

2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports に 搭載した二輪車用追加光源式コーナリングライト

Cornering Lights of 2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports Using Additional Light Source

木 崎 徳次郎¹
Tokujiro KIZAKI

佐 藤 宏 貴¹
Hirotaka SATO

要 旨

ABSTRACT

2013年に国際連合規則の改正以降、コーナリングライトは二輪車への装備が認められ、今日までに複数の二輪車に搭載されている。我々はツーリング時の快適性、つまり、中速域を重視し郊外路に適したコーナリングライトを開発し、CRF1100L Africa Twin Adventure Sportsに搭載した。コーナリングライトを設計する上で必要な、バンク角に応じた作動範囲の設定、追加光源による配光の設定、誘目性の抑制、の三つの要素についてCRF1100L Africa Twin Adventure Sportsを用いて検討した。コーナリングライトの作動範囲は、実際の夜間走行時のバンク角発生頻度から設定し、追加光源による配光は、すれ違いビームと同程度の明るさの照射範囲をコーナリング方向に照射するように設定した。また、誘目性については、コーナリングライト点灯時の、徐々に100%点灯させる制御と、ON/OFFにヒステリシスを設定することで抑制した。これらにより、ツーリングに適したコーナリングライトを実現した。

After the revision of United Nations regulations in 2013, cornering lights are permitted for motorcycles. A number of cases of cornering light applications to motorcycles are seen up until now. We have developed the cornering lights for comfortable touring, especially suitable for riding suburban roads mainly at moderate speeds, and applied to the CRF1100L Africa Twin Adventure Sports. Using the said motorcycle, we conducted studies on the three key factors in the designing of cornering lights; the setting the operating range according to the bank angle, the setting the light distribution with an additional light source, and the control of visual distraction. The operating of cornering lights is determined from the frequency of bank angles measured from actual night riding. The distribution of light from the additional light source is determined so as to illuminate the cornering direction at the same intensity as the dipped beam. Regarding the visual distraction, the cornering lights are designed so as to increase intensity gradually after turning it on until reaching 100%. A hysteresis is also set in the switching to help prevent flickering. With these measures taken, the cornering lights suitable for touring have been realized.

1. 序論

一般に、四輪車で採用されているベンドライティングは、ハンドル切れ角に応じて進行方向を照射している。その方式には、すれ違いビーム（LOビーム）をハンドル切れ角方向へ移動させる方法と、専用に配光設計された追加光源を点灯させる二つの方法がある⁽¹⁾。

対して二輪車で採用されているコーナリングライトは、コーナリング時のハンドル切れ角では無く、バンク角に応じて進行方向を照射する追加光源を点灯させる方

式のみが国際連合規則（UN規則）^{(2),(3)}で認められている（2013年制定）。今回我々は、このHonda二輪初となる、追加光源式コーナリングライトを、「過酷な大地を越えて冒険の道へと誘う True Adventure」を基本コンセプトとしたCRF1100L Africa Twin Adventure Sports（CRF1100L AS）⁽⁴⁾へ搭載した。CRF1100L ASにおける快適技術のねらいは「どこまでも行ける High touring ability」でありロングツーリングを想定している。そこで本コンセプトにおいて、特にコーナリングライトが視認性を支援するであろう夜間の郊外路を代表的なシチュエーションと想定した。そ

¹ 本田技研工業株式会社

の夜間の郊外路において、バンク角が増加しても進行方向内側の路面照射範囲が保持されることをねらった開発をおこなった。CRF1100L AS に搭載した、コーナリングライトの点灯状態例を Fig. 1 に示す。

CRF1100L AS では、LED 光源を用いたコーナリングライトを、左右のヘッドライトの下にそれぞれ3灯配置した。バンク角が深くなるとともに、外側から順に追加点灯していく (Fig. 2)。

