



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成24年度 応用講習②

第1章

地上調査の設計

一般社団法人 日本森林技術協会
金森 匡彦



目次

1. REDD+における地上調査
2. 標本調査の基礎
3. 標本数と標本の形状・大きさ
4. 地上調査の設計・計画・実施
5. 実習



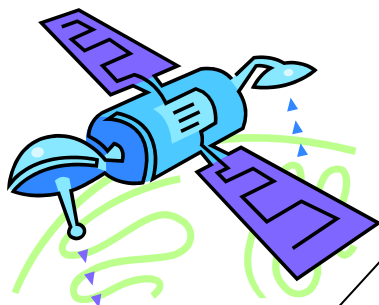
REDD+における地上調査



森林を計測する様々な方法

上空からの間接的な計測

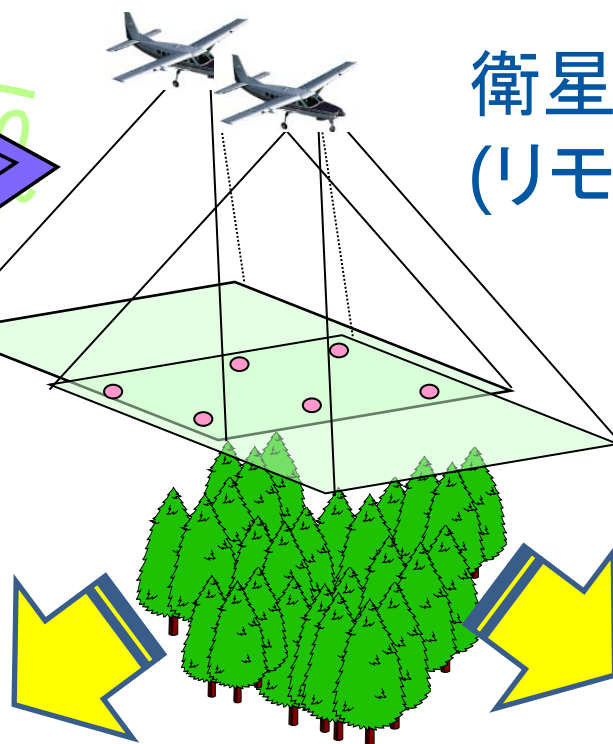
衛星や空中写真
(リモートセンシング)



樹幹解析(1本の
木を正確に計測
する)→破壊的
調査



地上調査 (プロット
調査等)

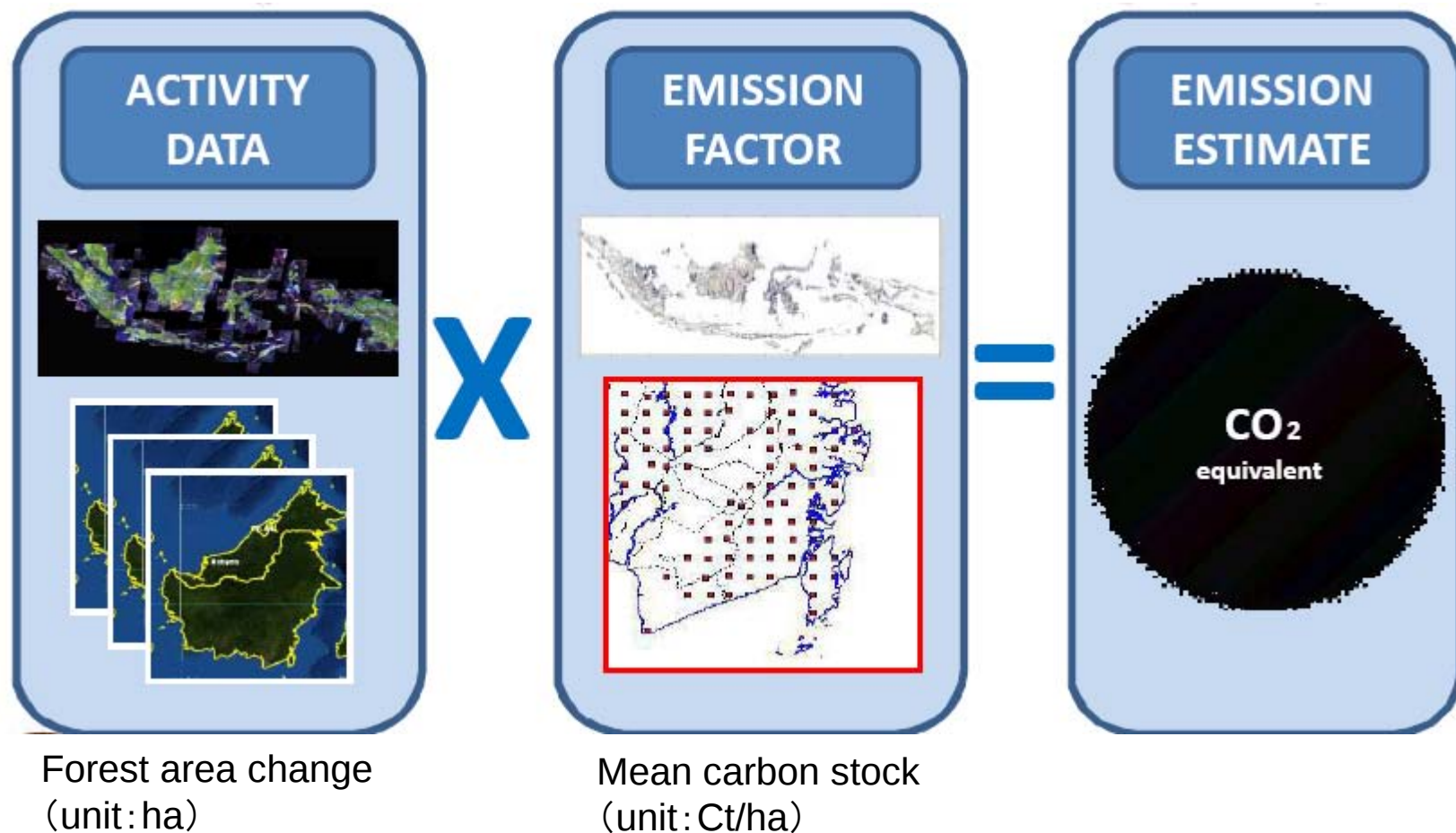


地上における直
接計測 (樹木や
その他生物)





基本の式：活動量データ×排出係数＝炭素量



引用：Reference Emission Levels Indonesia - Ruandha Sugardiman、MRV Meeting Mexico.





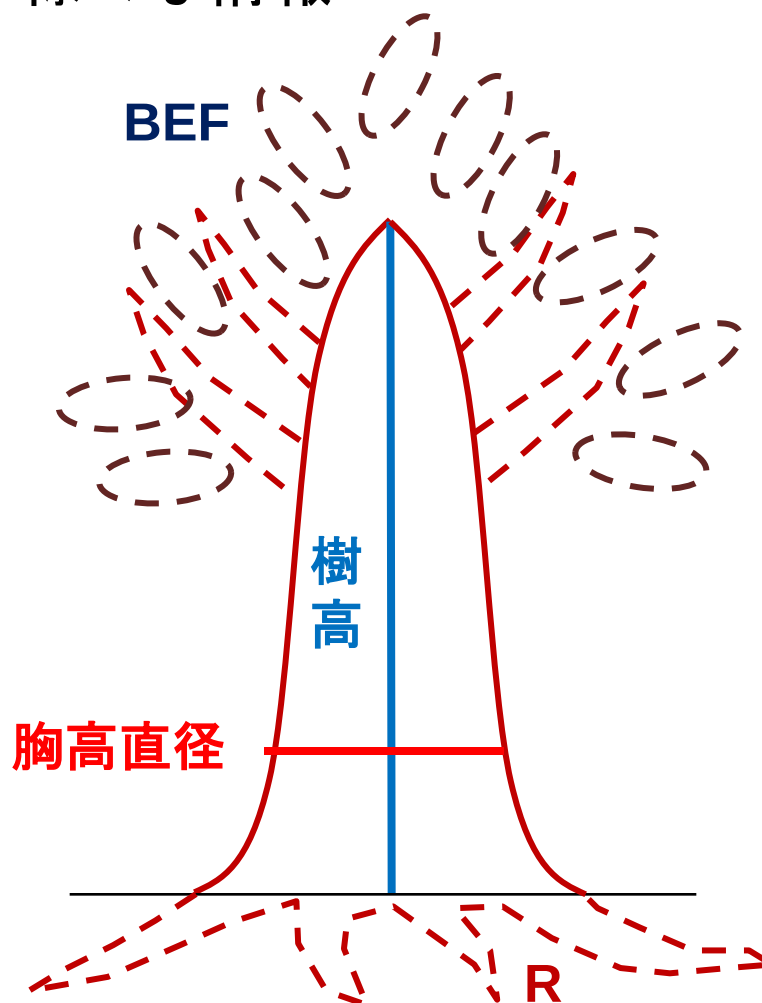
固定調査地における地上調査

- 固定調査地における調査
 - 森林を直接地上で計測する方法
 - 成立する樹木の樹種、大きさ(胸高直径や樹高)、個体数を記録
 - 標本調査として行われる場合が多い
- 固定調査地の特徴
 - 同じ調査地を繰り返し調査する→時系列的な変化を正確に知ることができる
 - 「暫定調査」は1回限りの調査プロット(調査のたびにサンプリングをし直す)
 - 固定調査地であることを明確化することにより、森林管理にバイアスが生じる可能性→「隠しプロット」にする場合も



樹木をモデル化して蓄積やバイオマスを把握する

- 計測値を材積、バイオマス、炭素量に変換するために必要な様々な情報



樹幹材積

総バイオマス

＜幹材積からの変換＞

樹幹のモデル化: 既存の材積式、材積表を利用(胸高直径、樹高を調べることにより計算)

バイオマスへの拡張: 幹材積を基準として、幹以外の部分(枝・葉・根)の構成比を調べることによりバイオマス量に換算する

＜計測値からの直接変換＞

アロメトリー式(相対生長式)

胸高直径等から直接バイオマス量や炭素量に変換する



計測結果のバイオマス・炭素量への変換

• 幹材積から変換するアプローチ

ー立木幹材積

- 現実の立木を単純な幾何学的なモデルで近似し、材積を計算する。
- 材積 = $f(\text{直径}, \text{樹高}, \text{幹形})$

ー材積表(材積式)

- (地域、樹種別に) 胸高直径、樹高等と立木材積の関係を示した表(式)。
- 一変数(胸高直径のみ)、二変数(胸高直径と樹高)

ーバイオマス拡大係数(BEF)

- 幹重量とそれ以外の地上部分(枝、葉)を含めた全体のバイオマス重量との比(樹種別、成育段階別)
- 例: スギ1.23、ヒノキ1.24、アカマツ1.23、ブナ1.32(いずれも林齢20年以上)

ー容積密度

- 幹の比重(単位材積当たりの重さ)。
- 例: スギ0.314、ヒノキ0.407、アカマツ0.416、ブナ0.573

ー地下／地上バイオマス比(R)

