

平成21年3月31日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500485

研究課題名（和文） 白内障患者に対する透明遮光眼鏡の視機能改善効果の解明

研究課題名（英文） The effect of medical colorless filter lens to visual function of cataract patients

研究代表者

坂本 保夫（SAKAMOTO YASUO）

金沢医科大学・付置研究所・非常勤講師

研究者番号：60410304

研究成果の概要：透明遮光眼鏡の実用化を目的に狭帯域吸収フィルターの視機能改善効果を検討した。白内障患者は薄暮視で顕著な視機能低下をきたすが、フィルター装用により自身の明所視レベルにまで回復させた。ただし強い日差しでの防眩効果は十分ではなかった。高濃度レンズは強い日差し下での防眩には有用であるが、散瞳・網膜照度低下により見え方の質が低下する。安全面から可能な限り低濃度レンズの使用が望ましい。透明遮光眼鏡は高齢化社会においてだれもが経験する視機能低下を簡易的に軽減する有用な手段となる。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：眼光学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学 B

キーワード：遮光・眼鏡・白内障・視機能・加齢・QOL・QOV・コントラスト

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 医療用遮光眼鏡は身体障害者福祉法および児童福祉法に基づいて給付される補装具の一つである。元来、網膜色素変性症の病状悪化防止と防眩を目的として考案されたロービジョンケア用品であるが、眩しさの主な原因と言われている500nm以下の短波長光（青色光）をカットし、防眩とコントラスト感度の向上を図るフィルターレンズであることから、臨床の現場では白内障、白内障術後、糖尿病網膜症、緑内障、加齢黄斑変性症

など羞明を訴える疾患にも広く処方が試みられている。しかし下記の理由から実際に処方された眼鏡は使用されないことが多い。

- ① 青色光散乱による防眩と眼障害を防ぐことを重視しているため、レンズ色は黄色、橙色または赤色を呈し、レンズ濃度は装用者の眼が外側から見えない位に濃いものになっている。そのため使用を断念する患者が多く、特に職場、学校での装用が必要な患者にとっては、ほとんど使用不可能な状況である。

- ② レンズが高濃度のため、散瞳(瞳孔の拡大)により眼球光学系の収差が増大(解像力の低下)し、コントラスト感度を低下させる危険性がある。(参考:通常の屈折矯正用眼鏡レンズの場合、視感透過率 $\tau V$ が75%未満は夜間運転に不適合となっている。)
- ③ その他、500nm以下の波長光を完全カットすることが、青色光障害防止、防眩効果、視機能改善効果にどの程度役立っているのか未だ不明な点が多い。

以上より、既存の医療用遮光眼鏡は臨床で効果的に使用されているとは言いがたいのが現状である。

(2) 研究代表者らは使用環境・状況に左右されない遮光眼鏡の開発を目指して研究を行っている。具体的にはほとんど着色されていない透明なレンズで、効果的な防眩と視機能改善を可能にする遮光眼鏡である。既存の遮光眼鏡のような単なる青色光吸収ではなく、テレビやディスプレイのコントラスト向上を目的とした高コントラストフィルターの考え方を利用し、ヒトの視感度ピークの光はできる限りカットせず、赤、緑、青の網膜感度の境界波長のみを狭帯域で吸収してコントラスト感度の向上を図り、レンズの高濃度化を抑えるものである。

これまでの研究では、狭帯域吸収レンズの効果は加齢に影響され、中高齢者では黄色光吸収、若年層では青および緑色光の吸収がコントラスト感度の向上と眩しさ軽減に効果を認めている。また前述の境界3波長の同時吸収により、レンズの着色は抑えられ無彩色の薄いグレーレンズに加工できることも確認している。先天虹彩欠損症例での試験装用では、被験者の学校生活でも何ら支障がなく、防眩効果の有効性も実証した。

