雪崩発生の監視と予知システムの開発による 道路防災対策の研究(I)

西村浩一(北大低温研)、八久保晶弘(北見工大)、松沢 勝(開土研)

1. はじめに

冬期の道路防災を考えるうえで、「吹雪」による視程障害や吹きだまりとならび、「雪 崩」対策もまた重要な項目と言える。ひとくちに雪崩といっても、法面の積雪崩落から 峠の沢筋等で発生する比較的規模の大きいものまでその規模はさまざまであるが、車輛 や人員が巻き込まれたり道路が閉鎖されるなどの事例は毎冬必ず何件か発生している。 本研究では、気象・積雪さらには道路条件を加えた広範な因子を用いた解析を行い、雪 崩発生の監視と予知システムの構築に資することを目的とする。

今回はフランスで雪崩予報を目的に開発された1次元積雪層構造モデル(クロッカス モデル(Brun et al., 1989,1992))を道内の国道沿線にある道路気象テレメータ地点 に適用した結果を紹介する。

2. クロッカスモデル

本モデルでは、9種類の気象データ(気温・風速・湿度・降水量・雨雪判別・大気放 射量・直達日射量・散乱日射量・雲量)を入力すると、

・積雪深、積雪水量、積雪底面での融雪量、・積雪層構造、・積雪の表面温度、・雪面 における熱収支の時系列データが出力される。このうち積雪層構造の記述に関しては、 各層ごとに、地表面からの高さ・層の厚さ・雪質・粒径・雪温・密度・含水率が出力さ れる。今後検討を要する課題も多いものの、過去2冬季間北大低温研裏庭を対象に行わ れた検討結果では、モデルの出力と断面観測の値は、積雪深、雪質、密度分布ともに比 較的高い精度で一致することが確認されている。

そこで、本研究では道内の国道沿線に設置された道路テレメータから6地点(天北峠、 北見峠、三国峠、富和、狩勝峠、霧立峠)を抽出し、気象観測データをモデルに入力す ることで積雪構造の推移の再現を試みた。ただしテレメータ地点での測定項目は、多く ても気温、積雪深、降水量、風向風速であり、モデル入力に必要な上記の9種類の気象 データをカバーできない。特に日射量は推定困難であるため、あらたに日射計(英弘精 機 ML-020)を設置した。図1に北見峠での測定結果を示す。

3. 計算の方法と結果

ここでは、6 地点のうちから北見峠を対象に取りあげ、現地で取得された日射量のデ ータとクロッカスモデルを用いて当地での積雪状況を推定する試みを行った結果を紹 介する。

モデルの入力に必要な気象データのうち、気温、風速、降水量については北見峠の道路気象テレメータのデータを用いた。また、雨雪の判別は気温(+3℃)の値を基準に行った。3種類の放射量と雲量は、近藤(1994)を参考にして以下の方法で算出した。まず近傍のアメダス地点(白滝)の日照時間のデータから、雲の効果を現わす係数C(快

晴時に1、雲量10程度で0.2235)を求める。

$$C = 0.826A^3 - 1.234A^2 + 1.135A + 0.298 \quad (1)$$

$$A = N / N_0 \tag{2}$$

ここで N は日照時間、N_oは可照時間である。また、快晴時の大気放射量は、以下の 式で近似が可能である。

$$\frac{L_{\downarrow}}{\sigma T^4} = 0.51 + 0.066e^{0.5} \tag{3}$$

Tとeは境界層内の代表値として与えられ る気温と水蒸気圧であるが、ここでは気温 については現地(道路テレメータ)での測 定値を、また水蒸気圧はテレメータ、アメ ダス地点ともに測定が行われていないため、 旭川地方気象台での値を代用した。



こうして求めた快晴時の大気放射量 L↓とCを用いると、次式から雲のある場合の大 気放射量 Ld を求めることができる。(注:本来は日平均値に対して用いるべき式であ り、これを時間平均値にまで拡張することは今後検討を要する)

$$L_d^4 = \sigma T^4 \left[1 - \left(1 - \frac{L_{\downarrow}}{\sigma T^4} \right) C \right] \tag{4}$$

雲量は

$$C = 1 - n (1 - 0.2235) \tag{5}$$

から求めた。一方、全天日射量に対する散乱の寄与率は雲量 10 の場合に1、雲量0の 快晴時ではおおよそ 0.2 程度であることから、現地で測定された全天日射量 Sを以下の 式にしたがって直達日射量 S₄と散乱日射量 S₅にふりわけた。

$$S_s = S \times (0.8n + 0.2)$$
 (6)

$$S_d = S - S_s \tag{7}$$

相対湿度は、先に述べたように近傍での実測値がないことから旭川地方気象台の値を

代用した。

計算は、当地に日射計が設置された翌日にあたる 1999 年 1 月 24 日から開始した。 初期条件は、積雪深が 195cm(道路テレメータによる測定値)、雪温、密度、雪質はい ずれも全層均一で、それぞれ-5℃、200kg/m³、しまり雪という内容である。

図2にモデルから出力された積 雪構造の変化(2月1日から4月 10日)を10日毎にあらわす。当 地での積雪断面による実測値がな いため結果の妥当性に関する評価 は困難であるが、表面付近では新 雪がこしまり、しまり雪へとしだ いに変化する一般的な傾向は再現 されている。また底面付近、とり わけ3月以降はこしもざらめ雪の 分布が卓越する結果も示された。 (cm) これに対して、求められた積雪深 の変化を道路テレメータによる測 定値と比較したものが図3である。 短周期での増減の傾向は両者とも ほぼ一致しているものの、実測で は期間中の積雪深の増加が 50cm 程度であるのに対し、計算結果で は最大値が 370cm に達するなど 絶対値に大きな差異が見られた。 先に述べたように北大低温研での 比較では大きな相違は生じなかっ たことを考慮すると、主たる原因 は、今回実施した大気放射量Ld、 直達日射量 S,と散乱日射量 S、雲 量などの推定手法にあり、今後検 討の余地があることを示すものと 言えよう。



4. 今後の課題

今年度は北海道内6地点に日射計を設置し、それによる測定結果と道路テレメータ、 アメダス等のデータを組み合わせてクロッカスモデルから積雪構造の変化状況を再現 する試みを行った。結果は図3に示すように積雪深の絶対値に大きな差異が見られるな ど必ずしも満足できるものではなかった。今後は、(1)日射計の計測を無積雪時から開始 する、(2)湿度の測定を加える、(3)対象地点で定期的に積雪構造の観測を実施する、(4) 雲量、放射量の推定手法を吟味する、(5)道路テレメータ地点における気象データの質的



図 3. 道路テレメータでの積雪深の測定値と クロッカスモデルによる計算結果の比較

検討(設置場所、除雪作業の影響の評価ほか)など、観測の量と質、両面での改善が必要と考えられる。また同時に、モデル内に組み込まれた雪質の変化を予測するサブプロセスについても、これまでの研究成果をもとに逐一検討と修正を重ねて行く予定である。

参考文献

E. Brun et al.: An energy and mass model of snow cover suitable for operational avalanche forecasting, Journal of Glaciology, Vol.35, No.121, 333-342, 1989.

E. Brun et al.: A numerical model to simulate snow-cover stratigraphy for operational avalanche forecasting, Journal of Glaciology, Vol.38, No.128, 13-22, 1992. 近藤純正:水環境の気象学、朝倉書店、pp.350, 1994.

-22-