

# 冬期路面管理におけるスマートフォン用赤外線カメラの 活用に関する基礎実験

Experiments on The Use of Smartphones For Infrared Camera Utilized in Winter Road Management

長沼芳樹<sup>1</sup>, 大川戸貴浩<sup>2</sup>, 野田竜也<sup>3</sup>, 小林一人<sup>1</sup>, 川瀬良司<sup>1</sup>, 金田安弘<sup>2</sup>

Yoshiki NAGANUMA<sup>1</sup>, Takahiro OKAWADO<sup>2</sup>, Tatsuya NODA<sup>2</sup>, Kazuhito KOBAYASHI<sup>1</sup>, Ryoji KAWASE<sup>1</sup> and Yasuhiro KANEDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社 構研エンジニアリング

<sup>1</sup>Koken Engineering Co.,Ltd

<sup>2</sup>一般社団法人 北海道開発技術センター

<sup>2</sup>Hokkaido Development Engineering Center

<sup>3</sup>ソリトン・コム 株式会社

<sup>3</sup>Soliton Com Co.,Ltd

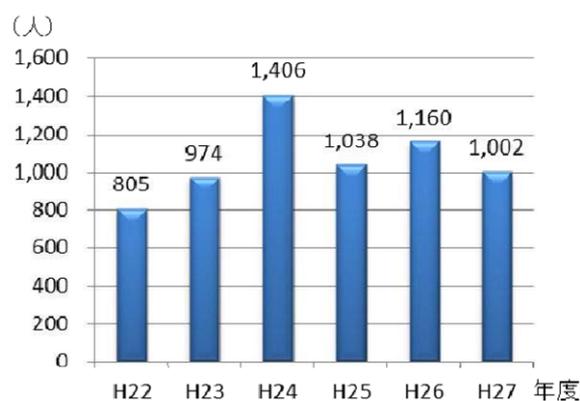
## 1. はじめに

積雪寒冷地における道路利用者（自動車，歩行者）は，降積雪による地吹雪・雪崩などの他に，路面凍結による転倒やスリップ事故にも注意を払わなければならない．一般的に道路管理者は，スリップ事故の発生しやすい気象条件（気温，路面温度）となった場合，『路面凍結注意』を促す警戒標識の表示や散布車による凍結防止剤・すべり止め材の散布を実施しており，冬期における路面温度は重要な情報である．

また，札幌市消防局のデータによると，雪道の自己転倒による救急搬送数は平成24年度の1,406人をピークに，平成25年度1,038人，平成26年度1,160人，平成27年度1,002人とやや減少傾向にあるものの，依然として1,000人を越える状態が続いている．（図-1 参照）

ウィンターライフ推進協議会（以下，WL 推進協議会）では，これまでもパンフレットやホームページ，イベント等を通じて，転倒防止に関する啓発を行ってきており，凍結防止剤の種類や特徴，それらの使い方等について，市民に分かり易く説明するとともに，凍結防止剤を散布することにより氷が融けるメカニズムについてやさしく解説したいと考えている．

本論文では，これら取り組みの一環として，市販されている凍結防止剤3種類を雪氷路面条件や量を変えて散布した場合の路面温度変化を比較的安価なスマートフォン用赤外線カメラで撮影する実験を行い，路面温度管理へのス



※札幌市消防局データ（11月～3月）  
図-1 札幌市における「雪道の自己転倒」に伴う救急搬送数の推移

スマートフォン用赤外線カメラの適用性を検証するとともに，各種凍結防止剤の路面温度へ与える効果の把握を試みた．

## 2. 赤外線カメラについて

赤外線カメラは人間の目では感知できない不可視光線である赤外領域の光を受光し，物体から発せられる熱エネルギーを非接触で測定・視覚化するセンサを有しているため，対象の温度を面的に捉え，路面温度等の見える化が可能となる．赤外線カメラを用いた道路管理としては，道路周辺でのエゾシカの生息実態調査や，道路のり面からの湧水調査にも活用された実績がある（写真-1 参照）．

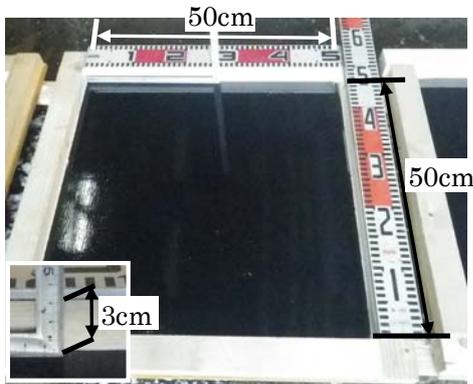
冬期路面に関しても，凍結路面状況や融雪施設の稼働状



写真-1 赤外線カメラの活用事例



(a) フィールド全景



(b) 型枠拡大

写真-2 実験状況

況等を把握するために活用されてきたが、コストや即時性等の課題があり、広範囲な普及には至っていない状況であった。しかしながら、画像解析技術の発達に伴い、高性能の赤外線カメラが比較的安価に入手し易い状況となっており、これを活用した道路管理手法の可能性が拡大していると考えられる。

