頻りに利用されるが、選定方法が客観的データではなく患者自身の自覚的快適さに依るところが多いことが問題視されている。患者の自覚的快適さを反映する指標を探

る研究は、多く報告されているが（Eperjesi et al., 2002; Wolffsohn et al., 2002; 阿曾沼・不二門, 2007）、客観的な指標をもとに適したフィルタの種類まで割り出していけるほどの知見までは得られていない。

本研究では、患者の眼内環境や感度特性の要因を分析する前段階として、光吸収フィルタによっておこる刺激の物理的なコントラストの変化を量的に測定することを目的とした。これは、ロービジョンケアの臨床場面で、フィルタをかけることで生じる見えの変化をより明確に理解するのに必要と考えたからである。視認性の改善の理由として、フィルタによる視対象の輝度コントラストの改善があるという想定は一般的なものと思われるが、フィルタの分光特性を考えるとコントラストの変化は単調なものでは無い。測定対象は、様々な視対象に対応させるため、マンセル表色系の全色相を含む色票セットを使用し、できるだけ多くの種類の波長分布を含むようにした。光吸収フィルタは、日本国内で頻用される東海光学遮光眼鏡シリーズの中から波長特性の異なる3種類のフィルタを選択した。

## 2. 方法

マンセル色票 25 枚（JIS 色名帳（高彩度編）の「あざやかな」の配列、財団法人日本色彩研究所製作）（表 1）と背景色の白領域の輝度を、光吸収フィルタを通した条件と通さない条件で計測した。測定対象を照明する光源は色評価用白色蛍光ランプ（東芝社製 FLR20SW/ MA）を、測光用の輝度計は Minolta 社製 LS-110 を使用した。光源の相関色温度は 4200K、平均

色相	明度 / 彩度	系統色名
10B	4.5 / 11	あざやかな青
5B	4.5 / 9.5	あざやかな緑味の青
10BG	5 / 9	あざやかな青緑
5BG	5 / 10	あざやかな青緑
10G	5.5 / 10	あざやかな青味の緑
5G	5.5 / 10	あざやかな緑
10GY	6 / 11	あざやかな黄味の緑
7.5GY	6.5 / 11	あざやかな黄緑
5GY	7 / 11	あざやかな黄緑
10Y	7.5 / 12	あざやかな黄緑
7.5Y	8 / 13	あざやかな緑味の黄
5Y	8 / 14	あざやかな黄
10YR	7 / 14	あざやかな赤味の黄
5YR	6 / 14	あざやかな黄赤
10R	5 / 14	あざやかな黄赤
7.5R	5 / 14	あざやかな黄味の赤
2.5R	5 / 14	あざやかな赤
10RP	5 / 14	あざやかな紫味の赤
5RP	5 / 12	あざやかな赤紫
10P	4.5 / 12	あざやかな赤味の紫
7.5P	4.5 / 11	あざやかな紫
5P	4.5 / 11	あざやかな青味の紫
10PB	4.5 / 10.5	あざやかな青紫
7.5PB	4.5 / 10.5	あざやかな紫味の青
2.5PB	4.5 / 11	あざやかな青

表1 測定に使用した色票

演色評価数 (Ra) は 97 であった。光吸収フィルタは東海光学社製 CCP-YL (オレンジ系), CCP400-FL (茶色系), CCP-YG (濃い黄色系) の3種類を使用した。各フィルタの波長透過特性は図1に示す。

輝度測定は各条件7回とし、中央5値の平均値を代表値とした。フィルタによる輝度コントラストの変化は、背景色白または黒と各色票の輝度からマイケルソンコントラストを計算してフィルタの有無の間で比較した。背景色の輝度は、白は実測値を用い、黒は、フィルタなし条件では  $3\text{cd}/\text{m}^2$  を、フィルタあり条件ではその値にそれぞれ白の透過率を適用し理論値として

