

## Google Earth と『乾隆京城全図』を用いた北京歴史空間の情報基盤

西村 陽子<sup>1</sup> 北本 朝展<sup>1,2</sup><sup>1</sup>国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系<sup>2</sup>総合研究大学院大学 複合科学研究科 情報学専攻

本論文は、約 250 年前に作成された最古の北京実測図である『乾隆京城全図』のデジタル化と情報基盤としての活用について論じる。まず Google Earth を用いた幾何補正手法として、特に都市の古地図において重要となる直線状の地物の形状を保存する「直線保存型距離加重法」を提案する。次に『乾隆京城全図』で発見された問題点に対して、古地図の南西部に存在する錯簡を訂正し、古地図に附された索引を全面的に再照合することにより、古地図の情報基盤としての信頼性を高めることに成功した。最後に、この古地図を北京歴史空間の情報基盤として発展させていくための方向性として、古写真データベースとの統合や、参加型アーカイブへの発展などの点を論じる。

Information Infrastructure of Beijing Historical Space  
Using Google Earth and Complete Map of Peking, Qianlong PeriodYoko NISHIMURA<sup>1</sup> and Asanobu KITAMOTO<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Digital Content and Media Sciences Research Division, National Institute of Informatics<sup>2</sup>Department of Informatics, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

This paper describes the digitization and utilization of Complete Map of Peking, Qianlong Period, which is the oldest measured map of Beijing made about 250 years ago. We first proposed the geometric correction method called “line-preserving distance weighting method” to preserve linear features relevant in the old map of cities. Next we improved the reliability of the old map as information infrastructure by correcting problems discovered in the old map; namely by editing the wrong arrangement of old maps in the south-west regions, and by totally surveying place names on the old map to reconstruct the index. Finally we discuss the direction of research for establishing the information infrastructure of Beijing historical space through the integration of old photographs and the development of a participatory system.

## 1. はじめに

本論文は、約 250 年前に作成された最古の北京実測図である『乾隆京城全図』(以下古地図)のデジタル化と情報基盤への展開について述べる。この古地図は北京の歴史空間の研究には最も価値の高い古地図であるものの、紙の地図は扱いにくく、閲覧可能な場所も限られていたため、これまで研究への利用は進まなかった。そこで本論文では、Google 社が提供する Google Earth (以下 GE) を用い、特に都市の古地図において重要となる直線状の地物の形状を保存する幾何補正手法として、直線保存型距離加重法を提案する。さらに古地図の錯簡や索引の訂正を通して古地図の信頼性を再評価すると同時に、古地図を他の知見と統合した情報基盤として発展させていくための道筋を紹介する。

本論文の構成を以下にまとめる。まず第 2 章は『乾隆京城全図』の概要を紹介し、第 3 章は古地図を位置合わせするための幾何補正手法を提案する。次に古地図を検証する過程で発見した資料の問題に関して、第 4 章では古地図の錯簡の訂正、第 5 章では地名索引の再構築を論じる。第 6 章では古地図に基づく情報基盤の構築の考えを紹介し、最後に第 7 章で本論文をまとめる。

## 2. 乾隆京城全図とは

『乾隆京城全図』とは、清王朝の乾隆帝(在位 1735-1795)の勅命によって乾隆十五年(1750)に作成された、

北京に関する詳細かつ最古の実測図(650 分の 1)である。この地図の作成には、18 世紀中国における著名な建築家・画家でイエズス会宣教師のジュゼッペ・カステリオーネ(朗世寧)が技術指導にあたり、宮廷画家の沈源が作画を総括した[1]。作成後は紫禁城内に秘蔵されていたが、1935 年に故宮博物院の内務府造弁処興図房で発見され、その後は現在まで故宮博物院に所蔵されている。

この古地図は現在の北京の基礎が形成された乾隆帝時代の記録であり、そこに描かれた街割や建物が現在も少なからず残存していることから、その重要性は高く評価されている[2]。しかし、原図は縦 14 メートル、横 13 メートルにも達する巨大な地図であり、そのままでは閲覧が不可能なことから、従来いくつかの複製本が出版されてきた。現在利用できるのは以下の 3 種である。

1. 故宮博物院, 清内務府藏京城図, 1940
2. 興亜院華北連絡部政務局調査所, 乾隆京城全図, 1940
3. 中国古建築研究所・北京市文物局, 加摹乾隆京城全図, 1996

ここで、1 は出版の経緯が不明確なもの、2 は故宮博物館所蔵の原図に基づき日本で出版されたもの、3 は主に 1 を利用しつつ 2 を参考に作成されたものである。国立情報学研究所のデジタル・シルクロード・プロジェクト(以下 DSR)では、財団法人東洋文庫が所蔵する 2 の興亜院版をデジタル化した。

この複製本は、高解像度写真を用いた印刷が美しく、また『乾隆京城全図』の発見者である故宮博物院文献館の曹宗儒が作成した「乾隆京城全図索引」(以下索引)も附されることから、最良の複製本との定評がある。また全体の構成は、北から南に向かって17排、各排は東から西に向かって11-13頁の配列となっており、全体では203頁に達する。このように細かく地図が分割されているため、各頁と現在位置との対応関係を調べるだけでも一苦労であり、地図の全体像の把握はほとんど不可能だった。そこで本論文では、古地図のデジタル化を通して全頁を継ぎ目なく接続し、さらに現在の衛星画像に重ね合わせて任意の解像度で閲覧できる環境を実現することで、地図の全体像の把握を可能とした。

