

カラマツの林分密度と直径生長

林業試験場・木曾分場 上野賢爾
造林研究室長

要 旨

林分の密度管理とは、つまるところ直径生長をコントロールすることであり、森林および林木の材質、健全性の向上の点において、重要な問題である。

そこで、長野営林局管内のカラマツの林分密度と直径生長の関係を解明するために、関係式を求め数量化を試みた。

実験式は回帰分析によって求めた。直径生長を、目的変数とし、説明変数として密度、林齢、樹高生長の3因子を選んだ。

その結果

$$Y = 0.5455 - 0.6668 X_1 - 0.4328 X_2 + 0.8658 X_3$$

Y: 定期連年直径生長 (cm), X₁: 期間中央のRy, X₂: 期間中央の林齢の逆数 (1/A),

X₃: 定期連年樹高生長 (cm) の式を得た。

はじめに

私前任地は林試関西支場であったが、関西支場管内には衆知の通り先進林業地である吉野林業地が所在し、ここで生産される材は吉野材として市場で高い評価を受け、木曾ヒノキと同様に日本の代表的銘柄材となっている。

ところで、この吉野材の特徴はいろいろあげられるがその中の一つに年輪巾が幼時から高齢に至るまでほぼ同じであるということである。吉野ではこのような材を生産するために、300年に及ぶ長い歴史的過程の中で経験的に密度と直径生長の関係を知り、現在みられるような初期は密度を高くして直径生長を抑え、高齢になるにしたがって密度を下げた直径生長を促かすような密度管理を確立したのである。

この密度と直径生長の関係を科学的にとらえ、数量化できれば間伐計画など森林施業上どれほど有益か計り知れないものがある。したがって、密度と直径生長との関係を具体的な数量によって知りたいということはわれわれ林業にたずさわるもの、誰れもが持つ願望である。

長野営林局管内には郷土樹種であるカラマツの試験地が各所に所在する。その中に林試木曾分場の担当する収獲試験地という固定試験地があるが、この試験地の調査資料を用いてカラマツの密度と直径生長との関係式を求め、数量化することを試みたのでこのことについて報告する。

1. 資 料

この数量化に用いた資料は前述の試験地の調査資料であるが、試験地を具体的にあげるときの通りである。

- 1) 長野営林署管内富上甲試験地 (36ha)

- 2) 上田営林署管内音平試験地 (73ha)
- 3) 岩村田営林署管内軽井沢試験地 (125ha, S・58・3・20廃止)
- 4) 白田営林署管内大曲試験地 (105ha), 神山試験地 (14ha)
- 5) 諏訪営林署管内金沢試験地 (404ha)
- 6) 奈良井営林署管内白川試験地 (46ha)

これらの試験地は昭和11年から38年までに設定され、設定時の林齢は11年生から44年生である。したがって、設定時から現在までの経過年数は長いもので47年、短いもので20年を経ている。調査は5年毎に行なっており、現在までに計51回の調査が行なわれた。

2. 数量化のための実験式

密度と直径生長の関係を数量化するための実験式は回帰分析によって求めた。

その手順は、先づ理論または経験、あるいは資料を散布図に書いて回帰曲線がどんな型の実験式であるかを定める、つぎに実験式に用いる変数を選択してあてはめの式を決め、資料によって実験式を計算し、用いた変数間のかゝり合いの度合を吟味して必要、不必要な変数を取捨選択して最適な実験式を求め、実験式の有効性と精度を確かめるという順序に従う。

この手順に従って、先づ用いる実験式は多変量の一次式である(1)式とした。

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_p X_p + e \quad (1)$$

Yは目的変数、X₁……X_pは説明変数、b₁……b_pはパラメーターである。

説明変数の選択は、直径生長に関係する因子は密度、林齢、地位、樹高、直径、枝下高率、葉量などいろいろあげられるが、ここでは密度と林齢、地位にかわるものとして樹高生長の3因子を選んだ。したがって、あてはめる実験式は(2)式のとおりである。

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (2)$$

ここで、Yは定期連年直径生長 (cm), X₁は期間中央の長野地方国営林カラマツ林分密度管理図の収量比数 (以下Ryという), X₂は期間中央の林齢の定数 (1/A), X₃は定期連年樹高生長 (m) である。

