

激甚化する気象災害に対する 鉄道の強靱化



布川 修
Osamu Nunokawa
防災技術研究部長

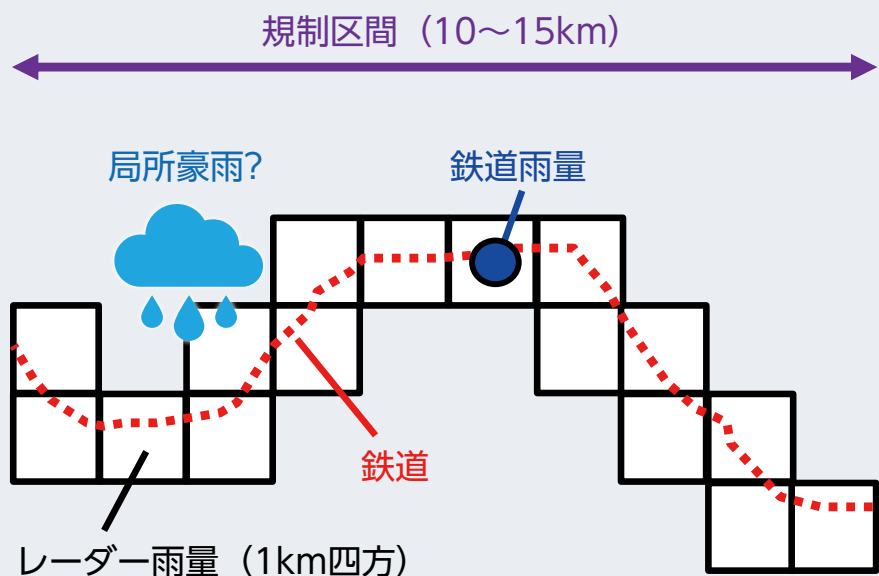
はじめに

近年、強雨や強風といった気象外力が増大し、これらによる災害が激甚化していると言われています。これに対応すべくRESEARCH 2025では、大課題「激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化」を設定し、研究開発に取り組んできました。ここでは、その主な成果の概要について紹介します。

課題設定の背景と目標

文部科学省および気象庁によると¹⁾、今後も雨の降り方が極端になる傾向が続くこと、日本付近の台風の強度は強まることが予測されています。一方で、鉄道事業者においては、強雨時や強風時には運転を規制（中止や徐行）することで列車の安全を確保していますが、外力が大きくなりかつ発生頻度が増加すると、規制回数や規制時間が増加することが想定されます。ま

図1 鉄道雨量とレーダー雨量および規制区間の位置関係のイメージ



た、このような外力の変化により、盛土崩壊などの斜面災害の増加も懸念されます。そこで、本大課題では、①安全性を向上しつつ定時性を確保することを目的とした強雨・強風時の運転規制の高度化方法の提案、②ダウンタイムの削減を目的とした被災した盛土の対応の迅速化方法の提案を目標としました。

強雨時の運転規制の高度化

ここでは、レーダー雨量を活用した運転規制における規制値の設定方法について紹介します。近年は国の機関などからの面的な雨量（レーダー雨量[※]）の実況・予測情報の精度向上が図られ、一部の鉄道事業者では、局地的な短時間強雨[※]を把握するために、レーダー雨量を活用

