

Interlisp-Dによる 地図情報データベースの実現

丹羽 寿男† 吉田 雄二† 福村 晃夫‡
† 名古屋大学工学部 ‡ 中京大学

地図には、道路・建物・地名・バス路線などの一次元あるいは二次元の種々の情報が含まれている。本論文では、これらの情報をそれらの間の関係も含めて効率的に記述し蓄積する方法を与える。地図情報は、上位階層（幹線道路図）、下位階層（幹線道路によって囲まれる領域の道路図）の2段階に階層化して表現する。これらの蓄積された情報をもとに地図情報の検索システムをワークステーションのInterlisp-D上に実現した。この検索システムでは、最短経路の検索、名前による場所の検索などが可能である。また、図形（地図）の入力はマウス、検索された情報はマルチ・ウィンドウを使用してディスプレイ上に表示するなどすぐれたマンマシン・インタフェースを実現している。

Implementation of map information
database by Interlisp-D

Hisao NIWA† Yuuji YOSHIDA† Teruo FUKUMURA‡
† Faculty of Engineering, Nagoya University ‡ Chukyo University
Furo-cho Chikusa-ku Nagoya-shi 464-01 Japan

In a map, many kinds of information are contained as road map, street name, public offices, railways and so on. We propose a method to describe and store both one dimensional information and two dimensional information. The description has a hierarchy of two levels: the upper level represents the global road map and the lower level represents a local road map in a city block. We implemented a retrieval system of map information based upon the description and storage method on a workstation Xerox 1100SIP. The system was coded in Interlisp-D. Efficient algorithms were developed for retrieving many kinds of information and also user-friendly interface was implemented using multi-window system.

1 まえがき

市街地地図には複雑な網目状の道路図が示され、さらに地名、町、建物、鉄道、バス路線、河川などの情報が示されている。これらの情報をデータベースとして構成するためには、道路、建物、バス路線などの一次元あるいは二次元の情報をそれらの間の関係も含めて効率的に記述し蓄積することが必要である。地図情報のデータベース化は、最近多くの試みが行なわれている^{1)~3)}。

一方、蓄積された情報を検索するシステムでは、入力されたキーに基づく情報の直接の検索のみならず、それらを組み合わせて得られる一次元あるいは二次元の情報を検索することが重要となる。また、図形(地図)を活用したキーの入力、検索された情報のディスプレイ上でのわかりやすい表示など、すぐれたマンマシン・インタフェースのもとで検索が行えることも重要である。

我々は、今回、市街地地図の持つ情報を蓄積する方法を設計し、これにもとづいて実際に蓄積された地図情報から種々のデータを検索するシステムをワークステーション上を実現した。このシステムは、一般の人が市街地地図から情報を得る過程をデータベースから検索によって実現することを目標にしている。

2 地図情報データベースの構造

ここでは、本論文で提案する市街地地図情報を階層的に記述する方法と、それにもとづいてデータを蓄積する場合の各種データの表現方法について述べる。

2.1 地図情報の階層的記述

人が地図を参照し、そこから種々の情報を抽出する場合には、局所的な情

報から大局的な情報まで、いろいろな水準で地図を参照すると考えられる。広い範囲にわたる地図の情報を蓄積し、検索できるようにする場合にもこのことを考慮して、地図全体を一律に扱うのではなく、地図全体の領域をいくつかの小領域に関する情報とに、階層化すると効果的であると考えられる。階層を構成する基準としては、行政区画の階層を用いる方法、主要道路による平面的分割による方法などが考えられる。

ここでは、地図情報を2段階に階層化して表現する方法を考える。第一段階(上位階層)は、地図の大局的構造を幹線道路に基づいて表現する。一方、第二段階(下位階層)では、地図全体の領域を、幹線道路によって多角形分割し、各多角形領域(これをブロックと呼ぶ)をその中の道路図に基づいて表現する。これにより道路は、幹線道路とそれ以外の一般道路に分類される。道路以外の情報は、図1に示すようにその内容により上位、下位いずれかの階層あるいはその両方と関連づけて表現される。

