

車室内空間における LED 照明のあり方と可能性

渡邊千穂^{*1}

Concept and Possibility of LED Light in Vehicle Compartment Space

Chiho Watanabe^{*1}

要旨

LED 照明の仕様の最適化は車内空間をより快適にすることにつながる。本論文では車室内空間での照明条件による感性評価結果を元にしながら、ユーザーニーズに応じたより快適な空間づくりのための可能性について述べる。

Abstract

Optimization of the specifications for LED lighting will lead to more comfortable interior spaces in automobiles. This paper discusses the possibility of creating more comfortable spaces based on the results of evaluation experiments using lighting specification conditions to respond to user needs.

1. はじめに

LED が日本の住宅用照明において主役の座を奪いつつあることは、周知の事実である。

自動車用照明においても価格の低下や発光効率の向上から、LED が適用されるようになってきた。その小ささによる設計の自由度や物理特性などの利点から適用が急速に広がっている。加えて昨今のユーザーの「光」に対するニーズの高さに応じ、車室内の様々な場所に LED を組み入れることで、これまでできなかった機能や効果を持った光を車室空間に与えることが期待されている。

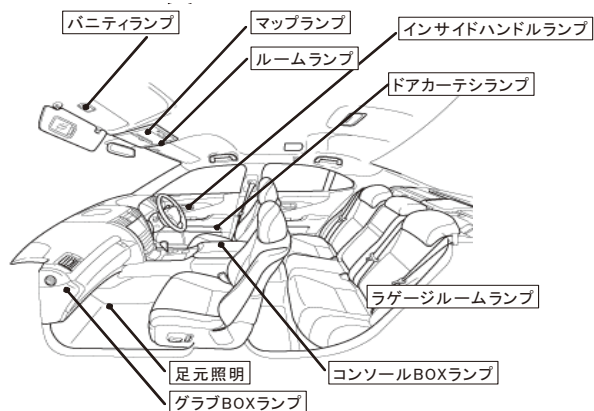


図-1 車室内の照明器具

一般的な車室内における照明の種類は図-1に示すように安全に乗り降りするためであったり、運転以外の操作や動作の補助などのための機能的



Mercedes-Benz S



BMW-MINI

図-2 アンビエント照明の例

*1 デザイン企画部 企画開発室

照明として設置されている。それに加えて最近では図-2のように隙間などを利用したアンビエント照明が多く見受けられるようになった。これにより、これまで内装素材に頼ってきた上質感を光によっても与えることができるようになった。また、光は素材を際立たせる効果もある。素材と光の両方を効果的にデザインして、魅力的な車室空間を作っていくことが重要と考えられる。

2. LED 照明の仕様

そもそも、照明に対する要件は安全性や利便性といった機能性と、空間の雰囲気演出といった効果を運転の妨げのないように作り出すことである。

照明光の仕様には明るさ、色、分光分布、光の配置、光の分布、面積などがある。

明るさは一般的に照度で規定される。車室内での安全や、物や文字が十分に見える照度でありながら、運転の妨げがない最低限の光の量で規定されている。また、運転しない場合での使用であったとしても、ユーザーは夜間の照明により外から見られることを嫌うため、必要以上の明るさは抑えるべきと考えられている。さらに注意点として、同じ照度であっても内装色によって反射光の量（輝度）が異なることを考慮し、車室内全体の雰囲気を設計する必要がある。

光の配置は光源が目に入らないようにすることが望ましい。光源が視野に入るとグレアを引き起こして運転の妨げになるだけでなく目が明順応してしまい、瞳孔が狭くなってしまふことから、実際に見たい場所が暗く感じて見えにくくなってしまふからである。

光の全体的な配置については効果的に使うことによって、空間自身の開放感や上品さを演出することができる。高橋らは車室内の光の配分による空間の快適性の向上について述べている¹⁾。

また、光の分布については均斉度が重要とされ、スポット光のような急激な照度の変化はリーディングランプなどの視作業を行うための照明には目の順応状態が変化してしまうことから、疲労につながるとされている²⁾。更にデザインの観点からも光の境界の照度変化をどのように設計するかは照明光の見栄え要因の一つであり、展示照明などでは特に工夫されている。車室内照明でも考慮されるべきであろう。

