

冬季除雪支援におけるレーダ技術の活用に関する一考察 Xバンドレーダによる雪検知性能と活用案について

今長信浩※1、齋藤清志※1、大手 方如※2、石井洋輔※1、片岡正次郎※1

1. はじめに

冬季における適切な道路交通の確保は道路管理者にとって大きな課題と言える。近年、道路交通は人、物の輸送の大部分を占めている。また、高速自動車国道等の整備により物流車輛等の長距離トリップも日常茶飯事になっている。この様な状況は、人々の暮らしを便利で豊かにしている反面、大雪等における交通障害が発生した場合、社会経済活動に凶りしれない被害を与える場合がある。

一方、近年における降雪状況を見ると、絶対的な降雪量は減少傾向にあるものの、局所的且つ短時間に大量の降雪が発生、それにより各地で交通障害が発生している。特に、大型車による交通障害は車輛移動が困難なためそれが引き金となって多数の車輛が長時間、道路上で走行不能となる状況も発生している。図-1は2014年2月に発生した南岸低気圧に伴う関東、北陸エリアの降雪状況を示したものである。新潟県高田付近で大量の降雪が発生しているが、周辺エリアでの降雪は限定された量に留まっている。また、この様な積雪は定常的に降雪が発生するエリアに留まらず、四国や九州など、定常的に積雪が発生しないエリアでも発生している。写真-1は四国地方整備局管内における積雪による交通障害発生状況である。



写真-1 国道192号の降雪状況
(四国地整HPより)

この様な状況を踏まえ、国土交通省では、「異例の降雪を想定したタイムライン（防災行動計画）」を平成26年12月に策定した。この行動計画を有効にするためには、降雪状況を適切に把握するための技術が必要になる。

除雪を行う際に必要となる情報は、「いつ」、「どこで」、「どの程度（量）」の雪が「どの程度降り続くか」等に関する情報である。これらの情報は気象（予測）データ、雨量計、積雪深計、CCTV等各種センサから入手することができ、それらを道路管理者が総合的に判断し、除雪を行っている。

