

Google Earth を利用したシルクロード古地図の解析

西村 陽子 大西 磨希子 北本 朝展

国立情報学研究所

本論文は M.A.Stein (スタイン) が約 100 年前に作成したシルクロード古地図のデジタル化とその活用を述べる。まず古地図の利便性を向上させるために、古地図を Google Earth 上で閲覧するための環境を整備した。次に、古地図と Google Earth 上の衛星画像との比較によって明らかとなった古地図の誤差を明らかにするために、シルクロード地域全体にわたる誤差分布図を作成した。さらにスタイン自身が残した地図作成時のメモを参照することにより、このような誤差が生じた原因の説明を試みた。最後にこれらの結果に基づいて古地図の精度を地域ごとに評価し、古地図を利用する際の注意事項として提示した。これにより、スタインの古地図を幅広く学術研究に利用するための情報基盤を整えることができた。

Analysis of Silk Road Old Maps Using Google Earth

Yoko NISHIMURA, Makiko ONISHI, Asanobu KITAMOTO

National Institute of Informatics

This paper discusses the digitization and utilization of Silk Road old maps created about 100 years ago by M. A. Stein. Firstly we built an environment to browse old maps on Google Earth to improve the usability of old maps. Secondly we created the map of error distribution over Silk Road region, which was revealed by the comparison of old maps with satellite images on Google Earth. Then we tried to explain why these errors were generated by referring to Stein's own memo written on the time of creating maps. Finally we evaluated the precision of old maps based on these results, and showed them as the annotation of old maps for usage. This leads an information infrastructure to use Stein's maps for academic research.

1 はじめに

本論文は、古地図のデジタル化とその活用という観点から、特に Google Earth を用いた精度の評価と著者自身のテキストとの相互比較の方法について述べる。本論文が対象とするのは、約 100 年前にシルクロード地域を探検した M.A.Stein (以下スタインとする) が作成した 2 種の古地図である。こうした地図はこれまで紙の地図として利用されてきたが、研究利用における利便性を向上させるためには、デジタル化するだけでなく地理情報基盤上で利用できる形にまで整備することが望まれている。

そこで本論文は、まず第 3 章でこれらの古地図を Google Earth (以下 GE とする) で閲覧できるように整備し古地図の利便性を向上させる方法を述べる。しかし Google Earth の衛星画像と古地図との比較によって、古地図には誤差が見られることが判明した。そこで第 4 章から第 7 章ではこの誤差の詳細な特性を明らかにすることによって、スタイン地図を利用する際の注意事項を明示することを試みる。本論文が対象とする地図については、作成者のスタイン自身が地図の精度について記したメモが現存することから、メモの記述とも照合しながら誤差発生の原因を追究した。このように 2 種の古地図とメモが揃って存在するということが、本論文の最大の特徴である。最後に本研究の成果を今後のシルクロード研究の学術基盤へと発展させるための課題を述べる。

2 スタイン地図とは

スタインは、20 世紀初頭におけるシルクロード探検の代表的人物である。1900 年の中央アジア探検を初めとして、計 4 回中央アジア探検に赴いており、第一次探検 (1900~1901) の報告書として *Ancient Khotan* (全 2 巻) を、第二次探検 (1906~1908) の報告書として *Serindia* (全 5 巻)、第三次探検隊 (1913~1916) の報告書として、*Innermost Asia* (全 4 巻) を上梓している。

とりわけ、第二次探検および第三次探検において、スタインはシルクロードの中心となるタリム盆地 (現・中華人民共和国、新疆ウイグル自治区に相当) 全域を踏査し、その報告書である *Serindia* および *Innermost Asia* の巻末に、緯度経度を伴った詳細な地図を附した。これらの地図は現在もシルクロードに関する最も正確で豊富な情報を含む地図として名高く、シルクロード研究における基本的学術資料として利用され続けている。そこで国立情報学研究所では、デジタル・シルクロード・プロジェクト (以下、DSR プロジェクトと略称) において、これらの地図のデジタル化に取り組み、既に完了した。

しかし、これら 2 種の地図には問題点が存在する。まず地図シートの枚数が *Serindia* で 94 枚、*Innermost Asia* で 47 枚に達するなど、シルクロード全域が多数の地図シートに分割されていて全体像が見えにくい。さらに巨大な紙シートに分割されて閲覧が不便だったために、スタイン地図の全体にわたってその

