

## 地理情報システム (G I S) \*

木 平 勇 吉\*\*

### 1. はじめに

G I S (Geographic Information Systems) の利用に関する基礎的な知識を提供することが本報告の目的である。前半では、まずG I Sとは何か、次に林業での利用分野と現在までのユーザーを列挙的に説明してG I Sを利用する立場から概観する。後半ではこのシステムを導入しようとする場合の標準的な手順や費用便益の検討方法について述べ、最後に世界の市場に実在するソフトウェアを列挙してG I Sの導入実務の手助けとなる資料を提供する。

森林が持っている機能の中には森林が十分な広がりや適切な空間配置をそなえて初めてその機能を発揮できるものが幾つかある。したがって森林を正しく理解し管理するにはまず森林の所在を直接か地図によって見ることから始まる。とりわけ地図は対象を縮小して描くので森林の広がりや配置を知るのに都合が良い。さらに地図は目では直接には見えない森林情報、例えば所有権、土壌、管理計画などを視覚的に提示することが出来る。ところで今日の計算機技術は従来からの地図の機能を拡大して空間情報を収集、分析、検索そして表示する地理に関する1つの情報システムの概念を作りだすにいたった。森林を縮小しその空間配置を自由に解析できる新しい用具G I Sは林業の分野で適用され画期的な成果をあげる可能性をひめているので、ここにその要点を報告する。

この研究は著者がニュージーランド林業試験場に招聘研究者として在職中(1986. 1~1987. 1)に、G I Sを導入しようとするニュージーランド林野庁の要請に基づいて行ったものである。資料の収集にあたってはこの分野での先進国と思われるアメリカ、カナダ、オーストラリア、オーストラリア、ドイツ、南アフリカそして日本の研究者から多くの文献の提供を受けた。

### 2. 林業でのG I Sユーザー

計算機を使った地図技法は1960年代に始まり1970年代になると地理情報システムという概念が確立された。それは地図に記された事項を計算機が処理して天然資源や土地の管理に役立つ高度な情報を作り出すことが出来るようになったことである。その結果、最近10年間にG I Sの機能を備えた多くのプログラムが開発されて、あちこちの国の林業会社、森林官庁に導入されて多

---

\*Geographic Information Systems

\*\*Yukichi KONOHIRA, Faculty of Agr., Shinshu Univ., Nagano 399-45 信州大学農学部

くの用途に利用され出した。

ところでGISの概観を知るために、ここではまず現在誰が使っているかを述べ、次に林業のどのような分野で使われているか、その後にはGISの概要と導入にあたっての注意事項という順序で説明する。

現在、森林関係で誰がGISを使っているかを調べた結果、次の9種類の機関を代表例として挙げできる。もっともこのユーザーリストは著者が入手しえた手紙と文献に基づくもので、全世界を網羅するものではないし、かつ最重要ユーザーであるとは断言できないが今日の世界の動向を知るには十分であろう。

(1) オーストラリア；タスマニア州山林局は1984年にESRI社(アメリカ)が開発したARC/INFOシステムを導入し森林資源管理と環境保全に利用している<sup>(1)</sup>。西オーストラリア州土地管理・保全局はグリッド法を使ったFMISシステムにより地図の重ね合わせや条件にかなう地域の検索を行っている。南オーストラリア州林産・林業局およびニューサウスウェールズ州山林局は1986年からGIS導入の調査を始めている<sup>(2,3,4)</sup>。オーストラリア国立大学林学科では目下TOMISシステムの導入作業中である<sup>(5)</sup>。

(2) アメリカ州政府；ワシントン州天然資源局は1983年にGEOMAPSシステムをESRI社から導入した。これは州有の天然資源と州有林の木材収穫計画に使われている<sup>(6,29)</sup>。他のアメリカの48の州政府は州有資源の管理のためにGISを使っており、その中でも10の州では森林資源についての26個のデータベースを持っている。その他に森林に関係するデータベースとして気象(16州)、環境の質(18州)、土地条件(15州)、レクリエーション資源(12州)、土壌(22州)、地形(16州)、植生(19州)それに野生動物(24州)が整っている<sup>(30)</sup>。

