

# 鉄道車両におけるスマートフォン利用時の快適照明環境に関する研究

郭 鐘聲\* 尾崎 鷹谷 田淵 義彦 須田 義大 (東京大学)  
矢野 かおり 出羽 悟 藺田 秀樹 齋藤 浩司 (東日本旅客鉄道)

Study on Comfortable Lighting Environment for Smartphone Use in Railway Trains  
Jongseong Gwak\*, Takaya Ozaki, Yoshihiko Tabuchi, Yoshihiro Suda (The University of Tokyo)  
Kaori Yano, Satoru Dewa, Hideki Sonoda, Koji Saito (East Japan Railway Company)

To construct the optimal lighting for smartphone use in railroad vehicles, we investigated the effects of ambient lighting and smartphone luminance on readability and visual comfort. The relationship between the screen luminance of smartphones, the illuminance of the ambient lighting, and the personal lighting was investigated in the laboratory and actual vehicle environment. The results showed that the illuminance of the space in the central and effective field of vision should be higher than that of the space in the peripheral field of vision to improve readability and comfort when using a smartphone. This suggests that personal lighting may be effective in improving readability and visual comfort when using smartphones.

キーワード：室内環境質，照明快適性，個別照明，スマートフォン，可読性  
(Indoor Environmental Quality, Lighting Comfort, Smartphone, Personal lighting, Readability)

## 1. はじめに

車室内環境は様々な要素に構成されており，その中で照明は乗客の心身状態に影響する重要な要素の一つであると考えられる<sup>(1)</sup>。乗客が鉄道車両を利用する目的や，車両内で行う行動は様々であるため，車室内の照明環境は機能主体の明視照明と快適性主体の雰囲気照明<sup>(2)</sup>としての役割の両方を果たす必要があると考えられる。近年，LED 照明の開発が進んでおり，鉄道車両の車室内にも使用されている。LED 照明は調光と調色機能を有しており，明視性向上や多様な雰囲気作り<sup>(3)</sup>への活用が期待できる。

先行研究にて著者らは，鉄道車両における車内照明の機能向上を目的とし，LED 照明の配置，照度，色温度などを調整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など，雰囲気照明について検討した<sup>(4)</sup>。一方，近年 COVID-19 感染症の流行に伴い，在宅勤務やリモート会議など，仕事を行う場所の制約がなくなり，移動中においても様々なタスクを行う場面が増えることを想定し，新幹線オフィスの運用なども行われている<sup>(5)</sup>。その中，タスク支援のための車室内環境づくりもより大事になってくる。車室内で主に利用されるものとして，スマートフォン，タブレット PC，ノート PC を利用する場面における明視照明についても検討が必要であると考えられる。特にスマートフォンは他の媒体に比べ，注視対象の面積が狭く，スクリーン内の文字などを読む際に有効視野および

周辺視野に入る照度や色温度の影響を受けやすいと考えられる。そこで本研究では，車室内の最適な明視照明を構築することを目的とし，鉄道車両の車室内でスマートフォンを利用する際における可読性(文字の読みやすさ)，好視性(視覚的な好ましさ)について，環境側の照明パラメータとスマートフォンの画面輝度に関するパラメータによる影響を検討した。

## 2. 方法

本研究では，一般的に車室内の天井に設置され，車室内を照らす全体照明に加え，各座席を対象とした個別照明の活用を想定し，スマートフォン利用時における照明の影響について実験参加者を対象に検討を行った。基礎的な検討として，外部の光の影響を受けない実験室での評価を行ったうえで，昼光の影響を受け得る日中の実車環境での評価を行った。実験参加者には東京大学ライフサイエンス倫理審査専門委員会の審査を受け，承認を得た実験内容を説明し，インフォームドコンセントを得た上で実施した。その実験内容について以下に述べる。

### 2.1. 実験室における評価

外部の光の影響を受けない空間内で，スマートフォンの可読性および好視性に最適な照明環境を調べるため，23 歳から 45 歳までの健常な男女 11 名 (平均 31.2 (S.D.=7.6) 歳，矯正視力 0.7 以上) を対象に実験を行った。

