

自動車用前照灯における照射特性の改善

仮屋 孝二¹⁾, 武田 隆宏²⁾

^{1),2)} 第一工業大学 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

E-mail k-kariya@daiichi-koudai.ac.jp¹⁾, t-takeda@daiichi-koudai.ac.jp²⁾

Improvement of irradiation characteristics in automobile headlights

Kohji KARIYA¹⁾, Takahiro TAKEDA²⁾

^{1),2)} Department of Mechanical systems Eng., Faculty of Eng., Daiichi Institute of Technology, kirishima, kagoshima, 899-4395

E-mail k-kariya@daiichi-koudai.ac.jp¹⁾, t-takeda@daiichi-koudai.ac.jp²⁾

Abstract: For domestic automobiles, safety standards have been established based on the Road Traffic Vehicle Law, and inspection systems have been introduced. The automotive headlight test which is one of the inspection items, inspection standards both high beam and low beam are provided. However, both tests are not currently performed. Therefore, by investigating and analyzing the irradiation characteristics of the high beam and the low beam with respect to the inspection standards, the optimum irradiation characteristics during nighttime operation will be examined, which will help reduce traffic accidents. The experimental results show that the high beam irradiation characteristics of an appropriate low beam inspection standard and the low beam irradiation characteristics of an appropriate high beam inspection standard are not satisfactory. In addition, the optimum adjustment method for each irradiation direction of high beam and low beam and low-luminosity irradiation characteristics were investigated.

Key words: Automotive headlight, Irradiation direction, Irradiation intensity, High beam, Low beam, Road Traffic Vehicle Law, Inspection system, Road Transport Vehicle Act

1. はじめに

自動車の安全装置には、事故を予防する予防安全装置と事故時に乗員を保護するための衝突安全装置があり、近年は安全志向の高まりを受けて搭載率が向上している。その効果もあり、日本における交通事故発生件数は減少しており、2019年は前年と比べて49,364件(11.5%)減少し381,237件であった。さらに、死傷者数も前年から64,388人(12.2%)減少し464,990人となっている。交通事故発生件数及び負傷者数は15年連続で減少したほか、死者数も減少傾向にあり現行の交通事故統計となった昭和23年以降で最少の3,215人となった。

死者数を昼夜別・状態別にみると、自動車乗車中、自転車乗車中、自動二輪車乗車中、原付乗車中については昼間の割合が約6割と高いのに対して、歩行者については夜間の割合が69.4%と昼間の2倍以上となっているおり、負傷者数についても同様な傾向である¹⁾。そのため、さらなる交通事故の削減には夜間の交通事故対策が重要である。

夜間走行に欠かせない前照灯は、運転者に対し視覚的な走行安心感を与え、対向車や周囲の歩行者にその存在を知らせる重要保安部品であり、機能として走行用前照灯(以下、ハイビーム)とすれ違い用前照灯(以下、ロービーム)に大別される。前照灯の使用状態は本来ハイビームで走行することが基本にあ

り、その時に良好な遠方視野を得られるように光学設計されている。そして、先行車や対向車が確認できた場合において、ハイビームからロービームに切替え、すれ違う時に使用するものである。しかし、交通量や先行車両の存在、切替え操作の煩雑さ、そして個々人の運転経験による慣習化などから、ロービームのまま夜間走行する運転手が多い。

そこで、自動車に搭載されているカメラやレーザレーダ、ミリ波センサなど前方のセンシング技術を活用し、夜間走行に適したハイビーム配光の照射状態をベースに、車両側が自動的に配光コントロールを行うドライビングビームの具現化によって、安全性を高めることを可能にした、先進型可変配光走行ビーム (Adaptive Driving Beam (以下,ADB)) が開発され搭載され始めている。ADB は、ロービームとハイビームの配光を自動的に切替えたり、配光パターンを自動制御することで、先行車や対向車の運転手を眩惑することなく照射範囲を可能な限り広げるシステムである²⁾。また、前照灯の照射方向は車両の姿勢変化によって光軸が変化する。例えば、ワゴン車などトランクの積車状態による車両姿勢の変化に依存して、光軸は上下方向に照射角度が変化してしまう。この車両姿勢の変化は積車状態のみならず、加速や減速時にも姿勢が変わるので、この場合にも同様に光軸が上下方向に変化する。この車両姿勢変化に起因する上下光軸変化を車載センサからの角度情報を基に分析し、自動補正によって光軸を保つ機能がオートレベリングであり、この機能も多くの車両に搭載され始めている³⁾。

