

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究

研究期間：平成29年度～平成30年度

研究代表者：東京管区气象台 気象防災部防災調査課 調査官 渡辺 記秀

研究担当者：下表のとおり。気象官署は主担当のみ。

気象研究所	気候研究部 第六研究室 主任研究官 庭野 匡思 予報研究部 第三研究室 研究官 荒木 健太郎
東京管区气象台	気象防災部防災調査課 技術主任 長屋 幸一
宇都宮地方气象台	予報官 本村 栄朗
富山地方气象台	調査官 小林 幸博
長野地方气象台	予報官 河野 智一
岐阜地方气象台	予報官 涌井 和夫

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載

（社会的背景・意義）

雪崩は人命に関わることも多く、2013年11月の富山県立山町真砂岳で発生した雪崩や、2017年3月に栃木県那須町で発生した雪崩では多くの犠牲者を出し、雪崩に対する社会的関心が高まっている。一方、なだれ注意報については、（気象業務での意義）で記述しているとおり運用に課題があり、本研究において、なだれ注意報等の運用の改善を検討することが必要と考える。

（学術的背景・意義）

雪氷学の分野では、モデルを用いた積雪深や積雪層の構造の解析（予測）に関する研究が進んでいる。最新の積雪変質モデルを用いて積雪層の把握に取り組む研究を行い、なだれの現象理解を深めることは、雪氷学においても重要と考える。

（気象業務での意義）

なだれ注意報については、発表基準が物理的な根拠に基づいていないとの指摘がある点、隣接府県（予報区）との発表基準の整合性が十分に取れていない点、及び積雪の実況値が入手困難であるという点で、運用に課題が残っている。また、なだれの体系的な調査は近年行われていないことから、職員のなだれに関する解析技術の向上も不可欠である。当研究は、なだれ注意報等の運用改善につながる可能性があり、適切な防災気象情報の運用に資するため緊急的に行う

必要性がある。

2. 研究の目的

気象研究所で開発された積雪変質モデルを用い、過去の積雪層（時系列）の構造を調査し、積雪層の雪質や安定度から、なだれ注意報等の運用の改善を検討することを目的とする。

3. 研究の目標

本研究において調査を行った積雪変質モデルの結果や総観場・環境場の解析結果を利用して、なだれ注意報等の運用を改善する手法を検討することを目標とする。具体的には、なだれ注意報の発表期間をより適切に運用する手法を検討する。

4. 研究結果

（1）成果の概要

本研究を始めるにあたり、気象研究所研究官による雪崩に関する基礎知識の講習を受け、合わせて参考図書や先行調査等の文献により雪崩に関する知識を習得した。その後、各県で過去に発生した雪崩を自治体や道路管理者等から収集し、得られた雪崩事例の中からアメダス近傍の雪崩を抽出し調査を進め、以下に示す知見を得た。

項目① 中部地方の湿った雪に対して、積雪変質モデルの精度検証を実施

今回使用した積雪変質モデルは札幌における積雪断面観測との精度検証が行われているものの、中部地方のように湿った雪が大勢を占める地域では検証されていないことから、新潟県に位置している雪氷防災研究センターの積雪断面観測データを提供いただき、2015年～2016年、及び2016年～2017年の2積雪期を対象とした精度検証を実施した。その結果、湿った雪が降る地域でも雪質の変質過程を概ね再現できていることを確認した。

項目② 積雪変質モデルを用いた過去の積雪層の資料作成

各官署で抽出した雪崩事例の近傍のアメダスを対象に22地点、のべ36地点でアメダス観測値を用いた積雪層の再現を実施した。また、積雪変質モデルを将来的に現業運用することを想定して、各官署1事例について、大気モデル(NHM)の計算結果から雪崩が発生した地点に対応する格子の計算値を抽出し、それを使用した積雪層の再現実験を実施した。

項目③ 雪崩発生日までの環境場及び総観場から、雪崩の原因を調査

過去の雪崩事例について、表層雪崩の発生に繋がる弱層の形成過程、降雪結晶弱層となりやすい降雪が見込まれる総観場の出現状況、及び全層雪崩が発生

しやすい気象条件など、雪崩発生日までの気象状況の推移から雪崩の原因を推定した。この結果について積雪変質モデルによる積雪層の表現との整合性を確認した。

項目④ 再現された積雪層から、表層雪崩の危険性を判断

積雪変質モデルで計算された雪質や粒径、安定度などから、表層雪崩の危険性を表現する要素を検討した。特に安定度について、H29 年度は Deformation rate stability index (Lehning et al., 2004) : S_f を、H30 年度は Natural stability index (Hirashima et al., 2009, 2011) : S_i を加え比較した。その結果、S_f は降雪後に積雪層が数日間にわたり不安定な持続する様子を表現し、S_i は降雪直後の最も不安定な状態を表現していることが示された。先行研究では表層雪崩の危険性に対し今回の 2 種類の安定度を比較するものは例がなく、両者の表現から総合的に雪崩の危険性を判断することの優位性が示されたと判断している。

