

2021 年度自転車等研究開発普及事業
事業実施報告書

前照灯の性能表示の提案と 電動アシスト自転車用前照灯の性能調査

2022 年 3 月

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

目次

1. 緒言	2
2. 供試品、試験項目及び測定方法.....	3
2.1 供試品	3
2.2 試験項目と測定方法.....	4
3. 測定結果と考察	9
3.1 最大光度と最大水平面照度.....	9
3.2 全光束	10
3.3 横方向の照射角	11
3.4 上方向の照射角（対向者が眩惑を起こす可能性）	12
3.5 下方向の照射角	13
3.6 照射距離と照射水平面距離.....	14
3.7 色度座標	15
3.8 発光効率	15
3.9 バッテリーランプの点灯持続時間及び光度.....	16
3.10 測定結果のまとめ.....	17
4. 測定結果の詳細	18
4.1 下方向の照射角の変化における最大光度と最大水平面照度.....	18
4.1.1 最大光度 3,000 cd 近傍の供試品について.....	18
4.2 上方向の照射角の変化における照射距離と照射水平面距離.....	20
4.2.1 照射距離 115 m 近傍の供試品について.....	21
4.3 中心からの横方向の角度と色温度との関係.....	23
4.4 取付高さ と 取付角度 について.....	24
4.4.1 イメージ図と照度分布.....	24
4.4.2 取付高さの影響.....	26
4.4.3 取付角度の影響.....	27
4.4.4 対向者が眩惑を起こす可能性.....	29
4.4.5 安全に停止できる点を最大光度で照射した場合について.....	30
4.5 測定結果の詳細についてのまとめ.....	32
5. 性能表示の提案	33
5.1 現状の性能表示と実使用時の比較（最大光度と最大水平面照度）	33
5.2 現状の性能表示と実使用時の比較（照射距離と照射水平面距離）	34
5.3 性能表示案	36
6. 結言	38
7. 参考（各供試品の性能表示案について）	40

1. 緒言

自転車の前照灯は、夜間又は視界が悪いとき道路上でその自転車の存在を示し、同時に前方の道路上の障害物を確認することができる白色光又は淡黄色光の光線を放つ灯火装置¹⁾である。その性能表示(カタログや商品パッケージなど)は、各製造業者ともに最大光度(cd)もしくは前方10 mにある垂直なスクリーンで測定された最大照度(lx)で示されていることが多いため、消費者が購入する際には照射した明るさの最大部しか参考にできず、光の総量、光の広がり、照射距離及び対向者に対する眩惑など、実際に使用してみないと分からない項目が多い。個別に前照灯の販売実態について意見を伺った販売店によると、市販されている前照灯の性能の差が分かりにくいという顧客の意見もあり、販売店が実際に使用して性能を確かめ、顧客に説明している店舗もあった。そこで2020年度に引き続き、本年度は電動アシスト自転車用の前照灯を用いて、消費者が求めている性能項目である光の総量、光の広がり、照射距離、照射時のイメージをもとに、消費者に分かりやすい表示項目を調査し、購入の際に製品選択が容易になる指標の提案ができないかを研究することとした。

2020年度の調査²⁾では、前照灯の各性能を測定し、消費者が求めている性能項目を分かりやすく表示する方法として、2つの案を示した。案1はJIS C 9502:2021(自転車用灯火装置)(以後、JIS C 9502:2021と呼ぶ)に基づく従来の測定方法で測光可能であり、製造業者も比較的容易に性能を開示できる。案2は消費者が一目で光の総量、広がり、照射距離、照射時のイメージなどの項目を知ることができるが、測光にはJIS C 9502:2021に基づく従来の装置とは異なる配光測定システム(2軸ゴニオメータ)が必要であった。

本報告ではより広い範囲で前照灯の実態を調査するために、2020年度に調査していない電動アシスト自転車用前照灯の性能を比較した。供試品には流通量が多いと思われる16銘柄の前照灯を用い、様々な光学性能(2.2参照)を測定の上、その結果をもとに、現状の性能表示が最大光度、もしくは最大照度のみの製造業者が多い理由を考察した上で、消費者が製品購入時に活用しやすい表示項目について提案する。

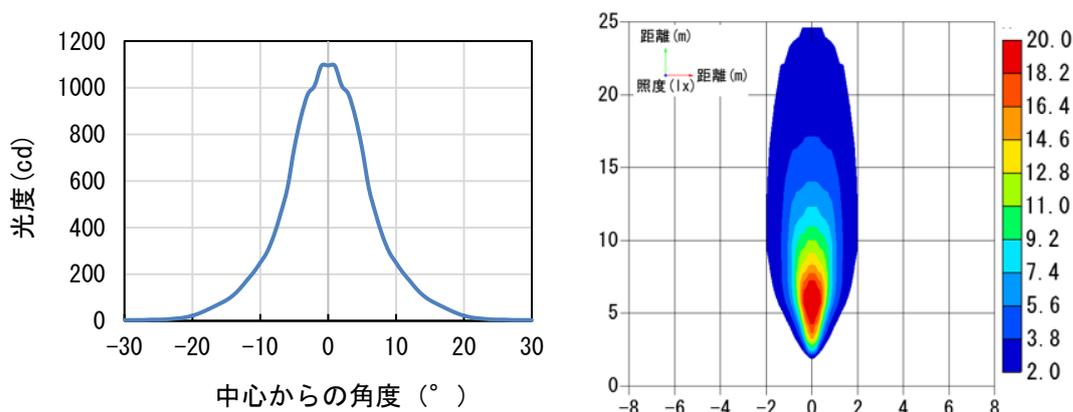


図1 2020年度に報告した案1(左)と案2(右)

案1: 照射角と光度との関係 案2: 水平面(地面)に照射した際の照度分布

2. 供試品、試験項目及び測定方法

2.1 供試品

供試品は、市販されている電動アシスト自転車の備付品もしくは電動アシスト自転車用の前照灯として販売されている 16 銘柄 16 個の前照灯を使用した。供試品の概要を表 1 にまとめた。なお、商品テストを目的としていないため、表 1 に示す以外の前照灯の情報は公表しない。

表 1 供試品概要

No.	電圧 (V)	電流 (A)	電力 (W)	最大光度 (cd)	最大照度 (lx)
1	19	0.07	1.4	2,818	28
2	26	0.07	1.9	3,330	33
3	6	0.23	1.4	3,245	32
4	36	0.04	1.4	3,333	33
5	36	0.05	1.8	993	10
6	36	0.01	0.4	396	4
7	10	0.18	1.8	2,165	22
8	24	0.08	1.8	3,238	32
9	6	0.24	1.4	3,228	32
10	24	0.05	1.1	223	2
11	36	0.03	1.2	368	4
12	36	0.11	4.0	10,225	102
13	36	0.04	1.6	853	9
14	36	0.04	1.3	910	9
15	26	0.08	2.0	3,330	33
16	24	0.02	0.5	481	5

※最大照度は、前方 5 m にある垂直なスクリーンで測定した照度値を、逆二乗法則に基づいて 10 m での照度値に換算した値

※最大光度は、前方 5 m にある垂直なスクリーンで測定した照度値を、光度に換算した値 2.2 a) 参照

※電圧は、供試品記載の定格値もしくは供試品記載の照度値となる電圧値

2.2 試験項目と測定方法

試験項目を表 2 にまとめた。試験項目の選定は複数の国内製造業者にヒアリングを実施し内容をまとめた。項目 h に関しては、電動アシスト自転車特有の調査として独自に試験項目に加えた。

表 2 試験項目と概要

試験項目		概要	測定方法参照規格
a	最大光度	ある方向の単位立体角内に放射される光の量の最大値	JIS C 9502:2021 12.2 (自転車用灯火装置)
b	全光束	1 秒間にランプから放射される光の量	JIS C 7801:2019 7.3 (一般照明用光源の測光方法)
c	水平方向の照射角	最大光度の 1/2 になる左右 2 点と最大光度点を結ぶ角度(1/2 ビーム角)	JIS C 8105-5:2014 8.2.3 (照明器具-第 5 部:配光測定方法)
	上下方向の照射角	最大光度の 1/2 になる上下 2 点と最大光度点を結ぶ角度	JIS C 8105-5:2014 8.2.3
d	照射距離	0.25 lx で照らすことができる距離	ANSI/NEMA FL1:2009 2.2.6 (Flashlight Basic Performance Standard)
e	照射水平面距離	地面に向けて照射した時に 0.25 lx で照らすことができる距離	-
f	発光効率	1 W あたりの明るさ(光束)	JIS C 8105-3:2011 (照明器具-第 3 部:性能要求事項通則)
g	色度座標	xy 座標空間で色を表したもの	JIS C 9502:2021 12.3
	色温度	光源の光色を数値で表したもの	JIS C 9502:2021 12.3
h	バッテリーランプの点灯持続時間及び光度	駆動補助終止後の組電池を用いて点灯させた時の持続時間と光度	JIS D 9115:2018 8.1 (電動アシスト自転車) JIS C 9502:2021 6.2
i	照度分布	照度の等値線図	-

a) 最大光度

最大光度の測定は、当所の暗室（6×2×2 m）を用い、JIS C 9502:2021 12.2 の方法で、前方 5 m 先の白色スクリーン上で点灯から 30 分後の最大照度を計測し、光度を算出した。照度計はコニカミノルタ製 T-10A を用いた。光度算出は、JIS C 9502:2014（自転車用灯火装置）（以後、JIS C 9502:2014 と呼ぶ）14.1.1 4）に記載の次の式によって算出した。

$$I = EL^2$$

ここに、 I ：光度値（cd）

E ：照度値（lx）

L ：測定距離（m）

試験電圧は表 1 の電圧値とし、定電圧電源にて給電した。



写真 1 暗室と照度測定状況

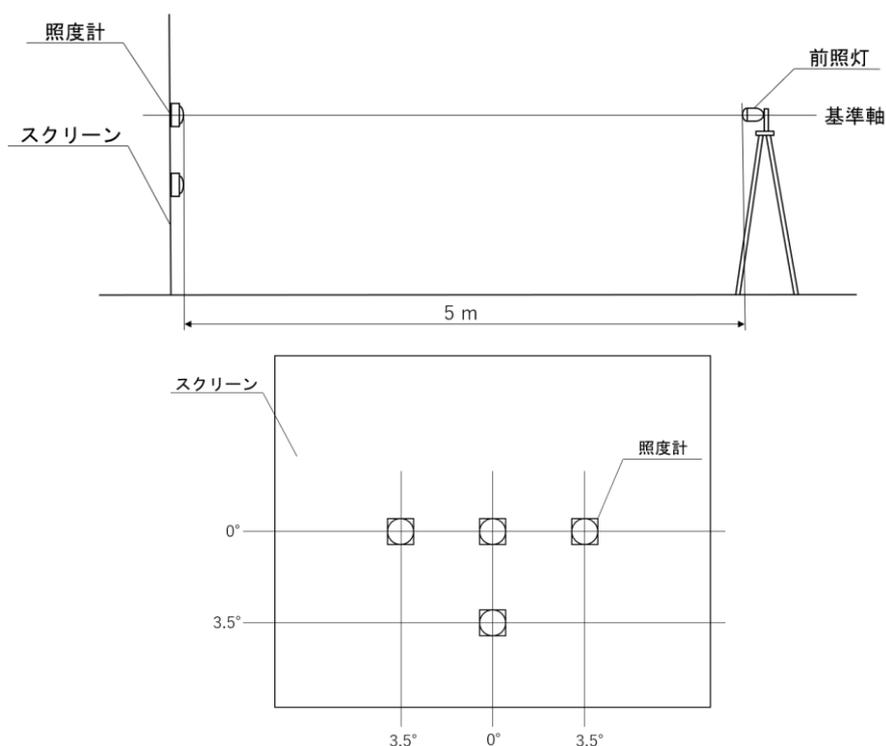


図 2 照度測定の構成

b) 全光束

全光束は外部試験機関の配光測定システム（2軸ゴニオメータ）を用いて測定した。試験電圧は最大光度測定時と同じ値を用いた。



図3 2軸ゴニオメータの構成概要

c) 照射角

照射角は外部試験機関の配光測定システム（2軸ゴニオメータ）を用い、横方向の光度を測定した後、最大光度の1/2になる左右2点と最大光度点を結ぶ角度を算出した。また、上もしくは下方向の照射角も縦方向の光度を測定した後、最大光度の1/2になる上下のどちらか1点と最大光度点を結ぶ角度を算出した。外部試験機関の配光測定システムの設定条件の関係上、照射角は 1° 刻みとした。

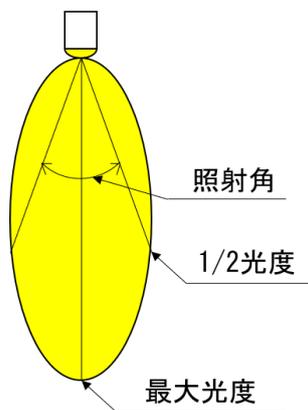


図4 照射角

d) 照射距離、及び e)照射水平面距離

照射距離は ANSI/NEMA FL1:2009 (Flashlight Basic Performance Standard) (以後、ANSI/NEMA FL1 と呼ぶ) 2.2.6 に示されており、対象物を 0.25 lx で照らすことのできる距離である。計算式は、照射距離 = (最大光度/0.25)^{1/2} で表される。ANSI/NEMA FL1 の測定手順では 2、10、30 m の位置で照度を測定し、最大値を記録した後、上記の式で算出するが、今回は暗室の関係上 5 m 位置での照度測定の結果を用いた。また、水平面 (地面) に照射したときに 0.25 lx となるまでの距離を照射水平面距離とした。その状態で測定した最大照度を最大水平面照度とした。

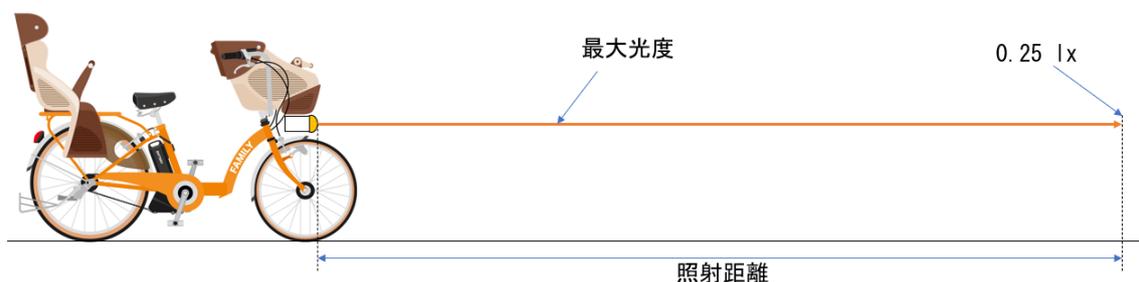


図 5 照射距離

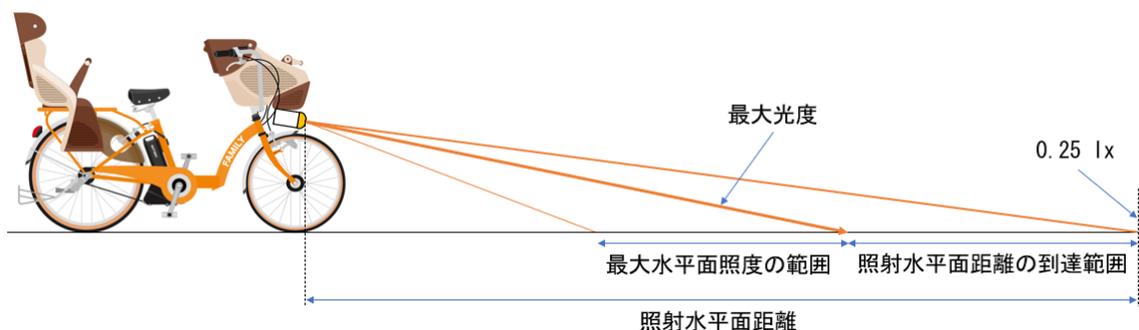


図 6 照射水平面距離と最大水平面照度

f) 発光効率

発光効率は、定格電圧を前照灯に入力した際の電力を測定し、全光束をその電力で除したものとした。

g) 色度座標と色温度

色度座標と色温度は、外部試験機関の配光測定システム (2 軸ゴニオメータ) を用い測定した。測定方法は、JIS C 9502:2021 12.3 の方法で 30 分点灯後に行った。

h) バッテリーランプの点灯持続時間及び光度

バッテリーランプの点灯持続時間及び光度は、当所所有の電動アシスト自転車用シャーシダイナモメータを用いて電池平均電流を測定し、当所所有のバッテリー放電装置を用いて駆動補助終止の条件まで放電させた。放電後、その組電池を用い、バッテリーランプを15分間以上点灯させ、電池電圧を測定した。その電池電圧を用いて、JIS C 9502:2021 6.2 c) に規定の光度を当所の暗室と照度計 T-10A にて測定、算出した。



写真2 シャーシダイナモメータとバッテリー放電装置

i) 照度分布

照度分布は、外部試験機関の配光測定システム（2軸ゴニオメータ）を用い測定した IES ファイルから、3次元照明計算ソフト DIALux を用いて作成した。

3. 測定結果と考察

3.1 最大光度と最大水平面照度

前照灯の最大光度は、JIS C 9502:2021 では、最大光度換算で 800 cd 以上と規定されている。各供試品の最大光度と JIS 規定値との関係を図 7 に示す。

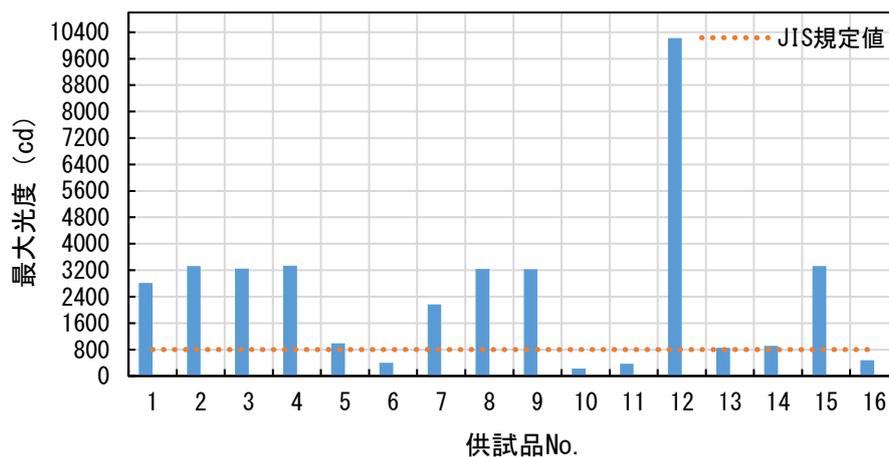


図 7 各供試品の最大光度と JIS 規定値との関係

16 銘柄の内 12 銘柄の供試品において JIS 規定の 800 cd を満たしたが、規定値以下の供試品も 4 銘柄存在した。また、規定値を大幅に上回る供試品も存在した。

次に、最大光度と 1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の最大水平面照度との関係を図 8 に示す。

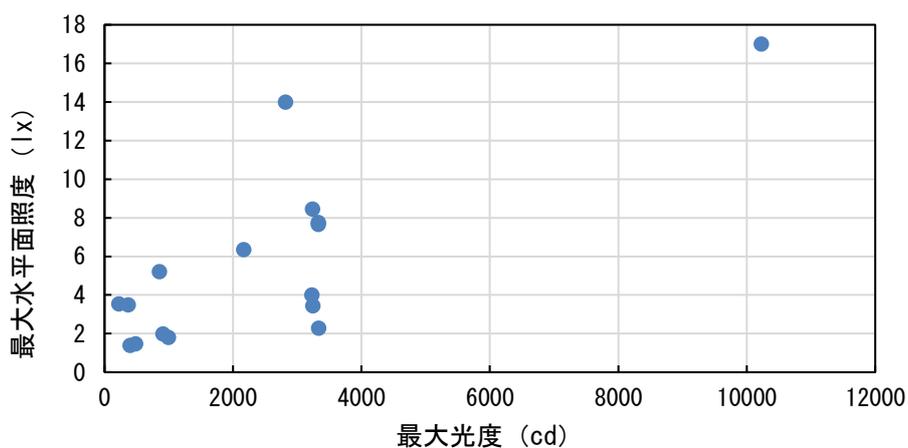


図 8 最大光度と下方向 3.5° 最大水平面照度との関係

図8より、最大光度と下方向3.5°最大水平面照度は比例せず、同じ最大光度でも2.3 lxから14.0 lxと大きな差があった。この差が生じた原因としては、下方向の照射角が影響したと考えられる。詳しくは4.1で考察する。

