

## トンネルのLED照明と高齢ドライバーの視認性に関する研究

山梨大学大学院 正会員 ○岡村 美好  
日本プラスト 杉本 彩

### 1. はじめに

かつてトンネル照明は橙色のナトリウムランプが使われていたが、近年では低消費電力、長寿命等の特徴を持つ白色LED照明が導入されるようになってきた。これらのトンネルに対して、高齢ドライバーから「入口が暗くて何も見えない」などの苦情を聞くことがある。

高齢ドライバーに関しては、加齢による認知機能や動作・運動機能、視聴覚機能などの低下<sup>1)</sup>による交通事故増加が大きな問題となっている。これに対して、運転免許更新時の認知機能検査や免許証の自主返納に向けた取り組みが行われている。一方、運転に必要な情報の約8割は視覚を通して取得しているとされ、高齢ドライバーによる事故を防止するためには視認性の確保も重要であると考えられる。

そこで、本研究では、加齢によってどのような視覚機能の低下が生じるか、トンネル照明の違いによって視認性がどのように変化するか等について、調査・検討した結果を報告する。

### 2. 研究方法

#### 2.1 トンネル照明と加齢による視認特性の変化

文献調査と現場調査により、①トンネル照明の変遷と現状、②加齢による視覚特性の変化 について調査を行い、トンネルにおける白色LED照明の問題点について検討した。

#### 2.2 LED照明の色による視認性の違い

大学生2名(20代)と高齢者2名(60代1名、70代1名)を被験者として、以下の手順で実験を行った；①明るい部屋(500~600lx)で5分待機する、②暗室(30~40lx)に移動する、③光源に照らされたランドルト環(視力検査で使用されるもの)がどの大きさまで見えるかを3m離れた位置から評価する、④光源の色を変えて①~③を繰り返す。なお、光源に

は色を変えられるペンライトを使用し、白・赤・橙・黄色・緑・青色(表1)について実験を行った。

表1 各光源色の輝度と主波長

色	輝度 (cd/m <sup>3</sup> )	主波長 (nm)
白	1.51	474.3
赤	3.83	624.4
橙	4.03	609.1
黄	3.13	577.2
緑	2.14	530.7
青	0.99	466.1

### 3. 結果と考察

#### 3.1 トンネル照明と加齢による視覚機能の低下

##### (1) トンネル照明の変遷と現状<sup>2)~5)</sup>

主なトンネル照明(光源)の変遷とそれらの特徴を表2に示す。光源変化の背景には、経済性や寿命、周囲の温度の影響、演色性がある。ナトリウム灯の橙色は排気ガスや砂塵などに対する透過性の高さから必要とされたが、自動車技術および照明技術の向上により演色性の高い白色の照明に移行し、さらに最近ではLED化が進んでいる。

表2 トンネル照明(光源)の変遷と特徴<sup>2)</sup>

年	光源	特徴
1965~	低圧ナトリウム灯	エネルギー効率、透過性に優れる。主波長555nm。
1985~	高圧ナトリウム灯	経済性に優れる。主波長550~650nm。
1999~	Hf蛍光灯	高出力、高効率、調光制御が細かく設定できる
2011~	LED	低消費電力、長寿命。

白色LEDは単色LEDの光を混合して作られ、一般には以下の3種類の方式が用いられている<sup>3)</sup>；①青色発光LED+黄色発光蛍光体、②近紫外or赤・緑・青白発光蛍光体、③赤色発光蛍光体+緑色発光蛍光体+青色発光蛍光体。一般的には①方式であり、その分光分布(図1)は450nm(青色)の大きなピーク

キーワード トンネル照明、LED照明、高齢ドライバー、視認特性

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 山梨大学大学院総合研究部工学域 TEL 055-220-8520

と 550nm 前後の緩やかなピークを示す。

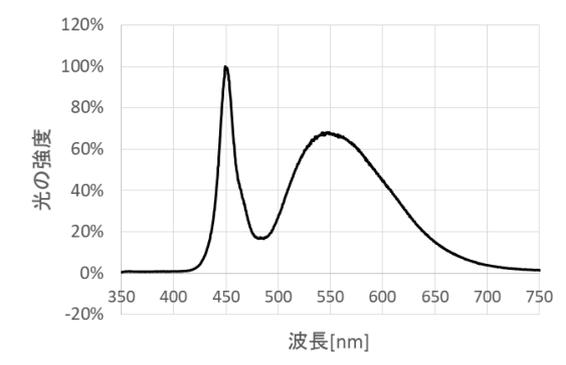


図1 白色LED (①方式) の分光分布図

「LED 道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)」<sup>4)</sup>では、LED モジュールの性能として相関色温度 4500±2000 (K) を、トンネル照明の性能指標である平均路面輝度については設計速度に応じた標準値 (例えば、100km/h で 9.0cd/m<sup>3</sup>、60 km/h で 2.3cd/m<sup>3</sup>) が示されている。また、平均路面輝度は、トンネル1本当たりの交通量が10,000台/日未満の場合には標準値の1/2まで低下させてもよいとしている。