(3) アメリカ国有林；地方営林局ごとに多くの種類のGISを最近10年間に導入した。例えばCOMPISシステム、ARC/INFOシステム、STRINGSシステム、ERDASシステムなどで、これらはすべて民間会社で開発されたものである。その他に自己開発したシステムとしてMOSS、VICAR/IDIS、WRIS、RIDSが使われている<sup>(7,9)</sup>。営林局に属する各国国有林ではその地区の管理目的にGISが用いられ、例えば森林資源調査、病虫害防除、水保全、土地管理、森林計画、環境保全、山火事防止、レクリエーション計画、土地保全・砂防、野生動物管理で実用的に適用されている<sup>(7,9)</sup>。

(4) アメリカ内務省；アメリカ地理局は世界最大のGIS開発者でありユーザーの1つであり数値地形図、水系、土地所有権、土壌、植生、水資源管理に関する地図データベースの作成管理に責任を持っている。またアメリカ土地管理局はMOSSを標準システムとして管理下の9の州、アラスカ、オレゴン、カリフォルニア、ネバダ、ユタ、モンタナ、ワイオミング、コロラド、ニューメキシコで使用している。

(5) アメリカ林業会社；ウェイヤハウザ社はGISの開発と利用について15年以上の経験がある。森林資源調査、収穫計画とそれに関わる管理業務に使われているが、それぞれの仕事のため

に内部で開発されたものである<sup>(12,1)</sup>。シンプソン社やジョージアTL社では社有林経営のために過去7年以上にわたりGISを集約的に使っている。シンプソン社では50種以上の地図データベースを持っているし、ジェームス・セワール社でも同様の状態である<sup>(14,8)</sup>。

(6) アメリカ林業試験場・大学；国立林試はそれぞれ所在する地域の、大学は各州の森林管理と自己の研究とのためにGISを運用している。

(7) オーストリア林野庁、西ドイツのラインランド林業試験場では小型計算機で使える地図技法の試作を目下行っている段階であり実用化へ進みつつある。南アフリカ林野庁はCADシステムを使った経験があり、同国ステレンボッシュ大学では小型計算機による地図技法を研究のため使っている<sup>(16,17,21)</sup>。ニュージーランド地理局は地図作成のためにGISを使っているが林業分野では導入調査を始めた段階である<sup>(27)</sup>。

(8) 開発途上国；タイでは表層水資源管理、スリランカでは海岸侵食防止、バングラデッシュでは農業・水資源管理、洪水防止、エジプトでは鉱山開発、地下水と石油開発、ペルーでは環境計画、天然資源管理、土壌保全のために国際機関の支援のもとにGISが使われた実績がある<sup>(18)</sup>。

(9) 日本；住友林業が1984年に林業管理のためのGISを開発した<sup>(19,20)</sup>。

### 3. 林業でのGIS応用分野

前節でGISの応用分野についてもユーザーごとに若干の説明をした。また潜在的な応用分野は無限に近く広いが、現在までに実用的な水準で使われた応用例を挙げることはGISの概要を理解するために役に立とう。

(1) 病虫害防除；ジプシーモスの対策に1983年、スプルーสบッドウォームの防除に1985年、それぞれアメリカ国有林3ヶ所でGISが使われた<sup>(22,23)</sup>。

(2) 野生動物管理；アメリカ、ロッキー山脈とイエローストーン地域での灰色熊の生息調査のためにMOSSシステムが2つの国有林で使われた。

(3) 山火事防止；山火事発生の予測モデルの試験研究のために2つのアメリカ国有林でGISが有効に使われた。

(4) 鉱物開発；森林経営と鉱物開発との相反する利益を調整する計画案がGISによって作られた。

(5) 森林計画と木材収穫計画；収穫と長期の木材資源管理のためによく適用された結果、今日アメリカ国有林の経営の方針を決める森林計画立案はGISを適用する最大分野となりつつある。

(6) 育林作業；施肥計画、育林作業実施地図作成、地拵え、間伐、除伐の必要林分の特定に用いられている。

(7) 山地侵食防止

(8) 風倒木被害地図と伐出利用計画

- (9) 森林資源調査
- (10) 土地利用計画
- (11) レクリエーション計画
- (12) 水資源管理と道路・河川の保護樹帯設定
- (13) 林道開設計画

