

修士論文

方眼格子を利用する地籍図のつなぎ
合わせに関する研究



平成 22 年度修了
三重大学大学院工学研究科
博士前期課程 情報工学専攻

市川 貴大

はじめに

本研究では、方位記号の向きを自動判別と方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせ手法の提案とその有効性の評価を行った。

近年、情報化社会の進展に伴い、国や自治体などで地理情報システム (GIS) の整備が進められている。GIS とは地図とともに様々な付加情報を表示・検索する機能を持ったシステムであり、地理情報の管理はもちろん、科学的調査や都市計画などに利用されている。

フランス国土地理院 (IGN-France) は、50 万枚以上に及ぶフランス全土の地籍図をデジタル画像化して、連続した 1 枚のデジタル画像地図を作成する計画 [1] を進めている。地籍図とは土地の所有者や境界が記載された地図のことであり、公共事業など土地取引を伴う事業を進める上で活用されており、事業推進の円滑化に寄与している。これらの地籍図は税制調査のため 1800 年代中頃から 1900 年代後半にかけて作成されたものであり、地区ごとに分割され紙に記載されている。これらの地籍図には経度・緯度のような座標を特定する情報が記載されておらず、また隣接する地籍図の情報も不完全なものとなっている。このことから人間が手動で地籍図をつなぎ合わせることは、地籍図に記載された記号や地理に関する事前知識が必要になるため多くの時間と労力を要するので現実的な方法ではない。そのため、地籍図のつなぎ合わせを自動で行う技術の開発が求められている。

複数の地籍図を 1 枚に再構成するために、方位の正規化、つなぎ合わせという手順により再構成される。方位の正規化では、高橋ら [2] が方眼格子を用いて方位角推定を行った。方眼格子は東西南北に水平垂直になるよう等間隔に複数記載された十字記号のことで、方眼格子の向きを正規化することにより、高精度な方位角推定を可能にした。しかし、方眼格子自体に東西南北を示す情報は含まれていないので、現時点では方眼格子の向きを自動で正規化した後、方位記号の向きを参考に手動で 90 度ずつ回転させて東西南北の向きを揃えていた。

また、地籍図のつなぎ合わせでは、劉ら [3] が MF 法 (Merlin-farber 法)[4] という近似した境界線を検出する手法を用いて地籍図のつなぎ合わせを実現している。

本研究では地籍図のつなぎ合わせの自動化を完成するために、方位記号の向き判別の自動化とつなぎ合わせの高精度化、高速化を行う。

方位記号の形状は規格化されており，全ての地籍図に1つだけ記載されている．そこで本研究では，ラベリングにより方位記号を抽出し，その形状から向きを自動的に判別する．

地籍図のつなぎ合わせでは方眼格子を利用したつなぎ合わせを提案する．方眼格子は同一地域について描かれた地籍図においては，共通の基準点から指定間隔の整数倍の位置にあるという特徴を持っている．本研究では，方眼格子の配置を参考に，この特徴を満たす位置でのみつなぎ合わせを試行することにより，近似した境界線の影響を受けない高精度，高速なつなぎ合わせを行う．

実験の結果，方位記号の向きの判別は99.1%の地籍図において成功した．また，地籍図のつなぎ合わせは97.2%のセグメント，95.7%の地域において成功した．

目次

はじめに	i
第 1 章 研究背景と目的	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究の目的	3
1.3 従来研究	3
1.4 論文の構成	4
第 2 章 提案手法	5
2.1 方位記号の向き of 自動判別	5
2.2 方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせ	10
第 3 章 評価実験	18
3.1 実験概要	18
3.2 方位記号の向き of 判別実験	18
3.3 地籍図のつなぎ合わせ実験	19
第 4 章 まとめと今後の課題	24
4.1 まとめ	24
4.2 今後の課題	25
付録 A 付録	27
A.1 方位記号の向き判別に関するプログラムソースリスト	27
A.2 地籍図のつなぎ合わせに関するプログラムソースリスト	27
A.3 実験データリスト	28
A.4 コンパイル方法	28
A.5 実行方法	29
謝辞	30

第1章

研究背景と目的

1.1 研究背景

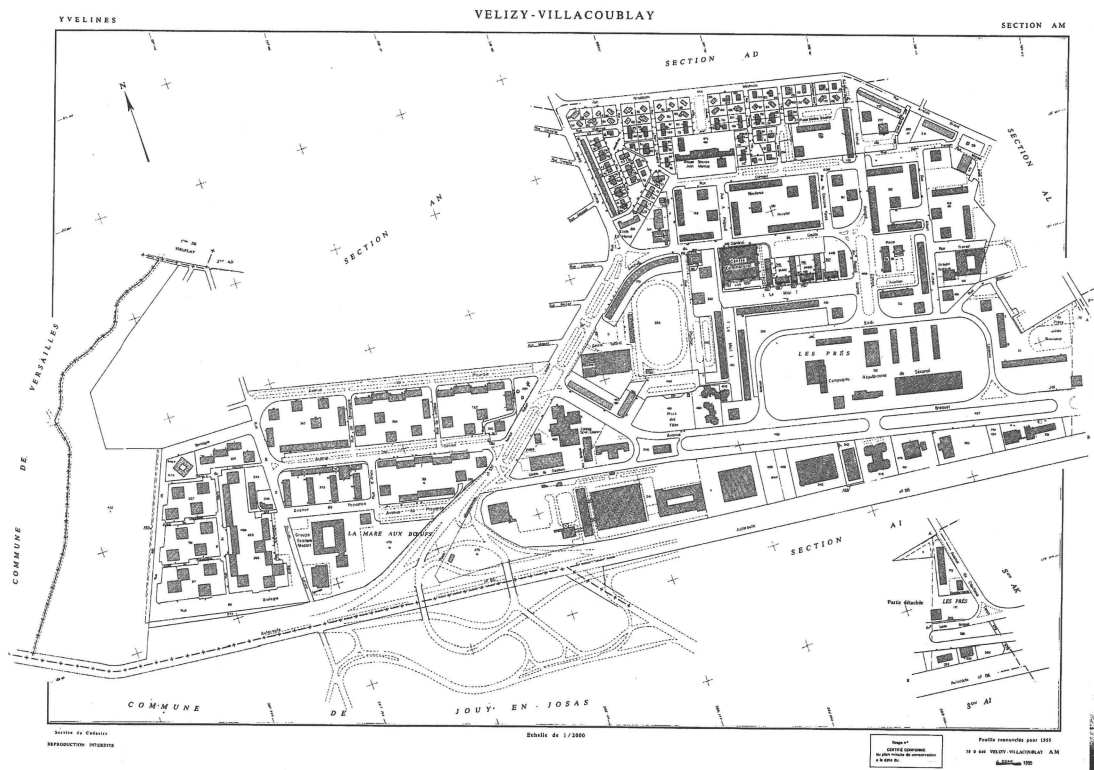


図 1.1: フランスの地籍図

地籍図(図 1.1)とは地籍調査により土地の所有者, 地番, 地目, 境界, 面積を調査し, その結果をまとめた地図のことを指す. 地籍図は固定資産の管理に用いられ, その正確性から土地取引や公共用地取得の円滑化に寄与している.

国家的事業である地籍調査が行われず、土地の境界が不明瞭なまま放置すると様々な問題点が発生する。その一つとして公共事業の推進における問題が挙げられる。

国が道路事業を進める際、その立地場所の土地取引において地権者との交渉を行う。ここで地籍図が作成されている地区であれば用地調査が不要のため、1ヶ月程で交渉を終わらせることができる。しかし、地籍図が作成されていない地域の場合、用地調査含めて全て完了するのに数年を要することもあり、公共事業の推進を阻害し兼ねない。

災害復旧の際も同様である。1995年に発生した阪神淡路大震災では多くの建物が倒壊し、土地境界の判別が困難な状況となった。しかし、この地域では震災前から地籍調査が十分に行われておらず、復旧作業が難航するという事態に陥った。

このようなことから、地籍調査並びに地籍図の整備は国土整備の観点からみても大変重要な事項であるといえる。

地籍調査が盛んに行われるようになったのは19世紀頃のヨーロッパである。フランスでは1807年にナポレオン1世が地籍調査を開始した。この調査はナポレオン地籍と呼ばれ、ヨーロッパ諸国の地籍図に影響を及ぼした。

フランスではこのナポレオン地籍を長年使用してきたが、近年、国の発展に伴い土地の利用状況が変化してきたことから修正を行うことが決定された。この修正では土地状況の変化に激しい都市部は新たに再調査が行われ、その他の地域では過去の地籍図に変更のある土地所有者を追記するという手法をとった。このような手法のことを修正主義といい、地籍調査の基本はこの修正主義の元に行われる。よって、決して過去の地籍図であっても、その価値がなくなることはない。

そして同時に地籍図の電子化 [1] も進められている。電子化することで地籍図の編集や検索が用意になり、また地理情報システム (GIS) に組み込むことも可能となる。現在フランスは1800年代中頃から1900年代後半に作成された50万枚以上にも及ぶフランス全土の地籍図を所有しており、ベクトル化及びラスタライズ化によりその電子化を進めている。ベクトル化されているのは国土の2割にとどまり、ラスタライズ化による電子化の比重が大きい。

ラスタライズ化は、スキャナーで電子画像化した地籍図をつなぎ合わせ、1枚の電子地図画像を作るという作業を行うが、これを人手で行う場合、地図記号や地理に関する事前知識が必要となり、多くの人件費と時間を要するので現実的な手法ではない。そこで、つなぎ合わせの自動化が求められている。

自動化に関する研究である劉らの手法 [3] では、地籍図の方位角を推定して向きを正規化した後に、MF法 (Merlin-Ferbar法) によりつなぎ合わせる地籍図中の似た形状の境界線を検出し、それらを重ね合わせることにより、地籍図のつなぎ合わせを行う。しかし、地籍図の中には方位記号自体に作図誤差を含むものや、似た境界線を複数持つものも存在し、より高精度なつなぎ合わせを実現するにはさらなる改良が必要とされている。

