

略地図描画方法の研究

02N8100005J 伊藤 雄太郎*

1 はじめに

略地図を生成するには、詳細地図をいかに「省略」するかということが問題であり、またそれを描画するには状況に応じて見やすい形に「変形」することが必要である。本研究では、後者の略地図を見やすい形で描画するための「変形」を扱う。例えば電車のドアの上にある路線図は一直線であり、通常の路線図とは掛け離れているが、その路線の駅を列挙するときには見やすい図になっている。また、図2のように、位置関係のある程度保存した図であれば、他の経路との接続の関係を把握しやすくなる。ある地図を変形させることによって、このような異なる見た目を持つ略地図を作り出すために、略地図を描画するときの変形を考える。また、類似研究の成果としての「略地図記述言語」によって定義された3次元略地図の表示にも変形して描画することが必要である。

具体的には、地図をネットワークとみなし、いくつかの頂点座標を固定し、また、いくつかの頂点座標を変数として引っ張ることにより、全ての頂点を移動させ、変形を完了する。ここでは変形にはいくつかの目的関数を設定し、その目的関数に関する最適化問題の解として変形された地図を得る。国土地理院発行数値地図 2500 を試験データとして数値実験を実行した結果を示す。



図 1. 変形路線図の例 1



図 2. 変形路線図の例 2

2 変形のための目的関数

まずは簡単な図を用いて説明する。図3の四角形の点 $P(x_0, y_0)$ を固定 (固定点) し、点 $P(x_3, y_3)$ を引っ張る (牽引点) ことにより、四角形を変形する。変形するためには、変形前の図形と変形後の図形との間の違いを数値化する目的関数を考える。例えば、枝の長さの変化に関する目的関数、枝同士の角度の変化に関する目的関数、などである。そして、その違いが最小となるような変形を非線形最適化問題として定式化し、計算する。

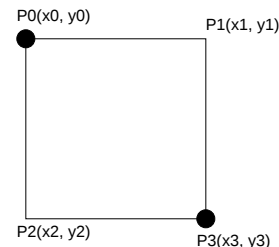


図 3. 変形前

2.1 長さの変化

変形に伴い枝の長さが変化する。そこで目的関数としてこの変形の前後での長さの差の自乗和を考える。この目的関数を最小にする。

$$\min f = \min \sum (\hat{l} - l)^2 \quad (1)$$

l = 変形前の枝の長さ (定数, 目標値)

$\hat{l}$ = 変形後の枝の長さ (変数)

より詳細に書くと

$$\begin{aligned} \min_{x_i, y_i} f = \min_{x_i, y_i} \{ & (\sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} - l)^2 \\ & + (\sqrt{(x_0 - x_2)^2 + (y_0 - y_2)^2} - l)^2 \\ & + (\sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} - l)^2 \\ & + (\sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2} - l)^2 \} \end{aligned}$$

$(x_0, y_0) = (0, 0)$ であり、 (x_3, y_3) に移動後の適当な座標を代入してやれば、長さの変化量が最小のものの一つとして、最適解 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ が得られる。この場合の変形結果は以下ようになる。

枝の長さの変化が最小となる代わりに枝同士の角度が変化した。目的関数に特に制約条件をつけなければ、図5のような $P1$ と $P2$ が重なるような答えもある。また図4, 図5ともに、頂点 $P0, P3$ に引いた直線に関して線対称な答えもある。少なくとも四つの解がある。

*Transformations of simple maps, Yutaro ITO and Koichi KUBOTA, Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551, Japan.