精度を評価するような試みはこれまで全くおこなわれていない。したがってスタイン地図を学術基盤として利用するためには、閲覧の利便性を高めると同時に、その精度を評価して地図利用に対する注意事項という形で利用者に具体的に提示する必要がある。

3 Google Earth での閲覧環境の整備

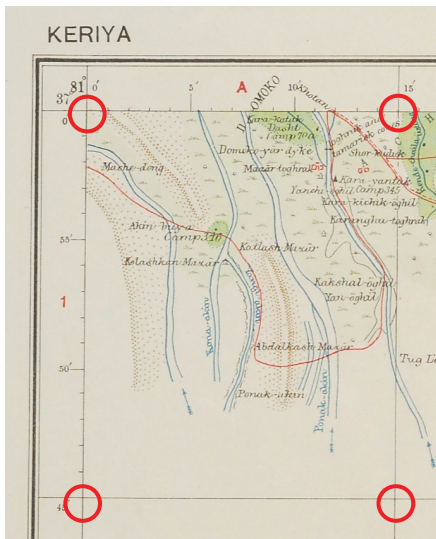


図 1 Serindia 地図シート of the example

そこで本論文は、スタイン地図の利便性を高めるために、GE を利用した閲覧環境の整備を進めた。GE はウェブサイトから誰でも無料でダウンロードでき、操作方法やデータ公開方法も簡単であるという点にメリットがある。こうしたメリットを考慮して、

GE を用いた地理情報基盤の構築を進めた。GE 上に古地図を載せる方法は以下の通りである。

1. スタイン地図の個々の地図シート画像を、緯度経度で幾何補正する。
2. 地図シートの緯度経度情報を GE で閲覧するために KML (Keyhole Markup Language) フォーマットにまとめる。

スタイン地図はキリのよい緯度と経度によって、複数の地図シートに分割されているが、図 1 に示すように、地図シートごとにも数本の直交する緯度線および経度線が描きこまれている。そこで、これらの線の交点を基準点として位置合わせをして補正画像を得る。1 枚の地図シートに緯度線と経度線は約 3-4 本ずつ描かれているため、1 枚の地図から 30 点程度の基準点を拾うことができる。そこで、4 つの交点で囲まれた四角形 (図 1 はその 1 つの四角形) の 4 隅の緯度と経度を地図から読み取る。ここで補正画像を得るためには、補正画像座標から補正前画像への逆変換の考え方に基づく内挿を用い、補正前画像での座標は共一次内挿法を用いて計算する。このような再配列計算を地図上の全ての四角形について繰り返すと、1 枚の地図シートに関する位置合わせ処理が完了する。さらにこれをすべての地図シートについて繰り返せば、スタイン地図の位置合わせ処理が完了となる。

最後にこれらの結果を KML 形式のデータにまとめるが、つなぎ合わせた地図が巨大なデータサイズとなるため、ネットワークリンクを利用した複数解像度によるアクセス法 (Super-Overlay) を利用して

いる。こうして完成した地図は、すでにウェブサイト上で一般に公開している [1]。

これにより、スタイン地図の閲覧環境は紙シートの時代に比べて飛躍的に改善した。多くの地図シートを球面上でつなぎ合わせて表示できるだけでなく、ズームイン・ズームアウト機能によって、任意の地域を拡大して見ることも可能になった。さらに GE の利用によって、古地図と現在の衛星画像とを重ね合わせて比較することも可能になった。このように高解像度衛星画像が無料で閲覧できるという点も GE のもう一つの利点である。

そこで、スタイン地図からいくつかの遺跡を拾い出し、現在の衛星画像の位置と比較してみた。その結果、古地図と衛星画像との間では位置が一致しないという事実が明らかとなった。

4 古地図と衛星画像の不一致の原因

古地図と衛星画像との遺跡の位置が不一致となる原因としては、以下の理由が考えられる。

1. Google Earth 閲覧環境整備処理の誤差
2. Google Earth 衛星画像の誤差
3. スタイン地図の誤差

まず 1. について検討する。スタイン地図における緯度線と経度線の交点は GE 上でも正確な点にマッピングされるが、それ以外の点は内挿によって位置を計算するため、若干の誤差が生じる可能性がある。しかし、スタイン地図シートの四角形の歪みはごく小さく、この処理で生じる誤差は後述するように数 km という単位になることはない。ゆえに 1. である可能性は低いと考えられる。

