なだれの発生率について

高橋三郎・木全敬蔵・田代征雄

The Probability of Occurrence of the Avalanche

by Saburo Takahashi, Keiyo Kimata
and Tadao Tashiro

As the fixed elements of occurrence of the avalanche, the authors defined vegetation, degrees of inclination, direction and type of the slopes which are able to measure or interpret with non-snow covered aerial photos.

Using these elements, every slope which is divided by ridge and drainage classified 84 patterns.

With snow covered aerial photos interpreted avalanches, and then calculated the statistical probability of occurrence of the avalanche for every pattern.

If such fixed elements are able to measure or interpret, the probability of the occurrence of the avalanche would be estimated at everywhere by means of this result.

無雪期の航空写真から測定または判読できるなだれ発生斜面の固定因子として植生、傾斜、方位、斜面形をとりあげ、稜線と谷線で区分した単位斜面を分類し、84のパターンにまとめた。

積雪期の航空写真からなだれを判読し、84のパターンのおおのについて、なだれが発生した確率を求めた。

この確率を使って固定因子を判読または測定できれば、積雪深に応じたなだれの発生率を計算することができる。

I. ま え が き

上越国道工事事務所では、国道17号線に沿って、毎年積雪期の航空写真を撮影してきた。昭和41年度までは、航空写真を判読・解析して雪崩分布図を作成するだけに使われていたが、本年を含めて、場所によっては4ヶ年分の資料が蓄積されたので、観点をかえて航空写真から得られる情報を集計し、雪崩が発生する確率を算出し、その結果を、国道17号沿いの地域にとどまらず、他の積雪地帯にも応用しようという試みの第一段階として解析したものである。

判読は、木全敬蔵、計算のシステムは、高橋三郎、プログラミングと計算は、田代征雄がそれぞれ担当した。

II. 雪崩発生要素

雪崩発生の要素として、降雪量、積雪量、気温、日照量等の気象条件と地表面の傾斜角、斜面の形、斜面の向き、植生等の地形的な条件の2つに大別される。

後者は固定的で、同一地域を覆う無雪期の航空写真

があれば、ほぼ完全に読みとることができる。

航空写真は、撮影時点の情報を写しているにすぎないから、航空写真による解析では、気象条件すなわち時間変動する要素は取扱うことはできない。しかし、今回の調査地域が上越国境付近に限られているところからマクロ的に見て、気象条件は同じであると見なすことにした。したがって、雪崩発生の確率を考える場合、調査範囲が限定されていれば、積雪量を除く他の気象条件を捨象して、固定要素のみで計算しても、結果は有効であるという仮定をとった。

調査地域の斜面を稜線、谷線を基準に区分し、その区分された斜面を単位に、傾斜、方位、斜面形、植生の固定要素と、変動要素の積雪深を航空写真または分布図から読みとっておき、次に積雪期航空写真を判読して単位斜面毎に雪崩があるか、ないかを調べる。

調査の結果を整理して、同一の固定要素をもつ斜面毎に一つのグループにまとめる。それぞれのグループの中で、雪崩が写っている(航空写真に雪崩が写っている)斜面の数と、雪崩が起きていない斜面の数、(積雪期航空写真が4ヶ年分あれば、1つの斜面を同一要素をもつ4つの斜面として扱う。で統計的な確率が求められる。さらに、その数を積雪量に応じて分類した

* 東洋航空事業株式会社 Toyokoku Jigyo Co. Ltd.

「写真測量」Vol. 7 No. 3 1968

のち計算すれば、積雪量に応じた斜面毎の雪崩生の確率が得られる。

1) 国定要素の判断

(イ) 傾斜

斜面の傾斜は地形図から読みとった。この場合どこをとるかが問題であるが、今回は、単位斜面内での中央付近で、しかも雪崩が発生している部分、あるいは発生しそうなヶ所で、かつ、最も等高線の混んでいるところの2本の計曲線に挟まれた距離を測り、 $\theta = \tan^{-1} 5n/\alpha$ (ただし、 α : 2本の計曲線間隔、 n : 等高線間隔)を求めた。

(ロ) 斜面形

斜面形の分類法は、門村氏の方法を参考にした。すなわち単位斜面を水平断面、縦断面、平面に投影したときの形により、断面形については、凸形、凹形、直線形、凹凸の複合形の4種、平面形については、末端で広がっている末拡がり形、その逆の末つぼみ形、またそれらの複合形に分類した。