これらを踏まえて、高橋らの手法 [2] では、方眼格子からの方位角推定を行った。方眼格子とは、地籍図中に複数存在する十字記号のことで、地籍図の方位に対して水平垂直となるように記載されている。これら全てを用いることにより、より高精度な方位角推定が可能である。しかし、方眼格子自体には方角の情報は含まれておらず、方角の向きまで全て同じに正規化することはできない。そのため、最終的な方角の特定は目視にて行っている。

1.2 研究の目的

本研究では以下の手法を提案する。

- (1) 方位記号の向きの判別
- (2) 方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせ

(1) は高橋らの手法による方位推定の後、目視で判断していた方角の向きを自動的に判別するのが目的である。

(2) は新たな地籍図のつなぎ合わせ手法の提案である。方眼格子を利用したつなぎ合わせにより、より高精度で高速なつなぎ合わせを目指す。

1.3 従来研究

地籍図をつなぎ合わせるために以下の 2 つの手法が開発されている。

- 1 輪郭線上の特徴点を抽出し、局所形状マッチングによって求めた平行移動ベクトルから共有境界の長さを推定し、その共有境界長が最大となるようにセグメントの配置を決める手法 [1].
- 2 輪郭線上の全ての点を利用して、MF 法 (Merlin-farber 法) により長さが最大となる境界をつなぎ合わせる手法 [3].

手法 1 は各々の地籍図をジグソーパズルのピースと考えると、つなぎ合わせるアルゴリズムである。道路や河川などによって分断されているセグメントにこのアルゴリズムを適用するためには、これらのセグメントを一つのジグソーピースに融合する前処理が必要となる。これにはセグメントに対して膨張・収縮処理が必要となるが、このような処理を行うとセグメントの境界に沿って描かれている道路までセグメントに融合する結果となる。セグメントの周囲に描かれている道路は双方のセグメントに共通して描かれている情報である。そのため結果として 2 つのセグメントの境界に描かれている道路が重複し、正確にセグメントをつなぎ合わせる事が困難となる。実際につなぎ合わせの際、最大で

2.5cm(現実では 50m) ずれることがあり，精度に課題があるといえる。

手法 2 では 2 つの地籍図が共有する境界が，境界上の全ての点を用いた MF 法に基づいて最長化されるので，手法 1 ほどずれが発生することはない。また，膨張・収縮により地籍図の唯一な境界を求める必要がなく，地籍図の摂動によりつなぎ合わせを最適化する後処理が不要となる。しかし，地籍図の中には真の共有境界と類似した境界線が含まれていることもあり，実験による失敗の大半はこの近似した境界線の影響による失敗である。

1.4 論文の構成

本論文の第 2 章では方位記号の向きの判別手法と方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせ手法について述べる。第 3 章ではそれぞれの提案手法を評価するために行った評価実験について述べ，第 4 章ではまとめと今後の課題を述べる。

第2章

提案手法

2.1 方位記号の向き of 自動判別

一般的な地図は北が上向きに描かれているが、本研究で取り扱うフランスの地籍図(図2.1)の場合向きが統一されていない。そこで、地籍図をつなぎ合わせるに先立って、それぞれの地籍図の向きを正規化する必要がある。

従来の地籍図のつなぎ合わせに関する研究である、J.M.Viglino らの手法と劉の手法で

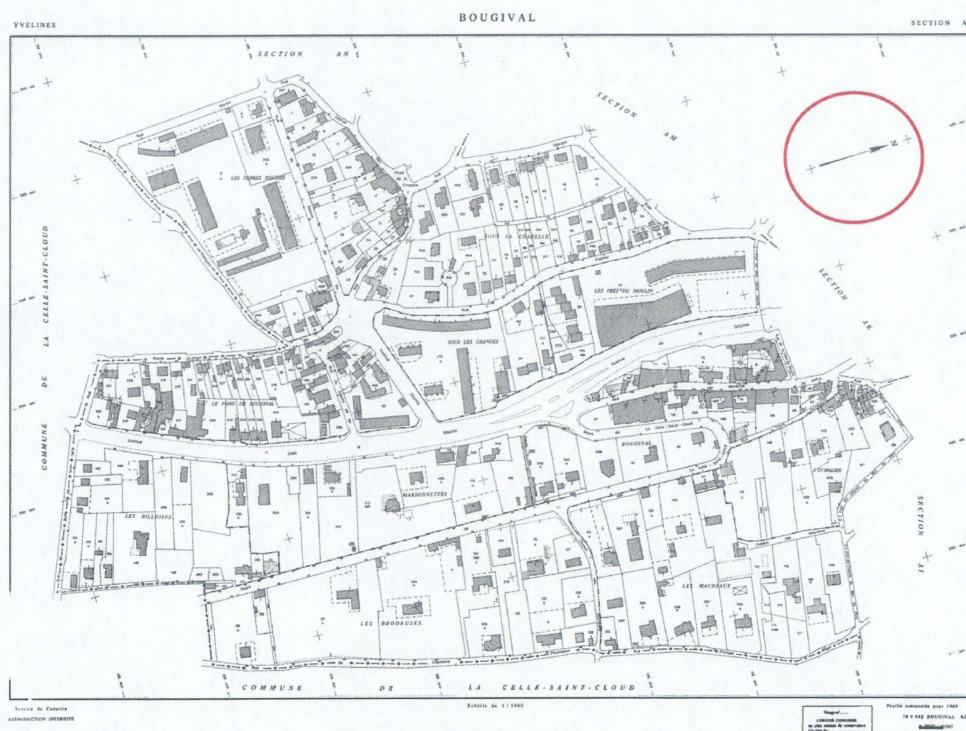


図 2.1: 向きの正規化前の地籍図

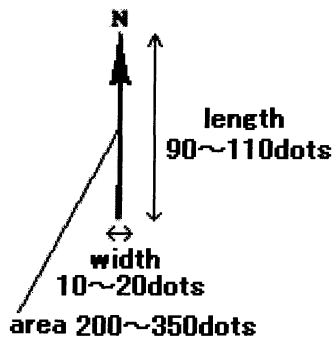


図 2.2: 方位記号の形状

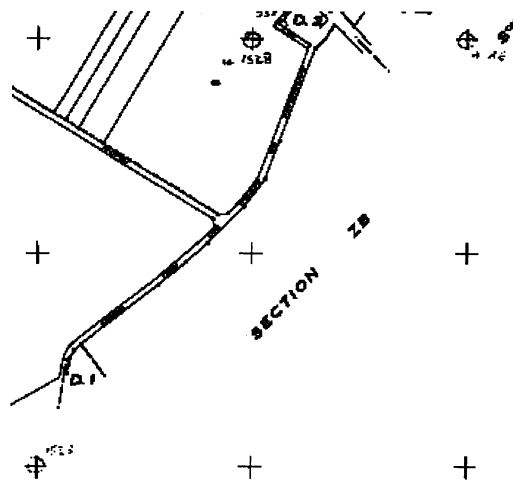


図 2.3: 方眼格子の形状と配置

は、地籍図画像の向きを北向きに正規化するために方位記号を用いてきた。しかし、この方位記号自体に作図誤差が含まれており、これが原因となり全体の約 40% の地籍図で $\pm 0.5^\circ$ 以上の誤差が生じる。地籍図の方位推定に $\pm 0.5^\circ$ 以上の誤差があると、地籍図のつなぎ合わせ精度が低下する。

そこで高橋の手法では方眼格子を用いて方位推定を行った。方眼格子とは、地籍図中に等間隔かつ方位に対して水平垂直に配置された十字記号(図 2.3)のことで地籍図中に多数配置されている。これら全ての方眼格子を利用して方位推定することで、方位推定の高精度化を実現した。

しかし方眼格子自体には東西南北の情報は含まれていないので、地籍図を東西南北に対して水平垂直になるよう回転させることはできても、向きをそろえることはできない。高橋の手法では、回転させた後に目視で方位記号を確認し、地籍図を北向きに正規化させていた。

本研究では高橋の手法を完全に自動化するために、方位記号の向きを自動で判別する。

2.1.1 方位記号の向き認識の概要

1 枚の地籍図には必ず 1 つの方位記号が記載されている。また、方位記号の形状は図 2.2 の形で統一されている。本研究ではこうした方位記号の性質に着目し、方位記号を構成する黒画素の集まりを一つの連結成分と捉えて、ラベリングにより方位記号を抽出する。そして、抽出した方位記号の形状から向きを判定する。

2.1.2 方位記号候補の抽出

ラベリングにより、方位記号を抽出する。しかし、地籍図の中には方位記号に近似した形状の成分が含まれていることがあり、方位記号のみを抽出することは難しい。そこでここでは抽出の段階で方位記号だけに囚われず、近似した形状の成分も含めて全て方位記号候補として抽出する。

まず入力画像である地籍図と、その地籍図に対して膨張収縮処理を施した画像それぞれからラベリングにより方位記号の候補を抽出する。ここで2つの画像から候補を抽出するには以下の理由がある。

方位記号の中には図 2.4(a) のように方位記号自体が分断されていて、ラベリングにより一つの連結成分として認識できない場合がある。そこで、前処理として入力画像である地籍図に対して膨張収縮処理を施す。黒画素について膨張処理と収縮処理をそれぞれ3回行うことによって、分断した方位記号は図 2.4(b) のように1つの連結成分になる。

逆に膨張収縮処理により、抽出できなくなる方位記号もある。図 2.4(c) のように方位記号とその他の情報が接近している場合、膨張収縮処理により図 2.4(d) のようにお互いつながってしまい、方位記号としての形状が損なわれてしまう。このような場合は元の地籍図からしか抽出することはできない。

