

降雪期における新たな気象予測の開発と活用 ～高精度な降雪予報と除雪作業最適化～

秋本 哲朗*1 手柴 充博 植木 綾乃*2

1. はじめに

1-1. 研究の背景

東日本高速道路(株)(以下、NEXCO東日本)が管理する高速道路(約3,900km)の6割にあたる約2,500kmは、積雪深が1m以上の豪雪地帯を通過するため、「雪氷対策」は、NEXCO東日本の重要な業務の一つとして位置づけられ、冬期においても安全・安心・快適・便利な高速道路サービスを提供できるよう、冬期の厳しい環境の中、24時間体制で雪氷対策作業を実施している。

近年の少子高齢化及び労働人口減少に伴い、作業に携わる熟練技能者の高齢化や作業員不足が懸念されている。このため、NEXCO東日本では、飛躍的に技術革新が進むAI技術を活用することにより、雪氷対策作業の判断支援の熟練した作業指示者でなくても均質な作業指示を行うことができるよう、技術開発を進めている。本稿では、これらの取組みのうち、当社新潟支社管内において冬期に大雪をもたらす日本海寒帯気団収束帯(Japan sea Polar air mass Convergence Zone、以下JPCZ)と呼ばれる気象現象の予測の高精度化、及びそれによる作業体制の判断支援に関する取組みについて紹介する。

NEXCO東日本と(株)ウェザーニューズ(以下、WNI)は2019年6月より、「降雪期における高精度な気象予測技術の開発」と題した共同研究を実施している。この共同研究では加えて、米国オクラホマ大学(The University of Oklahoma、以下OU)の知見も加えた研究開発を行っている。OUは古くから『気象学研究の頂点』として知られ、最先端の気象技術開発を大学・米国気象庁・民間企業が産官学連携しながら行っている、世界的に類をみない研究開発組織である(写真1)。WNI



写真1 OU敷地内に設置されているNational Weather Center

はその民間企業の一員として設立当初から様々な共同研究を継続している。

1-2. 対象とする地域とその気象学的特徴

NEXCO東日本新潟支社は、北陸自動車道(朝日IC～新潟中央JCT;約194.2km)、上信越自動車道(信濃町IC～上越JCT;約37.5km)、関越自動車道(水上IC～長岡JCT;約105.1km)、日本海東北自動車道(新潟中央JCT～荒川胎内IC;約46.6km)、磐越自動車道(津川IC～新潟中央JCT;約46.5km)の計429.9kmを管理しており、その全区間が豪雪地帯となっている。そのため、冬期においては雪に起因する通行止めが数多く発生し、道路管理における課題となっている。

大雪をもたらす要因は冬型の気圧配置に伴って広範囲に筋状の雲を形成するものと、JPCZと呼ばれるものがある。JPCZは、冬期における寒気の吹き出しの強まりと、日本海上での暖かい海流(対馬海流)により、雪雲が発達しかつ、風の収束帯が形成されて雪雲がより発達する(図1)。さらに、①日本海上の観測データが乏しく雪雲の発達が捉えにくく、②雪雲が局所的に発達するため、既存の気象予測モデルでは予測が困難である。JPCZに起因する風の収束帯の位置は、寒気の吹き出しの強さや海面水温の高さ、沿岸の風の強さ等の気象条件によって変化し、結果として、発達した雪雲が流れ込むエリアは、新潟県から福井県の日本海沿岸地域で様々である。WNIでは、2016年1月～2018年2月における北陸自動車道(朝日

