

III. GIS と土地利用分析

本章では、はじめに近年広範囲な分野で利用が急速に拡大し加速している GIS (Geographical Information System: 地理情報システム) についての概観を説明し、一般的な理解を得る補助とする。次に、本調査においてデジタル化を行った 1991 年土地利用現況図と中国政府の協力により利用することが可能となった 1995 年土地利用現況図のデジタルデータを基に、海城市土地利用の状況について考察し、1991 年と 1995 年の時系列変化について行った分析について述べる。

1. GIS について

1.1 はじめに

GIS に関する技術は図 1-1 に示すように 4 つの分野に跨っている。これらはそれぞれ独自に GIS より先に研究が行われて技術的蓄積を豊富に持って発達してきており、その内容を簡単に説明することは容易ではない。

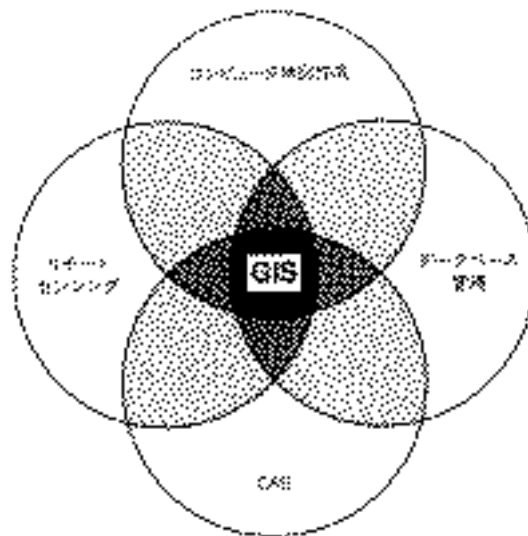


図 1-1 GIS、CAD(コンピュータ支援設計)、コンピュータ地図作成、データベース管理、リモートセンシングの情報システム間の関係

そこで本節では、コンピュータが導入されて GIS がどのように発展してきたのかという GIS の歴史について述べ、実際に GIS はどんな機能を持ち、どのような構成で運用されなければならないのかを説明する。

1.2 GIS の歴史

人類は生活をする中で得た地理的な情報を地図というメディアとして表現し、蓄積を行ってきた。地図の発明はおよそ3万年前と考えられており、食糧となる動植物の位置、河川や湖沼、自分たちの部落などの生活に身近な情報を記録していた。近代国家が成立すると地図情報は、行政区画の確定、土地資源の管理や開発、土地所有税の徴収などの公的機関が行財政を執行する上での基礎情報となり、また、対外的には軍事的に国土の防衛を理由に機密情報となった。