### 3. 古地図の幾何補正

#### 3.1 『乾隆京城全図』のための幾何補正手法

古地図を現在の地図と位置合わせするには、古地図を変形させる幾何補正手法が必要となる。著者らはシルクロード古地図を現在の地図と位置合わせする方法を以前に提案した[3]。この古地図の場合は、地図作成者のスタインら自身が測量成果に基づき古地図上に緯度経度を付与しているため、この緯度経度を基準点として利用した幾何補正は比較的容易であった。

ところが本論文で扱った『乾隆京城全図』では事情が大きく異なる。この古地図には緯度経度が付与されていないに加え、実際には直線でない北京の城壁が直線として描かれており、現在の地図とはそのままでは位置合わせができない。そこで、多数の基準点の対応関係に基づく幾何補正手法が必要となる。

ここで基準点とは、基準となる地図と変形する地図との対応関係が明確な点であり、地図上の特徴的な地形や地物がこれに相当する。これらの基準点における変位ベクトルに基づき、任意の点の変位ベクトルを補間する方法によって、幾何補正手法はいくつかに分類できる。その一つにドロネー三角網(別名 Triangular Irregular Network)を用いる方法がある[4]。この方法では、基準点の集合からドロネー三角網を構築し、個々の三角形ごとに幾何変換パラメータを求めて任意の点の変位ベクトルを補間する。この方法は実際に多くの古地図の幾何補正に利用されているが、基準点の空間分布が偏っているとドロネー三角網が不規則となり、幾何補正の精度が悪化するという問題がある。『乾隆京城全図』の場合にも、予備実験の段階で同様の問題が生じることがわかった。

そこで本論文で提案するのが距離加重法[5]に基づく方法である。この方法では、近傍点からの距離の関数を重みとする変位ベクトルの加重平均として任意の点の変位ベクトルを補間する。さらに北京のような規則的な都市構造に多い街路や城壁などの線状地物を、幾何補正後も線状地物として保存することができるよう、基準点だけでなく基準線も指定可能な距離加重法を提案する。

#### 3.2 基準点の選定

まず基準点として、250年前から現在まで移転せずに残存する地物である、宮殿建築や大規模邸宅、大通りや胡同の交差点などを選定した。この作業に GE および KML (Keyhole Markup Language) フォーマットを全面的



図1: GEを用いた基準点の選定。青は現在点、赤は過去点。

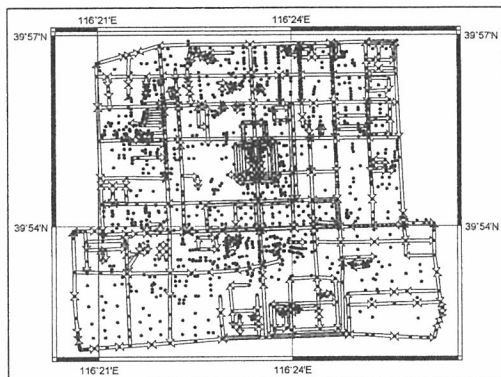


図2: 基準点と基準線の分布。

に活用した点が本論文の特徴である。以下にその手順の概要をまとめる。

- 『乾隆京城全図』を大まかに位置合わせして GE 上に表示する。具体的には北京の城壁(現在は大部分が消失)の東西南北4隅の緯度経度を GE で推定し、それを等分して各頁の緯度経度を計算、さらに共一次変換を用いて各頁の画素を再配列[5]して GE 上に表示する。
- 基準点となる地物を選定し、GE の衛星画像上の位置(現在点)と古地図上の位置(過去点)に目印(Placemark)を設置する。両者の目印の名前欄に同じ番号を付与して対応関係を明確にすると同時に、アイコンの種類を用いて現在点(青)と過去点(赤)とを区別する(図1)。
- 目印のリストを KML フォーマットで出力し、それをプログラム処理することで各基準点での現在点から過去点への変位ベクトルを管理する。

次に基準線としては250年前から現在まで移転せずに残存する地物である、街路や城壁などを選定した。以下にその手順の概要をまとめる。

- 基準点の場合と同様に GE 上に地図を表示する。
- 基準線の端点となる基準点のペアを選び、一方の基準点の目印の説明欄に相手方の端点の名前

(番号)を記録する。複数の基準線の端点として共有される基準点では、目印の説明欄にコンマ区切りで相手方の番号を列挙する。

- 目印のリストを KML フォーマットで出力し、それをプログラム処理することで各基準線の両端点での現在点から過去点への変位ベクトルを管理する。

基準点や基準線は、地図全体にできるだけ均等に分散し、十分に密度が高いことが望ましい。このような方針のもと、現在の地図(バージョン 1)では基準点を約 1800 個、基準線を約 500 個選定した。その分布を図 2 に示す。基準点や基準線の増加は地図精度の向上に直結することから、地図のメジャーバージョン(1.x, 2.x 等)は、基準点と基準線の更新に合わせて増やすこととする。