図 1 に示すように，暗幕を用いて外部からの光を遮蔽し

た空間にて、天井部には全体照明を、デスクの上には個別照明を想定した LED 照明をそれぞれ設置した。実験参加者の姿勢は座位とし、デスクの上にスタンドを用いてスマートフォン (iPhone8; 最大輝度  $570\text{cd/m}^2$ ) を設置した。椅子の高さ (41cm)、机の高さ (70cm)、スマートフォンから椅子の背もたれまでの距離 (40cm) は実験参加者間で一定に統制した。図 2 に示すように、スマートフォンの画面には背景色が白で文字が黒の文書を映し、その環境下でスマートフォンの画面輝度 (2, 140,  $570\text{cd/m}^2$ ) と全体照明による周辺照度 (400, 750,  $900\text{lx}$ ) を因子とし、条件ごとに評価基準として「①文字が読みやすい (可読性) 照度, ②好ましく感じる (好視性) 照度」になるよう、個別照明の照度を実験参加者に調整してもらい、その際のスマートフォン周辺の照度を計測した。

## 2.2. 実車における評価

昼光の影響を受け得る実車空間内で、スマートフォンの可読性および好視性に最適な照明環境を調べるため、20 歳から 44 歳までの健常な男女 10 名 (平均 33.5 (S.D.=7.9) 歳, 矯正視力 0.7 以上) を対象に実験を行った。

図 3 に示すように、実際の路線を走る新幹線車両内に個別照明を想定した LED 照明を設置した。個別照明, スマートフォン, 椅子の位置関係は 2.1 の実験環境と類似していたが、車室内の天井照明をつけた際にスマートフォン周辺の照度は昼光がない場合 (トンネルや駅内) に約  $330\text{lx}$  であり、窓側のブラインドを下した状態から輝度が約  $640$  (S.D.=430)  $\text{cd/m}^2$  の昼光が入る状態であった。2.1 の実験と同様にスマートフォンの画面には背景色が白で文字が黒の文書を映し、その環境下でスマートフォンの画面輝度 (2, 140,  $570\text{cd/m}^2$ ) を要因とし、条件ごとに評価基準として「①文字が読みやすい照度, ②好ましく感じる照度」になるよう、個別照明の照度を実験参加者に調整してもらい、その際のスマートフォン周辺の照度を計測した。

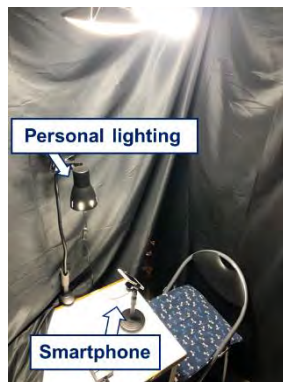


図 1 実験室内における照明の設置様子

Fig. 1. View of lighting in experimental environment.

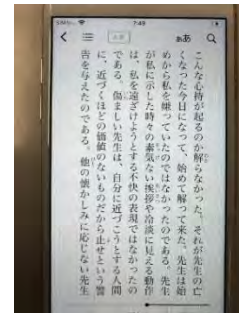


図 2 スマートフォンの画面

Fig. 2. Screen of smartphone.



図 3 新幹線車両内における照明の設置様子

Fig. 3. View of lighting in railroad vehicle.

## 3. 結果と考察

### 3.1. 実験室環境における評価結果

図 4 にスマートフォンの画面輝度, 全体照明による周辺照度, 評価基準を要因とした実験条件にて, 実験参加者に個別照明の照度を調整させた際に計測した周辺照度の結果を示す。3 要因分散分析の結果, スマートフォン画面の輝度 ( $p < 0.001$ ), 全体照明による周辺照度 ( $p < 0.001$ ) の主効果は有意であり, 評価基準の主効果は有意傾向 ( $p = 0.057$ ) であった。スマートフォン画面の輝度と評価基準との交互作用は有意傾向 ( $p = 0.099$ ) であった。その他の要因間の交互作用は有意ではなかった。スマートフォン画面の輝度が高いほど, 全体照明による周辺照度が高いほど, 個別照明の照度を高く設定した。可読性が良いと感じる条件より, 好ましく感じる条件の場合に照度を高く調整する傾向がみられた。特にスマートフォン画面の輝度が  $570\text{cd/m}^2$  の場合に, 可読性が良いと感じる条件より, 好ましく感じる条件の場合に照度をより高く調整した。