光の色について、白色光は色温度で表され、温かみのある電球色が 3000K 程度、昼白色が 5000K 程度、やや青白く感じる昼光色が 6500K 程度であるが、LED はその範囲を超える色も十分に作ることができ、容易に色を変化させること

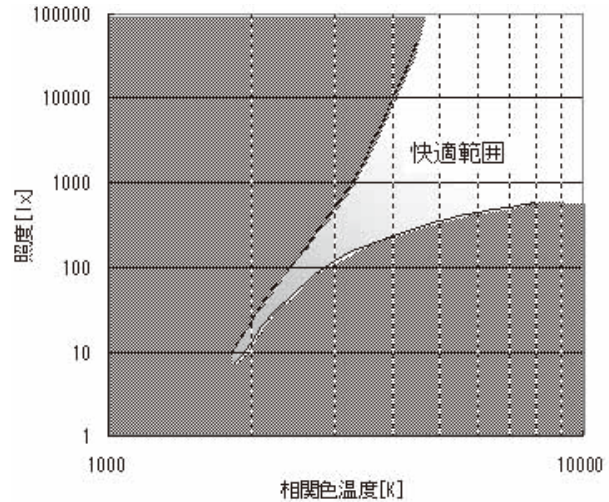


図-3 クルーズフによる照度と色温度の組合せの快適範囲

もできる。車室内の内装の色に合わせたり、雰囲気を作るうえで光の色は効果的である。ただし、図-3に示したように、照度と色温度の組み合わせで不快に感じてしまう範囲があることに注意しなければならない。また、青白い光は顔を暗く見せることにも注意が必要である。また、光の色が文字の読みやすさなどの機能的な面にも影響があると考えられる。3章、4章では実験評価を行った事例を示す。

3. リーディングランプを想定した可読性の検討（色温度条件）

3-1. 目的

一般照明において、可読性には照度が最も重要であり、通常光の色を考慮することはあまりない。しかし自動車の場合、最適な光色設定により、照度条件は抑えつつ、より読みやすい光環境を検討することが重要と考え、可読性が光の色によってどの程度異なるのかについて実験を行った。また特に加齢による影響について着目し、年齢に対応した設定の必要性についても検討を行った。

3-2. 被験者

被験者は 19 歳から 81 歳までの男女で表-1に示したような人数であった。通常読書を行う状態に眼鏡などで視力を矯正した状態で実験を行った。

表-1 年齢群別の被験者の数

被験者区分	人数
若年層（39歳以下）	11名
中年層（40歳～50歳）	13名
高年層（65歳以上）	11名

3-3. 実験方法

実験は暗室内で行い、実験照明以外の光源が被験者の目に入らないようにした。実験照明のレイアウト写真を図-4に示す。

照明はLEDで2700K、5000K、8800Kの3種類で行い、机上面照度は400lxとした。

被験者は暗順応の後、それぞれの光源の元で図-5に示した600文字程度の文章を黙読し、文字の見やすさについて図-6に示した7段階で回答した。照明条件の順序はランダムで行った。

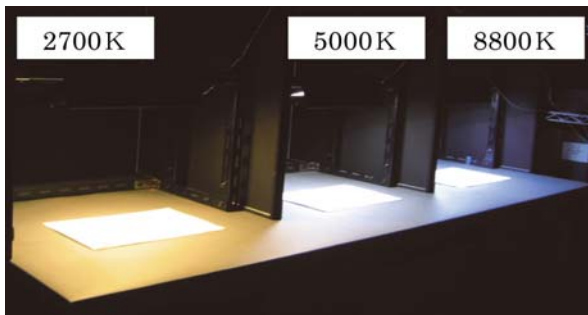


図-4 実験照明



図-5 読書課題

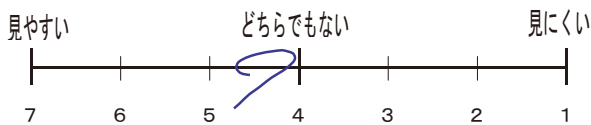


図-6 評価段階と回答例

3-4. 結果

各色温度照明下での文字の見やすさについて評価した7段階の点数を個人の評価幅のばらつきを考慮して規準化（平均を引き、標準偏差で除す）した。規準化した点数について被験者の年齢層別に平均値を求めた。結果を年代別に図-7に示す。エラーバーは95%信頼区間である。図中の*は有意差の危険率<5%、**は危険率<1%である。色温度条件ごとの統計的有意差をtukeyの多重比較で見たところ、20~30歳はばらつきが大

