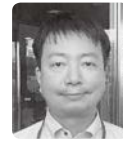


吹きだまり危険度予測方法の開発と検証



藤原 忠誠*1



中村 大輔*2



神谷 弘志*3

Development and verification of snowdrift risk prediction method

Chusei FUJIWARA*1, Daisuke NAKAMURA*2, and Hiroshi KAMIYA*3

*1 Sub-Chief Researcher, Disaster Prevention Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

*2 Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

*3 Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

Abstract

The rapid occurrence of snowdrifts on the tracks not only interferes with the train operations, but can also cause trains to derail. In order to determine the impact of snowdrifts on train operations and the necessity of snow removal, it is necessary to grasp the degree of danger of snowdrifts in advance. Therefore, in this study, we developed a method to predict the risk of snowdrifts from data distributed by the Japan Meteorological Agency. Using the developed method, we verified it in winter test operation and confirmed that a situation with a high risk of snowdrifts can be captured.

●**Keywords:** Snowdrift, Risk, Prediction

*1 JR東日本研究開発センター 防災研究所 副主幹研究員

*2 JR東日本研究開発センター 防災研究所 主幹研究員 (現 本社イノベーション本部(出向))

*3 JR東日本研究開発センター 防災研究所 主幹研究員

1. 緒言

積雪時に強い風が吹くと、風により雪が運ばれ、雪が堆積し吹きだまりが形成されることがある。線路内に吹きだまりが急速に形成されると(図1)、列車の走行に支障をきたすことがある。2013年3月には、吹きだまりが原因で、秋田新幹線こまち号が脱線した¹⁾(以下、こまち脱線と呼ぶ)。吹きだまりに対する列車運行の安全性・安定性を高めるには、吹きだまりの危険度を事前に把握する必要がある。そこで、(国研)防災科学技術研究所と共同で、吹きだまり危険度予測方法の開発に取り組んできた。開発の流れとしては、まず気象情報から吹きだまり危険度を推定する方法を検討し、次に検討した推定方法に気象予測情報を適用した場合の予測性能の検証を行った。

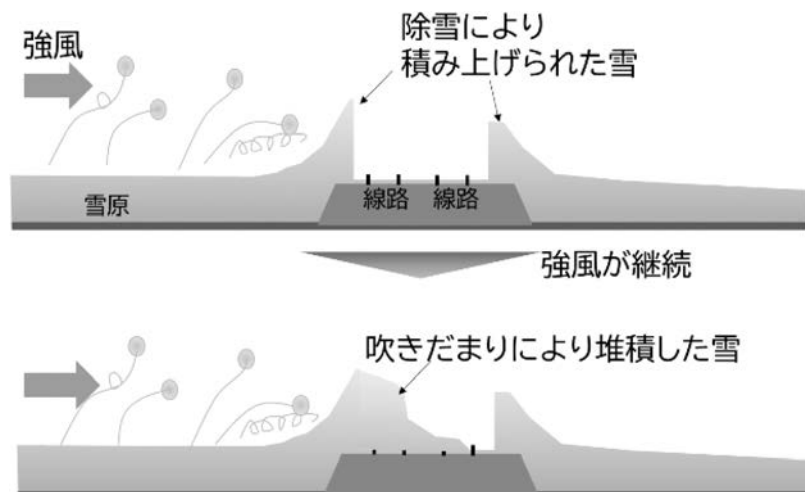


図1 線路内での吹きだまり発生の様式図

2. 吹きだまり量の推定式

気象情報から吹きだまりの危険度を推定するため、吹きだまりの発生が多い北海道を対象として開発された吹きだまり量の推定式の活用を検討した。この推定式は、(国研)防災科学技術研究所が開発したもの²⁾で、地上の風速、気温から、図2に示す吹きだまり量推定式((1)式)によって、吹きだまり量が算出される。

この推定式で算出される吹きだまり量は、防雪柵の風上側などにおいて吹きだまりによって増加する積雪の深さを示すものである(図2)。線路内では、図1のように除雪で線路脇の積み上げられた雪(側雪)が高くなった状態で、強風によって線路外から運ばれた雪が堆積することで吹きだまりが発生する。側雪が高くなると吹きだまり量が大きくなることが考えられるが、推定式では、この側雪の影響を考慮していないため、線路内の吹きだまり量を直接推定していないことになる。しかし、推定式で算出される吹きだまり量の推定値の大小によって、列車運行に影響を与える線路内の吹きだまり発生規模の強弱の目安となると考えられることから、第4章で列車運行に対する吹きだまり危険度を推定する方法を検討した。

$$\text{吹きだまり量推定式 } D = 0.006371U^{3.1} \quad (1)$$

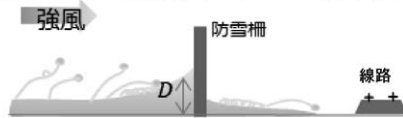


図2 吹きだまり量のイメージと推定式(風速U(m/s)、気温T(°C)、吹きだまり量D(cm/h))

