

古地図の幾何補正に関する研究

東京大学大学院 学生会員 布施 孝志
 東京大学大学院 正会員 清水 英範
 東京大学大学院 フェロー会員 森地 茂

1.はじめに

江戸時代の絵図に代表される古地図は、その図が作成された当時の土地利用や交通路の様子を空間的に捉える上において、さらにはその背後にある当時の都市整備に対する計画思想を考察する上において、きわめて貴重な資料となる。これまでに、都市史・地域史・土木史・建築史・都市計画史などの分野において、古地図が研究史料の重要な位置を占めてきたことは周知の通りである。

古地図を分析の対象とする上で最も基本的なアプローチは、現代図との対比を明確にすることであろう。なぜなら、古地図が示す、あるいは示唆する都市の様子や都市整備思想は、現代のそれとの対比の上で初めて有用な意味をもたらすからである。このために考えられる方法は両地図を直接重ね合わせることである。しかし、古地図の幾何的精度は一般に著しく低く、透明紙などに複写して現代図と重ね合わせても比較対照することが困難であることが多い。そのため、従来は古地図に描かれる地物の特徴を丹念に追ひ、それを現代の地形図などの上に描いていくという方法がとられていた。しかし、この方法では、古地図の一次資料性の欠落や作業の非効率性といった問題は避けられない。

ところで、近年の地理情報システム(GIS)の発達と普及は目覚ましいものがあり、近い将来には、古地図を扱う史的分析においてもGISが有用な道具となっていくことであろう。

本研究の目的は、GIS上で古地図の幾何学的歪みを補正し、現代図と重ね合わせる手法を開発することにある。

2.幾何補正の一般的手法

画像のある特定の座標系に位置合わせしたいときなどに用いられる一般的な手法は、地上基準点による方法である。画像の座標系を $x-y$ 座標系、位置合わせを行いたい座標系を $u-v$ 座標系とする。基準点を対応さ

せるように $x-y$ 座標系から $u-v$ 座標系への座標変換式($u=f(x,y), v=g(x,y)$)を同定すればよい。通常、座標変換式には、ヘルマート変換、アフィン変換、射影変換、多項変換などが選ばれる。

この一般的な手順を古地図の幾何補正に適用するとしよう。この場合、古地図を $x-y$ 座標系、現代図を $u-v$ 座標系とする。基準点には、当時から現在に至るまで位置が変化していないと思われる地点(寺社・仏閣・城郭など)をとる。これらの基準点をあわせるように座標変換式を最小二乗法により同定すればよい。しかし、この方法で古地図の変換を行っても一般には十分な精度は得られない¹⁾。また、精度の向上を図るために座標変換式を複雑にすると、直線的な街路やお堀が直線形状を保たなくなり、また、場合によっては古地図の位相関係が壊されることもあり得る。

そこで古地図の幾何補正のための座標変換は、次の条件を満足することが期待される。①古地図と現代図の基準点(寺社・仏閣・城郭)をあわせる。②位相(連続的な1対1対応)を保持した変換である。③古地図と現代図の基準線(お堀・街道の直線形状)をあわせる。

3.TINモデルを利用した幾何補正

(1) TINモデルの概要

TIN(Triangulated Irregular Network)モデルとは、平面上に不規則に分布した点を結び三角網を形成する方法である²⁾。与えられた点の集合に対し、三角形分割の方法は幾通りも存在する。このような場合、できるだけ正三角形に近く、つぶれた三角形を含まないような分割法が望ましいとされている。このことに応える方法はいくつか考えられるが、その中でも、分割した三角形群の最小の角が他の分割の仕方よりも大きくなるようにする、いわゆる最小角最大原理に基づいた三角形分割が一般的である³⁾。これにより、一意に三角形分割することが可能である。

