

森林研究の手引き

目次

森林の測定方法

1. 毎木調査

1-1 調査プロットの設定

1-2 樹木位置図の作成

1-3 直径の測定

1-4 樹高の測定

測竿による測定

コンパス等による測定

1-5 生枝高と生枝高直径

2. 簡単な測量

2-1 メジャーとコンパス、クリノメーター

2-2 コンパス測量

3. バイオマスの測定

3-1 胸高断面積による推定

3-2 相対成長関係による推定

3-3 パイプモデル理論

4. 光合成

4-1 チャンバー法

4-2 空気力学的方法

4-3 生産構造図と群落光合成理論

森林の光環境

群落光合成

5. 呼吸量

5-1 チャンバー法

5-2 アルカリ密閉吸収法

5-3 パイプモデル理論に基づく個体の呼吸量の推定

5-4 空気力学的方法

6. 枯死量

6-1 地上部の枯死量

6-2 地下部の枯死量

7. 純生産量

7-1 積み上げ法

7-2 光合成法

7-3 生態系純生産

土壌有機物の分解量

8. 土壌調査

- 8-1 土壌の観察
- 8-2 土壌のサンプリング
- 8-3 含水率の測定
- 8-4 土壌養分等
- 8-5 土壌呼吸速度
- 8-6 有機物分解速度
- 9. 誤差と有効数値
- 10. 簡単な統計
 - 10-1 平均値、中央値、分散、標準偏差
 - 10-2 頻度分布と分布密度関数
 - 10-3 平均値の差の検定
 - 10-4 信頼区間
 - 10-5 相関係数
 - 10-6 近似直線
- 11. 基本的な測定技術
 - 11-1 重量測定
 - 11-2 乾燥機の使い方
 - 植物材料
 - 土壌試料

森林研究の手引き

森林の測定方法

1. 毎木調査

1-1 調査プロットの設定

森林の状態がほぼ一様である場所を選んで調査プロットを設定するのが基本である。登場する樹木の種類や大きさ、頻度などが調査プロット内で変動していない方が、信頼性の高い調査結果を得られる。調査プロット内に、場所による不均一さがある場合には、調査結果の信頼性は低くなる。調査面積の目安として、森林でみられる樹木のうち最も高い樹高を 1 辺とする正方形の面積を最低とすることがよく行われる。最大樹高が 20m であれば、 $20\text{m} \times 20\text{m} = 400\text{m}^2$ 以上の調査面積が必要となる。

調査プロットの形状には正方形、長方形、円形などのものがある。長方形の調査プロットの一つと考えることができるが、幅が数 m で長さが数十～数百 m の帯状の調査プロットを設定することがある。ベルトトランセクト法あるいはライントランセクト法と呼ばれるものである。

調査プロット内の樹木にはラベルをつけて、個体識別ができるようにすると、再調査などが効率的に行える。

調査プロットを設定することなく行う森林調査をプロットレスサンプリングと呼ぶ。代表的なものとして Wondering Quarter Method (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) がある。プロットレスサンプリングの一つに、胸高断面積を推定する方法であるビッターリッヒ法 (南雲・箕輪 1990) がある。

1-2 樹木位置図の作成

調査プロット内での樹木の位置を地図にしておく、樹木の成長や生理反応、他個体との関係など、さまざまな有用な情報を得ることができる。調査プロット内に $5\text{m} \times 5\text{m} = 25\text{m}^2$ 程度のサブプロットを設け、測量ポールやメジャーを用いて個体位置を測定する。ラフな情報でかまわない場合には、目測で位置を記録する程度でもよい。

1-3 直径の測定

樹木の直径は、比較的測定がしやすく、樹木の全体的なサイズの指標としても優れている。特によく測定されるのは、地面から 1.3m 上の幹の直径であり、胸高直径と呼ばれている。日本の林業分野では、地上高 1.2m の幹の直径を胸高直径としているが、世界的には地上高 1.3m で測定されているので、これに従うのがよい。胸高直径の記号として D あるいは DBH が用いられる (Stem Diameter at breast height)。

テープ (メジャー) を用いて測定する場合は、地上高 1.3m の位置で幹の周りに 1 周回して、たわみやよじれのないように強く引っ張って、周囲長の数値を読み取る。幹が傾いている場合には、幹に回したテープがつくる面が、幹の中心軸と直交するように注意する。幹が真円であると仮定し、周囲長を円周率 (3.14159...) で除し、胸高直径とする。