3.2 全光束

横方向の照射角ごとの、最大光度と全光束との関係を図9に示す。

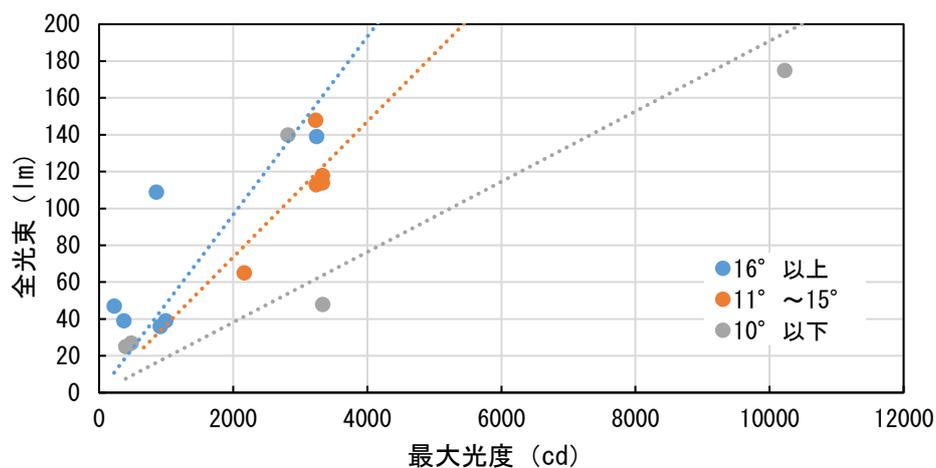


図9 横方向の照射角ごとの、最大光度と全光束との関係

図9より、2020年度の調査結果²⁾の傾向と同じく、各供試品は照射角が狭くなるほど、最大光度に対する全光束の値が小さくなることが分かった。同光束で照射角を広げた場合、照射範囲が広くなることで最大光度が小さくなることから、最大光度を一定以上に保つため、照射角の大きい前照灯ほど全光束を大きく設計していると考えられる。

3.3 横方向の照射角

各供試品の横方向の照射角を分類した。横方向の照射角ごとの供試品数を示したものを図 10 に示す。

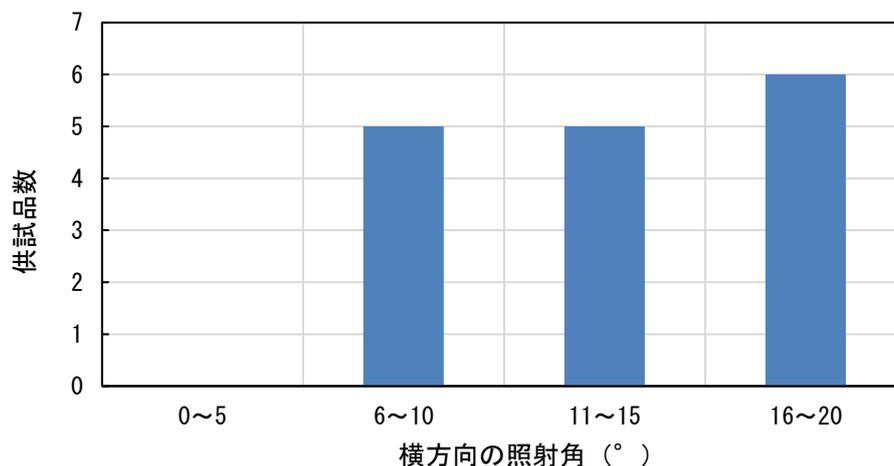


図 10 横方向の照射角ごとの供試品数

図 10 より、電動アシスト自転車用の前照灯において、極端に照射角が狭い供試品は存在しなかった。24 V から 36 V と電池の定格電圧が大きいため、前照灯の出力を大きくすることができ、照射角を大きくしても光度を満足できるためと思われる。2020 年度の調査²⁾では、価格帯の低い供試品ほど全光束を小さくコストダウンし、それでも光度を満足させるために、照射角を狭く (5° 以下) する傾向にあったが、今回その傾向は無かった。

また、全光束と横方向の照射角との関係を図 11 に示す。

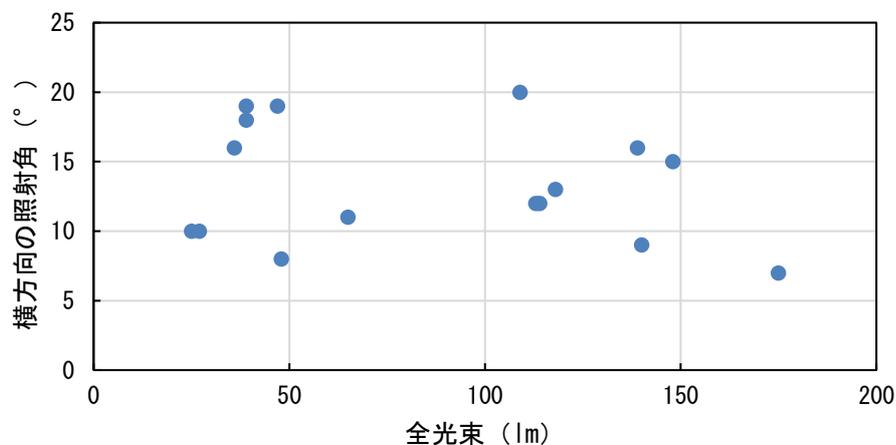


図 11 全光束と横方向の照射角との関係

図 11 より、全光束と横方向の照射角に関係性は見られなかった。2020 年度の調査²⁾では、全光束が大きくなれば照射角が広がる傾向にあったが、本報告の電動アシスト自転車用前照灯においては、電池電圧が大きいため前照灯の出力が大きく、JIS C 9502:2021 に規定された 800 cd を超え最大光度に余裕のある供試品が多く、照射角を広げる場合においても全光束を大きくすることなく最大光度を規定以上維持できること、また電動アシスト自転車は前照灯が標準装備されており、粗悪品が少ないことが要因と考えられる。

3.4 上方向の照射角（対向者が眩惑を起こす可能性）

上方向の照射角ごとの供試品数を示したものを図 12 に示す。

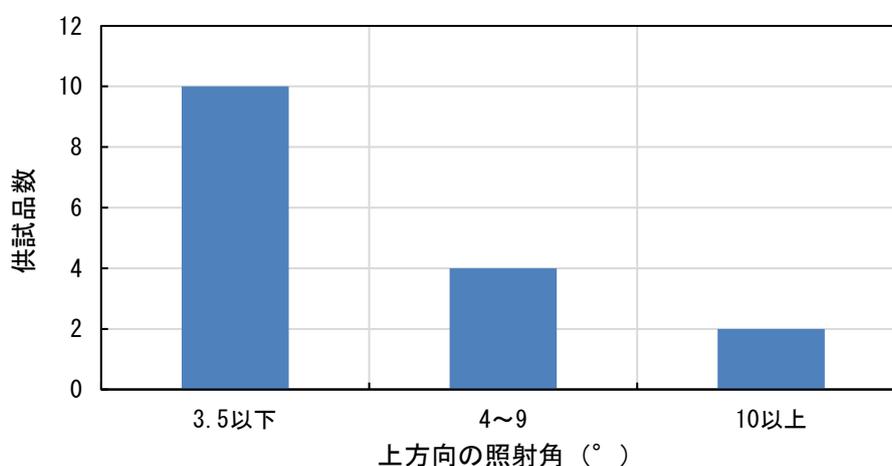


図 12 上方向の照射角ごとの供試品数

図 12 より、電動アシスト自転車用前照灯において、3.5° 以下が最も多く、次いで 4° ~9°、10° 以上の供試品がわずかに存在した。JIS C 9502:2021 6.2 a) すれ違い用配光によると最大値は水平面から下方へ 3.5° の位置であるため、上方向の照射角が 3.5° 以上の供試品 6 銘柄に関しては、取り付け状況によっては、対向者に強い光が直接当たる可能性がある。近年、前照灯内部にある LED チップの費用対効果が上昇し、電動アシスト自転車の高電圧による出力増加の影響もあるため、特に 10° 以上のような上方向の照射角が広いものに関しては、自転車への取付方法を取扱説明書に記載するだけでなく、製造業者が設計時と製造時に取付高さを取付角度を厳守し、10 m 前方で地面から 1 m の高さにおける照度が 2 lx 以下になるように自転車に組み付けるなどの対策が必要と考えられる。取付高さを取付角度によって、配光がどのように変化するかについては、4.4 で考察する。

3.5 下方向の照射角

下方向の照射角ごとの供試品数を示したものを図13に示す。

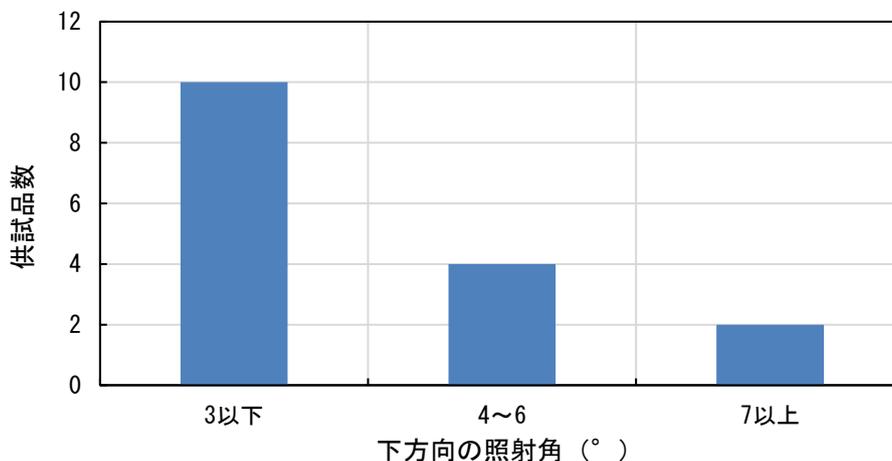


図13 下方向の照射角ごとの供試品数

図13より、電動アシスト自転車用前照灯において、3°以下が最も多く、次いで4°～6°、7°以上の供試品がわずかに存在した。

次に下方向の照射角と下方向3.5°最大水平面照度との関係を図14に示す。光度が大きく影響するため、光度が3,000 cd前後の供試品6個を用いて比較した。

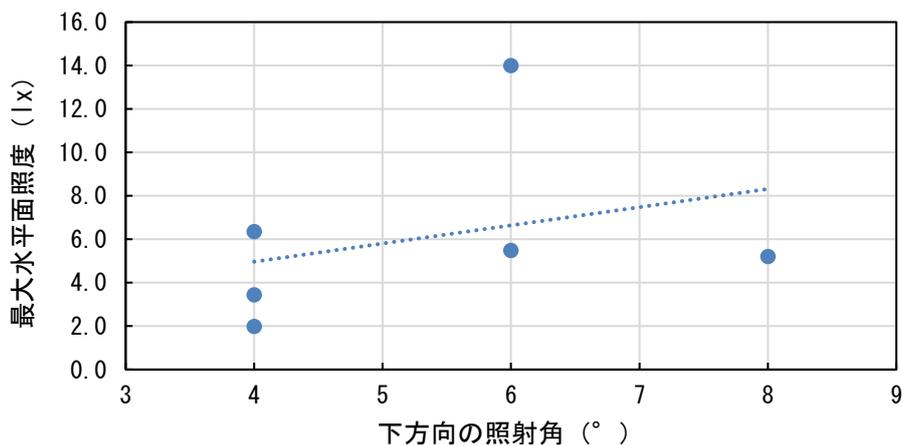


図14 下方向の照射角と下方向3.5°最大水平面照度との関係

図14より、傾向として、下方向の照射角が大きくなるほど、下方向3.5°最大水平面照度も大きくなることが分かった。そのため、下方向の照射角を広くすることは前照灯点灯時に乗員が実際に目視する輝度も大きいといえる。光度が同等にも関わらず、同照射角で

下方向 3.5° 最大水平面照度にばらつきがある原因は、反射板やレンズの設計、LED チップの数やサイズにより、光の広がり方が異なるためと考えられる。広がりについての詳細は、4.1 で考察する。

3.6 照射距離と照射水平面距離

最大光度と照射距離、及び 1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の照射水平面距離との関係を図 15 に示す。

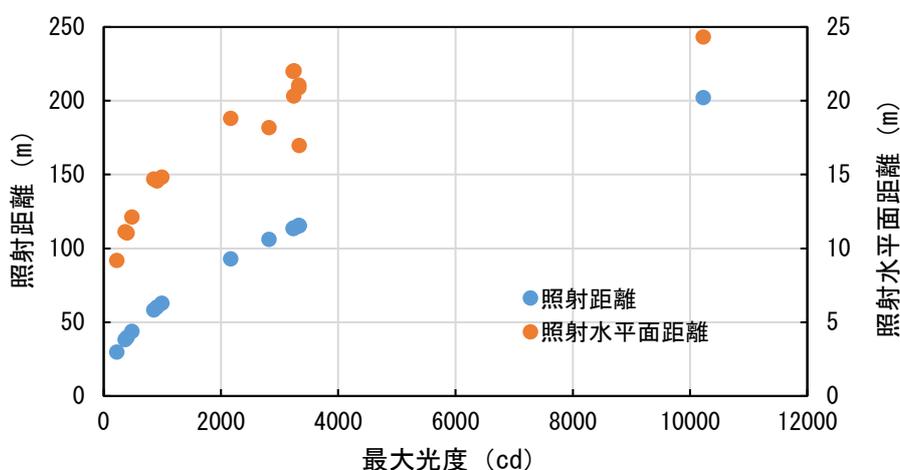


図 15 最大光度及び照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係

図 15 の左図より、照射距離は定義の関係上 (2.2 d 参照) その製品の最大光度に依存するため、最大光度が大きくなるほど照射距離は長くなった。下方向 3.5° 照射水平面距離は、3,000 cd 近傍で最大光度が同程度にも関わらず、17.0 m から 22.0 m と、5 m の差があった。これは、上方向の照射角の差によるものと考えられるが、要因は 4.2 で考察する。以上、2つの方法で照射距離を比較したが、電動アシスト自転車に備え付けの前照灯を正面に向け、200 m 先まで光を照射する可能性はかなり低いため、下方向 3.5° 照射水平面距離の方が実使用に近い値 (数十 m) になっていると考えられる。照射水平面距離に関しては、取付高さ と 取付角度を最適化し距離を最長にする方法について 4.4 で検討した。

3.7 色度座標

JIS C 9502:2021 6.4 に規定された色度座標の範囲と、各供試品の色度座標を図 16 に示す。

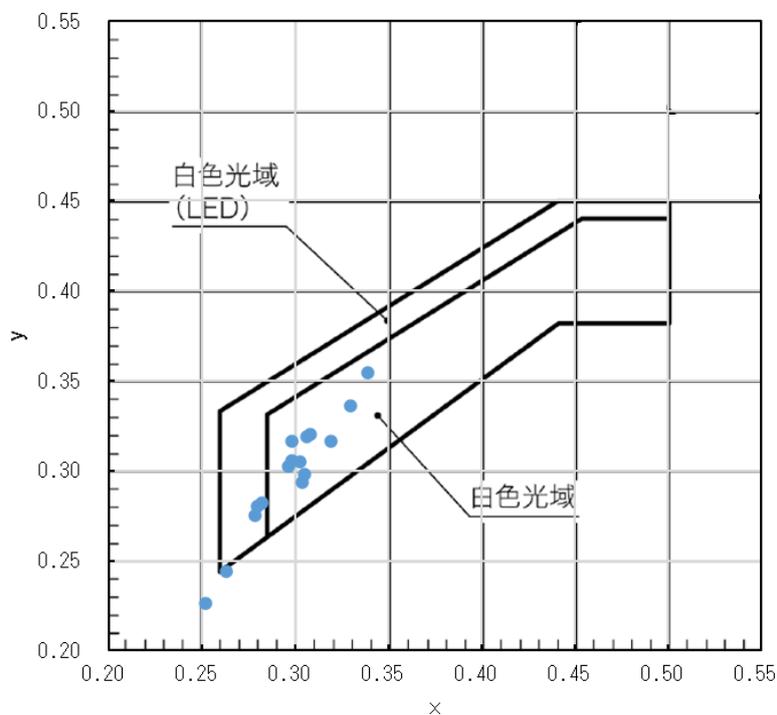


図 16 各供試品の色度座標

図 16 より、2 銘柄の供試品が JIS に規定された白色光域座標外であった。夜間の走行に支障をきたす恐れがあるが、色の違いがどの程度あるかは 4.3 で示す。

3.8 発光効率

全光束と発光効率との関係を図 17 に示す。

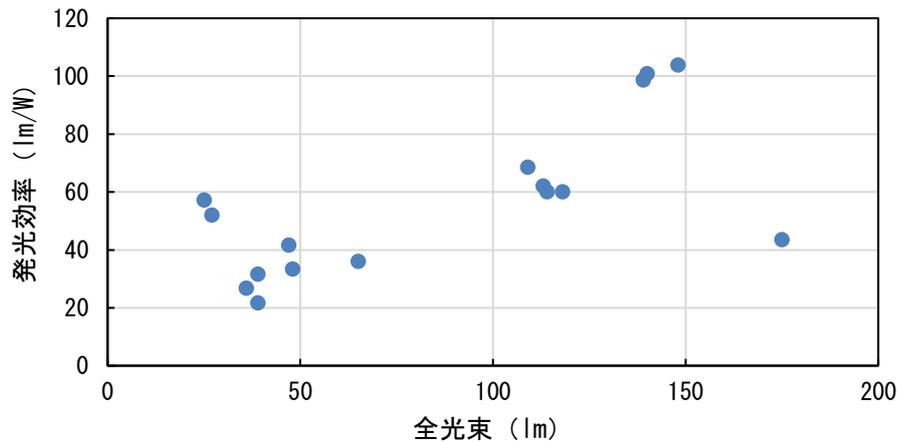


図 17 全光束と発光効率との関係

図 17 より、全光束が大きくなるほど発光効率も大きくなる傾向があるが、筐体内部の影響が大きいため、要因は明確ではない。評価を行うためには、LED チップのニアフィールドデータ、反射板の反射率、レンズの透過率、筐体による迷光の遮断など数多くの測定を実施する必要がある。

3.9 バッテリーランプの点灯持続時間及び光度

各供試品の初期電圧と終止条件後の電圧を図 18 に示す。

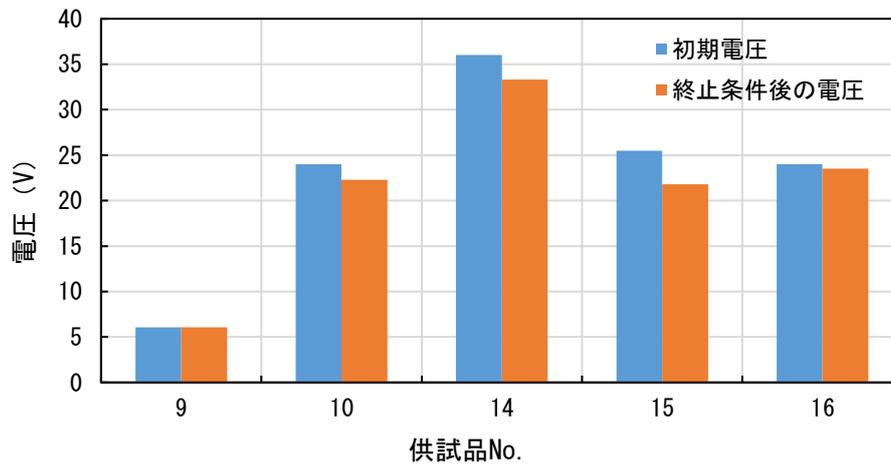


図 18 各供試品の初期電圧と終止条件後の電圧

図 18 より、終止条件後の電圧は初期電圧と比較して、最大 5V 程度の低下となった。

また、初期電圧時の最大光度と終止条件後の最大光度を図 19 に示す。JIS C 9502:2021 6.2 c) 汎用配光規定の光度換算値である 800 cd を破線で示した。

