緩地形地域における森林環境情報の整備に関する検討

溝 口 周 道*
堀 繁*

Mesuring Forest Environmental Data at Regional Planning Level in the Area with Gentle Slopes

Kanemichi MIZOGUCHI
Sigeru HORI

摘要：緩地形地域における森林環境情報の整備の方法を、メッシュ情報とポリゴン情報の特徴と我国における地理情報処理の動向をふまえた上で東京大学農学部附属北海道演習林をスタディエリアとして検討した。その結果、250 m グリッドの交点での標高データの計測による地形情報の収集と、グリッドとポリゴン図形の交点の計測による植生情報の収集法を採用した。

はじめに

森林は、木材生産、保水、レクリエーションなど多様な機能（効用）を有しているが、現在の我国においては、環境として利用する対象としての森林の重要性が一層高まってきている。環境としての森林の問題は決して新しいものではないが、実際の森林の取扱いには主に木材生産を中心に考えられ、環境の問題はそれに対する制限要因的な位置づけがなされてきたというのが実状であろう。それゆえ森林に関する情報は木材生産計画を目的として整備されてきており、森林環境計画（広義の森林レクリエーション計画・景観計画）のための情報としては不十分な点が多い¹⁾したがって、そのための森林環境情報の整備、空間的、地理的な情報の整備の必要性が叫ばれている²⁾。

空間計画においては、対象とする空間のスケールに応じた目的像への到達技法（計画技法）が存在し、塩田はその段階的な構造を、計画のオーダーという概念で整理しているが³⁾、用いられる情報についても、たとえばデータソースとして使用される図面の縮尺の違いに見られるような段階的な構造が同様に存在し、そのような観点に立脚したミクロなレベルでの森林環境情報（微地形、樹木情報など）の整備も一部で試みられている⁴⁾⁵⁾。

空間スケールと対応した情報の階層性は図面の縮尺という単位で概念的に整理されうるが、実際に、ある地域を対象とした情報整備を考えてみると、収集される情報、図面から抽出される情報は、その地域の環境の特性（特に我国では地形の影響が大きいと考えられる）を反映した面を合わせ持つこととなる。それはおそらく、地形

の緩急に応じた情報の整備手法として整理されて行くものと思われる。

電算機処理を前提とした数値地理情報としてはごく最近までメッシュ情報が主流であったが、近年のハード、ソフト両面での情報処理技術の飛躍的な向上に伴い、ポリゴン（線）情報も増加してきている⁶⁾。森林環境情報の整備においても、メッシュ・ポリゴン両者の特質をふまえた上で、実用的な方向での両者の複合的な整備を検討して行く必要がある。

本研究は以上のような認識のもとで、メッシュ情報およびポリゴン情報の特質を概観した上で、緩地形地域⁷⁾（2万5千分の1ないし5万分の1の図面を用いる地域レベルの空間スケール）における森林環境情報の整備について検討を行ったものである。具体的には、東京大学農学部附属北海道演習林をケーススタディとして、環境の二大要因項目である地形情報と植生（森林）情報の整備について検討を行った。

1. メッシュ情報とポリゴン情報⁸⁾⁹⁾

メッシュ情報の特徴は、メッシュコード（座標）によりあるメッシュの位置や隣接するメッシュは何かというような位相的な性質が直にわかること、計量的な性質が基本的にはメッシュ辺長に基づくことで、そのため、幾何学的構造に関する難しいソフトウェアを必要としないことである。また、メッシュの区画が普遍的に設定されることにより、時系列的な解析やユニット間の比較ができ、多重のオーバーレイや統計処理も容易である。そして、たとえば標準メッシュを用いることにより、他のデ

* 東京大学農学部

データベースとの間での情報の相互利用が容易であることである。しかし、メッシュの単位より小さな幾何学的構造の表現が困難であり、河川や境界線のような線的な情報の表現にも適さないものである。

一方、ポリゴン情報は、点、線分、面分を用いて対象とする地域を表現するもので、平面上に描くことが可能なものを数値情報化することができる。個々の要素（点線分、面分）の表現だけならば点の座標とその接続順によって簡単に表現できるが、全ての要素を対象とすると、幾何学的な構造の表現、操作のためのソフトウェア技法に高度なものを要する。情報量は多くなり、容量の大きいランダムアクセス可能な記憶装置や、XYプロッターのような出力装置が必要となる。

