

## 市街地地図からの道路抽出

小林 富士男\*・大村 孝博\*\*・田中 始男\*・坪井 始\*・美咲 隆吉\*

### Extraction of Roads from an Urban Map

Fujio KOBAYASHI, Takahiro OMURA, Motoo TANAKA,  
Hajime TSUBOI and Takayoshi MISAKI

#### ABSTRACT

Recently, many studies have been carried out in dealing with the automatic input of maps to a computer. The automation of a map processing makes up the labor storage. In this paper, the automatic extraction method of roads from a map is proposed. The method detects a road network based on the parallded lines. Computer simulations are made for confirmation of an algorithm. Using the many practical maps, the usefulness of the method is verified. There are some merits in processing time and practicality.

#### 1 まえがき

近年、地図や図面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。<sup>(1)</sup>市街地地図において、道路情報がしばしば必要となるが、その入力方法は人手に頼る部分が大きく、膨大な時間と労力を必要とする上に入力誤差も生じる。そのため、計算機によって地図中から道路情報を自動的に抽出することが望まれている。

地図中から道路を自動的に抽出する手法として、従来、パラレルベクトルトレサを用いる方法、<sup>(2)</sup>平行で連続した画素を抽出した後に膨脹・収縮させる方法、<sup>(3)</sup>平行線によって囲まれる部分を抽出した後で芯線化を行う方法<sup>(4)</sup>などが報告されており、それぞれ有効性が示されている。

本論文では、地図中から道路を自動的に抽出することを目的としている。本手法は、画像を水平・垂直方向に走査しながら道路幅程度の間隔から道路中心線を作成する。しかし、交差点部などでは、中心線が作成できないため、ウィンドウを設定し交差点部の中心線を接続して完成させる。次に、処理した画像を参照しながら道路平

行線の抽出を行っている。

更に、実際に国土地理院発行の地図に本手法を適用し、その有効性を確認している。

以下、2では、道路の抽出、3では、実験結果、4では、考察について述べ、最後に5では、あとがきを述べる。

#### 2 道路の抽出

##### 2.1 処理対象

本研究では、市販されている1/25000の地図を、イメージスキャナにより、256レベルの濃度値に量子化し、2値化処理を行った画像を処理対象とする。以後、これを原画像と呼ぶ。原画像の背景部を白画素、図形部を黒画素とする。地図中の道路は、表1のように主として3種類<sup>(5)</sup>の幅からなっている。

また、地図中には大きさの異なる文字が含まれているが、1辺の長さが、1.5mmのものが大部分をしめいるので、それらを除去の対象とする。

図1は、処理手順の流れ図である。

\*情報処理工学科

\*\*電子・電気工学科

表1. 道路の種類  
Table 1 The kinds of roads.

	地図上の平行線の幅	実際の道路の幅
道路1	1.0mm	11m 以上
道路2	0.8mm	5.5 ~ 11.0m
道路3	0.4mm	2.5 ~ 5.5m

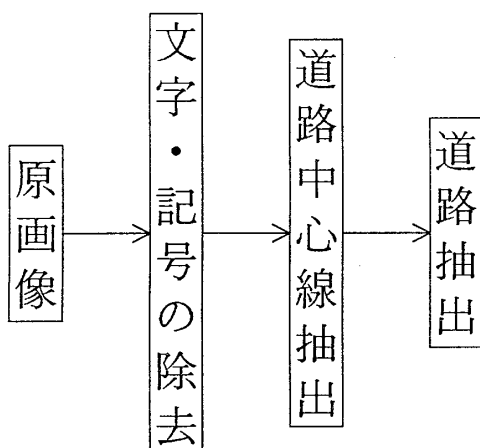


図1. 処理手順の流れ図

Fig.1 A Processing flow chart.