※ レーダー雨量

レーダー雨量計によって観測された面的な雨量分布の情報。

※ 局地的な短時間強雨

限られた地域に短時間に多量の雨が降る現象で、ゲリラ豪雨とも呼ばれる。

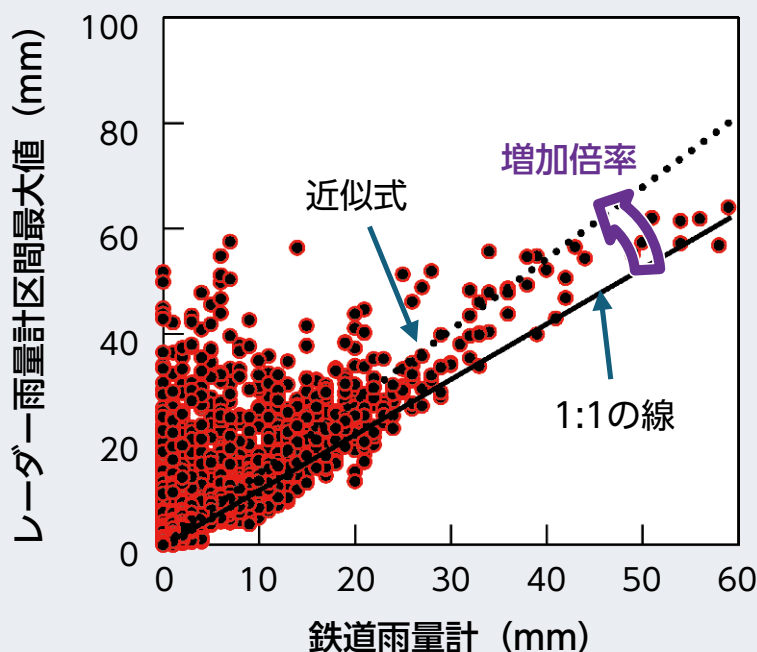
した運転規制が導入されています^{2)~5)}。このようなレーダー雨量の活用が今後も進み、将来的には鉄道で実施している雨量観測（鉄道雨量）がレーダー雨量に置き換えられていくことも想定されます。

現状の運転規制は、点で観測された鉄道雨量の値を用いてある定められた区間（規制区間）の規制を行っています。ここで、鉄道雨量の代わりにレーダー雨量を用いた運転規制を導入することを想定すると、規制区間にある1km四方で配信されているすべてのレーダー雨量を活用することになります（図1）。このため、レーダー雨量を導入した場合に運転規制値を現状のままとすると、観測点が増える分、規制の回数や時間が増加することになります。そこで、この課題を解決することが可能となるレーダー雨量の規制値（レーダー雨量規制値）の設定方法を提案しました。

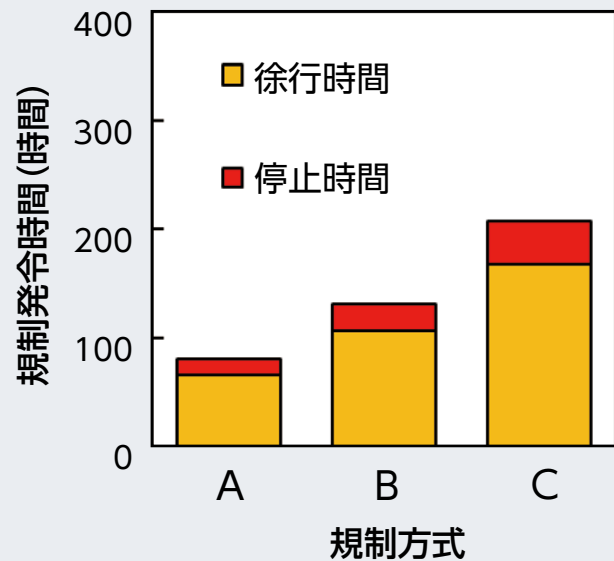
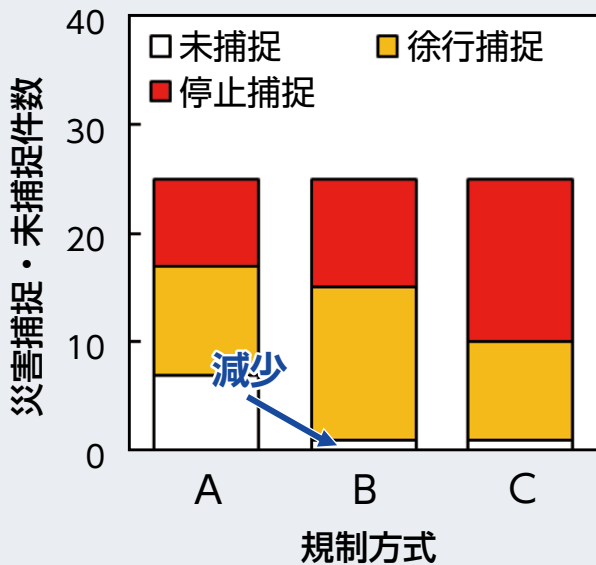
鉄道雨量と規制区間におけるレーダー雨量の規制区間最大値との関係を時間雨量について分析した例（図2）では、規制区間のレーダー雨量

