

報 告

LED色光に対する高齢者視覚特性の研究

山羽和夫^{*1}、柴田未央^{*2}、倉知あゆみ^{*3}、

永田雅典^{*3}、久保千穂^{*3}、林幸絵^{*3}

Visual Characteristics of the aged

for the LED Colored Light

Kazuo YAMABA^{*1}, Miho SHIBATA^{*2}, Ayumi KURACHI^{*3}

Masanori NAGATA^{*3}, Chiho KUBO^{*3}, Yukie HAYASHI^{*3}

要 旨

超高齢化の進む21世紀の社会においては、元気な高齢者が街を歩く機会がさらに増えることなどから、バリアフリー・ユニバーサルデザイン化の進展が期待されている。しかしながら、街の中にある交通標識、案内、掲示板、ディスプレイ、切符の券売機など表示物に対して、必ずしも誰にでも読みやすいとは言えないことが指摘されているのが現状である。

本研究では、高齢者に見やすい表示物を探索するための評価技術の向上を目指し、フルカラーディスプレイなどの表示物の構成要素である赤、緑、青および黄色のLEDを用いて視覚実験を行うとともに、その結果の比較と高齢者視覚の模擬メガネを用いた視覚実験を進めた。

その実験結果より、各LED色光に対する視覚特性を確認するとともに、フルカラーディスプレイなどの表示物に対する見やすさを計る手法について新しい知見が得られた。

Abstract

It is reported to gradually deteriorate visual function human in receiving the effect of yellowing of crystalline lens which is generated with the aging, etc.. In this study, experiments for visual sense of non-aged people was carried out using light emitting diodes of blue, green, yellow and red by direct comparison method. Next, experiments for visual sense of the non-old people using the aged visual simulation material was carried out. In addition, experiments for visual sense of the aged people was carried out, and it was compared with the experimental results of non-aged people. It was possible to obtain various suggestion for simulate material and new ideas such as aged people visual performance and individual difference of the cataract from experimental results.

*1 日本福祉大学情報社会科学部 教授、工学博士

*2 日本福祉大学 (現在、ソフテックインターナショナル)

*3 開発部

1. はじめに

高齢化が進むなかで目の水晶体が白く濁る白内障の患者が増え、2000年8月14日付けの日本経済新聞によると、白内障の治療は眼科医療費のいまや約4割を占めるともいわれている。この白内障の原因については紫外線が影響するという説（金沢医科大学佐々木一之教授）があるが実のところはまだ分っていない。このように加齢につれて起こる白内障や水晶体の黄変による光の透過率の変化は視力の低下や色の見えなどに影響を及ぼす。

また、最近では高齢者の一人暮らしや老夫婦だけの生活が増加しており、高齢者の目の衰えからくる家庭内での転倒事故や屋外での交通事故も増加の一途をたどっている。

水晶体の濁りからくる白く濁った状態（白内障）や水晶体の黄変からくる光の透過率の変化などは同じ表示であっても違った見えとなる。人間の眼に関する色の見えや明るさの知覚に関しては、高齢者を含めてこれまでいくつもの報告^{1), 2), 3)}があるが、これらは生理心理物理学を念頭においた視覚計測の分析が目的であり、街の中にあるような一般の表示物の見えを対象とした研究事例はまだない。

本研究では、赤、緑、青および黄色の各LEDを用いて、高齢者・非高齢者の視覚実験を行い、両者の比較をするとともに、それらを踏まえて高齢者視覚の2種類の模擬メガネを用いた視覚実験を行った。

それを基に、久保らが行ったLEDランプの視覚特性⁴⁾からのデータを参照して、高齢者にとって過ごしやすい生活空間を創造することを目的に、赤色、緑色、青および黄色の各LEDに対する視覚特性を評価する手段について新しい指針を得たので報告する。

2. 実験概要

本研究では次の2種類の実験を行っている。

1つは高齢者にとってLEDの色の感じ方やどのように見えるかといった探究のための実験（以下実験Aと表記する。）、もう1つは高齢者模擬メガネを用いた場合の諸問題の追究などのための実験（以下、実験Bと表記する。）である。



図1 実験状況

図1に実験Aおよび実験Bの実験状況の写真を示す。

今回の実験では被験者として60歳以上の高齢者21名（男14名、女7名、年齢は62～75歳、平均67.2歳）20歳前後の非高齢者20名（男9名、女11名、年齢20～23歳、平均21.6歳）を無作為に選定した。

