

ウダイカンバの生長予測

猪瀬光雄*

1 はじめに

最近、広葉樹の価値が見直されてきているが、針葉樹に比べ、生長予測に関する研究の蓄積はまだ十分とはいえない。道内では、有用広葉樹の中でも、特に、ウダイカンバおよびミズナラについての生長予測が望まれる。

ウダイカンバは、山火再生林等として、一斉林に近い林分を形成しやすく、かつ、ミズナラ等に比べ、生長特性の把握しやすい樹種のひとつと考えられる。

広葉樹の用材利用に関しては、量的な予測は勿論であるが、質的な、利用可能量の予測に力点をおくことも必要と思われる。そこで、ここでは、単木距離従属モデルによる生長予測の方法に関する基礎的な要因の解析を試みた。

2 資料と測定方法

この報告に使用した資料の概要は表-1のとおりである。

表-1 測定資料の概要

資料番号	場 所	樹 齢	本数	測 定 項 目 等
①	苫小牧 美 笛	16~17	9	トドマツ人工林内に発生した天然木、樹幹解析（枝下高から上部は1mごとに円板採取）、枝解析（50cmごとに円板採取、枝の着生高、着生角度および着生方位の測定）
②	厚 真	22	14	人工植栽木（3,000本/ha）、樹幹解析（①に同じ）枝解析（①に同じ）、葉層のある部位では1mごとに葉の層別刈取りを行った。
③	厚 真	26	6	②に同じ
④	恵 庭	69~71	4	再生林、樹幹解析、枝解析（①に同じ）
⑤	北見地方	48~71	48	山火再生林、樹幹解析
⑥	厚 真	28~35	20	二次林、樹幹解析
⑦	佐 幌	65~70	8	山火再生林、樹幹解析

