

成長錐によるアカマツ林木成長量の推定

山 科 健 二[※]・吉 武 時 夫^{※※}

Kenji YAMASHINA and Tokio YOSHITAKE

On the estimation of the Akamatsu (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)

trees growth by the increment borer

緒 言

林木の成長量を詳細かつ正確に求めるには樹幹解析による方法があるが、この方法は伐採供試木数に制限があり、また経費と時間と手数を要する。一方成長錐を用いれば立木状態のまま比較的簡易かつ迅速に成長量が推定出来るのでこの方法を用いた。成長量（過去1年間）を知るには現在材積から1年前材積をひけばよいわけであるが、現在材積は当林分の林木を毎木調査し測定出来るにしても、1年前材積を当林分より測定するのは一般に困難である。しかしながらアカマツは1年毎に輪状側枝を出しながら成長する。この主軸の1年枝長を測定すれば1年前の樹高が、また成長錐を用いて年輪巾を測定すれば1年前の胸高直径が測定出来る。立木材積式より1年前の材積が算出され、したがって1年間の成長量を求める事が出来る。

本調査の対象林分は、普通当地においてよくみられる赤色土に成林したアカマツ林である。

その中から、山頂、山腹、谷間に生育しているアカマツ58本を無作為に抽出し、毎木調査により成長量を推定した。この成長量の査定には種々の方法が考えられるが、ここでは実際に毎木調査をして求めた毎木法、平田氏による方法、Pressler式の応用方法を用いた。これらの3方法により1年間成長量および平均成長率を求めた。そして、それらの方法で求めた数値の間にどの程度の差があるかを比較検討した。また当地方アカマツ林分の成長量の推定に応用するための基礎資料としたものである。

調査地および測定方法

1. 調査地

本学大角山実験林

2. 測定方法

※ 森林計画学研究室
※※ 山口県森林組合

(1) 直径成長量

各林木の胸高部位で、平均直径のところに成長錐をいれて試片を採取し、各年輪（1年、2年、5年間）の外側より、現在までの成長量を0.1mm単位で測定した。

(2) 胸高直径

毎木の長径、短径をmm単位まで測定し、ここではその平均値を用いた。

(3) 樹高

Wise測高器を用いて測定した。

(4) 樹高成長量

樹高成長量は5年間の主軸年枝の長さを目測して求めた。

(5) 最近1cm内の年輪数

成長錐によって、胸高部位より採取した錐片の半径1cm内の年輪数を算定した。

(6) 材積

現在、1年前、5年前の材積はいずれも山本式を用いて計算した。 $V=0.00004799h1.0675d1.8692$

($V : m^3, h : m, d : cm$)

実 験 結 果

調査木58本のアカマツ毎木について、樹高、胸高直径、5年間の樹高成長量、半径成長量、半径1cm内の年輪数等についてとりまとめると第1表の通りである。

$V=0.00004799h1.0675d1.8692$ をもととして、現在材積、5年前材積、1年前材積、5年間の成長量、連年成長量、定期平均成長量、成長率等についてとりまとめると第2表の通りである。