図2 鉄道雨量とレーダー雨量の規制区間最大値との関係例

（条件：時間雨量、ある地域 12 箇所、規制区間 24km（片側 12km））



規制方式	鉄道雨量	レーダー雨量計
A	【既往規制値】	なし
B	なし	【補正あり】
C	なし	【既往規制値】



(条件：複数の規制区間, 3～5年間)

図3 各規制方式の災害捕捉・未補足件数と規制発令時間

の最大値の方が鉄道雨量よりも大きい範囲にデータが分布することがわかります。この図から線形近似式により増加倍率を求め、この増加倍率を既往規制値に乗じた値をレーダー雨量規制値とする方法を提案しました。

上記の方法によりレーダー雨量規制値を設定し、現状とレーダー雨量を活用した運転規制のそれぞれについて、災害の捕捉件数と発令時間を試算(図3)しました。なおこの試算では、短期の雨量指標である時間雨量だけではなく長期の雨量指標にも上記の方法を適用し、レーダー雨量規制値を既往規制値のままとした場合も比較しました。図3左より、既往の運転規制では

未捕捉であった災害をレーダー雨量では捕捉でき、安全性の向上が図られるものと判断できます。図3右より、レーダー雨量では既往の運転規制よりも規制発令時間が増加しますが、既往規制値のままとするよりは提案した方法により規制発令時間の増加が抑えられていることがわかります。今後は、こうした試算をさまざまな地域・線区に適用することで課題を抽出し、レーダー雨量規制値の設定方法を確立する予定です。

