
研究論文

パーソナルコンピュータを使用した「まちづくり学習」支援システムのための地図情報入力システムの開発

A Development of the Map Data Input System on the Micro-computer

横浜市立大学情報処理教育センター 坂口 利裕

概要

本研究では、まず、「修復型まちづくり」における「まちづくり学習」のような場を支援するシステムに求められる要件について整理した。その要件とは、1. ビジュアルな表現が可能であること、2. 利用環境に制約が少なく操作方法が簡単であること、3. 建築物・敷地・道路の実態が扱えること、4. 情報の流れが双方向であることである。さらに、これらの要件を踏

まえてシステムの利用の内容を整理する。本研究では、このようなシステムを開発する上で隘路となる地図データ入力システムをパーソナルコンピュータ上で開発し、実用化のための課題を明らかにすることを目的としている。このために、まず、既存の実用システムでの入力方法を検討し、パーソナルコンピュータの特性を考慮しつつ既存の処理手法を応用した地図データの入力システムの作成を行った。

Abstract

This paper treats the system which supports such as the learning assembly for the piecemeal redevelopment of housing areas. First, four function requirements for the support system is proposed. The map data input system must be developed on the micro-computer. The purpose of this paper is to

develop the map data input system and to clarify the problem to putting the map data input system to practical use. The input methods are examined in the existing practical system. The data input system is developed during the consideration of the characteristic of the micro-computer.

1. 研究の背景と目的

市街地整備手法としての「まちづくり」が注目されてきており、住民のまちづくりに対する意欲を高める手法の研究が行われてきている。例えば原科他(1988)は、住民のまちづくりへの関心や意欲を高めるための手法として修復型まちづくりを推進するための学習(「まちづくり学習」)を取り上げ、以下のような結果を得ている。

- (1) まちづくりの有効性を認識し、まちづくり行動に関する知識を獲得するためのまちづくり学習が必要である。
- (2) まちづくり学習への参加を妨げる要因として、PR不足と時間の制約が大きい。
- (3) 学習内容は生活に身近な情報、とくに持家層に対する建築関係の情報提供が有効である。
- (4) 学習の場を設定する場合、対象者の性質や目的に応じて場の形態を決定すべきである。とくに、近所付き合いの少ない人々には「情報サービスセンター」のような時間的制約が少なく、気軽に参加できる形態の学習の場が望まれている。

ところで、「まちづくり学習」のような場は行政・プランナー・住民等の関連主体間相互の情報交流の場である。すなわち、学習の場がもたれる段階は行政・プランナー・住民との間でまちの現状や将来像に対する認識を共有しようとする段階であるので、行政から住民への情報提供だけでなく、住民から行政へ提供される情報や学習の過程で発生する住民からの発意を受け入れられるメカニズムが必要である。

以上の諸点を踏まえて、「まちづくり学習」のような場を支援するコンピュータ援用システムの要件をあげるならば、以下のようなようになろう。

- ① ビジュアルな表現が可能であること。
- ② 利用環境に制約が少なく、操作方法が簡単であること。

- ③ 建築物・敷地・道路の実態が扱えること。
- ④ 情報の流れが双方向であること。

①は、文書情報・数値情報よりも映像による情報の方が直観性に優るという点を利用して、学習の効果を高めることを意図している。

②で述べている内容は、(2)と(4)で述べられていることに対応するものである。②の内容を満足するには、持ち運びに便利であること・特殊な装置を必要としないことなどの条件を装置が満たすことが必要である。また、行政が提供する「情報サービスセンター」というような施設における住民独自の利用といった形態を考慮すると、コストが安いこと・操作が簡便であることも要求されよう。

③は(3)の内容に関連している。これらの情報が定量的に扱えれば、建物戸数・建蔽率・道路率などが計算できよう。これらをまちの物的指標として利用することで、より現実性のある学習が可能となる。また、これらの情報が地区の平面図として与えられれば、透視図・俯瞰図のCG(コンピュータグラフィックス)による表現が可能になることも①との関連で重要である。

「まちづくり学習」を支援する上では、④の要件を備えていることが最も重要である。これを満たすには、利用者(行政・プランナー・住民)の意見に基づいたデータの作成機能・加工機能が必要となる。しかも②の要件から、学習の場で即時に機能することが必要となる。さらに、③の要件に照らせば、元のデータとして地図によるものを利用するのが適当であると考えられる。なぜならば、地図をベースマップとした作業という実務の作業過程を学習できること・目標とする「まちのイメージ」の表現手段として簡便な方法であること・均質で手軽なデータとして最も入手しやすいことなどの特徴をもっているからである。したがって、市販の地図や学習の場で書かれた手書きの地図を短時間にコンピュータに入力できる機能が必要である。