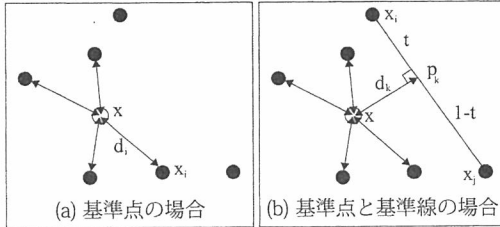


図 3: 距離加重法の概念図。

### 3.3 直線保存型距離加重法

本論文で提案する直線保存型距離加重法は、点を対象とする通常の距離加重法に加えて、線も対象とできるように拡張した方法である。この拡張によって、『乾隆京城全図』に存在する直線状の街路や城壁を、できるだけ直線形状を保存した形で幾何補正できるようになる。以下ではまず基準点を対象とする従来法を説明し、次に基準線への拡張を提案し、その後高速化などの点を議論する。

#### 3.3.1 基準点の距離加重法

まず従来の距離加重法[6]を簡単に説明する。図 3 (a)に示すように、ある点  $x$  の値をその近傍の  $N$  個の基準点  $x_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) から補間することを考える。また基準点  $x_i$  では補間したい量が  $z_i$  という値をとるものとする。例えば本論文の幾何補正では、 $z_i$  は基準点における現在地から過去地までの変位ベクトルである。ここで、ある点  $x$  での値  $z_p(x)$  を、以下のような加重平均として求める。

$$z_p(x) = \sum_i w_i z_i / \sum_i w_i$$

ここで重み  $w_i$  を、点  $x$  と近傍の基準点  $x_i$  の間の距離  $d_i$  の関数として定めるのが距離加重法である。例えば  $w_i = 1/d_i^2$  とする逆距離加重法がよく用いられる。しかし本論文では、近傍点の数を固定した場合の重みを適切に設定するため、 $w_i = (1 - d_i^2/d_{\max}^2)$  と定義する。ここで  $d_{\max}$  とは  $N$  番目の近傍点までの距離であり、ここで重みはゼロとなる。本論文では  $N = 5$  と用いた。

#### 3.3.2 基準線の距離加重法

上記の基準点による距離加重法では、基準点からの重みは距離に応じて同心円状に減衰していく。したがって基準点による幾何補正を適用すると、直線状の地物は波打つように歪んでしまい、都市の古地図の幾何補正とし

ては利用に適さない結果となる。そこで従来の距離加重法を線状地物の形状を保存できるように改良する。

ここで数学的には線は点の集合であることから、基準線とは、ある端点からもう一方の端点に向けて量が連続的に変化するような基準点の集合、と定義することができる。この定義に基づき、基準線を特別な種類の点とみなせば、基準線の場合の距離加重法も基本的に 3.3.1 節と同様の枠組みで扱えるようになる。ただし点と基準線との距離の定義、そして重みの定義については、基準線に合うように定義しなおす必要がある。

まず図 3 (b)に示すように、ある点  $x$  と近傍の基準線  $L_k$  との距離  $d_k$  は、点  $x$  から基準線  $L_k$  に延ばした垂線の足  $p_k$  との距離と定義するのが妥当である。ただし基準線は線分であるため、垂線の足が存在しない場合はその基準線を近傍とはみなさないことにする。また、基準線  $L_k$  の端点を  $x_i$  および  $x_j$  とし、線分上で定義されるパラメータ  $t$  を  $t = |p_k - x_i| / |x_j - x_i|$  と定める。このとき、ある点  $x$  の値  $z_l(x)$  は、その近傍の  $M$  個の基準線  $L_k$  ( $k = 1, \dots, M$ ) の値の加重平均として求める。

$$z_l(x) = \sum_k w_k [(1-t)z_i + tz_j] / \sum_k w_k$$

ここで重み  $w_k$  には、基準点の場合と同様の関数として  $w_k = (1 - d_k^2/d_{\max}^2)$  を用いるが、基準点に対する重みと整合性を確保するため、 $d_{\max}$  としては 3.3.1 節ですでに求めた値を利用する。これにより、 $d_{\max}$  以上離れた基準線は、近傍の基準線とみなさないことになる。

最後に、基準点の距離加重法と基準線の距離加重法で求めた値をさらに加重平均として統合し、最終的にある点  $x$  での値  $z(x)$  を以下のように求める。

$$z(x) = w_p z_p(x) + (1 - w_p) z_l(x)$$

ここで  $0 < w_p < 1$  は基準点重みの影響を表現するパラメータである。本論文では  $w_p = 0.25$  とした。

#### 3.3.3 基準点と基準線の検索

上記の手法では、ある点  $x$  の近傍点を  $N$  個検索するという処理が頻出するため、本論文では 2 次元点データを高速に検索するためのデータ構造である kd-木[7]を導入することで、基準点の検索を高速化した。一方の基準線に対しては kd-木をそのまま使うことはできないため、R-tree 等の他のデータ構造を導入する必要がある。しかし本論文では、3.3 節で述べたように基準線を基準点の集合とみなし、基準線を十分細かい間隔でサンプリングして基準点の集合に変換することで、基準線に対しても kd-木を適用する。ただし、同一基準線から多くの基準点をサンプリングし、kd-木が冗長な構造となるのを避けるため、一度 kd-木を構築した後に kd-木を再走査し、あるノードの子ノードに同一基準線からサンプリングされた点しか存在しない場合に、子ノードを統合するという前処理を適用する。この処理を適用するため、基準点の kd-木と基準線の kd-木は、別々の木構造として管理する必要がある。

