

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*

下洞 智志¹⁾ 菅沼 義一²⁾

Headlamp Tests for Visibility Varying with Makes and Light Colors

Satoshi Shimobora Yoshikazu Suganuma

This is a report of our tests to verify the differing visibility of the halogen headlamp and the high intensity discharge headlamp (HID). Our tests have been motivated by a student's witness. He, following the trendy usage of HID's to their advantage, changed his car's original halogen lamp to a newly-bought HID, and found differences in visibility between the two lamps depending on driving circumstances. To confirm this witness, we have conducted a questionnaire survey to our students in regard to HID's including their feel of illumination. We have further gone to test the two kinds of lamps in order to measure and compare their quantitative visibility varied by conditions of road surfaces, weather and color temperatures. We have defined strong points of the HID.

Key Words: electronics and control, light, lamp visibility, halogen lamp, HID (E1)

1. ま え が き

近年、自動車のヘッドランプにはハロゲン・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）が多く採用されている。また最近では純正でハロゲン・ランプを使用している車両のヘッドランプも安価にてHIDに交換が可能であり、HIDを使用している車両が多く見受けられる。それに伴い、HIDの灯光の色も多様化し、ファッション性の高い純白色やハロゲン・ランプに近い淡黄色など様々な種類の色のHIDが販売されている。

ある学生よりHIDに交換したところ、晴天時は明るく視認性は向上したが、雨天時は非常に視認性が悪くなったとの相談を受けた。話を聞いたところ、純正はハロゲン・ランプであったが自動車用品店にて購入したHIDに交換した。使用したHIDは消費電力55W、色温度は8000K（ケルビン）であることがわかった。

HIDには前述したように様々な灯光の色があるが、灯光の色は色温度で分類されており、ヘッドランプには4300K、6000K、8000K等が使用されることが多く、数字が増えるほど灯光の色が白くなり8000Kを超えると青白色になる傾向にある。また出力は35W、55Wが多く使用され、純正は消費電力が少ない35W、色温度は4000Kから4300K程度のもが多く使用される。

そこで今回は、ハロゲン・ランプとHIDでは路面の状態や天候によって視認性に違いが発生するのか、また色温度の違

いによっても視認性に違いが発生するのかを検証した。

2. 学生からの聞き取り調査

学生よりHIDに交換したところ雨天時の視認性が非常に悪くなったとの話を聞いたが、HIDの視認性についてどの様に感じているのか車を所有している本学の学生60人に対しアンケート調査を行った。

まず、現在使用している車両のヘッドランプの種類についてのアンケートを行った結果、図1に示すように58%（35人）の学生がHIDを使用していることがわかった。そのうち5人が純正のHIDであり30人が純正のハロゲン・ランプからHIDに交換した学生であった。また図2は30人の学生が交換したHIDの種類を示す。

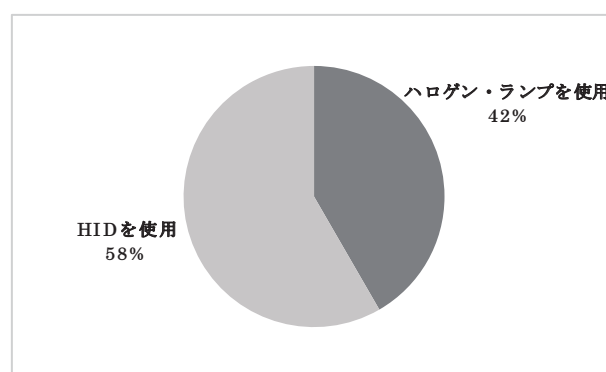


図1 現在使用しているヘッドランプ

次に、純正ハロゲン・ランプからHIDに交換した学生30人に対しHIDに交換後の晴天時と雨天時の視認性についてのア

*2014年8月6日受理。第46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）

アンケート調査の結果、晴天時については図 3 に示すように 33%の学生が非常に見やすい、60%の学生が見やすいと感じており、合わせると 93%の学生が見やすいと感じていることがわかる。また、雨天時については図 4 に示すように見やすいと感じている学生は 6%に対し、見にくいと感じている学生が 77%、非常に見にくいと感じている学生が 17%おり、合わせると 94%の学生が見にくいと感じていることがわかった。

