

# トドマツ人工林のシステム収穫表

阿部信行\*・伊藤寿勝\*\*

## はじめに

トドマツ人工林を対象にした収穫予想表や密度管理図は既に多数報告されている。しかし、それらは1種類の間伐方法を前提に作成されたものであり、森林所有者が数種類の間伐方法別の収穫量を比較しながら、経営方針にみあった間伐指針を選択できるような収穫表ではなかった。一方、予測値も林分の総量としての材積、あるいは平均値としての直径、樹高にかぎられていた。収穫表の利用目的を考慮すると、各種の間伐方法が選択できたり、予測できる情報も多い方が便利である。

そこで、従来の収穫表の機能を改良し、①間伐方法を選択できること、②自由な間伐設計が可能なこと、③林分内の個体ごとに直径、樹高、材積が予測できること、④個体ごとに丸太本数、その材積が予測できる「トドマツ人工林のシステム収穫表」を作成したので紹介する。

## 成長予測の方法

### システム収穫表の考え方

各種の間伐方法による施業上の効果や丸太の採材を検討するために、林分内の個体ごとに成長予測を行うことにした。パソコン内部に初期林分を発生させて、画面との対話方式により利用者が各項目を選択し、各種の間伐方法に基づいた選木を実行して年齢に対応した成長予測を行う。そして、それらの予測値を積算することで林分当たりの結果が得られる。また必要に応じて個体ごとの予測値を得ることも可能である。

### 成長予測の方法

初期林分の各個体にトドマツの成長に最も適合する成長曲線式の各パラメータを割り付けて、各個体ごとに予測する方法を新たに開発した。

- ① 初期林分における成長曲線式のパラメータのうち、成長速度に最も関係の大きいパラメータの分布を正規分布とし、各個体に割り付けた。
- ② 他のパラメータはこのパラメータから推定した。
- ③ 各個体ごとに成長曲線式のパラメータを決め、成長曲線式を用いて林齢に応じた直径を予測した。樹高は樹高曲線式のパラメータを決めて推定した。材積は個体ごとの直径、樹高を用いて推定した。
- ④ 丸太材積（末口2乗法による）、丸太本数の推定は各個体ごとに相対幹曲線式のパラメータを推定して、幹形に応じた木取りを実行した。最小径8 cmまで採材すると仮定し、  
ア 無皮上部直径が8 cmに達する断面高の計算

- イ その断面高に対し、4 m材が何本採材できるかを計算
- ウ 4 m材が採材できない場合は3 m材が採材できるかどうか
- エ 個体ごとに、4 m丸太材積、本数、3 m丸太材積、本数を計算し、それらを積算してha当たりの合計値

以上の計算を実行した。

### プログラムの概要と予測できる情報の種類

プログラムのフローチャートを図-1に示す。以下、主な項目について説明する。出力例を付表に示した。

A この「トドマツ人工林のシステム収穫表」は従来の収穫表のように一般的な間伐指針としての使い方（「仕立コース」）と利用者が様々な本数管理を行った場合の成長予測（「設計コース」）に分かれている。

仕立コースはプログラム内に2通りの間伐設計および無間伐で推移した場合の本数表が組み込まれており、一般的な間伐指針表として利用できる。

設計コースは利用者が任意の本数管理を入力することにより、成長予測を実行する。従って、現実林分の地位指数、立木本数を入力することにより、その林分の収穫予測が可能となる。フローチャート内の各記号と以下の記号は一致する。

#### 【仕立コース】

C 仕立方法は中庸仕立（間伐後Ry0.6）、密仕立（間伐後Ry0.7）および無間伐区（2,500本/ha植栽）から構成されている。

D (M) 地位指数（30年時の上層木平均樹高）を入力する。画面には、道内トドマツの成長実態から特I等地～Ⅲ等地に該当する地位指数を表示しているため、この値を参考に