測定した資料をもとにして、毎木法、平田氏法、およびPressler氏応用法により成長量と成長率を求め算定比較した。

1. 毎木法

Table 1. Estimated height and radius growth

Number of trees	D. b. h. <i>cm</i>	Height <i>m</i>	Height growth in 5 -years <i>m</i>	Radius growth <i>cm</i>			Number of ring in radius 1 <i>cm</i>
				5 -years	2 -years	1 -year	
1	29.0	18	1.3	1.55	0.62	0.23	3
2	24.7	17	1.2	0.65	0.35	0.15	7
3	29.5	17	1.0	1.85	0.56	0.25	2
4	25.7	16	1.2	1.34	0.40	0.22	3
5	23.3	14	1.0	1.28	0.38	0.20	3
6	24.0	8	0.8	1.17	0.44	0.12	4
7	11.0	9	0.2	1.15	0.30	0.15	4
8	9.8	9	0.3	0.51	0.25	0.10	9
9	21.5	13	0.9	1.02	0.35	0.21	4
10	23.4	13	0.5	0.88	0.36	0.20	5
11	18.7	13	0.8	0.65	0.32	0.22	7
12	8.4	13	0.3	0.35	0.22	0.11	14
13	15.1	12	0.3	0.50	0.21	0.10	10
14	11.4	11	0.4	0.66	0.35	0.25	7
15	24.2	16	0.7	1.03	0.32	0.16	4
16	19.4	12	0.7	1.36	0.35	0.18	4
17	16.2	11	1.0	0.65	0.26	0.12	7
18	19.7	13	1.0	0.82	0.30	0.19	4
19	15.3	12	1.1	0.86	0.25	0.17	5
20	15.9	12	0.9	0.89	0.21	0.12	5
21	10.1	11	0.8	0.45	0.19	0.10	11
22	18.6	11	1.0	0.88	0.37	0.22	5
23	6.5	9	0.6	0.37	0.15	0.10	13
24	8.9	8	0.5	0.39	0.23	0.12	12
25	9.3	8	0.3	0.34	0.17	0.12	14
26	12.1	8	0.3	0.59	0.19	0.11	8
27	16.5	13	1.0	0.61	0.35	0.23	8
28	18.7	11	0.5	1.04	0.49	0.28	4
29	21.9	14	1.1	0.89	0.25	0.12	5
30	15.9	13	1.0	0.45	0.25	0.10	11
31	24.9	15	1.3	1.72	0.60	0.31	2
32	29.4	15	1.4	1.71	0.70	0.49	2
33	21.0	10	0.5	0.62	0.29	0.17	8
34	14.3	9	0.4	0.50	0.21	0.13	10
35	30.7	12	0.7	0.97	0.42	0.28	5
36	18.7	12	1.0	0.79	0.30	0.18	6
37	21.6	16	0.8	1.28	0.36	0.20	3
38	20.5	14	0.8	1.31	0.53	0.29	3
39	19.2	15	0.5	1.21	0.40	0.29	4
40	32.0	18	1.2	1.25	0.41	0.28	4
41	19.1	12	0.3	0.82	0.39	0.22	6
42	24.1	8	0.7	1.07	0.40	0.23	4
43	16.8	8	0.8	0.64	0.35	0.21	7
44	23.8	14	1.1	1.43	0.41	0.20	3

Number of trees	D. b. h. cm	Height m	Height growth in 5 -years m	Radius growth cm			Number of ring in radius 1 cm
				5 -years	2 -years	1 -year	
45	20.1	13	1.0	0.92	0.33	0.24	5
46	26.4	15	1.3	1.10	0.38	0.21	4
47	21.4	14	1.4	1.18	0.39	0.16	4
48	16.7	9	0.4	0.89	0.35	0.20	5
49	19.6	10	1.3	1.01	0.40	0.21	4
50	23.3	14	0.9	1.20	0.39	0.19	4
51	23.2	8	0.3	0.90	0.36	0.20	5
52	22.9	10	0.5	1.05	0.38	0.18	4
53	19.2	12	0.8	1.14	0.45	0.20	4
54	22.4	14	0.8	0.89	0.39	0.19	5
55	20.8	14	1.0	0.83	0.35	0.18	6
56	22.4	13	0.8	1.25	0.41	0.21	4
57	16.5	12	0.4	0.69	0.25	0.15	7
58	18.2	13	0.6	0.79	0.30	0.19	6