さて、①~④の要件をその実現性という点でみ

てみる。既存のCG手法やCAD技術の流用が考えられるため、①と③の実現性は高い。②については、性能上の限界や特性を検討した上であれば、パーソナルコンピュータ（以下パソコンと略す）上にシステムを作成することで対処可能と思われる。④に関しては、地図情報の入力方法の作業量の大きさが問題となることが予想される。

そこで、本研究では「まちづくり学習」のような場を支援するシステムを開発する上でネックとなる地図データ入力システムをパソコン上で開発し、実用化のための課題を明らかにすることを目的とする。

以下では、まず第2章において既存システムにおけるデータ入力方法を検討する。本章および第2章の結果を踏まえて、第3章ではパソコンの特性を考慮しつつ既存の処理手法を応用した実験システムの作成を行い、第4章にて作成したシステムによる処理結果の評価を行う。最後に、各章で得られた結果をまとめて本報告の結論を述べる。

2. 既存の図形データ入力方法の検討

2.1 入力装置の違いによる検討

既存の実用システムにおける図形データの入力方法は、使用する入力装置の違いによってデジタル化による方法とイメージスキャナーによる方法とに大別されよう。

前者は、対象とする図面上の情報を人手によって判別しながら作業を行うので、人間に識別できる範囲内で対象を正確に入力できるという利点がある。しかしながら、作業量が膨大なものとなりやすく、例えば笹田（1989）のシステムでのデータ作成の例では、約400戸の建物の外形を入力するのに約12時間を要している。したがって、時間的制約のある学習の場における利用という本研究でのシステムの要件を満足するものとはいえない。

これに対して、後者の方法は、高速にかつ自動的にコンピュータ上への画像データ化が可能である。入力された画像データを図形データへ変換す

る処理（認識処理）については、100%認識とはいえないものの着実に認識能力があがってきている。そこで、既存の研究成果を踏まえたデータ入力システムがパソコン上に構築し得るかどうかの検討、そしてそれが必要とする情報を得るのに十分な能力をもち得るかどうかの検討が必要となる。

2.2 既存の図形認識手法の検討

既存の図形認識手法は2つの方式に大別できる。1つは認識処理をスキャナーで入力した直後の画像データ（ラスタデータ）に対して直接行うもので、もう1つはラスタデータをまずベクトルデータに変換し、その後ベクトルデータに対して認識処理を行うものである。

認識対象の図形データの性質に依存するので、両者の優劣を一概に述べることはできないが、本研究ではメモリーや補助記憶装置の容量に限界があるパソコン上での動作が前提なので、中間処理における不必要なデータの発生量が比較的少ないと思われるラスタデータに対する処理方式が適切であると考えられる。

この方式に該当する地図データの認識手法としては、建物の認識[安居院他(1981)]・道路の認識[安居院他(1984・1987)]があげられる。これらの例においても認識能力は完全ではなく、誤認識部分の処理方法が実用上の問題として取り組まれている。この点を解決するには2つのアプローチが考えられよう。1つは完全な自動化を指向する立場をとるものであるが、高速な計算能力を必要とする点でパソコンによる処理には不向きである。もう1つは、認識能力の向上は目指すものの、必要以上に処理が複雑になって全体の処理速度が低下するよりはマン・マシンによる処理によって代替できる部分についてはむしろ積極的に取り入れようという立場である。本研究の目標とするシステムの実用化のためには、パソコンの処理能力も勘案して後者のアプローチを採用することとした。

3. 地図データの入力システムの試作

既存の認識処理手法は主として大型コンピュータやEWS（エンジニアリングワークステーション）を基盤として開発が行われている。そこで、これらの手法がパソコン上ではどの程度機能し得るか、また、適用に際しての問題点は何か、そしてその問題点は他の方法によって回避し得るのかを探ることが必要である。

3.1 ハードウェア構成とプログラム言語

システムは、パソコン本体（主メモリー 640 KB・FDD 2台）にカラーディスプレイ・イメージスキャナー・マウス・ハードディスク・プリンターという一般的な機器のみで構成した。