このように、前照灯には様々な機能が付加され始めているが、各機能を十分活用するには基本となるハイビームとロービームの各照射特性が適切に管理及び調整されていることが求められる⁴⁾。筆者らは、このような現状を踏まえ、前照灯の検査基準に対する照射特性について、ハイビームとロービームのそれぞれを評価実験した。実験結果では、検査基準に適合するロービームに対するハイビームの照射特性と検査基準に適合するハイビームに対するロービームの照射特性は、それぞれ検査基準を満足するもので

はないことを明らかにした⁵⁾⁶⁾。しかし、検査基準に対する最適な調整方法や適合しない照射特性への対策などについては不明のままであった。

そこで、本研究では、これまでの前照灯の照射特性の実験結果を踏まえ、最適な調整方法や検査基準に適合させる方法について検討した。

2. 前照灯の審査手順と検査基準

前照灯の審査手順は、平成7年12月の前照灯に係わる道路運送車両の保安基準の改正により、ハイビーム及びロービームの要件が分かれて規定された。新基準車 (平成10年9月1日以降の製作車) については、原則、ロービームのみを検査することと規定されているが、「ロービームの計測において、前照灯試験機により不適合と表示され、計測困難な自動車とみなされた場合は、ハイビームを計測できるものとする」とされ、平成27年9月以前に実施されていたハイビームでの計測も可能となっている。図1に現在 (令和3年4月) の前照灯試験機を用いた審査手順を示す。

前照灯の機能として、ハイビームでは進行方向を正射し運転手がより遠くの障害物を確認できる明るさが必要であり、ロービームには対向車に眩惑を与

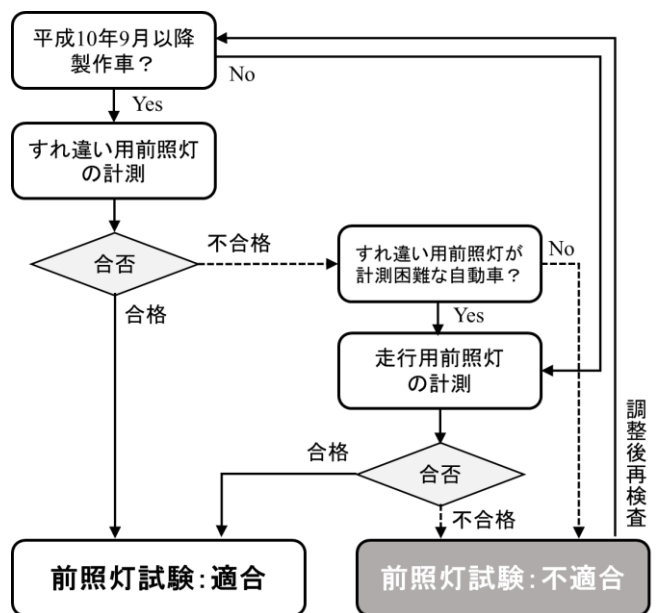


図1 前照灯試験機を用いた審査手順

えずに障害物を確認できる明るさが必要である。審査事務規定では、ハイビームは夜間に前方 100 m、ロービームは夜間に前方 40 m の障害物を確認できる性能を求めており、前照灯の装置型式指定基準でも 25 m 前方でのスクリーン上の測定ポイントを定めて、それぞれの明るさを規定している。

後述する画像処理自動正対式ヘッドライトテスタを用いた前照灯の代表的配光特性を、図 2 にハイビーム、図 3 にロービームをそれぞれ示す。図中の四角の枠内は検査時の照射方向適合範囲、+は光度測定点を表し、下部の数字は、左から光度、上下方向、左右方向、受光部の取付け高さを示す。また、照射位置はハイビームでは最高光度点、ロービームでは左半分及び右半分のカットオフラインの交点（以下、エルボ一点）とする。カットオフラインとは、ロービームの照射方向を調整する際に用いる光の明暗の区切り線のことをいう。