強風時の運転規制の高度化

ここでは、実況および予測風速マップの作成方法について紹介します。雨の場合と同様に、

強風時の運転規制の高度化

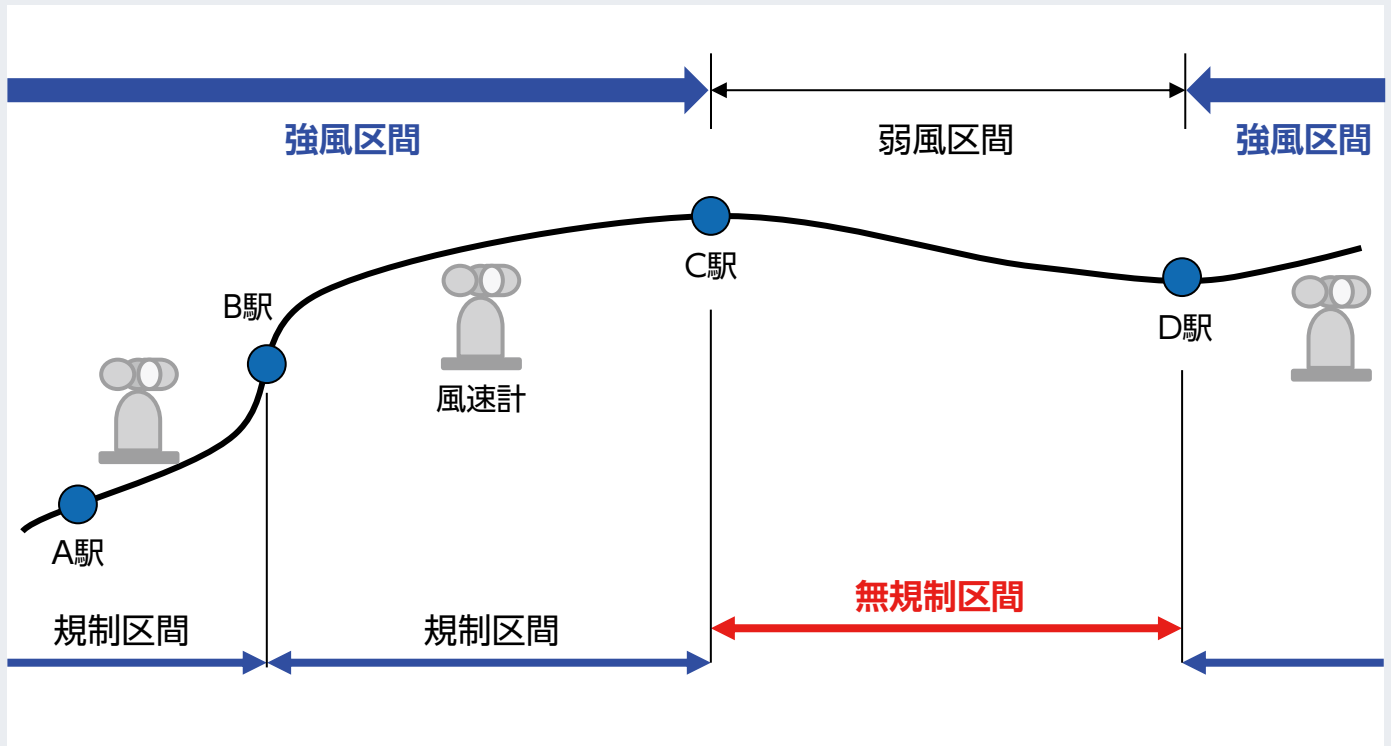


図4 風速計と規制区間の位置関係のイメージ

鉄道沿線に配置された風速計で風速を監視し、ある値を超える風速が観測された時に運転規制が行われています。ただし、風速計を沿線すべてに渡って配置しているのではなく、過去の経験に基づいて強風が吹くと想定される箇所のみを設置している場合があります(図4)。前述した通り台風の強度が今後強まると、どの場所でも強風が観測されるおそれが高まるため、面的に風速を監視することが望まれています。

一方で、国の機関などから配信される面的な風速データは雨とは異なり、運転規制に活用できる精度を有していない、運転規制で活用されている**瞬間風速**^①ではなく**平均風速**^②であると

いう課題があります。そこで、低コストに風速監視を実施していない箇所の風速を把握することで安全性を向上させることを目的とした①実況風速マップと、運転規制の発令や解除の事前準備を支援することで効率性を向上させることを目的とした②予測風速マップ、のそれぞれを