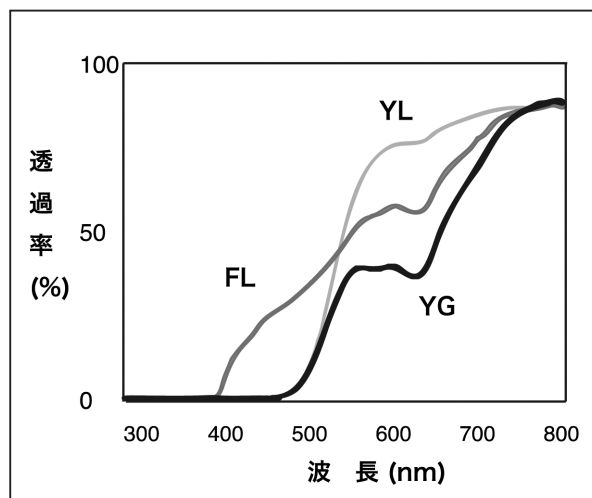


図1 フィルタの波長透過特性

計測に使用したフィルタ、東海光学社製 CCP-YL, CCP400-FL, CCP-YG の波長透過特性。(東海光学)

算出した。

### 3. 結果

#### 3.1. フィルタによる色票の輝度変化

フィルタを通すと、程度には差があるもののすべての色票で輝度が低下した。25種類のすべての色票 (背景色の白は除く) の平均輝度は、YL 条件ではフィルタなしの 68.8% に、FL 条件では同 58.1% に、YG 条件では同 35.5% に低下した。背景色の白は、YL 条件ではフィルタなしの 66.4% に、FL 条件では同 57.8% に、YG 条件では同 35.6% に低下した。

輝度低下の度合いが色票間でどれだけ違うかを調べるために、フィルタなしの輝度値を1としたときの透過率をフィルタごとに図2にまとめた。透過率の上下限は、それぞれ、YL では 50.2% (10B (青)) ~ 80.3% (10R (赤))、FL では 52.9% (10B (青)) ~ 62.4% (10R (赤))、YG では 29.1% (5B (緑味の青), 10B (青)) ~ 38.6% (10R (赤)) であった。いずれのフィルタも短波長を主成分とする青系の色票条件 (側垣, 1989) で最低の透過率、長波長を主成分とする赤系の色票条件で最高の透過率を示していたが、両者の輝度透過率の差がもっとも大きかったのは YL であった。

各色票の輝度は、ほとんどが平均値同様 YL, FL, YG の順番で輝度が低くなった。10B (青), 5B (緑味の青), 10BG (青緑), 5BG (青緑)

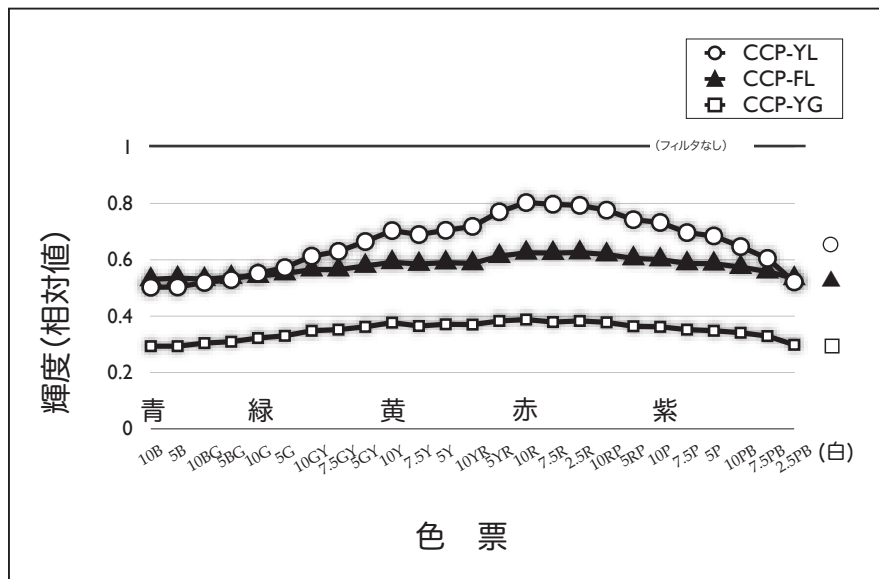


図2 フィルタ条件による色票の輝度の違い

測定した各色票の輝度を、フィルタ条件ごとにプロットしたグラフである。シンボルの違いはフィルタの違いを表しており、○はYL、△はFL、□はYG条件を、シンボルなしはフィルタなし条件を示す。プロットはフィルタなしを1としたときの輝度比率である。色票条件の並びは、青から赤までは波長に対応する順番に相当するが、紫色は、それに従っていない。

