

広域的被害実態調査

主任専門技術員 添田 幹 男
経営部長 中村 昭 一

I はじめに

昭和55年12月24日、県内一円に発生した異常豪雪により、ことに阿武隈山系の人工林（主としてⅢ～Ⅴ令級のスギ林）が冠雪のため折損、倒伏し、甚大な被害を蒙った。

過去にも局地的に冠雪害は或る周期的に発生は見ていたが、今回の冠雪害は、従来の施業技術管理等を超越したものであり、林業史上稀に見る大災害であった。

本調査は被害実態を広域的に調査分析し、林況と立地環境等との因果関係を見出し、冠雪害発生危険地帯判定の基礎資料とするため行なった研究項目の一部である。

II 研究内容

1. 空中写真による被害判読調査

被害後の年月が経過すると共に、復旧作業等も進んでいくので、現地調査は補足とし、被害後比較的早期に撮影された空中からの垂直写真を立体鏡を用いて行う判読調査を主体とした。

用いた空中写真は、昭和56年5月27日、6月3日撮影の、81災アブクマ、タカヌキC17、C18、C19、C20、オノニイマチC9、C10、C11、C12、C16である。（縮尺約1/8,800）、対象地域は10,110haについて判読調査を行なった。

2. 調査の方法

(1) 調査区分と調査標本数

空中写真のコース構成及び地質、スギ林率等を勘案し、竹貫A（古殿町）竹貫B（いわき市三和町）小野A（郡山市田母神、小野新町、平田村）小野B（滝根町、小野新町）と、4地区に区分した。

調査標本数はスギ林率等から地区毎に点数を加減し、57年度と58年度を合わせ、配分は竹貫A地区75点、竹貫B地区57点、小野A地区20点、小野B地区48点の合計200点となった。

これら標本点は、森林基本図（1/5,000）上のXY軸の林地に比例的におとし、空中写真上で位置を照合し、XY軸点に当るか最も近い所のスギ林分を見出し、標本林分（0.1ha以上）とした。

(2) 調査項目

空中写真による判読項目は、樹種、林令階、被害類型、被害程度、地形と広がり等とし、森林基本図に移写し、さらに標高、斜面方位と形状、斜面長、傾斜度等を測定した。また、地質図、土壌図を用い地質、土壌型を調査した。

空中写真の判読区分は表-1、判読標準表による。

表-1 判読標準表

① 樹種区分

樹種	色調	判読のめやす	
		林冠	立地等
スギ	黒	①若齢林は樹冠個別に判別せず密生し、樹高は一斉 ②壮齢林は規則的に小円形に並び輪郭鮮明で、判別できる。 ③老齢林は、やや不整形で大小の判別ができ、隣接林との樹高差も判別できる	山麓部～中腹 (一部は山頂部まで) 凹地、耕地沿に集団する
アカマツ	やや黒 (壮齢林は) やや灰色	①幼齢林は判別できない(密生) ②壮齢林は不整形な円形で輪郭不鮮明	中腹～山頂、台地等嶺線に連続(老齢木) 人工(幼、壮齢)林はスギと判別難
落葉広葉樹	灰色 (やや黒)	①幼齢林は判別できない(絨緞状) 樹高は一斉 ②壮齢林は不整形な円型、輪郭不鮮明で不規則的に並び判別できる	樹種により色調差あり 天然アカマツ混交林はやや黒色で群状
伐採跡地	白色 (やや灰色)	樹木皆無で地肌なめらか 地拵地は筋置か灰色の縞模様	区画線は整形で鮮明
草地 (原野)	白色 (やや灰色)	樹木皆無で平坦～緩斜地 地肌はザラツキ状(かん木生地)やや灰色で点生 造林不成績地、散生地はザラツキやや大で黒色に点在	人工草地は畑と誤りやすい 沢筋の水田跡(休耕地)は灰色で平坦