気象衛星ひまわり8号の赤外画像
2018年1月24日8時20分

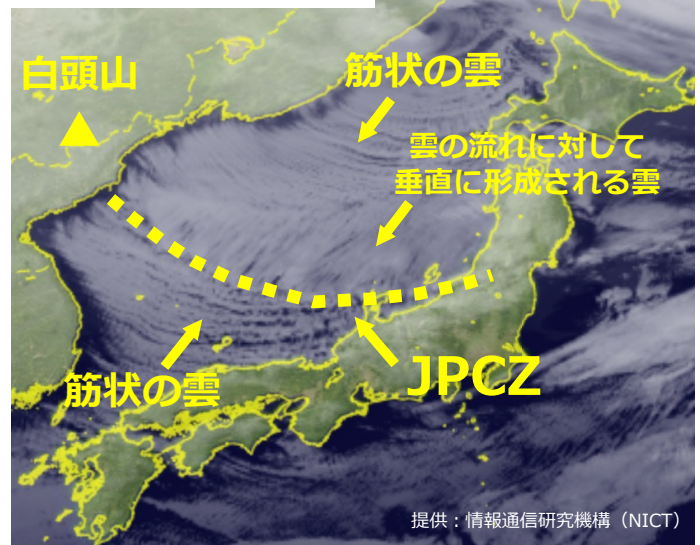
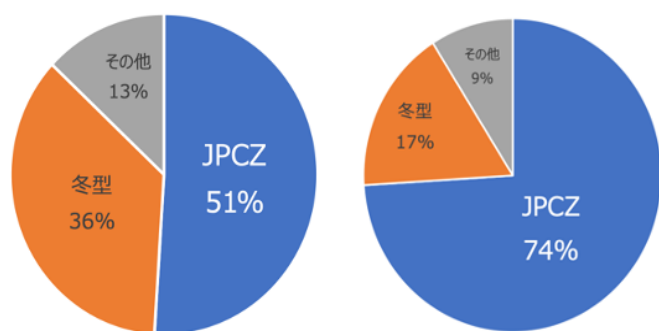


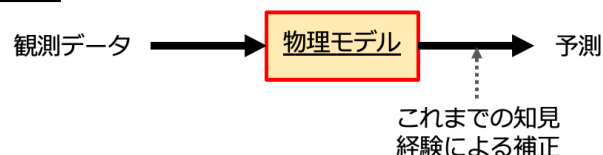
図1 冬期日本海上で発生するJPCZの雲分布の特徴



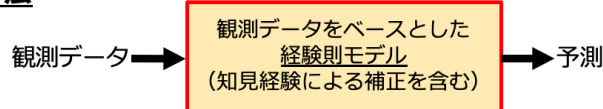
右：時間2cm以上の雪をもたらす気圧配置
左：時間5cm以上の雪をもたらす気圧配置
(2016年1月～2018年2月)

図2 対象区間における降雪要因

従来手法



本手法



* 経験則モデルは、対象ごとにモデル化し構築する。

図3 従来手法と本手法の特徴

IC～三条燕IC)における降雪発生要因の調査を行った(図2)。その結果、時間2cm以上の降雪のうちの51%、時間5cm以上をもたらす大雪のうちの74%について、その要因はJPCZであり、JPCZに伴う降雪を事前に予測することで、除雪作業の最適化が可能となる。また、JPCZによる強い降雪が発生する区間が事前に予測できていれば、その区間に除雪体制を集中させることにより道路機能の低下を抑えることができ、通行止め時間の削減に貢献できる。このことから、従来の気象予測に加えてJPCZの発生をリアルタイムに検知し、高速道路本線への降雪をもたらす数時間前に降雪量・降雪区間を予測する新たな手法を開発し、除雪作業の判断支援を行うことが本共同研究の目的である。なお、本共同研究の研究対象区間は、北陸自動車道の朝日IC～三条燕ICとした。

