

## 積雪分布の測量に関する研究 (II)

高崎正義・瀬戸玲子\*・松山泰子・坂本千代子

建設省国土地理院

### Survey of Snow Depth and Avalanche Distribution by Means of Aerial Photographs (2nd Report)

By M. Takasaki, R. Seto\*, Y. Matsuyama and C. Sakamoto

*Geographical Survey Institute, Ministry of Construction, Tokyo*

#### Abstract

In the fiscal year 1964, the Geographical Survey Institute made continuous studies in order to develop and systematize the methods of surveying snow by photogrammetry and photo-interpretation. The authors compiled the distribution maps of snow depth, avalanche and wind direction on a scale of 1 : 50,000, utilizing air photos taken in the last snow season, and analysing the change of avalanche distribution with the lapse of time.

#### 1) *Preparation of the Distribution maps of snow depth, avalanche and wind direction*

Snow depth was obtained by photogrammetric measurement, from the differences of elevation of ground surface and snow-covered surface at selected points both on snow-covered and uncovered models, and from relative heights from snow surface to arm of iron towers of electric supply line, when their heights are known, on snow-covered models. Based on these data obtained at various places including weather stations, and from helicopter, the distribution of snow depth is classified into 7 grades by photo-interpretation.

Surface and bottom avalanches, snow breaks, cornices, wind directions and thinly snow-covered areas are interpreted.

#### 2) *Change of the avalanche distribution with the lapse of time*

Overlays showing the avalanche distribution are prepared by utilizing the air photos taken one month after and one year before the time of the main map preparation. Thus, it is possible to compare the difference in the heights and directions of slopes at the outbreaking points of avalanches.

#### 1. 調査の概要

昭和37年度に始まった雪害防災総合研究の一環として、空中写真による雪の調査を、39年度もひきつづいて行ない、写真測量と判読による調査方法の一層の開発と体系化をはかることにつとめた。昭和39年度の研究作業

は、38年度に国立防災科学技術センターおよび防衛庁の協力によって撮影された垂直写真を使って、魚野川および滝波川地域の積雪・なだれの分布を示す図を作成することである。なお3年間継続したこの調査は39年度をもって今後の問題点をいくつか残しながらも、一応基礎的

\* 本論文についての質疑応答担当者 (The writer responsible for this paper)

研究を終え、実用化のための一層つっこんだ詳細な研究を、次年度からの3か年計画に盛りこむと共に、多雪地帯の縦貫自動車道路の建設のための調査を建設省道路局の調査費で行うなど、応用的作業の段階に入った。

## 2. 積雪深・なだれ・風向分布図の作成

### 2.1 趣旨

38.1 豪雪以来つみ重ねてきた積雪期における空中写真の撮影、積雪深の測定と判読、なだれ・風向の判読の方法を集約してモデル地域の魚野川・滝波川地域について、積雪・なだれの分布図を作成すること、反復撮影されている空中写真を使って、積雪表面の状態の時間的変化をとらえることのできる図を作成することである。

### 2.2 使用した空中写真

魚野川・滝波川地域については、38.1 豪雪以来 科学技術庁を中心とする各機関の総合調査地域として、表-4、図-11に示すように反復的に雪の空中写真が撮影されており、また雪のない時期の写真もある。今回作成した積雪深・なだれ・風向分布図に使用したのは、魚野川地域について防災センターが、東洋航空事業K. K. に外注して撮影した39年3月1日（1部3月13日）撮影の縮尺約1/20,000写真、滝波川地域について防衛庁が協力して撮影した39年3月1日の縮尺約1/20,000写真である。積雪深の測定は、これら雪の写真と、同じく縮尺約1/20,000の38年の写真との比較によっている。積雪状態の変化を調査するなかには、積雪深分布となだれがあるから、今回はなだれの発生状況の比較ができる地図を作成するにとどまった。なだれの発生状況の比較に用いた写真は、魚野川地域では39年3月31日に防衛庁の協力によって撮影された1/20,000写真と、前年の38年、国土地理院が東洋航空事業 K. K. に撮影させた3月20日の1/20,000写真、滝波川地域では、防衛庁が38.1豪雪の際撮影した38年3月2日および2月23日の写真である。

### 2.3 積雪深・なだれ・風向分布図の概要

魚野川地域は北は五日市から南は三国峠、東は巻機山から朝日岳に至る国境稜線、西は十日町にわたる地域約1,000 km<sup>2</sup> を1/50,000縮尺で四六版1枚に、滝波川地域は勝山市を中心とした約400 km<sup>2</sup> を同じく1/50,000地図で証版1枚にまとめてある。積雪深をコバルトから藍系統で、なだれと雪ひさしを赤で、雪面に残された風向を黒、風衝地を橙とし、1/50,000地形図を灰色で加刷し、7色刷である。魚野川地域では別に本図より約1か月あとと1年前のなだれの分布を示す図の2枚を透明紙に印刷し本図に重ねてみられるオーバーレイとした。滝波川地域については1年前のなだれ分布図のみでオーバーレイは1枚である。

イは1枚である。

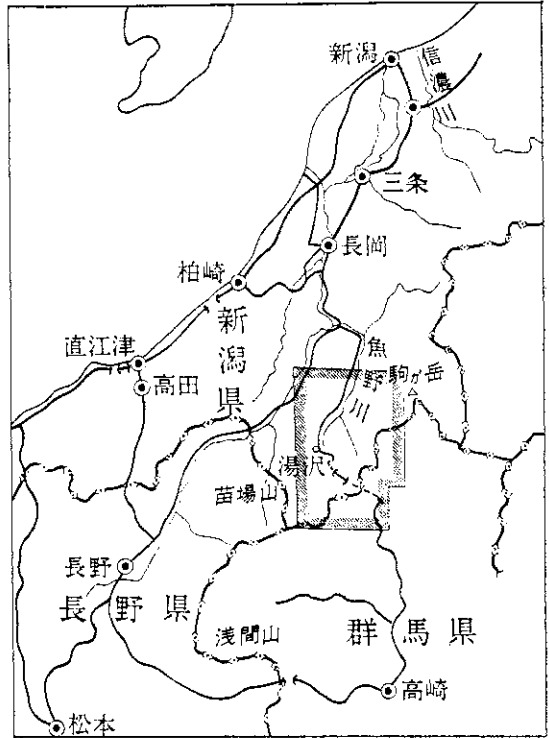


図-1.1 魚野川地域位置図  
The river Uono district.

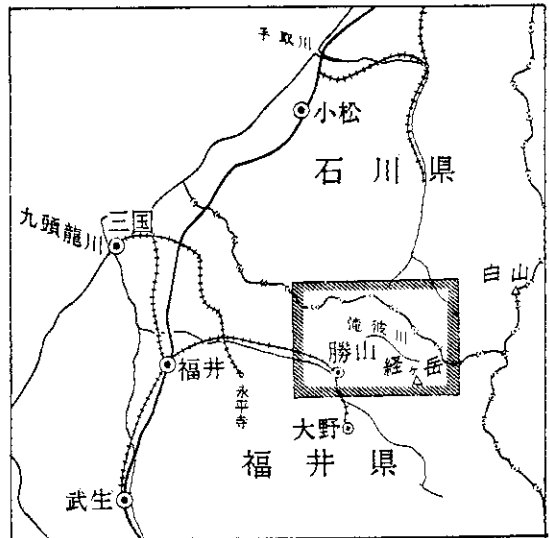


図-1.2 滝波川地域位置図  
The river Takinami district.

