

3次元GISと消防支援システムへの利用

財団法人消防科学総合センター防災システム課長 山瀬 敏郎
中日本航空株式会社東京支社マルチメディア事業部長 都築 仁
株式会社ゲン・テック企画開発部長 野畑 裕保

1 はじめに

通産省は、平成10年度に「次世代GISモデル事業」の提案公募を実施した。これは、GISの開発・研究支援を目的に、公益事業、流通、防災など6つの分野で創造的なGISモデルを民間から公募し、優れたものを採択して開発援助を行うものである。筆者らは、航空写真から3次元データを作成する技術を取入れた消防活動支援のためのシステムを提案して応募したところ採択され、10、11年度の2年間で基本機能の開発を行った。ここでは、システム実現のための基本的な技術の解説も含めて、開発したシステムの紹介を行う。

2. GISの概要

(1)GISとは

GIS(GeographicInformationSystem)は地理情報システムと訳され、一言でいえば地図データと属性データを統合して検索、解析、表示を行うシステムのことである。地図データは、ある対象の空間的な位置が座標によって参照できるようにデジタル化され

た地図で、空間データとも呼ばれる。属性データは、人口、土地利用、あるいは地形や地質といった空間的な位置の特徴を表わすデータであり、システムの利用目的に応じて必要なものが取入れられる。

このシステムにより、位置による属性の検索、属性による位置の検索、属性の空間分布図の作成や重ねあわせ、その他各種の幾何学的解析や地域分析が可能になり、現在では行政や民間などで多方面に利用されている。

(2)デジタル地図

GISで使用するデジタル地図には、ベクトル形式とラスタ形式がある。ベクトル形式は、地図を点、線、面といった図形要素の集合体とみなし、各要素の座標値を読み取って数値データとして格納したものであり、図形の形状を認識して解析処理を行うことが可能である。

一方、ラスタ形式は、紙地図をスキャナで読み取って画像データとして格納したものであり、地図を見ることを主目的としたシステムでよく使用される。ベクトル地図とラスタ地図が混在するシステムもみられ、ベクトル地図は解析処理に、ラスタ地図は表示を行うときの背景として用いられるのが

一般的である。

(3) GIS の構成

GIS は、地図データ、属性データ及び両者のリンク情報を格納したデータベースと、これを管理・利用するためのソフトウェアにより構成される。主要なソフトウェアは、データ検索、データ解析、データ表示などの諸機能とこれらを利用するためのユーザーインターフェースである。なかには地図データの入力や更新を行うための機能を持ったものもある。データベースのなかで、地図データは図 1 に示すようなレイヤ構造で格納され、処理に応じて必要なレイヤだけを讀込んで解析・表示を行うことができる。

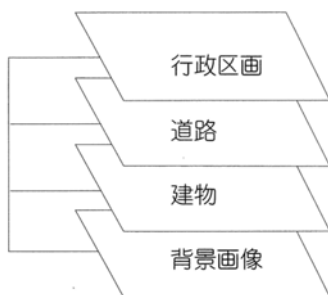


図 1 地図データのレイヤ構造の概念

(4) GIS の動向

以上に GIS の基本的な構成や機能について述べたが、最近ではこれらをベースに新しい技術を取入れた GIS の開発・研究が進められている。その主な方向として次のようなものが挙げられる。

- ①GPS、携帯端末を利用したモバイル GIS
- ②データの hoch次元化、すなわち 3 次元空間データあるいは時間軸を取入れた GIS
- ③ビデオグラフィック、レーザープロファイラーなどの新しいモニタリング技術を利用したリアルタイム GIS

これらの方向は必ずしも独立なものではなく、相互にオーバーラップすることもある。ここで紹介するシステムは②に該当するもので、3 次元空間データを取入れた GIS である。

3. GIS と航空写真

3.1 デジタル航空写真地図の作成

GIS で扱うデジタル地図には、航空写真や衛星画像も含まれる。GIS で扱えるようにした航空写真は、デジタル航空写真地図あるいはデジタルオルソと呼ばれる。これは、今まで地図を作るための素材として使用されてきた航空写真を、歪を修正することによって座標で管理できるようにした、地図として使用できる画像データである。

近年のパソコン能力の向上により容量的にも問題なく使用できるようになってきた。

この大きな特徴としては、地図として最も新しい情報であること、地図を作る際に省略されてしまう様々な環境情報を見ることができる点である。

作成方法を簡単に説明すると、まず小型飛行機に搭載した航空測量用の大型垂直カメラで、定めた地域を撮影する。最終的に地上分解能 25cm から 31cm のデータを作るためには約 10,000 から 12,500 分の 1 の縮尺で撮影する必要がある。使用されるフィルムは幅約 24cm のロール式で、定めたコースを通常約 60%のオーバーラップで撮影する。