2. 降雪予測システムの特徴

本共同研究で開発した手法は、従来の気象予測手法とは異なる考え方をもち、適用できる気象現象や地域を特化させることで精度向上を図るものである(図3)。

従来の予測手法は、地球を格子状に分割し、格子点ごとの気

圧、気温、風などの気象予測値を時間積分し求めている。通常用いる気象予測の一つである、気象庁の数値予報モデルは、1日8回(3時間毎)の更新である他、広範囲かつ長期間の降雪予測を構築できる。しかし、格子ごとの計算に時間を要し、予測をリアルタイムに更新することが難しい。現状、除雪作業の判断を行う際には、雪の降り始めや降り終わり、雪の強まり等の変化を逐一把握し、作業に反映させるため、従来の気象予測では対応できない。このため本共同研究で開発した降雪予測手法は、除雪作業の判断支援に特化し、観測データの更新時間に合わせて随時更新される、リアルタイム予測システムである。除雪作業の判断支援のためには、予測期間の長さよりも更新頻度を重視し、今後数時間先の降雪状況がどう推移するかを把握することが主な特徴である。詳細な両予測モデルの特徴や違いは、表1にまとめている。なお、本共同研究で使用している観測網は、気象衛星ひまわり8号、WNI所有衛星(WNISAT)、気象庁C帯気象レーダー、WNI所有X帯気象レーダー(WITHレーダー)、NEXCO東日本及びWNI所有地上観測である(図4)。