他のアプリケーションプログラムとのデータの共有を考え、オペレーティングシステムはパソコンの標準であるMS-DOSを採用した。

プログラム言語は主としてCを用いることとした。大型コンピュータ上では画像処理プログラムの多くがFORTRANを用いて記述されているが、メモリー空間に制約のあるパソコンでは処理データをなるべくビット単位で格納しておく必要がある。この点を考慮して他の高級言語に比べるとビット単位のデータを操作しやすいC言語を採用することとした。なお、グラフィックスの表示部分（処理結果の画面上での確認に必要）やイメージスキャナー・マウス・プリンターとの入出力部はアセンブリ言語で記述した。周辺装置との入出力は高速化の必要とされる部分であり、また、このような機種依存の部分をプログラム本体と分離しておくことで他機種への移植性が高まるためである。これによって特定のハードウェアによらない手法として一般化でき、行政側で現有しているパソコン資産の有効利用を行いやすくなる。

3.2 処理内容の概要

1章で述べた建築物・敷地・道路のうち、本研究では、手始めに、まちなみを形作る要素として重要な建築物を認識対象とした。そこで、認識処

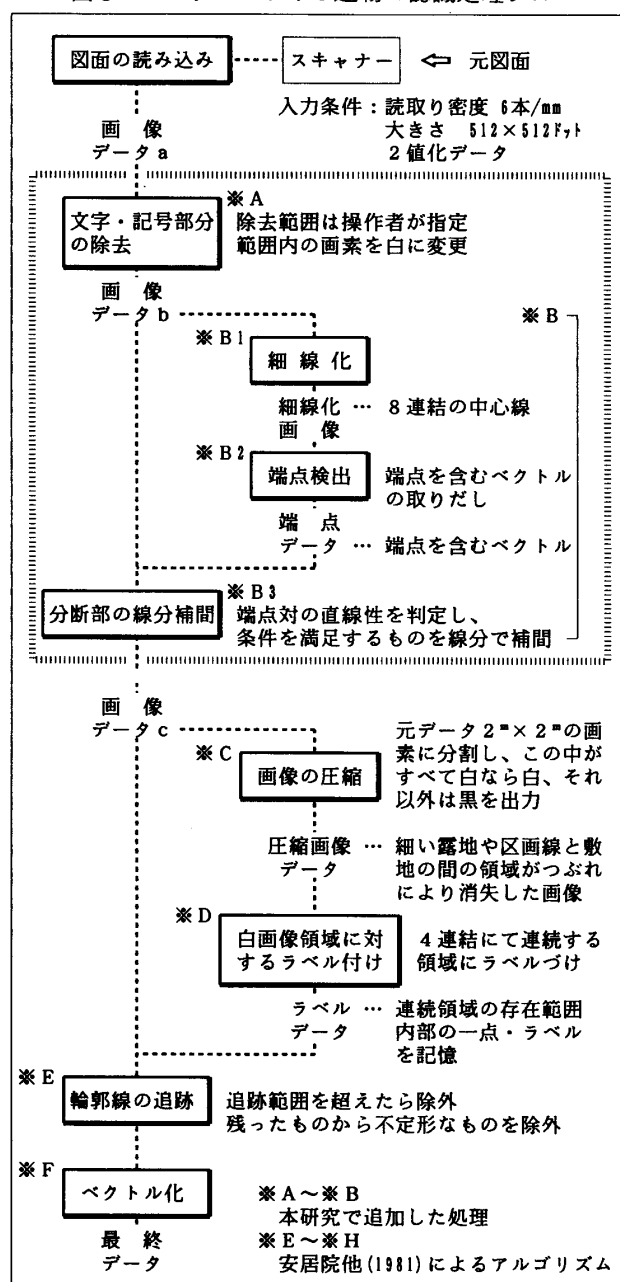
理プログラムは安居院他（1981）のアルゴリズムを採用し、2つの処理プロセスを追加した。

扱う元図面としては、安居院他（1981）同様、1/2500国土基本図を取り上げた。

全体の流れは、図1に示すとおりである。※A～※Bの部分が本研究において追加した部分である。この追加部分については後述するものとして、まず、オリジナルのアルゴリズムの概要を述べておく。

基本的な考え方は、対象となる要素（建物領域）

図1 システムにおける建物の認識処理フロー



を以下のように特徴づけて、これらをすべて満足するものを建物の輪郭線として抽出するというものである。なお、画像データは2値化データを用いている。

- ① 1本の閉曲線によって囲まれた領域である。
- ② 道路・街区の境界・堀などを示す線によって囲まれた領域の内部に存在する。
- ③ 原則として限られた面積を有効に利用して建てられるため、輪郭線が複雑に入り組んだ図形は少ない。
- ④ 直角に近い角をもつ多角形として表現されている図形が多くみられる。