## 2. 2 文字・記号の除去

地図中には、道路などの線図形や地名、建物などの文字・記号が含まれている<sup>(6)</sup>。文字・記号などは、不要な中心線を増加させるもととなるので、それらを除去する。まず、互いに連結する画素に対して同一番号を付け、別の連結画素に対しては、異なるラベル値を割り当てるラベリング処理を行う。後で図形の複雑さの尺度が必要なため、輪郭線追跡によるラベリング方式を採用する。その際、縦・横方向の最大値と最小値の座標をそれぞれ記憶し、その座標から外接長方形を求める。次に、この外接長方形と輪郭線の長さから、孤立成分と連続成分に分類する。孤立成分は、一辺が1.5mm以下の文字・記号などとし、それ以上のものを連続成分とする。これらの孤立成分の中で、次の条件をすべて満足するものを除去する。ここで、文字の傾きが45度のもも存在することを考慮して、文字の一辺の長さを $\sqrt{2}$ 倍にしたものをDとする。

このようにして、原画像から文字・記号などを除去したものを除去画像と呼ぶ。

条件1：輪郭線の長さ6D以下。

(文字の複雑性から6Dとした。)

条件2：外接長方形の各辺がいずれもD以下。

条件3：画像の外枠に接していない。

(画像の端に道路が存在する場合には、道路も孤立成分として除去されるため、画像の端に図形が接する場合には除去しない。)

## 2. 3 道路中心線の抽出

### 2. 3. 1 中心線の抽出

地図中では、道路は平行線状に描かれている。本処理では、道路の平行線の間隔から中心線を抽出する。通常の道路幅は上述のように3種である。しかし、水平または垂直に走査しながら探索しているため、図2に示すように、道路が斜め45度の傾きを持つ場合が、最大の道路幅となる<sup>(7)</sup>。そのため、最も広い道路幅の $\sqrt{2}$ 倍までの値を道路範囲として許容する。また、平行線の外側に記号などが接する場合も多いので、1対の平行線を構成する両側の線幅は、制限を与えない。上述の条件から、次の手順で平行線に対する中心線を作成する。

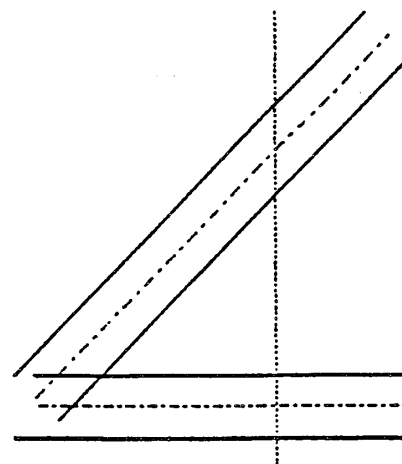


図2. 水平および45度方向の道路

Fig.2 The roads of horizontal and 45-degree angles.

- 手順1：横方向に走査して黒画素を探索する。  
 手順2：黒画素が連続する場合には、白画素が出現するまで走査を続け、黒画素から白画素に変わる座標を記憶する。  
 手順3：次に白画素から黒画素に変わる座標を見出す。  
 手順4：連続する白画素の長さを求め、その値が最大道路幅の $\sqrt{2}$ 倍以内であれば、白画素の中心に線を引く。

上述の手順1～4を全ての画素に対して実施する。次に縦方向に走査して同様の処理を行い、中心線を作成する。このようにして作成した中心線は、中心線画像として別に記憶しておく。

次に、いま求めた中心線の端点を8連結の性質によって探索し、その端点からベクトルトレースを行って線分の長さを計測する。その際、8方向にチェーン符号化しておく。中心線は、道路でない部分からも抽出されるため、次式の条件を満たすものは、チェーン符号に従って除去する。ただし、 $l$ は中心線の長さ、 $d$ は道路幅、 $k$ はパラメータである。

$$l < k \cdot d \quad (k > 1) \quad (1)$$

### 2. 3. 2 交差点部の接続

上記の処理では、道路の途切れた部分や交差点部などは中心線が抽出されず、途切れてしまう。そのため、途切れた部分や交差点部の中心線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。<sup>(8)</sup>

- 手順1：まず、中心線画像の端点を探索する。  
 手順2：除去画像において、いま探索した端点を中心に一辺が $2d$ のウィンドウを設定する。  
 図3(a)参照

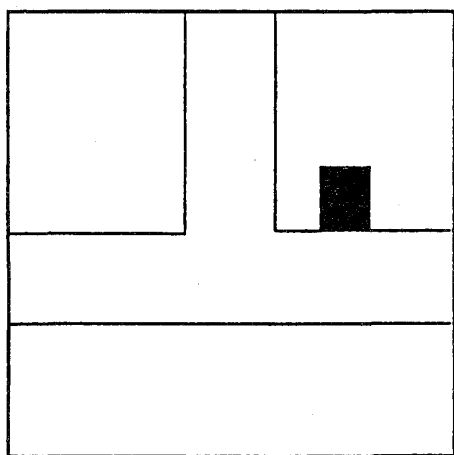


図3(a) 交差点部のウィンドウ  
 Fig.3(a) Window at a road junction.

