

路面性状センシング技術を用いた情報利活用について

徳永透*1、 山田忠幸*1、 酢谷浩*1、

1. はじめに

冬期道路管理は、気象・雪氷現象という不確実な要因を相手にしている。そのため、現場の担当者は管理する道路の降雪・積雪の状況を迅速に把握して、雪氷作業の指示にあたらなくてはならない。雪氷作業の主なものが機械除雪である。除雪作業は巡回や定点カメラによる目視確認及び時間降雪量が一定の基準を超えたときに開始するが、この出動タイミングにはそれぞれ課題がある。巡回による目視の場合、工区間の往復だけでも時間がかかり、その間の降り方によっては戻

ってくるまでに降り積る可能性がある。また定点カメラでは降雪と積雪の状況を目視確認できるが、数値データが残らない。これに対し各工



写真1 除雪現場

区の現場でリアルタイムに道路上の積雪量を把握できれば、巡回を省いて出動が可能になり、数値データを基にしたタイムリーに除雪出動ができる。さらに、巡回回数などの削減により、コストの削減につなげていくことができる。

また通常、時間降雪量は過去1時間に降った量を指すが、その値はそのままその間の降雪強度を指すわけではない。例えば、ある1時間において最初の10分間にゲリラ豪雪のような降り方をし、残りの50分は断続的な降り方だった場合、最初の10分間に現場を走行したドライバーにとってはひどい雪だったとなるが、管理者にとっては1時間降雪量という過去情報でしか評価されない。そこで気温や風速と同じように、やはりリアルタイム雪情報が必要になってくる。

これらの課題を克服するために、道路管理に必要な情報をリアルタイムに提供するセンサの情報利活用について紹介する。

2. センサ装置概要

2.1 路面性状センサ

2.1.1 概要

この装置は、路面性状（乾燥・湿潤・積雪・凍結注意）を判定する路面性状機能と積雪深を測定する機能を併せ持つ。

(写真2)

2.1.2 測定概要

路面性状センサは路面横断方向の50点で乾燥・湿潤・積雪・凍結注意という4分類の測定をする



写真2 路面性状センサ

とともに、距離計により路面までの距離を50点測定する。その距離から演算処理により、積雪深を算出する(図1)。

2.1.3 路面性状センサによる積雪深測定の特性

①真上から測定するタイプの降雪深計だと、道路の真上に設置する必要があり、門柱やセンサに付着した雪やつららなどが落下する恐れがある。それに対しレーンマークの外側にセンサを設置し斜めから測定する路面

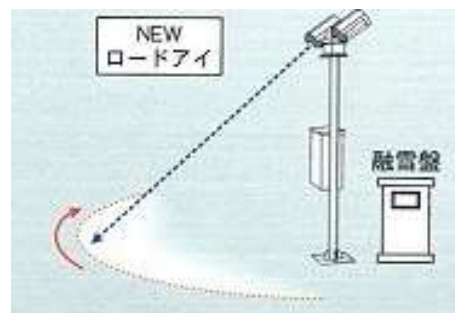


図1 50点測定イメージ

性状センサの場合、それらの不安要素は考慮しなくてもよい。

②50点の円弧を描く測定は、1点測定のみだと、わだち部・非わだち部で積雪深が異なる状況を把握しづらいのに対し、面的に測定できるため凹凸の把握と共に平均的な値も求めることができ、より路面の実態に合った測定が可能であるというメリットがある。

③道路上の積雪深を計測するという事は、除雪や車両通行などの影響を受けている生の路面の積雪状況を把握することができ、路面の実態に即した対応が可能となる。計測値は除雪作業や車両通行量によって常に変化し、除雪による積雪深の減少なども数値で把握することができる。

2.2 熱量計測センサ

2.2.1 概要

この装置は、路面の降雪状況を熱量で観測し、データ化する熱量計測センサー（通称ウィンターセンサー）である。

2.2.2 測定概要

装置上面に降った雪を融かすために必要な熱量を計測する。

2.2.3 熱量計測センサの特性

降雪時には雪を融かす熱量を計測するため、熱量が高いほど降雪強度が強いことを示す。また、降雪がない場合は、放射冷却の熱量を計測することができ、凍結予測に利用できる。