①と②の条件のチェックは、図1の※Eの部分の輪郭線追跡の処理によって同時に行われる。この時、すべての輪郭線を追跡する必要はなく、※Dのプロセスで得られるラベルデータによって示される範囲内でのみ実行される。この範囲を超えるような追跡が認められたら、ただちに①②の条件に反するとして追跡を中止する。ラベルデータは※Cで得られる圧縮画像における白画素が4連結で連続する領域の存在範囲を記憶したもので、領域の識別番号と存在範囲を示す対角線上の点の座標、及び領域内の任意の白画素の座標のみ記録しておけばよい。

③と④のチェックは、輪郭線を追跡する際に、同時に閉領域の面積と周囲長を求めておき、 $(\{面積\} \div \{周囲長\}^2)$ を計算し、この値がある閾値より小さなものを極端に細長いあるいは複雑な形状をしているとして除外することによって行っている。図1の※Eにおける後処理で行う。

3.3 パソコンへの適用上の工夫点

これらの処理に従ったプログラムをパソコン上に作成するが、パソコン資源の制約を考慮すれば画像データの保持方法に工夫を要する。メモリーの節約のためにはラインバッファによる分割処理の採用も考えられたが、外部記憶との頻繁な入出力は高速化の妨げとなることを重くみて、すべて

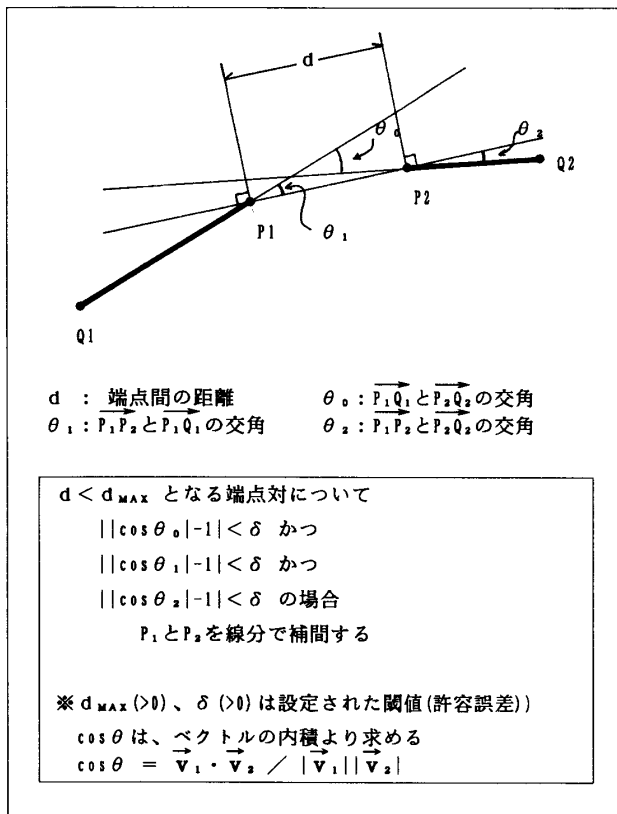
を主メモリー上に確保することとした。処理プログラムの領域やMS-DOS自身が使用する領域を考慮すると、640KBの領域のうち高々300KB程度しか利用できない。このため、メモリー上に記憶できるデータの大きさを最大でも1024×1024ドットに制限した。この場合、読取り密度を12本/mmとすると原図面上では約85mm×85mmとなり、さらに1/2500の地図上では約210m×210mの区域となることから、まちづくりを考える上で不十分な大きさではないと考えた。標準的な構成のパソコンを想定したために、このような制限を加えたが、拡張RAMを利用できるのであれば、ディスク装置をRAMディスクに置き換えて使用すれば大量データの処理も行えるであろう。この場合、A4判大の紙面を画像データ化すると約1MB(ただし読取り密度を12本/mmとした時の圧縮していない2値画像の場合)が必要となるが、格納する際にデータ圧縮を行えばさらに節約できるので、まちづくりを考える上で十分な大きさを取り扱うことは可能である。

3.4 認識能力を高めるための工夫点

さて、オリジナルのアルゴリズムのみを1/2500国土基本図に対して適用したところ、本来建築物領域として抽出されるべき領域が図1の※Dの部分で、対象ではないと判定されて脱落したものが多かった。これは、本来閉曲線であるべき領域が画素の抜けによって閉曲線となっていなかったためである。また、少数ではあるが、記号や文字部分の閉領域が誤抽出されていた例もあった。更に、これも少数ではあるが、圧縮画像を得る際に本来白領域として残るべき部分が、輪郭線のつぶれによって完全に消失したものがあり、小さな面積の領域で生じている。そのような誤認識を生じる図形の特性をまとめると、