二輪車のコーナリングライトを設計する上での必要な要素は以下の三つである。

- (1) バンク角に応じた作動範囲の設定
- (2) 追加光源による配光の設定
- (3) 誘目性の抑制

本稿では、CRF1100L AS でのコーナリングライト開発における三つの要素それぞれの検討結果について次章より概説する。



Fig. 1 CRF1100L AS with right cornering light turned on

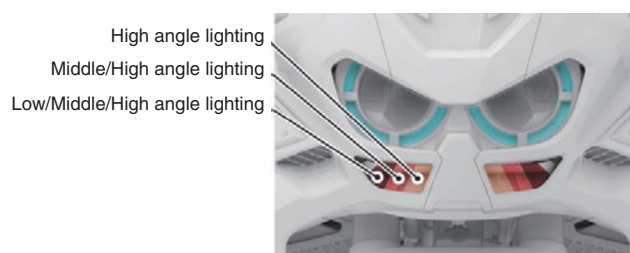


Fig. 2 Lighting pattern of cornering light of CRF1100L AS

2. バンク角に応じた作動範囲の設定

2.1. バンク角の発生頻度

二輪車ではバンク角に応じてコーナリングライトの照射をおこなうため、その角度を検知してコーナリングライト

の作動範囲を設定する必要がある。

UN 規則において、バンク角 5° 以下でのコーナリングライトの作動は対向車のドライバーに幻惑を与える可能性があることから許されていない。そこで、路面の凹凸等によるセンサ読み値の変動および加減速によるヘッドライト配光状態の変動へ配慮し、バンク角 10° 以上から作動させることとした。

我々は、コーナリングライトの作動角度を決定するために、CRF1100L AS を用いて、以下の実走行データより夜間走行におけるバンク角度の頻度を測定した。

夜間に環境照明設備が少ない、弊社テストコース内にある EU 郊外路コース⁽⁵⁾にて、CRF1100L AS で走行した際のバンク角の発生頻度を計測した。身長 170 cm から 180 cm の複数名のテストライダーが、走行したときの車体慣性装置 (Inertial Measurement Unit: IMU) が計測したバンク角発生頻度を Fig. 3 に示す。

横軸が角度、縦軸の棒グラフが相対発生頻度、線グラフが相対累積発生頻度である。

夜間に CRF1100L AS で郊外路を走行した際のバンク角の発生頻度は 10° から 24° まではほぼ同程度であり、99.9% が 34° 以内であった。

2.2. 各ランプの作動バンク角の設定

前節の実験データより、郊外路走行時における CRF1100L AS のバンク角範囲は 10° から 34° と幅広い。そこで CRF1100L AS には、追加光源を片側に三つ設け、それぞれの作動角度をバンク角 10° 以上、 18° 以上、 26° 以上とし、 8° 間隔で3等分するように設定した。コーナリングライトの作動角度を等間隔に設定することで、バンク角が深くなっていく過程での作動タイミングが均一になることをねらった。Fig. 4 に作動バンク角とコーナリングライトの点灯パターンを示す。

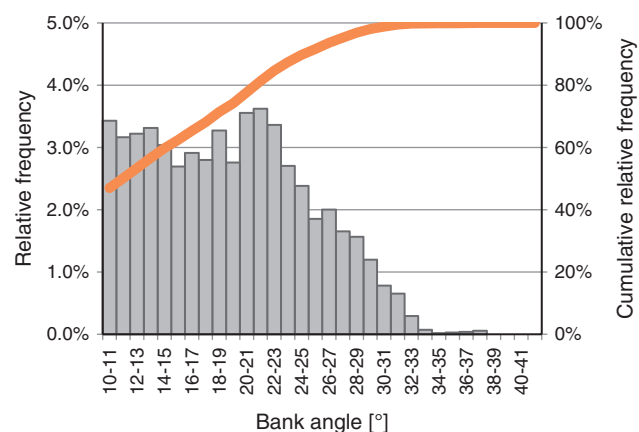


Fig. 3 Bank angle frequencies when tested on EU suburban course at night using CRF1100L AS