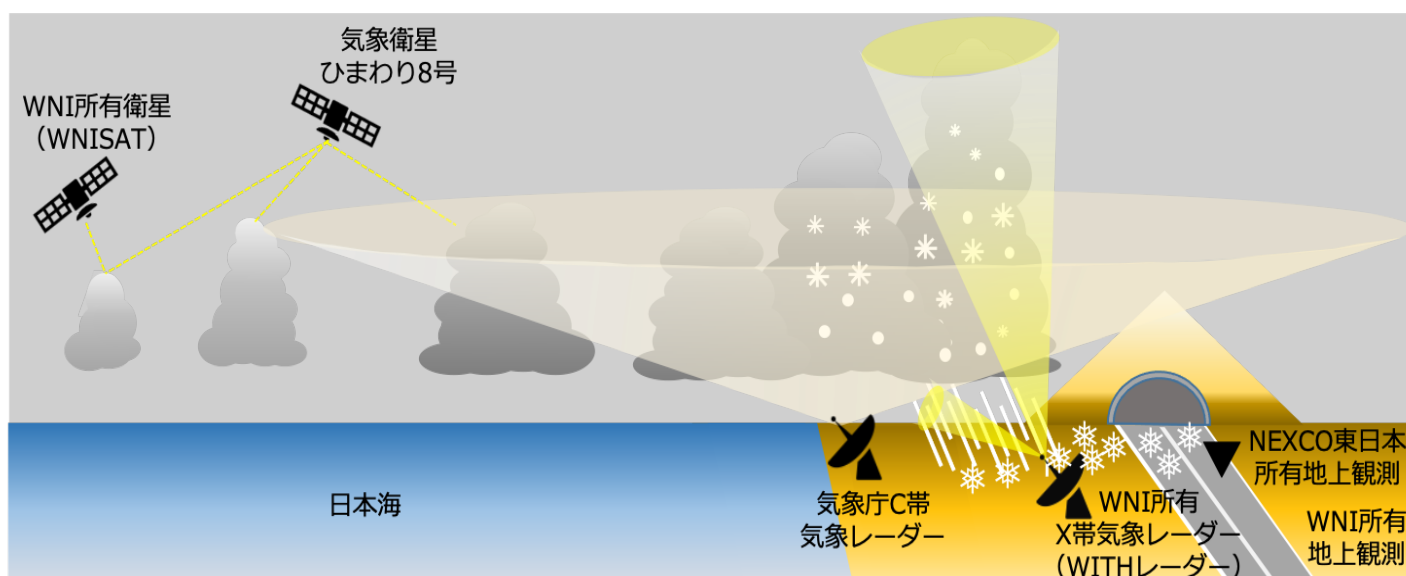


図4 本共同研究で使用する観測網

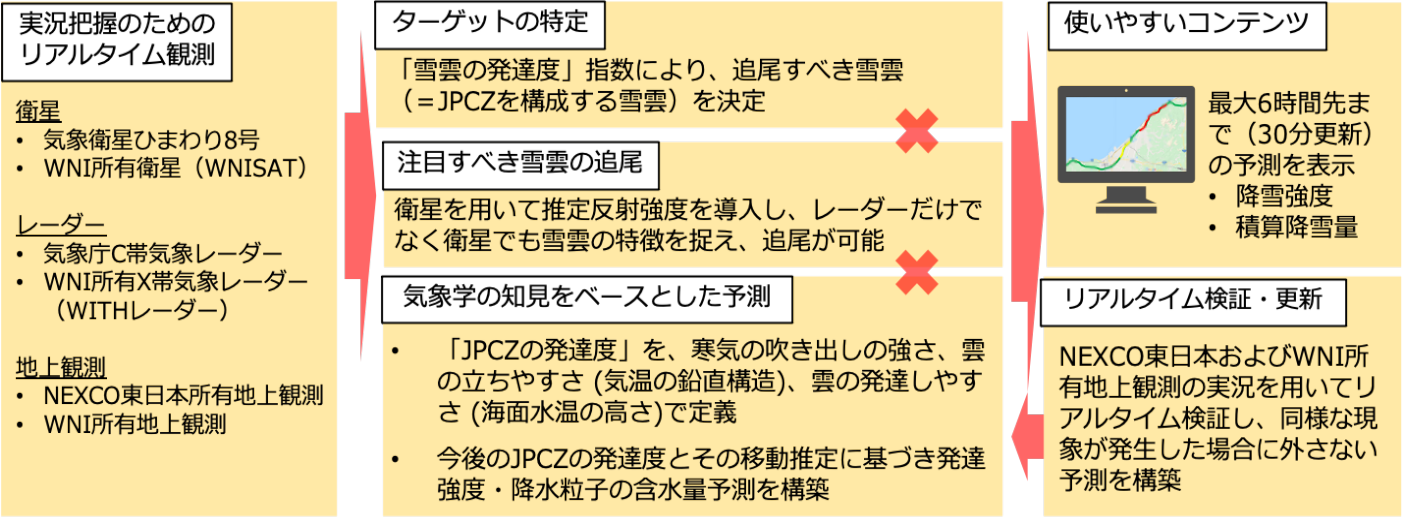


図5 降雪予測システムの概要

開発中の降雪予測システムについては、図5に示す通り、観測データによるリアルタイムの実況把握及びJPCZの概念モデルに基づく予測である。まず、発達する雪雲を検知し、その雪雲の自動追尾を行い、最長6時間先の降雪予測を構築する。この中で、発達する雪雲の検知については、気象衛星ひまわり8号の全チャンネルデータの特徴抽出をベースとした「雪雲の発達度」指数を定義し、追尾すべき雪雲を選定する。この雪雲の発達度により重要度を決定した上で、自動で追尾する他、寒気の吹き出しの強さ、雲の発達のしやすさ等を加味し、今後のJPCZ及び雪雲の発達度を予測する。詳細な両予測モデルの特徴や違い、課題について表1にまとめている。

3. 今後の降雪予測システム

令和二年度の試行システムでは、JPCZに伴う豪雪を対象としてアルゴリズムを最適化し、実験を行った。引き続き、令和三年度の試行システムでは、JPCZに伴う豪雪予測に加え通常の冬型の気圧配置による降雪についても対象とし、日々の除雪作業判断に利用できるアルゴリズムとすべく、検証・評価を行っていく予定である。参考として、令和二年度における試行システムにおいては、6時間先までの降雪予測を一元的に把

握できるコンテンツを構築した。このコンテンツの特徴として、予測区間(北陸自動車道・朝日IC～三条燕IC)に対し、1km毎に予測を構築し、6時間先までの時間降雪量(cm/h)及びその変化量、それらをベースに作業内容に応じてインデックス化した降雪ランク(「通常範囲」・「注意範囲」・「警戒範囲」)を設けて表示を行った。なお、この降雪ランクについては、IC間の距離等に応じて除雪作業が追い付く時間降雪量が異なってくることから、現地でリアルタイムに表示閾値を変更できる仕様となっている。各事務所で試行運用を実施し、コンテンツの操作性・利便性の観点でのフィードバックを受けており、令和三年度の実地試験に向けて順次コンテンツの改良を進める。

