

# 光学センサーを用いた路面凍結検知計開発の研究

Nuerasimuguli Alimasi, 高橋修平 (北見工業大学)

## 1. 研究目的

北海道・東北・北陸地方の積雪地域においては冬期間交通路の路面凍結の危険性は大きな問題である。スタッドレスタイヤが全面普及した今、圧雪が非常に滑りやすくなる「つるつる路面」が発生する頻度が高く、降雪直後や長い峠越え道路では対策が間に合わず、「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。この凍結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。すべり試験抵抗値測定による測定(舟橋他,2008)は直接的ではあるが装置が大きく効果であるため、本研究はその路面凍結状況をより簡便に光学的に検知する「車載型路面凍結検知器」の開発を目指す。

## 2. 測定原理

- 2.1 凍結路面の光学的検知： 運転者の「つるつる路面」の視認は、道路が「光っている」ことから判断しており、むしろ夜間の対向車ヘッドライト反射光のときが認識しやすい。その原理は図1に示すように、新雪は光をほぼ等方に散乱するが、「つるつる路面」は鏡面反射の要素が大きい反射をするためであり、この原理を利用して「つるつる度」を測定する。また反射光の偏光特性も判断材料の一つとする。
- 2.2 明度： 斜め45度から路面に入射した光源に対し、直上反射光(散乱光)を測定し、白色板で規格化した明るさを「明度」として定義し、明るさから積雪の有無、ブラックアイスバーン等の区別をする。
- 2.3 鏡面反射度： 光源入射角と同じ反射角で測定した反射光強度を測定し、理想鏡面で規格化した「鏡面反射度」として定義し、明度と併せて路面凍結状態を分類する。これまでの路面凍結計は反射率だけを用いることが多く、鏡面反射的要素は測定していなかったが、この測定系で「つるつる路面」の検出を目指す(図2)。
- 2.4 外部光源ノイズ除去： 外界の変化する日射、街路灯などによるノイズを消去するために、光源を点滅型とし、信号の交流成分により本来の反射信号を抽出する。
- 2.5 路面温度： 湿潤状態と鏡面型凍結状態の分類判断が難しい場合があり、要素の一つ放射温度計による路面表面温度測定を行う。0 以上は湿潤か乾燥路面、0 以下が凍結路面ということになる。

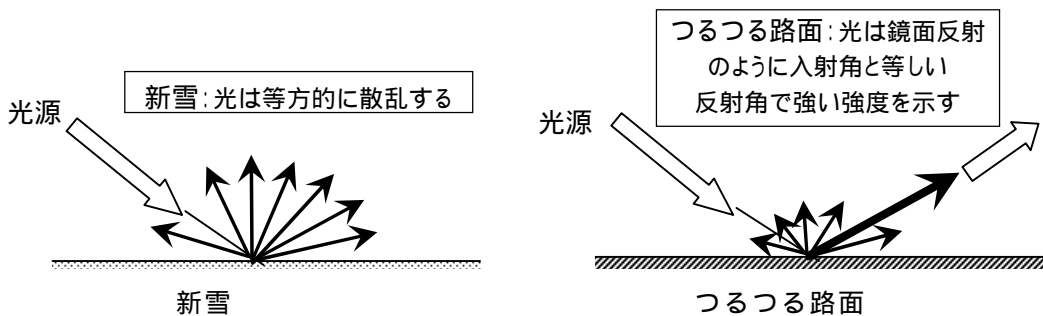


図1. 新雪と「つるつる路面」の光学特性概念

### 3. 凍結路面分類概念

放射温度計による路面温度も併用し、鏡面反射率および散乱光強度から「つるつる圧雪」、ブラックアイスバーンの滑りやすい路面、圧雪路面、新雪など10種類程度の分類を行う(図2)。これは現在国道路面分類で使われている5種分類より多くなる。

### 4. 観測装置

装置の概略図を図3に示す。測定路面に45度入射角で光を当てた時、フォトダイオードにより天頂角(0度)および45度反射角の信号を測定し、明度および鏡面反射度を求める。光源は周期0.4秒点滅のLEDライトを用いた。