E 上層、下層、全層間伐、無間伐をそれぞれ選択する。

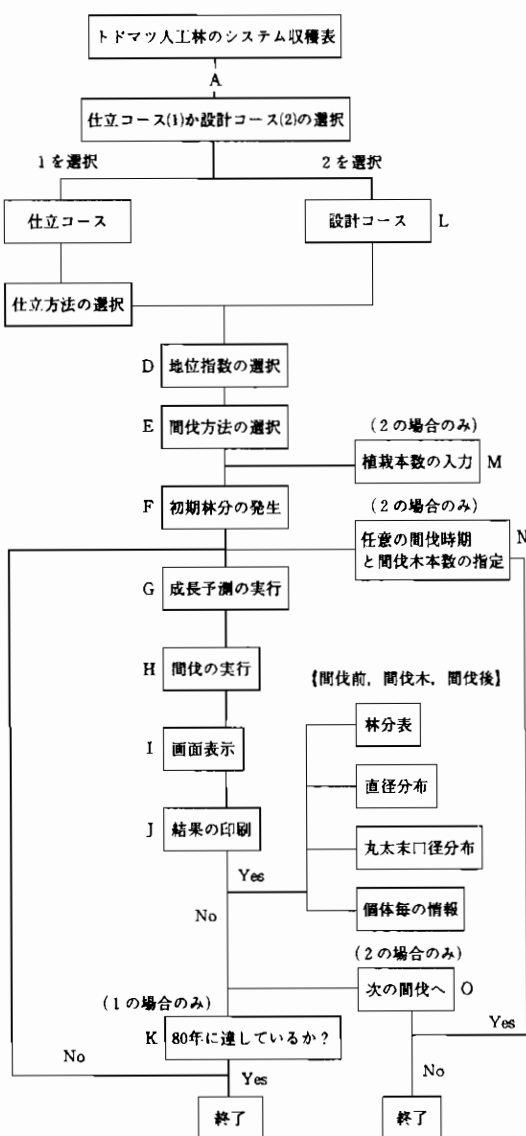


図-1 トドマツ人工林のシステム収穫表フローチャート

F 本予測システムの予測は個体ごとに実行される。そこで、パソコンの能力から、面積のサイズを1/10haとし、林分当たり予測値はこの値を10倍することでha当たりに換算される。

G 胸高直径は成長曲線式の各パラメータを使用して、個体ごとに年齢に応じた値が予測される。樹高は入力された地位指数から平均樹高を推定し、上層木、平均木、下層木の直径と樹高との組合せに対して、最小2乗法で求めた樹高曲線式のパラメータを用いて推定される。

材積は個体毎の樹高、直径から道有林で広く使用されている「北海道立木幹材積表」の実験式により計算され、それらを積算して林分当たりの材積が計算される。

丸太材積、丸太本数の予測は相対幹曲線式のパラメータを個体ごとに推定させて実行させた。最小径8cmまで採材させると仮定し、個体別に4m丸太材積、その本数、3m丸太材積、その本数を計算させた。さらにそれらのha当たりの合計値を計上させた。

H 間伐方法が指定されると、間伐方法に対応した選木を実行させた。成長曲線式(リチャード式)のパラメータのうち、kは成長の型が決まれば成長速度と密接な関係にある。KからAを推定する場合、kが小さいほど、Aが大きくなり、結果的に直径が大きく推定される。そこで、上層間伐はkの値の小さい順に選木、下層間伐はkの大きい順に選木、全層間伐は一様乱数を発生させ、立木番号と一致した個体を間伐木として選木させた。

以上の方法で間伐方法に対応した選木を実行させた。I～J 画面は間伐前(付表-1)、間伐木(付表-2)、間伐後(付表-3)に分けて、

ア 林分表：平均直径、平均樹高、ha当たり材積、ha当たり本数、ha当たり4m材の材積、本数、ha当たり3m材の材積、本数

イ 直径分布

ウ 4m材の末口直径分布

エ 個体ごとの情報：立木番号、直径、樹高、材積、4m材の丸太材積、本数、3m材の丸太材積、本数

の表示を行わせる。ただし、4m材の末口直径分布は間伐前のみ表示させる。他は間伐前、間伐木、間伐後の出力項目は同一である。予測は個体ごとに実行させているので、間伐前の各個体から間伐木を取り除いた内容は間伐後に一致する。