Table 2. Estimated volume and growth

Number of trees	Volume in the present m ³	Volume 5 - years ago m ³	Volume 1 - year ago m ³	Growth in 5 -years m ³	Current annual growth m ³	Periodic annual growth m ³	Growth percent -age %
1	0.56838	0.42473	0.54315	0.14365	0.02523	0.02873	4.64
2	0.39615	0.33115	0.38136	0.06500	0.01479	0.01300	3.87
3	0.55211	0.40283	0.52801	0.14928	0.02410	0.02985	4.56
4	0.39993	0.29952	0.38102	0.10041	0.01891	0.02008	4.96
5	0.28872	0.21461	0.27538	0.07411	0.01334	0.01482	4.84
6	0.16791	0.12386	0.16126	0.04405	0.00665	0.00881	4.12
7	0.04429	0.02789	0.04186	0.01640	0.00243	0.00328	5.80
8	0.03569	0.02803	0.03410	0.00766	0.00159	0.00153	4.66
9	0.22954	0.17646	0.21796	0.05308	0.01158	0.01061	5.31
10	0.26891	0.22281	0.25823	0.04610	0.01068	0.00922	4.13
11	0.17685	0.14442	0.16692	0.03243	0.00993	0.00648	5.94
12	0.03962	0.03284	0.03752	0.00678	0.00210	0.00136	5.59
13	0.10877	0.09322	0.10562	0.01565	0.00325	0.00313	3.07
14	0.05866	0.04480	0.05445	0.01386	0.00421	0.00277	7.73
15	0.35740	0.28853	0.34537	0.06887	0.01203	0.01377	3.48
16	0.17391	0.12298	0.16583	0.05093	0.00808	0.01018	4.87
17	0.11315	0.08740	0.10790	0.02575	0.00525	0.00515	4.86
18	0.19493	0.15213	0.18488	0.04280	0.01005	0.00856	5.43
19	0.11158	0.08057	0.10490	0.03101	0.00668	0.00620	6.36
20	0.11990	0.08836	0.11467	0.03154	0.00523	0.00630	4.56
21	0.04678	0.03625	0.04436	0.01053	0.00242	0.00210	5.44
22	0.14649	0.10988	0.13735	0.03661	0.00914	0.00732	6.65
23	0.01656	0.01227	0.01540	0.00429	0.00116	0.00085	7.53
24	0.02628	0.02067	0.02464	0.00561	0.00164	0.00112	6.65
25	0.02854	0.02377	0.02696	0.00477	0.00158	0.00095	5.86

Number of trees	Volume in the present m^3	Volume 5 - years ago m^3	Volume 1 - year ago m^3	Growth in 5 - years m^3	Current annual growth m^3	Periodic annual growth m^3	Growth percent -age %
26	0.04667	0.03699	0.04474	0.00968	0.00193	0.00193	4.31
27	0.13996	0.11131	0.13057	0.02865	0.00939	0.00573	7.19
28	0.14796	0.11294	0.13843	0.03502	0.00953	0.00700	6.88
29	0.25715	0.20110	0.24767	0.05605	0.00948	0.01121	3.82
30	0.13059	0.10753	0.12544	0.02306	0.00515	0.00461	4.10
31	0.35186	0.24191	0.32946	0.10995	0.02240	0.02199	6.79
32	0.48000	0.34309	0.44155	0.13691	0.03845	0.02738	8.72
33	0.16601	0.14026	0.15930	0.02575	0.00671	0.00515	4.21
34	0.07233	0.06017	0.06923	0.01216	0.00310	0.00243	4.47
35	0.41012	0.34045	0.39132	0.06967	0.01880	0.01393	4.80
36	0.16237	0.12545	0.15378	0.03692	0.00859	0.00738	5.58
37	0.28900	0.21612	0.27609	0.07288	0.01291	0.01457	4.67
38	0.22727	0.16529	0.21277	0.06198	0.01450	0.01239	6.81
39	0.21645	0.16228	0.20292	0.05417	0.01353	0.01083	6.66
40	0.68323	0.54517	0.65163	0.13806	0.03160	0.02761	4.84
41	0.16892	0.13901	0.16085	0.02991	0.00807	0.00598	5.01
42	0.16922	0.12898	0.16018	0.04024	0.00904	0.00804	5.64
43	0.08620	0.06642	0.08046	0.01978	0.00574	0.00395	7.13
44	0.30041	0.21669	0.28616	0.08372	0.01425	0.01674	4.97
45	0.20240	0.15530	0.19027	0.04710	0.01213	0.00942	6.37
46	0.39253	0.30283	0.37388	0.08970	0.01865	0.01794	4.98
47	0.24628	0.17690	0.23434	0.06938	0.01194	0.01387	5.09
48	0.09666	0.07459	0.09150	0.02207	0.00516	0.00441	5.63
49	0.14592	0.10262	0.13624	0.04430	0.00968	0.00866	7.10
50	0.28872	0.21950	0.27614	0.06922	0.01258	0.01384	4.55
51	0.15759	0.13010	0.15134	0.02749	0.00625	0.00549	4.12
52	0.19518	0.15437	0.18746	0.04081	0.00772	0.00816	4.11
53	0.17057	0.12511	0.16166	0.04546	0.00891	0.00909	5.51
54	0.26822	0.21577	0.25661	0.05245	0.01161	0.01049	4.52
55	0.23353	0.18471	0.22259	0.04882	0.01094	0.00976	4.91
56	0.24782	0.18562	0.23606	0.06220	0.01176	0.01244	4.98
57	0.12849	0.10526	0.12327	0.02323	0.00552	0.00464	4.23
58	0.16811	0.13489	0.16001	0.03322	0.00810	0.00664	5.06
計	12.11889	9.31871	11.52302	2.80018	0.59587	0.55987	—

