

# ヒノキ人工林の雪害に關与する諸要因

—石川県小松市での調査事例への多変量解析の適用—

石川県林業試験場

矢田 豊

## I はじめに

近年、石川県ではヒノキ人工林の造林面積が著しく増加する傾向にある。これは昭和56年の豪雪時にもヒノキ造林地の被害がスギ林に比べ少なかったこと、材価がスギよりも高いこと、松枯れ跡地等にも植栽が可能であること等によるものと言われている(8)。しかし、従来本県はヒノキ造林の不適地とされており、植栽時の枯損被害や漏脂病などの問題が未解決であり、それらについての実態調査や被害解析がなされている(12, 13)。また、雪害に関してもその被害発生の特性を把握し、今後の施業に対する情報を提供する必要がある。そこで、本論では石川県小松市で行われたヒノキ林分の実態調査の結果(3, 8)を元に、雪害の発生状況と諸要因との関係について多変量解析を行った結果(14)を紹介する。

## II 調査地及び方法

小松市は石川県の西南部加賀平野のほぼ中央に位置し、北西部は日本海に面しているが南部には標高1,000mを越える大日山系が連なり、最深積雪深の平年値も0.5m以下から3m以上(推定)と幅が広い。ヒノキ人工林(約224ha)のほとんどは同値の0.5mから2.5mの範囲内に分布している(8)。この分布域からほぼ均等に60林分を選定し、1986年～1987年に調査を行った。面積を測定した調査枠内の30～50本について、根曲り幅・根曲り高・雪害形態区分(斜立・湾曲・幹折れ・樹冠内折れ・梢折れ・その他)・胸高直径・立木密度・平均直径木についての樹高(3～6本)を測定した(3)。また、A層深・土壌型・堆積型・地形・標高(2万5千分の1地形図より10m単位で読み取り)・林齢および傾斜角(森林簿の数値による)等を調査した。

## III 多変量解析

上記調査結果から、根曲り、折損率等に有意に關与している要因を選択し、かつその關与の度合いを明らかにするために、重回帰分析と数量化I類による解析を実施した。

それぞれの変数の有意性を判断し、最適なモデルを得るための変数選択法については、重回帰分析では変数増減法や変数減増法がよく用いられる(5, 9)。そこで、量的データのみを対象とした重回帰分析では、F値を2.0で区分する変数増減法および変数減増法で変数選択を行い、両法の結果を比較した。数量化I類についても同様に変数(アイテム)の選択を行ったり、またアイテム内のカテゴリーの併合を検討する手法等が論じられている(1, 6)。しかし、重回帰分析に比してモデルが複雑になり、得られた計算結果の妥当性についても十分な検討を行う必要がある(6)。そこで、今回は変数選択の基準として、採用したアイテム間の独立性が高いこと、採用するアイテム数を多少変えてもアイテム内のカテゴリー間のスコアの関係が大きく変わらないこと、そして採用したアイテム

の偏相関係数、およびモデル全体の重相関係数等が高いこと等を考慮し、モデルを作成した。同様に、量的データのカテゴリーの区分や質的データのカテゴリーの併合についても、アイテム内の各カテゴリーへの該当林分数がほぼ同数になること、採用するアイテム数を多少変えてもアイテム内のカテゴリー間のスコアの関係が大きく変わらないこと等を考慮した上で、決定した。モデルの検討に用いた代表的な区分例と各カテゴリーへの該当林分数を表-1に示す。

また、これらの多変量解析は、各データの等分散性と正規性を前提としている(4, 7)。百分率のデータを解析の対象とする場合にはこの前提が満たされなくなる場合があり、この時、変数変換を行う必要がある(4, 7)。よって、各林分の梢端折れ・樹幹内折れ・幹折れを合わせた折損率については、その逆正弦変換値(4, 7)を解析対象とした。