図4に、車両に取り付けた凍結検知計の様子を示す。2つの反射光信号および放射温度は0.1または0.2秒間隔でデータロガーに取り込まれた。

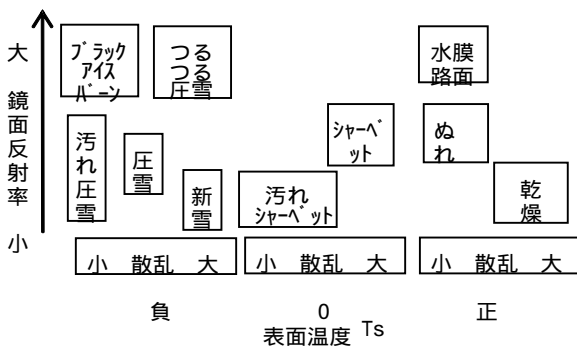


図2. 反射特性と路面分類概念

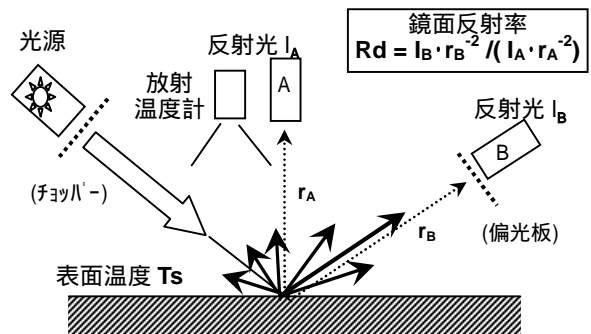


図3 凍結路面の反射特性測定概念

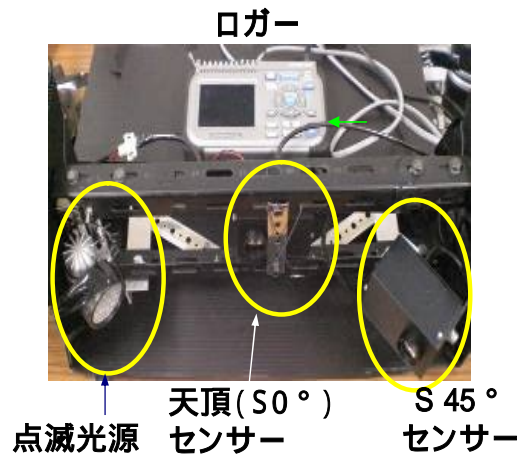


図4 凍結検知計. 左: 車両後部に取り付けられた検知計, 右: 検知計を下側からみた様子.

### 5. 模擬実験

室内実験において、模擬路面として白紙、灰色紙、黒紙を用意し、さらに「つるつる路面」を模した OHP シートを重ね、天頂(0度)反射強度、45度反射強度と明度を測定した結果を図5、図6に示す。各色とも OHP シートを重ねると45度反射強度が一樣に増加し、鏡面反射度が上がったことがわかる。

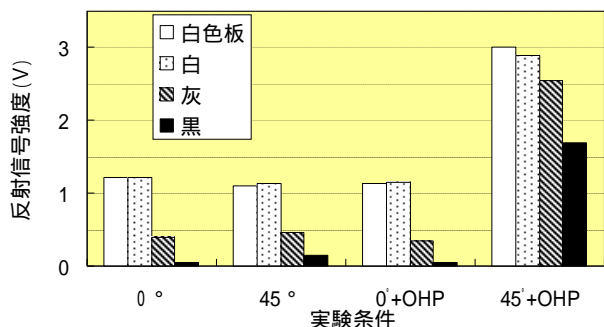


図5 路面の模擬実験．白色，灰色紙，黒紙に OHP シートを重ねたときの反射強度

	0° 信号 (V)	明度
白色板	1.22	1
白紙	1.215	0.996
灰紙	0.40	0.38
黒紙	0.05	0.04

図6 各状態の明度結果

## 6. 走行観測試験

装置を車載型に改良し，走行観測においては路面検知計のほか，放射温度計による路面温度観測等を行い，ビデオ撮影による路面状態と比較して凍結検知器との対応を調べた．図7に北見市内移動観測から判定した各路面状態での明度を示す．積雪や圧雪は0.2以上と高かった．湿潤とシャーベットは0.07前後と同じような低い値を示したが，路面放射温度に荷より区別できた．