撮影フィルム現像の後、スキャナーでデジタルデータ化してから撮影時の傾きや相互の写真の関係を計算する。このデータを

専用の写真測量ソフトで、立体視の原理から中心投影の実写画像を地図のように正射投影化するものである。これは通常の写真と同じように中心から外側に向かって伸びて写る点、また近くに写っているものは大きく写る等の特性を計算によって修正してやることである。これにより座標値で管理できる画像データとすることができ、パソコン上でシームレスに管理して地図との重ね合わせや比較運動させることが可能になる。

3.2 航空写真を取入れた GIS

GIS に航空写真を取入れるには、図 1 に示

したレイヤの 1 つとしてデジタル航空写真地図を持たせればよい。このような GIS の一例を図 2 に示す。このシステムでは、ゼンリン住宅地図、都市計画基本地図、国土地理院 1/25,000 地形図及び航空写真地図の 4 種類の地図を入力している。これらの地図は同じ座標系で管理されており、運動して検索表示、拡大・縮小、スクロールなどを行うことが可能である。また、必要に応じて表示する地図を選択することもできる。



図 2 航空写真を取入れたGISの表示画面

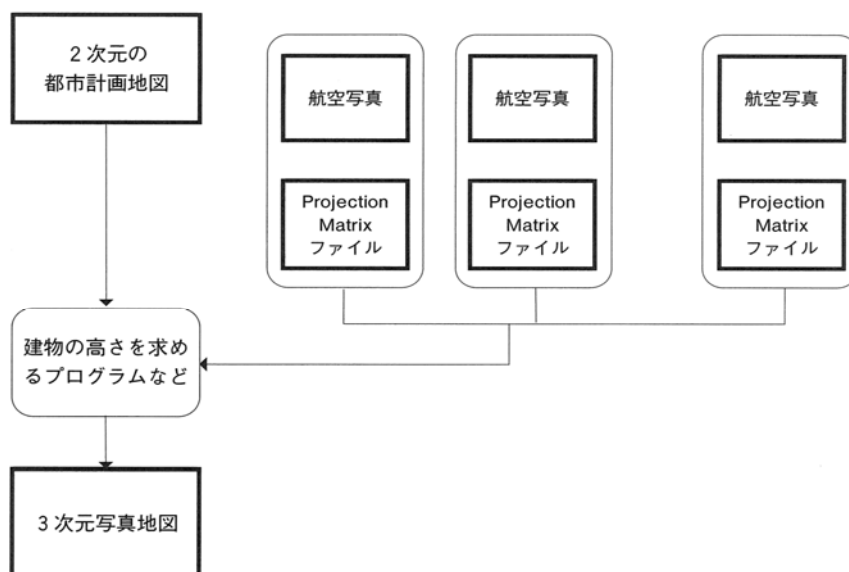


図3 3次元写真地図の作成手順

4.3 次元 GIS

4.13 次元写真地図の作成

3次元空間データは、2次元の地図データに建物の高さの情報を加えたものである。このようなデータは、航空写真画像と都市計画基本地図(家形図)からコンピュータ処理により高さを求めることにより、3次元ポリゴン(建物を多面体として表現したもの)の集まりとして作成される。さらに、3次元ポリゴンに建物の壁面や屋根の模様(テクスチャー)を自動的に貼り付けることもできる。このようにして作成されたデータは3次元写真地図とも呼ばれる。

3次元写真地図の作成手順は次のとおりである(図3)。

- ①航空写真画像のキャリブレーション
- ②建物の高さの計算
- ③建物の高さの目視チェックと修正
- ④建物のテクスチャーの貼りつけ処理

キャリブレーションとは、各々の航空写真画像に対して、どこから、どういうカメラで、どういうレンズで撮影されたかを示すパラメータ(プロジェクションマトリクス)を求めることである。この処理は、3次元位置があらかじめ判っている航空写真画像上の10点程の位置を指定することによって行うことができる。

基本的に、建物のある場所(点)が2枚以上の航空写真画像に写っていれば、その場所の高さを求めることができる。通常、航空写真画像には多くの建物がオーバーラップして写っており、2次元の都市計画基本地図を基準にして、画像処理アルゴリズムにより写真画像間の建物の対応を求め、自動的に建物の高さを計算することができる。