1-4 樹高の測定

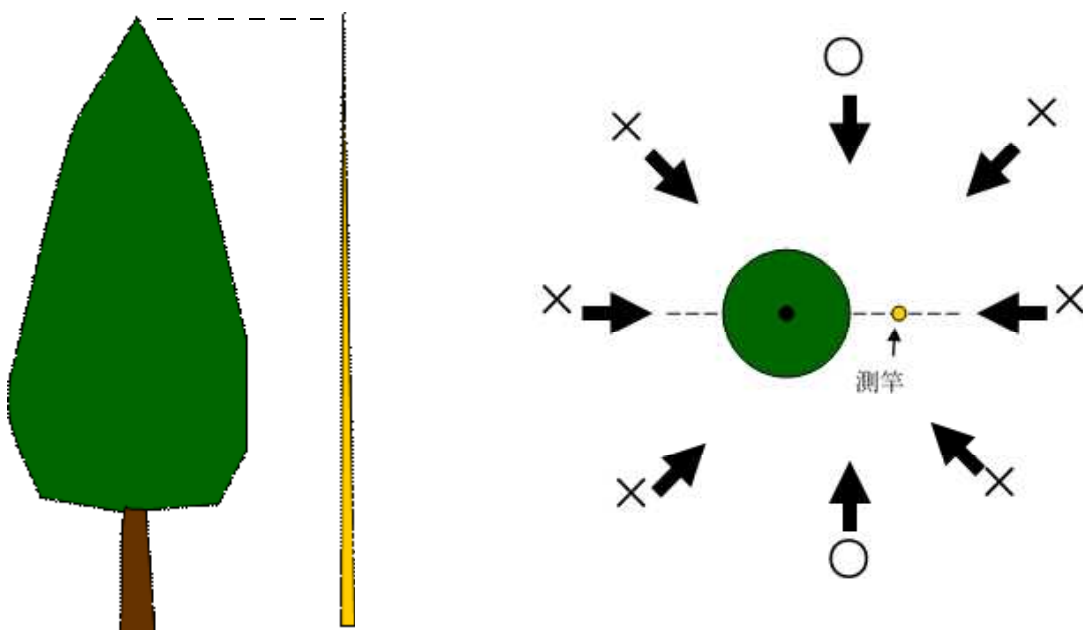
樹木の高さ（樹高）は、測定が困難な場合が多いが、サイズを表す重要なパラメーターの一つである。森林を構成する樹木は、受け取る光の量が少しでも多くなるように幹を伸ばし、高いところに葉をつける競争をしている。

樹高の測定にはいくつかの方法がある。測竿を使う方法、コンパス等を用いて測量の手法で測定する方法、樹木に登ってメジャー等で直接測定する方法、切り倒して測定する方法などである。

測竿による測定

測竿は釣竿のように伸ばすことができる。メモリがついており、伸ばした長さを読み取ることができる。測竿を使う場合の主な注意点は次の二つである。

- ①測竿がきちんと伸ばされているか確認する。きちんと伸ばされていないと読み取った樹高は過大となる。
- ②測竿の先端の高さと樹高とが一致していること。別の観測者が、測定対象の樹木と測竿を結ぶ直線に垂直な方向から樹木の先端と測竿を見通し、測竿を操作するものに指示すると効率よく測定できる。



測竿は樹木の近くに垂直に立てる。 測定木と測竿を結ぶ直線に垂直な方向から見通す。

コンパス等による測定

小型の測量機器であるコンパスを用いても、樹高の測定は可能である。この場合、樹木の先端と根元の（水平面からの）見通し角度と、樹木までの水平距離を測定すれば、簡単な計算によって樹高を推定することができる。

測定原理は上記のコンパス測量と同じであるが、より簡便に樹高測定ができる道具が開発されている。商品名は **Vertex** であり、超音波を利用した測距計を内蔵している。測定にあたっては、トランスポンダーという超音波応答機を樹木の胸高（地上 1.3m）位置にセットして距離と基準高（胸高）の角度を読み取り、その後樹木の先端を見通して角度を

読み取ることで、樹高が自動的に表示される。この方法では樹木の先端が胸高位置（トランスポンダーをセットした箇所）の垂直上方にあることを仮定している。

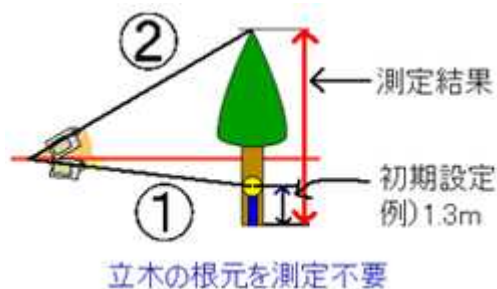


図 1. Vertex による測定法 (http://www.haglof.jp/product/pr_vertex4.html)

