

確率伝播法を用いたネットワークモデルの最適化による 道路網の抽出

Extraction of Road Network by Optimization of Network Model using Belief Propagation

植村 匠† Takumi Uemura
内村 圭一‡ Keiichi Uchimura
上瀧 剛‡ Gou Koutaki

1. まえがき

近年、デジタル道路地図はその有用性と汎用性から、様々なシーンにおける基盤情報となっている。しかしながら現在のデジタル道路地図は人の手によって作成されているため、更新速度の向上の為に自動的に道路ネットワークを構築する手法が求められている[1,2]。本論文ではラスターデータである道路領域より、確率伝播法[3]を用いてネットワークモデルを最適化することによって、ベクタデータである道路ネットワークを構築する手法についての検討及び考察を行う。

従来の道路ネットワークの抽出手法として局所的な道路抽出結果を連結する手法[1]や、道路の中央線より道路または交差点などを検出して連結する手法[2]などの手法が存在する。しかしいずれも高解像の画像データが必要であり、且つ車両など道路上のノイズとなるものが少ない画像に限られるといった制限があった。本研究では道路網の構築において一定間隔の格子状にノードを配置した初期網を生成し、道路領域の中央へ移動・変形させるアプローチを提案する。変形の最適化手法として確率伝播法を用い、道路ネットワークの構築を行う。

2. 提案手法

提案する道路ネットワークの構築手法は航空測量データから抽出された道路領域に対して適用される(図1(a))。まず図1(b)のような正方格子状の初期網モデルのノードを抽出された道路領域の道路中央に移動させることにより、図1(c)に示されるような道路ネットワークを構築する。ノードを移動させる際の手法として確率伝播法を用いた最適化手法を用いてノード位置の全体最適化を行う。

従来の画像処理の確率モデルにおける計算量は模大な

ものとなるが、確率伝播法はこれらの計算量を削減する近似手法の一つである。確率伝播法ではメッセージと呼ばれる関数を用いて周辺確率分布を計算し、繰返し計算により大局解へと近似していく近似アルゴリズムである。本研究では事後確率分布を事後エネルギーに置き換えたアルゴリズムを用いる。

初期網モデルにおけるノードは一定範囲を移動することができるものとし、道路交差点中央で最も安定するように設計する。ノード移動先の安定具合はテンプレートマッチングのマッチング率により求められる。

繰返し回数 t 回におけるノード p から q へ伝搬するメッセージ m_{pq}^t は次の式により求められる。

$$m_{pq}^t(f_q) = \min_{f_p} \left\{ U_{pq}(f_p, f_q) + D_p(f_p) + \sum_{s \in N(p) \setminus q} m_{ps}^{t-1}(f_p) \right\} \quad \dots(1)$$

ここでノード p の移動先は状態 f_p として表され、 $U(f_p, f_q)$ はノード p, q が状態 f_p, f_q の場合にノード間で生じる相関コストを表す関数である。 $D(f_p)$ はノード p が状態 f_p である場合に生じる単独コストを表す関数である。また、 $N(p) \setminus q$ はノード q 以外のノード p の周辺ノードを表す。

相関コストと単独コストはそれぞれ道路中央で最大値を返すテンプレートマッチングにより求められ、0 から 1 の範囲に正規化された値で表される。コストは数値が低いほどノードが道路中央で安定している状態を表す。

また、 T 回更新後のノード q の状態 f_q におけるノードの優劣を表す指標である確信度 $b_q(f_q)$ は式(2)で求められる。

$$b_q(f_q) = D_q(f_q) + \sum_{p \in N(q)} m_{pq}^T(f_q) \quad \dots(2)$$

全ての状態における確信度を求め、各ノードにおいて確信度が最大となる状態を選択することにより、周囲状

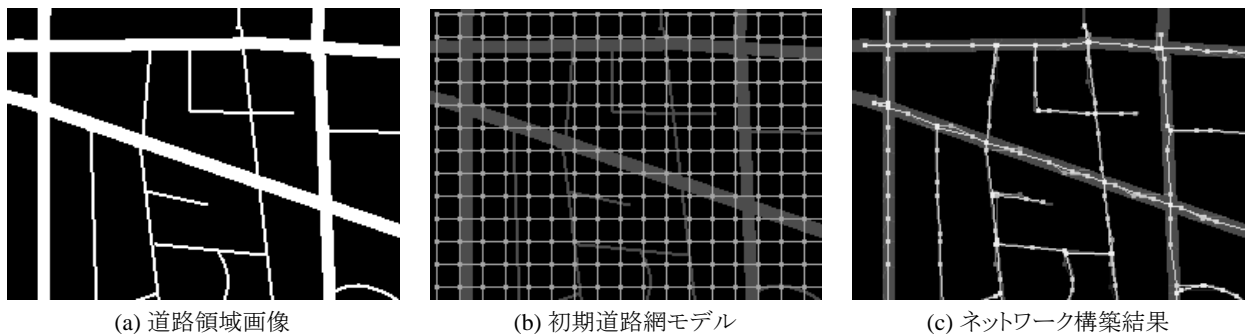


図1 提案する道路ネットワーク構築手法の流れ

況を含めたノード位置の最適化を行うことができる。

3. 実験

道路網モデルをフィッティングさせる対象となる道路領域画像は、道路領域画像を距離画像変換した後、局所型コントラスト補正を行ったものを用いる。図2(a)-(c)は道路領域画像とそれぞれの処理結果の図を示す。この処理により、道幅の広狭に関係なく道路中央の輝度値を等しくすることができる。実験に用いる地域は札幌駅南付近と新宿駅付近の 640×640 pixel の範囲で、解像度 1 m/pixel のデータより抽出した道路領域画像である。道路領域の抽出精度は Heipke らの提案した評価手法[4]の *Quality* において、札幌地域は 80.3%、新宿地域は 74.2% 精度のものを用いる。