の青系の色票でFL条件がYL条件より輝度が高くなっているところがあるが、FLが短波長側でYLより高い波長透過特性を持つ(図1)ことが反映していると考えられた。

### 3.2. 輝度コントラストの変化

白背景および黒背景と各色票との間で生じる輝度コントラストを算出し、フィルタなし条件と各フィルタ条件のコントラストの差を求めた(図3a, b)。平均輝度を、背景およびフィルタごとに全色票の平均値としてまとめると、白背景(フィルタなし:  $64.6 \pm 8.5 \text{ cd/m}^2$ , YL:  $43.0 \pm 6.2$ , FL:  $37.4 \pm 5.1$ , YG:  $23.0 \pm 3.3$ )、黒背景(フィルタなし:  $15.6 \pm 8.5$ , YL:  $10.5 \pm 6.2$ , FL:  $8.4 \pm 5.0$ , YG:  $5.2 \pm 3.2$ )であった。図3に示した棒グラフでは、上向きの部分がフィルタを介したことでコントラストが上昇したことを、下向きがフィルタによってコントラストが下がったことを示している。同じ背景でも色票によってコントラストが上昇する色条件、低下する色条件があることがわかった。

白背景の場合は、全フィルタ条件とも、マンセルの色相Bを含む色票(青色系)や色相Gを含む色票(緑色系)とのコントラストはフ

ィルタを通すことで上昇し、マンセルの色相Rを含む色票(赤色系)とのコントラストは低下した。コントラストの上昇と低下が切り替わる色票は3つのフィルタでほぼ一致していた。コントラスト変化の量は、今回の実測値の中では、上昇も低下もYLで最も顕著で、白背景条件では最大で約±6%の変化がみられた(10R(黄味の赤)と白条件のコントラスト変化で6.3%の低下、10BG(青緑)と白の変化で5.9%の上昇)。フィルタによる輝度低下の割合を色票間で比較したときに、YLではその差が最も大きく(図2)、この特性が反映したものと考えられた。また、YGはFLより短波長主成分系での白背景に対するコントラスト上昇が高いが、長波長主成分系の色でのコントラスト低下は同等に押さえられていた。色票の透過率と背景色の透過率との差が短波長主成分系の色票ではYGの方がFLより大きかったためと考えられた。

一方で、背景を黒にすると、フィルタによるコントラスト変化の極性は背景を白にした場合の逆になった。短波長主成分系の色と黒の組み合わせでは、フィルタを通すことでコントラストが低下し、長波長主成分系のコントラストが



