

## タテヤマスギのシステム収穫表

富山県林業技術センター林業試験場 嘉戸昭夫

京都府立大学農学部

田中和博

### 1. 課題を取り上げた背景

森林を適正に管理するためには、まず対象とする森林の現況（資源量）を把握するとともに、将来における林分の成長量や木材の収穫量を予測することが不可欠です。

これまでのところ、林分収穫量を予測するために収穫表や密度管理図が広く用いられてきました。しかし、得られる情報は、林分の平均値（平均樹高、平均胸高直径など）や総量（材積など）に限られており、林分表（直径階別本数）が予測できませんでしたので、将来、収穫される丸太の直径、本数および収穫額などが予測できませんでした。近年、林分の平均値や総量だけではなく、林分表も予測できる手法が開発されています。その一つがシステム収穫表と呼ばれているものです。システム収穫表とは、パソコンとの対話によって、林分成長を予測するシステムの総称で、現在、11種類のシステム収穫表が開発されています。

本報告では田中が開発したシステム収穫表「エクセル版シルブの森」を用いて、タテヤマスギ林分を対象としたシステム収穫表を調製しましたので、その概要を報告します。

### 2. 技術研究の経過

「シルブの森」は、単純同齢林における任意の時点の林分表と樹高曲線から将来の林分表と樹高曲線を拡散モデルによって予測するもので、最初に「n88-basic版シルブの森」が開発され、昨年、新たに「エクセル版シルブの森」が開発されました。いずれも予測に最小限必要な情報は、樹種、林齢、調査面積、林分表、樹高曲線であり、これらから林分表、直径階別樹高、統計変量（林分材積、胸高断面積、密度管理図の値など）、丸太の末口径別本数や材積などが予測できます。ただし、予測結果は、「n88-basic版」が1年毎なのに対し、「エクセル版」が5年毎である点が異なります（図-1）。

この「シルブの森」を調製するためには成長パラメータの推定が不可欠です。この理由は、林木の成長が地域や樹種、品種などによって変化するので、樹高や直径の成長パラメータは地域や品種ごとに求める必要があるからです。成長パラメータを推定するためには、長期にわたる固定試験地のデータを利用するのが最も望ましいのですが、一般に、このようなデータを入手することは困難です。

そこで、本研究では、林分密度管理図の調製などに使われた約400箇所のプロット調査資料、6林分の樹幹解析資料および固定調査地の資料などから推定しました。

### 3. 結果と考察

#### (1) 成長パラメータの推定

##### ①地位指数曲線

樹高成長曲線は、一般の成長現象と同じように、S字型の成長曲線を描きますが、同齢単純林の場合は変曲点が成長のごく初期に現れるので、成長の初期を除く場合には次式に

示すミッチャーリッヒ曲線が良く当てはまることが知られています。

$$H(t) = M_H (1 - L_H \exp(-k_H t)) \quad (1)$$

ここで、 $H(t)$ は樹高、 $t$ は林齢、 $M_H$ 、 $L_H$ および $k_H$ は成長パラメータです。

タテヤマスギの林分密度管理図の調整に用いられた林分調査資料における各林分の平均樹高と林齢との関係に(1)式のミッチャーリッヒ曲線を当てはめてみました。その結果、 $M_H = 32.7$ 、 $L_H = 1.02$ 、 $k_H = 0.024$ という値を得ました。そこで、「シルブの森」では、各調査林分における地位指数曲線は $L_H$ と $k_H$ をそれぞれ1.02、0.024に固定し、 $M_H$ を変化させて求めることにしました。

#### ②定期直径成長量の期首直径に対する回帰直線

同齢単純林では、林木によってばらつきがあるものの、林齢が同じであれば、直径が太い木ほど良く成長する傾向があります。すなわち、ある期間の直径成長量（定期直径成長量）とその期間の期首の直径との間に正の相関が認められています。「シルブの森」では、定期直径成長量の期首直径に対する回帰直線の成長に伴う変化を把握することにより、将来の直径成長を推定します。

そこで、樹幹解析のデータを用いて、定期成長量と期首直径との関係を調べてみました。その結果、回帰直線の傾きは、若齢時は急であるが、高齢になるに従い緩やかになり、回帰直線のx切片は、成長に伴いx軸を右に移動して行くことがわかりました（図-2）。

