

# 雪氷災害発生予測システムの実用化に向けて

## 雪氷災害ソフト対策の研究開発

雪氷防災研究センター新庄支所 支所長 佐藤 威



### はじめに

雪氷災害を防いだりその被害を減らすためには、雪崩や吹雪の防止柵などの設備を充実させることに加え、災害の発生に関する情報をうまく利用して適切に対応することも重要です。防災科研雪氷防災研究センター（長岡、新庄）では、2001年度より5年間「雪氷災害の発生予測に関する研究」を行い、雪崩・吹雪の発生ならびに道路の雪氷状態の予測を行う雪氷災害発生予測システムのプロトタイプを開発しました。2006年（平成18年）の豪雪の時には、これによって日々の雪崩危険度などを求めることができるようになりました。

しかし、雪国に生活する人々の安全、安心にこの予測情報を役立てるためには、さらに研究を進める必要があります。また、予測情報を受けて実際に使う立場を考えた改良も必要です。そこで、2006年度から「雪氷災害発生予測システムの実用化とそれに基づく防災対策に関する

研究」を開始し、雪氷災害発生予測システムの実用化に向けた改良と、その成果を雪氷ハザードマップの作成に応用する取り組みを行っています。ここでは、研究のあらましと最新の研究成果の一部を紹介します。

### 雪氷災害発生予測システムとは

雪氷災害にはいろいろな種類がありますが、この研究で対象としているのは、雪崩・吹雪・道路雪氷です。雪崩は人を巻き込んだり、建物や構造物を破壊するなどの被害をもたらします。また、道路際の斜面で雪崩が発生すると交通を遮断し日常生活にも大きな影響が出ます。強い風によって吹雪が発生すると、目の前が真っ白になって視界が効かなくなり、自動車の追突事故を引き起こしたり、時には自動車が吹き溜まりに閉じ込められるなどの被害もあります。さらに、道路上の雪氷状態によっては、路面摩擦が小さくなりスリップ事故の危険性が増えます。

このような雪氷災害を予測するには、まずどこにどの程度の雪が降るかを予測し、さらに積もった雪がどう変化するかを予測することが必要です。これらによって、災害に結びつく雪の量と質（性質）がわかり、どこでどの程度の災害が発生するかが予測可能となります（図1）。

### 降ってくる雪の予測

冬型の気圧配置が強くなって、大陸から寒気が南下すると、日本海側で雪が降ります。地球

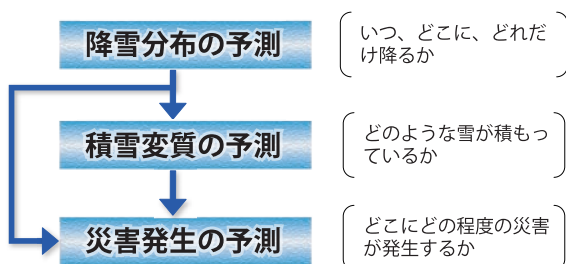


図1 雪氷災害発生予測システムによる災害予測のフロー

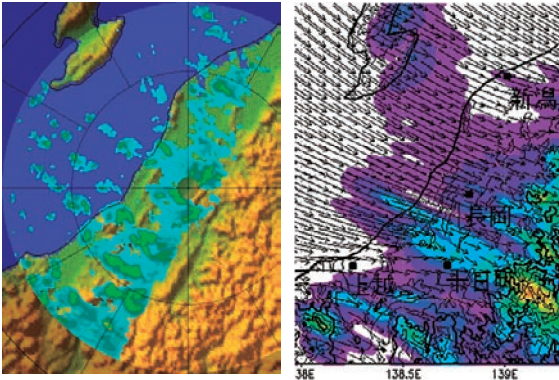


図2 降雪分布の例(左:ドップラーレーダーによる高度1500mの観測値、右:地域気象モデルによる地上の予測値)

を取り巻くジェット気流に代表される大きなスケールの現象が日本に降る雪を左右することはもちろんですが、どこで大雪になるかは山などの地形の影響も受けます。防災科研では地域気象モデルを用いて降雪の分布を予測しています。また、長岡に設置されているドップラーレーダーで降雪の状態を観測し、予測結果と比較することでモデルの改良を進めています。図2は風向に沿った雪雲が海上から陸上に侵入する時のレーダーによる観測結果と地域気象モデルによる予測結果を比較したものです。雪雲の帯状のパターンがよく対応していることがわかります。

また、降ってくる雪には雪片(雪の結晶の集合体)やあられなどさまざまな形態があり、その違いが雪崩の発生にも関わってきます。長岡には降雪粒子観測施設があり、画像解析により自動的に降雪の形態を記録することができます。それとレーダーや地域気象モデルとの比較などを通じて、降ってくる雪の量だけでなく、雪の形態も正確に予測できるように研究を進めています。