注：写真の暗部(日蔭部分)、周辺部は判読困難

② スギ林齢階区分

区分	判読のめやす
I(幼)	植栽木が点状に規則的に並び判別できる(3～6年生)但し、5年生以下の下刈不十分な林は広葉樹と判別。ヒノキ、アカマツ造林地も含めた 植栽木は集団しているが、空隔がある(やや灰黒色)(8～15年生) 植栽木が密着(黒色)しているが、隣接林より低い(14～18年生) 新植林(3年生以下の未下刈地)は伐跡地拵地と判別
II(若)	植栽木は密着し、ピロード状(黒色)で樹冠は個別に判別できない(13～25年生) 樹冠は密着し、絨緞状(黒色)小円形で個別にやや判別できる(20～30年生) 除伐不良林は混交林、広葉樹林と判別(10～20年生)
III(壮)	樹冠は円形で、規則的に並び判別できる(28～40年生) 樹冠が大小の円形に判別できる(35年生以上) 屋敷林、社寺林の老木は樹冠大きく樹影がある

③ 被害程度区分

区 分	判 読 の め や す
L (軽)	林冠は正常で規則的に密着しているが、少数の欠け(小穴)が点在、(15%以下) 林冠は正常で密着しているが、欠けている部分が散見できる(30%以下)
M (中)	林冠はほぼ正常に密集しているが、部分的に穴状に欠け、凹凸が虫食状に判読できる(40~50%) 大きい林分では林内の被害程度を局地的に細区分できる(50~70%)
H (激)	林床がやや灰色白に現れ、林冠の凹凸は大部分が不規則に判読できる(60~70%) 灰白色の部分が多く、残存木が小群状に判別できる(70%以上) 林冠は集団を欠き、大部分が灰白色で残存木が点状に散在している(80%以上) 造林不成績地と誤りやすい。

- 注 1) 幼齡林(1)は被害程度の判読困難
 2) L・M区分は上層木被害で中下層木の被害は含まず
 3) 小林分は林齡、被害とも判読困難

Ⅲ 結 果

冠雪害(広域的調査)の集計結果は表-2のとおりであった。

表-2 冠雪害(広域的調査)集計表

因子 カテゴリー 地区	幹 令 階				被害類型				被害度				地 形			広 が り			標 高 (平 均)					傾 斜 度				
	15年 以下	16~ 25	26~ 35	36 以上	1型	2	3	4	30% 以下	31~ 50	51~ 70	71 以上	山腹	山麓	山脚	広	中	小	300m 以下	301~ 400	401~ 500	501~ 600	601 以上	10° 以下	11~ 20	21~ 30	31~ 40	41 以上
竹貫 A	15	37	21	2	3	3	54	15	31	24	15	5	64	5	6	70	3	2	1	9	32	31	2	5	31	28	10	
竹貫 B	3	30	23	1	0	4	36	17	17	24	11	5	50	3	4	53	4	0			15	28	14	8	22	21	3	3
小野 A	1	14	5	0	0	0	10	10	1	9	6	4	19	1	0	17	3	0			2	17	1	5	14	1		
小野 B	3	19	25	1	2	1	35	10	11	26	8	3	45	2	1	47	1	0			16	27	5	11	27	9	1	
計	22	100	74	4	5	8	135	52	60	83	40	17	178	11	11	187	11	2	1	9	65	103	22	30	94	59	14	3

標 高 方 位							傾 面 形 状				傾 面 角				地 質					土 質					
N	NE	NW	S	SE	SW	E	W	凸	凹	平胸	複合	50° 以下	51~ 100	101~ 150	151~ 200	S1 凝灰岩	S2 凝灰岩	斑岩 閃緑岩	新 期 花崗岩	古 期 花崗岩	BB	BD(d)	BD	BDX(d)	BD-E
12	6	8	17	7	10	8	7	7	16	21	31	6	42	23	4	40	9	18	0	8	7	47	21	0	0
4	3	2	17	13	9	4	5	4	11	15	27	9	27	17	4	0	31	0	0	26	0	14	23	12	8
1	0	1	10	2	3	2	1	0	4	3	13	2	12	5	1	0	0	0	9	11	5	11	1	3	0
12	2	5	16	1	4	2	6	1	5	12	30	0	30	17	1	0	0	0	0	48	1	39	5	2	1
29	11	16	60	23	26	16	19	12	36	51	101	17	111	62	10	40	40	18	9	93	13	111	50	17	9