また、定期直径成長量と期首直径の回帰直線のx切片  $C(t)$ とその時の期首平均直径  $D(t)$ の関係を調べた結果、次式で近似されました（図-3）。

$$C(t) = D(t) - \kappa \quad (2)$$

$\kappa$ 値は調査林分によってバラツキが認められたので、これらの平均値（ $\kappa = 12.3$ ）をシステム収穫表のパラメータに採用しました。

#### ③最大林分断面積 $\lambda$ の推定

タテヤマスギおよびボカスギの林分調査資料を用いて、上層高6から30mまで2m毎に林分断面積の平均値  $G_m$ と標準偏差  $\sigma$ を求め、各上層高階の最多断面積 $\lambda$ を次式から算出しました。

$$\lambda = G_m + 3\sigma \quad (3)$$

さらに、各上層階の $\lambda$ と平均林齢との関係に、ミッチャーリッヒ曲線を当てはめて次式を算出しました。

$$\sqrt{\lambda} = 10.94 (1 - 1.009 \exp(-.089 t)) \quad (4)$$

#### ④平均直径成長曲線

同齢単純林では、成長の初期段階を除けば、平均直径の成長曲線にミッチャーリッヒ曲線がよく適合することが知られています。しかし、直径成長は立木密度の影響を受け、間伐して立木密度を低下させてやると太くなるという性質を持っているので、単純なミッチャーリッヒ曲線では近似できません。

「シルブの森」では、ミッチャーリッヒ成長曲線に改良を加え、上限値のパラメータ  $M$

が立木密度の低下に応じて大きくなるという直径成長モデルを採用しています。平均直径  $D(t)$  の成長曲線が次式で示されています。

$$D(t) = \sqrt{\left(1 / (\rho + q \alpha)\right) \cdot M_D (1 - L_D \cdot \exp(-k_D t))} \quad (5)$$

ここで、 $\rho$  は立木密度、 $q$  は間伐のたびに变化する補正項、 $\alpha$  は樹高の関数、 $M_D$ 、 $L_D$ 、 $k_D$  は成長パラメータです。

平均直径の成長曲線(5)式のパラメータ  $L_D$ 、 $k_D$  は、(4)式の  $L$ 、 $k$  と同じなので(4)式の値を「シルブの森」で用いることにしました。さらに、固定試験地のデータに当てはめて微調整した結果、最終的に得られた  $M_D=1300$  を成長パラメータとして採用しました。

## (2) 「シルブの森」の特徴

「シルブの森」の最も大きな特徴として、将来の林分表が予測できることがあげられます。その結果、次のような事柄ができるようになりました。

### ① 間伐効果の比較

間伐の最も重要な目的として残存木の成長を促進させることがあげられます。これまでのところ、間伐による残存木の成長促進の程度を比較するのに、間伐前後における平均直径の比較が行われてきました。しかし、一般的に行われている下層間伐では主に小径木を伐採するため、間伐の直後には平均直径が大きくなってしまいます。そのため、間伐後において平均直径が増大した主たる原因が、間伐によって直径成長が促進されたためなのか、それとも小径木を伐採したためなのかがわかりませんでした。

そこで、間伐によって残存木の直径成長がどの程度促進されたのかを判定する方法として、間伐後における大径木の生産本数を比較することが提案されています。この場合、間伐前後における林分表が不可欠です。「シルブの森」では間伐前後における林分表が提示されるので、種々の間伐方法における間伐効果が比較できるようになりました。

### ② 収穫量の予測

「シルブの森」には、幹の細りを表す数式が組み込まれているので、末口径毎の丸太の本数が予測できます。さらに、木材の平均価格も入力できるので、丸太の総収穫額が予測できるようになりました。このような機能は従来の収穫表や密度管理図には無いものです。

### ③ 冠雪害の危険度の比較

一般に、形状比（樹高／胸高直径）が大きい林木（幹が細長な木）ほど、冠雪害を受けやすいことが知られています。「シルブの森」では、直径階別の平均樹高も示されるので、形状比毎の本数を求めることができます。そこで、間伐率、間伐時期などを変えてシミュレーションを行って、冠雪害の危険度が高い形状比に達した林木本数を求めます。その結果を比較することによって、耐雪性の高い育林方法を検討することが可能になりました。

