

二輪車AFSの視認性に関する研究^{*1}

Study on the Visibility of Adaptive Front Lighting System (AFS) for Motorcycles

元木 正典^{*2}

Masanori MOTOKI

橋本 博^{*2}

Hiroshi HASHIMOTO

平尾 保^{*2}

Tamotsu HIRAO

Abstract

When a motorcycle is driven on curving road, the motorcycle headlamp tilts as the motorcycle body leans, and the area illuminated by the headlamp is limited. If the bank angle of the headlamp is minimized, however, the visibility is expected to be better.

This study was conducted to clarify the effect of a motorcycle headlamp bank angle leveling system (hereafter defined as "Motorcycle AFS"). A simulation survey and an actual driving survey demonstrated that a motorcycle AFS enhances rider visibility while a motorcycle is driven on a curving road.

1. はじめに

近年、四輪車前照灯に、ステアリング操舵に連動して前照灯の光軸の方向を制御する、もしくは従来の前照灯に光源を追加することなどにより、走行状況に合わせて視認性を向上させるAFS (Adaptive Front Lighting System) が導入されつつある。

一方、二輪車のAFSについては、国土交通省が推進している先進安全自動車 (ASV) 計画の一環として、我が国の二輪車メーカーよりAFSを搭載した試作車が発表されている。ただし、現時点では、二輪車用AFSは市場に導入されていない。

二輪車は、カーブ走行時において、車体と一緒に前照灯が傾くため、進行方向の路面への前照灯の照射範囲が狭くなる傾向があるが、前照灯の傾き（以下、「バンク角」という）を補正してカットオフラインを水平に保つことにより、視認性の向上が期待できる。

そこで、本研究では、二輪車用AFSに関する基準を策定するために必要な検討資料を得ることを目標として、二輪車前照灯のバンク角補正による視認性向上効果について検討することとした。

2. カーブ走行時における二輪車前照灯のバンク角および照射方向の測定

2.1 目的

カーブ走行時における二輪車前照灯のバンク角および照射方向を測定して、「二輪車AFSの視認性に関するシミュレーション評価」および「二輪車AFSの視認性に関する実車評価」に必要な入力値を求める。

2.2 方法

2.2.1 試験車およびCCDカメラ

試験車として、400ccクラスの二輪車を用いた。二輪車の前照灯に相当する位置（高さ850mm）に車載CCDカメラを取り付けた。車載CCDカメラの映像（Fig. 1）および地上固定CCDカメラの映像を解析して、二輪車前照灯のバンク角および照射方向を求めた。

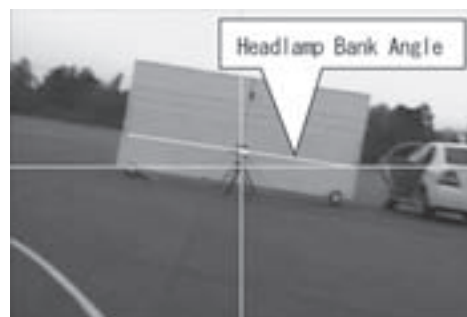


Fig. 1 Image by motorcycle mounted CCD camera

* 1 原稿受理 2008年2月25日

* 2 (財)日本自動車研究所 予防安全研究部

2.2.2 試験路

当研究所・旋回試験場の定常円旋回路（旋回半径の異なる円周上に白線が表示されている）において測定を実施した。

2.2.3 測定条件

測定を行う試験コースの旋回半径は、20m, 30m, 50m, 70mおよび140mの5条件とした。

車速の条件は道路構造令¹⁾の最小曲率半径の算定方法を基に設定した。

2.2.4 ライダーおよび測定回数

ライダーは、走行試験業務で日常的に二輪車を運転している男性4名。

測定条件ごとの測定回数は、4（被験者）× 5（反復）=20回とした。

2.3 結果

各条件につき20走行分の解析結果から、二輪車前照灯バンク角の中央値を選択し、そのデータにおける二輪車前照灯の照射方向を求めた（Table 1）。

Table 1 Headlamp bank angle and aiming

Condition		Headlamp Bank Angle (Degree)	Headlamp Aiming (Degree)	
Radius (m)	Speed (km/h)		Y	Z
20	20	11.1	0.3	0.6
30	30	12.9	1.7	0.3
50	40	13.3	3.6	0.2
70	50	15.2	0.5	0.2
140	60	13.4	1.3	0.4

Y : + Indicate Rightward. Z : + Indicate Upward.