項目⑤ 再現された積雪層から、全層雪崩の危険性を判断

積雪変質モデルで計算された体積含水率と底面流出量から、全層雪崩の危険性を判断できるか検討した。両者共に、ある程度全層雪崩との対応は見られたが、積雪下部の体積含水率の増加、及び底面流出量が増加するタイミングが全層雪崩よりも後に表現された事例も見られた。今回使用した積雪変質モデルに「水みち」のプロセスが考慮されていないことが要因として挙げられ、この問題を解決することで、全層雪崩の危険性の判断への活用が期待される。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

- ・湿った雪が大勢を占める地域における積雪変質モデルの精度検証を実施した。
- ・積雪層の安定度の指標を 1 種類から 2 種類へ変更し、両者の表現の比較を加えて雪崩の危険性を検討した。
- ・2 年間の調査期間で各官署 5 積雪期における積雪層の再現実験を実施する予定であったが、計算に時間を要したため 3 積雪期へ変更した。
- ・将来的に現業において積雪変質モデルを運用することを想定して、アメダス地点の積雪層の再現実験に加え、各官署 1 事例を選択して雪崩発生地点における大気モデル (NHM) 出力値を用いた積雪層の再現実験を実施した。

(3) 成果の他の研究への波及状況

- ・積雪変質モデル SMAP の精度検証、及び、のべ 36 地点における積雪層の再現実験で得られた知見は、一般研究 c5「雪氷物理過程の観測とモデル化による雪氷研変動メカニズムの解明」で取り組まれている雪氷物理プロセスモデルの高度化に有益な情報になる。

・気象庁予報部予報課で開発が行われている「積雪推定値」において、積雪モデルの精度向上に資する有益な情報になり、将来的には「積雪推定値」の利用による大雪注意報・警報の高度化にも資する。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

各地の積雪層の再現から、モデルの再現性や課題を整理することが重要との評価を受けた。これを受け、H30年度は積雪断面観測データを用いた積雪変質モデルの精度検証を実施したほか、各官署が計算を実施したのべ36地点の積雪層の再現結果から、(1) 成果の概要、(5) 今後の課題、で示すモデルの再現性の特徴や課題を確認し、積雪変質モデルの精度向上・高度化に必要な課題をまとめた。

(5) 今後の課題

・なだれ注意報の運用を改善する手法の検討について

表層雪崩、全層雪崩でそれぞれ基準となり得る指標を確認し、これにより、現在のなだれ注意報の運用基準による発表回数や継続時間、雪崩の捕捉率がどう変化するか、得られた結果を基に検討を継続しており、成果報告書の中で示す予定である。

・雨雪判別の気温の閾値の判断について

今回研究対象とした中部地方では、同じアメダス地点においても年により雨雪判別の気温の閾値が異なる結果となった。現業的に積雪変質モデルを運用する際、さらにはNHM-SMAPで面的な積雪層の再現を実施する際は、気温の閾値の設定方法の検討が必要になる。

・積雪変質モデルの精度向上、及び高度化

全層雪崩の危険性を的確に把握するためには、積雪変質モデルに「水みち」のプロセスを加えることが必要である。また、表層雪崩の危険性の把握をより精緻にするためには、積雪変質モデルで対応していない低気圧性の降雪による降雪結晶弱層への対応も望まれる。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

本研究では、積雪変質モデルによる積雪層の再現実験・解析、総観場、環境場の解析を行い、積雪変質モデルによる積雪層の解析からは表層雪崩や全層雪崩でそれぞれなだれ注意報の基準となりうる指標を確認することができた。これにより目標としているなだれ注意報等の運用改善手法の検討は可能であり、結果は成果報告書で示す予定であるが、目標は概ね達成できたと考える。

(2) 到達目標の設定の妥当性

本研究では、積雪変質モデルによる積雪層の再現実験・解析、及び総観場、環境場の解析を優先的に行い、なだれ注意報等の運用改善については手法を検討するところまでを目標とした。目標の設定は妥当であったと考える。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

本研究において、管区イントラページ (<http://www.tk.met.kishou.go.jp/chousa/kyodokenkyu/H29-30/pukiwiki/index.php>) を開設し、参考資料や検討内容を共有したほか、WEB会議等で気象研究所研究官による勉強会を4回実施した。また、メーリングリストを作成し、気象研究所研究官からの指導内容や担当者間の質疑応答等を共有し、効率的に調査研究を進めた。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

