

非透視投影による古地図の構図のモデリング

佐藤 史弥[†] 吳 湘筠[‡] 高橋 成雄[‡] 有川 正俊[‡]

東京大学理学部情報科学科[†] 東京大学大学院新領域創成科学研究科[‡]

1 はじめに

地理情報を表す3次元メッシュデータから投影図を生成する際、3次元形状を正確に表現することができる透視投影がよく用いられる。しかしながら、地理情報が膨大であると、透視投影図ではユーザにとって必要である情報が把握しづらい場合が多い。本研究では、近代日本の鳥瞰図技法を例にとり、非透視投影による古地図の構図のモデリング手法を示す。古地図は、山、橋、建物などの特定のランドマークを強調するために、これらの位置関係や遠近関係が歪められている。本研究では、古地図内でのランドマークの情報を再現し、かつ透視投影図との差異、すなわち歪みをもっとも小さくなるような非透視投影図を、異なる視点による複数の透視投影パラメータの組み合わせとして実現する。

2 関連研究

Popescuらは複数の透視投影によるビューをグラフ構造として組み合わせることにより非透視投影図を実現した[1]。また Singhは、複数の透視投影パラメータを入力とし、それらを元に各頂点に対し異なる透視投影パラメータを算出し描画することにより非透視投影図を実現した[2]。

本研究では、Singhの提案手法によって非透視投影図を生成するため、まず Singhの手法に関して簡単に説明する。

まず、従来の透視投影におけるパラメータを C とする。Singhの手法では、複数の透視投影パラメータ C_1, \dots, C_n が与えられ、描画する各頂点 P に対して、これらのパラメータの線形結合によって与えられる局所カメラ C_p を定義することにより、非透視投影を実現する。このとき、各パラメータの重みは各頂点によって異なり、その指標として、 C に新たな変数 center of interest が加えられる。center of interest は空間座標上の点であり、この点に近い頂点ほど、対応するパ

Modeling Compositions of Antique Maps with Non-Perspective Projection Techniques

[†]Fumiya Sato, [‡]Hsiang-Yun Wu, [‡]Shigeo Takahashi, [‡]Masatoshi Arikawa

[†]Information of Science, Univ. of Tokyo

[‡]Grad, School of Frontier Science, Univ. of Tokyo

ラメータの重みが大きい。

Singhの手法では、パラメータ C_1, \dots, C_n をユーザが直接指定しなければならないが、本研究では古地図に描かれているランドマークの情報をもとに、最も透視投影図からの歪みが小さい非透視投影図を作成するようなパラメータ C_1, \dots, C_n を自動的に算出する。

3 提案手法

まず準備として、ユーザは対象の古地図画像上にある各ランドマークのピクセル位置を入力する。ここでランドマークを M_1, \dots, M_n としたとき、各ランドマークに対応した透視投影パラメータ C_1, \dots, C_n をおく。本研究では以下の手順によって、パラメータ C_1, \dots, C_n の値を確定させる。

1. ランドマークの位置情報をもとに、各透視投影パラメータの領域の算出する
2. すべてのパラメータ領域から個々のパラメータを確定する

以下、それぞれの手順を説明する。

3.1 透視投影パラメータの領域の算出

古地図画像全体を $[-1.0, 1.0] \times [-1.0, 1.0]$ の二次座標に変換したとき、あるランドマーク M の座標が (X, Y) であるとし、また日本の地形データを三次座標上のメッシュデータとして表したとき、ランドマークの位置する座標が $\mathbf{q} = (q_x, q_y, q_z)$ であったとする。

本研究のもっとも基本となる仮定は、生成された非透視投影図における各ランドマークの位置が、地図上のランドマークの位置と一致するというものである。この仮定に従い、以下のように関係を定める。

$$\begin{aligned} X &= q'_x \\ Y &= q'_y \end{aligned} \quad (1)$$

ただし $\mathbf{q}' = (q'_x, q'_y, q'_z)$ は、パラメータ C を用いて \mathbf{q} を透視投影変換した空間座標である。また center of interest を \mathbf{q} と一致させることにより他のパラメータが \mathbf{q} の変換に影響を与えないよう