なお kd-木でサポートするのは範囲検索であるが、本論文で必要となるのは  $N$  個の近傍点の検索である。そこで、 $N$  個あるいはそれを少し上回る程度の個数の点が検索されるよう、検索範囲を適切に選ぶという問題が発生する。

しかしこれは実用の上では問題とならない。なぜなら、提案手法では点  $x$  ごとに範囲検索を繰り返すため、前回の範囲検索の結果が初期値として利用できるからである。

### 3.3.4 提案手法の特徴

本論文で提案した直線保存型距離加重法の特徴を簡単にまとめる。本手法は、ドロネー三角網に基づく手法のように空間分割の結果には依存しないが、このことは長所にも短所にもなる。まず長所としては、1) 空間分割のよしあしによらず安定して結果が求まる、2) 直線を幾何補正の基準として用いるよう自然に拡張できる、3) 全体に滑らかな幾何補正結果が得られる、などの点がある。一方の短所としては、1) すべての点に対して近傍検索に基づく補間を実行するため計算量が膨大になる、という点がある。

なお、このようなアルゴリズムの改良による幾何補正の精度向上については、本論文では地図のマイナーバージョン(1.1、1.2等)の増加により対応することとする。

### 3.4 デジタルマップの作成と公開

直線保存型距離加重法を用いて 203 頁、290 億画素に達する巨大な古地図データを対象とした幾何補正を行った。ただし 3.3.4 節で述べたように、提案手法は計算量が膨大になるという短所を有することから、24CPU の Linux クラスタを活用して幾何補正を実行した。図 4 には作成した『乾隆京城全図』デジタルマップ Version 1.1 を示す。さらにウェブサイト「古都北京デジタルマップ」[8]を 2008 年 7 月から一般に公開し、GE をインストールすれば誰でも自由にデジタルマップが閲覧できるようにした。

なお、本論文で提案した幾何補正手法では、基準点を選定する過程、目印として基準点を管理する過程、そして古地図を任意解像度で閲覧する過程のすべてにおいて、GE が有用なツールとして活躍した。従来の研究では、いわゆる GIS ソフトウェアを古地図の幾何補正に利用する機会が多かったが、GE は利用が無料という敷居の低さに加え、全世界の高解像度衛星画像を閲覧できるという充実したデータに関しても非常に優れたツールであることから、今後は古地図の幾何補正にも利用が広まるのではないかと考えている。



図 4: 『乾隆京城全図』デジタルマップ Version 1.1。

## 4. 古地図の検証

### 4.1 古地図の不正確さとその解釈

以上の成果により『乾隆京城全図』は、初めて継ぎ目なく接続した古地図として閲覧することが可能になった。そうして全域を閲覧してみると、現在の地図と位置合わせができない領域が存在するという問題が見えてきた。これは一見すると、古地図が単に不正確に描かれていることが原因のようにも思えるが、本当にそうなのか、この現象の意味をさらに深く探ることにした。

現在の衛星画像と位置合わせできない領域は、具体的には外城の西側にある。現在の行政区画でいえば宣武区、北京の旧城内を四分した場合の西南部にあたり、約 1000 年前の遼・金時代の都城の区画が残っているとされる。そこで、この付近で上下の頁の連続関係を調査してみると、地図作成当時から現在まで移転した記録のない古利の中に、敷地の区画が連続していない箇所が見つかった。これは単なる不正確さによる誤りとは性質を異にする矛盾点である。同時に、乾隆 39 年(1774)に著された北京地誌[9]、20 世紀前半の中華民国時期に作成された地図[10][11]、中華人民共和国成立初期の地図[12]、さらに現代地図[13]などを利用しながら、不明瞭な建築物や現在とは違う位置にある胡同の位置を確定していった。そして、すべての証拠をもとに個々の矛盾点を再考してみたところ、すべての矛盾点に対する 1 つの統一的解釈が見えてきた。

すなわち、地図が位置合わせできず、区画が連続していないという矛盾点は、頁の左右の入れ替わり、または頁内の左右の入れ替わりが存在すると仮定すれば、すべてきれいに解消できるという解釈である。『乾隆京城全図』の第 14 排から第 16 排にかけての 5 頁において錯簡が存在することが、実はすべての矛盾が生じた原因であった。以下ではそう考えるに至った根拠を詳しく述べる。

### 4.2 錯簡の訂正

図 5 左図は『乾隆京城全図』に存在する錯簡の状況を原図のまま示し、右図は訂正後の状況を説明する。この図に基づき、以下では錯簡の具体的状況を説明する。

#### 4.2.1 第 14 排 10 頁・11 頁の錯簡

第 14 排 11 頁の位置には、衛星画像上では報国寺の山門が現存する。しかし古地図上にはこれは存在せず、イスラム寺院である礼拝寺と 7 世紀に建立された法源寺の一部と考えられる建築群が描かれている。礼拝寺と法源寺は現存するものの、現在地は古地図上の位置よりも東南である。しかもこれらの古利は、地図作成時から現在までの間に寺域が移転したという記録は知られていないため、古地図と現在の衛星画像の間には矛盾が生じる。一方で、第 14 排 10 頁には報国寺の山門附近によく似た構造が存在する。そこで 10 頁と 11 頁を逆転させてみたところ、報国寺の山門・礼拝寺・法源寺の位置が現在と一致するだけでなく、周辺の胡同・池に至るまで、上下左右の頁で地物が連続することを確認した。