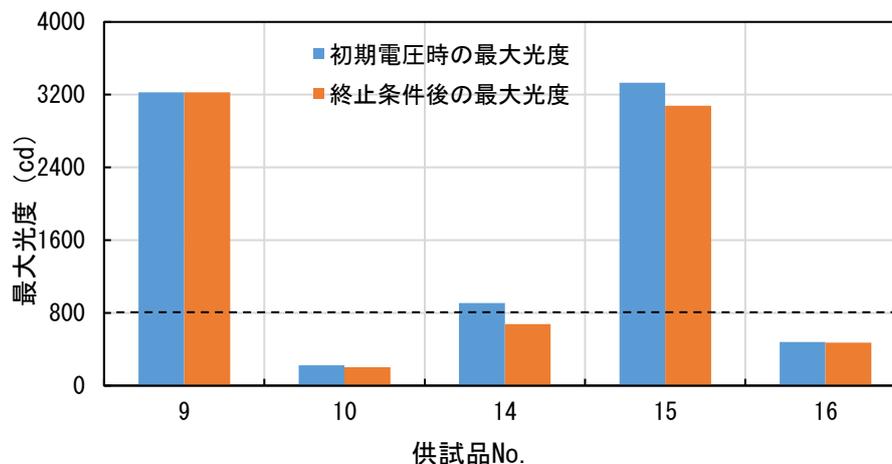


図 19 初期電圧時の最大光度と終止条件後の最大光度

図 19 より、5 銘柄の供試品中 JIS C 9502:2021 6.2 c) 汎用配光の規定値（800 cd）を満たすものは、2 銘柄だけであった。規定値以下の 3 銘柄のうち 2 銘柄は初期電圧時で既に規定値を下回り、1 銘柄は終止条件後の電圧降下により光度が低下し規定値を下回った。

また、光度は規定値以下でありながらも、駆動補助終止後から不点灯となる供試品は存在しなかった。

3.10 測定結果のまとめ

- ・ JIS C 9502:2021 測光時の最大光度値と 1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の最大水平面照度値は比例しないことが分かった。また、最大光度が同程度の供試品を比較しても、実使用時を想定した最大水平面照度値が 6 倍以上異なる供試品も存在することが分かった。これは、下方向の照射角の影響と思われるが詳しくは 4.1 で考察する。
- ・ 照射距離は ANSI/NEMA FL1 定義の関係上光度に依存するが、1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の照射水平面距離は、光度に依存しないことが分かった。結果として、最大光度が同程度であっても照射水平面距離には約 6 m の差があった。これは、上方向の照射角が影響しているものと思われるが詳しくは 4.2 で考察する。
- ・ 色度座標で JIS C 9502:2021 に規定された白色光域外の供試品が 2 銘柄存在した。詳しくは 4.3 で中心からの角度と色温度の関係から考察する。
- ・ バッテリーランプの点灯持続時間は全ての供試品において JIS D 9115:2018 8.1 b) の規定時間を満たしたが、駆動終止条件後の光度は 5 銘柄中 3 銘柄が規定値を下回り、そのうち 1 銘柄は初期電圧では規定内の光度だったが駆動補助終止条件後の測光において規定値を下回った。

4. 測定結果の詳細

4.1 下方向の照射角の変化における最大光度と最大水平面照度

JIS C 9502:2021 12.2 の方法で測定した鉛直面の最大光度の結果と、1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の最大水平面照度の測定結果を比較して、同じ最大光度 3,000 cd でも最大水平面照度が 6 倍以上異なるものが存在することが分かった。4.1 ではその要因について考察する。図 20 は 3.1 で示した最大光度と下方向 3.5° 最大水平面照度との関係である。

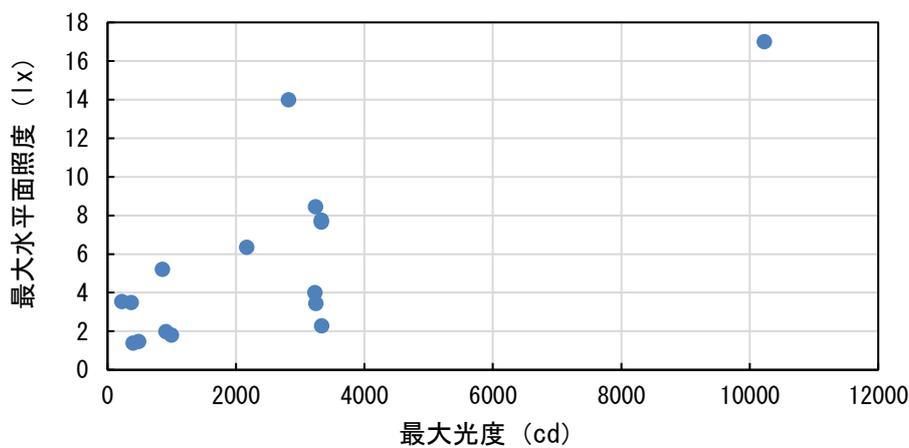


図 20 最大光度と下方向 3.5° 最大水平面照度との関係

4.1.1 最大光度 3,000 cd 近傍の供試品について

供試品のうち、最大光度が 3,000 cd 近傍の代表例として 3 銘柄の水平面の照射イメージを図 21 に示す。また、その照度分布を図 22 に示す。4.1.1 では左から①（供試品 1）、②（供試品 15）、③（供試品 4）とする。なお、黒い点は前照灯の影、黒い四角形は 50 m 先の壁である。

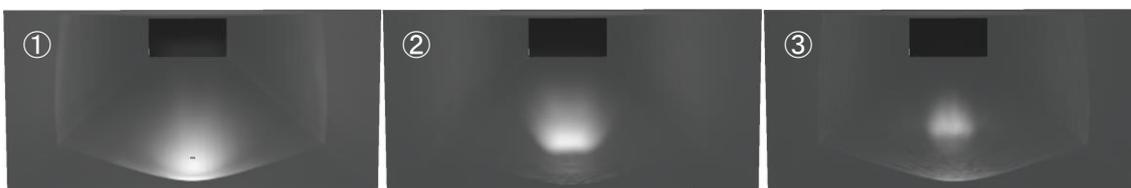


図 21 最大光度 3,000 cd 代表例 3 銘柄の照射イメージ 目線：乗員
道路条件（横幅 10 m、奥行き 50 m、反射率 30 %）、前照灯設置高さ 1 m、取付角度 3.5°

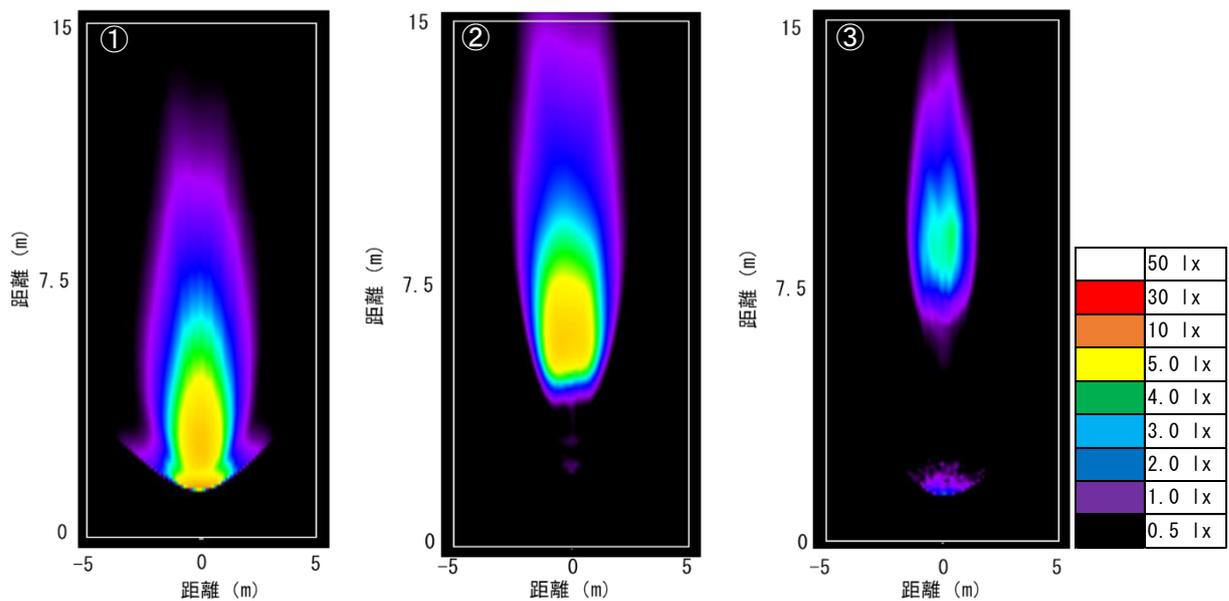


図 22 最大光度 3,000 cd 代表例 3 銘柄の照度分布 目線：真上

図 21 と図 22 の供試品の下方方向 3.5° 最大水平面照度は①14.0 lx、②7.8 lx、③2.3 lx である。まず図 21 より、同じ 3,000 cd でも①の供試品が見た目では最も明るく見える。その理由としては、図 22 より、下配光が大きく、足元から前方まで均等に光が照射されていることが影響していると考えられる。図 22 では①は下向きに照射し③は上向きに照射しているように見えるが、最大光度の向きが下方方向 3.5° になるように調整しているため、基準軸の方向は全て同じである。

下方方向の照射角の違いをより詳細に確認するため、上下方向における中心からの角度と光度との関係を図 23 に示す。

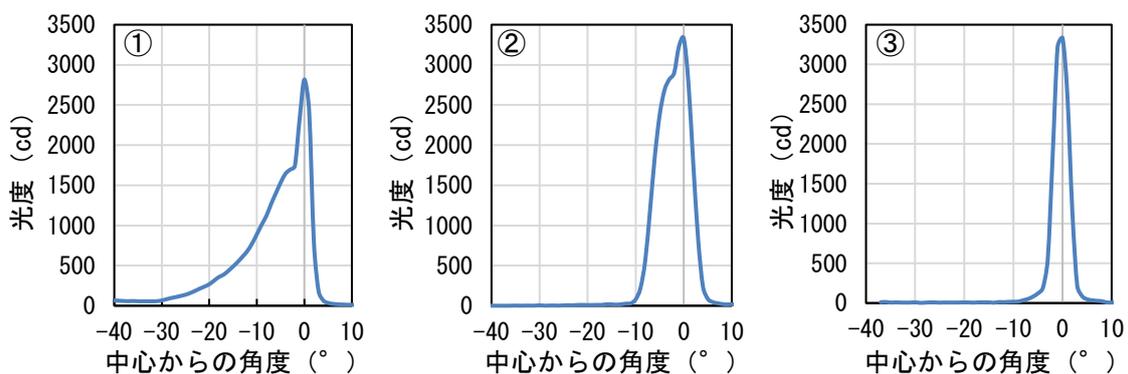


図 23 中心からの角度と光度との関係

図 23 のマイナスの角度側は下方方向、プラスの角度側は上方方向である。下方方向の照射角は①6°、②8°、③2°であった。①と②の下方方向の照射角の差は数°程度であるが、図 23 の

①を見ると、約 -30° で 100 lx 程度であった。②と③は約 -30° では数 lx 程度であったため、下方向の光度の大きさが最大水平面照度の違いとして現れたと考えられる。つまり、同じ最大光度でも、実使用時に最大水平面照度を大きくし乗員が明るいと感じるためには、下方向の照射角を広くすることが重要であることが分かった。

4.2 上方向の照射角の変化における照射距離と照射水平面距離

ANSI/NEMA FL1 2.2.6 の方法で測定した鉛直面の照射距離の結果と、 1 m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の照射水平面距離の測定結果を比較して、同じ照射距離であっても下方向 3.5° 照射水平面距離が最大 5 m 異なるものが存在した。4.2 ではその要因について考察する。図 24 は 3.6 で示した最大光度及び照射距離と下方向 3.5° 最大水平面距離との関係、図 25 は照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係である。

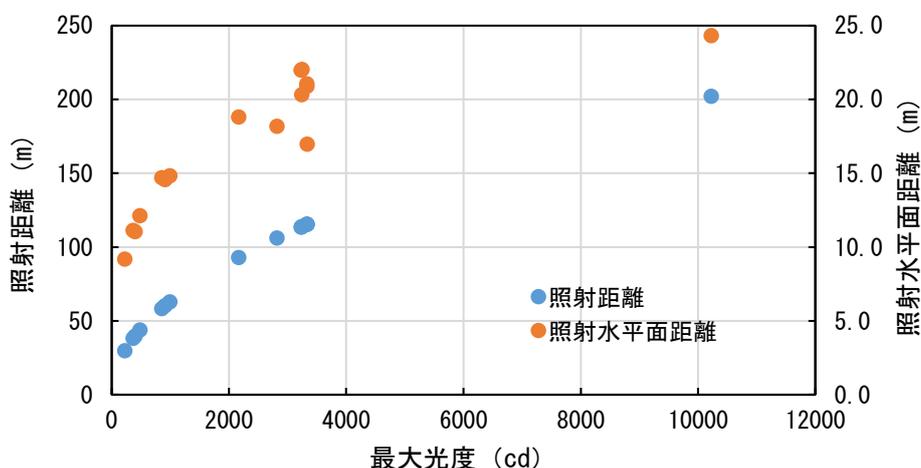


図 24 最大光度及び照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係

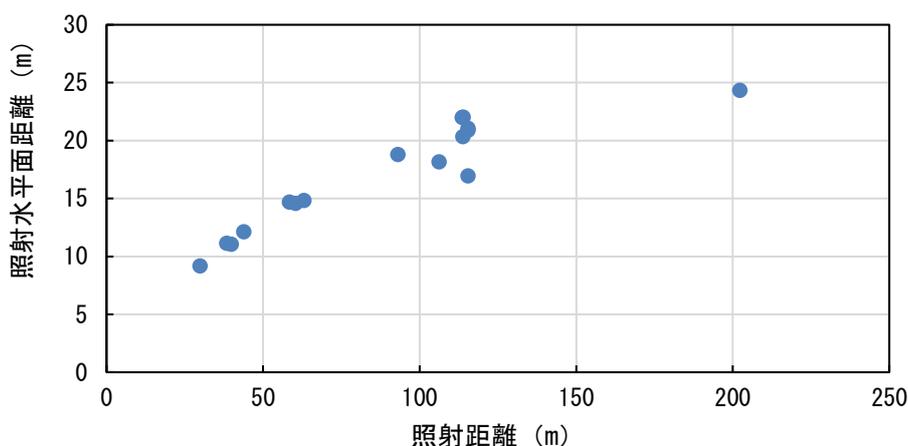


図 25 照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係

4.2.1 照射距離 115 m 近傍の供試品について

供試品のうち、照射距離が 115 m 近傍の代表例として 3 銘柄の水平面の照射イメージを 図 26 に示す。また、その照度分布を 図 27 に示す。4.2.1 では左から④（供試品 9）、⑤（供試品 8）、⑥（供試品 4）とする。黒い点は前照灯の影である。



図 26 照射距離 115 m 代表例 3 銘柄の照射イメージ 目線：乗員
道路条件（横幅 10 m、奥行き 50 m、反射率 30 %）、前照灯設置高さ 1 m、取付角度 3.5°

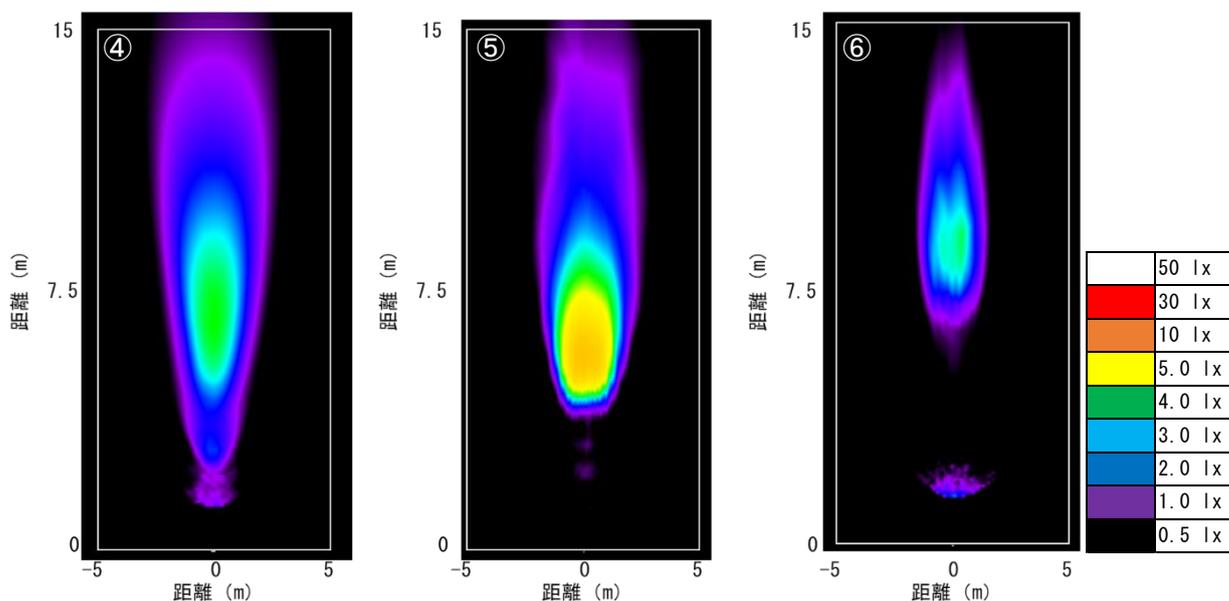


図 27 照射距離 115 m 代表例 3 銘柄の照度分布 目線：真上

図 26 と 図 27 の供試品の下方向 3.5° 照射水平面距離は④22.0 m、⑤20.3 m、⑥17.0 m である。まず、図 26 より同じ照射距離 115 m でも④が奥まで光が最も届いているように見える。その理由としては、図 27 より、上配光の違いによる光の拡散が要因の可能性が考えられる。特に④と⑥または⑤と⑥を比較すると、照度分布の 15 m 近傍の照度差が顕著である。

上方向の照射角の違いをより詳細に確認するため、中心から上方向の角度と光度との関係を 図 28 に示す。

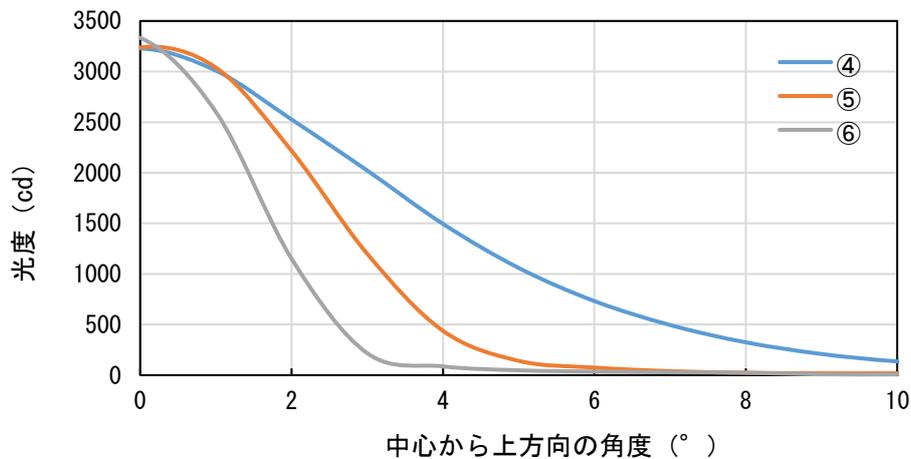


図 28 中心から上方向の角度と光度との関係

図 28 より、④が最も光の広がりが大きく、次いで⑤⑥であった。上方向の照射角は④ 4° 、⑤ 3° 、⑥ 2° 、下方向 3.5° 照射水平面距離は④22.0 m、⑤20.3 m、⑥17.0 m という結果から、上方向の照射角が広ければ広いほど、下方向 3.5° 照射水平面距離も長くなることが分かった。(図 29)