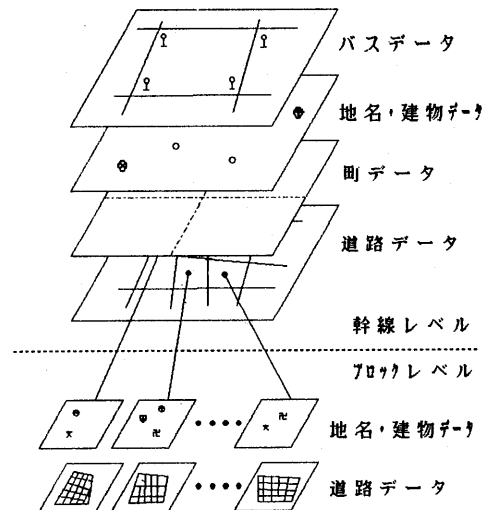


図1 階層的記述

このような記述方法は、例えば、人がある目的地まで行く場合の経路の選び方、すなわち出発地から一般道路を通過して最寄りの幹線道路にて幹線道路で目的地付近まで移動し、一般道路を通過して目的地に到達するという方法に従って経路の検索をすることを容易にする。町・地域などが多くの場合幹線道路を境として区切られていることを考慮すれば、ブロックが幹線道路により区切られていることは、町・地域などの行政区画に対応する階層に依存する情報の蓄積・検索も容易にすると考えられる。

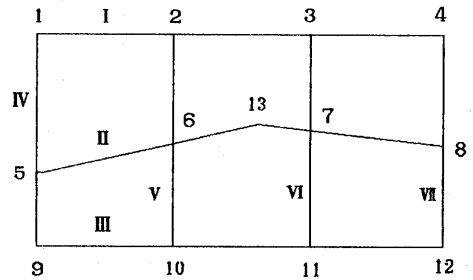
2.2 市街地地図情報の表現

市街地地図に含まれる情報としては、それぞれのブロックごとに、交差点隣接関係データ、交差点データ、道路データ、地名・建物の名前と位置に関するデータ、ブロックと幹線道路図との関係データ、バス停・交差点関係データがある。この他に幹線道路図には、町のデータ、バス路線データ、バス停隣接関係データが付与される。

以下では、ブロックのデータに含まれる道路及び交差点を基本成分と呼び、これを次のように定義する。

- i) 道路: 一般にその形状を表す複数の直線成分の系列で、始点と終点が共に交差点である。隣接する直線成分の接続する点を、道路の屈曲点と呼ぶ。
- ii) 交差点: 2本以上の道路が交わる点である。

各ブロック毎に、道路は1から始まる番号で識別される。交差点、道路の屈曲点も同じように識別されるが、ブロックでの交差点数を N_c 、道路の屈曲点数を N_j としたとき、交差点には、1から N_c までの番号が、道路の屈曲点には、 N_c+1 から N_c+N_j までの番号が付与される。図2に道路網の例を示す。



1, 2, . . . , 12: 交差点
13 : 屈曲点
I, II, . . . , VII: 道路

図2 道路網の例

2.2.1 ブロック・レベルのデータ

(1) 交差点隣接関係データ

交差点をノード、道路をエッジとする道路のグラフ構造を大きさが N_c の配列を用いて図3のように表現し、主に、最短経路を求めるのに用いる。

配列の各要素は、1つの交差点に関するデータで、隣接する交差点との接続関係を要素とするリストとして表現する。接続関係は、図に示されているように隣接する交差点の番号、交差点間の距離、交差点間をつないでいる道路の番号の3つを要素とするリストで表現される。

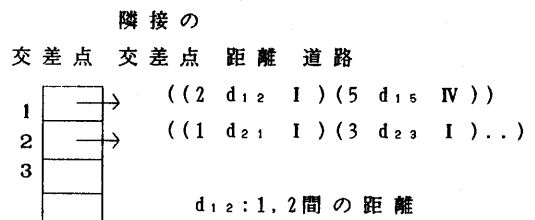


図3 交差点隣接関係データ

(2) 交差点データ

交差点および道路の屈曲点の属性を表現する。データは、交差点のX座標、Y座標、信号機の有無、右左折禁止の

情報を持っている。

(3) 道路データ

道路の形状を道路の始点(交差点)、通過する屈曲点、終点(交差点)の系列で表し、各点間は直線であるとする。このデータは、主にディスプレイに道路地図を表示するために使われる。

