

自動車前照灯用バルブ型 LED の照射特性 に関する評価

仮屋 孝二

第一工科大学 工学部 機械システム工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

Evaluation of the irradiation characteristics of bulb-type LED for automotive headlights

Kohji KARIYA

Department of Mechanical systems Eng., Faculty of Eng., Daiichi Institute of Technology (1-10-2 Kokubuchuo, kirishima-shi, kagoshima 899-4395)

Abstract: In this study, we used a headlamp tester to examine the correlation between high and low beams and the irradiation characteristics of halogen headlights and bulb-type LED headlights, based on inspection standards for automotive headlights. Researched and analyzed. Compared to the proper irradiation characteristics of a halogen headlight, when replacing it with a bulb-type LED headlamp, the irradiation direction did not fully satisfy the compatible range, but the irradiation intensity increased 2 to 3 times. The irradiation intensity with respect to the irradiation time decreased by about 10% after 3 minutes with the LED type, and by about 30% after 40 minutes. After that, there is little change until 120min. The halogen type gradually decreases by about 10 to 20% until after 60 minutes, and then there is little change until 120 minutes. The irradiation direction with respect to the irradiation time hardly changes for both the LED type and the halogen type from immediately after turning on to 120 minutes later. In addition, as a result of investigating the irradiation characteristics in intermittent irradiation and the temperature of the light source with respect to irradiation time, it was found that the relationship between luminous intensity and light source temperature is stronger in the LED type than in the halogen lamp type.

Key words: LED automotive headlight, Irradiation characteristics, Irradiation light intensity, Low beam, High beam

1. 前書き

近年、自動車の電動化・電子化が急速に進展する中で、自動車用前照灯の機能も年々進化を遂げている。例えば、対向車や先行車がいる場合に前方車両にまぶしさを与えないように自動でロービームに切替える自動前照灯切替え機能や道路環境に応じて自動的にそれぞれの環境に合わせた照射配光になるように制御する配光可変型前照灯システム等が開発されている。

光源については、高光度で広い照射範囲を持つことで視認性が向上し、エネルギー効率が高いへ

ッドライトとして発光ダイオード（以下、LED）が採用され始めている。新型車両ではヘッドライトユニット内基板型 LED の搭載が増えているが、ハロゲン式前照灯を LED 式へ交換できるバルブ型も販売されており、普及が一段と加速している。LED は従来のハロゲンランプやキセノンランプと比べて低電力で動作するため、燃費を改善することができる⁽¹⁾。また、LED は長寿命であるためメンテナンスコストの削減ができ、さらに、高光度で広い照射範囲を持つことで夜間の運転での視認性が向上する⁽²⁾と考えられる。

自動車用前照灯は夜間に十分な視界を提供することにより安全運転を支援することが求められる^{(3),(4)}が、その一方で高度化した前照灯が歩行者に与える影響について、ハイビームとロービームの各照射配光特性には検討すべき点が残されている⁽⁵⁾。これらの点はLED式前照灯に対しても同様の課題であり、さらに光源の光度劣化に対する信頼性の把握も必要である⁽⁶⁾。

そこで本研究では、道路運送車両法の検査基準に基づいて、ハロゲンランプ仕様から交換可能なバルブ型LEDの照射特性および照射時間に対する特性について調査分析した。また、比較検討のため従来のハロゲンランプの照射特性の測定も行った。

2. 実験方法

2.1 実験車両と前照灯試験機

本実験に用いた車両は、ハイビームとロービームの各ヘッドライトを兼用する2灯式前照灯のハロゲンランプ(H4)仕様のスズキ製(型式:HA23S)である。2灯式前照灯ユニットの外観を図1に示す。照射方向の調整により、ハイビームとロービームの照射方向が同時に変化する前照灯ユニットであり、中心高さは1m以下である。

前照灯試験機は、イヤサカ製の画像処理自動正対式ヘッドライトテスタ(型式:ALT-375)を用い、照射方向、光度および受光部の取付け高さを測定した。前照灯試験機の外観を図2に示す。照射方向の基点は、ハイビームでは最高光度点、ロービームではカットオフを有する測定モードにてエルボー点である。光度測定点は、ハイビームは最高光度点、ロービームでは照度部中心から左方23cm、下方11cmの位置に道路運送車両法の検査基準で規定されている⁽⁷⁾。



Fig.1 Appearance of 2-lamp headlight unit.



Fig.2 Appearance of headlight testing machine.

