

# 数値シミュレーションを用いた面的な気象情報の取得方法

防災技術研究部 気象防災研究室

副主任研究員 福原 隆彰

## 1. はじめに

自然外力（強風，大雨など）による鉄道の災害を未然に防ぐために，鉄道沿線には風速計や雨量計などの気象観測機器が設置され，風や雨の監視が行われている。これらの機器は数 km～数十 km ごとに設置されているため，得られるデータはいわゆる「点」のデータである。しかしながら，鉄道の気象災害がこれら観測機器の設置箇所やその付近で発生するとは限らず，また，風速計や雨量計の設置間隔より小さいスケールの気象現象を必ずしも捉えることができるとは限らない。過去にはこれら小さいスケールでの強風や大雨による災害事例も報告されている。それに加えて河川の増水や土石流など，災害の種類によっては線路近接（用地内）の雨量のみならず，川や沢の上流部分など，線路から離れた箇所の雨量が多い場合にも列車や鉄道施設が被災することがある。そのため，「点」のデータに加え，「面」的に風向風速や降水量といった気象要素を把握することで，鉄道に被害をもたらす気象現象をよりの確に把握できるようになると考えられる。

面的に得られるデータには，国土交通省の解析雨量や国土交通省水管理・国土保全局の XRAIN による降雨強度などがあり，年々容易に入手できるようになってきた。しかしながら，風向風速など，気象要素によってはデータセット数が少ないことや，前述のレーダーのデータは上空の雨の状態を把握していることなどから，鉄道線路がある地上付近の雨量データについては鉄道の防災を目的とした場合に必ずしも十分な時間・空間分解能や精度で面的に捉えているとは限らない。

鉄道総研では，鉄道沿線の風速計や防風設備の効果的な設置箇所の抽出を目的として，過去に気象モデルおよび気流モデルを用いた数値シミュレーション手法と地形因子解析手法を用いた強風箇所抽出方法を開発した<sup>1)</sup>。この方法では，200m 間隔で風速分布を計算したが，当時は計算機の能力が現在よりも低かったこともあり，3km より細かな間隔の計算には温度と風の流れのみを考慮した気流計算を用いた。そのため，降雨や降雪の分布を 200m 程度の間隔で面的に把握するときにこれと同じ手法を使うことはできない。

近年，計算機技術の発達により，汎用のコンピュータでも数 100m 程度の細かい空間間隔で気象の数値シミュレーションが行えるようになり，気象要素が高分解能で面的に，かつ精度よく把握することが可能となった。本発表では気象の数値シミュレーションモデルを用いて，鉄道線路がある地上付近の風向風速，降水量，積雪量の面的な把握を行った結果ならびに課題等を述べる。

## 2. 気象の数値シミュレーションにおける面的な気象要素の取得

気象の数値シミュレーションとは大気の流れや熱収支，雲や雨の性質などに関する方程式をコンピュータの中で解いて，将来の大気の状態を推定することである。気象の数値シミュレーションは天気予報や研究をはじめとする気象の様々な分野で導入されており，使用目的，対象とする気象現象，時間・空間スケールなどに応じて多くのモデルが開発されている。

鉄道防災の分野では，地上付近での風向風速，降水量，積雪量，気温などを細かい範囲で面的に把握することが重要となる。そこで，東西・南北方向（以下，水平方向）の間隔を 250m 程度と

して、気象要素を面的に把握するための数値シミュレーションモデル（以下、気象モデル）を選定した。

今回は気象の研究や日々の天気予報で使われている気象モデルの中から、目標とする空間分解能で数値計算ができ、なおかつ広く使われているモデルからアメリカの気象機関などが開発した WRF (Weather Research and Forecast) を選択した。このモデルは現時点で多くの気象研究者が使用していること、ユーザー側でさまざまな計算条件を入力できるなど拡張性があること、モデルを使用する際の自由度が大きいことといった特徴がある。