① 瞬間風速

観測されたある瞬間の風速で、平均風速の1.5倍から3倍程度に達することがある。

② 平均風速

観測時刻までの10分間の風速を平均した値で、風速という場合はこれを意味する。

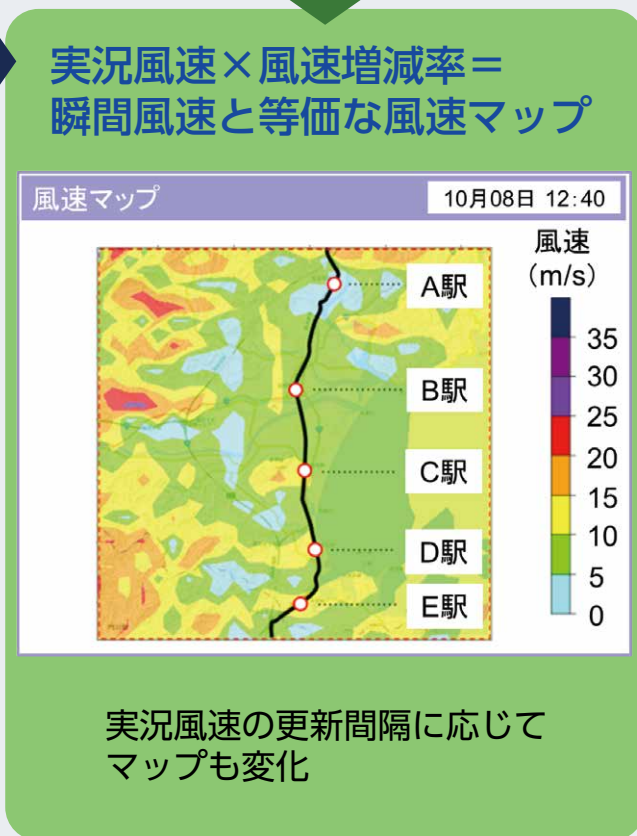
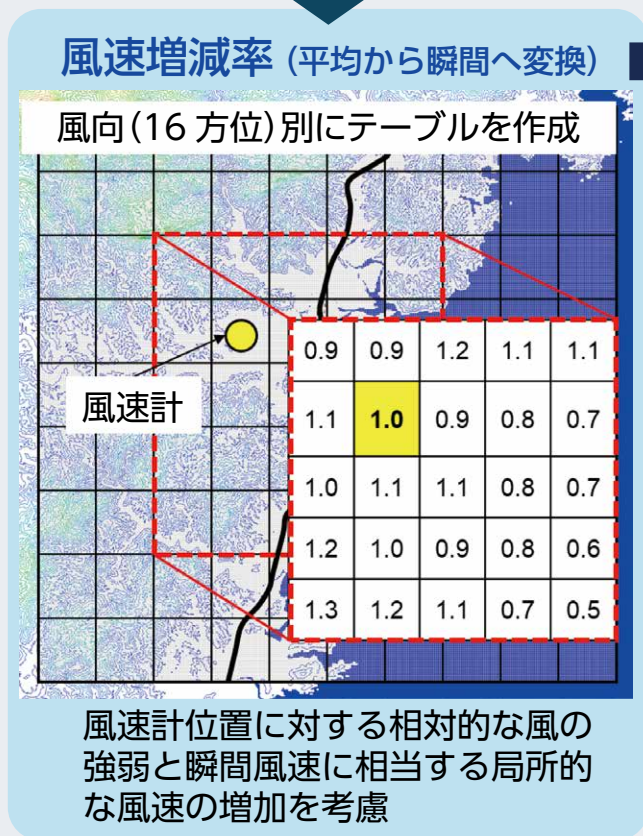
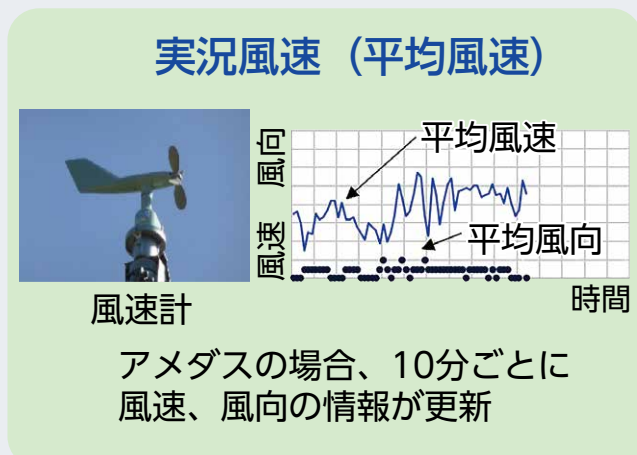
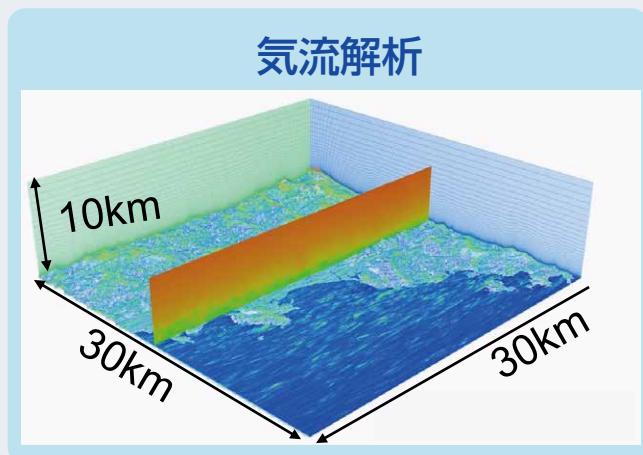