札幌地域に適用した結果を図3に示す。札幌付近の道路網は格子状に整然と並んでおり、道路幅も同程度のものので構成されている。本手法を用いて道路網を構築した結果、ノイズにより一部の広い道路が分岐路扱いされるなどの不具合が多少見られるものの、比較的的道路領域中央に沿った道路網モデルを構築することができた。

新宿地域に適用した結果を図4に示す。新宿地域は広い道路と狭い道路が入り組んだ道路網となっているほか、駅前のロータリーのように広い道路領域が存在する。本手法を用いて道路網を構築した結果、広い道路領域において道路網モデルのノードが複数集中するといった問題が顕著に見られた。一つの道路の中央線を一意に決定するためには、近接するノードやアークを統合する、またはノードを適度に分散させるといった処理が必要となる。

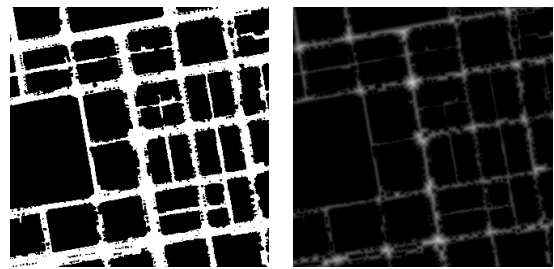
4. まとめ

確率伝播法を用いて網状モデルを変形させることにより、ラスタデータである道路領域画像からベクタデータである道路ネットワークモデルを構築する手法を提案した。実験の結果、ベクタデータ形式の道路ネットワークの構築を見て取ることができた。

広い道路上において複数ノードが集中し、一つの道路に対して一意にネットワークを決定できていない問題点が残るため、広い道路にノードが集中しないようにする手法を検討中である。

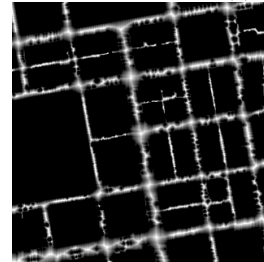
参考文献

- [1] S.Hintz, A. Baumgartner, "Automatic Extraction of Urban Road Networks from Multiview Aerial Imagery", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58/1-2, pp.83-98, 2003.
- [2] H. Xiangyun, T. Vincent, "Automatic Extraction of Main Road Centerlines from High Resolution Satellite Imagery Using Hierarchical Grouping", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol. 73, No. 9, pp. 1049-1056, 2007.
- [3] P. F. Felzenszwalb and D. P. Huttenlocher, "Efficient Belief Propagation for Early Vision", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 70, No. 1, pp.41-54, 2006.
- [4] C. Heipke, H. Mayer, H. Wiedemann, O. Jamet, "Evaluation of Automatic Road Extraction", *International Archives of*



(a) 道路領域

(b) 距離画像



(c) 局所型コントラスト補正を行った距離画像

図2入力とする道路領域画像の補正処理

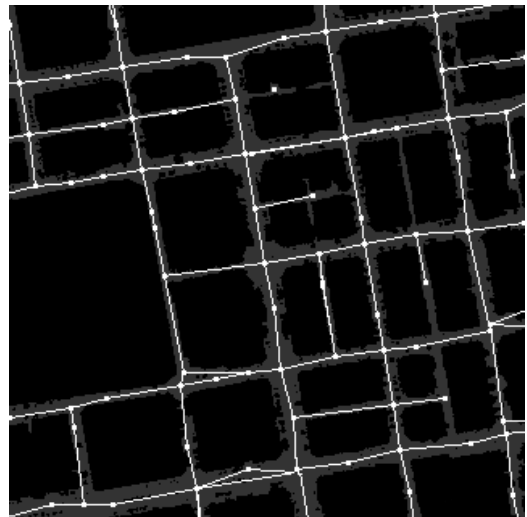


図3 札幌データにおける道路網の構築結果
(白線:道路網 灰:道路領域)

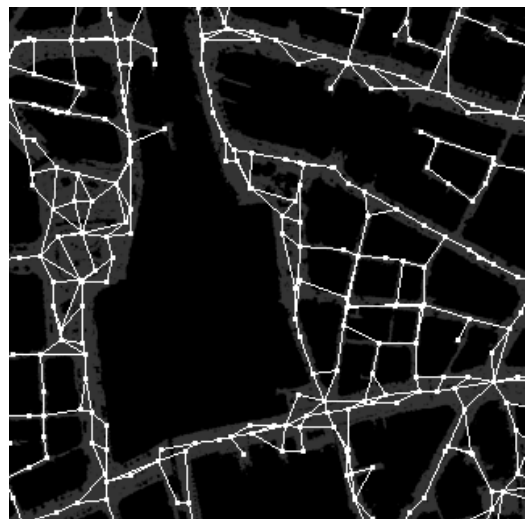


図4 新宿データにおける道路網の構築結果
(白線:道路網 灰:道路領域)