- 注 被害類型区分は
 1 型 倒伏
 2 " 倒伏+幹折
 3 " 幹折+梢端折
 4 " 幹折+根抜け
- 標本区は 竹貫 A 75点 (古殿町)
 竹貫 B 57点 (いわき市三和町)
 小野 A 20点 (郡山市田母神、小野町、平田村)
 小野 B 48点 (滝根町、小野町)
 計 200点

これによっても一応の被害との関連はうかがい知ることが出来るが、これら調査結果を電算機を使って数量化計算を行い、スコア表にて地形立地条件等と冠雪害危険度との関連づけを試みた結果は次のとおりであった。

1. 数量化Ⅰ類手法による計算結果による冠雪害発生環境の予測

調査資料を要因項目（アイテム）別に整理し、範疇（カテゴリー）区分した。

(1) 被害率のグループ分類による分析

生育環境、とくに地形要因と冠雪害の関係分析のため、調査資料を一部抽出して、冠雪による被害率 0～30%、31～70%、71%以上の3グループに区分し、林令階、地形、標高、傾斜度、斜面方位、斜面形状、斜面長、地質、土壌、地区の組合せによって、被害率に特徴があるか、判別関数分析を行なった。

その結果地形を主とする要因と被害率とは、因果関係が認められた。分析表は表-3のとおりである。

表-3 被害率の判別関数による分析

グループ別	グループ1	グループ2	グループ3	合計	判別率
グループ1 (被害率0～30%)	12	1	—	13	92.3%
グループ2 (" 31～70%)	—	8	5	13	61.5%
グループ3 (" 70%以上)	1	5	7	13	53.8%
合計	13	14	12	39	69.2%

(2) 数量化Ⅰ類の計算

これらから冠雪害と影響ありそうなアイテムを順次とりあげ、10項目、42カテゴリーに分類し計算した。

当調査区域は、戦後造林地が多く、林令構成も若令林に偏り、標本林分の被害度、被害形態も同様な傾向のため、数量化計算には不向きな面もあったが、計算の繰返し過程で、データ数の過多なものや、推定誤差率の高いもの、偏相関係数の小さいアイテムのカット等により、当初200点のデータを141点に調整した。

