

欧州等各国の国家森林資源調査の特徴 — サンプルングデザインの比較 —

家原敏郎 (森林総研)

要旨 : 欧州各国や他の主要国の多くで実施されている統計学的サンプルングに基づく国家森林資源調査について、プロットの配置手法や形などから類型区分を試みた。その結果、1) フランスなど単一プロットによるもの、2) ドイツなど4プロットから成る小型の正方形クラスターを用いるもの、3) アメリカ合衆国、ブラジルなどの非方形の小型クラスターを用いるもの、4) 北欧諸国の多数のプロットから成る大型のクラスターを用いるものの4タイプに類型化できた。また、ヨーロッパでは、各類型が地理的にまとまって分布していることがわかった。

キーワード : 国家森林資源調査, サンプルング, 系統抽出法, クラスターの形状

Abstract : National Forest Inventories (NFIs) which were carried out in European as well as other main countries were classified by sampling design and plot shape into four major types as follows: 1) single plot system which was represented by France, 2) small square cluster system with four plots which was represented by Germany, 3) small non-square cluster system observed in such as USA and Brazil, 4) large size cluster system with many plots in Nordic countries. Each type of NFI was found to be collectively distributed on the map in Europe.

Keywords : National Forest Inventory, sampling, systematic sampling, shape of a cluster

I はじめに

ヨーロッパや北米などの主要国の多くでは、国家レベルの森林資源調査が全国統一した手法で定期的かつ継続的に行われており、それを基に森林関係の統計が作られている。こういった目的の森林調査は、国家森林資源調査(National Forest Inventory, 以下NFIと略す。)と呼ばれている(3)。NFIは、統計学的なサンプルングによるプロット調査に基づくものが今日では主流であり、これは京都議定書における森林の炭素吸収量の報告など、統計学的な精度つきで報告を求められる場合に適した調査法である。

NFIの方法は、各国の森林調査の歴史や森林環境などの相違を反映して、大変多様性の大きいものとなっている。ここでは、主要各国のNFIについて、主としてサンプルングデザイン及びプロットの形状の面から比較を試みた。

II 資料と調査方法

欧州各国およびアメリカ合衆国、カナダなど主要37ヶ国のNFIについて、E. Tomppo氏らが各国からの報告をとりまとめた文献(1)、及び筆者の各国での聞き取り調査資料等(2, 4, 5, 6)により、各国のサンプルングデザ

イン及びプロットの配置手法、プロットの形状などについてとりまとめ類型化を行った。

III 結果

1. 概要 各国のNFIの概要についてまとめると表-1のようになった。基本的なサンプルングデザインとして、標本抽出の最初の段階において系統抽出を適用する国がほとんどである。具体的には、国土に0.5~20km間隔のグリッドをかぶせ、その格子点もしくは、格子点から一定のルールに従って離れた地点を基準点として、プロットやプロット群(クラスター)を配置している(図-1)。プロットは円形とする国がほとんどであるが、大きさや構造については、国毎に多様である。しかし、1調査点で複数のプロットからなるクラスターを用いるかどうか、その配置をどのようにするかについては、特徴的ないくつかのタイプに類型化が可能であった。そこで、こういった観点からNFIの分類を試み、以下のように4タイプに類型化できた(図-2)。

2. 単一プロットによるもの フランスやスペインの国家森林資源調査では、一定間隔で格子状に配置されたグリッドを利用し、一定のルールで調査地点を抽出し、そこに1つの円形プロットを配置し、立木の直径、樹高

Toshiro IEHARA (For. and For. Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687) Classification of sampling design of National Forest Inventory on European and other main country

等のデータを測定している。円形プロットは2重から4重の同心円をなしており内側の円形プロットほど直径の小さい立木まで測定する。

フランスでは、半径6m及び9,15mの3重円形プロットが用いられ、それぞれ胸高直径7,20,37cm以上の立木を測定する。円の大きさは国ごとに異なるが、最も外側の円は概ねフランス程度の大きさである。