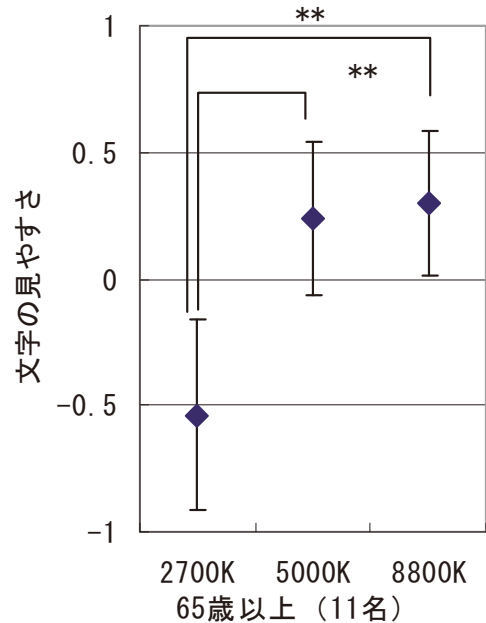
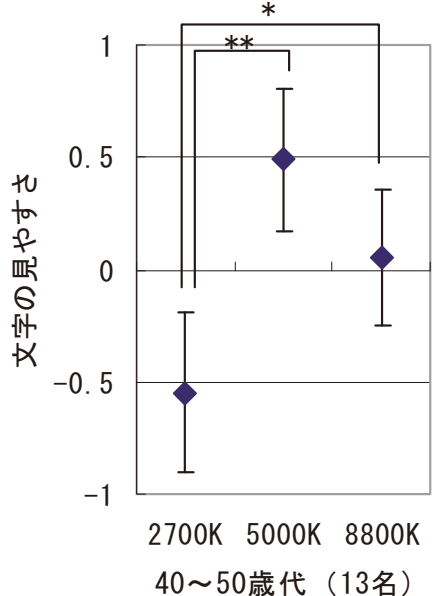
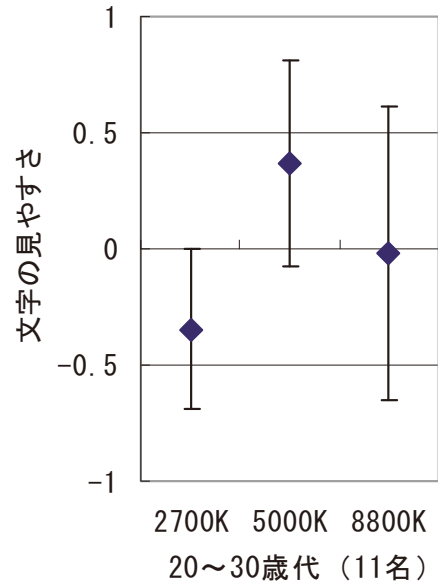


図-7 年齢群別の照明色の違いによる見やすさ

きく、有意差がなかった。40 歳以上の被験者は色温度による有意差があり、視覚的低下が見られる年齢では色温度が変わることによる見やすさへの影響があることが考えられる。

すべての年齢層において 2700K の照明は見難く、文字を見る環境としては好ましくないと考えられる。全ての年齢層において 5000K が見やすさが高いことが示されたが、65 歳以上の高齢者ではさらに、8800K の評価がやや上がる傾向が見られた。高齢者には色温度が高い照明下の方が文字を見やすいと考えられる。

3-5. 考察

実験結果より、文字の見やすさに対する色温度の違いは若齢者には感じにくいが高齢になるにしたがって感じやすくなる傾向があることがわかった。文字の見やすさは輝度コントラストと関係があることから³⁾、加齢による水晶体の黄変化に伴う分光視感度の変化によって、高齢者は色温度が高いほうがより白く感じられ、見かけのコントラストが高くなり、文字が見やすくと推測される。リーディングランプには 5000K 程度の白みの強い設定をすることですべての年齢に読みやすい照明を作ることができると考えられる。

