

鉄道車両における車内照明の機能向上



出羽 悟^{*1}



矢野 かおり^{*1}



野口 純^{*2}



野島 昭彦^{*3}



藺田 秀樹^{*1}



齋藤 浩司^{*4}

Improvement of interior lighting function in railway vehicles

Satoru DEWA^{*1}, Kaori YANO^{*1}, Jun, NOGUCHI^{*2}, Akihiko NOJIMA^{*3}, Hideki SONODA^{*1}, and Koji SAITO^{*4}

^{*1} Advanced Railway System Development of Research and Development Center of JR EAST Group

^{*2} Kamakura Rolling Stock Maintenance Center ^{*3} Tokyo General Rolling Stock Maintenance Center ^{*4} Japan Railway Track Consultants Co., Ltd.

Abstract

In recent years, the interior lighting of railway vehicles is changing to LED lighting. LED lighting has dimming and toning functions, which makes it possible to create an unprecedented in-vehicle environment and may contribute to in-vehicle comfort. In this study, we examined the possibilities of various functions of lighting. We also conducted multiple evaluation tests to verify the specifications and expected effects that lead to improve in-vehicle comfort.

●**Keywords:** Vehicle, Comfortable, Interior lighting

^{*1}JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター

^{*2}鎌倉車両センター ^{*3}東京総合車両センター ^{*4}株式会社 日本線路技術

1. 緒言

快適な空間を形成する上で、照明は極めて大切な要素である¹⁾。近年は鉄道車両の車内照明にLED照明が活用されている。従来用いられてきた蛍光灯とは異なりLED照明は調光・調色機能を有しており、車内空間に様々な雰囲気を作りだすことが可能となった²⁾。また、照明を情報提供ツールとして活用することで、案内表示装置の簡略化や、耳の不自由なお客さまに対するご案内の補助とする等の効果も期待できる。本研究では、特急や新幹線といった優等列車における車内照明の機能向上を目的として、LED照明を活用した機能や期待される効果を検討した。また、検討した機能を再現する試作照明を仮設し、被験者試験によりその効果の確認を行った。

2. お客さまのニーズおよび検討した機能

2016年にJR東日本が実施したアンケートの結果、新幹線の利用理由として「時間が正確だから」、「早く目的地に着くから」等が上位だが、「車内でゆっくりとくつろげるから」も5位であった。よって、お客さま満足度向上のためには車内でくつろげる環境を作ることも重要であると言える。そこで本研究では快適性向上のための機能として「天井を高く見せる機能」「時間を演出する機能」「空間的にパターンをつける機能」「季節感を演出する機能」「車外の明るさに合わせる機能」を検討し、情報提供機能として「開扉ドア案内機能」「異常時の避難誘導機能」「駅到着を知らせる機能」を検討した。その中で効果が期待できる機能について報告する。

3. 被験者試験の概要

後述する照明機能の効果を確認するため、被験者試験を実施した。E2系新幹線を模擬した客室（以下「模擬客室」）内またはE2系新幹線車内に照明器具を仮設して各機能を再現し、被験者からのアンケート調査および行動観察を行った。被験者はJR東日本社員10名および東京大学研究員2名の、合計12名で試験を実施した。

なお、各試験で客室全体を照らす天井照明を「天井照明①」、天井を照らす間接照明を「天井照明②」とする。
また、アンケートで快適性を問う場合には「非常に快適」「快適」「やや快適」「やや不快」「不快」「非常に不快」の6択とした。

4. 検討した機能に関する試験詳細と結果

4・1 天井を高く見せる機能

4・1・1 概要

鉄道車両の車内をより広く感じさせることで、快適性向上ができると考えられる。そこで天井面に間接照明を照射して高く見せる³⁾ことで車内を広く感じさせる照明を検討した。

4・1・2 試験方法および結果

本試験は模擬客室で実施した。天井照明①は230lxの照度で固定し、天井照明②の照度は3段階設定した。図1に試験風景を示す。本試験のアンケートでは、車内の広さの印象、快適度およびそう感じた理由について調査した。

