

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

風・雨・雪の分布を把握する

鉄道の気象災害を未然に防ぐために風速計や雨量計などの気象観測機器が設置されていますが、気象災害をもたらすような気象現象には空間的な広がりがあります。風・雨・雪の分布を面的に把握して分析することで、災害をもたらすような気象現象が鉄道沿線のどこで発生する可能性が高いのかといったことを判断することが可能となります。ここでは風・雨・雪の状況を面的に把握する方法として観測による方法、ならびに近年行われるようになってきた気象の数値シミュレーションによる方法を紹介します。



福原 隆彰
Takaaki Fukuhara
防災技術研究部
気象防災研究室
副主任研究員
【専門分野】 強風災害



荒木 啓司
Keiji Araki
防災技術研究部
気象防災研究室
主任研究員
【専門分野】 強風災害



谷本 早紀
Saki Tanimoto
防災技術研究部
気象防災研究室
研究員
【専門分野】 強風災害

はじめに

強風や大雨などによる気象災害を未然に防ぐために、風速計や雨量計などの気象観測機器が鉄道沿線に設置され、強風や大雨などを監視しています。気象観測機器で得られた値があらかじめ定められた値以上となったときに、定められた区間(規制区間と呼ばれます)で速度規制や運転見合わせなどの運転規制が行われます。これらの観測機器は鉄道沿線に数km～数十kmごとに設置されていますが、これらの観測機器で得られるデータはその地点のデータであり、いわゆる「点のデータ」ともいえます。しかしながら、鉄道の気象災害をもたらす気象現象である積乱雲や台風、低気圧などには、それぞれの現象で特有の時間、空間的な広がりがあります(図1)¹⁾。また、これらの気象現象では風の吹き方や雨や雪の降り方に空間的な分布があり、観測機器を含む広い範囲にもたらされます。さらに、大雨や大雪による災害には線路がある場所に降った雨や雪によりもたらされるものに加え、河川の増水や雪崩など、線路から離れた箇所以降った雨や雪によりもたらされる災害があります。

そのため、これら観測機器での「点」のデータに加え、「面」的に風や雨、雪の分布を得ることにより、鉄道の施設など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ます。

気象現象を面的に得る方法には観測による方法、数値シミュレーションによる方法があります。ここでは、観測で得られる方法を述べるとともに、近年盛んに行われるようになってきた数値シミュレーションにより風・雨・雪などの気象現象を把握する方法について紹介します。

観測により風・雨・雪の分布を把握する

風速計や雨量計を面的に細かく並べて観測すれば面的な気象分布を得ることはできますが、費用や保守の面から現実的ではありません。観測により風・雨・雪の面的な分布を把握する方法には1つの機器で離れた箇所を観測するリモートセンシング機器を用いる方法があります。ここでは広く用いられているレーダーの観測について述べます。レーダーは上空に電波を発射し、

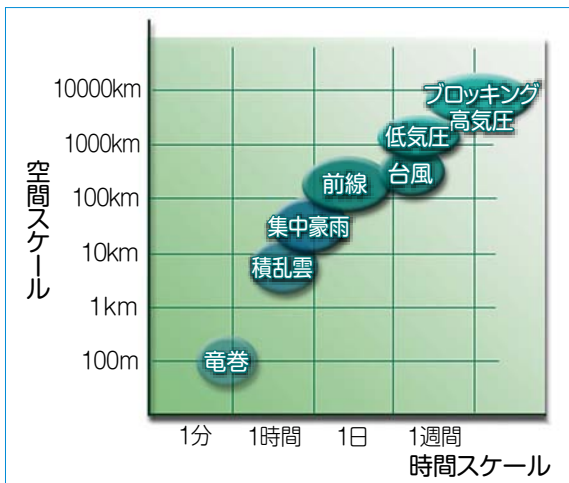


図1 気象現象の時間・空間的な広がり
(気象庁「さまざまな気象現象」¹⁾を加工して作成)