キーワード 古地図、幾何補正、TINモデル

〒113 文京区本郷7-3-1 TEL03-3812-2111 (ext.6129) FAX03-5689-7290

(2) 古地図の幾何補正への応用

このTINモデルを古地図の幾何補正に応用する。まず、古地図と現代図とに最小角最大原理によってTINモデルを形成する。そして、それぞれ対応する三角形ごとに座標変換式を求めていく。座標変換式はアフィン変換とする。アフィン変換は拡大・縮小、平行移動、回転、せん断変形を表現する。この変換式は1次式であることから、線形性・位相関係を保持し、線分内の比を保つという性質を持つ。したがって、①古地図と現代図の三角網が同位相であること、②基準線とする線が三角形の辺を構成する、という2つの前提が満たされれば、結果として上記2で示した古地図の幾何補正条件を満足することになる。

ここで問題となるのは、TINを形成したときに、古地図と現代図の三角網が必ずしも同位相にならず、また基準線も三角網の辺を構成する保証はないことである。この問題については、現在のところ最小角最大原理で自動的にTINを形成した後手作業により三角網を修正する方法しかない。

(3) 画像の再配列

本研究で提案した方法を実行するには、まず古地図と現代図をスキャナ等により数値画像データ化することから始める。すなわち、座標系は画素単位の配列として記述される。同定された座標変換式により、古地図の配列が現代図の配列に変換されるが、その際必ずしも整数の配列要素とはならない。本研究では最近隣法により内挿した。

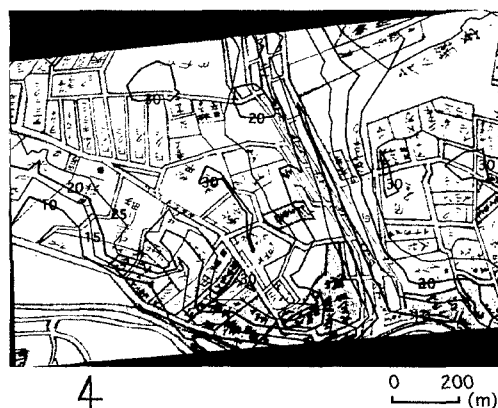
4.幾何補正の応用例

古地図に幾何補正を施すことにより、古地図に縮尺・方位を付与できる。それにより、より正確な古地図の定量的分析(面積算出・地物の位置確認など)が可能になる。また、江戸時代の地図にはどの地図をみても等高線が示されていない。そこで等高線の記載された現代図と古地図を重ね合わせれば、概略的にはあるが、地形を考慮した古地図の分析も可能になる。

提案した方法を用い、岡田屋版萬延江戸図(萬延元年(1860年))を東京都発行2500分の1東京地形図に幾何補正することを試みた。図-1はその結果の一部であり、目白台・小日向の地域(文京区)の出力例である。ただし、白黒画像では地形図の全内容の重ね合わせ表示は煩雑になるため、地形図上の標高点

から自動作成した5m間隔の等高線のみを重ね合わせ表示している。

図-1を見ると、水戸家・一橋家・細川家などの大名が南向きの斜面に屋敷を構えていることがわかる。また、斜面を利用した大名屋敷や寺社地の多いこともわかる。図中央を南北に走る街道(現音羽通り)や図左下の河川(神田川)の北側を東西に走る街道(現目白通り)などの幹線道路は、いずれも等高線沿いに走っている。また、音羽通りは谷街道であることも確認できる。



岡田屋版萬延江戸図(萬延元年(1860))

図-1 古地図と等高線との重ね合わせ

5.おわりに

古地図を現代図に幾何補正することにより古地図の資料的価値は一層高まる。今回示した応用例のみならず、交通路(街路・運河)や土地利用の変遷の分析、河川・湿地・崖地の位置確認、埋蔵文化財の位置推定、当時の街景観の再現などといった多くの魅力的な応用が考えられる。

参考文献

- 1) 梁東輝：古地図の精度に関する基礎的研究，東京大学大学院修士論文，1996。
- 2) Stan Aronoff：Geographic Information Systems:A Management Perspective, WDL Publications, pp.177-180, 1989。
- 3) 岸本一男：領域の最適三角形群への分割アルゴリズム，情報処理，Vol.19, No.3, pp.211-218, 1978。