さらに、一方通行の規制、道路名の情報も持っている。

(4) 地名・建物データ

地名・建物などの名前、位置、種類を表現する。

このデータは、各地名あるいは建物ごとに名前、X座標、Y座標、種類を記憶する。種類は、地名、公園、小学校、派出所、郵便局、病院、銀行など全部で25種類ある。このデータについては検索の効率を考慮して、種類についての転置ファイル、名前をキーとしたHASH ARRAYが作られる。

(5) ブロックと幹線道路図との関係のデータ

幹線道路における交差点がどのブロックのどの交差点に対応するかを表現する。これにより上位階層と下位階層が対応づけられる。

このデータは、それぞれのブロック内の交差点で、かつ幹線道路図でも交差点となっているものについてブロック内の番号と幹線道路図での番号の対を要素とするリストとなっている。

(6) バス停・交差点関係データ

バス停がどの交差点に対応しているかを表現する。

このデータは、それぞれのブロック内の交差点で、バス停の最寄りの交差点となっているものについて交差点の番号とバス停の番号の対を要素とするリストとなっている。

2.2.2 幹線レベルのデータ

(1) 町のデータ

それぞれの町がどこの位置にあるか

をその町に属するブロックの集合として表現する。

このデータは、それぞれの町ごとに、町名、その町が属しているブロックのリストを情報に持っている。

(2) バス路線データ

バス路線の始点、終点、系統番号、経由道路、種別の情報を表現する。

(3) バス停隣接関係データ

バス停をノード、バス路線をエッジとするグラフ構造を交差点隣接関係データと同様に表現する。

(4) バス停データ

バス停を幹線道路図における地名と結びつける。

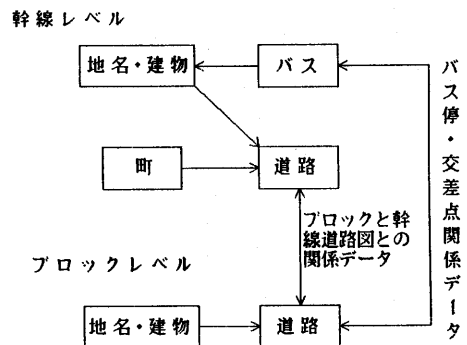


図4 地図情報の関係

3 地図情報の検索

市街地地図情報から検索される情報には、ある地点からある地点までの最短経路、与えられた名前の施設の位置、ある位置からの最寄りの施設などが考えられる。これらの情報を検索する場合に、人間が選択するような経路を、いかに効率よく検索するかということが問題となる。ここでは、これらの検索が先に述べたデータに基づいて、どのように実現されるかについて述べる。

3.1 最短経路の求め方

階層化された幹線道路と一般道路のデータに基づき、出発地から目的地までの最短経路を次のように三段階に分けて求める。

(1) 第一段階

出発地から、出発地の属するブロック内の一般道路を使って、そのブロックの境界を構成する幹線道路のすべての交差点(図5(a)の▲)までの最短経路とその距離をDijkstraのアルゴリズムを使って求める。(図5(a))

(2) 第二段階

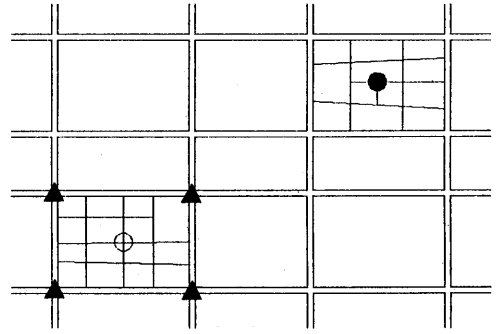
出発地から、先に求めた幹線道路の交差点までに仮想的な道路を考え、そのそれぞれの長さを第一段階で求めた距離とする。この道路と幹線道路を使って出発地から目的地の属するブロックの境界を構成する幹線道路のすべての交差点(図5(b)の▲)までの最短経路とその距離をDijkstraのアルゴリズムを使って求める。(図5(b))