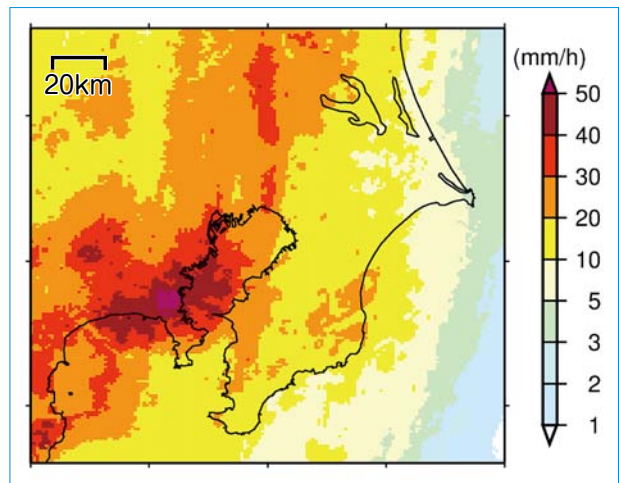


図2 解析雨量による降水量の分布例
(気象庁の解析雨量データより作成)

戻ってくる電波の強さ、周波数、戻ってくるまでの時間を観測して雨の強さ、雨粒の動き、雨粒の位置を観測します。また雨粒の動きから上空の風も観測することができます。この観測には気象庁の気象ドップラーレーダーやXRAIN(国土交通省XバンドMPレーダーネットワーク)などがあり、降水強度などのデータが得られます。また、気象ドップラーレーダーによる観測値と地上で実際に降った降水量を組み合わせで解析した、面的でより正確な雨量となる解析雨量が整備されています。これらのデータにより、現在は降水量をほぼリアルタイムで面的に把握することが可能となっています(図2)。

観測により気象現象の分布を把握する方法だけでは、鉄道の防災に活用しうる細かさで面的に捉えられないことも考えられます。レーダーを例にとると、レーダーは雨粒を捕捉して雨や風の状況を把握することから、雨粒がない場所での風の分布や、冬季に地上で雪が降っているかどうかを完全には把握することはできません。さらに、レーダーで得られる面的なデータは観測技術の進歩によりその時間間隔・空間間

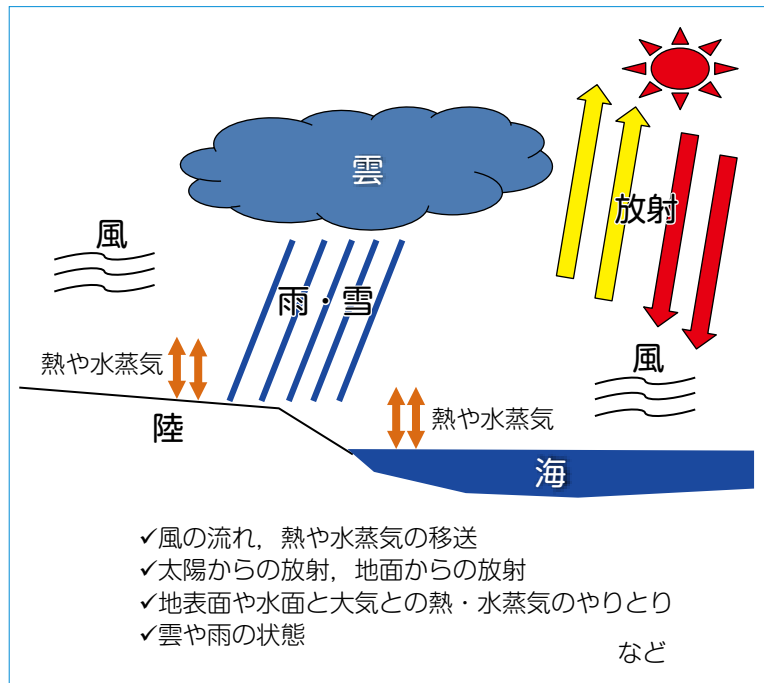


図3 気象の数値シミュレーションで考慮する大気現象(概念図)

