

市街地地図における道路の抽出と復元

小林 富士男* 三藤 雅俊** 尾関 孝史*

Extraction and Restoration of Road from Urban Map

Fujio KOBAYASHI* Masatoshi MITO** Takashi OZEKI*

ABSTRACT

The purpose of study is to extract roads from the urban map, automatically. In the case that roads in the map are hidden by symbols or characters, the restoration of roads are also carried out. In the extraction, center lines are obtained based on the property that roads are usually consist of parallel lines. Next, the reconstruction of roads are made by using connection of center lines on intersection. Finally, some roads which are parted by symbols or characters are connected.

キーワード： 画像処理, デジタル地図, 道路網, 道路抽出, 道路復元

Keywords: Image Processing, Digital Map, Road Network, Extraction of Road, Restoration of Road

1. まえがき

近年, 電子計算機を中心とする情報処理技術の発展は著しい. 特に画像処理関連の分野では, すでにかなり普遍化し, 画像の入力, 取得から, 目的に応じた様々な処理と変換, さらには再現力や, 新たな画像の生成など, 大きく多彩な広がりを持つに至っている.

このような中で, 地図を計算機に入力し, 道路, 鉄道, 家屋, 河川等の地図上の情報と, 水道, 通信施設の設備情報, あるいは顧客情報, 土地利用情報等を組み合わせて管理し, 各種情報の高度利用を図るシステムが脚光を浴びてきている.

地図情報の高度利用を図るためには, 地図を単

なる背景図として利用するだけでは不十分であり, また, 地図の内容を理解して計算機に入力しなければならない. そのため, 地図などを対象とした自動入力システムに関する研究が盛んに行われている.

本研究では, 市街地地図から道路を自動的に抽出することを目的としている. 抽出の際, 記号・文字で隠れた部分の道路が欠落するため, あわせてその復元も行っている. 抽出では, まず道路が平行線であることに着目し, その中心線を求めている. 次に, 原画像上で中心線上の各端点の周辺を探索し, 最初に発見した黒画素の集まりを道路としている. 更に, 記号・文字によって欠落した部分の復元処理を行っている.

* 情報処理工学科

** 福山大学大学院情報処理工学専攻

本アルゴリズムを実際に国土地理院発行の2万5千分の1の市街地地図に適用した結果、道路をほぼ完全に抽出、復元することができた。

2. 処理手順

本研究の流れを図1に示す。

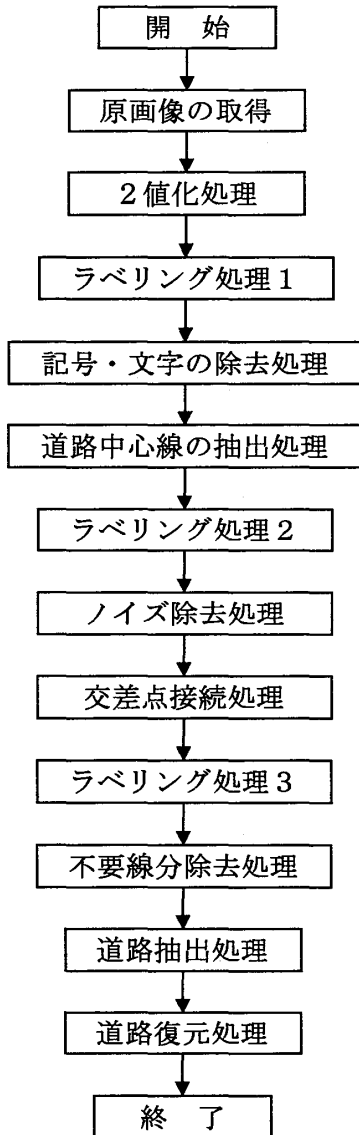


図1 フローチャート

Fig.1 Flowchart.

