

自動運転車の開発を促進する 車内照明環境

クロード・チュー

自動運転車のエクスペリエンスを最大限に高めるために、高度な照明技術と設計が重要であることを、エンジニアの視点で解説する。

5G、IoT、AI、ビッグデータといった新しい技術は、自動運転を現実へと近づけている。継続的な試験と改良によって自動運転は、米国だけでも年間4万2000件以上の自動車事故を引き起こしている、ヒューマンエラー（人為的ミス）の最小化に寄与する可能性がある⁽¹⁾。

また、市場需要の成熟に伴って、自動車は単なる移動手段ではなく、私たちの日常生活空間の延長線上という位置づけになっていく。本稿では、自動車内装照明がどのようにして機能性、視覚能力、快適性を向上させて、将来の自動車設計におけるエモーショナルエクスペリエンスを高めるかについて、展望を示す。

高度な光源

LED、有機EL、光ファイバ、エレクトロルミネセント（EL）フィルム、ライトガイドといった照明技術は、自動車内装照明システムのコスト効率化、多機能化、見た目の美しさを実現している⁽²⁾。

搭乗者の安全性を確保するための車内の機能照明は、体積が小さくなって、物理的により柔軟な直線形の形状が可能となっており、例えば、天井に設置されるドーム型のマップライト、バックライト付きの計装パネル、ドアを開けたときに点灯するドアパネルランプなどがある⁽²⁾。

コンパクトなLEDライトガイドは、

その輝度、均一性、動的に色を変えられる機能を理由に、車内照明において、直接照射またはサイド照射方式で、多く利用されている（図1）。

また、機能照明は、一般照明以外にも役割を拡大しており、ヘッドアップディスプレイ（HUD）、電子画面、その他の視聴覚投影デバイスを通して、重要な情報やインタラクティブなエンターテインメントを提供している。優れた自動車内装照明機構を構築するには、次のセクションに挙げるパラメータを基に、機能性と思慮に富んだアプリケーションの間のバランス化を図る必要がある。

適切な知覚と快適性のための設計規則

搭載される自発光デバイスの増加に

伴い、自動運転車の設計者は、以下の3つのガイドラインに従って、搭乗者の視覚と快適性を支援する必要がある。

1つ目に、車内の環境照明、具体的には内装表面からの拡散光と反射光の合計が、LEDバックライトの視認性に必要なしきい値輝度よりも高くなってはいけない。

2つ目に、車内照明レベルはレスポンスでなければならない。つまり、1日のうちの時間や天候に応じて自動的に調整可能でなければならない。そうすることで、車内から車外に視線を移したときに、明るさのレベルが異なるために搭乗者が頻繁に視覚を適応させなければならない事態を回避する。

3つ目に、自動車設計者は、車内の照明と車外の日光からのグレアを最小限に抑えなければならない。慎重に光源を実装し、内装素材の滑らかさやテクスチャ、色、サイズを選択することが、グレアの低減に役立つ。



ID 125434210 © Mariusz Burcz | Dreamstime.com

車内照明の試験設定

カベルレッティ (Caberletti) らの研究 (2014) により、車内照明が従来の自動車の運転者の夜間の知覚に、多大な影響を与えることが明らかになっている。研究者らは、車内照明が、制御装置の位置を確認して操作するユーザーの能力を促進し、空間知覚能力を強化し、素材とデザインの知覚品質を高め、知覚安全性を向上させると報告した⁽³⁾。

図3は、デバイスの試験設定を示したものである。出力が調整可能なシーリングライトパネルによって、さまざまな日光条件下で生成された、1000、2700、6000ルクスという3つの標準的な車内照度レベルをシミュレーションし、対象面に対する入射角を60°として、試験が行われた⁽⁴⁾。

運転者または前部座席の搭乗者の視界において、構造化表面とディフューザ (バックライトはオフ) による総反射輝度測定値は、1000ルクスの場合で20cd/m²、6000ルクスの場合で120cd/m²だった⁽⁴⁾。

ディフューザ出力またはディスプレイを視認可能にするために必要な最小視覚コントラスト (またはしきい値コントラスト) は、次のように定義できる⁽⁵⁾。

各変数は、以下のとおり。

$$C = \frac{L_d - L_r}{L_r}$$

L_dは、ディフューザ輝度。L_rは、総反射輝度。L_d>L_r。どちらも単位はcd/m²。

図4は、3つの異なる日光レベルに対応するLEDバックライト輝度に基づく、ユーザーの好みの結果を示している。値は、1000ルクスの車内照度における最小しきい値輝度を基準に正規化されている。この研究では、1000ルクスのしきい値において、バックライト輝度は反射輝度よりも約50%高い