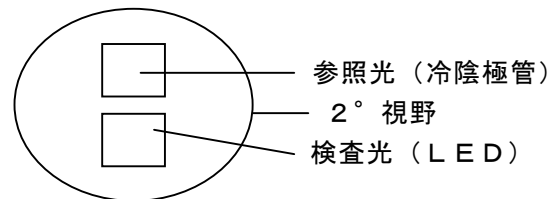


図2 サンプル配置図

実験は暗室内においた暗箱で行う（図1写真参照）こととした。図2に示すように10mm角の検査光（テスト光）と同じ10mm角の参照光が2°視野内に入るようにし、また、左右の利き目の影響を防ぐ目的で検査光と参照光を縦方向に並べた。

実験では参照光として冷陰極管白色ランプを採用した。また、あご台に被験者が、あごをのせることで、目から検査光と参照光の中心位置までの距離を70cmに固定した。

今回、検査光には、各色毎にLED 6個を用いた。これらのLEDには輝度ムラを防止する目的で表面に拡散フィルムを貼り付け、また、暗箱内の照明があたったときに拡散フィルムが白っぽく見えてしまうのを防止する目的で検査光と参照光全体にNDフィルタを重ねた。

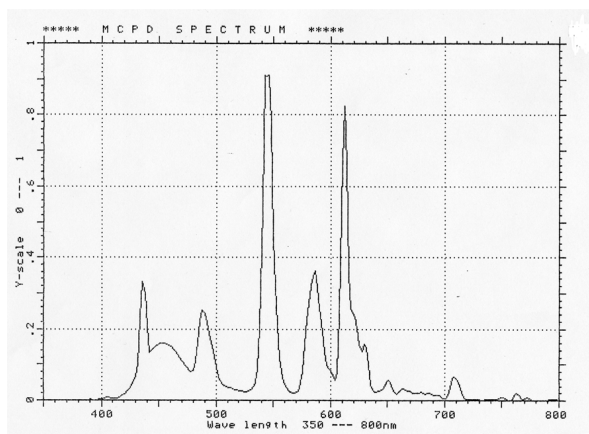


図3 冷陰極管白色ランプの分光分布特性

図3に冷陰極管白色ランプの分光分布特性を示す。図に示すように545nmと610nm付近にピークを持っている。このピークについて人間の目にはピーク波長を持つように見えるのではなくフラットの特性的に見える。

(実験で使用したLEDの概要)

今回の実験で使用した中心波長640nm、半値幅約20nmの赤色LED、中心波長590nm、半値幅約15nmの黄色LED、中心波長510nm、半値幅約40nmの緑色LED、中心波長480nm、半値幅約40nmの青色LEDを用いた。各LEDの詳細な分光分布特性については前々巻の豊田合成技報⁴⁾に掲載されているのでここでは割愛する。

3. 実験方法

実験Aでは被験者が白色参照光に対し、検査光の明るさを増減して両者が同じ明るさになるよう調整(直接比較法)していった。このとき明るい側から調整してゆくいわゆる下降的系列と暗い側から調整してゆくいわゆる上昇的系列の2方向から合計10回、連続で行った。

被験者自身の学習効果を避ける意味で、乱数を発生させ、それが奇数か偶数で2つの系列のうちどちらから近づけるかを決定し、また、3回以上同一方向から連続しないようにして実験を行った。以上の実験を、赤、緑、青および黄色の各々のLEDについて全て行った。

実験Bでは高齢者視覚模擬メガネとして以下の2つのメガネを非高齢者に着用させた。1つは(図4に示すような分光透過率を有する)白内障模擬メガネ、もう1つは(図5に示す眼球の黄変

を模擬するメガネ)黄変模擬メガネを使用した。

また、ここでの予備実験として、高齢者体験用(シルバーシミュレータ)として市販されてきた「うらしまろう」の黄変メガネを使用して、そのおおまかな傾向を把握し、考察した後、本実験を進めた。

図4に実験に使用した白内障模擬メガネの分光透過率を示す。また、図5に黄変模擬メガネの分光透過率を示す。図4、図5において縦軸は透過率T(%), 横軸は波長(nm)を示す。

白内障模擬メガネはかすみ、明るさ、色が考慮されており、かすみについては白内障の手術者が感じる「霧が晴れた感じ」「テレビとか新聞がよく見えるようになった」「人の顔がよく見えるようになった」「汚れや埃、顔のしわなどまでよく見えるようになった」といった感じを手術前の状況に戻すようなフィルタ構成がとられている。