ところで、長野局では密度の尺度に相対幹距比 (以下Srという) を用いているので、RyとSrの関係を表一にかゝげた。これを図化すると図一のとおりである。図一の横軸は樹高(主林木)、縦軸はSr、図中のやや右下りの線はRyで、横軸の樹高と縦軸のSrと右下りのRyとの三交点かその位置のRyとSrである。例えば樹高7mのRy 0.6はSr 25%、樹高17mのRy 0.6はSr 24%である。

資料によって実験式を計算し、直径生長と各因子とのかゝり合いの度合を単相関係数によってみると、直径生長ともっとも関係の高いものは樹高生長で0.8919、つづいて林齢の0.8133、密度の-0.7251の順である。ところで、単相関係数は2つの変数が相互にどんな関連をもちつゝ変動するかを示したものであって、他の変数の影響については全然考えていない。そこで、他の変数の影響を考え、その影響を取り除いた純粋に2変数間の変動をみるためのものとして偏相関係数がある。その偏相関係数をみると、直径生長と樹高生長は0.6471でもっとも高く、つづいて直径生長と密度の-0.5596、直径生長と林齢の-0.0532の順である。その偏相関係数をF検定によって検定すると、樹高生長、密度は1%の有意水準で有意であるが、林齢は5%の有意水準で有意でない。したがって、

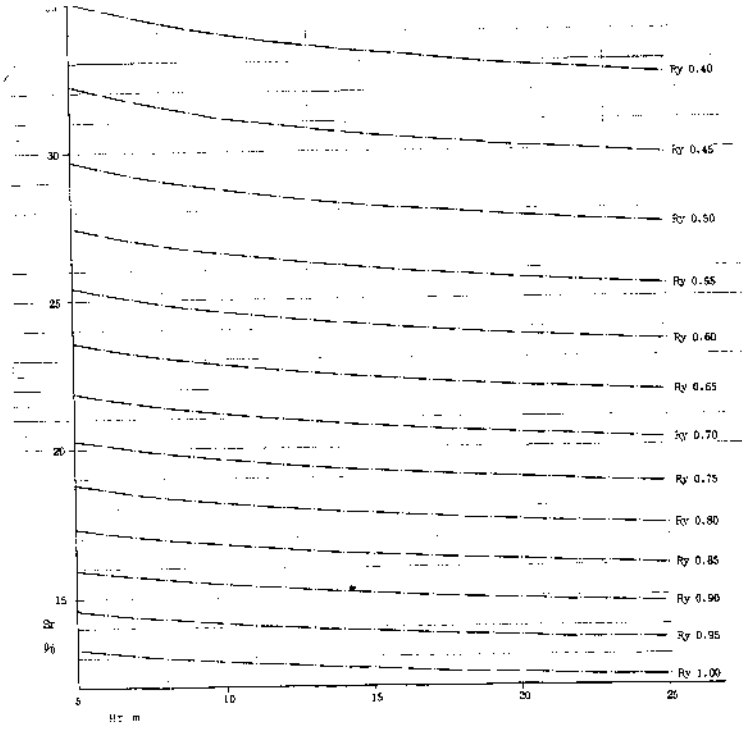


図 1 カラマツの収穫比数と相対幹距比との関係図

説明変数として樹高生長および密度を選択したことは意味があるが、林齢については意味がないと思われる。しかし、ここではそのままにして実験式を求めた。その結果は(3)式のとおりである。

$$Y = 0.5455 - 0.6668 X_1 - 0.4328 X_2 + 0.8658 X_3 \quad (3)$$

分散分析表による回帰の有意性の検定は1%の有意水準で有意である。したがって、この実験式は有効と認めることができ、実験式の重相関係数は93%、決定係数は86%である。すなわち、この実験式によって直径生長の86%まで説明することができる。

3. 密度と直径生長の予測

実験式を用いて、密度と直径生長の予測、又は均等な年輪巾となるような密度管理を推定することが可能であるが、ここでは密度と直径生長の予測の例を木曾谷経営計画区地位指数22, 18, Ry 0.6, 0.7にとって示した。表-2は地位指数22, 18において、15年生時に間伐をはじめ、以後5年毎に間伐後のRyを0.6, 0.7に密度管理をした場合の直径生長を予測したものである。15年生から50年生までの35年間の直径生長の累積は、地位指数22でRy 0.6の場合17.6cm, Ry 0.7の場合は15.2cmで、その差は2.4cm, 指数でみるとRy 0.7はRy 0.6の86%である。地位指数18でRy 0.6の場