## 2. 研究の目的

これまでにこの狭帯域吸収レンズには有効な防眩とコントラスト感度改善効果があること、外見の透明性からみても有用であることが判明しているが、異なる眼所見、年齢に対する3波長同時吸収率と視機能改善効果の関係は明らかとなっていない。つまり最終的な透明遮光眼鏡処方において最も必要不可欠な、年齢、眼所見の定量値、視機能定量値とレンズの光線吸収率の関係を求める必要がある。本研究では加齢に伴う視機能低下原因の最上位である白内障患者を対象としてこの関係を求めた。視機能の定量は自覚的検査値としてコントラスト感度、他覚的検査値として眼高次収差(波面収差解析)、網膜像コントラスト(PSF: point spread function解析)および瞳孔反応を測定し、最も効果的

な光線吸収率を導き出すことを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) レンズの濃度(視感透過率 $\tau V$ )と視機能、瞳孔径の関係について

屈折異常以外に器質的異常を認めない健康ボランティア10名(年齢20~60歳、両眼開放下での遠見最良屈折矯正視力1.0以上)を対象として、レンズ濃度とコントラスト感度および瞳孔径の変化について検討した。濃度の異なるレンズには、波長に対する視感度差の影響を除くために、可視光線透過率を全波長域で均等に变化させる6段階の濃度( $\tau V92-25\%$ )のニュートラルデンシティー(ND)フィルター(図1)を用いた。コントラスト感度はCSV-100E&HGT(Vector Vision社)を用いて両眼解放下で測定した。視環境(環境の明るさ)は明所(眼前約500lx)、明所+グレア(約750lx)、暗所(約3lx)、夜間運転(約10lx:30m前方からのハロゲンヘッドライトをシミュレーション)の4視環境で行った。また同時にWAM-5500(グランド精工社)にて瞳孔径の変化を計測した。



図1 検眼枠にマウントしたNDフィルター( $\tau V92-25\%$ の6種類、13%は参考)

(2) 皮質白内障症例に対する狭帯域吸収フィルターの視機能改善効果

白内障形態の中で日本人に最も多く発症する水晶体皮質混濁(図2)を有する皮質白内障患者6例(年齢54~79歳)を対象として、検討(1)の計測方法に準じ、狭帯域吸収フィルターのコントラスト感度への影響を検討した。フィルターの $\tau V$ は夜間運転に適合する90.1%(FL90)と82.5%(FL82,図3)の2種類。比較として $\tau V79.3\%$ のND80を用いた。



図2 皮質白内障(瞳孔領内、下方から楔状に伸びた混濁)

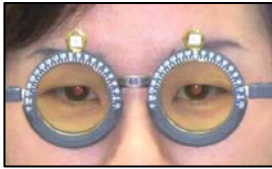


図3 検眼枠にマウントしたFL82 レンズ

(3) 狭帯域吸収程度と視機能改善効果  
 狭帯域吸収フィルターによる可視光線の吸収程度（ここでは視感透過率  $\tau_V$  で表記）に伴う視機能の改善効果について検討した。対象は 20～61 歳の健常ボランティア 14 名、フィルターの  $\tau_V$  は 67～90%の 5 種類を作成した（図 4）。検査方法は前記同様であるが、視機能評価にはコントラスト感度視力検査装置（CAT-2000、ナイツ）を用いた。

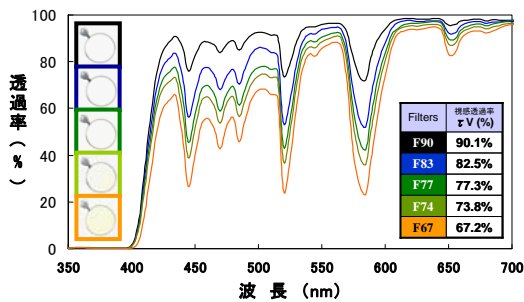


図4  $\tau_V$  67～90%の狭帯域吸収フィルター

なお、すべての検討において事前に十分なインフォームドコンセント（文章による説明）を行った上で、書面による同意（金沢医科大学臨床研究倫理審査委員会承認）が得られた参加者のみを検討対象とした。