次に 2. について検討する。現在のところ GE の衛星画像の誤差について情報は公表されておらず、それを評価することは難しいが、現代の衛星画像は極めて正確に測定されており、ここに大きな誤差が生じることは考えにくい。しかし念のため、シルクロード地域の数点で現地の GPS 測定値 (緯度経度) を GE 上に表示し、それが衛星画像上で観察できる現地の状況と一致するかどうかを確かめることで、GE の衛星画像に誤差が存在するかを検証する。そこで、ピンポイントで場所を特定しやすい地点として、本論文では以下の 2 地点を選んだ。なおデータ採取の時期はそれぞれ異なる。

1. 秦始皇帝陵の墳丘頂部 (図 2)。中国、秦 (BC221~207) の始皇帝の陵墓。墳丘の下と頂上で測定した。頂上の中央部分が入ることができず、頂上の西南部で測定した。測定結果はよく一致している^①。
2. 統万城西城の城壁 (図 3)。中国、五胡十六国時代に赫連勃勃によって建設された都城。現在では、東城と西城が残されており、測定場所は西城の城壁である^②。測定の際には、現在残さ

①測定時期は 2007 年 8 月、測定者は大西磨希子。使用機器は GARMIN 社の e-trex Vista CX。

②測定時期は 2005 年 8 月、測定者は西村陽子。測定に用いた機種は、GARMIN 社の e-trex LEGEND C。

れている城壁上を歩きながら、適宜ポイントを落とす。GE 上に示される城壁の位置と、GPS 計測による城壁の位置が一致している。

このように、図 2 と図 3 では、GPS 測定位置と GE 衛星画像で見える地物の位置とがよく一致している。少なくともこれらの地点において、メートル以上に達する誤差は見られない。この結果だけではシルクロード全体に関する評価とはならないが、GE の衛星画像の誤差によって古地図と GE の衛星画像が不一致となる可能性は、極めて低いと考えてよい。

以上の考察から、スタイン古地図と GE の衛星画像とが不一致となる理由は、そもそもスタイン古地図がそれほど正確ではないから、というのが最も妥当な理由である。スタイン地図が作成された 100 年ほど前の時代における技術的限界を考えれば、そこに精度の問題が生じたことは不思議なことではない。そこで本論文では、スタイン古地図はいかなる精度をもつ地図であるのかという問題について、様々な側面から考察を進める。

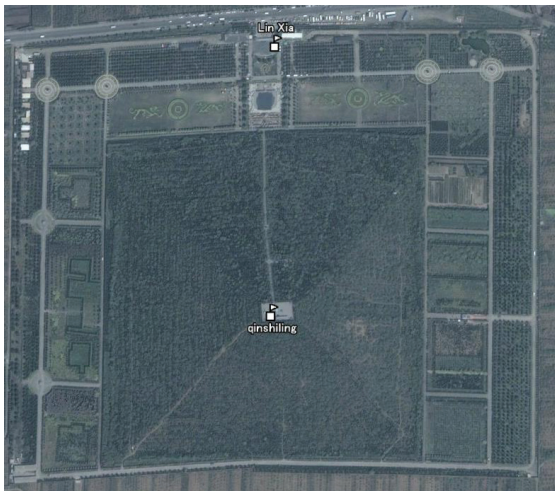


図 2 : GE 上の秦始皇帝陵と GPS 計測値



図 3 : GE 上の統万城と GPS 計測値

5. スタイン地図の精度の全体的な傾向

5.1 基準点の選定

スタイン地図の精度を評価するためには、100 年前の当時と現在とで位置が不変であると仮定できる場所を基準点とし、両者の位置を比較する必要がある。例えば河川の流路などは、乾燥地帯においては常に変動しているため、基準点として選ぶことはできない。そこで我々は、まず遺跡に着目することにした。遺跡は形状が特徴的なものが多く、ピンポイントで場所を同定することができるからである。