ポリゴン図形どうしのオーバーレイによる面積計算は複雑（多量）な計算を必要とするが、このことからわかるように、多数の要因や広範な地域でのデータ解析には適さない。実際に使われている地理情報処理システムにおいても、ポリゴン情報をメッシュ情報に変換して解析を行っている。¹⁰⁾¹¹⁾その際メッシュサイズは自由に設定されている。

ポリゴン情報によるデータベースは地理情報処理システムとして一旦構築されてしまうとその変更が難しい。また、他のデータベースとの間での情報の通信、互換性といった問題も残っている。民間企業で利用目的のはっきりしたところでは実用化されており、商業ベースでも商品化されつつある。将来は広く普及するであろうが、1 / 2500 白地図データベースの地方自治体への普及がはかられたが導入された事例が少なかった⁹⁾という例もあるように、現在のところどう普及してゆくのかは不確定な面が多い。

以上大雑把ではあるが、メッシュ情報、ポリゴン情報の特徴を見てきた。できあがった地理情報システムの普及については不確定な部分が多いが、従来のメッシュ情報すなわちある決められたメッシュサイズの情報に固定化するだけでは、当然のことながら従来の精度は越えられないし、メッシュ情報の限界を補うことができないのは明らかである。とはいえメッシュ情報そのものの利点は変わらないし、その有効性は高い。

メッシュ情報は電算機の普及とともによく利用されるようになり、メッシュプランニングの技法も生まれた。それはメッシュ情報の操作の簡便さと以前の電算機の処理能力によるところが大きい。しかし、メッシュ情報は電算機の普及以前からあり、空間計画情報としての利用が試みられていた。空間計画の技法が、使いやすい情報に規定されやすいのは事実であるが、新しい情報をどう使っていくかという視点も必要であり、森林環境情報の整備はメッシュ、ポリゴン両情報の長所を生かして進められるべきであろう。¹²⁾

2. 地形、植生情報とメッシュ、ポリゴン情報

(1) 地形情報

地域レベルでの地形情報は、2万5千分の1または5万分の1の地形図から得るが、標高を読みとって数値化する一般的な方法には2種類ある。1つはメッシュグリッドの交点の標高を読み取る「格子点法」で、もう1つはコンターを折れ線で近似し屈曲点の位置を読み取り線情報として記録する「コンター追跡法」がある（図-1）。データの分布は前者では均一であるが後者ではランダムである。地形の解析は個々の標高値について離散的な解析を加えても意味がなく、面的な広がりとして把握する必要がある。ランダムに分布するデータからグリッドデータに変換するソフトウェアもあるが、計算時間や精度の面で問題もあり、一般的にはグリッドデータの方が良い。また地形はもともと3次元のものであり、透視図のような3次元的な表現にもグリッドデータの方が適している。したがって地形情報は基本的には「格子点法」による方が良い。しかしながら、グリッドデータから傾斜情報を作成した場合、対象地の地形によっては実態とのギャップが大きい場合もある¹³⁾ことが指摘されており、対象地の特性に応じて情報を補足する必要もある。

図-1 格子点法(上)とコンター追跡法(下)

(2) 植生（森林）情報

植生（森林）情報は、植生図あるいは森林調査簿と基本図から得られる。それらは、面分と属性（植生タイプ、林相）によって構成されている。数値化の方法にはメッシュ方式とポリゴン方式がある（図-2）。メッシュ方式はメッシュサイズの決定とメッシュを代表する属性の決め方に注意が払われる。（その内容については既に一般化しているので省略する。）この方式ではメッシュサイズが固定化してしまうこと、また隣接するメッシュが同じ属性であっても実際に連続しているかどうかの判断がつかないなどの短所がある。一方、ポリゴン方式は図面のイメージがそのまま数値化され、またメッシュ情報に変換するプログラムを用意しておけばメッシュ情報もかねることになる。メッシュサイズは自由に決められるから、ラフな解析から詳細な解析へと多段階の解析が可能となる。また一つの図面から読みとれる情報は多様であり、メッシュ情報として1つの代表する属性に限定してしまうと不十分な点もある¹⁴⁾