3. 現地観測による吹きだまり量の推定式の検証と改良

北海道を対象とした吹きだまり量の推定式が、こまち脱線が発生した秋田地域で活用可能かを検証するために、風速や気温などの気象観測と吹きだまり量の現地観測を、こまち脱線現場近傍の雪原で実施した(図3左)。図3(右)に風速と吹きだまり量の関係を示す。なお、点が観測されたデータ、実線が吹きだまり量の推定式((1)式)により算出された値である。これをみると、観測された吹きだまり量は、推定式と概ね一致していることが分かった。一方、風速が強くても比較的気温が高い時に、吹きだまり量が多くなる場合もあることが分かった。そこで、図3右に示すように、気温に応じた吹きだまり量の推定式に改良した。

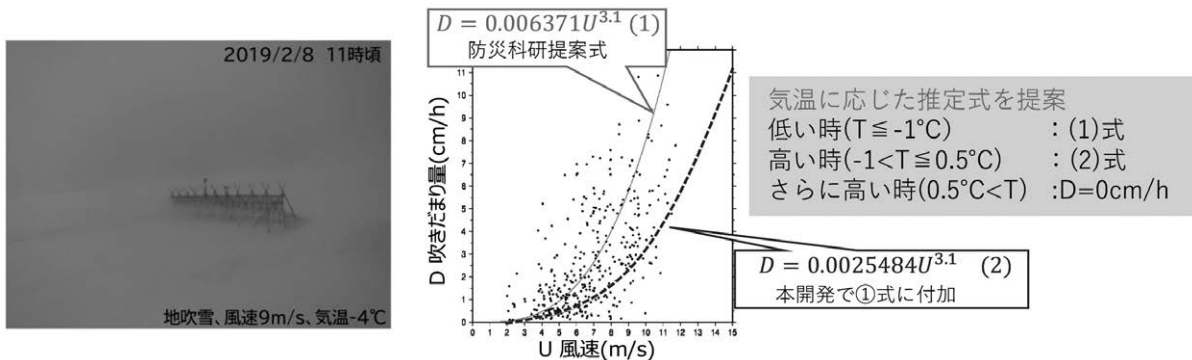


図3 現地観測(左)と風速と吹きだまり量の関係と吹きだまり量の推定式の改良(右)

4. 吹きだまり危険度推定方法の検討と予測性能の検証

列車運行に対する吹きだまり危険度の判定基準を検討するため、こまち脱線時の気象状況から推定される吹きだまり量と列車の運転状況の関係を解析した。吹きだまりが時間的に継続すると、線路内に雪が堆積し、列車運行への危険度が高まると考えられる。そのため、吹きだまり危険度は、時間積算した吹きだまり量を検討した。

こまち脱線現場から最寄りのアメダス地点(大曲)で観測された風速と気温から推定した3時間積算吹きだまり量の時間変化を、図4に示す。これによると、こまち脱線の約2時間前から先行列車で、車体の下などの雪をこすることにより速度低下が発生していた。その時間帯では、3時間積算吹きだまり量は、急激に増加し25cmを超えていた。1時間、2時間、3時間それぞれの積算吹き

だまり量が大きくなる時間と先行列車で速度低下が確認された時間を調査した結果、3時間が最も相関が高いことが分かった。これらの結果から、吹きだまりの危険度指標を3時間積算吹きだまり量で25cmとすることとした。

次に、吹きだまり危険度を推定する方法に、気象予測情報を適用した場合の予測性能を検証した。気象庁が3時間ごとに配信する39時間先までの気象予測情報(MSM)の風速及び気温の予測値を用いて、吹きだまり量を予測した結果を、図4に示す。なお、予測値は、こまち脱線発生約1日前に配信されたデータを用いて算出した。これによると、予測値もこまち脱線発生前に3時間積算吹きだまり量が25cmを超えており、発生1日前から吹きだまりによる危険度が高い状況を予測できることが分かった。