計算によるアイテム、カテゴリーのクロス表は、表-4のとおりである。

初回計算の偏相関係数の大きい順に、要因項目を追加して反復計算した。

要因項目の追加につれ、重相関係数は増加し、10項目をとりあげた時点で0.837となり、ほぼ満足な結果が得られたのが表-5である。

計算結果の解釈を容易にするため、要因項目を追加した意味づけとなる要因群偏相関係数や、偏相関係数、範囲を示した。

表-4 クロス表

アイテム、カテゴリ	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
林 令	1	15	0	0	12	3	0	2	11	2	3	7	4	1	3	0	2	2	1	3	1	3	2	3	5	5	3	9	3	0	6	3	2	5	2	6	5	2	0	10	3	1	1				
	2		68	0	58	4	6	24	35	9	9	29	19	11	9	4	3	21	8	9	6	8	4	10	19	35	9	36	19	4	14	13	8	33	3	38	18	5	4	28	20	7	13				
	3	3		58	54	3	1	28	23	7	10	29	18	1	9	4	5	17	8	7	4	4	2	12	13	31	3	28	21	6	12	14	0	32	6	29	14	6	4	15	19	5	19				
地 形	1	4			24	0	0	47	60	17	21	62	31	10	18	7	9	36	16	15	10	13	7	22	32	63	11	63	40	10	27	28	6	63	9	63	36	10	7	44	37	12	31				
	2	5			10	0	4	6	0	1	3	4	2	3	0	0	1	3	1	3	1	1	0	3	3	4	3	6	1	0	1	2	3	4	1	5	0	3	1	5	3	1	1				
	3	6			7	3	3	1	0	1	0	0	6	1	0	1	1	3	0	1	1	0	1	1	0	2	4	1	4	2	0	3	0	1	3	0	5	2	0	0	4	2	0	1			
標 高	1	7			54	0	0	4	22	6	13	6	4	11	7	6	2	5	4	7	11	32	3	32	15	4	26	6	4	18	1	29	18	3	33	9	1	11									
	2	8			69	0	13	36	15	6	5	2	5	24	8	9	7	9	3	16	21	29	9	31	24	5	5	13	5	46	9	35	16	6	3	19	21	11	18								
	3	9			18	5	8	4	1	3	0	1	5	2	4	2	1	1	2	5	10	3	10	4	1	0	11	1	0	11	1	6	0	9	3	4	2	1	12	1	4						
傾 斜 度	1	10																																													
	2	11																																													
	3	12																																													
斜 面 方 位	1	14																																													
	2	15																																													
	3	16																																													
斜 面 形	1	17																																													
	2	18																																													
	3	19																																													
斜 面 長	1	20																																													
	2	21																																													
	3	22																																													
地 質	1	23																																													
	2	24																																													
	3	25																																													
土 壌	1	26																																													
	2	27																																													
	3	28																																													
地 区 1	1	29																																													
	2	30																																													
	3	31																																													
地 区 2	1	32																																													
	2	33																																													
	3	34																																													
地 区 3	1	35																																													
	2	36																																													
	3	37																																													
地 区 4	1	38																																													
	2	39																																													
	3	40																																													
地 区 5	1	41																																													
	2	42																																													
	3	43																																													

表-5 冠雪害(広域的)危険地帯判定多次元解析表

(福島県竹貫・小野地域)