- 手順3：ウィンドウ内で除去画像の白黒反転画像を作成する。図3(b)参照  
 手順4：ウィンドウ内で図形のラベル付けを行う。  
 手順5：ウィンドウの中心点と同じラベル値の領域だけを抽出する。(交差点部分だけが抽出される。) 図3(c)参照  
 手順6：中心線画像において、いま抽出した交差点部分の中心線を抽出する。図3(d)参照 (このようにすると道路以外の中心線が除去される。図3(e)参照)  
 手順7：中心線の本数と端点を記憶する。  
 手順8：いま記憶した端点の中から任意に2つ選び、その点を $P_0$ 、 $P_1$ その座標を $(X_0, Y_0)$ 、

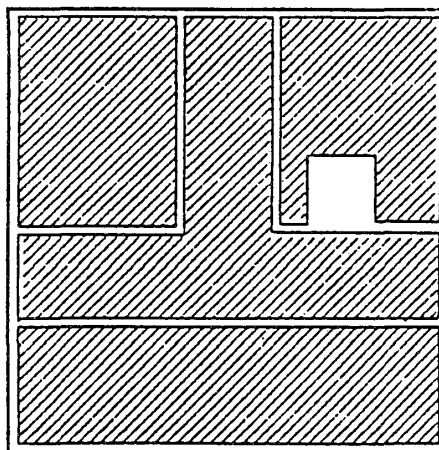


図3(b) 白黒反転画像  
 Fig.3(b) Reversed image.

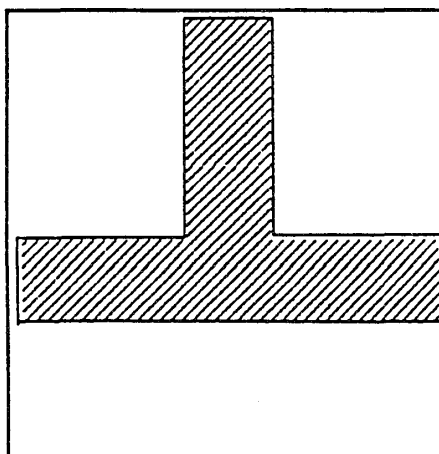


図3(c) 交差点部の抽出  
 Fig.3(c) Extraction of a road junction.

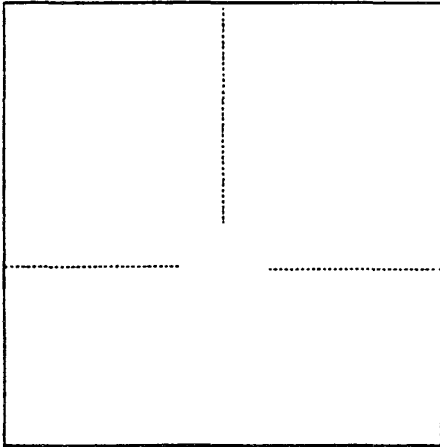


図3(d) 交差点部の中心線抽出  
Fig.3(d) Extraction of center lines at a road junction.

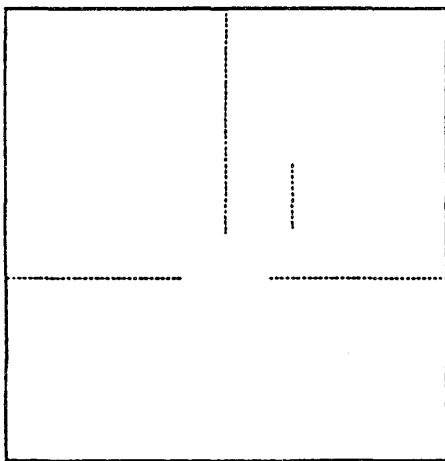


図3(e) ウィンドウ内の中心線  
Fig.3(e) The center lines in a window.