3. 二輪車AFSの視認性に関するシミュレーション評価

3.1 目的

バンク角補正前照灯，カットオフラインが地面に対して水平になる前照灯（AFS前照灯）および従来型前照灯の視認性能をシミュレーションにより比較する。

3.2 方法

視対象が、二輪車前照灯のカットオフラインより下側の範囲に位置する場合（すなわち前照灯の比較的強い照射光が到達している場合）は視認できると仮定して、視認距離を求めた。

前照灯のエイミングについては、カットオフラインが水平より1%（0.57度）下向きとした。

二輪車前照灯のバンク角を補正しない条件およびバンク角を補正する条件についてシミュレーション計算をした。バンク角を補正する条件については、7.5度、15度、22.5度および前照灯のバンク角相当分補正した（カットオフラインが水平になるAFS条件）4条件を設定して、計算した。

計算に必要な入力データ（二輪車前照灯のバンク角および照射方向）は、Table 1に基づいた。

視対象は、左カーブ旋回時における、走行車線内側のライン、車道中央線（センターライン）および走行車線の中央とした。カーブの旋回半径は、30m, 50m, 70m, 140mの4条件を設定した。車線の幅は3.5mとした。距離については、走行車線の中央に沿った円弧上の距離で表示した（Fig. 2）。旋回半径が70mおよび140mについては、距離100mまでの範囲を対象として計算し、旋回半径が30mおよび50mについては、1/4円弧に達する距離、すなわち47m, 78mまでの範囲を対象として計算した。

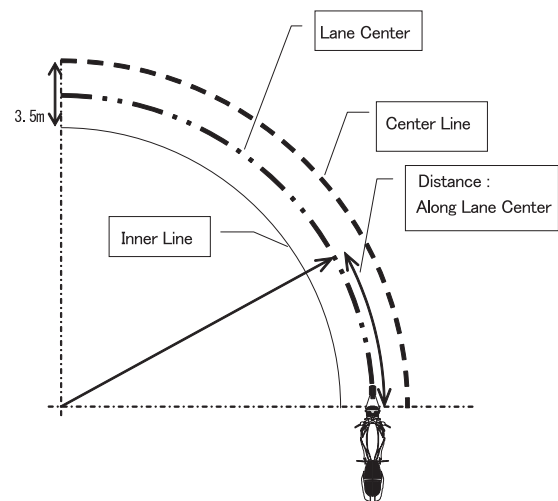


Fig. 2 Driving course and visual targets

3.3 結果

二輪車AFSの効果に関するシミュレーション結果をTable 2に示す。

二輪車前照灯のバンク角を補正しない場合（バンク補正角0度）に比べて、バンク角を補正する場合にはカットオフラインの到達距離が伸びる。バンク補正角が22.5度の場合およびカットオフラインが地面に対して水平になるAFS条件では、すべての視対象がカットオフラインよりも下側に位置する。

Table 2 Visibility simulation results for motorcycle AFS
(Distance between cut-off line and headlamp : m)

Radius	Speed	Bank Angle Compensation	Ground Angle (Degree)	Inner Line	Lane Center	Center Line
30m	30km/h	0°	-12.9	9	13	16
		7.5°	-5.4	19	21	23
		15°	2.1	○	○	○
		22.5°	9.6	○	○	○
		AFS	0	○	○	○
50m	40km/h	0°	-13.3	9	15	18
		7.5°	-5.8	20	23	26
		15°	1.7	○	○	○
		22.5°	9.2	○	○	○
		AFS	0	○	○	○
70m	50km/h	0°	-15.2	11	18	23
		7.5°	-7.7	21	25	29
		15°	-0.2	95	95	94
		22.5°	7.3	○	○	○
		AFS	0	○	○	○
140m	60km/h	0°	-13.4	18	26	33
		7.5°	-5.9	36	41	46
		15°	1.6	○	○	○
		22.5°	9.1	○	○	○
		AFS	0	○	○	○

○ : Indicate all visual targets are below cut-off line.