## 2.4 積雪深の測定

積雪深の分布は、空中写真撮影時における実測値をできるだけ多く得、足りないところを写真測量による測定値で補ない、これらの点の値に基いて、積雪期の写真を判読して、積雪深の同じ程度の地域に区分する方法をとっている。積雪深の資料は、気象庁の観測所のものが一番信頼できるが、数が少なく、魚野川地域で4か所、滝波川地域で1か所である。このほか魚野川には、塩沢の雪実験所と土木研究所が大源太川で積雪深を観測しているのでそれらの写真撮影日の資料も得ることができた。また国土地理院が、飯士山付近に昭和38年度に設置した積雪深対空標識をヘリコプターから斜写真で撮影し、積雪深をよみとった資料も使えた。

観測値を補うため、写真測量で測定した値は、魚野川で493点、滝波川で261点、平均して約2km<sup>2</sup>に1点の割合である。測定には、縮尺のほぼ同じな無雪期と積雪期の写真のある範囲で同一地点の高度をそれぞれよみとりその差を積雪深とする方法をとった。測定点をどこに選ぶかについては、方眼の交点などに機械的にきめる方法と地形的にはっきりした地点を選ぶ方法とがあるが、後者をとった。理由は、方眼法によって選んだ地点が傾斜の急な所などの場合はごくわずかな位置のずれが、読定値の大きな違いとなってあらわれ、積雪深が著しく大きくなったり、反対にマイナスの値があらわれたりすることからである。また森林地帯ではメスマークが地面に接するのが見にくいので、なるべく森林被覆の少ないところを選点する必要がある。地形的にみて、メルクマルになる地点として、例えば山頂や、鞍部、谷の出合い、あるいは孤立した構造物や独立樹など、積雪、無雪両方の写真で同一点を識別しやすいところを選んだ。

測定の手順は次のとおりである。

- i) 無雪期、積雪期の写真のネガフィルムからダイヤポジ(ポジフィルム)を作成する。
- ii) 無雪期のポジフィルムを1級図化機(オートグラフA7)にかけ、三角点、水準点の点の記により空中三角測量を行なう、単コース調整後
- iii) 三角点、水準点の全体を使ってアナログコンピュータにより、ブロック調整を行なう。
- iv) 積雪期と無雪期の写真で同一点と認定できるもの(地面または水面の露出したところ)を写真の各モデルに4~6点選ぶ(これを標定補助点とよぶことにする。)無雪期の写真で空中三角を行なう際、この標定補助点の座標と高さをよんでおき、積雪期の写真をかけるとき、この点の座標と高さに合わせ、同じ状態に標定できるよ

うにする。

v) 無雪期の写真の標高測定を行なう。機械は2級図化機(ステレオプロッターA8)を使用する。

iv) 積雪期の写真と同様にして標高測定を行なう。

viii) 積雪、無雪期の標高を、密着印画および地図に記入する。この方法によるときは、さきにも述べたように、測定地点のわずかなずれが誤差を大きくするので、測定点の認定、測定は時に厳密にする。

## 2.5 積雪深階級の判読

これら得られるだけの観測値と比較的均一にばらまかれた測定値に基づいて写真判読により積雪深分布をえがいた。積雪深の判読に際しては、これまでの経験、たとえば平標—仙ノ倉地区で行なった積雪期と無雪期の写真を精密図化し、2mコンターによって表面形の違いを見、250m毎のメッシュの交点における標高の差を測定し、積雪深分布をえがいて写真と対比させて知り得た写真上での雪の覆われ方と積雪深の関係、1/200,000積雪深区分図作成の際ステレオトープで雪面と地面または水面の比高をはかり、1,130点について知り得た積雪深と海拔高度の関係等の資料を生かし、平地では高さの見当のつく家屋や人工構造物、畦などの埋もれ具合などを目安とした。そして積雪深0から6m以上まで1m階級毎に区分した積雪深分布図が完成した。

## 2.6 なだれ・風向・雪ひさし・風衝地などの判読

積雪深を判読したのと同じ写真で雪面上にみられるこれら諸現象を判読し抽出した。風向は、樹木や人工構造物、露岩などの障物に風が当って吹き払い、吹きだまりをつくり、雪面上に筋や風紋をつけるのを判読したもので、降雪後ある期間雪面を吹きわたり痕跡を残しているもので、気象観測所の風向データではない。雪ひさしは稜線付近に細長くついでいて、実体視すれば張り出して見え、単写真でも影がついて見える。風が稜線をこえるところで風下側にひさしをつくるので、張り出した方向から風向を判読できる。雪ひさしの欠け落ちは表層なだれの原因となることが多い。

このようにして得られた風向分布をみると、魚野川地域では上越国境稜線をこえる主方向のNあるいはNWのほか、尾根や谷の配置によって局地的にかなりまちまちな風向を示している。風衝地は上越国境などの1,700m以上の高山地の稜線付近の風上側斜面にみられ、風が強いため雪がつかず露岩が出ていたり、また雪が少なくて風の吹き越した筋がついている所である。

なだれは積雪のひさしからごっそりすべる全層なだれと、基盤の積雪を残して上層の新雪だけが落ちる表層な

表一1 なだれの分類名称(雪氷学会)

Names of avalanches.

		発 生 形		
		点 発 生	面 発 生	
雪 質	乾	点発生 乾雪 なだれ	面発生 乾雪 なだれ	面発生 乾雪 全層 なだれ
	湿	" 湿雪 "	" 湿雪 "	" 湿雪 "
		表 層		全 層
す べ り 層 の 位 置				

なだれに二分した。なだれの名称については雪氷学会が六つに分類する結論を出しているが(表一1)、ここでは空中写真上で判読しやすいことを前提として分ける必要がある。すなわち、六つのなだれの分類名称のうち雪質(乾、湿)の区分を省き、発生形の区分(点、面)とすべり層の位置の区分(表層、全層)の組合せをみると、点発生はすべて表層、面発生は全層と表層に分かれている。写真上では地面の露出がみえるなだれと、そうでないものの区別の方がしやすいので、表層と全層なだれに分けることにしたのである。全層なだれは写真上で、発生地点に雪の崩落した跡が円形、山形、半円形の黒い頭をつくり、雪の流れたあとが時には泥混りの薄墨色にみえ末端に舌状またはコーン状の雪の堆積(デブリ)ができていゝる。表層なだれは傾斜の急な大きな斜面から成る高山地に多くみられ、白い雪の流れたあとがみえるが、発生地点は全層なだれのようにはっきりせず、稜線下からほろほろと雪がかけ落ちたり(点発生)、直線的に表面の層だけが切れ落ちたり(面発生)している。斜面が大きいので走路は長く、別の斜面から発生したものも合流して大規模なものが多い。しかしデブリは谷が狭かったりすると形態としては写真上にはっきりあらわれない。雪の割れ目はなだれの徴候である場合と、そのまま融けてなだれとならない場合がある。空中写真からなだれを抽出するにあたってはいろいろ問題がある。写真撮影時に融雪がすすんでいると、なだれたのか単に斜面の雪が融けたのかかわからず、一旦なだれたがその後の除雪で覆われはっきり見えないもの、崖や露岩の出た急斜面で、なだれというより雪の崩落(雪落)といった方がよいものもある。この図では一応、写真上でなだれの痕跡が残っているものはすべてなだれとして表わしてある。なだれの発生地点と地形や植生因子との関係を調べるため、統計にとろうとすると、発生地点が別々の隣り同志や上下のなだれが合流したり、融雪期にかかるとけ始めてこれらがくっつき合ったものがあり、どれを一つとして数えるかがむずかしくなる。