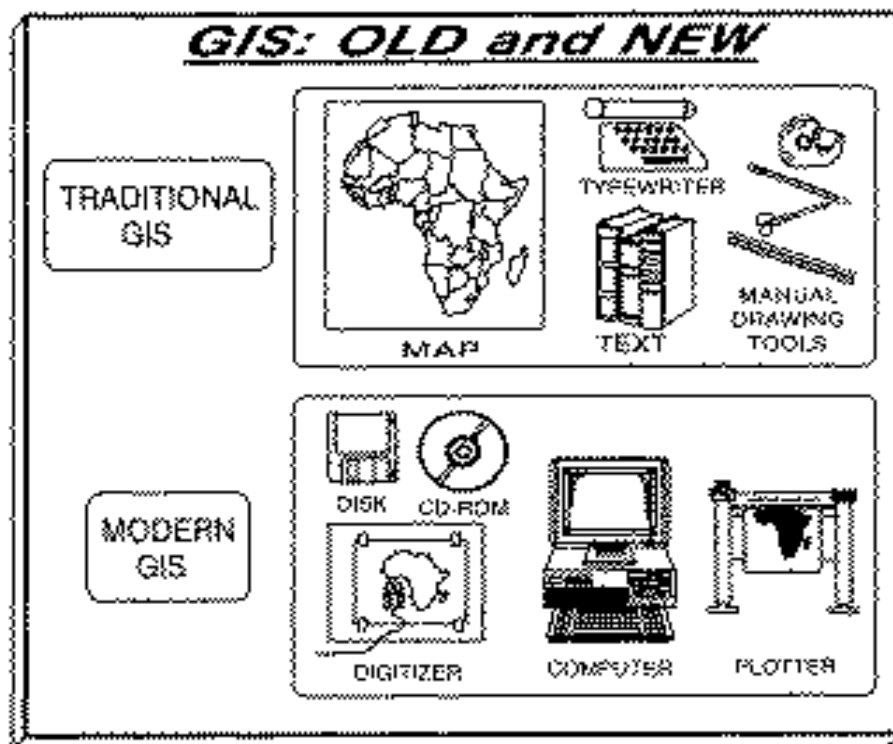


図 1-2 コンピュータを使わない伝統的な GIS とコンピュータを使った現代的な GIS

地図には、基本的に次の情報が記載されている。

- 1) 位置
- 2) 距離や面積
- 3) 土地利用、所在地、交通などの属性
- 4) パターンや隣接関係

“位置”は地図上に記載された緯度経度や地理座標系のスケールを読み取ることによって、“距離や面積”はものさしやプランメータなどの機器による計測と計算によって、“土地利用、所在地、交通などの属性”は地図上に記載された凡例を確認することによって、また、“パターンや隣接関係”は地図上の情報を判読する人間の認識能力によって取得することができる。これらの作業は空間分析の簡単な例であり、コンピュータを使わない伝統的な GIS ということが

できる。

このコンピュータを使わない伝統的な GIS に対して、1960 年代後半以来コンピュータを使った現代的な GIS が研究され実用化されてきた（図 1-2）。大まかに次の 4 つの発展段階を得て現在に至っている。

- 1) 第 1 段階：おおむね 1960 年代初頭から 1975 年までである。この時期は、コンピュータ上でいかに地図情報を扱うかという根本的問題を解決するために、地理学、地図学、統計学、測量学、景観建築学など多様な分野の学者が個別に挑戦した時期であった。個人のパーソナリティが、成果の出来を左右したと言われてるように独創性が必要とされた。
- 2) 第 2 段階：おおむね 1973 年から 1980 年代初頭までである。この時期は第 1 段階と同じようにコンピュータの性能があまり良くなく高価であったため、商業的な成功を前提とする民間よりも、研究費として予算の確保が可能であった大学や国家的な機関により研究が促進され、ソフトウェアの開発が行われた。また、国土地図作成機関によりデジタル地図作成技術の導入が進展した。
- 3) 第 3 段階：1982 年から 1980 年代末までであり、ワークステーションやパーソナルコンピュータが普及した時期である。そのため、民間企業による GIS ソフトウェアの販売が開始され、公的機関だけでなく、一般へ普及が始まった時期である。
- 4) 第 4 段階(1990 年から現在)：コンピュータの性能が格段に向上するとともに価格が低価格化し、また、デジタル地図データが整備され、ユーザーが手軽に GIS を利用できる時期である。ベンダー間の競争、オープンシステムについての標準化、デジタル地図データの標準化、GIS アプリケーション開発の多様化により、ますます便利になる時期である。

ただし、上記の 4 段階の時期はコンピュータによる GIS の開発をリードしてきたアメリカやカナダの北米と英国の状況であり、英国以外のヨーロッパや日本などが追随しているというのが現状である。これは、パイオニアの意思決定者への説得力、国内市場の大きさ、コンピュータのハードウェアとソフトウェアの開発における米国の主導的な役割、そして何よりも、国土が広大で既存の 1/50000 程度の大縮尺地図が整備されていないアメリカやカナダにおいて、大量の地理データを効率的にすばやく処理し、しかも費用効率的な手段の必要性を多くの北米ユーザーが認めていたことからくるものと考えられる。これに対してヨーロッパや日本では、国土が比較的狭く、国土の維持と開発に必要な 1/50000 程度の大縮尺地図は、地形図のみならず、土地利用図、土壤図などの各種主題図については整備済みであるからである。

1.3 GIS の機能

GIS は、地図や航空写真・衛星画像などの地理情報と地名や統計情報などの空間的に参照された属性情報を一元的に管理する情報システムである。地理情報はデジタル地図や画像ファイルとして、属性情報は表計算やデータベースのファイルとして、コンピュータで処理が行われる形式に変換しなければならない（取得、交換、確認・編集）。そして、地理情報と属性情報が連携して空間的分析を行えるように地理的構造を持った地理データベースに保存される（保存・

構造化)。また、一般的なデジタル地図データは点・線・面によるベクトル構造であるのに対し、衛星画像などの画像データは一辺の長さが固定されたセル構造である。利用できるデータの構造がこの両者である場合、空間分析を行うためにはこの両者のデータ構造を共通フォーマットに変換するデータ操作が必要である(再構造化、総描、変換)。こうして、「・・・があるのはどこか?」といった問い合わせや「もし・・・と仮定した場合、どうなるか?」という空間分析の実行が可能となる(問い合わせ、分析)。最後に空間分析の結果を地図、グラフ、統計要覧、報告書、表、リストなどさまざまな形態で表現して視覚化を行い、計画立案者やコミュニティの住民など意思決定プロセスに関係する人々の理解を支援する(提示)。