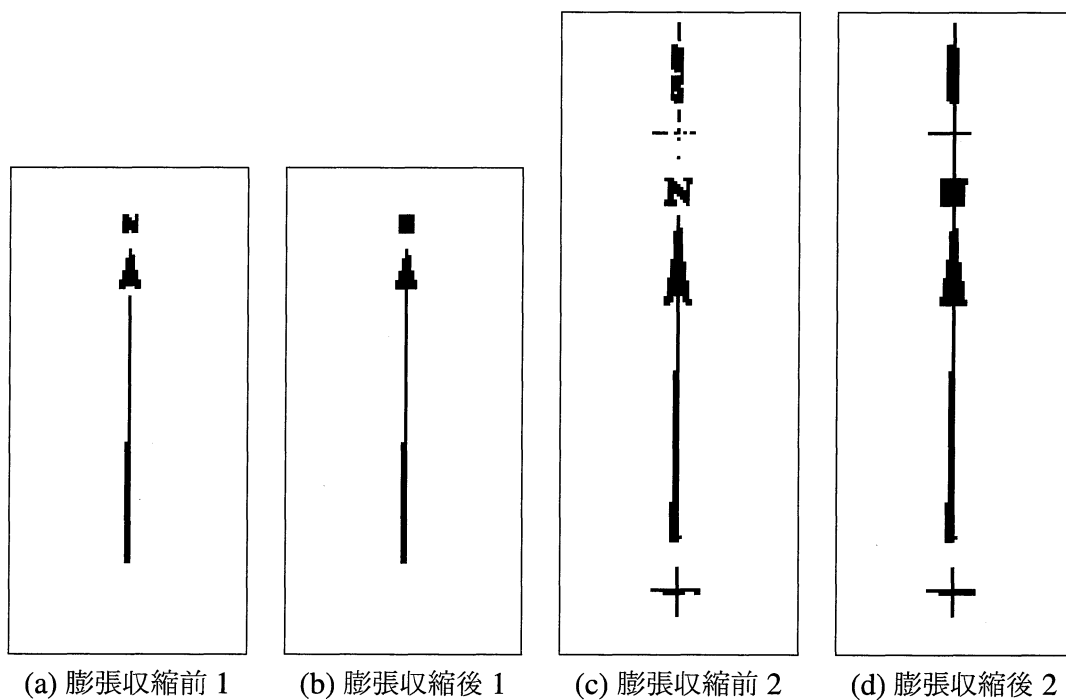


図 2.4: 方位記号の形状

2.1.3 連結成分の対称性による方位記号の特定

方位記号の候補の中から方位記号を特定する。方位記号の候補の中には図 2.5 のように方位記号と近似した形状のノイズも含まれている。抽出すべき方位記号はこういったノイズと異なり、その形状が左右もしくは上下に対称であるという性質を持っている。この性質を利用して他の候補と方位記号を区別する。

対称性を比較する前に連結成分の傾きを水平垂直になるよう正規化する。方位記号の中には、作図の誤りのために高橋の手法で方眼格子の傾きを水平垂直に正規化してもなお図 2.6 のように傾いている場合がある。次式により抽出した各連結成分に対して偏角 θ を求め、 θ が水平または垂直になるよう回転させる。ここで、 f は 2 値画像、 i, j は画像中の任意の座標、 i_G, j_G は重心座標である。

$$\tan^2 \theta + \frac{M(2,0) - M(0,2)}{M(1,1)} \tan \theta - 1 \quad (2.1)$$

$$M(p,q) = \sum (i - i_G)^p (j - j_G)^q f(i,j) \quad (2.2)$$

回転した連結成分に対してその対称性を求める。対称性は以下の手順で求める。

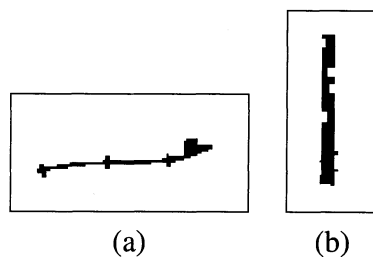


図 2.5: 方位記号に近似した形状のノイズ

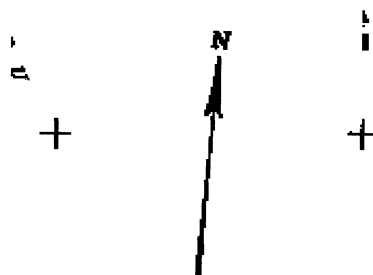


図 2.6: 傾いた方位記号

- 1 連結成分 x の外接矩形の長軸に対して対称な成分 x' を求める
- 2 x と x' の外接矩形を重ね合わせ、重なる黒画素の数を数える.
- 3 x の黒画素の総数のうち、重なる黒画素の割合を求める.
- 4 割合の最も大きいものを方位記号とする.

2.1.4 方位記号の向き of 判別

抽出した方位記号が東西南北どの向きを指しているか判別する. 方位記号が縦長の連結成分であった場合は南北, 横長であった場合は東西のどちらかを指していることになるので, 始めに方位記号の外接矩形の形状から方角を2つに絞りこむことができる.

ここからさらに方位記号の矢の向きを以下の手順で特定する.

- 1 方位記号を外接矩形の長辺の midpoint で2等分する.
- 2 2等分したそれぞれの領域内に含まれる黒画素の数を数える.
- 3 黒画素の数が多き領域を矢の先端側とする.

方位記号は図に示す通り矢の指す側により黒画素が集中していることがわかる. このことから, 手順1, 2において方位記号を構成する黒画素の分布の偏りから矢の向きを判断する.

2.2 方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせ

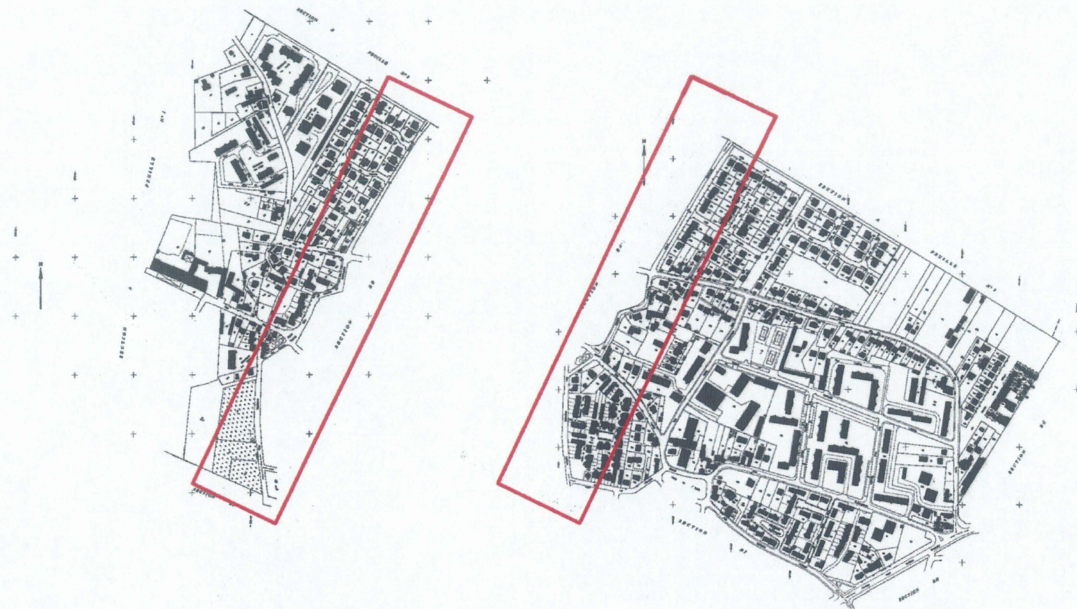


図 2.7: 共有境界

地籍図は地区単位で記載されており、各地区は道路や土地の境界線で分けられている。隣接するセグメント(地籍図)には、互いに記載されている道路や土地の境界線が必ず存在する。こういった両者に共通して記載されている境界を本研究では特に共有境界と呼ぶ。図 2.7 に隣接する 2 つのセグメント(地籍図)を示す。図 2.7 の例では赤で囲んだ道路が共有境界にあたる。

劉のつなぎ合わせ手法では、MF 法 (Merlin-Farber 法) という類似した境界線を検出する手法により、2 つのセグメント中の共有境界を検出し、それらを重ね合わせることにより地籍図のつなぎ合わせを実現した。しかし、つなぎ合わせる地域が広大になる程地籍図の境界線上の画素数が増加するため、記憶容量、計算時間ともに大きくなる。また、似た境界線が複数存在する場合、正しくつなぎ合わせられない場合もある。