2.2 LED式照射特性の測定方法

ハロゲン式ハイビームを照射し前照灯試験機にて左右ライトの照射方向をハイビームの適合範囲中心である「前方10mの位置において左右0cm・上下0cm」に調整する。調整方法は、ヘッドライトユニットに用意されている上下および左右方向の調整ねじを用いる。同車両のヘッドライトをロービームに切替えて、照射方向および光度を測定し、適正なハイビーム照射方向に対するロービームの照射方向を確認する。次に、ハロゲンランプ(H4)をバルブ型LED(色温度6,000K)に交換し、ハイビームおよびロービームのLEDでの照射方向および光度を測定する。実験に用いたハロゲンランプおよびバルブ型LEDを図3および図4に示す。

さらに、照射時間による照射特性の影響を検討するために、ハイビームを適合範囲中心に調整し、LEDおよびハロゲンランプでの照射時間に対する照射特性および光源の温度を測定する。光源の温度測定には非接触型温度計を用いた。



Fig.3 Appearance of halogen lamp.

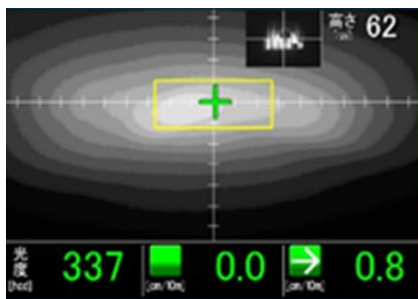


Fig.4 Appearance of bulb-type LED lamp.

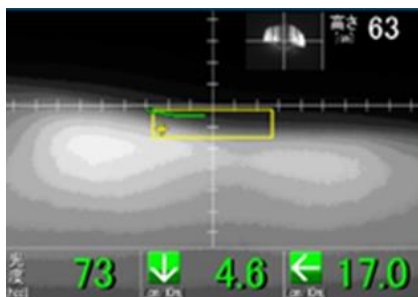
3. 実験結果および考察

3.1 適正なハイビーム特性に対するロービームの照射特性

ハロゲン式ハイビームを適合範囲中心に調整した右ライトのハイビームとロービームの各照射配光特性を図5に示す。図中の四角の枠内は検査時の照射方向適合範囲、+は光度測定点を示し、下部の数字と矢印は左から光度，上下の向き，左右の向きをそれぞれ示す。右上部の数字は受光部の取付け高さである。光度の検査基準は、ハイビーム 150 hcd 以上，ロービーム 64 hcd 以上と規定されている。切替えたロービームの照射方向は左 17.0 cm 下 4.6 cm となり，適合範囲内ではあるが適合範囲中心からは離れている。光度は 73 hcd で，基準を満たしている。



(a) High beam

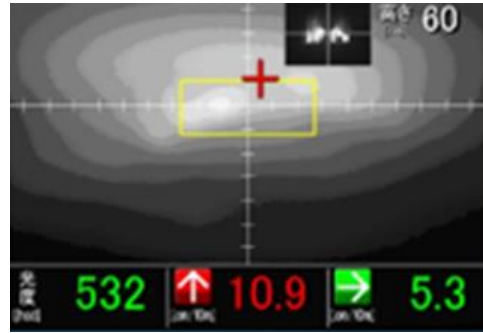


(b) Low beam

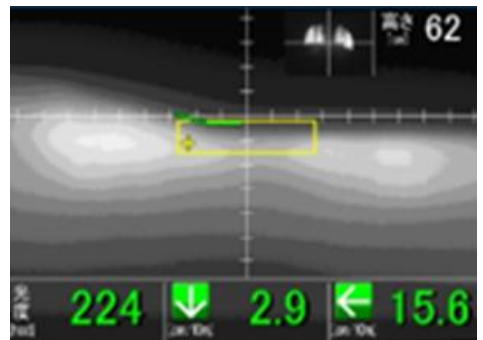
Fig.5 Irradiation characteristics of the right light of the halogen lamp.

3.2 LED の照射特性

ハロゲンランプをバルブ型 LED に交換した右ライトのハイビームとロービームの各照射配光特性を図6に示す。ハイビームの照射方向は右 5.3 cm 上 10.9 cm，ロービームの照射方向は左 15.6 cm



(a) High beam



(b) Low beam

Fig.6 Irradiation characteristics of the right light with halogen lamp replaced with LED.