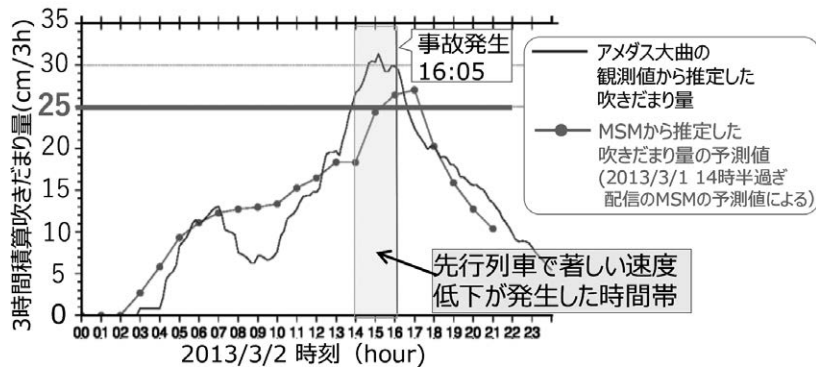


図4 アメダス大曲の観測値から推定した吹きだまり量とMSM (2013年3月1日14時半発表) から推定した予測値

5. 冬季試験運用の概要と検証結果

開発した吹きだまり危険度予測方法を用いて、こまち脱線が発生した奥羽本線大曲・刈和野間を対象に、2021年度12月から2022年3月に冬季試験運用を実施した。冬季試験運用では、気象状況から吹きだまり危険度を推定する方法を、実況値と気象予測値それぞれの気象情報に適用し、吹きだまり危険度を示す実況アラートと予測アラートを、輸送指令等に配信した。その概要を表1に示す。予測アラートは、約1日前からの予測となるため、運行計画および除雪計画の策定・検討の判断への活用が考えられる。一方、実況アラートは、現在の状況を示すため、線路内での吹きだまり発生状況の把握への活用が考えられる。配信の頻度は、アラート発令時と1日2回 (9時と15時) の定期配信である。

表1 アラートの概要

種別	元データ	更新頻度	配信タイミング	配信方法
実況アラート	アメダス大曲	10分ごと	アラート発令時ト	メール
予測アラート	MSM	3時間ごと	アラート発令時 および 定期配信 (1日2回)	メール

冬季試験運用期間中は、3日間アラートが発令された。図5は、アラートが発令された3日間について、気象状況、アラート発令状況、検証結果 (画像および運転士ヒアリング) をまとめたものである。アラート発令があった3日間の気象状況は、冬型で、奥羽本線の計画運休や強風により徐行運転となっていた。また、風速の最大値は10m/sから13m/sに達していた。カメラ画像や動画を検証した結果、地吹雪が確認された。運転士からのヒアリング結果を見ると、3日間とも、一部区間に吹きだまり発生報告があった。

実況および予測の両方のアラートが発令された2022年2月21日は、線路上で一部吹きだまりが画像や動画で確認され、運転士からのヒアリング結果でも速度低下の報告があった。以上より、開発した方法によって、吹きだまりの危険度が高い状況を捉えられることを確認できた。

予測アラートが発令されたが実況アラートが発令されない日 (2022/1/12) や、予測アラートが発令されなかったが実況アラートが発令された日 (2022/2/22) があった。これは、風速の予測値が実況値よりも大きいことや、小さいことに起因することが確認できた。今後、風速の予測精度が向上することで、吹きだまり危険度予測の精度向上が可能になると考えている。

アラート発令日	2022/1/12	2022/2/21	2022/2/22
気象状況	・気象庁天気図:冬型 ・奥羽本線計画運休 ・風速:8~10m/s	・気象庁天気図:冬型 ・強風による徐行運転 ・風速:7~12m/s	・気象庁天気図:冬型 ・強風による徐行運転 ・風速:7~13m/s
予測アラート	11~16時	12~16時	なし
実況アラート	なし	4~6時,11~19時,20~23時	10~16時
画像による検証	・地吹雪あり 	・強い地吹雪あり ・線路上で一部吹きだまり 	・地吹雪あり 強さ、頻度は低い 
運転士ヒアリング	・一部区間に吹きだまり	・一部区間に吹きだまり	・一部区間に吹きだまり

*風速はアメダス(大曲)での観測値
*いずれの吹きだまりも輸送影響なしの規模

図5 アラート発令がされた3日間の気象状況と検証結果

6. 結言

本研究では、気象情報から列車運行に対する吹きだまり危険度を推定する方法を検討し、気象予測情報を適用した場合の予測性能を検証した。開発した方法を用いて、冬季試験運用で検証した結果、吹きだまりの危険度が高い状況を捉えられることを確認した。

開発した方法は、2022年度の冬季から、奥羽本線大曲・刈和野間において、運行計画および除雪計画の策定・検討の判断支援ツールとしての活用を検討を行うため、試導入されており、今後も検証を継続していく。

謝辞

本稿で述べた吹きだまり危険度予測方法は、(国研)防災科学技術研究所との共同研究で開発したものです。記して、感謝いたします。

参考文献

- 1) 運輸安全委員会、鉄道事故調査報告書(東日本旅客鉄道株式会社 奥羽線 神宮寺駅~刈和野間 列車脱線事故)、RA2014-4、p29、2014。
- 2) 根本征樹他、2014年2月中旬に発生した北海道中標津町周辺の猛吹雪に関する数値実験、防災科学技術研究所主要災害調査、第49号、2016。