

## 地図情報のコンピュータによる管理と検索

岡崎 彰夫 高橋 一重 長尾 真紀子 沼上 英雄

(株)東芝 総合研究所

本報告では、筆者らが開発した地図データベースシステムMINDS-10を例に取り、地図情報のコンピュータによる管理と検索について議論する。まず、地図情報の利用システムとして、(i)現況提示システム、(ii)予測/シミュレーションシステム、(iii)発想支援システムの3つが考えられることを述べる。次に、各々の例として、筆者らが試作した、都市の現況提示システム、都市防災情報システム、スケッチ画検索システムについて紹介する。スケッチ画を用いてユーザが検索意図を表現する方法は、試行錯誤的で自由な(非定型な)検索/解析を行う場合の一つの有効な検索インタフェースとなりえる。

### DATA MANAGEMENT AND RETRIEVAL FOR GEOGRAPHIC INFORMATION BY COMPUTER

Akio Okazaki Kazushige Takahashi Makiko Nagao Hideo Numagami

Research and Development Center, TOSHIBA Corporation

1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 210, Japan

This paper discusses data management and retrieval for geographic information by computer, referring to a newly developed geographic information system MINDS-10. First, it is mentioned that there are three types of information systems for geographic data. Those are (i) retrieval and display system, (ii) retrieval and simulation system, and (iii) thinking support system. Next, three typical geographic information systems, that is, an information retrieval system for urban planning, an information system for preventing urban disaster, and a friendly information retrieval interface by sketch, are shown.

## 1 まえがき

地図は、地形や施設管理状況を把握するための手段として、あるいは、地域の社会、経済活動を表現・伝達するための手段として古くから用いられている。近年、計算機及びデータベース技術の進歩に伴い、計算機により地理情報を一元的に管理しようとする試みが各方面でなされている。例えば、公共事業体や地方自治体では、水道、ガス等のユーティリティ情報の管理や都市計画支援を行うシステムの導入が検討されている[1]。施設管理や都市計画の他にも地図情報をベースとした種々の情報検索システムが考えられるが、ここでは、それらを「地図データベースシステム」と呼ぶことにする。

我々は、図形の手入力の手間の軽減を主眼とし、多様なシステム要求に対応可能な画像ベースの地図データベースシステムMINDS-10 (Mapping Information Data Management System)を開発した[2]。図1にMINDS-10の外観を示す。

本報告では、MINDS-10を例に取り、地図情報のコンピュータによる管理と検索について議論する。以下、まず、地図情報の様々な利用システムを検討した後、MINDS-10を核として実現されたいいくつかの代表例を紹介する。すなわち、2章で、大量のマルチメディアデータに対する高速で、かつわかりやすい検索表示にポイントを置いたシステムの例として「都市の現況提示システム」を示す[4]。3章では、検索データを用いて、あるシミュレーションを行うことにより、意志決定の支援を行うシステムの一つの例として、「都市防災情報システム」を取り上げる[6]。最後に、4章で、より柔軟で高度な検索インタフェースの一つの試みとして、二次元的な表現能力をもつスケッチ画検索を提案する[7]。

## 2 地図情報の利用システム

地図データベースシステムは、その用途により、i)ガス、水道、電力などに代表される施設/設備の管理支援システム、ii)都市計画に代表される計画支援システム、の2つに大別される。表1にi)とii)の比較を示す。ii)については、明確なシステム定義がなされていないのが現状であるが、今後、快適な都市空間を創造するため、大規模な都市開発や地域開発を効率的に支援するシステムが望まれていることから、その重要性が認識され始めている。

計画支援システムには、その支援の度合に応じて、いくつかのレベルが考えられるが、ここでは、システムを次の3つに分けてとらえる。

- a) 現況をすばやく、かつ分かりやすく提示するシステム (現況提示システム)
- b) 知識あるいはモデルに基づいて、シミュレーションを高速に行い (実時間が要求される場合もある) その結果を分かりやすく提示することによって、何らかの意志決定を支援するシステム (予測/シミュレーションシステム)