近年、国土交通省では、集中豪雨等を把握すべくXバンドレーダ雨量計（以下、Xバンドレーダと記す）の整備を

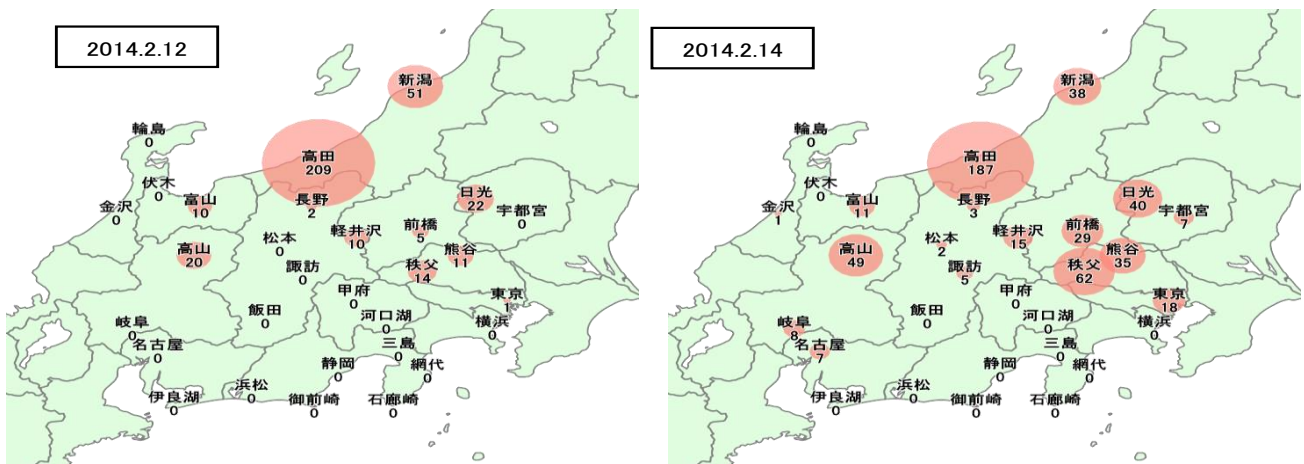


図-1 2014年2月12~14日の降雪状況（単位：cm）

進めている。このXバンドレーダから得られる情報を降雪把握に適用する事が可能であれば、除雪行動の適切化に寄与する可能性がある。本報告は、Xバンドレーダによる降雪把握可能性及び降雪時における除雪行動への反映形態について述べる。

2. Xバンドレーダの概要

Xバンドレーダは、マイクロ波（9.7GHz 帯）を利用したレーダである。250m メッシュで降雨データが取得可能であり更新頻度は1分、検出可能距離は60 km～80 kmである。全国の主要都市部を中心に39基が整備されている。

高い精度で降雨位置・量が把握可能であること、雨滴（あるいは雪・氷）の移動速度が把握出来る事等の特徴を有している。なお、冬季における降雨量については、地表面の融解層データが0度以下になった場合、降雪と判断し補正を行った上で算出している。また、データの合成、蓄積を行う合成処理局で過去の降雨データの記録機能も保有している。写真-2にXバンドレーダの外形を、図-2に表示画面例を示す。



写真-2 Xバンドレーダ外形

3. Xバンドレーダによる雪検出性能の検証

Xバンドレーダは本来、集中豪雨を観測するために整

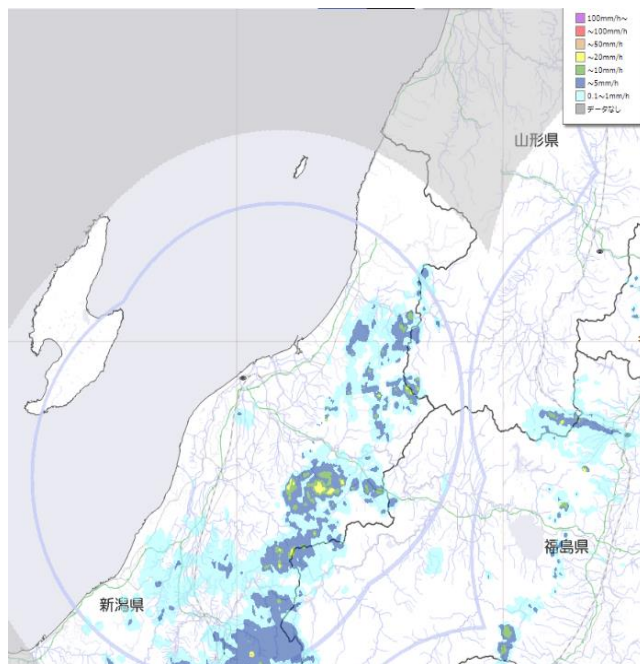


図-2 Xバンドレーダ表示例

備されたものである。そのため、一種の積雪深計の一部として活用するには、降雪の有無とその量が把握可能であるかの検証が必要になる。そこで2016年1月24日～25日にかけて発生した新潟県長岡市における大雪による交通障害発生時におけるXバンドレーダで取得した降雨データと気象庁が保有する近傍地点における降雪及び雨量データを比較することにより検討を行った。その結果、図-3に示す様に降雪有無の検知は、気象庁データとXバンドレーダは一部に乖離が見られるものの、ほぼ一致していた。一方、降雨（雪）量については、乖離が生じている時間帯が散見され大きな差が生じているものもある。そのため、降雪有無の把握には、活用可能性を有しているが、正確な降雨（雪）量を把握するには、何らかの補正技