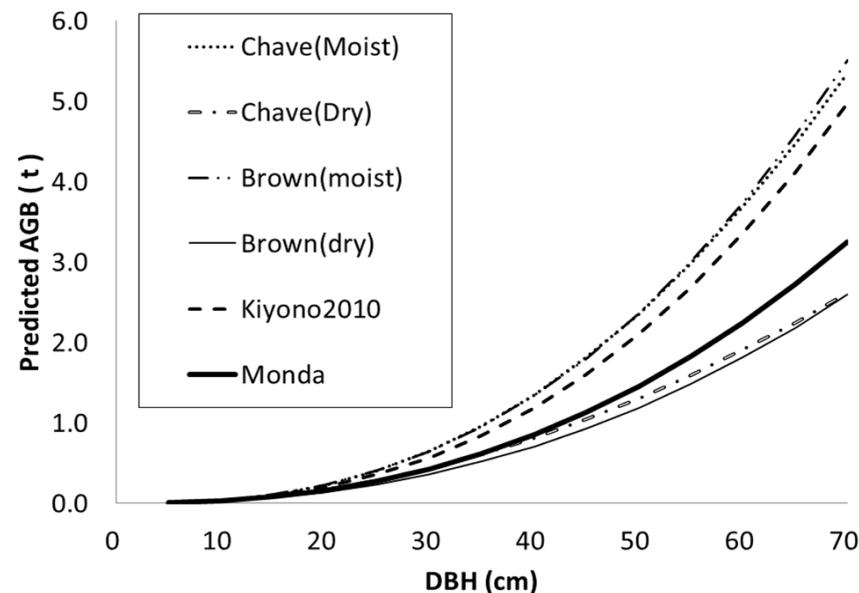
- 地下部(根)の総バイオマスと地上の総バイオマスの比
- 例: スギ0.25、ヒノキ0.26、アカマツ0.27、ブナ0.25



調査結果のバイオマス・炭素量への変換

•アロメトリ式による直接推定

- 生物の個体の部分の大きさと他の部分の大きさの間には関係がある。
相対生長関係(アロメトリ)
- 個体の計測しやすい一部(胸高直径など)を調べることにより、実測が困難な部分(樹木全体のバイオマスなど)を推定することができる
- 汎用式と個別の樹種・森林タイプ別に調整された式



REDD+CookBook



標本調査の基礎



標本調査とは？

統計調査の目的

調べたい対象全体(母集団)に関する情報(知識)を得ること
母集団を構成する要素(個体:unit)を調べて観測値を取得する

全数調査(センサス)

母集団を構成するすべての要素から観測値を得る調査
費用や実務上の問題から、一般的には実施困難
国勢調査は代表的な全数調査

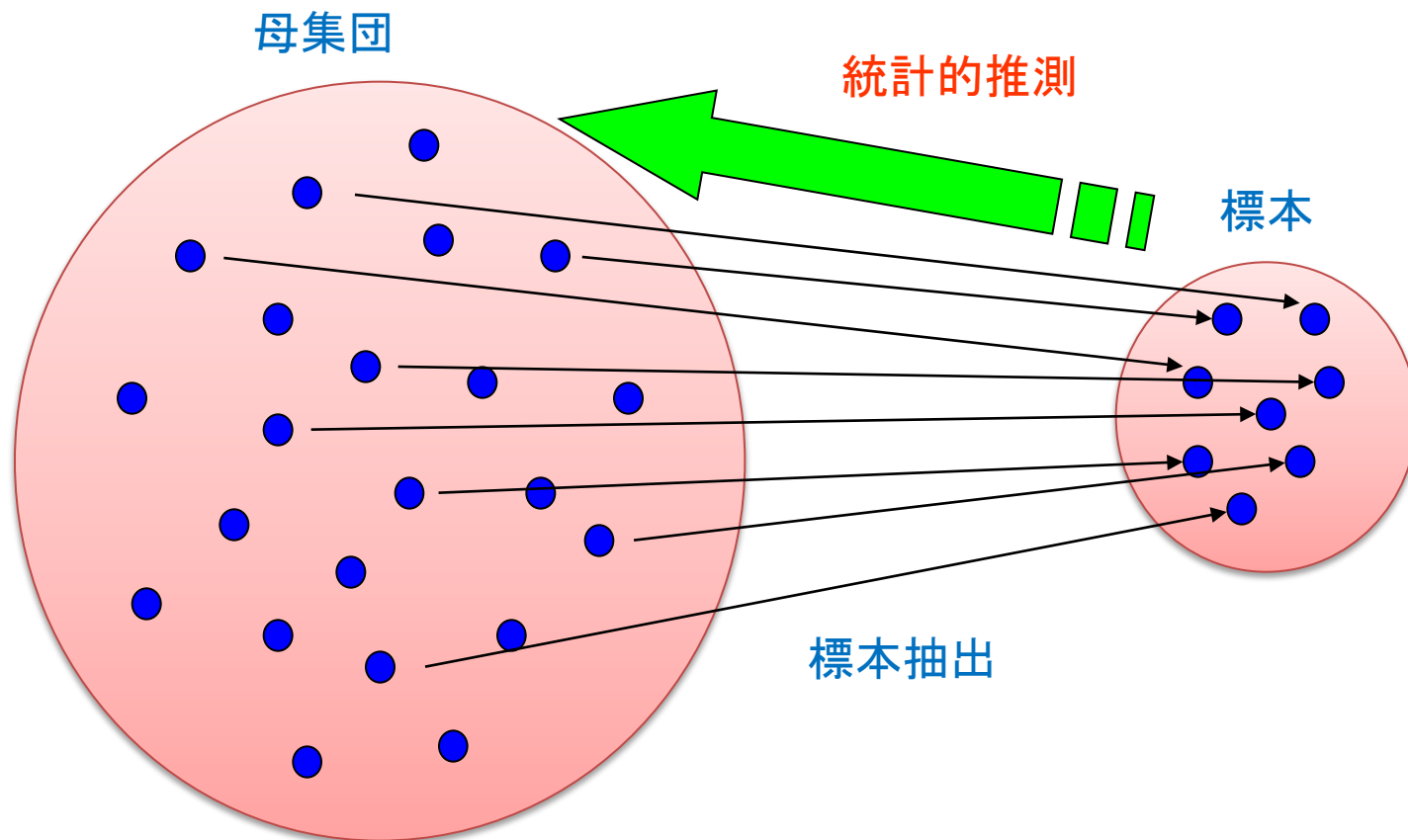
標本調査(サンプリング)

母集団から、一部の要素を抽出して調査・観測値を得て、その情報をもとに母集団の傾向を「推測」する



標本調査に基づく統計的推測

母集団から標本を取り出し観測値を得て、標本の情報から母集団の傾向を推測することを統計的推測という





標本調査と誤差

- 正確度 (accuracy) と精度 (precision)
 - 正確度は、真の値からどの程度離れているか、精度はどれほど標本が集中しているかを示す
- 偏り (bias) とランダム誤差 (random error)
 - 偏りは調査方法の誤りなどにより系統的に発生する誤差 (この値が小さいほど正確性が高い)、ランダム誤差は標本抽出において確率的に発生する誤差 (この値が小さいほど精度が高い)

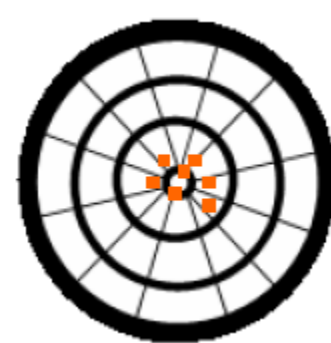
正確度: 高
精度: 低



正確度: 低
精度: 高



正確度: 高
精度: 高



GOFC-GOLD Source Bookより

GOFC-GOLDホームページ <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/>



森林を対象としたサンプリング調査

森林調査におけるサンプリング調査の適用

標本調査の目的は、最小の費用(コスト)で最良の推定結果を得ること

測定対象として見た場合の森林の特徴

- ①形状が複雑で正確に計測するのが難しい
→モデル化して考える必要
- ②大量に存在する
→統計的方法の必要
- ③山に生えており動かすことができない
→測定に労力が必要
- ④時間と共に成長する
→変化を知るためには繰り返し計測する必要
- ⑤高価なものではない
→測定に掛けられるコストに制限



標本調査の基礎

単純無作為抽出

最も基本的な標本抽出法。実務上はランダムに標本を得ることは困難な場合が多い

基本的な定理(有限母集団・非復元抽出)

$$\text{母平均 } \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_i = \bar{\theta}$$

$$\text{標本平均 } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{母分散 } \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\theta_i - \bar{\theta})^2$$

$$\text{標本分散 } s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

N : 母集団の大きさ n : 標本数

θ_i : 母集団の*i*番目の値 x_i : 標本の*i*番目の値



標本平均と標本分散

標本平均の期待値は、母平均に一致する(不偏推定量)。標本平均の分散は、非復元抽出の場合 $(N-n)/(N-1)$ という因子(有限母集団修正)が掛かるが、一般には n に対して N が十分大きいので、これを1とみなして無視しても問題ない。

$$\text{標本平均の期待値 } E(\bar{x}) = \mu$$

$$\text{標本平均の分散 } V(\bar{x}) = E(\bar{x}^2) - E(\bar{x})^2 = \frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{N-n}{N-1} \right) \doteq \frac{\sigma^2}{n}$$

区間推定

標本平均、標本数、標準分散の値から、母平均を一定の信頼区間で推定することができる。

$$\bar{x} - t \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$$



系統抽出法 (Systematic sampling)

無作為抽出法の課題

無作為に標本を取り出すのは、実際は大変

森林調査など空間的な広がりのある対象からサンプリングする場合、地域的な偏りが生じる可能性もある

標本を一定の間隔で取り出すことにすれば、上記の問題を解決できる
N個の要素からなる母集団に1～Nの番号を付けておき、n個の標本を取り出すことを考える。

(ここで $d=N/n$ を抽出間隔、 $f=n/N$ を抽出率という)

1～dまでの番号の中からランダムに番号を選び、その番号を開始位置として、d個ごとに標本を取り出していくと、n個の標本が抽出される。

系統抽出法の課題

厳密には無作為抽出に比べて精度が下がるとされている。

母集団の値に空間的な規則性がある場合、標本の取り方によって偏りのある推定結果が得られる可能性がある



系統抽出法の実施

面積Aの対象地域において、n個の標本を取り出す場合、 $d = \sqrt{A/n}$ となるように格子点を設定する。

(dが端数になる場合は、切りのいい値に切り下げる)