そこで本研究では、地籍図中の方眼格子を利用したつなぎ合わせを提案し、処理の高速化とつなぎ合わせ精度の向上を実現する。

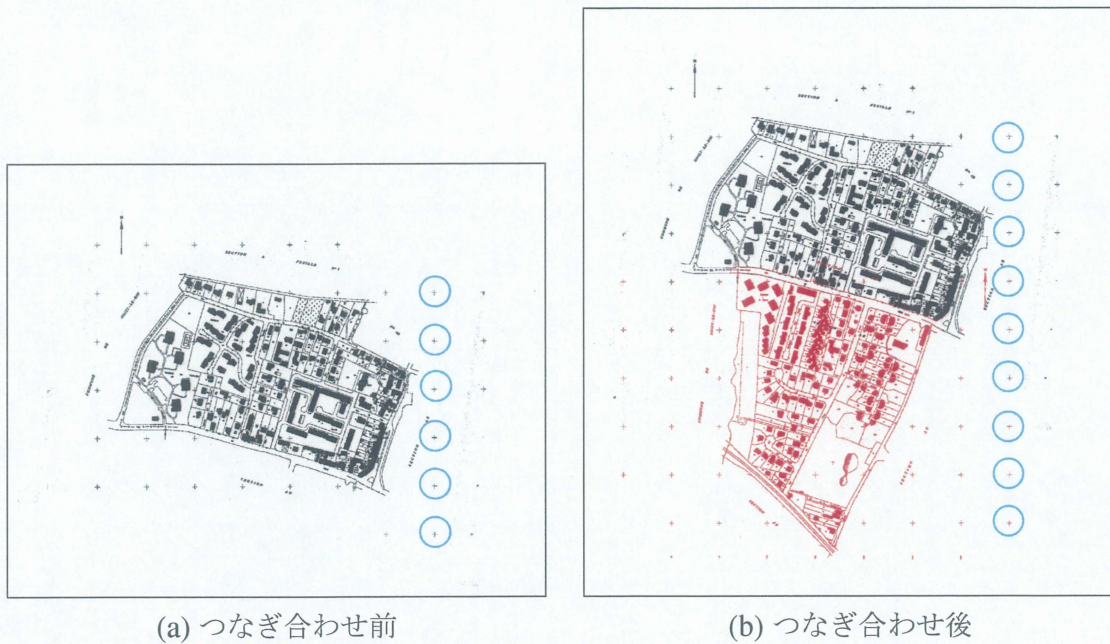


図 2.8: つなぎ合わせ前後の方眼格子の配置

2.2.1 つなぎ合わせに有効な方眼格子の特徴

方眼格子は、一定間隔おきかつ東西南北に水平垂直になるよう記載されている。また複数のセグメントを正しくつなぎ合わせると、各セグメントに記載されている方眼格子は共通の基準点から指定間隔の整数倍に配置されるよう記載されている。図 2.8 につなぎ合わせ前後の方眼格子の配置を示す。青で囲った方眼格子に注目すると、新しく地籍図をつなぎ合わせても双方の方眼格子は等間隔を保っているのがわかる。つまり、指定間隔とは方眼格子の間隔のことを指し、つなぎ合わせるときは 1 画素ずつずらすのではなく、方眼格子の間隔が指定間隔の整数倍になる位置のみ探索すればよい。

この特徴をすると、1 画素ずつずらしながらつなぎ合わせ位置を探す手間を省くことができ、高速化につながる。さらに、方眼格子の間隔が指定間隔の整数倍になることを前提につなぎ合わせ位置を探すため、似た境界線が複数ある場合の精度の向上も期待できる。

2.2.2 境界画像の作成

地籍図には道路や土地の境界線、地名や記号など多様な情報が混在している。つなぎ合わせの際は、共有境界である地籍図の境界付近の道路や土地の境界線を利用する。それ以外の情報はノイズになるため可能な限り削除しておくことが望ましい。

地籍図からノイズを削除し、共有境界を検出する手順を以下に示す。

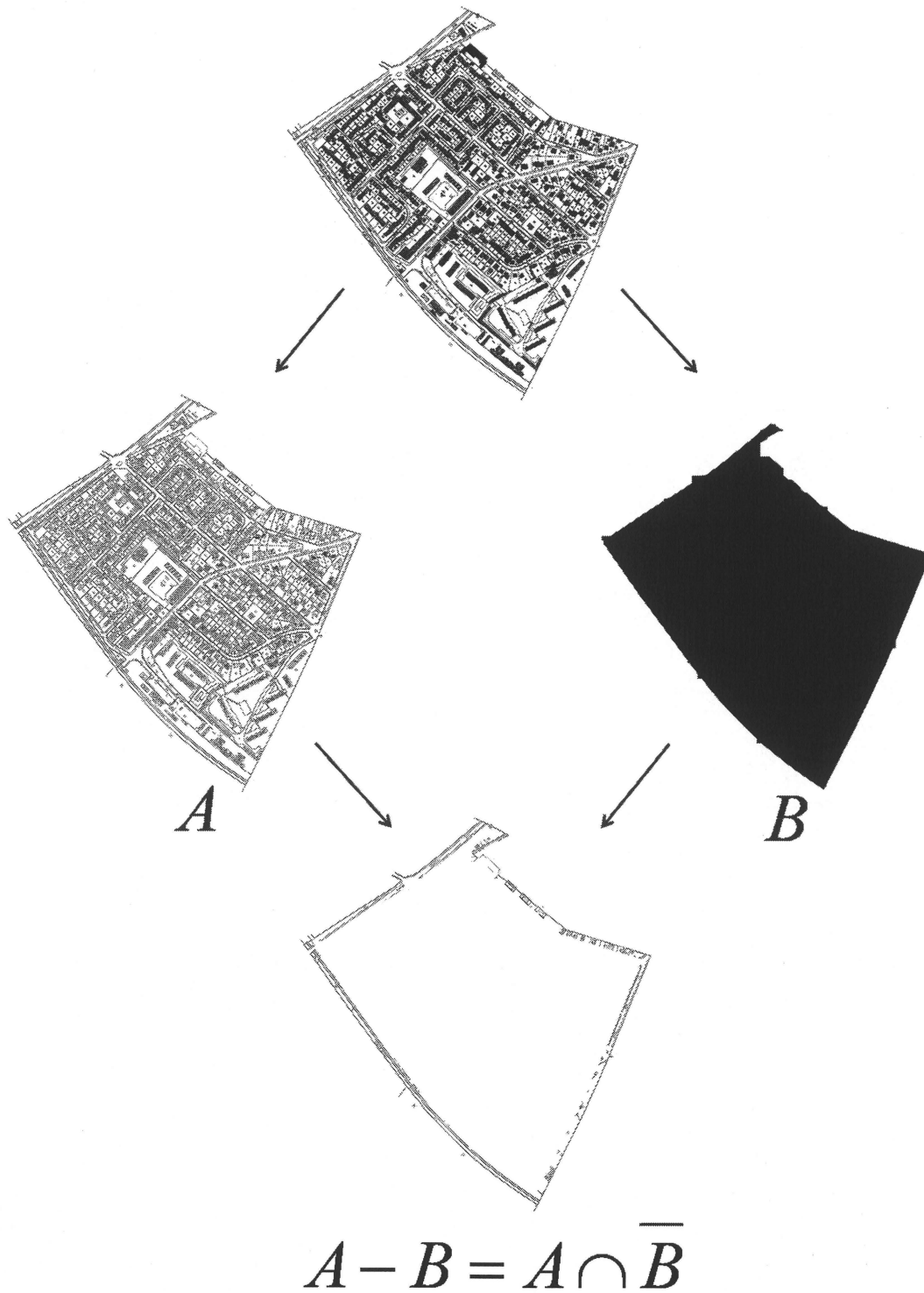


図 2.9: 境界画像作成の手順

- 1 地籍図に対して膨張処理 2 回, 収縮処理を 2 回行う.
- 2 黒画素に囲まれた白画素の閉領域を黒に塗りつぶす.
- 3 収縮処理を 15 回行う. ここでできた画像を B とする.
- 4 地籍図の境界線を検出する. ここでできた画像を A とする.
- 5 黒画素を 1, 白画素を 0 として, 画像 A と画像 B の $A - B = A \cap \bar{B}$ をとる.

以上の処理により, 図 2.9 に示す境界画像を得る.

2.2.3 MF 法を用いたつなぎ合わせ位置候補の検出

2 つのセグメントの方眼格子が共通の基準点から指定間隔の整数倍に配置されるつなぎ合わせの探索的を全て求める.

始めにつなぎ合わせる 2 枚の地籍図からラベリングにより方眼格子を抽出する. 方眼格子は規格化されているので, 以下の条件のいずれかに該当する連結成分を削除することにより, 方眼格子を抽出する.

- 1 外接矩形の縦と横の差が 4 以上
- 2 面積が 100 以上
- 3 連結成分中の最左点と最下点の y 座標の差が 3 以上
- 4 連結成分中の最上点と最右点の y 座標の差が 3 以上
- 5 連結成分中の最上点と最下点の x 座標の差が 3 以上
- 6 連結成分中の最左点と最右点の y 座標の差が 3 以上
- 7 外接矩形中の黒画素が占める割合が 35%以上

以上の処理により, 地籍図から方眼格子のみを抽出した方眼格子画像を得られる.

次に得られた 2 枚の方眼格子画像を用いて, MF 法により基づいてハフ平面へ投票を行う. そして投票したハフ平面からつなぎ合わせ位置候補を求める. 以下にその手順を示す.

- 1 2 枚の地籍図画像 A, B のうち, 一方 (ここでは画像 B) の任意の点を原点とする.
- 2 画像 B の原点を中心とした点対称画像 B' を作成する.
- 3 画像 B' の原点を画像 A の黒画素に沿って移動させながら, 画像 B' の黒画素をハフ平面に投票する.
- 4 投票し終えたハフ平面中に複数存在する, 投票数の極大点の座標をつなぎ合わせ位置候補とする.