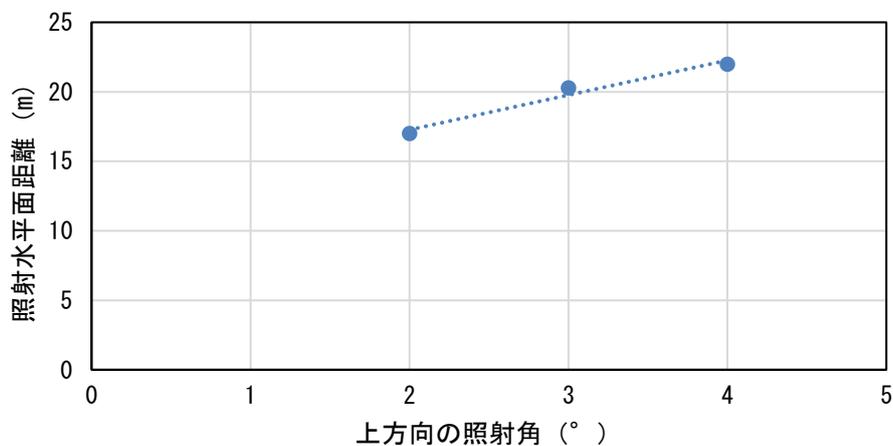


図 29 上方向の照射角と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係

ただし、JIS C 9502:2021 6.2 a) すれ違い用配光の照度測定位置によれば上方向の照射角が 3.5° より広くなると、対向者の眩惑の可能性が高くなるため注意が必要である。

以上の結果から、照射距離が同じ供試品であっても実使用時に近い下方向 3.5° 照射水平面距離は同じにはならないこと、またその要因は上方向の照射角であることが分かった。照射距離は最大光度に完全に依存するため、上方向の照射角は考慮されない。つまり、実際に

使用した時の光の届く距離は照射距離でイメージするものとは異なることになる。図 25 からも分かるように、本研究で用いた 16 銘柄の供試品でも照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離に逆転が起っている（例として、照射距離が 93 m と 115 m の供試品は、下方向 3.5° 照射水平面距離となると 18.8 m と 17.0 m となり長短逆転した）。光の届く範囲を決めるには、最大光度と上方向の照射角の 2 点を考慮に入れる必要があることが分かった。

4.3 中心からの横方向の角度と色温度との関係

3.7 にて、色度座標で JIS C 9502:2021 に規定された白色光域外の供試品が 2 銘柄存在した。その白色光域外の 2 銘柄の供試品及び白色光域内の供試品の中心から横方向の角度と色温度との関係（図 30）を比較し、白色光域外となった原因を検討する。

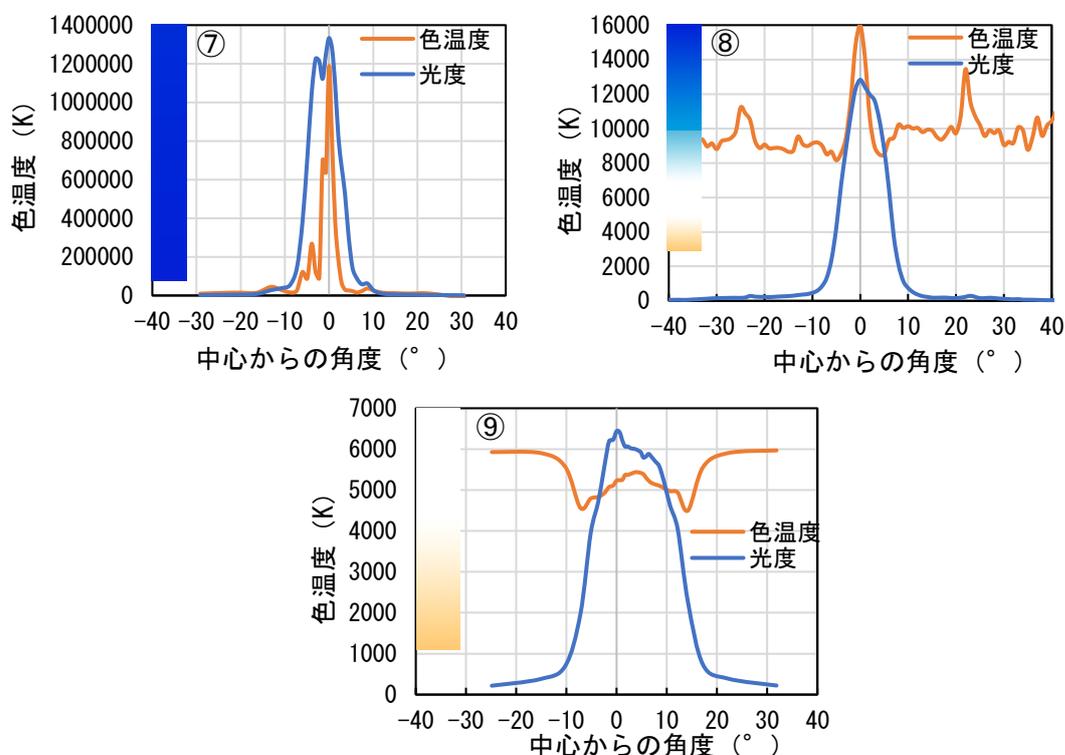


図 30 中心からの横方向の角度及び色温度と光度との関係（光度は正規化）

カラーバーは参考色

左上から順に、⑦白色光域外（供試品 4）、⑧白色光域外（供試品 16）、⑨白色光域内（供試品 11）とした。⑦、⑧、⑨ともに±10° 付近で光度が大きく出ているため、その角度の色温度を確認したところ、⑦⑧は 10,000 K 以上、⑨は 5,000 K 程度となった。一般的に 3,000 K は夕日、5,000 K は正午の太陽の色、7,000 K は曇った空、10,000 K 以上となると青空と同等の色となる。つまり、JIS C 9502:2021 に規定された白色光域外の供試品を照射すると青色、白色光域内だと白色である。色温度が高い（白色光域外）と、散乱の影響を受けやすい

ため、雨や霧の中での使用には注意が必要である。目視で確認し、電球色から白色（3,000 K～5,000 K）が理想的である。

4.4 取付高さ と 取付角度 について

4.1 では下方向の照射角が最大水平面照度に影響すること、また 4.2 では上方向の照射角が照射水平面距離に影響することが分かった。その時の取付条件は高さ 1 m、下方向 3.5°であったが、取付高さ と 取付角度 を変化させると配光にどのような影響があるか検討した。供試品は No.15 を用いた。なお、取付角度に関しては全て下方向とする。

4.4.1 イメージ図 と 照度分布

供試品 15 は最大光度 3,330 cd であり、そのイメージ図 と 照度分布 を 図 31 に示す。

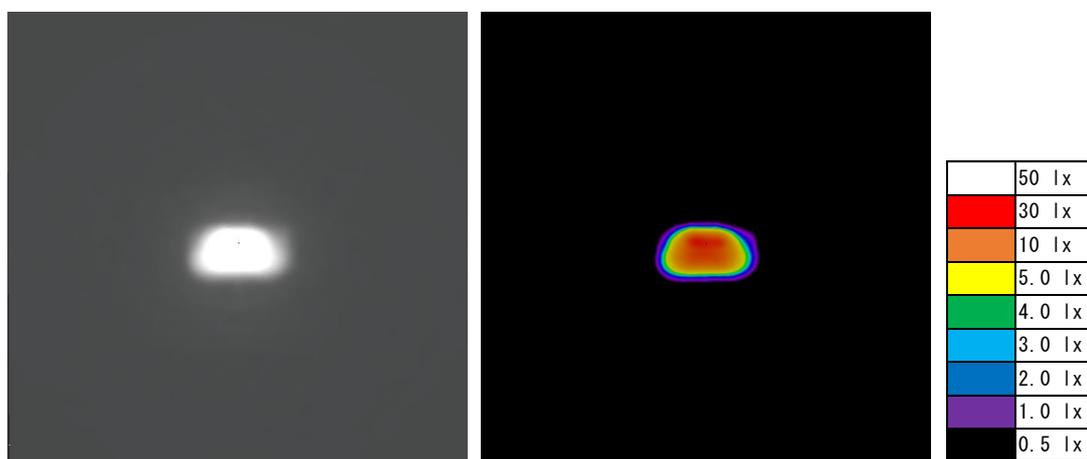


図 31 供試品 15 のイメージ図 と 照度分布（鉛直面） 20×20 m

図 31 は、前方 10 m 先の壁（20×20 m）の中心にまっすぐ光を照射した時のイメージ図 と 照度分布 である。台形状に光は広がっている。中心の黒い点は、前照灯の影である。この前照灯は電動アシスト自転車の前かごの下に取付けてあり、その高さは 0.6 m、その取付角度は 3.5° であった。その状態での照射水平面距離は 16.7 m。実際に使用した時のイメージ図 と 照度分布 は 図 32 のようになる。

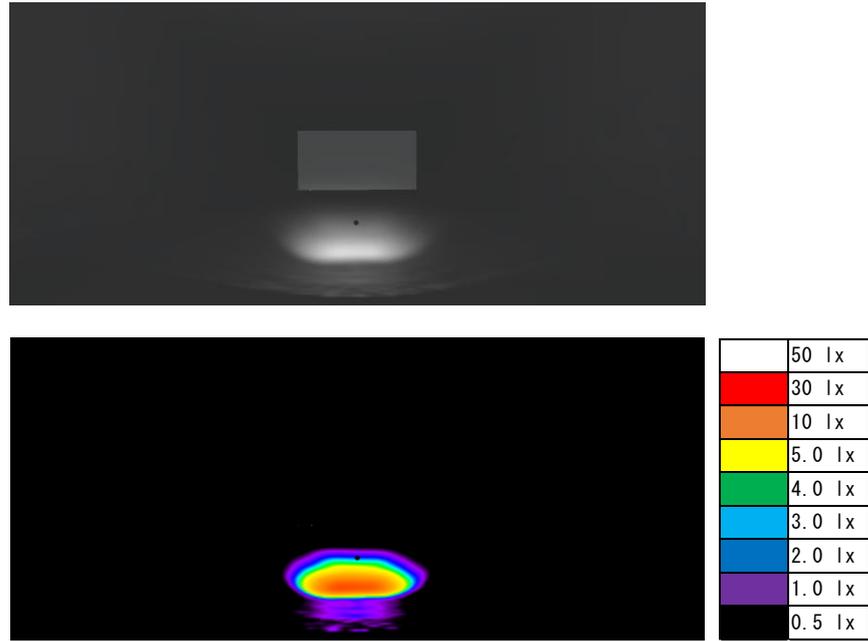


図 32 供試品 15 のイメージ図と照度分布（水平面）目線：乗員

図 32 は、奥行き 50 m、横幅 10 m の空間で取付高さ 0.6 m、取付角度 3.5° で照射した時のイメージ図と照度分布である。また、図 32 を真上から見た時は図 33 となる。

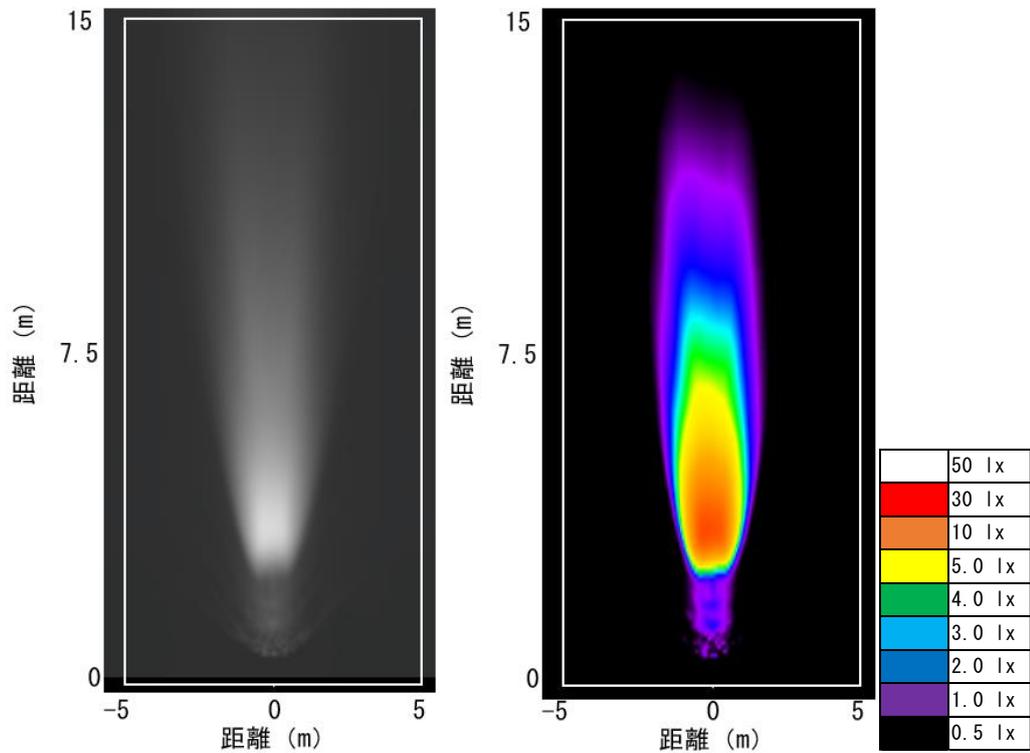


図 33 供試品 15 のイメージ図と照度分布（水平面）目線：真上

以上が供試品 15 の照度分布であり、ここから取付高さ と 取付角度 を変えた時、配光にどのような影響があるのか確認した。

4.4.2 取付高さの影響

取付角度は 3.5° とし、取付高さを変化させたとき照度分布にどのような影響があるのか、確認した。その時の照度分布を **図 34** に示す。供試品は No.15 を用いた。

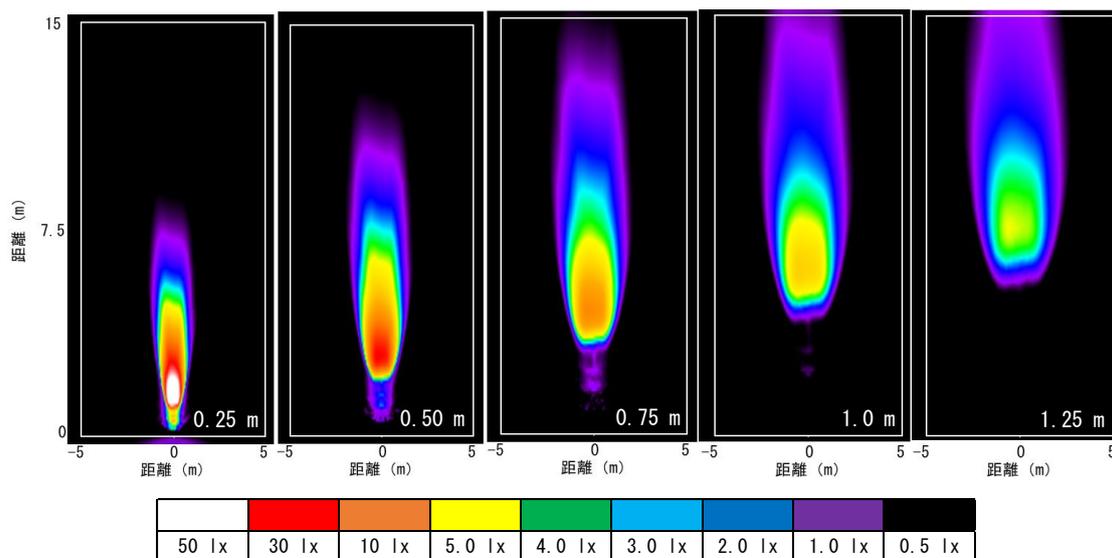


図 34 供試品 15 の照度分布（水平面）目線：真上
取付高さ 0.25、0.50、0.75、1.0、1.25 m 取付角度 3.5°

図 34 より、取付高さを高くすると、照射水平面距離は長くなるが足元が暗くなる。また、高くすると横方向への広がりも広くなることから、取付高さは照射水平面距離と横方向の広がりに影響した。

取付高さ と 下方向 3.5° 照射水平面距離 と の 関係 を **図 35** に示す。

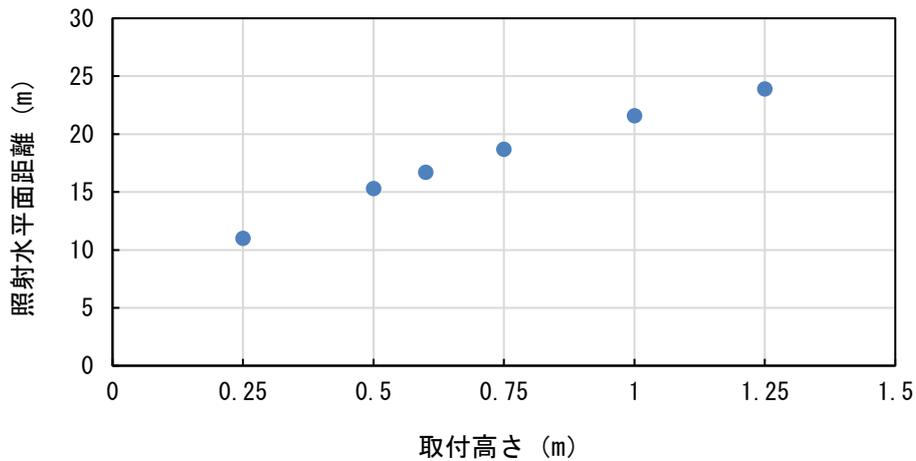


図 35 取付高さと同方向 3.5° 照射水平面距離との関係

図 35 より、取付高さを変えると照射水平面距離が大きく向上することが分かった。例えば、元の取付位置である 0.6 m からハンドルバーの位置である 1.0 m に前照灯を取り付けることで、照射水平面距離は 16.7 m から 21.6 m まで向上した。

4.4.3 取付角度の影響

取付高さは 0.6 m と 1 m とし、取付角度を変化させたとき照度分布にどのような影響があるか確認した。その時の照度分布を図 36 と図 37 に示す。供試品は No.15 を用いた。

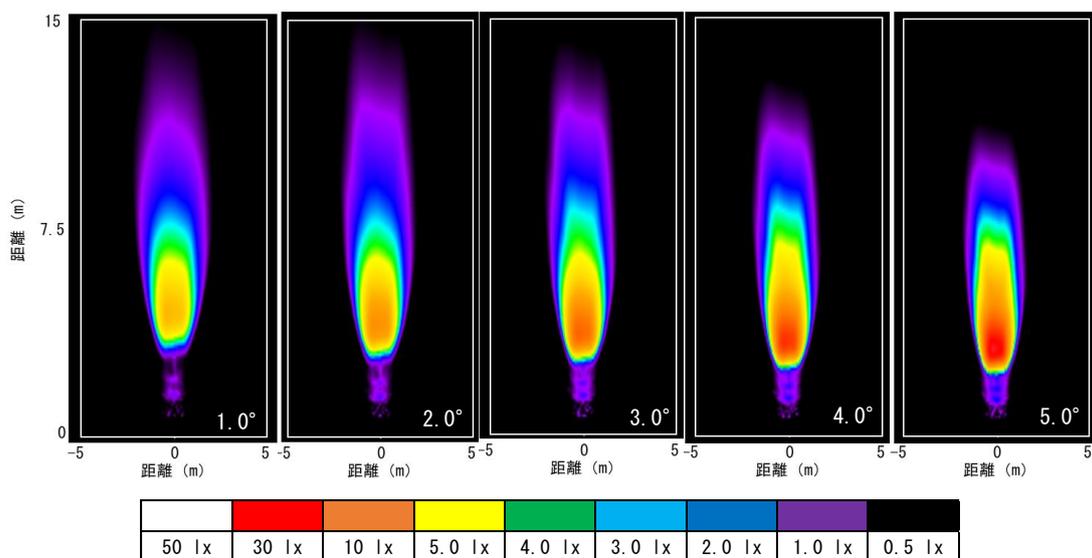


図 36 供試品 15 の照度分布 (水平面) 目線 : 真上
取付角度 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0° 取付高さ 0.6 m