#### 4.2.2 第 15 排 10 頁内の錯簡

第 15 排 10 頁には、法源寺の山門と聖安寺が描かれているが、古地図上の位置関係では聖安寺が法源寺の東南に位置することになる。しかし現在判明する聖安寺跡は法源寺の西南に位置しており、しかも双方とも地図作

成時から現在までの間に移転したという記録は知られていない。そこで同一頁内で左右を逆転させてみたところ、法源寺は第 14 排の北半分と連続し、法源寺・聖安寺・礼拝寺の位置関係の矛盾も解消された。しかも各寺院周辺の胡同の形状・名称も現在と一致するようになった。

#### 4.2.3 第 15 排 11 頁内の錯簡

第 15 排 11 頁には、15 世紀創建の崇効寺が存在する。これは第 15 排 12 頁の曇花寺および第 16 排 11 頁・12 頁にまたがる白紙坊に隣接して建立されたものであるが、古地図上ではそれらと離れた位置に描かれている。崇効寺には寺域移転の記録が存在しないので、やはりここにも位置関係の矛盾が生じている。そこで同一頁内で左右を入れ替えてみたところ、相互の位置関係が現在と一致しただけでなく、北側を走る叢林前街の配置に関しても矛盾を解消することができた。

#### 4.2.4 第 16 排 10 頁内の錯簡

第 16 排 10 頁には弘仁万寿宮(別名:万寿西宮)が存在する。現在は万寿公園として盆児胡同から 1 区画分西側の位置に現存しており、創建当初は万寿東宮と万寿西宮が東西に並んで建っていた[9]ことから、盆児胡同と弘仁万寿宮の間には万寿東宮が入るスペースが必要である。ところが古地図上では万寿西宮は盆児胡同に接近し過ぎている。そこで同一頁内で左右を逆転してみたところ、ひとまず上記の矛盾点はおおむね解消された。しかしこの錯簡に限っては、弘仁万寿宮と現在の万寿公園の位置関係がそれほど一致しないなど、若干の不確定要素が残っている。そもそも地物が少ない地域では古地図の誤差が大きい可能性もあり、この点についてはさらに検討の余地がある。

#### 4.3 既往研究との比較と議論

『乾隆京城全図』には現在の地図と対応関係が不明な領域が存在する、ということ自体はこれまでも指摘されてきた。侯仁之は、『乾隆京城全図』には一部に方向や縮尺の誤りがあることを指摘した[14]。また伊原弘は、『加摹乾隆京城全図』の法源寺界限において、法源寺の位置が地図上に比定できず、周辺の街割も現状との対比が困難であることを指摘するとともに、『(加摹)乾隆京城全図』等に頼って研究を行うのは困難であり、これまで出版されたすべての版本と現代の大縮尺地図との対比が必要であると論じた[15]。さらに李孝聡は、第 14 排の 9 頁、10

頁、11 頁において配列ミス(頁単位の入れ替わり)があると指摘した[16]。

このように『乾隆京城全図』の一部に問題があることは知られていたが、どの研究も問題箇所の特定やその解決までには至らず、『乾隆京城全図』の信頼性は未知のままとなっていた。しかし本論文では、上記の錯簡の訂正を通して、以下のように問題の全貌を初めて把握できた。

1. 古地図の錯簡は第 14 排だけでなく第 15 排や第 16 排の計 5 頁に及んでいるものの、李孝聡が指摘した第 14 排 9 頁には問題は存在しない。
2. 法源寺界限を含む地域が現在と比較できなかったのは錯簡の存在が主な原因であり、古地図自体の不正確さが主な原因ではない。

以上の結果に基づき、従来は研究が不可能とされていた法源寺界限などについても、今後は古地図を用いた研究が可能になると考えられる。

最後にこれらの錯簡が発生した原因を考察する。主な原因としては、1) 原図自体に存在する錯簡、2) 複製本の編集段階で生じた錯簡、という二つの可能性がある。本論文では、1) 原図の錯簡が原因であるとの立場をとる。なぜなら、4.2.2 節から 4.2.4 節で述べた同一頁内での錯簡というケースは、もし 1 頁が 1 枚の写真に対応するならば、原図自体に錯簡が存在しなければ生じえないケースだからである。錯簡が生じている部分は、原図が傷んで小さな断片になっている部分に限られる。したがって、長期にわたる保存もしくは発見後の修復の際に、貼り合わせの順序を誤ったことが錯簡の原因であると推測している。

#### 5. 地名索引の再構築

次に古地図を検証する過程で発見された地名索引の問題と古地図との再照合についてまとめる。

本論文で利用した興亜院版の複製本には、第 2 章でも述べたように曹宗儒が作成した索引が附されている。この索引は『乾隆京城全図』の発見直後に作成されたものであり、最も信頼性の高い索引であるとの定評が高い。しかし実際には多くの誤りが存在するため、すべての地名を改めて古地図と再照合し、その内容を網羅的に検証することにした。