航空写真画像を撮影した時期と2次元の都市計画地図を作成した時期が異なっている場合には、建物の高さを求めることができないことがある。また、航空写真画像の解

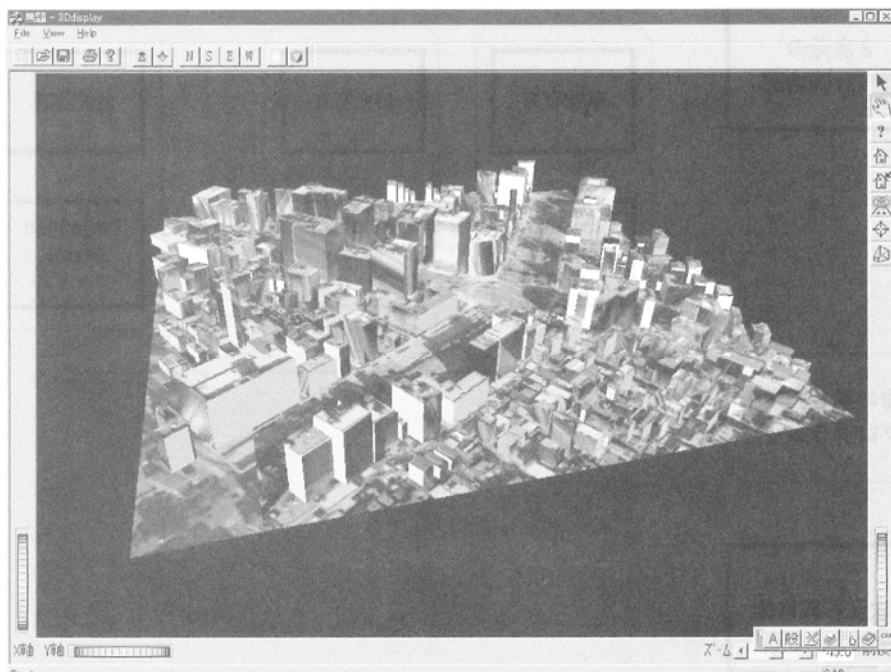


図4 3次元写真地図を取入れたGISの表示画面

像度が十分でない場合には、間違った高さを求めてしまうこともある。このような場合には、作成された3次元写真地図中の建物の高さを手作業により修正する必要がある。

建物の高さが求まったあとは、建物の壁面や屋上のテクスチャ、地面や道路面のテクスチャを航空写真画像から自動的に切り取って建物ポリゴンの各面や地表面に貼り付けることができる。

4.2 3次元写真地図を取入れたGIS

図2のGISに3次元写真地図を取り込んだシステムの表示画面を図4に示す。

このシステムでは、2次元地図で位置決めしたあと、3次元ビューワーを起動させることにより最大400m×400mの範囲を切り出して表示する。3次元ビューワーには、拡大、縮

小、回転(視点の変更)などの機能が備わっている。3次元写真地図の作成及びこれを利用したGISは、一般に使用されているパソコンより若干高機能のもの(例えば、PentiumIII500MHz、RAM512MB、航空写真画像を格納できる大容量のハードディスク)を使用して実現することができる。

5. 消防支援システムへの利用

5.1 消防とGIS

消防本部の指令台に緊急通報(119)が入ったときの処理の流れは概ね図5に示すとおりである。

現状では、多くの消防本部でこのような

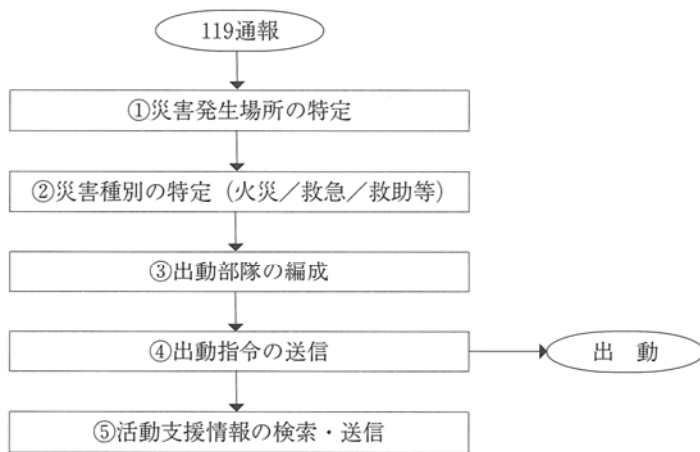


図5 消防本部における緊急通報時の処理の流れ

一連の処理を行うための指令管制システムが導入されている。このシステムは 119 発信場所や通報内容をもとに災害発生場所を特定する地図検索機能、災害種別や発生場所に応じて必要な部隊を編成する機能、出動部隊が所属する署所に出勤指令を送信する機能、活動支援のためのデータベース検索機能、支援情報を無線ファクシミリなどにより現場に送信する機能などを有する。