対象地域内にランダムに任意の1点を抽出し、そこを原点としてXY方向に間隔dの方眼を描き、その交点を抽出プロットとする。

より簡易には、切りのいい経緯度等を基準として設定する。

FAOのNFMAマニュアルでは、少なくとも経緯度1度の間隔で格子点を設定することを推奨。

実際には層化多段抽出法との組合せが多い。

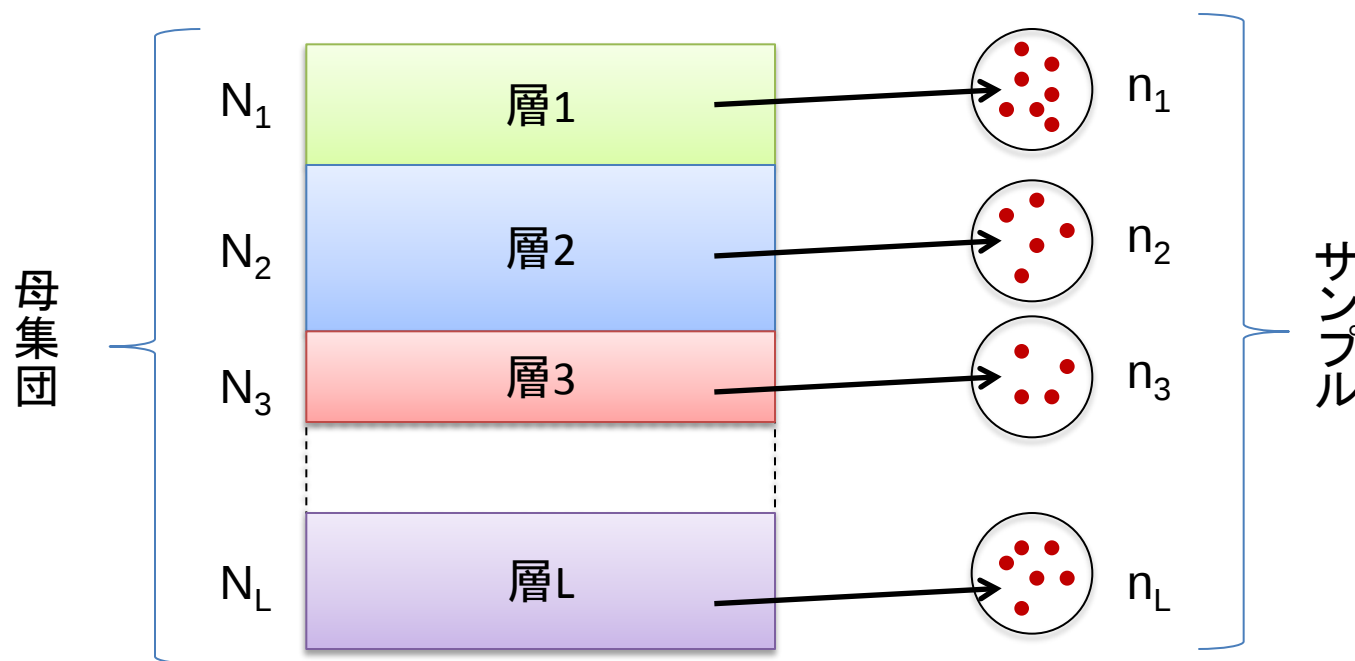
国	層区分	標本抽出区域 (トラクト)の数	抽出間隔	
			分(緯度×経度)	km(緯度×経度)
レバノン	なし	226	4'×4'	約7×6km
フィリピン	なし	389	15'×15'	約25×25km
カメルーン	1	167	30'×15'	約50×25km
	2	69	30'×30'	約50×50km
	計	236		
グアテマラ	1	28	15'×30'	約28×54km
	2	71	15'×15'	約28×28km
	3	9	15'×30'	約28×54km
	計	108		

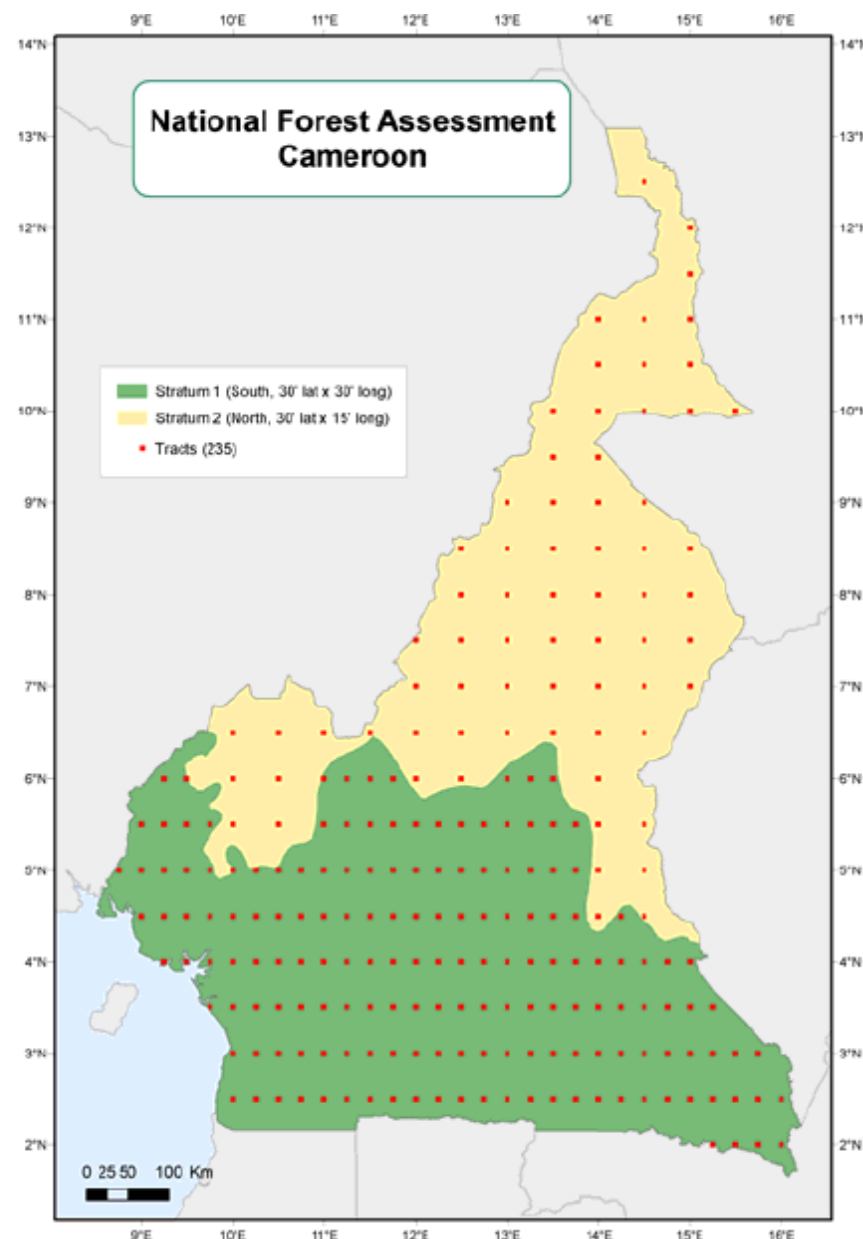
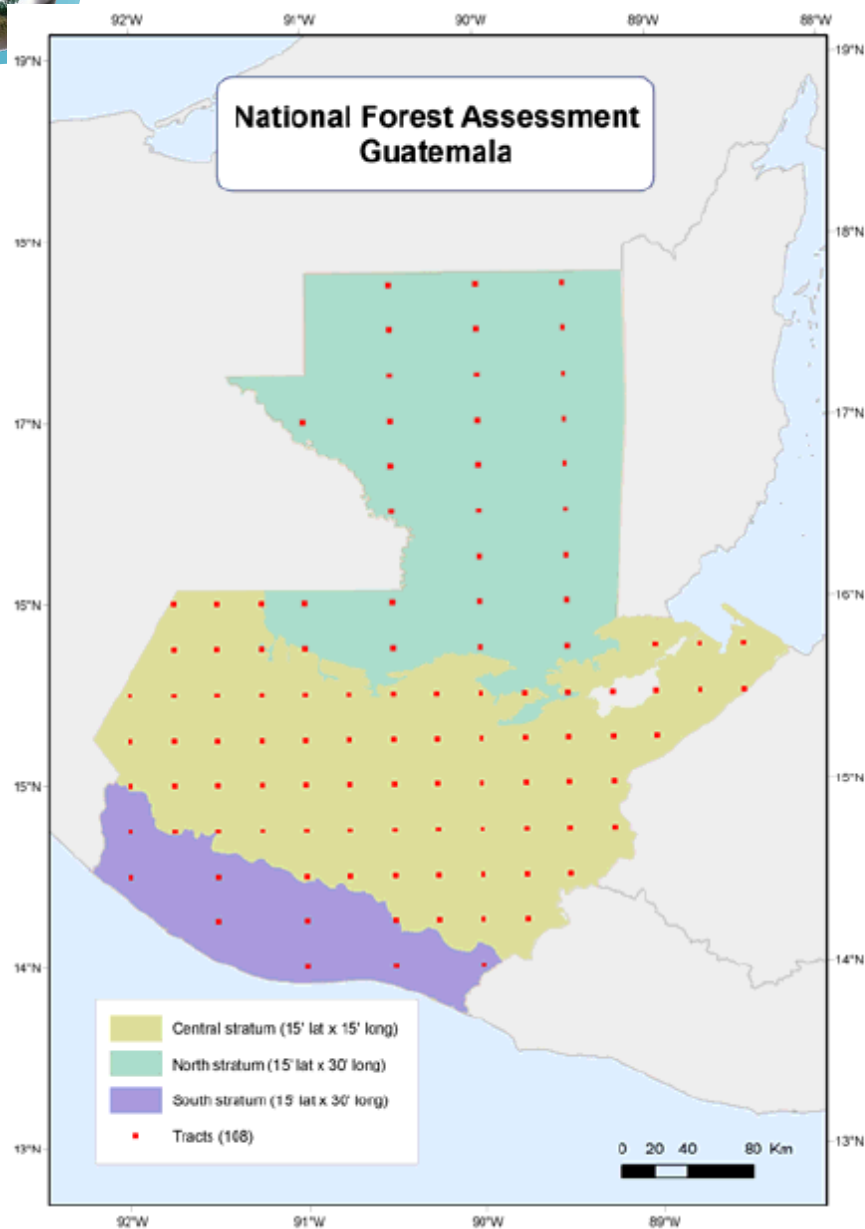
(FAO,NFMA Working paper No.37/E, 2008)



層化抽出法 (Stratified sampling)

母集団が、相異なる部分集団(部分集団内は同質)で構成されていることが事前にわかっている場合、それぞれの部分集団を基準として標本抽出を行うことで、より少ないサンプル数で推定精度を上げることができる。これを層化抽出法という。







層化抽出法におけるサンプルの割当（比例配分）

層化抽出法では、より少ないサンプル数で精度の高い推計結果を得るために、層ごとに適切にサンプル数を割り当てる必要がある。

各層の母集団に対する比率（ウェイト）がわかっている場合、これに標本総数を掛けることにより、各層に標本数を割り当てることができる。これを比例配分という。

$$N = \sum_{i=1}^L N_i = N_1 + N_2 + \cdots + N_L \quad w_i = N_i / N \quad (\text{層}i\text{のウェイト})$$

全体で n の標本を抽出する場合、層 i からサイズ n_i の標本を抽出するものとする、下記のとおり、層ごとのウェイトを掛けて比例配分する。

$$n_i = n \frac{N_i}{N}$$

層 i から観測値 x を得るものとするとその平均は、

$$\bar{x}_i = \sum x_i / n_i$$



母集団の平均 μ は、各層の標本平均にウェイトを掛けた和 $\hat{\mu}$ により推定される
 $\hat{\mu}$ の分散は下記で与えられる。

$$\hat{\mu} = \sum_{i=1}^L w_i \bar{x}_i \quad V(\hat{\mu}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^L w_i \sigma_i^2$$

層化抽出法におけるサンプルの割当（ネイマン配分）

あらかじめ予備調査等により、各層のばらつき（分散）がわかっている場合、それも考慮に入れて全体の分散を最小にするようにサンプルの割当数を決定する方法をネイマン配分といい、下記の式により割当を行う。このときの分散を $V(\hat{\mu}')$ とすると、

$$n_i = n \frac{w_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^L w_i \sigma_i} \quad V(\hat{\mu}') = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^L w_i \sigma_i^2 \right)^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L w_i \sigma_i^2$$