$(X_1, Y_1)$  とする。

手順9：次の4つの条件をすべて満足するものに対してのみ接続処理を行う。もし、以下の条件を満足しない場合には、実際には接続しないが既接続として記憶しておく。

条件1： $P_0$ と $P_1$ が同一中心線の端点ではない。  
(中心線画像に対して、ウィンドウ内でラベル付けを行い、端点のつながりを識別する。)

条件2：(2)

$$\overline{P_0P_1} < k \cdot d \quad (K > 1)$$

ただし、 $\overline{P_0P_1}$ は、 $P_0$ 、 $P_1$ 間のユークリッド距離である。

条件3：(3)

$$\frac{\overline{Q_0Q_1}}{\overline{P_0P_1}} > V \quad (V = 2)$$

ただし、 $Q_0$ と $Q_1$ は、中心線上で $P_0$ 、 $P_1$ から画素 $d$ だけ離れた点である。  
(端点からベクトルトレースをして方向を調べ、ベクトル方向が近い場合には接続を行わない。)

条件4：除去画像中で、 $P_0$ 、 $R$ 間、および $P_1$ 、 $R$ 間を共に直線で接続し、その線上に黒画素が存在しない。ただし、

$$R = P_0 + \frac{(Q_0 - P_0) \overline{P_0P_1}}{\overline{Q_0Q_1} - \overline{P_0P_1}} \quad (4)$$

である。

(この条件によって、道路の中心線と道路以外の中心線とを接続することが阻止される。)

手順10：端点がすべて接続されているかどうか調べる。未接続なものがあれば、手順8へ行く。  
もし、未接続なものがないければ終了する。

### 2. 3. 3 不用線分の除去

道路中心線を接続すれば、道路網を示す重要な情報となる。しかし、中心線画像には、道路以外の中心線も含まれる。そこで、前述の文字・記号の除去と同様な方法でラベル付けを行い、外接長方形を求めて、不用な線分の除去を行なう。この際、除去対象は、外接長方形の大きさに基づいている。この処理を実行すると、ほとんどの不用な線分が除去できる。

### 2. 4 道路抽出

道路抽出は、道路中心線を基準にして、除去画像を探索しながら行く。すなわち、道路中心線画像を、ラスタ走査し、黒画素が検出されたならば、その点を中心に、除去画像を上下左右の4方向に最大道路幅の $1/\sqrt{2}$ 倍まで探索する。その際、各方面とも黒画素が最初に検出されたものを道路として記憶する。

## 3 実験結果

図4(a)は福山東部の田尻町付近を解像度300dpi(dot per inch)に設定してイメージスキャナによって入力し、2値化した画像である。なお、画素数は、 $200 \times 200$ である。地図上の領域は $17\text{mm} \times 17\text{mm}$ であるが、実際の領域は $425\text{m} \times 425\text{m}$ となる。スキャナの解像度により、表1の道路1、2、3の幅はそれぞれ11、9、4画素とな

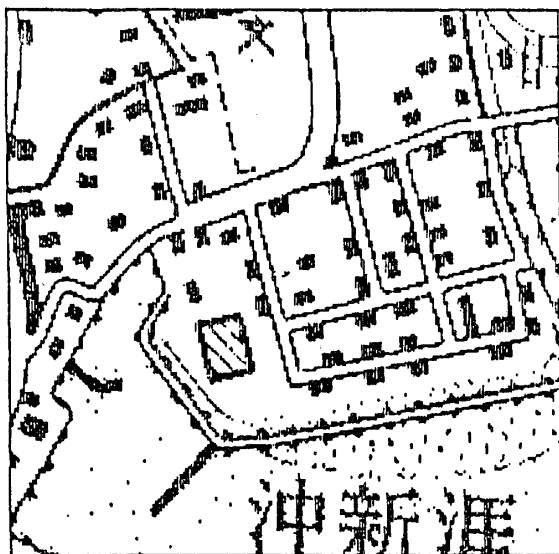


図4 (a) 原画像

Fig.4(a) An original image.

