

ヘッドランプの種類や灯光の色の違いによる視認性の検証 (第2報) *

下洞 智志¹⁾ 菅沼 義一²⁾

Headlamp Tests for Visibility Varying with Makes and Light Colors (Second Report)

Satoshi Shimobora Yoshikazu Suganuma

This is another report of our tests to verify the differing visibility depending on the makes and light colors of headlamps. In the last report, we made an observation on the results of the tests that were initiated to confirm a student's witness. He found differences in visibility after changing his car's original halogen lamp to a newly-bought high intensity discharge headlamp (HID). This time we have further gone to test the LED head lamp in consideration of the trendy usage of LED headlamps to its advantage. We have fixed LED lamps on a test car and measured the LED headlamp's quantitative visibility varied by conditions of road surfaces, weather and color temperatures. We have compared the test results of three kinds and defined elements of the LED head lamp.

KEY WORDS: electronics and control, light emitting diode light, lamp visibility, illuminance (E1)

1. ま え が き

第1報では、自動車に使用されるハロゲン・ヘッドランプより明るく、消費電力も少なく、長寿命であるディスチャージ・ヘッドランプ(以下HID)の視認性について検証を行った。その結果、HIDはハロゲン・ランプより同じ消費電力でも光度が高く、乾燥路面では視認性が良かった。しかし雨天時や湿潤路面における視認性は、ハロゲン・ランプにおいては乾燥路面と比較しそれほど低下しないが、HIDは大きく低下することを確認した。さらにHIDは色温度の異なる製品が存在するが、色温度が高いほど雨天時や湿潤路面における視認性の低下割合が大きいことを報告した。

2007年にレクサスLSシリーズに初めて搭載されたLEDヘッドランプは国産の電気自動車やハイブリッド車にも多く採用され普及が進んでいる。自動車メーカー純正LEDヘッドランプは、従来のハロゲン・ランプやHIDのようにバルブ交換型ではなく、ヘッドランプユニット一体型である。また走行状態や対向車及び先行車の有無等によって自動的に配光を制御するシステムを搭載した車両もある。そのため一般的にLEDヘッドランプには先進的なイメージがある。

今回、本学学生から自車の純正ハロゲン・ランプが暗いため、LEDランプにバルブ交換すると、明るくなりかつ視認性が向上するののかという相談を受けた。さらに、自動車用品店には比較的安価に入手できるハロゲン・ランプ交換型のLEDラ

*2018年8月2日受理。第50回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2) 高山自動車短期大学(506-8577 岐阜県高山市下林町1155番地)

ンプが販売されているとのことから、実際に店頭で確認したところ、HIDは色温度が4300K、6000K、8000K、12000Kと、灯光の色も純白色から青白色まで様々な種類があるのに対し、LEDヘッドランプは色温度が6000Kから6500K、灯光の色は純白色のみとHIDと比較すると種類は少なかった。また消費電力はHIDが35Wや55Wであるのに対し、LEDヘッドライトは25W、35W、40WとHIDより消費電力の少ないものが販売の主流であった。

そこで本研究では、ハロゲン・ランプ及びHIDと比較してLEDヘッドランプの視認性にはどの程度の違いがあるのか、またHIDより少ない消費電力でどの程度の視認性が得られるのかを検証したので、ここに報告する。

2. 実 験 条 件

2.1. 実験車両とヘッドランプ

実験車両は、第1報と同じ車両を使用した。その諸元を表1に、外観を図1に示した。

表1 実験車両諸元

車名	トヨタ
型式	GH-NCP25
総排気量	1500 cm ³
アイドリング回転	650~750min ⁻¹
ヘッド・ランプ・バルブの種類	H4
カット・オフ	有り
ヘッドライト取り付け高さ	71 cm