表1に本試験のテーブル面照度の設定とアンケート結果を示す。ここで設問1は広いと回答した割合、設問2は高いと回答した割合、設問3は快適側（非常に快適、快適、やや快適）に回答した割合を表す。試番1⇒試番2、試番4⇒試番5、試番5⇒試番6と天井を明るくする方向へ変化させた場合に、車内が広く、または天井が高く感じる割合が増加したことから、車両の天井を明るくすると、広く高く見える効果が期待できることが示唆された。

表1 照明設定およびアンケート結果（天井を高く見せる機能）

	照明設定	試験結果		
	天井照明①+②	設問1 広さ	設問2 高さ	設問3 快適性
試番1	420lx	20%	—	70%
試番2	990lx	80%	80%	70%
試番3	650lx	20%	0%	60%
試番4	420lx	0%	0%	50%
試番5	650lx	70%	80%	80%
試番6	990lx	100%	60%	70%



図1 試験風景
（天井を高く見せる機能）

4・2 時間を演出する機能

4・2・1 概要

お客さまの車内での状況は、時間帯に応じて仕事に向かう時間や旅行先に向かう時間、帰宅時間といったように変化する。この変化に対応することで快適性が向上すると考えられる。具体的には天井照明の色温度を変化させることとした。例えば朝は仕事等に向かうため色温度が高い照明が好まれ、夜は帰宅のためリラックスすることから色温度が低い照明が好まれると仮定した。

4・2・2 試験方法および結果

本試験は模擬客室で実施した。本試験のアンケートでは、車内の快適度およびそう感じた理由、色温度がどの時間に適しているかについて調査した。

表2に天井照明①の設定と試験結果を示す。設問1（入室直後）と設問3（5分経過後）は快適側（非常に快適、快適、やや快適）に回答した割合、設問2は選択した時間帯の割合を表す。照明の第一印象である設問1では3000Kが好まれ、5分体感後は3000Kと4200Kが快適であると感じられた。また自由意見では6000Kに「気持ち悪い色」という意見があった。

時間帯選択では想定通り色温度が高い試番では朝、色温度が低い試番では夕方以降が選択される割合が多かった。この時間的な変化を取り入れることで、より快適な空間を提供できる可能性を示唆している。

表2 照明設定および試験結果 (時間を演出する機能)

	照明設定		試験結果				
	天井照明 ①	設問1 快適性	設問2 時間帯				設問3 快適性
			朝	昼	夕方	夜	
試番1	3000K	60%	10%	0%	70%	70%	70%
試番2	4200K	50%	30%	80%	10%	10%	70%
試番3	6000K	20%	40%	20%	10%	30%	30%

4・3 空間的にパターンをつける機能

4・3・1 概要

鉄道車両は幅、高さ比べレール方向の長さが非常に長く、区切りのない空間となっている。そこでレール方向の照明にパターンを持たせて空間を区切ることで、落ち着き効果を与えることを検討した。

4・3・2 試験方法および結果

本試験はE2系車内で試験を実施した後、模擬客室で追試を行った。E2系車内では荷棚下および通路部(足元)にスポットライトを設置した。その結果として快適性が向上したが、足元の照明は快適性向上に大きく寄与しなかったことから、追試では荷棚下のみにスポットライトを設置した。図2に試験風景を示す。なお天井照明①の照度は400lxで固定した。スポットライトは被験者の任意の照度に調整し、ライト直上の照度を測定した。本試験のアンケートでは、快適性およびその理由、照明から感じるキーワードを調査した。

表3に照明の設定と追試の結果を示す。設問1は快適性の評価区分に点数付け(非常に快適:3、快適:2、やや快適:1、やや不快:-1、不快:-2、非常に不快:-3)を行い、評価の加重平均を算出した。この結果から、照明の色温度が低いほうが快適性は向上することが示唆された。また、設問2では照明から連想するキーワードを複数回答させたとき、半数以上が選択したキーワードを表に記載した。ここから、空間を区切る照明の色温度によって時間や季節を表現できる可能性が示唆された。

