

区分化主成分近似による地図画像のベクトル化

6C-5

水戸 三千秋 小田 徹 小井手 良江
(西日本工業大学)

1. まえがき

我われは、印刷地図の自動入力の研究として、地図画像の線情報の自動ベクトル化の研究を行っている。

以前に、地図を正方形に分割し区画内の連結点集合を主成分軸によって直線近似する方法について報告した。

今回は、連続した線情報を折線近似することを目的として、2値化地図画像の線情報を、直線部分とみなせる連結点集合ごとにグループ化し、区分的に主成分分析を行って、近似線分と接続情報として抽出する方法について報告する。

2. 点分布の直線近似

平面に n 個の点 $\{p_i\}$ が分布しているとき、この点分布を直線近似することを考える。求めるべき直線としては、各点 p_i からの垂線の2乗和を最小とするものを求める。この直線は、主成分分析法によると主成分軸といわれる。

この主成分軸は、 $\{p_i\}$ の重心 p_0 を通る。また、主成分軸の方向余弦 l は、 $\{p_i\}$ の分散共分散行列 V の第1固有ベクトルとして求まる。

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(p_i - p_0)(p_i - p_0)^t\} \dots\dots\dots(1)$$

V の固有値を λ 、固有ベクトル e として

$$V e = \lambda e \dots\dots\dots(2)$$

固有方程式は2次であるので容易に解くことができる。

$\lambda_1 \geq \lambda_2$ とし、 λ_1 に対応した固有ベクトル e_1 が求める方向余弦 l となる。 $l = e_1 \dots\dots\dots(3)$

ここで、 λ_1 は各点 p_i の主成分軸への正射影の分散を表し、 λ_2 はこれと直交する方向成分の分散を表す。

3. 長形状点分布と固有値

直線分の2値化画像を想定して、点が間隔1の格子上に $N_x \times N_y$ ($N_x > N_y$) の長形状に分布している場合に、主成分分析を適用した結果について考えると、主成分軸は長辺方向になる。従って、第1固有値 λ_1 は、長辺方向の分散、第2固有値 λ_2 は、短辺方向の分散となる。

$$\lambda_1 = \frac{1}{12} (N_x^2 - 1), \lambda_2 = \frac{1}{12} (N_y^2 - 1) \dots\dots\dots(4)$$

$$\therefore N_x = \sqrt{12\lambda_1 + 1}, N_y = \sqrt{12\lambda_2 + 1} \dots\dots\dots(5)$$

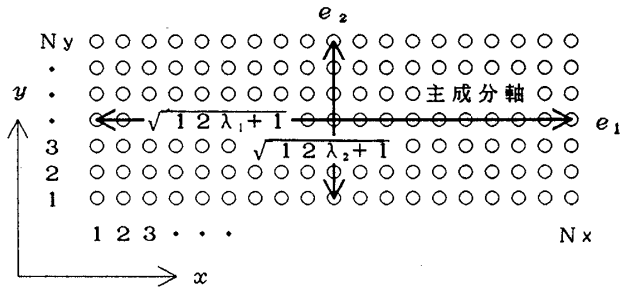


図1 長形状点分布と固有値

長形状分布は、分散が $\lambda_1 \times \lambda_2$ の点分布としては極めて密な分布といえる。一般の点分布の実際の点の数 n と、同じ分散の長形状分布の点の数 $N_x \times N_y$ との比 α は、その点分布の密度を表す指標となる。また、長方形の縦横比 β は、点集合の分布の直線性を表す指標として利用できる。

即ち、 $\alpha \rightarrow 1$ で $\beta < 1$ のとき直線状分布と判定できる。

$$\alpha = \frac{n}{N_x \times N_y}, \beta = \frac{N_y}{N_x} \dots\dots\dots(6)$$

4. 直線部分の分離

実際の地図画像から線情報を抽出しようとする場合、抽出対象の線は一般に長い曲線として存在する。また、いくつかの線が交差している部分もある。したがって、これらの点群を直線候補となるべき単連結な点集合に分離する必要がある。この問題は、点にグループ番号を付すラベリングの問題である。

グループの分離基準として、次のようなものが考えられる。

- (1) グループは、8連結な点集合とする。
- (2) 交差するところで分離する。
- (3) 線幅が大きく変わる所で分離する。
- (4) 線の角度が大きく変化する所で分離する。

実際の手順としては、分析対象の画像を水平走査することによって、水平方向の点の連続部分、即ちランを抽出し、一つ上のラン群との接続関係によりラベリングを行う。

(1) 第 $k-1$ ラインまでのラベリングが終わっているとする。

(2)第kラインの水平走査によりラン $\{r^k\}$ を抽出する。

(3)ラン r^k を1つ上のラインのラン群 $\{r^{k+1}\}$ と比べて

連結性を調べる。その結果、

- ラン r^k が1つのラン r^{k+1} とのみ8連結していて、
- 角度テスト (上3ラインのランの midpoint のなす角度が小)
- 線幅テスト (上のランとの長さの比較をして同程度)