## 2.7 オーバーレイの作成

魚野川地域については、39年3月31日の写真と38年3月20日の写真を判読して、なだれを抽出し、「なだれ分布図—38年—」、「なだれ分布図—39年—」として、それぞれ単色で透明紙に印刷しオーバーレイとした。滝波川地域については、38年3月2日(1部は2月23日)の写真で「なだれ分布図—38年—」をオーバーレイとした。本図、オーバーレイとも1km<sup>2</sup>毎の方眼をかけ、比較したり、数をかぞえやすくしてある(図—2, 図—3, 図—4, 写真—1, 図—5, 図—6)。

## 3. なだれ分布の変化

### 3.1 積雪写真の反復撮影の意義

同一地域の、年による、同一年内の時期による積雪分布やなだれの発生状況を比較することは、気象上また地形上の特徴を把握して雪害対策をたてる上で極めて重要なことであり、どのような事象についてどの程度の変化があるか、変化のある中にあっても比較的コンスタントなものは何かを見出すことが必要である。また雪害対策のためには、例えば20年に1度、100年に1度の危険を見越す必要があるといわれるように、ある年になだれがあっても、次の年には出ないことがあるので、なだれの発生地や積雪の大きいところ、風が強く吹きだまり吹き払いのできるどころなど、危険性のありそうなところをつみ重ねてゆくこと、そして危険地や危険な時期も見出すことが必要である。

空中写真による雪の調査は、広範囲を困難な野外作業なしに、短時日で調査でき、変りやすい積雪表面の状態を記録にとどめ、同じ時点において把握し、また正しい位置においてとらえることができる。また撮影さえしておけば、室内で何時でも側定や判読ができるという大きな利点がある。しかし反面、写真でとらえ得るのは、写真撮影時の状態だけであり、これから作成した地図は撮影の時点における分布を示すにすぎないわけで、この点から考えると、反復撮影により同一地域の年、時期の異なる多くの写真が積み重ねられることが、望ましい。

### 3.2 反復撮影写真の比較

魚野川地域の、縮尺1/20,000の38年3月20日と39年3月13日の積雪写真の比較をすると、次のようなことがわかる。

1) なだれの発生が多い地域や分布のパターンは同じである。38年の写真でなだれのある所に39年も同じ形のなだれがみえたり、38年になだれの出ている所に39年に割れ目があったり、あるいはあとからの降雪によって白く覆われているが同じ形のなだれがあった痕跡がみえた



図-2 「積雪深・なだれ・風向分布図—魚野川地域—」全層なだれの発生の多い所

“Distribution map of snow depth, avalanche and wind direction in the river Unono district”; areas of frequent outbreaks of bottom avalanche.

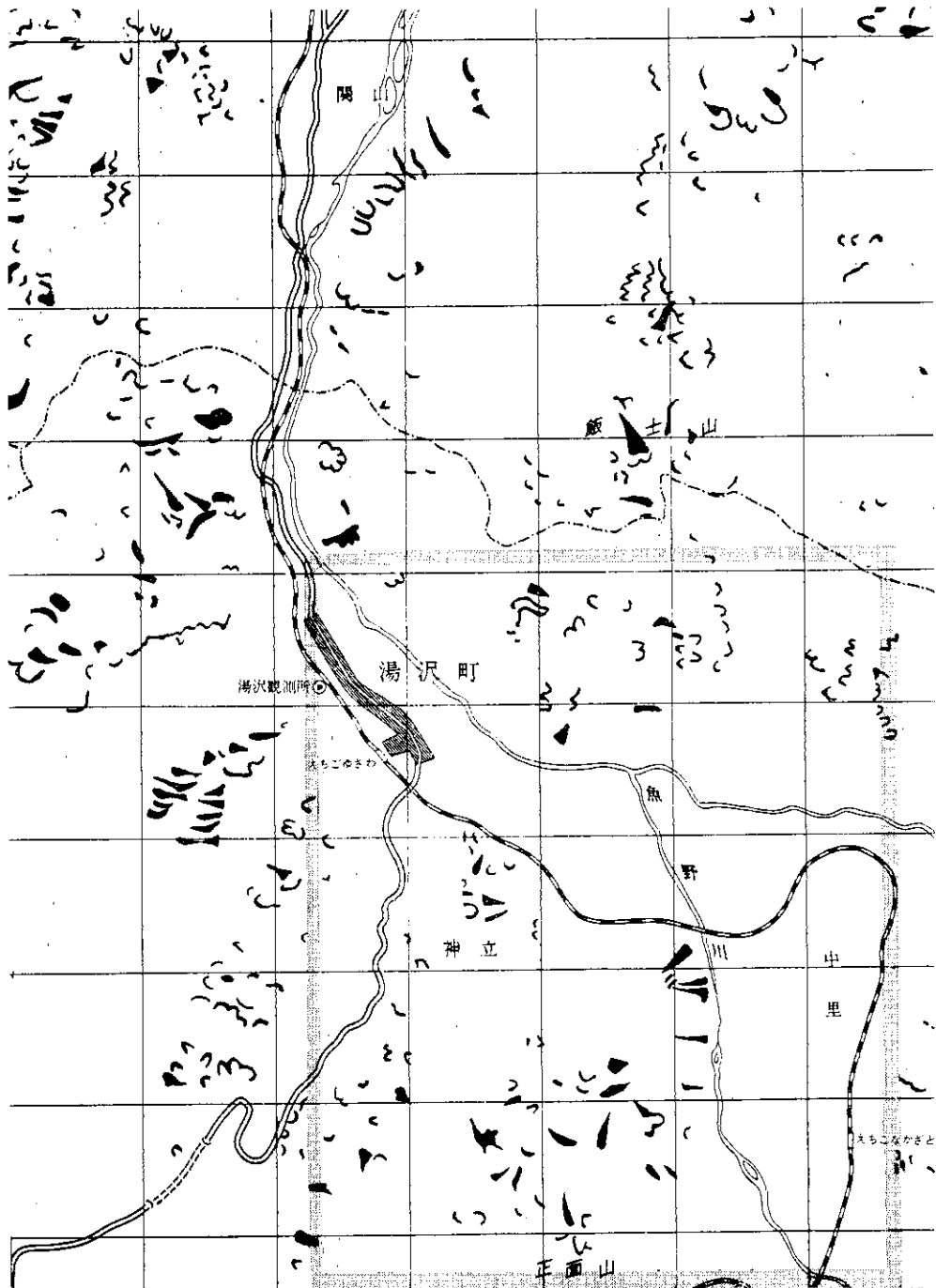
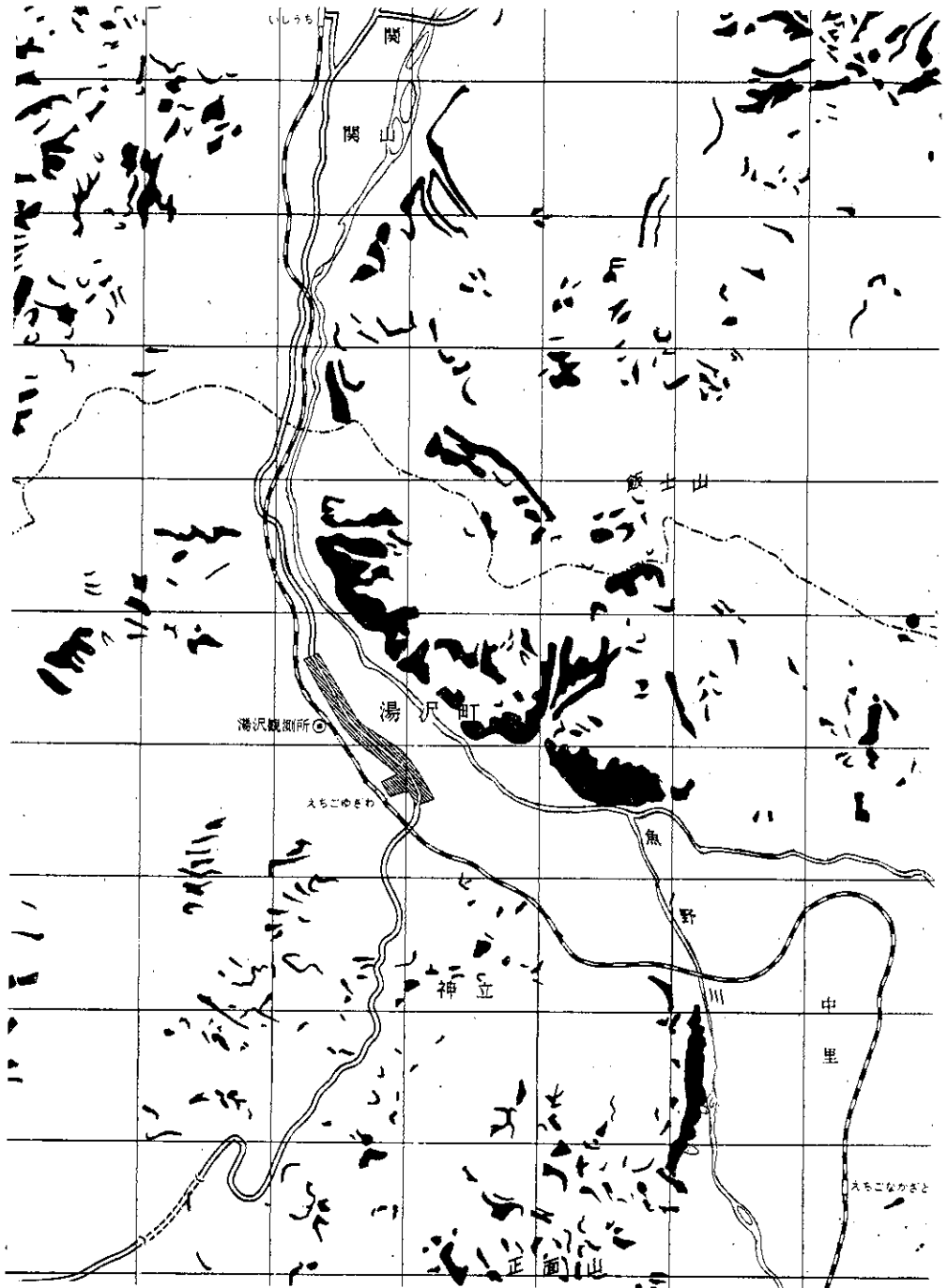