4. バニティランプの光色

4-1. 目的

バニティランプは主にバニティミラーを使用するための照明である。バニティミラーはほとんどの場合図-8のようにサンバイザーの裏に設置される。まず、バニティミラーの使用頻度と使用目的を調査し、対象の被験者やニーズを洗い出した上で最適な照明色を求めることとした。

4-2. 事前調査

男性 115 名、女性 51 名の合計 166 名にアンケートを行ったところ、図-9 に示したように男性は 69% が「全く使用しない」「ほとんど使用しない」となり、女性は 54% が「毎回使用する」「たまに使用する」となった。メインユーザーは女性であると考えられる。

女性の使用目的のアンケート結果を図-10 に、使用時間帯を図-11 に示す。使用目的は化粧をチェックする用途が多く、その次にメイクの一部を行う頻度が高いことが分かった。

使用時間帯は昼間が多く、被験者が会社員であったため、出勤時の使用が多いことが伺える。

そのため、実際に照明の色によるバニティミラーの見え方について主に化粧の見え方や化粧の



図-8 バニティミラーとバニティランプ

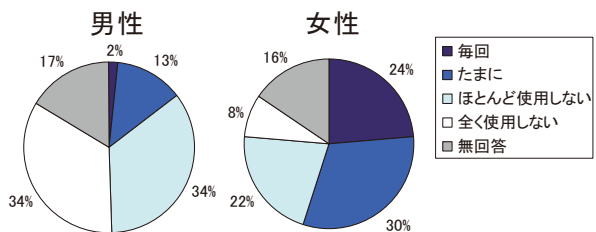


図-9 男女別バニティミラーの使用頻度

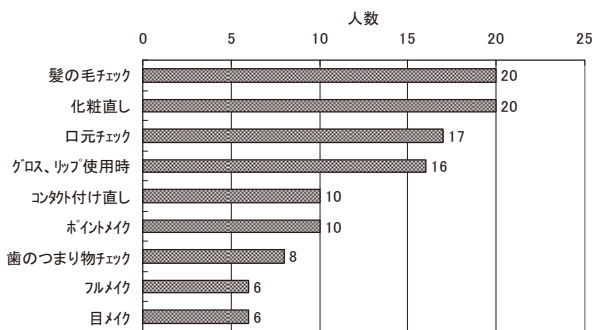


図-10 バニティミラーの使用目的 (女性)

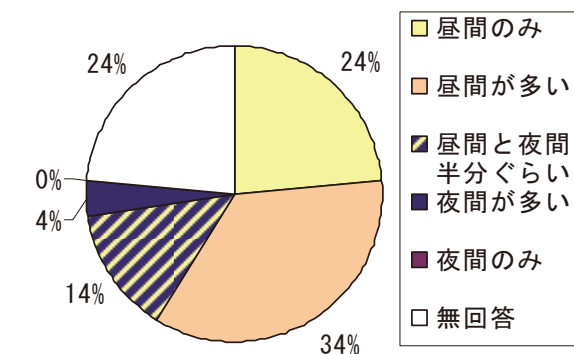


図-11 バニティミラーの使用時間帯 (女性)

しやすさについて質問を行い、用途に応じた最適な照明色を求めることとした。

4-3. 実験方法

バルブ (白熱電球) を基準として、色温度の異なる 4 種類の LED 照明の評価を行った。色温度は 2800K / 3300K / 4000K / 5000K で顔面照度を市販のバルブに合わせて 32 [lx] に統一した。表-2 に示す 8 項目に対し、バルブと同じであ

表－ 2 評価項目

肌がきれいに見える
化粧の色が正確に見える
健康そう
肌の透明感がある
自然な感じ
明るい
化粧がしやすい
好ましい



図－ 12 実験のレイアウト

る 0 を中心として、+ 3 ～ - 3 までの 7 段階で LED の評価を行った。LED 照明の呈示順はランダムとした。

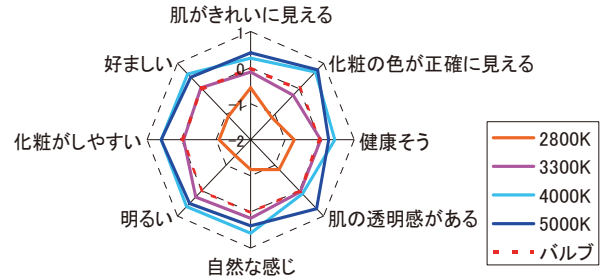
図－ 12 に実験サンプルのレイアウトを示す。被験者はバルブ照明下での自分の顔を見ながら実験の説明を聞き、その間に順応するようにした。被験者はあご台にあごを置いて、観察距離や観察角度が一定になるようにした。ミラーからの距離は顔全体が見える距離として 250mm にレイアウトした。被験者は 20 歳代～ 40 歳代の 15 名で実験を行った。

