

近赤外線を用いたレーンマークの視認性評価に向けた 昼間のレーンマーク撮影環境の構築

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○赤川 貴寛、正会員 邢 健、非会員 糸島 史浩
(一財) 日本塗料検査協会 非会員 清水 亮作

1. はじめに

高速道路におけるレーンマークの劣化度判定は点検員が車上から目視することにより実施され、この判定を基にレーンマークの補修判断を行



図 1 LM システムの構成

っている。しかし、目視による点検では点検員によって判定にばらつきが発生することは避けられない。そこで、(株)高速道路総合技術研究所では、レーンマーク補修判断の補助ツールとして、レーンマークの夜間の視認性を定量的に評価する機器「レーンマーク再帰反射輝度測定システム」¹⁾²⁾ (以下、LM システム)を開発した(図 1)。

LM システムでは、ドライバーが夜間にレーンマークを視認する原理と同様に、レーンマークの表面に存在するガラスビーズにより再帰反射された走行車両のヘッドライト光を測定する。具体的には、車両にカメラを設置し、再帰反射輝度が既知の標準板を撮影した際の撮影画像の 픽셀階調値を基に、任意の地点で撮影したレーンマークの撮影画像における 픽셀階調値を内挿することで夜間視認性の指標となる再帰反射輝度 ($\text{mcd/lx} \cdot \text{m}^2$) を算出する。

LM システムは特別な車両や車線規制を必要としないが、ヘッドライトの再帰反射を活用するため、測定は夜間に限定され点検員の業務負担となるほか、測定車周囲の車両のヘッドライトや外照灯等の影響を受けるという課題も存在する。本研究は、これらの課題を解決すべく昼間におけるシステムでの測定を目標として、夜間と同等な撮影環境を昼間において実現可能か、検討を行ったものである。

2. 近赤外線光を用いた測定の原理

地表付近の太陽光スペクトルは、761nm, 936nm, 1134nm, 1400nm 付近の波長域の放射照度が大きく低下する(図 2)。特に 1400nm 付近では低下帯域が広く、値も完全にゼロまで落ちており、この帯域に限れば昼間でも夜間と同等の暗黒環境であるといえる。これらの領域は、可視光よりも波長が長い近赤外領域である。3 章以降では 1400nm 付近の領域を活用するためのツールを検討する。

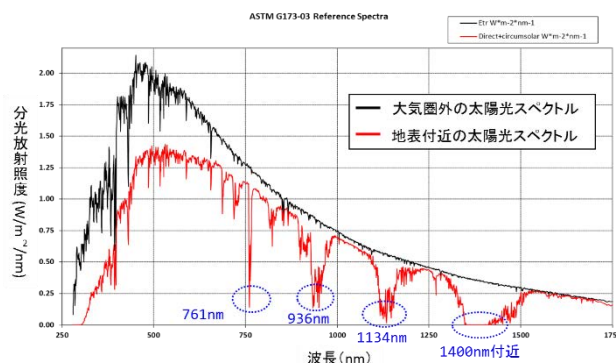


図 2 標準太陽光スペクトル(ASTM G173-03)

3. カメラセンサーの検討

波長 1400nm 付近を撮影可能なカメラを選定するために、主なカメラセンサー種別及び感度を持つ波長域を表 1 のとおり整理した。波長域は、各メーカーの公表値である。対応波長域に 1400nm 付近を含む CQD 及び InGaAs センサーのカメラの 2 種に着目し、1400nm 付近の波長を含む光源を照射し、第 5 章で述べる 1400nm 付近以外の波長を遮断するフィルターを用いて撮影を行った。その結果、図 3 のように CQD センサーのカメラでは暗黒状態であり、1400nm 付近の感度が十分でないことが示された。よって、InGaAs センサーのカメラを本研究の候補カメラとして選定した。

キーワード レーンマーク, 視認性, 近赤外線, 再帰反射輝度

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1 丁目 4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 (NEXCO 総研) 交通研究室

TEL : 042-791-1679, FAX : 042-791-1099, E-mail : t.akagawa.aa@ri-nexco.co.jp

表 1 カメラセンサー種別及び感度を持つ波長域

センサー	CCD	CMOS	CQD	InGaAs
	SONY ICX274AL	SONY IMX174	Acuros® CQD®	SONY IMX990
製品	STC-SB202POEHS	VCXU-23M	Acuros CQD 1280	ABA-013VIR
	OMRON SENTECH 社	Baumer 社	SWIR Vision Systems 社	アパールデータ社
波長域	可視領域 ～1000nm	可視領域 ～1000nm	可視領域 ～1700nm	可視領域 ～1700nm