(3) 第三段階

第二段階と同様にして、出発地から、上で求めた幹線道路の交差点までの仮想的な道路を考え、これと目的地の属するブロック内の一般道路を使って、出発地から目的地までの最短経路を求める。(図5(c)) 求めた最短経路に含まれるそれぞれの仮想的な道路を元の道路に戻せば、求めるべき最短経路となる。

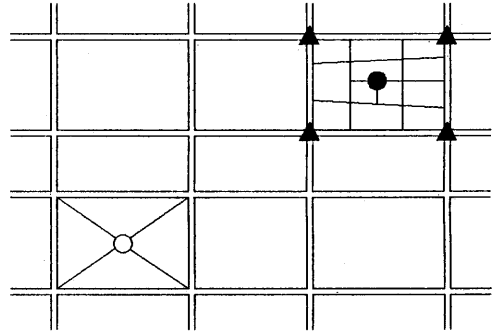
このアルゴリズムに対して、実際に人が経路を選択する場合を考えると、人は距離だけでなく曲がる回数も考慮にいれた経路を選ぶと考えられる。このことを実現するために、道路を曲がるごとに一定のペナルティーを距離に加算することにする。これにより、曲がる回数が少ない経路が検索される。

さらに、車による経路を検索する場合には、一方通行、右左折禁止の規制に従った経路を検索する。

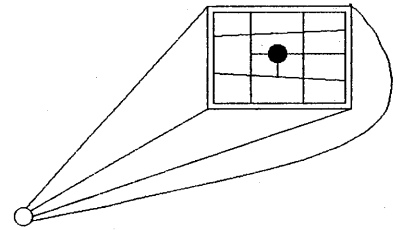


○: 出発地 ≡: 幹線道路
●: 目的地 —: 一般道路

(a) 第一段階



(b) 第二段階



(c) 第三段階

図5 最短経路の検索

4 データベースシステムの実現

2章で述べた地図の表現法に従い蓄積された市街地地図情報の検索システムの実現について述べる。

4.1 データベースシステムの構成

市街地地図情報として名古屋市千種区の地図（交差点数 4701, 道路数 1732, 地名・建物などの数 664, バス停の数 95, バス路線の数 42）を入力し、ワークステーション 1100SIP 上に検索システムを実現した。1100SIP は、マルチ・ウィンドウを使用することができるビットマップディスプレイ, 簡単に位置情報の入力を行なうことができるマウスなど, すぐれたマンマシン・インタフェースを提供する高性能ワークステーションである。1100SIP は、LISP マシンであり、このシステムは、Interlisp-D で記述され、プログラムは、約 4000 行から成る。

検索システムの構成を図 6 に示す。検索を行なう場合、まずマウスよりウィンドウ管理部へ検索要求が出される。検索コマンドは地図情報アクセス部に送られ、データベースの検索が行なわれる。検索結果は画面表示部へ送られ、表示のためのウィンドウが開かれて、結果をディスプレイに表示する。

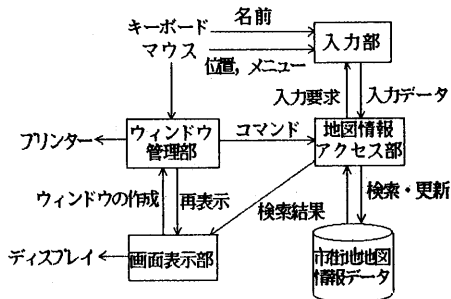


図 6 検索システムの構成

4.2 検索画面

検索システムでは、種々の情報が複数のウィンドウを使って表示される。図 7 に画面の例を示す。この検索システムで使われるウィンドウには、次の 3 種類のウィンドウがある。

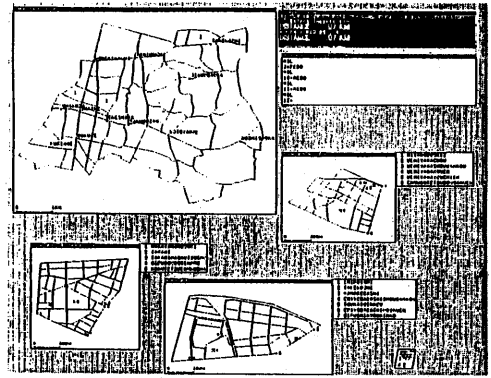


図 7 検索画面全体図

(1) メイン・ウィンドウ

幹線道路全体図が表示される。また、種々の検索要求は、このウィンドウ中でマウスのボタンを押した時に表示されるポップアップメニューを選択することにより入力される。

(2) プロンプト・ウィンドウ

システムからのメッセージの表示やキーボードから入力されたテキストの表示に使われる。

(3) マップ・ウィンドウ

検索された地図情報の表示に使われる。

これら 3 つのウィンドウは、それぞれ移動、拡大・縮小、閉鎖、待選、ハードコピーがマウスのポップアップメニューを選ぶことにより行なえ、それぞれの情報を見やすい位置・大きさで表示することができる。