このように GIS の機能を構成する要素は表 1-1 に示すように多岐に渡っている。

一般に我々が扱っている情報の約 80% は地理的位置情報とリンクしていると考えられていることから、現在の GIS の広範囲な分野での急速な普及は容易に理解することができよう。

ここではさらに、CAD (コンピュータに支援された設計システム)、コンピュータ地図作成システム、DBMS (データベース管理システム)、リモートセンシングといったコンピュータ上で地図情報を扱うコンピュータシステムと GIS の違いを述べて置きたい。GIS が他の三つのコンピュータシステムと異なる最大のポイントは、地理的パターンと地理的関係の分析機能をもっているという点である。

CAD は、グラフィックスを基礎とし対話的な設計過程を通じて新しい製品の設計と製図を行うために開発された。CAD におけるデータベースは、部品リストや在庫参照番号などの結びつきしか管理していないため、単純なトポロジーの関係しか用いず、分析能力は限られていた。

コンピュータ地図作成システムは、地図をデザインし、ベクトル形式の高画質のアウトプットを作ることを目的としているため、検索と分析よりもむしろ表示機能に重点が置かれている。データ構造は、単純であり、トポロジー情報は含んでいない。これらは、データベース管理システムと結合することができるが、単純な検索処理が行われるに過ぎない。

DBMS は開発の進んだソフトウェアシステムであり、非図形的な属性データのソートと検索のために最適化されている。そのため図形的な検索および表示の能力は限られたものであり、空間分析機能にしても単純なもの以上は持っていない。

リモートセンシングシステムは、航空機や人工衛星に搭載されたスキャナによって取り込まれたラスタデータを集集し、保存し、加工し、表示するために設計されている。リモートセンシングシステムの多くは、ベクトルを扱う能力と属性データを扱う能力は限られており、DBMS との結びつきも貧弱であり、空間分析能力も限られている。しかし、データの質を高め、分類するための非常に高度な機能を持っている。

これらのシステムはすべて GIS に先行して研究が行われており、GIS はそれらから進化、あるいは技術を吸収したものであるから、共通の特徴を多く持っている。しかしながら、GIS は地理的パターンと地理的関係の分析機能を独自に発展させることにより、地理情報と属性情報を一元的に扱うことを可能とし、その分析結果を地図以外のグラフや表、リストなどのさまざまなに表現することにより、都市計画や地域計画を空間的にサポートする意思決定支援のため

ツールという役割を担っているのである。

表 1-1 GIS の機能的構成要素 (Maguire and Raper 1990 による)

論理のカテゴリ	データ種別	構成要素		
1 取得	地理	一次的	ラスター	リモートセンシング・スキャナ レーダー カメラ
			ベクトル	GPS 地上測量
		二次的	ラスター	スキャナ カメラ
			ベクトル	半自動デジタイザ入力(2D) ステレオプロッタ
	属性		データ・ロガー キーボード OCR 音声認識	
2 交換	地理	システム依存フォーマット システム非依存フォーマット		
	属性	システム依存フォーマット システム非依存フォーマット		
3 検証・編集	地理	追加 削除 変更		
	属性	追加 削除 変更		
4 記憶・構造化	地理	テッセレーション型	規則型	未構造化型 単純構造化型 階層型
			不規則型(TIN)	
		ベクトル型	非構造化型	スバゲッティ プリミティブインスタンス エンティティバイエンティティ
			トポロジー型	有向 単純 複合
	混合型			
属性	フラットファイル型 転置リスト型 階層型 ネットワーク型 リレーショナル型 オブジェクト指向型			
5 再構造化	地理	データ構造の変更		
	属性	データ構造の変更		
6 総描	地理	平滑化 集計 / 分析		
	属性	平滑化 集計 / 分析		

表 1-1 GIS の機能的構成要素 (Maguire and Raper 1990 による) [続き]

論理的カテゴリ	データ種別	構成要素
7変換	地理	アフィン変換 曲線変換
	属性	線形変換 非線形変換
8問い合わせ	地理	探索 オーバーレイ
	属性	検索
9分析	地理	ネットワーク オーバーレイ
	属性	
10提示	地理	地図 グラフ
	属性	表 レポート