要因	項目	要因	カテゴリ	データ数	要因群スコア										平均値	偏差	範囲	偏相関係数
					(X1)	(X2)	(X3)	(X4)	(X5)	(X6)	(X7)	(X8)	(X9)	(X10)				
方位	1	N	21	5.68	32.42	18.75	16.61	12.08	5.36	7.08	5.81	3.56	4.20	7.93	-3.73	25.63	0.621	
	(X1) 2	NE	8	16.00	44.68	30.15	28.83	21.26	15.78	16.38	14.50	11.63	12.35		4.42			
	3	NW	10	2.53	32.45	18.22	14.60	7.71	2.29	2.71	2.13	-0.81	-0.23		-8.16			
	4	S	40	13.41	43.83	29.03	27.50	21.76	13.55	14.99	13.18	9.59	10.27		2.34			
	5	SE	17	23.04	55.32	24.18	42.58	34.01	22.93	23.99	22.27	18.61	18.50		10.57			
	6	SW	19	2.04	34.85	19.61	17.89	10.28	1.90	3.74	2.23	-0.87	0.19		-7.74			
	7	E	11	26.17	55.79	14.83	40.72	35.92	26.12	27.92	26.00	22.22	22.66		14.73			
	8	W	15	1.32	30.29	14.47	12.78	7.21	1.16	1.62	0.04	-3.46	-2.97		-10.90			
地質	1	S1 変成岩	31		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.23	-12.23	17.30	0.542	
	(X2) 2	S2 変成岩	30		6.62	6.97	17.31	20.12	20.55	20.13	19.56	18.22	17.30		5.07			
	3	斑 橋 岩	10		4.27	3.07	3.38	1.98	5.15	4.94	3.33	2.06	3.20		-9.03			
	4	花 崗 岩	70		11.99	14.44	19.17	20.10	21.62	20.57	19.49	17.20	16.76		4.53			
傾斜	1	10°以下	22			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.29	-14.29	18.45	0.535	
	2	11~20	65			16.94	17.03	15.49	15.21	16.25	16.52	16.01	15.84		1.55			
	(X3) 3	21~30	41			13.58	15.99	15.59	15.86	17.23	17.35	17.10	18.17		3.88			
	4	30以上	13			16.32	18.93	16.98	19.86	19.69	17.95	18.09	18.45		4.16			
地域	1	竹貫 A	53				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.96	2.96	20.15	0.487	
	(X4) 2	竹貫 B	42				-12.58	-12.24	-12.45	-11.38	-10.59	-10.36	-9.93		-6.97			
	3	小野 A	13				8.42	8.64	7.84	10.35	10.49	10.09	10.22		13.18			
	4	小野 B	33				-4.47	-5.86	-7.08	-5.25	-4.04	-3.97	-4.04		-1.08			
土壌	1	BB	10					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47	-6.47	21.91	0.437	
	(X5) 2	BD(d)	73					7.91	6.98	7.07	5.55	6.88	6.88		0.41			
	3	BD	37					8.41	8.62	9.31	7.84	9.16	8.67		2.20			
	4	BfD(d)	13					7.28	10.19	10.97	10.17	11.78	12.62		6.15			
	5	BfD-E	8					-8.47	-5.43	-8.70	-10.80	-9.09	-9.29		-15.76			
斜面	1	50m以下	15						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.17	-6.17	12.14	0.426	
	2	50~100	73						4.05	2.49	2.92	3.62	3.28		-2.89			
	(X6) 3	101~150	43						12.75	11.79	12.57	12.71	12.14		5.97			
	4	151以上	10						14.32	11.17	11.55	11.86	10.89		4.72			
斜面	1	凸	8							0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	-1.65	8.12	0.295	
	2	凹	25							5.22	6.36	5.56	6.15		4.50			
	(X7) 3	平 衝	37							-2.17	-1.98	-2.25	-1.65		-3.30			
	4	複 合	71							-3.27	-2.93	-2.48	-1.97		-3.62			
林齢	1	15年以下	15								0.00	0.00	0.00	3.39	-3.39	6.19	0.280	
	2	16~25	68								5.13	6.24	6.19		2.80			
	3	26以上	58								-0.53	1.18	0.98		-2.41			
標高	1	500m以下	54									0.00	0.00	2.14	-2.14	4.62	0.215	
	2	501~600	69									4.20	4.42		2.28			
	3	601以上	18									0.05	-0.20		-2.34			
地形	1	山 腹	124										0.00	-0.65	0.65	5.89	0.176	
	(X10) 2	山 麓	10										-5.09		-4.44			
	3	山 脚	7										-5.89		-5.24			
重相関	係 数																	
要因群間	相関係数																	

(3) 計算結果の考察

① 要因項目の被害率に対する寄与率

図-1に示されるように、計算結果から要因項目に方位だけ取り上げたときは、重相関係数は0.49で、以後項目の追加につれ上昇するが、第6の斜面長以後からは微増である。