* 林業試験場北海道支場

3 生長予測モデルの概要

単木の生長に関係する因子との結びつきで、林分の生長過程を考えると図-1のようである。

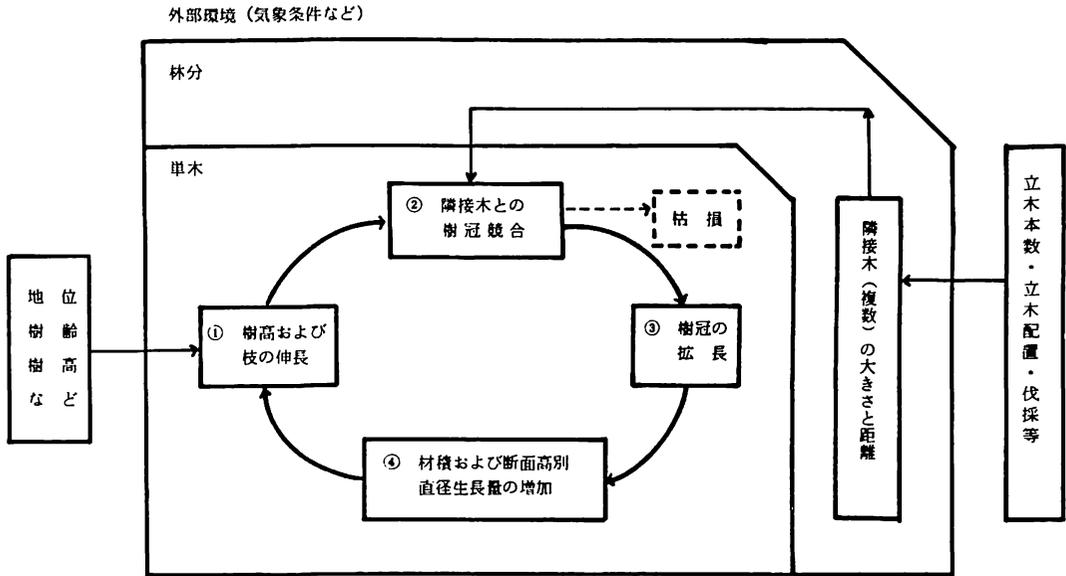


図-1 ウダイカンバの単木生長モデルと林分との関係

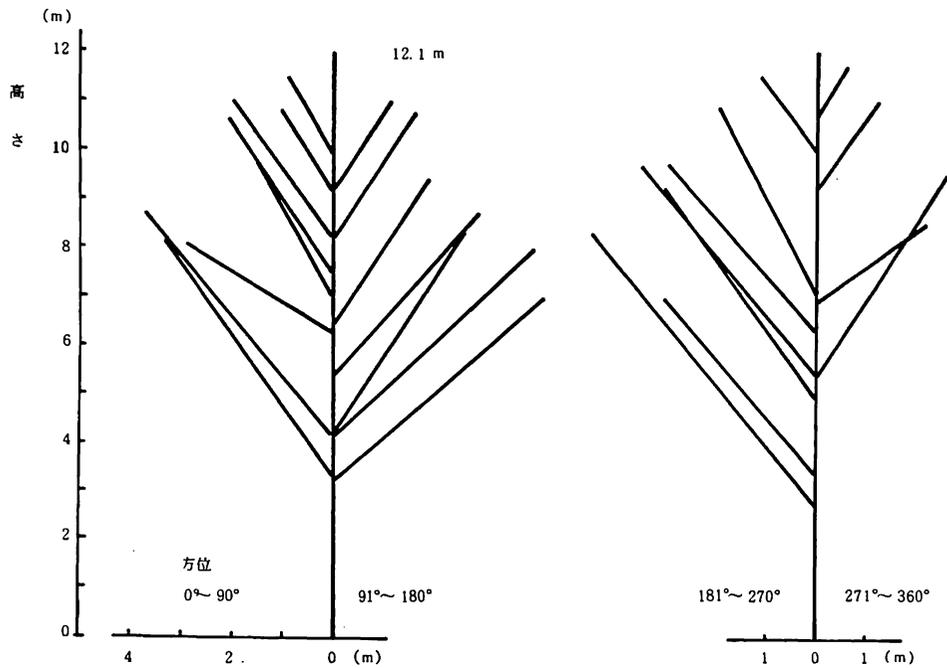
生長予測の主要な構成部分は①→②→③→④のプロセスからなり、年々このサイクルが繰り返され単木は生長を持続する。また、林分内の単木生長を積算すると林分の生長予測になり、林分内の材種別生産量の予測が可能となる。そこで、以下で、上記に示したモデルの主要な構成部分について検討した。

4 樹冠の形と大きさ

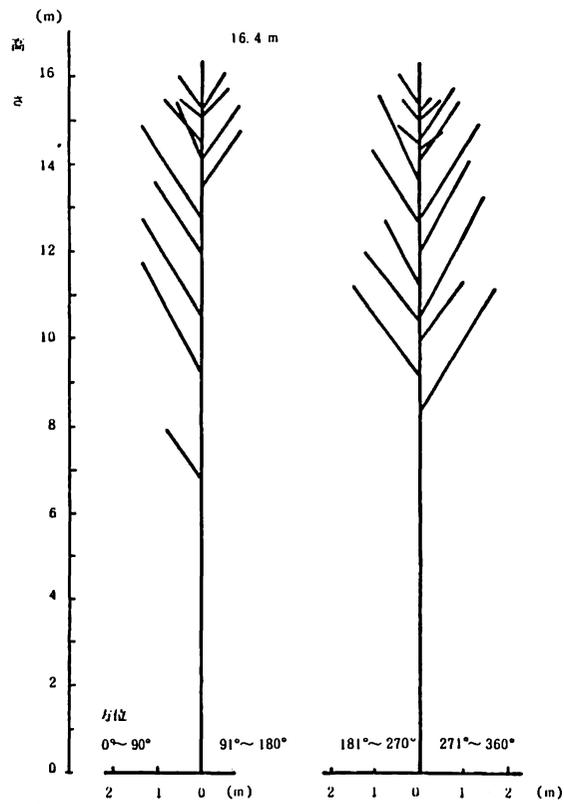
隣接木との競合関係によって決まる、単木の樹冠の形とその大きさは同化生産に直接影響する。そこで、枝解析のデータから樹冠の形およびその変化について調べた。