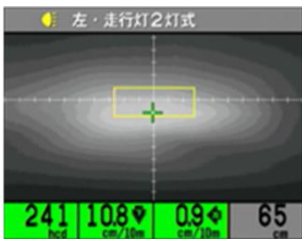


図 2 ハイビームの代表的配光特性

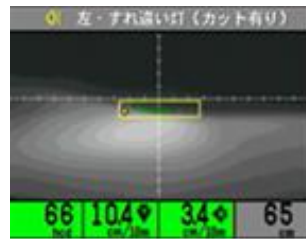


図 3 ロービームの代表的配光特性

3. 実験方法

3.1 実験車両

実験に用いた車両は、認証整備工場で継続検査の点検整備済み自家用軽自動車で、ヘッドライトユニット中心高さ 1 m 以下の車両に限定した。また、低光度照射特性の実験 (4.3 (3) 項) に使用した車両は、ダイハツ ソニカ (L405S 2007 年式 走行距離 81,000 km) である。

3.2 前照灯試験機

本研究では、アルティア製の画像処理自動正対式ヘッドライトテスタ (型式: IM2773) を用いて、照射

方向、光度及び受光部の取付け高さを測定した。前照灯試験機の測定原理は、試験機前方 1 m にある前照灯の中心に試験機を自動的に正対させ、測定を行う前照灯正対方式である⁷⁾。

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一点である。光度測定点は、ハイビームでは最高光度点、ロービームは照度部中心から左方 23 cm、下方 11 cm の位置と規定されている⁸⁾。

3.3 照射方向の調整方法と照射特性の測定方法

測定手順は、タイヤの空気圧を規定圧力に調整し、左右ヘッドライトユニット表面をウェスにて清掃した後、前照灯試験機に正対させ、その距離を測定距離である 1 m にしてヘッドライトを点灯する。照射方向の調整は、ヘッドライトユニットに用意されている上下方向と左右方向の調整ねじを用いた。今回の実験では、この調整ねじによりハイビームとロービームの両照射方向が同時に調整される 2 灯式前照灯の車両で実施した。例えば、ハイビームの照射方向を上方向に調整するとロービームも同じように上方向に調整される構造である。なお、調整ねじの調整量に対するハイビームとロービームの各照射方向の変化量は異なる。

(1) ロービームに対するハイビーム照射特性の測定

ロービームを点灯し、前照灯試験機にて左右ライトの照射方向をそれぞれ「前方 10 m の位置において左右 0 cm・下 7 cm」に調整する。この位置は、ロービーム適合範囲のほぼ中心である。調整誤差は、左右、上下方向共に前方 10 m の位置において ± 1 cm 以内とする。次に、同車両のヘッドライトをハイビームに切替えて点灯し、前照灯試験機にて前方 10 m の位置での照射方向及び光度を測定する。

実験に用いた車両は、ロービーム光度の検査基準 (6,400 cd 以上) に適合している車両 80 台を対象とした。

(2) ハイビームに対するロービーム照射特性の測定

ハイビームを点灯し、前照灯試験機にて左右ライトの照射方向をそれぞれ「前方 10 m の位置において

左右0 cm・上下0 cm」に調整する。この位置は、ハイビーム適合範囲のほぼ中心である。調整誤差は左右、上下方向共に前方10 mの位置において±1 cm以内とする。次に、同車両のヘッドライトをロービームに切替えて点灯し、前照灯試験機にて前方10 mの位置での照射方向及び光度を測定する。

実験に用いた車両は、ハイビーム光度の検査基準(15,000 cd以上)に適合している車両60台を対象とした。

4. 実験結果及び考察

4.1 ロービームに対するハイビームの照射特性

ハイビームの照射方向を測定した左右ライト別の実験結果を図4に示し、図中の□内は検査適合の範囲を表す。図5は、測定した車両の照射方向適合率を示す。適合率は、左ライト77.5%、右ライト87.5%で、左右ライト共に適合した車両は73.7%であった。適合率には、配光特性などの影響により測定が不能の場合は不適合として含めている。左ライトの不適合方向は、右方向が最も多く、次に上方向である。下方向での不適合は少なく、左方向での不適合はない。右ライトの不適合方向は、上方向が最も多い。左右方向の不適合は少なく、下方向の不適合はない。照射方向は適合範囲の限度付近が多いため、左右及び上下方向の検査適合範囲を80%に限定すると適合率は、左ライト62.5%、右ライト82.5%となり、左ライトのばらつきは大きいことがわかる。