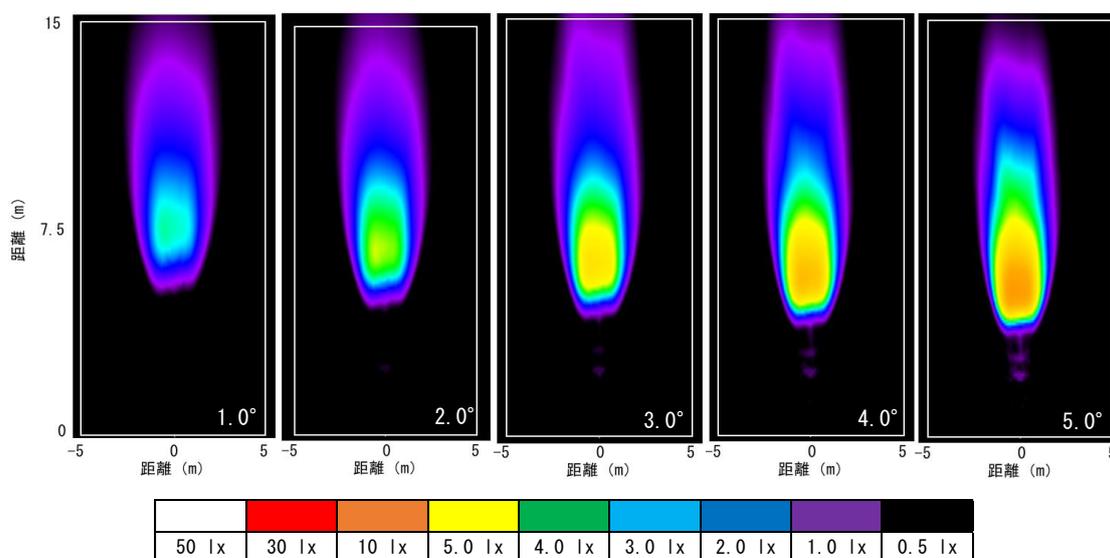


図 37 供試品 15 の照度分布（水平面）目線：真上
 取付角度 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0° 取付高さ 1 m

図 36 と図 37 より、下向きに角度を傾けていくと、照射水平面距離が短くなり足元が明るくなる。ただし、高さ 1 m の 1.0° から 3.0° を比較すると、3.0° の方が明るさも照射水平面距離も大きい。前照灯が水平に近いと明るさも得られず、照射水平面距離も短く、さらに対向者の眩惑になるため、注意が必要である。また、同じ角度変化でも高さによって照度分布は大きく異なった。

取付角度と照射水平面距離との関係を図 38 に示す。

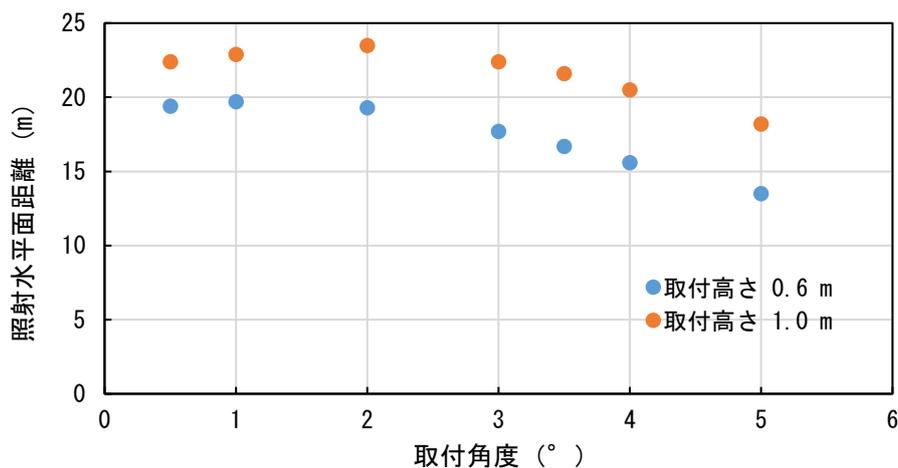


図 38 取付角度と照射水平面距離との関係

図 38 より、取付角度を変えると照射水平面距離が変化した。取付高さが 0.6 m の時、取

付角度は 1.0° で最も照射水平面距離が長く (19.7 m)、取付高さが 1 m の時、取付角度が 2.0° で最も照射水平面距離が長かった (23.5 m)。購入時の取付状態における照射水平面距離は 16.7 m だったため、照射水平面距離は取付方法を変えただけで 3.0~6.8 m 向上した。

4.4.4 対向者が眩惑を起こす可能性

照射水平面距離が長くなった分、前照灯は購入時より上向きに角度が変化した。それにより眩惑の可能性があるので、10 m 先にある鉛直面に照射し、照度を確認した。

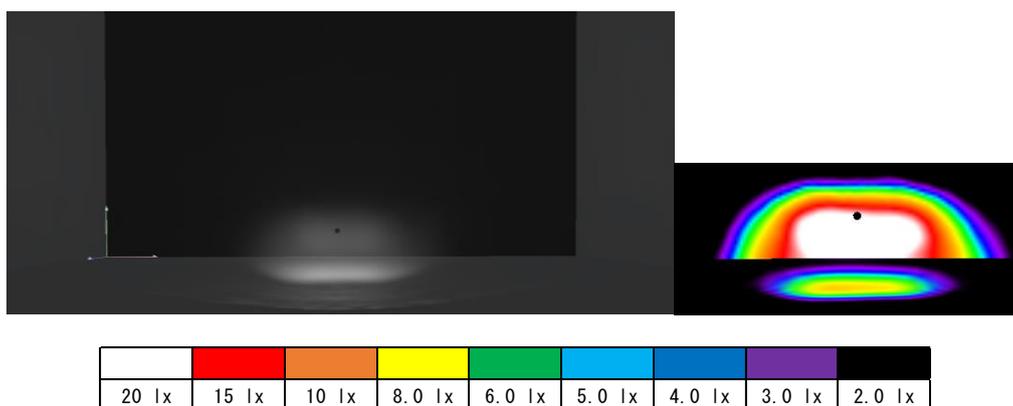


図 39 供試品 15 のイメージ図と照度分布 (鉛直面)
取付角度 1.0° 取付高さ 0.6 m

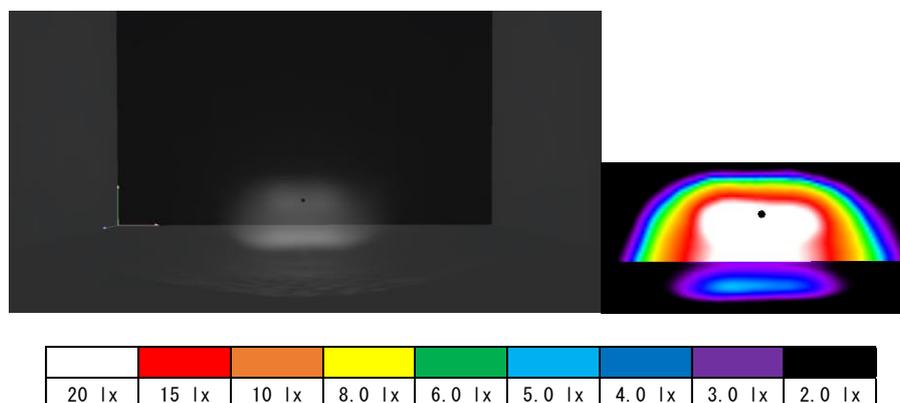


図 40 供試品 15 のイメージ図と照度分布 (鉛直面)
取付角度 2.0° 取付高さ 1 m

図 39 と図 40 は取付高さが 0.6 m、1.0 m で照射水平面距離が最も長くなった取付角度にて、10 m 先にある鉛直面に照射したときの照度分布である。黒色部は 2 lx 以下となり、対向者の目を眩惑させる可能性は低い¹⁾。その閾値は、取付高さ 0.6 m・取付角度 1.0° では、地面から 0.6 m。また、取付高さ 1.0 m・取付角度 2.0° では、地面から 1.3 m となった。JIS

C 9502:2021 14 b 3) によると、適切な取付方法は、10 m 前方で地面から 1 m の高さにおける照度が 2 lx 以下と規定されているので、取付高さ 1 m・取付角度 2.0° (図 40) において 2 lx 以下の閾値が 1.3 m となるのは、眩惑の可能性があるとと言える。

以上から、供試品 15 を用いて今回測定した範囲で、照射水平面距離が最も長くなり、かつ対向者の眩惑になる可能性が低い取付高さ と 取付角度は、0.6 m・1.0° であり、その照射水平面距離は 19.7 m であった。

取付高さ と 取付角度を最適化することで、照射水平面距離を 3.0 m 向上できた。

4.4.5 安全に停止できる点を最大光度で照射した場合について

安全制動距離とは、0.6 g の減速度に対応する各速度に対する制動距離である³⁾。(一財)自転車産業振興協会：自転車実用便覧 第 4 版 (以後、自転車便覧と呼ぶ) 表 2.4-14 によると、安全制動距離は 30 km/h で、5.92 m となる。30 km/h としたのは自転車便覧 表 2.4-20 において実用車からサイクリング車までの常用速度が 30 km/h 以下のためである。また、自転車のブレーキをかけるまでの人間の反応時間や持ち替え時間は各車種、各年齢層、個人差なども含め、約 0.6 s と言われている³⁾。30 km/h では 0.6 s で 5 m 進むことになり、人間が反応してから自転車が止まるまで合計で約 11 m 進むことになる。そのため、前照灯の性能に左右されるが、電動アシスト自転車走行時において最大光度を 11 m 先に向けて走行するのが安全上適切な仕様になる可能性が高いと考えた。(最大光度を 11 m とすると、4.1 で示したように最大水平面照度は 11 m より手前となるため前方数メートルの位置も明るく見え、4.2 で示したように照射水平面距離は上方向の照射角により 11 m より前方となるので余裕をもって安全に停止できる。図 41 参照)

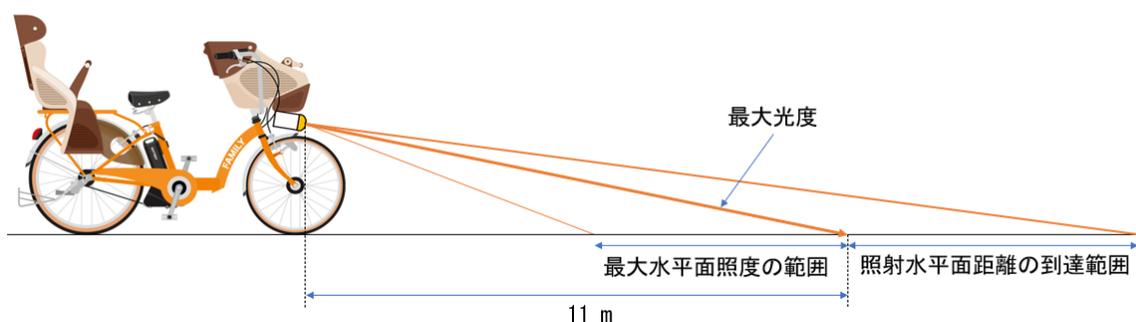


図 41 安全に停止できる点を最大光度で照射した場合について

供試品 15 を用いて 11 m 先に照射した時の照度分布を図 42 に示す。

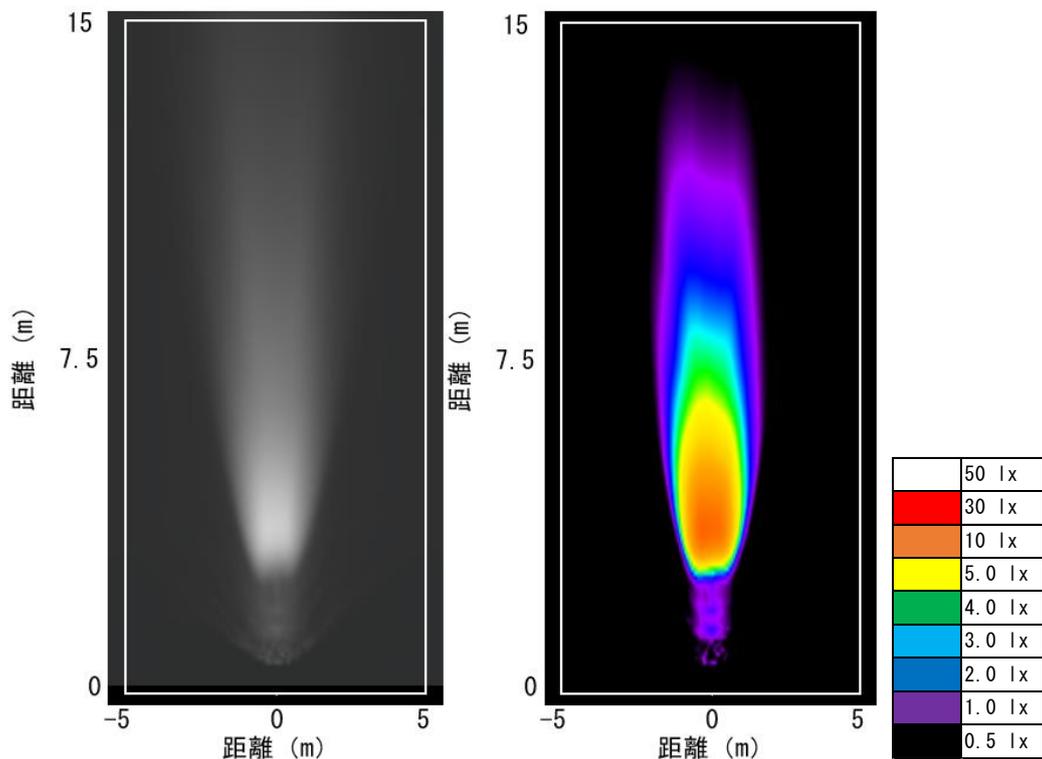


図 42 供試品 15 のイメージ図と照度分布（水平面） 目線：真上
 取付角度 3.0° 取付高さ 0.6 m

図 42 より、最大水平面照度は約 3.5 m で 11 lx あり、照射水平面距離は 16.9 m であった。16.9 m は、15 km/h で走行した場合約 4 秒間である。取付高さを取付角度を最適化した時の 19.7 m と比較し短くなるが、最大水平面照度 11 lx、照射水平面距離 16.9 m から、この条件でも安全上問題なく前方を視認可能であると思われる。

次に対向者が眩惑を起こす可能性について確認する。

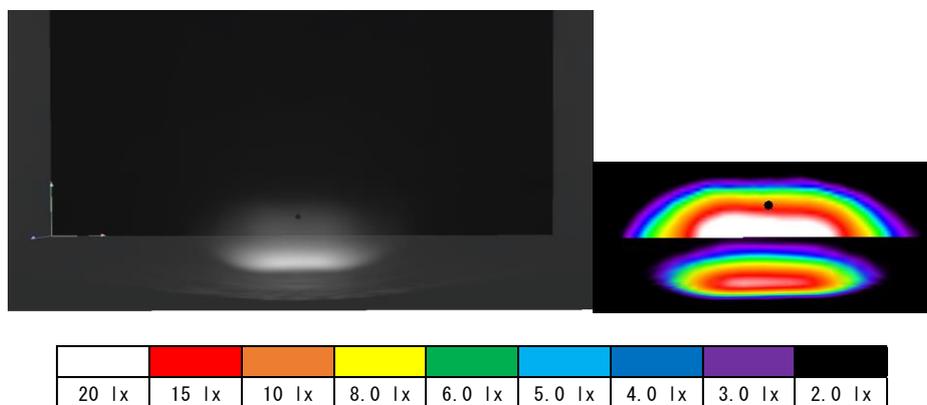


図 43 供試品 15 のイメージ図と照度分布（鉛直面）
 取付角度 3.0° 取付高さ 0.6 m

図 43 は取付高さが 0.6 m、取付角度 3.0° にて、10 m 先にある鉛直面に照射したときの照度分布である。2 lx の閾値は約 0.7 m であった。JIS C 9502:2021 14 b 3) によると、適切な取付方法は 10 m 前方で地面から 1 m の高さにおける照度が 2 lx 以下であるため、眩惑の可能性は低いと考えられる。

以上より、適切な取付高さや取付角度が不明の場合は、最大光度で 11 m 前方を照らすように調整すれば乗員も対向者も安全である可能性が高いことが分かった。

4.5 測定結果の詳細についてのまとめ

- ・乗車時に目視する最大水平面照度は、最大光度 3,000 cd 近傍の供試品で 2.3 lx から 14 lx と同程度の最大光度でも 6 倍以上の差があるように、JIS C 9502:2021 12.2 の方法で測定した鉛直面の最大光度（照度）以上に下方向の配光の影響を大きく受けることが分かった。本研究にて使用した 16 銘柄の供試品であっても 6 倍以上の差が生じることから、JIS C 9502:2021 12.2 の方法で測定した鉛直面の最大光度（照度）は、実使用時において参考値程度と考えた方がよいと思われる。そのため、5.1 にて性能表示の方法について提案する。
- ・乗車時に目視する照射水平面距離は、最大光度と上方向の照射角に依存することが分かった。また、供試品 7 は照射距離 93 m であり供試品 4 は照射距離 115 m であるが、乗車時に目視する照射水平面距離（4.2 では下方向 3.5°）で比較した場合、供試品 7 は 18.8 m、供試品 4 は 17 m であり、距離の長短が逆転していた。そのため、ANSI/NEMA FL1 の方法で測定した照射距離は実使用時においては参考程度と考えた方がよいと思われる。地面に照射した時の性能である照射水平面距離を表示するのがよいと考えるが、詳しい性能表示の方法については 5.2 で提案する。
- ・2020 年度の調査²⁾に続き、2021 年度においても色度座標で JIS C 9502:2021 に規定された白色光域外の供試品が存在した。10,000 K 以上（青色）と色温度が高いため、散乱の影響を受けやすく、雨や霧の中での使用には注意が必要である。
- ・取付高さや取付角度を最適化することで、供試品 15 の照射水平面距離を当初の取付位置での 16.7 m から変更後 19.7 m まで改善した。最適化するには各点で測定や解析が必要であるため非常に手間がかかる。そのため、安全制動距離と人の反応を考慮した 11 m 先を最大光度で照射することで、照射水平面距離を最適化はできなくても、安全に走行できる照度分布を得ることができた。

5. 性能表示の提案

3章と4章では、実使用時に近いと思われる最大水平面照度、照射水平面距離について現状の性能表示項目と比較しながら結果を考察した。5章では、4章までの結果の中で表示項目のみに絞り整理した後、消費者が分かりやすいと思われる表示項目について提案する。

5.1 現状の性能表示と実使用時の比較（最大光度と最大水平面照度）

最大光度もしくは最大照度（10 m 位置）は消費者が最も注目する性能項目の一つである²⁾。現状は 10 m 先にある鉛直面にて測定した最大光度もしくは最大照度が商品に記載されている。（製造業者によっては独自の手法を用いている場合もある）

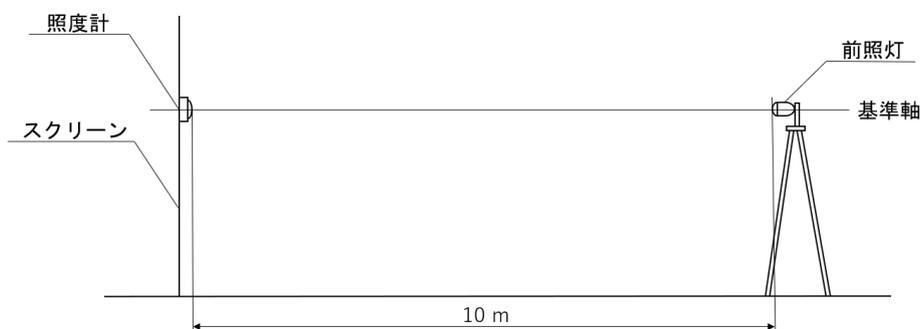


図 44 照度測定について

図 44 は試験装置の概略であるが、最大光度もしくは最大照度（10 m 位置）を測定し、性能として公開しているのが現状である。測光が容易であることがメリットであるが、実際に走行する場合、斜め下に照射するため、走行時の最大水平面照度は図 45 の範囲となる。

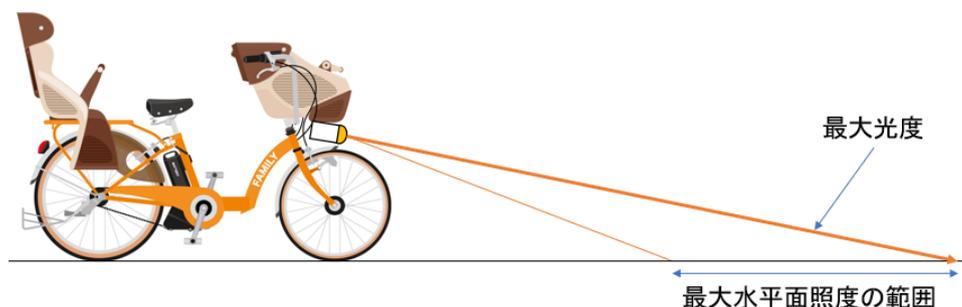


図 45 最大水平面照度の範囲

図 45 は照射範囲を表している。つまり、図 44 のような方法で測光した最大光度もしくは

は最大照度（10 m 位置）の値は、走行時の最大水平面照度とは異なる（レーザーポインタのような照射が点であるものは照射範囲が極端に狭いため、最大光度と走行時の最大水平面照度は同じになるが、そのような前照灯は存在しない）。各供試品における最大光度と下方向 3.5° 最大水平面照度との関係を図 46 に示す。

