

光波長を制御して快適な視界を ～NeoContrast™ Technology～

北里大学医療衛生学部
視覚機能療法学専攻

半田知也教授

光は我々が日常生活を送る上、またモノを見る上でも光は不可欠なものである。しかしながら、モノを見るために光の量が多いほど良く見えるというわけではない。

眼は光を捉えて、信号を視覚野に伝える役割の有するが上に、屋内、屋外問わず、非常に広い範囲の光波長・光量の光刺激を恒常的に受けている。光を捉え快適な視界を獲得するためには「屈折矯正：光を捉えて網膜にシャープな像を結像させる機能」と「光波長制御：特定の光波長をカットして視覚の質の改善及び眼の保護の機能」の両面について追及していく必要がある。前者の眼鏡レンズの光を捉えて網膜にシャープな像を届ける機能（屈折矯正）については、社会の中に常識として広く浸透している。

一方、後者の光波長制御についてはどうだろうか？光から眼を保護観点から、紫外線(UV-A,UV-B)及び、可視光線のうち波長が短いブルーライト(380～500nm)のカットなどの

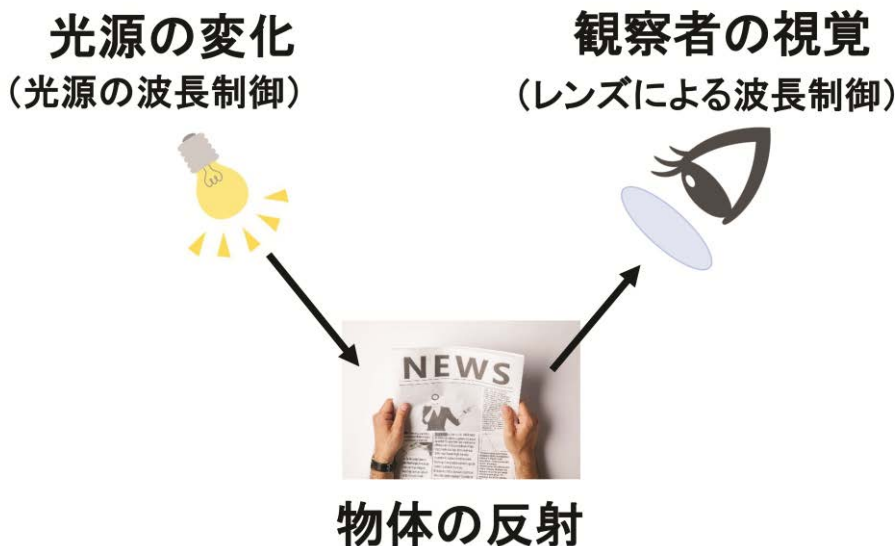
光波長制御効果が取上げられている。しかしながら、光波長制御による見え方の質（quality of vision : QOV）の向上効果については、まだ可能性の全てを表現できていないと考える。

QOVを考える上で、観察者の視覚(眼の感度・分解能)だけでなく、光源(照明)による波長制御、眼前のレ



ンズによる波長制御についても考える必要がある（図1）。そもそも我々が物体を見る際には、光源から照射された光で物体を照らし、物体からの反射光を観察者の眼に入射することで物体の色・形を認識している。光源の波長が変化すれば、物体の見え方も変化し、また眼前のレンズにより光波長制御を行った場合も、物体の見え方は変化する。しかしながら、日常生活における照明環境は多様であり、調整できない場合が多い。

図1 物体の見え方と光源と観察者の視覚の関係



一方、レンズによる光波長制御（加える色素により様々な分光特性を実現する）は生活シーンによって眼鏡の掛け外しにより容易に調整できるため、より現実的な対応である。従来、羞明の軽減、眼の保護を目的として短波長(青色光)をカットする機能を有するレンズがロービジョン患者を中心として使用されてきた。近年、黄色光（585nm付近）を選択的にカットする光波長制御技術としてNeoContrast™（三井化学株式会社）が開発されている（図2）。

日常臨床において、通常の視力検査における矯正視力は良好であるのに、「文字がくっきり見えない」、「なんとなく霞んで見える」との訴える中・高齢者の症例を経験する。この原因には様々考えられるが、加齢に伴う