写真3 熱量計測センサ

路面性状センサと組み合わせることで道路上の積雪と降雪強度を的確に把握できる。融雪に必要な熱量を計測できることからロードヒーティングなどの融雪装置を適切に制御するための装置としても利用されている。

3. 計測情報の表示

図2に積雪深計測情報のリアルタイム画面例を示す。

データは5分ごとに更新される。大きな文字で路面積雪深、時間降雪量、気温、路温を表し、管理担当者が視認しやすいようになっている。路面積雪深は50点計測の平均値を算出。現在は値が2cm以上になると文字背景が黄色くなり、担当者に注意喚起する仕組みになっている。

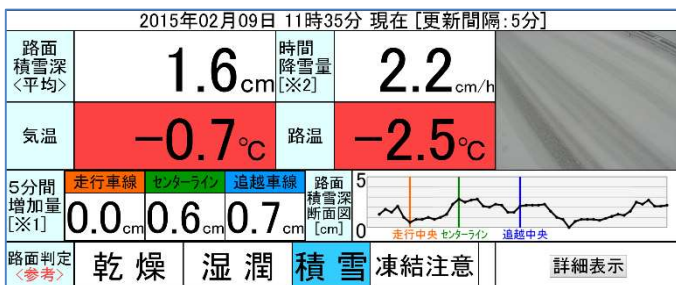


図2 リアルタイム情報表示

また、センサが円弧で描いた軌跡すなわち路面の積雪断面が現在情報としてグラフで表示される。路面の凹凸や、除雪が走行車線のみの場合、追越車線には雪が残っている状況などを直感的に見ることができる。

路面性状を測定した結果として、乾燥・湿潤・積雪・凍結注意の判定を表示し、背景色を変えることで路面状態を把握しやすくしている。

気温はセンサに付随し（地上約5m）、路温は放射温度計による路面表面温度を計測する。また、装置にカメラを取付け、計測情報をリアルタイムに可視化した。

詳細画面表示(図3)では、リアルタイム画面表示で見ている情報を24時間グラフで捉えることができるようになっている。さらに検索機能を用いて、過去のデータを検索でき、