3. 原画像の取得

国土地理院発行の2万5千分の1の地図^[1]をイメージスキャナで読み込み、原画像(図2)とする。ただし、解像度を600dpiとし、256階調

グレー画像として読み込むものとする。

4. 2値化处理

入力された原画像を2値化处理し、2値化画像(図3)を得る。2値化のしきい値を決定する方法としては、判別分析法^[2]を採用する。ただし、原画像をイメージスキャナで取り込む性質上、濃淡のむらが生じる場合がある。そのため、各画素それぞれに対して個別にしきい値を設定する動的しきい値法を併用する。

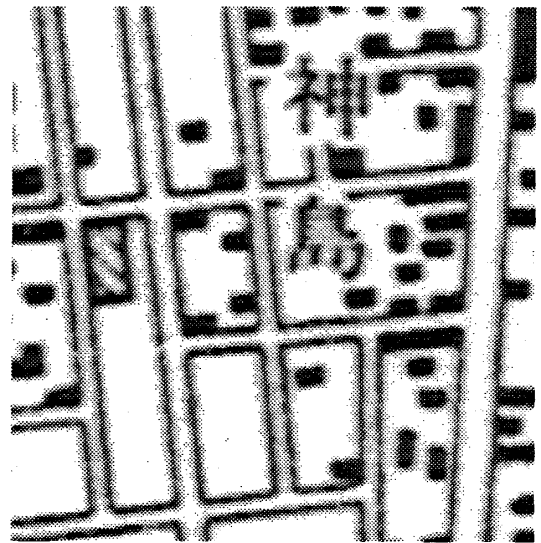


図2 原画像

Fig.2 An Original image.

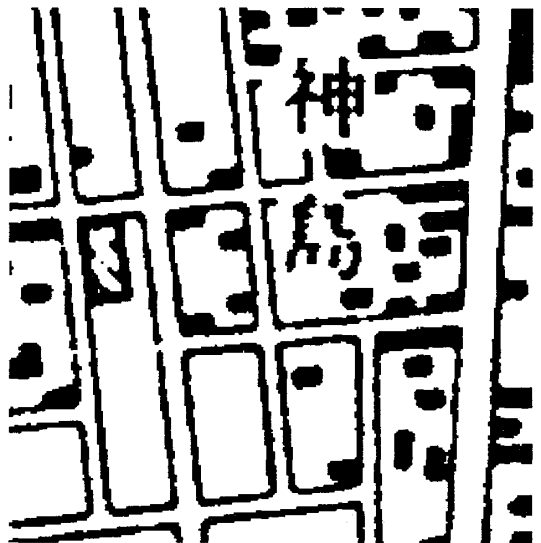


図3 2値化画像

Fig.3 Binary image.

5. 記号・文字の除去処理

地図には、道路による線図形のほかに、建物などの記号や、地名などの文字が含まれている。これらの記号・文字は、道路中心線を抽出する際、不要な中心線を増加させるものになるため、除去する必要がある。

まず、2値化画像上で8近傍によるラベリング処理を行い、連結成分に分ける。次に、各連結成分に対し、水平・垂直方向の幅の最大値を求める。このとき、次の条件をすべて満足する連結成分を記号・文字とみなし、除去する。

条件1：水平・垂直方向の各幅がいずれも $\sqrt{2}s$ (50ピクセル) 以下。

条件2：画像の端に接していない。

ここで s は、国土地理院で規定されている文字の一辺の長さ 1.5mm (36ピクセル) である。これを $\sqrt{2}$ 倍するのは、水平・垂直方向の幅が最大となる45度傾いた文字を考慮に入れるためである。このようにして得られる画像を除去画像(図4)とする。

