

気象データを用いた雪崩発生分析

中村一樹 (財団法人日本気象協会北海道支社),
秋田谷英次 (NPO 法人雪氷ネットワーク・北の生活館)

1. はじめに

2007 年 11 月 13 日と 23 日の 2 度にわたり、上ホロカメットク山で雪崩が発生した。11 月 13 日の雪崩は山頂に近い西斜面で発生し、1 人が埋没し救助された。11 月 23 日の雪崩は D 尾根の北斜面で発生し、12 人が埋没し 4 名が死亡、1 名が重傷となる大きな事故となった。

(社) 日本雪氷学会北海道支部が 2007 年 11 月に新設した雪氷災害調査チームは、雪崩の発生メカニズムを解明する目的で雪崩の現地調査を行った。発生区および堆積区で行った積雪断面調査の結果、両方の雪崩とも地面に近い積雪内にしもぎらめ雪とこしもぎらめ雪からなる弱層が確認された。今回の雪崩はこの層が破断したことにより面発生乾雪表層雪崩が発生したとみられた。本研究は、雪氷災害調査チームの積雪断面調査結果を基に、周辺の気象データから雪崩発生について分析を行ったものである。

2. 目的

雪崩発生の危険性を気象データから予想することが可能ならば、登山者、スキーヤー、スノーボーダー、山岳での作業者の他、道路管理等にも有益な情報となる。周辺の気象データから雪崩を予想し、冬期に山岳で行動する場合の安全性を高めることを目的に本研究を実施した。

3. 表層雪崩の発生要因と着眼点

図 1 に示すように、表層雪崩の発生要因は、斜面の状態などの「地形」と「積雪の安定性」、そして積雪の状態に大きく影響する「気象」である。この 3 要因に、「人的要因等」が加わることで、積雪内に弱層と上載積雪がある不安定な状態の場合等では、表層雪崩の危険が高まる。

本研究では、「積雪の安定性」に関わる表層雪崩発生プロセスである「弱層形成」と「上載積雪形成」について、「気象」データから考察し、雪崩発生の分析を試みた。



図 1 表層雪崩の発生要因

4. 事例分析

2007 年 11 月に連続発生した上ホロカメットク山での 2 つの雪崩発生事例について、気象の側面から考察する。

(社) 日本雪氷学会北海道支部雪氷災害調査チームが行った現地調査によると、上ホロカメットク山で発生した 2007 年 11 月 13 日と 23 日の雪崩発生区では、積雪の地面に近い層にこしもぎらめ雪としもぎらめ雪からなる霜系の弱層が見られ、その層が破壊して面発生乾雪表層雪崩が発生し、二つの雪崩事故に至ったとたことがわかった (尾関ら, 2008)。積雪の中間層に発達した霜系の弱層が見られる場合には、その層が表面付近にあったときの気象条件がその形成に関わっている場合が知られている (福沢・秋田谷, 1992; 福沢ら, 1993)。

この節では雪崩発生前の気象データから弱層の形成と上載積雪の堆積を考察する。図 2 に周辺気象観測所の位置図を示す。図 3 は、11 月 1 日から 23 日の富良野アメダス(上ホロカメットク山より日本海側、標高 174 m)における降水量、風速、日照時間、気温データと、新得アメダス(上ホロカメットク山より太平洋側、標高 178 m)における降水量データ、上ホロカメットク山山頂から西北西に約 3.5 km の標高 1020 m に位置する旭川土木現業所吹上テレメータ積雪深データを時系列で示したものである。