調査木58本の成長量は毎木調査によって求めた現在材積合計から1年前材積合計を差し引いた量が1年間の成長量となる。連年成長量は0.5958 m^3 、成長率は5.32%である。

2. 平田氏の方法

$$P_v = (\beta + r) P_{d**}, \text{ ここで } P_{d**} = \bar{d} / d_{**}$$

$$\bar{d} = n \sum \Delta d_i / n, \quad d_{**} = \bar{d} q, \quad q = \lambda \frac{1}{\beta + r}$$

$$\lambda = \bar{V} / \alpha \bar{d} \rho \bar{h} r, \quad \bar{V} = V / N$$

P_v : 林の材積成長率, α, β, r : 単木材積式 ($V = \alpha$

$d \rho h r$) の定数, P_{d**} : 標準木の直径成長率, Δd_i : 単木 i の直径成長量, \bar{d} : 単木 i の直径成長量の標本平均, d_{**} : 標準木直径, \bar{d} : 平均直径, q : d_{**} の計算に必要な係数, λ : 材積平均木計算のための修正係数, \bar{V} : 平均単木材積

成長錐では、直径成長量を調べる場合は半径について行なったから、各調査木の直径成長量を求めるにはそれを2倍すればよい。

$$\bar{d} = \sum \Delta d / 58 \times \frac{1}{2} = 0.37 \quad (\sum \Delta d = 54.34 \times 2 = 108.68) \quad \lambda = \bar{V} / \alpha \rho \bar{h} r$$

$$\log \lambda = \log \bar{V} - (\log \alpha + \beta \log \bar{d} + \gamma \log \bar{h})$$

$$= 0.05901 \quad \therefore \lambda = 1.1455$$

$$q = \lambda \frac{1}{\beta + \gamma}$$

$$\log q = \frac{1}{\beta + \gamma} \log \lambda$$

$$\log q = 0.02009 \quad \therefore q = 1.0473$$

$$\therefore d_{**} = 20.47 \quad P_{d_{**}} = \frac{\bar{d}}{d_{**}} = 0.01807$$

$$P_V = (\beta + \gamma) P_{d_{**}} = 0.0530$$

毎木調査で求めた材積に成長率を乗じて、材積成長量を求めることが出来る。

連年成長量は $0.6423 m^3$ 、成長率は 5.30% である。

3. Pressler 式の応用による方法

$$P = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \cdot \frac{200}{n}$$

P : 各直径階の成長率%

V_2 : V_1 の 1 直径階上の材積 m^3

V : 各直径階の材積 m^3

n : 各直径階の最近半径 1 cm 内の平均年輪数を更生した数

この方法は各直径階毎に成長率が求められ、一般に成長率を求める場合に用いられる。

各直径階における最近の半径 1 cm 内の年輪数、平均、更正 (n)、 $200/n$ の値を示すと第 3 表の通りである。

以上の方法により求めた各直径階の成長率、材積、および 1 年間の成長量を取りまとめると第 4 表の通りである。本法によると連年成長量は $0.7349 m^3$ 、成長率は 5.37% である。