- (1) 元の地図では閉曲線を構成しているが、スキナーで読み取る際に欠落したもの
- (2) 元の地図でも印刷のかすれなどにより閉曲線が分断されてしまっているもの

図2 端点对の直線性の判定と線分補間



いる画素(分断された部分の候補)から最初の特異点(屈曲点・分岐点・一方の端点)までの長さを計測し、この長さがある閾値より大きなものについてのみ、端点の位置と特異点に至るベクトルを記憶しておく。こうすることで余分なデータの発生を抑えている。

次に、分断点の修復処理を行う(図1の $\ast B3$)。ある端点に着目し、この端点から一定の距離内にある別の端点を見つけ出す。これらの端点对について次のような条件を満たすか否かを判定する(図2)。

- ① 2つの端点ベクトルの交角が0度に近い。
- ② 端点と端点を結んで得られるベクトルと端点ベクトルとの交角が0度に近い。

すなわち、この端点ベクトルの直線性を判定することで、端点を接続することが妥当か否かを判定し、妥当と判定されたものについて線分による補間処理を行う。補間処理における線分発生は既存の方法によって自動的に行われる。

(4)については、図形の特性的違いによって認識するというオリジナルの手法の性質上誤認識を避けられない。したがって、他の方法によってあらかじめ画像データ上からこれらの部分を取り除いておくことが必要である。原稿としての地図に手を加えるのを避けるため、画像データ上で除去を行う。文字・記号領域の抽出にも認識手法の適用が考えられるが、この認識処理自体も完全ではな

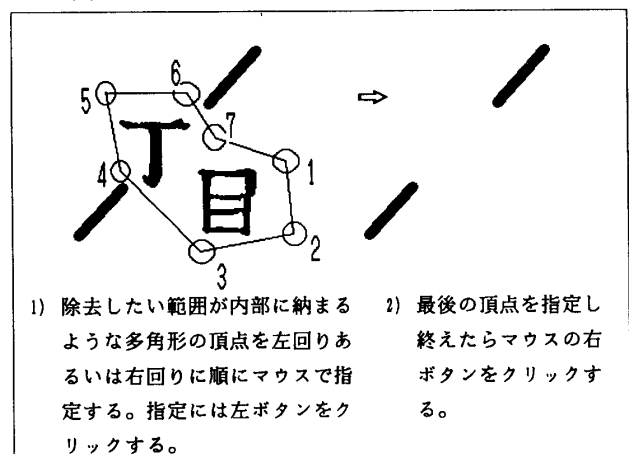
- (3) 元の地図でも文字の表記などの都合で恣意的に線の一部が省略されているもの
 - (4) 文字や記号部分などの閉領域
 - (5) 面積の小さな領域が画像の圧縮時につぶれてしまったもの
- となろう。

(1)と(5)は、スキャナーの読取り精度と関わっている。(1)は、図形を構成する線分の太さや線分の向きと密接であり、(5)は、画像の圧縮時に白領域として残るのに十分な画素で構成できていなかったことは推定されるが、今回用いたスキャナーの性能面での制約(最大でも8本/mm)のために追証実験はできなかった。

(2)と(3)については、スキャナーの性能に関わらず、分断された線としてデータ化されてしまうため、入力後のデータに対する線の補間処理を組み入れることで対処した。

分断部分の抽出は以下のように行う(図1の $\ast B1 \sim \ast B2$)。画像データに対して細線化処理を行う。こうして得られた画像より、端点となって

図3 文字・記号領域の除去範囲の指定方法



いので、今回は、データをディスプレイに表示させてマウスによって除去部分を指定することで行った(図1の※A)。画素単位に修正するのは効率的ではないので、除去部分を内包するような多角形の頂点のみ指定すればよいように工夫した(図3)。このような方法によって除くべき領域は、実験に用いた図面例では高々10~30個所であり、所要時間も約10分であったので、図面がさほど大きくない場合においては、実用上は問題ないと思われる。

4. 試作システムによる処理結果の検討

作成されたシステムを用いて、本認識処理の適用性を異なる特性をもつ地区の地図に対しても検討するために、図4~5に示すようなA~Dの4種類の地図に対して同一条件にて認識実験を試みた。図面Aは密集宅地の例であり、建物と敷地の間の空間が少ないのが特徴である。図面Bは鉄道駅付近の地図で、道路以外に細長い領域が広がっている。図面Cは業務地区で、敷地・建物の規模の大きなものが存在している。図面Dは郊外部の例で、建物がまばらなのが特徴である。これらの地図に対する認識結果を表1に示す。