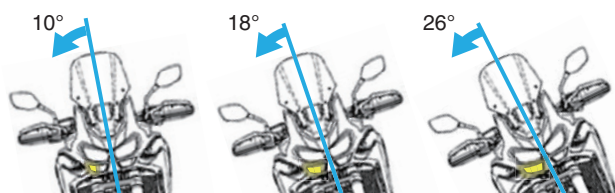


Fig. 4 Threshold bank angle and lighting pattern of cornering lights in CRF1100L AS when leaning right

各バンク角で作動したコーナリングライトは、バンク角が深まっていく過程で追加点灯する設定となっている。すなわち、バンク角がそれぞれの作動バンク角を下回るまで消灯しない。このため、18°以上で作動するコーナリングライトが点灯した際には2灯点灯、26°以上で作動するコーナリングライトが点灯した際には、3灯すべてのコーナリングライトが点灯することとなる。

3. 追加光源による配光の設定

3.1. 配光方向決定のパラメータ

対向車のドライバーへの幻惑防止のために、通常ヘッドライトの配光は上面がカットされている。二輪車はコーナリング時にバンクするため、進行方向内側の照射範囲が減少してしまう。そのため、減少した照射範囲を補う方向にコーナリングライトの配光を設定する必要がある。Fig. 5に右側コーナに対してバンク角が深くなるほど進行方向内側の照射範囲が減少するイメージを示す。

四輪車はハンドルの動きに応じて前輪の舵角が変化し、その角度から旋回半径が決まるため、ベンドライティングの照射方向は一意に定まる。対して二輪車は遠心力と路面反力が釣合うようにバンクして旋回するため、バンク角と速度の釣合いの結果から旋回半径が決まることになる。

そのため二輪車のコーナリングライト照射方向は、バンク角だけでなく旋回時の速度と併せて設定する必要がある。CRF1100L ASでは中速度の郊外路走行を想定したことから、旋回時の速度を50 km/hとして検討をおこなった。

3.2. 配光方向の設計

既に二輪車用として量産化、搭載されているコーナリングライトには、旋回半径が大きい高速道路を想定した遠くを照らす高速走行タイプと、旋回半径が小さい市街地の交差点などを想定した近くを照らす低速走行タイプがある (Fig. 6)。

高速走行タイプは、コーナがゆるやかな高速道路での視認性向上をねらいとしているため、バンク角が深くなるほど照射位置が遠方に伸びていく設定となっている。また、低速走行タイプは、市街地の交差点などでの視認性向上をねらいとしているため、バンク角が深くなるほど照射位置がバンク方向内側に伸びていく設定となっている。このように、それぞれの目的に合った配光方向となっている。

我々はCRF1100L ASのコンセプトから、郊外路のカーブを想定した中速走行時での視認性向上をねらいとし、中距離を照らす配光設計をおこなった。郊外路は照明環境を期待できない場所も多く、コーナリングライトの有用性をライダーが感じる機会も多いと考えた。時速50 km/hで、コーナリングライトの1灯目が点灯する10°バンク時の旋回半径は、約110 mとなり、2.5秒間走行⁽⁶⁾した未来位置とコーナリングライト発光部を結ぶ直線の角度はおおよそ

Type	High-speed riding	Low-speed riding
Illumination image		
Add direction image (3 additional light sources)		