### 【設計コース】

L 自分で間伐設計を行う場合もまずDの地位指数とEの間伐方法を選択する。

M 初期林分を発生させるために、植栽本数を入力する。

N 間伐実行時の上層高を入力する。上層高に達する年齢は地位指数曲線式から自動的に計算させる。次に間伐本数を入力する。(付表-4)

G～Jは仕立コースと同一

O 次の間伐を指定すれば、前回の間伐内容を表示させるので、その値をみながら今回の間伐内容を指定する。(付表-5)

## 予 測 結 果

間伐は森林所有者が間伐収入や将来の主伐収入を考えながら、その方法や時期を決めるのが普通である。その際には、収穫量や林分の推移に関する情報が必要になってくる。そこで、各種の間伐を実行した場合の解析例を述べてみる。

植栽本数を2,500本/haと仮定し、トドマツ密度管理図から間伐後の収量比数を0.6に保たせた本数管理（表-1）を前提に、上層、下層、全層間伐を実行した場合および無間伐で推移させた場合（表-2）の成長予測を実行した。

表-1 各間伐方法を比較するための間伐基準表  
トドマツI等中庸仕立（地位指数14.2）

上層高	林齢	間伐前本数	間伐木	間伐後本数	本数間伐率
8m	17年	2,400/ha	300	2,100	13%
10	21	2,100	400	1,700	19
12	25	1,700	500	1,200	29
14	30	1,200	300	900	25
16	35	900	200	700	22
18	40	700	150	550	21
20	50	550	100	450	18
22	60	450	70	380	16
24	70	380	60	320	16
25	80	320	50	270	16

表-2 2,500本植栽で無間伐で推移した場合の立木本数表

上層高	林齢	残存立木本数
8m	17年	2,400/ha
10	21	2,350
12	25	2,300
14	30	2,250
16	35	2,200
18	40	2,100
20	50	2,000
22	60	1,970
24	70	1,950
25	80	1,940

各間伐方法別の総収穫量を表-3に示した。全層間伐は上層林冠が開放されるため間伐効果が大い、大径木も残存しているために単木成長量が大い、総収穫量が60年までは常に大きい。上層間伐も上層林冠を開放するので間伐効果は大い。しかし、成長のよい個体から順次間伐されるために、50年生以降総収穫量が低下する傾向を示している。下層間伐は小径木から間伐されるので間伐効果は小さいが、大径木が残っているために高齢級になると全層間伐に並ぶ。林齢60年時の無間伐の総収穫量を100とすると、全層間伐区のそれは108、下層間伐区は105、上層間伐区は89となる。間伐効果の指標となる大径木本数の比較では、50年時で28cm以上の本数は下層間伐区で550本、全層間伐で420本と高齢級になれば大径木本数は大径木が残っている下層間伐区で多くなる。しかし、30年時の壮齢期における24cm以上の本数を比較してみると、下層間伐で30本、全層間伐で100本となり、全層間伐区の方が多くなる。これは、成長の旺盛な時期ほど、間伐効果がやすいことを意味している。

表-3 総収穫量の比較

単位：ha当たり

林 齢	1～30	1～40	1～50	1～60	1～70	1～80年
全層間伐	306	501	609	690	750	786m <sup>3</sup>
下層間伐	269	462	580	675	750	780
上層間伐	279	441	517	570	608	631
無間伐	257	463	548	640	713	797

全層間伐は間伐効果も大きく、間伐後に大小様々な個体が残置され、木材需要にも弾力的に対応できるとともに生態的に安定している。したがって、一般的には全層間伐が有利と考えられる。一方、システム収穫表では4 m丸太と3 m丸太の生産本数、材積の予測が可能である。

表一 4 4 m材の丸太生産本数と材積

単位：ha当たり

間伐の種類	70年までの間伐材累計	80年の主伐時	総計
全層間伐	丸太材積	325 m <sup>3</sup>	335 m <sup>3</sup> 660 m <sup>3</sup>
	丸太本数	2,770本	1,460本 4,230本
下層間伐	丸太材積	262	402 664
	丸太本数	2,150	1,440 3,590
上層間伐	丸太材積	312	198 510
	丸太本数	3,430	1,410 4,840