比例配分とネイマン配分の比較

ここで、母分散と各層の分散との間には下記の関係が成り立つことがわかっている

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^L w_i \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^L w_i (\bar{\theta}_i - \mu)^2$$

σ^2 : 母分散 μ : 母平均
 $\bar{\theta}_i$: 各層の平均

上式で、第2項は0以上であることが明らかであるので、第2項を無視すれば、

$$\frac{\sigma^2}{n} \geq \frac{1}{n} \sum_{i=1}^L w_i \sigma_i^2 = V(\hat{\mu})$$

となり、単純無作為抽出法より比例配分の方が分散が小さくなる(精度が高い)

また、比例配分の分散とネイマン配分の分散を比較すると、以下の関係が成り立つ(各層が十分に大きく、かつ各層のサンプル数が小さい場合)

$$V(\hat{\mu}) - V(\hat{\mu}') \doteq \frac{N}{n} \sum_{i=1}^L N_i (\sigma_i - \bar{\sigma})^2$$

$\bar{\sigma}$: 各層の標準偏差の加重平均

よって、一般的に下記のような関係が成り立ち、また層間のばらつきが大きいほど、比例配分よりネイマン配分の方が精度が高くなる

単純無作為抽出法の分散 $\geq$ 比例配分の分散 $\geq$ ネイマン配分の分散



比例配分とネイマン配分の比較

層化抽出法による層別抽出個数の計算(ネイマン配分)						
階層	面積(ha)	各層の全面積に対する比率 W_i	各層の標準偏差 S_i (予備調査による)	$W_i \times S_i$	抽出個数	比例配分の場合
I	192.88	0.181	1.581	0.286	7.3	16.9
II	212.49	0.200	2.684	0.536	13.7	18.7
III	96.64	0.091	3.587	0.326	8.3	8.5
IV	129.11	0.121	2.655	0.322	8.2	11.3
V	246.84	0.232	4.252	0.986	25.2	21.7
VI	186.84	0.175	6.838	1.200	30.7	16.4
計	1,064.80	1.000		3.655	93.5	93.5
条件1: 95%信頼係数を2、誤差率10%とする						
条件2: 予備調査時のプロット当たり平均材積を7.559とする						
(山田・村松,1971を参考)						
n	93.52188					
抽出率	25.58717					



• コストを考慮した層化抽出の例

– 全体の必要プロット数 n

$$n = \left(\frac{t}{E} \right)^2 \left[\sum_{h=1}^L W_h S_h \sqrt{C_h} \right] \left[\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{C_h} \right]$$

母集団全体の大きさ N 層 h の大きさ N_h 層 h のウェイト $W_h = N_h / N$

層の数 L 95%信頼度係数 t 層 h の標準偏差 S_h 目標誤差率 E

層 h のプロットあたりの調査コスト C_h

– 層ごとのサンプル数

$$n_h = n \frac{W_h S_h / \sqrt{C_h}}{\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{C_h}}$$



適切な層化

- 層化サンプリングの目的: ①推定精度を高めること、②サンプル数を少なくして調査コストを低減させること
- 効率的な層化のためには、森林タイプと森林の状態の2軸で構成された「層化マトリックス」を利用することが有効と考えられる(事前の情報収集、予備調査が非常に重要)

森林の状態
Forest Condition

森林タイプ
Forest type

	成熟林 Mature	伐採林 Logged	二次林(若齢) Secondary (young)	二次林(壮齢) Secondary (med. aged)
常緑林 Evergreen				
落葉林 Deciduous				
混交林 Mixed				

図 T12-1 森林タイプと森林の状態で区分した層化マトリックス
(Gibbs ら⁸⁾を一部改変) REDD+CookBook



多段抽出法 (multi-stage sampling, cluster sampling)

全国規模の調査など、母集団が非常に大きく、無作為抽出法や単純な系統抽出法による調査の実施に多大なコストが掛かることが想定される場合等に、多段抽出法が行われる。

多段抽出法は、母集団からの標本抽出を段階的に行うものである。

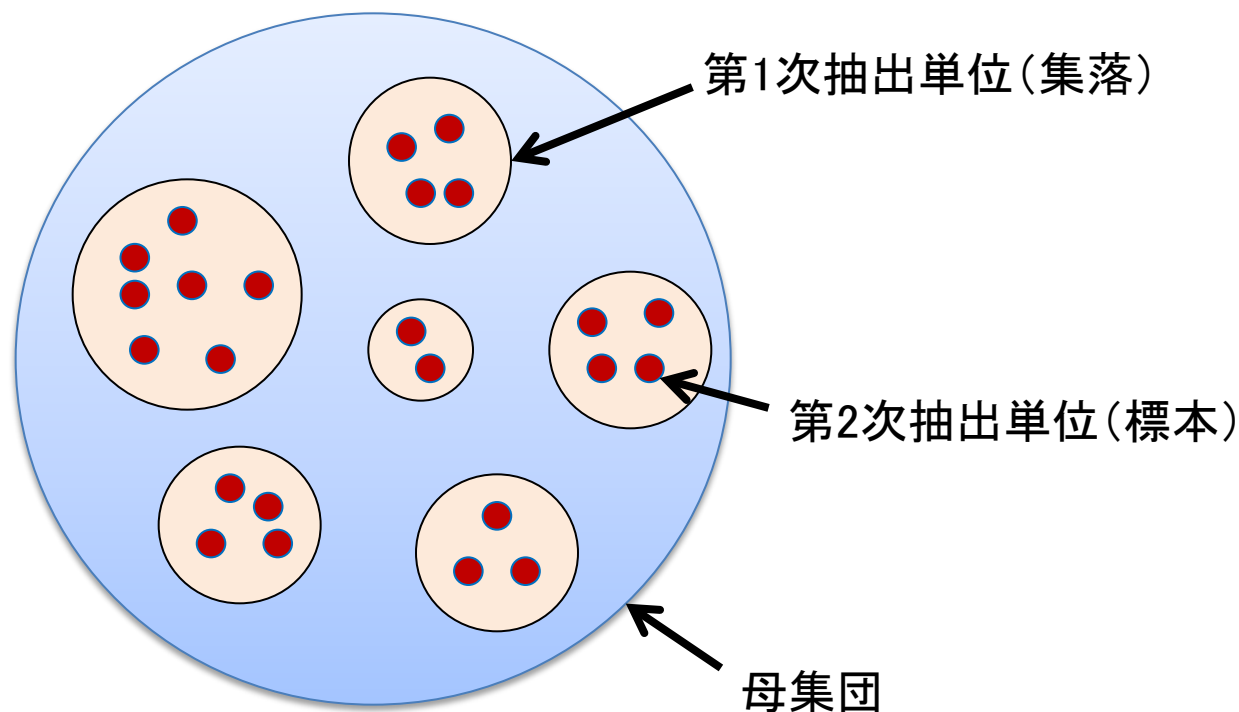
多段抽出法の実施

母集団をいくつかのサブ集団(第1次抽出単位。集落ともいう)に分け(例:全国を都道府県に分割する場合等)、分割された集団から標本抽出する。さらに、抽出された第1次抽出単位を母集団として標本抽出を行う(第2次抽出単位)。第1次抽出単位のことを集落(クラスターcluster)ともいう。

多段抽出法に系統抽出法と層化抽出法を効果的に組み合わせることにより、調査に係る労力を大幅に軽減することが可能である。



- 多段抽出法のイメージ(ここでは2段抽出)
 - 第1段階の集落の選び方は、等確率抽出の場合と集落の大きさの違いを考慮した比例抽出の2通りがある
 - 2段階の標本抽出場合、同一の標本数とする場合と、集落の大きさによってサンプリング数を変える場合がある





多段抽出法における不偏推定量と分散

- 母集団が M 個の集落で構成され、そこから m 個の集落を抽出して調査したとする。
- a 番目の集落から n_a 個のサンプルを取り出したときの観測値を X_{ij} とする(i : 抽出された集落の番号、 j : i から取り出したサンプルの番号)。
- 母平均を μ としたとき μ の不偏推定量 $\hat{\mu}$ は、各集落毎の標本平均を $\bar{X}_{i\cdot}$ とし、各集落のサイズを N_i すれば、

$$\text{母平均の不偏推定量 } \hat{\mu} = \frac{M}{m} \sum_{i=1}^m \frac{N_i}{N} \bar{X}_{i\cdot} \quad \text{ここで、} \quad \bar{X}_{i\cdot} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}$$

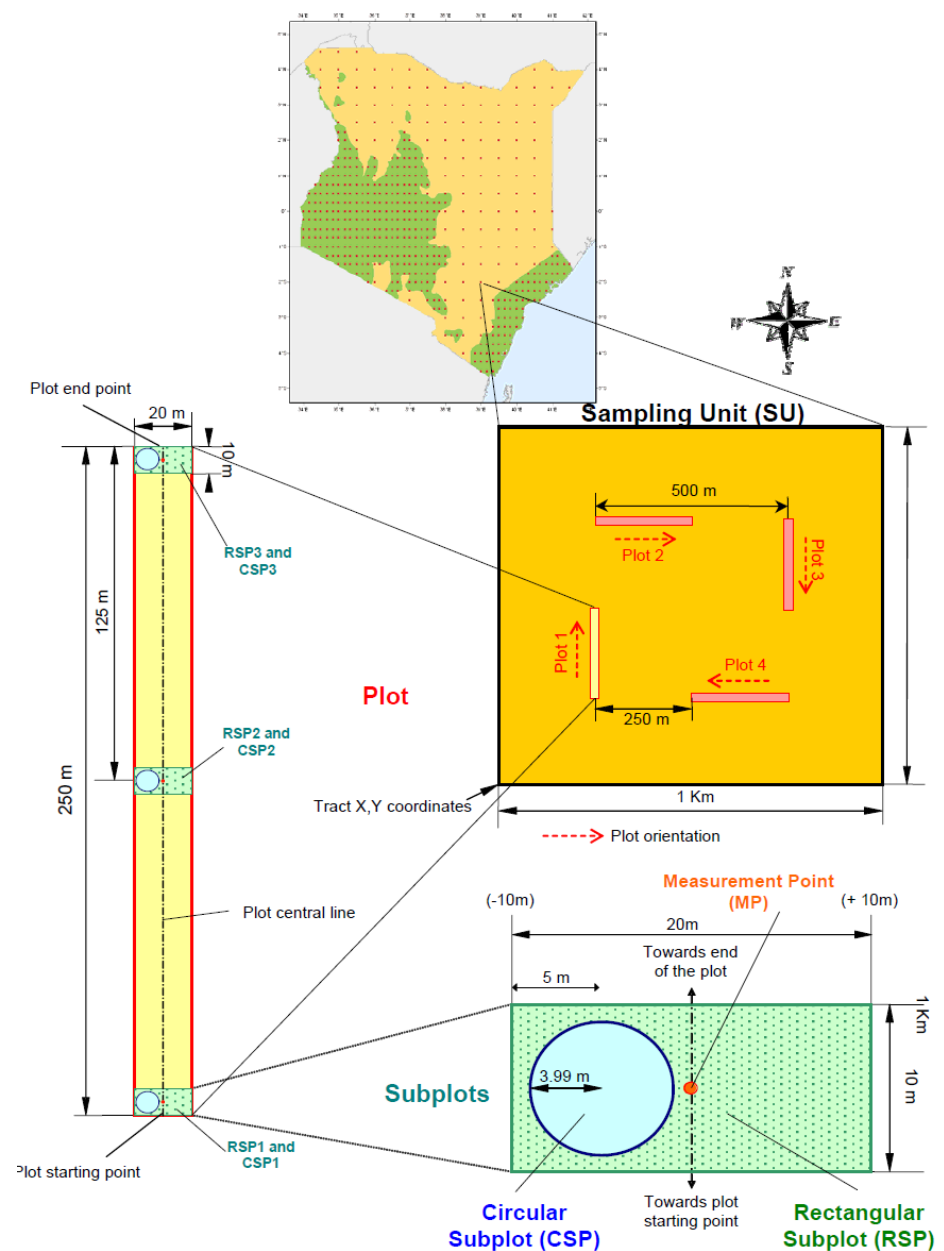
- 分散は、
$$V(\hat{\mu}) = \frac{M}{mN^2} \sum_{a=1}^M \frac{N_a^2 \sigma_a^2}{n_a N} + \frac{M^2}{mN^2} \sigma_e^2$$

