

広域的な WEB カメラシステム網を基地局とし、種々の測定装置・情報を加味した新しい雪氷情報を提供するシステム開発について

酢谷 浩*1・森 縁・鎌田 幹広*2・土橋 博文*3・徳永 透*1

1. はじめに

以前発表した論文（ゆきみらい2018富山）で、定点画像（WEBカメラ）と移動体画像を融合させた冬期路面管理に有用なシステムについて紹介を行なった。¹⁾

その後今日に至るまで定点画像であるWEBカメラの設置数が飛躍的に増え、先に紹介した論文で指摘した「移動体画像は設置数に限りがある定点画像を補う狙いがある」目的を覆すほどの状況になっている地域もある。

道路監視という観点からはもちろんその所期の目的を達成しているが、今一步踏み込んでさらなる活用を道路管理者と協議し、その一部は実用化に向けて開発を進めている。今回はそれを含めて提案・開発中のものを紹介したい。

2. 開発の背景

今回の地域はNE XCO東日本新潟支社管内にて発生した事象への対策として、多数のWEBカメラを設置した箇所での取り組みである。

その直接的な引き鉄は異常豪雪により大規模かつ長時間の滞留事象が発生したことによる。当該箇所最大2,100台、最長50時間という事態となり、車両に残された人命や健康への懸念も生じるとともに、多方面の社会経済活動に大きな影響を及ぼすこととなった。



写真1 滞留イメージ

その後様々な対策が取られたが、そのうちの1つとして、現場状況の迅速な把握のため、少しでも不可視区間をなくすための施策として、リアルタイムのWEBカメラを必要箇所に配備することとなった。

数年をかけて整備を続けた結果、数百メートルから数

キロピッチで配備され、相当数のWEBカメラ網ができあがった（図1）。

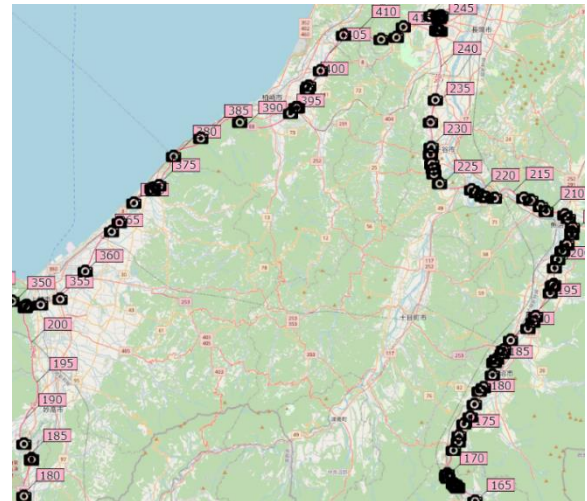


図1 カメラ配備状況（マークはカメラ位置）

図2の通り、リアルタイムで現場の動画（または1分ごと静止画）が閲覧できるようになり、現場に赴かずともおよその状況がわかるようになった。



写真2 Webカメラ現場

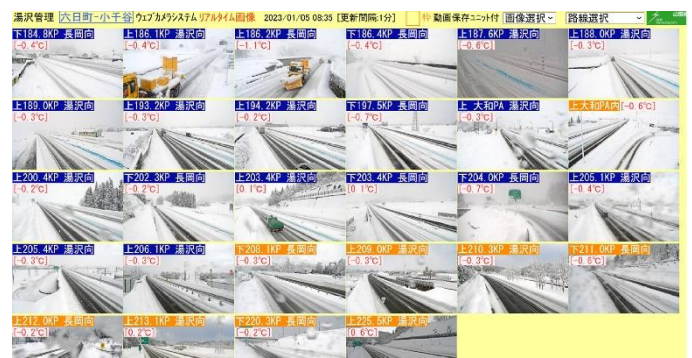


図2 WEBカメラシステム閲覧ソフトウェア

相当数のWEBカメラが配備された結果、かなりの不可視区間が解消されることとなり、現場レベルでは現地把握能力が飛躍的に高まった。事象への迅速な対応につながっている。

こうしたメリットがある反面、各現場を管轄する上位組織などのレベルでは、画像の羅列表示のみでは広域的にカメラの位置を把握するのは容易ではなく、画像及び位置情報をわかりやすく表示する方法が求められるようになった。

さらに冬期路面管理の観点からは、数量が相当数増えたことにより個々の画像での気象の変化に気づきにくくなり、なんらかの「気づき」を与えるシステムの必要性も高まってきている。

以上の状況・背景を踏まえ、複数の観測装置追加や移動体による計測情報との融合など、多面的な活用につながる表示の変更を検討する必要があることとなった。

3. 意思決定につながる情報提供の取組み

3.1 広域地図にカメラ位置を表示

支社内事務所では、図2のような画面表示にて現場状況を確認している。画像ごとに場所名（キロポストやインター名、SA・PA、橋梁名など）が表記されているが、相互の位置関係が直感的にわかりづらい面があった。