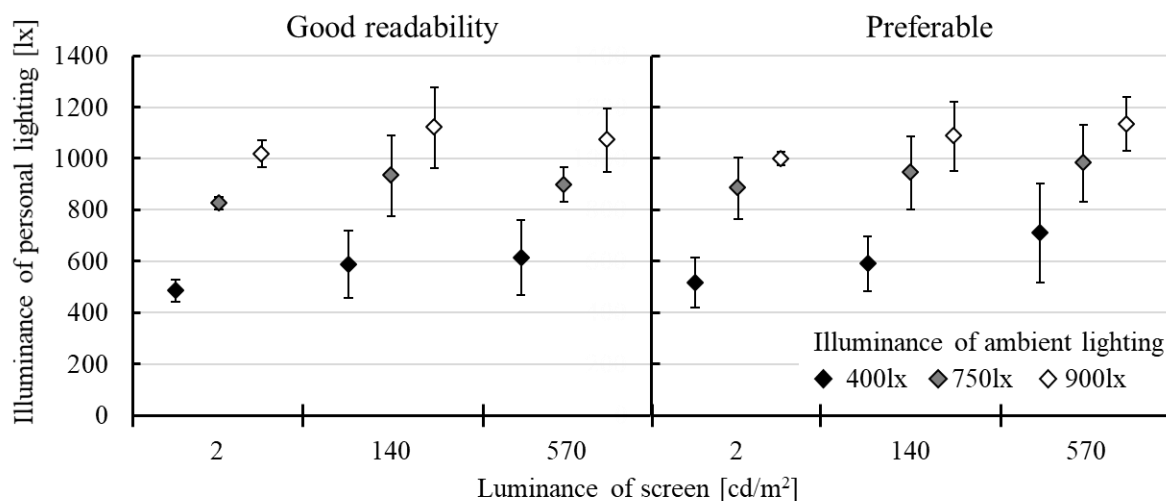


図 4 実験室環境における評価結果

Fig. 4. Evaluation results in case of experimental environment.

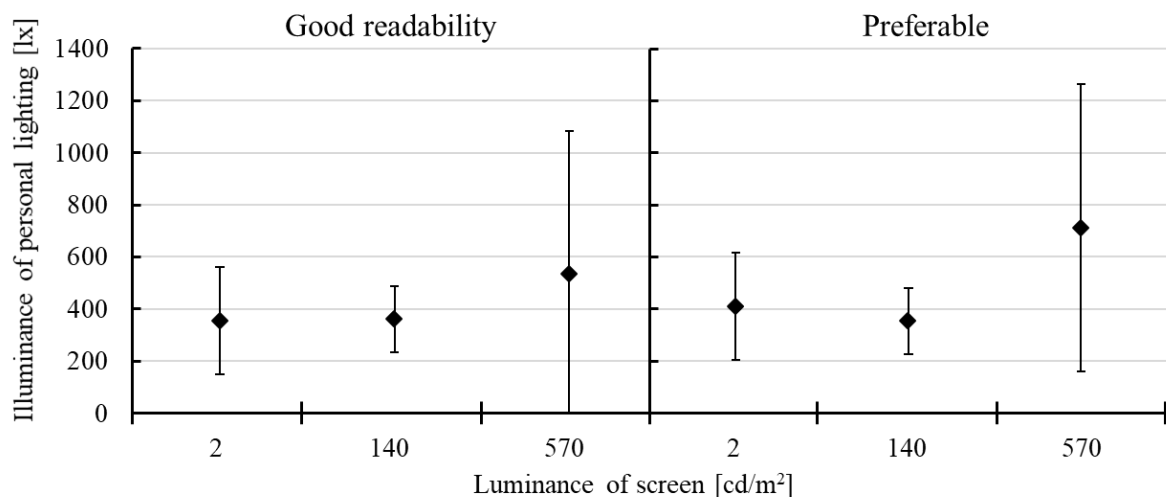


図 5 実車環境における評価結果

Fig. 5. Evaluation results in case of railroad vehicle.