図-3 (オーバーレイ) なだれ分布図—38年—

(Overlay) Avalanche distribution, 1963.



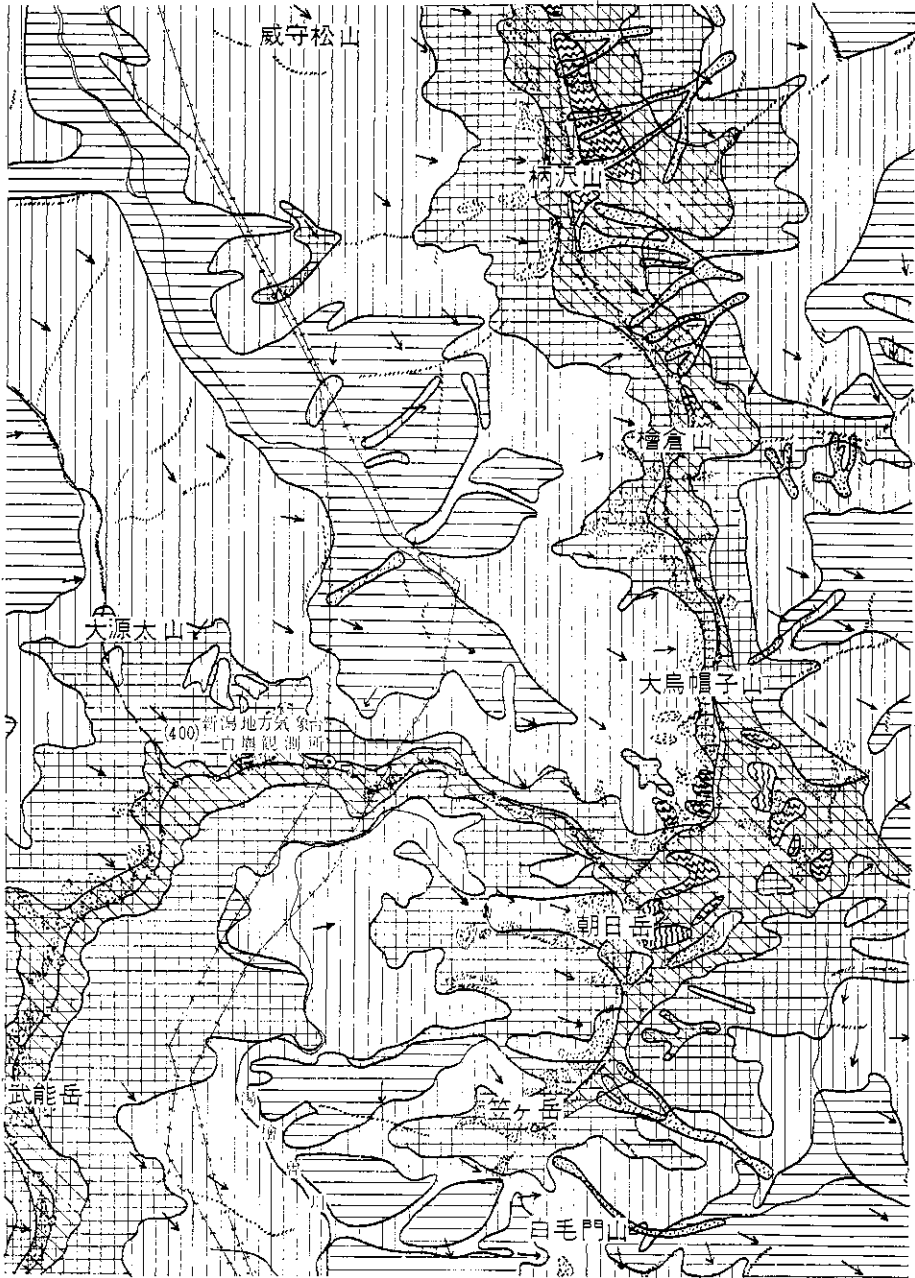
図—4 (オーバーレイ) なだれ分布図—39年—  
(Overlay) Avalanche distribution, 1964.



写真—1 湯沢付近 38年3月20日

Near Yuzawa-machi, central part of the river Uono district, March 20, 1963.





