

光学式路面凍結検知システムの開発(3)

NUERASIMUGULI ALIMASI, 高橋修平(北見工業大学),
榎本浩之(国立極地研究所), 茂村 歩(北見工業大学)

1. はじめに

寒冷地では冬期に路面の状態が圧雪路面や凍結路面など様々に変化し、運転手が把握することが困難になり、スリップによる交通事故が増加する傾向にある。「つるつる路面」発生によるスリップ型交通事故が多発している。この「つるつる路面」については各車両が自動的に検知することができれば、スリップ型交通事故危険性を減らすことができる。この研究では、運転者が路面状態を把握しやすくし、冬期の交通事故の軽減に結び付けたいと考えている。

北海道では交通路の要所としていくつかの峠道があり、冬季の安全な通行の確保は課題になっている。本研究において研究対象としている石北峠は北海道の中央部大雪山を横断する交通路として重要であり、峠から東は北見市に含まれている(図1)。前報告¹⁾では光学式路面凍結検知システム(2)を車載型に改良し、国道39号石北峠(図-2)等において行なった路面凍結走行観測の結果を紹介した。

その際に、観測機の振動により光源と受光面角度変わったため路面凍結装置とビデオカメラの画像が一致しない問題が発生した。今回はその際問題になった路面凍結装置の設置の高さや光源の強さまたは光源照らす面積等。装置の設置高さや光源を改良し光学式路面凍結検知システムを改良した。

2. 測定装置

光学式路面凍結検知装置は入射角 45° の光源から光が入り天頂 0° 反射センサーや 45° 反射センサーで受光し「明度」や「45° 反射度」を求め、乾燥、湿潤、圧雪、ブラックアイスバーン等の凍結路面種別を判断する。



図-1 北海道や北見地域

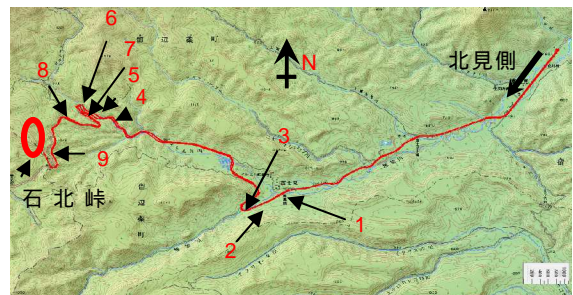


図 2 石北峠 (1, 2, ..., 9 は各合目を示す)



図 3 (a) 2008/09 年度点滅できるヘッド
(b) 2009/10 年度ランプレズ隙 LED ライト
(c) 2010/11 年度 10x20 平面配置 LED



図 4 (a) 光学式路面凍結検知計 (3),
(b) 地面側, (c) 観測車両

3. 光源の改良

開発を開始した 2008/09 年の冬は点滅できるヘッドランプを用いた光学式路面凍結検知システム(1) 試作した^{1,2)} (図-3(a)). この光学式路面凍結検知装置を車に載せ走行観測を行った. 観測結果からヘッドランプの電圧が段々低下してくるため広い面積を照らしても照度に不均一があり照度不足という結果となった.

2009/10 年の冬はレンズ付き LED ライト(図-3b)を用いた光学式路面凍結検知システム(2) 試作した³⁾. レンズ付き LED ライトは直線光で, 照度大, 一定している, 照度が距離によらない, 照度が強い, 光原と同じ面積を照らすという特徴がある. しかし, レンズ付き LED ライトの照度面積が少し狭い, 直線性が強いため, 受光面角度が少し変わると鏡面反射が捉えられないという問題が発生した.

2 年間のライトの検討から結果をまとめると光源は電圧が高く, 照度面積が広い光源が必要という結論となった.

2010/11 年冬は 10x20 平面配置 LED ライトを自作し(図-3c) 光学式路面凍結検知システム(3) 試作した. 図-4(a)(b)(c)を示す. 長所は照度面積が広い. 一個一個の LED ライトの照度角度が幅広い. そのため走行中の車両の上下動に対応できること, ガラス(アクリル)カバーを付け雪が入り込まない, 点滅できる(外部コントローラーあり), 乾電池またはカーバッテリー使用可能, 3~4m離れたところから測定可能, 斜め 45° で取り付けやすい, などである. まだ受光面照度に多少不均一があるが, 観測性能は格段に良くなった.