Vertex を測距計として利用すれば、メジャーを用いなくても距離の測定が可能である。超音波を用いているため、枝や幹、葉などの多少の遮蔽物があっても測定が可能である。調査区画の設定や、測量などにも利用できる。

1-5 生枝高と生枝高直径

樹木のサイズのうち胸高直径 (D あるいは DBH 、[cm]) は測定しやすいのでよく利用される。 D と樹木の部分サイズ (量) との間に後述の相対成長関係が成り立つことが多い。この相対成長関係を利用して、森林のバイオマス推定が行われる。しかしながら、 D と葉や枝の量との相対成長関係は森林によって異なることが多く (林分分離)、ある林分でえられた相対成長関係を用いて異なる森林の葉や枝のバイオマスを推定することは一般的には適当でない。

生枝高直径 (D_b 、[cm]) は、樹冠の一番下についている枝の直下で測定した幹直径である。

2. 簡単な測量

2-1 メジャーとコンパス、クリノメーター

ごく簡略な測量であれば、メジャーとコンパスで行う。日本で森林の測量に使われているのは、図に示すようなタイプのコンパスであり、ポケットコンパスと呼ばれている。ポケットコンパスは、ある点から別のある点を見通した時の方位角と高低角を測定するための機械である。二点間の距離はメジャーを用いて測定する。上で述べたように、Vertex を用いて距離を測定するほうが便利なが場合が多い。



図 2. 測量用コンパス (<http://soilandwater.blog.so-net.ne.jp/2013-03-26>)

2-2 コンパス測量

図 3 の A にコンパスを据え、B を見通して AB の方位角を求め、また AB の距離を測定する。その後してコンパスを B に移し、同様に BC の方位角及び距離を測定する。以下、同様にして測量を進める。測定結果は表 1 のように記録する。

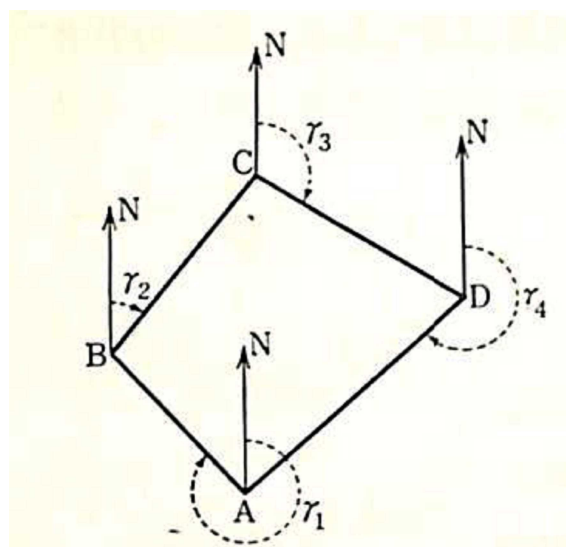


図 3. コンパス測量

表 1. コンパス測量の測定結果

測点	被測点	方位角 [°]	高低角 [°]	斜距離 [m]	θ [°]	Δx [m]	x [m]	Δy [m]	y [m]	Δz [m]	z [m]	修正x [m]	修正y [m]	修正z [m]
A	B	315.00	5.00	31.30	135.00	-22.05	-22.05	22.05	22.05	2.73	2.73	-22.26	22.78	2.57
B	C	40.00	3.00	34.80	410.00	22.34	0.29	26.62	48.67	1.82	4.55	-0.16	50.22	4.22
C	D	120.00	-2.00	38.80	330.00	33.58	33.87	-19.39	29.28	-1.35	3.20	33.15	31.74	2.67
D	A	225.00	-3.00	46.50	225.00	-32.84	1.04	-32.84	-3.55	-2.43	0.76	0.00	0.00	0.00

コンパスでは方位角 α を北から時計回りに測定する。この方位角を x 軸から反時計回りの角度 θ に換算するには、 $\theta = 360 - (\alpha - 90) = 450 - \alpha$ で計算する。