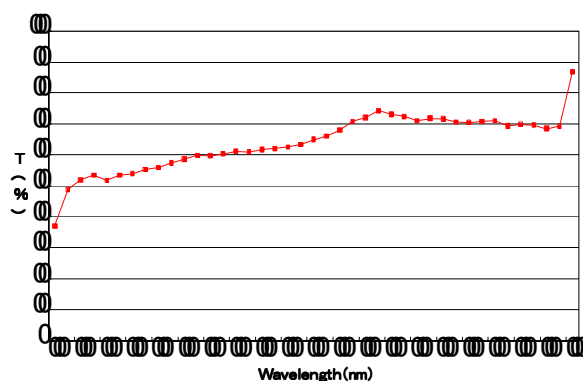


図4 使用した白内障模擬メガネの分光透過率

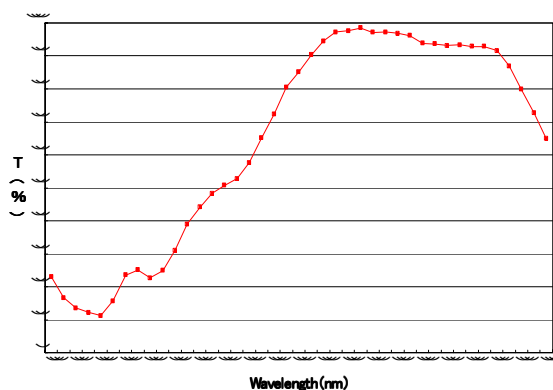


図5 使用した黄変模擬メガネの分光透過率

図4からこのメガネを通した場合の透過率は計算から赤色LEDが73%、黄色LEDが66%、緑色LED60%、青色LEDが59%と読み取ることができ

る。

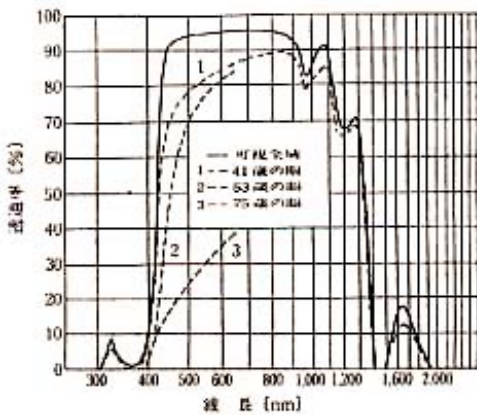


図6 加齢による水晶体の透過率の変化^{5) 6)}

図6にBoettnerらが測定した水晶体の透過率を示す。図6において実線は可視光全域の特性を示し、破線1は41歳の眼を、破線2は53歳の眼、破線3は75歳の眼をそれぞれ示す。この図について石原らは次のように述べて⁵⁾いる。「加齢に伴って視力全般が減退していくが、高齢者の視覚の特徴としては次のようなことが知られている。水晶体がそれ自体で成長し続けることに伴って厚みを増すために、柔軟性が減少し、透過率が減少する。瞳孔の大きさを調整する筋肉が弱まるために瞳孔の面積が小さく、照度の変化に対する調節スピードも遅くなる。水晶体の厚みを変えるための筋肉である毛様体が動作しにくくなり、遠近調節力が低下、特に近くのものが見えにくくなる。

この瞳孔の面積現象と透過率の低下により、網膜に到達する照度は50歳の人では20歳の人⁵⁾の50%減少し、60歳では66%減少するといわれている。さらに水晶体の厚みが増すにつれて黄色味を帯びていき、短波長の光の透過率が低くなる。図6に示すように青色や紫色の光の伝達が減少し、結果として視界が黄色味を帯びてみえることになる。

このような見え方の変化は普通の若者にとっては経験したことのない、想像できない現象であろう。したがって、若いデザイナーが設計したものの中には、高齢者にとってかなり異なった見え方をすることも起こりうる。

吉田らは高齢者の水晶体の黄色変化を模擬したレンズやフィルターを使って生活環境に使われている色⁷⁾が変化して見えること⁷⁾安全・警告に使われる色の変化と安全上の問題⁸⁾、駅や病院など公共施設の案内標識などで文字が見えなくなることを指摘している^{9), 10), 11)}。このほか、生活の中

の、様々な場面で黄変化の影響による誤認や不安全行動が起こることが考えられる。また、高齢者と若者がともに生活するなかで起きる行き違いやトラブルの原因の1つにもなっている。」

以上のような背景から、通常では体験できない加齢に伴う視覚機能の変化について体験する工夫がなされているが、これはあくまでも図6のような変化についての正確な測定データのもとで作成された擬似メガネで試されるべきで、この図から外れたメガネでは体験したとは言いがたくなるのは容易に想定できよう。

余談になるが筆者らも三年ほど前になるが、シルバーシミュレータを用いてウエルフェアテクノハウス調布で介護住宅内の表示文字の読み取り実験をしたことがあり、このときも色々の問題点の提示を行っている¹²⁾。