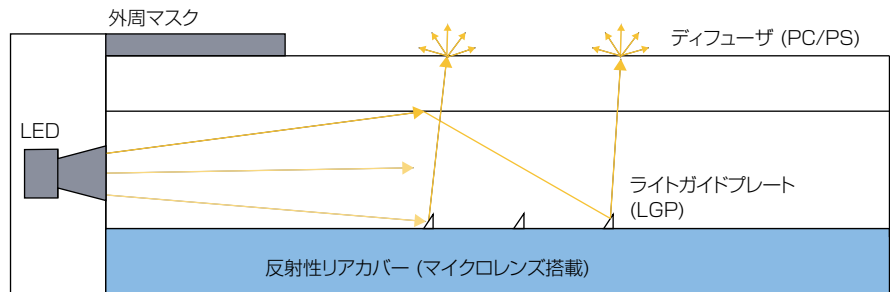


図1 サイド照射型LEDライトガイドのメカニズムを示す図(提供: クロード・チュー)



図2 将来のレスポンスな自動車内装照明の異なる条件下における概念図(提供: クロード・チュー)

ことが示されている⁽⁴⁾。

図4の研究結果から、以下のいくつかの所見が得られる。

- ・車内照度が高いほど、「視認しきい値」輝度 (視認に必要な最小輝度) は高くなる。
- ・車内照度の増加に伴って、「視認しきい値」「快適」「不快」の輝度範囲は広くなる。
- ・「快適」と「不快」の知覚は、反射輝度に対するバックライト輝度の高さに関係している。

グレアに関する規格は存在せず

グレアは、1日のうちのどの時間帯においても、人間の視覚能力に与える影響の度合いに応じて、視覚的な妨げや不快感を引き起こす可能性がある。2019年のある研究によると、高齢者ほどグレアを感じやすいという⁽⁵⁾。過去の研究では、最大輝度を0.1cd/m²未満に保つことによって、夜間の車内照明に起因する視覚的な妨げや不快なグレ

アを除去できることが示されている⁽³⁾。

日光の下では、ウォッシュアウトやグレアによって車内ディスプレイが見えにくくなり、運転者や搭乗者の注意を妨げたり、重要な情報が隠されてしまったりする可能性がある。ますます多くの車載システムが、中央のディスプレイによって制御されるようになっていくことから、車内と車外の照明条件の下での車載画面の視認性は、非常に重要である⁽⁶⁾。

自動車内装照明によるグレアに関する規格やガイドラインは、まだ存在しない⁽⁶⁾。広く知られている不快グレア評価指標である Unified Glare Rating (UGR) は、CIE 117規格に基づき、特定の条件下のみに使用が制限されている⁽⁸⁾。

- ・屋内照明と電気照明設計のみを対象とする。
- ・背景の輝度は均一とする。
- ・小さな光源 (0.0003sr未満) は対象外。
- ・大きな光源 (0.1sr以上) は対象外。

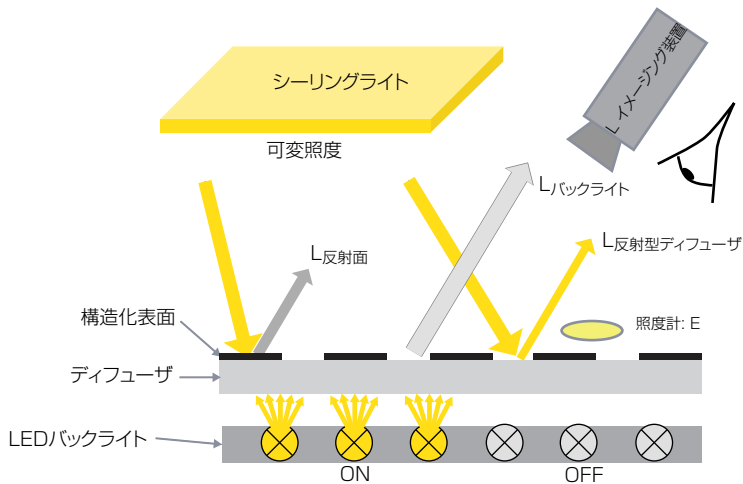


図3 車内照度に対応するLEDバックライト輝度の試験設定(出典: Blankenbachら著「Advances in automotive interior lighting concerning new LED approach and optical performance」、2020年)