測点 A を原点としたとき、測点 B の座標 (x_B, y_B, z_B) は

$$x_B = L_{AB} \cos(\beta \pi/180) \cos(\theta \pi/180)$$

$$y_B = L_{AB} \cos(\beta \pi/180) \sin(\theta \pi/180)$$

$$z_B = L_{AB} \sin(\beta \pi/180)$$

で計算される。ここで L_{AB} は AB 間の斜距離、 β と θ は A から B を見通したときの高低角及び方位角である。測点 C の座標 (x_C, y_C) は

$$x_C = x_B + L_{BC} \cos(\beta \pi/180) \cos(\theta \pi/180)$$

$$y_C = y_B + L_{BC} \cos(\beta \pi/180) \sin(\theta \pi/180)$$

$$z_C = z_B + L_{BC} \sin(\beta \pi/180)$$

で計算される。ここで L_{BC} は BC 間の斜距離、 β と θ は B から C を見通したときの高低角と方位角である。同様にして、測点 D の座標 (x_D, y_D, z_D) は

$$x_D = x_C + L_{CD} \cos(\beta \pi/180) \cos(\theta \pi/180)$$

$$y_D = y_C + L_{CD} \cos(\beta \pi/180) \sin(\theta \pi/180)$$

$$z_D = z_C + L_{CD} \sin(\beta \pi/180)$$

で計算される。ここで L_{CD} は CD 間の斜距離、 β と θ は C から D を見通したときの高低角と方位角である。さらに測点 A の座標を同様に計算すると

$$x_A = x_D + L_{DA} \cos(\beta \pi/180) \cos(\theta \pi/180)$$

$$y_A = y_D + L_{DA} \cos(\beta \pi/180) \sin(\theta \pi/180)$$

$$z_A = z_D + L_{DA} \sin(\beta \pi/180)$$

で計算される。ここで L_{DA} は DA 間の斜距離、 β と θ は D から A を見通したときの高低角と方位角である。

測定には誤差が伴うため、(x_A, y_A, z_A) $\neq$ (0, 0, 0) となることが一般的である。斜距離の合計値に対する各座標までの斜距離の累積値の比を p とする。各座標値から $p \cdot (x_A, y_A, z_A)$ を差し引くことで、誤差の補正が可能である。例えば、測点 C の補正座標値は

$$(x_C, y_C, z_C) - p \cdot (x_A, y_A, z_A)$$

で計算される。このとき p は

$$p = (L_{AB} + L_{BC}) / (L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA})$$

とする。

3. バイオマスの測定

バイオマス（現存量）の推定法には、大きく二つの方法がある。胸高断面積を用いるものと相対成長関係を用いるものである。

3-1 胸高断面積による推定

3-2 相対成長関係による推定

次の相対成長関係を用い、胸高直径（ D ）の値から、個体ごとに葉、枝、幹の重さ（ w ）を計算する。

$$w = a D^b$$

ここで $[w] = [\text{kg}]$ 、 $[D] = [\text{cm}]$ 。

3-3 パイプモデル理論

4. 光合成

4-1 チャンバー法

4-2 空気力学的方法

4-3 生産構造図と群落光合成理論

森林の光環境

群落光合成

5. 呼吸量

5-1 チャンバー法

5-2 アルカリ密閉吸収法

5-3 パイプモデル理論に基づく個体の呼吸量の推定

5-4 空気力学的方法

6．枯死量

6-1 地上部の枯死量

6-2 地下部の枯死量

7. 純生産量

7-1 積み上げ法

7-2 光合成法

7-3 生態系純生産

土壌有機物の分解量

8. 土壌調査

8-1 土壌の観察

8-2 土壌のサンプリング

8-3 含水率の測定

8-4 土壌養分等

8-5 土壌呼吸速度

8-6 有機物分解速度

9. 誤差と有効数値

誤差(error)と誤り(mistake)

誤差は避けられない $\longleftrightarrow$ 誤りは注意すれば避けられる

例) ある物体の長さを測定するときに、測定値にある程度のばらつきがあるのが普通。

誤差が含まれる測定値 : 3.45cm, 3.48cm, 3.42cm, 3.44cm, 3.45cm, 3.46cm, ……

誤りが含まれる測定 : 4.55cm (逆読み) , 4.45cm (0 位置のズレ) , ……

精度(precision)

1cm メモリの定規と 1mm メモリの定規。

1g きざみの秤と 0.1g きざみの秤。

系統的誤差(systematic error)