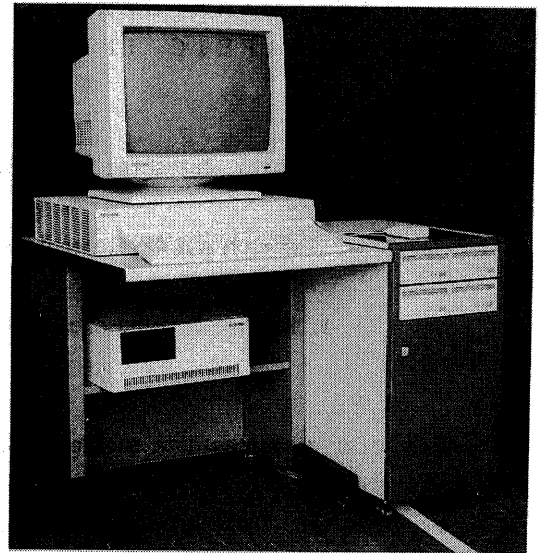


図1 MINDS-10の外観

c) ユーザの試行錯誤的で自由な(非定型な)検索要求を可能とし、そこからの何か新しい情報の獲得を支援するシステム(発想支援システム)

以下の章では、それぞれについて、我々が開発したシステムを例として紹介する。ただし、(c)については、ユーザの検索意図を表現するための一つの分かりやすい検索インタフェースを提案したにとどまっている。

### 3 都市の現況提示システム

一般的に地図データは、次のように抽象モデル化できる。地図上には、検索/管理対象となる多くの図形要素が存在するが、それらは点要素(建屋、電柱など)、線要素(水道管、鉄道など)、面要素(町丁目、土地利用など)の3つに分類することができる。また、図形要素は図2に示すように意味的にまとまりのあるものどうしを、ある一つの階層(レイヤと呼ばれる)として定義することが可能である。一つのレイヤには、点/線/面の図形要素が混在する場合も有り得る。この時、最下層のレイヤとしてベ

ースとなる地図を定義しておくのが自然である。都市計画支援を行うようなシステムの場合、1/2500の都市計画基本図が用いられる。地図上の各図形要素には、その属性である数値/文字情報が関係づけられる。例えば、建屋には構造種別、階数など、水道管には管の種類、直径など、町丁目には世帯数、人口などの属性が付加される。地図の最も特徴的なことは、それが2次元的に無限の広がり(実際には、球面を平面で記述するので精度的に範囲が限定される)をもったデータであることだが、データ管理上は、適当なメッシュに区切って管理されるのが通常である。

MINDS-10では、ベース地図として画像データを用いており、スキャナより読み込まれた複数枚の図面をその境界において、つなぎ目を感じさせることなく接合する技術を開発した[3]。大量のベース地図画像は、ピース画像と呼ばれる矩形の単位領域画像に分割されて複数枚の光ディスクに分散されて格納される。画像の更新は、基本的にはこのピース画像を単位として行うが、もとの図面との対応情報を保存することにより、図面単位の変更も可能である。複数の光ディスクに分散格納されている画像を検索する際には、どのピース画像がどの光ディスクに

表1 地図データベースシステムの用途分類

用途	分野	特徴
施設/設備の管理支援	上下水道 道路 電力施設 ガス施設 通信施設 その他	データをそのまま取り出すか取り出した後、目的に応じてある程度、加工して表示または出力する。 (検索効率を重視)
計画支援	都市計画 地理/土地利用分析  エリアマーケティング 固定資産管理 申請業務(確認許可) 防災計画 その他	多様なデータを解析または操作してユーザの思考を助長する形式で表示または出力する。 (データ解析や情報提示に重点)