どの斜面にも多少の凹凸はあり、厳密に言えば、これらの区分ではすべて複合形に分類されてしまうが、細い凹凸は無視し、全体の形から判定した。

(ハ) 方位

斜面の方法は、最大傾斜方向を8方位であらわした。

(ニ) 植生

斜面の植生の分類は、裸地または草地、灌木、森林の3分類とし、混在する場合は最も優越するものにした。

2) 雪崩の判読

雪崩の判読全層雪崩は、地肌が黒く出ているので、容易に判読できるが、表層雪崩は注意を要する。底にデブリがある場合は、発生面(あるいは点)からデブリ末端に至るまで明瞭な擦痕模様が流跡として残っているので、追跡できる。明瞭な擦痕模様はないが、周囲の雪面と比べて異った肌理をしているところを2~3倍の拡大写真で観察すると、僅かに模様が読みとれる場合がある。また立体観察をすることにより、僅かながら比高があることなどから表層雪崩があったと判定する。

III. 雪崩発生危険率の計算の方法

雪崩発生の原因は、前章に示した5つの要素に区分して考えることにするが、実際にこれらが個々に作用して、雪崩が起り、あるいは、起きないという事象が生ずるというのではなく、これらが統合されて始めて雪崩が起る。あるいは起きないという事象が生ずるのである。

例えば、積雪深 5m という条件だけは、雪崩発生

危険率が ×% という計算はできなく、他の条件が揃っていないなければならない。この場合、他のすべての条件が一定なら、積雪深に応じて雪崩発生割合が一定であると仮定する。この仮定は、計算を簡単にするためにとったもので、将来データが増加し、より複雑な計算処理ができるようになったとき仮定をより真に近いと思われる方向に近づけることが望ましい。

1) 各要素の階級区分

積雪深と斜面の傾斜は定量的に表現されているので、頻度分布により階級区分が可能であるが、斜面形、斜面の方位、植生は定性的であるので、その階級区分は「日本鉄道施設協会: なだれ発生に対する航空写真読法の研究報告書、昭和40年3月31日」に拠った。

この報告書に、なだれ発生地点におけるなだれ地点の形、長さ、面積等について、斜面の傾斜、方位、山稜線の走向、なだれ地点の高度、斜面形(水平断面形、縦断面形)地形上の位置、植生、地表の地質の各階級値に対し、なだれ発生の頻度が報告されているので、各要素の中の項目を頻度数で区分し、その階級値をつけた。はじめは、各要素とも8階級を採ったが、標本の数が少なく、全く標本のない組み合わせがいくつか出来て、8階級に区分した意味がなくなったので、思い切って、各要素3階級(ただし積雪深のみ4階級)とした。

表Ⅲ-1 A 積雪深の階級区分

i=1, 2, 3, 4.

階級	積雪深
1	1m 以上 2m 未満
2	2m 以上 3m 未満
3	3m 以上 4m 未満
4	4m 以上

表Ⅲ-2 B 傾斜の階級区分

i=1, 2, 3.

階級	傾斜
1	30° 未満
2	30° 以上 40° 未満
3	40° 以上

表Ⅲ-3 C 斜面形の階級区分

i=1, 2, 3.

水平断面	凹			凸			等			齊			複			合								
縦断面	凹			凸			等			複			凹			凸			等			複		
平面形	凹			凸			等			複			凹			凸			等			複		
末つぼみ	1	3		2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2							
末ひろがり	1	3		1	3	3	2	2	3	1	2	1	3	3	3	3	3							
複合	2	3		3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	1							

表Ⅲ—4 D 方位の階級区分

i=1, 2, 3.

階 級	斜 面 の 方 位
1	W SW NW
2	S SE N
3	E NE

表Ⅲ—5 E 植生の階級区分

i=1, 2, 3.

階 級	植 生
1	裸 地 草 地
2	灌 木
3	森 林

2) 計算の式

雪崩発生要素 A(I), B(J), C(K), D(L), E(M) の個々の他の要素に無関係な雪崩発生の確率を PA(I), PB(J), PC(K), PD(L), PE(M) とすると、それらの組合わせによる確率 (PIJKLM とする) は次の式による。