確認したい状況を開覧および分析することが可能である。

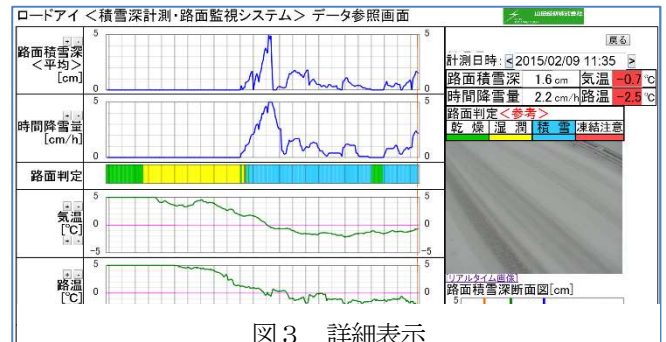


図3 詳細表示

図4は、熱量計測センサの計測画面である。

降った雪を融かすための熱量(融雪熱量)と放射冷却の熱量(凍結熱量)をグラフに示し、融雪熱量をもとに10分間の降雪強度を表している。

このグラフからは、融雪熱量が断続的に400W/m²を超えて

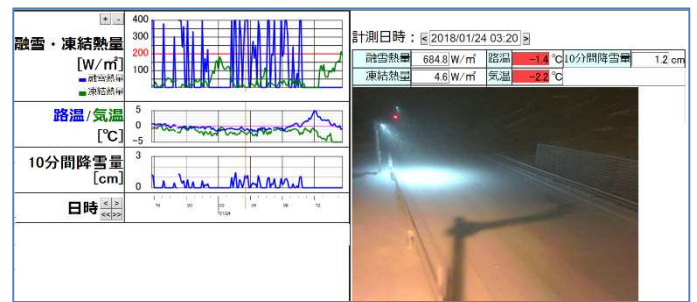


図4 熱量計測センサ計測画面

おり、10分間降雪量に換算すると1cm前後の降雪となり、時間降雪量で6cmほどの降雪強度となる。

4. 計測データの例

実際に高速道路上で積雪状況を計測した例として、図5では2016年1月16日 3時35分の計測データ(A)と同日4時の計測データ(B)を比較している。カメラ画像からはともに路面に雪が積もっていることが分かるが、目視ではほとんど同じようにしか見えず、どちらがどれだけ積もっているかを判断することは難しい。しかし、積雪深を見ると、Aは平均0.9cmであるのに対し、Bは平均2.9cmとなっており、両者には2cmの積雪の差があることが分かる。また、積雪深を50点で計測しているため、走行車線は車両の通行が多く、それほど積雪は増えていないが、車両通行量が少ない追越車線のほうは積雪が5cm近くまで増えていることが分かる。