誤差の傾向や大きさが条件によって決まる、規則的な誤差

ある程度予測することが可能。観測の方法や計算で除去可能。

測定器械の設定、測定者の癖などによって生じる。

例) 体重計の 0 調整。秤の水平調整。定規の伸び。場所による地磁気の方角のずれ。

標本と母集団

測定値には誤差がある $\rightarrow$ 1 回の測定では信頼性が低い $\rightarrow$ 繰り返し測定が必要

誤差の大きさや方向はランダムと期待される

データにはばらつきがある $\rightarrow$ 個体による違い、特定できない要因の影響

これもランダムと期待される

有効数字 測定値に期待される精度

例 : 12.32 $\rightarrow$ $12.315 \leq \text{真の値} < 12.325$ が確からしい。

193 $\rightarrow$ $192.5 \leq \text{真の値} < 193.5$

192.8 $\rightarrow$ $192.75 \leq \text{真の値} < 192.85$

192.76 $\rightarrow$ $192.755 \leq \text{真の値} < 192.765$

四則演算と有効数字

$12.32 + 23.456 \rightarrow 35.78$

$23.456 - 12.32 \rightarrow 11.14$

$12.32 \times 23.456 \rightarrow 289.0$

$1.23 \times 34.567 \rightarrow 42.5$

$23.456 \div 12.32 \rightarrow 1.904$

$345.567 \div 4.56 \rightarrow 75.8$

1.53g の重り 10 個の合計の重さは？

10 枚のコピー用紙 (同じ重さ) が 6.89g であるとする、1 枚の重さは？

桁落ち

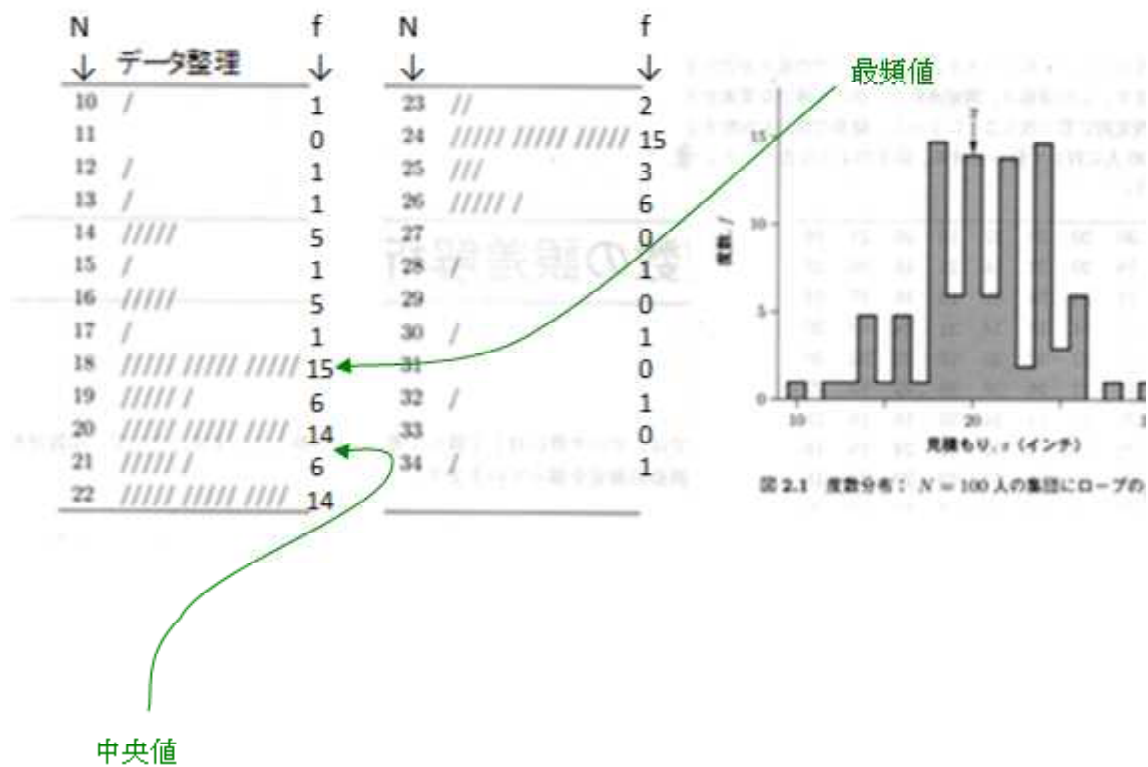
$123.45 - 121.32 \rightarrow 2.13$

$23.456 - 23.432 \rightarrow 0.024$

表－1．測定値の誤差の例

100 人に 1 本の棒を見せて、どのくらいの長さか答えてもらった。

22	20	30	20	20	22	19	26	21	16
21	10	18	20	22	14	21	16	20	22
26	20	18	24	24	26	23	16	17	14
24	18	25	34	23	14	21	24	18	20
26	18	21	22	32	28	19	22	22	20
24	18	18	22	24	16	26	22	13	22
25	16	20	24	24	24	25	18	19	18
15	18	20	20	24	22	22	24	19	18
18	24	14	20	18	12	19	20	24	18
26	22	22	24	21	18	24	14	19	20