ハイビームの代表的な照射方向である、右下方向を照射する車両の配光特性を図6に示す。ハイビームでは、左右のライト共に右下方向を照射しており、適合範囲を十分に満たしていない。最高光度測定点は配光の同心円状のほぼ中心となっている。左右ライトの各照射方向の違いは、上下方向で大差ないが、左右方向では約27 cm(約1.5度)の差がある。特に、左ライトは大きく右方向を照射しているため、夜間走行時における前照灯照射方向としては、右ライトの照射と部分的に重なり合うことで前方の中心部から右側は視認性が向上するものの、左側の視認性は低下する向きである。

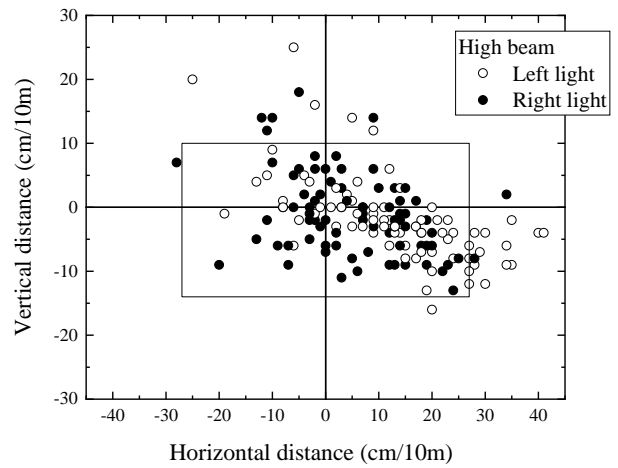


図4 ハイビームの照射方向

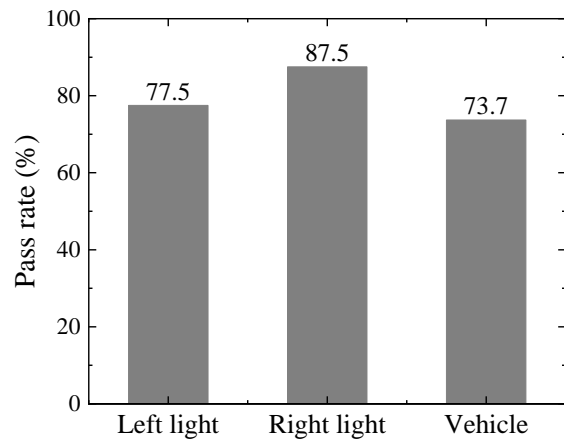
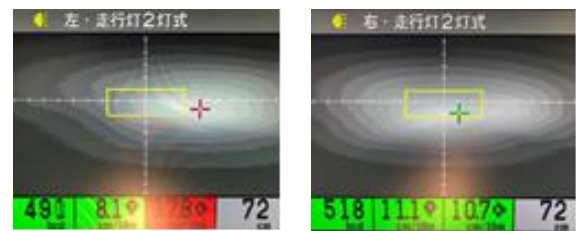


図5 ハイビームの照射方向適合率 (左右及び車両単位)



(a) 左ライト (b) 右ライト

図6 ハイビームの照射配光特性

4.2 ハイビームに対するロービームの照射特性

ロービームの照射方向を測定した左右ライト別の実験結果を図7に示し、図中の□内は検査適合の範囲を表す。図8は、測定した車両の照射方向適合率を示す。適合率は左ライト41.7%、右ライト43.3%となり、左右ライト共に適合した車両は21.7%であった。適合率は、前述(4.1項)のハイビームの実験と