以上の点から考えると、植生情報はポリゴン情報として整備し、必要に応じてメッシュ情報に変換して利用する方が得られる情報量も多く望ましいと言えるだろう。しかしながらポリゴン情報は明確な境界線があって成立する情報であり、そうした捉え方のできない情報についてはメッシュ情報が有効である¹⁵⁾したがって情報の利用目的やデータソースの内容を考慮して情報整備を進めることが肝要である。

3. 緩地形地域におけるデータ計測方法の検討

地形および植生（森林）情報の数値化を実際にどのような計測によって行うかを、東京大学農学部附属北海道演習林をケーススタディとして検討する。使用した図面の縮尺は2万5千分の1である。

(1) 地形情報

地形情報の計測は格子点法によるので、メッシュグリッドの位置と間隔（サイズ）を決める必要がある。

メッシュグリッドの位置については、他のデータベースとの整合性を考えて標準メッシュを用いるのがよい。

次にメッシュサイズの決め方であるが、基本的には主要な尾根、谷によって構成される凹凸が同じユニットの中にはいらぬことが望ましい。標準メッシュを用いる関係で、サイズは500 mか250 mか125 mかという判断になる。これは地形図を眺めて視覚的に見当もつが、透明な紙にグリッドを書き地形図にかぶせることで容易に判断がつく。主要な尾根、谷の判断には今後の検討を要するが、ここでは林班界のあるもの、河川のあるものを基準とした。林班は、森林の位置を明らかにし、事業の計画・実行・照査を便利にするために設けられる永久的な森林区画の単位であるので、主要な尾根、河川等に

a

b

c

図-2 原情報(a)とメッシュ方式(b), ポリゴン方式(c)

図-3 メッシュ・グリッドと河川位置

図-4 250 mグリッド標高データによるコンターマップ

境界が設定されるからである。

以上の様な基準により判断した結果、メッシュサイズは250 mとなった。図-3は対象地域内でもやや複雑な地形を有するエリアについて、250 mグリッドと河川の位置を示したものである。また、図-4は250 mグリッドの検証として、グリッド情報をもとにコンターマップを描いたものである。

緩地形地域においては、250 mのグリッドの標高値から傾斜度を算出した場合の適合性が比較的良好¹³⁾という報告もあり、250 mという値は適当なものと考えられよう。

(2) 植生（森林）情報

植生（森林）情報は空間計画のための情報として、植生タイプ、林相に関するものだけでなく、林齢や立木密度等の情報も必要である。また森林の取扱いの単位も考慮する必要がある。現段階で得られるデータソースとしては森林調査簿と基本図がありそれらの情報を得ることができる。調査簿及び基本図は林小班を単位とし、木材生産を主な目的とした情報であるが、現在それらにかわる情報がないこと、基本的な計測方法は同じであることからそれらを対象に検討を行う。調査簿と基本図は林小班コードを介して結びつけられる。メッシュ情報化の方法は既に一般化しているので、ここでは基本図上の林班界等の境界線を数値化する方法を検討する。

ポリゴン図形は曲線を折れ線で近似し、折れ線の頂点の座標を計測することとなる。

まず国土数値情報で用いている方法⁶⁾を紹介する。その方法は、近似折れ線ともの地図上の曲線との距離が一定の基準値を越えないようにしてある(図-5)。基準値は通常2万5千分の1の地形図上で1 mm以内になるようにしてある。この方法はかなり精度の高い計測法である。そしてこの方法で4種類の理論図形(かなり複雑なもの)を対象に周長と面積を測定し、理論値との比較を行っている。その際の誤差は、周長、面積とも2~3%となっている。

国土数値情報の場合は都市域などの複雑な土地利用のところも対象としておりそれなりの精度を要求されるが森林地域の情報としてはそれ程の精度を求めなくてよいであろうし、計測地点数をあまり増やさない方が得策であろう。林班界は地形の特徴線(尾根、谷など)に沿って設定される場合が多いが、緩地形地域においてはその線は比較的滑らかになるはずである。