(2) 加齢による視認特性の変化<sup>6), 7)</sup>

視覚において、加齢による主な生理機能の低下は、水晶体の硬化と透過率の低下、瞳孔の縮小、網膜感度の低下、焦点調節機能の低下、視神経機能の低下などがある。それらによって静止視力や動体視力の低下、色覚の変化、順応の遅れなどの変化が生じる。加齢によって、白内障や緑内障、加齢黄斑変性は発症の確率は高くなり、視野の狭まりや歪みなどの障害が現れる。

順応は明所から暗所 (暗順応) あるいは暗所から明所 (明順応) への環境変化の際に網膜感度が変化するものである。トンネル出入口のように変化が急激な場合には一時的に視認機能を喪失する。順応の所要時間は明順応よりも暗順応が長く、加齢とともに長時間となる。

網膜には、赤、青、緑の色を感知する錐体細胞と、光の強さを感知する桿体細胞とがあり、錐体細胞は中心にある中心窩に密集し、桿体細胞は周辺視野に散在する。また、錐体細胞は黄色から赤色に対する感度が高く、青色や紫色に対する感度が鈍い。

3.2 LED 照明の色による視認性の違い

LED 照明の色による視認性の違いの実験結果を図2に示す。青色はいずれの年齢でも視認性が低いこと、

高齢者は赤色や橙色での視認性が高いことがわかる。この結果は、錐体細胞が青や紫に対する感度が鈍く、黄色から赤色に対する感度が高いという特性と一致する。また、高齢の女性からは、白色はまぶしくて慣れるのに時間がかかるとの感想が寄せられた。

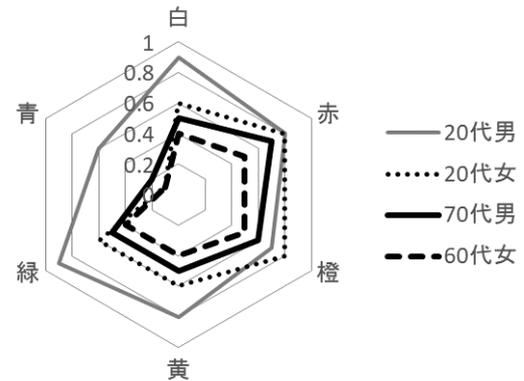


図2 LED 照明の色による視認性の違い

4. まとめ

高齢ドライバーによる事故防止の一方策として、トンネル照明と加齢による視認特性の変化について調査・検討した。

LED 照明を使用したトンネル入口部における高齢ドライバーの視認性は、加齢によって視覚機能が低下し、特に暗順応に対する時間が長くなること、①方式の白色LEDは青色が主波長であることを考慮すると、大きく低下することが推測される。ガイドラインではLED照明の性能を相関色温度で規定しているが、トンネル入口における高齢ドライバーの視認性に関してはLEDの分光分布の観点からも検討する必要があると考えられる。

参考文献 1)所正文、小長谷陽子、伊藤安海：高齢ドライバー、文春新書、2018 2)高山幸伸：高速自動車専用道路におけるトンネル照明の課題について、電気設備学会誌、Vo.34、No.1、2014 3) Panasonic：LEDの基礎 <https://www2.panasonic.biz/es/lighting/plam/knowledge/pdf/0901.pdf> (閲覧日 2018-01-22) 4)国土交通省：LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)、2015 5)建設電気技術協会：トンネル照明における視認性 [http://www.kendenkyo.or.jp/pdf/technology/145\\_basic.pdf](http://www.kendenkyo.or.jp/pdf/technology/145_basic.pdf) (閲覧日 2018-01-08) 6)福田忠彦：生体情報システム論、産業図書、1995 7)Jeff Johnson：UIデザインの心理学 わかりやすさ・使いやすさの法則、インプレス、2015