4. 仮想凍結路面の反射強度の測定

移動観測の前に室内で OHP シート(透明光沢シート)をアイスパーン(氷膜)に模して, それぞれ仮想凍結路面として反射強度(V)を確認した.

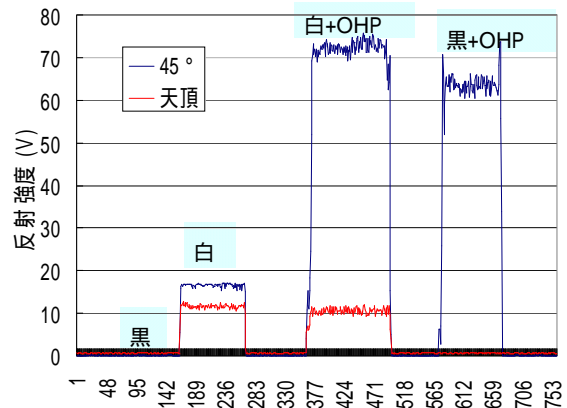


図 5 室内反射強度検定実験

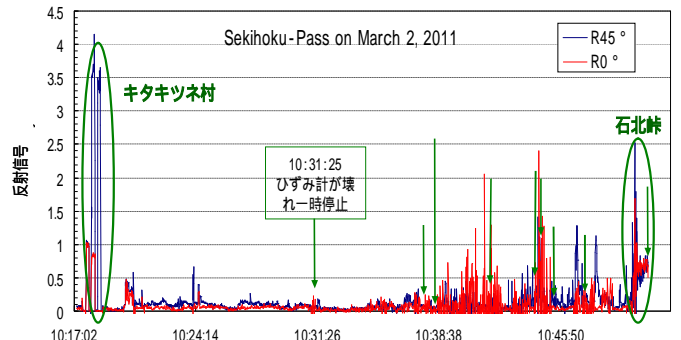


図 6 全移動観測反射信号測定結果

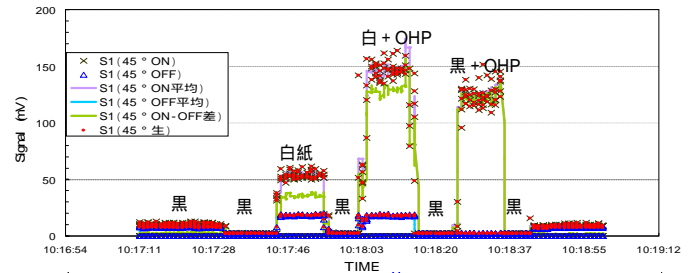


図 7 測定元データ

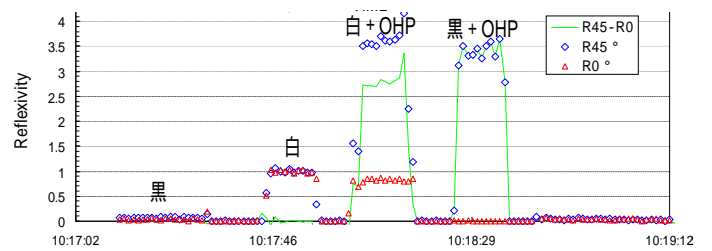


図 8 外部ノイズ光除去後(白紙: 基準 1 の 0° センサー)

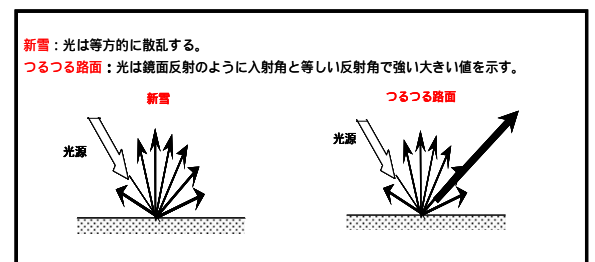


図 9 光学式反射強度測定原理

確認した測定結果は図 5 に示す。OHP を加えた仮想凍結路面 (アイスバーン) の時は鏡面反射の状態となり、天頂での反射強度はほぼ変わらないことが確認できた。また OHP シートにより、 45° の反射は非常に大きくなった。