気象モデルでの計算方法を簡単に示す。まず、計算領域と計算分解能（どの程度の細かさで計算するか）を決める。計算領域の設定例を図 1 に示す。次に、計算する領域の地形情報と計算する点（格子点）をコンピュータ内に作る。さらに、気象庁など国内外の機関で作成したデータを用いて、格子点に風や気温などの大気の状態（初期・境界条件）を与え気象場を作成する。これらの処理を行った後で本計算を行い、将来の大気の状態が得られる。

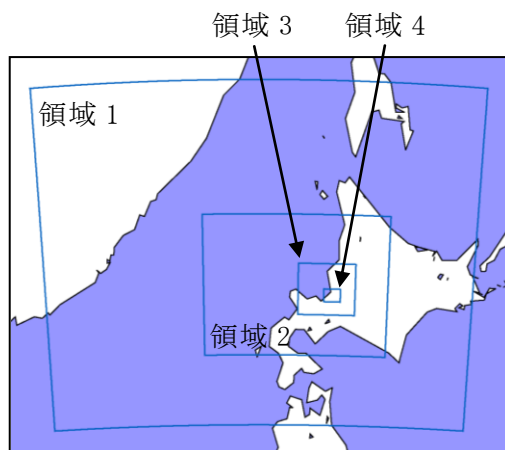


図 1 計算領域の設定例

### 3. 気象の数値シミュレーションの計算結果ならびに観測結果との比較

強風、大雨、大雪の事例を対象に数値シミュレーションを行った結果を示す。強風事例については西日本の地域 A で計算した例を、大雨、大雪事例については北日本の地域 B で計算した例を示す。なお、この地域 A、地域 B では鉄道総研が過去に現地観測を行っており、観測結果との比較もあわせて示す。数値シミュレーションでは先に述べた格子点での値が得られるため、比較には現地観測の観測点を含む格子点での値を用いた。

#### (1) 強風事例

南風の強風が長時間続いた事例を対象に、強風事例の再現計算を行った。得られた計算結果より地上付近の風向風速を抽出し、現地観測の結果と比較した（図 2）。現地観測で得られた強風と同じ特徴をもつ風が数値計算により再現できていることがわかる。

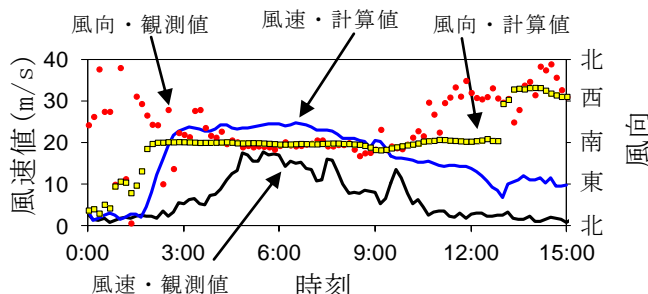


図 2 観測結果と計算結果との比較  
(強風事例)

次に、この事例は南風の強風が長く続いていたため、計算結果から南風の強風が 2 時間以上継続していた箇所を抽出した結果を図 3 に示す。図 3 より、この事例では図の中央部付近で強風が長く続いたことがわかる。このように、数値計算を用いることで風速計以外の場所で強風が吹いていたか否かを把握できるようになる。

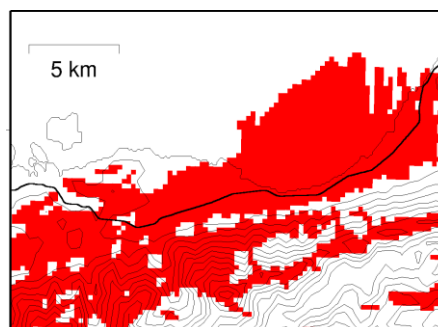


図 3 強風が継続した場所の分布

## (2) 大雨事例

大雨事例の再現計算を行った結果を示す。強風事例のときと同様に時雨量について、現地観測点との比較結果を図4に示す。図4より、時雨量が大きくなる時刻が多少前後しているものの、概ね大雨現象を再現できている場所があった一方で、観測でみられた時雨量より少ない箇所もみられた。