水晶体の光学特性変化（黄変）の影響が主に考えられる。元来、水晶体は完全な無色透明でなく若年時よりやや黄色みがかっている1)。加齢に伴い水晶体の黄変が進み、可視光線の短波長領域（青色系統）の透過が悪くなる。水晶体の着色は加齢とともにゆっくり進行しているため、色覚が順応して明らかな自覚はないが、中・長波長領域（黄色系統）が強調され視界が黄色みを帯びて見えているため、微妙な色味（黒と紺など）の判別能力の低下により、QOVの低下を自覚することがある。

坂本2)は中・高齢者では黄色光カットがコントラスト感度の改善に対する有効性を報告している。加齢に伴って強調される中・長波長領域のうち黄色光（585

図2 NeocontrastNeoContrast™(三井化学株式会社)の光線透過率

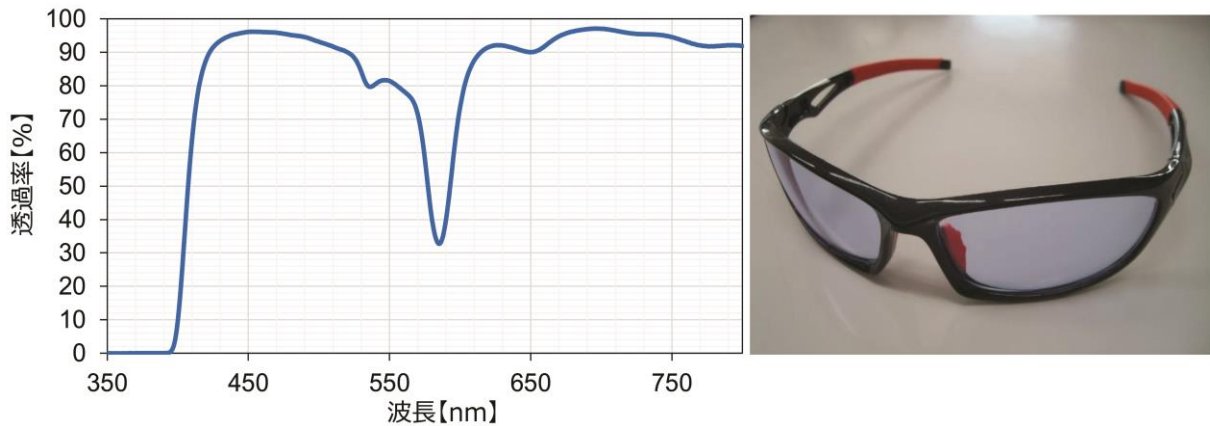
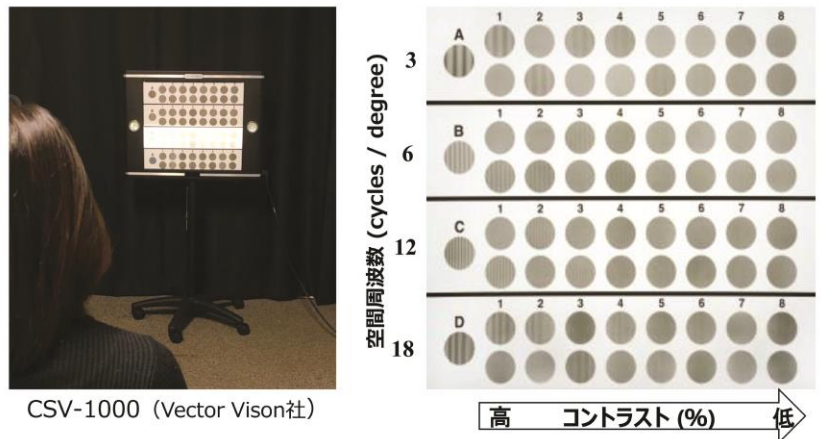


図2. NeocontrastNeoContrast™(三井化学株式会社)の光線透過率 左図に NeoContrast™の光線透過率、右図に NeoContrast™レンズの一例(スポーツグラスタイプ)を示す。

