

法 析 解 幹 樹

邵 均 著

行 印 館 書 印 務 商

樹幹解析法

邵均著

商務印書館印行

AWT 42/04

中華民國三十五年五月

重慶初版
上海

(6424.3)

樹幹解析法一冊

定價國幣貳元伍角

印刷地點外另加運費

著者 邵 均

發行人 王 雲 五
重慶白象街

印刷所 商務印書館
印刷廠

發行所 商務印書館
各地

序

樹幹解析法，乃查定森林質量問題之方法也。此雖屬於林業計算學中（測樹學篇）之一部門，以其爲最煩難之部份，尤爲近代新興“林木生長論”研究之基礎，故在經營林業並研究林學方面，極爲重要。特如近今國人，對於森林資源之開發經營，風氣一新之秋，故森林蓄積之測查，生長之計算，以及砍伐利用與更新方法之決定等，莫不賴此技術，以爲穩妥解決之捷徑。惟當施行此種查定之時，方法稍誤，手續略缺，則不特結果不能爲相互比較之根據，且將爲全無價值之工作。故著者特將此部門提出，編著成冊，就其方法上詳加說明，力求運用簡捷，以達事半功倍之目的。

本書以著者在國內各大學農學院（國立北京農業大學，國立浙江大學，河北省立農學院，國立四川大學等）講授斯學，並指導學生樹幹解析演習，十餘年來所歷之經驗，及著者研究之資料與學生論文等直接間接有關材料爲經；以歐美林學先進各國關於樹幹解析方面之研究調查方法爲緯，闡述最爲適當之方法，供諸林科學生並一般林業界之參考。從來視爲難事之樹幹解析法，祇須稍具林學知識，或從事林業者讀之，皆可索解，並能得心應手，行之易易也。

本書分總說，外業，內業，製圖，測算方法之比較，樹幹解析用表並參考文獻等；更就實例，按實行方法之程序格式，逐步說述，裨供印證。又樹幹解析用表中之生長率概算表，爲著

者根據複利算式所特製，以期對於不足一整齡階之生長率計算，檢索便捷精確，並可免應用各種生長率近似公式之煩。惟著者淺學，復以課務倥傯，謬誤遺漏之處，恐所難免，幸我同志，教而正之。

書中實例試材，承陳君德銓採集，張君小留測算。馮雪岩蔣重慶二君任圖表繪錄之勞，並此誌謝。

中華民國二十九年一月 邵 均識於國立四川大學

目次

第1 總說

1. 樹幹解析之意義..... 1
2. 樹幹解析之目的..... 3
3. 樹幹解析法之概念..... 4

第2 外業

1. 伐採木之選定..... 8
2. 伐採前之處理 12
3. 伐採之方法..... 14
4. 圓板截取前之處理..... 16
5. 圓板截取之方法..... 17
6. 枝條之處理..... 20
7. 樹齡之查定..... 25

第3 內業

1. 圓板之處理..... 27
2. 年輪之查定..... 28
3. 半徑之測定..... 32
4. 直徑之算定..... 37
5. 地上 0.0 公尺處直徑之算定..... 38
6. 樹高之查定..... 40

7. 圖上之修正.....	46
8. 圓面積之計算.....	43
9. 材積之計算.....	50
10. 各種生長量之計算.....	57
11. 生長率之計算.....	62

第 4 製圖

1. 樹幹解析圖.....	68
2. 樹幹材積圖.....	72

第 5 測算方法之比較

1. 半徑測定法之比較.....	78
2. 樹高查定法之比較.....	81
3. 生長率計算法之比較.....	82

第 6 樹幹解析用表

1. 直徑 圓面積 圓周表.....	86
2. 地上 0.0 公尺處之直徑算出補助表.....	104
3. 樹高算出補助表.....	107
4. 幹足材積算出表.....	109
5. 梢頭斷面積算出表.....	118
6. 梢頭材積算出表.....	121
7. 生長率速算表.....	127
8. 生長率概算表.....	168