次に、雨量の面的な分布に関して気象モデルでの計算結果と観測結果との比較を行った。ここでは、この大雨事例の期間内で最も時雨量が大きかった時刻での時雨量について、面的に降水量を推定できる気象庁のレーダー・アメダス解析雨量との比較を行った。なお、図4にも示されているように観測結果と数値計算で最も時雨量が大きかった時刻が異なっていたことから、観測結果と計算結果で時雨量がそれぞれ最大となった時刻（観測：7月14日9時、計算：7月14日7時）での分布を図5に示す。この結果、気象モデルでの計算結果で得られた時雨量の空間分布は、絶対値としては観測結果よりも小さい傾向にあったが、観測網の西側と東側とで比較すると東側で時雨量が大きくなる傾向を再現することができた。

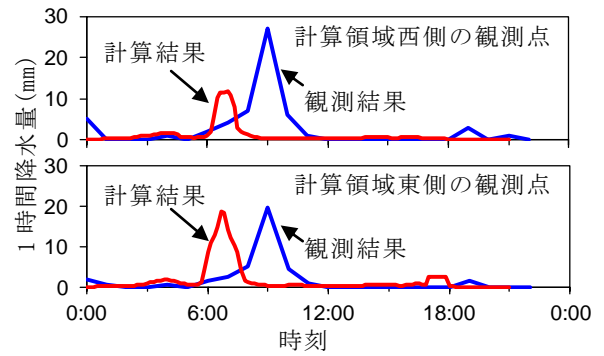


図4 大雨事例における観測結果と計算結果との比較

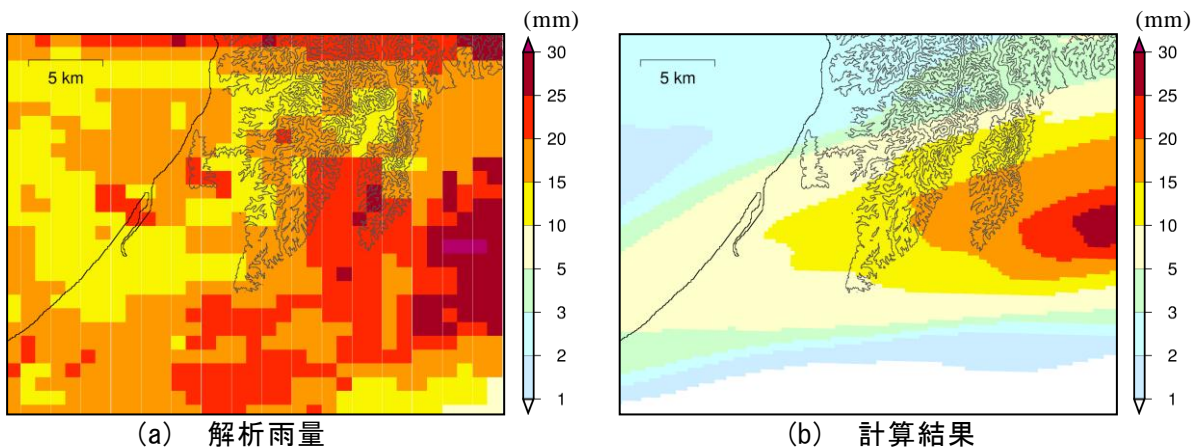


図5 解析雨量から求めた時雨量の分布と計算結果との比較

## (3) 大雪事例

大雪事例の再現計算を行った結果を示す。対象とした事例において、各観測点に最も近い格子点での1時間の積雪深の変化量を10分毎に求めた値を比較した結果を図6に示す。この図より、1時間での積雪深の変化量は現地観測では7cm程度であったが、モデルでの計算結果は最大で2cm程度であり、現象をよく再現できたとはいえなかった。降雪域がずれているためにこのような結果となった可能性が考えられたため、数値計算において1時間の積雪深変化量の最大値を各格子点で計算した結果を図7に示す。この図より、1時間の積雪深変化量は多いところでも3cm未満であり、観測で得られたような積雪深の変化は計算されなかった。従って、今回得られた大雪事例については、今回設定した計算条件では再現できるとはいえない結果となり、計算条件をより適したものとする必要があるとともに、降雪後の地吹雪による雪の再配分などを考慮することが