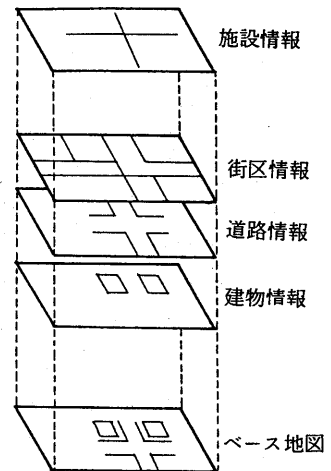


図2 レイヤ構造によるデータ管理

格納されているかといったファイル情報を管理しなければならないが、MINDS-10では専用の光ディスクファイルシステムを開発し、データベース管理部のサブシステムとして位置づけている。画像データと図形データとは、絶対座標系で対応づけられており、任意の場所で画像と図形を重ねて表示することが可能である。属性データについては、図形データに直接関連づけられている情報を主属性、主属性に関連づけられているさらに詳細な情報を副属性、複数の物件から参照される辞書的情報を一般属性と呼んで、それぞれ平坦な表形式で表し、階層的に管理している。画像データを属性データとして取り扱えることもMINDS-10の特徴となっている。

都市の現況提示システムは、上記のMINDS-10のデータ管理を核として試作された。都市の現況提示システムとしての特徴は、任意領域に含まれる建屋、土地利用、地番、町丁界などの図形に対する属性による色分け表示（主題図作成）である。我々は、新宿区のデータを実際に入力し、システムの評価を行っている。図3に、道路近傍（片側100m）の用途属性（例えば、公共施設、集合住宅など）による建屋図形の色分け表示の例を示す（沿道域検索）。

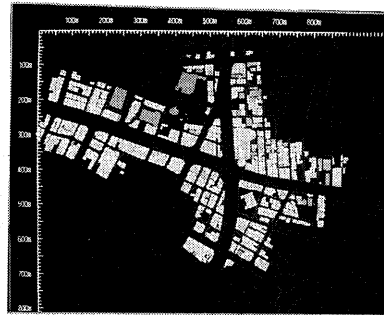
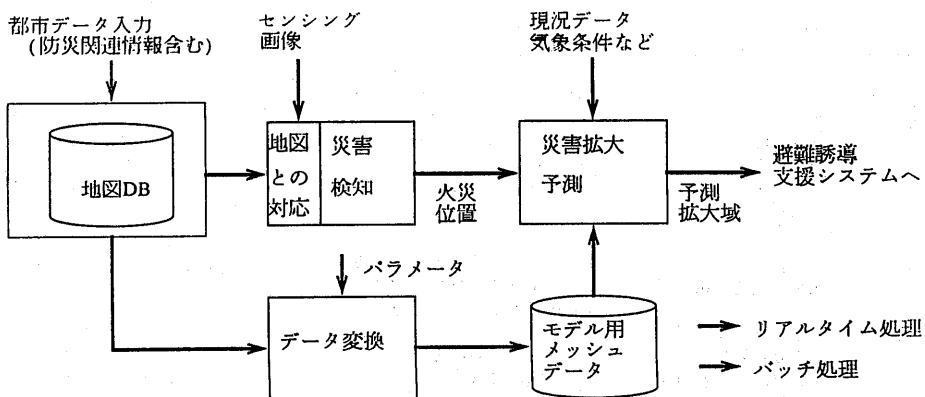


図3 建屋図形の色わけ表示の例

#### 4 都市防災情報システム

現在、地震による同時多発性の広域大火災に対する防災システムが強く望まれている。我々は、MINDS-10上に(1)災害状況検知システム、(2)被害拡大予測システム、(3)避難誘導支援システムからなる都市防災情報システムを試作し、その有効性の評価を行っている。図4にシステムの構成図を示す。