にする。また、投影図と地図のアスペクト比を一致させる。

しかし、このままではパラメータの自由度が高く、パラメータを一意に算出できないので、本研究では透視投影パラメータのカメラの向きと画角はすべて等しいと仮定する。

以上の仮定により、 C におけるカメラの位置を表す空間座標を \mathbf{p} とすると、 \mathbf{p} 以外の値はすべて定まり、 \mathbf{p} の軌跡は半直線となる。従って、パラメータ C は空間座標上の半直線と同一視することができる。

すべてのパラメータ C_1, \dots, C_n とそれに対応するカメラの位置 $\mathbf{p}_0, \dots, \mathbf{p}_n$ に対し、その軌跡となる半直線 l_0, \dots, l_n を算出したのち、次の手順に移る。

3.2 パラメータの確定

先ほど得た $\mathbf{p}_0, \dots, \mathbf{p}_i$ の軌跡 l_0, \dots, l_n に対し以下のアルゴリズムを適用することで、パラメータ C_1, \dots, C_n を確定する。

- A) l_0, \dots, l_n を要素として持つ集合 L をおく。
- B) L 内の半直線を比較し、もっとも距離が近い二線を l_i, l_j とし、これらの共通垂線の l_i 側の足を \mathbf{h}_i 、 l_j 側の足を \mathbf{h}_j とする。
- C) $\mathbf{h}_i, \mathbf{h}_j$ の中点を通り、 l_i, l_j の方向の和を方向とした新たな半直線 l' を L に加え、 l_i, l_j を L から削除する。
- D) $\mathbf{p}_i = \mathbf{h}_i$ 、 $\mathbf{p}_j = \mathbf{h}_j$ としてパラメータを確定する。ただし l_i, l_j に対応するパラメータが存在しないとき、この操作は行わない。
- E) 以上 B~D を、 L の要素数が 1 になるまで続ける。

4 結果

提案手法を、吉田初三郎による鳥瞰図[3]のランドマーク情報に適用して得られた非透視投影図を以下に示す。



図1. 鳥瞰図[3]

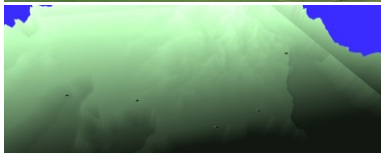


図2. 非透視投影図

図1と図2において、指定されたランドマークのピクセル位置に一致がみられた。

また、図2の非透視投影図を作成した透視投影カメラパラメータを可視化した図を以下に示す。

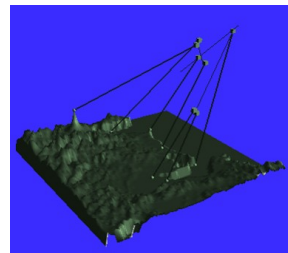


図3. カメラパラメータの可視化

図3上部にある7つの立方体は各透視投影パラメータのカメラの位置を表し、パラメータ算出に用いられたランドマークと太線でつながれている。また、パラメータの導出過程を細線によって把握できるようになっている。

5 おわりに

結果より、ランドマークの位置情報を再現した非透視投影図が実現された。

今後の課題としては、まず非透視投影図の再現性の問題が挙げられる。特定のランドマークの位置関係にしか本手法は適用できず、またパラメータ内の多くの要素が一定値なので、実際の古地図と非透視投影図のギャップがまだ大きい。

また今後の展望として、本研究におけるパラメータ導出手法において各パラメータ同士の関係性がグラフ構造として顕在化するため、この構造を用いて古地図の歪みへの定量的評価が行えるのではないかと考えられる。

謝辞

本研究は、CSIS共同研究(研究番号398)による成果である。また、本研究の一部は、科研費基盤研究(B) No. 24330033の助成を受けた。

参考文献

- [1] V. Popescu, P. Rosen, and N. Adamo-Villani. The Graph Camera. *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 28, No. 5, 2009.
- [2] K. Singh. A Fresh Perspective. In *Proc. of Graphics Interface*, pp. 17-24, 2002.
- [3] 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 国際日本研究文化センター, 2002, 所蔵地図データベース, (<http://tois.nichibun.ac.jp/chizu/>) (2014年1月現在)