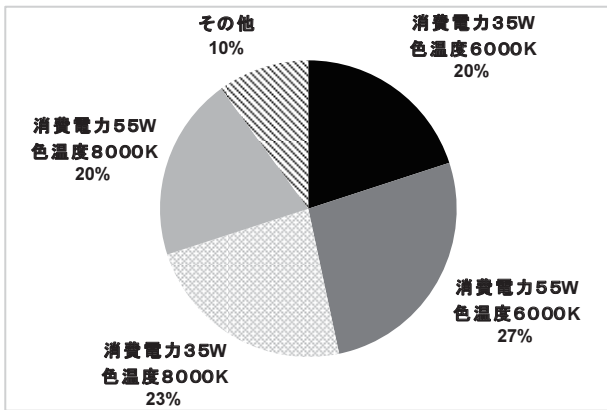


図 2 使用している HID の種類

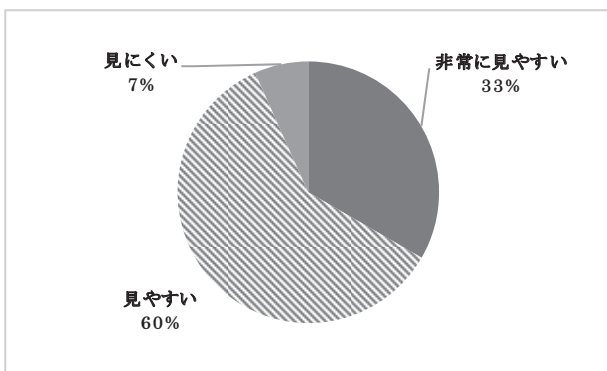


図 3 晴天時の視認性

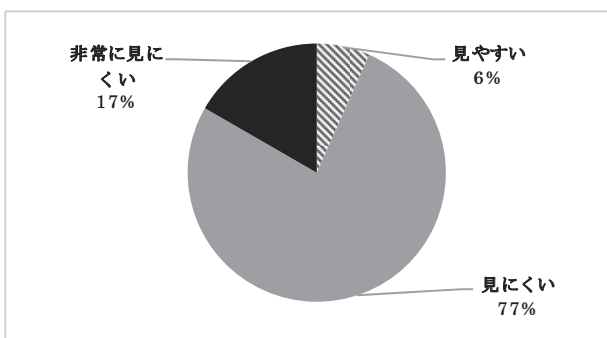


図 4 雨天時の視認性

3. 実験条件

3.1. 実験車両とヘッドランプ

実験は表 1 の車両を使用した。純正のヘッドランプにはハロゲン・ランプが使用されており、比較対象として純正の HID

に使用されることが多い 4300K と、アンケート結果より使用率の多かった 6000K と 8000K、さらに比較検証のため 12000K の HID を使用した。一般に走行しているときはすれ違い前照灯を使用していることが多いため、本実験はすれ違い前照灯のみを用いて行った。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 も 55W に統一した。

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

3.2. 光軸と光度の測定方法

表 2 のヘッド・ライト・テスタを使用し光軸と光度を測定した。実験車両はバッテリーを新品とし完全充電状態、オルタネータは新品、タイヤ空気圧を基準値に調整後に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、実験車両のヘッド・ランプ・バルブを交換した場合、その都度光軸に狂いが無いかを確認した。

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

3.3. 路面照度

ヘッドランプに照らされた路面の明るさにどの程度の違いがあるのかを調べるため、ヘッドランプを点灯させ路面を照射し、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	20.00lux, 200.0lux, 2000lux, 20000lux, 200.000lux
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

測定は実験車両に運転者が 1 名乗車した状態で、実験車両の車両中心線上的前方 5m から 5m おきに前方 40m までの 8 箇所照度計を路面に置いて測定した。路面はアスファルト路面にて測定した。

3.4. 運転席光量

ヘッドランプで路面を照射した照射光がどの程度運転席まで反射光として届いているかを確認するために、運転者の目線の高さには照度計を保持し、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。

3.5. 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、雨量による視認性の違いが当然考えられる。しかし同じ雨量での再現実験は予想以上に困難であるため、今回は晴れた日と雨上がりの濡れた路面における視認性の違いに着目し比較実験を行った。

実験は、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）測定した。比較検証ため、雨量1mmのときの雨天時の測定（以下雨天時）を行った。