同様に、配光特性などの影響により測定が不能の場合は不適合として含めている。左ライトの不適合方向は、上方向と左方向が多く、右方向での不適合はない。右ライトの不適合方向は、上方向が最も多く、下及び左右方向の不適合もあり、ばらつきが大きい。上下方向の不適合が多いのは、ロービームの上下検査適合範囲はハイビームに比べ狭く、約 5 割である点も影響していると考えられた。

ロービームの代表的な照射方向である、左上方向を照射する車両の配光特性を図 9 に示す。ロービームでは、左右のライト共にエルボ一点は左上方向を照射しており適合範囲を満たしていない。これは日本の交通事情である車両が道路の左側走行のため、対向車への配慮したヘッドライトの設計が関係していると考えられる。ただし、その変化量は現在の道路運送車両法での検査適合範囲を大きく逸脱している。

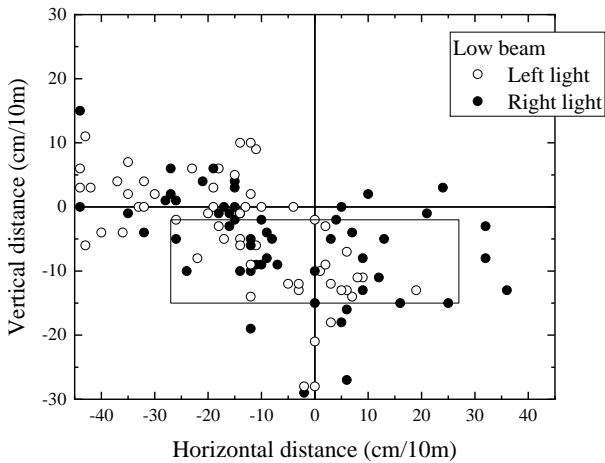


図 7 ロービームの照射方向

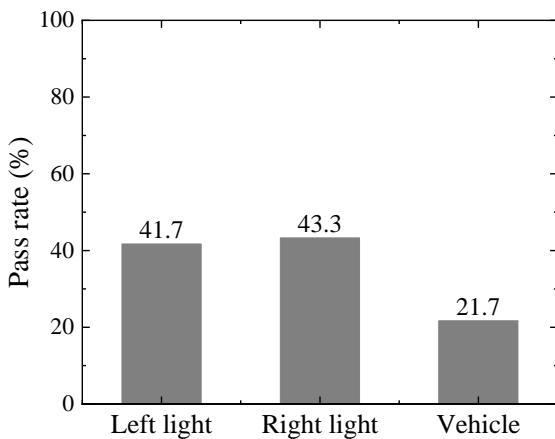
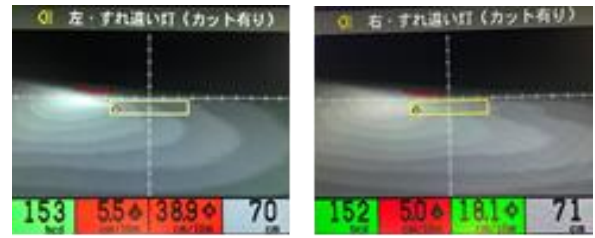


図 8 ロービームの照射方向適合率
(左右及び車両単位)



(a) 左ライト (b) 右ライト

図 9 ロービームの照射配光特性

4.3 検査基準に対する最適な調整方法の検討

4.1 及び 4.2 の実験結果をもとに、定期点検整備や継続検査での車両に対する前照灯照射方向の最適な調整位置と低光度の照射特性について検討する。ここでの最適な調整位置とは、ハイビームとロービーム共に照射方向が検査基準に適合する割合の最も高い位置とする。

(1) ロービーム照射方向の調整位置と適合率

ロービームの調整位置を、左ライトは左 7 cm 下 11 cm にすればハイビームの照射方向適合率は 94.9% となり、右ライトは左 14 cm 下 9 cm にすれば 91.1% となる。このように、ロービームを適合範囲中心 (左右 0 cm, 下 7 cm) より左下方向に調整することにより、照射方向適合率は左ライト 17.4%, 右ライト 3.6% 向上する。