#### 4. 研究成果

(1) レンズの濃度（視感透過率  $\tau_V$ ）と視機能、瞳孔径の関係について  
 矯正視力が 1.0 以上で明らかな眼の異常のない健常人であっても、加齢に伴いコントラスト感度は低下する。図 5 では 45 歳未満の若年層と 45 歳以上の中年層の 2 群に分け、明所+グレア環境（明るい日差し下）でのコントラスト感度を示しているが、明らかに若年層の感度は高い値を示している。この状態で ND フィルターを装用させると、両群とも ND92 装用時にはグレア負荷により低下した感度（明所との差）を回復するが、さらに ND 濃度を上昇（ $\tau_V$  低下）させると明らかに感度は低下する。特に  $\tau_V$  50%を下回ると感度の低下は顕著になった。若年層では夜間運転時をシミュレートした環境でも同様の傾向を示したが、中年層では ND92 による回復効果もなく、ND 濃度の増加に伴い感度の低下を招いた（図 6）。この感度低下の原因にはフィルターの高濃度化に伴う瞳孔の拡大と眼の収

差の増大、または網膜照度（網膜に届く光量）の低下が考えられた。

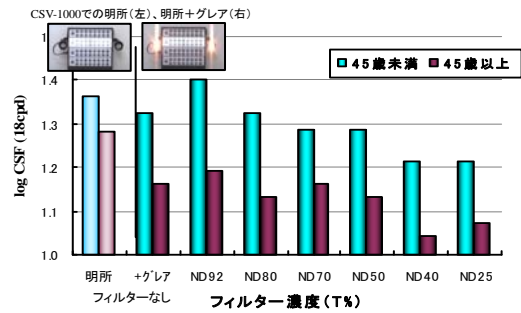


図5 明所+グレア環境での ND フィルター濃度とコントラスト感度の関係

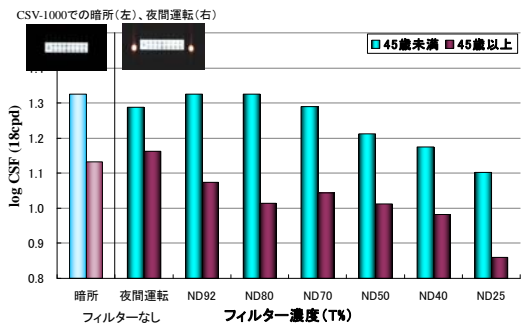


図6 夜間運転時（30m 前方からのハロゲンヘッドランプ）をシミュレートした環境での ND フィルター濃度とコントラスト感度の関係

図 7 に年齢と瞳孔径の関係（明所、両眼開放、遠方視の状態）を示したが、ND フィルターの高濃度化に伴い瞳孔は散大するが、中高年齢層は若年層より散瞳しないことが判明し、中高年齢者のコントラスト感度低下は網膜照度の低下に起因すること示唆された。一方、若年層では ND25 を装用すると 1mm 以上の散瞳を認め、この結果、眼の高次収差（不正乱視）が増加したためと考えられた。図 8 に 20 歳の症例の散瞳状態とその時のシミュレーション網膜像（網膜に投影されている像）を示す。網膜像のコントラストは瞳孔径 3mm で最も高く、散瞳もしくは縮瞳すると像のコントラストは低下していく。

見え方の質（quality of vision）は年齢、視環境をはじめ様々な因子に影響される。高濃度レンズのサングラスは強い日差しから眩しさを和らげるアイテムとしては有用であるが、必要以上に濃度の高いレンズは視機能を低下させる。特に薄暮、夜間などでの使用には十分な注意が必要である。屈折矯正用の眼鏡を兼ねる着色レンズの場合は、夜間運転適合には  $\tau_V$  75%以上が必要と規定（JIS T7331, 2000）されている。できるかぎり薄い濃度の着色レンズを用いることにより、広