$$PIJKLM = PA(I) \cdot PB(J) \cdot PC(K) \cdot PD(L) \cdot PE(M) \quad (1)$$

PA(I) は記号にすぎないが、PIJKLM は調査結果により計算できる。

雪崩が発生した場合 1, 発生していない場合 0 とし て集計する。その結果を TIJKLM とし、発生、未発生 の総数を SIJKLM とする。

$$PIJKLM = TIJKLM / SIJKLM \quad (2)$$

標本が、要素 A, B …… 等の各階級で等密度に分布 し、かつ頻度が相当数あれば理想的であるが、A, B …… 等の各組合わせによっては、標本が出現しないものも かなりある。また、頻度数が 1 の場合、あるいは非常 に少いことがある。頻度数が 1 の場合、雪崩が起きる 起きないのいずれかで、確率が 1 または 0 と両極端に なるようなことになる。このような値は統計上無意味 であるし、捨てるとしても、どの程度の頻度数までを 捨てるかの問題があるとい、頻度数 1 の場合でも、事 実を示すものとして統計上貴重なデータなので何らか の形で利用したい。そこで次のように計算した。

I=1 の場合のすべての TIJKLM の和と SIJKLM の総和をとる。

$$\overline{PA(1)} = \sum^i TIJKLM / \sum^i SIJKLM \quad (3)$$

この S はかなりの数になるのである 程度安定した 数値となる。

I が 2, 3, 4 についても同じように求める。

一般式は

$$PAi = \sum^i TIJKLM / \sum^i SIJKLM \quad (4)$$

この $\overline{PAI}$ は次のような性質があると考えられる。

$$\overline{PA1} : \overline{PA2} : \overline{PA3} : \overline{PA4} = PA(1) : PA(2) :$$

$$PA(3) : PA(4) \quad (5)$$

$$\overline{PA1} / PA(1) = \overline{PA2} / PA(2) = \overline{PA3} / PA(3)$$

$$= \overline{PA4} / PA(4) = \frac{1}{KA} \quad (6)$$

KA は A についての比例定数である。

同様に、 $\overline{PBj}$, $\overline{PCK}$ …… , KB, KC …… 等が計 算される。

$\overline{PBj}$, $\overline{PCK}$ …… 等は計算され、ある数値をとる。 KB, KC …… 等は最後まで記号として残る。(KA, KB …… 等は個々には計算の必要はない。)

PAI は A についての周辺分布といわれる。I につ てだいたい比例するとみなしたのであるが、I が変る と、I 以外の条件が変わってくるので、完全に比例する とは限らないのであるが一応比例するものとした。も しあまりに差があるなら、計算された PA(I), PA(J) 等を再び $\overline{PAI}$, …… とおいて繰返し計算すれば、さら に求める PA(I), PA(J) 等に近いものが得られると 考えられる。

以上によって得られた $\overline{PBj}$ 等によって、PA(I) …… 等を求めるには

$$\begin{aligned} PA(\dot{I}) \cdot PB(J) \cdot PC(K) \cdot PD(L) \cdot PE(M) \\ = TIJKLM / SIJKLM \end{aligned} \quad (7)$$

右辺の分母を左辺へ

$$\begin{aligned} PA(\dot{I}) \cdot PB(J) \cdot PC(K) \cdot PD(L) \cdot PE(M) \cdot \\ PE(M) \cdot SIJKLM = TIJKLM \end{aligned} \quad (8)$$

このようにして両辺の総和をとり、 $PA(\dot{I})$ を求め ればよい。しかし、この $PB(J) \cdot PC(K) \dots\dots$ 等はこ の段階では未知なので、これへ (6) 式より求められた $PA(\dot{I}) = \overline{PAI} KA$ を代入する。

$$\begin{aligned} PA(\dot{I}) \cdot \overline{PBj} \cdot \overline{PCK} \cdot \overline{PDL} \cdot \overline{PEM} \cdot KB \cdot KC \cdot \\ KD \cdot KE \cdot SIJKLM = TIJKLM \end{aligned} \quad (9)$$

この総和をとると

$$\begin{aligned} PA(\dot{I}) \cdot KB \cdot KC \cdot KD \cdot KE \cdot \sum^i \overline{PBj} \cdot \overline{PCK} \cdot \\ \overline{PDL} \cdot \overline{PEM} \cdot SIJKLM = \sum^i TIJKLM \end{aligned} \quad (10)$$

KA · KB · KC · KD · KE = K とすると

$$\begin{aligned} PA(\dot{I}) = KA / K \cdot \sum^i TIJKLM / \sum^i \overline{PBj} \cdot \\ \overline{PCK} \cdot \overline{PDL} \cdot \overline{PEM} \cdot SIJKLM \end{aligned} \quad (11)$$