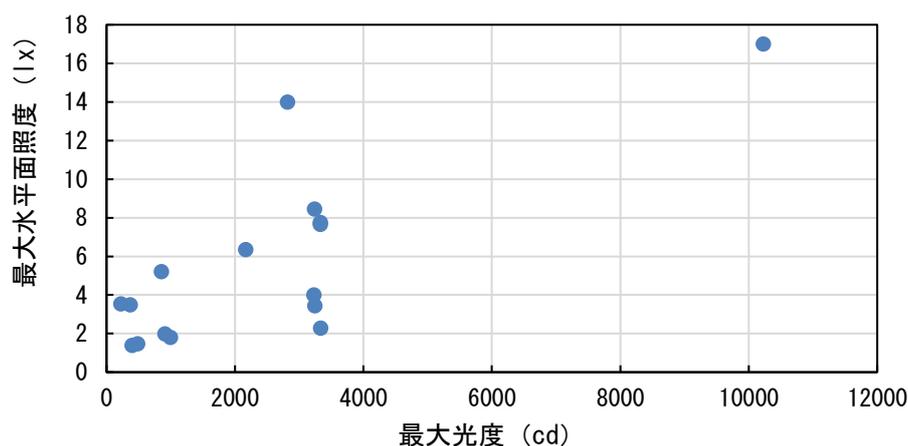


図 46 最大光度と下方向 3.5° 最大水平面照度との関係

図 46 より、最大光度が 3,000 cd 近傍であっても、下方向 3.5° 最大水平面照度は 2.3 lx の供試品もあれば、14 lx の供試品も存在した。つまり、前照灯の性能表示が 3,000 cd (30 lx) と表示してあったとしても、実際に使用してみると最大水平面照度は 2 lx であったり、14 lx であったりと様々である。本研究で使用した 16 銘柄の供試品の中だけで比較しても約 6 倍もの差があったことから、市場での差はより大きいと思われる。

以上のことから商品に記載されている最大光度もしくは最大照度（10 m 位置）は、参考値として見た方がよい。

5.2 現状の性能表示と実使用時の比較（照射距離と照射水平面距離）

光がどこまで届くのかは、消費者が求めている性能項目の一つである²⁾。一部の製造業者はこの照射距離を性能項目として採用しており、商品に記載している。照射距離とは、満月時の月光以上の明るさ（0.25 lx）で照らすことができる距離⁴⁾である。この場合、一定の高さに設置し地面と水平にまっすぐ最大光度で照射したときに、どこまで光が到達するかを示す値である。（図 47 上図）

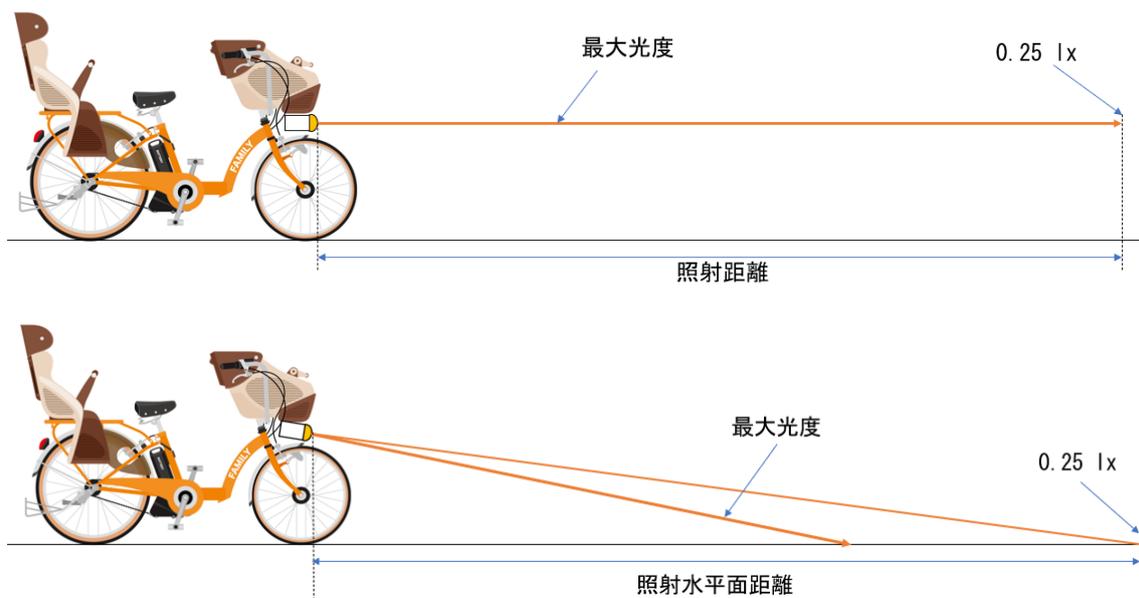


図 47 照射距離と照射水平面距離

そのため、照射距離が 100 m 以上となる供試品は 16 銘柄中 8 銘柄。また、200 m 以上となる供試品も 1 銘柄存在した。走行時には、前照灯を地面と水平にすることは無く、また 200 m 先を照射することもないため、消費者にとってはあまり参考にならない数値と思われる。相対比較することで優劣をつけることが出来れば、実際に使用した時に前の前照灯より遠くまで見えるようになったなど、消費者は感覚的に分かる部分もあるかもしれないが、結論から言うと、相対比較は難しいという結果となった。理由は、図 48 である。

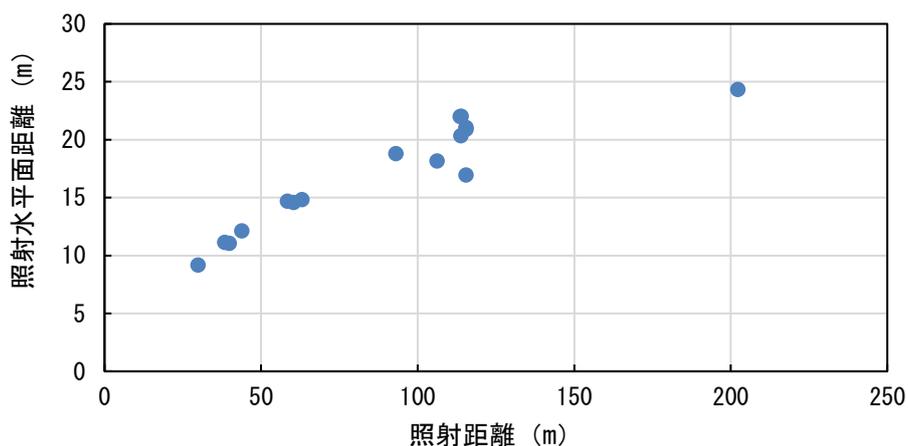


図 48 照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離との関係

図 48 は、照射距離と下方向 3.5° 照射水平面距離を比較したもののだが、照射距離が 115

m 近傍であっても、照射水平面距離は 17.0 m から 22.0 m まで供試品によって異なる。また照射距離が 93 m の供試品と 115 m の供試品とで、下方向 3.5° 照射水平面距離に長短逆転が起っている部分もある。16 銘柄の供試品だけでもここまで差が出ることから、市場ではより差は大きくなると思われる。

以上のことから商品に記載されている照射距離は、参考値として見た方がよい。

5.3 性能表示案

2020 年度の調査²⁾では、消費者が求めている性能項目として光の総量、広がり、照射距離、照射時のイメージが挙げられたことから、「製品単体の光学性能で示す案 1」と「製品取付後、乗員が見た時の光学性能で示す案 2」の 2 案を示した。

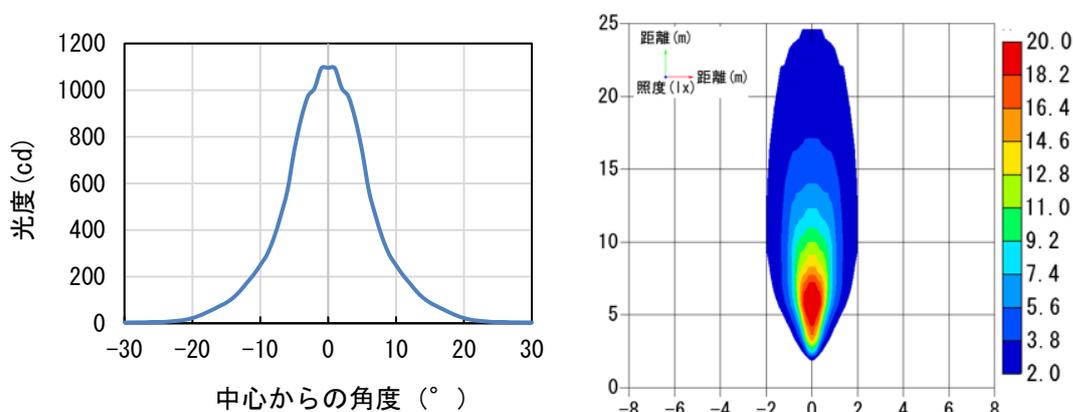


図 49 2020 年度に報告した案 1 (左) と案 2 (右)

案 1 : 照射角と光度との関係

案 2 : 水平面 (地面) に照射した際の照度分布

図 49 が 2 つの案であるが、案 1 は照射時のイメージが分かりにくいという欠点があり、案 2 には取付高さや取付角度の設定で値が変化する、案 1 案 2 両方には照射水平面距離が分からない、という問題があった。

以上のことから、案 3 を下記に示す。

- ① 取付高さや取付角度が最適化されている、もしくは 11 m 先の水平な地面に向けて最大光度で照射されている状態の取付高さや取付角度とする (4.4)
- ② その状態で 0.25 lx までの最長距離を算出する (4.2 照射水平面距離)
- ③ その状態での照度分布、最大光度もしくは最大照度 (10 m 位置)、最大水平面照度、照射水平面距離を性能項目として表示する。

図 50 に案 3 の例を示す。最大水平面照度と照射水平面距離は本報告書のみの用語のため、一般的な表示名である最大照度と照射距離とした。

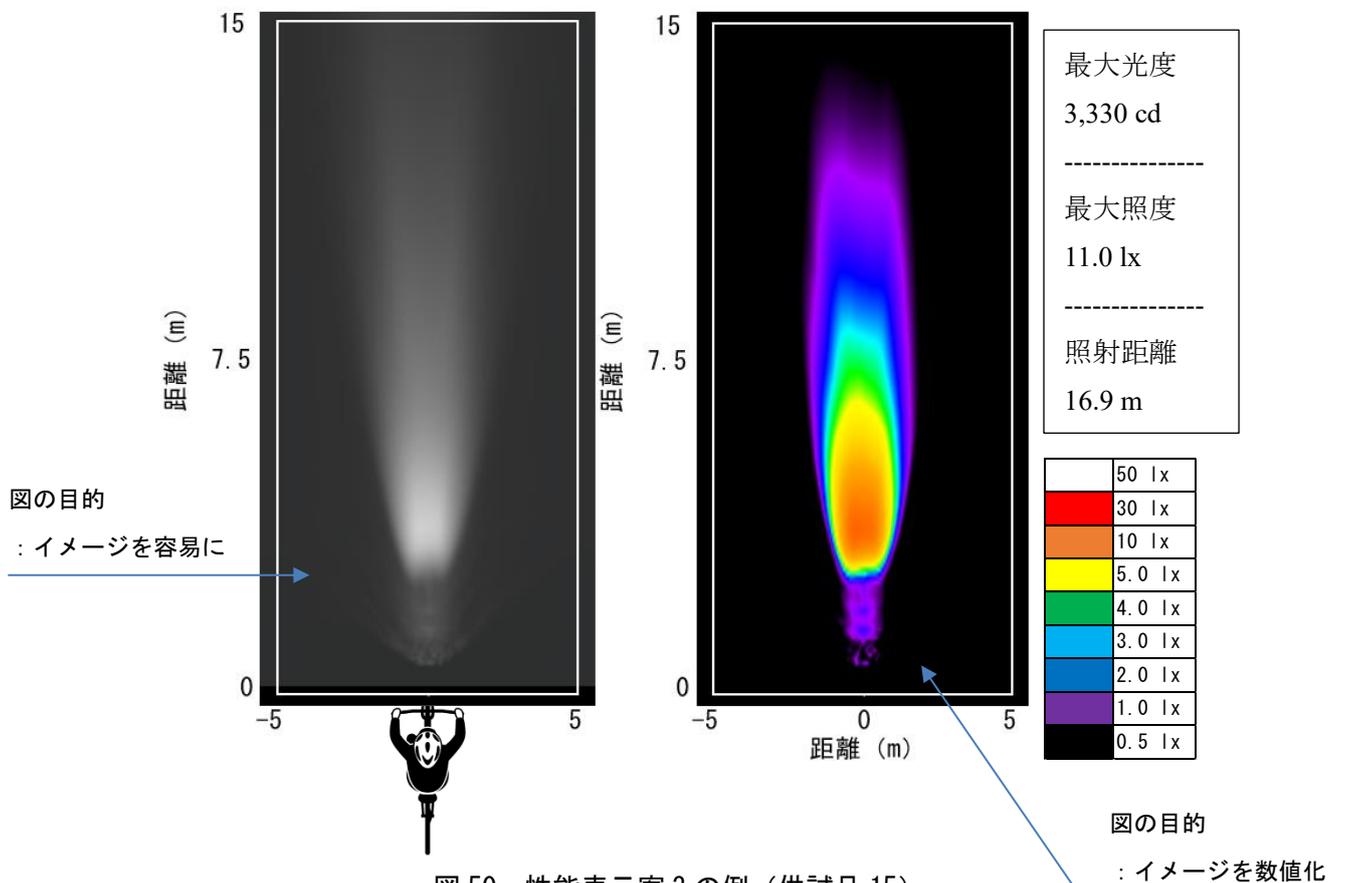


図 50 性能表示案 3 の例 (供試品 15)

※左のイメージ図は写真でも分かりやすい

一例ではあるがこのように性能を表示すれば、消費者は照射イメージを容易に持つことができる。また、地面を照らした時の最大光度、最大照度、照射距離を把握でき、実使用時に即したスペックを知ることができる。

※購入者が最もなじみのある写真が一番分かりやすいと思われるが、撮影機材・場所・撮影モード・編集など、各製造業者が撮影方法を統一することができないためスペックとしては意味をなさない²⁾。ただし、案 3 の例で示した左側の照射イメージの代わりに写真を用いると購入者が分かりやすいため、イメージ図として活用は可能と考えられる。

6. 結言

今回、16 銘柄 16 個の前照灯を使用して、暗室と配光測定システムを用いて光学性能を評価し、消費者が分かりやすい性能表示について提案した。その過程で以下のことが分かった。

- 1) JIS C 9502:2021 12.2 の方法で測定したとき、規定の値 (800 cd) を満たさない供試品が 25%存在した。それらの供試品は、製造業者独自の方法で測定しているか、旧 JIS C 9502:2014 の規定値 (400 cd) を参考に設計しているものと思われる。
- 2) JIS C 9502:2021 6.2 測光時の最大光度値と実使用時を想定した下方向 3.5° 最大水平面照度値は、比例しないことが分かった。また、JIS C 9502:2021 測光時の最大光度が同等の供試品を比較しても、実使用時を想定した下方向 3.5° 最大水平面照度を見ると、最大光度が同等にも関わらず、その最大水平面照度が異なることが分かった。乗車時に目視する最大水平面照度は、3,000 cd 近傍の供試品で 2.3 lx から 14 lx と、最大光度が同等でも 6 倍以上の差があるように、鉛直面の最大光度値 (照度値) の影響以上に下方向の配光の影響を大きく受けることが分かった。
- 3) 1m の高さから光軸を 3.5° 下向きに傾けた時の照射水平面距離は、ANSI/NEMA FL1 2.2.6 の方法で測定した照射距離が同じでも、約 5 m の差があった。また、供試品によっては照射距離と照射水平面距離で長短が逆転する結果となった。その要因は上方向の配光の影響であった。また、本研究で用いた供試品を見ても、照射距離は約 30 m から 200 m であるが、200 m 先を照らして前照灯を使用することはないため、乗員にとって必要な性能とは言いにくい。以上より、ANSI/MEMA FL1 規定の照射距離は自転車の前照灯においては参考とするのが難しいため、水平な地面に照射した時の性能である照射水平面距離を表示するのがよいと考えられる。
- 4) 取付高さを取付角度を最適化することで、照射水平面距離を当初の取付位置から +3 m (約 1.2 倍) 改善した。最適化するには各条件で測定や解析が必要であるため非常に手間がかかった。そのため、安全制動距離と人の反応を考慮した 11 m 先の地面を最大光度で照射することで、照射水平面距離を最適化はできずとも、安全に走行できる照度と照射水平面距離を得ることができた。
- 5) バッテリーランプの点灯持続時間は全ての供試品において JIS D 9115:2018 8.1 b) の規定時間を満たしたが、駆動終止条件後の光度は 5 銘柄中 3 銘柄が規定値を下回った。そのうち 1 銘柄は定格電圧では規定内の照度だったが駆動補助終止条件後の電圧を用いた測光において規定値を下回る結果となった。
- 6) 照度分布、最大光度、最大水平面照度、照射水平面距離を用いて、実使用時に即した性能表示を提案した。

今回の測定で、同じ前照灯であっても取付高さを取付角度によって最大水平面照度・照射水平面距離・左右方向の広がりが大きく変化することが分かった。取付状況に関して本報告

では 1 銘柄の供試品のみであったため、取付高さと取付角度の最適化とその方法に関しては次年度以降も引き続き解析を行う予定である。

参考文献

- 1) JIS C 9502 自転車用灯火装置 2021
- 2) (一財) 自転車産業振興協会：“自転車用前照灯の性能調査” 2021 年 3 月
- 3) (一財) 自転車産業振興協会：自転車実用便覧 第 4 版
- 4) ANSI/NEMA FL 1 (Flashlight Basic Performance Standard) 2009

7. 参考（各供試品の性能表示案について）

本研究で用いた供試品すべてを、5章の性能表示案3を用いて示す。照射距離の最適化は行っていないため、安全制動距離と人の反応を考慮した11 m先に最大光度で照射した時の性能とする。取付高さが不明のものは1 mの高さに取り付けた場合とした。各性能の概要は図51、性能表示案で示した結果は図52から図67に示す。最大水平面照度と照射水平面距離は本報告書のみの用語のため、一般的な表示名である最大照度と照射距離とした。