Fig. 6 Examples of cornering lights for motorcycles

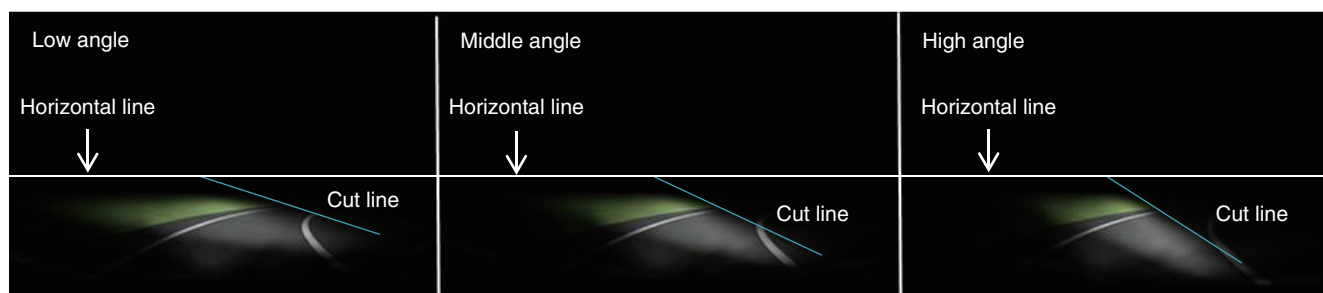


Fig. 5 Area lacking illumination inside of going direction as bank angle increases when only LO beam used

9°である。また、時速 50 km/h で、コーナリングライトの 3 灯目が点灯する 26°バンク時の旋回半径は、約 40 m となり、2.5 秒間走行した未来位置とコーナリングライト発光部を結ぶ直線の角度は、およそ 25°であった。これらにより配光方向をその中心となる 17°に設定した (Fig. 7)。

3.3. 配光範囲の設定

配光設計の基準となる明るさを決めるため、身長 165 cm から 180 cm の複数名のライダーにより LO ビームで前述の EU 郊外路コースを走行し、安心して走行できる路面照度を確認した。その結果、8 lx 以上の照射範囲 (8 lx 帯) が十分に明るいと感じたライダーが多かったため、コーナリングライト照射範囲の明るさの基準を 8 lx 帯以上とした。Fig. 8 に CRF1100L AS の LO ビーム 8 lx 帯を示す。図から CRF1100L AS の LO ビーム配光は、奥行き 5 m-30 m、幅 6 m の範囲の路面を含むように照射していることがわかる。

我々はコーナリングライトの 8 lx 帯が LO ビームの 8 lx 帯に対して違和感がない照射範囲となるように、奥行き 15 m-25 m、バンク方向に 6 m の幅を覆うように配光設計をおこなった。その範囲を Fig. 8 にオレンジ枠で示す。

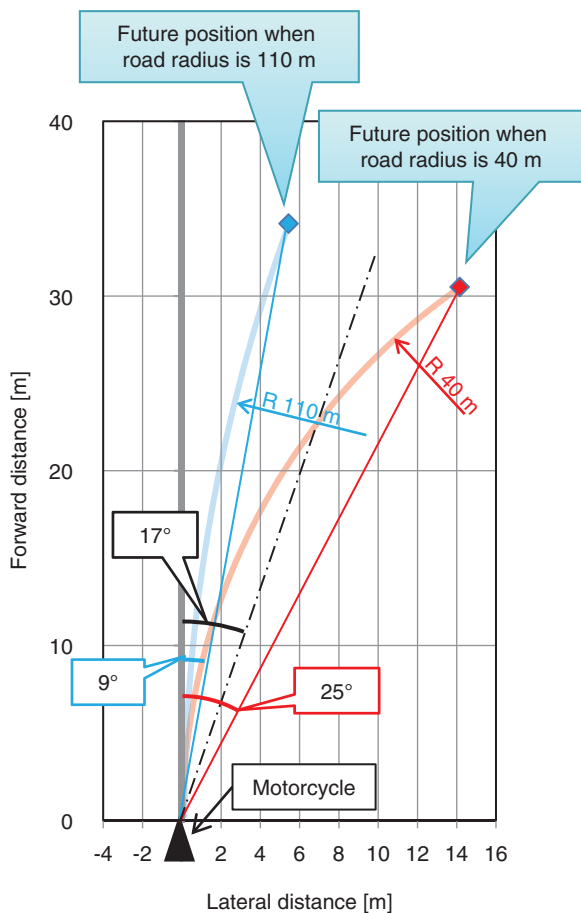


Fig. 7 Future positions after traveling for 2.5 sec on road having turning radius of 110 m and 40 m, and line in middle