ハフ平面の例を図 2.10 に示す. ハフ平面中の黒い部分が 1 回以上投票された点を示し, 色が濃い程投票回数が多いことを示す. ハフ平面には方眼格子の間隔で投票数の極大

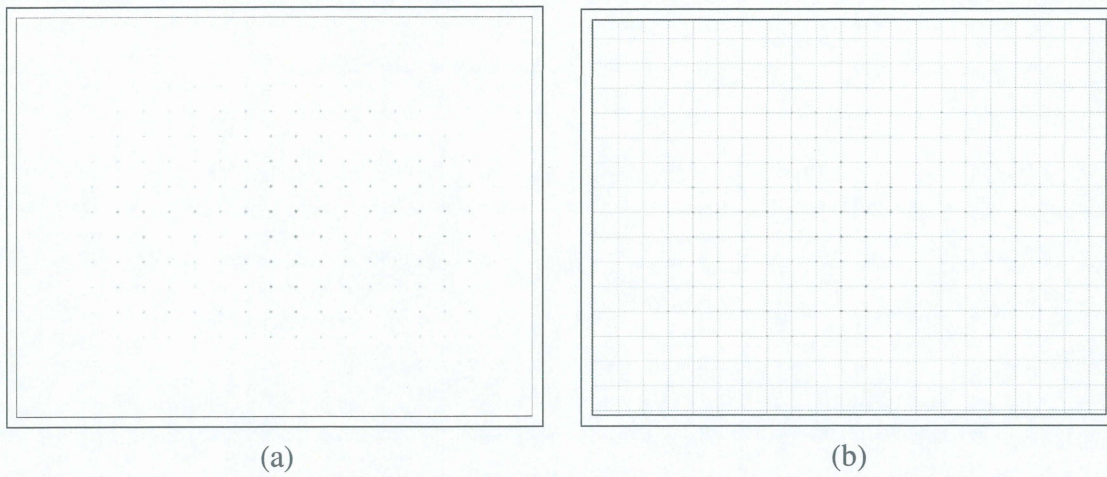


図 2.10: ハフ平面

点が現れる。各極大点を通る水平、垂直な直線を引くと図 2.10(b) に示すように碁盤目状になる。図 2.10(b) 中の交点全てがつなぎ合わせ位置候補探索点となる。

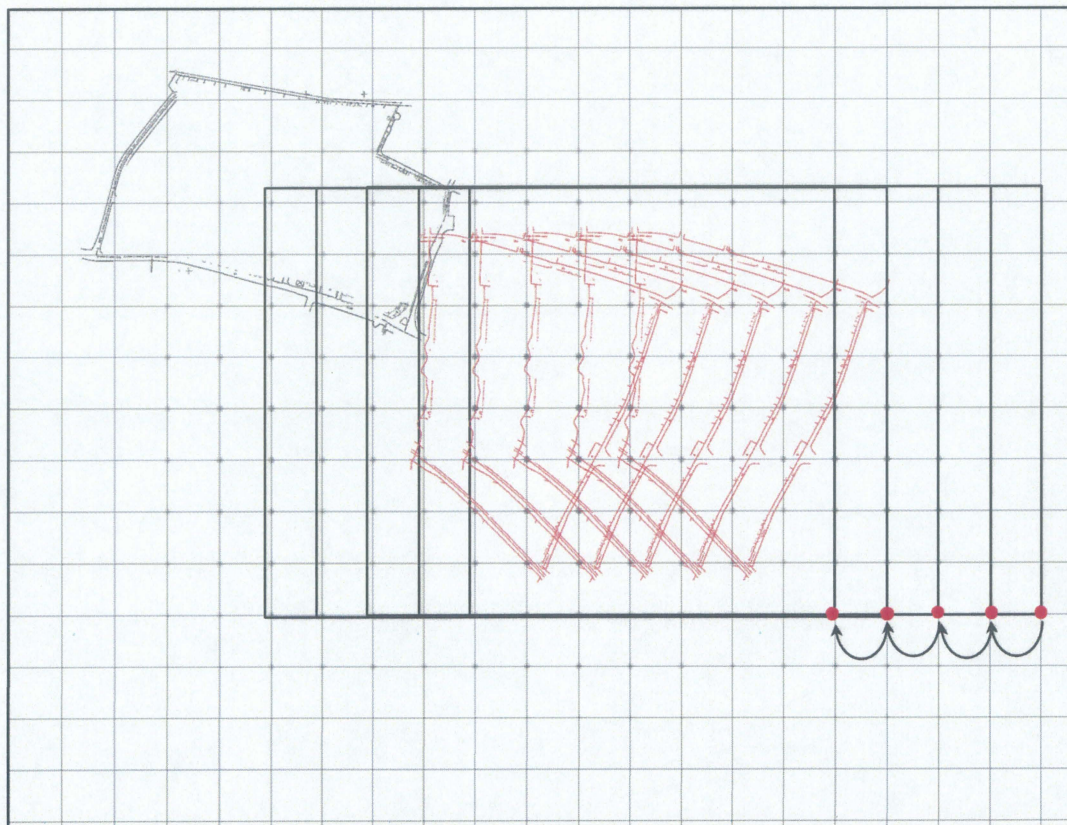


図 2.11: つなぎ合わせ位置決定

2.2.4 つなぎ合わせ位置決定

求めたつなぎ合わせ位置候補全てにおいて，図 2.11 に示すよう境界画像を用いてつなぎ合わせを行う．正しい位置でつなぎ合わせが行われると，複雑な境界線が重なり合い，他の位置でつなぎ合わせをしたときと比べてより多くの境界線が重なり合う．本研究ではこのとき重なる境界線が最長となるという仮定に基づき，境界画像同士の重なる黒画素が最大となるつなぎ合わせ位置候補を最終的なつなぎ合わせ位置として決定する．

2.2.5 重複率の制限

2つのセグメントをつなぎ合わせた際，両方のセグメントに属する領域の面積を共有面積という．図 2.12(b) の斜線で示した部分がそれに該当する．図 2.12 はセグメント A と B をつなぎ合わせた例を示しており，図 2.12(a) が正解例である．地籍図の中には図 2.12(b) のようにセグメント同士が重なり合う位置が最大の共有境界を持つ場合もある．先行研究ではこの共有面積に制限を設けることによって，このようなつなぎ合わせの失敗に対処してきた．具体的な制限方法を以下に述べる．

セグメント A に新たなセグメント B をつなぎ合わせる場合，両セグメントの面積をそれぞれ S_A ， S_B として次式により重複率 R を求める．

$$R = \frac{S_A \cap S_B}{S_B} \quad (2.3)$$

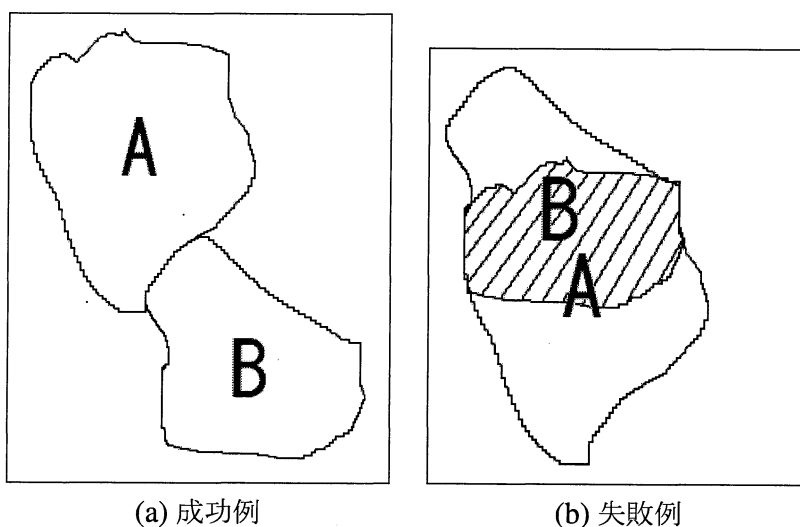


図 2.12: セグメント同士の重複

この重複率がしきい値 t を越えない範囲でつなぎ合わせを行う。しきい値 t は予備実験の結果から経験的に 0.12 とした。

2.2.6 つなぎ合わせの順序

1 地域は通常 3 セグメント以上で構成されている。接合部分が小さい地籍図同士程つなぎ合わせが困難になる。そこで、つなぎ合わせる順番が重要となる。

本研究では、従来研究と同じく共有境界の大きい地籍図同士からつなぎ合わせを行う。以下にその手順を示す。

- 1 面積最大の地籍図を基準セグメントとする。
- 2 基準セグメントとその他のセグメントを 1 対ずつ 2.2.4 までで述べた手法でつなぎ合わせ、共有境界の長さを求める。
- 3 2 で求めた共有境界のうち、最大の共有境界をもつセグメント同士をつなぎ合わせ、新しい基準セグメントとする。
- 4 全てのセグメントをつなぎ合わせるまで 2, 3 の手順を繰り返す。

なるべく共有境界の長いセグメント対からつなぎ合わせていくために、面積最大のセグメントを最初の基準セグメントとする。図 2.13 に 4 つのセグメントから構成される地域のつなぎ合わせ過程を示す。最初に面積最大のセグメント (ここではセグメント A) を基準セグメントとする。基準セグメントとその他のセグメントの共有境界の長さを求め、最長の共有境界を持つセグメント同士つなぎ合わせ新たな基準セグメントとする。図 2.13 では A と D をつなぎ合わせる。以上の処理を最後の地籍図がつながるまで繰り返す。この例では、 $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C$ の順番でつなぎ合わせを行う。