図5 実況風速マップの作成方法の概要

作成する方法を提案しました。

実況風速マップの作成(図5)では、アメダスなど点で観測された平均風速と平均風向を入力値として、瞬間風速と等価な風速を面的に出力します。観測される実況風速の更新間隔に応じてマップも瞬時に変化させるために、事前に**気流解析**を実施して、観測点の平均風速を1と

したときの風速増減率(瞬間風速と等価な風速への増減率)をテーブルとして作成(16方位分)しておきます。これにより、点の情報から面の

気流解析

理論(流体力学など)に基づいてコンピューターを活用することで空気の流れなどを解析する技術。

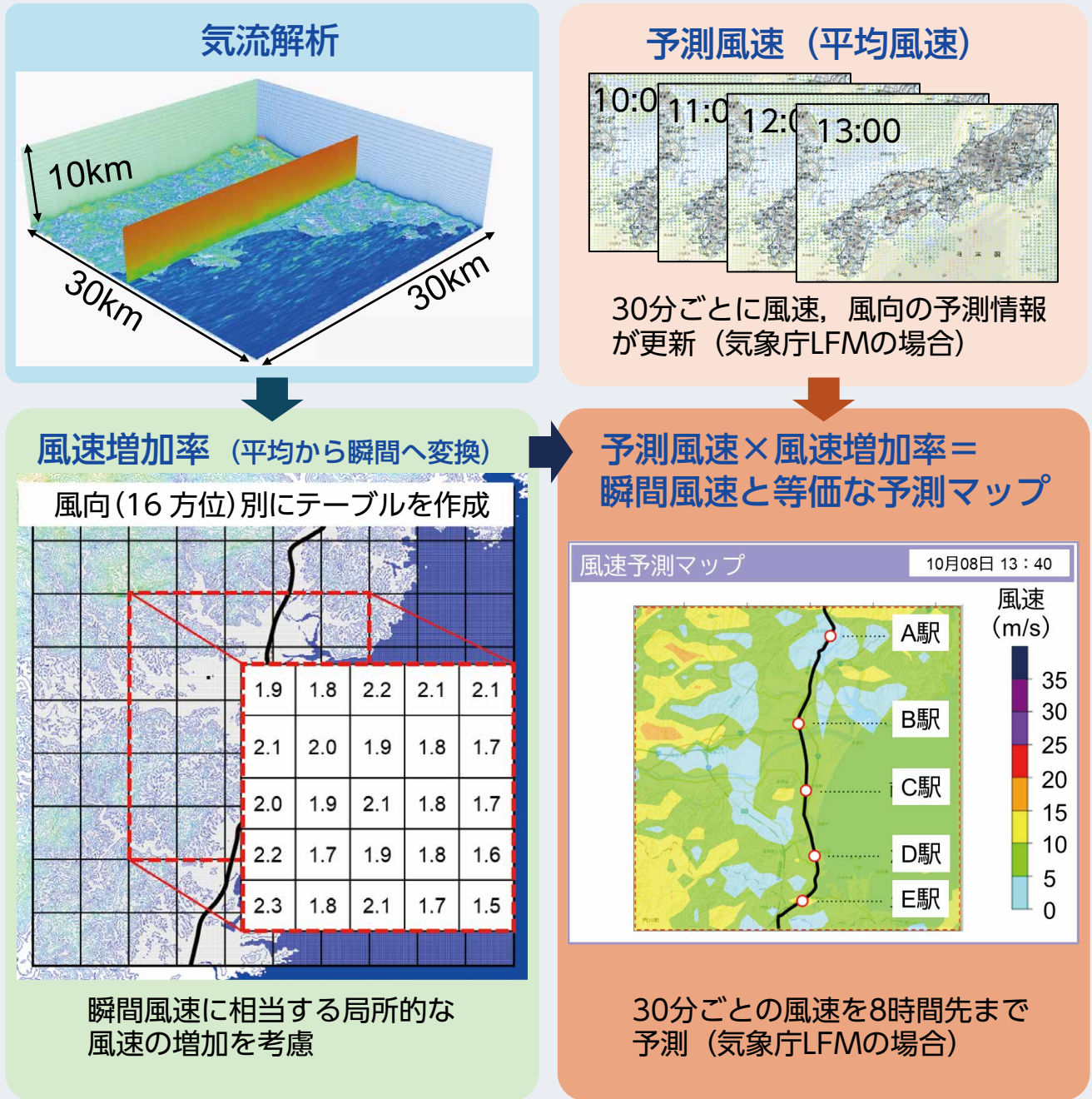


図6 予測風速マップの作成方法の概要

情報に瞬時に変換することが可能となります。

予測風速マップの作成(図6)では、気象庁などから配信される面的な予測平均風速を入力値とします。事前に気流解析を実施しますが、ここで作成しておくテーブルは平均風速から瞬間風速と等価な風速に変換するための風速増加率となります。これにより、予測平均風速の配信

(配信間隔や予測先時間)に合わせて、瞬間風速と等価なマップが作成できます。

両方のマップとも現地計測などに基づく精度検証を実施(予測誤差5m/s未満)していますが、今後はさらなる精度向上を目的とした検討を進めていく予定です。