本実験では、安価で可視画像と熱画像の合成表示が可能な機能を有し、スマートフォン端末に接続して使用できる赤外線カメラを使用した(写真-3)。なお、使用したスマートフォン用赤外線カメラの仕様は表-1 に示すとおりである。

### 3. 実験方法

実験で使用した凍結防止剤と雪氷路面の概要を表-2 に示す。実験は冰雪の厚さや状態を変化させたフィールド内に3種類の凍結防止剤を散布した際の温度変化を赤外線カメラで定時・定点観測することで実施した。

凍結防止剤は、冬期道路管理で一般的に使用されている

表-1 スマートフォン用赤外線カメラの仕様概略

可視画像の解像度	640×480 pixel (約 30 万画素)
赤外線情報の分解能	160×120 pixel (約 2 万画素)
撮影温度範囲	-20~120℃
動作温度範囲	0~35℃
検知感度	0.1℃

表-2 基礎実験に用いた凍結防止剤と雪氷路面

凍結防止剤の種類	塩化カルシウム、塩化ナトリウム、ギ酸ナトリウム
散布量	0g (0g/m <sup>2</sup> ), 5g (20g/m <sup>2</sup> ), 125g (50g/m <sup>2</sup> ), 25g (100g/m <sup>2</sup> )
散布条件	1) 事後散布 (氷板 0.5cm 程度)
	2) 事後散布 (薄氷 1cm 程度)
	3) 事後散布 (厚氷 3cm 程度)
	4) 事後散布 (新雪 3cm 程度)
	5) 事前散布 (氷膜 0.1cm 程度)
撮影時間	0分, 2分, 5分, 10分, 20分, 30分, 60分, 90分, 120分



写真-3 実験に用いた赤外線カメラ

塩化ナトリウムと塩化カルシウムに非塩化物であるギ酸ナトリウムを加えた3種類とした。また、散布量に関しては、道路への一般的な散布量である 20g/m<sup>2</sup> 相当に加え、温度変化の様子が分かりやすくなるよう 50, 100g/m<sup>2</sup> 相当についても実施している。また、撮影は散布直後から 120 分までの間に 9 回行った。なお、散布用フィールドには、0.5m×0.5m の木製型枠を用いた(写真-2)。

実験は厳冬期の北海道で実施したが、実験で用いた赤外線カメラの動作温度範囲外(氷点下)であり、さらに内蔵バッテリー容量が 350mA と小型のため、電池の消耗が早く、長時間安定稼働するための対策が必要であった。本実験では、ニクロム線をカメラ本体へ貼付し、外部バッテリーから通電、保温させることで機器本体の温度が極力低下しないよう処理を施し、正常かつ安定的に稼働するよう努めることで、-5℃の環境下において3時間連続の撮影を行うことが可能となった。また、撮影直前に手動によるキャリブレーションを行うことで、計測誤差を極力小さくするようにした。