4.3 検索コマンド

メイン・ウィンドウでマウスの中ボタンを押すとコマンドのメニューが表示され、このメニューからコマンドを選ぶことによって検索をすることができる。主なコマンドとその機能を以下に述べる。各コマンド内の入力では、位置の情報はマウス、名前などはキーボードを使用する。

(1) SEARCH (NAME)

地名・建物などの名前からその位置を検索し、それが属するブロックをマップ・ウィンドウに表示して、それを示す記号を点滅させる。

(2) START POINT

最短経路や最寄りの目的物を検索するときに使う出発地を入力するものである。

(3) NEAREST

指定した種類の建物（例えば、小学校、銀行など）の中で出発地からの経路が最も短いものを検索する。まず、指定してからこのコマンドを選ぶと、建物の種類のメニューが表示されるので、この中から検索するものを選ぶ。選ばれた種類の建物のうち出発地から最も近いものが検索され、情報が表示され、さらに出発地から検索された建

物までの最短経路が表示される。

(4) GOAL POINT

最短経路を検索するときに用いる。まず、出発地を指定してから、このコマンドを使う。出発地から目的地までの最短経路が検索され、出発地のあるウィンドウ、メイン・ウィンドウ、目的地のあるウィンドウに、それぞれの部分の経路が表示される。図8は、最短経路を検索した例である。

(5) SKETCH MAP

数個のウィンドウに分かれて表示された検索情報をひとつにまとめ、不必要な部分を削除して分かりやすくした略図にして表示する。略図では、目的地近くの地図は詳しく、それ以外の地図は簡略化し、さらに、経路を分かりやすくするために目的物などを表示する。図9に略図の例を示す。