プロットの形状は、円形プロットとする国がほとんどであるが中国(2)、ニュージーランド(森林のうち行政的に天然林に区分されるもの)は方形としている。5年から十数年ごとに同じ場所を継続して測り続ける固定プロットを主体とする国、フランスのように、調査回ごとに場所を変える一時プロット方式主体の国がある。

またこの方式では、1調査地点で森林タイプが異なる複数のプロットがあるというようなことが起こらないため、フランスやカナダのように、空中写真等であらかじめ森林をタイプ区分しておいて、現地調査はタイプごとに必要数を抽出して実施するといった、1段目は系統抽出、2段目はランダム抽出といった層化抽出の適用がかなり行われている(4,5)。

単一プロット方式は、フランス、スペインなどヨーロッパの西部、南部の各国のほか、ロシア、カナダ、中国、ニュージーランド(天然林)など多くの国が採用している。日本の森林資源モニタリング調査は、国家森林資源調査の呼称を用いていないが、単一プロット方式のサンプリングによる全国的な森林調査であり、この類型にあてはまると考えられる。

3. 小型の正方形クラスターによるもの 他方ドイツをはじめとするヨーロッパ中央部では、1辺150m~500mの正方形の頂点または、その近傍に中心をおいてプロットを配置する方式をとる国が多い。多くの場合、全て固定プロットからなるクラスターが採用されている。立木調査用のプロットは2重から3重の円形プロットが多いが、ドイツやオーストリアのように、中心点から視準した時に一定の角度より大きい立木を測定する定角測定法による可変円形プロットを採用する国もある。

クラスターとする利点は、プロット間の移動が困難でない場合、短時間で複数のプロットデータを得ることができることであろう。また、プロット間の移動を利用して、クラスターの外周上で、生態学的調査など別種の調査も可能である。

反面、各プロット間には一定の距離があるものの、完全に独立性を保つほどは離れていないので統計処理がやや複雑となり、また層化サンプリングの適用は単一プロットに比べ難しい。ドイツでは、空中写真で森林と判定

された全てのクラスター、プロットに対し調査を行っている。

4. 非方形の小型クラスターによるもの プロットの配置は、正方形以外も考えられる。アメリカ合衆国は1990年代前半に、それまでの連邦のブロック別に異なっていた方式をやめ、FIA(Forest Inventory and Analysis)として同じ方式に統一した。FIAでは、正三角形の頂点と重心点に4個の円形プロットを配置した様式が採用されている。重心点のプロットの中心から、各頂点のプロットの中心までの距離は120.0フィートであり、ドイツ等の正方形クラスターより小型である。

アメリカ合衆国のサンプリングデザインの顕著な特徴は、広大な国であるため基本グリッドを方形とすると、地球が球体であるため各グリッドを等面積にするのが難しいため、グリッドを等面積の六角形としたことである(図-1)。これを全土に設定し、グリッド内のプロットの位置はランダムに決めるという手法をとっている(1)。韓国及びニュージーランドの森林の植林部分については、プロットの形状については、アメリカ合衆国の方式をほぼそのまま移入している(6)。

プロット配置に関しては、その他にも多様な形態があった。ここでは、長方形プロットを多少離して十字型に配置するもの(ブラジル)、円形プロットを2個横に並べるもの(チェコ)、5個の円形プロットをL字型に配置するもの(ポーランド)、FIA開始以前にアメリカ合衆国の一部で用いられていたプロットを亀甲状に配置するもの(ギリシャ)をこのグループに区分した。

5. 大型のクラスターによるもの 最も早く、1920年代初頭に国家森林資源調査を開始した北欧のフィンランド、スウェーデンでは、当初は帯状サンプリングが行われていたが、1950年代より、一辺が1000mを越えその中に10個あまりのプロットを含むような、大型の方形クラスターを用いるようになった。ノルウェーとエストニアもこの方式を採用している。このような方形のクラスターは、ドイツのような小型の正方形クラスターも含め、トラクトとも呼ばれている。

クラスターは、一部を全て固定プロットからなる固定クラスター、残りを全て一時プロットからなる一時クラスターとして調査回毎に別のグリッドに移動させ、隙間無く調査を行うようにしている。