4. 実験結果

4.1. ヘッドランプの種類による光度の違い

図5は、ヘッドランプが純正のハロゲン・ランプ、4300K、6000K、8000K、12000KのHID時における光度の測定結果（左右の平均値）を表す。



図5 光度の違い

ハロゲン・ランプの光度は、10400 cd、4300KのHIDは32900 cd、6000KのHIDは27400 cd、8000KのHIDは26200 cd、12000KのHIDは18000 cdとなり、4300KのHIDが最も光度が高く、以下6000K、8000K、12000Kと色温度が上がるにつれ光度は低下し、ハロゲン・ランプの光度が最も低いことがわかる。

4.2. ヘッドランプの種類による路面の照度の違い

図6は、乾燥路面における路面照度の測定結果を表す。乾燥路面においては、10m前方までは光度が最も高かった4300KのHIDの路面照度が高く、最も光度が低かったハロゲン・ランプの路面照度が低いことがわかる。しかし15m前方からは12000KのHIDの照度がハロゲン・ランプより低くなっている

ことがわかる。これは色温度が12000Kにもなると灯光の色に青色が多くなり、青色の光は距離が遠くなると拡散し遠くまで届かないことが原因であると考えられる。

35m前方からはヘッドランプの種類による照度の違いは小さくなるが、15m前方から40m前方まで4300KのHIDが最も照度が高く、以下6000K、8000KのHID、ハロゲン・ランプの順で照度が高く、12000KのHIDが最も照度が低いことがわかる。

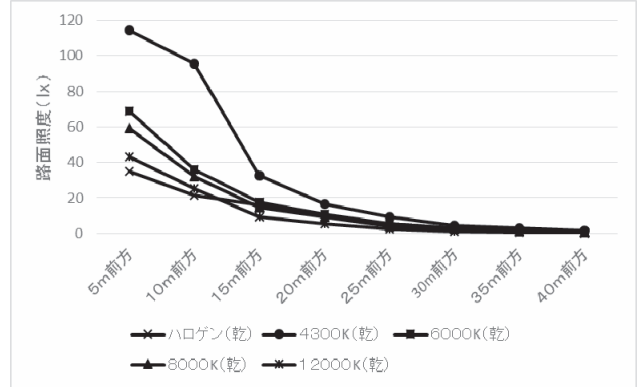


図6 乾燥路面の照度

図7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、濡れていても路面を照らす照度に差はないと考えられるが、その確認を行った。結果は、予想通り全く変わらない結果となった。これは路面が乾燥状態か濡れているかの違いだけであるため、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が確認された。

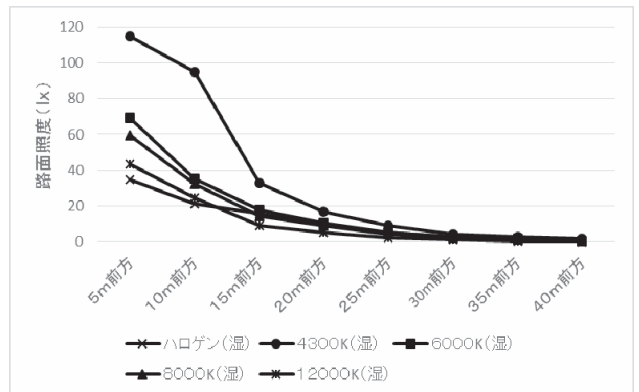


図7 湿潤路面の照度

図8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、4300KのHIDで最大3 lx、6000KのHIDで最大4 lx、8000KのHIDで最大5 lx、12000KのHIDで最大7 lxの照度の低下があることがわかった。これは、雨粒が光を乱反射させ光が遠くまで届きにくくなったことが原因だと考えられる。

また、雨天時には10m前方より12000KのHIDの照度がハロゲン・ランプより低くなることがわかる。これも青色の光が雨粒によってより乱反射され光が届かなくなったことが原因であると考えられる。色温度が上がることにより照度の低下