その結果、索引に記載されている地名約 3600 件のうち、約 800 件の地名が誤っており、さらに約 400 件の地名が

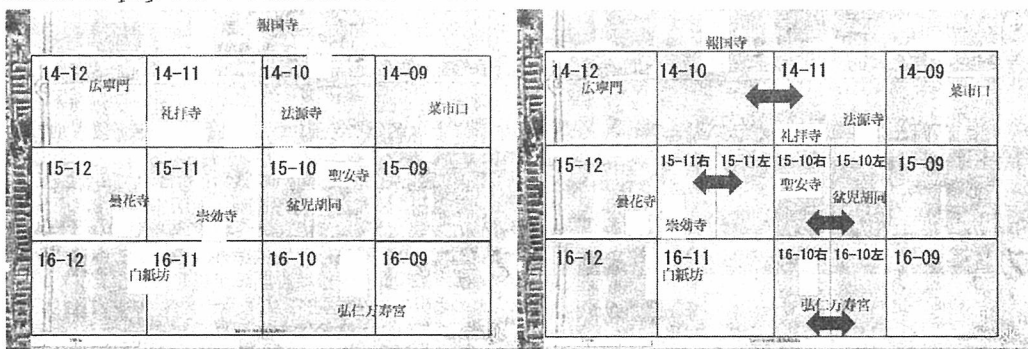


図 5: 『乾隆京城全図』の外城西側における錯簡の状況を示す。左図は訂正前、右図は訂正後。

記載漏れ、そして地名の誤りには以下のようなパターンが存在することを明らかにした。

1. 漢字部首の脱落
2. 地名のうち一部の脱落
3. 意味が似た字との取り違い
4. 形の似た字との取り違い
5. 当該地名の所在箇所の誤り
6. 存在しない地名の混入
7. 存在する地名の記載漏れ

例えば図 6 および図 7 は、形の似た字や意味の似た字と取り違えた結果、反対の意味になった地名の例を示す。索引では「戸部大街」となっている地名が、実際に地図を確かめると「戸部夾道」であることがわかる。

次に、各地名を日本語新字・正字(中国語繁体字)・中国語簡体字・中国語ピンインで表すことで、多言語による地名リストを作成した。さらに、わかる限り多くの地名に緯度経度を付与し、地名検索の結果を GE にマッピングできる機能を実現した。図 8 は古地図中の地名を検索した結果を一覧表示したものである。最後に各地名にカテゴリを付与することで、カテゴリ別の検索も可能とした。

以上の作業によって、曹宗儒が作成した『乾隆京城全図』の索引の質を向上させ、より網羅的で有用な索引を提供できるようになった。

二五二八	月	方	方	戸
牙	德	家	部	部
衛	廣	漸	大	街
衛	衛	衛		

図 6: 10-6 の当該箇所、正しくは「戸部夾道」。

図 7: 「索引」30 頁、10-6 に「戸部大街」。

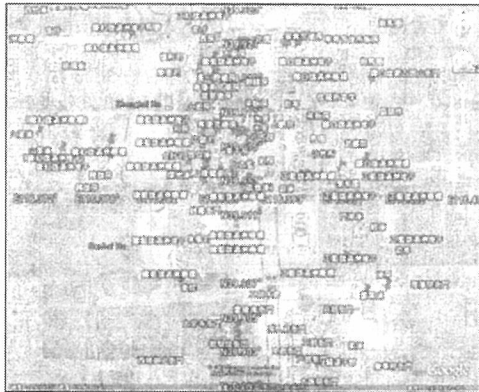


図 8: 地名検索の表示結果。

## 6. 古地図に基づく情報基盤

### 6.1 古写真データベースとの統合

DSR プロジェクトでは、『東洋文庫所蔵』画像史料マルチメディアデータベースにおいて、北京に関する約 100 年前の古写真をデジタル化し公開している。これらの古写真データベースと古地図との統合によって得られる知見について、以下では考察する。

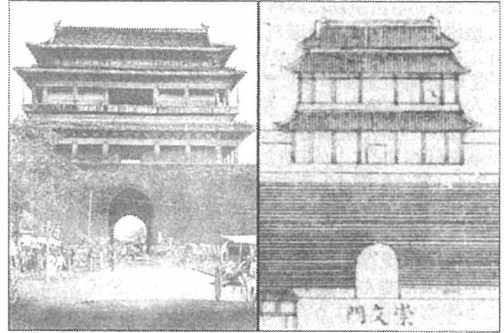


図 9: 崇文門(哈德門)。左:1900 年頃、右:1750 年。

#### 6.1.1 古写真による古地図の検証

まず古写真を用いて古地図に描かれた建築物を検証する例を挙げる。図 9 は、Alfons von Mumm, Ein Tagebuch in Bildern, 1902 に見える 20 世紀初頭の崇文門の写真(左)と、1750 年に描かれた古地図上に見える崇文門の図(右)である。崇文門は、1950 年代の北京城の城壁取り壊しとともに失われたが、古写真には取り壊される前の建築物の姿が記録されている。したがって、この古写真を古地図に描かれた絵と比較することによって、古地図の描写がどの程度正しいものなのかを検証することができる。崇文門の場合は、建築構造や柱の間隔などの細部に至るまで古写真と古地図の描写は一致する。ゆえに『乾隆京城全図』に描かれた建築物は、比較的正確に描かれていると推測することができる。