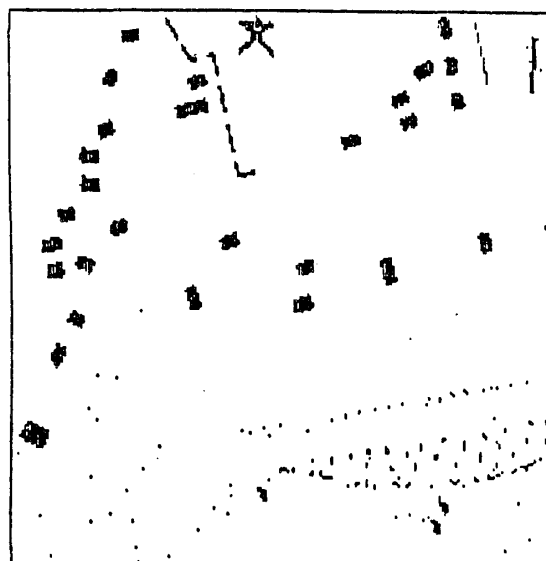


図4 (c) 除去した孤立図形

Fig.4(c) The isolated figures which are removed.

り、一辺1.5mmの大きさの文字は17画素となる。

### 3. 1 文字・記号の除去

図4 (a)の原画像に対して孤立図形を除去した除去画像が図4 (b)である。同図では、140個の孤立図形が除去されている。実際に、除去した孤立図形は図4 (c)の通りである。除去対象とした文字・記号の大きさを1辺1.5mmとしているため、それより大きな画像は除去されていない。その値をあまり大きく設定すると、道路も除去されることになる。

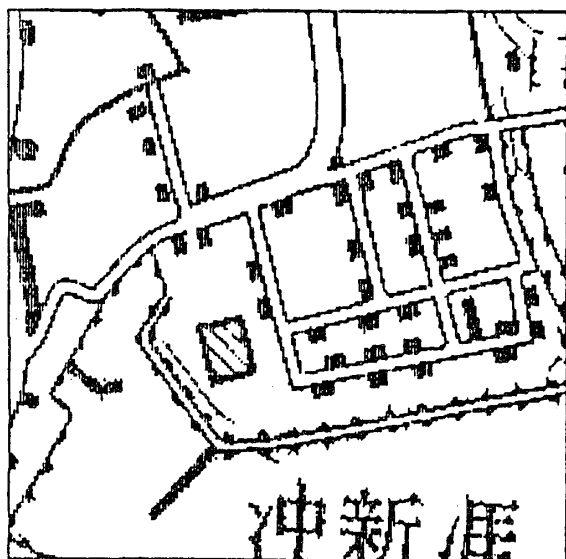


図4 (b) 除去画像

Fig.4(b) The image without useless isolated figures.

### 3. 2 道路中心線の抽出

孤立図形を除去すると、道路以外の部分で抽出される中心線の数が減少し、道路の中心線を抽出する処理効率が向上する。本方法によりほとんどの道路中心線が抽出される。その結果を図4 (d)を示す。

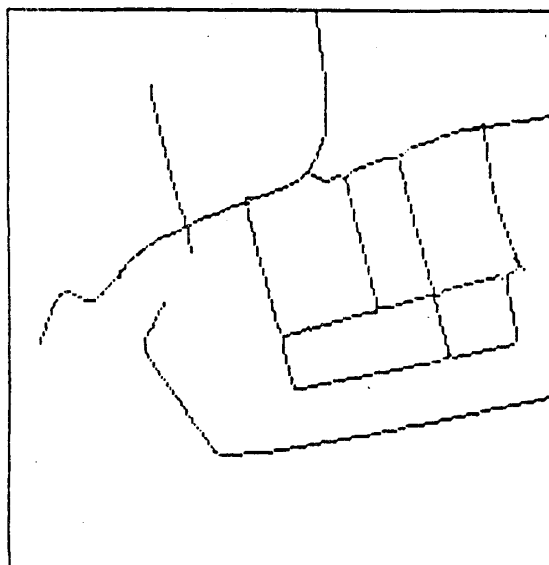


図4 (d) 道路中心線の抽出

Fig.4(d) The extracted center lines of roads.