が若干増えることがわかるが、これも色温度が上がると青色の光が増えるため同じ理由であると考えられる。

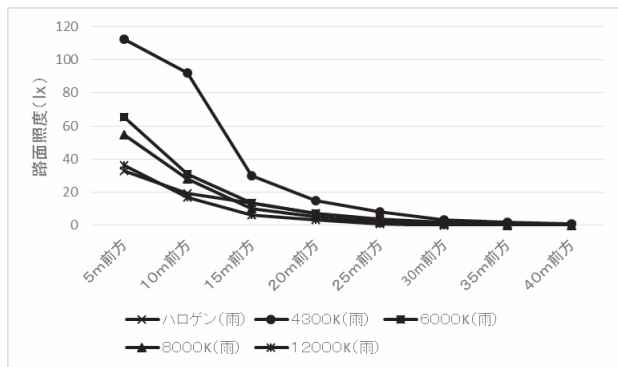


図8 雨天時の路面照度

4.3. ヘッドランプの種類による運転席光量の違い

図9は乾燥路面における運転席光量の測定結果を表す。



図9 乾燥路面の運転席光量

運転席光量は、4300KのHIDが1.24 lxと最も高く、6000KのHIDが0.87 lx、8000KのHIDが0.81 lx、12000KのHIDが0.60 lxと低くなっていき、ハロゲン・ランプが0.40 lxとなり、最も低くなるのがわかる。これは光度の測定結果と同じ傾向になり、光度が高いと運転席光量も高くなるといえる。

図10は湿潤路面における運転席光量の測定結果を表す。

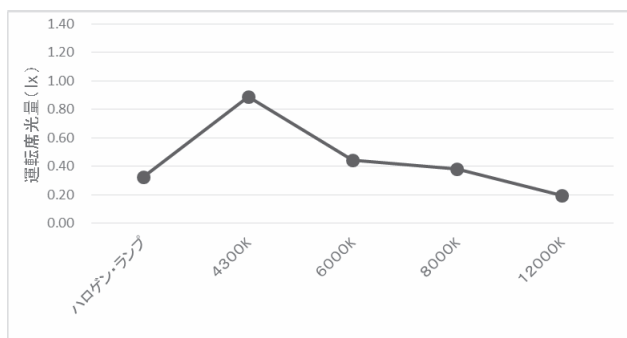


図10 湿潤路面の運転席光量

測定結果は、4300KのHIDの運転席光量が最も高く、6000K、8000KのHIDの順で低くなるまでは乾燥路面度と同じであったが、12000KのHIDはハロゲン・ランプの運転席光量より少

なくなった。また6000K、8000KのHIDの運転席光量は、ハロゲン・ランプとほとんど差がない結果となった。これは白または青色の光は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であると考えられる。また乾燥路面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る。

図11は雨天時における運転席光量の測定結果を表す。



図11 雨天時の運転席光量

雨天時においては、湿潤路面の測定結果と同様、4300KのHIDの運転席光量が最も高く12000KのHIDの運転席光量が最も低いという結果となった。これも青色の光が雨粒によってより乱反射され運転席光量が減少したと考えられる。また乾燥路面、湿潤路面と比較すると、最も運転席光量が減少していることもわかる。

図12に図9、図10、図11を重ね、比較したものを示す。

図12で注目されることは、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差が発生していないのに対し、HIDは乾燥路面と湿潤路面との差が大きく、湿潤路面における低下が著しいことがわかる。

そのため湿潤路面においては、ハロゲン・ランプと6000K、8000KのHIDでは大差ない結果となり、12000KのHIDではハロゲン・ランプより低い値となるのがわかる。

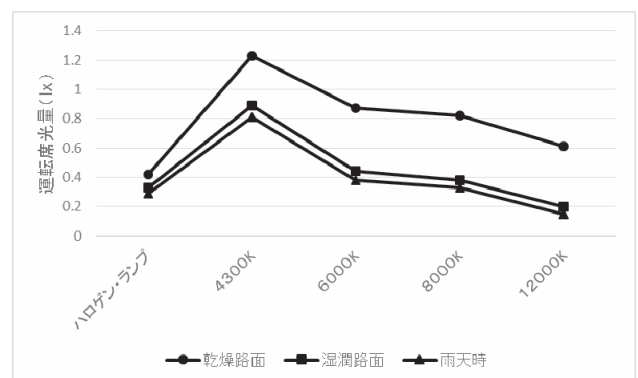


図12 運転席光量の比較

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何割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。

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

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いて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 13 に雨天時視認性を表す。