#### 6.1.2 古地図による古写真の検証

次に、古地図を用いて古写真中の地物を検証する例を挙げる。図 10 は、上と同じく Alfons von Mumm, Ein Tagebuch in Bildern, 1902 に見える通惠河の写真である。この写真に写っている地物は現在ではすでに失われているため、写真に附された解説から城壁の東南の一角であることまでは同定できるが、一つ一つの地物までを同定することは困難である。そこで古写真の景観と古地図の配置とを比較すると、図 10 の写真は、図 11 の矢印の起点の位置から西南を向いて撮影した写真であることがわかる。さらに古写真中の建築物と地図中の地物の配置を比較し、図 11 のように、A:内城東南角楼、B:外城北の城壁、C:通惠河、D:内城城壁外の牆壁、E:内城東城壁の南端の馬面、という対応関係が推定できる。

このように、古地図と古写真データベースの統合は、古地図に描かれた建築物を古写真から確認したり、古写真に写った建築物を古地図から同定したりするなど、古地図と古写真の相互参照に基づく歴史空間の再構成に発

展していく可能性があり、図像資料への新たなアプローチとして今後の研究が必要である。

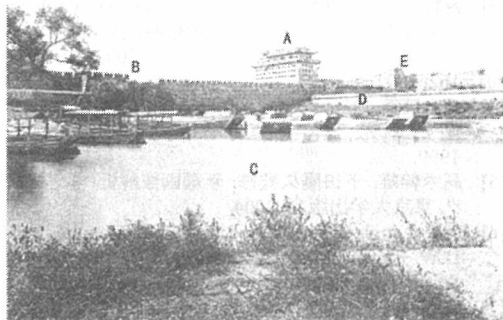


図 10: 北京内城の南東の一角を流れる通州運河(通惠河)。

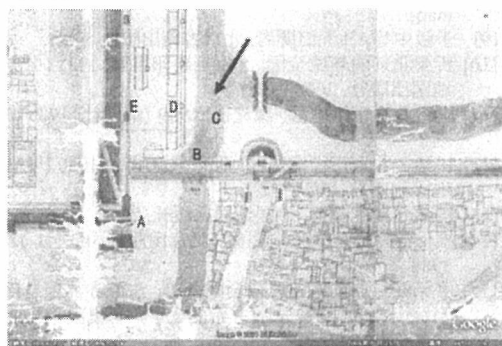


図 11: 内城東南の一角。



図 12: 天壇の祈年殿。左から順に 2008 年、1900 年前後、1750 年の図像を示す。

## 6.2 古地図で探る都市の変遷

過去の歴史空間を図像資料で再構成するのに加えて、人々が撮影した現代の写真などの図像資料も歴史空間に加えることによって、古地図や古写真は現代の都市や建築の変遷を探る目的にも有用なツールとなる。

まず「古都北京デジタルマップ」の関連ウェブサイト「今昔写真」[17]では、すでに失われた建築物や現在まで保存された古建築などを、過去写真と現在写真などで比較するためのツールを提供している。例えば観光地として著名な場所において、古写真と同一地点から現在の写真を撮影することにより、過去から現在までの建築の変遷を時系列に沿って再現できる。例えば図 12 は観光地として著名な天壇の変遷を 3 枚の図像で示したものであるが、他にも数十箇所で行った比較が可能となっている。

一方、GE の最新の衛星画像と古地図との比較は、さらに大きな「都市」というスケールでの変遷を探るためのツールとなる。一つの興味深い疑問として、北京の現在の都市構造はどのくらい昔の姿をとどめているのだろうか、という問題がある。例えば図 13 の鼓楼大街付近では、街路構造が基本的に昔の姿を保存していることを、古地図と GE の衛星画像の比較から確認できる。また図 14 の法源寺では、建築構造がよく保存されていることも確認できる。こうした調査を大規模に実施したのが、陣内秀信と朱自煊(建築学)による 1992-1993 年にかけての共同研究である。『乾隆京城全図』に基づき北京の都市構造の変遷を調査した結果、道路・街区形態・敷地境界に古い都市構造はよく残っており、場所によっては建築の空間構成も保存されていることを明らかにした[2][18]。

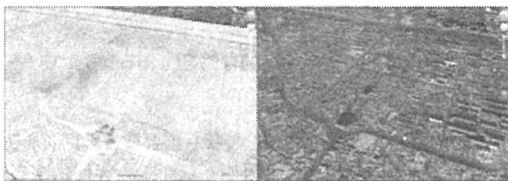


図 13: 鼓楼大街付近の街路構造。

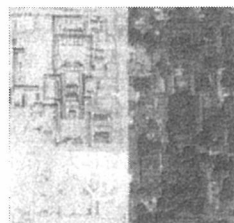


図 14: 法源寺の建築構造。

しかし当時の調査から約 15 年が経過し、1990 年代前半以降の急速な経済発展と北京オリンピックに伴う急激な都市開発を経て、近年の北京の変貌は著しい。今から 5 年ほど前の時点では、まだ旧城内の 1/3 程度に古い都市構造が残っていたとの調査もある[19]が、その後も多くの場所で古い都市構造は消失しつつあると考えられる。

このような変化は、本論文で提案した幾何補正手法の精度にも皮肉な形で影響を与えている。本論文の幾何補正は第 3 章で述べたように、GE の衛星画像と古地図とで対応可能な基準点を可能な限り多数選定することが精度の鍵を握る。ところが GE の定期的な衛星画像更新の度に古い都市構造が消失するため、基準点が拾えない地