この章では、都市防災情報システムのうち(1)と(2)について、特に(2)の被害拡大予測システムを中心に述べる。



4 都市防災情報システムの構成図

#### 4.1 災害状況検知

災害情報システムの入力部である災害状況検知部が対象とするのは次の2項目である。

- 1) 同時多発の初期火災の検知
- 2) 拡大予測システムへ入力する大火災の時々刻々の拡大状況の検知

災害の検知方式としては各種センサによる報知システムがあるが、ここでは1)について、ビル屋上などに設置した固定モニタカメラの映像を画像解析することにより火災地点の自動検知を行う。このモニタカメラ等による市街地の監視により災害を検知した場合、救援活動や避難誘導等の対応策を検討するために、災害地点の住所を特定する必要がある。モニタカメラ等で撮像した市街地の映像は、通常の平面的に描かれた地図と異なり、幾何学的歪があり地図との対応がとりにくい。ここでは、予め対象とする領域の画像座標系と地図座標系の2つの座標系間の射影変換式を求めておく。この射影変換式を用いて、画像座標系での災害地点の座標を地図座標系に変換し、対応する所の住所を図形データベースから検索することにより、住所の同定を行う。

住所の同定の処理例として、モニタカメラで撮影した画像に地番図形を重畳表示した結果を図5に示す。通常地図(2500分の1)と

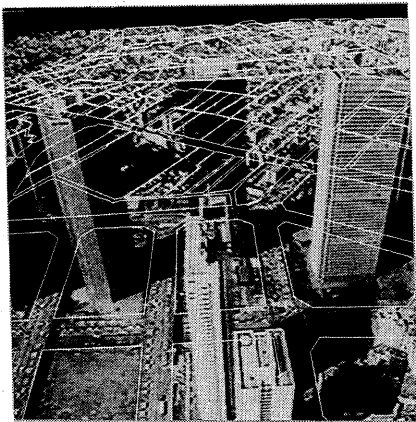


図5 モニタ映像と地図の対応づけ

家庭用VTR画像を用いた場合の変換誤差は10~20mであり、地番単位の火災地点の住所同定が可能であることが分かった。2)については現在検討段階であるが、ヘリコプタ等に搭載されたモニタカメラで撮影された映像から対話的に処理することを考えている。

#### 4.2 被害拡大予測システム

##### (a) 目的・仕様

被害拡大予測部では、災害状況検知部の出力情報である火災地点情報、ヘリカメラによる延焼状況画像と風速、風向情報を入力として、各場所での延焼予想時刻を計算する。なお、大地震による同時多発広域大火災を想定したので、消防活動は考慮しないことにする。

今回開発する被害拡大予測システムが満たさなければならない条件として、次の2項目がある。

- 1) 初期火災情報を出発点とするリアルタイム延焼シミュレーション
- 2) 現況延焼情報を与えての予測の補正

1) のリアルタイムシミュレーションのためには、高速に処理できる延焼モデルが必要である。ここでは、浜田の延焼速度式(浜田モデル)[5]を採用し、実装上、メッシュ構造に近似した延焼モデルとした。

2) の予測補正のための現況情報としては、風情報と現況延焼状況が存在する。この予測補正によって予測の精度を高めることができるように設計した。

シミュレーションの大まかな流れは、次のようである。始めに、初期火災情報を各延焼単位(メッシュ)にあてる。各延焼単位が単位時間(今回は1分)経過する毎に出火するか否かを調べて、出火したら、各延焼単位毎にその時刻を保存する。現況延焼情報が得られたら、それにより延焼単位の出火時刻の変更を行う。

以下、浜田モデルの実装上の改良について補足説明を行う。まず、浜田の延焼速度式においては、建物の形状データが必要であるが、ここでは、メッシュ単位に近似し、メッシュ毎の建ぺい率から概算で求めた。また、浜田の延焼速度式は風上、風下、風向きに対して垂直な方向の3つの方向別に与えられているが、延焼速度式の補間を行って、たとえば風上と風側のまん中の風向の延焼速度も計算可能とした。さらに、浜田モデルでは、延焼するはずのないメッシュでも、延焼可能領域を少しでも含む場合、時間がたてば、延焼してしまう。この不都合を取り除くために、延焼阻止要因を含むメッシュ（大きな道路、川、公園等）を対話的にマスク領域として入力して、マスク領域は延焼しないようにした。