(2) ハイビーム照射方向の調整位置と適合率

ハイビームの調整位置を、左ライトは右 5 cm 下 5 cm にすればロービームの照射方向適合率は 61.8% となり、右ライトは右 20 cm 下 9 cm にすれば 57.1% となる。このように、ハイビームを適合範囲中心 (左右 0 cm, 上下 0 cm) より右下方向に調整することにより、照射方向適合率は左ライト 20.1%, 右ライト 13.8% 向上する。

(3) 低光度の照射特性に対する検討

ハイビーム及びロービーム共に光度が低く検査基準を満足しない場合の照射特性を検討する。ハイビームの照射特性は、照射方向と最高光度点がほぼ等しいため低光度でも照射方向の測定は可能であるが、低光度のロービームの場合では、エルボ一点が不明瞭で測定毎に照射方向が異なり光度も変化する。

そこで、レンズ表面の劣化による低光度のヘッドライトに対して、検査基準に適合する光度に修正した場合の照射特性の変化について調べた。修正方法は、劣化したレンズ表面をヘッドライト用研磨剤にて研磨した後、清掃した。レンズ表面の修正以外の影響がないように、修正後ヘッドライトバルブの交換や照射方向の調整は行わない。

修正前ヘッドライトユニットの外観を図10に示し、その状態でハイビームの照射方向を適合範囲の中心に調整した照射配光特性を図11に示す。また、ロービームに切替えた後の照射配光特性を図12に示す。光度は、右ハイビームと左右のロービームが検査基準を満たしていない。特に、右ロービームはカットオフラインが不明瞭でありエルゴ一点を捕捉できてい

ない。

次に、レンズ表面を修正した後のヘッドライトユニットの外観を図13に示し、その状態でのハイビームとロービームの照射配光特性をそれぞれ図14、図15に示す。ハイビームの照射位置は左右ともほとんど変化が見られないが、光度は左右とも修正前より約2倍向上した。ロービームの照射位置は左右ライトとも左右方向に大きく変化し、特に、右ロービームではエルゴ一点の捕捉ができるようになった。光度については、左ロービームは約2倍となり検査基準(6,400cd以上)に適合、右ロービームでは変化がほとんどなかった。そこで、光度が変化しない原因を調べるために右ロービームの照射方向を検査基準中央に調整すると、検査基準に適合する光度となること