附錄 I. 參考文獻.....	175
-----------------	-----

II. 測樹學上之單位.....	180
------------------	-----

樹幹解析法

第1 總 說

1. 樹幹解析之意義

樹幹解析 (Stammanalyse od. Faumanalyse, Stem-analysis) 云者,乃按一定之法則,將一樹幹每隔適當之距離,截取若干之橫斷面 (Querprofil, cross-section),就此等橫斷面,數其年輪 (Jahrring, annual ring),調查過去各齡階 (Altersstufe, age-grade) 之直徑 (Durchmesser diameter) 及樹高 (Hohe, height)。利用此調查結果,以想像之縱斷面 (Langenprofil, longitudinal section) 爲圖形的表示。同時算出各齡階之材積 (Masse, volume),並查定各種生長量 (Zuwachs, increment),生長率 (Zuwachs-prozent, increment),以明一樹幹發達狀況,而爲精密查定樹木生長經路 (Wachstumsgang od. Wachstumsverlauf) 之方法也。

一般年中四季氣候差異地方之樹木,每年必構成一個年輪,故其春材 (Frühjahresholz, spring wood) 及秋材 (Herbstholz, summer wood),因其組織與色澤互殊,可明瞭區別每年生長之材積。然則,雖極老齡之樹幹若未腐朽,尙能精密查定其定期或每年之樹幹發達狀況。倘將樹幹作貫通長軸(幹

樹幹解析圖

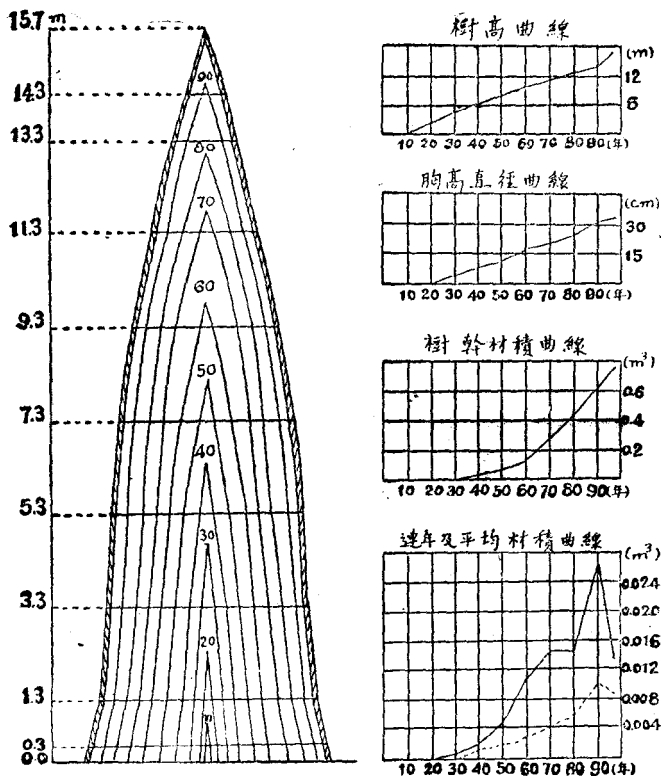
鐵杉(*Tsuga chinensis*) 98 年生

四川省峨邊縣沙坪林區

中華民國 27 年 8 月 13 日伐採

直徑 1:10

樹高 1:125



第 1 圖

軸 (Stammaxe, axe of log-) 爲縱斷面, 如第1圖左側之圖形, 而其橫斷面又如視爲圓形, 則對於各齡階之樹幹發達經路, 不難說明。故如斯縱斷面, 欲就樹木, 實際的縱鋸作成, 雖爲難事, 而此種圖形的表示, 對於直徑, 樹高及形狀 (幹形 Baumformen, form of logs), 可以通覽一樹幹之發達經路, 至爲宜便。蓋實際的作成縱斷面, 縱令可能, 而其年輪, 非爲表示材積計算之平均直徑所必要者。且較橫斷面上識別困難, 故常不直接作縱斷面, 僅於精確調查每年樹高之特殊研究時, 將樹幹直接縱斷調查耳。