図—5 「積雪深・なだれ・風向分布図—魚野川地域—」表層なだれの発生が多い所

“Distribution map of snow depth, avalanche and wind direction in the river Uono district”; areas of frequent outbreaks of surface avalanche.

凡例  
積雪深の階級区分

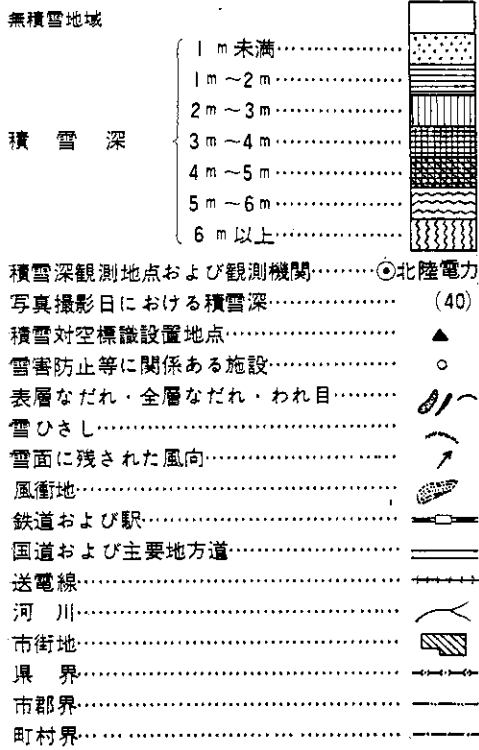


図-6 「積雪深・なだれ・風向分布図」凡例

Legend for "Distribution map of snow depth, avalanche and wind direction".

りしている。また割れ目のでき方も、38年は大きく39年は細いとかはあっても、できる場所が同じであることが多い。39年は撮影日が約1週間早いことと、降雪が遅かったのでなだれ・割れ目の発生が遅れたらしく、38年には高山地の稜線下に割れ目のみえる所が39年にはみえないものもあって、降雪による発生時期の違いはある。

ii) しかし森林の黒々と露出した所、露岩のみえるところ、みえ方などのパターンは同じである。39年は樹上や露岩の上に雪をかぶり、埋もれ方が大きいという違いはあった。

iii) 雪ひさし・雪のひだ・吹きだまり・吹き払いのできる所、でき方など積雪分布のパターンは変わらない。つまり、積雪の大小にかかわらず、積雪分布のパターンはあまり変わらない。

このことからみると、ある冬に撮影した写真があれば雪害対策、水利用計画、土木建設事業の計画にあたって場所の選定などに充分役立つことになる。また積雪深を1度測定しておけば、あとは撮影さえすれば、写真の判読によって年による積雪深の大小が比較できる。

次に39年3月1日と3月31日の写真を較べると、31日のは低山地で隣同志のなだれがくっつき合ったり、平地に接する末端部の斜面などで、なだれたあと斜面全体の雪がとけ、地面が露出して、地図上ではなだれが大きな塊りとしてあらわされている。そして3月1日はみられなかったような高度の高い所にも、31日の写真には見出される。これは全層なだれについてであって、表層なだれは数もふえていないし、3月1日にみえた所でも、その後の降雪に覆われて、31日の写真にみえないものもある。

3.3 なだれ分布図の比較

積雪・なだれの発生状況の比較のうち、今回はなだれの分布を比較する図を作成するにとどまったが、以下魚野川地域の3枚の図、すなわち、39年3月1日の状態を示す多色刷、1か月あとの39年3月31日の状態を示すオーバーレイ-39年-、前年の38年3月20日のオーバーレイ-38年-を比較し、年や時日の経過によって、なだれの分布数や、分布地域、発生地点の海拔高度や斜面の方向がどう変わるかを地図上で調べ、標高や方位を読んで調べてみた。

39年3月1日はなだれの数が少ないが、1か月あとには、なだれが数として5~6倍にふえている。38年は数がやや少ない。しかし3図に共通的にみられるのは、なだれの発生の多い所、少ない所の分布の傾向が似ていることである。1km<sup>2</sup>の方眼単位に、なだれ発生地点のうち最高所から発生しているものの標高をよみ、100m階級毎の頻度数を、方眼内の一般的高度を代表させるものとして、方眼中の最高点の標高をよんで、100m階級毎に集計したのが、表-2、図-7である(表-2、図-7)。

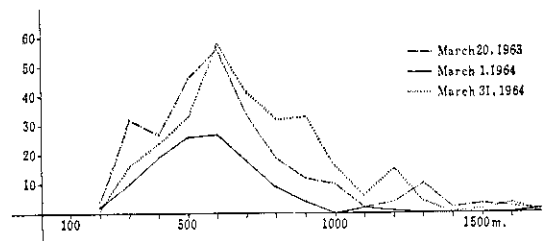


図-7 なだれ発生地点の高度  
Heights of slopes at outbreking points of avalanche.



表-3 なだれ発生地点の方位  
Direction of slopes at outbreaking points of avalanche.

方位	E			SE			S			SW			W			NW			N			NE			計					
1km方眼内の最高																														
m																														
100 ~ 199										1			1 1			1 1						3 1 1								
200 ~ 299																														
300 ~ 399	6	9		1	5	11	5	7	1	4	1	6	6	8	7	1	4	4	45	2	34									
400 ~ 499	17	11	7	12	6	9	14	1	6	9	1	7	15	2	20	12	4	12	15	6	11	4	13	105	29	80				
500 ~ 599	19	5	15	37	2	2	38	3	8	16	2	15	29	8	24	9	2	7	19	2	10	19	7	186	24	88				
600 ~ 699	38	10	41	36	7	26	54	10	21	44	4	41	49	13	45	29	5	18	23	3	14	30	9	22	303	61	228			
700 ~ 799	48	16	44	36	11	26	25	4	16	11	4	19	4	2	25	8	1	18	11	2	15	23	13	33	166	53	196			
800 ~ 899	17	5	16	15	8	17	28	3	25	19	3	20	12	2	30	3	1	11	7	7	2	1	9	103	23	135				
900 ~ 999	42	9	34	19	2	20	13	2	16	7	1	9	2	3	13	7	1	12	5	1	8	7	6	23	102	25	135			
1000 ~ 1099	13	3	32	12	1	18	4	3	22	2	14	5	1	30	8	21	4	10	11	18	59	8	165							
1100 ~ 1199	2	15	1	1	3	1	9	2	7	8	12	3	1	10	3	6	9	9	29	2	71									
1200 ~ 1299	1	1	9	4	2	1	5	4	3	1	3	2	2	3	1	4	2	1	7	10	2	37								
1300 ~ 1399	1	7	1	5	3	1	1	1	3	2	2	3	1	6	1	2	1	1	7	2	28									
1400 ~ 1499	1	1	1	2	1	5	1	3	1	6	1	2	1	1	1	7	4	5	1	20										
1500 ~ 1599	4						2	1	2	1			1			1			7	4										
1600 ~ 1699	4						2	1	2									1	5	5										
1700 ~ 1799	1		2	1	1		2	2	2	1			2			2			9	5										
1800 ~ 1899	1	1		1						1	2		1						4	2										
1900 ~ 1999				1						1									1	1										
計	213	60	231	173	39	137	191	26	141	120	16	148	138	35	222	94	15	118	102	8	85	118	35	152	1,149	234	1,234			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