1.4 GIS の構成

GIS を導入・運用するために必要となる構成要素は、図 1-3 が示すように 4 つからなっている。

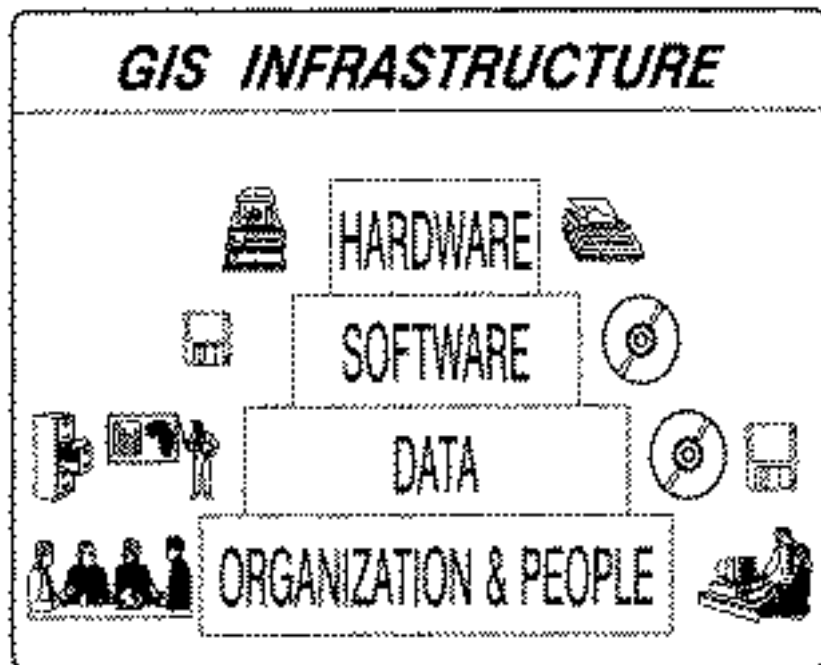


図 1-3 GIS を構成する 4 つの要素

このうち最も重要なのが組織と人材である。特に、はじめて GIS を導入する場合は、組織の理解と協力が不可欠である。なぜならば、ハードウェアとソフトウェアを購入し、データを整備するためにはその予算は膨大である。そのため、組織としてどのように GIS を活用していくのかという目標を設定し、その目標に向かって計画的にそれらの整備を比較的長期にわたって実行していく必要がある。また、データの整備は重複という無駄を排除するためには、各担当部署で所有している情報を提供してもらい、共有するという手続きを得ることが重要である。

人材については、空間的分析を行いたい都市計画、土地利用、公共施設管理、統計分析、教育、保健衛生などの各分野の専門家が GIS ソフトウェアのオペレーションを実行できることが最も確で効率的なことである。しかし、前節で述べたように、GIS の機能のある程度習得するには集中した習得期間が必要であり、通常専門家は日々の業務に追われて多忙であるため習得するのは非常に困難である。この問題を解決する方法として、GIS ソフトウェアのオペレータと専門家が共同して作業を行うことが考えられる。

データについて以前は市販されているデジタル地図がほとんどなく、導入した組織が独自に予算を確保して作成を行わなければならなかったが、最近では GIS の普及により、国土地図作成機関のみならず民間からも販売されて利用が可能となっている。ただし、途上国においては地形図の管理が軍の所管となることが多く、国家安全保障上の理由により利用が制限されていたり、取得が困難であることがほとんどである。

ソフトウェアとハードウェアについては、近年のコンピュータ技術の進展により性能が高く、価格が低いものが入手できるようになっている。このため、以前に比べると格段にソフトウェアとハードウェアに割り当てる予算の割合が小さくなっているため、さらに GIS が利用し易くなるものと考えられる。

1.5 おわりに

GIS は 1960 年代初頭にコンピュータが導入されてから 40 年が経過しているが、その発展はコンピュータが格段に性能が向上して低価格化し、デジタル地図データが整備された 1990 年から急速に普及してきている。この要因は我々が扱う情報の約 80% が地理的位置情報とリンクしていることと大いに関係がある。GIS のオペレーションの習得は、図 1-1 で示されているように技術的蓄積が豊富な 4 つの分野を跨っているため、その膨大な知識を得るために短期間では容易でない時期が続いていた。最近発表された GIS ソフトウェアベンダーの情報によると、GIS ソフトウェアがユーザーの所有している GIS データベースを分析し、そして、その GIS データベースで可能な空間解析をメニューとして表示して、ユーザーに選択させるインターフェースを搭載したという記事が掲載されていた。どのような空間解析を行うかはユーザーの思考に任されていた今までの状況から、GIS ソフトウェアのオペレーションを習得するという負担

が大幅に軽減され、総当り的な、あるいは、試行錯誤による解析を手軽に実行する手段をユーザーは手にしたことになる。このことにより、今までは GIS ソフトウェアのオペレーションを十分に習得していなかった、あるいは時間的制約のために実行できなかった空間解析というものがなくなり、新しい分析手法の発見が期待できる。

いままで説明してきたように、GIS は発展途上の技術であり、その可能性はまだまだ大きく広がっているということが出来るのである。