PB(J) · PC(K) …… も同様に計算する。

ここで、

$$TA(\dot{I}) = \sum^i TIJKLM$$

$$TB(\dot{J}) = \sum^j TIJKLM$$

$$TC(\dot{K}) = \sum^k TIJKLM$$

$$TD(\dot{L}) = \sum^l TIJKLM$$

$$\begin{aligned}
TE(\dot{M}) &= \sum^4 TIJKLM \\
PSA(\dot{I}) &= \sum^4 \overline{PA(\dot{I})} \cdot PB(\dot{J}) \cdot PC(\dot{K}) \cdot PD(\dot{L}) \cdot \\
&\quad PE(\dot{M}) \cdot \dot{SIJKLM} \\
PSB(\dot{J}) &= \sum^4 PA(\dot{I}) \cdot \overline{PB(\dot{J})} \cdot PC(\dot{K}) \cdot PD(\dot{L}) \cdot \\
&\quad PE(\dot{M}) \cdot \dot{SIJKLM} \\
PSC(\dot{K}) &= \sum^4 PA(\dot{I}) \cdot PB(\dot{J}) \cdot \overline{PC(\dot{K})} \cdot PD(\dot{L}) \cdot \\
&\quad PE(\dot{M}) \cdot \dot{SIJKLM} \\
PSD(\dot{L}) &= \sum^4 PA(\dot{I}) \cdot PB(\dot{J}) \cdot PC(\dot{K}) \cdot \overline{PD(\dot{L})} \cdot \\
&\quad PE(\dot{M}) \cdot \dot{SIJKLM} \\
PSE(\dot{M}) &= \sum^4 \overline{PA(\dot{I})} \cdot PB(\dot{J}) \cdot PC(\dot{K}) \cdot PD(\dot{L}) \cdot \\
&\quad \overline{PE(\dot{M})} \cdot \dot{SIJKLM}
\end{aligned}$$

とおくと (11) 式は

$$\left.
\begin{aligned}
PA(\dot{I}) &= KA \cdot TA(\dot{I}) / K \cdot PSA(\dot{I}) \\
PB(\dot{J}) &= KB \cdot TB(\dot{J}) / K \cdot PSB(\dot{J}) \\
PC(\dot{K}) &= KC \cdot TC(\dot{K}) / K \cdot PSC(\dot{K}) \\
PD(\dot{L}) &= KD \cdot TD(\dot{L}) / K \cdot PSD(\dot{L}) \\
PE(\dot{M}) &= KE \cdot TE(\dot{M}) / K \cdot PSE(\dot{M}) \\
PA(\dot{I}) \cdot PB(\dot{J}) \cdot PC(\dot{K}) \cdot PD(\dot{L}) \cdot PE(\dot{M}) &= \dot{PIJKLM}
\end{aligned}
\right\} \quad (12)$$

であるから左辺に (12) 式を代入して

$$\begin{aligned}
&KA \cdot KB \cdot KD \cdot KE \cdot TA(\dot{I}) \cdot TB(\dot{J}) \cdot TC(\dot{K}) \cdot \\
&TD(\dot{L}) \cdot TE(\dot{M}) / K^5 \cdot PSA(\dot{I}) \cdot PSB(\dot{J}) \cdot \\
&PSC(\dot{K}) \cdot PSD(\dot{L}) \cdot PSE(\dot{M}) = TA(\dot{I}) \cdot \\
&TB(\dot{J}) \cdot TC(\dot{K}) \cdot TD(\dot{L}) \cdot TE(\dot{M}) / K^4 \cdot \\
&PSA(\dot{I}) \cdot PSB(\dot{J}) \cdot PSC(\dot{K}) \quad (13)
\end{aligned}$$

この式の中で未知数は K のみとなる。この計算は (9) 式の $PA(\dot{I})$ を I について総和をとり、 $\overline{PA(\dot{I})} = KA$ 、 $\overline{PA(\dot{I})}$ を代入する。

$$\begin{aligned}
&\sum^4 K \cdot \overline{PA(\dot{I})} \cdot \overline{PB(\dot{J})} \cdot \overline{PC(\dot{K})} \cdot \overline{PD(\dot{L})} \cdot \overline{PE(\dot{M})} \cdot \dot{SIJKLM} \\
&= \sum^5 TIJKLM
\end{aligned}$$

$$\text{より} \quad K = \sum^5 TIJKLM / \sum^5 SIJKLM$$

$$\begin{aligned}
\text{ここで,} \quad T &= \sum^5 TIJKLM \\
S &= \sum^5 SIJKLM
\end{aligned}$$