4－ 4. 結果

15 名の評価結果から、被験者間のばらつきをなくすため、規準化（平均を引き、標準偏差で除す）を行い、評価の平均値を求めた。

バルブのバニティランプを 0 としたときの平均点数を図－ 13 に示す。バルブに対して 2800K の LED は点数が低く、特に「化粧の色が正確に見える」「明るい」について評価が低かった。3300K で同等、4000K と 5000K の LED は評価が全体的に高かった。また、被験者がどのように「好ましい」と判断しているかを求めるため、「好ましい」と他の評価用語との重回帰分析を実施し

た。結果を表－ 3 に示す。「好ましい」に係る大きな要因は「自然な」と「化粧がしやすい」であった。



図－ 13 バルブに対する評価結果

表－ 3 重回帰分析結果

	偏回帰係数	標準誤差	t 値	p 値
自然な感じ	0.419	0.092	4.565	2.775 E-05
化粧がしやすい	0.425	0.075	5.650	5.591 E-07
肌の透明感がある	0.197	0.080	2.474	0.016
定数項	5.073 E-17	0.058	8.746 E-16	1

(分散分析表)

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値
回 帰	48.694	3	16.231	80.394	7.947 E-17
残 差	11.306	56	0.202		
全 体	60	59			

重相関係数	0.901
決定係数	0.812
自由度調整済み重相関係数の二乗	0.801

4－ 5. 考察

女性がバニティランプに求めるものは、肌がきれいに見えることや健康そうに見えることではなく、より正確に化粧ができる機能性であることがわかった。図－ 11 にも示したとおり、出勤時

などの昼間の使用が多く、照明の色は自宅やオフィスの蛍光灯の色温度に近い昼白色である4000K～5000Kが望ましい照明光と評価されたと考えられる。

5. おわりに

3章、4章ではLEDの色温度が機能性に影響するかについて検討した内容を紹介した。実験結果から色温度の最適化は機能性の面で有意に影響を与え、明るさに加え重要な設計仕様であることが示された。LED化することで色温度を設定することが可能になったことはよりよい照明環境を作る上での利点であると言える。また、車室内の雰囲気や演出を与える意味では有彩色光も含め光の色は非常に効果的である。

さらにLEDは分光設計ができる。すでに家庭用照明においては照明メーカーから分光設計によって同じ色温度でもより魅力的な見え方をするランプが開発され、発売されている^{4) 5)}。今後、LEDには様々な車内の素材との組み合わせで新しい車室内環境を作っていく大きな可能性が残されている。

ただし、色温度の高い照明（青白い、もしくは青い照明）を一定以上の時間使用する場合、夜間においては生体リズムの変調への懸念があることが知られており、このような生理的な影響も考慮する必要がある⁶⁾。

LED照明を使った、より快適で魅力的な空間

づくりにおいてはこのように、総合的な観点から照明設計を行っていくことが必要であり今後の車室内空間のデザインの可能性を大きく広げることができると考えられる。

参考文献

- 1) Takahashi et al, *Kansei Engineering International Journal*, 11,2 (2012) p59-65
- 2) 永井ら, 照明学会全国大会講演論文集 29 (1996) P374-375
- 3) 照明学会, 「視認性に関する研究調査委員会」報告 (2002) p44-47
- 4) 小谷朋子, 東芝レビュー, vol.66, No.4 (2010) p68-71
- 5) 山口サヤカ, Panasonic Technical Journal Vol. 58, No.2 (2012) P62-66
- 6) 照明学会「生体への生理的影響を考慮した光環境設計指針に関する研究」報告 (2009)

著 者



渡邊千穂