3.4. 動的配光設計

Fig. 6 に示したように、コーナリングライトの配光については、その目的に応じて、バンクが深くなるほど配光範囲が遠方に伸びるものや、バンク方向内側に伸びるものがある。どちらもバンク角が深くなる時は速度が増していると想定し、その配光範囲を増加速度と想定する曲線半径に応じて移動させている。

一方、昼間におけるコーナリング中のライダーの視線はコーナ出口方向に向けられており、コーナリング中に視線を変えることは少ない。そこで我々は、夜間であってもライダーの視線が極力移動しないような配光設計をおこなった。すなわち、バンクが深くなっても進行方向内側の路面照射範囲を保持するような配光設定とした。Fig. 9 に右側の各バンク時のコーナリングライト有無での 8 lx 帯の路面配光を比較した図を示す。実線が LO ビームと共にコーナリングライトが点灯した際の 8 lx ライン、破線が LO ビームのみ点灯した際の 8 lx ラインである。

Fig. 9 に示すように、LO ビームのみ点灯してバンクすると路面照射範囲が減少し、進行方向の 8 lx 帯が確保されない。対して、コーナリングライトを搭載することで進行方向の 8 lx 帯が確保されることがわかる。

このコーナリングライトを CRF1100L AS に実装し、前述の EU 郊外路コースを、身長 165 cm から 180 cm の複数名のテストライダーが走行し、コーナリングしやすい配光であるこ

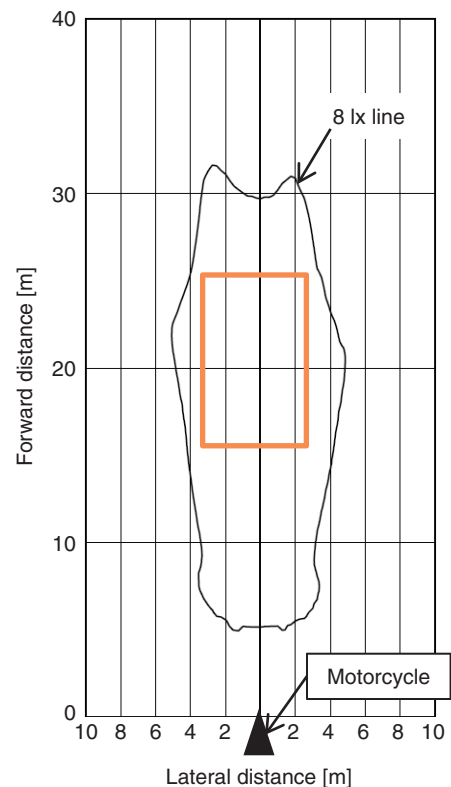


Fig. 8 LO beam light distribution

とを確認した。Fig. 10に右コーナ走行時のLOビームのみの進行方向内側の路面照射範囲とコーナリングライトがある場合の進行方向内側の路面照射範囲のCGの対比を示す。