表-1 カラマツの収穫比数 (Ry) と相対幹距比 (Sr) との関係図

Ry	1.00		0.95		0.90		0.85		0.80		0.75		0.70		0.65		0.60		0.55		0.50		0.45		0.40	
	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%	Sr	%
5	13.28	2278	14.61	1878	15.96	15708	17.34	13302	18.77	11348	20.20	9726	21.87	8952	23.98	7196	25.42	6190	27.44	5313	29.68	4541	32.21	3855	35.12	3244
6	13.17	16024	14.48	13240	13.82	11059	17.19	8599	18.61	8018	20.11	6872	21.68	5908	23.37	5085	25.20	4374	27.20	3754	29.42	3208	31.93	2724	34.81	2292
7	13.07	11946	14.37	9870	15.70	8274	17.07	7017	18.48	5978	19.96	5123	21.52	4405	23.20	3791	25.02	3261	27.00	2799	29.20	2382	31.70	2031	34.56	1709
8	12.99	9263	14.29	7653	15.61	6416	16.96	5433	18.36	4635	19.83	3872	21.39	3416	23.06	2499	24.86	2528	28.83	2170	29.03	1855	31.50	1575	34.34	1225
9	12.92	7401	14.21	6115	15.52	5125	16.86	4341	18.26	3703	19.72	3174	21.26	2729	22.93	2348	24.72	2060	26.68	1739	28.86	1462	31.33	1258	34.15	1059
10	12.86	6042	14.14	5003	15.44	4184	16.78	3552	18.17	3030	19.62	2587	21.16	2233	22.81	1921	24.60	1653	26.55	1418	28.72	1212	31.17	1029	33.96	866
11	12.79	5050	14.07	4172	15.37	3498	16.70	2982	18.08	2527	19.54	2186	21.07	1862	22.71	1602	24.49	1378	26.43	1183	28.59	1011	31.03	858	33.83	722
12	12.74	4279	14.02	3535	15.31	2983	16.63	2510	18.01	2141	19.45	1835	20.98	1578	22.62	1358	24.38	1168	26.32	1002	28.47	857	30.90	727	33.69	612
13	12.69	3673	13.96	3035	15.25	2544	16.57	2165	17.94	1838	19.38	1575	20.90	1354	22.53	1165	24.29	1003	26.22	861	28.36	735	30.78	624	33.56	525
14	12.64	3192	13.91	2635	15.20	2209	16.51	1871	17.88	1586	19.31	1368	20.83	1176	22.45	1012	24.21	871	26.13	747	28.26	639	30.68	542	33.44	456
15	12.61	2797	13.87	2311	15.15	1937	16.46	1640	17.82	1400	19.25	1199	20.76	1031	22.38	888	24.13	763	26.04	685	28.17	590	30.58	475	33.33	400
16	12.57	2473	13.83	2044	15.10	1713	16.41	1451	17.77	1238	19.19	1061	20.70	912	22.31	785	24.05	675	25.97	579	28.09	495	30.48	420	33.23	354
17	12.53	2204	13.79	1821	15.06	1526	16.36	1292	17.72	1103	19.14	945	20.64	812	22.25	699	23.99	601	25.89	518	28.01	441	30.39	375	33.14	315
18	12.50	1976	13.75	1633	15.02	1368	16.32	1159	17.67	988	19.08	847	20.58	728	22.19	627	23.92	539	25.82	463	27.93	396	30.31	336	33.05	283
19	12.47	1783	13.71	1473	14.98	1235	16.28	1046	17.62	892	19.03	765	20.53	657	22.13	566	23.86	468	25.75	417	27.86	356	30.23	303	32.96	255
20	12.43	1617	13.68	1336	14.94	1120	16.24	948	17.58	809	18.96	693	20.48	596	22.07	513	23.80	441	25.69	379	27.79	324	30.16	274	32.88	231
21	12.41	1473	13.65	1217	14.91	1020	16.20	864	17.54	737	18.94	632	20.43	543	22.02	468	23.75	402	25.65	345	27.73	295	30.10	250	32.80	211
22	12.38	1348	13.62	1114	14.87	933	16.16	791	17.50	675	18.90	578	20.39	497	21.97	438	23.69	368	25.58	316	27.66	270	30.02	229	32.73	183
23	12.36	1239	13.59	1024	14.84	858	16.13	727	17.46	620	18.85	531	20.34	457	21.93	393	23.64	338	25.52	290	27.61	248	29.96	211	32.66	177
24	12.32	1142	13.56	944	14.81	791	16.10	670	17.43	571	18.82	490	20.30	421	21.88	363	23.60	312	25.47	268	27.56	229	29.90	194	32.60	163
25	12.30	1057	13.54	873	14.78	732	16.07	620	17.39	528	18.79	453	20.26	389	21.84	335	23.55	288	25.42	248	27.50	212	29.84	180	32.53	151