A-39. 3. 20 B-39. 3. 1 C-39. 3. 31

39年3月1日には、高度600m台のところ、および500m台のところと同じ発生数もち、曲線の頂をなしている。1か月あつには、600m台がぐんとふえ、とがったピークをつくり、ここから900m台まで、全体として数が著しくふえている。500m以下のところが余りふえないのは、3月始めになだれの出るような低山地では、出つくしてしまうのであろう。

38年も、やはり600m台の高度にピークがある。39年3月31日に比べると600m台以下の低い方寄りに多く出ている、800m台より高い所では少なくなっている。3月20日で10日撮影日が早いのであろう。

次に発生地点の斜面の方向を、すべてのなだれについて方眼内の100mの高度階級毎に集計したのが、表-3、図-8である(表-3、図-8)。39年3月1日はなだれの総数234のうち、Eが26%を占め最も多く、ついでSEが17%である。Eの場合は高度が700m台のところによくあらわれているのに対し、Wでは高度が600m台と少し低い所に多いということがわかる。39年3月31日はな

だれの総数1,234のうち、一番多いのは、やはりEで全体の19%であるが、Wが18%に上ってきて、発生の遅い西斜面にもこの時期になるとふえてくることになる。

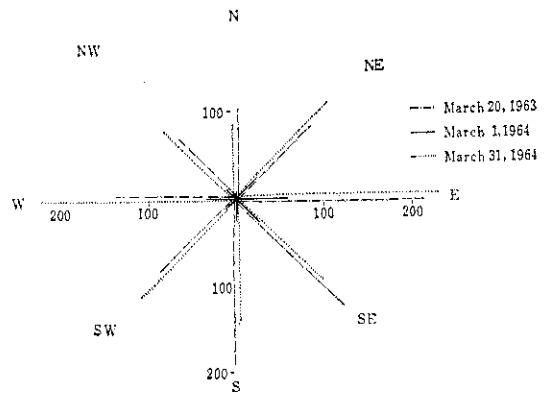
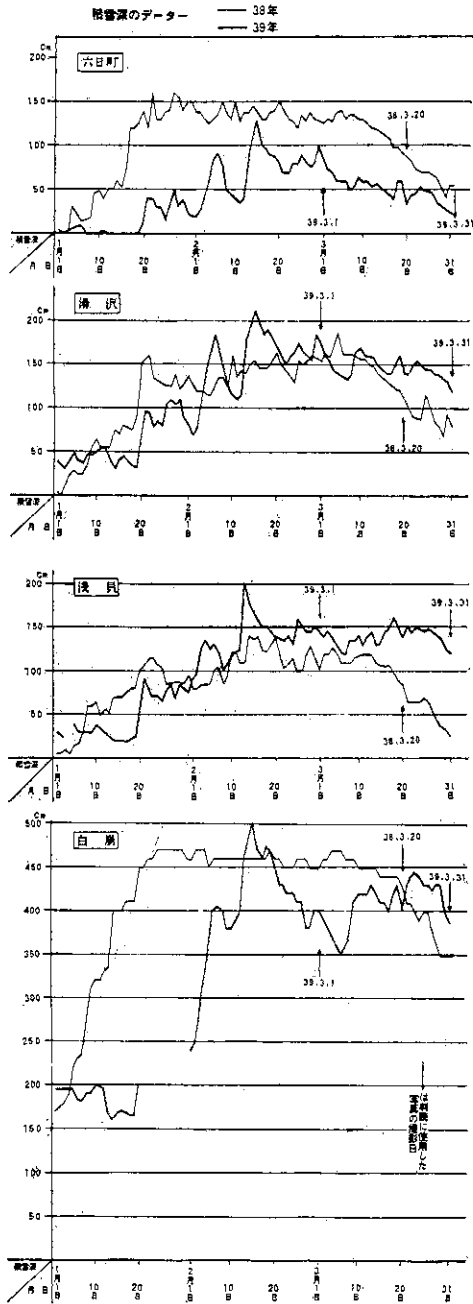


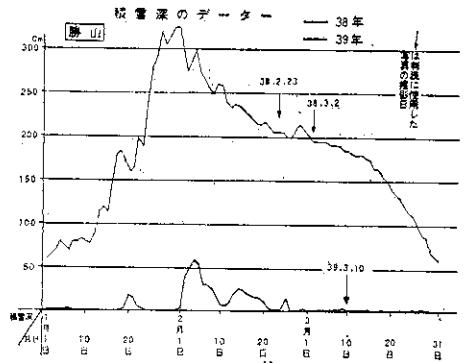
図-8 なだれ発生地点の方位  
Direction of slopes at outbreaking points of avalanche.



図—9 魚野川地域積雪深のデータ  
Data of snow depth in the river Uono district.

38年3月20日を見ると、なだれの総数、1,149のうち、やはりEが19%で最も多く、次いで、Sの17%、SEの15%で、時期的に3月1日と31日の中間である傾向が出ている。なだれの発生率が東向きに高いのは、日照斜面でなだれが起きやすいことと、魚野川地域では地上卓越風向が西に多く、雪ひさしが東にはり出し、その欠け落ちはなだれ発生のおきかけをつくることが多いからであろう。

なだれの発生数が積雪深の大小とどういう関係にあるかふれておこう。魚野川地域には、気象観測所が六日町、湯沢、浅貝、白崩と四か所にある(図—9)。図の中心部にある湯沢、浅貝では豪雪の38年も39年の積雪深の値とあまり違いがない。かえって39年は雪が遅く、3月下旬に積雪が多くなっている。38年3月20日と、39年3月31日のなだれの発生数にはあまり大きな違いがない。これに対し、滝波川地域は、勝山の観測所の積雪深をみると(図—10)、39年は50cmがピークであるのに、38年は3mに達し、38.1豪雪がこの地域で顕著だったことがわか



図—10 滝波川地域積雪深のデータ

Data of snow depth in the river Takinami district.

る。なだれは39年3月10日の多色刷図には殆どあらわれていないのに対し、38年3月20日(1部2月23日)の状態を示すオーバーレイには、数多く発生している。豪雪の年のなだれは空中写真でみると全層なだれであるが、多量の新雪ががさっと落ちた表層なだれ質のものである。なだれの発生地点の高度や方向が、融雪期の時日の経過によって変わるとすれば、これは年による積雪の大小の違いによって、なだれ発生数が変わることを示している例である。

4. おわりに—昭和37~39年の調査のまとめと今後の問題点—

37年度にはじめて科学技術庁の特別研究促進調整費を受け、38.1豪雪の調査をはじめたときは、雪の空中写真を撮影することさえはじめてであり、空中写真からどれだけの調査が可能であるか、どういう方法で何が解明できるかさえ十分に検討する時間もなく、豪雪の緊急対策資料とするため18,000 km<sup>2</sup>にわたる広大な地域の調査を短い期間に行なわなければならなかった。その後、空中写真の測量と判読によって雪の調査を行う方法を、モデル地域について種々の研究作業を行う過程で蓄積していった。空中写真からかなり幅広くつこんだ調査が可能になってきたことがわかって、できる限りの撮影が、防衛庁の協力も得て行なわれたことは表—4、図—11に示すとおりである(表—4、図—11、表—5)。

空中写真による雪の調査は、地域的には北陸地方を中心に行なわれてきたが、今後は東北地方や北海道など、気温が低く雪質の違った地方での撮影が行なわれれば、日本の多雪地帯における雪の分布がより一層明らかにされると共に、なだれ、雪面上に残された風、吹きだまり、吹き払い、積雪深の判読にもっと違った要素が入り、判読のキイはより幅広く整備されるようになるだろう。この意味でも東北、北海道の撮影を望むものである。多雪地帯の雪の地域的分布を知る必要があると共に、日本の冬の気候の大きな特色である裏日本と表日本の脊梁山脈