$$\text{ここで、} \quad \theta_{a\cdot} = \sum_{b=1}^{N_a} \theta_{ab} \quad \sigma_a^2 = \frac{1}{N_a} \sum_{a=1}^N (\theta_{ab} - \theta_{a\cdot}/N_a)^2 \quad \sigma_e^2 = \frac{1}{M} \sum_{a=1}^M (\theta_{a\cdot} - N\mu/M)^2$$



FAOのNFMA(2008)における 層化多段抽出法の適用例

- 地域内を2層に区分
- 1km四方の第1次抽出単位(SU)から、4個の帯状プロット(20×250m)、12個の長方形サブプロット(10×20m)、12個の円形サブプロット(半径3.99m)をそれぞれ抽出する。





標本数、標本の形状、大きさ



標本数

標本調査を行う場合、どの程度の標本数を抽出すればよいかについては、慎重に検討される必要がある。許容すべき誤差が定まった場合、標本数、標本平均、標本標準偏差の間には以下の関係が成り立つ。

$$N_0 \geq \left(\frac{t_{0.05} C_v}{e} \right)^2, \quad e = \frac{\Delta x}{\bar{x}}, \quad C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

N_0 : 必要な標本数 $t_{0.05}$: 95%信頼度係数 (=2) e : 目標誤差率

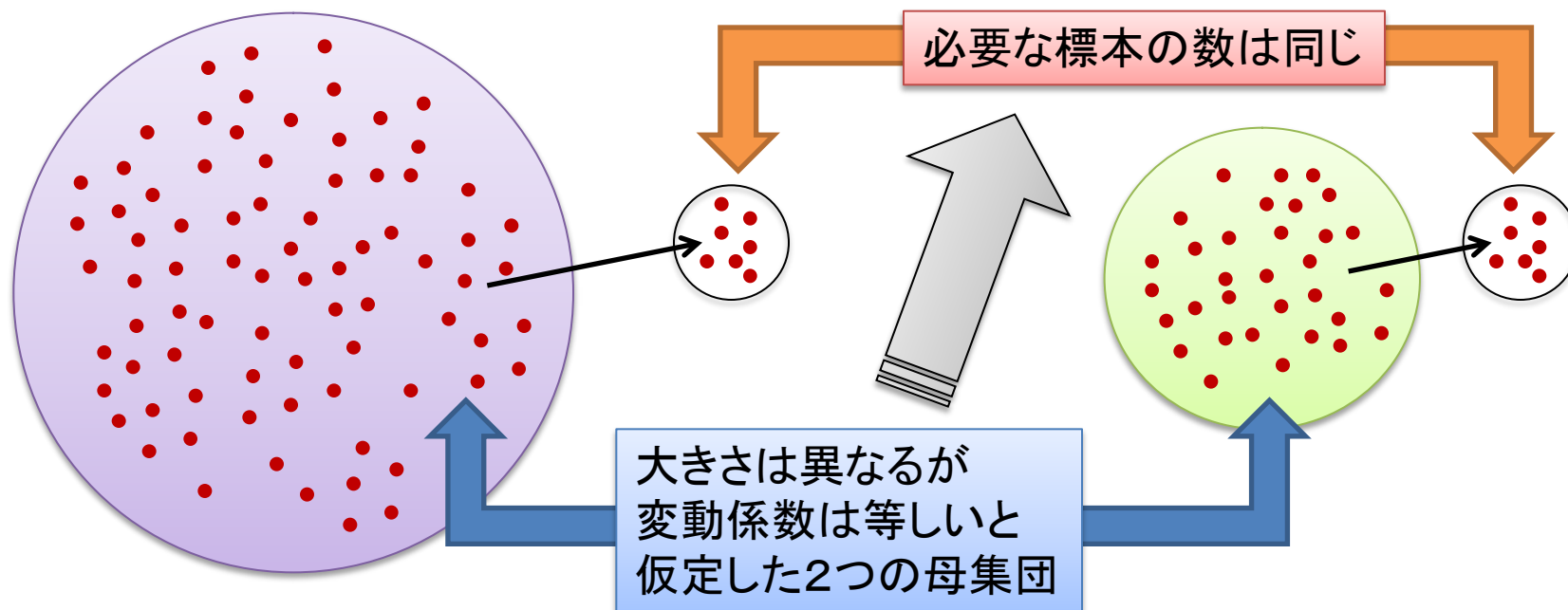
$\bar{x}$: 標本平均 Δx : 許容誤差 C_v : 変動係数 s : 標本標準偏差



標本数(つづき)

前記の式において、注目すべき点としては、変動係数(標準偏差／標本平均)と目標誤差率が決まれば、対象面積の大きさに依存せず、標本数が自動的に定まることにある。

すなわち、対象面積が広くても狭くても、(変動係数が等しければ)必要な標本数は変わらないということを意味する。





標本数(つづき)

1961年に日本で実施された、全国森林資源標本調査においては、許容誤差率Eを3%、95%信頼度係数を2、層材積の変動係数を過去の調査結果より150%として、以下のとおり必要なプロット数を10,000と定めた。

$$N_0 \geq \left(\frac{2 \times 1.5}{0.03} \right)^2 = 10,000$$

材積の変動係数に関しては、事前の予備調査や過去の経験に基づき事前に得ておく必要がある。



標本(プロット)の大きさ

一般にプロット面積が大きいほど、測定値のばらつきは少なくなる。一方、プロット面積が大きいほど、調査に要する経費は多くなるので、両者を考慮して決定する。

少なくともプロットあたり20～30本の立木が含まれるようにする。

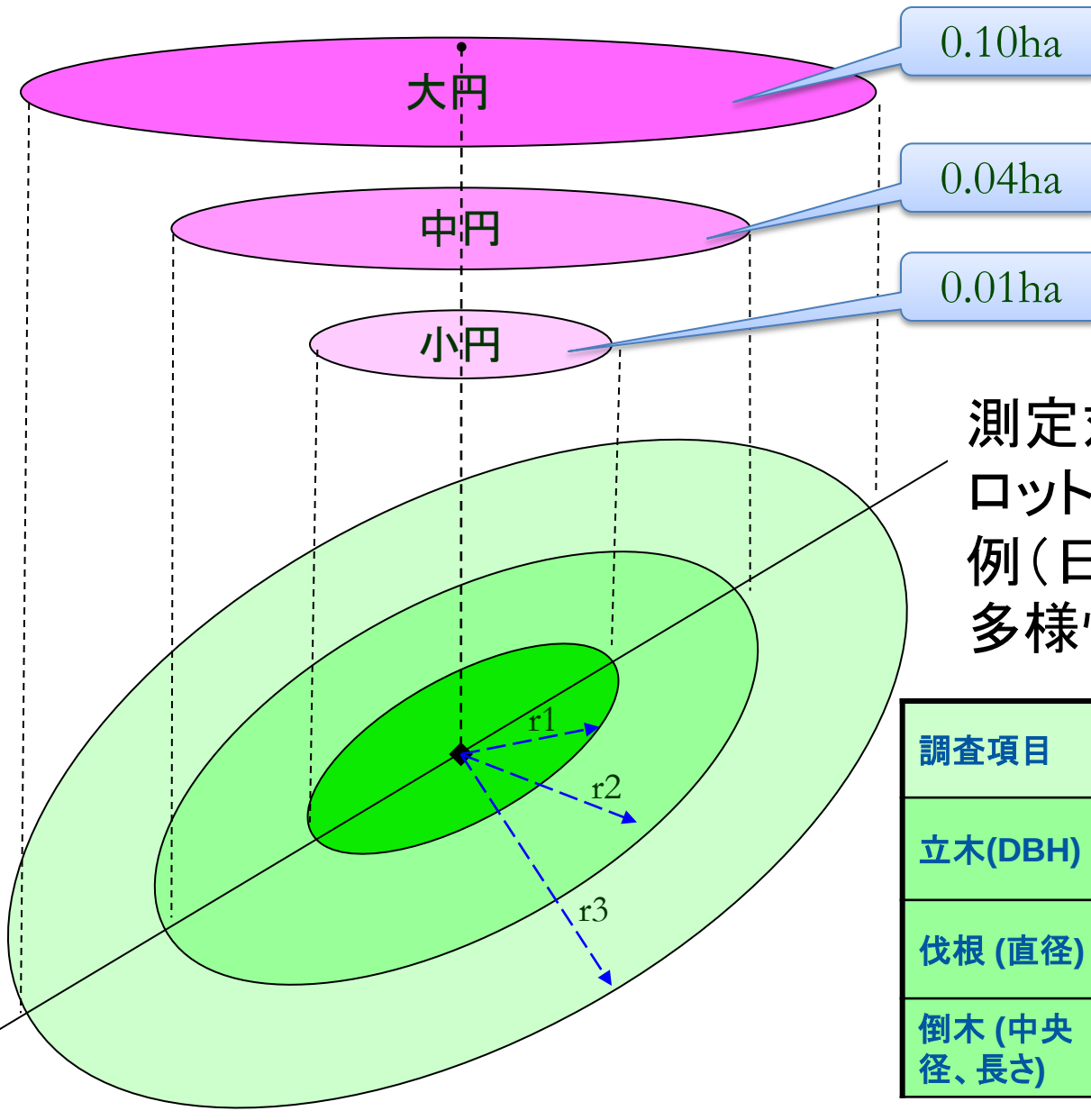
森林を対象とした場合の問題

等確率抽出の原則から、抽出するプロットの大きさは同一サイズにするのが原則である。すなわち水平投影面積が同じになることを考慮したプロット設定が必要

森林は、大小様々な立木で構成されていることから、例えば胸高直径の測定に着目すると、同一サイズプロットでは、小径木林では測定対象木が大量に発生し、大径木林では測定本数が少なくなるおそれがある。

このような場合、例えば直径階をグループ分けして、直径階グループごとにプロットサイズを変えろといったことが行われる。

これは一種の集落サンプリングを行っているとも考えられる。



調査項目	小円	中円	大円
立木(DBH)	1.0cm以上	5.0cm以上	18.0cm以上
伐根(直径)	5.0cm以上		18.0cm以上
倒木(中央径、長さ)	5.0cm以上	計測しない	



