数値地図の作成と利用に関する最新の技術と将来展望

秋 山 実*

The Latest Technology and Future Prospects on Generation and Utilization of Digital Cartographic Data

Minoru AKIYAMA *

I. 数値地図分野の全体像

数値地図関係の技術は、コンピュータグラフィックスやデータベース技術の進歩にともない、急速に普及しつつある。ほんの4～5年前までは一部の先進的な機関で試験的にしか行われていなかった数値地図の利用が、今では官公庁から個人ベースまで幅広く行われつつある。

この数値地図分野の全体像を図1に示す。

図1 数値地図分野の全体像

数値地図作成技術の2つの手法は、オリジナルの地図情報を既成の地図から得るか、空中写真から得るかに分けて分けられるものである。地図はいずれ修正していかなければならないので、将来は計算機支援写真測量による方法が主流になると思われるが、現在は既成図のストックが大きいので、その数値化が大半を占めている。データ交換技術は、数値地図の利用が普及するにつれて大きな問題になっていくと思われるが、現在日本では単一の標準はなく、各界を網羅した標準化への努力も行われていない。利用技術の中の計算機支援地図作成は、数値地図データから多様なアナログ地図を出力する技術で、従来人手に頼っていた地図編集、製図技術を合理化する手段として発達してきたものである。地理情報システム技術は、数値地図をベースとして土地に結び付いた種々の情報を処理しようとする技術で、本来の数値地図利用技術として今後の発展が最も期待されているものである。

II. 既成図の数値化技術

既成図の数値化は当初ハンドディジタイザで行われていたが、大量データの数値化には向かないため、次第にスキャナによるラスタ読み取りと、自動ラスタ／ベクタ変換の方法へ移っていった。この背景にはスキャナを中心とするハードウェアの急激な進歩と低価格化がある。スキャナは当初単一のセンサで読み取るドラム型のものが主流であったが、CCDアレイセンサの開発によりフラットベッド型スキャナでも

* 国土地理院 * Geographical Survey Institute

大型で十分な精度を持つものが登場してきた。フラットベット型スキャナはドラム型に比べて圧倒的に読み取り時間を短縮できるため、大量の地図の数値化が一気に進むきっかけとなった。スキャナから得られるラスターデータは、データ量が多く扱いにくいいため、ラスター/ベクタ変換のアルゴリズムをハード化してスキャナに組み込み、直接ベクタ型データを出力させる方式のものも多い。

現在技術的に問題となっているのは、スキャナから得られる1本1本の線データに属性を付与する作業の自動化である。これをグラフィックワークステーションで対話的に行うと、非常に時間と経費がかかるため、ソフトウェアでパッチ的に行う手法の開発が進められている。ある程度項目を制限した分版や、読み取り易く手入れをした計測基図等を予め用意することにより、大縮尺図の道路や建物、中縮尺図の等高線等いくつかの項目では、自動認識率が高くなっているが、まだ印刷図を直接入力してほとんどの項目を自動的に認識するレベルには程遠いものがある。今後AI技術等を利用した新しい手法の開発が期待されている。

なお、ラスター型データからラスター/ベクタ変換を行うラスタースキャンタイプの機器とは別に、直接ベクタ型データを追跡しながら数値化するベクタスキャンタイプの機器も開発されている。この代表的なものは、英国レーザースキャン社のレーザートラッカーである。これは、原図を縮小したフィルム上で、レーザ光を線に沿って細かくスキャンさせることにより、線の位置を自動追跡させながら数値化していくものである。数値化時には、線の始点を指示するためオペレータが必要であるが、逆に属性の付与も同時に行うことができるため、全体としての効率はかなり高いといえる。

III. 計算機支援写真測量技術

日本ではこの技術をデジタルマッピングと呼んでいる。既成図では限られた紙面の中で地図表現しなければならないため、地上対象物の錯綜する部分では、転移（位置を少しずらして描くこと）、間断（重複する記号の一部を描かないこと）、総描（その地区の総体的特徴を表現し、個々の対象物の表現は省略すること）等の表現手法を用いており、必ずしも正確な位置に表現されていない。これに対して数値地図では、紙面の大きさといった物理的な制約が無いため、測定精度の範囲で全ての情報を正しい位置に記録できる。この数値地図の優位性を活かすためには、空中写真等の原資料から測量工程を通して数値地図の作成を行わなければならない。この意味でデジタルマッピング技術は、より高品位な数値地図の作成に適した技術といえる。