前ページまでの結果をBoettnerらが発表した水晶体透過率のグラフ(図6)と比較すると、どの色も75歳より53歳の透過率に近いことが分る。

4. 実験結果と考察

表1に実験Aの結果を示す。表1より、どのLEDとも高齢者の平均値が非高齢者のそれよりも高いことが分る。赤色と黄色LEDに関してそれほど差はないが、青色LEDに関しては約24cd/m²の差があった。これは水晶体の黄変によるものと判断されよう。

表1 実験Aの測定結果 (log/log表示)

	高齢者	非高齢者
赤色LED	0.78	0.75
黄色LED	0.95	0.93
緑色LED	1.00	0.97
青色LED	0.94	0.89

実験Aから次のことが分った。

1. 高齢者、非高齢者に共通している点
 - ・赤色LEDに対する感度が良い。
 - ・緑色LEDに対する感度が悪い。
2. 緑色LEDに関して
 - ・個人差が大きく現われた。
 - ・緑色LEDのピーク波長が冷陰極管のピーク波長と似ているため感度が低下した。

実験Bについて白内障メガネでの測定結果を図

7に示す。黄変模擬メガネでの測定結果を図8に示す。

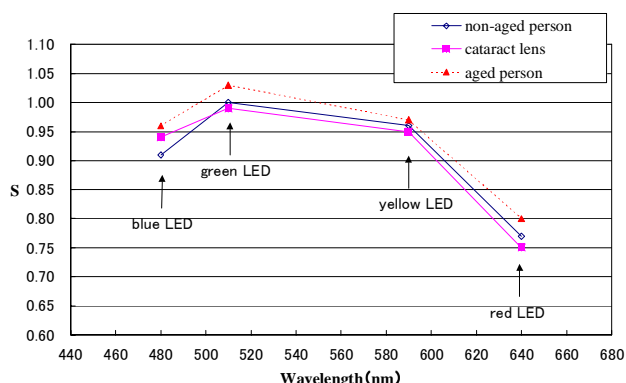


図7 高齢者 (aged person) と 非高齢者 (non-aged person) および白内障レンズ (cataract lens) を着用したときの計測結果 (log/log表示)

図7, 図8において縦軸は輝度を感覚尺度Sに換算した値を示す。ゼロに近い(下にいく)ほど感度がよく, 上にいくほど感度が悪くなることを示している。横軸は波長 (nm) を示す。図7, 図8について図の理解を容易にする目的で直線, 波線などで結んだが, 実験の性格上, その途中の値については意味を持つものではない。

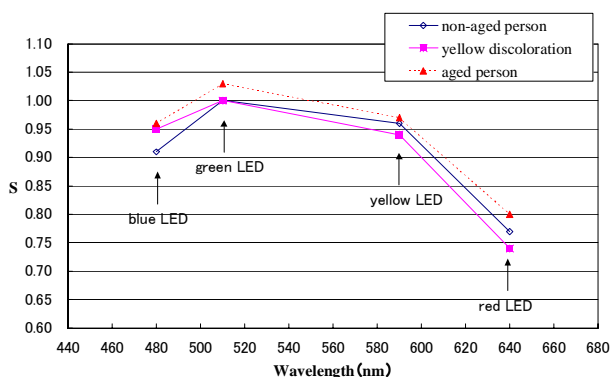


図8 高齢者 (aged person) と非高齢者 (non-aged person) および黄変模擬メガネ (yellow discoloration lens) 着用時の計測結果 (log/log表示)

実験Bからは次のことが分った。

白内障模擬メガネを用いた考察においては, 比較する材料としては高齢者の被験者で白内障と実験前に申告があった4名の平均値と模擬メガネを用いた非高齢者の値を比較した。

その結果, 用いた白内障模擬メガネは白内障高齢者の見え方に近いことが分った。(高齢者全体との差は大きいもので 20cd/m^2 以上(緑色LED), 小さいものでも 10cd/m^2 以上の差が見られたが, 白内障高齢者との差は, 緑色LEDでほとんどなく, 青色LEDで 5cd/m^2 , 黄色LEDで 3cd/m^2 , 最も差の大きかった赤色LEDで 8cd/m^2 の差しか見られなかった。)

黄変模擬メガネに関しては青色LEDに対しては高齢者に近い値が得られたが緑色LEDに対しては高齢者より非高齢者の値に近く, また, 黄色LEDと赤色LEDに対しては中~高波長領域の透過率が上がったことにより, より明るく見えるようになり, 非高齢者の値より感度が良いという結果になった。