地図検索機能は、住所や目標物などをもとに災害発生現場付近の地図を検索表示するもので GIS の一種といえる。また最新のシステムでは、GPS により出動した部隊の位置を受信して、指令室のディスプレイやスクリーンに表示することにより、具体的な活動状況を把握しこれに応じた支援情報を送ることができるようになっている。

5.2 3 次元写真地図を利用した消防支援システム

(1) システムの利用目的

前節で述べた 3 次元 GIS を消防支援システムに適用することを検討し、基本機能の開発を行った。このシステムは、指令管制システムの GIS 機能を補完して活動支援情報の充実を図ることを目的とする。活動支援情報は、出動部隊の現場到着や部隊配置のための市街地情報、建物内での消防活動のための警防図面(大規模建物に限られる)の 2 種類に大きく分けることができる。このシステムは、現状においては住宅地図や都市計画地図だけに頼っている市街地情報に関して、2 次元及び 3 次元の写真地図を加えることにより指令室で把握できる情報量の大幅な増加を図り、迅速・確な消防活動に寄与するものである。このようなシステムは、本来指令管制システムに組み込まれるべきものであるが、現段階では指令台と併設してスタンドアロン型として活用することを

前提としている。

(2) 入力データ

このシステムには、前述の 3 種類の地図（住宅地図、都市計画基本地図、1/25,000 地形図）、2 次元及び 3 次元の写真地図のほかに消防活動に必要な次のようなデータが入力されている。

- ①建物データ（名称、構造、階数）
- ②水利データ（名称、種別、口径、容量）
- ③危険物施設（名称、施設区分、取扱物質の種類や数量）
- ④道路データ（名称、幅員）

(3) 地図検索機能

このシステムで任意の場所（例えば災害現場付近）の地図を検索表示させるには次のような方法がある。表示画面は図 2 及び図 4 に示したものと同様である。

- ①住所から検索する
- ②建物名から検索する
- ③水利名（番号）から検索する
- ④危険物施設名から検索する
- ⑤道路名から検索する

(4) 属性検索機能

住宅地図、都市計画地図及び 3 次元写真地図に表示された建物、水利、危険物施設、道路をクリックすることにより、入力されているそれぞれの属性データを表示することができる。なお、1/25,000 地形図と 2 次元写真地図はすべての情報が画像（ラスタ形式）で入力されているため、これらの画面で属性検索を行うことはできない。

(5) シミュレーション機能

建物が構造別に色分け表示された都市計画地図で出火建物を指定して延焼シミュレーションを行うことができる。延焼予測は、

東京消防庁で開発した 1 棟単位の延焼速度式 1) を適用して 2 次元で計算しているが、結果は 3 次元で表示することが可能である。延焼予測結果の出力例を図 6 に示す。

また、建物の 3 次元データを利用して風（風向や風速の変化）のシミュレーションを行い延焼予測に反映することもできるが、計算に長時間を要しあまり実用的とはいえない。

(6) システムの導入

消防本部においてこのシステムを導入するためには、まず対象地域（全域あるいは市街地部分）の航空写真を撮影してデジタルオルソを作成する。これを利用して 3 次元写真地図を作成することになるが、航空写真で写っていない壁面などが多くあればヘリコプターで撮影して補完する必要がある。

さらに、建物、水利、危険物施設、道路など活動支援情報として入力するデータを準備する。これらのデータは、前述のものに加えて、各々の消防本部で必要と思われるものを追加することになる。例えば、建物内部の警防図面を画像データとして格納し、地図上の建物とリンクさせて検索表示するようなことも考えられる。

システムの導入費用は、対象地域の面積や建物密集度、支援二情報として入力するデータの種類や量、必要とするシステム機能などに依存する。また、システムの導入だけでなくデータメンテナンスに要する費用も問題になるが、写真地図に関しては変化の大きい範囲だけを撮影して更新することも可能である。

なお、最近になって高分解能の衛星画像が入手できるようになり、航空写真の代わ



図6 延焼予測結果の表示画面

りにこれを利用することもできる。しかし、地上分解能は1mであり、消防活動支援のために市街地状況を詳細に把握するにはやや不足する。

6. おわりに

本稿では、新しい3次元データ作成技術とこれを利用した消防支援システムについて紹介した。ただし、現状のシステムでは3次元写真地図の解像度にやや何があるといえる。これは、もともとなる2次元航空写真は高解像度を有するが、3次元写真地図を作成す

るときに画像の拡大、縮小、回転にすばやく反応するよう解像度を落としているためである。この問題は、今後のパソコン処理能力の向上により解決されると思われるが、現状で高解像度を必要とする場合には3次元表示する範囲を小さくするしかない。

参考文献

- 1) 東京消防庁:地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究,平成元年3月