デジタルマッピングは総合的な測量技術であるため、複雑な工程から成り立っている。この内特にデジタルマッピングに特有の工程は、数値図化と数値編集である。

数値図化は空中写真からオリジナルの数値地図データを取得する工程で、解析図化機またはエンコーダ付きアナログ図化機が用いられる。これらの機器は計算機と結合した機器ではあるが、操作の主体を人間の目による立体観測と、写真判読に頼ったマニュアル操作機器である。この部分での自動化の研究は、まだ基礎的な段階にとどまっているが、将来が期待される。

立体計測の自動化に関する研究は、デジタルフォトグラメトリと呼ばれているもので、数値画像データ化された2枚の空中写真から、ステレオマッチングと呼ばれる手法により同一地点を探索し、写真と地上の幾何学的関係から対応する地上点の座標を求めるものである。ステレオマッチングは、対象物が特定されこれに対する知識が与件として与えられている、ロボットビジョン等の工業計測部門では既に実用化されている。しかし、対象物が不確定な空中写真等では、人工衛星データを用いた研究が行われている程度で、まだ実用化のレベルには達していない。

写真判読技術の自動化は、リモートセンシング等で開発されてきた画像認識技術と本質的には同じである。しかし、通常地図作成に用いられる写真はパナクロマティックであるため、マルチスペクトル情報による分類よりは空間情報を用いた分類となり難しい。また、リモートセンシングの分類が通常画素毎の分

類でありラスタ型データを成果とするのに対し、図化では認識した対象物をベクタ化しなければならず、境界線抽出等本質的に空間情報指向である。

数値編集技術は、数値図化によって得られたオリジナルデータを、数値地図としての品質を高めるため手入れする作業である。これにはグラフィックワークステーションを用いた対話処理と、プログラムによるバッチ処理が行われている。

対話処理のためのシステムは、ハード的には CAD システムとほぼ同じである。しかし、地図データの特徴として、データ量が多いこと、自由曲線データが多いこと等があり、このため表示、検索、拡大縮小、パン、スクロール等の基本的な機能もレスポンスが遅くなる傾向がある。従って、地図編集用のシステムでは、データ管理構造やデータ管理ソフトを強化して対応を図る等の特徴がある。

対話処理では時間と経費がかかるため、数値編集の合理化のためにはバッチ処理の比率を高める必要がある。等高線等のスムージング、建物の直角補正処理、交点処理、接合処理等については、かなりの自動化が達成されているが、例外的な事例も多いため、100%の自動化は困難な状況にある。

IV. データ交換技術

アナログ地図では、その内容を理解するのに図式の違いや大きさの違いなど大きな障害にはならないが、数値地図ではフォーマットやコード体系等が完全に理解されていなければ、データを読むことはできない。従って、数値地図が内部利用だけにとどまらず、外部とも交換されるようになると、データ互換性の問題が生じてくる。

数値地図の交換標準の考え方には、交換フォーマットを標準化する方法（交換フォーマット方式）と、データ形式の記述方式を標準化する方法（交換メカニズム方式）の2種類がある。後者はデータ提供者側ではデータの変換を行わず、利用者側がそのデータを理解するのに十分な情報を、一定の書式で記述し、これをデータ本体と共に交換しようとするものである。この方式は、前者の場合に比べてフレキシビリティが高いが、新しいデータを交換する度に、読み込みソフトも新たに作らなければならないという欠点もある。図2に2つの方式の概念図を示す。

図2 データ交換方式の概念図

現在日本には、1/500レベルでは道路管理情報システムのデータ、1/2,500レベルではデジタルマッピング標準データ、1/25,000レベルではデジタル道路地図データ、より小縮尺レベルでは国土数値情報データ等いくつかのデータが流通しているが、それぞれのデータ間での互換性や、標準化については未着手である。将来的には、通信の高度化にともない数値地図もネットワークで交換される可能性もあり、データ