図6に、北風10m/秒、メッシュサイズ12.5m x 12.5mでの延焼予測結果を示す。



図6 延焼予測結果の例

#### 4 スケッチ画検索

この章では、地図データベースのデータ管理構造（メッシュ構造とかレイヤ構造とか）をよく知らない場合や、あるいは知っていたとしてもどのように検索要求を出したらよいかわからない場合を想定したスケッチ画を用いた検索方法を紹介する。

従来の地図検索では、地図名、区名、町名などの地域名を指定したり、「名前が\*\*さんの家」あるいは、「幅が\*\*m以上の道路」などの属性条件を与えることにより検索がおこなわれている。しかし、これらの方法は、キーワードや属性条件が明確でなければ問い合わせできない。そこで、地図データベースの内容検索方式として、人間のもつおぼろげなイメージからでも問い合わせができるスケッチ画検索方式の必要性を認識し、これを試作した。

この方式の特徴は次のとおりである。

(1) スケッチ画及び日本語の入力方法として、手書き漢字・図形認識を用いている。ユーザは、タブレット上に手書きにより、検索要求を入力できる。

(2) ここでいうスケッチ画は、図8に示すように線と記号のほかに、名詞レベルの日本語を含んだ構成であり、簡単なレベルではあるが自然に近い形で検索したい場所が表現できる。すなわち、二次元的な関係などでも、言語を用いて表現する場合に比べ、はるかに少ない手間で見え、表現の自由度も大きい。

(3) スケッチ画入力と日本語入力とが同一インタフェースで行え、入力操作がきわめて簡単である。また、スケッチ画と日本語を併用した検索が行える。例えば、スケッチ画検索により地域を絞り、その地域に対し、日本語による検索が行える。日本語としては、「\*\*町の公園と喫茶店を表示せよ」といった程度のもので使用できる。日本語検索を中心に行う場合は、キーボードからのかな漢字変換機能により入力す

することもできる。日本語インタフェースとしては、簡単なレベルしか実現されていないが、ここでのねらいは、日本語とスケッチ画（二次元表現）を併用した効率的なマンマシンインタフェースを構築することにある。

#### 4.1 スケッチ画の構成

スケッチ画は、基本的には線と文字・記号によって構成され、ユーザはスケッチ画を描く際には、この二つの入力モードを意識するだけでよい。文字・記号入力モードのときには、記号、及び日本語としての数詞、名詞の入力が許される。図7を例にとり、スケッチ画の構成要素を説明する。

(1) 一つの連続した線・・・座標点列として記憶される。道路、川、鉄道を表す場合（図7のa、b）と、距離指定の線分を表す場合（c）とがある。

(2) 記号・・・「 $\square$ 」(d-f)は地図要素の確かな位置を表し、「 $?$ 」は不確かな位置を示す。また、例えば、「 $\square$ 」(郵便局)や「文」(学校)などの一般的な地図記号も許す。

(3) 数詞・・・スケッチ画の距離尺度を定義するため記入され、数字列の後ろに単位を表す「m」(メートル)、または「km」(キロメートル)の英字が続く(g)。 (1)で述べた距離指定の線分(c)が省略された場合には、地図要素間の最大距離値を意味する。もし、この数詞さえも省略されたときは、デフォルト値が最大距離値としてとられる。

(4) 日本語名詞・・・地図要素名を表す普通名詞である場合(h-1)と、居住者名や会社名(例えば東芝)、あるいは検索範囲を限定するための地域名(m)を示す固有名詞である場合がある。

#### 4.2 スケッチ画の解釈と検索実行

スケッチ画の解釈手順を以下に示す。

(1) 記号と日本語の解釈はあらかじめ登録された辞書との照合により行われる。辞書との照合がとれなかった文字列は固有名詞と判断する。スケッチ画の上方の方向を示す方向名詞(n)が省略された場合は、絶対方向が不定であること(ユーザがよく覚えていない状況での検索)を意味し、検索の際は、上方が、東、西、南、北、北東、南東、南西、北西の8とおりである場合を仮定してマッチングがとられる。