範囲での使用が可能となり、安全性も高まる。ND フィルターのようなグレーレンズは若年層の視機能改善効果は認められるが、中高年齢層には有効な防眩手段となりえない。

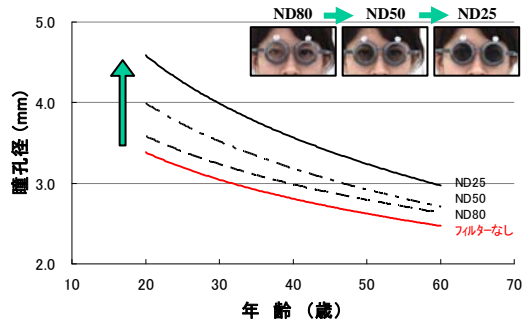


図7 ND フィルター装用による散瞳の差

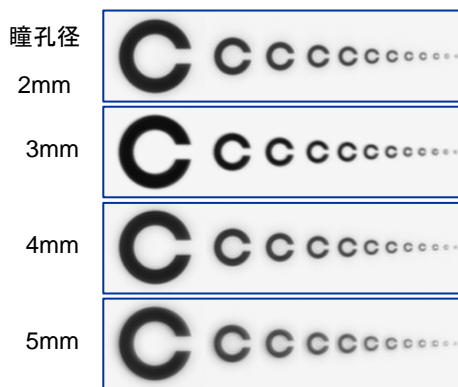


図8 20歳健常者の網膜像コントラストと瞳孔径の関係 (PSF センサーによるシミュレーション)

(2) 皮質白内障症例に対する狭帯域吸収フィルターの視機能改善効果

図9に狭帯域吸収レンズのフィルター効果のまとめを示す。4種類の視環境における各フィルター装用時と非装用時のコントラスト感度(視標 12cpd: 線幅の細かさを示し、視角1度の中に12本の線が入る線幅)および瞳孔径の変化を表す。

夜間運転の視環境では、FL82を装用すると非装用時に比べのコントラスト感度を有意に改善させた。明所ではFL90、FL82とも有意な改善効果を示したが、ND80装用では感度を低下させた。明所+グレア環境でも明所と同様な傾向を示したが、有意な差でなかった。FL90は他のフィルターに比べ散瞳を抑える効果見られた。

皮質白内障例に対する狭帯域吸収は、散瞳と眼内散乱を抑制することにより、網膜に投影される像のコントラスト低下を抑え、視機能改善効果が得られると考えられる。 $\tau v82\%$ フィルターは90%より視機能改善効果は高いが、暗所でコントラスト感度の低下傾向を示すことから、安全性を考えてフィルター効果は若干劣るが、FL90を選択することが望ましい

ことも明らかとなった。

狭帯域吸収フィルターを含め遮光眼鏡は、最近の白内障手術(眼内レンズ挿入術)のような劇的な視機能改善効果は望めないが、白内障患者の夜間運転時の視機能を自身の明所視レベルにまで回復させることが可能であり、白内障手術時期の延長、将来のより高度医療を受ける機会を与える一手段としても有用である。

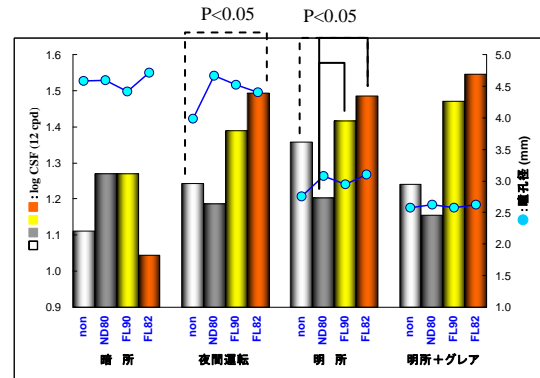


図9 皮質白内障例に対するフィルター効果  
□: フィルターなし、■: ND80、■: FL90、■: FL82、●: 瞳孔径

(3) 狭帯域吸収程度と視機能改善効果

健常ボランティアに対する年齢と各濃度のフィルター効果を図10に示した。コントラスト視力は25%の低コントラスト視標における値であり、視環境はグレア光を负荷した明所である。なお比較として明所でのフィルター非装用状態の値も示した。また図11には加齢に伴う眼球光学系の質の低下を、網膜像(網膜投影像)コントラストに換算し、フィルターの効果をシミュレーションしたものを示した。なお0.1logMAR視標の大きさは標準小数視力表の約0.8に相当し、10%の低コントラスト視標での値を示した。