隔がより細くなってきましたが、過去に発生した鉄道の災害時の気象状況のデータは粗い間隔のものしかない場合もあることから、観測データのみでは不十分なことがあります。

数値シミュレーションにより 風・雨・雪の分布を把握する

気象現象を面的に把握するほかの方法として、気象モデルを用いた数値シミュレーションによるものがあります。

これは、面的な気象状況を求めようとする領域を地上から上空まで規則正しく配置した格子で区切り、各格子点で図3に示したような風の流れや熱・水蒸気のやりとりなどを説明する方程式をコンピューターで解いて、対象とする地域の気象状況を把握するものです。

この手法は今日、日々の天気予報の作成や研究目的で広く用いられています。気象の数値シミュレーションでは天気予報で使われるような未来の風や

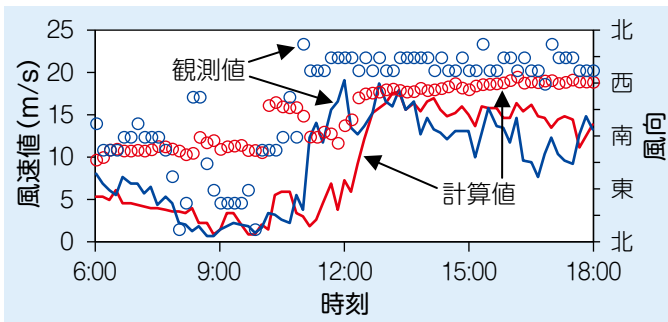


図4 計算で求められた風向風速(実線：風速, 丸印：風向)