図-2,a)は、資料番号①の美笛の資料木の場合で、トドマツ人工林下に発生し、植栽木であるトドマツを追い抜き、樹冠を十分に拡張させている。一方、b)は、人工植栽木(資料番号②)の1例で、隣接木との樹冠競合が激化し、樹冠接触下における枝の伸長生長は停止している。このように、ウダイカンバでは、隣接木と樹冠接触を生じる場合、枝先は互いの樹冠内に入り込まず樹冠接触点で停止する。

そこで、樹冠接触点から上部の、自由に生長した枝について、枝の着生高、枝の着生角度および枝の長さのデータをもとに、樹冠の外形を推定した。樹冠半径を横軸、樹冠長を縦軸にとりプロットすると、この関係は、樹齢の若いうちは直線関係で表わされる^[1]が、生育段階がすすむにしたがって、曲線性を示す^[5]。このことから、樹冠の外形を次の相対生長式で表現することにした。



a) 孤立状態にあった木



b) 隣接木から圧迫を受けた単木の樹冠形 (厚真)

図-2 ウダイカンバの樹冠形 (美笛)

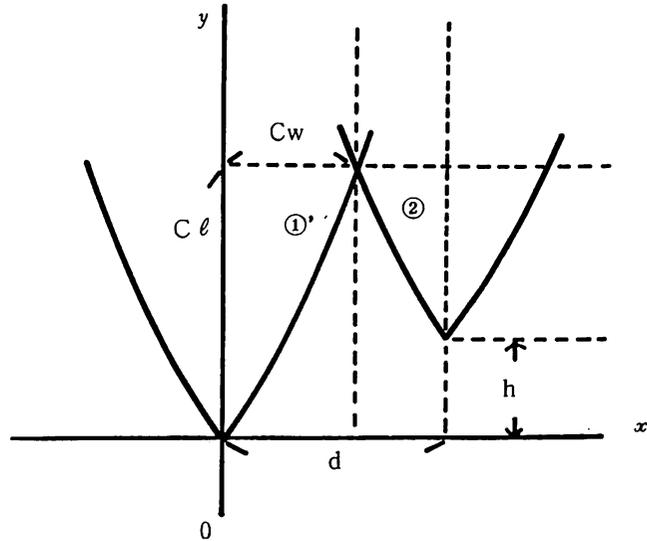


図-3 樹冠接触による樹冠長と樹冠半径の決定

$$Cl = \alpha Cw^\beta \quad (1)$$

ここで、 Cl ：樹冠長、 Cw ：樹冠半径、 α 、 β ：生育段階によってきまる定数
資料番号③の厚真のデータでは $\alpha = 0.59$ 、 $\beta = 1.261$ であった。

樹冠の外形を(1)式で表現し、隣接木と樹冠が接触した時点で、枝の生長が停止するとすると、次の関係式から、接触方向の樹冠半径 Cw および樹冠長 Cl が求まる (図-3 参照)

当該木の樹冠の形は

$$Cl_1 = \alpha Cw^\beta \quad (1)'$$

競合木の樹冠の形と位置は、

$$Cl_2 = \alpha (d - Cw)^\beta + h \quad (2)$$

ここで、 d ：樹間距離、 h ：樹高差

樹冠の交点は次のニュートン-ラプソン方法で求めた。

$$X_{n+1} = X_n - f(x)/f'(x)$$

$$(X_{n+1} - X_n)^2 < \epsilon \text{ で収束 (} \epsilon = 0.0001 \text{)}$$

X_n の初期値は $d/2$ を入力

$$f(Cw) = \alpha Cw^\beta - \alpha (d - Cw)^\beta - h$$

$$f'(Cw) = \alpha \cdot \beta (Cw^{\beta-1.0} + (d - Cw)^{\beta-1.0})$$

この関係を、当該木の隣接木全てについて計算すると樹冠の外形がえられる。

5 樹冠表面積と材積生長量

資料番号②の、厚真人工林の樹幹および樹冠解析の結果②から、幹材積生産量が樹冠表面積Sの大きさを表わせることがわかった。

$$\Delta v = \alpha S^\beta$$

ここで、 Δv : 材積生長量, α , β : 生育段階によってきまる定数, また, S は次式によった。

$$S = \frac{\pi C w}{6 C \ell^2} \left[(4 C \ell^2 + C w^2)^{\frac{3}{2}} - C w^3 \right]$$