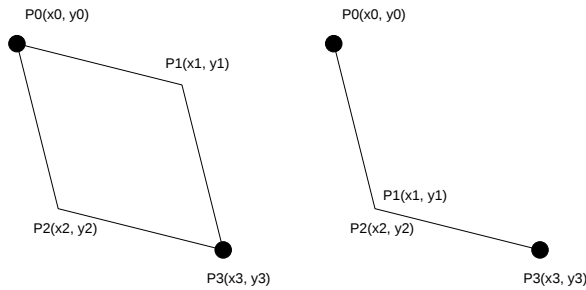


図 4. 変形後 1

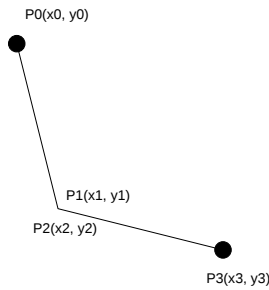


図 5. 変形後 2

2.2 角度の変化

枝の長さと同様に枝の交点の角度の大きさも変形と共に変化する。目的関数として変形の前後の角度の余弦の差の自乗和を考える。この目的関数を最小にする。

$$\begin{aligned} \min f &= \min \sum (\cos \hat{\theta} - \cos \theta)^2 \quad (2) \\ \theta &= \text{変形前の角度 (定数, 目標値)} \\ \hat{\theta} &= \text{変形後の角度 (変数)} \end{aligned}$$

結果は以下ようになる

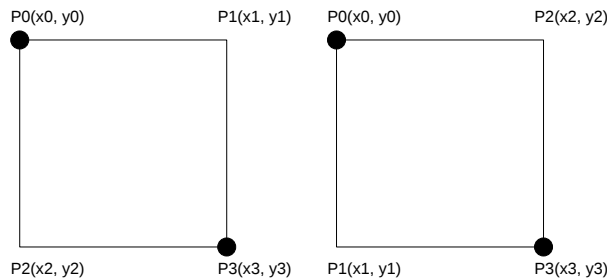


図 6. 変形後 1

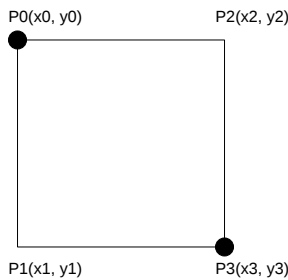


図 7. 変形後 2

角度の大きさが変化なく、代わりに長さが変化するので、全体の大きさが変化する結果となった。この場合の解も複数ある。

2.3 比の変化

差ではなく比に関する目的関数も考えられる。

2.3.1 長さの比

$$\min \sum \left(1 - \frac{\hat{l}}{l}\right)^2 \quad (3)$$

2.3.2 角度の比

$$\min \sum \left(1 - \frac{\cos \hat{\theta}}{\cos \theta}\right)^2 \quad (4)$$

その他には、 $\cos$ を用いずに、 θ を用いる方法や、複数の目的関数に重みをかけて合成する方法などがある。

また、より大規模な問題では、固定点と牽引点を複数設定することもありえる。

3 数値実験

国土地理院発行数値地図 2500 を用いる。この地図はさまざまなファイルから成るが、今回は道路データを使用する。道路データは、アークファイル、ノードファイル、接続ファイル、属性ファイルの 4 つからなる。最適化手法として最急降下法を用いる。



図 8. 数値地図 2500

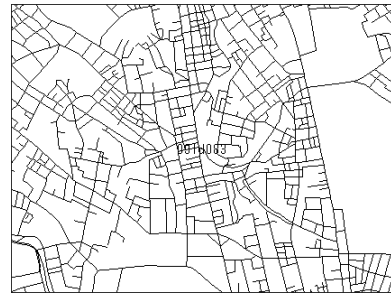


図 9. 道路ネットワークのみ

4 今後の展望

物理的な距離で描写されている地図を、例えば、時間的距離で描写される地図に変形する応用を行なう。

参考文献

- [1] 久保田 光一, 伊理 正夫, アルゴリズムの自動微分と応用, コロナ社, 1998.
- [2] ジョセフ・オニール, 武藤健志, 独習 Java, 翔泳社, 2001.
- [3] 緑川 岳史, 数値地図の街区ファイル結合, 中央大学情報工学科卒業論文, 2002.
- [4] 渡部友紀, 略地図の表示方法の研究, 中央大学情報工学科卒業論文, 2001.