10. 簡単な統計

10-1 平均値、中央値、分散、標準偏差

平均値 最もよく用いられる統計量

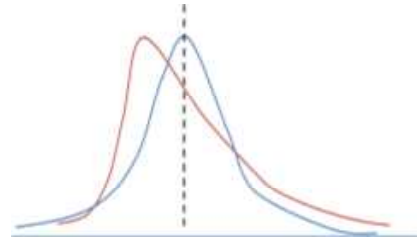
平均値がデータを代表しているとは限らない

A型のデータ

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

B型のデータ

$$\bar{x} = \frac{m_1 f_1 + m_2 f_2 + \cdots + m_n f_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n m_i f_i$$



練習 1

表-1 の棒のデータから平均値を計算しなさい。

ここで述べた平均値は算術平均値と呼ばれるもので、他に幾何平均、調和平均絶対平均などがある。

幾何平均（相乗平均）

$$\sqrt[n]{x_1 \cdots x_n}$$

- 78年の経済成長率 20% 79年の経済成長率80%の場合、この2年間の平均成長率は
 $\sqrt{1.2 * 1.8} = 1.469693846...$ より、約47%

相乗平均の対数は、対数の相加平均に等しい。すなわち、

$$\log \sqrt[n]{x_1 \cdots x_n} = \frac{\log x_1 + \cdots + \log x_n}{n}$$

が成立する。

調和平均 (x_h)

$$\frac{n}{\frac{1}{x_1} + \cdots + \frac{1}{x_n}}$$

$1/\bar{x} = 1/n (1/x_1 + \cdots + 1/x_n)$ なので、逆数の平均値は調和平均の逆数に等しい。

相加・相乗・調和平均の不等式 [補集]

n 個のデータが全て正の時、次のような大小関係が成り立つ。

相加平均 $\geq$ 相乗平均 $\geq$ 調和平均

$$\frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \geq \sqrt[n]{x_1 \dots x_n} \geq \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n}}$$

等号成立条件は、

$$x_1 = \dots = x_n$$

である。

絶対平均

[英] mean absolute value

絶対平均 m_A

$$m_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i|$$

測定データ等、絶対値の平均、即用いる。

$$\frac{2L}{\frac{L}{60} + \frac{L}{90}}$$

- 往は時速60km 復は時速90kmの場合の往復の平均速度は $2 * \frac{1}{1/60 + 1/90} = 72\text{km}$ である。
- 並列接続された電気抵抗の抵抗値などを考える場合に用いる(直列回路と並列回路)。

抵抗

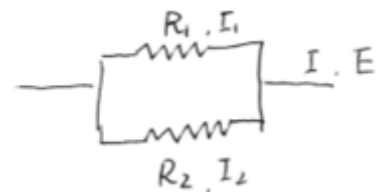
$$E = IR = I_1 R_1 = I_2 R_2 \rightarrow I_1 = E/R_1 \quad I_2 = E/R_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$E = IR = (I_1 + I_2)R = (E/R_1 + E/R_2)R = (1/R_1 + 1/R_2)ER$$

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 \rightarrow R = 1/(1/R_1 + 1/R_2)$$