このことから、積雪深を道路横断的に計測することで、ど

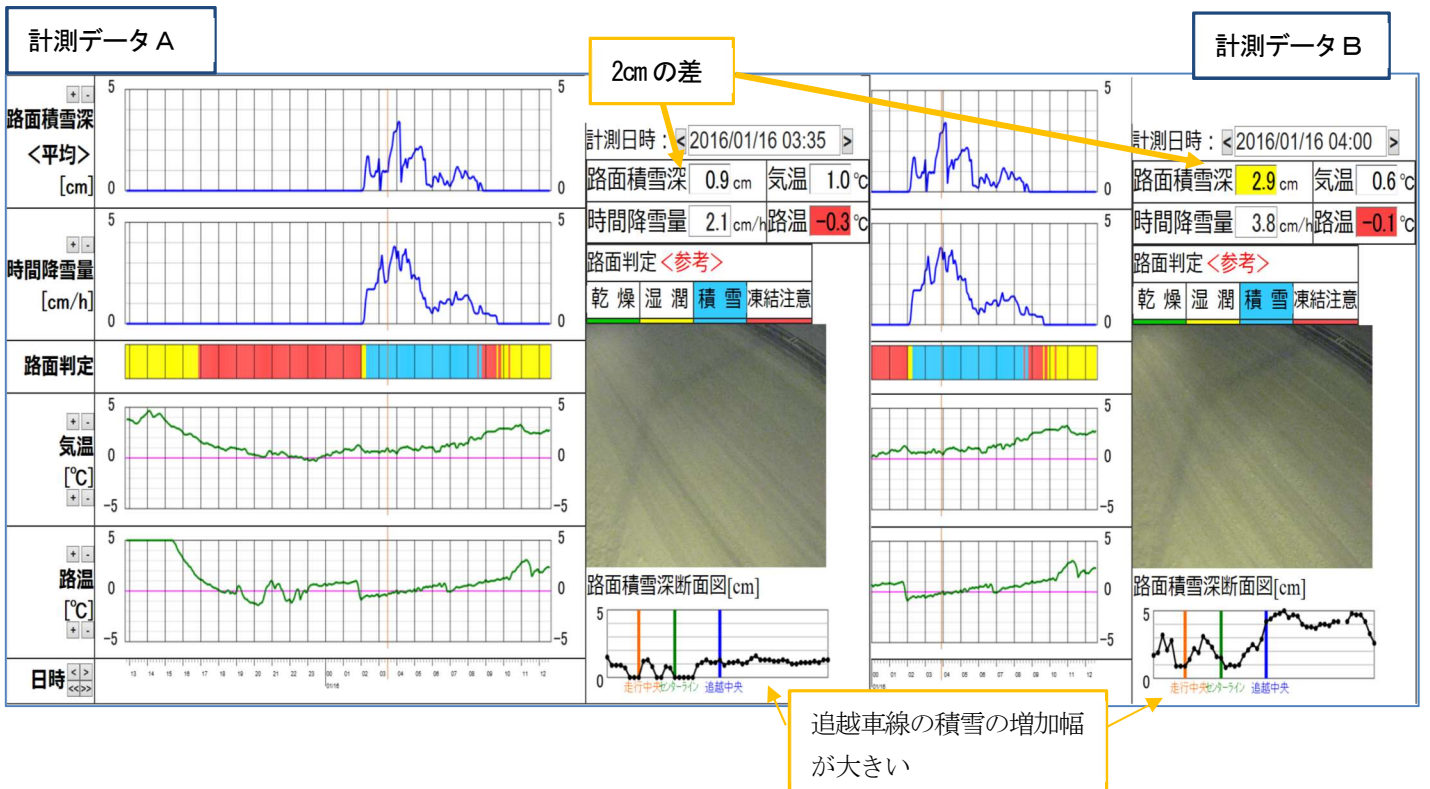


図5 積雪深計測例

の部分で積雪が増加しているのかを把握しやすくなる。

次に、熱量計測センサで降雪強度を計測した例を図5に示す。

ここに設置された熱量計測センサはロードヒーティングを制御するために設置されたものであり、雪の融雪に必要な熱量を計測し、効率的な融雪制御を行っている。その制御のために計測した融雪熱量886.7W/m²から算出した10分

間降雪量が1.6cmとなっており、1時間あたりに換算すると9.6cmとなる。カメラ画像で確認すると降雪により視界が悪くなっており、ドライバーは運転に注意を要する状態であることが分かる。この状況の降雪強度を数値で表示することにより、道路管理者にもその時間の降雪強度を把握しやすくなり、あとで振り返ったときにもデータを含めて確認することができる。

