

近赤外線を用いた凍結および圧雪路面の計測試験 Measurement Test Using NIR on Icy or Snowy Road Surface

中島知幸, 高橋尚人 (土木研究所寒地土木研究所), 舘山一孝 (北見工業大学)
Tomoyuki Nakajima, Naoto Takahashi, Kazutaka Tateyama

1. はじめに

積雪寒冷地における基本的な凍結路面对策として凍結防止剤が散布されているが, 維持管理コストの縮減等の観点から, 散布の一層の効率化が必要である. 冬期路面管理マニュアル(案)では, 「散布は, 気象条件, 路面条件等により適切な散布剤(材), 散布手法等を選定し, (中略) 最小限の散布量で効果的な利用を図る」としている¹⁾. 道路管理者は道路巡回, 気象データの活用に取り組んでいるが, 路面上の雪氷量を計測する実用的な技術がないため, 散布の判断や散布量調整は, オペレータの経験に基づいて実施されている.

本研究では, 道路交通の支障とならず路面状態を評価可能な方法として, 光学式センサーを用いた路面状態の評価に取り組む. 本稿では, 平成28年度の冬に実施した, 近赤外線を使用した凍結および圧雪路面の計測を目的とした野外試験の結果について報告する.

2. 計測試験

試験は, 2017年2月に, 北見工業大学の構内で実施した.

近赤外線を用いた計測システムおよび試験条件を図1および表1に示す. 測定対象路面として, 15cm×15cm×3cmの密粒度アスファルト舗装供試体を使用し, 嵩上げ用の板を用いて, 乾燥路面, 凍結路面および圧雪路面(圧雪表面)が同じ高さになるように調整した. 反射光の測定には可視赤外分光放射計を使用し, 光源はハロゲンランプ(50W)とした. 角度調整機能付きの測定用治具を使用し, 光源から舗装供試体への光の照射および舗装供試体からの反射光の受光は, 同一の角度とした.

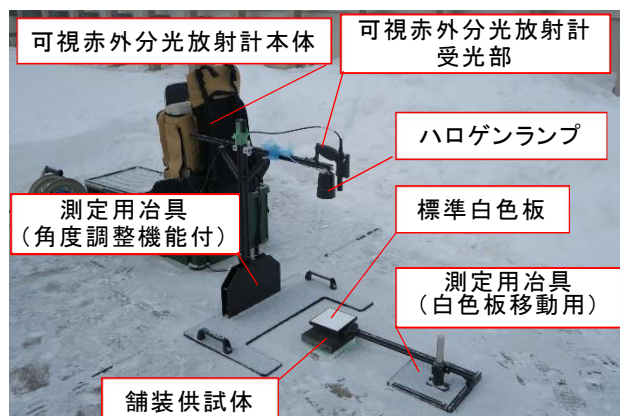


図1 計測システム

表1 試験条件

日時	2017年2月1日17:35~20:30	
	2017年2月2日18:30~22:30	
場所	北見工業大学 第1総合研究棟屋上	
天候	曇り時々雪	
路面状態	乾燥、凍結、圧雪	
計測対象路面	密粒度アスファルト舗装供試体	
光源	ハロゲンランプ(50W)	
厚さ	氷膜	0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm
	圧雪	10mm、20mm
照射・受光角度 (水平を0°とする)	45°、55°、65°、75°、85°	

測定対象である凍結路面は、純水を使用して作製した（図 2）。氷膜の厚さはデジタル塗膜厚計で計測し（図 3）、調整した。また、圧雪路面の作製には、自然雪を使用した。雪の密度が 500kg/m^3 となるように、重量を調整してプラスチック容器に入れ、乾き軟圧雪と乾き硬圧雪の中間²⁾となるように押し固めて作製した（図 4 および図 5）。