5. 光学式路面凍結検知システム(3)

光源を改良し光学式路面凍結検知システム(3)を開発した。図 4 (a), (b), (c) に概要を示す。今回の光学式路面凍結検知は凍結路面の状態を光の反射で路面判別を行い、更に摩擦係数との関連を調べることを目標した。観測装置を観測用車両に搭載し、移動しながら路面の状況を把握することが研究目的である。入射角 45° で光源を測定路面に当てたとき、反射光を天頂角 (0°) および反射角 45° の二つの角度で反射強度信号 (V) をセンサーにより読み取る。装置の凍結路面における光学特性は光には新雪路面、光沢のない圧雪を照らすと乱反射し光が散らばる等方散乱するという特徴とブラックアイスバーンや湿潤では鏡で光が反射するような鏡面反射という特徴がある。本システムではこの特徴を利用して路面判別を行った。観測装置は、車両に装着可能となっている。

2011 年 3 月 2 日に石北峠北見市側のふもと (キタキツネ村) から石北峠頂上まで光学式路面凍結検知システム(3)による石北峠における移動観測を実施した。観測に際しては、毎回装置を車両に装着してから走行前に室外で反射強度検定確認実験を行い、各表面のシグナル、外部ノイズ除去などを確認した。図 6, 7, 8 にその結果を示す。移動観測における測定項目は反射強度 (V)、路面温度 ($^\circ\text{C}$)、気温 ($^\circ\text{C}$)、ひずみ力 (N)、カメラ画像による路面状況、目視路面状態判別など。移動観測の反射強度測定全体結果は図 6 に示す。図 6 の 10:17 分の時に反射強度を検定した。反射強度検定した所だけの測定結果を拡大したものを図 7 に示す。図 7 には外部ノイズ光も点滅信号と一緒に入っているが、外部ノイズ光を除去したのものを 図 8 に示す。