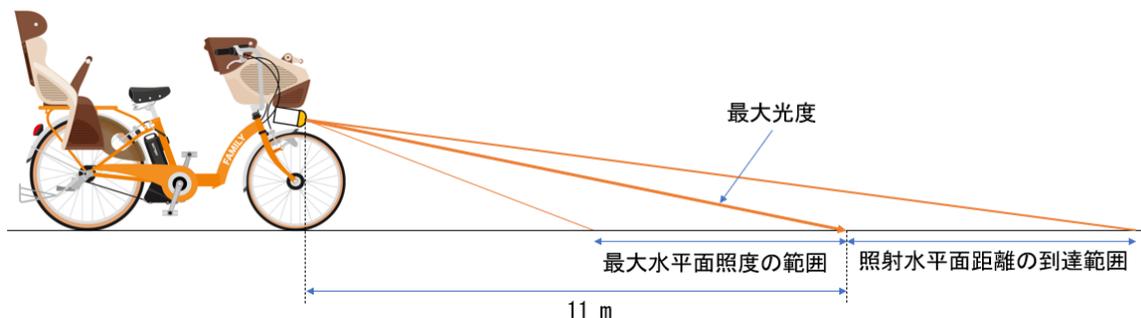


図51 11 m先に照射した時の各性能の概要

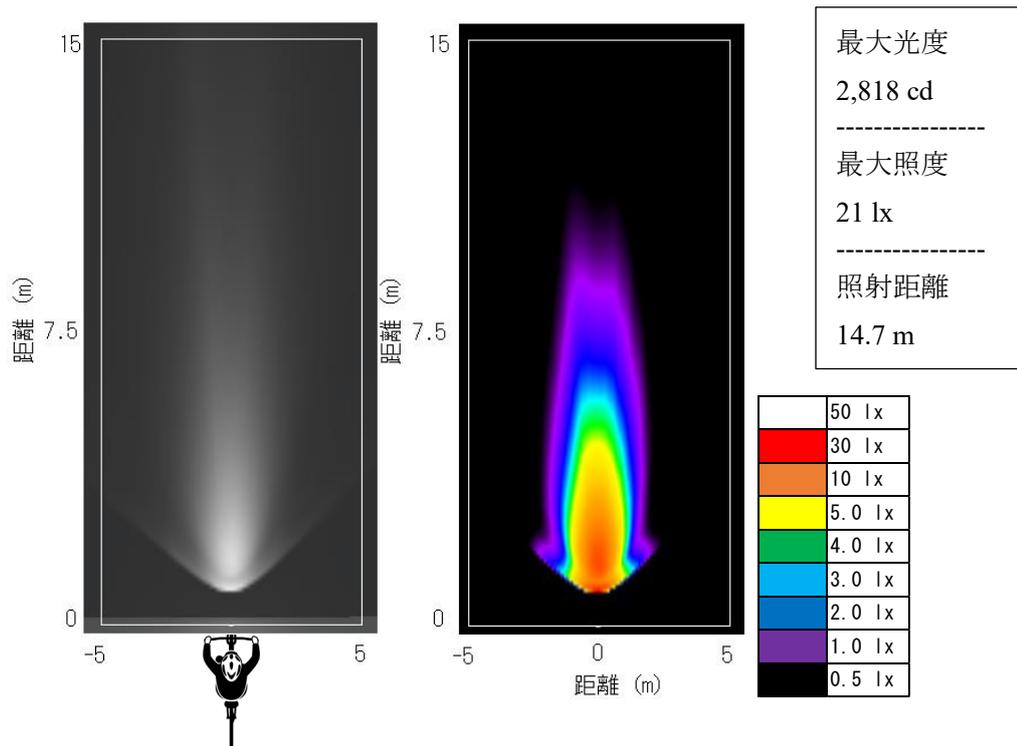


図52 性能表示案3（供試品1）

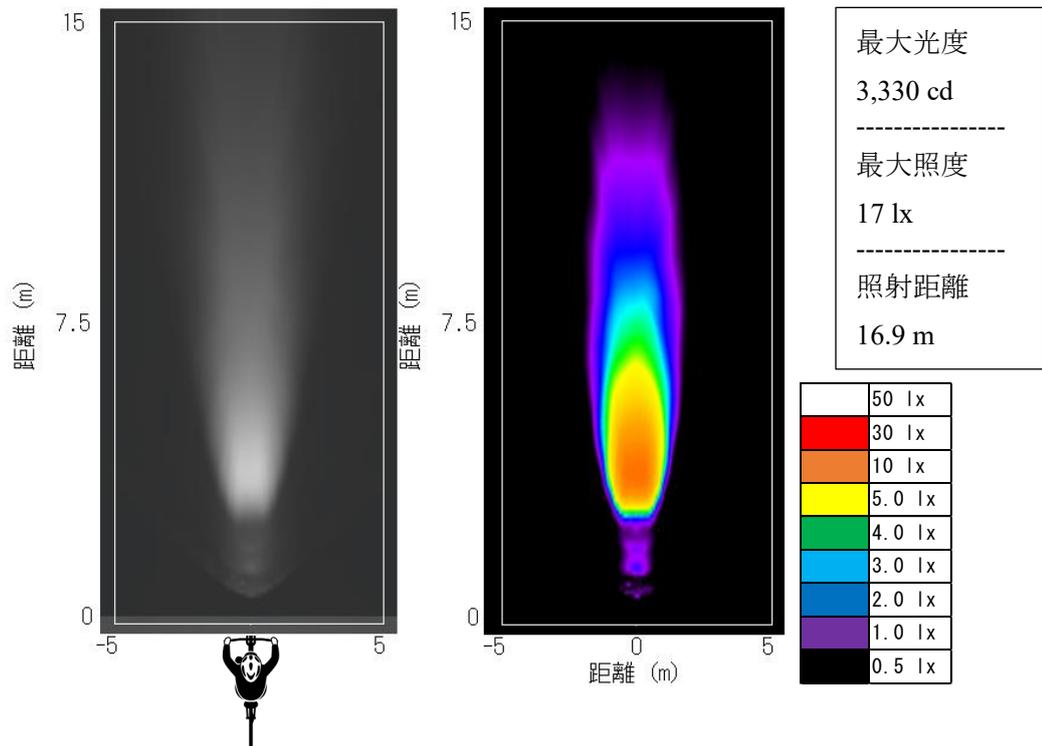


图 53 性能表示案 3 (供試品 2)

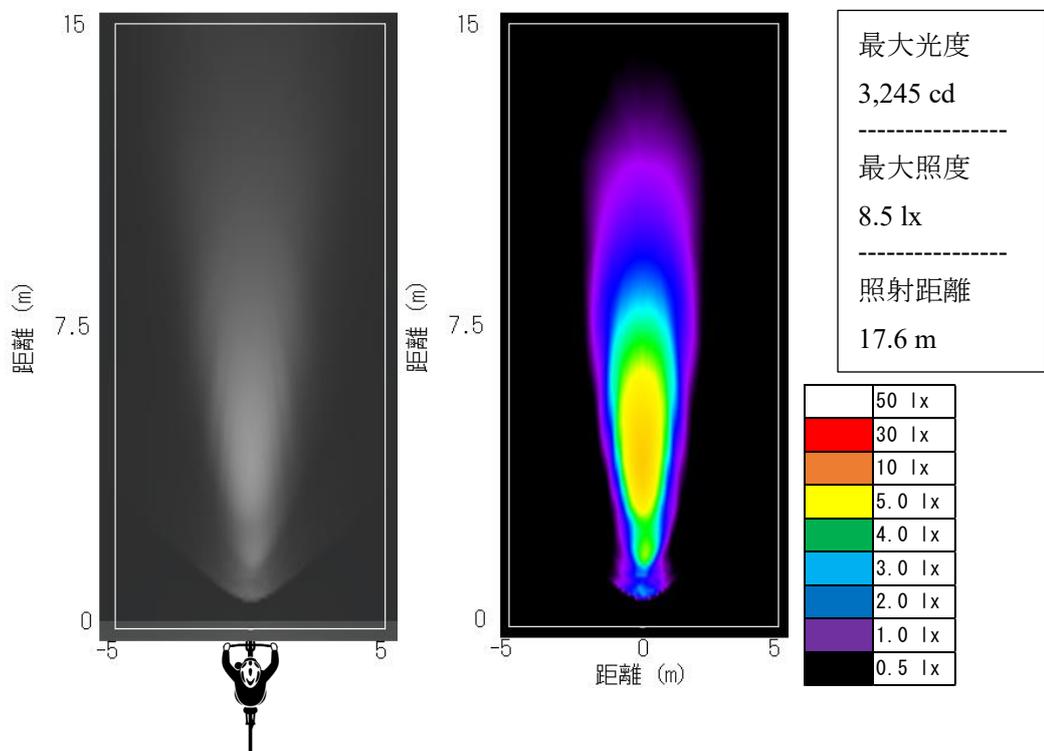


图 54 性能表示案 3 (供試品 3)

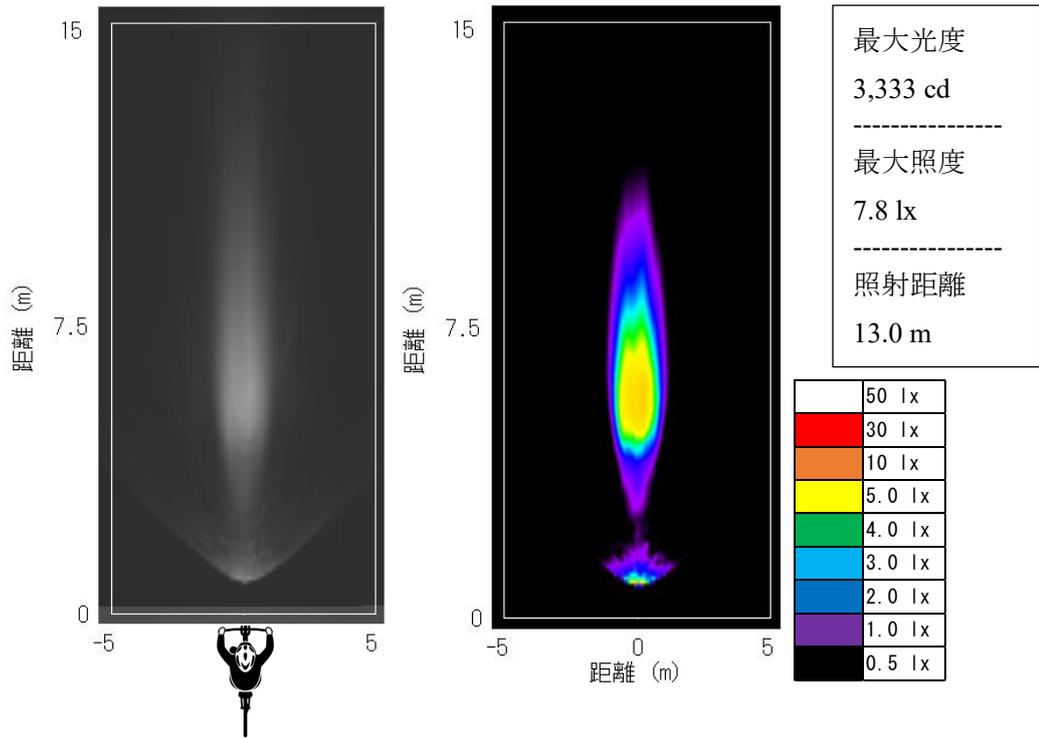


图 55 性能表示案 3 (供試品 4)

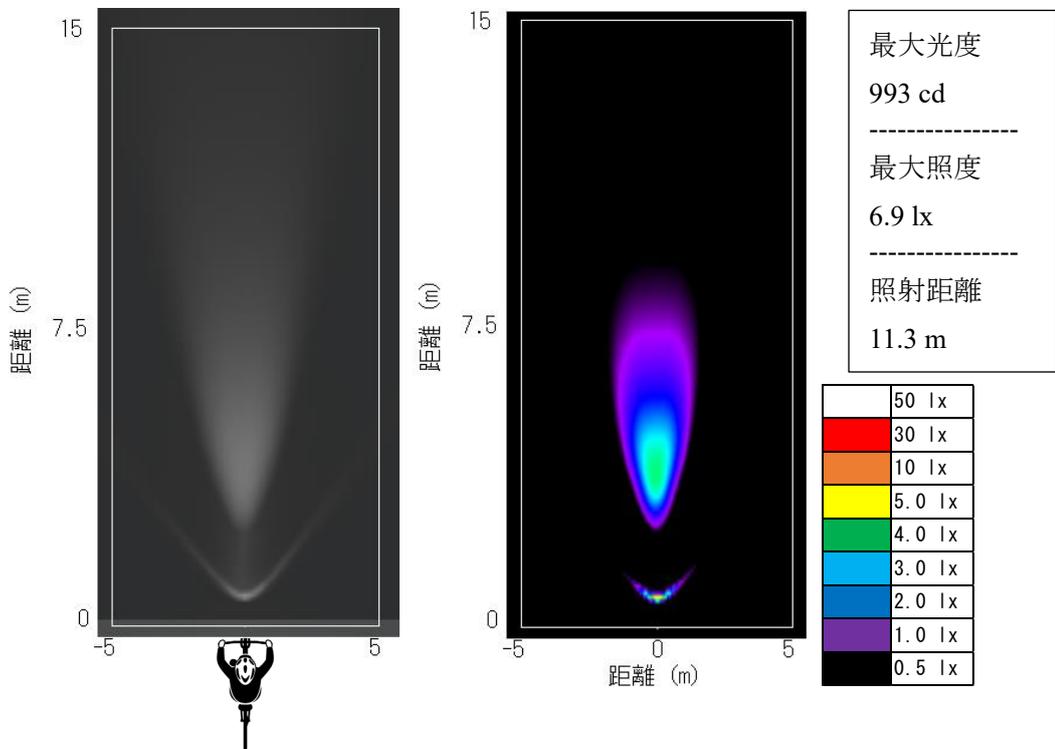


图 56 性能表示案 3 (供試品 5)

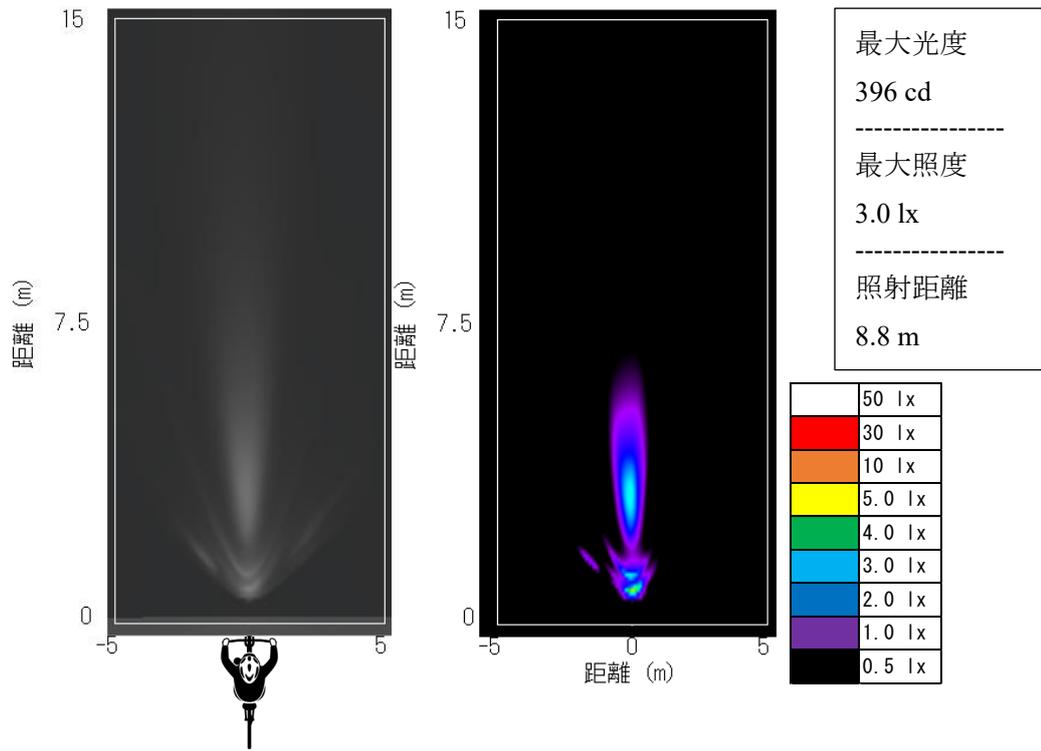


图 57 性能表示案 3 (供試品 6)

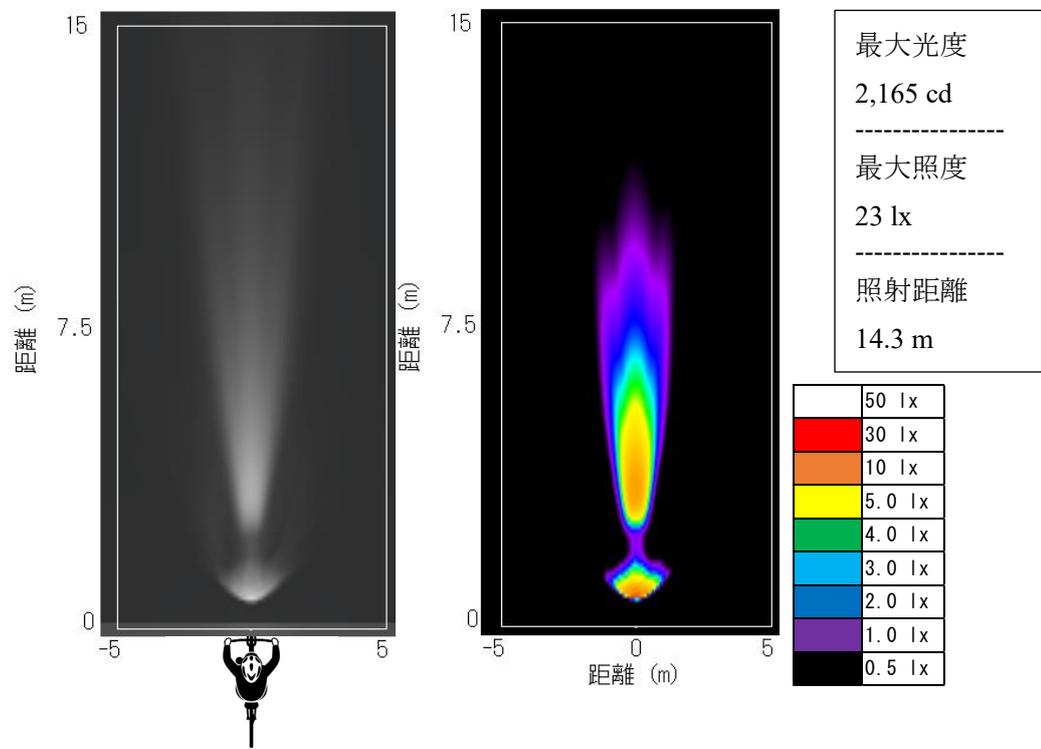


图 58 性能表示案 3 (供試品 7)

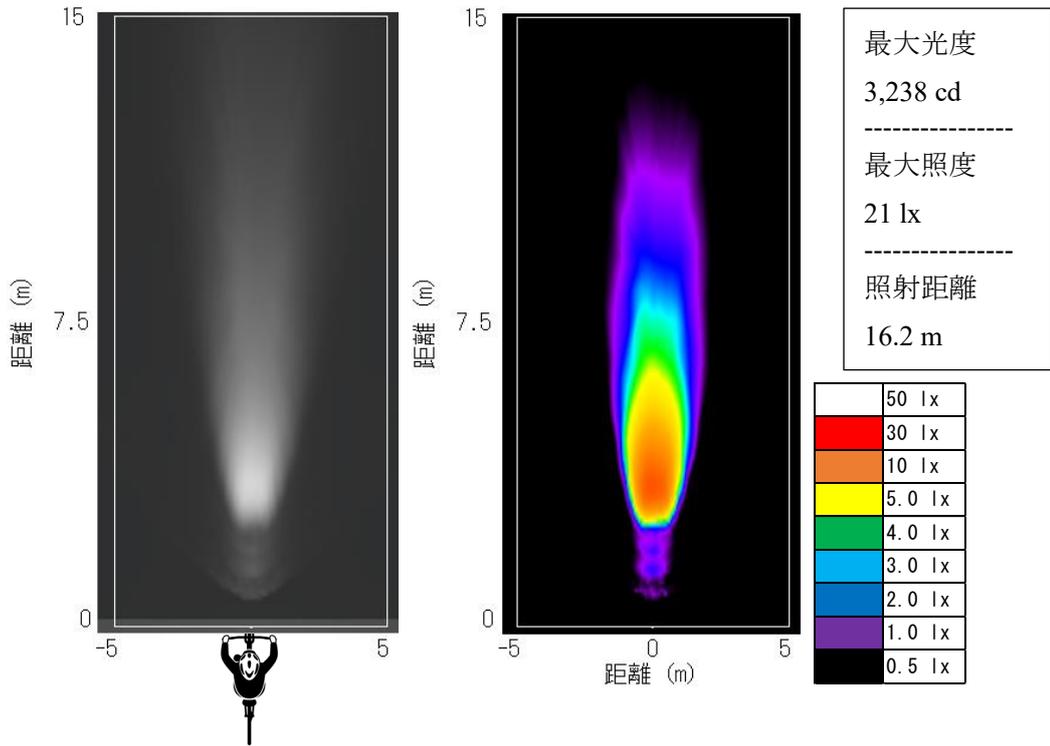


图 59 性能表示案 3 (供試品 8)