この車両の純正ヘッドランプにはハロゲン・ランプが使用

されているが、市販のヘッドランプ交換用バルブには色温度 6000K のものが多いため、本実験でも色温度 6000K の LED ヘッドランプ及び HID を使用することとした。また一般走行時は主にすれ違い前照灯を使用するため、本実験もすれ違い前照灯のみを用いた。消費電力は、純正ハロゲン・ランプのすれ違い前照灯が 55W であるため、HID は 55W を使用したが、LED ヘッドランプは 55W のものが販売されていなかったため、40W、35W、25W の 3 種類の製品を使用した。



図 1 実験車両

2.2 光軸と光度の測定方法

光軸と光度の測定には、表 2 のヘッド・ライト・テスタを使用した。実験車両のオルタネータ及びバッテリーは新品、完全充電状態とし、タイヤの空気圧を基準値に調整後、すれ違い前照灯にて左右の振れを 0 cm、上下の振れを下向き 8.5 cm に調整した。さらに実験車両のヘッド・ランプ・バルブを交換した場合は、その都度光軸に狂いが無いことを確認した。

表 2 ヘッド・ライト・テスタ諸元

メーカー名	BANZAI
型式試験番号	JASEA-H-27
製品型式	IDP-3000
商品型式	HT-312
測定方法	手動式・集光式
測定距離	1m
光度計指示範囲	走行用前照灯光度 0~1200 (hcd) すれ違い用前照灯 0~800 (hcd)
車両正対装置	望遠鏡方式

2.3 路面照度

ヘッドランプに照らされた路面の明るさの違いを調査するため、表 3 の照度計を使用し路面照度を測定した。

表 3 照度計諸元

メーカー名	Laserliner
手動レンジ	20.001x, 200.01x, 20001x, 200001x, 200.0001x
精度	3%V (λ) 適合 2%コサイン角度補正
センサー	シリコンフォトダイオード
スペクトルレンジ	320nm~730nm
サンプリング速度	≥2 測定/秒

測定はヘッドランプ点灯状態の実験車両に運転者が 1 名乗車した状態で、アスファルト路面上の実験車両の車両中心線

上の前方 5m から 5m おきに前方 40m までの 8 ヶ所で照度計を路面に置き測定した。

2.4 運転席光量

各ランプの視認性を評価するために、ヘッドランプの照射光がどの程度運転席まで反射光として届いているのかを運転者の目線の高さに保持した照度計で反射光の照度（以下運転席光量）を測定した。なお、すべての測定はそれぞれの条件について 5 回測定し、その平均値を実験結果とした。

2.5 路面条件

晴れた夜における視認性と、雨の夜における視認性の比較をする場合、雨量によって視認性に違いが出ることは当然考えられる。しかし同じ雨量を再現しての実験は非常に困難であるため、今回は晴れの日と雨上がりの濡れた路面における視認性の違いについて比較実験を行った。

実験は、まず晴れた路面の条件（以下乾燥路面）で測定し、次に路面に十分水をまき、雨上がりの条件を作り（以下湿潤路面）測定し、比較検証のため、時間雨量 1mm 程度のときの雨天時の測定（以下雨天時）も後日行った。

3. 実験結果

3.1 ヘッドランプの種類による光度の比較

図 2 はヘッドランプが純正のハロゲン・ランプ、消費電力 25W、35W、40W の各 LED ヘッドランプ、HID における光度の測定結果（左右の平均値）を表す。