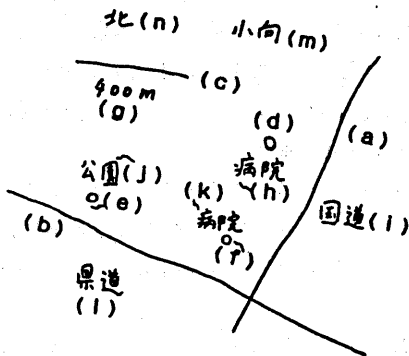


図7 スケッチ画の一例



図8 スケッチ画検索の結果(図7に対応)

(2) 日本語名詞を記号や線と対応づける。また、数詞を線に対応づける。対応づけは、スケッチ画上的距離と常識的なルール(例えば、道という名詞は必ず線と対応する)に基づいて行う。

(3) 次のような情報をスケッチ画の意味として抽出する。

(i) 地図における各要素間の空間的位置関係。すなわち、点要素とおし、点要素と線要素、線要素とおしの距離及び方向。点と線、及び線とおしの距離と方向は、二つの要素間の最短ベクトルの長さとしてそれぞれ定義する。

(ii) 点要素と線要素、及び線要素とおしの位相的關係。点と線との關係は、例えば、病院hは道aの左領域に位置しているといった關係。線と線との關係としては、道aと道bは一点で交わり、その位置は(x, y)といった交わりの關係。(iii) 線要素の大局的な形状。例えば、道aは北東に延びているといった情報。

上述の手順により、スケッチ画の解釈結果は關係表の形式に変換され、蓄積ディスク上のデータに対して検索が実行される。ここでは、距離値や方向にある程度野幅をもたせ、階層構造のデータに対し柔軟性のあるマッチングを行っている。さらに、検索効率を高めるため検索実行順序の決定において、(a) 処理の安易な点要素から線要素へ、(b) 候補数の少ないものから先に、という二つのルールを用いている。例えば、図において病院と公園を比べた場合、前者の方が出現頻度が低いので先に検索される。

図8に、図7のスケッチ画に対する検索結果の表示例を示す。

## 5 むすび

本報告では、ベース地図として画像データを用いる地図データベースシステムMINDS-10を紹介し、その上に開発されたいくつかの

検索応用システムを示した。都市の現況提示システムと都市防災システムについては、都市計画基本図を基に入力された新宿区データに対して実験的な評価を行い、良好な結果を得ている。スケッチ画検索については、まだまだ検討しなければならないことが多いが、将来、例えば地図データベースシステムが市役所の窓口に置かれて一般の市民に利用されるようになった場合、有効な技術の一つになると考えられる。

謝辞： 工学院大学大庭常良教授には、データの御提供と都市計画についての有益な御討論をいただいた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 松家他： "地域計画策定支援システム" 情報処理、Vol. 23, No. 9, pp. 818-827(1982)
- [2] 恒川他： 地図情報管理システムMINDS-10の関連9件、第37回情報処理全国大会 1Q-6, 7, 8, 9, 10 4R-5, 6, 7 5V-4(1988)
- [3] 岡崎他： "地図データベースシステムにおけるつなぎめのない背景大画像の作成と利用について" 第4回 オートカルトジャパン論文集、E-2 (1988)
- [4] 大庭他： "都市計画策定のための現況実態把握支援システムの開発" 日本都市情報学会第3回全国大会予稿集 pp. 21-24(1988).
- [5] 国土開発技術研究センター：都市防火対策手法 成果集版(1988)
- [6] 高橋他： "地理情報管理システムの都市防災への応用" 電子情報通信学会、機能図形情報システムシンポジウム講演論文集、pp. 61-66 (1990)
- [7] 岡崎他： "地図データベースシステムにおける検索インタフェースについて" 計測自動制御学会 ヒューマンインタフェース部会 Vol. 4 News and Report pp. 181-188(1989).