3.2. 実車環境における評価結果

図 5 にスマートフォンの画面輝度と評価基準を要因とした実験条件にて、実験参加者に個別照明の照度を調整させた際に計測した周辺照度の結果を示す。2 要因分散分析の結果、スマートフォンの画面輝度 ( $p=0.037$ ) の主効果は有意であり、評価基準の主効果と要因間の交互作用は有意ではなかった。スマートフォン画面の輝度が  $570\text{cd/m}^2$  の場合に、他の条件より個別照明の照度を高く設定した。一方、実車実験では実験室環境での結果と異なり、可読性が良いと感じる条件と、好ましく感じる条件との間に設定照度の有意差が無い結果となった。

3.3. 考察

外光の影響がない実験室での評価結果により、全体照明による周辺照度が高くなるほど、画面の可読性・好視性向上のためにスマートフォン周辺の照度をより高く設定することが確認できた。乗客がスマートフォンを見ている際に、全体照明は乗客の周辺視野の範囲を含む空間を照らし、個別照明は主に乗客の有効視野の範囲内を照らすこととなる。上記の結果は中心視野と有効視野に入る空間の照度が周辺視野に入る空間の照度より高い方が、スマートフォン利用時の可読性と好視性を向上することを示唆する。また、可読性と好視性向上のための周辺照度の設定値が異なり、特に

スマートフォンの画面輝度が高い 570cd/m<sup>2</sup> 状態では、可読性向上のための調整照度より好視性向上のための調整照度の方が 50~100lx 高かった。この結果は、可読性と好視性のための最適照度は必ずしも一致しない可能性を示唆する。画面内の文字と背景の色コントラストのみならず、画面の輝度と周辺の輝度の差による中心視野と有効視野の輝度コントラストの強さもスマートフォンの画面の可読性に影響する可能性があり、一方、可読性が良い状態より個別照明の輝度を上げ、中心視野と有効視野と輝度コントラストを弱めることが好視性の向上に繋がる可能性が示唆された。

昼光が入射する実車環境でもスマートフォン画面の輝度が高くなるほど可読性と好視性のために周辺照度を高く設定しており、個別照明が有効である可能性が示唆された。一方、実験室環境の結果と異なり、可読性と好視性向上のための調整照度に差が現れず、バラツキも大きい結果となった。この結果はトンネルや周囲地形・建物などの影響により窓側の輝度が変化する環境によるものであると考えられる。今回は昼光の輝度を連続的に測定できておらず、バラツキの要因について明確に考察できていないため、今後はその計測も含め、周辺の照度に変化する環境における検討が必要である。

#### 4. まとめ

鉄道車両の車室内でスマートフォンを利用する際における最適な明視照明を構築することを目的とし、画面の可読性（文字の読みやすさ）、好視性（視覚的な好ましさ）について、環境側の照明パラメータとスマートフォンの画面輝度に関するパラメータによる影響を検討した。実験室および実車環境においてスマートフォンの画面輝度、全体照明の照度、個別照明の照度との関連性について調べた結果、中心視野と有効視野に入る空間の照度が周辺視野に入る空間の照度より高い方が、スマートフォン利用時の可読性と好視性を向上する可能性が示唆され、その様な照明環境づくりのために個別照明が有効であることが示唆された。

今後は、文書を読む作業以外のスマートフォンの利用場面およびタブレット、ノート PC 利用時など、多様な場面における検討を行う予定である。

#### 文 献

- (1) 田淵義彦：照明技術開発における快適性研究の重要性，照明学会誌，Vol.78, No.11 p.585-590 (1994)
- (2) 照明学会編：照明ハンドブック，照明学会 (1978)
- (3) 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)
- (4) 矢野かおり，出羽悟，野口純，野島昭彦，菌田秀樹，白木直樹，齋藤浩司，郭鐘聲，田淵義彦，須田義大：鉄道車両における車内照明の機能向上，第 28 回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2021)
- (5) JR 東日本：新幹線オフィス車両，<https://www.jreast.co.jp/shinkansen-office/> (Accessed on 28 October 2022)