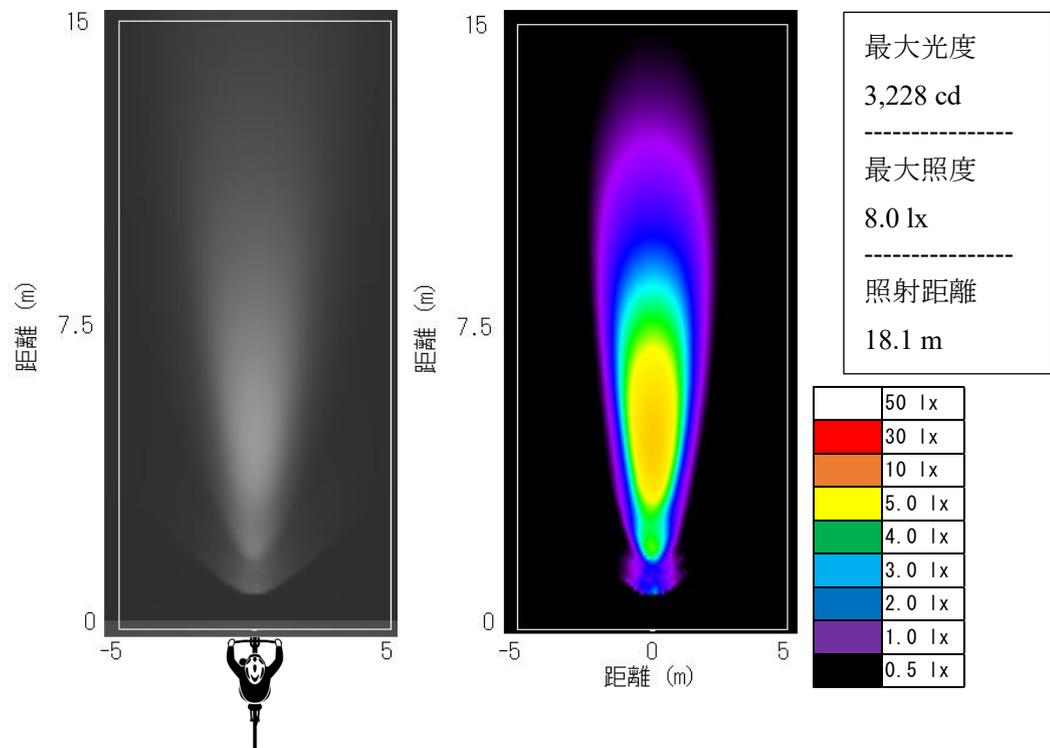


图 60 性能表示案 3 (供試品 9)

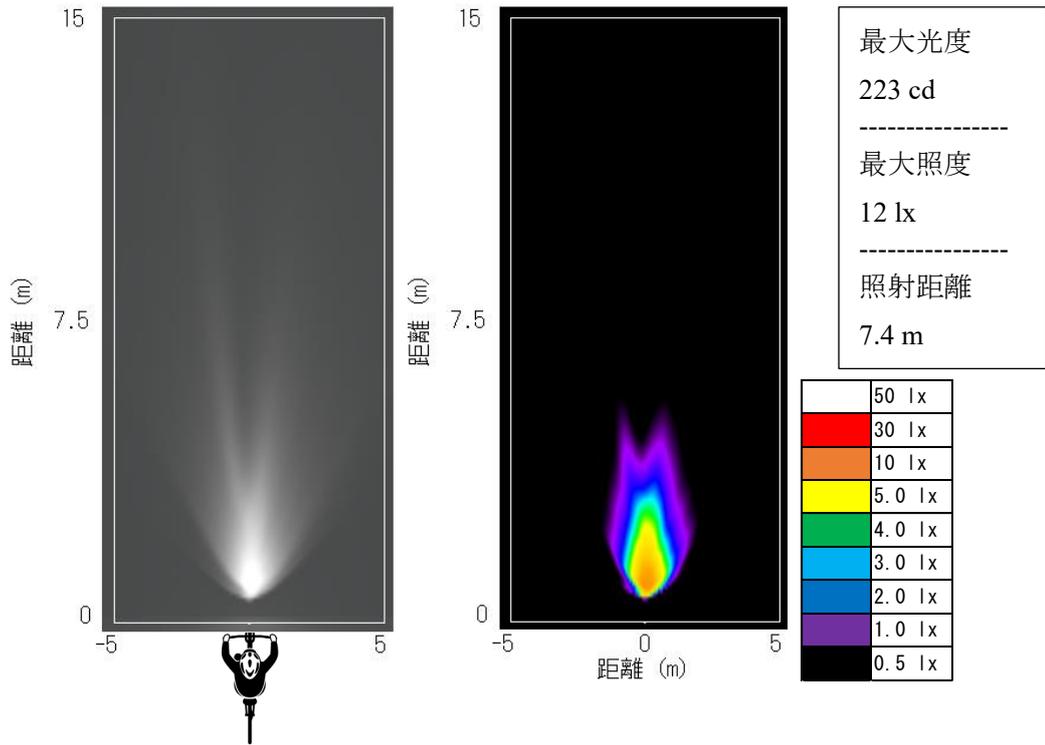


图 61 性能表示案 3 (供試品 10)

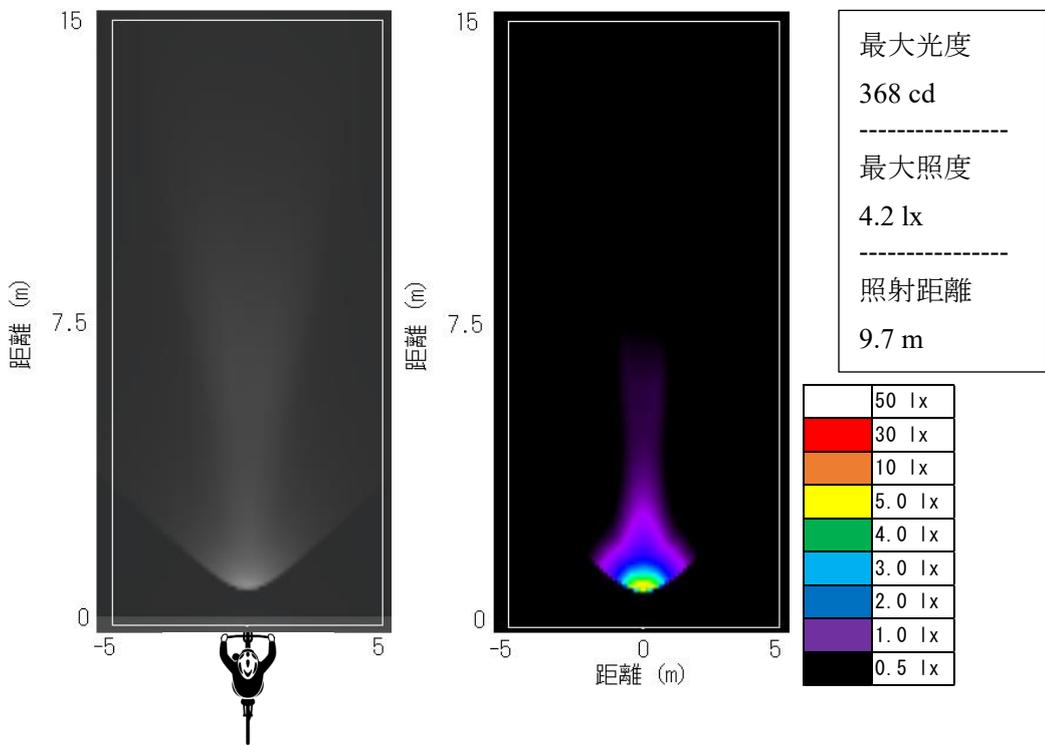


图 62 性能表示案 3 (供試品 11)

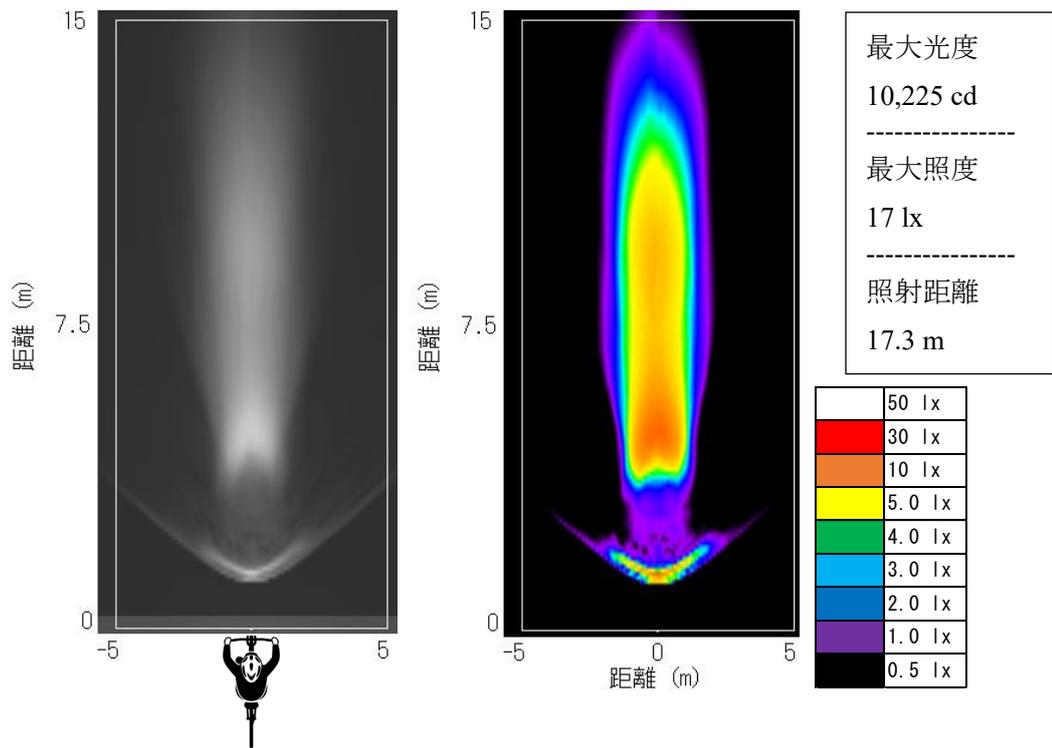


图 63 性能表示案 3 (供試品 12)

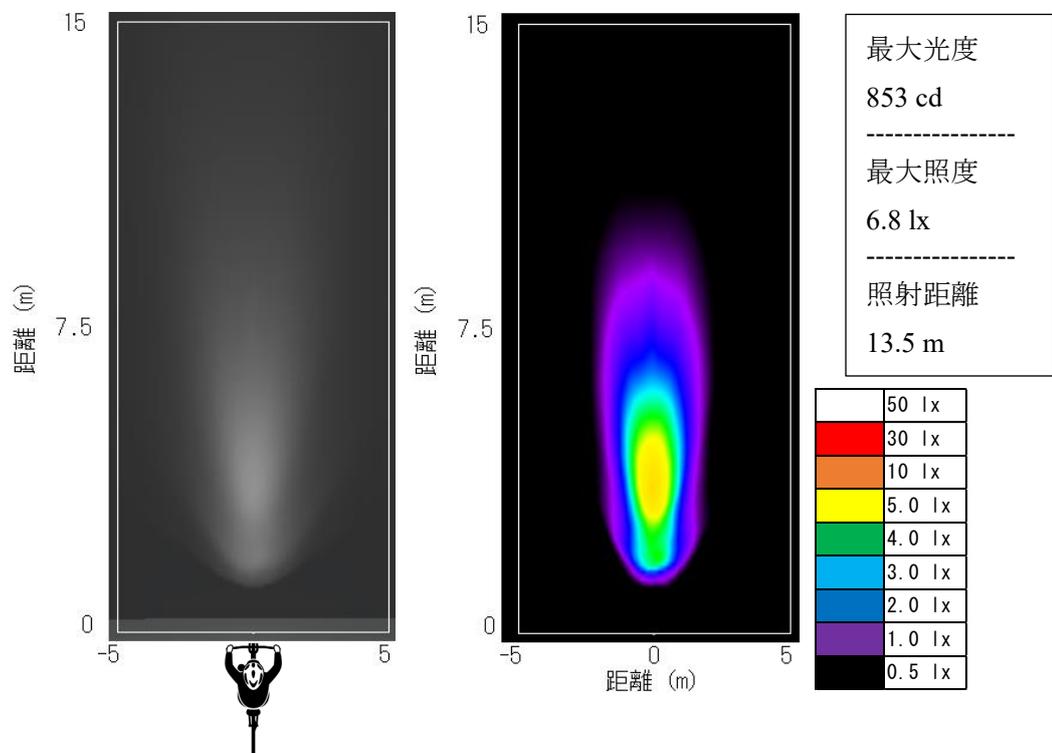


图 64 性能表示案 3 (供試品 13)

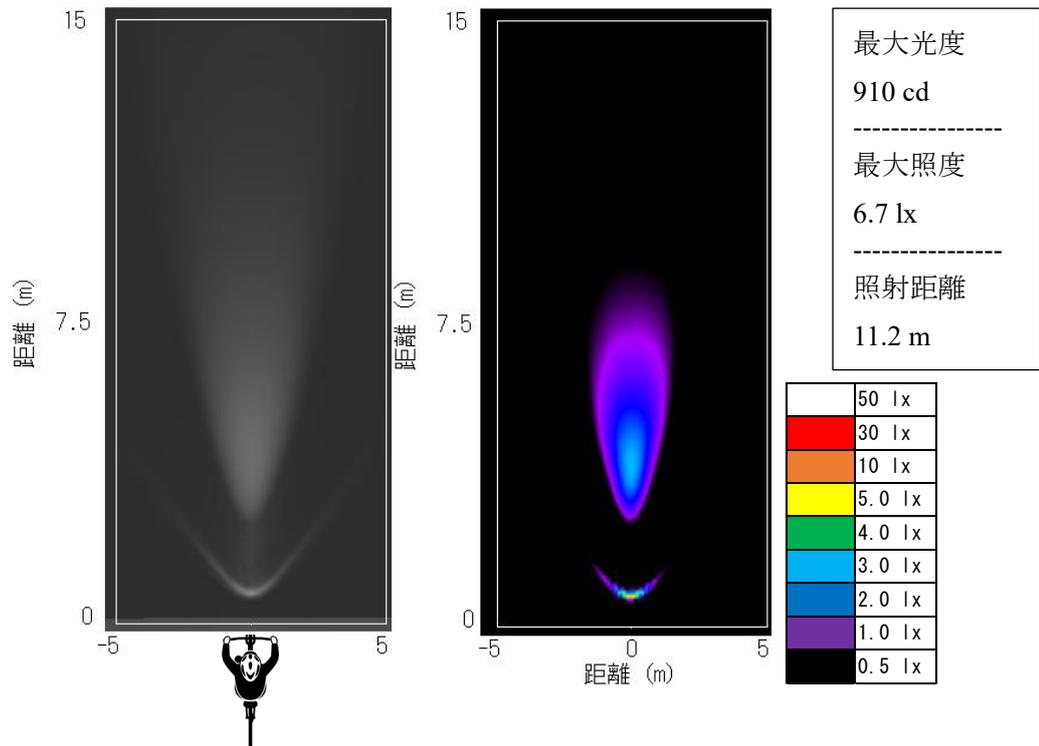


図 65 性能表示案 3 (供試品 14)

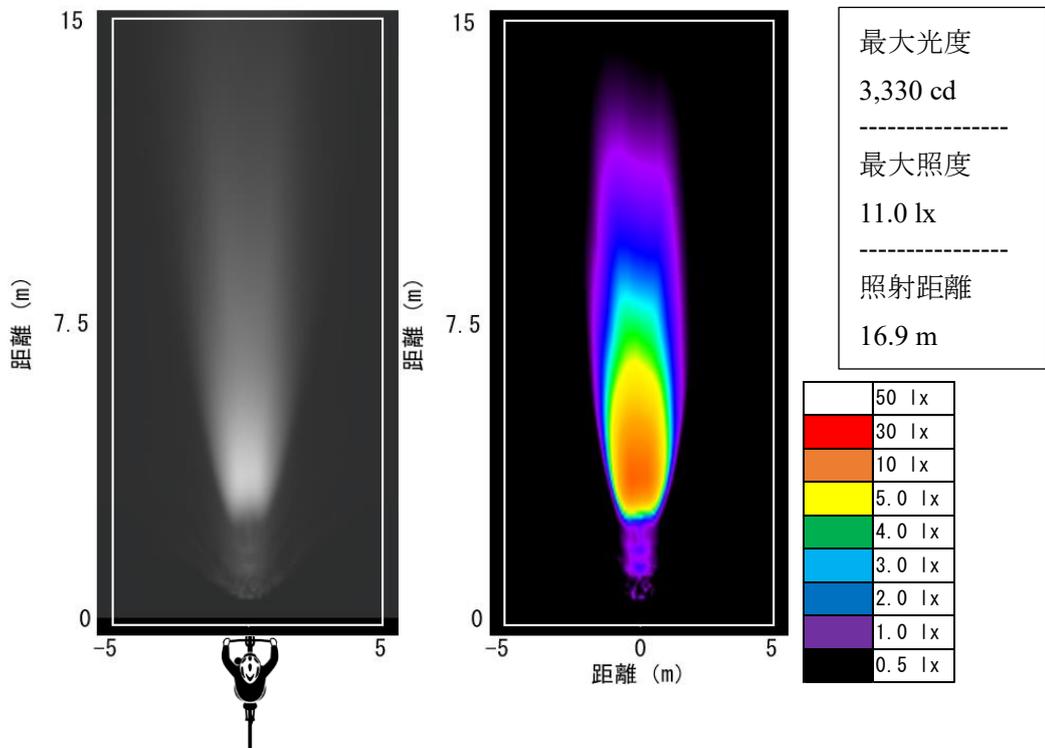


図 66 性能表示案 3 の例 (供試品 15)

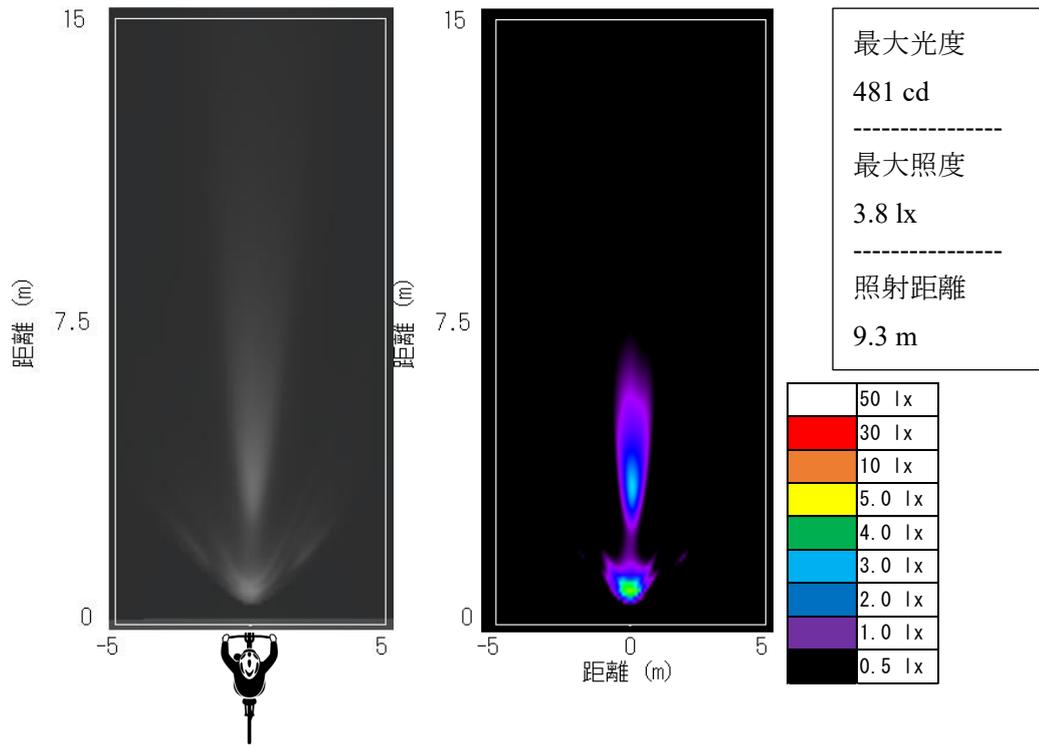


図 67 性能表示案 3 の例 (供試品 16)