

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：31310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350670

研究課題名(和文) 可視光線狭帯域吸収による透明遮光眼鏡のトンネル照明下での視認性の検証

研究課題名(英文) Study on visibility of light color filter glasses using narrow band absorption of visible light in tunnel illumination

研究代表者

坂本 保夫 (SAKAMOTO, Yasuo)

東北文化学園大学・健康社会システム研究科・教授

研究者番号：60410304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：中高齢者にとって防眩に有効な透明遮光眼鏡を開発してきたが、このフィルタの黄色光吸収はトンネル内で視認性の低下が懸念され、本研究ではNa灯照明(黄色光)でのコントラスト感度の変化を検討した。片側2車線の高速道路を模擬したトンネルでは視認性低下を認めなかったが、対面通行のある片側1車線の場合、Na灯照明と白色LEDヘッドライトグレアが混在し視認性の低下がみられた。トンネル照明のLED化または片側2車線化が終わるまでは、安全性を考慮してクリップオンやオーバーグラスタイプでの使用が必要である。今後の高齢化において、さらなるQOVの向上を目指して可視光線狭帯域吸収フィルタの研究を進めている。

研究成果の概要(英文)：We have developed a light color filter glasses with effective anti-glare for middle and elderly people, but the yellow light absorption of this filter was concerned about deterioration of visibility in the tunnel. In this study, the change of the contrast sensitivity in the sodium lamp lighting environment (yellow light) was examined. In the case of a tunnel simulating a two-lane expressway on each side, there was no reduction in visibility. However, face-to-face traffic occurs in a one-lane tunnel. Visibility was reduced due to mixture of sodium lighting and glare of white LED headlight. It is necessary to use the clip-on or over-glass type for security reasons until tunnel lighting is turned into LEDs or two lanes on each side are completed. In the future aging, we are studying the narrow band absorption filter of visible light aiming at improvement of quality of vision.

研究分野：眼光学

キーワード：健康・福祉工学 遮光眼鏡 トンネル照明 コントラスト感度 グレア 羞明 ナトリウムランプ

1. 研究開始当初の背景

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として、網膜色素変性症の進行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。なお現時点は障害者総合支援法に基づき補装具費支給制度が施行されている。眩しさの主因と言われている波長500nm以下の青色光をカットし、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、眼科臨床では白内障、白内障術後(眼内レンズ挿入眼)、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処方試みられている。さらに補装具費支給事務取扱指針の一部改正(平成22年3月31日施行/厚生労働省)にともない、その支給対象者の範囲も広がったが、下記の理由から実際には処方患者に受け入れられることは少ない。

- (1) 青色光の散乱を防ぐことを重視した遮光眼鏡のレンズ色は、黄色、橙色から赤色を呈し、外見上の問題から使用を拒む患者が多い。特に職場、学校ではほとんど使用されていない。
- (2) 高濃度のレンズにより瞳孔が散大し、眼球光学系の収差が増大、網膜照度が低下し、コントラスト感度低下の危険性がある。
- (3) その他、500nm以下の波長光を完全カットすることが、青色光障害の防止、防眩効果、視機能改善効果に対するエビデンスが未だ不明である。

以上より、既存の医療用遮光眼鏡は臨床および一般にも効果的に使用されていないのが現状である。

我々はこれまでに使用環境・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い、ほぼ透明な調光型・狭帯域吸収フィルターレンズの防眩と視機能改善に対する有効性を以下研究、で実証した。

平成19~20年度科学研究費基盤研究(C)(一般)(課題番号19500485)「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」

平成21~23年度科学研究費基盤研究(C)(一般)(課題番号21500525)「調光型特定波長吸収遮光眼鏡の視機能改善効果と白内障患者のQOLへの影響」

狭帯域吸収フィルターは、像コントラストの向上を目的としてCRTディスプレイにも利用されており、ヒトの明所・暗所視感度が重なる波長域を狭帯域で吸収し、コントラスト感度の向上を図る。これによりレンズの高濃度化が抑えられ、さらに加齢黄斑変性症の進行に関与しているといわれている450nm付近の青色光も同時吸収(3波長狭帯域吸収)することにより、レンズの着色は抑制され、淡いグレイレンズに加工できることを確認した。

上記研究では、屈折矯正用眼鏡レンズの夜間運転適合基準(視感透過率 V: 75%以

上)を満たした条件下で、3波長狭帯域吸収は有意にコントラスト感度を向上させ、特に健常中高齢者および白内障患者の夜間運転時視機能は患者自身の明所視レベルまで回復可能であることが判明した。ただし、日差しの強い屋外での防眩効果は不十分であった。そこで、上記研究で調光型狭帯域吸収フィルターへの改良を試み、その効果を検証した結果、これまでに薄暮視でのコントラスト感度向上効果(狭帯域吸収による)を保持したまま、屋外でのグレアも抑制する効果(調光:紫外線によりレンズ濃度が上昇、屋内では透明レンズ)が認められた。