また、「エクセル版シルブの森」の欠点や今後の検討課題としては、以下の事柄があげられます。

### ① 処理速度が遅い

「エクセル版シルブの森」では表計算ソフトのため、処理速度が遅くかつ複雑な計算に

は適していないことが上げられます。

#### ②成長パラメータの推定に熟練度必要

システム収穫表の成長パラメータの推定には熟練度が必要なこと、樹幹解析、林分データ、固定試験地などの多くの資料が必要なことが上げられます。

#### 4. おわりに

今回調製した「シルブの森」は 10～20 年後の範囲であれば収穫量の予想に使用できると考えています。しかし、長期間の成長予測にどの程度対応ができるのかが明らかではありません。この点については、調査林分を増やししながら、成長パラメータを見直してゆく必要があると考えています。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
7	林齢	現在	1977	28	5年後	1982	33	10年後	1987	38	15年後	1992	43	林齢	20年後	1997	48	25年後	2002	53
8	収量比	0.72		0.56	0.82		0.62	0.72		0.72	0.80		0.80	収量比	0.87		0.87	0.94		0.94
9	相対貯	15.6		17.6	15.6		15.6	14.1		14.1	13.0		13.0	相対貯	12.2		12.2	11.5		11.5
10	間伐率	22.1			0.0			0.0			0.0			間伐率	0.0			0.0		0.0
11	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率	間伐率
12	2													2						
13	4													4						
14	6													6						
15	8													8						
16	10													10						
17	12	13	13											12						
18	14	25	3	22	14		14	7		7	5		5	14	4	4	4	4		4
19	16	59	28	31	23		23	18		16	11		11	16	9	9	8	8		8
20	18	94	41	53	34		34	23		23	17		17	18	14	14	12	12		12
21	20	156	25	131	64		64	35		35	24		24	20	19	19	16	16		16
22	22	225	31	194	128		128	63		63	37		37	22	28	26	21	21		21
23	24	194	19	175	180		180	115		115	64		64	24	41	41	31	31		31
24	26	128	31	97	186		186	159		159	111		111	26	87	87	46	46		46
25	28	156	28	128	95		95	149		149	149		149	28	107	107	71	71		71
26	30	91	28	62	122		122	100		100	140		140	30	140	140	104	104		104
27	32	28	18	12	62		62	95		95	97		97	32	133	133	130	130		130
28	34	9		9	17		17	84		84	87		87	34	95	95	124	124		124
29	36	6		6	9		9	44		44	78		78	36	85	85	91	91		91
30	38	3		3	6		6	14		14	52		52	38	75	75	83	83		83
31	40				4		4	8		8	26		26	40	51	51	74	74		74
32	42				2		2	6		6	11		11	42	27	27	50	50		50
33	44							4		4	7		7	44	12	12	27	27		27
34	46							2		2	5		5	46	7	7	13	13		13
35	48							1		1	4		4	48	5	5	7	7		7
36	50										2		2	50	4	4	5	5		5
37	52										1		1	52	3	3	4	4		4
38	54													54	2	2	3	3		3
39	56													56	0	0	2	2		2
40	58													58			1	1		1
41	60													60			0	0		0
42	62													62						0

図-1 エクセル版シルブの森(間伐Sheet)

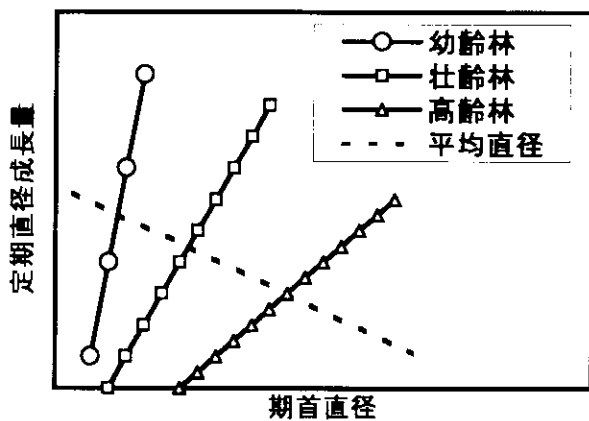


図-2 定期直径成長量と期首直径の関係

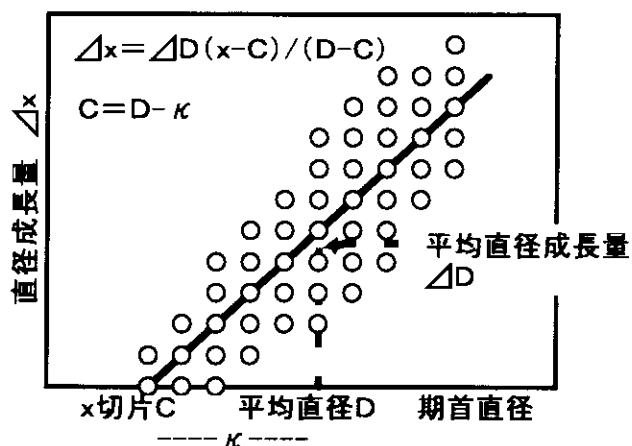


図-3 直径成長モデル