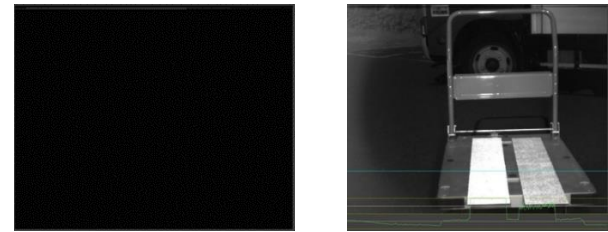


図 3 カメラ撮影写真（左：CQD，右：InGaAs）

4. カメラレンズの検討

1400nm の近赤外線が問題無くカメラレンズを透過するかを確認するため、一般的なレンズ及び近赤外専用レンズの 2 種類において、分光透過特性を測定した。その結果、近赤外専用レンズの方が一般レンズより約 1.5 倍透過させることが分かった（図 4）。

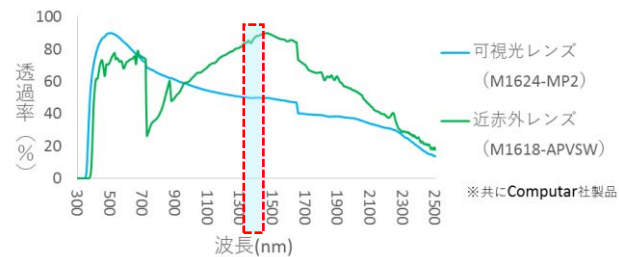


図 4 レンズの分光透過特性

5. 光学バンドパスフィルターの検討

昼間に暗黒状態を作り出すために、1400nm 付近以外の波長域を遮断する光学バンドパスフィルター（以下、BPF）の検討を行った。

BPF には、SPECTROGON 社製「BP-1400-100nm」を選定し、昼間屋外にて BPF を装着した近赤外線カメラ、光源（タングステンランプ）及びレーンマークを模した板を用いて撮影を行った。タングステンランプは 1400nm 付近の波長を含む光源であるため、ランプ ON 時には 1400nm の光がレーンマークで再帰反射され図 5 右写真の通り板が明るく写っている。一方、左のランプ OFF 時は完全な暗黒環境になるべきだが、図 5 左写真の通り撮像が確認できる。図 6 に示す太陽光スペクトルの放射照度（赤色線）と BPF

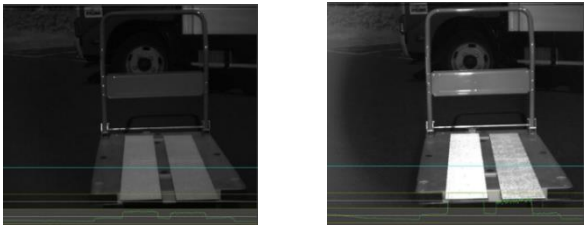


図 5 InGaAs カメラによる撮影結果（左：ランプ OFF，右：ランプ ON）

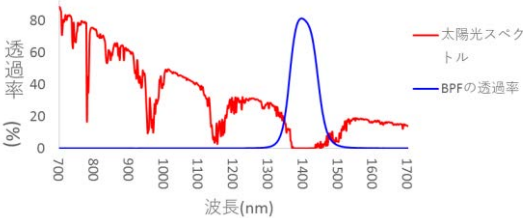


図 6 太陽光スペクトルと BPF の分光透過率

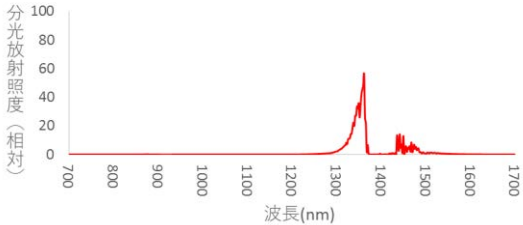


図 7 BPF から漏れる太陽光スペクトル

の透過率（青色線）を乗じた結果を図 7 に示す。本来、全波長域で分光放射照度が 0 になるのが理想だが、主に 1350nm 付近の分光放射照度が残存している。これは、BPF が透過する波長域にある程度の幅があるため、いわば光が漏出している状態と言える。よって、完全な暗黒状態を実現するには、BPF の透過波長域を更に狭く設計することが必要と分かった。

6. まとめ

レーンマーク再帰反射輝度の昼間測定に向けて、近赤外線光を測定に活用する原理を考案するとともに、適切なカメラ・レンズ・フィルタを選定することで夜間と同等な環境の構築が可能となることを明らかにした。システムの構築に向けては、車のヘッドライト光に代る近赤外光源や、システム機器の車両への搭載について検討が必要である。

参考文献

(1)NEXCO 総研 HP，レーンマークの視認性を定量的に判断，<https://www.rinexco.co.jp/tabid/215/Default.aspx>

(2)安松谷隆之，加藤真司，清水亮作：画像解析を用いた路面標示の評価手法について，第 28 回日本道路会議，2009