標本(=プロット)の形状

プロットの形状には、円形、方形、長方形等がある。長方形の特殊な場合としては帯状プロットもある。

林縁効果の問題

小さいプロットでは、林縁部分の1本の木が入るか否かが大きな影響を及ぼす(例:0.01haのプロットで 1m^3 の立木が入るか否かは1ha当たりでは 100m^3 の差となる)。大きなプロットでは、相対的に林縁木の影響は少なくなる。

林縁効果を少なくするためには、

- ・プロットを大きくする
- ・林縁長ができるだけ短くなるようにする

ことが望ましい。すなわち、同じ面積であれば、長方形よりは方形が望ましい。円形のプロットが設定できるのであれば、上記の条件を最も満足する。



円形プロット

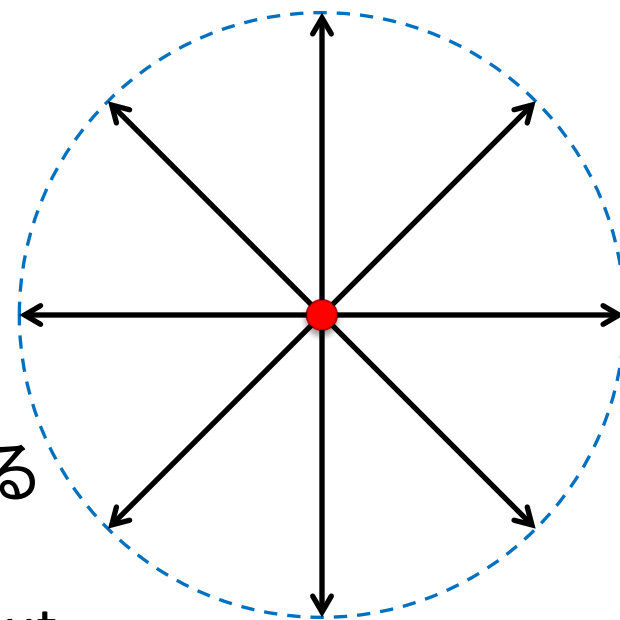
長所:

- ・理論上は林縁効果を最も少なくできる。
- ・周囲測量をする必要がない
- ・すなわち、中心位置が定まれば周囲に一定長の竿などを用いてプロット内に入る立木であるか否かを簡単に特定できる。
(バーテックスを用いれば、効率的にin/outを確認することができる)

- ・傾斜によりプロット半径を変えることにより、水平投影面積を一定の大きさにできる

短所:

- ・外周部は曲線(円弧)となるため、上記のように1本ごとにin/outの確認を行わない場合は、林縁木の見落としが生じやすい



● :プロット原点
→ :設定方向



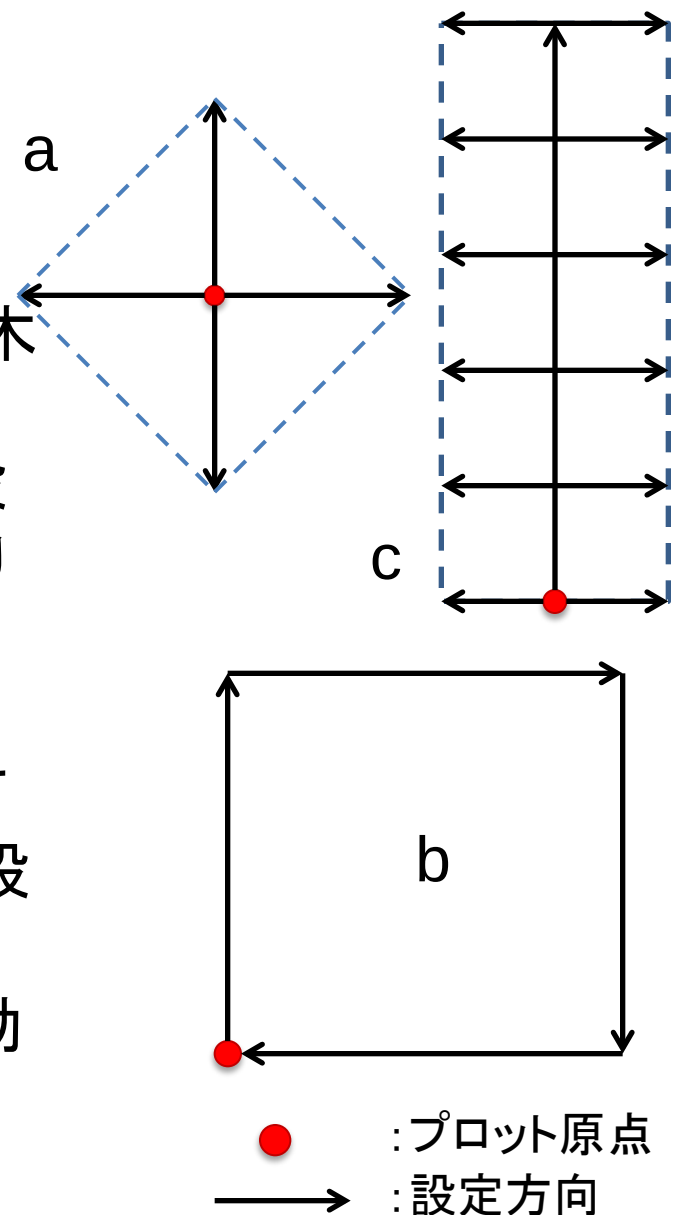
方形プロット

長所:

- ・外周部は直線となり、目視での林縁木のin/outの判断がしやすい
- ・左図のaタイプについては、プロット設定の効率は円形プロットに勝る(あまり大きなプロットは設定できない)

短所:

- ・bタイプのプロットでは、周囲測量をする必要があり、初回調査時のプロット設定の効率は下がる
- ・円形プロットに比べ、理論上は林縁効果が大きい





地上調査の設計



①調査の企画

調査の対象地域を決める

サンプルを抽出する対象を明確にすることが重要である。森林面積の変化をモニターするのであれば、森林以外の部分も対象として考慮する必要がある。

・基礎資料を収集・整理する

対象地域の地形図、空中写真、衛星画像等を準備する。既存の森林分布図や資源調査結果の有無も確認する。蓄積量やバイオマス量を推定するのに必要なパラメータ(材積式等)の状況も確認しておく。

・予備調査の実施

対象地域の森林の状態について得られる事前情報が少ない場合には、予備的調査を行うことにより、調査設計の参考資料とする。



②調査の設計

調査方法の決定

事前情報と予備調査の結果により、サンプリング手法(系統抽出、層化抽出、多段抽出)を決定する。また、暫定調査地とするか、固定調査地の継続調査とするか、モニタリングの時間間隔についても検討する。

プロットの設計

目標とする調査精度、予算等を考慮し、プロットの大きさ、抽出個数、サンプルの配置、プロットの形状等を決定する。

調査項目の決定

目標精度と予備調査結果に基づき、必要な調査項目を決定する。具体的には、樹種区分をどの程度細分するか、計測対象範囲をどのようにするか(最小胸高直径等)を明確にしておく必要がある。



②調査の設計(つづき)

調査野帳、調査マニュアルの作成

決定した調査項目に基づいて、調査野帳と調査マニュアルを作成する。適切な野帳とマニュアルの作成は、調査の効率化するとともに調査漏れを軽減し、調査精度を高精度かつ一定のレベルに保つことにつながることから、非常に重要である。

実行体制の検討、整備

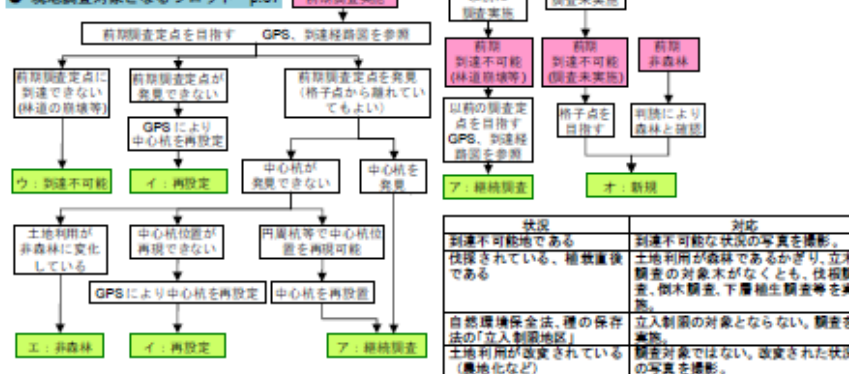
調査精度は、調査員の資質に大きく依存する。調査精度を高いレベルに保つためには、訓練された専従の調査員による調査チームを組織することが望ましい。



森林生態系多様性基礎調査 現地調査早見表 平成 22 年 9 月 (社) 日本森林技術協会

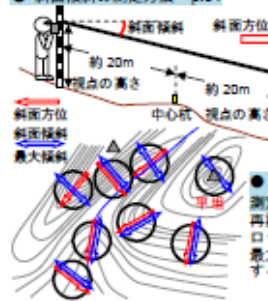
様式 1-1 調査プロット到達経路情報

● 現地調査対象となるプロット p.37



様式 1-1 調査プロット到達経路情報

● 斜面傾斜の測定方法 p.54



● 最大傾斜の測定方法 p.57



● 写真撮影 p.60

4 方位写真

● 測定対象・立木番号 p.62

- 小円部: 胸高直径 1.0cm 以上毎木、中円部: 胸高直径 5.0cm 以上毎木、大円部: 胸高直径 18.0cm 以上毎木
- 枯死木についても調査する。
- 林道樹幹、有用樹幹でなくても、測定対象とする。
- マダケ、モウソウチク、ハチクは測定する。その他のササ、タケ類は胸高直径が測定対象に達する場合でも立木調査の対象とはせず、下層植生調査で記載する。
- 外周上の立木は、パーテックスを用いて原木ごと中心杭からの距離を測定し、プロット内に含まれるか否かを判定する。
- 胸高直径 18cm 以上の立木、樹高を測定した標準木にはナンバートープ等で番号を付す。
- 旧番号と新番号が異なる場合、円ごとにナンバートープの色を変える場合など、プロット内の異なる立木に同じ番号が重複することの無いよう注意する。(アルファベット等ではなく、数字のみで識別できることが必要)