とおくと

$$K = T/S$$

より求められる。

なお、 $PA(\dot{I})$ における $\dot{I}$ とドットを付けたものは、 I の変域内のある数値に固定することを意味する。

また、 $\sum^4 = \sum \cdot \sum \cdot \sum \cdot \sum$ ($\sum$ をオペレーターとして取扱った)。したがって、 $\sum^4 TIJKLM$ は I を固定し $JKLM$ の 4 個について、それらの変域内で総和をとった。

IV. 計算およびその結果

1) 計 算

雪崩発生原因の固定要素と変動要素の調査の結果を同一要素の斜面総数雪崩発生斜面数上に、整理カード (表 IV-1) にまとめた。

この整理カードを、計算機の入力データとするため、千以上の桁で斜面総数を、千未満の桁で雪崩発生斜面数を表わす、これらを 1 つの数にし (表 IV-2) を入力データとした。

計算式は、III-2) で説明したように、(表 IV-3) の順序でフォートラン原語でプログラミングを行った。

2) 計 算 の 結 果

計算の結果を示したのが (表 IV-4) である。この表に換げた数値は、雪崩が必ず発生する場合をとしたもので、斜面の要素と積雪深が判れば雪崩の発生する確率が判るようにまとめたものである。

例えば、斜面の傾斜が 40 度以上で、斜面の形が 1 の組合を持ち、東向きで、裸地または草地である斜面が最も危険で、積雪深 4m 以上になれば、89.7% の確率で雪崩が発生するという予測ができる。

この分類方法は一般的であるから、本調査地域に限らず、他地域でも利用可能であるし、航空写真を入手出来なくとも、実際に現地を観察することによっても分類できるという便利さがある。

V. あとがき

この調査の主目的は、既存の資料を使って、積雪期の航空写真が得られない地域の雪崩の発生を予測できるようなシステムを作るということであり、結果としては、一応目的を果たしたといえる。しかし残された問題点も少くない。それらのいくつかをあげこのシステムを反省し今後の課題としていきたい。

雪崩発生要素として、変動要素と固定要素とに分けたが、航空写真の性質上変動要素の大部分が拾象された。このことがどれだけ発生率に影響してくるかを点検するために、気象条件の異なる地域でテストしなければならない。また固定要素のとり方も、単位斜面全体を表現する項目と、部分的でしかも再現性の乏しい項目が混ついるようなことがてる。判読そのものが主観性の強いもので、再現性が弱いものであるので、あらかじめ判読基準のサンプルを作りできる限り客観性の高いものにすることが必要がある。

本調査にあたって、日本国有鉄道塩沢雪実験所長、荘田博士から、種々御助言をいただいた。

北陸地方建設局、上越国道工事事務所の皆様から終始御便宜と御教示を仰いだ。

ここに厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 門村 浩：航空写真測量と地形について 雪氷 1 号 26 巻
日本鉄道施設協会：なだれ発生に対する航空写真判読法の研究報告書。