なお、記号・文字の除去領域は、後述する道路の復元処理で利用するため、画像として記憶しておく。

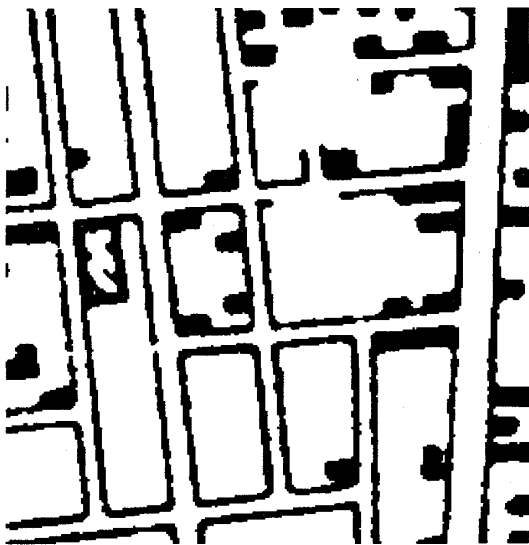


図4 除去画像

Fig.4 The image which is removed isolated figures.

6. 道路中心線の抽出処理

6.1 中心線の抽出

得られた除去画像から、道路中心線の抽出を行う。地図上の道路は、平行線状に描かれている。また、国土地理院発行の地図に規定されている道路の幅は、表1に示すように3種類である。これらの特徴を利用して、次に示す方法で道路中心線の抽出を試みる。

まず、除去画像を水平方向に走査する。この過程において、間隔 $\sqrt{2} \cdot D$ (最大道路幅) 以下の区間の中点を黒画素とする。次に、垂直方向に走査し、同様の処理を行う。これらの処理を全体に施すことによって、道路中心線が得られる(図5)。ただし、この段階では、点状の細かいノイズが残っている場合がある。そこで再度ラベリング処理を行い、不要なノイズの除去を行う。このようにして得られる画像を道路中心線画像(図6)とする。

表1 道路の種類

Table1 The kinds of roads.

	実際の幅	地図上の幅	画素数
道路1	11m 以上	1.0mm	24 画素
道路2	5.5~11.0m	0.8mm	19 画素
道路3	2.5~5.5m	0.4mm	10 画素

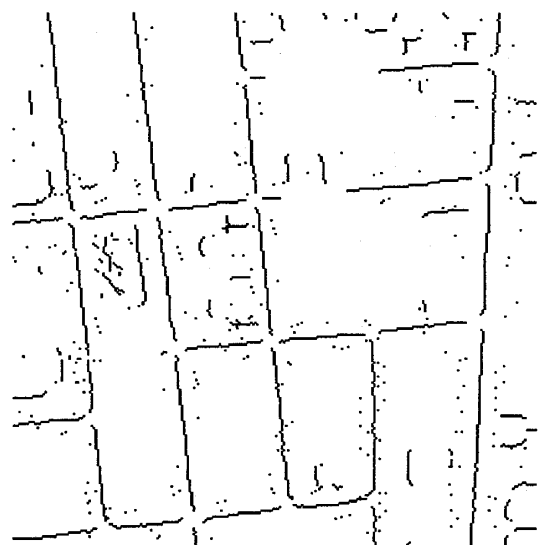


図5 道路中心線画像 (ノイズ除去前)

Fig.5 The image which is extract of center lines.

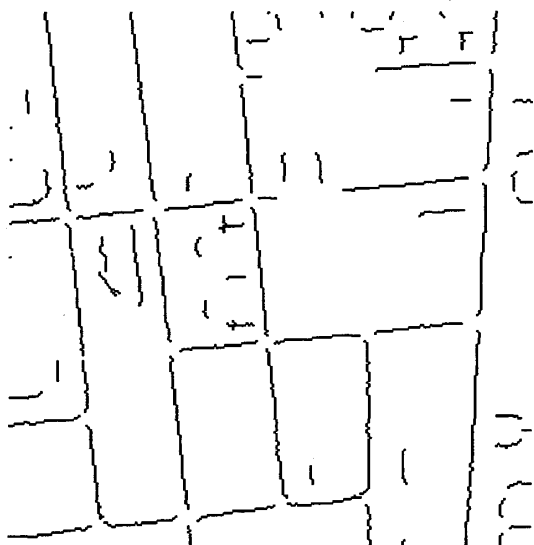


図6 道路中心線画像 (ノイズ除去後)

Fig.6 The image which is extract of center lines.