冠雪害と関係深い要因項目は、要因群偏相関係数から見る事ができる。

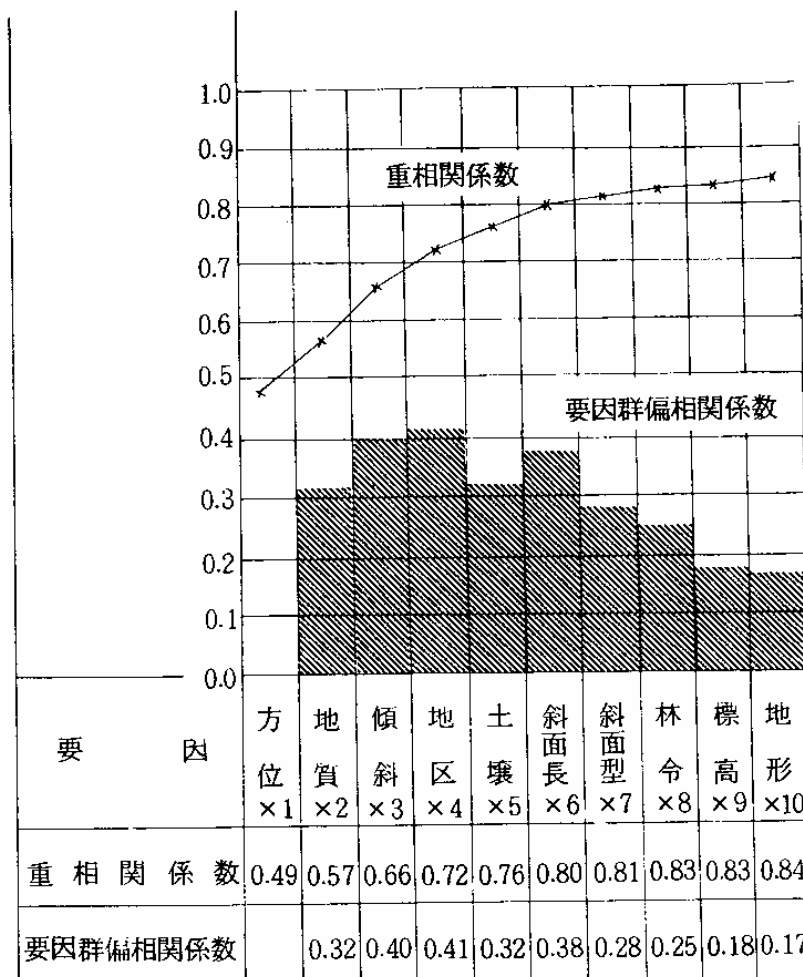


図-1 要因項目の被害率に対する寄与率

本分析では地区、傾斜、斜面長、土壌、地質の各項目の相関が大きく重相関係数を高めていることが推察された。

② 主要アイテム・カテゴリーの偏差

図-2に示されるように、方位の項目では被害率を高めているカテゴリーは7・5等で、低減しているカテゴリーは8・3等であることがわかり主要項目について図化したものである。