2. 研究の目的

現時点での調光型狭帯域吸収遮光眼鏡(上記研究)は屋内・屋外を問わず、単一の眼鏡で視機能を向上させるアイテムとして、その有効性が示唆されているが、580nm狭帯域吸収にともなう日常生活装用上の安全性について、確認しなければならない事項が残されている。それは、日本のトンネル照明には589nmの単色光を発するナトリウム(Na)ランプが多用されており(引用文献1,2)、これはレンズの吸収帯と接近しているため、トンネル照明下での視認性低下が懸念される恐れがあり、これを検証する必要がある。

そこで、下記研究の科研費を平成24年から交付を受けたが、急病で研究継続困難なため研究を廃止した。

平成24~27年度科学研究費基盤研究(C)(一般)(課題番号24500655)「可視光線狭帯域吸収による透明遮光眼鏡のトンネル照明下での視認性と安全性の検証」(研究廃止:平成24年10月15日付け申請)

本研究は、以前廃止した研究の活動が再開可能となり、改めて「可視光線狭帯域吸収による透明遮光眼鏡のトンネル照明下での視認性の検証」について検討を行った。

引用文献

1. 青木 靖:トンネル照明省エネルギー化に関する検討. 福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術 18, 2005
2. 青木 靖:トンネル照明省エネルギー化に関する検討(その2). 福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術 19, 2006

3. 研究の方法

(1) 予備実験方法(H26-27)

日常生活での安全使用のために平成26-27年度では模擬トンネル照明下で予備実験として、発光波長が最も近似している低圧ナトリウム(Na)ランプ(発光ピーク590nm、黄色の単色光)の照明下で、狭帯域黄色光吸収フィルター(585nm吸収ピーク)装用時の基本視感度について検討した。基本視感度として、ETDRS-logMARチャート(Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study:

ETDRS、糖尿病性網膜症早期治療研究班の推奨)を用いてコントラスト視力(CV、難視度:数字の上昇で視力低下)を測定した。チャートには通常の白背景/黒文字視標(コントラスト100%)と25%~1.25%の低コントラスト視標、計6種類を用いた。

狭帯域吸収フィルターの黄色光吸収率は、夜間運転適合限界(視感透過率 v : 75.7%)と最大吸収(作成限界の光線透過率 $T\%$: 4.9%)のフィルターを用いて、明室(Daylight: 蛍光灯照明)と暗室(Tunnel light: Na ランプ照明)の2視環境でコントラスト視力(CV)を測定した。

対象は被検者への同意(東北文化学園大学研究倫理審査委員会、承認番号: 文大倫第14-06号)が得られ、普通自動車免許取得において適正視力であった成人ボランティア30名(20歳~68歳)である。

(2) 本実験方法 (H27-29)

トンネル内では対向車・自車のヘッドライト照明(ハロゲン、HID、LED)、背景照明(低圧Naランプ、HID、LEDなど)、背景反射(内装板など)など様々な照明状態になることが考えられる。本実験では視環境として、背景照明(従来の対称照明方式)を低圧Naランプ照明、対向車ヘッドライトとしてLEDグレア照明を用いる。そこで予備実験と並行してトンネル照明測定環境用のコントラスト・グレアテスター(タカギセイコー、CGT-2000)の改造を行った(図1、2)。

本実験では改造したコントラスト・グレアテスターを用い、トンネル照明下における黄色光吸収遮光眼鏡(狭帯域吸収透明遮光眼鏡)の対数コントラスト感度(logCSF、値の上昇が感度の上昇)への影響について検討した。

対象は同意(文大倫第14-06号)が得られた34名中、普通自動車免許取得において適正視力であった中年層ボランティア計32名で検討した。なお、黄色光吸収の有効性が望めない若年者1名と、高齢者講習に該当する70歳以上1名は今回検討対象から除外した。年齢平均は54.0±8.9歳(36歳~69歳)、両眼矯正視力は小数視力で1.2~2.0であった。

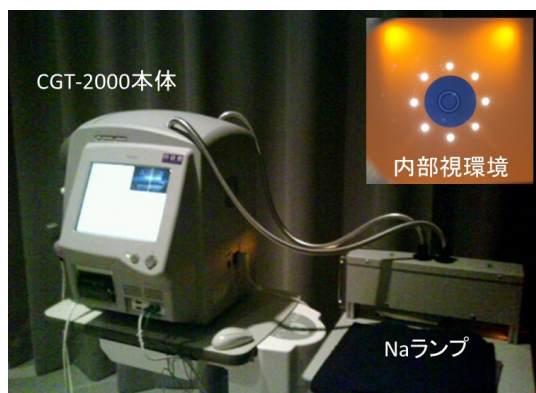


図1: トンネル照明コントラスト・グレアテスター(改造CGT-2000)