6.2 交差点の接続

上記の中心線抽出処理を行っただけでは、交差点部分が抽出されず、欠落したままである。そのため、交差点を接続する必要がある。そこで、次のような手順で接続処理を行う。

手順1：中心線画像において、端点 P を探索する。

手順2：除去画像において、 P を中心に、一辺が $2\sqrt{2}D+1$ のウィンドウを設定する。

手順3：ウィンドウ内画像を白黒反転する。

手順4：ラベリング処理を行う。

手順5： P と同じラベル値を持つ連結成分だけを残し、それ以外は除去する。

手順6：対応する中心線画像とウィンドウの論理積をとり、ウィンドウに記憶する。

手順7：記憶したウィンドウの中から、次の条件をすべて満足する端点の組 P_0, P_1 を接続する。

条件1： P_0, P_1 それぞれが異なる中心線上の端点であること。

条件2： P_0, P_1 間のユークリッド距離が $\sqrt{2}D$ 以下であること。

条件3： P_0 と同一中心線上に他の端点 Q_i ($i=0, 1, \dots$) が存在する場合、

$$|P_0, P_1| \leq |Q_i, P_1| \quad (1)$$

を満足すること。ただし、 $|A, B|$ は、点 AB 間のユークリッド距離を表す。

条件4： P_1 と同一中心線上に他の端点 R_j ($j=0, 1, \dots$) が存在する場合、

$$|P_0, P_1| \leq |P_0, R_j| \quad (2)$$

を満足すること。

条件5：除去画像において、 P_0, P_1 を結ぶ線分上に黒画素が存在しないこと。

手順1 から手順7 までの処理を中心線画像上の各端点に対して行う。その結果、交差点部分が接続される (図7)。ただし、この段階では、道路以外の部分から抽出された中心線が残っている場合がある。そこで再度ラベリング処理を行い、不要な線分の除去を行う。このようにして得られる画像を交差点接続画像 (図8) とする。

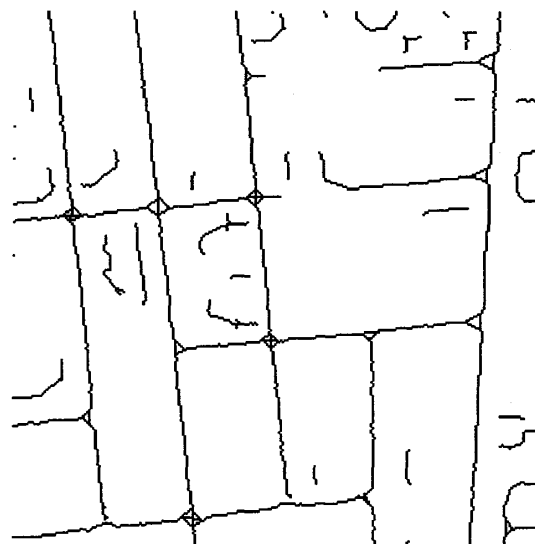


図7 交差点接続画像 (不要線分除去前)

Fig.7 The image which is extract of intersection.

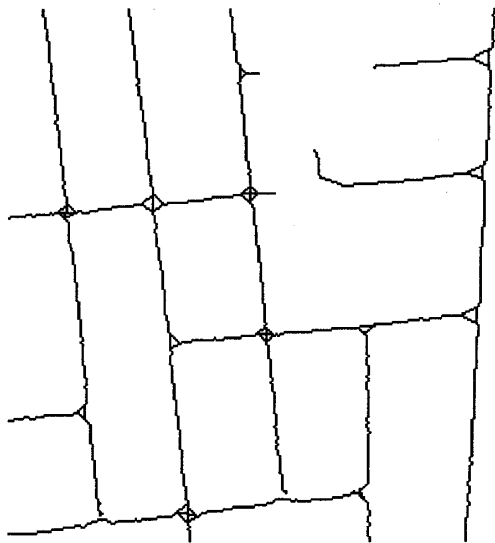


図8 交差点接続画像 (不要線分除去後)
Fig.8 The image which is extract of intersection.