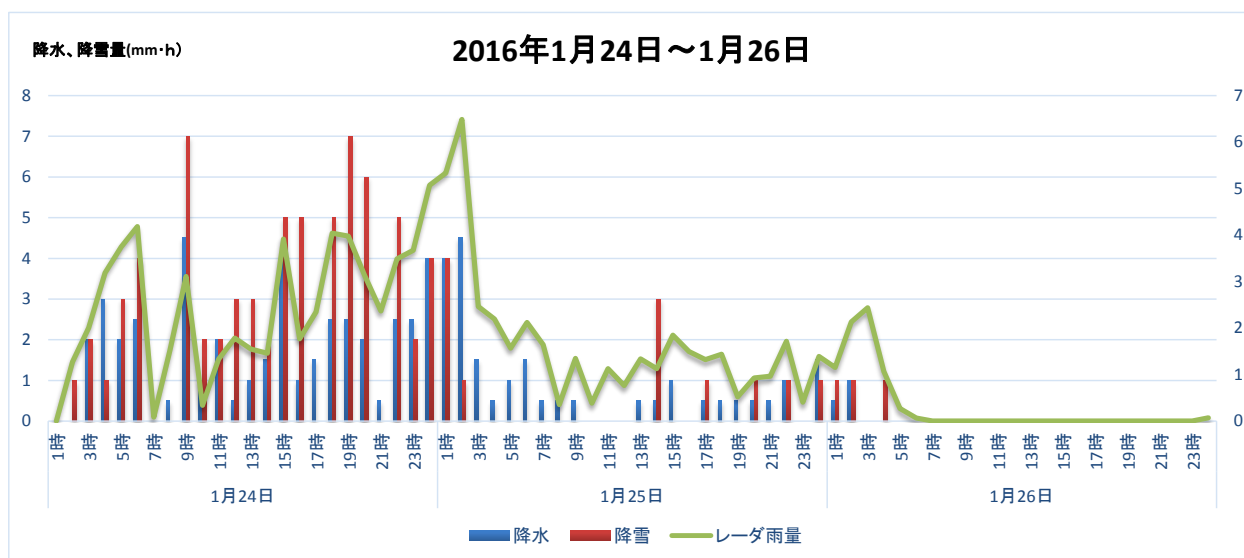


図-3 Xバンドレーダと気象庁降水量データの比較

術の併用等が必要であると想定される。今後、国交省が整備している降雨把握用Cバンドレーダにおける降雨量把握補正法であるダイナミックウインドウ法等の活用や、テレメータやCCTV等から得られる情報の組み合わせ活用について検討を行う予定である。

4. 除雪行動における各種センサとXバンドレーダ情報の活用案

Xバンドレーダの特徴はレーダを中心として60km~80kmの範囲における雨滴の分布とその強弱、雨滴の移動方向、速度が検出可能である。反面、レーダ単体での降雨(雪)量の把握については、正確とは言い難い。一方、国土交通省では、表-1に示す降雪等を把握する様々なセンサを有している。また近年、走行中の車両速度等を把握可能なプローブ情報も利用可能になりつつある。現在、整

備されているセンサの多くは直接的に降雪や路面の状態を把握するものである。CCTVは目視可能時間帯や範囲の制約を有する。また、融雪機能付きテレメータ、路面温度計、路面センサはいずれも降雪によって発生する路面変化情報を把握し、その情報から降雪状況の判断に活用するものである。適用可能時間帯には制約が無いが、情報収集範囲は極めて狭い範囲(点)に限られる。プローブ情報は線での情報収集は可能であるが常時性は有していない。一方、Xバンドレーダ情報は、広範囲を面的に常時観測できるが、精度に問題があるため、他センサの情報を適切に組み合わせる事により冬季除雪行動への効果的な活用が可能と想定される。