表-1 数量化I類のための区分例

定量調査項目	区分例	定性調査項目	区 分
林 齢 (年)	0~20 (18)*	土壌型**	BB, BC (9)
	21~40 (18)		BD(d) (30)
	41~60 (6)		BD (21)
	61~80 (8)		
胸高直径 (cm)	2~11 (8)	堆積型	残積土 (11)
	12~19 (32)		匍行土 (33)
	20~30 (20)		崩積土 (16)
樹 高 (m)	0~10 (16)	地 形	
	10.1~15 (27)		山頂, 凸斜 (20)
	15.1~25 (17)		山腹直斜面 (28) 凹斜, 山脚 (12)
立木密度 (本/ha)	0~1000(10)	傾 斜	
	1001~1500(24)		
	1501~2000(17)		
	2001~3000(9)		5~15 (15) 15~25 (23) 25~45 (22)
標 高 (m)	0~100(22)	斜面方位	
	110~150 (19)		
	160~200 (10)		
	210~450 (9)		N, NE (22) E, SE (10) S, SW (14) W, NW (14)
A層の深さ (cm)	0~20 (12)		
	25~30 (17)		
	35~40 (12)		
	45~70 (19)		

\* ( ) 内の数値は該当林分数

\*\* 黄色系および赤色系褐色森林土を含む

#### IV 結果及び考察

林分平均の根曲り高と根曲り幅との関係を、図-1に示す。両者の間には、曲線的ではあるが明らかな正の相関が認められたので、今回は、主に採材可能位置に直接関わる根曲り高の解析値について論議する。

林齢と根曲り高の関係を図-2に示す。標高310m以上の林分が60年生以上に偏っているので標高300m以下の林分のみで見ると、40年生前後をピークに増加・減少しており、スギ(11)とほぼ同様の傾向となった。なお、根曲り幅もほぼ同様の傾向を示していた。また、林齢の代わりに林分平均胸高直径をとった場合にも、20cm前後をピークとした増減の傾向が認められた。そこで、重回帰分析は