7. 道路の抽出処理

得られた道路中心線をもとに、道路を抽出する。そのために、中心線画像を水平方向に走査し、黒画素が検出されたところで、その点を中心に、除去画像を上下左右の4方向に D まで探索する。その際、各方向それぞれに対して黒画素が検出された場合、道路とする。このようにして得られる画像を道路抽出画像 (図9) とする。

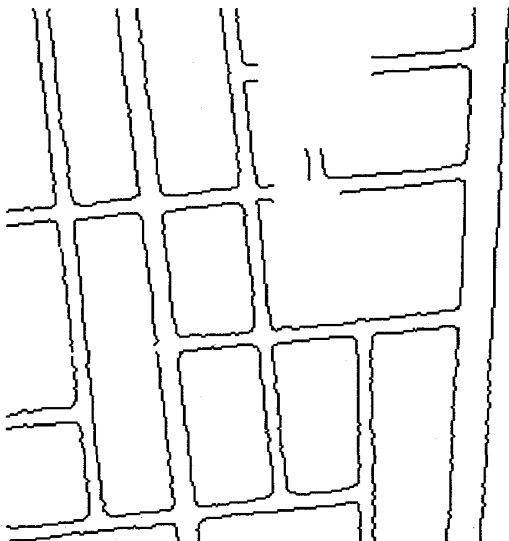


図9 道路抽出画像
Fig.9 The image which is extract of road.

8. 道路の復元処理

8.1 端点の探索

これまでの過程において、記号・文字を除去した部分は空白のままであり、道路が欠落している。そこで、道路の接続を行う。そのため、道路抽出画像上で、端点の探索を行う。

まず、端点の探索を行う領域を決定する。前述した記号・文字の除去処理において、あらかじめ記憶しておいた除去領域画像のうち、次の条件をすべて満足する連結成分を除去する。

- 条件1 : 水平・垂直方向の各幅がいずれも $\sqrt{2}s$ (50 ピクセル) の半分以下。
- 条件2 : 画像の端に接していない。

残された連結成分をさらに b だけ拡張した領域を端点探索領域とする。ここで b は除去領域と道路を隔てる白画素の幅であり、 10 画素とする。なお、この値および後述する同様な値は、すべて予備実験によって決定した。

端点探索領域を走査し、黒画素が検出された場合、その8近傍を調べる。そのとき、連結している画素が1画素であれば、その黒画素を端点 E_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) として端点表に記憶する。さらに、 E_i を端点にもつ道路中心線をそれぞれ L_i とする。

8.2 接続候補端点の決定と接続

端点 E_i の接続候補端点を決定する。そのために、まず、中心線 L_i 上の点から端点 E_i に向かう大きさ M のベクトル V_i を求める。ここで M は5画素である。このベクトルを端点ベクトルと呼ぶことにする。この端点ベクトルを、すべての端点について求め、端点表に記憶する。次に、端点 E_i から端点 E_j ($j = 1, 2, 3, \dots ; i \neq j$) に向かうベクトル $W_{i,j}$ をとし、各端点間に対して求める。これらのベクトルのもとに、次の式から、 V_i と $W_{i,j}$ の角度 $\theta_{i,j}$ を求める。

$$\theta_{i,j} = \cos^{-1} \frac{V_i \cdot W_{i,j}}{|V_i| |W_{i,j}|} \quad (3)$$

$\theta_{i,j}$ が最小になる端点 E_j が、端点 E_i の接続候

補端点となる。ただし、最小の θ_{ij} が θ_T 以上になる場合は、端点 E_i の接続候補端点は無しとする。ここで θ_T は角度のしきい値であり、15度である。