2. 樹幹解析之目的

測定樹木 (Baum, tree) 或林木 (Bestand, stand) 之材積, 同時查知其年齡 (Alter, age), 爲林業家及林學研究者所必要之能事。蓋據此可明瞭直徑, 樹高並材積等, 每年究有幾許之生長 (Wachstum, growth), 同時取得研究地位 (Bonität, quality of sit) 之良否, 造林上之處理適否, 與夫經濟上諸問題之材料等。並察諸過去造林方法及其處理方法之適否, 而爲將來改良之指針。且也, 林業乃一種經濟事業, 對此投入資本之利子, 須由其生長量而計算究求之。故不特查知其現在林木之材積爲滿足, 復須依其過去之生長經路, 而推知其將來每年究爲幾許之生長, 從而林業經營上最有利益伐期 (Haubarkeits-alter, final age) 之選定, 收穫之預定 (Ertragsbestimmung, determination or regulation of cut) 以至經營方針之確立等必要問題, 亦得解決焉。

夫研究一樹或一林分之生長, 乃動的數量問題, 在測樹學 (Holzmesskunde, Forest mensuration) 部門中。實爲最切

要而最困難之部分，同時利用生長論 (Zuwachslehre) 所歸納之法則，以爲林業經營上因果相關之表證。故此研究，在經營林業並研究林學方面，其重要性，固不待言；而林木生長並年齡之測查，方法雖多，無不應用樹幹解析法，爲其查定測算之基礎。詳言之，若欲對於林木之生長，得有精確結果，則非此莫屬。故樹幹解析法，不僅爲單純的方法學，亦可謂生長查定方法中惟一之手段也。

3. 樹幹解析法之概念

林業上所謂樹木，意即立木，乃形成森林即林分之一員。此與林業毫無意趣之孤立木，顯有差別。故當測查樹木之生長時，除特殊原因並目的外，皆就林分一員之樹木而論。且也，樹木之生長，雖不僅限於樹幹 (Schaft, bole, stem)，並可分枝條 (Ast, branch)，根株 (Stock, stump) 等，各別研究。但枝條及根株之生長，不特觀察甚難，且其於林業上，無大經濟上之價值，故多省略，單就樹幹，爲主眼也。

當就樹幹解析而截取橫斷面時，各橫斷面之間隔，雖爲精密之研究，普通亦以每隔 2 m. 截取一橫斷面即可。若爲兼顧木材鋸段即兩橫斷面間之部分利用起見，則每隔 3 m. 左右，截取一橫斷面，如斯不特無礙於測算之精度，且其木材之鋸段，尙堪爲有價值之使用，特如製作板材並一切器物等，至相宜也。

關於調查生長經過所用之年數，常以每 5 年或 10 年爲一指數，此即所謂齡階 (Altersstufe, age-grade) 是。而齡階之遞差，以每 5 年爲最普通。僅在高齡之樹木，有以每 10 年爲一齡階者。至若於 20 年前後爲伐期生長迅速之樹木，有每年調查

之必要者，則以每 1 年爲一齡階，洵亦例外也。一般每 5 年爲一齡階而調查時，則以其最初之 5 年爲第 1 齡階，若加 5 年得 10 年，卽爲第 2 齡階，如是遞加，依次得各個齡階。至末齡階之年數，與現在之樹齡相一致時爲止。例如某樹之年齡爲 48 年，則其齡階之次序得分配如次：

齡階號次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年 數	5	10	15	20	25	30	35	40	45	48

由是可知各齡階之年數 其遞差爲 5，則以 5 除樹齡，卽得齡階之數。然樹齡與第 9 齡階年數之差祇爲 3，此乃遇除不盡之數時，以其餘數加於末二齡階之年數，卽得末齡階之年數也。