図3. コントラスト感度検査 左図にコントラスト感度検査装置(CSV-1000,Vector Vision社)の検査外観を示す。右図に CSV-1000 で用いられているコントラスト感度検査視標(縞視標)を示す。検査視標の縞模様は下段にいくほど空間周波数が増え、右にいくほどコントラストが低くなる設定である。コントラスト感度視標は一方の縞視標、他方は単色視標の上下一对で構成されている。被検者は上下どちらに縞視標のあるかを答えて、正答した最も低いコントラスト感度視標の値からコントラスト感度を求める。

図3 コントラスト感度検査



CSV-1000 (Vector Vision社)

nm付近)を選択的にカットするNeoContrast™は加齢に伴う水晶体の黄変による影響を補ってQOVの向上させる可能性を推察できる。

QOV評価の代表的な検査法は視力検査(濃淡のはっきりした高コントラストの視標を用いる)であるが、視力では評価困難な“形態覚(形の知覚)”として、コントラスト感度検査がある。NeoContrast™のQOV向上効果を検証するために、健常被検者15名(平均年齢36±6.9歳、矯正視力1.0以上)及び白内障患者15名(平均年齢76±7.5歳、矯正視力0.3~0.7)を対象に、コントラスト感度検査器(CSV-1000, Vector Vision社)を用いてコントラスト感度を測定した(図3)。本装置は4つの空間周波数(A:3cycles/degree(cpd), B:6cpd, C:12cpd, D:18cpd)のコントラスト感度の閾値を定量的に評価する。いずれの空間周波数領域においても、コントラストが高い場合(視標とその背景の差が大きい)は認知しやすく、コントラストが低い文字(視標とその背景の差が小さい)は認知し難い。コントラスト感度が高値であれば、明暗の差(視力視標とその背景の差)が小さくても視標を認知できる優れた形態覚を有することを示す。検査室照度は500lxに設定した。

健常被検者を対象としたNeoContrast™装用下と装用なしのコントラスト感度検査結果を図4に示す。NeoContrast™装用下のコントラスト感度は、装用なしと比較して、12cpd、18cpdにおいて有意に高いコントラスト感度を示した(Mann-Whitney Rank Sum Test, $p < 0.05$)。白内障患者を対象としたNeoContrast™装用下と装用なしのコントラスト感度検査結果を図5に示す。NeoContrast™装用下のコントラスト感度は、装用なしと比較して、全ての空間周波数において有意に高いコントラスト感度を示した(Mann-Whitney Rank Sum Test, $p < 0.05$)。NeoContrast™装用によるコントラスト向上効果の理由として、網膜の錐体細胞(S錐体、M錐体、L錐体)から外側膝状体及び大脳皮質における色の情報処理過程における影響を推察する必要がある。加齢に伴うS、M、L錐体の感度低下が心理物理学的に測定され、全ての錐体細胞において年齢と共に感度低下することが報告されている3)。特に短

波長領域に分光感度を有するS錐体は水晶体光学特性変化(黄変)の影響が大きくなる。NeoContrast™は585nm付近(黄色)の中・長波長領域を選択的に減ずることで、反対色4)である青色光の知覚の相対的向上により、コントラスト感度検査標(図3左)の色知覚のバランスが向上し(白がより白くなり、白黒の差が明

図4 健常被検者のコントラスト感度

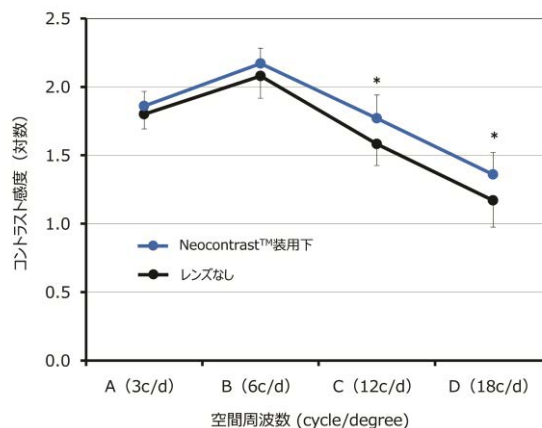


図4. 健常被検者のコントラスト感度 健常被検者(平均年齢36±6.9歳)を対象としたNeoContrast™装用下とレンズなしのコントラスト感度を示す。縦軸はコントラスト感度値(視標のコントラスト値(%))の逆数から算出した値を対数值(log)に変換した値)であり、数値が高いほどコントラスト感度が良好であることを示す。*:Mann-Whitney Rank Sum Test, $p < 0.05$ NeoContrast™レンズの一例(スポーツグラスタイプ)を示す。