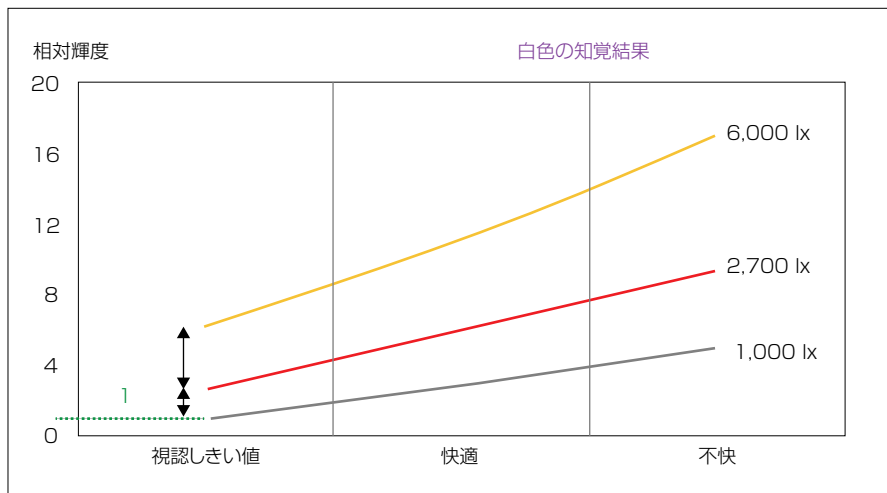


図4 車内照度に対応するバックライト輝度に対する知覚(出典: 図3と同じ)

・間接照明は対象外。

自動車内装照明のグレア評価にUGRを採用することの適合性と実用性については、まだ調査されていない。

ユーザーの好みに合った照明

調整可能な車内照明が自動運転車に装備されること望んでいる人が多いことが、研究によって明らかになっており⁽⁹⁾、気分を高める要素、雰囲気、美しさも、搭乗者にとって重要であることが示されている。

自動運転車の車内照明システムは、明るさ、コントラスト、色温度の調整

に限定されるものではない。動的な色変化も、搭乗者のエクスペリエンスに付加価値を添えることができる。例えば、雨が降る寒い冬の朝には、晴れた日のビーチを思わせる照明設定が好まれるかもしれないし、暑く乾燥した夏の日には、心を穏やかにする涼しい森林環境がいいかもしれない。照明を、車内に流れる音楽に応じて変化させることも可能だ。そのような機能は、ブランドを差別化して、独特な車内エクスペリエンスに対する独自基準を打ち出すための多くの機会を、自動車メーカーにもたらすだろう。

結論

自動運転車は、旅行や通勤のエクスペリエンスのカスタマイズ性と快適性を、新たな高みへと押し上げるだろう。自動車内装照明は最新技術の搭載によって、さらに安全性とエネルギー効率を高め、エレガントかつインテリジェントになり、人間の視覚ニーズに対応するとともに、全般的な幸福感を満たすものになる。

参考文献

- (1) Y. Zhu, "Luminance inequality in road lighting-considerations of road pavement reflectance: part 2, Conclusions," *Lighting Art & Science*, Issue June/July, 32?38 (2020).
- (2) J. Devonshire et al., "Effects of automotive interior lighting on driver vision," *The University of Michigan*, USA (2007).
- (3) L. Caberletti et al., "Influence of ambient lighting in a vehicle interior on the driver's perceptions," *Lighting Res. and Technol.*, 42, 297-311 (2010).
- (4) Blankenbach et al., "Advances in automotive interior lighting concerning new LED approach and optical performance," *J. Society for Information Display* (2020).
- (5) Y. Zhu, "Road lighting disability glare-a study comparing LEDs with HPS," *Lighting Art & Sci.*, Issue June/July, 32-39 (2019).
- (6) C. White, "Recreating daylight for vehicle interior evaluations," *University of Warwick*, UK (2017).
- (7) K. Rumar, "Vehicle lighting and the aging population," *The University of Michigan*, USA (1998).
- (8) I. Ashdown et al., "NEMA LS 20001-2021 White paper on Unified Glare Rating (UGR)," *National Electrical Manufacturers Association*, Rosslyn, Virginia (2021).
- (9) N. Torchalski et al., "Autonomous vehicle interior design," *Honors Theses*, 3225 (2019).

著者紹介

ユンユ(クロード)・チュー(YUNYU "CLAUDE" ZHU)は、オーストラリア在住の照明エンジニア。光科学の学士号と照明の修士号を保有し、2009年から同業界に携わっている。