■ : Indicate cut-off line is over 40m ahead from headlamp.

視対象を視認できる距離が40m以上を視認性許容範囲とすると、バンク補正角が15度の場合、22.5度の場合およびAFS条件では、すべての視対象の視認性が許容範囲内となる。

したがって、前照灯バンク角を補正することにより視認性向上効果があることが明らかになったといえる。特に、バンク補正角が15度の場合、22.5度の場合およびAFS条件で、視認性向上効果が大きいといえる。

4. 二輪車AFSの視認性に関する実車評価

4.1 目的

カーブ走行時におけるバンク角補正前照灯、AFS前照灯および従来型前照灯の視認性能を実走行評価により比較する。

4.2 方法

4.2.1 試験車

250ccクラスの二輪車2台、400ccクラスの二輪車2台および1,200ccクラスの二輪車1台、計5台を使用した。

4.2.2 試験前照灯

試験対象とした前照灯条件は、以下の5条件。

- ・バンク補正角0度：二輪車用ハロゲン前照灯の左側通行用すれ違いビーム（水平なカットラインを持つ対称パターン配光）を試験対象とした。
- ・バンク補正角7.5度、15度、22.5度：バンク補正

角0度相当の前照灯を、カットオフラインの左側をバンク補正角相当分上げて装着。

- ・AFS前照灯：国内の二輪車メーカーA社によって試作された、車体が傾いても前照灯の傾き（バンク角）を補正してカットオフラインを水平に保つ機構を持つ前照灯。

前照灯高さは、いずれも地上高850mm。

4.2.3 走行コース

一定曲率のカーブ走行時における評価は、当研究所・旋回試験場において実施した。走行コースは反時計回りに4種類（旋回半径：30m、50m、70m、140m）設定した。

また、一般公道の道路構造を模擬している自動車安全運転センター 安全運転中央研修所・模擬市街路および中速周回路においても評価を実施した。

4.2.4 走行方法および評価方法

被験者には、ヘルメットの非着色バイザー（光透過率約90%）を使用した状態で試験車を運転させた。走行速度は、以下のとおり。

- ・旋回試験場：各旋回半径ごとに設定した速度（Table 2参照）で走行するように指示した。
- ・模擬市街路および中速周回路：被験者が運転しやすい速度で、かつ各試験路の制限速度を超えない速度（最高60km/h）で走行するように指示した。

被験者には、各実験条件における走行終了直後に、各前照灯の視認性に関するフィードバック評価（5段階）をデータシートに記入させた。評価項目および評価尺度は、以下のとおり（評価値が3以上であれば、許容範囲内とみなした）。

【視認性評価尺度】	5	余裕あり
	4	やや余裕あり
	3	許容限界
	2	やや不足
	1	不足

4.2.5 被験者

- ・旋回試験場：灯火器の専門家9名。
- ・模擬市街路、中速周回路：灯火器の専門家8名。

4.3 結果

各実験条件とも、全被験者が回答した評価値の平均値を求めて代表値とした。前照灯バンク角を補正しない条件（バンク補正角0度）における評価値と、前照灯バンク角を補正した条件における評価値との間に有意差がある場合には、「*」（ $p<0.05$ ）もしくは「**」（ $p<0.01$ ）で表示した。