### 積もった雪の変質の予測

一度積もった雪は、時間が経つとともに結晶の形や性質が変化します。変化の仕方は積もってからの気象条件によって違い、また、雪

はどんどん降り積もりますから、積もっている雪を掘ってみるとまるで地層のようになっていきます。一つ一つの層が異なる性質を示すことも珍しくありません。

このような積雪内部の構造や性質を予測するのが積雪変質モデルです。これによって、これまでは実際に積雪を掘らなければわからなかった内部の様子が推定できるようになりました(図3)。日本で観測される積雪は、地域や時期によって水分を含まない乾いた雪や水分を含む濡れた雪までバラエティに富んでいます。これに対応するため、積雪内部の水の移動などの実験を行い、モデルの改良に取り組んでいます。

### 雪氷災害の予測

雪氷災害の発生の有無や規模などを的確に予測するためには、そのもととなる現象を十分理解してモデル化するという作業が必要になります。防災科研には、降雪の観測施設のほかに、全国の山地に展開している積雪気象監視ネットワークがあり、降ってくる雪と積もった雪のモニタリングができます。また、新庄には人工雪を作ることのできる大型の実験施設「雪氷防災実験棟」があり、任意の環境条件を作って雪氷現象のメカニズムの研究ができます。このよう

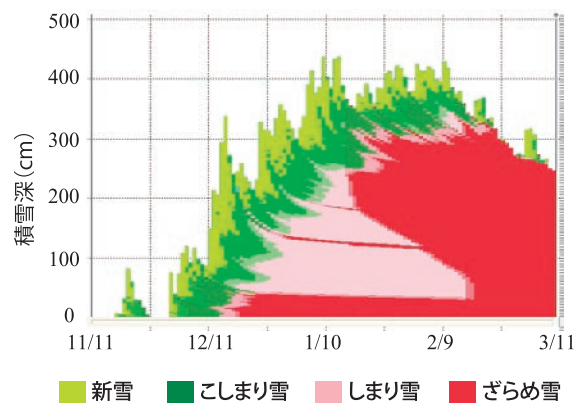


図3 積雪変質モデルによる積雪内部構造の日々の変化(平成18年豪雪の時の新潟県津南町の例)

な施設を活用するとともに、研究所構内で定期的に行っている降積雪の観測や災害発生時の現地調査などの結果を用いて、雪氷災害の発生モデルの開発と改良を行っています。

例えば、山岳地で発生する雪崩の原因の一つとして、積雪がしもぞらめ雪というもろい雪に変質することがありますが、低温室内で人工的にその変質過程を再現し、その途中の積雪強度の変化を表す方法を考案しました。また、低温室内の風洞を使って、吹雪の発達と気温の関係を表す指標を初めて求めました。

積雪変質モデルを用いて計算した秋田県乳頭温泉雪崩（2006年2月発生）の前後の積雪安定度の変化を図4に示しましたが、安定度が低下した時に雪崩が発生したことがわかります。また、図5は、視程（見通せる距離）の観測結果と予測結果の比較です。吹雪によって視程が悪化した状況がほぼ一致しています。道路上の雪や氷は、絶えず自動車により圧縮されるため、自然状態の積雪とは異なる性質を持っています。それを考慮して雪氷状態を予測するモデルを新たに開発しました。モデルによる路面状態の予測結果は、観測と概ね合っていることがわかります（図6）。

## モニタリングと試験運用

積雪気象監視ネットワークによるほぼリアルタイムの観測値やドップラーレーダーによる降雪分布の観測値は、雪氷災害発生予測システムの検証のために使うだけでなく、外部の試験研究機関や気象台にも提供され、それぞれ有効に利用されています。また、ホームページや携帯電話サイトを通じて、一般へも公開しています（図7）。アクセス数はその日その日の雪の降り方に連動して変わり、雪に対する関心の高さが伺えます。