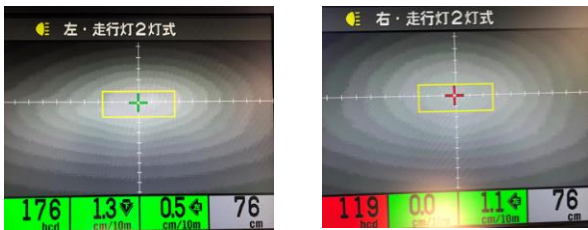
(a) 左ライトユニット (b) 右ライトユニット

図10 修正前ヘッドライトユニットの外観



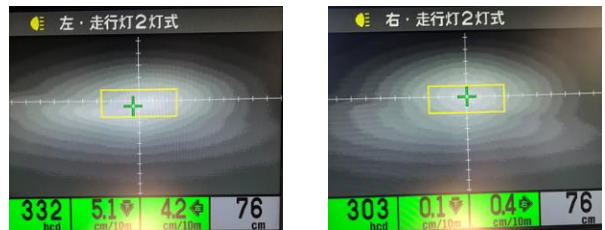
(a) 左ライトユニット (b) 右ライトユニット

図13 修正後ヘッドライトユニットの外観



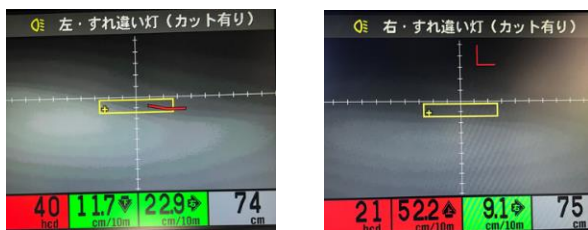
(a) 左ライト (b) 右ライト

図11 修正前ヘッドライトユニットのハイビーム照射配光特性



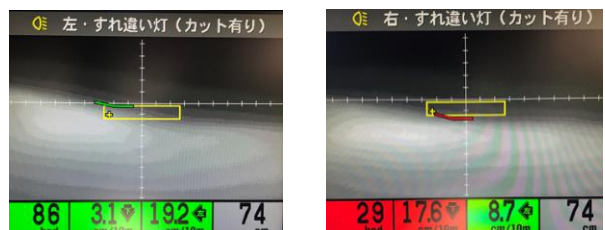
(a) 左ライト (b) 右ライト

図14 修正後ヘッドライトユニットのハイビーム照射配光特性



(a) 左ライト (b) 右ライト

図12 修正前ヘッドライトユニットのロービーム照射配光特性



(a) 左ライト (b) 右ライト

図15 修正後ヘッドライトユニットのロービーム照射配光特性

が確認できた。右ロービームの光度が向上しない原因は、光度測定点が特定の位置(左方23 cm, 下方11cm)に定められており、その測定点に光の照射が少ないためであった。レンズの修正等によりカットオフラインが明瞭になれば、光度の向上のみならずエルゴ一点の捕捉が容易になる可能性が高い。

よって、ロービームでの照射方向の調整及び管理では、カットオフラインを明瞭にすることが重要であり、照射方向の安定化や夜間の視野確保につながると考えられる。

5. 結言

自動車用前照灯におけるハイビームとロービームの各検査基準を基に、前照灯試験機を用いて照射特性を調査した結果から、ロービームの適正な照射方向と光度に対するハイビームの照射特性、さらにハイビームの適正な照射方向と光度に対するロービームの照射特性は、それぞれ検査基準を満足するものではないことが確認された。すべての車両がハイビームとロービームの両方の検査基準に適合するには、それぞれを測定及び調整しなければならず、今回の実験で用いた、ハイビームとロービームの両照射方向が同時に調整される構造の2灯式前照灯車両では不可能である。よって、現在の審査手順(図1参照)では、すべての車両の安全な照射特性は保障できない。特に、ロービームの測定及び調整では、カットオフラインの明瞭さが重要であり、一定の光度がなければエルゴ一点を正確に測定できず、不適切な照射方向は夜間走行時の視界不良につながる恐れが懸念される。

また、軽自動車以外の車両や前照灯試験機の違いによる測定等、不明な点も残されている。今後、これらの評価結果を分析することで、より最適な照射方向の提案が出来るものと考えられ、前照灯の設計や検査基準再考の足掛かりになりうる。さらに照射特性のばらつきが高齢者の視野や視野狭窄症等の視覚障害者に及ぼす影響について検討することで、夜間運転時の交通事故削減に寄与できると考えられる。

謝辞

本研究は、公益財団法人三井住友海上福祉財団の支援を受けて実施したものであり、ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 内閣府, 令和2年度版交通安全白書, (2020), pp.47-69.
https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r02kou_haku/pdf/zenbun/1-1-1.pdf, (参照 2021.4.8)
- 2) ミヒヤエル・クラインケス, クリスマン・シュミット, ユルゲン・ロッハー, Matrix LED ヘッドランプ—走行安全性を向上させる新技術, 自動車技術, Vol.68, No.12 (2014), pp.81-85.
- 3) 小池輝夫, ヘッドランプの技術変遷と開発進化による安全性への貢献, 自動車技術, Vol.74, No.2 (2020), pp.83-88.
- 4) 伊藤紳一郎, 塚田由紀, 松井雅人, すれ違い用前照灯の照射方向の検出について, 自動車技術会 2016年秋季大会学術講演会講演予稿集, (2016), 20166279.
- 5) 仮屋孝二, 武田隆宏, 自動車検査基準に対する前照灯の照射特性に関する評価, 日本機械学会九州支部 沖縄講演会, (2019), 523.
- 6) 仮屋孝二, 武田隆宏, 自動車用前照灯の照射特性と検査基準の関係, 日本機械学会 2020年度年次大会, (2020), J18117.
- 7) 画像処理式ヘッドライトテスト IM-2773 自動正対式 サービスマニュアル, 株式会社アルティア, (2013), pp.3-32.
- 8) 自動車検査員・整備主任者の完成検査の実務, 整研出版社, (2016), pp.96-98.