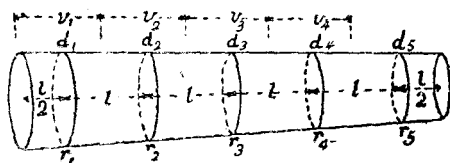
次就樹幹之形狀論，雖云一般針葉樹種 (Nadelholz, needle-leaved tree, coniferous) 並少數之闊葉樹種 (Laubholz, broad-leaved tree) 如樟、楠、白楊、樺、桉、楓香、櫟、喜樹等，具有真直之幹 (geradstammig, Straight-boled, cylindrical) 者，但若細察其幹形，猶各略有差別，蓋此不僅樹種不同，形狀互異，卽在同一樹種，復因林相年齡立地之關係，與夫枝葉多少，生枝部位之高低，鬱閉度 (Schlussgrad, degree of closeness or density) 並處理方法等，亦不一致。故欲精密測定其材積，非應乎樹幹各部分之形狀，用立體幾何學 (Stereometric, solid-geometry) 之理論的求積公式，將全樹幹分別計算而合計之。不可。因此關於林業上樹幹材積之查定，雖無須求其十分精密，而爲學術上之研究並計算便利起見，各學者如 Smalian, Huber, Riecke, 並有田林學博士等氏，統籌全樹幹，考案一公式以資應用，卽有所謂區分求積法 (Sectionsweise Kubierung, sectional measurement) 之倡

導焉（參見測樹學）。夫樹幹解析計算材積時，以其已將樹幹截作為若干區分，材積算定上所必需之因子，如直徑、面積並各區分之長等，完全明確，任何區分求積公式，固屬皆可應用，但就中以 Huber 氏區分求積式為最簡單，且其計算結果之精度，不特不讓於其他各學者之區分求積式，並對拋物線體（paraboloid）之理論的求積式，頗相一致，不論完頂體（Vollkörper, fullbody）缺頂體（Kegelstumpf, truncated body），均可適用。故一般皆採用 Huber 氏區分求積式也。

（註）Huber 氏區分求積式

如第 2 圖將全樹幹，以每區分 l 之長，區分為 n 等分。測定其各區之中央直徑（Mittendurchmesser, middle diameter）算出其斷面積，依 Huber 氏公式（ $v = r^2 l$ ），算出各區分之材積而合計之，即全幹材積也。

第 2 圖



即於離下底或伐採點（Stockabschnitt, stump section, felling section） $\frac{l}{2}$ 處，測得直徑（ d_1 ），計算其斷面積（ r_1 ）而後每隔 l 長，測得各區分之直徑為 $d_2, d_3 \dots d_{n-1}, d_n$ ，計算其斷面積為 $r_2, r_3 \dots r_{n-1}, r_n$ 時，則其各區分之材積 $v_1, v_2, v_3 \dots v_{n-1}, v_n$ 依式算得如次

$$v_1 = r_1^2 l$$

$$v_2 = r_2^2 l$$

$$v_3 = r_3^2 l$$

$$\dots\dots\dots$$

$$v_{n-1} = r_{n-1}^2 l$$

$$v_n = r_n^2 l$$

而全書材積 $V = v_1 + v_2 + v_3 + \cdots + v_{n-1} + v_n$

$$\therefore V = r_1 + r_2 l + \cdots + r_{n-1} l + r_n l$$

$$= (r_1 + r_2 + \cdots + r_{n-1} + r_n) l$$

第2 外 業

外業(field work)云者，乃調查樹木生長時，將其立生情況，如林況(Bestandsbeschreibung, description of forest)，地況(Bodenbeschreibung, description of forest soil or woodland)等，詳記於野簿(Vermessungsmanual, field-note book)，以資研究討論上查考；同時關於一切野外之採伐處理工作，蒐集實際材料之謂也。