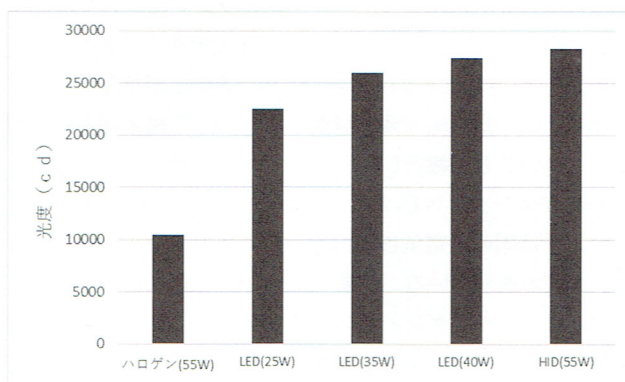


図 2 光度の比較

ハロゲン・ランプの光度は、10400cd、25W の LED ヘッドランプは 22500cd、35W の LED ヘッドランプは 26000cd、40W の LED ヘッドランプは 27400W、HID は 28200cd であった。HID が最も光度が高く、LED ヘッドランプは消費電力が低くなるにつれ光度も低くなり、ハロゲン・ランプの光度が最も低いことがわかる。

3.2 ヘッドランプの種類による路面照度の違い

図 3 は乾燥路面における路面照度の測定結果を表す。乾燥

路面では、15m前方までは光度が最も高かった HID の路面照度が高く、40W、35W、25W と LED ヘッドランプは消費電力の順に路面照度も低くなり、最も光度が低かったハロゲン・ランプの路面照度が最も低いことがわかる。

20m より遠方ではヘッドランプの種類による照度の違いは僅かになるが、40m 前方まで HID、40W、35W、25W の LED ヘッドランプ、ハロゲン・ランプの順で照度が高いままであり、路面照度はランプの光度に依存していることがわかる。

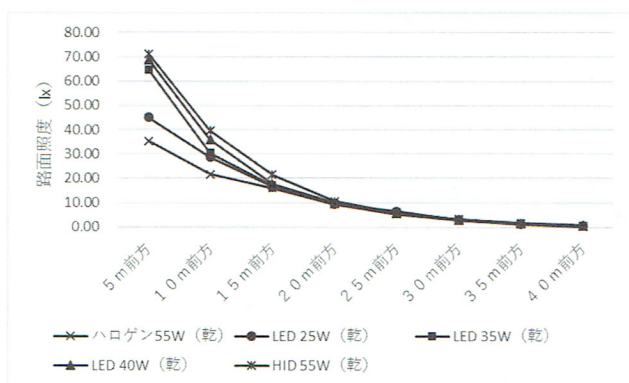


図3 乾燥路の路面照度

図4は湿潤路面における路面照度の測定結果を表す。路面が乾燥していても、湿潤していてもヘッドランプが路面を照らす照度に差は生じないと考えられるがその確認を行った。結果は予測通り全く変わらなかった。このことは、ヘッドランプから届く光は路面の状態には左右されないことを示している。

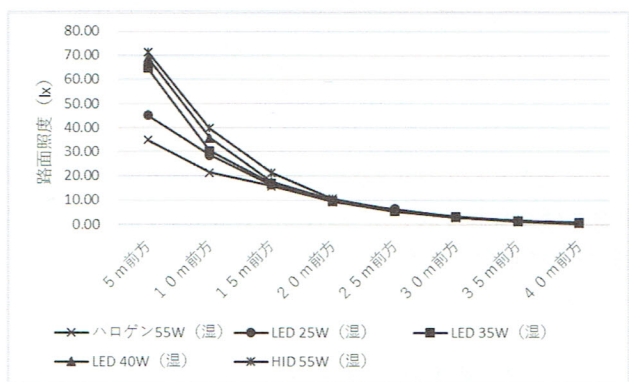


図4 湿潤路の路面照度

図5は雨天時における路面照度の測定結果を表す。雨天時の路面照度は、ハロゲン・ランプで最大31x、HID、25W、35W、40WのLEDで最大41x照度が低下することがわかった。これは、雨粒が光を乱反射させることで光が届きにくくなったと考えられる。

また、雨天時には15m前方で、ヘッドランプの種類による路面照度の違いがほぼなくなり、20m前方では25W、35W、40WのLEDヘッドランプ、HIDの路面照度がハロゲン・ランプの路面照度を下回り、25m前方では25W、35W、40WのLEDヘッド