また、活用タイミングについては除雪作業の流れ(除雪に従事する要員の確保→資機材の準備→除雪作業)を考慮する必要がある。表-2は、除雪に必要な行動内容と

表-1 降雪把握に活用可能なセンサとその特徴

センサ	概要	適用時間帯	情報収集範囲	特徴	履歴保有機能
CCTV	・カメラにより道路状況を把握する。	・可視光時間帯(ただし、専用照明設置箇所や赤外線カメラの場合は常時)	・設置箇所を中心に十数メートル	・目視に近い状態で降雪状況が収集可能。映像の判断にはばらつきが発生する可能性がある。画像処理機能の併用により降雪判断も可能。	有
融雪機能付きテレメータ	・降雪を降雨量に換算し把握する。	・常時	・設置ポイント	・地点における降雨量が把握可能。	有
路面温度計	・赤外線センサなどにより路面の温度を把握する。	・常時	・設置ポイント	・路面温度から路面の状態が推定可能。	有
積雪深計	・超音波や光の反射により積雪深を把握する。	・常時	・設置ポイント	・積雪深さが把握可能。	
路面センサ	・路温や路面画像などから路面の状態を判断する。	・常時	・設置ポイント	・各種のセンサから路面の状態が把握可能。	有
レーダ	・雲の状況から一定範囲の気象状態を把握する。	・常時	・レーダ中心から一定範囲(Xバンドレーダでは約60km~80kmの範囲)	・雲の分布状況から降雪範囲、降雪強度が推定可能。	有
道路パトロール	・目視により路面状態、車両走行状態等を判断する。	・常時	・視界の範囲	・パトロール要員からの目視情報により降雪状況、路面状態等が把握可能。判断によるためばらつきが発生する可能性がある。	無
プローブ情報	・車両の走行速度等を把握する。	・常時	・路線全線	・車両の走行速度から路線の走り易さを推測可能。情報の把握にタイムラグが発生する。	有

時間	降雪3日前~降雪1日前	降雪1日前~除雪行動開始まで	除雪行動開始後
行動	・体制構築(除雪人員確保等)	・資機材準備、除雪計画(細部)策定	・除雪車運用 ・道路利用者に対する情報提供 ・除雪体制の継続判断等
活用情報、センサ	・気象庁天気予報情報(週間)等	・気象庁天気予報情報 ・レーダ情報(雲移動の変化)	・気象庁天気予報情報 ・CCTV ・テレメータ情報 ・路面温度計 ・気象センサ ・道路パトロール ・プローブ情報 ・レーダ情報

概要、単独情報から、詳細、複数情報の活用

各時点で必要となるセンサの例について示したものである。Xバンドレーダ情報は、常時性と一定範囲の情報が取得可能である事、過去の履歴と現状を比較可能な事等の特徴から、除雪行動開始1日前～除雪行動開始後の各場面での活用可能性がある。

5. Xバンドレーダ情報の冬季道路管理における活用可能性

前述の如く、Xバンドレーダは除雪行動への活用可能性を有している。一方、冬季道路管理は、除雪のみではなくドライバーに対して走行時における補助となる情報を提供することも有用である。ここでは、現場を管理する国道事務所の意見を踏まえ、Xバンドレーダから得られる情報の道路管理及びドライバーへの情報提供について具体的な活用イメージ例を示す。なお、記載内容はあくまでもイメージであり、現時点で実際の活用、情報提供等が行われているものではない。

(1) 除雪開始タイミングの判断

除雪の実施は、路面が一定の積雪深さ(車輛の走行に支障を与える可能性がある深さ)になる前に開始する。これら情報は、従来型センサである積雪深計やCCTVからの目視情報によって判断されていたが、いずれも局所的であった。一方、Xバンドレーダは降雨(雪)位置とその強度(相対比較)を一定の範囲で把握可能であり、既存センサと組み合わせる事により、除雪開始タイミングや優先除雪箇所の判断に活用可能性がある。