● 1/4 調査 p.64

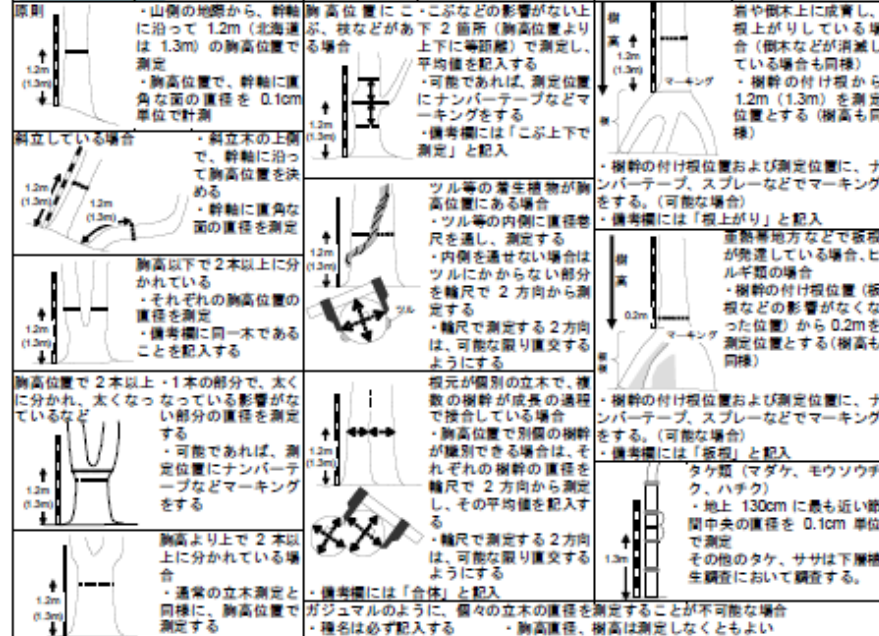
- ソコゴ、ギンネムなど、小径木が調査プロット全体に均等に発生している場合は、一部の胸高直径の測定を省略 (1/4 調査という) してもよい。
- ① 小円の 1/4 (原則 N-E) のみを通常通り測定する。
- ②



③ 様式 3-1 「1/4 調査」欄に実施チェックを入れ、調査した 1/4 区画を記入する。

④ 様式 2-2 見取り図にも調査した区画を記入する。

● 胸高直径 p.65



● 樹高 p.68

- 前期調査で測定した立木を選ぶ (立木番号を照合)
- 大小様々な直径範囲から最低 20 本を選ぶ (林分を分割した場合は、林分ごとに 20 本)。直径が最大の立木は必ず対象とする。
- 樹高は測定していてもよいが、それぞれの直径ごとに平均的な樹高となっている立木を選ぶ。
- 個体識別のため、ナンバートープ等を付し、調査表の立木番号欄に番号 (数字のみ) を記入しておく。
- 直径成長により小径木を代表する標準木が少なくなった場合には、必要に応じて標準木を入れ替える。
- 前期調査で測定した立木が、番号が照合できないなどで 20 本に満たない場合は、原則に基づいて新たな立木を選定する。
- 倒立木、先折れ生立木は出来るだけ選ばない。健全木が 20 本に満たない場合は、倒立、先折れも対象とする。

● 立木ごとの確認項目 p.74

- 立木が枯損している場合に○、「立木の損傷・異常」で該当するものがあれば両方に○。
- 立木で、該当する損傷・異常が見られるものに○
- 損傷・異常
- 洞 動物の巣穴、その他空洞ができている
- 腐 腐敗がある (凍害、落葉など)
- ヤニ 樹脂・樹液が漏出している
- 先 先折れ、樹幹内折れ (現況樹幹の 1/3 以上欠損)
- 該当するものに○ (枯死していない場合、枯死が否かの判断が困難な場合でも、該当すればチェックする)
- 枯死している場合は、同時に枯損にもチェックを入れる
- 新 幹折れ、樹冠部より下で折れている
- キ キノコ (樹幹の腐朽が始まっている)
- 色 紅葉期でないにもかかわらず、葉が 1/2 以上 色している
- 落 落葉期でないにもかかわらず、葉が 1/2 以上 落ちている。昆虫等に食害されている
- 獣害 動物が原因と見られる樹皮の剥皮 (猿、熊、鹿、角鹿)、枝葉食害がある場合に○を付す
- シカ 鹿、カモシカ、クマ、クマ、クマ、クマ

様式 4 伐倒調査表 p.86 (全てのプロットで実施)

- 調査漏れの無いよう注意する。人為的に伐採された伐根を調査対象とする。
- 特定調査プロット (IDS の倍率) では古い伐根も調査する。

様式 5 樹木調査表 p.87 (特定調査プロット (IDS の倍率) で実施)

- 項目別調査 1~3 にも特定調査プロット (IDS の倍率) ルールは適用する。
- 項目別調査 4 (伐採跡地、自然災害) では全てのプロットを特定調査プロット扱いとし、古い伐根、倒木調査を実施する。





③現地調査の準備 プロット位置情報の整理

地図上に抽出した格子点の位置と番号を記載し、プロット原図を作成する。

可能であれば、衛星画像や空中写真にプロット位置を記載したものも準備する。

調査計画の作成

調査行程(プロットまでの到達時間、プロット設定に掛かる時間、計測に掛かる時間及び必要人員)を検討し、調査計画を立てる。

工程	時間	備考
徒歩移動(駐車場所からプロットまで)	90 分	杭の探索時間も見込む
プロット設営	60 分	必要に応じ杭の交換
立木調査 立木調査総括表	120 分	人工林、調査対象立木本数 120 本
下層植生調査 土壌侵食調査	(30 分)	立木調査と並行して実施、終了次第、立木調査を実施
伐根調査、倒木調査	30 分	調査対象伐根、倒木の有無による
撤収	20 分	巻尺、すずらんテープ回収。
プロットから駐車場所まで	50 分	必要に応じマーキングしながら
合計	370 分	

日本の森林生態系
多様性基礎調査で
想定している標準
的な調査行程



③現地調査の準備(つづき)

調査器材の準備

調査目的に応じ、必要な器材を準備する

資材の例:

- ・地図、空中写真
- ・野帳(耐水紙が望ましい)
- ・GPS
- ・杭(中心杭の他、必要に応じ準備)
- ・ポケットコンパス
- ・斜距離換算表
- ・巻尺
- ・輪尺もしくは直径巻尺
- ・測高器(ブルーメライス、バーテックス)
- ・チョーク
- ・ナンバーテープ
- ・測量用ポール





現地到達情報（プロットへの到達経路図）

- 次回調査のためにもっとも重要な情報
- 計画上の位置と実際の位置（GPS 情報。事情により計画位置に設定できない場合がある）
- ルート上のGPS情報（車を降りた位置からプロットまで）
- ルート上の写真
- ルート上の情報（歩道の有無、路面の情報、目印となる地物、分岐点）
- スケッチの方がわかりやすい場合もある
- もし調査チームが前回の調査地を発見できなかったら、元の計画上の位置にプロットを再設定する



プロットの設定

- 効率的な設定方法を工夫する必要
- 円形プロットの場合は、傾斜により半径の補正を行うので、正確な傾斜測定を行う必要がある（バーテックスを使用すれば、効率的に設定可能）
- 方形のプロットの場合はコンパス等により測量して設定する（林縁木のin/outは、測量時に決定できる）
- 帯状プロットの場合は、中心線を測量
- 通常は中心杭を設置（固定調査地とする場合は、次回調査までの耐久性を考慮）、必要に応じ周辺杭、調査の効率性を確保するための暫定杭を設置



立木調査

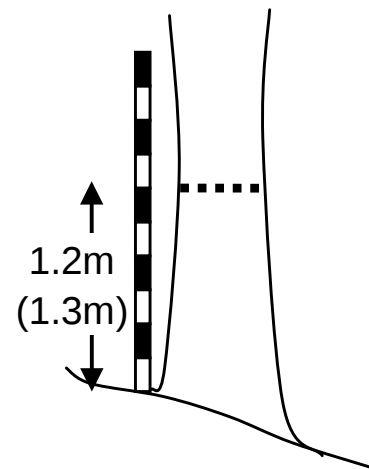
• 胸高直径

- 必ず赤白ポール等で毎木胸高位置を確認すること



-平坦地では、例えば中心杭に向かった方向に立って測るというように、ルールを決めておく

-基本は直径巻尺で測定



基本は山側地際から、
1.3m



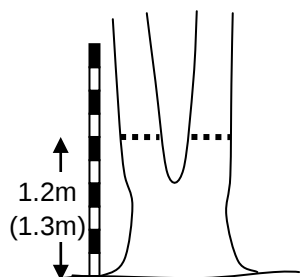
斜立している場合は、
幹軸に沿わせる



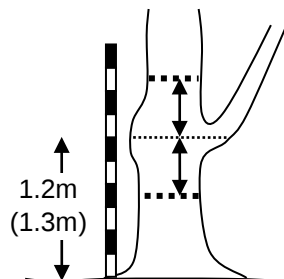
立木調査

・ 様々なケースでの胸高直径の測定

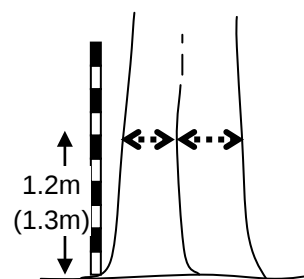
二股木



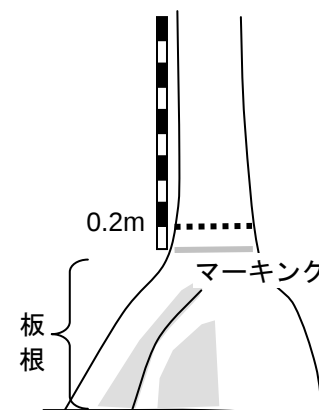
こぶ



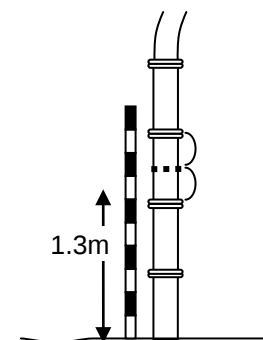
合体木



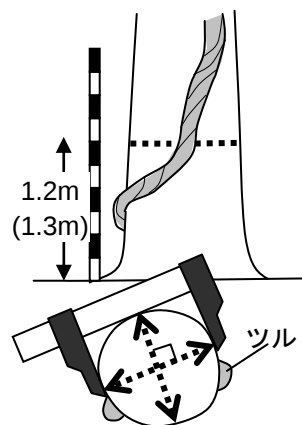
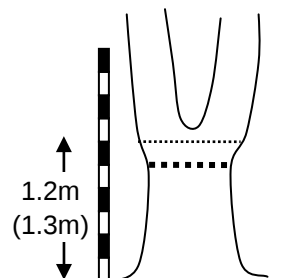
板根