4 m材の丸太生産本数を表一 4 に示した。丸太本数では上層間伐が最多となるが、上層間伐は大径木から順次間伐されるために、50年を過ぎると丸太材積が大きくなる。

このように利用者自らが様々なコースを予測してみても、材積の総収穫量や生産される大径木本数、あるいは丸太本数等の結果を考慮して経営目標に沿った間伐方法を選択することが可能である。

このシステム収穫表によるトドマツ人工林の一般的な間伐指針表は北海道林業試験場研究報告26号（1989年当時発行）または森林計画学会誌16号（1991年森林計画学会発行）を参照していただきたい。

#### プログラム使用上の注意

- ① コースの選択や地位指数、間伐方法の選択は画面の指示に従って選択する。それぞれの入力に際しては、可能なかぎりのチェック機能をつけているので、画面の支持に従って入力すること。
- ② この予測システムは、あまり極端な施業方法は考慮していない。例えば、50年生以下の間伐本数を指定するときに、間伐率が90%以上で大部分の本数を一度に伐採して残存本数がha当たり100本以下になってしまい、さらに継続して予測を行う場合などの例である。こうした場合も予測値は計算されるが、現実にはありえない数値かもしれないので注意が必要である。
- ③ 直径および末口直径分布の本数は0.1ha単位の値を示す。ha当たり本数に換算する場合は10倍する必要がある。
- ④ このプログラムはNEC -PC98シリーズを対象に作成した。利用者が自由に使用して、パラメータや印字形式を変更しても一向にかまわない。このシステムを動かすためには、MS-DOSのシステムとN88BASIC.LIBが必要である。

プログラムの配布を希望される方はフロッピーディスク（2 HD）1枚を同封の上、著者らに連絡していただきたい。

付表-1

中層仕立コース  
 間伐方法:全層間伐  
 上層高 = 20.0 林齢 = 50 地位指数 = 14.2  
 平均直径 (cm) 平均樹高 (m) ha当たり材積 (m<sup>3</sup>) ha当たり本数  
 30.0 18.0 361.319 550  
 ha当たり丸太材積 (4m材) 丸太本数 (4m材) ha当たり丸太材積 (3m材) 丸太本数 (3m材)  
 330.709 1870 2.895 110

直径分布 (0.1ha単位)

直径	本数
22	1 *
24	3 ***
26	10 *****
28	13 *****
30	7 *****
32	7 *****
34	7 *****
36	3 ***
38	1 *
40	3 ***

4m材の末口直径分布 (0.1ha単位)

末口直径	本数
8	5 *****
10	10 *****
12	10 *****
14	18 *****
16	14 *****
18	20 *****
20	25 *****
22	20 *****
24	28 *****
26	13 *****
28	11 *****
30	9 *****
32	1 *
34	3 ***