ランプ、HIDの路面照度がハロゲン・ランプの路面照度より11x低くなっている。このことはハロゲン・ランプの淡黄色より、LEDヘッドランプやHIDの純白色の光のほうが雨粒によって乱反射されやすく、光が届きにくくなったことが原因であると考えられ、一般的な認識と一致する結果となった。

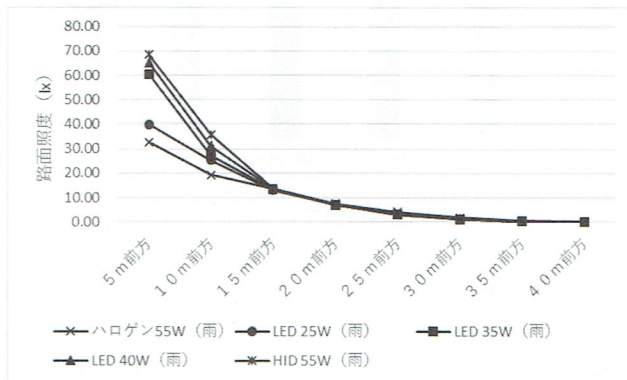


図5 雨天時の路面照度

3.3 ヘッドランプの種類による運転席光量の違い

図6は乾燥路面における運転席光量の測定結果を表す。運転席光量はHIDが0.90lxと最も高く、40WのLEDヘッドランプが0.84lx、35WのLEDヘッドランプが0.77lx、25WのLEDヘッドランプが0.69lxと低くなっていき、ハロゲン・ランプが0.42lxとなり最も低くなることからわかる。これは光度の測定結果と同じ傾向であり、ランプの光度が高いと運転席光量も高くなるといえる。

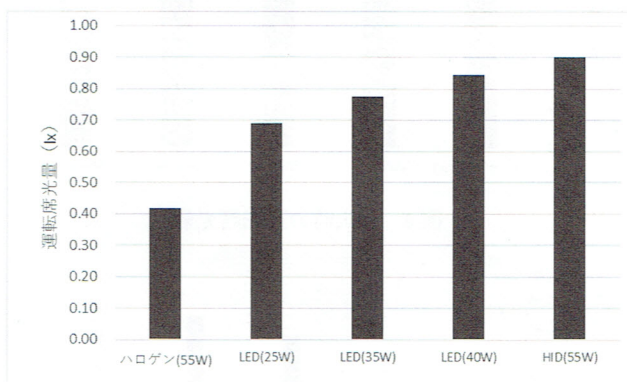


図6 乾燥路面での運転席光量

図7は湿潤路面における運転席光量の測定結果を表す。測定結果は、HIDの運転席光量が最も高く、40WのLEDヘッドランプ、35WのLEDヘッドランプと順に低くなっていき、25WのLEDヘッドランプではハロゲン・ランプとほとんど差がない結果となった。乾燥路面の結果と比較すると全体的に反射光が減少していることもわかり、これもハロゲン・ランプの淡黄色より、LEDヘッドランプやHIDの純白色の光が路面の水で乱反射しやすく光が運転席まで返ってこないためだと考えられる。

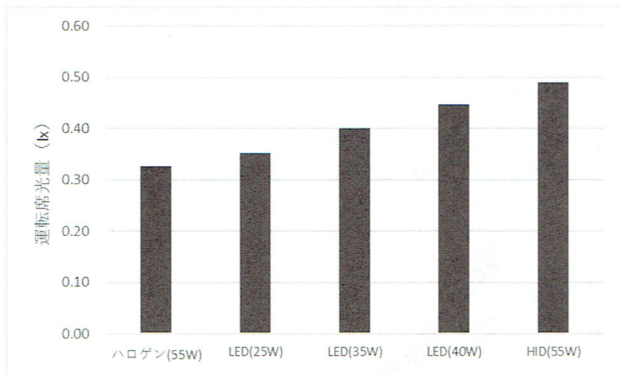


図7 湿潤路面での運転席光量

図8は雨天時における運転席光量の測定結果を表す。雨天時においては HID の運転席光量が最も高いのは湿潤路面と変わらないが、25W の LED ヘッドランプとハロゲン・ランプの運転席光量が同じという結果になった。また 35W、40W の LED ヘッドランプ、HID の運転席光量もハロゲン・ランプと比較し大きな差がない結果となった。これは純白色の光が雨粒によってより強く乱反射され運転席光量が減少したのものと考えられる。

