

長岡技術科学大学 学生会員 樋口 勲
 長岡技術科学大学 正会員 早川 典生
 (株)アルゴス 正会員 上石 勲
 新井リゾート(株) 山田 正則

1. はじめに

1991 年から、人工雪崩誘発手法の 1 つであるガゼックスに関する研究が新潟県南部に位置する Arai Mountain & Snowpark において行われてきた。このガゼックスはシーズンインからほぼ毎日稼働され、人工的に雪崩を誘発させ事故を未然に防いでいる。また、当スキー場では、発生した雪崩データに加え詳細な気象データが逐次記録されている。

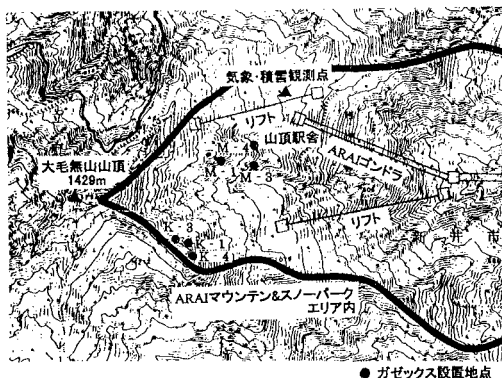


図1 ガゼックス設置地点

本研究では、このデータをもとに雪崩の発生に深く関係していると考えられる要因を確定するとともに、その要因を用いてガゼックスによる雪崩誘発成功・不成功条件を求めた。

2. 雪崩誘発成功時の気象状況

雪崩誘発成功時の気象状況を把握するために、ガゼックス設置地点と近い標高点のデータを用いて気象グラフを作成した。データの期間は 1997 年 12 月～1998 年 3 月、時間はその日のガゼックス稼働前の 6:00 時点のものである。図 2 にグラフを示す。

このグラフから、雪崩を誘発させるにはある程度の積雪深が必要であること、誘発成功と気温・風速・降雪量変動には何らかの関係があることなどがわかる。そこで、雪崩誘発成功と関係のある気象要因を確定するために、最初に雪崩の誘発に成功した日から最後に成功した日までの気象データを比較した。比較結果を図 3 に示す。

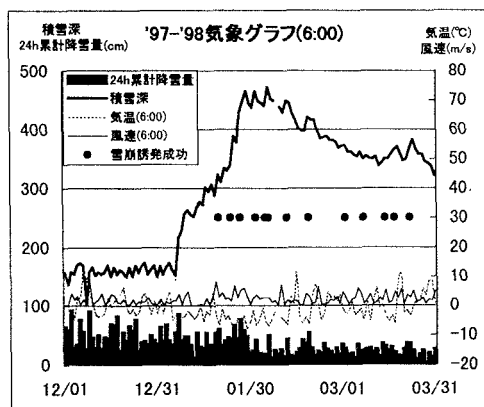


図2 '97-'98 気象グラフ

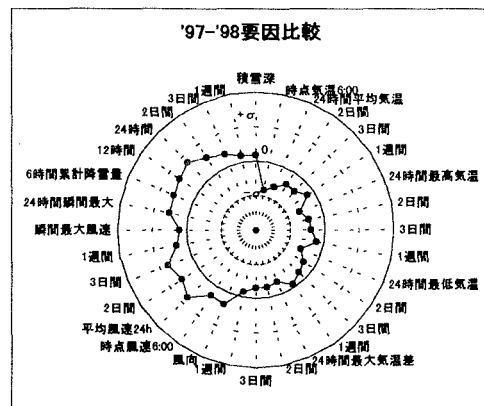


図3 要因比較

keyword: ガゼックス 誘発成功率 判別分析

〒940-2137 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学環境建設系 Tel: 0258-47-1611*6621

要因比較は気温・風速・降雪量の時点・期間データ 32 項目で行った。図中、実線で結ばれているマーカーが各項目の雪崩誘発成功日のみの平均値、実線円が全平均値を示している。従って実線円から離れるほどその項目は雪崩誘発成功日の状況が特異であったということになる。図から時点気温、24 時間平均風速、24 時間累計降雪量が雪崩誘発に深く関係していることがわかる。特に平均風速の項目は 24 時間、2 日間、3 日間ともに平均値との差異が大きく、風成雪、吹き溜まり等が雪崩誘発成功と密接に関係していると考えることができる。

3. 雪崩誘発成功予測

続いてこの 3 要素を用いて雪崩誘発成功・不成功予測を行った。予測には判別分析を用いた。判別分析とは、変量：Xi で表されるデータが群：1、2 のどちらかに属する場合、判定の基準となる式を与え、個体ごとに計算された関数値によって属する群を決定する手法である。判定式：f は ai を未知の係数とする

$$f = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_iX_i$$

で表され、変量：Xi に対応する係数：ai を算出することにより、データを群 1、2 に振り分けることができる。

以上より、変量を要因比較で得られた 3 要素、群を雪崩誘発成功・不成功として判別分析を行った。

4. 分析結果

算出の結果、判定式：f は次のようになった。

$$f = -0.061X_1 + 0.468X_2 + 0.036X_3 - 2.348$$

X1：時点気温

X2：24 時間平均風速

X3：24 時間累計降雪量

ここで、 $f < 0$ が雪崩誘発成功・不成功の群を分ける。X1、X2、X3 を 3 次元座標軸として $f=0$ の面を描いたのが図 4 であり、図の面の上側では $f > 0$ 、下側では $f < 0$ である。

図 4 には、24 時間累計降雪量・平均風速の値が大きく時点気温が低ければ雪崩が誘発されやすいという傾向が現れている。また、降雪が観測されない場合でも 24 時間平均風速が強く時点気温が低いと誘発に成功するという結果を示した。

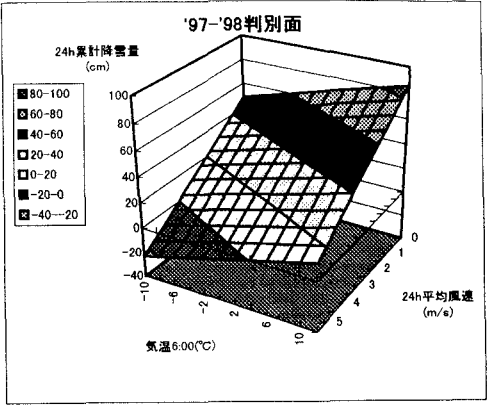


図 4 判別面

今回得られた判別式の精度は、判別分析の予測結果と実際の雪崩誘発状況を比較することにより確認した。比較結果を表 1 に示す。

予 実	〇〇	〇×	×〇	××
データ数	13	18	0	31

○：誘発成功、×：不成功

表 1 予測－実際 成功・不成功状況

$f > 0$ ：31 日のうち雪崩誘発に成功したのは 13 日、失敗したのは 18 日、 $f < 0$ ：31 日のうち雪崩の誘発に成功したのは 0 日、失敗したのは 31 日であった。成功を見逃すパターン ($f < 0$ のうち実際は誘発成功しているケース：×〇) はなかった。

5. まとめ

ARAI での雪崩誘発気象要因には予想以上に風の影響が強く現れ、雪崩の発生には風成雪や吹き溜まりが深く関係しているということがわかった。風の影響に関してはさらなる解析が必要である。

判別結果は成功を不成功と誤判別することはなかったが、その逆はかなり検出されてしまった。予測的中率の向上が今後の課題となった。

参考文献

長岡技術科学大学、(株)アルゴス、新井リゾート(株) “雪崩の発生および運動機構およびその災害防止技術への応用に関する研究” pp26-31