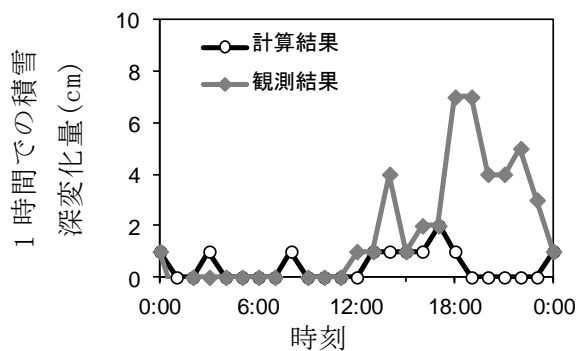


図6 大雪事例における観測結果と計算結果との比較

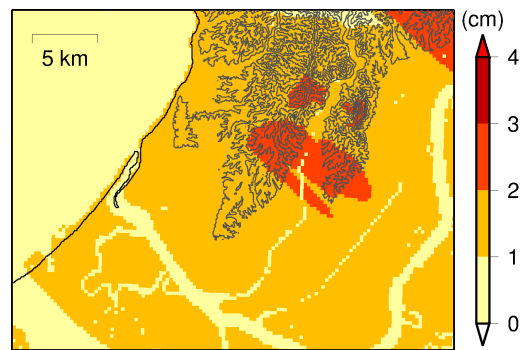


図7 積雪深の1時間変化量の最大値の分布（計算結果）

必要であることがわかった。

#### 4. 気象シミュレーションの活用法

気象の数値シミュレーションを用いることで風向風速、降水量、降雪量が面的に把握できるようになるため、精度向上を行ったうえで多くの強風・大雨・大雪事例の再現計算を行うことで、過去に災害をもたらしたような気象現象がどこで発生しやすいかがわかるようになる。この手法を用いることでハザードマップの作成や線区内の防災投資に資する量的な判断材料を得ることができる。

また、今回は過去に発生した事例について計算を行ったが、現在の大気の状態をもとに計算を行うことで、天気予報と同様、将来の大気の状態がわかるようになる。そのため、計算機能力が十分に大きいという条件が前提となるが、数値シミュレーションを用いることで強風や大雨が発生する場所や時間帯を前もって知ることが可能となり、風速計や雨量計の値が規制値に達する前に効率的な対策が可能になると考えられる。

#### 5. おわりに

鉄道沿線に設置されている風速計や雨量計から得られる「点」のデータを補間し、鉄道で必要とされる時間・空間スケールでの気象情報を得るために、近年天気予報や気象の研究でよく用いられている気象の数値シミュレーションモデルを用いて強風、大雨、大雪事例の数値計算を行った。得られた計算結果について、計算の対象となる地域で別途行った現地観測で得られた結果と比較した。その結果、風速値や降水量については概ね再現可能なことを確認した。

しかしながら、今回示した大雪事例など、観測結果を満足に再現できなかった事例もあることから、精度向上に向けて改善点が残っていることもわかった。また、計算機能力は日々向上していることから、計算に要する時間等の問題により現時点では数値計算には現実的とはいええない分解能でも計算が可能となることを見込まれるため、計算機技術の動向を見極めながらより適切に面的な気象情報を取得することに取り組んでいく予定である。

#### 参考文献

- 1) 荒木啓司，福原隆彰，島村泰介，今井俊昭：数値解析手法を用いた鉄道沿線における強風箇所抽出方法，鉄道総研報告，Vol. 24，No. 5，pp. 29－34，2010