表-2 密度管理の一例(1)

地位指数	林 齢	15	20	25	30	35	40	45	50	Σid 15-50
22	樹 高 m	11.4	14.6	17.3	19.8	22.0	24.0	25.9	27.6	
	Ry	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6 (0.642)	
	Sr %	24.45	24.16	23.96	23.81	23.69	23.60	23.51	23.51 (22.05)	
	本 数	1287	804	582	450	369	312	270	270 ()	
	直径生長 cm		0.61	0.56	0.52	0.49	0.46	0.45	0.41	17.6 cm
	Ry	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7 (0.741)	
	Sr %	20.98	20.75	20.60	20.49	20.39	20.30	20.23	20.23 (18.99)	
	本 数	1748	1089	787	608	497	421	364	364 ()	
	直径生長 cm		0.54	0.50	0.46	0.42	0.39	0.38	0.35	15.2 cm
18	樹 高 m	9.1	11.8	14.1	16.2	18.0	19.7	21.2	2.6	
	Ry	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6 (0.641)	
	Sr %	24.72	24.36	24.18	24.03	23.92	23.80	23.73	23.73 (22.26)	
	本 数	1976	1210	860	660	539	455	395	395 ()	
	直径生長 cm		0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.38	0.37	15.3 cm
	Ry	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7 (0.740)	
	Sr %	21.23	21.00	20.82	20.69	20.58	20.50	20.42	20.42 (19.17)	
	本 数	2679	1629	1160	890	728	613	533	533 ()	
	直径生長 cm		0.46	0.43	0.39	0.36	0.33	0.31	0.30	12.9 cm

() は間伐前の数値

表-3 密度管理の一例(2)

地位指数	林 齢	22					18					
		15	20	27	37	50	15	20	27	38	50	
樹 高 m		11.4	14.6	18.4	23.3	27.6	9.1	11.8	14.9	19.0	2.6	
	Ry	0.6	0.6	0.6	0.6		0.6	0.6	0.6	0.6		
Sr %		22.45	24.16	23.87	23.62		24.72	24.36	24.12	23.85		
			(19.09)	(19.06)	(18.86)	(19.94)		(19.06)	(19.29)	(18.92)	(20.15)	
本 数		1287	804	518	330	(330)	1976	1210	774	482	(482)	
	直径生長 cm		0.62	0.54	0.49	0.38		0.53	0.45	0.40	0.36	
Σid 15-50			15.7 cm					14.5 cm				

() は間伐前の数値

合は 15.3 cm, Ry 07 の場合は 12.9 cm, その差は 2.4 cm, 指数でみると Ry 0.7 は 0.6 の 84% である。

つぎに、密度基準を Ry 0.6 とし 15 年生で間伐をはじめ、Ry 0.75 に達したら 0.6 ような間伐を行なった場合の直径生長を予測したのが表-3 である。

この場合の間伐年度は 15, 20, 27, 37 (38) 年生で、間伐間隔は間伐回数を重ねるごとに長くなっている。15 年生から 50 年生までの 35 年間の直径生長の累積は地位指数 22 の場合 16.7 cm, 18 の場合は 14.5 cm, その差は 2.2 cm, 指数でみると地位指数 18 は 22 の 87% である。

結 び

直径生長推定の実験式の算出と、それによる密度と直径生長の予測の例について述べた。つまりとる、林分の密度管理とは直径生長をコントロールすることで、間伐は密度管理の手段である。密度と直径生長の関係を明らかにすることは、森林の質的向上及び健全性を確保するための合理的な間伐を実行するうえで不可欠なことであるが、その関係について明らかにした例は少ない。幸い収穫試験地という固定試験地が国有林内に設定され、長期にわたっての観測資料が集積されているため密度と直径生長の関係を明らかにすることができた。更に精度の向上のための手法の改善や実証のためには資料の収集が必要であるので、今後とも試験地について格別のご配慮をお願いしたい。