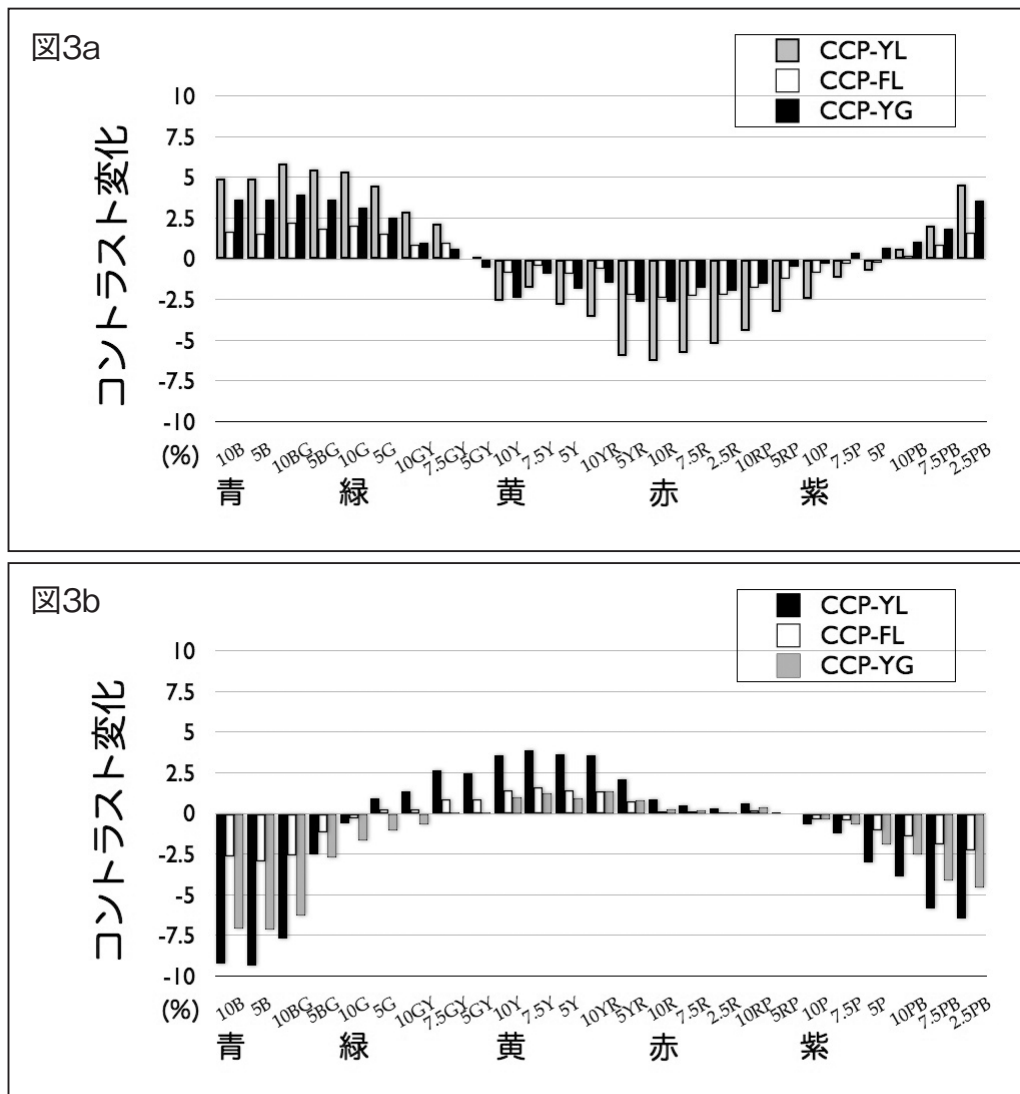


図3 背景とフィルタ条件による各色票のコントラスト変化

フィルタをかけることで各色標と背景とのコントラストがどのように変化するかをプロットしたグラフで、(a)は背景が白、(b)は背景が黒の場合である。白背景の輝度は実測値、黒背景の輝度はフィルタなし条件で  $3\text{cd/m}^2$  を当てはめ、透過率は白の透過率を適用して算出した。

若干上昇した。

## 4. 考察

### 4.1 フィルタによる輝度変化とコントラスト変化

短波長カットの特性を持つ光吸収フィルタを通したときの色票の輝度変化は、フィルタの波長透過特性（図1）を反映して、それぞれ低下の度合いが異なった。輝度変化をフィルタなしの輝度に対する比率で見ると（図2）、今回使用した25色票の平均は、YLでは68.8%、FLでは58.1%、YGでは35.5%であった。これらは、それぞれ同フィルタ内の白色条件の輝度比率とほぼ一致した。フィルタ使用の臨床場面

を想定すると、これらの数値は、それぞれのフィルタによって視界内に生じる全体的な輝度低下の程度を予測するものであり、選択時の有用な情報の一つとなると考えられた。メーカーが各フィルタに対して提示している「視感透過率」は、今回の実測値とほぼ一致した数値であった。視感透過率は波長ごとに分光視感効率とフィルタの分光透過率を掛けて積分したものを分光視感効率関数の積分値で除したものであるが、臨床場面では、フィルタによる輝度変化の予測値として視感透過率が目安になると考えられた。

フィルタがコントラストに及ぼす影響をみると、色相によって背景とのコントラストの変化の仕方が異なった（図3）。マンセルの色

相 B を含む色票（青色系）や色相 G を含む色票（緑色系）と白背景とのコントラストはフィルタによって上昇する一方で、マンセルの色相 R を含む色票（赤色系）と白背景では低下した。つまり、輝度低下の度合いが相対的に大きい青色系、緑色系と、それより明るい色やそれより輝度低下の度合いが相対的に小さい色と対比する領域では、フィルタによってコントラストは上昇し（Luria, 1972; Steen et al., 1993; Wolffson et al., 2000; Wolffson et al., 2002）、輝度低下の度合いが相対的に小さい赤色系とそれより明るい色が対比する領域ではコントラストは低下すると考えられる。例えば、青空の中にある白い建物や、緑の葉の上の赤や白の花といった領域のコントラストは上昇するが、赤い夕焼け空を背景にした白い建物や、白地に赤字で書かれた看板などは、コントラストは低下する。一方、各色票と組み合わせる色を明色ではなく暗色にした場合は、コントラスト変化は前述とは逆の方向になり、定性的には、青や緑と暗色の領域ではコントラストは低下、赤と暗色の領域は上昇する（図 3b）。このようなフィルタによるコントラスト変化が、光吸収フィルタ使用者の見えに少なからず関係している可能性がある。