上記の処理をすべての端点について行った後、互いに接続候補端点として選択される二端点を接続する (図10 (a))。

8.3 端点の延長による接続

上記の処理では接続されない端点については、次に述べる方法によって接続する。

まず、各未接続端点 E_i から中心線画像上に深さ D まで探索する。その際、最も近くに存在する端点のベクトル U_i を、ベクトル V_i を求めた方法により求める。次に、未接続端点 E_i を、道路抽出画像上で、ベクトル U_i の方向に延長する。その際、端点探索領域内において、黒画素を発見した場合、その黒画素と端点を接続する。ただし、交差点部に不要な線分が残される場合がある。そこで線追跡を行い、二分岐点の間隔が $\sqrt{2} \cdot D$ 以下になるような線分が発見された場合、除去する (図10 (b))。

8.4 未接続端点の接続

上記の2つの接続処理を施しても、接続されずに端点が残る場合がある。そこで、未接続端点に対して再び接続候補端点を求める。ただし、しきい値 θ_T は設定しない。 θ_{ij} が最小になる端点 E_j を端点 E_i の接続候補端点とし、接続候補として選択される端点同士を接続する。

以上の一連の処理により、道路はほぼ復元される。このようにして得られる画像を道路復元画像とする (図11)。

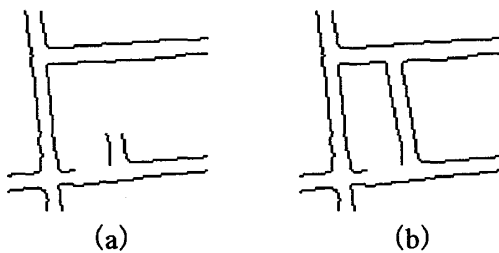


図10 道路復元処理の過程

Fig.10 The process which is restore of roads.

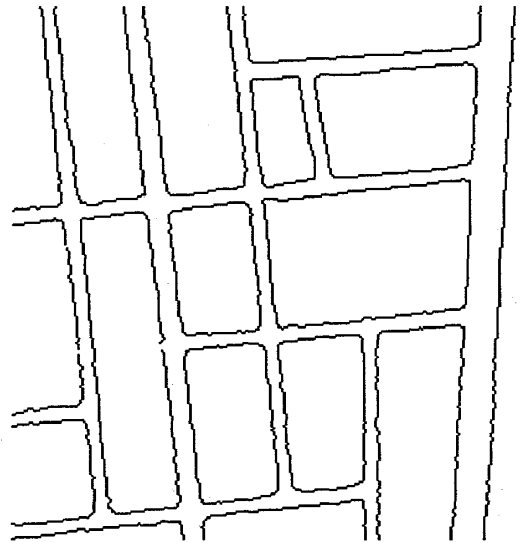


図11 道路復元画像

Fig.11 The image which is restore of roads.

9. あとがき

本論文では、市街地地図から道路を抽出する方法について記述した。さらに、記号・文字によって欠落した部分の復元についても記述した。これらの方法により、市街地地図から道路をほぼ抽出、復元することができた。ただし、これは直線道路であることを条件としている。カーブ状の道路が欠落している場合などの復元については、今回対象外としている。

今後の課題としては、今回の処理で対応できなかった部分をさらに抽出、復元することであり、現在そのアルゴリズムを検討している。

参考文献

- [1] 国土地理院：昭和60年2万5千分の1地図 福山東部
- [2] 大津展之：判別および最2乗基準に基づく自動しきい値選定法，電子通信学会論文誌，第63巻第4号，pp.349-356(1980).
- [3] 中嶋正之，安居院猛，飯塚久登：“市街地地図に対するパラレル・ベクトル・トレーサを用いたグラフ構造解析”，Vol.J67D No.12 pp.11429-11426,1984.12
- [4] 矢口，村上：1/25,000地形図に描かれた平行線道路記号の自動認識第3回 AUTOCARTO JAPAN 論文集 昭和62年5-14