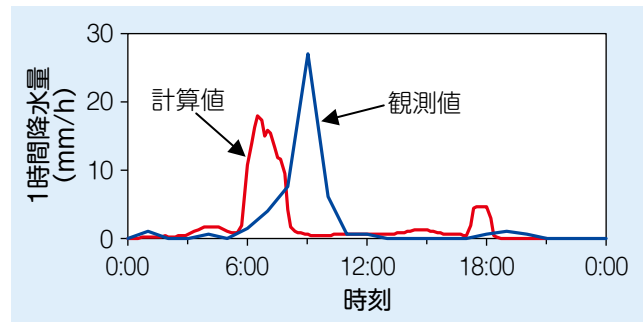


図6 計算で求められた1時間降水量

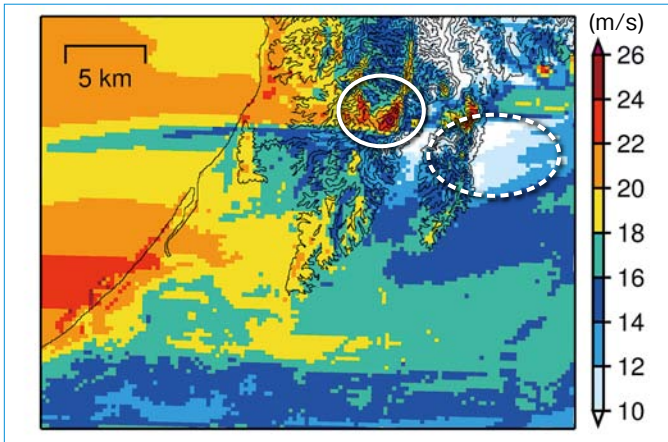


図5 計算により求められた風速の面的分布

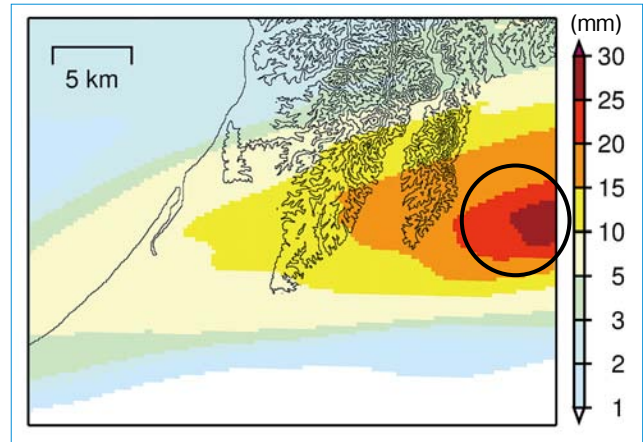


図7 計算で求められた1時間降水量の面的分布

雨の分布とともに、過去に発生した強風や大雨、大雪などの気象現象の再現計算も行うことができますので、過去に発生した災害時にどのような気象状況であったかについても面的に把握することができます。

数値シミュレーションにより得られた風・雨・雪の分布

数値シミュレーションでの計算例として、北日本のある地域で過去に発生した強風、大雨、大雪事例を対象とした数値シミュレーションの結果を示します。なお、この計算には、数値シミュレーションを行う領域気象モデルとして国内外で研究分野や天気予報で用いられているモデルを用いました。

この地域で発生した強風事例について、計算により求められた風向風速とそのときの地上での観測結果の時系列を図4に示します。この図より、この

事例では風速の急激な増加があり、そのタイミングは計算結果では観測より1~2時間程度遅いものの、風速のピーク値は観測結果とほぼ同じ値となりました。また、風向は16方位(北, 北北東, 北東, …北北西)でみたときに1~2方位分ずれているものの、南よりの風から西よりの風になる現象は数値シミュレーションでも求めることができました。

次に、この事例における風速の面的な分布を図5に示します。鉄道の運転規制では風速のみを観測する風速計が多く用いられていますので、ここでは風向は考慮せず、風速の絶対値の分布を示しています。

この図をみると、領域の北側では、丘陵の頂上付近(実線の楕円部)では25m/s以上の風速値となっていますが、丘陵の間にある沢や丘陵の東側にある平地(破線の楕円部)では10m/s

未満となっており、この事例では丘陵の風下側で山裾に近い箇所では風が弱まる傾向であったといえます。このような傾向は地上に設置されている風速計だけでは、その配置間隔によっては必ずしも的確に捉えられない現象であり、数値シミュレーションを用いることでこのような事象も求めることができます。

次に、大雨事例の計算例を示します。この地域で発生した大雨事例において、数値シミュレーションで得られた前1時間降水量の時間変化を観測結果とあわせて図6に示します。この図より、観測で得られた1時間降水量よりも雨量自体は少ない値でしたが、1時間降水量の時間変化をおおむね再現することができました。