さらに前述したごとく、事務所を管轄する支社などのレベルでは広域的にカメラの位置を把握しやすいとは言い難く、視覚的に画像・位置情報を認識できることが求められるようになった。

そこで図1のような地図を用いてカメラ位置にマークを付け、その位置を選択すると画像を呼び出すことができる機能を開発した。(図3)。

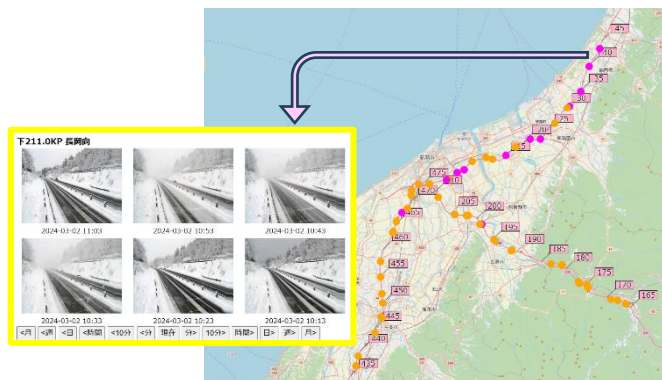


図3 気温情報と画像呼び出しイメージ

呼び出された画像は図2のソフトウェアが持っている蓄積画像検索機能を有し、その前後10分ごと6画像を表示させることができる。検索者は地図により位置関

係がわかり、確認したい現場の画像がすぐに呼び出せるようになった。

また追加の機能として、WEBカメラに標準装備されている気温計の測定情報もマークに反映させた。すなわちマーク（ドット）を5℃分割の色表示とし、広域的な気温変化傾向を視覚的にイメージできるようにした。

例えば、沿岸部より内陸部の方が気温が下がっている状況が把握できる、また状況によっては雲の動きとの連動を見いだせる可能性もある。「気温地図」情報により当該地域の簡略な気象状況変化も把握できるようにした。

3.2 気象変化に対する気づき表示

画像のAI判定により、従来の積雪判別とは異なる独自の判別基準を作成した。内容は積雪（少）・積雪（轍）・積雪（多）の3つに大別。これらは道路路面の実態に即したものであるとして勘案した。この判別機能を画像表示に適用し、積雪判定のとき、画像枠点滅・警告音を発するようにした。

同様に気温計情報を用いて、気温低下検知時に温度表示部を点滅及び警告音で、対策室に待機している当番に気づきを与えるようにした（図4）。



図4 気象の変化を気づかせるイメージ

3.3 観測項目追加による複合的判断支援

道路管理者が求めている各種パラメータの中で重視しているのが、気温データよりもむしろ路温データであることが多い。放射冷却の卓越している時は気温より路温が下がっていることがあり、特に橋梁などでの凍結スリップ事故につながることもある。

そこで、標準装備されている気温計に加えて、路面温度（路温）センサをオプションとして追加することを可能とした。さらに必要に応じて風速計・積雪深センサ等をWEBカメラのシステムに追加をすることも可能となっている。

これらの機器の設置効果が高い箇所を選定し、局所的に設置することにより、気温だけではなく複数のパラメータによる対策判断支援とすることができるようにな

る（図5）。



図5 路温データ表示例（路：路温）

3.4 移動体測定情報の表示

高速道路本線には5～10km置きに気象観測局が設置されている。主な計測項目は気温・路温（埋設が主流）・湿度・雨量・風向・風速さらに視程計測などもある。しかし、現場の必要とされる情報の1つである路面の残留塩分濃度を、定点で測定する装置で実用化されたものはほぼないのが現状である。

そこで、路面の残留塩分濃度を自動で計測する技術である車載式塩分濃度システムを搭載した巡回車の走行時データを、リアルタイムで画像を更新するWEBカメラのソフトウェアに組み込むことを試みた。

ここで、車載式塩分濃度システムの概要を示す（図6）。



図6 車載式塩分濃度システム構成

巡回車等に、車載コンピュータ（ECU）を搭載し、塩分濃度センサ（写真3）・路温センサ・気温センサ・GPS装置・車内モニタ・通信装置・画像カメラ（路面状況把握用）を組みあわせる。



写真3 濃度センサ

1秒ごと計測データは5秒おきにリアルタイム伝送され、クラウドサーバーに保存。ID/PWにて閲覧が可能となる。

濃度の測定方法は、後輪タイヤ後方に濃度センサを取り付け、湿潤路面走行時にタイヤが撥ね上げた水が計測部に付着するように調整し、付着した溶液の濃度を光学的に読み取る方式である。

データの閲覧方法としては、PC・タブレット・スマホ等よりクラウドサーバーにアクセスし、巡回中はリアルタイム閲覧ソフトウェアにて、巡回後はデータ参照ソフトウェアにて、データを確認できる（図7はデータ参照ソフトウェア）。