なお、照度設定の個人差は大きく現れたが、平均値は各試番で1000lx~16000lxとなった。

表3 照明設定および試験結果 (空間的にパターンをつける機能)

	照明設定 (色温度設定)		試験結果	
	天井照明①	スポットライト	設問1	設問2
			快適性	キーワード
試番1	2700K	3000K	1.75	夜、秋、落ち着き
試番2	2700K	4200K	1.33	昼
試番3	2700K	6000K	1.25	朝
試番4	4200K	3000K	1	夜
試番5	4200K	4200K	0.83	清潔感
試番6	4200K	6000K	0.67	寒い、清潔感



図2 試験風景
(空間的にパターンをつける機能)

4・4 開扉ドア案内機能

4・4・1 概要

駅停車時に開扉するドアはアナウンスおよび車内表示器で示している。しかしデッキにいると放送が聞きづらく、表示器も見えないため、どちら側のドアが開扉するかわからないことがある。そこで、開扉する側のドアを明るく照らすことで、お客さまが開扉するドアを認識でき、スムーズな降車が可能になるか検証を実施した。

4・4・2 試験方法および結果

本試験はE2系車内で試験を実施し、スポットライトを側引戸の前に設置した。図3に試験風景を示す。被験者がデッキ中央に

待機した状態でスポットライトを片側のみ点灯させ、開くと思われるドアを向くよう指示した。

本試験の結果、90%の被験者がスポットライトを点灯させた側のドアを向き待機した。理由として「照明が点灯したから」、「明るかったから」などの意見が多かった。ここから、アナウンスや車内表示器が無い場合でも、照明により開扉ドアを案内することができるという示唆された。



消灯 点灯

図3 試験風景 (開扉ドア案内機能)



図4 試験風景 (異常時の避難誘導機能)

4・5 異常時の避難誘導機能

4・5・1 概要

異常時にお客さまを車外に誘導する場合、迅速な避難経路の確保と経路に沿った効率的な避難誘導が求められる。その際、通路等にラインランプを設置し点灯することで避難経路を表示し、点滅等で避難方向を示すことで、効率的な避難が可能になると考えられる。

4・5・2 試験方法および結果

本試験はE2系車内で試験を実施し、ラインランプを客室端から通路に沿って設置した。試験風景を図4に示す。被験者が前位側3列目で待機した状態で、後位側(避難方向)に約1m/sで白色に点灯するようにラインランプを動作させ、被験者に避難するよう指示した。

本試験の結果、90%の被験者がラインランプで示した誘導方向に移動し、誘導方向に移動した被験者全員から、「足元の光が誘導であると感じた」「点滅の方向に合わせた」という主旨の意見があった。近い位置にデッキがあるにも関わらずランプの点灯方向に避難したことから、本機能により、アナウンスや表示が無い場合でも、避難してほしい方向に誘導できることが示唆された。

5. 結言

本研究では鉄道車両における車内照明の機能について検討を行い、試作照明を用いて被験者試験を実施し効果の確認を行った。「天井を高く見せる機能」「時間を演出する機能」「空間にパターンをつける機能」については効果が高いことが分かった。また照明による情報提供機能では、照明の調光、調色機能や点滅等の動作で様々な情報を与えることができることがわかり、サービスの提供、異常時のスムーズな避難など、様々な面で効果を発揮できる見込みを得た。

今後、効果が確認できた機能について営業車への搭載方法や使用方法を検討し、快適性向上につながる照明システムを検討していくことが課題である。

参考文献

- 1) 田淵義彦, 中村肇, 長谷川吾郎: 雰囲気分析に基づくりビング空間の照明技法の開発, 照明学会誌, 69巻 10号, pp.35-41, 1985
- 2) 小平恭宏: 北陸新幹線E7/W7系のLED客室照明, 照明学会誌, 99巻 7号, pp.347-350, 2015
- 3) 村上公一: 建築空間における建築化照明, 照明学会誌, 83巻 3号, pp.153-156, 1999