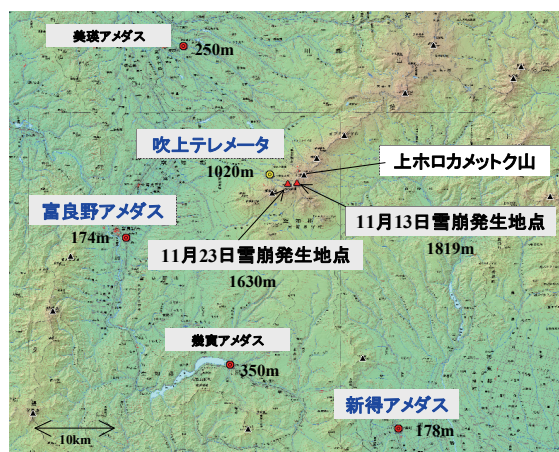


図 2 周辺気象観測所の位置と標高

国土地理院発行数値地図 200000 (地図画像) 使用

平均的な気温減率 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ から考えると、標高 1800 m 付近の雪崩発生区の気温は、富良野に比べ約 10°C 低かったと推定される。この気象データを見ると、8 日夜に 3 mm の降水があり、気温から考えると、1800 m 付近では降雪であったと推定される。吹上テレメータでも 4 cm の積雪を記録していることがわかる。気象庁解析雨量データで確認したところ、この時間帯に十勝岳連峰一帯で弱い降水が確認された。9 日の日中は日照があり、8 日夜に積もった新雪層は日射で内部昇温していると考えられる。9 日午後から 10 日早朝にかけては風速が弱く、気温は一定の速度で低下していることから、強い放射冷却があったことが分かる。日中暖められた新雪が放射冷却で急激に冷却されると、この新雪は霜系の雪に変化するので、この層が弱層を形成したと推定される。

図 3 より、11 日から 12 日にかけて新得アメダスでは 50 mm の降水があったことがわかる。この時間帯の新得の気温が $4^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$ ということから、新得では降雨であったと推定される。気象庁解析雨量データで確認したところ、この時の降水域は、十勝岳連峰の尾根付近まで達していたが、富良野や吹上テレメータ付近にはほとんど到達しなかった。富良野アメダスの降水データや吹上テレメータの積雪深データに記録されていないのはそのためである。新得の標高と平均的な気温減率から勘案すると、上ホロカメットク山山頂付近の気温は氷点下であったと推定され、山頂付近ではまとまった降雪になったと考えられる。

気象庁解析雨量データと高層気象データより、上ホロカメットク山山頂付近では 11 日の夜は南東からのやや強い風 (10 m s^{-1} 程度) のなかやや重たい雪が降り、12 日朝には東北東の非常に強い風 ($20\sim 25\text{ m s}^{-1}$) により風下に吹き溜まりが形成されたと推定される。これは 13 日に雪崩が発生した西向き斜面が該当する。以上が 13 日に発生した雪崩に対する上載積雪の形成過程である。

一方、吹上テレメータの積雪深データは 15 日から 23 日の間に 98 cm の積雪深の増加を記録している。この間、低気圧の通過と、その後の北から西寄りの季節風を伴う強い冬型により、十勝岳連峰では 15 日から 23 日の午前中までに多くの降雪があった。11 日から 12 日の積雪の上に、この 15 日以降の多量の積雪が加わり、23 日に雪崩が発生した北斜面上で上載積雪が形成されたと考えられる。

すなわち、放射冷却で雪の表面が霜系の弱層に変化し、その後にこの弱層の上に風で飛ばされた雪や降雪が堆積したことにより、斜面積雪が不安定になったものと結論される。これは現地で行った積雪調査結果(尾関ら, 2008)と一致している。