プロットは、スウェーデンの場合300または400m間隔であり、ドイツに比べてお互いの距離が遠い。国内の地域毎に、十分な統計学的精度を出すのに必要なプロット数が異なるため、クラスターの大きさを変えプロット数を調整している。スウェーデンでは南部に行くに従って

クラスターは小さくなり、最南部の固定クラスターは1辺300mの正方形であり、ドイツと類似した形となる。

フィンランドもスウェーデン同様1辺1200~1750mの大型のクラスターを用い、プロット間隔は250または300mであるが、クラスターの2辺または1辺にはプロットを設定しない。立木測定用のプロットは、フィンランドはドイツと同様ビッターリッヒ法による可変円形プロット、他の3カ国はフランスより小さめ、半径10m程度の2重または1重の円形プロットを採用している。

その他のタイプ そのほか、上記4類型に区分しかねるものとして、ランダムサンプリング(キプロス)、帯状サンプリング(ハンガリー)があった。

IV まとめと考察

以上のように、国家森林資源調査は、主としてプロットの配置様式の面からは、4タイプに区分することが可能と考えられた。ヨーロッパにおいて各タイプの地理的分布を示すと図-3のように示された。概ねヨーロッパの西部と南部が単一の円形プロット方式、中央部が小型の正方形クラスター、北欧が大型のクラスターというように地理的まとまって分布していると言えた。

また、地理的な条件とプロットの配置に関して、筆者はかつてドイツの森林資源調査の担当者に「クラスター内の4プロット間を、地形の関係で移動できない場合はどうするのか。」と質問したことがあるが、「そのような時には、別の方向から回れば良い。クラスターの外周を行けないということはあるにない。」との回答であった。北欧では、クラスターの外周の全長は最大7200mにもなるが、地形が平坦であるため、クラスターの外周を

移動することは比較的容易であり、調査チームは1日に1クラスターの調査が可能とのことである(4)。

E. Tomppo氏は、各国がNFIを導入した時期について整理している(1)。最も早いフィンランドやスウェーデンが1920年代初頭、次いでフランスが1958年、ドイツが1960年代初頭と比較的早い時期である。これらは林業や森林科学の面で、世界の代表的な国家であり、後でNFIを導入しようとする国にとっては、手本となる国であろう。また、地理的に近いと地形も類似しているのので、その結果、国家森林資源調査のプロットの配置手法も地理的にまとまったのではないかと考えられた。

引用文献

- (1) Erkki Tomppo et. al.(2010) National Forest Inventories. 612pp., Springer, New York.
- (2) Min Zhang (2009) National Forest Inventory in China and its capacity building Facing UNFCCC. Proceedings International Symposium on National Forest Inventory in Yangyang, Korea: 24-28.
- (3) 西川匡英 (1994) 先進諸外国の国家森林資源調査の動向と展望. 森林計画誌22:1-18.
- (4) 家原敏郎ほか (2005) フランス, ドイツ, スウェーデンの国家森林資源調査. 56回日林関東支論:7-10.
- (5) 家原敏郎ほか (2006) カナダの国家森林資源調査. 57回日林関東支論:59-61.
- (6) Sung-Ho Kim (2009) The Enhanced of the National Forest Inventory program of Korea. Proceedings International Symposium on National Forest Inventory in Yangyang, Korea: 18-23.