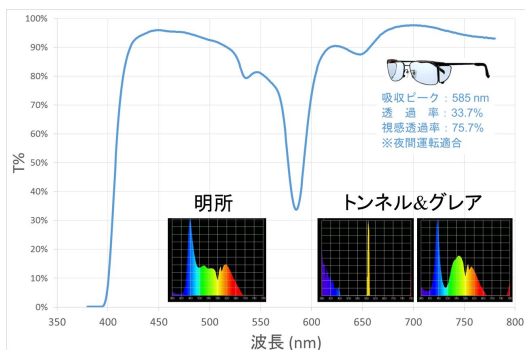


図2: 黄色吸収フィルターの分光透過率(T%)と検査視環境の相対分光放射度

4. 研究成果

(1) 予備実験成果 (H26-27)

明室(Daylight)では非装用状態よりフィルター(V : 75.7%)装用で有意にコントラスト視力(CV)の上昇(logMAR値低下)が見られた(全対象30名)。フィルターの有効性が特に期待される中年層者(40歳以上: 平均55.7±6.5歳、7名)においては、フィルター(濃色 $T\%$: 4.9%)装用でもCVの上昇がこれまで通り確認された(図3)。

一方、暗室(Tunnel light)においては低コントラスト視標、では高コントラスト視標を含めてCVが有意に低下(logMAR値上昇)していた。低圧Naランプ照明のみによる暗所では、明らかにフィルターによる光線透過率の減少で視感度の低下が示唆された(図4)。

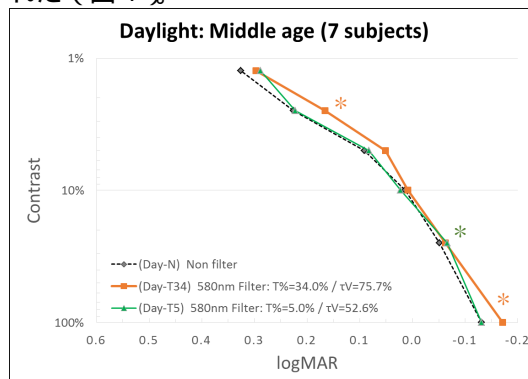


図3: 明室でのフィルターの有効性(中年層7名、* $p < 0.05$)

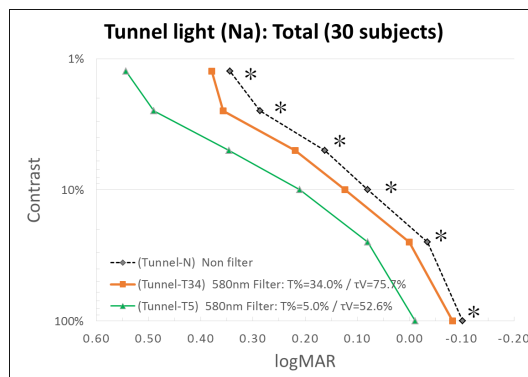


図4: 模擬トンネル照明下でのフィルターによる感度低下(全対象30名、* $p < 0.05$)

(2) 本実験成果 (H28-29)

予備実験の視環境は、対向車・自車によるヘッドライト照明がない状態に相当し、本実験ではヘッドライトによるグレア負荷へのシミュレーション検討を進めた。

狭帯域黄色吸収フィルターの装用有無における log コントラスト感度積分値 (area under the log contrast sensitivity function: AULCSF) で比較検討した結果を図5に示した。片側2車線の一般的な高速道路(対向車なし)を模擬したトンネル Na 照明において、フィルター装用時ではトンネル白色照明(LED)時と同様、視認性の低下は認められなかった。しかし、対面通行が存在する片側1車線の高速道路(Na 灯照明)の模擬トンネル照明においては、ブルーライト系の白色LEDヘッドライトによるグレア負荷状態(対向車)では、明らかにフィルター装用時に視認性の低下がみられた(片側 $p < 0.0296$)。