なお、1986年にESRI, INTERGRAPH, COMAC, GEOBASED システムのユーザーに対して行われた調査によるとそれらのGISによって作られた地図の種類とその割合は表-1のとおりである。

表-1 GISで作成された地図

作成された地図の種類	全ユーザーの中でこの種類の地図を利用したユーザーの割合
土地条件図, 林相図	93 (%)
地形図	50
土壌図	70
土地利用図, 行政界図	76
水系図	53
地質図	16
土壌水分図	13
降水量図	7
その他 (育林図, 地拵図, 施肥図, 除間伐図, 道路図, レクリエーション図, 野生動物生息図, 地価図, 害虫図, 所有権図, 交通図, 鉱物図, 水面保護樹帯図)	53

#### 4. GISとは何か

GISを理解する最良の方法は自分が興味をもつ対象を処理するために1つのGISプログラムを使ってみることであろうが、ここでは一般的な機能を説明してGISの概念を描いてみる<sup>(25)</sup>。

地理情報システムは地図上に描かれた事物の位置, 形, 大きさ, 結びつき等の空間上の所在形態に関する地理情報を扱う計算機装置とソフトウェアとの総称で次の3つの機能を必ず持っている。

- \* 地図情報の記憶
- \* 地図情報の解析
- \* 地図情報の表示

##### (1) 地図情報の記憶

地図情報とは紙面や写真に描かれている天然資源の分布、土地利用状況等について所在、形、量、性質である。これを数値に変換して計算機媒体に貯える機能を記憶 (Store) と呼ぶ。地図の内容を数値に変換する方法はいくつかあるが代表的なものとしてポリゴン法を説明する。まず直交座標系の座標値によって1つの点の位置が定義される。次に、点の連続により線分や曲線が定義され、さらにこれを利用して外周曲線により1つの区画面が定義される。このように地図上の平面空間の内容を点、線、面の3種類のタイプにより数値化する方法はポリゴン法と呼ばれ最も広く採用されている。その他にグリッド法、セル法と呼ばれる手法もあるが現在はあまり使われていない。地図上の内容とその変換の方法は図-1のとおりまとめることができる<sup>(32)</sup>。

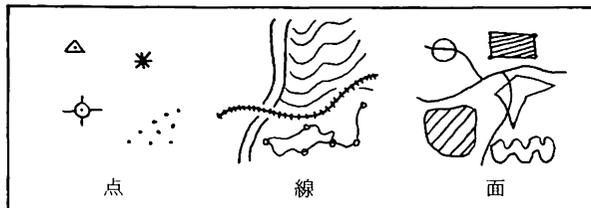


図-1 地図情報の記憶

## (2) 地図情報の解析

計算機媒体に記憶された地図情報は異なる資源や土地利用についてその地理的關係、量、性質が重ね合わせ、検索、統計処理などにより解析され利用者の必要に応じて高度な情報が作られる。この解析機能の内容はシステムの用途により異なるが一般的なものは図-2および次の用語で説明される

Browsing (ながめまわし), Windowing (部分拡大), Thinning (単純化) Dissolve (削除), Scale (縮尺), Projection (投影), Coordinate (座標変換), Overlay (重ね合わせ), Corridor (縁どり), Buffer (区域設定), Measurement (長さ, 面積測定)

## (3) 地図情報の表示

解析された地図情報を表、図、地図の形で紙面あるいはディスプレイ画面に図-3のように描く機能を表示という。

以上を要約すると、GISは計算機システムによって構成される1つの情報制度で扱う対象が地図情報である。天然資源や自然環境の地理的分布について互いの関わりを解析し、より高度な情報を計画立案者に提供することが出来る。したがって広く平面空間に分布している森林資源を対象とする林業経営や林学研究の分野で利用できる潜在的な可能性をもっている。