調和平均ではないが形が似てい

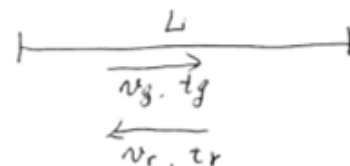


る

平均の速さ

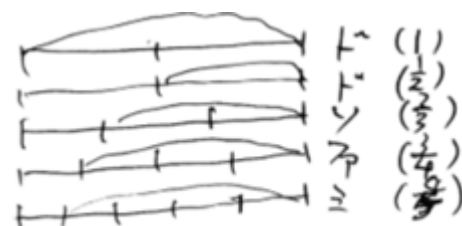
$$L = v_g t_g = v_r t_r$$

$$v_{av} = 2L / (t_g + t_r) = 2L / (L/v_g + L/v_r) = 2 / (1/v_g + 1/v_r)$$



音楽

ド(a=1)と 1 オクターブ上のド(b=1/2)の調和平均(m=2/3)はソになる。ド(1)とソ(2/3)の調和平均(4/5)はミ。



加重平均（重み付き平均）

$$\mu_w = \sum w_i x_i / \sum w_i$$

例 1

一つの国の連続した何年かの経済成長率の平均値は幾何平均（相乗平均）で計算される。例えばある年の GNP の成長率が 20 %、次の年の成長率が 80 % とすると、この 2 に年間の平均成長率は $\sqrt{1.2 \times 1.8} \doteq 1.47$ より 約 47 % となる。では、複数の国のある年の平均はどのように求めるのがよいだろうか？一つの考え方として、全ての国の合計成長量の伸び率を平均成長率とすることができる。

ある国の成長率を p_i 、前年の経済規模を x_i とすると、経済成長率 Δx_i は

$$\Delta x_i = p_i \cdot x_i$$

となる。全ての国の前年の経済規模は $\sum x_i$ 、経済成長量は $\sum \Delta x_i = \sum p_i \cdot x_i$ なので、全ての国の合計成長量の伸び率、すなわち平均成長率は $\sum p_i \cdot x_i / \sum x_i$ となる。これは各国の経済成長率 p_i を x_i で重み付けした平均である。

例 2

個人の打率を a_i 、打数を b_i 、安打数を h_i とすると、 $a_i = h_i / b_i \rightarrow h_i = a_i b_i$ 。
チーム全体の打数と安打数は $\sum b_i$ 、 $\sum h_i$ なので、チーム全体の打率は

$$\sum h_i / \sum b_i = \sum a_i b_i / \sum b_i$$

となる。これは個人の打率 a_i を打数 b_i で重み付けた平均である。

中央値

中央値——データのまん中の値
(分布の型が分らないときに、平均値の代りとなる値)
データを大きさの順
$$x_{i_1} \leq x_{i_2} \leq \dots \leq x_{i_N}$$

に並べ換えたとき、ちょうど真中にくる値を中央値 (median) Me という。中間数、中位数、メディアンともいう。
データの大きさ N が偶数のときは、真中の 2 つの数値の平均値をとることとする。
$$N=2m+1 \text{ のとき } Me=x_{i_{m+1}}$$

$$N=2m \text{ のとき } Me=\frac{x_{i_m}+x_{i_{m+1}}}{2}$$

練習 2

表-1 の棒のデータから中央値(20.5)を求め、平均値(20.8)と比較しなさい。

分散

分散——データのバラツキを示す

各データの値と平均値との差の2乗和をデータ数 N で割ったものを分散 (variance) といい、大文字で S^2 と表す。

A型のデータ

サンプル No.	
1	x_1
2	x_2
$\vdots$	$\vdots$
N	x_N

$$S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_N - \bar{x})^2}{N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

B型のデータ

階級値	度数
m_1	f_1
m_2	f_2
$\vdots$	$\vdots$
m_n	f_n
計	N

分散

$$S^2 = \frac{(m_1 - \bar{x})^2 f_1 + (m_2 - \bar{x})^2 f_2 + \cdots + (m_n - \bar{x})^2 f_n}{N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{x})^2 f_i$$