コーナリングライトがある場合、進行方向内側の路面照射範囲が保持されることがわかる。

4. 誘目性の抑制

コーナリングライトはバンク角によって点いたり消えたりする。ライトの点滅というその性質から、ライダー本人や周囲の運転者に対する誘目性、すなわち不要な注意を引き

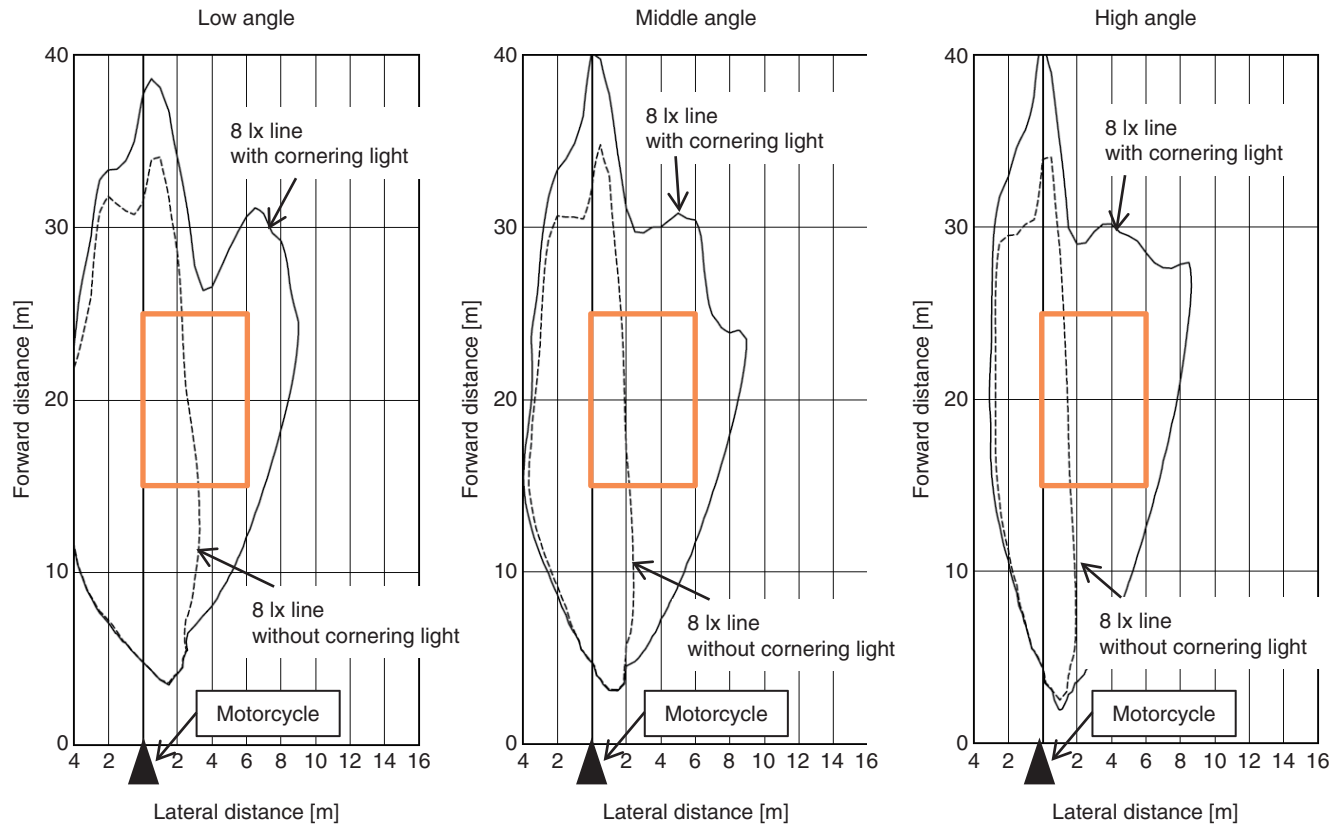


Fig. 9 Comparison of light distribution with and without cornering lights at each bank angle when right cornering