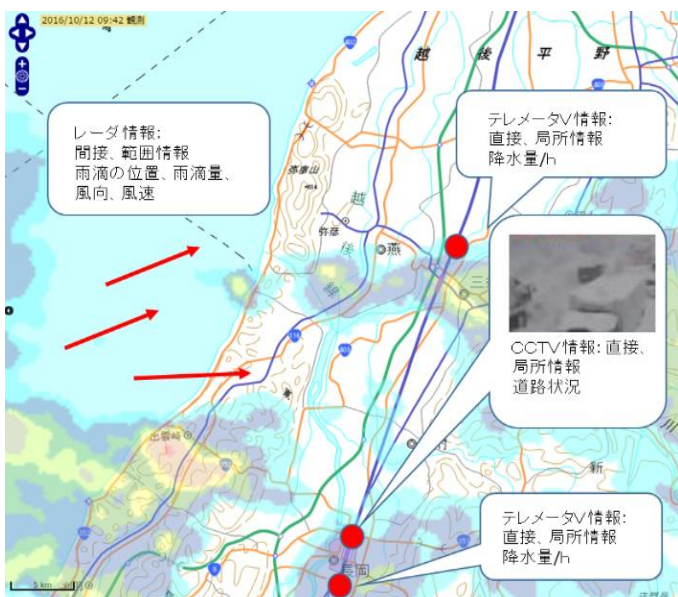


図-4 センサの組み合わせ活用イメージ

※1 国土交通省国土技術政策総合研究所

(2) 地吹雪の把握と情報提供

Xバンドレーダは、ドップラーレーダであり、複数の基地局情報により雪の移動速度と方向も把握可能である。冬季において道路利用者の走行安全性に大きな影響を与える項目の一つとして降雪時或いは積雪している雪が風によりが舞う地吹雪がある。これは、しばしば視程障害を伴う。Xバンドレーダから得られる風向、風速、降雪情報を組み合わせれば、地吹雪発生有無を検出する事で冬季道路交通の安全性向上に寄与する可能性を有している。図-5は地吹雪の発生表示イメージである。

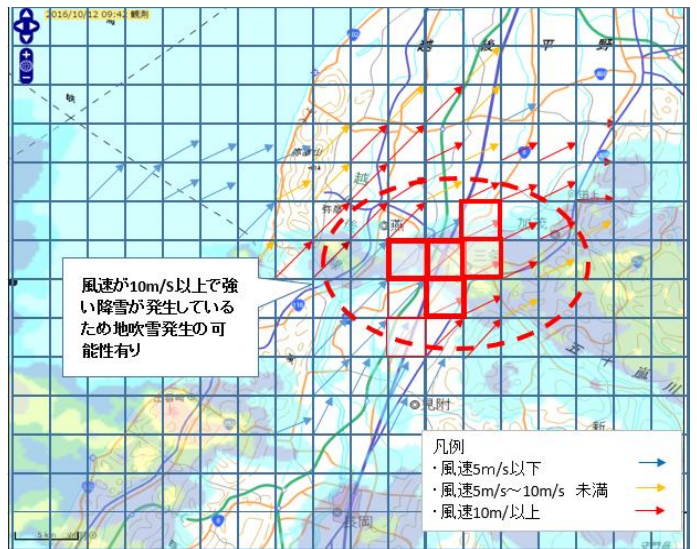


図-5 地吹雪発生表示イメージ

(3) 降雪履歴情報の活用

Xバンドレーダ合成処理局WEB装置では、過去の降雪位置・量に関する情報が蓄積され、過去30日間についてはリアルタイムに表示可能である。この情報を活用する事により一連の降雪において、事務所管内或いは隣接事務所管内の降雪履歴が迅速に把握可能となり、積雪量の多い箇所に対する除雪機材の支援運用、降雪に伴う道路施設被害発生の把握等への活用可能性がある。

6. おわりに

冬季における道路管理、特に除雪を適切に実施し良好な道路交通の確保を行う事は、道路管理者の責務である。Xバンドレーダは広範囲に降雪状況を把握する可能性を有しているといった従来のセンサには無い特徴を有している。これを従来のセンサを適切に組み合わせ冬季除雪行動に運用する手法、取得情報の提供方法等についてさらなる検討を進める予定である。

※2 国土交通省関東地方整備局企画部