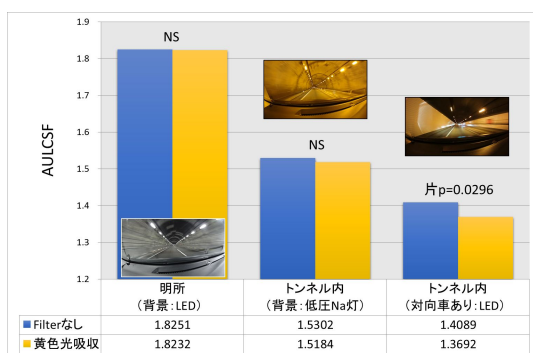


図5: 黄色光吸収フィルターの有無における log コントラスト感度積分値 (AULCSF) の比較 (NS: 有意差なし)

検査照明 / サンプルトンネル [画像: 2016.9.24 現在]

- 左) 明所 (背景: LED) / 福島トンネル (東北自動車道・下り)・片側2車線・LED照明・コンクリート壁面・対向車なし・追い越し車あり
- 中) トンネル内 (背景: 低圧 Na 灯) / 宝珠山トンネル (磐越自動車道・上り)・片側1車線 (対面通行)・低圧 Na 灯照明・コンクリート壁面・対向車なし
- 右) トンネル内 (対向車あり: LED) / 黒森山トンネル (磐越自動車道・上り)・片側1車線 (対面通行)・高圧 Na 灯照明・白色タイル壁面・対向車ヘッドライト (HID or LED)

近年、トンネル照明光源は黄色から白色に変更されているが、すべての照明灯を取り換えるには未だ長期間が必要と予想される。Na 灯によるトンネル照明の場合、ヘッドライトのブルーライト化、壁面 (白色) 反射など、グレアによる視機能低下を抑えるには、トンネル内外での遮光眼鏡の簡易的な使用 / 非使用を考え、使用しやすい眼鏡形状とは言えないが、この遮光眼鏡の安全使用には、装用

方法としてクリップオンやオーバークラスなどの形状が未だ必要と示唆された。今後の一般使用にはより安全性のために眼鏡形状、フィルターリングのさらなる改良が必要と思われた。

本研究では、黄色光吸収遮光眼鏡の有用性再確認とトンネル照明下での安全使用方法が確認できたが、高速道路においても各トンネルで照明方法が異なるのが現状であり、黄色光吸収遮光眼鏡の使用において、視認性低下に対する改良点が3点上げられた。

黄色光吸収によるトンネル内背景照度の低下では、白色照明灯に変更する必要がある。

白色壁面による運転者へのグレアでは、上記とは逆に、白色壁材の撤去、または黄色照明に返還する必要がある。

高速道路では、対向車線がない片側2車線化が安全走行に必要である。

現状において、これまでの本遮光眼鏡のフィルターリング法では、これ以上の顕著な視認性の向上は望めないことが示唆されたが、今後は更なる高齢化時代において、更なる防眩力の向上を目指し透明遮光眼鏡の研究に臨みたい。

最後に、遮光眼鏡は医療用、特にロービジョン者のために開発されたが、レンズの濃色から日本では極めて使用頻度が少なかったが、透明 (淡色) 遮光眼鏡の開発に伴い、一般中高齢者の通常眼鏡 (淡色フィルターリング) としても使用されてきており、今後の高齢化においても透明遮光眼鏡の必要性が必須と考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

坂本保夫、中高年の目を助けるための「Yellow Light Cut」の必要性、眼鏡、査読無、7巻、2017、47 - 51

[学会発表] (計1件)

坂本保夫、トンネル照明下における黄色光吸収遮光眼鏡のコントラスト感度への影響、第56回日本白内障学会総会・第43回水晶体研究会、2017.8.4、宇都宮東武ホテルグランデ (宇都宮)

[その他]

特集1: 目を守る三井化学の技術「眩しさから目を守る (坂本保夫)」。MR View, No.6, 三井化学。2015
<http://jp.mitsuichem.com/special/mr/resources/mrview.htm>

医療福祉の豆知識: メガネレンズコーティング「あなたの目に良い選び方 (坂本保夫)」。Happy Campus, March, 東北化学園大学。2016

<http://www.tbgu.ac.jp/faculty/ort/seminar>

NeoContrast - HOPNIC LABORATORY
JAPANESE LENS MANUFACTURE
<http://www.hopnic.co.jp/english/products/neocontrast/>

NeoContrast - ホブニック研究所
<http://www.hopnic.co.jp/products/neocontrast/>

ネオコントラスト_シニア用(株式会社イトーレンズ)
http://www.itolens.jp/neo_contrast/senior

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂本 保夫 (SAKAMOTO, Yasuo)
東北文化学園大学・健康社会システム研究科・教授
研究者番号：60410304

(2) 研究分担者

中山 奈々美 (NAKAYAMA, Nanami)
東北文化学園大学・医療福祉学部・講師
研究者番号：00616641
(平成 26～27 年度)