図 2 作製した氷膜路面



図 3 氷膜厚の計測



図 4 作製した圧雪路面



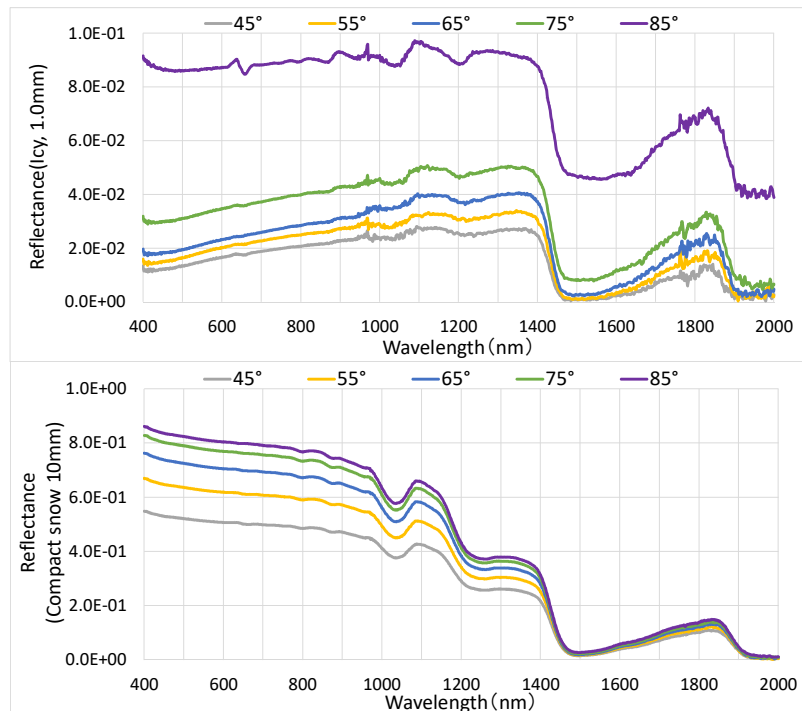
図 5 圧雪の作製
(左：重量計測，右：押し固め)

試験手順を述べる。

- i) 85° の角度に光源および可視赤外分光放射計の受光部を設置し、舗装供試体（乾燥）からの反射光を計測する。
- ii) 舗装供試体上に標準白色板を設置し、反射光を計測する。
- iii) 上記 i)から ii)を 3 回繰り返す。
- iv) 上記 i)から iii)を 75° 、 65° 、 55° および 45° でも計測する。
- v) 舗装供試体（乾燥）を舗装供試体（凍結：0.5mm, 1.0mm, 1.5mm および 2.0mm）に交換し、i)から iv)の計測を実施する。
- vi) 舗装供試体（凍結）を舗装供試体（圧雪：10mm および 20mm）に交換し、i)から iv)の計測を実施する。

3. 試験結果

近赤外線による凍結路面および圧雪路面の計測結果を図 6 に示す。横軸は波長，縦軸は反射率を示している。反射率は、可視赤外分光放射計で計測される，計測の基準となる標準白色板からの反射光に対する比率を示している。凍結路面および圧雪路面ともに，計測された反射率は角度が直上に近づく程大きくなり，各角度間で波形の特徴は類似している。また，波長 1500nm および 2000nm 付近において，その他の波長帯よりも反射率が大きく低下している。凍結路面の 85°については，波形の形状はその他の角度の波形と類似しているが，反射率は計測した全波長で高い。この原因は，凍結路面の 85°の計測結果には，直接反射光が含まれているためと考えられる。