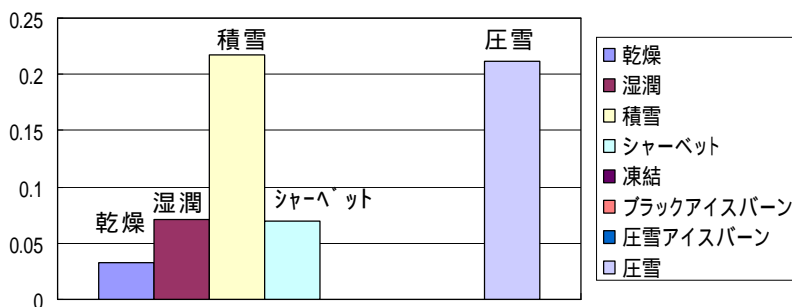


図7 2009年2月14日北見市内移動観測各路面状態での明度観測結果

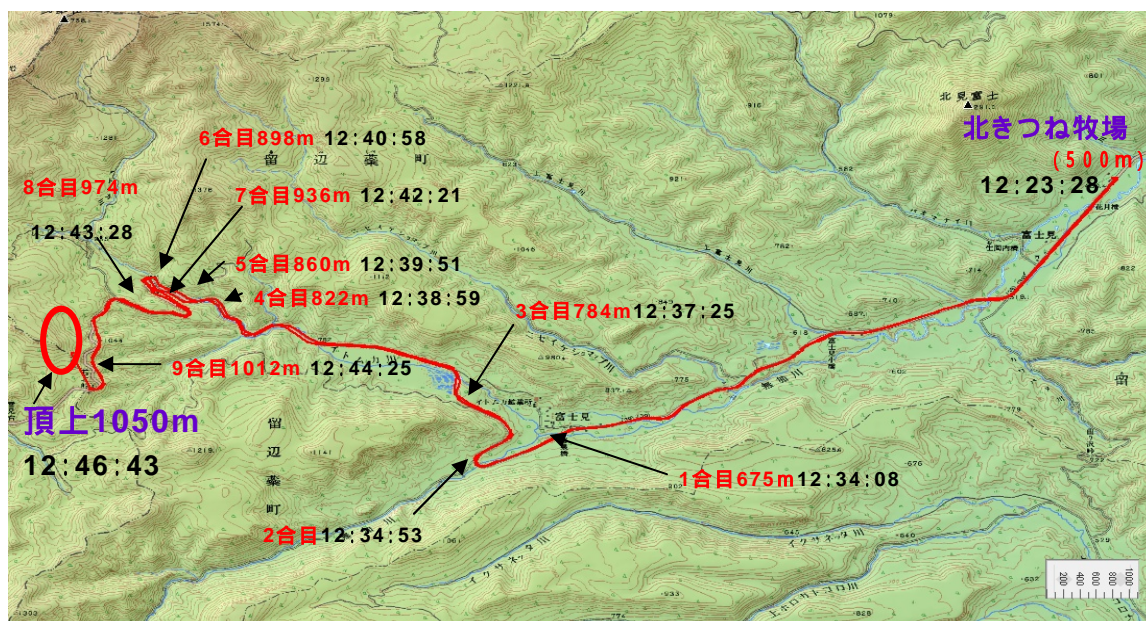


図8 国道39号石北峠付近での走行観測経路

図8に2009年3月7日に国道39号石北峠付近で行った走行観測の経路を示す。標高500mの富士見(北キツネ牧場)から標高1050mの石北峠まで23分で走行した。

図9に観測データを示す。路面放射温度は標高600m以下では0以上でシャーベットが見られたが、それ以降は圧雪が主となった。明度は圧雪状態では高く、ブラックアイスバーンでは小さく、よい対応を示した。鏡面反射信号は信号強度が弱く、典型的な対応は得られなかった。