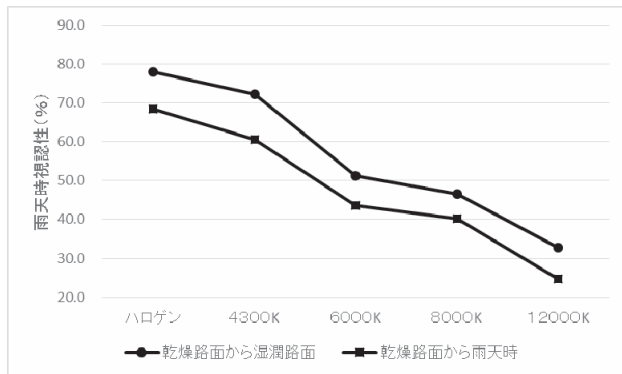


図 13 雨天時視認性

雨天時視認性の結果から、最も天候の違いによる視認性の変化が少ないのがハロゲン・ランプであることがわかった。

4300K の HID はハロゲン・ランプより劣るものの、それほど遜色のないことがわかる。

6000K と 8000K の HID は、路面が濡れているだけで視認性は 50% からそれ以下となり、雨天時は見にくいと感じる感覚を数値化することができた。

12000K の HID は 25~32% 程度に低下することがわかった。よって雨天時は危険であるとすらいえる。実験においても雨天時にはほとんど前方が見えず、もし対向車がいたら全く見えない状態となると考えられた。

5. まとめ

今回の実験より以下のことがわかった。

- (1) 光度は 4300K の HID が最も高く、以下色温度が増えると光度は低下する傾向にあり、ハロゲン・ランプの光度が最も低い。
- (2) 路面状態の変化は路面照度に影響しない。雨天時では雨粒の影響により路面の照度は低下する。
- (3) 光度が高いほど路面での照度も高くなるが、12000K の HID では灯光に青色の光が多く含まれるため光が乱反射してしまい、車両からの距離が遠くなるとハロゲン・ランプより照度は低くなる。
- (4) 光度が高いほど運転席光量も高くなるが、湿潤路面での 12000K の HID は運転席光量の減少が多くハロゲン・ランプより低くなる。また雨天時では 6000K、8000K の HID も運転席光量の減少が多くなり、ハロゲン・ランプとの差が小さくなる。

- (5) ハロゲン・ランプは、光度が最も低かったが、乾燥路面と湿潤路面を比較すると雨天時視認性が 78%、乾燥路面と雨天時を比較すると雨天時視認性が 68% で路面の変化、天候の変化における視認性の変化が最も低かった。
- (6) 6000K、8000K の HID は、光度はハロゲン・ランプより高かったものの、乾燥路面と湿潤路面を比較すると雨天時視認性が 6000K の HID が 51%、8000K の HID が 47%、乾燥路面と雨天時を比較すると雨天時視認性が 6000K の HID で 44%、8000K の HID で 40% となり、路面の変化、天候の変化により雨天時視認性が半分以下にまで低下し視認性の悪化につながる。
- (7) 12000K の HID も光度はハロゲン・ランプより高かったが、乾燥路面と湿潤路面を比較すると雨天時視認性が 32%、乾燥路面と雨天時を比較すると雨天時視認性が 25% となり、運転席光量の減少が著しく、路面の変化、天候の変化により視認性がかなり悪くなる。

6. あとがき

今回の実験で、HID 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、雨天時には運転席光量の減少率が大きく、雨天時にはより暗く感じる。

また、ハロゲン・ランプの長所として晴天時と湿潤路面、雨天時の変化が少なく路面、天候に変化があっても視認性の変化が少ない。短所として HID にくらべると光度が低く、暗い。ということがわかった。

4300K の HID は、乾燥路面と湿潤路面ではハロゲン・ランプより 6% 多く視認性が低下し、また、乾燥路面と雨天時ではハロゲン・ランプより 8% 多く視認性が低下したが、光度が最も高かったため視認性の低下は特に気にならず、最も視認性が良いと感じた。これが純正の HID に 4000K から 4300K の HID が使用される大きな理由ではないかといえる。

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、今後は未舗装路面や積雪路面、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) トヨタ自動車株式会社 ファンカーゴ修理書 LT-9~LT-11