下 2.9 cm であり，それぞれの適合範囲を十分に満足していない。光度はハイビームが 532 hcd，ロービームが 224 hcd となり，ハロゲンランプに対してそれぞれ 1.6 倍，3.1 倍に上昇した。よって，照射方向の再調整をすれば視認性の向上につながると考えられた。

配光の特徴は，ハロゲンランプと比較するとハイビームでは上下方向の配光幅が広く，ロービームでは左右に分離している高光度部分がより鮮明となった。なお，高光度部分が左右に分離している要因は，ハロゲンランプでも同様なため（図5(b)参照），ヘッドライトユニット特有の影響である。

3.3 照射時間に対する照射特性の影響

LED 式およびハロゲン式の照射時間に対するハイビームの照射光度の変化を図7に示す。

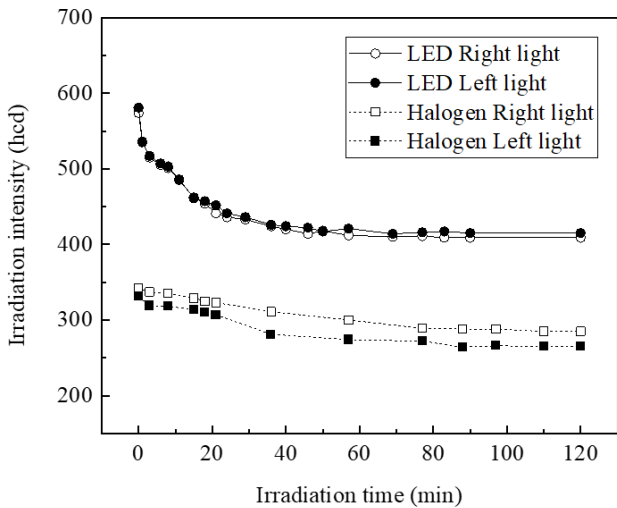
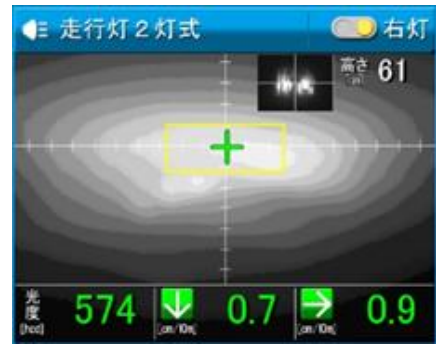


Fig.7 Relationship between high beam irradiation intensity and irradiation time for LED and halogen lamps.

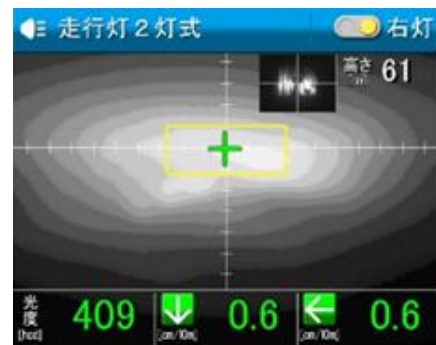
LED式の照射直後の光度は、左ライト 581 hcd, 右ライト 574 hcd に対し、120 min 照射後の照射光度は左ライト 417 hcd, 右ライト 409 hcd となり、左右共に約 3 割低下した。LED 右ライトの照射直後と 120 min 照射後の照射配光特性を図 8 に示す。LED 式の照射光度の変化状況は、3 min 後に約 1 割、15 min 後に約 2 割、40 min 後に約 3 割それぞれ低下し、その後 120 min まで光度の変化は少ない。

ハロゲン式の照射直後の照射光度は、左ライト 331 hcd, 右ライト 342 hcd に対し、120 min 照射後の照射光度は左ライト 266 hcd, 右ライト 306 hcd となり、左ライト約 2 割、右ライト約 1 割低下した。ハロゲン式右ライトの照射直後と 120 min 照射後の照射配光特性を図 9 に示す。照射光度の変化状況は、60 min 後まではなだらかに約 1~2 割低下し、その後 120 min まで光度の変化は少ない。また、照射方向は LED 式およびハロゲン式共に照射直後から 120 min 照射後までほとんど変化はない。

以上の実験結果より、継続検査等での照射特性の測定は、ハロゲン式の場合は照射直後でも影響は少ないが、LED 式の場合は照射直後ではなく、15~20 min 照射後の測定が実際の車両走行状態での照射光度を正確に示すと考えられた。

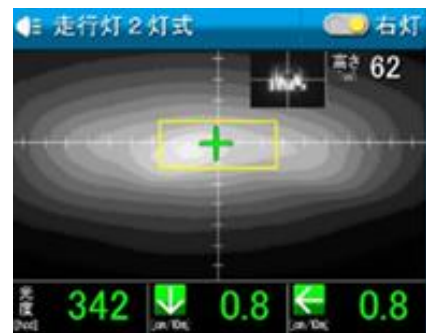


(a) Immediately after lighting

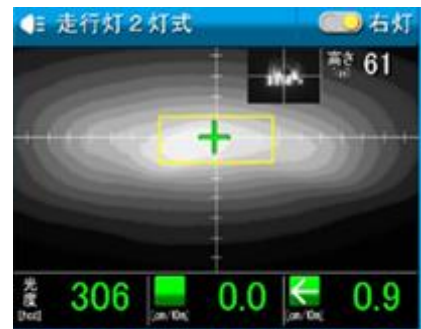


(b) After 120 minutes

Fig.8 Irradiation characteristics of the right LED versus irradiation time.