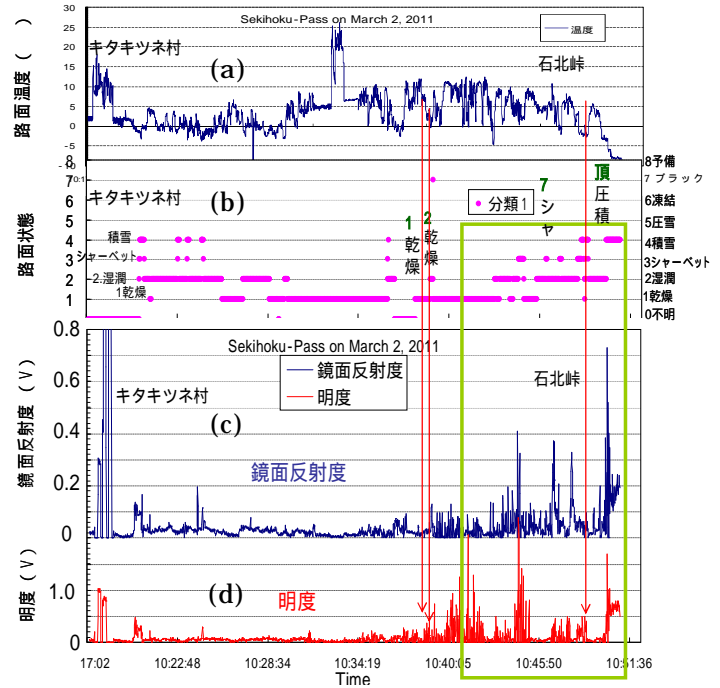


図 10 2011 年 3 月 2 日路面凍結観測全体データ (a)路面温度(b)路面目視判別(c)鏡面反射度(d)明度

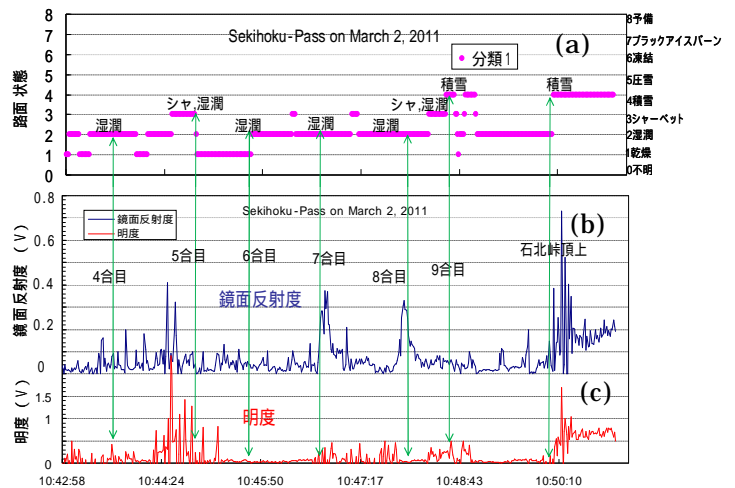


図 11 石北峠 3 合目から石北峠頂上までの結果 (a)目視路面判別, (b)鏡面反射度, (c)明度

10:31:26 のところはひずみ計が不調のため一時停止した。グラフの ~ は石北峠頂上に向かう間の1合目から7合目の記録を示す(標高は1合目:708m, 2合目:746m, 3合目:784m, 4合目:822m, 5合目:860m, 6合目:898m, 7合目:936m, 8合目:974m, 9合目:1012m, 峠頂上:1050m)。光学式路面凍結検知装置の観測原理は新雪路面で光は等方的に散乱します。つるつる路面で光は鏡面反射のように入射角と等しい反射角で強い値を示した(図 9)。

全体データ路面温度, 目視による路面判別, 鏡面反射度, 明度等の観測結果を図 10 に示す。図 10(a)路面温度データの10:31 分頃に急速で上昇しているところはひずみ計が調整の作業の影響による上昇である。1合目から標高が高くなるほど路面温度が段々上昇しているが, これは時刻の変化による日射の影響である。目視による路面判別(図 10(b))では, 石北峠1合目から頂上までの間で1.乾燥, 2.湿潤, 3.シャーベット, 4.積雪, 7.ブラックアイスバーン等の様々な路面状態が見られた。緑四角は4合目から頂上までの間で湿潤, シャーベット, 積雪などの路面状態が多く表しています。石北峠3合目から鏡面反射度(図 10(c)), 明度(図 10(d))が高かったことがわかる。そこで3合目辺りから石北峠頂上までの目視による路面判別, 鏡面反射度, 明度データを拡大した結果を図-11(a), (b), (c)に示す。湿潤, 積雪, シャーベットなどの路面状態で45°反射強度センサーによる鏡面反射度結果と0°反射強度センサーによる明度結果両方とも反射強度が高いことが確認できる。

6. まとめ

今回の観測機改良作業と野外観測からより以下のような改善結果と新たな問題が指摘できる。

- 1) 照明を面的なものに変えた結果, 走行中の車両の上下動の影響下でも, 鏡面反射度を観測することができた。
- 2) 照明 ON-OFF 信号により, 外部光ノイズが除去できた。
- 3) 路面の明度と鏡面反射度の変化は路面状況変化によく対応した。
- 4) 路面摩擦との対応: 今回, 連続測定摩擦装置を試作したが同時観測実施には至っていない。
- 5) 光検知器の低温障害: -10 以下ではフォトダイオードのプリアンプの出力がなくなる問題が出たため, 保温もしくはプリアンプの変更の対策が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり, 寒地土木研究所および北見道路事務所の方々にはいろいろなアドバイスをいただいた。ここに記して感謝します。

【参考・引用文献】

- 1) Alimasi Nuerasimuguli, 高橋修平, 2009, 光学センサーを用いた路面凍結検知計開発の研究, 北海道の雪氷, 28, 89-92.
- 2) Alimasi Nuerasimuguli, 高橋修平, 2009, 車載型路面凍結検知システムの試作開発, 寒地技術論文・報告集, 25, 7-11.
- 3) Alimasi Nuerasimuguli, 高橋修平, 榎本浩之, 若林剛, 2010, 車載型路面凍結検知システムの試作(2), 寒地技術論文・報告集, 26, 136-138.