次に、計算で1時間降水量がピークとなった時刻での降水量の面的な分布を図7に示します。この図をみると、

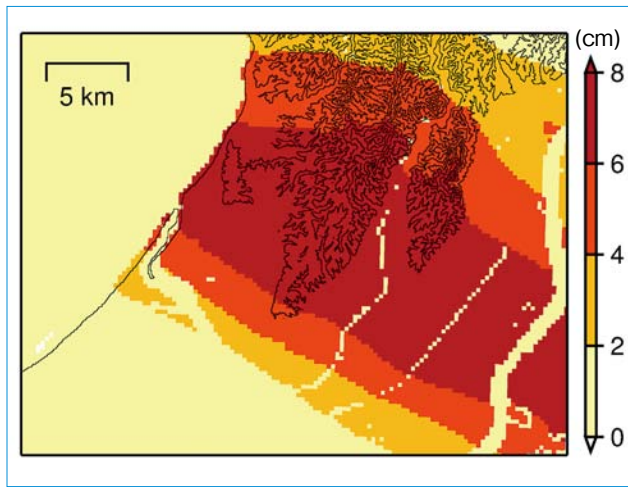


図8 計算により求められた積雪深の変化量の面的分布

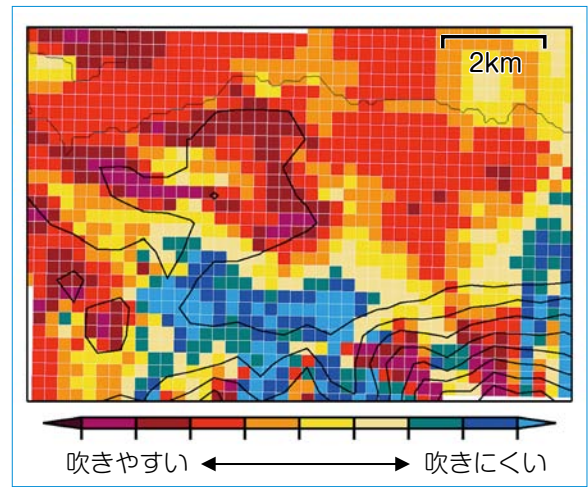


図9 強風が吹きやすい箇所の試算結果

この領域ではその東側(実線の^だ楕円部)に降水量の多い領域が計算されました。この図のように、雨量計がない箇所においても観測と同様、雨が多いかどうかを推定することが可能となります。

次に、大雪事例の計算例を示します。

ある大雪事例において12時間の積雪深変化量を各格子点で計算した結果を図8に示します。この図より、12時間の積雪深の変化量は図の中央部で多くなっていますが、それでも6cm～8cmという結果となりました。この地域では、観測で20cm以上の積雪深の変化が得られていましたので、そのような積雪深の変化は計算では求められない結果となりました。

積雪深の増減は降雪に加え地上付近の風により運ばれることによる効果もあり、この効果は今回の計算で設定した格子点間隔よりも細かい地形や風に起因するものもあります。そのため、計算結果では観測で得られた積雪深の増加は精度よく再現できなかったことが考えられます。これは今回の計算で再現できない細かさの風の流れや地形を考慮する必要があることを示唆しており、この効果を見積もることが、今後取り組むべき課題の一つと考えています。

面的に求めた風・雨・雪の分布の活用法

これまで述べてきました、観測や数値シミュレーションにより面的な風・雨・雪の分布を把握することで、より適切な鉄道防災への活用が期待されます。その一つにハザードマップがあります。多くの事例で風・雨・雪の分布を求めることで、鉄道沿線のどこで災害をもたらすような気象現象が発生しやすいかが分かるようになります。鉄道総研ではこれまでも数値シミュレーションで得られた風の面的な分布などをもとに、図9に示したような、強風の吹きやすさの分布から鉄道の災害をもたらすような強風が沿線のどこで吹きやすいかを抽出する方法²⁾³⁾を開発してきました。面的な気象情報を活用することで、より適切な防災投資を行うための判断材料が得られるようになります。

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随時得られているのは「点」のデータです。風・雨・雪はこれらの観測機器以外の場所にも広がっていますので、よりの確に気象現象を捉えるためには「面」的な気象情報が必要と

なります。近年、レーダーなどによる観測技術が発達し、面的な気象情報を得ることが可能となっています。また、これとあわせて、数値シミュレーションにより気象状況を面的に把握することが広く行われるようになってきました。数値シミュレーション技術は日々進歩しており、観測結果を十分に再現できる結果が数値シミュレーションで得られるようになれば、観測と数値シミュレーションにより鉄道に被害をもたらす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ります。

鉄道総研では鉄道の防災に活用できる時間・空間間隔での数値シミュレーションの再現精度のさらなる向上をはかり、風・雨・雪の分布をより精緻に把握することを目指しています。

RRR

文献

- 1) 気象庁ウェブページ さまざまな気象現象 (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-1-2.html>)
- 2) 浦越拓野 他：気象災害ハザードマッピング技術の開発、鉄道総研報告、Vol.30, No.3, pp.5-10, 2016
- 3) 荒木啓司 他：数値解析手法を用いた鉄道沿線における強風箇所の抽出方法、鉄道総研報告、Vol.24, No.5, pp.29-34, 2010