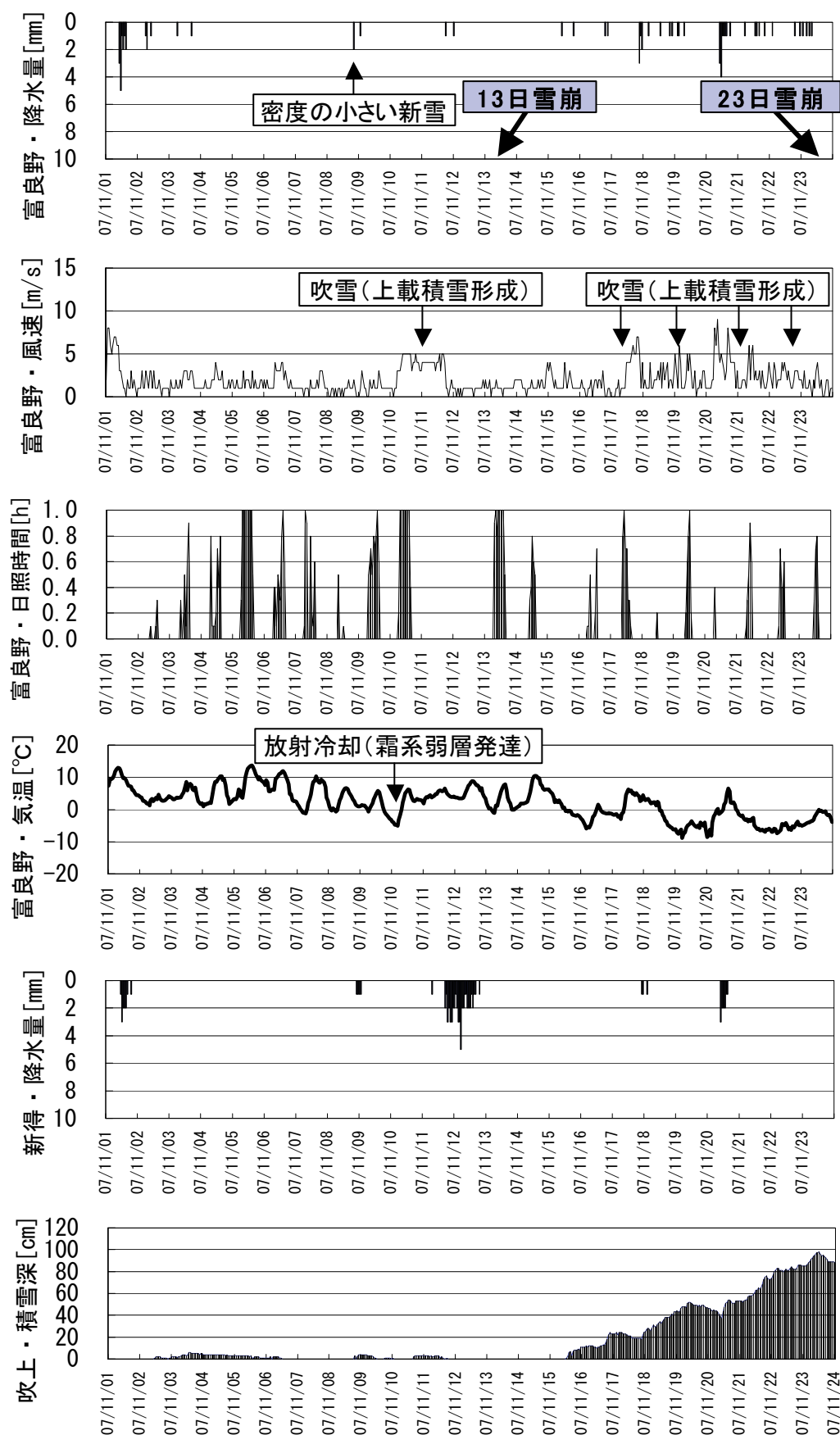


図3 周辺気象時系列データ (2007年11月1日～23日)

5. まとめ

本研究では、雪崩発生前の気象データを用いて積雪の安定性について分析した。考察の結果、上ホロカメットク山の広い範囲で霜系の弱層が形成され、その後の降雪と風成雪が上載積雪となって、雪崩発生の時期に西向きや北向きの斜面積雪が不安定な状態にあったと推定した。

しもざらめ雪が弱層になりその後の上載積雪で表層雪崩の危険性が大きくなる場合、図4に示す4つの気象の条件を考慮することにより、予め周辺気象データからある程度の危険度を推定することが可能と考えられた。今後、さらに、雪崩事例に対する気象の分析を積み重ね、気象データによる雪崩危険度の推定方法を広く浸透させたい。