### 3. 3 道路の抽出

除去画像を参照しながら、道路中心線から道路抽出処理を行えば、道路網だけが抽出される。図4 (e)は道路抽出を行った最終結果である。

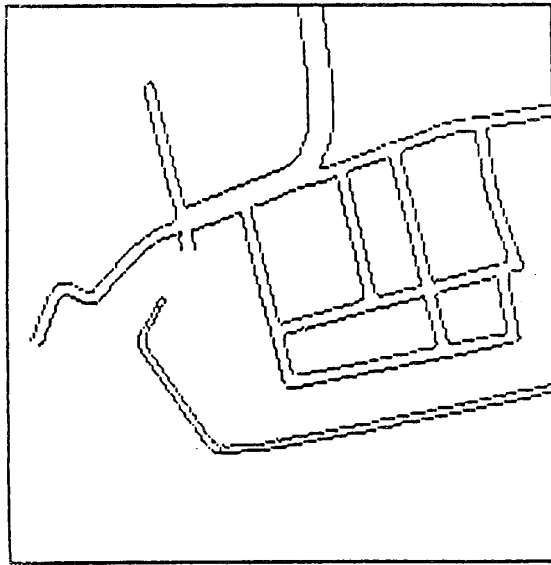


図4 (e) 道路の抽出

Fig.4(e) The extracted roads.

#### 4 考察

上記の実験以外にも、多くの地図に対して適用したが、ほとんどの道路を正しく抽出することができた。しかし、正確に抽出できなかったものもごく少数あった。

文字例で分断された部分の道路が抽出できなかったり、その部分を交差点と誤認識することがある。また、ウィンドウの大きさを一定としてるために、交差点部における中心線の誤接続も生じた。道路以外の部分から中心線が抽出され、あやまった道路網が作成された場合もあった。これらは、いずれも人間の高度な判断を必要とする部分で発生している。

抽出できなかった道路部は、人間が修正を加えればよく、道路入力に伴う労力が大幅に減少される。

#### 5 あとがき

本論文では、市街地地図中からの道路の抽出について述べた。本手法は、アルゴリズムが簡単で処理時間も短いので実用的である。実際に国土地理院発行の地図に適用したところ、大部分の道路を抽出することができ、有効性が確認できた。文字などにより道路部が欠落した部分に対しては道路修復を行って、本手法を適用すればかなり良好な結果が期待される。今後は、それらの問題に取り組むつもりである。

#### 参考文献

(1) 嶋田茂、角本繁、江尻正員：“図面自動入力のための破線・鎖線の認識アルゴリズム”，信学論(D)，J 6 9 -D, 5, pp.759-770 (昭61-05)

- (2) 中嶋正之、安居院猛、飯塚久登：“市街化地区に対するパラレル・ベクトル・トレーサを用いたグラフ構造解析”，信学論(D)，J 6 7 -D, 2, pp.153-160 (昭59-12)
- (3) 宮本孝文、松島整、江尻正員：“平行線抽出手法を用いた地図からの道路情報自動抽出”信学論(D)，J 6 8 -D, 2, pp.153-160 (昭60-02)
- (4) 大沢裕、滝嶋康弘、坂内正夫：“会話的な認識による信頼性を図った地図自動入力システム”，信学論(D)，J 7 2 -D, 4, pp.545-554 (平01-04)
- (5) 高崎正義，“地図入門”，日本放送出版協会
- (6) 小林富士男、大村孝博、美咲隆吉、田中始男、坪井始：“市街地地図中の文字・記号の削除”，電気関係学会中国支部連合大会，No.082304 (平02-10)
- (7) 長尾智晴、安居院猛、中嶋正之：“スキップスキャン法による1/25000地形図からの平行線状道路の自動抽出”，信学論(D)，J 7 2 -D, 10, pp.1627-1634 (平01-10)
- (8) 小林富士男、大村孝博、美咲隆吉、坪井始、田中始男：“市街地地図の道路網の抽出”，電気・情報関連学会中国支部連合大会，No.041904 (平03-10)
- (9) 国土地理院：“昭和63年2万5千分の1地図福山東部”