(a) Immediately after lighting



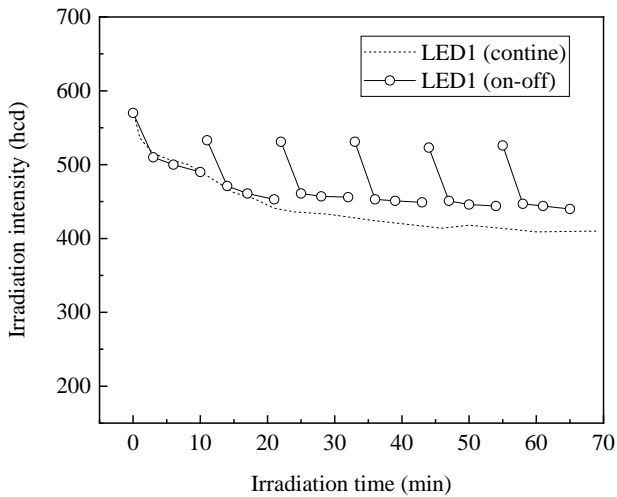
(b) After 120 minutes

Fig.9 Irradiation characteristics of the right halogen lamp versus irradiation time.

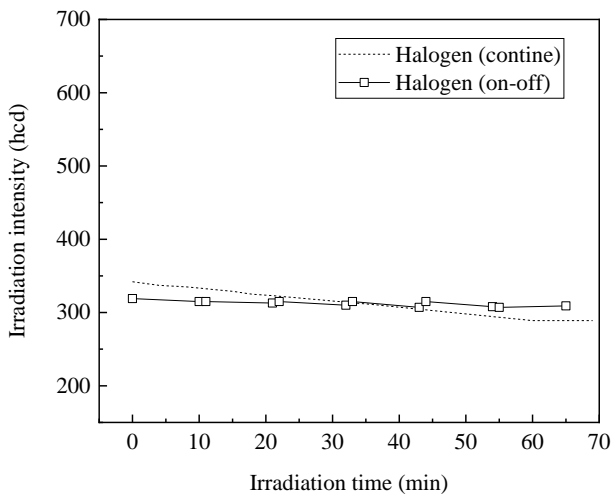
3.4 断続照射による照射特性の影響

連続照射における光度低下の特徴を調べるために、断続照射でのハイビームの光度測定を行った。断続照射の内容は、照射 10 min 後に消灯 1 min、再び照射 10 min 消灯 1 min を計 6 回繰返した。LED 式およびハロゲン式の各右ライトの断続照射と連続照射の光度を比較したものを図 10 に示す。なお、測定の間隔は、LED 式は照射直後と 3 min 後、6 min 後、10 min 後に測定し、ハロゲン式は照射直後と 10 min 後に測定した。

LED 式の照射光度は、1 min 消灯後の照射で 13~18%上昇するが、3 min 照射後は約 15%低下し、10 min 照射後の光度は連続照射 20 min 時の光度と同等となった。



(a) LED



(b) Halogen lamp

Fig.10 Irradiation intensity of high beam by intermittent irradiation.

ハロゲン式では、1 min 消灯後の照射光度の変化は少なく、特に 20 min 経過までは光度の変化はない。

照射方向は、照射直後から LED 式およびハロゲン式共に変化はなかった。

3.5 照射時間に対する光源温度の変化

照射時間に対する照射光度の変化を分析するために、ハイビームでの光源の温度を測定した。図 11 に LED とハロゲンランプの各右ライトにおける、照射時間に対する光源後部の温度変化を示す。

LED は、約 10 min 照射後に急激に 50 °C まで上昇し、30 min 照射以降は 120 min まで約 65 °C で安定した温度となった。連続照射における光度は、20 min まで大きく低下したが、その傾向と同様に光源温度の上昇も 20 min までに大きく上昇しており、LED では光度と光源温度の関係性は強いと考えられた。