③ アイテムの偏相関係数

アイテムの偏相関係数を図-3に示したが、これにより方位が最も高い値を示し、以下高い順に被害率に大きく関与しているというのが伺い知れる。

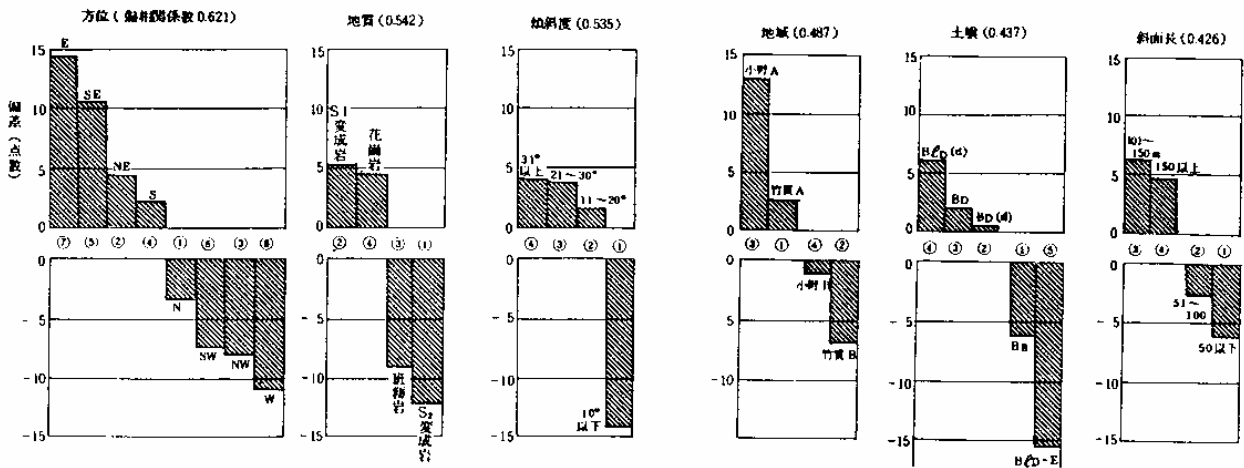


図-2 主要アイテム・カテゴリーの偏差

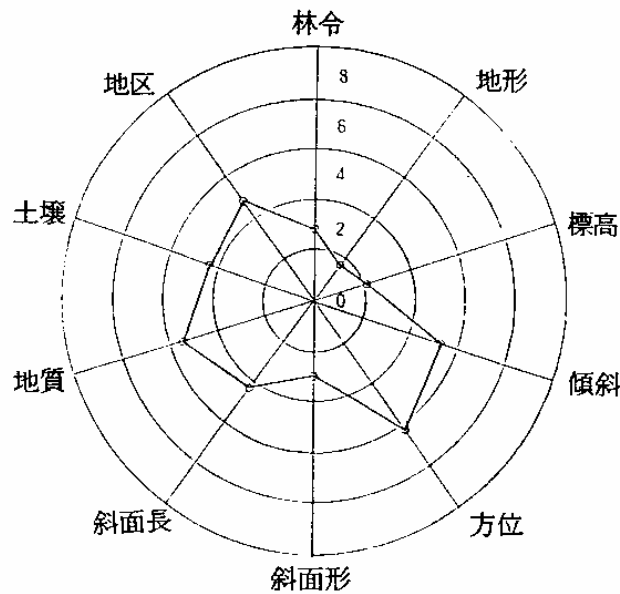


図-3 アイテムの偏相関係数

④ 被害形態の出現率との関係

被害形態と既述アイテムのかかわりについては数量化Ⅱ類によりなされるが、今回は被害形態を3グループとし、グループ1（倒伏、倒伏と幹折型）、グループ2（梢頭折と幹折型）、グループ3（幹折と根抜け型）と分け調査したところ、グループ2型が68%と圧倒的で、次いでグループ3型26%、グループ1型6%となり、且つ1被害林分毎にも混合型があり、数量化計算による関連づけは意義づけにも

無理があり行なわなかった。

⑤ 冠雪害（広域的）危険地帯判定多次元解析表

各アイテム・カテゴリーのスコアは表-5の冠雪害（広域的）危険地帯判定多次元解析表により空中写真利用による判読調査からの結果として得られた。

Ⅳ おわりに

今回の調査は広域的に短期に現地調査が出来ない場合、現地の被害状況が比較的变化していない早期に空中垂直写真撮影で記録された写真をもとに判読調査を行い、現地調査にかわる技法として考え実施されたものであるが、冠雪害に対する調査事項の重要因子には、降雪量・雪質・風向・風力等のほかに林業施業の面でも管理経緯等が介在してきて複雑となっている。

今回の空中写真利用による方法では、生育環境地形要素条件が主体となったが、それなりの調査成果は得られたものと思われる。

Ⅴ 参考文献

- 1) 中島 巖：森林航測概要、地球出版（1961）
- 2) 木立正嗣：林業技術者のための地形、日林協（1973）
- 3) 奥野忠一：応用統計ハンドブック、養賢堂（1978）
- 4) 農林水産技術会議事務局：農林水産試験研究のための統計的、数学的方法（1972）
- 5) 西沢正久：眞下育久：川端幸蔵：数量化による地位指数の推定法、林試研報No.176（1965）
- 6) 中村昭一：空中写真による冠雪被害林の調査、日林東北支部誌No.34（1982）
- 7) 大村 平：評価と数量化のはなし、日科技連（1983）