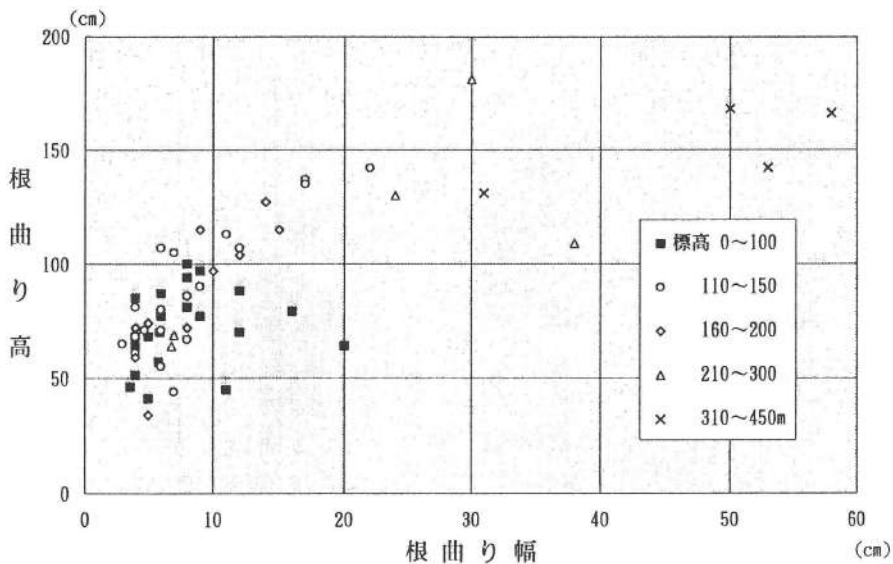


図-1 根曲り幅と根曲り高との関係

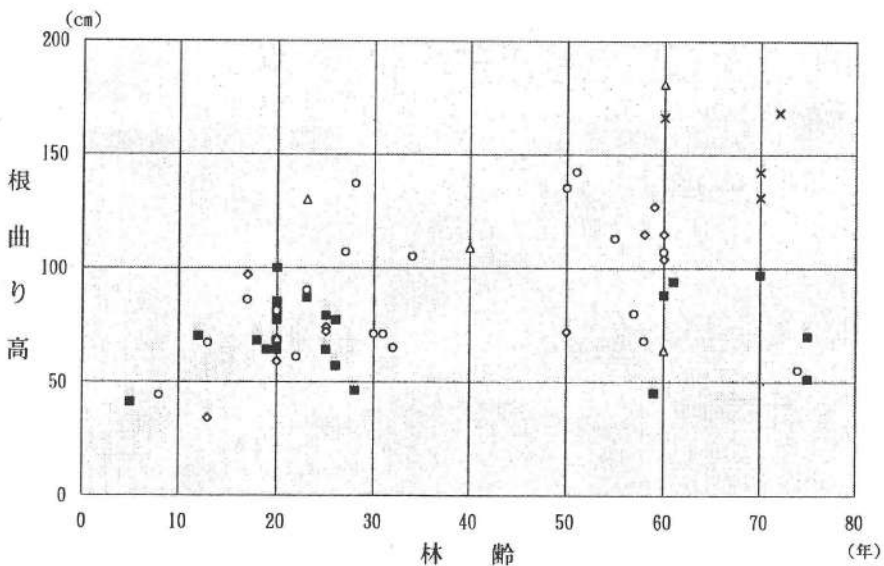


図-2 根曲り幅と林齢との関係 (凡例は図-1に同じ)

林齢40年生未満・40年生以上に区分して行った。その結果を表-2に示す。どちらの区分でも、変数増減法・変数減増法ともに選択結果は一致した。40年生未満では胸高直径のみが選択された。すなわち、成長に伴い根曲り高が高くなる傾向が確認されたのみで、その他の要因の根曲りに対する影響は検出することができなかった。40年生以上では標高・立木密度・林齢が選択された。標高は積雪量の指標と考えられ(15)、その増大とともに根曲りが大きくなることが示された。立木密度は、各立木への雪圧荷重の分散量の違いとして影響している可能性もあるが、詳細は不明である。また、林齢が大きくなるほど根曲り高が低くなる傾向も確認できた。スギの場合、傾斜も根曲りに大きく影響する因子であると言われている(10, 11, 16)が、ここでは選択されなかった。また、さらに土壤型・地

表-2 根曲り高に関する重回帰分析結果

40年生未満		40年生以上	
選択された変数	偏相関係数 (回帰係数)	選択された変数	偏相関係数 (回帰係数)
		標高	0.76 (29cm/100m)
胸高直径	0.54 (3.4cm/cm)	立木密度	-0.55 (-4.3cm/(100本/ha))
		林齢	-0.46 (-20cm/10年)
重相関係数	0.54	重相関係数	0.77
寄与率	0.30	寄与率	0.60
定数項	27.7 cm	定数項	229 cm