立木番号	直径	樹高	材積	丸太材積 (4m材)	本数	丸太材積 (3m材)	本数
2	26.9	17.1	0.491	0.438	3	0.000	0
3	27.5	17.3	0.518	0.463	3	0.000	0
4	28.6	17.7	0.567	0.506	3	0.022	1
8	26.8	17.1	0.487	0.435	3	0.000	0
12	32.2	18.8	0.758	0.706	4	0.000	0
16	24.4	16.3	0.391	0.348	3	0.000	0
20	26.3	16.9	0.465	0.415	3	0.000	0
21	27.5	17.3	0.519	0.463	3	0.000	0
27	27.1	17.2	0.501	0.447	3	0.000	0
32	34.2	19.3	0.868	0.814	4	0.000	0
36	33.1	19.0	0.807	0.754	4	0.000	0
37	31.0	18.4	0.693	0.643	4	0.000	0
42	23.9	16.1	0.372	0.330	3	0.000	0
46	39.1	20.4	1.188	1.119	4	0.000	0
47	26.3	17.0	0.467	0.417	3	0.000	0
48	31.6	18.6	0.721	0.671	4	0.000	0
54	26.1	16.5	0.418	0.372	3	0.000	0
62	39.8	20.6	1.236	1.164	4	0.000	0
63	29.6	18.0	0.621	0.554	3	0.028	1
64	35.5	19.6	0.952	0.894	4	0.000	0
65	30.3	18.2	0.656	0.584	3	0.032	1
66	27.5	17.3	0.517	0.462	3	0.000	0
71	34.7	19.4	0.900	0.844	4	0.000	0
77	27.8	17.5	0.535	0.478	3	0.000	0
83	25.5	16.7	0.435	0.388	3	0.000	0
84	28.7	17.7	0.577	0.515	3	0.023	1
85	33.4	19.1	0.822	0.768	4	0.000	0
86	27.8	17.5	0.534	0.477	3	0.000	0
96	33.1	19.0	0.808	0.755	4	0.000	0
102	30.9	18.4	0.685	0.635	4	0.000	0
103	33.6	19.1	0.835	0.782	4	0.000	0
107	25.3	16.6	0.427	0.380	3	0.000	0
108	37.0	20.0	1.049	0.987	4	0.000	0
112	31.8	18.6	0.732	0.681	4	0.000	0
130	28.9	17.8	0.586	0.523	3	0.024	1
137	22.6	15.6	0.322	0.284	3	0.000	0
140	29.0	17.8	0.590	0.526	3	0.025	1
142	35.6	19.6	0.957	0.899	4	0.000	0
147	26.4	17.0	0.470	0.419	3	0.000	0
150	35.2	19.5	0.934	0.877	4	0.000	0
153	28.7	17.7	0.577	0.515	3	0.023	1
159	26.2	16.9	0.462	0.412	3	0.000	0
163	33.4	19.1	0.824	0.771	4	0.000	0
165	29.6	18.0	0.619	0.552	3	0.028	1
174	39.2	20.4	1.199	1.130	4	0.000	0
180	27.6	17.4	0.526	0.469	3	0.000	0
181	29.2	17.9	0.602	0.537	3	0.026	1
195	26.1	16.9	0.460	0.411	3	0.000	0
200	32.7	18.9	0.784	0.731	4	0.000	0
207	27.7	17.4	0.530	0.473	3	0.000	0
214	32.1	18.7	0.750	0.699	4	0.000	0
217	31.5	18.6	0.719	0.668	4	0.000	0
228	24.4	16.3	0.391	0.347	3	0.000	0
232	29.6	18.0	0.620	0.552	3	0.028	1
240	30.3	18.2	0.657	0.585	3	0.032	1

付表一 2

間伐木						
平均直径(cm)	平均樹高(m)	ha当たり材積(m3)		ha当たり本数	本数間伐率	材積間伐率
29.1	17.8	60.141		100	18.2	16.6
ha当たり丸太材積(4m材)		丸太本数(4m材)	ha当たり丸太材積(3m材)	丸太本数(3m材)		
54.806		340	0.479	20		
直径分布(0.1ha単位)						
直径	本数					
26	3	***				
28	2	**				
30	1	*				
32	3	***				
34	1	*				

立木番号	直径	樹高	材積	丸太材積(4m材)	本数	丸太材積(3m材)	本数
4	28.5	17.7	0.567	0.506	3	0.022	1
37	31.0	18.4	0.693	0.643	4	0.000	0
54	25.1	16.5	0.418	0.372	3	0.000	0
77	27.8	17.5	0.535	0.478	3	0.000	0
96	33.1	19.0	0.808	0.755	4	0.000	0
159	26.2	16.9	0.462	0.412	3	0.000	0
181	29.2	17.9	0.602	0.537	3	0.026	1
195	26.1	16.9	0.460	0.411	3	0.000	0
214	32.1	18.7	0.750	0.699	4	0.000	0
217	31.5	18.6	0.719	0.668	4	0.000	0

付表一 3

間伐木						
平均直径(cm)	平均樹高(m)	ha当たり材積(m3)		ha当たり本数		
30.2	18.1	301.177		450		
ha当たり丸太材積(4m材)		丸太本数(4m材)	ha当たり丸太材積(3m材)	丸太本数(3m材)		
275.903		1530	2.416	90		
直径分布(0.1ha単位)						
直径	本数					
22	1	*				
24	3	***				
26	7	*****				
28	11	*****				
30	6	*****				
32	4	****				
34	6	*****				
36	3	***				
38	1	*				
40	3	***				