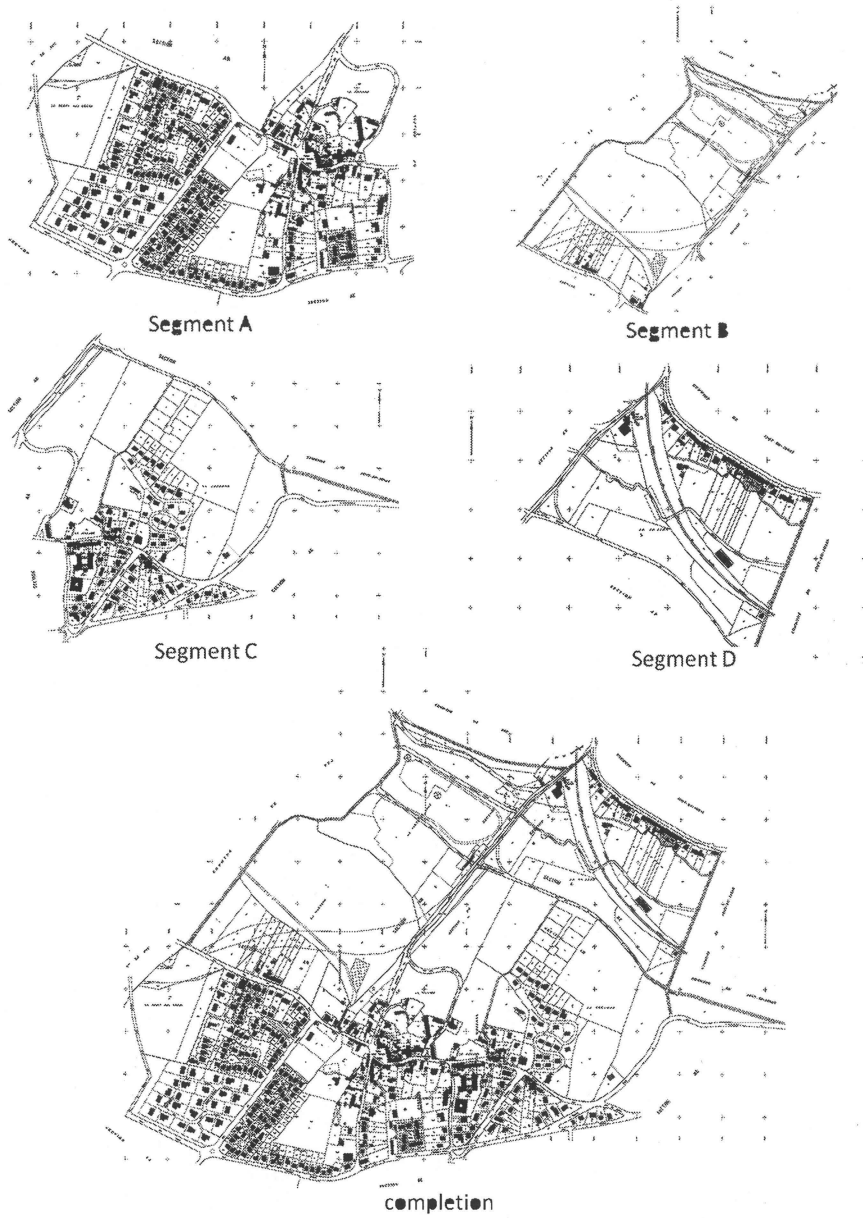


図 2.13: つなぎ合わせの手順

	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	1794	174	2053
$A \cap D$	2620	1307	-
$A \cap B \cap D$	-	1915	-
$A \cap B \cap C \cap D$	-	-	-

第 3 章

評価実験

3.1 実験概要

提案手法を評価するための評価実験として、

- 1 方位記号の向きの判別
- 2 地籍図のつなぎ合わせ

をそれぞれ行った。使用したデータは、47 地域について記載された地籍図 322 枚である。同一地域内の地籍図は全て同縮尺であり、地域ごとの分類はあらかじめ完了しているものとする。

3.2 方位記号の向きの判別実験

地籍図 322 枚に対して、高橋の手法によりあらかじめ方眼格子の向きを正規化する。この操作により、方位記号を上下左右のいずれかを指している状態とした上で、提案手法によりその向きを判別する。

実験の結果、地籍図 322 枚中 319 枚にて方位記号の向きの判別に成功した。失敗した 3 枚の地籍図の方位記号を図 3.1 に示す。図 3.1(a), (b) は印刷状態の悪い方位記号である。(a), (b) のように方位記号としての原型をとどめていないものは、ラベリングにより抽出することはできない。また、仮に抽出したとしてもその向きを判別することは困難である。(c) は他の地理情報の上に方位記号が記載されている場合である。

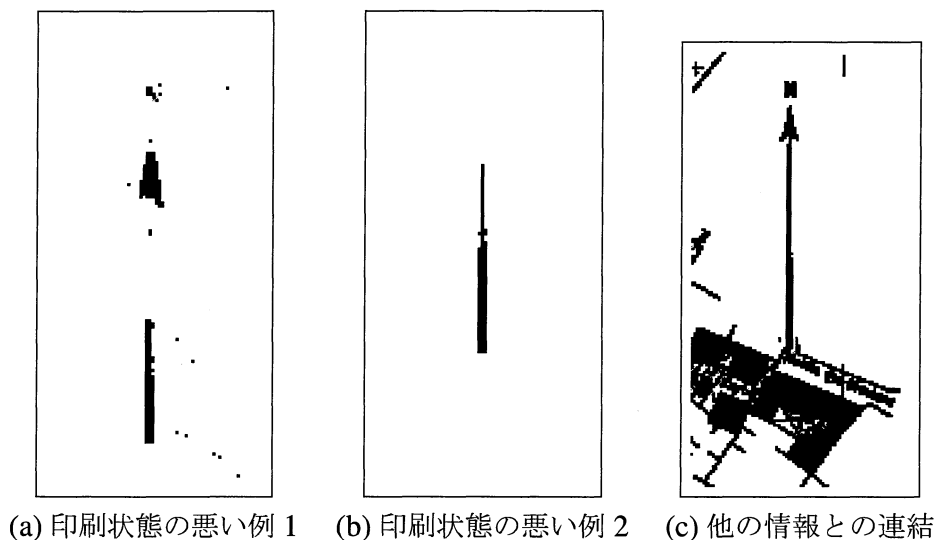


図 3.1: 失敗例

3.3 地籍図のつなぎ合わせ実験

劉の手法と提案手法により，つなぎ合わせを行いセグメント単位，地域単位の成功率，処理速度をそれぞれ求め，提案手法の評価を行う．ここで，セグメント単位の成功率とは 322 枚中何枚の地籍図を正しくつなぎ合わせることができたかを示すものとする．実験に用いる地籍図は高橋らの手法と提案手法 (2.1) によりあらかじめ方位を正規化している．処理速度については，4 セグメントで構成される地域と 17 セグメントで構成される地域にて計測し，比較した．

正しいつなぎ合わせの位置はあらかじめ調査済みであり，成否判定は目視で行うものとする．

実験の結果を表 3.1, 3.2 に示す．

表 3.1, 3.2 より方眼格子を利用したつなぎ合わせの方が高速かつ高精度につなぎ合わせができる結果となった．図 3.2 に従来手法と比べて改善した例を示す．図の例では，真の共有境界と近似した形状の境界があり，さらにその境界が真の共有境界と比べて長いた

表 3.1: 成功率の比較

	セグメント	地域
劉の手法	313/322(97.2%)	41/47(87.2%)
提案手法	319/322(99.0%)	45/47(95.7%)

表 3.2: 処理速度の比較

	4 セグメント (s)	17 セグメント (s)
劉の手法	32	8700
提案手法	14	1700

め、従来手法のつなぎ合わせでは正しくつなぎ合わせることができない。しかし、図の方眼格子の配置に着目すると、2.2.1 で述べた方眼格子の特徴を満たしていないことがわかる。提案手法ではこのような位置ではつなぎ合わせを行わないため、近似した境界線が存在していても図のように正しい位置でつなぎ合わせることができる。

また、実験で失敗した 2 件の原因については以下の理由が挙げられる。

- 1 つなぎ合わせを阻害する地図情報である斜線の存在
- 2 方眼格子の位置関係が他と異なる地籍図が含まれている

1 に該当する失敗例を図 3.4, 3.5 に示す。図 3.4 の例は、隣接する地籍図の位置を斜線を用いて表している地籍図である。正しくつなぎ合わせると、図 3.5 のようになる。提案手法では、2.2.5 で述べた重複率の制限を採用しているため、図のような重複を許す位置でのつなぎ合わせを行うことはできない。

図 3.6 の例はつなぎ合わせに失敗した地籍図の正解例である。この例は方眼格子の配置が 2.2.1 で述べた特徴を満たしていないものの、この位置が正解となる。実験に使用した 322 枚の地籍図中 1 枚のみがこのような方眼格子の配置であったため、書き間違いの可能性が考えられる。