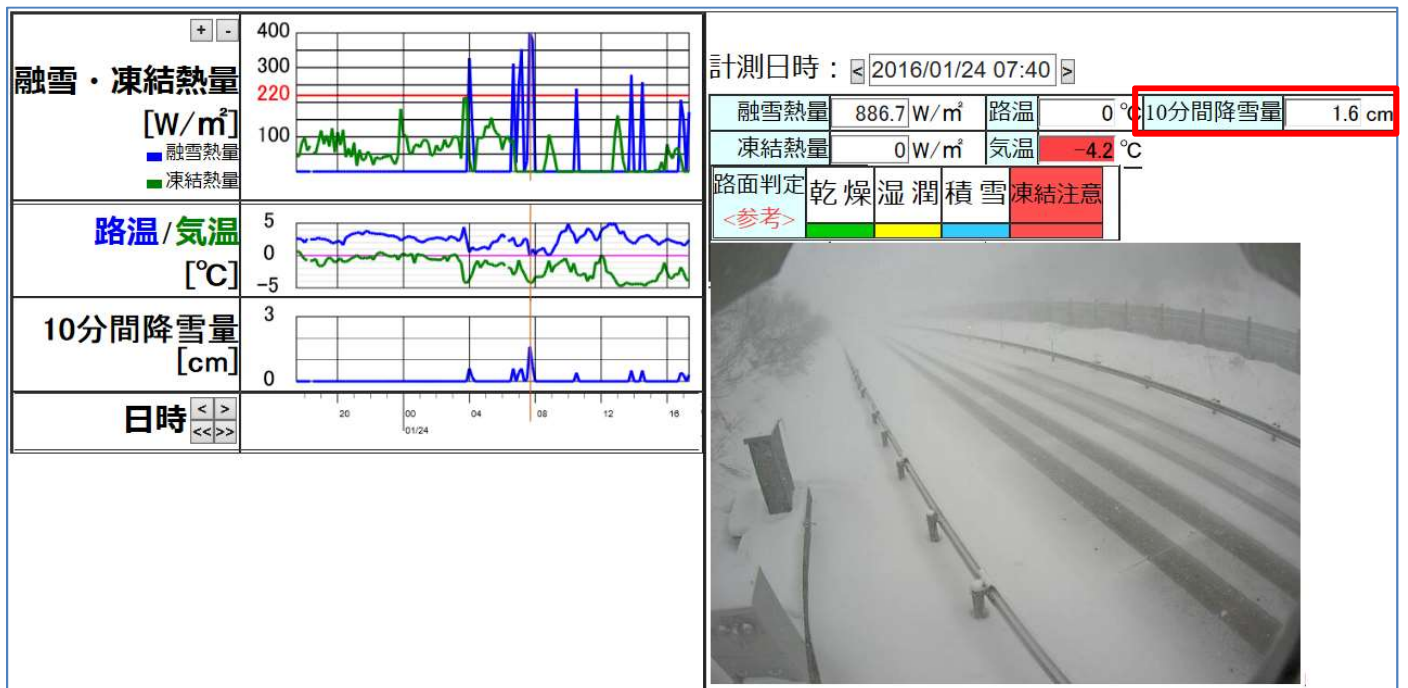


図6 降雪強度計測例

4. 雪氷作業へのセンサ計測データの活用

4.1 雪氷作業への活用

前述のように、雪氷に特化したセンサを利用することにより、道路上の実態に即したデータを計測することができる。

道路管理者にとって、現場の状況をリアルタイムに把握することが重要であり、気温・路温・風速などの気象と道路上の積雪・降雪を数値データで確認できるようにすることで、よりの確な作業指示を出しやすくなると考える。

特に、道路上の積雪深は車両の通行量によっても変化するものであるため、降雪強度と組み合わせて活用することで、これまでの経験と客観的なデータをもとに判断を行い、作業指示を出せるようにすることが重要であると言える。

また、管理担当者への支援として、現状はリアルタイム画面において路面積雪深が2 cm以上になると背景が黄色くなる機能がある。これに加えて、例えば5分間増加量が3回連続で0.5 cmを超えた場合に画面全体の背景の色が変わると共に点滅をさせ、さらにアラーム音を鳴らすことにより、担当者がゲリラ豪雪のような降り方に、より気づきやすくなるような変更を施すことも検討したい。

4.2 ドライバーへの情報提供

道路管理者の作業支援に向けた取り組みに加えて、例えば本線を走行中のドライバーに情報盤などで前方の具体的な降雪情報を知らせることも可能である。すなわち、センサの手前数キロの地点に情報盤を設置（もしくは付近に既存情報盤があれば活用）し、前方の雪の降り方を数値によって注意喚起しやすい表現で知らせることができれば、ドライバーはその雪の降り方に備えた速度や運転に切り替える準備ができるようになる。



写真4 情報盤

4.3 短時間気象予測への情報活用

雪氷管理担当者は毎夕刻に気象予報会社から翌朝までの細

かな気象予測情報を入手している。その情報の中には当然降雪量予測が含まれており、その予測から降雪強度が強まる時間帯を把握することができる。この情報と実際のリアルタイム情報を突き合わせながら、予測のトレンドを利用して、短時間の予測を補正していけば、より確率の高い短時間予測情報となり、担当者の対応・判断に寄与させることが可能になると思われる。

5. まとめ

道路上の積雪深および降雪強度をリアルタイムで計測することにより、ゲリラ豪雪などの急激な降雪、だんだんと降り積る雪など、その時点における道路上にどれだけの雪が、どのような強さで積もったかを、現場から離れた雪氷対策室にしながら数値で把握できるということはこれまでほとんどなかった。カメラ画像だけでは判断がつかない路面状況については、センサ技術を活用して数値データを収集することによって、その情報を活用し、雪氷作業を指示することにより、効率的かつ的確な作業ができるようなシステムを構築していきたい。それにより、効率的かつ安全な冬期路面の確保を目指すと共に、管理コストの削減を図っていきたい。

また降雪強度情報をドライバーと共有し、またドライバーの前方注意情報として活用できる方策も検討していきたい。いずれにしても、冬期道路交通の安全を守る重要な雪氷対策において、安全と効率化を両立できるように、今後もセンシング技術の改善と総合的な冬期道路管理システムの構築を目指していきたい。

(参考文献)

- 1) 『道路の安全性を高める建設・管理の施策』村國 誠
雪国の視座、Ⅲ雪と技術、4. 克雪の技術、(1)道を守る
2001/7月 毎日新聞社
- 2) 『道路雪氷対策に必要な情報と活用』村國 誠
日本雪工学会誌、Vol.27、No.2 2011/4月