1. 伐採木之選定

樹幹解析，以明瞭其樹幹過去生長之歷史爲務，已如前述。故究以何樹爲樹幹解析之用，則因調查之目的而異；然則有用林中之優勢木（支配木 Herrschender Stamm, dominating stem），或中央木（平均木 Mittelstamm, average tree）者，時亦有用劣勢木（被支配木 beherrschter Stamm, dominated stem）或被害木而調查其被壓或被害之狀況者。但普通概以此一樹幹之生長經路，推定其林分之生長經路爲常。故除調查某特定樹木之狀況外，多選用優勢木或中央木。至中央木或優勢木之生長經路，與林分生長經路之關係，極爲複雜，且此爲林木之生長學，所論究之問題，茲略其說焉。

今用 Ulrich 氏之林分材積查定法(Bestandsmassen-aufnahme, measuement of standing timbers)，將其樹幹級

(直徑級 Durchmesserklasse, diameter class) 分爲三至五級。就最大直徑級中之中央木，爲樹幹解析之用，則選伐相當於計算所得中央木胸高直徑 (Brusthöhendurchmesser, breast-height diameter) 之樹木，即所謂標準木 (Probestamm, sample tree, test tree) 是。此樹之樹幹，不特須完整而具樹梢 (Gipfel, top)，且其幹形法正 (normal)，枝條擴展狀態適當，並未遭遇病蟲，火災等危害之健全者爲要。蓋凡受病蟲火災等危害之樹木，其幹形多失常態，倘於選定時，略爲注意，即可避免也。茲爲實行便利起見，將 Urich 氏之林分材積查法並一般標準木選定上之注意事項，分別摘述於次。

(A) Urich 氏林分材積查定法

林分材積之查定方法至多 (詳見測樹學)，故當實行時，對於各法之取捨標準，常隨測定之目的，經濟上之關係，並森林之種類等而不一定。一般調查林分之生長，應用樹幹解析選伐供用樹木時，普通依 Urich 氏林分材積查定法所應選用之標準木爲材料。而 Urich 氏之林分材積查定法，又依數理上之觀點不同，先後倡導有三種方法之多；即 1860 年發表各直徑級株數不相等之方法 (Urich 氏 I 法)，1881 年倡導各直徑級株數相等之方法 (Urich 氏 II 法) 1882 年經 Baur 氏暗示，至 1884 年發表 Draudt 氏法與 Urich 氏 II 法之折衷法 (Urich 氏 III 法)。就中以 Urich 氏 II 法，實行容易，且普通所稱 Urich 氏法，概皆指此，故僅就此法說明之。

法即就所欲調查之森林，選出標準地 (Probestfläche, sample area or plot) 後，查定標準地內林木之株數並各樹之胸高直徑。但如森林面積不大，則無須應用標準地法 (Probestflächenmethode, sample area method)，選定標準地，直接

就該林調查可也。次將林木分爲 m 個直徑級，以 m 除林木總株數 N ，決定屬於一直徑級之株數。至直徑級之數 m ，雖可由測者自由決定，而應乎林木總株數並測查所要之精密度，分爲三至五級爲常。若總株數 N 非爲規定直徑級數 m 之整倍數時，則其平均株數至整數爲止，於其最後直徑級，將株數酌量加減爲之可也。今如屬於各直徑級之株數爲 n 時（即 $n = \frac{N}{m}$ ），則計算屬於各直徑級之中央木直徑（平均直徑 Mittlerer Durchmesser, average diameter） $d_1, d_2, d_3, \dots, d_m$ ，次由各直徑級內，實際選伐與各該級中央木直徑相當之樹木爲各該級之標準木。至各級標準木之株數，以同株數爲原則。精密測定各級標準木之材積 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_m$ ，並其斷面積爲 $g_1, g_2, g_3, \dots, g_m$ 時，則全林木之材積 V ，如次式算得之。

$$V = (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_m) \frac{G}{g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_m}$$

（註）式中 G 爲全林木胸高斷面積合計。

（例）就林分查定其各直徑階（Durchmesserstufe, diameter grade）並株數，如次表所示：

直徑(cm)	株 數
6	25
7	80
8	253
9	160
10	73
11	9

$N = 600$

次分直徑級爲 3 級，則各級株數爲 $\frac{N}{3} = 200$ 株，如次分配之。