表IV-1

整 理 カ ー ド

○ 斜面総数
△ 雪崩発生斜面数

A	B	D		1			2			3		
		C	E	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1			3○ 0△	10○ 0△			5○ 0△		1○ 0△	
		2			6○ 0△							
		3										
	2	1	2○ 0△	23○ 2△	22○ 2△			33○ 2△	26○ 3△		4○ 0△	10○ 0△
		2						7○ 0△				4○ 0△
		3										
2	3	1			6○ 1△	3○ 0△	1○ 1△	10○ 0△	7○ 1△			3○ 0△
		2			1○ 1△			1○ 0△				
		3			1○ 0△							
	1	1	1○ 0△	1○ 0△	8○ 0△	1○ 0△			4○ 0△	1○ 0△	2○ 0△	2○ 0△
		2	1○ 0△							1○ 0△	1○ 0△	
		3	2○ 0△							2○ 0△		
3	2	1	9○ 7△	15○ 2△	17○ 0△	6○ 2△	13○ 0△	17○ 3△	5○ 4△	4○ 2△	7○ 2△	
		2	2○ 0△	5○ 0△		2○ 0△	7○ 2△			3○ 0△	2○ 0△	
		3	3○ 1△		2○ 0△					2○ 2△		
	3	1	24○ 17△	7○ 2△	9○ 4△	2○ 0△	9○ 2△	15○ 5△				3○ 0△
		2	5○ 1△	1○ 0△	1○ 1△	2	3○ 1△			3○ 2△		
		3		2○ 1△		2○ 1△	2○ 2△	5○ 3△		3○ 2△		
4	1	1	6○ 1△	3○ 0△	1○ 0△	2○ 0△	2○ 0△	2○ 0△		2○ 0△	1○ 0△	1○ 0△
		2	1○ 0△				2○ 2△					
		3										
	2	1	15○ 5△	2○ 2△	4○ 1△	11○ 5△	22○ 10△	4○ 0△	3○ 2△	13○ 12△	1○ 0△	
		2	7○ 3△	13○ 3△		4○ 1△	10○ 4△			5○ 0△	2○ 0△	
		3	4○ 2△	3○ 0△				1○ 0△		2○ 1△		
5	3	1	20○ 14△	19○ 7△	17○ 6△	4○ 2△	5○ 3△	2○ 0△		4○ 3△		
		2	9○ 5△		6○ 3△		1○ 1△		1○ 0△	3○ 2△		
		3	4○ 1△	6○ 2△		4○ 1△	2○ 1△			3○ 1△		
	1	1	8○ 2△		3○ 0△	3○ 2△	1○ 1△	4○ 0△		2○ 0△		
		2	5○ 0△			3○ 0△	10○ 3△					
		3										
6	2	1	22○ 7△	9○ 1△	8○ 0△	10○ 5△	31○ 18△	12○ 0△		11○ 7△		
		2	9○ 3△	10○ 8△	3○ 3△	10○ 5△	16○ 8△	3○ 0△		6○ 1△	1○ 0△	
		3										
	3	1	4○ 3△	7○ 3△	2○ 0△	4○ 4△	5○ 5△	7○ 2△		8○ 5△		
		2	4○ 2△	1○ 0△	5○ 1△				2○ 0△	4○ 3△		
		3	3○ 1△									

表Ⅳ-2

計 算 機 入 力 デ ー タ

		D		1			2			3		
A	B	C	E	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1		0.0	3000.0	10000.0	0.0	0.0	5000.0	0.0	1000.0	0.0
		2		0.0	6000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	2	1		2000.0	23002.0	22002.0	0.0	33002.0	26003.0	0.0	4000.0	10000.0
		2		0.0	0.0	0.0	0.0	7000.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4000.0
	3	1		0.0	6001.0	3000.0	1001.0	10000.0	7001.0	0.0	0.0	3000.0
		2		0.0	1001.0	0.0	0.0	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		3		0.0	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	1		1000.0	1000.0	8000.0	1000.0	0.0	4000.0	1000.0	2000.0	2000.0
		2		1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	1000.0	0.0
		3		2000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2000.0	0.0	0.0
	2	1		9007.0	15002.0	17000.0	6002.0	13000.0	17003.0	5004.0	4002.0	7001.0
		2		2000.0	5000.0	0.0	2000.0	7002.0	0.0	0.0	3000.0	2000.0
		3		3001.0	0.0	2000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2002.0	0.0
	3	1		24017.0	7002.0	9004.0	2000.0	9002.0	15005.0	0.0	0.0	3000.0
		2		5001.0	1000.0	1001.0	0.0	3001.0	0.0	0.0	3002.0	0.0
		3		0.0	2001.0	0.0	2000.0	2002.0	5003.0	0.0	3002.0	0.0
3	1	1		6001.0	3000.0	1000.0	2001.0	2000.0	2000.0	0.0	2000.0	1000.0
		2		1000.0	0.0	0.0	0.0	2002.0	0.0	1000.0	1000.0	0.0
		3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	1		15005.0	20002.0	4001.0	11005.0	22010.0	4000.0	3002.0	13012.0	1000.0
		2		7003.0	13003.0	0.0	4001.0	10004.0	0.0	0.0	5000.0	2000.0
		3		4002.0	3000.0	0.0	0.0	0.0	1000.0	0.0	2001.0	0.0
	3	1		20014.0	19007.0	17006.0	4002.0	5003.0	2000.0	0.0	4003.0	0.0
		2		9005.0	0.0	6003.0	0.0	1001.0	0.0	1000.0	3002.0	0.0
		3		4001.0	6002.0	0.0	4001.0	2001.0	0.0	0.0	3001.0	0.0
4	1	1		8002.0	0.0	3000.0	3002.0	1001.0	4000.0	0.0	2000.0	0.0
		2		5000.0	0.0	0.0	3000.0	10003.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	1		22007.0	9001.0	8000.0	10005.0	31018.0	12000.0	0.0	11007.0	0.0
		2		9003.0	10008.0	3000.0	10005.0	16008.0	3000.0	0.0	6001.0	1000.0
		3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	1		4002.0	7003.0	2000.0	4004.0	5005.0	7002.0	0.0	8005.0	0.0
		2		4002.0	1000.0	5001.0	0.0	0.0	0.0	2000.0	4003.0	0.0
		3		3001.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表IV—3