地形情報の計測では250 m辺長のグリッドを採用した。したがってポリゴン情報からメッシュ情報に変換する場合にまず250 mメッシュが考えられる。そこで250 m 辺長のグリッドと林班界との交点の計測を行った(図-6)。

そして、対象地域内から境界線を共有しない林班をランダムに15個(全体の1割強)抽出し、それらについて計測値より周長を算出し、キルビメーターによる測定値

図-5 曲線の計測

図-6 グリッド边上の計測地点

(3回の測定による平均値)と比較を行った。

周長における差は最大で9.9%であった。

次に同じ林班について計測値より面積を算出し、森林調査簿に記載されている面積と比較を行った。土地の面積のような地籍的な情報は図面上での計測値とは必ずしも一致しない場合もあり、別の独立した情報とみなす必要があるが、計測が妥当であればその差はある範囲に収まるものと考えられる。

面積における差は最大で8.0%であった。

以上、周長および面積の計測による差が10%以内に収まったので空間計画のための情報の計測法として妥当なものと思なせよう。2万5千分の1の図面上での1 mmは25 mに相当しグリッド辺長を250 mとした場合辺長の10%に当たる。そこで、250 mグリッドの辺上での計測法が採用できる。

しかしながらこの計測法だと、メッシュの中心付近に角度の急な屈曲点がある場合にその部分の誤差が非常に大きくなる。検討に用いた林班の周囲を目で追って行くと、視覚的に判断して約120°程度以内での屈曲点が1つの林班について最大で5箇所程度見られる。そのような場合には間に補完点を設けた方がよいであろう。

個々の林班の計測についての検討は終わったが、残された問題として3つ以上の林班の接点(ノード)の問題がある。この点を無視してグリッド边上の点だけにすると、接点の周囲にどの林班にも属さないエリアが生じる場合がある。また接点を最も近いグリッド辺上に移動させるとすると、最大でグリッド辺長の1/2、平均で1/3の誤

差を生ずるし、仮に2 mmの移動を認めたとしても36%の点は許容外となる。したがって接点（ノード）については別に計測する必要がある。

(3) 地形情報の補足

地形情報は格子点法によっているため、計測地点が尾根や谷をまたいでしまう場合がある。この場合尾根は低く、谷は浅く認識される。この欠点はグリッドの間隔をかなり小さくするか他の方法によらなければ克服できない。前者を用いるとデータ数が著しく増大し無駄が多くなる。

そこで、尾根線や谷線とグリッドとの交点において標高を計測して補足する方法を試みた。グリッドの辺は規則的に並んでいるものであるからメッシュ情報と似たような扱いができるからである。また可視不可視の検索を行うプログラムでは、数値地形モデル上で視点と検索地点を結ぶ直線とグリッドとの交点でのチェックを行うようになっているものが一般的であるが(図-7), そうしたプログラムにも容易に組み込むことができる。

ここでは図-3のエリアを対象に、林小班界になっていいる尾根、谷線を中心に、グリッドとの交点での計測を行ってみた。

一例として、計測した標高値をもとにメッシュ毎の起伏量(各々のメッシュにかかる計測地点の標高の最大と最小の差)を算出してみた。補足情報を用いたものとの情報だけによるものとを比較してみると、98個のメッシュで差があり、最大値90.0 m, 平均25.5 mの差があった。

補足情報を用いたものによる起伏量が図-8である。また補足情報を用いてコンター位置を修正したものが図-9で、林小班界もプロットしてある。

ここに示したものは1つの試みであり、今後さらに検討が必要である。地形情報の補足は地形のどういう特徴を捉える必要があるかという点と関連して行われるべきものである。林小班界だけでなく、レクリエーション資源となる河川などとの関連など、何らかの補足は必要であろう。

4. まとめ

ここまで検討してきた緩地形地域における森林環境情報整備の方法をまとめると以下の様になる。

- 地形情報は地形解析という点からグリッドの交点で標高を計測する格子点法が良く、他のデータベースとの整合性という点からグリッドは標準地域メッシュの区画線が良い。そしてグリッドの間隔として250 mが採用された。これは主要な尾根、谷の間隔(分布)と関連して求められ、計測した標高データをもとにコンターマップを描くことで検証される。ただし主要な尾根、谷の判断については今後の検討を要する。