このことから, 本実験で使用した黄変模擬メガネをさらに黄色を強くすると, 黄変模擬メガネの値は全体として高齢者の値に近づくものと考えられよう。

5. おわりに

本研究では高齢者の初期視覚を対象に実験を進めてきた。

本実験からは高齢者にとって過ごしやすい生活空間を創造することを目的として, 赤色, 緑色, 青色および黄色のLEDを基としたフルカラーのディスプレイや各種グラフィック表示板では特に高輝度ということで緑色LEDの分光分布特性を若干変化させることで高齢者ばかりでなく非高齢者にも優しい(さらに見やすい)カラー表示ができるものと思われる。

現在, われわれが入手できる高齢者視覚模擬メガネを若干の修正を施せばさらに高齢者が見ている状況に近い模擬メガネが得られることも分った。

この視覚模擬材料の今後の方向として, 高齢者は黄変だけでなく, 白内障, 視力低下なども同時に起こっており, こうした複合的な老化現象も当然考察していく必要もあり, こうした考察でより高齢者の見え方に近い模擬メガネを探索できるきっかけとなるであろう。

(謝辞)

本研究は1999年度より開始された日本福祉大学情報社会科学部山羽和夫研究室と豊田合成株式会社開発部の共同研究契約のもとで行われた。豊田

合成株式会社の関係各位および、長時間にわたり実験に被験者として協力していただきました多くの高齢者並びに学生諸君に心よりお礼申し上げます。また、実験の途中、心理学の立場から貴重な助言をいただきました日本福祉大学秋田宗平教授、色彩工学の立場から多くのご意見を賜りました工業技術院生命工学工業技術研究所の佐川賢博士に併せて謝意申し上げます。

参考文献

- 1) 竹内徹二, 『色の知覚』, 照明学会誌, vol.81, No.6. pp.500-505.1997.
 - 2) 竹内徹二, 『明るさの知覚』, 照明学会誌, vol.81, No.6. pp.493-499.1997.
 - 3) 岡嶋克典, 『高齢者の色の見えと照明効率』, カラーフォーラムJAPAN'98,3-1, pp. 37-44, 1998.
 - 4) 久保千穂, 中森幸絵, 永田雅典, 『LEDランプの視覚特性—視環境と加齢からの研究—』, 豊田合成技報, Vol.40, No.2, pp.86-91,(1998).
 - 5) 石原恵子, 長町三生, 大崎紘一, 石原茂和, 辻 昭夫, 『加齢に伴う水晶体黄変化による日常生活への影響』, 人間工学, 日本人間工学会 vol. 34, No.1. pp. 9-16, Feb. 1998.
 - 6) Boettner, E. A. and Wolter, J. R., "Transmission of the Ocular media", Investigative Ophthalmology, vol.1, No.6. pp.776-783.1962.
 - 7) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化による視界の黄変化—その1 生活環境色—』, 日本建築学会大会概要集 D. 811-812, 1989.
 - 8) 橋本公克, 吉田あこ『高齢化による視覚の黄変化—その2 安全環境色の識別—』, 日本建築学会大会概要集 D. 813-814, 1989.
 - 9) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化視界の黄変化の視認性—その1 病院外来の案内標識の見え易さ—』, 日本建築学会大会概要集 D. 643-644, 1990.
 - 10) 吉田あこ, 橋本公克, 『高齢化視界の黄変化の視認性—その2 公共交通機関の案内標識の見え易さ—』, 日本建築学会大会概要集 D. 645-646, 1990.
 - 11) 吉田あこ, 橋本公克, 『消える案内標識と水晶体の透過率—高齢化視界黄変化の研究—』, 日本建築学会大会概要集 D.669-670, 1991.
 - 12) 山羽和夫, 池田喜一, 『シルバーシュミレーターを用いたウエルフェアテクノハウス(WTH)体験実験』, 日本福祉大学情報社会科学論集, 第2巻, p.33-44.,1998.
- 本報告関連の口頭発表 (Proceedingsを含む)
1. Yamaba, Nagata, Kubo and Hayashi, "Visual Characteristics using Red, Yellow, Green and Blue Light Emitting Diodes", Proc. of the 2000 Spring Conference ESK and International Ergonomics Smposium. P.309-312, April 2000.
 2. 永田, 久保, 林, 山羽, 『赤、黄、緑、青色発光ダイオードを使用した視覚特性』 日本人間工学会東海支部大会, 1A, 平成12年10月21日.
 3. Yamaba, Shibata, Kurachi, Nagata, Kubo, Hayashi, "Visual Characteristics of the aged", Int. Workshop on Gerontechnology, (AIST, STA), Tsukuba, March 2001(Submitted).