図7 データ参照ソフトウェア表示例

当該システムは高速道路の雪氷管理用に多くの路線に導入され、最適な剤散布のためのサポート情報として活用されている。²⁾

上述の塩分濃度システム搭載巡回車が、WEBカメラ設置地点を通過した際、そのGPS座標を元に塩分濃度及び路温データを画像枠内に表示させる方式とした。

通過データは当然過去のものになるため、表示項目としては路温・濃度に加えて、路線の上下・日時を示すことにより最終通過日時がわかるようにした（図8）。



上 02/13 09:04 路温 3.4°C 濃度 ---
下 02/13 09:28 路温 3.6°C 濃度 3.5%

図8 画像への巡回データ組込み（拡大表示）

濃度に関しては、路面が湿潤でなければデータ取得ができないため、その場合は「—」表示とする。

雪氷期は多いときには2～3時間で巡回作業が行わ

れるが、常に最新の巡回時データが表示されるようにし、現場では得られない残留塩分濃度の参考データとしての活用を目的としている。

要素項目によって得られる情報をまとめると、表1のようになる。

情報提供の取組み	表示・測定内容
1. 管内広域地図にカメラ位置表示	地図によるカメラ位置の把握
2. 気象変化に対する気づき表示	積雪アラート判定の提供、気温低下アラート
3. 観測項目追加による複合的判断支援	路温、風速、本線積雪深
4. 移動体測定情報の表示	塩分濃度及び路温(最新通過時データ)

表1 項目ごとの表示・測定内容一覧

4. 移動体画像やその他の技術との融合

4.1 パトビュー統合システムとの併用

冒頭で紹介した論文（ゆきみらい2018富山）で、定点画像（WEBカメラ）と移動体画像を融合させた冬期路面管理に有用なシステム：パトビュー統合システムを紹介した。このシステムはパトビュー（パトロール・ビュー：車内にドライブレコーダーのようにカメラを取付け、撮影した画像をリアルタイムで配信・確認するもの）とWEBカメラの画像を統合して表示するものである（図9）。



図9 パトビュー統合システムの表示(画像大は定点、画像小は時間が一定時間経過した移動体画像)

今回のモデル地域では、不可視区間の解消が相当程度図られたが、当然ここまでのWEBカメラが配備されている地域は限定される。定点画像で捉えきれない不可視区間を補う当システムの活用の方は十分あると予想され、今一度現場ヒヤリングを行い、現場の要望に応えられるシステムとしていくこととする。

4.2 車載式塩分濃度システムの測定不能箇所への対応

湿潤路面走行時の濃度測定を行う車載式塩分濃度システムを用いて、乾燥路面での残留塩分量（濃度ではない）を推定する装置を実用化し、すでに少雪地域を

中心に導入されている（図10）。³⁾

「移動体測定情報の表示」にて、濃度表示が可能となったが、乾燥路面での残留塩分量についての情報も付加できるシステムの開発により、現場に必要な情報を提供するシステムとしていくことを検討する。

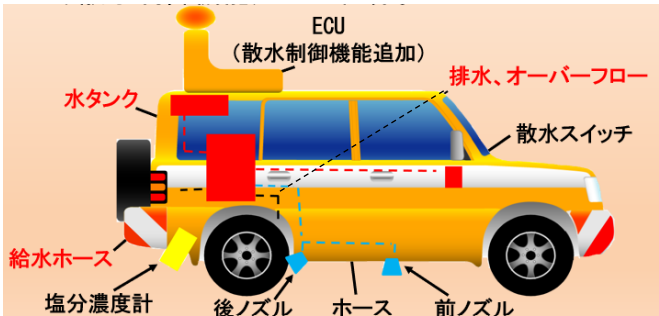


図10 乾燥路面測定機能システム構成

5. まとめ

WEBカメラ網を基軸とした新しい雪氷情報を提供するシステム開発について4つの要素にわたり紹介した。

雪氷作業は大きくは3つに分類できる。すなわち除雪、融雪、剤散布である。これらは時代の流れの中で様々な技術が開発されてきたとはいえ、不変の作業である。今回紹介した要素は、これらの作業をいかに的確かつ最適に現場が行えることができるかを少しでもサポートすることに、なによりも主眼を置いている。

昨今、雪氷対策作業に携わる作業員の高齢化・引退及び若者の担い手減少による人手不足・技術未伝承、設備の老朽化や剤単価等の高騰による維持コストの問題、さらに人口減少に起因する様々な課題など、雪氷対策を取り巻く環境も厳しさを増していくことが予想される。

今回紹介した技術・システムの活用が課題解決の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土橋 博文、斉藤 直哉、酢谷 浩、徳永 透：定点画像と移動体画像の融合活用による冬期路面管理に有効なシステム開発について、ゆきみらい2018富山 第30回研究発表会論文集
- 2) 酢谷 浩、阿部 公一、氏原 安美、内川 真：濃度管理図を用いた凍結防止剤の追加散布手法の試行、日本雪工学会誌 2016-10 技術報告
- 3) 酢谷 浩、三上 尚人、山田 健雄、徳永 透：凍結防止剤の濃度を連続測定する技術・装置を用いた乾燥路面における残留塩分量測定機器の開発・実用化試行、ゆきみらい2022白山 第33回研究発表会論文集