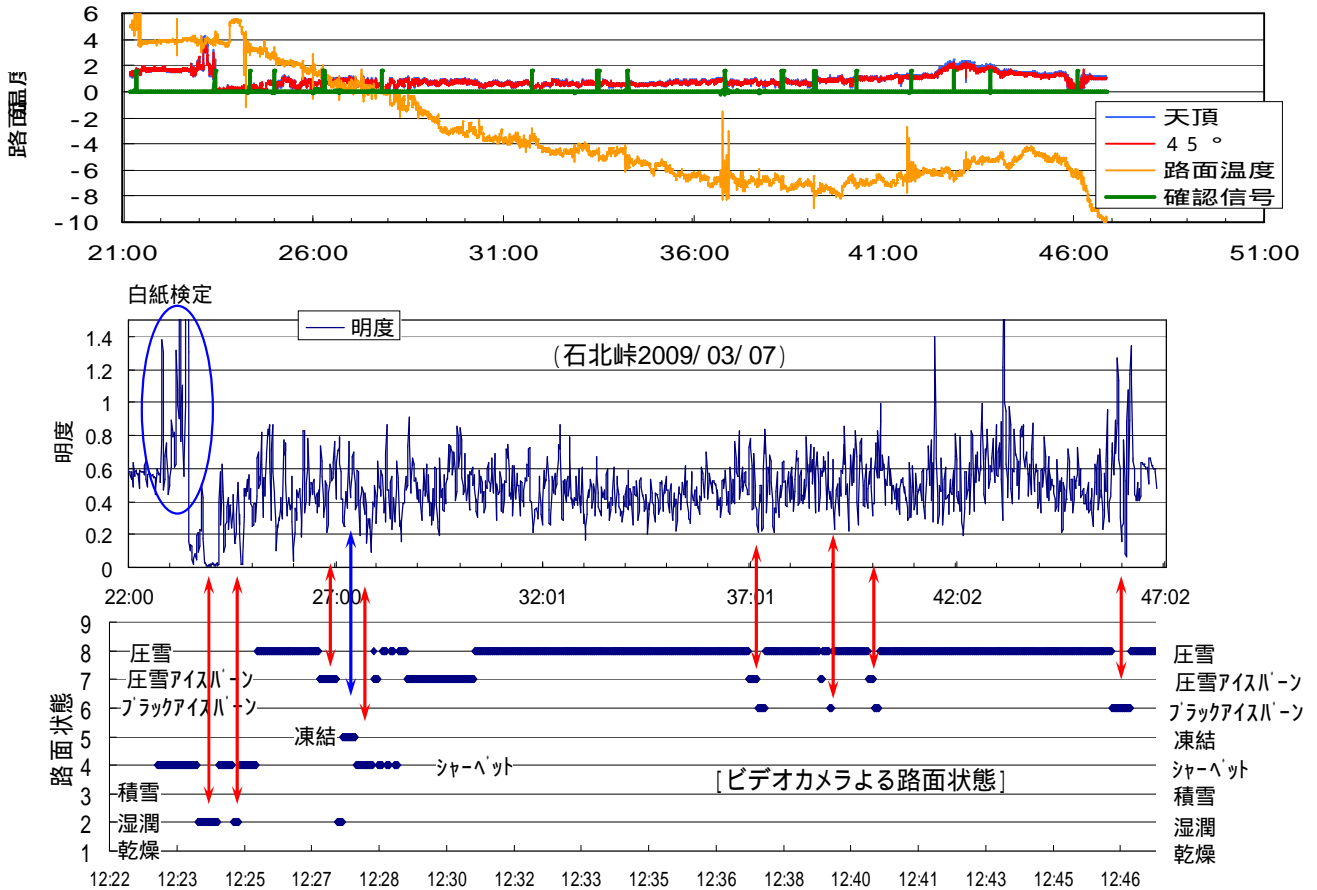


図9 国道39号石北峠付近での走行観測例。2009年3月7日12:23に富士見(500m)を出発し、12:46に石北峠頂上(1050m)に到着した。上図は路面放射温度と反射信号生データ。中図は明度信号電圧、下図はビデオ目視による路面状態分類。

**まとめ**

凍結路面光学測定用として点滅ライトの使用により、外部ノイズ光を除いた反射信号を取得できた。天頂センサーおよび45°光学センサーにより、路面の明度、鏡面反射度測定の可能性を確立した。北見市内で路面凍結移動観測を行い、圧雪や湿潤路面の区別を行うことができた。国道39号石北峠付近で路面凍結移動観測を行った。明度測定により、圧雪や湿潤など明度の違う路面は容易に区別できた。鏡面反射度によるアイスバーン区別はデータの不一致が見られ、装置精度や判定式の検討が必要である。

**参考文献**

高橋修平, 榎本浩之, 百武欣二, 安積修一, 大島俊之本, 1966: 冬期山間部における路面凍結特性. 寒地技術論本報告集 Vol. 12, 168-173.  
 舟橋誠, 徳永ロベルト, 高橋尚人, 葛西聡, 2008: 冬期路面のすべり抵抗値計測試験について. 北海道の雪氷, 27, 57-60.