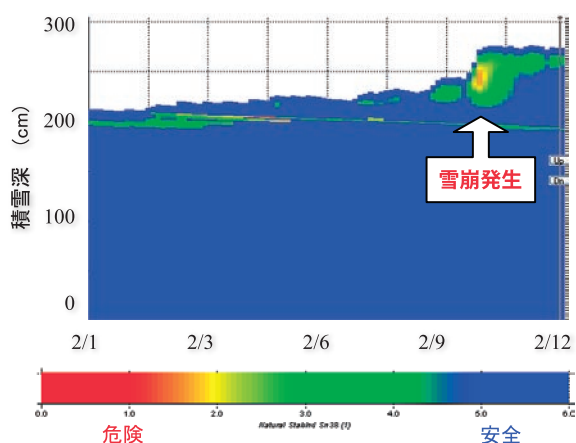


図4 積雪変質モデルによる雪崩発生前後の積雪安定度の計算例（赤い色は安定度が小さく雪崩発生危険度が大きいことを表わす）

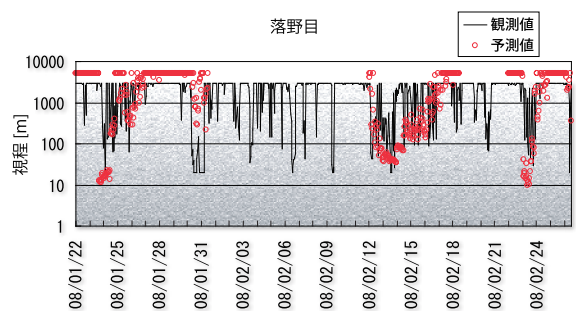


図5 吹雪による視程悪化の観測と予測の比較（予測は一部の期間に対して行った）

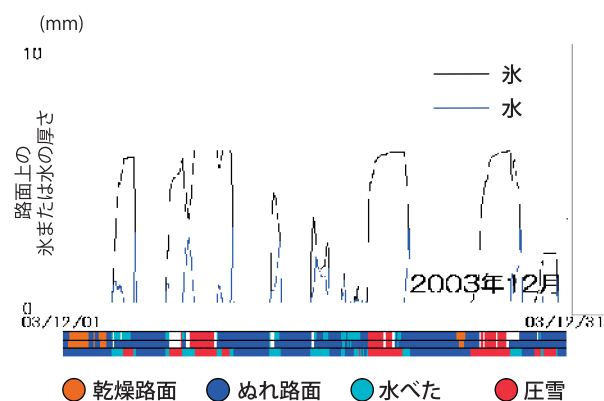


図6 路面状態の予測と観測の比較（折れ線グラフ：予測された路面上の氷と水の量、棒グラフ：上段と中段はそれぞれわだちと車両の直下における観測結果、下段は予測結果）



図7 ホームページで公開している積雪・気象データ (<http://www.bosai.go.jp/seppyo/>)

2006年冬より、雪国の道路を管理している国、県、市などの機関と連携して、雪氷災害発生予測システムの試験運用を開始しました(図8、9)。防災科研からは雪崩の発生危険度や吹雪による視程悪化の予測情報に加えて、webカメラによる雪崩の監視映像などを提供し、協力機関からは情報の有効性についての意見や、実際に情報を利用する立場からの要望などを頂くものです。これまでに、試験運用を通じて予測スケジュールの調整や予測内容、情報の表示方



図8 試験運用(新潟地区)におけるGoogle Mapを利用した雪崩危険度情報のトップ画面(雪マークをクリックすると、その地点の雪崩危険度が図4の形式で表示される)

法などの改良を行ってきました。この冬からは、道路雪氷状態の予測情報も加わり、さらに関係機関との連携が深まることが期待されます。

## ハザードマップへの応用

雪氷災害発生予測システムを構成するさまざまなモデルは、雪崩・吹雪・融雪災害のハザードマップ作成へも応用されています。雪崩の運動モデルや高精度吹雪モデルなどを新たに開発して、雪崩の被害範囲や詳細な吹雪災害の分布が推定できるようになりつつあります。いろいろな条件を考慮して作成されるハザードマップは、道路計画や都市計画を立案する際に、効果的で効率的な雪対策を考える上で有用なものになるでしょう。

## おわりに

防災科研が開発している雪崩・吹雪・道路雪氷を対象とした雪氷災害発生予測システムは、屋根雪や着雪などが原因となる雪氷災害にも応用が可能です。また予測情報は、これまで行われてきた雪対策の高度化や、施設の運用の効率化などにも役立つと考えられます。

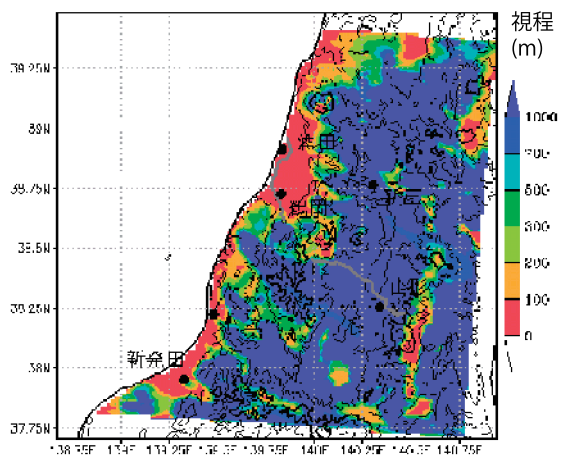


図9 試験運用(山形地区)における吹雪に伴う視程悪化の予測画面(赤い色は視程が悪いことを示す)