第1の誤りの原因であった線分の分断の修復に

表1 建物の抽出結果

元図面	抽出されるべき建物数	処理方法	抽出された建物数			除外された領域数			認識率 %
			計	正	誤	計	原因1	原因2	
A	233	処理1	184	180	4	49	38	11	77.3
		処理2	180	175	5	52	43	9	75.1
B	94	処理1	50	49	1	45	31	14	52.1
		処理2	48	46	2	47	33	14	48.9
C	24	処理1	23	15	8	7	5	2	62.5
		処理2	25	13	6	9	7	2	54.2
D	22	処理1	20	20	0	2	1	1	90.1
		処理2	19	19	0	3	2	1	86.4

注) 処理1 : 本システムによる処理結果
 処理2 : 安居院他(1981)のアルゴリズム(処理条件は処理1に同じ)
 原因1 : 線のときれによるもの
 原因2 : その他の理由によるもの
 認識率 : $\{ \text{正しく抽出された建物数} / \{ \text{抽出すべき建物数} \} \times 100$
 処理条件 : 読取り密度6本/mm、画素数512×512、図面縮尺1/2500

よる効果を見てみると、図面例Aの場合では、線の分断により除外されていた領域43個のうち、5つが家屋として抽出された。他の38個の領域は、修復の効果がなかったことになる。

これは、矩形の頂点の部分が分断されているものを考慮しなかったためである。したがって、補間の対象を、直線部の途切ればかりでなく、頂点が欠落したような場合にも対処できるように、直交性の判定を組み入れて拡張すれば、さらに認識率が高まると予想される。直交性の判定には直線性の判定と同様に2つのベクトルの交角の判定による方法が適用できよう。ただし補間の方法を工夫する必要がある。また、文字・記号領域の除去後の補間までは考慮しなかったので、接続の候補を探索する範囲を超えるような幅で分断が生じている。この点については、文字・記号領域の除去後の補間方法の工夫を行う必要がある。

第2の誤りの原因であった文字・記号部分の閉領域は、処理前に除去していることで当然ではあるが完全に消失している。

除去の対象を文字・記号部分に限定していたので、図面例Bのような敷地内の非建蔽部や鉄道路で囲まれた部分の誤抽出に対しては効果がない。このような場合も、あらかじめ線路部分を除去しておくという手段が考えられる。自動的に行うには、線路を表わす線分が比較的太い線からなっていることを利用することが考えられよう。しかし、図面例Bのように線路が互いに交差していると処理が複雑になって処理速度が遅くなる恐れもある。したがって、文字・記号の除去に用いたのと同様の除去方法の採用も考えられる。

また、図面例Cでは、入れ子の状態であるにもかかわらず外側の輪郭線が抽出されているのが特徴的である。圧縮画像によるつぶれが意図したとおりに生じなかったことが原因であろう。しかし、原図面をみると、この部分は中庭をもつビルであろうということが分かる。この場合は、どちらも建物の輪郭線であるという点で正しいのである

図4 ▶
地区特性の異なる地図に
対する処理結果(その1)