6 直径生長量

幹の肥大生長は同化生産物が幹の各部に分配された結果であり、この配分傾向については尾中⑥、齊藤ら⑦、SHINOZAKI ら⑧によって、枝の着生状態に関連づけて、定性的な説明が与えられている。

ここでは、ウダイカンバの断面積生長量の縦断的配分が枝下高から下部では同量になるというSHINOZAKI ら⑧の仮定にしたがい、トドマツ③で示された推定法を利用することにする。

SHINOZAKI らの仮定にしたがうと、次式により断面積生長量の縦断的配分量が推定できる④、

(図4参照)

$$x = g_0 - \frac{g_0}{h} y \quad (5)$$

$$x = \frac{g_0}{h} (h - h_1) \quad (6)$$

ここで、 x : 断面積生長量, y : 断面高, g_0 : 底辺の大きさ, h : 樹高, h_1 : 枝下高, したがって、材積 v , 材積生長量 Δv および枝下高が与えられると、枝下高Rから上部は⑤式、これより下部では⑥式から、任意断面高の断面積生長量が推定できる。

7 樹高生長量

単木の樹高生長量については、まだ充分な結果がえられていないため、ここでは、現在入手しているデータ(資料番号④, ⑤, ⑦)を利用して、地位指数曲線式を作成した。⑤)

この地位指数曲線式の中心線のガイドカーブは、

$$f_1(t) = 21.1537 - 22.0212 (0.96398)^t \quad (7)$$

また、中心線のまわりの変動幅は、

$$f_2(t) = 1.8357 - 1.81496 (0.85682)^t \quad (8)$$

によって表現できた。これから、地位指数Sの樹齢t年の樹高H(t)は

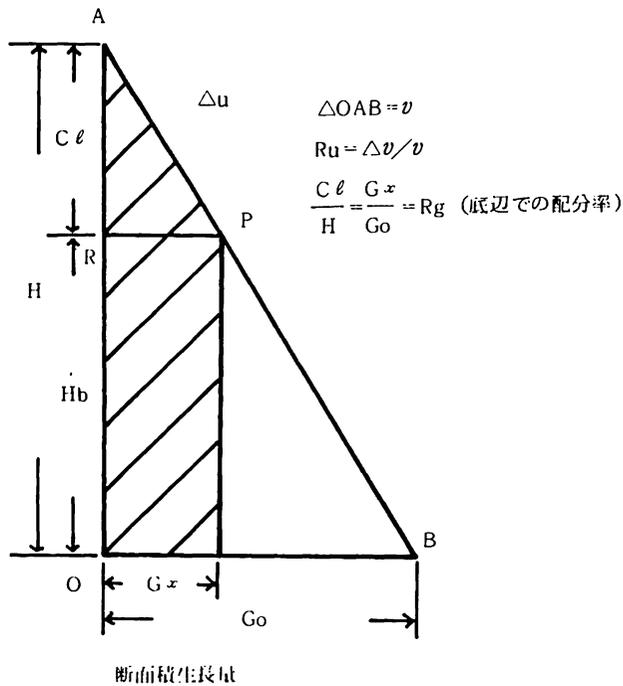


図 - 4 断面積生長量の配分模型

$$H(t) = f_1(t) + \frac{f_2(t)}{f_2(40)} (S - f_1(40)) \quad (9)$$

で表わされ、逆に t 年の樹高 $H(t)$ のときの地位指数 S は、

$$S = f_1(40) + \frac{f_2(40)}{f_2(t)} (H(t) - f_1(t)) \quad (10)$$

で表わされる。

8 枝の生長

広葉樹では材質が問題になるが、枝の枯れあがりと共に、死に節が形成される。このため、枝の根元直径の大きさを推定することも必要と思われる。

枝の長さ $B\ell$ は、隣接木との樹冠競合下でない場合、資料番号①、②および③のデータから、次式がえられた。(5)

$$B\ell = 0.648 T^{0.769} \quad (11)$$

ここで、 T : 枝齡

一方、枝の長さ $B\ell$ と枝の根元径 Db の関係は次式で表現できた。

$$D_b = 1.10 B \ell^{1.02}$$

(12)