N の代わりに $N-1$ を用いるものを不偏分散 (標本分散) という。普通は不偏分散を計算する。

標準偏差

標準偏差——平均値からの幅

分散 S^2 の平方根 S を標準偏差 (standard deviation) という。S. D. と書くこともある。つまり、

$$\text{標準偏差} = \sqrt{\text{分散}} = \sqrt{S^2} = S$$

となる。標本分散 s^2 に対しては、標本標準偏差 s を考えて

$$\text{標本標準偏差} = \sqrt{\text{標本分散}} = \sqrt{s^2} = s$$

とする。

標準誤差：平均値の標準偏差

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{N-1}}{\sqrt{N}}$$

平均値の信頼度を2倍にしたい

↓

平均値の標準偏差 (標準誤差) を半分にする

↓

サンプルの数を4倍にする

練習 3

表－1 の棒のデータから不偏分散 (13.52) を求めなさい。

x	f	fx	$(x - \mu)^2$
10	1	10	115.7776
11	0	0	95.2576
12	1	12	76.7376
13	1	13	60.2176
14	5	70	45.6976
15	1	15	33.1776
16	5	80	22.6576
17	1	17	14.1376
18	15	270	7.6176
19	6	114	3.0976
20	14	280	0.5776
21	6	126	0.0576
22	14	308	1.5376
23	2	46	5.0176
24	15	360	10.4976
25	3	75	17.9776
26	6	156	27.4576
27	0	0	38.9376
28	1	28	52.4176
29	0	0	67.8976
30	1	30	85.3776
31	0	0	104.8576
32	1	32	126.3376
33	0	0	149.8176
34	1	34	175.2976
sum	100	2076	1338.44
$\mu \rightarrow$	20.8	13.5196	$\leftarrow \sigma_{N-1}^2$
		3.6769	$\leftarrow \sigma_{N-1}$
		0.177115	$\leftarrow \sigma_{N-1}/\mu$

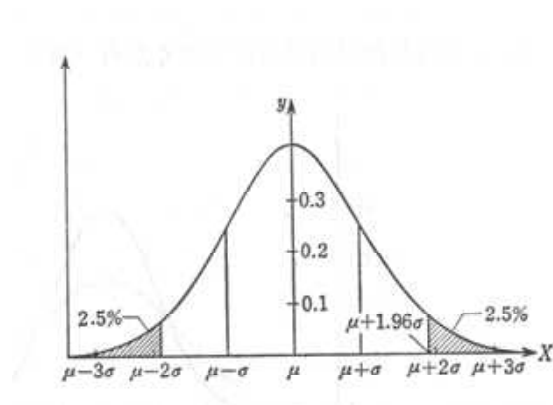
10-2 頻度分布と分布密度関数

正規分布 (Normal distribution)

$$N(\mu, \sigma^2): \quad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$N(0, 1^2): \quad f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}z^2\right]$$



$$\begin{aligned} \mu - \sigma &\sim \mu + \sigma && \text{約 } 68\% \\ \mu - 2\sigma &\sim \mu + 2\sigma && \text{約 } 95\% \\ \mu - 3\sigma &\sim \mu + 3\sigma && \text{約 } 99.7\% \end{aligned}$$

【参考】偏差値とはどんな尺度か

$$\text{偏差値} = \frac{10 \times (\text{個人の得点} - \text{平均点})}{\text{標準偏差}} + 50$$

偏差値 50 → 平均値と等しい

偏差値 60 → 平均値より σ 高い → 上位 16%の境界 $(100-68)/2$

偏差値 70 → 平均値より 2σ 高い → 上位 2.5%の境界 $(100-95)/2$

偏差値 80 → 平均値より 3σ 高い → 上位 0.15%の境界 $(100-99.7)/2$

10-3 平均値の差の検定

10-4 信頼区間

10-5 相関係数

10-6 近似直線

1 1. 基本的な測定技術

11-1 重量測定

生物の重量は乾燥重量を基本とする

水平バランス

風袋

11-2 乾燥機の使い方

一般的に通風乾燥機を用いて、乾燥させる。乾燥に要する時間や最適な乾燥温度については、あらかじめ温度や乾燥時間を変化させて検討しておくことが望ましい。

植物材料 85℃で24時間程度乾燥させる。太めの枝や幹、根などの場合には、2日から1週間程度乾燥させた方がよい場合もある。太い材料はなたなどを用いて細かく割って乾燥させた方が時間が短くてすむ。

土壌試料 土壌は含水率が高い場合が多い。また、土の粒子と強く結びついた水はなかなか乾燥しない。110℃くらいの温度で2日以上乾燥させるのがよい。試料の塊が大きいと乾燥しにくいので、平たくするとか、小分けにするとかした方がよい。

乾燥機から取り出した直後は、試料が空気中の湿気を吸いやすく、重量が増加する。デシケーターに入れて、試料の温度を室温まで下げてから、重量を測定する。その際、デシケーターの中に乾燥剤を入れておく。乾燥剤は能力を失うと色が変わるものが多いので、吸湿能力の低下した乾燥剤は新しいものと取り替えるか、乾燥機で数時間乾燥させて用いる。なお、デシケーターは試料の温度が室温に下がるまでの間、仮に入れておく道具であるので、試料の温度が室温まで下がったら速やかに重量の測定を行うこと。

Mueller-Dombois D, Ellenberg H : Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley & Sons, NY., 1974.

南雲秀次郎・箕輪光博：測樹学. 地球社, 1990.

依田恭二：森林生態学、築地書館、1971