を境とした極端な気候差をもっと明らかにする必要がある。本州横断コースの撮影はこのような意図もあって企画し、防衛庁の協力で撮影が行なわれたが、惜しむらくは40年の4月から5月になったので、中央部の高山地を除いてはすっかり雪がなくなっている。雪線の後退、あるいは残雪の調査ならば平野部を含む横断コースの必要はないし、積雪分布の地域差をみるには、2~3月に撮影が行なわれる必要がある。

多雪地帯での空中写真の撮影は、天候が悪く、撮影可能な晴天は月に1~2日あるかないかで、この機会をのがせないという制約に加えて、山岳地帯では飛行の安全性のため3,000 m以上の高度が必要であり、f=15 cmの広角のカメラを用いると基準面を平均海面にとった場合は縮尺1/20,000の写真を得ることはせいっぱいである。積雪深を測定するためにも、写真判読によってなだれや風向を判読するにも、1/20,000でできないこともないという状態なので、できれば1/10,000位の縮尺を得たいところである。このためには、例えばヘリコプターによる垂直写真の撮影などの技術を開拓する必要がある。

空中写真による雪の調査は、

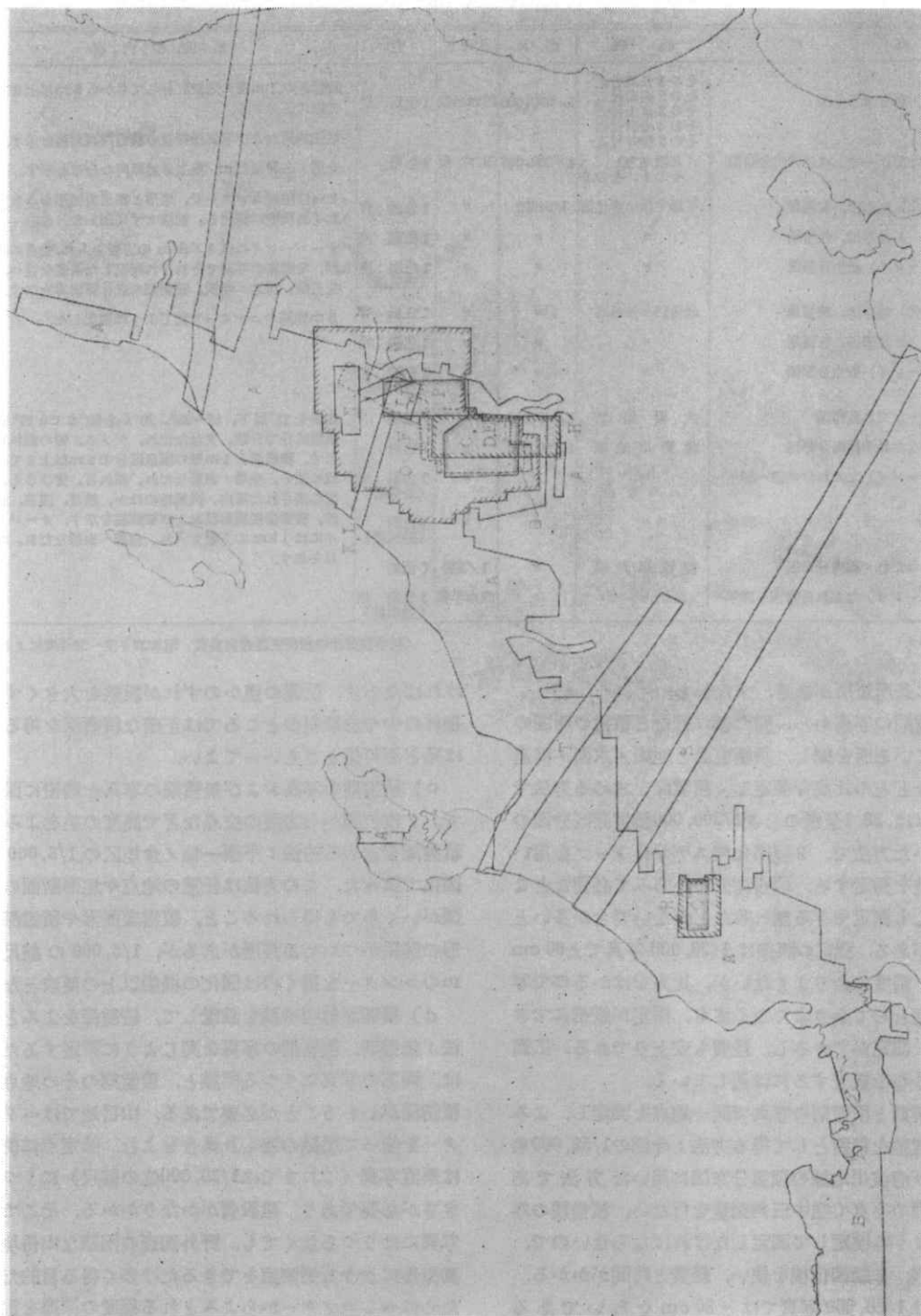
- i) 積雪深分布(写真測量, 判読)
- ii) なだれ, 雪ひさし, 風向, 風衝地(写真判読)
- iii) 積雪の経年, 日時による変化(写真判読)

に大別される。

- i) 積雪深分布の調査方法は次のような方法があり、

表—4 雪の空中写真撮影  
Table for air photographs of snow survey.

地 域	撮影年月日(計画機関) 縮尺は斜を除いていずれも約1/20,000~1/25,000				
	38年2~3月	38年5~6月	39年2~3月	40年2~3月	40年4~5月
北 陸 地 域	A38.2.14~3.20(防衛庁)				
山 陰 地 域	B38.2.15~3.18(防衛庁)				
魚 野 川 地 域	C38.3.20(地理院)	D38.7.26,27(地理院)	E39.1.30~3.19(斜) (地理院) F39.3.1, 13 (防災センター) G39.3.31(防衛庁)	H40.3.8, 15 (防災センター)	
越 後 駒 ヶ 岳	I38.3.19(地理院)	J38.5.12, 8.3(地理院)			
柏 崎 一 小 出	K38.3.19(地理院)	L38.5.11, 24(地理院)			
破 間 川 流 域			M39.3.31(防衛庁)		N40.5.5(防災センター) O40.5.19, 20, 6.10 (防衛庁)
只 見 地 区				P40.3.9, 15 (防災センター)	
澁 波 川 地 域	A38.2.23, 3.2(防衛庁)	Q38.6.16(地理院)	R39.2.19, 3.10(防衛庁)		
本 州 横 断 Aコース 松任—真鶴					S40.4.6,7,22,27, 5.12 (防衛庁)
Bコース 羽咋—松本					T40.4.7, 22 (防衛庁)
Cコース 新羽—原町					U46.4.6~8, 5.12 (防衛庁)



図—11 雪の空中写真撮影区域一覽

A map showing the districts where air photographs for snow survey were taken.

表—5 雪の地図—覧

Table showing the snow maps prepared by the Geographical Survey Institute.