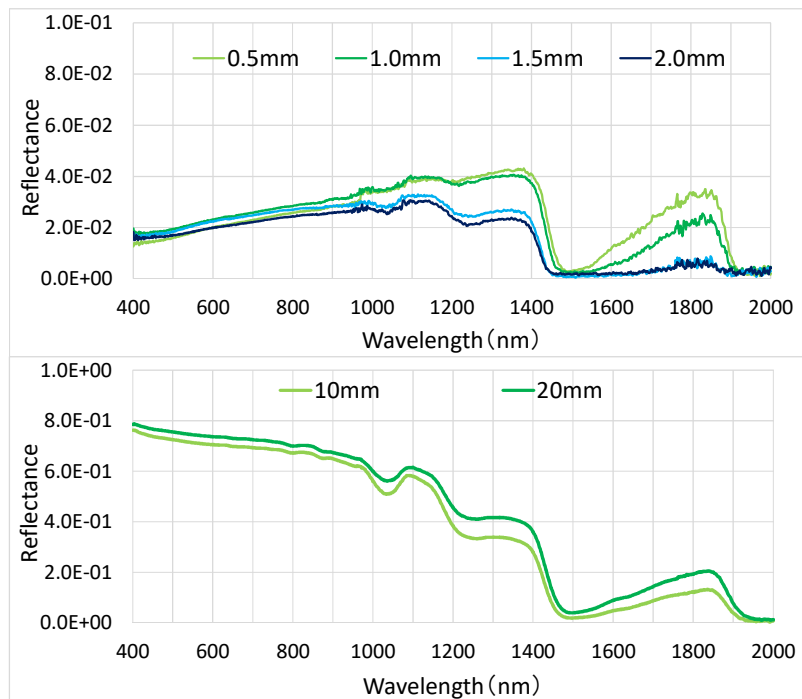


(上：凍結 1.0mm，下：圧雪 10mm)
図 6 凍結および圧雪路面の計測結果

次に 65°で計測した凍結路面および圧雪路面の計測結果を図 7 に示す。

凍結路面では，波長が 1500nm および 2000nm 付近では計測した全ての氷膜厚で反射率は非常に低くなり，波長が 1200nm から 1450nm 付近では，氷が薄くなる程，反射率が大きくなった。

また，圧雪路面でも波長が 1500nm および 2000nm 付近で反射率は非常に低くなり，2000nm 付近を除く全ての波長において，雪が厚い方が反射率は大きくなり，凍結路面と逆の結果となった。



(上：凍結，下：圧雪)
図 7 凍結および圧雪路面 (65°) の計測結果

各路面状態の計測結果を比較するために、65°で計測した乾燥、湿潤（平成 27 年度計測³⁾、1mm）、凍結（1mm）および圧雪（10mm）路面の計測結果を図 8 に示す。圧雪路面の反射率は、乾燥、湿潤および凍結路面の反射率と比較して 10 倍程度と大きく、それぞれの路面状態で波形の形状が異なることがわかる。

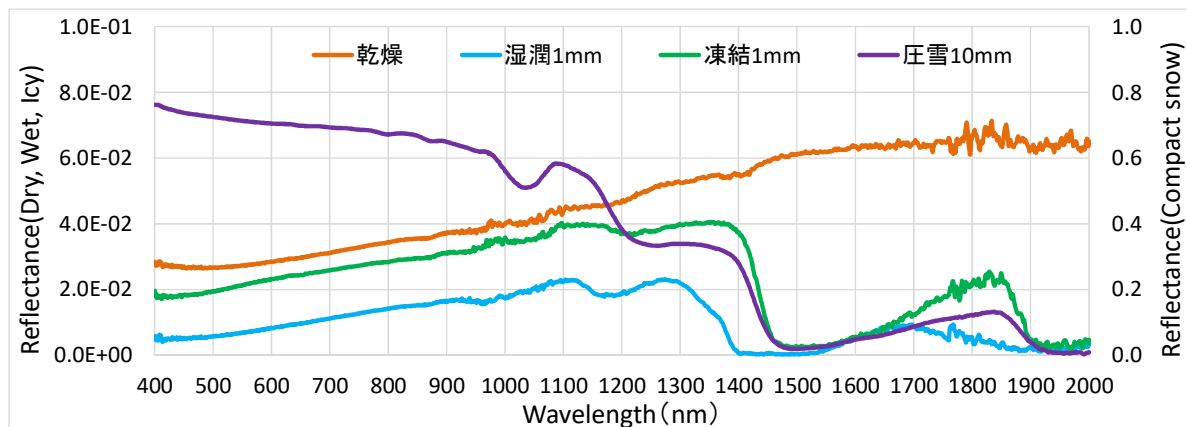


図 8 各路面状態の計測結果（夜間，65°）

4. まとめと今後の展望

近赤外線を用いて、乾燥、凍結および圧雪路面を計測した。平成 27 年度の計測結果を加えて比較すると、乾燥、湿潤、凍結および圧雪路面では、反射率-波長の波形の形状が異なることがわかった。この形状の違いを判別できれば、路面状態の判別が可能であると考えられる。また、凍結路面および圧雪路面では、氷膜および雪の厚さが変化すると、反射率も変化する波長があることから、氷膜および雪の厚さについても推定できる可能性がある。

今後、路面状態の判別および水分、雪氷量の推定が可能な判別手法の検討と波長の選定を進める予定である。

【参考・引用文献】

- 1) 北海道開発局，1997：冬期路面管理マニュアル(案)
- 2) 前野紀一，成田英器，西村浩一，成瀬廉二，1987：道路雪氷の構造と新分類，北海道大学低温科学研究所業績，第 3099 号。
- 3) 中島知幸，高橋尚人，舘山一孝，2017：近赤外線およびマイクロ波を用いた路面状態の評価について，第 60 回北海道開発技術研究発表会。