ハロゲンランプは、約 20 min 照射後まで急激に 70 °C 付近まで上昇した。その後約 40 min までなだらかに LED 式を約 20 °C 上回る 80 °C となり、120 min まで変化はなかった。光源温度の上昇値は LED より高いが、光度に対する影響は少ないと考えられた。

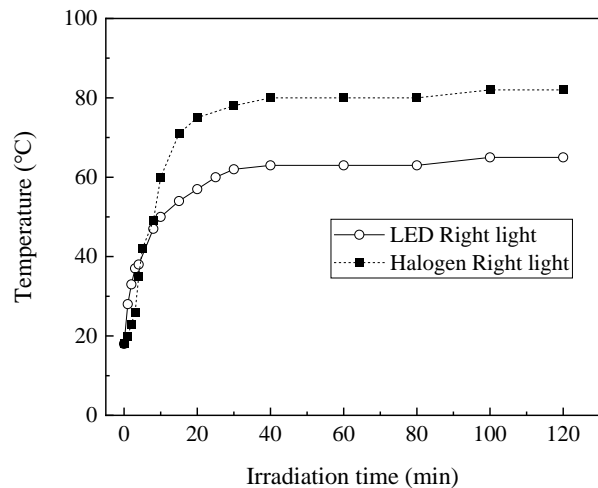


Fig.11 Relationship between high beam light source temperature and irradiation time for LED and halogen lamp.

3. 結 び

道路運送車両法の検査基準に基づいて、ハロゲン式前照灯とバルブ型 LED 式前照灯の照射特性について検討した。主な結論は以下の通りである。

- (1) ハロゲン式前照灯での適正な照射特性に対してバルブ型 LED 式に交換した場合、照射方向はハイビームおよびロービーム共に適合範囲を十分に満足しない。照射光度は、1.6 倍と 3.1 倍にそれぞれ上昇した。
- (2) 照射時間に対するハイビームの照射光度は、LED 式では 3 min 照射で約 1 割低下し、40 min 後には約 3 割低下した。その後、120 min まで変化は少ない。ハロゲン式は 60 min 後までなだらかに約 1~2 割低下し、その後 120 min まで変化は少ない。照射時間に対する照射方向の変化は、LED 式およびハロゲン式共に照射直後から 120 min 後までほとんどない。
- (3) 断続照射によるハイビームの照射光度は、LED 式では 1 min 消灯により 2 割弱上昇するが、3 min 照射後は約 1.5 割低下し、連続照射 20 min 時の光度とほぼ同等となった。ハロゲン式の 1 min 消灯後の照射光度は連続照射時の光度と同等であり、断続照射による影響はほとんどない。断続照射による照射方向の変化は、LED 式およびハロゲン式共になかった。
- (4) 照射時間に対する光源温度の変化は、LED では約 10 min 照射後までに急激に温度が上昇し、30 min 照射以降は約 65 °C で安定した。ハロゲンランプは、約 20 min 照射後まで急激に約 70 °C 付近まで上昇後、約 80 °C で安定した。LED は、ハロゲンランプより光度と光源温度の関係性が強いと考えられた。

4. 謝 辞

本研究は、JSPS 科研費 JP22K12928 の助成を受けて実施したものであり、ここに記して謝意を表す。

5. 参考文献

- (1) 志村涉, 鈴木央一, “前照灯の点灯が燃費に与える影響”, 自動車技術会論文集, Vol.52, No.2, (2021), pp. 505-510.
- (2) 綿貫圭一, “自動車内装照明用 LED の視認性・疲労低減特性の向上”, 車載テクノロジー, Vol.9, No.9, (2022), pp. 41-49.
- (3) 山根健, “自動車用ヘッドライト, テールランプの技術動向と今後の展望”, 車載テクノロジー, Vol.6, No.3, (2018), pp. 1-8.
- (4) 佐々木勝, “白色 LED を使用した自動車用ヘッドランプ”, レーザー研究, 第 38 巻, 第 8 号, (2010), pp. 589-593.
- (5) 青木義郎, 戸高信一, 守屋輝人, 後藤亮, “前照灯の照射パターンによる歩行者被視認性の変化—グレアレス ADB 配光による歩行者被視認性—”, 自動車技術会 2018 年秋季大会学術講演会講演予稿集, (2018), 20186134.
- (6) 石田進, 水島明子, 秦昌平, “LED 光源の光度劣化評価”, エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集, Vol.23, (2009), pp. 172-173.
- (7) 五十嵐務, “自動車検査員・整備主任者の完成検査の実務”, 整研出版社, 第 36 版, (2022), pp. 96-98.