図-7 可視不可視検索

図-8 起伏量

図-9 補足情報によるコンターマップと林小班界(点線)

- ・植生（森林）情報としては植生タイプ、林相、林齢、立木密度などがあり、どのように数値化してゆくかは整備する情報の内容やデータソースと関連し、メッシュ情報の方が適するものもあるが、図面からの入力という点ではポリゴン情報の方が望ましい。メッシュ情報化の方法は既に一般化しているのでポリゴン情報の計測について検討を行った結果、250 m 間隔のグリッドの辺上で計測する方法が採用された。これは計測したポリゴン図形（林班界）の周長、面積の誤差が10%以内に収まったこと、また解析作業はメッシュ単位で行うことが多いため、地形情報のグリッドと関連をもたせたことによる。しかしながら、3つ以上のポリゴン図形の接点（ノード）については別に計測する必要がある。
- ・以上のように250 m 間隔のグリッド（メッシュ）を基本単位とした情報の整備がおおむね有効であることがわかった。これは地形が緩やかなためその外形を捉えやすいためだと考えられる。しかしながら格子点法による地形情報については若干の補足が必要な場合もある。ここでは試みとして尾根、谷線とグリッドの交点での計測による補足を行ってみたが、他の方法とともに今後の検討が必要であろう。

おわりに

本研究の一部は、文部省科学研究一般A（60440014）「亜寒帯針葉樹林の広域風倒後における森林形成過程の総合的研究」によっている。

補注および参考文献

- 1) 溝口周道・熊谷洋一(1987): 森林立地・林況情報を活用した保健休養機能評価: 造園雑誌50(5), 215-220
- 2) 塩田敏志(1983): 調査方法への提言: 札幌市・森林環境保全機能調査報告書 pp 123, 77-89
- 3) 塩田敏志(1975): 森林レクリエーション地の計画方法論に関する研究: 東京大学学位請求論文
- 4) 堀 繁(1985): 森林環境マイクロ情報としての樹木データの整備: 東京大学農学部演習林報告74, 133-147
- 5) 熊谷洋一・堀 繁(1983): 小メッシュによる森林レクリエーション・景観計画のための地形・樹木データの整備: 東京大学農学部演習林報告79, 投稿中
- 6) 国土庁計画調整局編(1986): 国土数値情報(国土情報シリーズ2), 大蔵省印刷局
- 7) 地形の緩急は地形図をながめて視覚的に判断することもできるが、起伏量によって捉えることもできる。スタディエリア内から1 kmメッシュで20×20の範囲(5 万分の1 地形図の大きさ)を選び平均起伏量を求めたところ約175 m (<200)であった。このことから当該地域が緩地形地域と判断できる。
- 8) 伊理正夫他(1986): 計算幾何学と地理情報処理: bit 別冊, 共立出版
- 9) 国土庁計画調整局編(1986): 地理情報システム(国土情報シリーズ6), 大蔵省印刷局
- 10) DANGERMOND, J (1983): Selecting New Town Sites in the United States Using Regional Data Bases: Computer Graphics And Environmental Planning, 119-140
- 11) TOMLIN, C. D (1983): Cartographic Analysis of Deer Habitat Utilization: Computer Graphics And Environmental Planning 141-150
- 12) 天野正博(1981): メッシュ・ポリゴン・ハイブリッド方式による森林の情報管理: 第92回日本林学会大会発表論文集, 137-138
- 13) 殿谷栄(1978): 地形の発達と傾斜情報に関する基礎的研究: 東京大学農学部修士論文
- 14) 溝口周道(1986): データベースとしてみた自然環境保全情報について: 造園雑誌49(5), 161-166
- 15) たとえば天然林における立木密度などは、ある面分の中での平均値でしか捉えられない。

Summary: Methodes of mesuring forest environmental data at regional planning level in the area with gentle slopes was investigated in Tokyo University forest in Hokkaido as a study area. After investigation, 250m-grid size was specified and landform data was mesured as digital terrein model. And for gathering vegetation data, intersection points of grid and border line were employed as mesuring points for polygon.