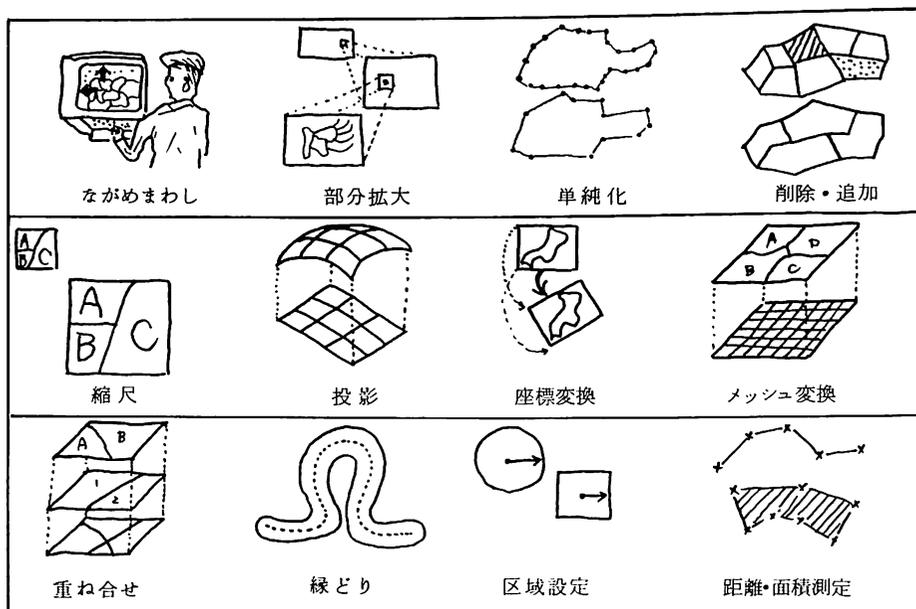


図-2 地図情報の解析

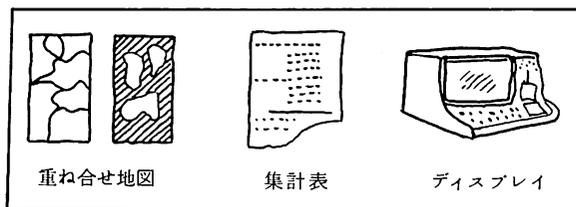


図-3 地図情報の表示

## 5. GISの導入手順

導入の第一歩は必要性の分析から始まる。多くの種類のシステム、あるいは多くの機能の中で特にどのような機能が求められているかを明確にすることが必要である。既存の地図や関連資料の存在と流れとを分析し単純で効率化することもこの分析に含まれる。次に費用便益の分析を行いGISの導入の実現可能性を調べる。ここでは数量化されうる便益だけでなく地図の質、納期などの向上も考えにいれるべきである。同時にハードとソフトの構成が必要性に合っているか、例えば計算機システムが集中か分散かの分析を行う。また現状からGISのためにデータやプログラムを変換するに要する費用と手間の評価もこの費用分析に含まれる。その結果GISを導入することにより費用の節約と便益の増大が期待できる場合は次の導入実施計画に移る。まず装置導入時期とデータの変換のスケジュールである。同時に資金調達や導入により生じる組織内の問題の処理である。これが終わるとハード・ソフトを含めたGISシステム構成と運用についての概略設計および詳細設計に移る。詳細なデータ・ベースや地図の特定化が必要となり以降の作業

の土台となる。次に試験的に運用することによりデータ収集、システム操作の有効性を調べると共に設計を修正すべき点を指摘する。以上の設計により確定した必要機能を明示してメーカーから提案書を取り寄せ、その中で要求に合致する候補の数をしぼる。それらについて不十分な点がないかを標準的な資料を使ってベンチマークテストを行う。その後、購入先とシステムを決定する。当然費用と性能との関連が重視されるべきだが導入時期や保守条件も大切である。この時期には購入業者と綿密に話し合い、公式提案以外にも柔軟に設計内容の変更が必要となる。同時に担当者を決めて訓練を始め導入以前に一定の水準に達するようにする。その後、装置が実際に搬入され手作業からGISへのデータ変換計画をたてる。これはデータ・ベースの設計と地図の数値化である。このための要員と費用との計画をも含める。この変換費用は装置の購入費の数倍におよび外注も考えられる。このデータ・ベースや変換のための費用が用意されていないと新システムは働かない。

## 6. GISの費用と便益

GISの費用を算定する場合、次の5項目に分けて考えるとよい。すなわち購入費、人件費、地図の数値化作業、保守管理、そして運用費である<sup>(34)</sup>。