9 皮付直径と皮内直径の関係

立木材積は最終的には皮内直径で評価されるため、皮付直径 D_o から皮内直径 D_i を求める式を作成した。(5)(資料は全資料を使用)

$$D_i = -0.204 + 0.962 D_o$$

なお、胸高部位から他の部位を推定するには次の相対幹曲線式を用いた。(13)

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3$$

ここで、 y : 相対直径、 x : 梢端を0とした相対断面高、 a_1, a_2, a_3 : 生育段階によって決まる定数、資料番号②と③を込みにした厚真の場合の、年齢別の相対幹曲線式の係数 $a_1 \sim a_3$ の1例を表-2に示した。

表-2 相対幹曲線式の樹齢別係数 (厚真, 資料番号①+②)

樹 齢	a_1	a_2	a_3
7	0.6939	-0.3070	0.1783
9	0.8134	-0.4494	0.1982
11	0.9050	-0.6247	0.2856
13	0.9305	-0.6269	0.2589
15	0.9716	-0.7208	0.3133
17	0.9510	-0.6655	0.2759
19	0.9958	-0.7713	0.3386
21	1.0158	-0.8238	0.3702
23	1.0312	-0.8372	0.3699
25	1.0454	-0.8871	0.4068

10 おわりに

以上、ウダイカンバの生長予測に関係する主要な構成因子について、これまでの検討結果を示した。しかし、生育段階等のちがいに応じた。各関係式の定数の変化など、生長予測モデルを完成させるためには、今後の分析にまたなければならない点も多い。これらについては、データの集積をまって、分析を加え、徐々に改良していきたいと考えている。なお、単木生長および林分生長への応用例については、後日報告する予定である。ここでは、マイコンによる単木生長シミュレーションプログラム(図-5にフローチャートを示した)を、資料番号③の厚真のデータに適用したテスト例を表-3に示すだけにとどめる。打出例は樹齢10年から5年おきに示した。くわしい検討は後日にゆずるが、幹基部近くでは過小傾向が生じたが、これは根張りの影響を考慮に入れて修正できるものと思われる。雑駁な検討で、大方の御批判を仰ぎたい。

表 - 3 単木生長モデルの計算例

AZUMA NO 39 (ウダイカンバ)

INITIAL TREE STATE

SI	AGE	DBH	HEIGHT
19	10	7.64	11.30

CONSTANTS OF STEM FORM

A 1	A 2	A 3
0.874	- 0.583	0.276

VOLUME VOLUME (I)

0.0243	0.0197
--------	--------

CL CW

2.50	3.14
------	------

DIAMETER AT SECTIONAL HEIGHT

SECH

0.00	0.30	1.30	3.30	5.30	7.30	9.30	(断面高)
8.52	8.31	7.64	6.38	5.13	3.74	2.08	(皮付直径)
7.99	7.79	7.15	5.94	4.73	3.39	1.79	(皮内直径)

RESULT OF THIS YEAR

AGE = 15

H,	V,	V 1,	CL,	CW,	SURFACE (樹冠表面積)
14.08	0.0435	0.0245	2.90	3.54	59.25

DIAMETER

0.00	0.30	1.30	3.30	5.30	7.30	9.30	11.30	13.30
9.78	9.60	9.03	8.00	7.05	6.13	5.31	2.07	0.66
9.21	9.03	8.48	7.49	6.58	5.69	4.91	1.79	0.43

RESULT OF THIS YEAR

AGE = 20

H,	V,	VI	CL	CW	SURFACE
16.28	0.0669	0.0239	3.40	4.01	77.66

DIAMETER

0.00	0.30	1.30	3.30	5.30	7.30	9.30	11.30	13.30	15.30
10.93	10.77	10.26	9.37	8.58	7.84	7.23	5.38	2.16	0.74
10.31	10.15	9.67	8.81	8.05	7.34	6.75	4.97	1.87	0.51