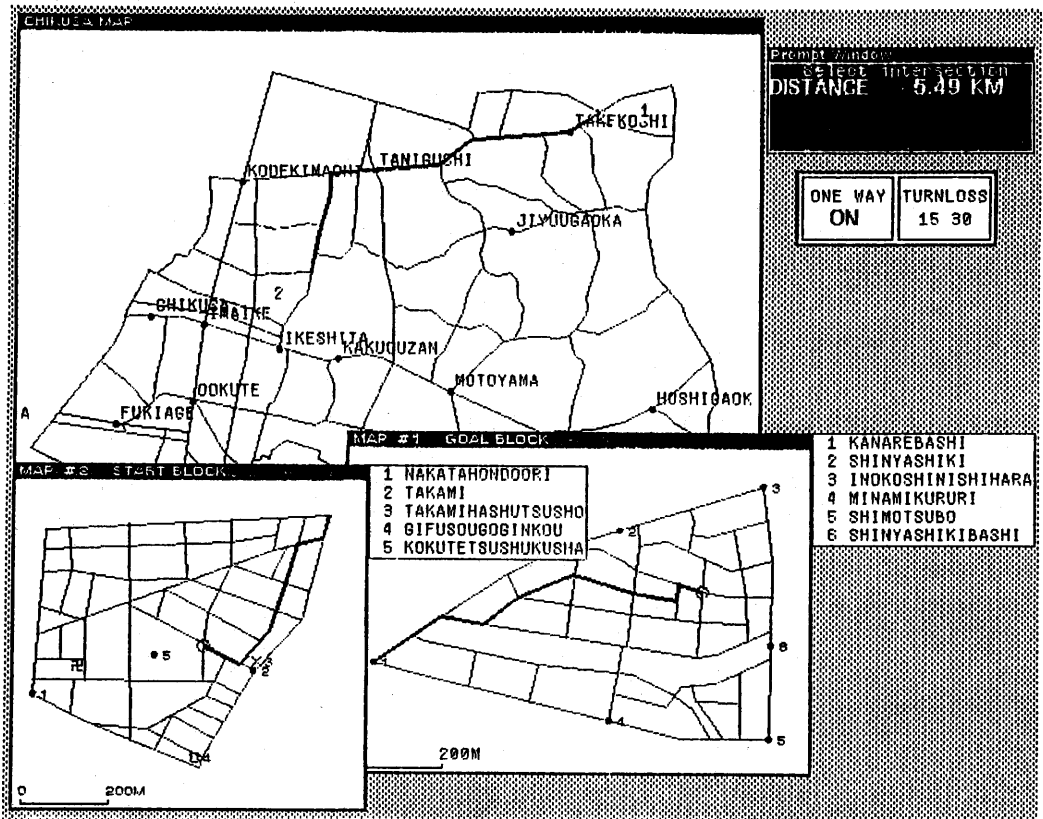


図8 最短経路検索の例

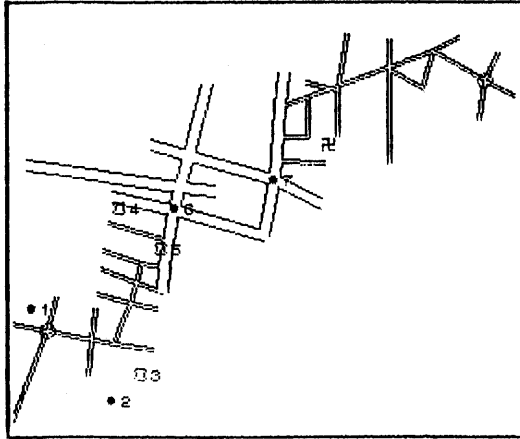


図9 略図の表示例

4.4 データベースの更新

地図に含まれる情報が変化することで、データベースに蓄積された情報は、更新されなければならない。

このデータベースシステムでは、蓄積された地図情報を、マウスを使い簡単に更新することができる。更新は、道路などの地図を構成するものの単位で行なうので、データベースに矛盾が起こることはない。

システム上で更新システムを呼び出すと、メイン・ウィンドウ上のポップアップ・メニューが更新用のメニューに変わり、更新の内容を指定することができる。

(1) 町、地名・建物の更新

町、地名・建物の削除、追加のコマンドがある。

(2) 道路情報の更新

道路の削除、追加、分割、接続、交差点の削除、追加、移動のコマンドがある。さらに、データベース中にある情報を詳しく表示するために、交差点の表示、交差点の連結数の表示、地名・建物の名前や記号の表示も行なうことができる。

(3) バス情報の更新

バス停、バス路線の追加、削除、表

示のコマンドがある。

5 あとがき

本論文では、市街地地図に含まれる種々の地図情報を、蓄積する方法を提案し、それらの方法に基づいて実現された地図情報の検索・更新を行なうデータベース・システムについて述べた。

今後に残された課題としては、次のようなことがらが挙げられる。

(1) バス路線・鉄道などの情報を使った検索を行なう。

(2) より自然な略図の表示ができるようにする。さらに、それを文章で説明する。

(3) 道路の混雑など動的に変化する情報をデータベースに取り入れ、それらの変化を含めて知的検索ができるようにする。

(4) 地図を認識して、自動的にデータベースに入力・蓄積できるようにする。これについては、現在、別の研究課題として平行して進めている。

謝辞 日頃より熱心にご指導頂いている名古屋大学 渡邊豊英助教授、稲垣康善教授、鳥脇純一郎教授、並びに吉田研究室の皆様へ感謝致します。

参考文献

1) 坂内 正夫: 地図データベース, 情報処理, Vol. 27, No. 10, pp. 1153-1161 (1986)

2) 嶋田 茂: 地図・図面情報処理におけるマルチメディアデータベース, 情報処理, Vol. 28, No. 6, pp. 740-755 (1987)

3) 嶋田 茂, 江尻 正員: 日本語インタフェースを有する知的処理型マルチメディア地図情報処理システム G E N T L E, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 12, pp. 1162-1173 (1986)

4) 丹羽他: 市街地地図情報の蓄積と検索, 信学技報, A I 86-27 (1986. 10)