	A	B	C	D	E
	T_{IJKLM}	T_{IJKLM}	T_{IJKLM}	T_{IJKLM}	T_{IJKLM}
1	13.00000	12.00000	201.00000	127.00000	109.00000
2	69.00000	149.00000	66.00000	111.00000	143.00000
3	107.00000	127.00000	21.00000	50.00000	36.00000
4	99.00000				

T_{IJKLM} : 同一要素同階級区分の雪崩発生総数
 S_{IJKLM} : " " 斜面総数

T_{IJKLM} : A要素のI階級区分の雪崩発生総数
 T_{IJKLM} : B " J " "

 T_{IJKLM} : E " M " "

	S_{IJKLM}	S_{IJKLM}	S_{IJKLM}	S_{IJKLM}	S_{IJKLM}
1	189.00000	115.00000	695.00000	453.00000	255.00000
2	244.00000	557.00000	210.00000	375.00000	441.00000
3	278.00000	295.00000	62.00000	139.00000	271.00000
4	256.00000				

S_{IJKLM} : A要素のI階級区分の斜面総数
 S_{IJKLM} : B " J "

 S_{IJKLM} : E " M "

	$\overline{PA_i}$	$\overline{PB_j}$	$\overline{PC_k}$	$\overline{PD_l}$	$\overline{PE_m}$
1	0.06878	0.10435	0.28921	0.28035	0.42745
2	0.28279	0.26750	0.31429	0.29600	0.32426
3	0.38489	0.43051	0.33871	0.35971	0.13284
4	0.38672				

...計算の式
 の項 (4) $\overline{PA_i} = \sum^4 T_{IJKLM} / \sum^4 S_{IJKLM}$
 $\overline{PB_j} = \sum^3 T_{IJKLM} / \sum^4 S_{IJKLM}$

 $\overline{PE_m} = \sum^3 T_{IJKLM} / \sum^3 S_{IJKLM}$

	$PSA(\dot{i})$	$PSB(\dot{j})$	$PSC(\dot{k})$	$PSD(\dot{l})$	$PSE(\dot{m})$
1	0.07355	0.09902	1.51751	1.18851	1.00740
2	0.54754	1.20655	0.64510	0.80216	1.16509
3	0.99730	1.10243	0.24539	0.41733	0.23551
4	0.78962				

$PSA(\dot{i}) = \sum^4 S_{IJKLM} \cdot \overline{PA_i} \cdot \overline{PB_j} \cdot \overline{PC_k} \cdot \overline{PD_l} \cdot \overline{PE_m}$
 $PSB(\dot{j}) = \sum^3 S_{IJKLM} \cdot \overline{PA_i} \cdot \overline{PB_j} \cdot \overline{PC_k} \cdot \overline{PD_l} \cdot \overline{PE_m}$

 $PSE(\dot{m}) = \sum^3 S_{IJKLM} \cdot \overline{PA_i} \cdot \overline{PB_j} \cdot \overline{PC_k} \cdot \overline{PD_l} \cdot \overline{PE_m}$

K	119.60119
---	-----------

..... $K = \sum^4 T_{IJKLM} / \sum^4 PSA(\dot{i})$

	$PA(\dot{i})$	$PB(\dot{j})$	$PC(\dot{k})$	$PD(\dot{l})$	$PE(\dot{m})$
1	0.10165	0.10573	0.32029	0.25048	0.38670
2	0.29796	0.27621	0.26885	0.34247	0.33276
3	0.34527	0.41467	0.24235	0.36034	0.16978
4	0.40539				

$PA(\dot{i}) = \overline{PA_i} \cdot \sum^4 T_{IJKLM} / K \cdot PSA(\dot{i})$
 $PB(\dot{j}) = \overline{PB_j} \cdot \sum^3 T_{IJKLM} / K \cdot PSB(\dot{j})$