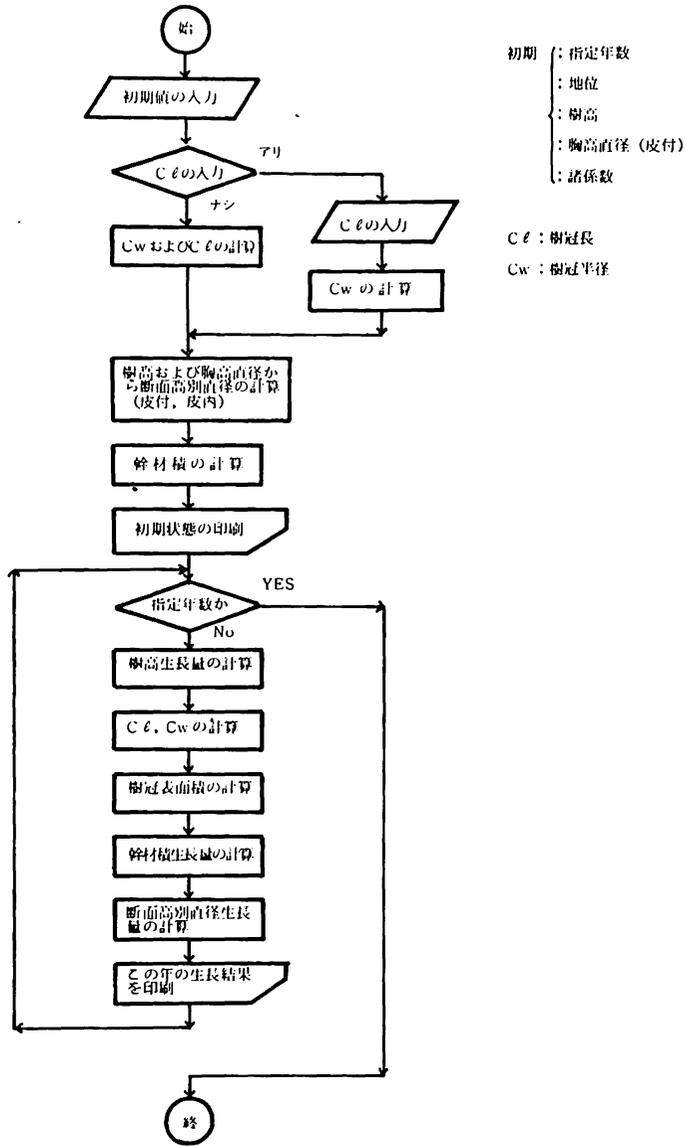


図-5 ウダイカンパの単木生長モデルのフローチャート

引用文献

- (1) 猪瀬光雄・小木和彦：ウダイカンバの生長モデル（Ⅰ）樹冠形と力枝の位置の変化について。
日林北支講，27，25 - 27，1978
- (2) 猪瀬光雄・小木和彦：ウダイカンバの生長モデル（Ⅱ）樹冠表面積と材積生長量の関係。
日林北支講，27，28 - 29，1978
- (3) 猪瀬光雄：トドマツの単木生長モデル（Ⅱ）断面積生長量の推定（Ⅱ）日本誌，65，
224 - 228，1983
- (4) 猪瀬光雄：ウダイカンバの生長モデル（Ⅲ）直径生長量の推定。
日林北支講，32，229 - 230，1983
- (5) 猪瀬光雄・眞邊昭：ウダイカンバの生長モデル（Ⅳ）樹高および枝の生長。
日林北支講，33，1984
- (6) 尾中文彦：樹木の肥大成長の縦断的配分。
京大演報，18，1 - 52，1953
- (7) 斉藤秀樹・四手井綱英・菅誠：樹幹形についての考察 - 2，3の幹形の表わし方および幹に
おける同化生産物の垂直的配分についての考え方 -。京大演報，40，93 - 110，1968
- (8) Shinozaki, K, Yoda, K, Hozumi, K, & Kira, T. : A quantitative analysis
of Plant form - The pipe model theory (I) Basical analysis.
Jap. J. Ecol, 14, 97 - 105, 1964