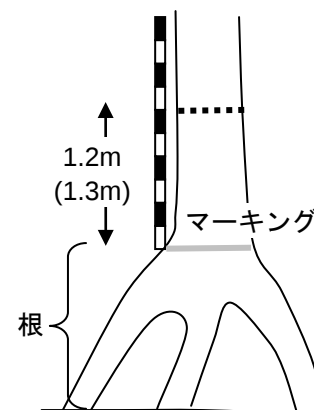
タケ



つる巻き



根上がり



個々の樹幹の測定困難な場合(ガジュマルなど)は、樹種の記録のみで計測の必要なし

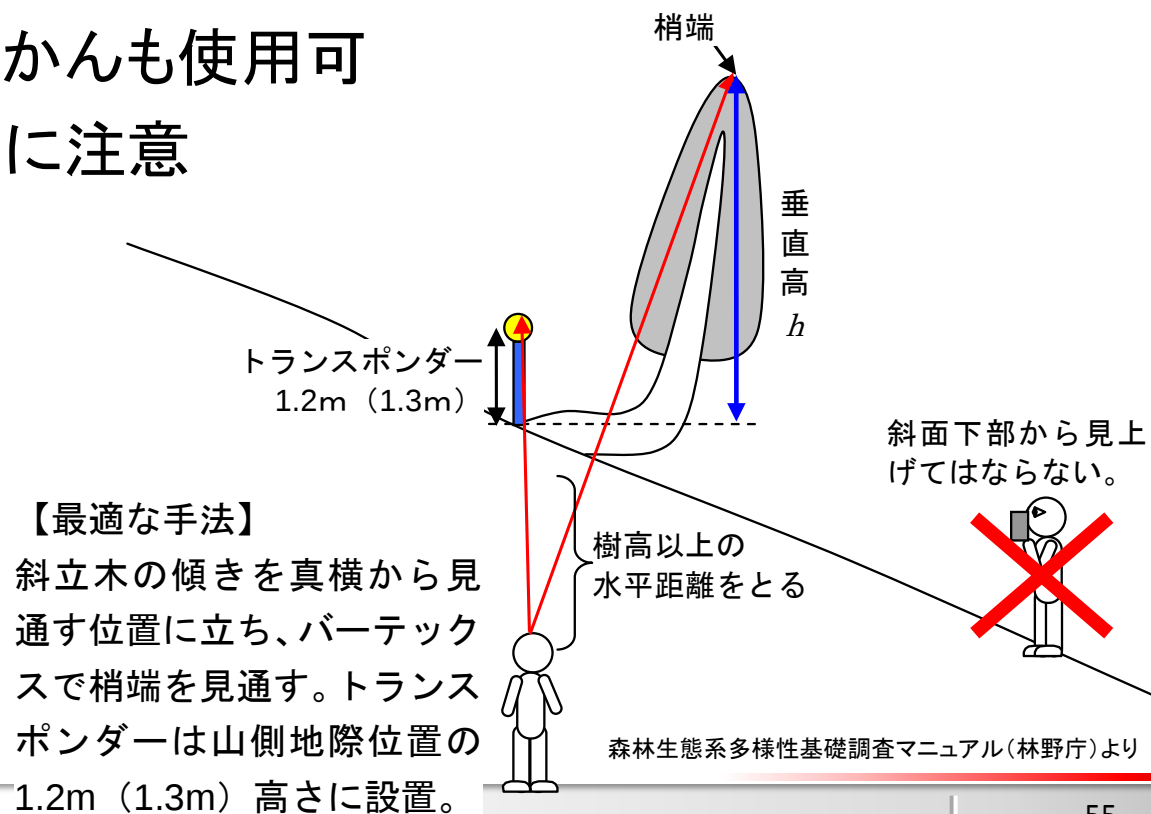




立木調査

樹高

- 毎木もしくは標準木を何本か選択して実測（樹高未測定木は測定木の値より回帰推定）
- 樹幹長を計測（垂直高ではないことに留意）
- 測定機器：バーテックス、ブルーメライスを使用
- 低い樹木は測かんも使用可
- 機器の誤使用に注意







林分情報の記載 必要に応じて作成 立木位置図 林相写真

- 中心杭からの方位別
- 天空写真

地況・林分構造等

- 斜面傾斜
- 局所地形
- 林分構造
- 優占樹種(相観)
- 人為の影響程度
- 病虫害等の有無
- 災害の歴史

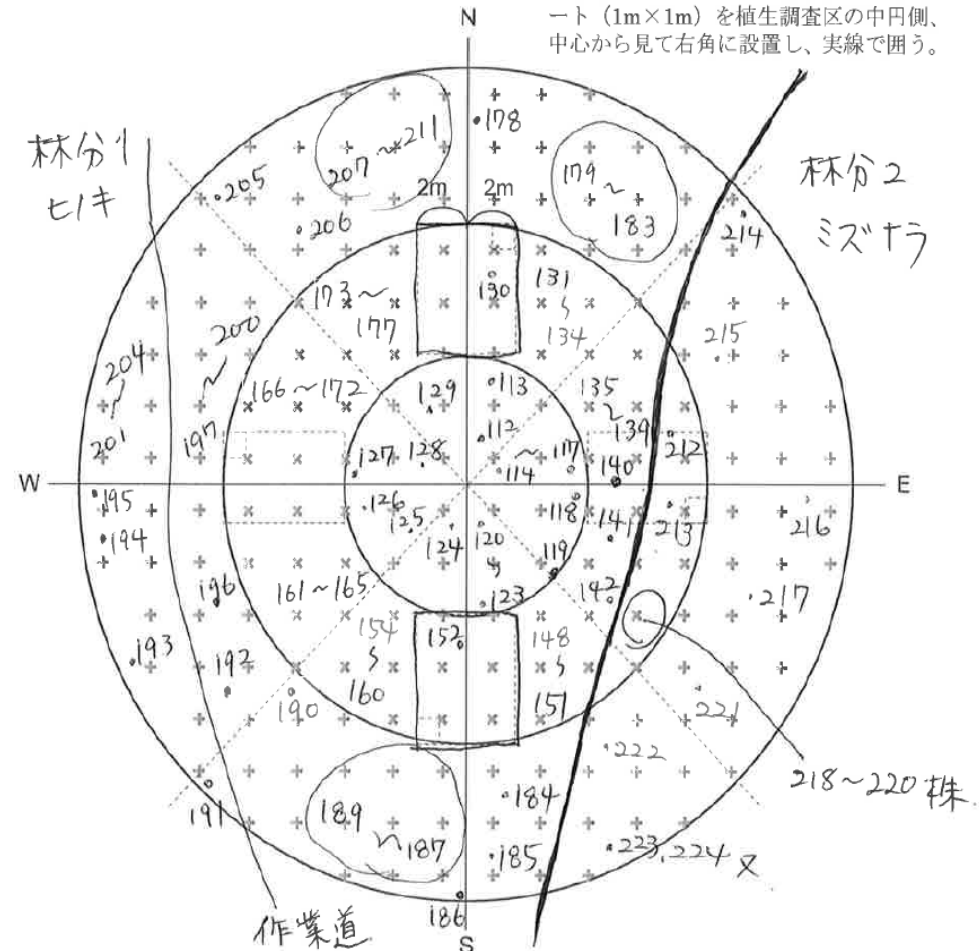
様式2-2

調査プロット情報(見取り図)

格子点ID	調査年月日
123450	20XX/7/22

植生調査区

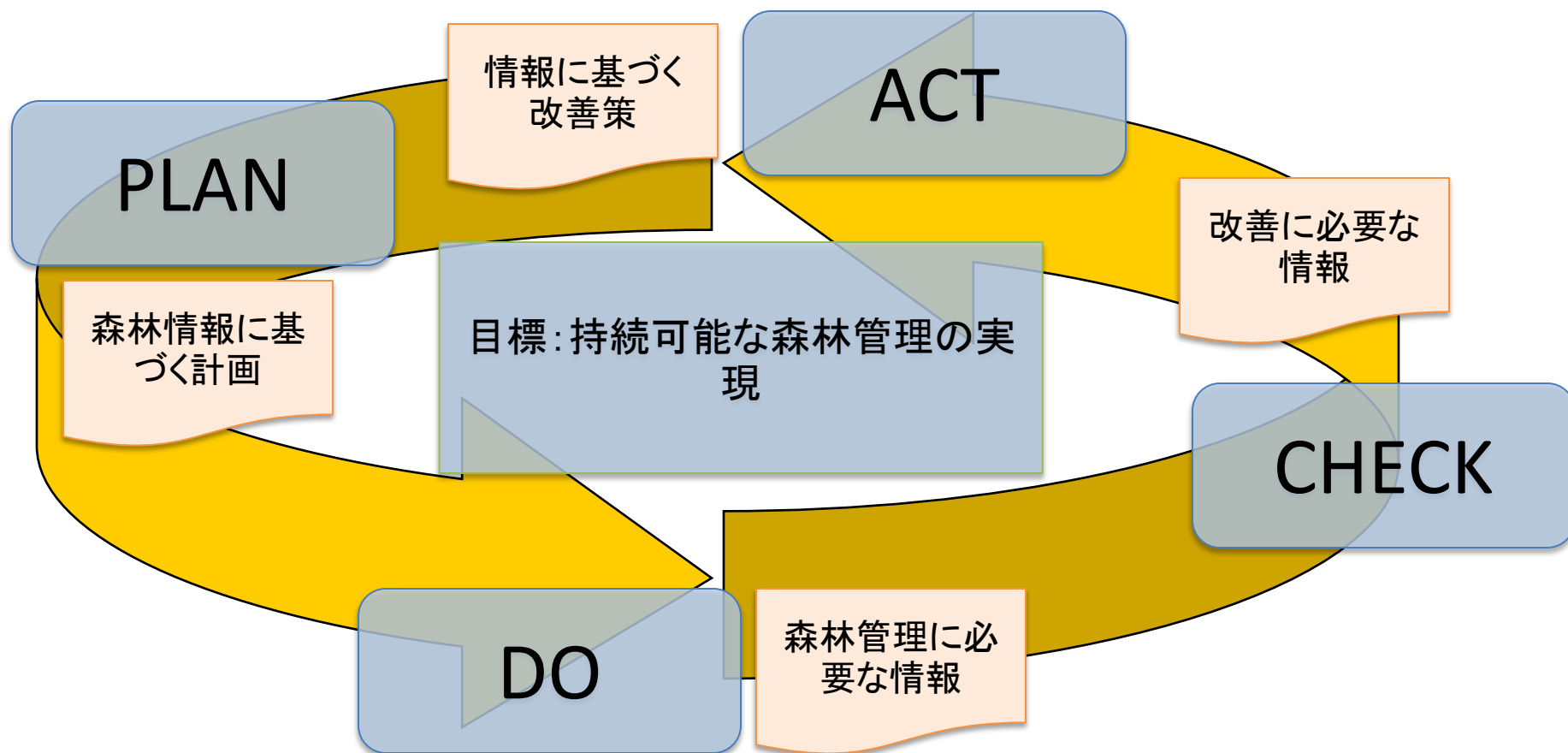
：対象とした植生調査区を実線で囲う。
原則として、対角に位置する2植生調査区(原則N区、S区)を対象。
実生調査を実施する場合は、実生コードシート(1m×1m)を植生調査区の中円側、中心から見て右角に設置し、実線で囲う。





品質管理を考慮に入れたインベントリー調査の設計

PDCAサイクルの中で品質管理を考える





QA/QCのための調査

目的

PDCAサイクルによる精度の向上 (QA/QC)

計測誤差や傾向を確認する

客観的にデータの精度を確認する

データの透明性、信頼性の確保

設計(森林生態系多様性基礎調査の場合)

再測定：3%の点を抽出(110点/年)。本体調査チームが調査終了後速やかに(1月以内)コントロールチームが同一プロットを再測定。エラーの修正は行わない。

立会：本体調査チームとコントロールチームがともに同じ調査プロットに行き、コントロール調査チームは、本体調査チームの実施状況を確認する(正しい機器の使い方等)。問題があれば、その場で指摘、エラーの修正も行う。→研修的意味合い



調査員の育成・研修

目的

調査精度(データの信頼性)の向上

チーム間の情報交換

調査チームの技術レベルを平準化

設計

講義：調査の目的を理解させ、データ分析結果を説明することにより、調査員のモチベーションを維持、各調査項目の意味と重要性の説明(測定値の少しの誤差が全体に大きく影響する場合等)、マニュアルの理解、野帳の正しい使い方等

現地研修：調査道具の適切な使い方、プロット設定等効率的な実施方法のノウハウ

精度確保の面では、できるだけ少ない数の専門技術者が継続的に計測する体制が構築されることが望ましい