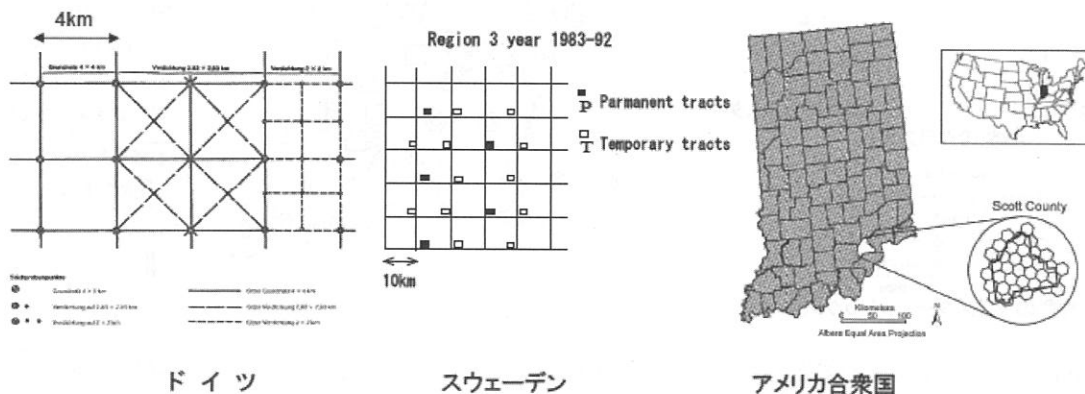


図-1. NFIにおける系統抽出のためのグリッドの例 (Erkki Tomppo et. al.(2010)より一部引用)

Fig.1 Example of grid of National Forest Inventories for systematic sampling (quoted from E. Tomppo et. al.(2010))

表-1. 各国の国家森林資源調査の概要

Table.1 Summary of the National Forest Inventories on Europe and other main countries

国 家	系統抽出グリッド 間隔(km×km)	タイプ区分	クラスター		固定プロット率 (%)	プロット(立木測定用)		
			形状	大きさ(m×m)		個数/クラスター	形状	構造 ¹
フランス	1.41×1.41	単一	—	—	0	1	円形	3重 15
ベルギー(ワロン地域)	1×0.5	単一	—	—	100	1	円形	3重 18
ルクセンブルグ	1×0.5	単一	—	—	100	1	円形	3重 18
オランダ	1×1	単一	—	—	50	1	可変円形	— 5-20
イギリス	8×8(ウェールズ)	単一	—	—	—	1	円形	— 5.64
アイルランド	2×2	単一	—	—	100	1	円形	3重 12.62
スイス	1.41×1.41	単一	—	—	100	1	円形	2重 13.82
ドイツ	(2×2)~4×4	小型正方形クラスター	正方形	150×150	100	4	可変円形	—
オーストリア	3.889×3.889	小型正方形クラスター	正方形	200×200	100	4	可変円形, 円形	1重 9.77
ポルトガル	2×2	単一	—	—	0	1	円形	3重 17.84
スペイン	1×1	単一	—	—	100	1	円形	4重 15
イタリア	1×1	単一	—	—	0	1	円形	2重 12.99
クロアチア	4×4	小型正方形クラスター	正方形	150×150	100	4	円形	4重 13
スロベニア	16×16(4×4)	単一	—	—	100	1	円形	4重 13.82
ギリシャ	—	小型非方形クラスター	亀甲形	プロット間隔 20m	(不明)	10	可変円形	—
キプロス	ランダムサンプリング (その他)	—	—	—	100	1	(不明)	—
ポーランド	4×4	小型非方形クラスター	L型	—	100	5(測定は1個/年)	円形	1重 12.62, 11.28, 7.98
チェコ	2×2	小型非方形クラスター	2連型	間隔 300m	100	2	円形	3重 12.62
スロバキア	4×4	単一	—	—	0	1	円形	2重 12.62
ハンガリー	帯状サンプリング (その他)	—	—	—	—	—	—	—
ルーマニア	2×2~4×4	小型正方形クラスター	正方形	250×250	約 50	4	円形	2重 12.62
ロシア連邦	(不詳)	単一	—	—	(不詳)	1	円形	3重 12.62
アイスランド	0.5×1~1.5×3	単一	—	—	100	1	円形	2重 7.98
スウェーデン	可変	大型クラスター	長方形	300×300~1800×1800	約 60	4-12	円形	2(3)重 10 または 7
デンマーク	2×2	小型正方形クラスター	正方形	200×200	約 33	4	円形	3重 15
ノルウェー	3×3	大型クラスター	方形	地域により異なる	14-100	地域により異なる	円形	1または2重 8.92
フィンランド	3×3~10×10	大型クラスター	長方形	1200×1200~1800×1800	約 25	9-14	可変円形	— Max12.52
エストニア	5×5	大型クラスター	長方形	800×800	25-50	16	円形	2重 10 または 7
ラトビア	2×2~4×4	小型正方形クラスター	正方形	250×250, 500×500	100	4(測定は1個/回)	円形	2重 12.62
リトアニア	4×4	小型正方形クラスター	正方形	250×250, 500×500	75	4(測定は1個/回)	円形	2重 12.62
カナダ	20×20	単一	—	—	100	1	円形	2重 11.28
アメリカ合衆国	2,400ha	六角形	小型非方形クラスター	正三角形	プロット間 120.0フィート	4	円形	1(2)重 7.32
ブラジル	20×20	単一	十字型	長径 160	—	4	長方形	3重 50×20m
ニュージーランド(天然林)	8×8	単一	—	—	100	1	方形	— 20×20m
ニュージーランド(植林)	4×4	小型非方形クラスター	正三角形	プロット間 35m	100	4	円形	1重 13.82
中国	4×4(2×2, 8×8)	単一	—	—	100	1	正方形, 長方形	600-1000m ²
韓国	4×4	小型非方形クラスター	正三角形	プロット間 50m	100	4	円形	2重 16
日本	4×4	単一	—	—	100	1	円形	3重 17.84