立木番号	直径	樹高	材積	丸太材積(4m材)	本数	丸太材積(3m材)	本数
2	26.9	17.1	0.491	0.438	3	0.000	0
3	27.5	17.3	0.518	0.463	3	0.000	0
8	26.8	17.1	0.487	0.435	3	0.000	0
12	32.2	18.8	0.758	0.706	4	0.000	0
16	24.4	16.3	0.391	0.348	3	0.000	0
20	26.3	16.9	0.465	0.415	3	0.000	0
21	27.5	17.3	0.519	0.463	3	0.000	0
27	27.1	17.2	0.501	0.447	3	0.000	0
32	34.2	19.3	0.868	0.814	4	0.000	0
36	33.1	19.0	0.807	0.754	4	0.000	0
42	23.9	16.1	0.372	0.330	3	0.000	0
46	39.1	20.4	1.188	1.119	4	0.000	0
47	26.3	17.0	0.467	0.417	3	0.000	0
48	31.6	18.6	0.721	0.671	4	0.000	0
62	39.8	20.6	1.236	1.164	4	0.000	0
63	29.6	18.0	0.521	0.554	3	0.028	1
64	35.5	19.6	0.952	0.894	4	0.000	0
65	30.3	18.2	0.556	0.584	3	0.032	1
66	27.5	17.3	0.517	0.462	3	0.000	0
71	34.7	19.4	0.900	0.844	4	0.000	0
83	25.6	16.7	0.435	0.388	3	0.000	0
84	28.7	17.7	0.577	0.515	3	0.023	1
85	33.4	19.1	0.822	0.768	4	0.000	0
86	27.8	17.5	0.534	0.477	3	0.000	0
102	30.9	18.4	0.685	0.635	4	0.000	0
103	33.6	19.1	0.835	0.782	4	0.000	0
107	25.3	16.6	0.427	0.380	3	0.000	0
108	37.0	20.0	1.049	0.987	4	0.000	0
112	31.8	18.6	0.732	0.681	4	0.000	0
130	28.9	17.8	0.586	0.523	3	0.024	1
137	22.6	15.6	0.322	0.284	3	0.000	0
140	29.0	17.8	0.590	0.526	3	0.025	1
142	35.6	19.6	0.957	0.899	4	0.000	0
147	26.4	17.0	0.470	0.419	3	0.000	0
150	36.2	19.5	0.934	0.877	4	0.000	0
153	28.7	17.7	0.577	0.515	3	0.023	1
163	33.4	19.1	0.824	0.771	4	0.000	0
165	29.6	18.0	0.519	0.552	3	0.028	1
174	39.2	20.4	1.199	1.130	4	0.000	0
180	27.6	17.4	0.526	0.469	3	0.000	0
200	32.7	18.9	0.784	0.731	4	0.000	0
207	27.7	17.4	0.530	0.473	3	0.000	0
228	24.4	16.3	0.391	0.347	3	0.000	0
232	29.6	18.0	0.620	0.552	3	0.028	1
240	30.3	18.2	0.657	0.585	3	0.032	1

付表－ 4

間伐本数は 2500 本です  
第 1 回目の間伐実行時の上層高を入力して下さい ? 10 m  
地況から判断した林齢は次のとおりです 21 年  
無施業のまま推移したと仮定しますと、  
現在の立木本数は次のとおりです 2340 本  
間伐木本数を入力して下さい ? 200 本  
  
よろしいですか Y(リターンキー) or N?

付表－ 5

次の間伐に進みますか Y OR N  
  
前回の間伐内容は次のとおりです  
上層高は 10 m  
林齢は 21 年生  
間伐後の立木本数は 2140 本  
となっています  
今回の間伐内容を入力して下さい  
間伐実行時の上層高? 16 m  
その時の林齢 35 年  
間伐木本数を入力して下さい? 300 本  
  
よろしいですか Y(リターンキー) or N?

(\*経営科, \*\*網走支庁林務課)