 $PA(\dot{m}) = \overline{PE_m} \cdot \sum^3 T_{IJKLM} / K \cdot PSE(\dot{m})$

表Ⅳ—4

斜面要素による雪崩発生危険度表

		D 斜 面 の 方 位									
		1 (W, SW, NW)			2 (S, SE, N)			3 (E, NE)			
B斜面の傾斜	C斜面形	A積雪深 m	E 植 生			E 植 生			E 植 生		
			1裸地草地	2灌 木	3森 林	1裸地草地	2灌 木	3森 林	1裸地草地	2灌 木	3森 林
30°以下	1	1	0.03988	0.03432	0.01751	0.05452	0.04692	0.02394	0.05737	0.04937	0.02519
		2	0.11689	0.10058	0.05132	0.15981	0.13752	0.07017	0.16815	0.14470	0.07383
		3	0.13545	0.11656	0.05947	0.18519	0.15936	0.08131	0.19485	0.16768	0.08555
		4	0.15903	0.13685	0.06982	0.21744	0.18711	0.09547	0.22878	0.19687	0.10045
	2	1	0.03347	0.02880	0.01470	0.04577	0.03938	0.02009	0.04816	0.04144	0.02114
		2	0.09811	0.08443	0.04308	0.13415	0.11544	0.05890	0.14115	0.12146	0.06197
		3	0.11369	0.09784	0.04992	0.15545	0.13377	0.06825	0.16356	0.14075	0.07181
		4	0.13349	0.11487	0.05861	0.18252	0.15706	0.08013	0.19204	0.16525	0.08432
	3	1	0.03017	0.02597	0.01325	0.04126	0.03550	0.01811	0.04341	0.03735	0.01906
		2	0.08845	0.07611	0.03883	0.12093	0.10406	0.05309	0.12724	0.10949	0.05586
		3	0.10249	0.08819	0.04500	0.14013	0.12058	0.06152	0.14744	0.12688	0.06474
		4	0.12033	0.10355	0.05283	0.16453	0.14158	0.07224	0.17311	0.14897	0.07601
30°以上 40°以下	1	1	0.10418	0.08965	0.04574	0.14244	0.12257	0.06254	0.14987	0.12897	0.06580
		2	0.30536	0.26277	0.13407	0.41751	0.35928	0.18331	0.43929	0.37802	0.19288
		3	0.35385	0.30450	0.15536	0.48380	0.41632	0.21242	0.50905	0.43805	0.22350
		4	0.41546	0.35752	0.18241	0.56805	0.48882	0.24941	0.59769	0.51432	0.26242
	2	1	0.08745	0.07525	0.03840	0.11956	0.10289	0.05250	0.12580	0.10826	0.05524
		2	0.25632	0.22057	0.11254	0.35046	0.30157	0.15387	0.36874	0.31731	0.16190
		3	0.29702	0.25559	0.13041	0.40610	0.34946	0.17830	0.42729	0.36770	0.18761
		4	0.34874	0.30010	0.15312	0.47682	0.41031	0.20935	0.50170	0.43172	0.22027
	3	1	0.07883	0.06784	0.03461	0.10778	0.09275	0.04732	0.11341	0.09759	0.04947
		2	0.23106	0.19883	0.10145	0.31592	0.27185	0.13871	0.33240	0.28604	0.14594
		3	0.26775	0.23040	0.11756	0.36608	0.31502	0.16073	0.38518	0.33146	0.16912
		4	0.31437	0.27052	0.13803	0.42983	0.36987	0.18872	0.45225	0.38917	0.19857
40°以上	1	1	0.15640	0.13459	0.06867	0.21384	0.18402	0.09389	0.22500	0.19362	0.09879
		2	0.45843	0.39449	0.20128	0.62680	0.53937	0.27520	0.65950	0.56752	0.28956
		3	0.53123	0.45713	0.23324	0.72632	0.62502	0.31890	0.76422	0.65763	0.33554
		4	0.62373	0.53673	0.27385	0.85279	0.73385	0.37443	0.89729	0.77214	0.39396
	2	1	0.13128	0.11297	0.05764	0.17950	0.15446	0.07881	0.18887	0.16252	0.08292
		2	0.38481	0.33114	0.16895	0.52613	0.45275	0.23100	0.55358	0.47637	0.24306
		3	0.44591	0.38372	0.19578	0.60967	0.52464	0.26768	0.64149	0.55201	0.28165
		4	0.52355	0.45053	0.22987	0.71583	0.61599	0.31429	0.75318	0.64813	0.33069
	3	1	0.11835	0.10184	0.05196	0.16181	0.13924	0.07104	0.17025	0.14651	0.07475
		2	0.34689	0.29850	0.15230	0.47428	0.40813	0.20824	0.49903	0.42943	0.21910
		3	0.40197	0.34590	0.17649	0.54959	0.47293	0.24130	0.57827	0.49761	0.25389
		4	0.47196	0.40613	0.20722	0.64529	0.55528	0.28332	0.67896	0.58426	0.29810