Table 3. Estimated radius growth in diameter grade

D.b. h. cm	Number of ring in radius 1cm														mean	Correc- tion n	$\frac{200}{n}$
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
6															13.0	13.5	14.81
8															13.0	12.2	16.39
10															9.5	11.0	18.18
12			—				—	—							7.5	9.7	20.61
14									—						10.0	8.3	24.09
16				下			下			—					7.2	7.1	28.16
18				下		下					—				5.6	6.0	33.33
20		—	下	下		下									4.8	5.1	39.21
22		—	下	下											4.1	4.5	44.44
24	—	—	下	下			—								4.1	4.0	50.00
26		—	—												3.5	3.7	54.05
28		—													3.0	3.5	57.14
30	下														3.0	3.3	60.60
32			—												4.0	3.1	64.51

Table 4. Calculation of the growth

D. b. h. cm	Height m	Volume m^3	$V_2 - V_1$ m^3	$V_2 + V_1$ m^3	$\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$	$\frac{200}{n}$	$\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \cdot \frac{200}{n}$ %	No.	Volume m^3	Current annual growth m^3
6	6	0.0091					4.99	1	0.0091	0.0005
8	7	0.0186	0.0095	0.0277	0.3429	16.39	5.62	2	0.0372	0.0021
10	8	0.0325	0.0139	0.0511	0.2720	18.18	4.94	4	0.1300	0.0064
12	9	0.0520	0.0195	0.0845	0.2307	20.61	4.75	2	0.1040	0.0049
14	10	0.0779	0.0259	0.1299	0.1993	24.09	4.80	1	0.0779	0.0037
16	11	0.1104	0.0325	0.1883	0.1722	28.16	4.85	9	0.9936	0.0482
18	12	0.1510	0.0406	0.2614	0.1553	33.33	5.17	5	0.7550	0.0390
20	13	0.2006	0.0496	0.3516	0.1410	39.21	5.52	10	2.0060	0.1107
22	14	0.2593	0.0587	0.4599	0.1276	44.44	5.67	7	1.8151	0.1029
24	15	0.3289	0.0696	0.5882	0.1183	50.00	5.91	10	3.2890	0.1944
26	16	0.4087	0.0798	0.7376	0.1081	54.05	5.84	2	0.8174	0.0477
28	17	0.5008	0.0921	0.9095	0.1012	57.14	5.78	1	0.5008	0.0289
30	18	0.6055	0.1047	1.1063	0.0946	60.60	5.73	3	1.8165	0.1040
32	19	0.7237	0.1182	1.3293	0.0889	64.51	5.73	1	0.7237	0.0415
計	—	—	—	—	—	—	—	58	13.0753	0.7349

考 察

毎木法, 平田氏法, *Pressler*氏の応用方法等について成長量および成長率を比較検討すると次の通りである。

成長量についてみると毎木法によれば約 $0.59m^3$, 平田氏の方法によれば約 $0.64m^3$, *Pressler*氏の応用方法によれば約 $0.73m^3$ である。毎木法の場合は, 各単木について成長量を求め, それを合計して成長量を求めている。

平田氏法の場合は, 材積成長率を算出して, 毎木調査によって求めた材積とから成長量を算出している。成長量は毎木法と平田氏法ではあまり差が認められない。

*Pressler*式の応用方法では基礎材積の求積方法を異に

しているので, 毎木法等よりやや過大な値をとっている。成長率についてみると, 毎木法 5.32% , 平田氏法 5.30% , *Pressler*氏の応用法 5.37% で, 3方法の何れでも差がなく大体等しい。林分の成長率算定にあたっては, 平田氏の方法は標準木の錐片の平均計算だけが内業の主体となり比較的迅速に推定出来る方法と思われる。

引用文献

1. 平田種男: 日本林学会誌43, 1: 7-9, 1961
2. 山田茂夫, 村松保男: 例解測樹の実務1963, 地球出版 p.166-167

Summary

In forest inventories and management plans, the estimation of stand volume growth is an important problem, and we must pay principal attention to the estimation of the volume growth of stand.

In this paper, we compared with 3 methods — HIRATA'S, PRESSLER'S and every tree survey method — in the accuracy of measurement by the increment borer at the stand of Akamatsu (*Pinus densiflora Sieb. et Zucc.*)

The results of the experiments are summarized in Tables 1-4. Using the increment borer, HIRATA'S method is the easiest and accuratest way.

The results of this study are applied for the Akamatsu stand in eastern part of Shimane prefecture.

The growth percentage in volume is about 5% in this stand.