コントラストの変化量を観察すると、今回使用したフィルタの中では、YL 使用時に最大値を示し、上昇も低下もフィルタなしのコントラストより 6% 程度の変化がみられた。コントラスト変化の絶対量とそれが見えに及ぼす大きさについては、個々の感度とその場にある色の配列によって異なるので解釈は難しいが、輝度コントラストの閾上弁別閾値は、一般的に、極端に低いコントラスト条件をのぞけば、もともとコントラストが低い対象のものほど弁別閾値が低く、僅かなコントラスト上昇が見えに反映することが知られている（Burton, 1981; Legge & Kersten, 1987）。ベースがより低コントラストの領域に着目するとコントラストの変化は知覚されやすいということになる。一般的に ND フィルタよりも光吸収フィルタが好まれる理由の一つとして、このような視野内の部分的に生じるコントラスト上昇が使用者が知覚

することが考えられる。

コントラストの変化は、波長による透過率の違いによって生じた。長波長カット、バンドパス型なども考え得る中、光吸収フィルタの殆どは短波長カットの特性を持つ。短波長カットであることの利点について先行研究では、瞳孔は短波長の光量に敏感に反応するのでそれをカットすると瞳孔径が広く明るさが保たれる（Chung & Pease, 1999）ことや、ベイリング効果の低減（Yap, 1984; Zigman, 1990）があるという報告、または黄色に対してより明るく感じる感覚特性がある（Kelly, 1990; Rabin & Wiley, 1996; Wolffsohn et al., 2000）という報告がある。しかし、ベイリング効果に関しては、Rayleigh 散乱として知られる「波長より小さな粒子による短波長光優位の散乱」は眼内においては当てはまらないという報告もあり（Whitaker & Steen, 1993; Steen et al., 1993）、必ずしも短波長カットである必要は明らかにされてはいない。光吸収フィルタを利用する場面での景観の色相が、青や緑が暗くなることでコントラスト上昇が生じるバランスで存在している可能性や、利用者側の感度特性をふまえた視点で、今後さらに着目していく必要があると考える。

#### 4.2 ロービジョンケア臨床への応用

ロービジョン患者が訴えるまぶしさへの対応として、光吸収フィルタは頻用されるが、その選定には本人の自覚判断に依るところが大きい。これには、効果をもたらす機序が完全には明らかになっていないこと、客観的評価に有効な指標が明確にならないこと、そして、本人が日常生活内で使用する視環境を病院や販売店といった環境では再現することができず効果を予測しにくいことが関係している。選定の基準を患者本人の自覚応答に頼るとしても、ロービジョンケア担当者は、光吸収フィルタの特性を可能な限り選定に活用すべきであろう。今回測定した、フィルタによって色票の輝度がどう変化するかという物理特性は、光吸収フィルタによる見えの変化の一部を理解するための知識として重要だと考える。

具体的には、光吸収フィルタをかけると、視

界内の対象の配色によってコントラストが上昇するだけでなく、低下もすることがあるということである。ロービジョンの補助具として頻用される短波長カットフィルタの場合は、青緑系の色+白などの明るい色の配色と、赤系の色+黒などの暗い色の配色については、フィルタなしの状態でみるよりもコントラストが上昇し視認性が高まる。一方、青緑系の色+暗い色の配色と赤系の色+明るい色の組み合わせではコントラストが低下し視認性が下がるのである。この特性や原理は、臨床現場においても着目する意義は高い。補助具として光吸収フィルタを選定する際には、見やすくなる配色と見えにくくなる配色の組み合わせがあり、それがどのようなものかについて使用者に説明することは重要であろう。

## 5. まとめ

光吸収フィルタ（遮光眼鏡）は、短波長カットの波長透過特性を反映して、入射光の輝度そのものを低下させると同時に、視対象のコントラストを変化させるが、いつもコントラストが改善されるわけではない。「短波長を主成分とする色（青など）と明色」「長波長を主成分とする色（赤など）と暗色」の組み合わせではコントラストが強調され、「長波長を主成分とする色（赤など）と明色」「短波長を主成分とする色（青など）と暗色」では反対にコントラストが低下する。