まず購入費は計算機装置とソフトウェアである。この購入費がGISの全費用と誤解されやすいが他の項目も忘れることは出来ない。現在では小型計算機の機能が向上しているので小型から大型まで選択の範囲は大きく、利用目的に適した処理機能、処理速度、成果品の質に見合う機種を選択が必要である。次に人件費であるが、しばしばこれは見過ごされる。要員の訓練がまず必要でGISが高度であればこの要員養成費は大きくなり、コンピュータプログラムをいじれる能力がオペレータにも求められる。地図の数値化作業はGISの中で最も費用がかかり作業時間の80%はこれに費やされる。1区画のポリゴンを数値化するのに少なくとも数分を要するからである。したがって、高度なGISを導入してもこの数値化作業のために予定が遅れてしまう場合がある。次に、GISは一般計算機より複雑なハードを使用するので保守費は高くなる。導入時には操作に関する支援が必要であり遠隔地の場合はその費用が大きくなる。データやプログラム管理費も無視できない上、GISの応用プログラムは複雑なのでソフトウェアの保守費も算定すべきである。運用費とはシステムをうごかし成果品を最終利用者へ届ける費用である。以上5つの項目はGISを導入運用するための一般的に必要なと思われる費用である。

便益の算定は費用より難しいが次の4つの方法が考えられる。すなわち誤りを少なく出来るか、情報の有効さ、分析の能力、正確に再現できるかである。これらの便益とはこのシステムを使うことにより節約できる費用の大きさにより評価するものである。

誤りを少なくするとは、このシステムがなくて情報不足によって生じる経営の誤りがひきおこす費用によって評価される。例えばGISがないために木材生産量や収入が減少する場合、意志決定者は、もし良い情報がGISにより提供されていたらその損失は避け得たのである。次に情

報の有効さとは、GISがある場合とない場合とについて経営情報の成果品に関する有効さを比較することである。地図や製図は代表的なものである。次に分析の能力とはGISならではの分析能力によって得られる価値の評価である。例えば高度な空間分析、地図の重ね合わせ、対話型による図形データの修正などはGISに特有の機能で、これによって高度な経営が可能になる。最後の評価はGISが分析を正確に再現できるかどうかである。従来の手操作では計画立案と評価の繰り返しによる試行錯誤が不可能であった。これに対しGISは以前に行った手順を容易に再現し、これにより良い経営判断が可能になる。

## 7. 市場にあるGISシステム

1986年現在でアメリカで市販されているGISは莫大な数であり、さらに多くのものが市場に出てきつつある。その中で林業分野でよく使われているシステムから10個、さらに小型計算機向きに開発されたシステムを10個選び出して列挙した。小型のシステムの導入にあたっては特に次

表-2 市場にあるGISシステム

大型システム
(1) MOSS (Map Overlay and Statistical System) was developed by the Fishery and Wildlife Service, Department of Interior. Moss is the most common GIS in the U.S.
(2) VICAR/IBIS (Video Image Communication and Retrieval System/Image - Based Information System)
(3) WRIS (Wildland Resource Information System)
(4) RIDS (Resource Information Display System)
(5) ARC/INFO was developed by ESRI (Environmental Systems Research Institute)
(6) ERDAS was developed by Earth Resource Data Analysis Systems
(7) AUTOGIS was developed by Autometric, Inc. <sup>(26)</sup>
(8) COMPIS, CIMS was developed by Comarc Design Systems
(9) STRINGS was developed by Geobased Systems
(10) ODYSSEY was developed by Harvard University and marketed by Synercom Technology, Inc. <sup>(27)</sup>
小型システム <sup>(33)</sup>
(1) GIS-100 by Aeronca Electronics, Ins.
(2) AUTOGIS by Autometric, Inc.
(3) Comarc family (CIMS, COMPIS and GDMS) by Comarc Systems
(4) LANDTRAK by Griterion, Inc.
(5) ERDAS GIS and Image Processing System by Earth Resources Data Analysis Systems
(6) A GIS Overlay for RIPS Image Processing System
(7) STRINGS by Geobased Systems
(8) Professional Map (PMAP) by Spatial Information Systems
(9) Intergraph family (DTM, GPPU, GDU) by Intergraph Corporation
(10) PRO/GIS by St. Regis Paper Company