などが満たされて、ラン r^k が r^{k+1} と同じ直線グループを構成するとみなされるとき、 r^k に r^{k+1} と同じラベルを付す。それ以外は、新しいラベルを付し、グループ間の連結情報を書き出しておく。

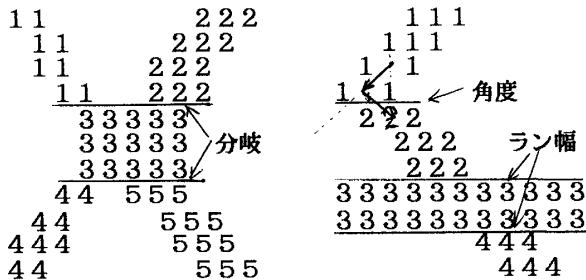


図2 グループ分離ラベリング

5. 分析手順

分析の手順の第1のフェーズは、イメージスキャナ等で2値化された地図画像に対して、画像を最上ラインから順に水平方向に走査を繰り返して、前記のグループ分離手順を適用し、グループ情報、接続情報を書き出していく。

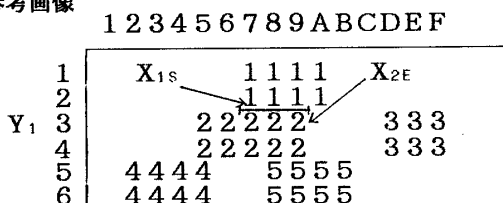
グループ情報とはグループ内の点のX, Y座標の和、2乗和、積和で、これにより分散共分散行列を算出することができる。接続情報とは2つのグループの接続関係を記したものである。

この処理では、画像の各点に対して、実際にグループ番号を付ける必要はない。1つ上のラインのランのグループ番号のみ保持していればよい。

次は、2グループの接続処理を行う。接続している2つのグループが単一直線として合流可能かどうかを判定する。2グループを合流した場合のグループ情報は各項目を単に足すだけでよいので容易である。合流後の分散共分散行列を構成し、主成分分析を行って直線性の判定を行い合流可能かどうかを判定する。これを繰り返して、最終的なグループが得られる。

最後に、残ったグループについて直線近似を行う。

○参考画像



○グループ情報

グループ	点数	ΣX	ΣY	ΣX^2	ΣXY	ΣY^2
1	8	68	12	588	102	20
2	10	.	.	.	.	.
3	6	.	.	.	.	.

○接続情報

グループ1	グループ2	連結部分		
1	2	Y_1	X_{1S}	X_{2E}
2	4	Y_2	X_{2S}	X_{4E}
2	5	.	.	.

6. 分析例

図3は、住宅地図を250ドット/インチで2値化した画像を分析した結果の一部である。グループの分離基準を、ラン幅比>2、角度 $\geq 45^\circ$ とした場合の分離結果が、異なる記号のドットとして示されている。また、図中の直線が最終的に抽出された線分である。

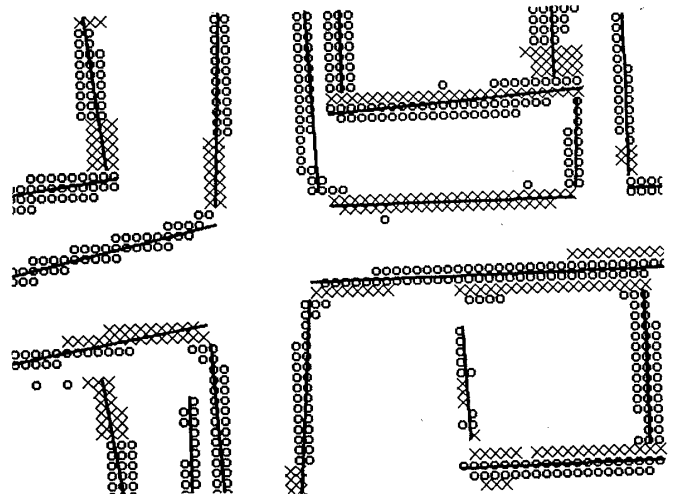


図3 地図画像の分析例

7. あとがき

本方法により、地図画像からの線分情報は良好に抽出されるようになった。この方法は、計算手順が簡単でマイコンでも実用的なシステムが実現できると考えている。

接続情報を用いた分岐・交差点の認識は次の課題である。本研究は財団法人日本統計センターの委託研究による。

8. 参考文献

- 1)水戸, 小田, 小井手: "主成分分析法による地図の線情報の検出", 昭和62年度電気関係学会九支連大No. 830(1987)
- 2)水戸, 小田: "主成分分析を応用した地図画像の線情報の抽出について", 西日本工大紀要理工学編 第18巻(1988)
- 3)水戸, 小田, 小井手: "単純ブロック分離ラベリングによる地図の線情報の自動抽出", 昭和63年度電気関係学会九支連大 No. 1152 (1988)