## 文 献

- 阿曾沼早苗・不二門尚（2007）遮光眼鏡とロービジョン. *新しい眼科*, 24 (9), 179-186.
- Boyce, P. R. & Sanford, L. J. (2000) Lighting to Enhance Visual capabilities. In Silverstone, B., Lang, M. A., Rosenthal, B. P. & Faye, E. E. (Eds.), *The Lighthouse Handbook on Vision Impairment and Vision Rehabilitation*, Oxford University Press, New York, 617-636.
- Burton, G. J. (1981) Contrast Discrimination by the human visual system, *Biological Cybernetics*, 40 (1), 27-38.
- Chung, S. T. L. & Pease, P. L. (1999) Effect of Yellow Filters on Pupil Size. *Optometry and Vision Science*, 76 (1), 59-62.
- Collins, M. (1989) The onset of prolonged glare recovery with age. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 9, 368-371.
- de Fez, M. D., Luque, M. J. & Viqueira, V. (2002) Enhancement of Contrast Sensitivity and Losses of Chromatic Discrimination with Tinted Lenses. *Optometry and Vision Science*, 79 (9), 590-597.
- Eperjesi, F., Fowler, C. W. & Evans, B. J. W. (2002) Do tinted lenses or filters improve visual performance in low vision? A review of the literature. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22, 68-77.
- Kelly, S. A. (1990) Effect of yellow-tinted lenses on brightness. *Journal of the Optical Society of America. A*, 7 (10), 1905-1910.
- Kinney, J. A. S., Schlichting, C. L., Neri, D. F. & Kindness, S. W. (1983) Reaction Time to Spatial Frequencies Using Yellow and Luminance-Matched Neutral Goggles. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 60 (2), 132-138.
- Legge, G. E. & Kersten, D. (1987) Contrast discrimination in peripheral vision. *Journal of the Optical Society of America. A*, 4 (8), 1594-1598.
- Luria, S. M. (1972) Vision with Chromatic Filters. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 49, 818-829.
- Lynch, D. & Brilliant, R. (1984) An evaluation of the Corning CPF550 lens. *Optometric Monthly*, 75, 36-42.
- 日本色彩研究所（2002）JIS色名帳[第2版]. 日本規格協会 JIS色名帳委員会（監修），財団法人日本規格協会，東京．
- Rabin, L.T.C.J. & Wiley, R. (1996) Differences in apparent contrast in yellow and white light. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16 (1), 68-72.
- 側垣博明・高浜幸太郎・納谷嘉信（1989）マンセル色票の分光反射率分布の推定. *日本色彩学会誌*, 13 (2), 150-152.
- Steen, R., Whitaker, D., Elliott, D. B. & Wild, J. M. (1993) Effect of filters on disability glare. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 13 (4), 371-376.
- 田中伸茂（2010）特集 眼が眩しい - 網脈絡膜疾患. *あたらしい眼科*, 27 (5), 607-612.
- 東海光学株式会社「遮光プラスチックレンズ：遮光眼鏡商品ラインナップ：EyeLife（遮光眼鏡）：東海光学株式会社」<<http://www.tokaiopt.jp/lens/lens5s.php>>, 2012.4.25 アクセス．
- Whitaker, D. & Steen, R. (1993) Light Scatter in the Normal Young, Elderly, and Cataractous Eye Demonstrates Little Wavelength

- Dependency. *Optometry and Vision Science*, 70 (11), 963-968.
- 20) Van den Berg, T. J. T. P. (1990) Red glasses and visual function in retinitis pigmentosa. *Documenta Ophthalmologica*, 73, 255-274.
- 21) Wolffsohn, J. S., Cochrane, A. L., Khoo, H., Yoshimitsu, Y. & Shirley, W. U. (2000) Contrast Is Enhanced by Yellow Lenses Because of Selective Reduction of short-Wavelength Light. *Optometry and Vision Science*, 77, 73-81.
- 22) Wolffsohn, J. S., Dinardo, C. & Vingrys, J. (2002) Benefit of coloured lenses for age-related macular degeneration. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22, 300-311.
- 23) Yap, M. (1984) The effect of a yellow filter on contrast sensitivity. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 4, 227-232.
- 24) Zigman, S. (1990) Vision enhancement using a short wavelength light-absorbing filter. *Optometry and Vision Science*, 67, 100-104.