4.3.1 旋回試験場における視認性評価（Fig. 3）

- ・補正角0度の前照灯よりも、バンク角を補正した前照灯およびAFS前照灯のほうが、視認性評価が高い（すべての旋廻半径において有意差あり）。
- ・AFS前照灯に対する視認性評価が最も高い。
- ・前照灯バンク補正角が大きいほど評価が高い。
- ・すべての旋廻半径において、バンク補正角0度の前照灯は視認性評価が許容範囲外（視認性評価値が3未満）であるが、バンク補正角15度、22.5度の前照灯およびAFS前照灯は視認性評価が許容範囲内である。

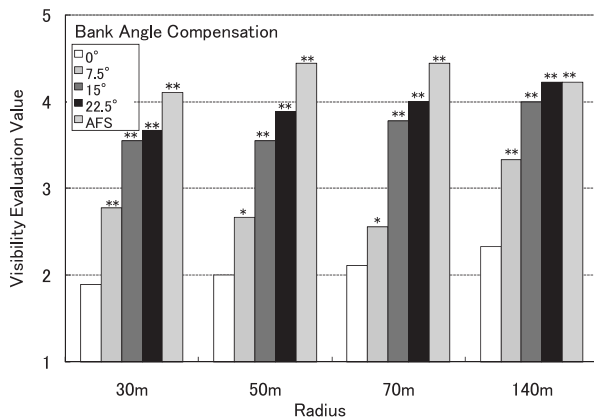


Fig. 3 Visibility evaluation (Circle test track)

4.3.2 模擬市街路および中速周回路前照灯における視認性評価（Fig. 4）

- ・模擬市街路、中速周回路とも、バンク補正角0度の前照灯よりも、バンク補正角15度、22.5度の前照灯およびAFS前照灯のほうが、視認性評価が高い（いずれの試験路でも有意差あり）。
- ・模擬市街路、中速周回路とも、AFS前照灯に対する視認性評価が最も高い。
- ・前照灯バンク補正角が大きいほど評価が高い。

- ・模擬市街路、中速周回路とも、バンク補正角0度および7.5度の前照灯は許容範囲外であるが、バンク補正角15度、22.5度の前照灯およびAFS前照灯は許容範囲内である。

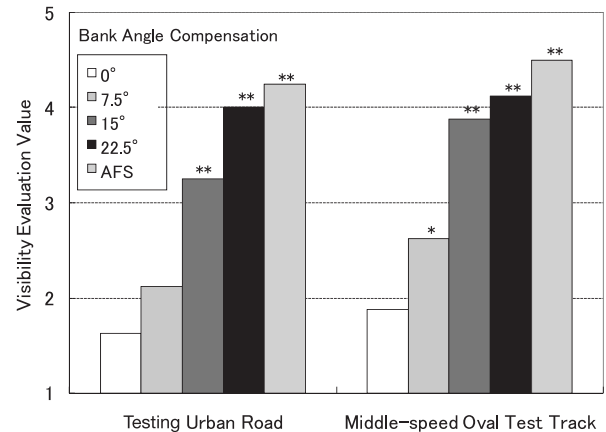


Fig. 4 Visibility evaluation (Testing urban road and middle-speed oval test track)

以上のことから、前照灯バンク角を補正することにより、カーブ走行時における前照灯の視認性が向上することが明らかになった。特に、バンク補正角が15度の前照灯、22.5度の前照灯およびカットオフラインを水平に保つ機構を持つAFS前照灯は、走行環境が異なっても、視認性評価が許容範囲内であることがわかった。

5. まとめ

「二輪車AFSの視認性に関するシミュレーション評価」および「二輪車AFSの視認性に関する実車評価」の結果、前照灯のバンク角を補正することにより、カーブ走行時における前照灯の視認性が向上することがわかった。特に、バンク補正角が15度の前照灯、22.5度の前照灯およびAFS前照灯の視認性向上効果が大きいことがわかった。また、前照灯のバンク角を補正する場合には、カットオフラインを水平に保つ機構を持つAFS前照灯の視認性向上効果が最も大きいことがわかった。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会、道路構造令の解説と運用、(2000)