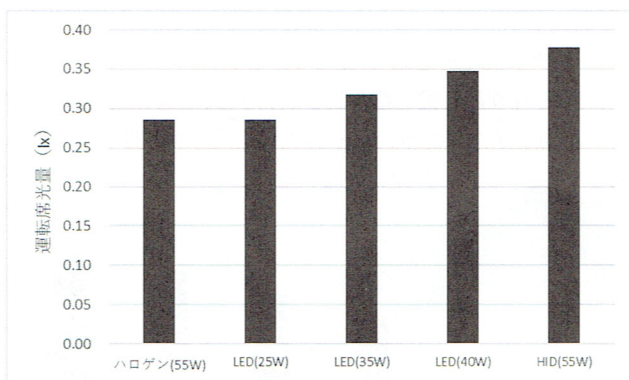


図8 雨天時の運転席光量

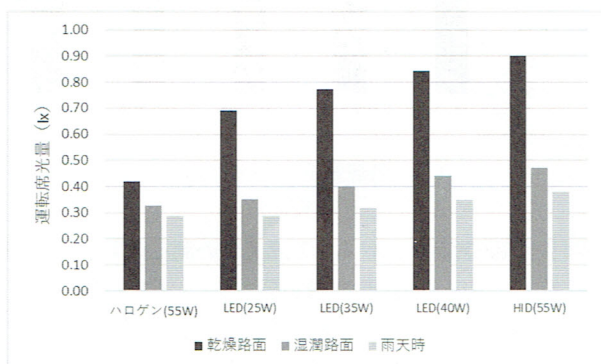


図9 運転席光量の比較

改めて、図9に運転席光量の比較をまとめて示した。雨天時が最も運転席光量が減少することがわかる。ここで注目すべきは、ハロゲン・ランプでは乾燥路面と湿潤路面、さらに雨天時でも大きな運転席光量の低下が生じていないのに対し、

HID、LED ヘッドランプは、湿潤路面における低下が著しいことがわかる。そのため湿潤路面、雨天時においては、ハロゲン・ランプと HID、LED ヘッドランプでは大差ない結果となっている。

こうした特性を数値化するために、乾燥路面に対し湿潤路面の運転席光量がどの程度になるのかを示す「雨天時視認性 (%)」を以下の式で定義した。

$$\text{雨天時視認性 (\%)} = \frac{\text{湿潤路面又は雨天時の運転席光量}}{\text{乾燥路面の運転席光量}} \times 100$$

雨天時視認性 100%とは乾燥路面と、湿潤路面（または雨天時）における運転席光量が同じであることを示し、雨天時視認性 0%とは運転席光量が 0 であることを示す。