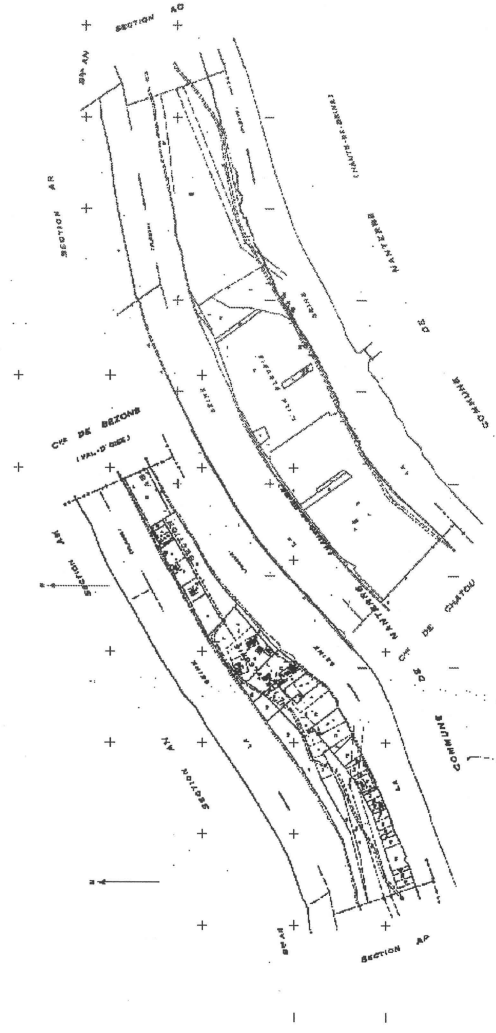


図 3.2: 従来手法の失敗例

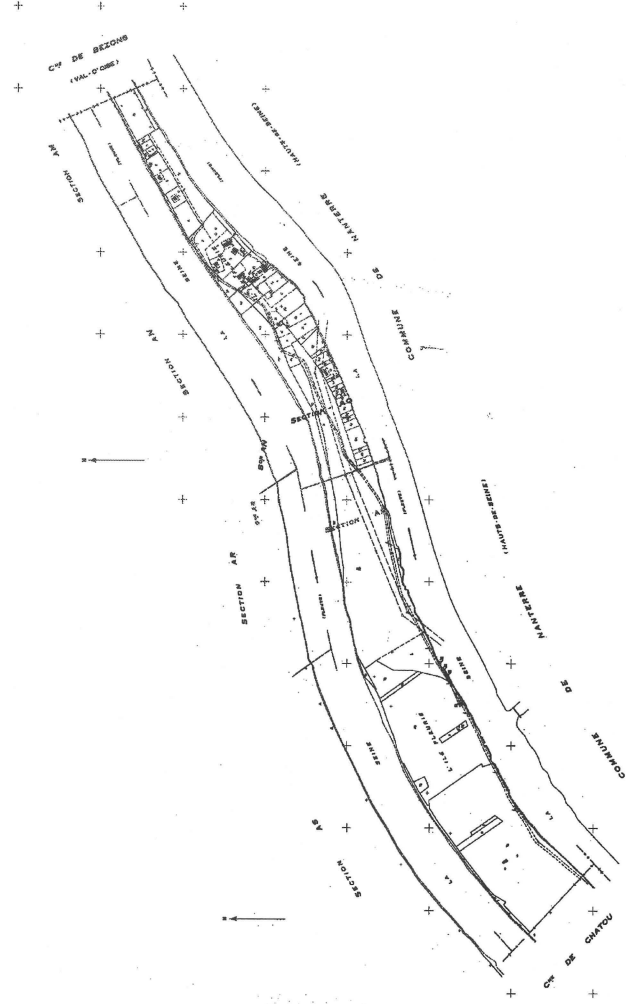


図 3.3: 提案手法の成功例



図 3.4: 斜線部の影響による失敗例



図 3.5: 3.4 の正しいつなぎ合わせ

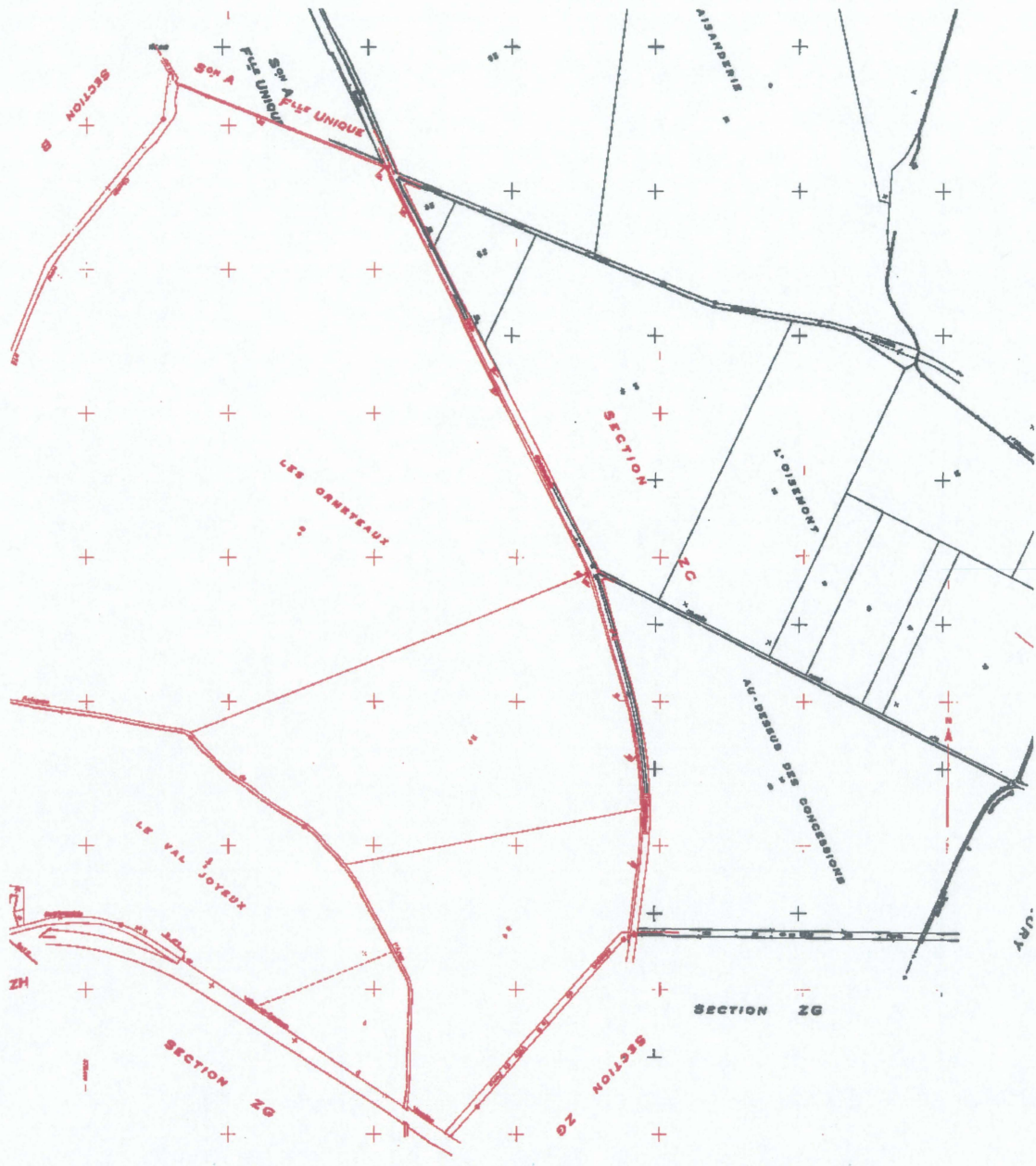


図 3.6: 方眼格子の配置のずれによる失敗

第4章

まとめと今後の課題

4.1 まとめ

本研究では、方位記号の向きの判別と方眼格子を利用する地籍図のつなぎ合わせの提案とその有効性の評価を実験により示した。

方位記号の向きの判別では、従来は目視で行っていたが、実験により 99.0% の地籍図において判別の自動化に成功した。判別に失敗した地籍図は 322 枚中 3 枚であり、そのうち 2 枚は印刷状態が悪く人間が見ても判断できない状態であるため、手法の改良より印刷方法の改善が求められる。残りの 1 枚は方位記号が他の地理情報と重なっていることが原因であるが、方位記号がこのような状態になる原因として、地籍図の縮小が考えられる。本研究では処理高速化のため、地籍図を原寸大の $\frac{1}{8}$ に縮小したものを使っている。原寸大の地籍図において、方位記号が他の地理情報に接近して描かれていたため、縮小したときに結合したと考えられる。処理時間はかかるが、原寸大の地籍図で判別を試みる必要がある。

地籍図のつなぎ合わせでは、方眼格子をつなぎ合わせに用いることにより、より高精度かつ高速なつなぎ合わせが可能となった。従来手法の成功率はセグメント単位 97.2%、地域単位で 87.2% であったのに対し、同一条件の元提案手法の成功率はセグメント単位で 99.0%、地域単位で 95.7% とそれぞれ約 3%、8% 成功率が向上した。

従来手法でつなぎ合わせに失敗した最も大きな原因として、真の共有境界と形状の似た境界が複数存在することが挙げられていた。つなぎ合わせに MF 法を用いると、その特性上似た形状の境界もつなぎ合わせの候補に入れてしまう。本研究では、方眼格子の配置をつなぎ合わせ候補の選定条件に追加することで、似た形状の境界をつなぎ合わせ候補に入れることを妨げることができた。このことが、従来手法と比べて成功率が向上した大きな要因だと考えられる。

提案手法の成功率は人手によるつなぎ合わせの労力・時間を大幅に削減できる値である

といえる。また、つなぎ合わせの精度についても十分であった。以上ことから、提案手法はシステム実用化にとって有用なものであるといえる。

4.2 今後の課題

より高速で高精度なつなぎ合わせを実現するためには、地籍図中の文字などの認識し、つなぎ合わせに利用することが挙げられる。

スキャナで取り込まれた地籍図データは全てラベル付けされている。そして図 4.2, 4.3 の赤で囲んだ部分のように、地籍図中の他の地籍図との隣接点には隣接する地籍図のラベル名が記載されている。人手によりつなぎ合わせる際にはこのラベル名を参考につなぎ合わせるが、処理の自動化においてもラベル名を認識し、利用することで、つなぎ合わせ候補をより絞りこむことが可能となり、結果として処理の高速化・高精度化が実現できると考えられる。

地籍図中の文字は図 4.1 のように境界線に沿って記載されている。同一地籍図内であっても文字の傾きは全て異なっているため、これらの文字を認識するためには高精度な文字認識に加え、回転に不変な文字認識も要求される。