狭帯域吸収によるコントラスト視力の改善効果は視感透過率 $\tau v75\sim 80\%$ で最大となり、その改善の程度は約0.1logMARに相当した。透明水晶体を有する健常ボランティアでのフィルター効果には年齢差があり、高齢者ほどその効果は高い。眼球光学系の質を基準にすると、網膜像コントラストが約5%に低下した場合(高齢者や白内障患者など)でも、25%程度を有する眼球光学系(健常若年者など)の視認性まで質の向上が見込まれることが明らかとなった。

最後に、狭帯域吸収フィルターは角膜屈折矯正手術や白内障手術(眼内レンズ挿入術)のような視機能回復手段とは異なり、非侵襲的で簡易的な視機能改善手段の一つとして有用である。

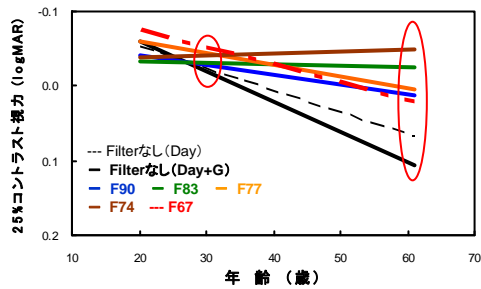


図 10 年齢と狭帯域吸収フィルター濃度の関係 (25%低コントラスト視標、明所+グレア環境)、○は30歳と60歳でのフィルター効果の差

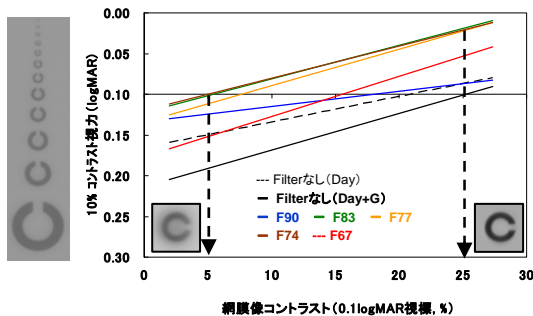


図 11 眼球光学系の質から換算した狭帯域吸収フィルター効果 (明所+グレア環境において、10%の低コントラストの0.11logMAR視標を認識するために必要な網膜像コントラスト値)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 坂本保夫: 視機能改善のための効果的な遮光. 第47回日本白内障学会総会 学会トピックス, 日本眼科学会雑誌, 112(9): 812-813, 2008, 査読有.

[学会発表] (計7件)

- ① 坂本保夫: 眼球光学系の質と可視光線の狭帯域吸収程度による防眩効果. 第113回日本眼科学会総会, 2009年4月18日, 東京
- ② 坂本保夫: 皮質白内障例に対する狭帯域吸収フィルターの視機能改善効果. 第35回水晶体研究会, 2009年1月10日, 宇都宮
- ③ 坂本保夫, 他: 遮光の程度とコントラスト感度への影響. 第28回金沢医科大学眼科研究会, 2008年11月16日, 金沢
- ④ Sakamoto Y: Visible light absorption band of spectacle lens and contrast sensitivity function. 7<sup>th</sup> Asian

Cataract Research Conference, Cataract Satellite Meeting of the International Conference for Eye Research, September 20, 2008, Xi'an, China

- ⑤ 坂本保夫: NDフィルターの光線透過率とコントラスト感度の変化. 第44回日本眼光学学会総会, 2008年9月5日, 東京
- ⑥ 坂本保夫: 白内障の視機能と遮光の効果. 第47回日本白内障学会総会シンポジウム8「白内障研究の可能性」, 2008年6月21日, 東京
- ⑦ 坂本保夫: 可視光の狭帯域吸収と全波長吸収の視機能におよぼす影響. 第34回水晶体研究会, 2008年1月13日, 金沢

[その他]

- ① 北国新聞, 第16部目の健康学「丈夫がいいね: サングラスと遮光眼鏡」に記事掲載, 2008年12月6日朝刊

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

坂本 保夫 (SAKAMOTO YASUO)

金沢医科大学・付置研究所・非常勤講師

研究者番号: 60410304

### (2) 研究分担者

佐々木 洋 (SASAKI HIROSHI)

金沢医科大学・医学部・教授

研究者番号: 60260840

### (3) 連携研究者

なし