域が徐々に増えているのである。古地図の位置合わせが時間の経過とともに困難さを増すというこの状況は、現在の北京を一刻も早く記録してアーカイブしていくことの重要性を示しているといえる。

### 6.3 北京歴史空間の参加型アーカイブ

現代は北京が歴史的にも大きな変化を遂げている時代である。古地図の位置合わせがすでに難しくなりつつあるという事実から考えれば、後世においては、現代の記録が過去と未来を橋渡しするためには不可欠の記録として扱われることが予想される。こうした橋渡しとしての記録を残していくとすれば、いま存在する地物だけでなく、すでに失われた地物や従来は重要視されなかった地物についても、情報をアーカイブしていくことが必要となるだろう。このような目的に対して、個々の地物を特定することが可能な『乾隆京城全図』は最も重要な情報基盤であると考えている。また北京の歴史を記録する資料としては、古地図の他にも250年前の北京の状況を細部にわたって記録した『日下旧聞考』等のテキストが存在する。ゆえに将来的には、過去から現在に至る多数の写真やテキストなどの情報を、『乾隆京城全図』の個々の地物に関連付けてアーカイブ・検索できる歴史空間システムを実現していく必要がある。

このような、過去から現在に至る北京の文化遺産情報に統一的にアクセスできる歴史空間を構築するとすれば、それは必然的に参加型のシステムとなるだろう。文化遺産情報が多様かつ膨大であることを考えれば、その全てを運営者が提供するというモデルは非現実的である。多くの専門家や一般の人々が、独自の知識と経験に基づく情報を持ち寄り、それを他者とも共有できるような形で蓄積していける参加型のアーカイブを実現することが、北京歴史空間の研究における重要な課題であると考えている。

## 7. おわりに

本論文は、北京研究において最も重要な古地図でありながらこれまで利用が進まなかった『乾隆京城全図』を対象とし、GEを活用した「直線保存型距離加重法」という幾何補正手法を提案すると同時に、地図の実情を錯簡と索引の面から明らかにするとともに、その原因についても簡単に考察した。本論文で述べた一連の作業により、『乾隆京城全図』は信頼性と利便性が高いデジタルマップとなり、「古都北京デジタルマップ」ウェブサイト[8]で一般に公開されている。このように、誰でも自由に研究やその他の活動に利用できる北京歴史空間の情報基盤を構築したことは、北京研究や中国史研究の多数の研究者に大きなインパクトを与える成果であると考えている。

## 謝辞

『乾隆京城全図』のデジタル化にご協力下さった財団法人東洋文庫の斯波義信、田中一成両氏に謝意を表す。また索引の再照合にあたっては、中央大学の前島佳孝氏の協力を得たことを特に記して感謝したい。本研究の一部は科学研究費補助金・研究成果公開促進費(データベース)(代表・小野欽司)の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] 楊乃濟:乾隆京城全図考略, 故宫博物院院刊 1984-3, pp. 8-24, 1984
- [2] 陣内秀信, 朱自煊, 高村雅彦: 北京—都市空間を読む, 鹿島出版会, 1998.
- [3] 西村陽子, 大西磨希子, 北本朝展: Google Earth を利用したシルクロード古地図の解析, 人文科学とコンピュータシンポジウム じんもんこん 2007, pp. 155-162, 2007.
- [4] 清水英範, 布施孝志, 森地茂: 古地図の幾何補正に関する研究, 土木学会論文集, 625/IV-44, pp. 89-98, 1999.
- [5] 高木幹雄, 下田陽久監修: 新編画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 2004.
- [6] P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, and D.W. Rhind: Geographical Information Systems and Science, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
- [7] M.ドバーグ, M.ファン・クリベルド, M.オーバマーズ, O.シュワルツコップ: コンピュータ・ジオメトリ—計算幾何学: アルゴリズムと応用—, 近代科学社, 2000.
- [8] 古都北京デジタルマップ, <http://dsr.nii.ac.jp/beijing-maps/>.
- [9] 于敏中等: 日下旧聞考, 北京古籍出版社, 1981.
- [10] 新測北京内外城全図, 上海商務印書館, 1921 (中国地図出版社, 2006 復刻).
- [11] 詳密北京市街地図, 謙光社, 1939 (講談社, 1986 復刻).
- [12] 1950・北京市街道詳図, 亜光輿地学社, 1950 (中国地図出版社, 2004 復刻)
- [13] 新編北京地図冊, 中国地図出版社, 2004.
- [14] 侯仁之: 北京歴史地図集, 北京出版社, pp. 41-42, 1988.
- [15] 伊原弘: 加摹乾隆京城全図再論; 法源寺界限を手がかりに, 吉田寅先生古希記念アジア史論集, pp. 323-339, 1997.
- [16] 李孝聡: 美国国会図書館所蔵中文古地図叙録, 文物出版社, pp. 105-106, 2004.
- [17] 今昔写真, <http://dsr.nii.ac.jp/ppp/>.
- [18] 陣内秀信: 中国北京における都市空間の構成原理と近代の変容過程に関する研究(1)(2), 鹿島出版会, 1996.
- [19] A. Dang, Q. Mao, H. Ren, X. He, and Y. Deng: Study on Conservation Planning for Beijing Old City Based on RS and GIS, Proceedings of Geoscience and Remote Sensing Symposium, (IGARSS), Volume 2, pp. 1488 – 1491, 2005.