図7 大型土のうによる応急復旧の例⁶⁾

被災した盛土の対応の迅速化

ここでは、被災した盛土を迅速・低コストに被災前と同等の性能で恒久的に復旧(恒久復旧)する方法について紹介します。列車の運行再開を迅速に行うために、鉄道盛土が被災した場合には、施工性に優れている大型土のうで応急的に復旧(応急復旧)することが一般的に行われています(図7)。ただし、大型土のうは長期耐久性に劣るため、運行再開後には被災前と同等の性能に恒久復旧することが必要となります。

これまでの恒久復旧方法(図8)では、①列車を防護するために仮土留めを設置、②大型土のうを撤去、③盛土構築、を行います。この方法では、コストや時間を要することが課題でした。

そこで、応急復旧で使用した土のうを残置する恒久復旧方法を提案しました。

提案した恒久復旧方法(図9)では、①上部土のうのみを撤去、②撤去部分および大型土のうの前面に盛土構築、を行います。この方法への変更により、これまでの恒久復旧方法と比較して、工期を60%、コストを80%程度削減することができることを試算しています。なお、この方法により恒久復旧した盛土が被災前と同等の性能を有していることは、実験や解析により確かめています。今後は、維持管理に関する資料等に本方法を記載するなど、本方法の普及に努めていく予定です。