図10に今回の実験による雨天時視認性を示す。この比較結果から、最も天候による視認性の変化が少ないのはハロゲン・ランプであることがわかった。

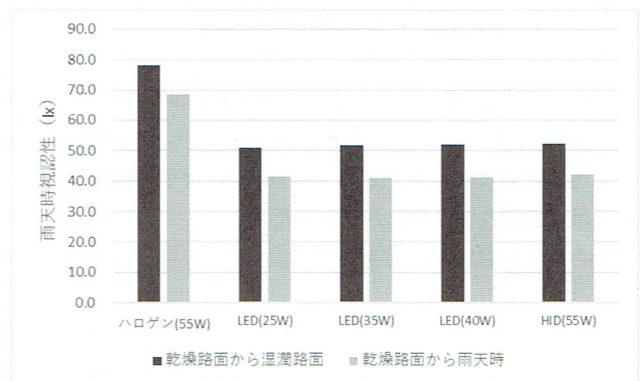


図10 雨天時視認性

また HID と LED ヘッドランプは、路面が濡れているだけで視認性は 50%程度低下し、雨天時は更に見にくく感じる運転者の感覚を数値化することに成功した。

4. まとめ

本研究により以下のことが明らかになった。

- (1) 色温度 6000K で比較した場合、光度は HID が最も高く、LED ヘッドランプは消費電力が小さいほど光度は低下する。
- (2) 乾燥路面と湿潤路面のように、路面状態の変化は路面照度に影響を与えない。雨天時では雨粒の影響により路面照度は低下する。
- (3) ランプの光度が高いほど路面照度も高くなるが、色温度 6000K は灯光の色が純白色であるため光が乱反射しやすく、車両からの距離が遠くなるとハロゲン・ランプの照度と変わらなくなる。
- (4) ランプの光度が高いほど運転席光量も高くなるが、湿潤

路面、雨天時ではLEDヘッドランプ、HIDは運転席光量の減少が多くなり、ハロゲン・ランプとの差が少なくなる。

- (5) ハロゲン・ランプは、光度が最も低かったが、湿潤路面での雨天時視認性が78%、雨天時での雨天時視認性が68%と、路面及び天候の変化における視認性の低下が最も小さかった。
- (6) LEDヘッドランプは、光度はハロゲン・ランプより高かったものの、湿潤路面での雨天時視認性がおよそ51%から52%、雨天時での雨天時視認性がおよそ41%となり、路面及び天候の変化により雨天時視認性が半分以下にまで悪化した。
- (7) HIDも光度はハロゲン・ランプより高かったが、湿潤路面での雨天時視認性が52%、雨天時での雨天時視認性が42%であり、路面及び天候の変化により視認性が悪化した。
- (8) HIDおよびLEDヘッドランプは雨天時視認性の低下が大きいため視認性が悪く感じるが、湿潤路面、雨天時ともにハロゲン・ランプと同等以上の運転席光量が得られる。

5. あとがき

今回の実験で、LEDヘッドランプの長所として光度がハロゲン・ランプより高く灯光の色も白いため晴天時は明るい。短所として湿潤路面や雨天時には運転席光量の減少率が大きく、より暗く感じるということで、前回報告したHID同様の結果になった。

HIDからLEDヘッドランプに交換しても雨天時の視認性向上にはつながらないが、HIDより少ない消費電力でHIDと同程度の視認性が得られることがわかった。またLEDヘッドランプは、純正のハロゲン・ランプより消費電力が少ないにも関わらずハロゲン・ランプより光度が高いことや、乾燥路面ではハロゲン・ランプより路面照度が高いこと、湿潤路面や雨天時は運転席光量が半分からそれ以下になるため視認性が悪く感じられるが、ハロゲン・ランプと大差ない運転席光量が得られていることから、自動車の消費電力を抑えるためにはLEDヘッドランプは有効であるといえる。

今回はアスファルト路面にて乾燥路面、湿潤路面、雨天時での実験となったが、今後は地域性を生かし積雪路面、降雪時などでも実験を行って行く予定である。

謝辞

本研究にあたり財団法人東京自動車技術普及協会の御助成を頂いたことをここに記して感謝の意を表します。併せて本研究にご協力いただきました本学教職員の皆様にも、この場をお借りして感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 下洞智志, 菅沼義一 ヘッドランプの種類や灯光の色の違いによる視認性の検証, 自動車整備技術に関する研究報告誌第43号 p32-36 (2014)
- (2) 発行者, 井水治博, 編者, LED照明推進協議会: LED照明信頼性ハンドブック第2版, 東京, 日刊工業新聞社, 2015, p245