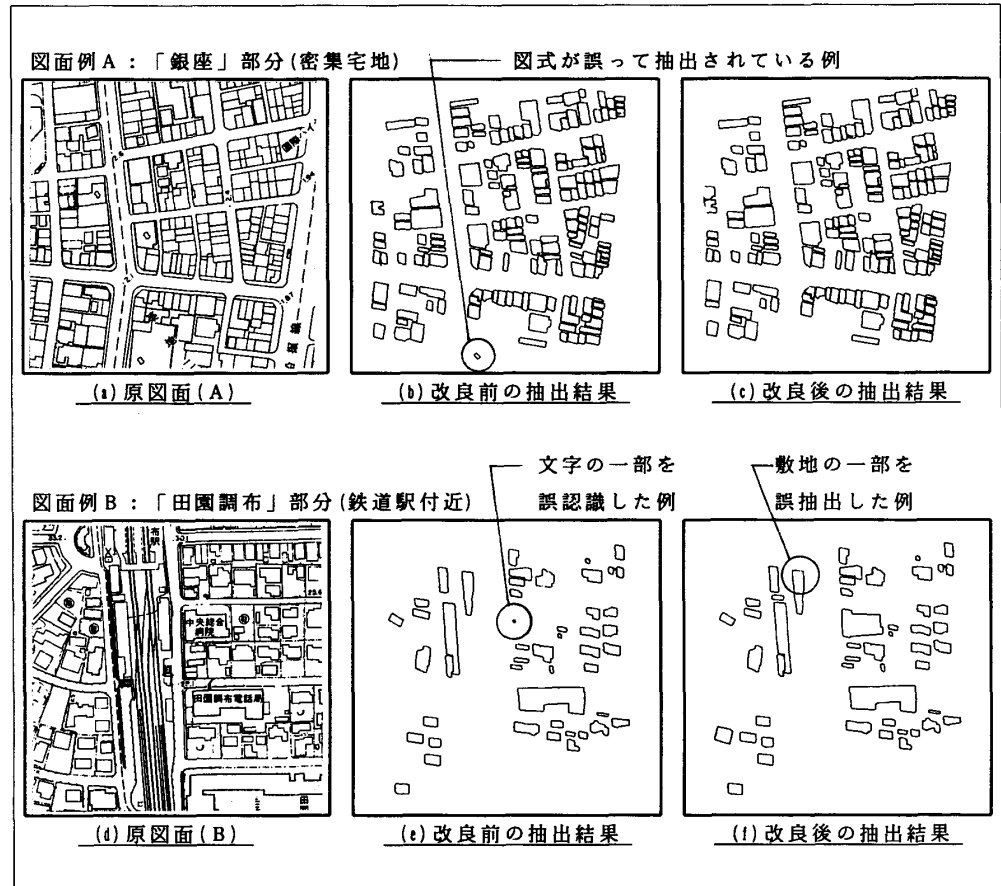
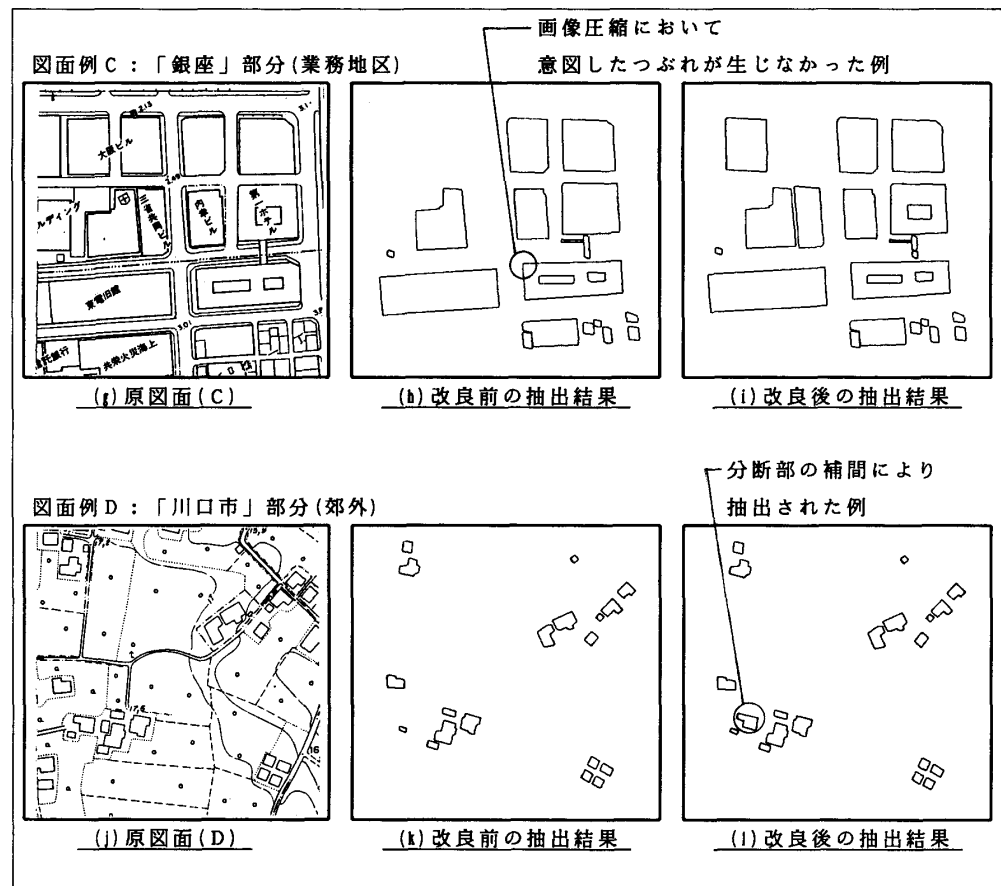