応急復旧 暫定的な運行再開

恒久復旧 原形復旧

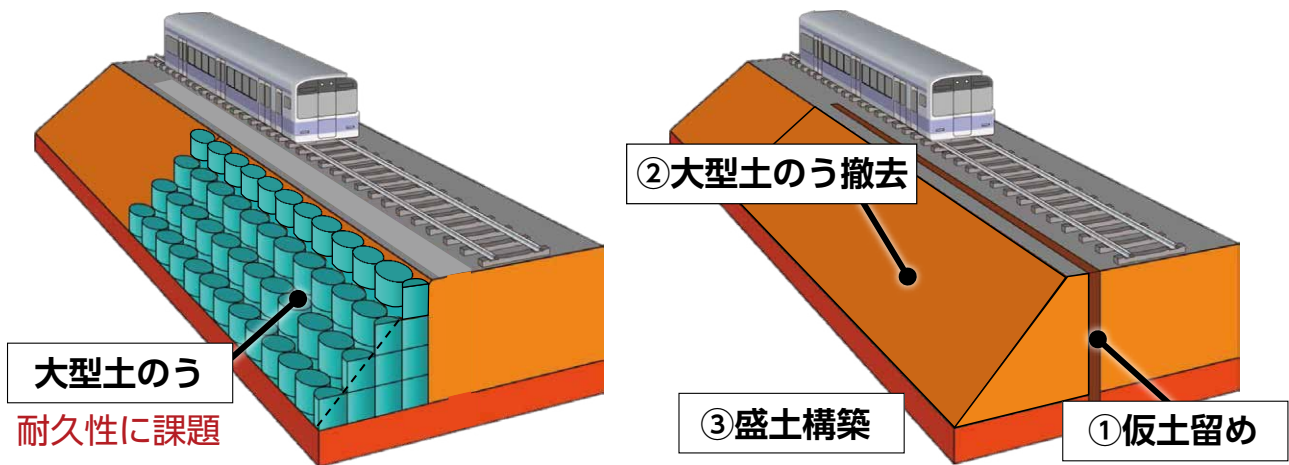


図8 大型土のうによる応急復旧およびこれまでの恒久復旧の方法と手順（イメージ）

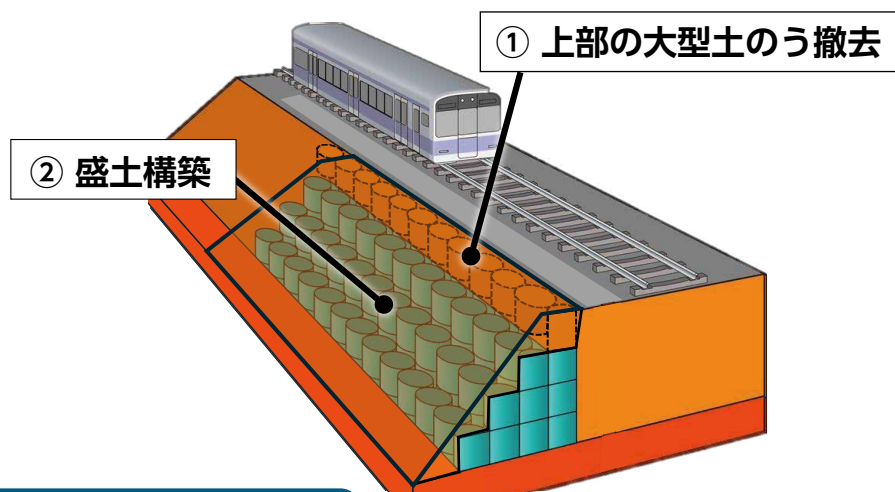


図9 提案した恒久対策の方法と手順（イメージ）

おわりに

本稿では、RESEARCH 2025の大課題「激甚化する気象災害に対する鉄道の強靱化」の主な成果の概要について紹介しました。自然災害の激甚化はこれから進んでいくことが予測されるとともに、本大課題では取り組めていない自然災害もあります。そこで今年度から始まるRESEARCH 2030では、大課題「激甚化する自然災害に対する強靱化」を設定し、地震、雨、雪、落石など様々な自然災害に対する強靱化に資する研究開発に取り組んでいく予定です。

なお、本記事で紹介した成果の一部は、東芝エネルギーシステムズ株式会社との共同研究により得られたものです。 [RRR](#)

文献

- 1) 文部科学省，気象庁：日本の気候変動2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書，2020
- 2) JR東日本ニュースリリース：異常気象に備えた新幹線に対する降雨防災の取り組みについて，2021
- 3) JR東日本ニュースリリース：在来線におけるレーダ雨量を活用した新たな運転規制の導入について，2023
- 4) JR東海ニュースリリース：在来線全線区へのレーダ雨量を活用した運転規制の導入について，2018
- 5) JR西日本ニュースリリース：局地的な大雨に対するさらなる安全性向上，2020
- 6) 鉄道総合技術研究所 鉄道技術推進センター：事故に学ぶ鉄道防災（災害編），p.26，2012