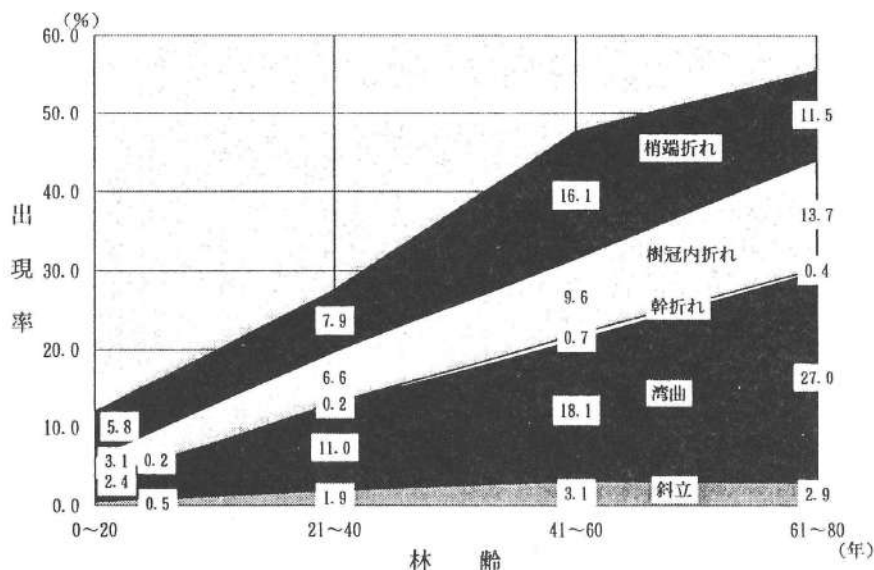


図-3 各雪害形態区分出現率の林齢による違い

形・斜面方位等の質的要因の影響を見るために、数量化Ⅰ類による解析も実施したが、安定したモデルは得られなかった。

雪害形態各区分の、のべの出現率を林齢ごとに図-3に示す。図示しなかったが倒伏・根元割れ等の被害もごく少数認められた。調査林分では被害木の伐採は行っていないので、これらの出現率は、ほぼ56・59豪雪を中心とした被害の実数と考えられる。従来の報告(2)と同様、ヒノキは樹幹上部の折損が多いことが示された。各林分の梢端折れ・樹幹内折れ・幹折れを合わせた折損率の、数量化Ⅰ類による要因解析結果を表-3に示す。胸高直径が大きくなるほど、また標高が高くなる(積雪量が多くなる)ほど、そして立木密度が高くなるほど折損率は高くなり、スギで得られている従来の知見とほぼ同様な結果が得られた。また、堆積型では残積土、匍行土、崩積土の順で、折損率が高かった。その他、方位等では明瞭な傾向は認められなかった。なお、重回帰分析でもほぼ同様な結果が得られた。

表-3 折損率(逆正弦変換値)の数量化Ⅰ類による解析結果

	カテゴリー	スコア	レンジ	偏相関係数
胸高直径 (cm)	2~11	-0.143		0.507
	12~19	-0.057	0.291	
	20~30	0.148		
立木密度 (本/ha)	0~1000	-0.054		0.322
	1001~1500	-0.052	0.134	
	1501~2000	0.063		
	2001~3000	0.080		
標高 (m)	0~100	-0.102		0.558
	110~150	-0.004	0.335	
	160~200	0.023		
	210~450	0.233		
堆積型	残積土	0.119		0.327
	匍行土	-0.019	0.160	
	崩積土	-0.041		
重相関係数 寄与率 定数項		0.701		
		0.490		
		0.391		

### 引用文献

- (1) 芳賀敏郎：品質，14，356~361，1984 (2) 広島林試育林部：広島林試研報，14，61~91，1979  
 (3) 石田清ほか：98回日林論，329~331，1987 (4) 川端幸蔵：単回帰分析．応用統計ハンドブック，91~119，養賢堂，1989 (5) 川端幸蔵：変数選択．応用統計ハンドブック，139~144，養賢堂，1989  
 (6) 駒澤 勉：数量化理論第Ⅰ類．パソコン数量化分析，5~45，朝倉書店，東京，1988 (7) Sokal R.Robert・Rohlf F.James (藤井宏一訳)：変数変換．生物統計学，257~262，共立出版，1983 (8) 杉浦孝蔵ほか：98回日林論，325~327，1987 (9) 高木廣文：重回帰分析．多変量解析ハンドブック，18~69，現代数学社，京都，1986 (10) 高橋啓二ほか：雪氷，32，30~35，1970 (11) 塚原初男ほか：87回日林論，167~168，1976 (12) 矢田豊：平成3年度石川県林業試験研究機関研究成果発表会要旨，1991 (13) 矢田豊：石川県林試研報22，13~19，1991 (14) 矢田豊・杉浦孝蔵：40回日林中支論，243~244，1992 (15) 矢田豊ほか：99回日林論，533~534，1988 (16) 横井秀一・山口清：日林論104，339~342，1993