本研究の成果は、「積雪推定値」（気象庁予報部予報課で開発中）における積雪モデルの精度向上に資する有益な情報となる。また、先行研究で2種類の安定度を比較して調査研究を行った例はなく、学術的意義も大きい。H31年度冬には雪氷防災研究センターにおいて積雪断面観測実習を官署担当者が受講する予定としており、本研究の取り組み後も、官署で雪崩に関する調査研究が進むための土台となる。また、本研究の成果の概略をまとめた原稿を日本気象学会の機関誌「天気」に投稿する予定である。

(5) 総合評価

本研究では、当初計画していた積雪変質モデルによる積雪層の再現実験・解析、総観場、環境場の解析を実施し、なだれ注意報等の運用改善手法の検討についても平成31年3月には完了する予定である。また、2種類の安定度の比較や積雪変質モデルの精度検証など、当初計画になかった調査研究も実施した。

得られた成果は、将来的になだれ注意報の運用改善につながると考えられ、学術的意義も大きい。また、本研究により職員のなだれに関する解析技術も向上したと考えられる。

上記を総合して、調査研究は良好であったと考える。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

・平成 29 年度東京管区調査研究会誌に以下原稿を掲載

官署	題名
東京	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究(1年目)
宇都宮	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (2年計画第1年度)
富山	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する調査 富山県の雪崩事例の調査
長野	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 その1 2017年度調査(1年度/2年計画)
	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 その2 2017年度調査(1年度/2年計画)
岐阜	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (2年計画1年目)

・平成 30 年度東京管区調査研究会誌に以下原稿を掲載予定

官署	題名
東京	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (2年目) ～積雪変質モデルの精度検証～
宇都宮	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (2年計画第2年度)
富山	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する調査 (2年目)
長野	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (その1)
	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (その2)
岐阜	積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究 (2年計画2年目)

・地方共同研究「積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究」成果報告書
平成 31 年 3 月 発行予定

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

1. 河野智一・横木保則・藤井拓也・高橋恵美子、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究，雪氷防災研究センター・新潟地方気象台合同談話会
2. 小林幸博・大沼啓人・松沢裕次・花棚浩一・奥田智紀・仲香織、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する調査、平成 29 年度富山県内調査研究会
3. 長屋幸一・渡邊記秀・植村恵子、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（1年目）、平成 29 年度東京都内調査研究会
4. 青山大輔・涌井和夫・東屋義幸・木村光一・早野冨由希・倉田麻貴・

- 加藤弘明・赤田咲生、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年計画1年目）、平成29年度岐阜県内調査研究会
5. 河野智一・横木保則・藤井拓也・高橋恵美子、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（その1）、平成29年度長野県内調査研究会
 6. 河野智一・横木保則・藤井拓也・高橋恵美子、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（その2）、平成29年度長野県内調査研究会
 7. 本村栄朗・森洋・浅尾宏紀・高木康征・草野修平、2017：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年計画第1年度）、平成29年度栃木県内調査研究会
 8. 長屋幸一・渡辺記秀・植村恵子、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（1年目）、平成29年度関東甲信地区調査研究会
 9. 本村栄朗・森洋・浅尾宏紀・高木康征・草野修平、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年計画第1年度）、平成29年度関東甲信地区調査研究会
 10. 青山大輔・涌井和夫・東屋義幸・木村光一・早野冨由希・倉田麻貴・加藤弘明・赤田咲生、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年計画1年目）、平成29年度東海地区調査研究会
 11. 河野智一・寒河江俊昭・松澤直也・藤井拓也・明石亮、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究、雪氷防災研究センター・新潟地方気象台合同談話会
 12. 長屋幸一・渡辺記秀・高村奈央・林悠平、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年目）～積雪変質モデルの精度検証～、平成30年度東京都内調査研究会
 13. 高木康征・本村栄朗・浅尾宏紀・田中三樹男・伊佐見薫、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（2年計画第2年度）、平成30年度栃木県内調査研究会
 14. 小林幸博・大沼啓人・松沢裕次・川端昇・川本直樹・柴山雄紀、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する調査（2年目）、平成30年度富山県内調査研究会
 15. 河野智一・寒河江俊昭・松澤直也・藤井拓也・明石亮、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（その1）、平成30年度長野県内調査研究会
 16. 河野智一・寒河江俊昭・松澤直也・藤井拓也・明石亮、2018：積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究（その2）、平成30年度長野

県内調査研究会

17. 青山大輔・涌井和夫・東屋義幸・早野冨由希・倉田麻貴・加藤弘明、
2018:積雪変質モデルを用いた積雪層に関する研究(2年計画2年目)、
平成30年度岐阜県内調査研究会
18. 長屋幸一・渡辺記秀・高村奈央・林悠平、2019:積雪変質モデルを
用いた積雪層に関する研究(2年目) ～積雪変質モデルの精度検証～、
平成30年度関東甲信地区調査研究会

イ. ポスター発表

- ・国際的な会議・学会等
- ・国内の会議・学会等

なし

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他(3.(3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

なし