注) 1: () 書きは外円外側の直径本用の測定範囲を含む場合。2: 複数記載は、固定プロットと一時プロットで異なるか、地域毎に異なる場合。

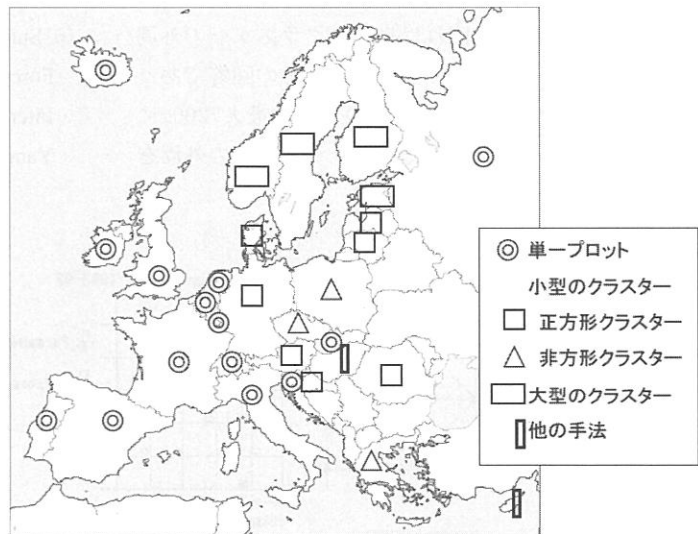
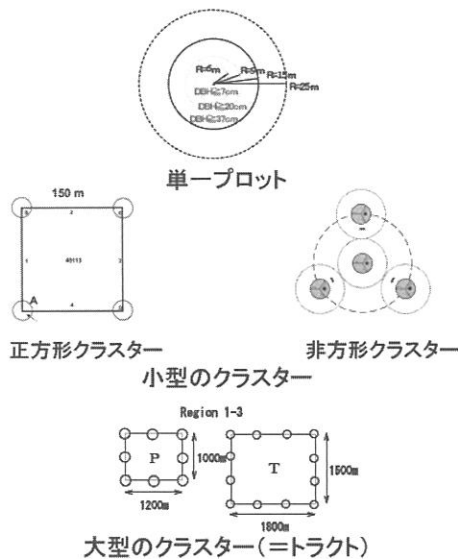


図-2. NFIにおけるプロット配置様式の類型

図-3. ヨーロッパにおける各タイプのNFIの分布

(Erkki Tomppo et. al.(2010)より一部引用) Fig.3 Distribution map of each type of National Forest Inventories

Fig.2 Type classification of National Forest Inventories

(quoted from Erkki Tomppo et. al.(2010))