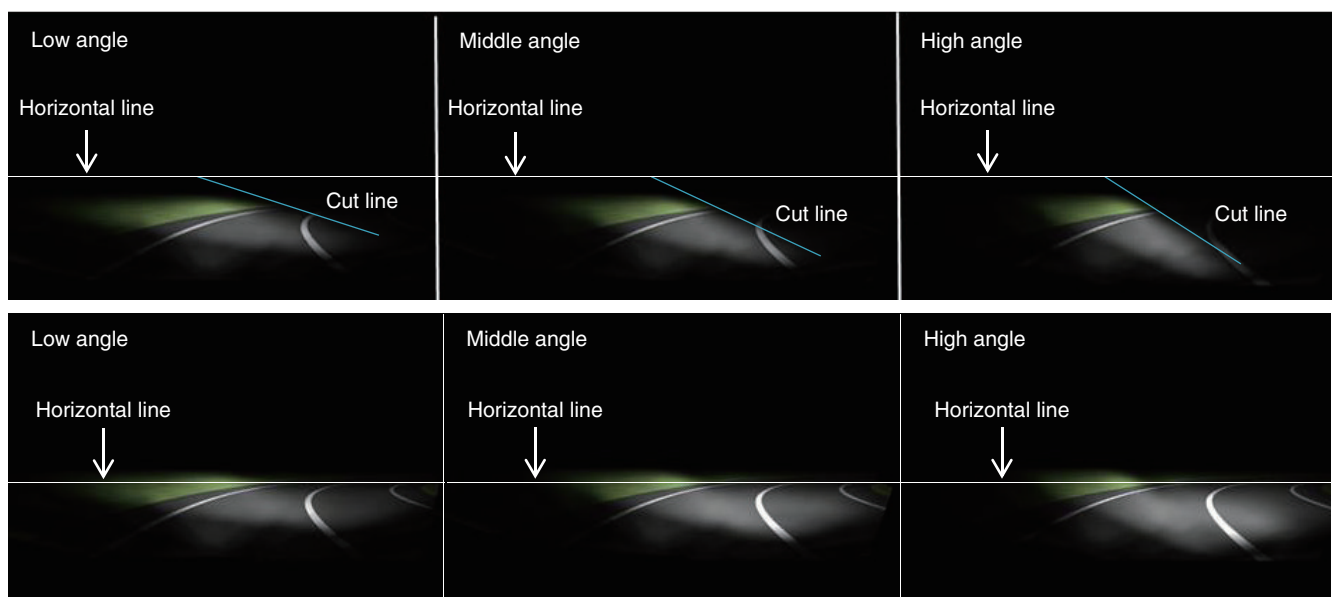


Fig. 10 Comparison of CG pictures of illuminated road surface in right corner when only LO beam is provided and when cornering light is provided

付けないための配慮が必要となる。その対策として、追加光源作動時の急激な明るさの変化や、素早く点いたり消えたりする追加光源 ON/OFF 時のフリッカ現象に対して以下の設定をおこなった。

4.1. 追加光源作動時の点灯時間

コーナリングライト作動バンク角にて、不足した路面照射範囲を補うように追加の配光がされることで、そのエリアにおける急激な明るさの変化が発生する。そのため、追加光源作動時にライダーの視線を不自然に誘導しない配慮が必要となる。CRF1100L AS では、前章で述べたライダー視線における路面照射範囲の保持に加え、明るさの変化がライダーの目に急瞬に感じないような、徐々に点灯させる方式を取り入れた。フィラメント電球に比べ点灯応答速度に優れた LED 光源⁽⁷⁾であるがゆえに、意図的にコントロールする必要がある。

LED 光源を徐々に点灯させる時間については、点灯開始から 100% 点灯までの時間を 0.1 秒から 0.5 秒までの範囲とし確認試験を実施した。前出の EU 郊外路コースにおいて、車速 50 km/h をコーナ進入速度とし、0.1 秒刻みで時間を変更し確認した。社内エキスパート 10 名による評価の結果、0.1 秒では急激に感じ、0.3 秒では遅過ぎたため、0.2 秒が最適であることが分かった。