フォーマットの標準化だけでなく、カタログ情報、検索方法、通信プロトコルまでの標準化を検討する必要がある。

また、現在数値地図のほとんどは磁気テープにより交換されているが、車載ナビゲーション用地図、住宅地図等の分野で、CD-ROM によるデータ提供が行われている。さらにパソコンのグラフィックソフト用データとして、フロッピーディスクでの提供も企画されている。今後数値地図の個人ベースでの利用が拡大していく中で、パソコンでも扱えるメディアでの提供がますます増加すると思われる。

V. 地理情報システム技術

数値地図利用技術としての地理情報システムは、一般的には汎用的システムより専用システムの方が効率がよい。利用ニーズを正確に把握し、最適システムを設計することが重要である。地理情報システムをハード面から見ると、CAD システムと似た構成になるが、CAD システムが図形データそのものを処理の対象にしているのに対して、地理情報システムの主な処理対象は、地図図形データではなく、属性情報と呼ばれている数字や文字のデータベースである。地図図形はこれらの属性情報を検索したり、表示するときの背景として利用されるケースがほとんどである。このため、地理情報システムに要求される図形処理機能は、地図をベースとして属性情報を分かりやすく高速に表示するための機能が中心となる。

また、地理情報システムでは、地図図形の間の位置関係（包含、交差、接合、独立等の関係）をもとに解析を行うことも多いが、これらの関係は原データから直接得ることはできないので、予め必要な関係を陽に扱えるようなデータ構造に変換しておかなければならない。これは位相構造化と呼ばれており、位相構造の無いデータはスパゲッティデータと呼ばれている。地図データはデータ量が多いため、位相構造化を対話処理で行うことは非効率的である。このため位相構造化を自動的に行うソフトの開発研究が進められている。既に存在する図形のみを使って行える位相構造化については、ほぼ自動化が達成されているが、位相構造化のために新たな線を発生しなければならないような場合は自動化が難しい。

現在、地理情報システムの多くはベクタデータのみを扱っているが、同じ地理的情報である空中写真や人工衛星データ等の画像データも同時に処理する利用分野が拡大している。また本来三次元情報である地理情報を、二次元表現である地図情報として扱うことの限界を、地理情報システムで解決しようとする研究も進められている。地理情報システム技術の今後の方向は、画像処理を含めた統合化と、三次元処理への対応であろう。

VI. 計算機支援地図作成技術

数値地図のもう一つの大きな利用分野は、アナログ地図の作成である。地図製図作業は従来ほとんど熟練技術者による手作業で行われてきた。このため多様な情報を多様な表現で表す地図への要望は高かったものの、実際にはほとんど応えられていなかった。しかし数値地図では、製図をほぼ自動化できるため、多様な表現を簡単に試すことが可能になった。また、直接印刷用の版を出力することも可能となり、写真製版工程も省略可能となってきた。印刷図以外でもカラー静電プロッタ、インクジェットプロッタ、レーザープロッタ等の出力機器が普及し、一部づつの生産も可能となってきた。

新しい表現手法としては、鳥瞰図、陰影段彩図、陰影等高線図等、立体表現に関するものが中心であるが、統計図や流量図、等時間距離図等、コンピュータマッピングならではの表現も増えている。またカラー表現としては、網点の自動発生、ディザパターンによる階調表現、パッチパターンによるタイル表現等が行われている。コンピュータによる地図表現には大きな可能性が残されている。今後とも新たな表現手法が次々と開発されてくると期待される。

地図作成分野でのもう一つの期待は、縮尺変換等の編集の自動化である。現在1/2,500図から1/10,000図への自動編集、1/25,000図から1/50,000図への自動編集等が研究されているが、完全には成功していない。

これはコンピュータマッピングを想定していない現在の図式にこだわりすぎているのも一因と思われる。記号の重複を排除するための転移，間断や総描といったプログラム化しにくい特殊処理を，多様な色表現，複雑な記号の発生等コンピュータマッピングの特性を活かすことにより，ある程度代替できると思われる。

VII. おわりに

数値地図分野の技術は今急速に発展しており，今後の方向を推測するのは必ずしも簡単ではないが，作成技術については自動化の推進，利用技術については多様化の推進がキーワードである。また，ほとんどの数値地図は初期データの整備が終わったばかりであり，そのメンテナンスについては実績が少ない。今後利用が個人ベースまで広がる中で，データのメンテナンス体制を早期に確立することが重要である。

(1990年10月17日受理)