図5 ▶
地区特性の異なる地図に
対する処理結果(その2)



が、別々の建物として認識されていることが問題である。このような例は、大規模な建物の存在するような場所では出現する可能性はあるものの、「まちづくり」の必要とされるような地区においてはむしろ特殊な例としてとくに考慮しなくても実用上は問題ないであろう。多角形の包含関係をチェックすることにより、このような入れ子状態の発生を認識そのものは可能であろう。

全体的にみて、改良の前後では明らかに認識率が向上しているとはいいい難い結果となっている。これは、スキャナーの性能とメモリーの制約から読取り密度を6本/mm(約150DPI)という比較的荒い値に設定したことに原因があると考えられる。とくに、画像の圧縮によって建物領域が完全につぶれるような場合には、輪郭線追跡の候補から外されてしまうので改良の効果を全く得ることができていない。4.でも述べたように読取り密度を変えた場合の追証実験は行えなかったが、現在では12本/mm(約300DPI)の解像度をもつ製品も安価に入手できるので、これを利用して認識率を高めることは可能であろう。

なお、現在の処理システムでは、パソコンとして数値プロセッサを搭載した日本電気製PC-9801RA21を利用した場合、細線化処理に約2分、端点の抽出に約2分、画像圧縮に約1分、ラベルデータ作成に約2分、輪郭線追跡とベクトル化に約2分を要する。文字・記号の除去作業には約10分を要するので、全プロセスでおよそ20分程度を要する計算である。

5. まとめと今後の展望

各章で得られた結論・知見をまとめると、以下のようなになる。

第1に、「まちづくり学習」のような場を支援するシステムに要求される機能と利用の内容について整理したこと。この結果を踏まえて、パソコン上で動作する地図データの入力システムの開発が必要であることを示した。

第2に、実用システムにおける図形データの入力手法の検討を行った結果、人手による作業量の比較からイメージスキャナー利用の方法が適当であると考えられること。

第3に、この点を実験的に考察するため、パソコン上に、既存の建物の認識処理手法に2つの処理プロセスを追加した実験システムを作成し、1/2500の地図への適用を行った。この結果、追加した線分の補間処理プロセスの効果も確かめられたが、直線の分断部の修正だけでなく、角の欠如に対する修正の必要性が明らかになった。また、文字・記号領域の除去プロセスを加えたことによる効果もあった反面、単純な除去では線分の接続処理の効果が十分でないことも明らかになった。更に、この手法の原理的な限界もあることが確認され、今回提示した改良法の他にも鉄道軌道のようなものを事前に除去しておく必要があることが判明した。

今後は、他の手法に対しても実験システムによる限界と効果の知見を得ることと、抽出された要素の元画像からの除去方法といった基礎的な手法の研究開発が必須であることの2点を重要な課題としてあげて、より実用的な地図情報の入力システムの構築を目指すこととする。

謝 辞

本論は、筆者の東京工業大学大学院理工学研究科(社会工学専攻)における修士論文を基に、その後の研究成果を加えて、あらたにまとめたものである。当時の指導教官である石原舜介先生(現・東工大名誉教授)、深海隆恒先生(現・東工大教授)には、この場を借りてあらためてお礼申し上げたい。

また、阪本一郎(東京工業大学)、高辻秀興(東京工業大学)、中井検裕(東京大学)、額田順二(東京都立科学技術大学)、中口毅博(社会調査研究所)の諸氏には、本論をまとめる上で適切な助言をいただいた。

参 考 文 献

安居院猛・中嶋政之・飯塚久人 (1981)「市街化地図情報処理に関する研究—第1報—建築物領域抽出アルゴリズム」、『電子通信学会技術研究報告』PRL81-36

安居院猛・中嶋政之・飯塚久人 (1984)「市街化地図情報処理に関する研究—第2報—パラレル・ベクトル・トレーサによる道路の抽出」、『電子通信学会技術研究報告』PRL84-20

安居院猛・中嶋政之・長尾智春 (1987)「地図画像からの道

路網ベクトル抽出手法」、『電子通信学会技術研究報告』PRU87-35

笹田剛史 (1989)「コンピュータ・グラフィックスによるプレゼンテーションと合意形成」、『都市計画』No.157、57~61pp.

原科幸彦・広木雅史・小野宏哉 (1988)「修復型まちづくり推進のための学習の場のあり方に関する研究」、『第23回都市計画学会学術研究論文集』、157~162pp.