なお、温度計測には、表示温度の範囲変更や画像上の任意の範囲における平均温度を取得することが可能な無料の解析ツールを使用した。

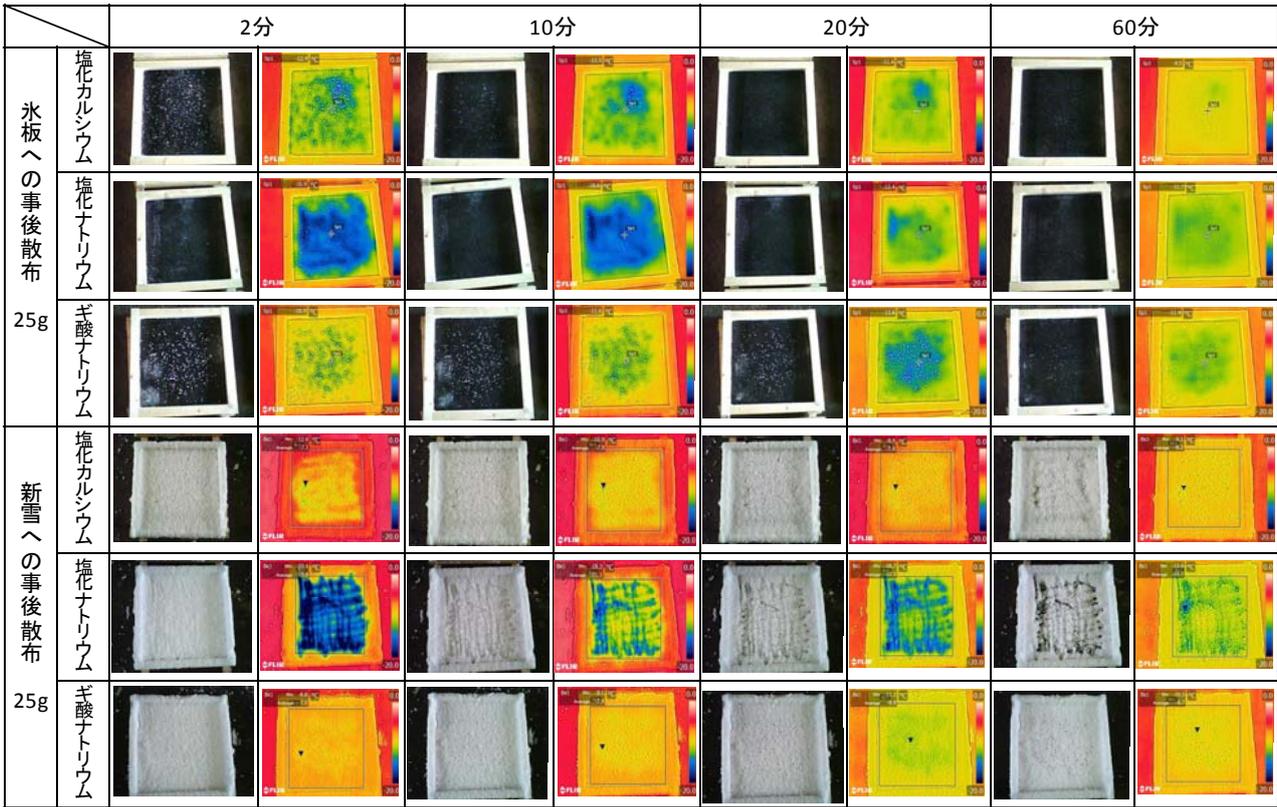


図-2 凍結防止剤の種類別温度変化

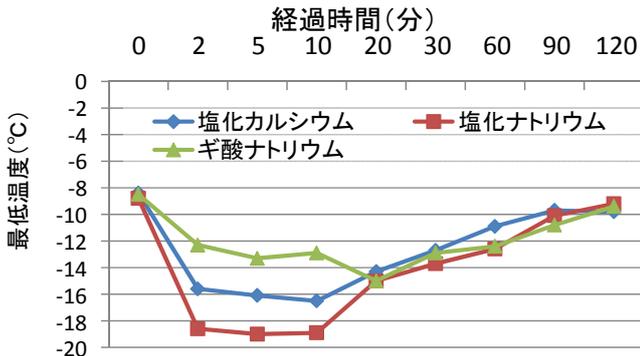


図-3 枠内平均温度の経時変化 (氷板・事後散布・25g)

4. 実験結果

図-2 に凍結防止剤の種類別温度変化の一覧を示す。

図より、事後散布×氷板 0.5cm のケースに着目すると、塩化ナトリウムでは、散布後 2 分経過時点で既に温度低下の範囲が枠内全体に広がっており、20 分後には温度上昇していることが分かる。一方、ギ酸ナトリウムでは散布後 20 分経過時点で温度低下範囲が枠内全体に広がり、60 分経過時点で温度上昇している。図-3 に示す枠内平均温度の経時変化からもギ酸ナトリウムの平均温度が最低を示したのが 20 分後であったことが読み取れる。これは、他に比較してギ酸ナトリウムは効果発現に時間を要するものの、効果の持続性は高いことを示唆している。

また、事後散布×新雪 3cm のケースに着目すると、塩化ナトリウムを散布したフィールドが早期に温度低下している事が分かる。塩化カルシウムとギ酸ナトリウムは、凍

結防止剤の粒がそのまま雪に沈むように穴が空いた状態となり、表面の温度変化を確認することは困難であった。これは、塩化カルシウムとギ酸ナトリウムの粒径が大きいことによるものと考えられる。

5. 赤外線カメラの適用性と今後の課題

以上より、本実験の範囲内においては、凍結防止剤散布前後の温度変化を明瞭に捉えることが可能であることが分かった。しかしながら、一方で実用化に向けた課題も明らかとなった。

実験の大半は室内で実施したが、屋外で実施したケースでは、測定値に若干の誤差が認められた。これは、日光の影響で測定対象物の光沢 (反射率) が変化したことによる測定値の変動誤差と推察されるが、実用化に向けて考慮する必要があると考えられる。

また、適切に温度把握が可能となるカメラ～路面間の離隔を設定する必要もある。

さらに実用化に向けては、定時撮影の自動化や遠隔モニタリング手法の検討も併せて行い、これらを組み合わせた路面管理や情報提供を行う必要がある。

今後は、上記課題の解決に向けた検討を行うとともに、凍結防止剤の種類による性質の違いや適切な使用方法などの解説を充実し、WL 推進協議会から市民へ発信していきたいと考えている。