4.2. 追加光源 ON/OFF 時のフリッカ現象

CRF1100L AS のコーナリングライトの点灯は、前述のようにバンク角 10° から 34° までも 8° 間隔で 3 等分するように設定した。何の配慮もおこなわない場合、コーナリングライトの ON/OFF となるバンク角を行き来することで、コーナリングライトが素早く点いたり消えたりする、フリッカ現象が発生する。特に作動最小角度である 10° 付近では、車線変更などの軽いバンク操作でも追加光源の点灯、消灯が確認された。そこで、点灯開始よりも点灯終了を浅いバンク角に設定、すなわちヒステリシスを設けることでフリッカ現象に対応することとした。

点灯開始角度と点灯終了角度のヒステリシスについては、1° から 0.5° 刻みで確認をおこなった。EU 郊外路コースを車速 50 km/h で走行した際のフリッカ現象は、ヒステリシス設定 1.5° ではまだ感じやすく、2° 以上でほぼ解消されるという検証結果となった。よって、3 段階全ての点灯タイミングにヒステリシスを設定し、点灯作動開始バンク角を 12°, 20°, 28°, 点灯停止バンク角を 10°, 18°, 26° とした。Fig. 11 に各バンク角によるコーナリング時のヒステリシス設定イメージを示す。

4.3. 実車テストによる確認結果

これらの結果より、点灯開始から 100% 点灯までの時間を 0.2 秒に設定し、点灯開始角度と点灯終了角度のヒステ

リシスを 2° に設定することで、コーナリングライトの点灯によりライダーの視線を不自然に誘導しないことと、点灯、消灯によるフリッカ現象の解消を確認した。

これらの設定により、急激な明るさの変化やフリッカ現象による、ライダー本人や他の運転者に対する誘目性を抑えることを実現した。

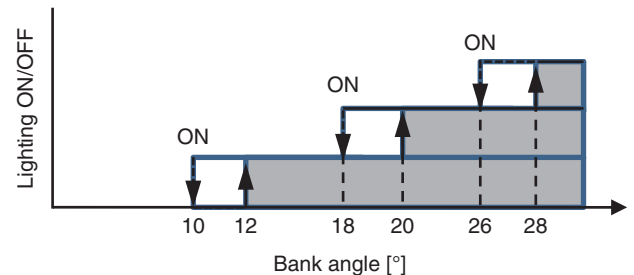


Fig. 11 Hysteresis set at each threshold bank angle

5. 結論

我々は CRF1100L AS のコンセプトに添った、ロングツーリングにおける夜間の郊外路を想定した二輪車用コーナリングライトを開発した。また、以下の三要素をそれぞれ設定した。

(1) バンク角に応じた作動範囲の設定

搭載を想定した車種を用いて、実際の夜間バンク角の発生頻度を確認することで、コーナリングライトに必要な作動範囲を設定した。

(2) 追加光源による配光の設定

バンク時の配光を、LO ビームの 8 lx 帯照射範囲に対して違和感が少なくなるように設定した。

(3) 誘目性の抑制

明るさの急峻な変化やフリッカ現象による誘目性を抑制するために、コーナリングライト点灯時の、徐々に 100% 点灯させる制御と、ON/OFF の点灯タイミングにヒステリシスを設定した。

CRF1100L AS の進化したツーリング走行性能をコーナリングライトと共に夜間でも楽しみ、また、夜間でしかできない体験をしていただきたい。

参考文献

- (1) 石黒浩二, 山田有二:世界初インテリジェント AFS の制御仕様開発, デンソーテクニカルレビュー, Vol. 9, No. 2, p. 137-141, (2004)
- (2) <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/r053r3e.pdf>

- (3) <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R113r3am1e.pdf>
- (4) 森田健二, 岡田望, 岡村広志, 鈴木将太: 2020 CRF1100L Africa Twin の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 32, No. 2, p. 17-26
- (5) <https://www.honda.co.jp/environment/face/case40/episode/episode01.html>, 2020/5/21
- (6) 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, 日本道路協会, 667p., (2004)
- (7) LED 照明推進協議会: LED 照明ハンドブック (改訂版), オーム社, 248p., (2011)

■ 著 者 ■



木崎徳次郎



佐藤宏貴