図5 白内障患者のコントラスト感度

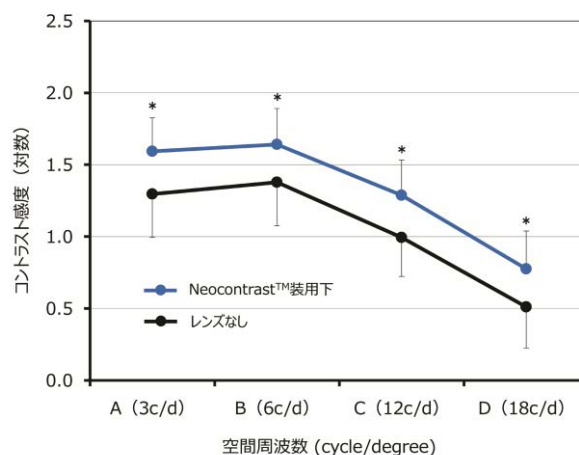


図5. 白内障患者のコントラスト感度 白内障患者(平均年齢76±7.5歳)を対象としたNeoContrast™装用下とレンズなしのコントラスト感度を示す。*:Mann-Whitney Rank Sum Test, $p < 0.05$

瞭になる)、その結果としてコントラスト感度結果の向上につながった可能性が推察される。

光環境が変化する日常生活において、QOVの質を安定的に保つためには、レンズを用いた光波長制御が屋内、屋外問わずQOVを安定的に保つために貢献できる可能性がある。今回取り上げたNeoContrast™は黄色光(585nm付近)を選択的にカットすることから、室内照明(昼白色:やや黄色の照明光、色温度5000K)下での新聞の文字の見え方向上、屋外での視程の向上が期待できる。大気汚染問題の深刻な都市部での見通しの低下は著しく、自動車運転時の交通事故、航空機事故にもつながる深刻な問題である。図6にNeoContrast™装用における都市部での見通しの変化を示す。NeoContrast™装用により黄色みが減じられ、コントラストが向上して見通しの向上が認められる。屋外における見通しの向上は自動車運転時の交通事故防止、航空機事故防止に直結するため、NeoContrast™の交通安全対策としての応用展開が期待される。

今後、眼鏡レンズによる波長制御の効果について、カットする波長域及びレンズ濃度(透過率)について改めて検討し、生活シーンや生活環境に応じた光波長制御効果を開発していく必要がある。今回取り上げたNeoContrast™はコントラスト向上(視認性向上)によりQOV向上効果をもたらすことができる光波長制御効果の第一歩を踏み出した革新的レンズ技術といえる。

【文献】

1)Tanito M, Okuno T, Ishiba Y, Ohira A. Transmission spectrum and retinal blue-light irradiation

図6. NeoContrast™装用における都市部での見通しの変化



図6. NeoContrast™装用における都市部での見通しの変化 NeoContrast™装用による大気汚染が深刻な問題となっているインド都市部(ムンバイ:大気汚染レベルは比較的低い地域)での見通しの変化を示す。レンズを通してみること黄色みが減じられ、コントラスト(特に建物のコントラスト)及び色の鮮明さが向上して知覚される。

nce values of untinted and yellow-tinted intraocular lenses. J Cataract and Refract Surg, 36: 299-307, 2010.2)坂本保夫. 遮光と視機能—透明遮光眼鏡への挑戦—. 日本白内障学会誌22, 24-28, 2010.

3)Sagawa K, Takahashi Y. Spectral luminous efficiency as a function of age. J. Opt. Soc. AM. A, 18:2659-2667, 2001.

4)Zeki S. The retinex theory and the organization of the colour pathways in the brain. Vision of the Brain. Blackwell Scientific Publication 1993, p246-255.