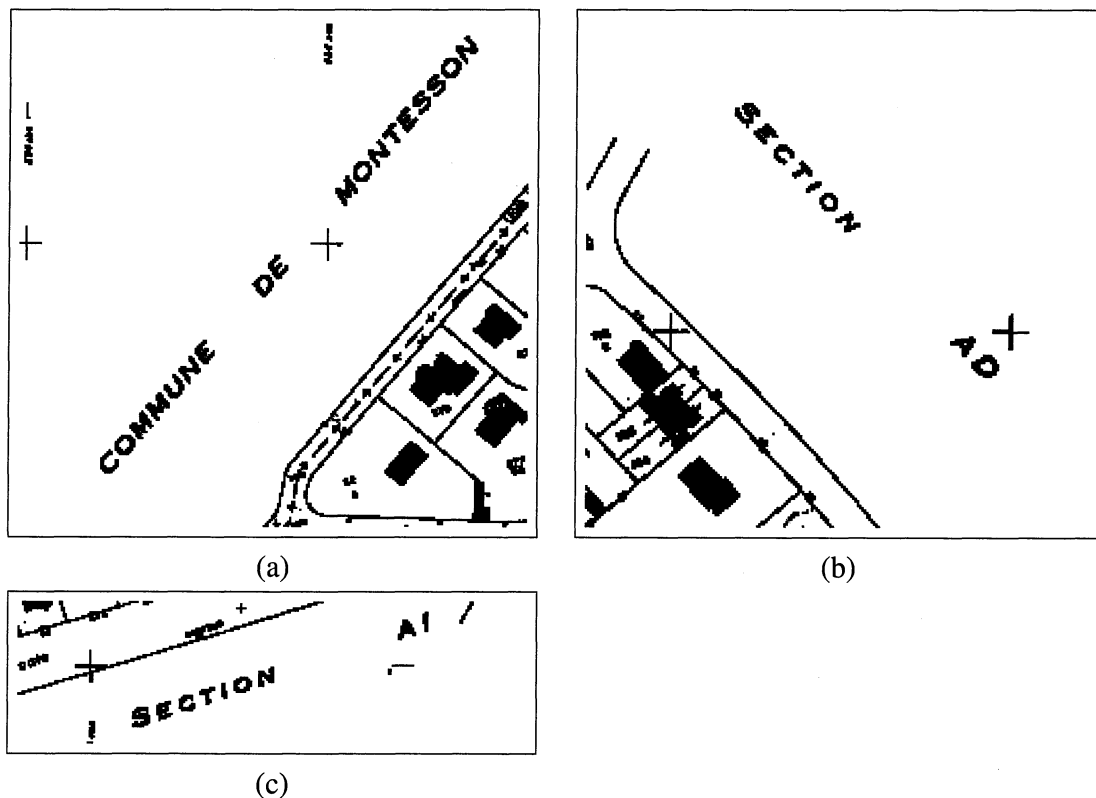


図 4.1: 地籍図中の文字

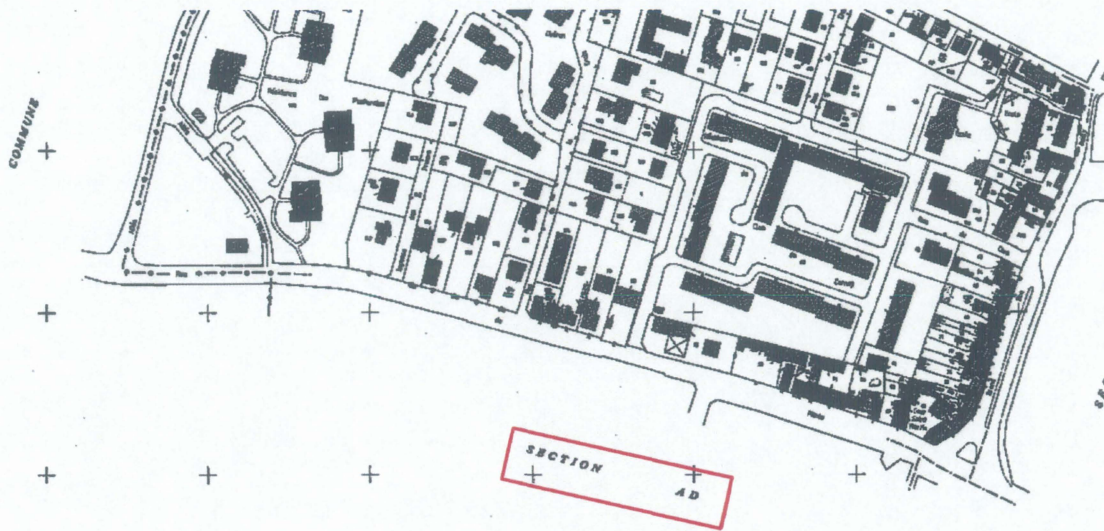


図 4.2: ラベル AA の地籍図

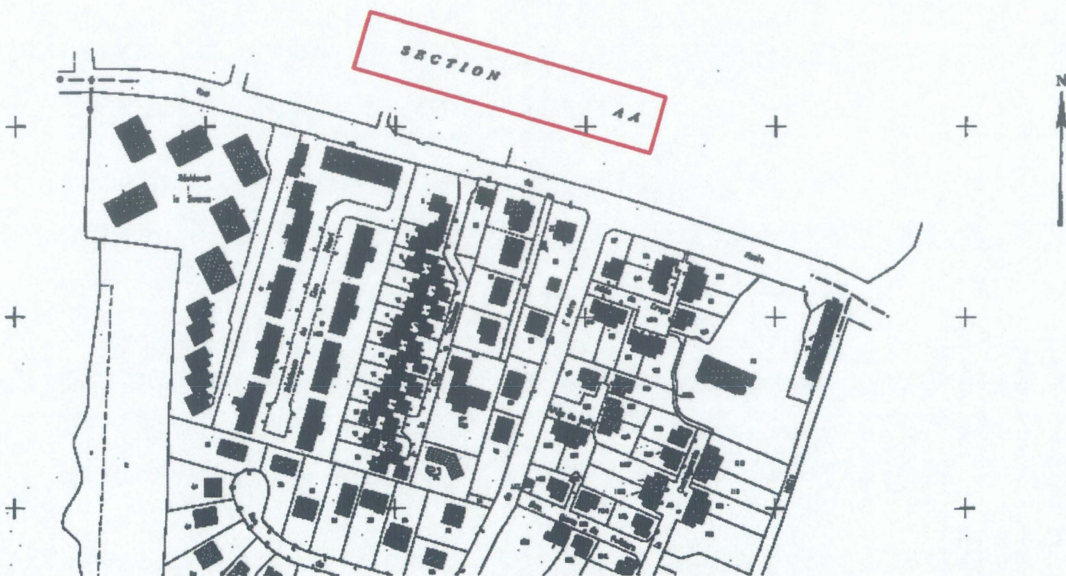


図 4.3: ラベル AD の地籍図

付録 A

付録

A.1 方位記号の向き判別に関するプログラムソースリスト

A.1.1 保存ディレクトリ

`/net/xserve0/users/ichikawa/program/direct/`

A.1.2 ソース一覧

`class.h` … クラス定義

`labeling.h` … ラベリング関数定義

`main.cpp` … 方位記号を抽出する関数

`labeling.cpp` … ラベリング処理本体

`get.koushi.cpp` … 方眼格子を除去する関数

`pick2.cpp` … 方位記号の向きを判別する関数

`class.cpp` … 各クラス

A.2 地籍図のつなぎ合わせに関するプログラムソースリスト

A.2.1 保存ディレクトリ

`/net/xserve0/users/ichikawa/program/connect/`

A.2.2 ソース一覧

`class.h` … クラス定義

connect.h … つなぎ合わせ用処理関数定義
labeling.h … ラベリング関数定義
image_tool.h … 画像処理関数定義
iofile.h … ファイル入出力関数定義
main.cpp … メイン関数
labeling.cpp … ラベリング処理本体
nuru.cpp … 地籍図の内部領域を塗りつぶす関数
get_koushi.cpp … 方眼格子を抽出する関数
remove_small.cpp … 小さな連結成分を除去する関数
bordering.cpp … 地籍図の境界線を検出する関数
class.cpp … 各クラス

A.2.3 保存ディレクトリ

`/net/xserve0/users/ichikawa/program/connect/check/`

A.2.4 ソース一覧

check.cpp … つなぎ合わせ結果の成否判定

A.3 実験データリスト

A.3.1 保存ディレクトリ

`/net/xserve0/ichikawa/study/datas/`

A.3.2 データ

cadastre/ 地籍図の元画像

mini_cadastre/ 方位正規化・サイズ縮小後の地籍図

A.4 コンパイル方法

ソースファイル、ヘッダーファイル、Makefile 全てを同一のディレクトリに入れ、make コマンドを実行する。

A.5 実行方法

- **direct [input][output]**

地籍図 (input) から方位記号候補を抽出し、output で指定した出力ファイル名で出力する。

- **pickup2 [input]**

方位記号候補の中から真の方位記号を選び、その向きを判別する。direct により作成した出力ファイルを input に指定する。

- **connect [input1][input2] . . . [inputN][output]**

つなぎ合わせる地籍図データを全て input1 から inputN に指定する。実行結果は output で指定したファイル名で出力される。

- **check [input]**

connect により出力した結果ファイル (.dat) を入力ファイルに指定する。実行結果が正しい結果か自動で判別する。

謝辞

本研究に関し、研究を進める上で多くの助言や提案、ご指導を頂きました木村文隆教授、若林哲史准教授、大山航助教、三宅康二氏に深く感謝致します。また、日頃お世話になりました田中みゆき事務官にお礼申し上げます。

さらにたくさんの方を教えて頂きました研究室の先輩方、大学院の2年間ともに過ごした同期の皆さんに感謝します。

最後になりましたが、学生生活を長きに渡り支えてくれた両親に感謝を表し、本論文の結びといたします。

参考文献

- [1] J.M.Viglino, Laurent Giguès:”Cadastral Map Assembling”: a Puzzle Game Resolution, Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition 2001, pp.1235-1239, 2001.
- [2] 高橋 勇介, 劉 飛, 大山 航, 若林 哲史, 木村 文隆: “方眼格子による方位推定と地籍図のつなぎ合わせ”, 電学論C, Vol. 130, No. 12, pp.2150-2158 (Dec. 2010)
- [3] 劉飛:”一般化 Hough 変換による地籍図の再構成に関する研究”, IEEJ Trans. EIS, Vol.127, No.11, pp.1894-1901, 2007.
- [4] P.M.Merlin, D.J.Farber : “A Parallel Mechanism for Detecting Curves in Pictures”, IEEE Transactions on Computers, Vol.24, Issue 1, pp.96-98, 1975. pp.1235-1239, 2001.