名 称	地 域	縮 尺	大 き さ	色	地 図 の 内 容
A 38.1豪雪 積雪深区分図	その1長岡付近 その2高田付近 その3富士付近 その4金沢付近 その5福井付近 (北陸地方) その1, その2	1/200,000	四六半載	1色刷 黒	積雪深を1m毎に階級区分して0から5m以上までの地域に区分する。 観測施設および写真撮影日の積雪深観測値を示す。
B 38.1豪雪なだれ・地上卓越風向分布図	(北陸地方) その1, その2	1/200,000	四六版	4色刷	全層・表層なだれ, 地上卓越風向の分布を示す。
C (精密図化) 地形図, 積雪期 ( " ) 地形図, 無雪期 (オーバーレイ) 植生分類図	平標・仙ノ倉地区	1/5,000	"	1色刷 青 " 褐 " 黒 (透明紙)	2m間隔のコンターで, 地形と積雪表面形をA8でそれぞれ精密に図化し, 精描せず印刷した。 オーバーレイには1/4kmの方眼を入れ, 交点に積雪期, 無雪期の写真でそれぞれ設定した高度を並べ, 植生分類, 裸地, 雪渓, 積雪期の森林露出界を示す。
D (精密図化) 地形図, 積雪期 ( " ) 地形図, 無雪期 (オーバーレイ) 植生分類図	越後野ヶ谷地区	"	"	1色刷 青 " 褐 " 黒 (透明紙)	5m間隔のコンターで同じように図化した。
E 傾斜分類・なだれ分布図	大野地方	1/25,000	"	7色刷	傾斜を15°以下, 15~20°, 20°から60°までを10°毎の階級区分で分類, またなだれ, デブリ, 雪の割れ目を示す。積雪深を1m毎の階級区分で6m以上までの地域に区分, 全層・表層なだれ, 割れ目, 雪ひさし, 雪面に残された風向, 風衝地のほか, 鉄道, 国道, 送電線, 積雪深観測施設および観測値を示す。オーバーレイには1kmの方眼を入れ, 全層・表層なだれ, 割れ目を示す。
F 積雪深・なだれ・風向分布図 (オーバーレイ) なだれ分布図—38年— " —39年—	魚野川地域 " "	1/50,000 " "	" " "	7色刷 " 黒 (透明紙) " 黒 (透明紙)	
G 積雪深・なだれ・風向分布図 (オーバーレイ) なだれ分布図—38年—	滝波川地域 "	" "	1/2菊 四六半載	7色刷 1色刷 黒 (透明紙)	

(科学技術庁特別研究促進調整費 昭和37年度~39年度による)

それぞれに長所短所がある。すなわち、

a) 積雪期の写真から、雪の割れ目など積雪の断面のあらわれている所を探し、積雪表面と地面・水面・構造物の表面などとの比高を測定し、積雪深を求める方法である。これは、38.1豪雪のとき1/200,000積雪深区分図の作成に用いた方法で、3級図化機ステレオトップを用いて視差の差を測定する。積雪深分布からみて必要なところに必ずしも測定できる割れ目などが無い場合が多いという欠陥がある。測定の誤差は1/20,000写真で±80cmぐらいで、精度は余りよくないが、比高をはかるので写真が測量用として余りよくなくても、標定が厳密にできなくても、測定ができるし、経費も安上りである。広範囲の積雪分布を概査するには適している。

b) 無雪期と積雪期の写真で同一地点を測定し、よみとった高度差を積雪として得る方法：今回の1/50,000魚野川および滝波川地域の積雪分布図に用いた方法である。無積期の写真で空中三角測量を行ない、積雪期の写真を同じように標定して測定しなければならないので、1級図化機、2級図化機を使い、経費と時間がかかる。機械誤差は1/20,000写真では±30cmぐらいであるが、無雪期の写真と積雪期の写真で2度測定するので誤差は倍となる。両期の写真で厳密に同一地点を測定しな

ければならず、位置の僅かのずれが誤差を大きくする。森林の中や急傾斜のところでは正確な積雪深を得ることは殆ど不可能とさえいってよい。

c) 積雪期の写真および無雪期の写真を精密に図化して、2枚の図から方眼の交点などで高度の差をよみとり積雪深を求める方法：平標一仙ノ倉地区の1/5,000精密図化で試みた。この方法は任意の地点や地形断面の積雪深がいくらでも得られること、積雪表面形や積雪深と地形の関係がつかめる長所があるが、1/5,000の縮尺で2mのコンターを描くのは図化の機能以上の要求となる。

d) 積雪深対空標識を設置して、積雪深をよみとる方法：無雪期、積雪期の写真を同じように標定するためには、両方の写真にうつる標識と、積雪期のその地点での積雪深がわかることが必要である。山岳地ではヘリコプターを使って標識の埋もれ具合をよむ。標定点に使うには垂直写真（これまでは1/20,000位の縮尺）にうつる大きさが必要であり、建設費がかなりかかる。そこで垂直写真にはうつらなくても、野外調査の困難な山岳地の写真撮影における実測値をできるだけ多く得る目的のためにヘリコプターからよみとれる程度の標識を沢山たてることが考えられた。標識の建設費およびヘリコプターによる調査費がないような場合は、写真の縮尺を考



既存の構造物、たとえば送電線の鉄塔などは実体視すれば、1/20,000の写真でも充分にみえる大きさであるから、資料から高さを調べ、積雪期の写真で積雪表面とアームまでの比高を測定すれば積雪深を得ることができる。

以上 a) から d) までいずれの方法によるにしても積雪深の点の値を得たあとは、写真判読によって積雪深の同じ地域に区分するので、積雪深の実測値と積雪表面形、積雪深と地形・植生などとの関係を示す写真判読のキイカードを完備し、多くの人が均一な精度で判読できるようにする必要がある。

ii) なだれ・雪ひさし・風向・風衝地の判読

なだれは表層なだれ、全層なだれに二分したが、雪質も積雪表面の状態からある程度判読できそうなので、雪氷学会できめている六つのなだれの分類名称に分けることも可能と思われる。

なだれの分類のほか、発生しやすい場所の地形的条件(1/25,000「大野」の傾斜分類、なだれ分布図で多少試みた)や植生の違いの分析、さらにはなだれの形態や、デブリの雪の量、なだれの規模(長さ、幅)、到達地点までの距離の計測などを今後進める必要がある。それには1/10,000程度の縮尺の空中写真が是非欲しい。

風の判読では風向と共に風力もある程度判読できると

思うが、自記記録の風速計を山間地に設置して風速の記録と対応させ、判読カードをつくる必要がある。

iii) 積雪の変化

地形調査などと違って、状態のvarietyしやすい気象調査に空中写真を利用するには、反復撮影が必要であるとしてモデル地域についてこれがなされた。ただ予算の性格から年度始めの撮影が困難で、反復撮影といっても3月までのものしか得られず、低山地に全層なだれが多発しているのがみられるにすぎなかった。しかし40年5月には破間川流域の異常残雪の調査に、防災センターが空中写真の撮影を行なったので、これまで見る機会がなかった高山地の融雪期の状態を見ることができた。1,500 m位の高度から大規模な全層なだれが多発しているのがみられる。

高山地については、融雪期の状態を明らかにするために、4月以降の継続的な反復撮影の資料が欲しい。全層なだれの発生状況や、雪線の後退、残雪形を時期を追ってとらえると共に、積雪深の地形による分布の違いや積雪深の特に大きいところ少ないところと植生の関係を、さらに調査する必要があるからであり、これまで局部的には個人的な地上調査が行なわれてきたが、広い地域を空中写真で調査することは、空中写真による雪の調査の有力な分野と思われるからである。