の点を考慮すべきである。

- |            |               |                 |
|------------|---------------|-----------------|
| (1)低価格     | (2)GIS標準機能の完備 | (3)機能の総合的パッケージ化 |
| (4)ソフトの柔軟性 | (5)高品質画像      | (6)操作容易         |

## 引用文献

- (1) Martin Stone, Tasmanian Forestry Commission, private communication
- (2) Department of Conservation and Land Management, Western Australia, Syd Shea, private communication
- (3) P.M.South, Woods and Forests Department, South Australia, private communication
- (4) P.L.O'neill, Forestry Commission of N.S.W., Australia, private communication
- (5) Geoff B.Wood, Australian National University, private communication
- (6) Larry J.Sugarbaker, Post implementation review and private communication Department of Natural Resources, Washington State, USA 1986
- (7) William C.Ubbens, USDA Forest Service, Washington D.C. USA, private communication
- (8) John Antnucci, Geographic Information Systems and implementation consideration, Proceedings of a computer conference and third annual meeting of the forest resources systems institute, USA 1986
- (9) US Forest Service, GIS project effort past, present and pending, USA 1986
- (10) Department of the Interior, US Geological Survey, National Mapping Division Proceedings of the workshop on methods and techniques for digitizing data 1985
- (11) American Society for photogrammetry and remote sensing, Proceedings of geographic information workshop, USA 1986
- (12) D.J.Depta, A system for stand-based inventory of large forest areas, IUFRO Proceedings, Bucharest 1978
- (13) D.J.Depta, Integrated forest planning systems at Weyerhaeuser Company, Proceedings of IUFRO symposium Tokyo 1984
- (14) John Walker, Simpson Timber Company, private communication in 1985
- (15) Edward M.Jager, US Forest Service Eastern Region, private communication
- (16) Ding Lettau Gunther, Osterr Bundesforest, Austria, private communication
- (17) A.Roeder, Forstliche Versuchsastalt RheinlandPlalz, private communication
- (18) C.K.Paul, Support for geographic information systems in developing countries, US Agency for International Development, Washington DC, USA
- (19) Shigeru Takeda, Data-map system for forest management, Proceedings of IUFRO Tokyo 1984
- (20) Masaki Mashita, Data-map system for forest management, Nicograph 1985 in Japanese
- (21) Klaus von Gadow, University of Stellenbosch, South Agrica, Private communication
- (22) Russell Pence, W.M.Ciesla and D.O.Hunter, Geographic information system, a computer assisted approach to managing forest pest data, US Forest Service 1983
- (23) A.S.Munson, B.W.Morse and W.B.White, A geographic Information system improves aerial sketch mapping for the spruce budworm, US Forest Service, 1985

- (24) The American Farmland Trust, A survey of geographic information systems for natural resources decision making, Washington DC, 1985
- (25) US Forest Service, Geographic information system, an executive briefing package, Washington DC, USA
- (26) Autometric, The newsletter of Autometric Inc. 1986 summer, AUTOGIS
- (27) Jonathan Corson-Rikert, The ODYSSEY System, the Harvard University 1983 private communication
- (28) Dana Tomlin, An IBM personal computer version of the Map Analysis Package Harvard University, 1986
- (29) Larry J.Sugarbaker, Dean R.Anderson and Mark J.Sorensen, Development of a geographic data for natural resource management on state owned lands
- (30) University of Kansas, An inventory of state natural resources information systems, Kansas applied remote sensing program 1984
- (31) University of Kansas, Applied remote sensing, Newsletter Vol.14-1 1986
- (32) Bill Cosoletti, Use of a geographic information system applied to forest management, Proceedings of a computer conference and third annual meeting of the forest resources systems institute 1986
- (33) Dean Tucker, Low cost microcomputer geographic information systems and their applications, same proceedings above
- (34) Hugh A.Devine and Richard C.Field, A new technology with little scientific backup can be applied, proper cost - benefit analysis is used, Journal of Forestry, August 1986 and September
- (35) Joseph K.Berry, Learning computer assisted map analysis, Journal of Forestry October 1986
- (36) Digital Equipment Corporation, Spatial/II, Earth resource engineering 1986
- (37) James W.Sewall Company, Geographic Information System, USA