4. おわりに

今回構築を進めている気象予測モデルについては、引き続き精度検証及びアルゴリズムの高度化を進め、この地域における道路網維持のための必要な情報となるべく、開発を継続していきたい。また、JPCZの影響を受ける場所は新潟地方に限らないため、精度検証ののち他地域への展開を進め、地域の安心・安全に貢献していきたいと考えている。

NEXCO東日本では気象予測、凍結防止、除雪、視程障害

表1 従来予測手法と本手法の特徴と課題

	特徴	課題
従来の予測手法	地球大気、海面、陸上を格子状に分割し、物理法則に基づく数値モデルを利用するため、 - 観測が少ない日本海上でも予測を組み立てることができる - 広範囲（例えば新潟県全域）・長期（1日先・1週間先等）の降雪予測を構築できる	- 格子ごとに気象要素の時間変化を計算するため、予測を要し、日本周辺を計算領域とする気象庁のメソモデルは、1日8回（3時間毎）と低頻度である - 雪の降り始めや降り終わり、雪の強まり等の変化を逐一把握するのが難しい
本研究の予測手法	- 直近の雲の動き（面的に情報を捉える）に重みを置き、6時間先を予測する - 観測を補完するためのパラメータ推定実験を前もって行い、予測構築に必要な時間を大幅に短縮する - 過去に同様の現象が起こったかどうかは問わない	除雪作業の判断で必要となる、降雪のタイミングやその強度の変化をリアルタイムで把握するために、時間的・空間的に幅広く観測網を斉、必要に応じて観測網を追加する必要がある

対策、構造物の凍害や劣化など、雪氷対策に関連する分野の研究開発に力をいれており、気象条件や路面状況の情報から実施が必要となる雪氷対策作業をAIにより判断させる技術や、準天頂衛星による高精度の位置情報を活用した除雪車運転支援システムなど、雪氷作業の高度化・省人化の研究開発の取組みを行っている。また、雪氷対策に関連する分野だけでなく、国内外の既往技術の活用・応用や自社開発技術の機能向上、ローコスト化を図るとともに、IoT、ビッグデータ分析、ロボット技術などの先端技術を活用する新たな領域の研究開発にも積極的に取り組んでいく計画である。

《参考文献》

- 1) Palmer, R., and Coauthors, 2009: Weather radar education at the University of Oklahoma—An integrated interdisciplinary approach. Bull. Amer. Meteor. Soc., 90, 1277–1282.
- 2) Eito, H, M. Murakami, C. Muroi, T. Kato, S. Hayashi, H. Kuroiwa, and M. Yoshizaki, 2010: The structure and formation mechanism of transversal cloud bands associated with Japan–Sea Polar–Airmass Convergence Zone, J. Meteor. Soc. Japan, 88, 625–648
- 3) 平成28年1月集中豪雪の検証・対策検討会事務局。国土交通省北陸地方整備局、2016-03-08
https://www.hrr.mlit.go.jp/chokoku/file/content/file/160308_haihu1.pdf
- 4) ひまわり8号リアルタイムWeb。情報通信研究機構 (NICT)。
<https://himawari8.nict.go.jp/ja/himawari8-image.htm>

i 豪雪が道路管理に与える影響事例として 2016年 1月24～ 25日に、日本上空には非常に強い寒気が流れ込んだ例がある。この事例において、新潟県見附市・長岡市周辺では断続的に強い雪雲が流れ込み、長岡市の長岡観測所で24日に最大日降雪量 69cm、25日に最大積雪深 95cmを記録した(気象庁調べ)。この大雪の影響を受け、北陸自動車道は全線で通行止めとなり、中越地域の通行止め時間は 24 時間以上(長岡IC ～中之島見附 IC間(上り)で約33時間、長岡IC～三条燕IC間(下り)で約36時間、柏崎IC～長岡JCT間(上り下り)では約38 時間)に及んだ。