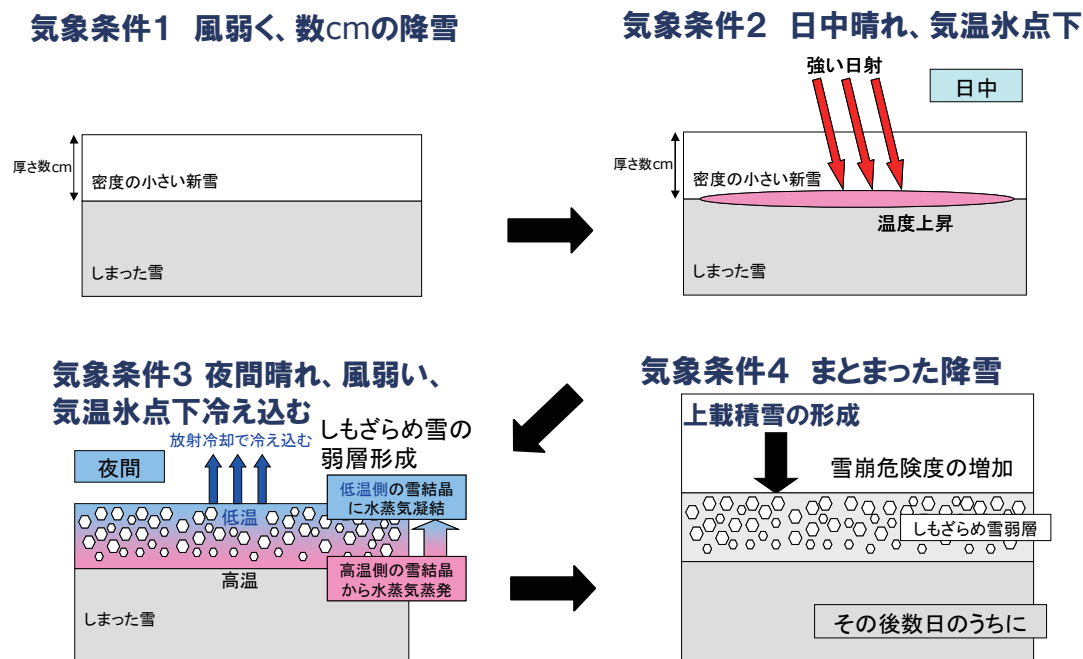


図4 しもざらめ雪弱層と上載積雪形成のための4つの気象条件

謝辞

(社)日本雪氷学会北海道支部雪氷災害調査チームの皆様と現地調査に関わった多くの皆様が観測した貴重な現地調査データがなければ、この考察は不可能であった。また、北海道上川支庁旭川土木現業所富良野出張所からは、吹上テレメータ積雪深データをご提供いただいた。ここに感謝申し上げる。

2007年11月20日に「十勝連峰の雪は不安定 入山者は注意を！」という情報を発表していたにも関わらず、11月23日に雪崩事故が起こってしまったことが残念でならない。気象情報を伝える立場から、必要な人に的確な情報を確実に伝えることを今後の課題として受け止めた。今後も山岳雪崩など雪氷災害の研究を継続し、被害や犠牲を少しでも減らすことができればと考えている。最後に、2007年11月23日の雪崩で亡くなられた4名の方々に謹んで哀悼の意を表する。

参考文献

尾関俊浩, 八久保晶弘, 岩花剛, 中村一樹, 樋口和生, 大西人史, 佐々木大輔, 秋田谷英次, 2008: 2007年11月に北海道上ホロカメットク山で連続発生した雪崩. 雪氷, 投稿中.
福沢卓也, 秋田谷英次, 1992: しもざらめ雪層の急速形成過程の観測. 低温科学, A50, 1-7.
福沢卓也, 秋田谷英次, 松本慎一, 1993, 大きな温度勾配の下でのしもざらめ雪成長実験(II). 低温科学, A51, 23-30.