スタイン地図には多数の遺跡ポイントが描かれており、また GE の衛星画像でもいくつかの遺跡を同定することができる。図 4、図 5 は同定可能な遺跡の例を示す。図 4 は、GE 上で確認できる遺跡位置と、Serindia および Innermost Asia 地図の遺跡位置を、GE 上に同時に表示したものである。図 5 は、GE の衛星画像と Serindia、Innermost Asia の地図とを、遺跡ポイント周辺を切り出して比較したものである。図 5 ではいずれの地形もよく一致していることから、どれも同じ遺跡ポイントを指しているものとみなすことができるが、図 4 に示すように現在の衛星画像と重ね合わせてみると、現代の遺跡位置は古地図の遺跡位置とは一致しない。このずれを計算することにより、スタイン地図の精度を評価することが可能となる。



図 4 : 廟児溝 (Ara-tam temple ruins)

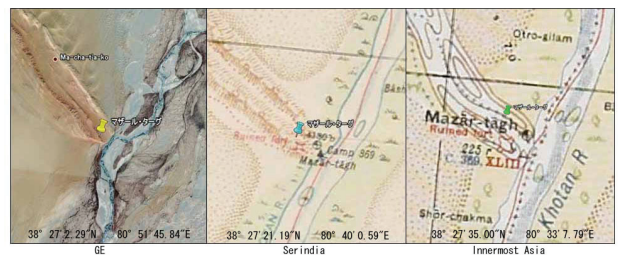


図 5 : マザール・ターグ

同様に基準点となりうる遺跡ポイントを探索した結果、1 種類以上のスタイン地図に描かれ、かつ現在の GE でも位置が確認できるポイントとして、105 地点を拾うことができた。これらのポイントの特定には、主に現地調査の報告書 [1]・[2] のデータと、筆者らが現地調査の際に採取した GPS データを用いた。しかし現代の衛星画像を見るだけで遺跡

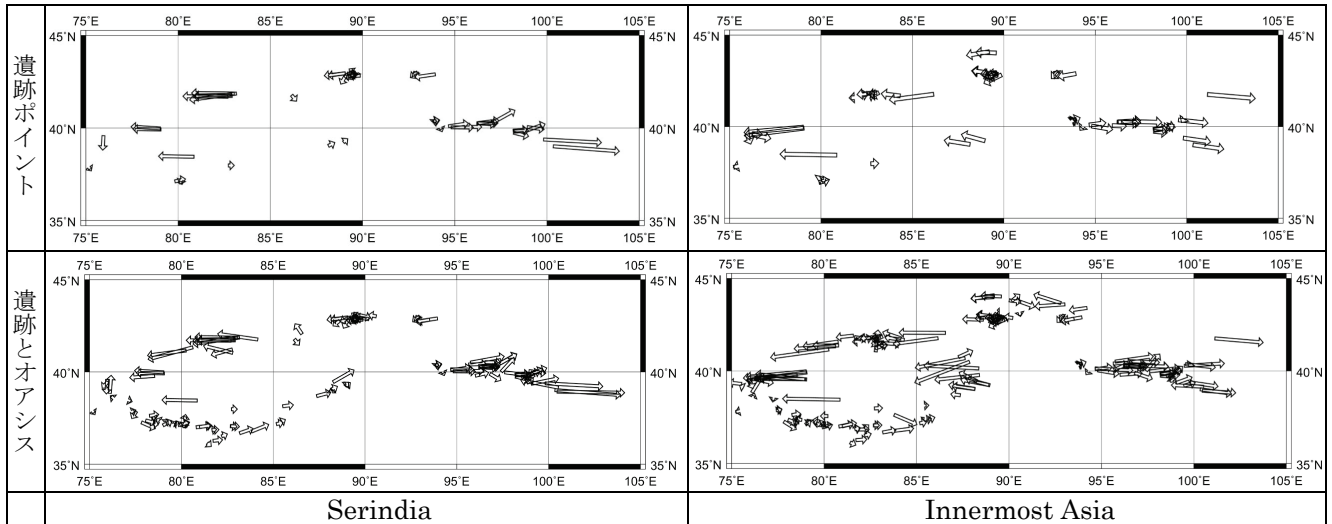


図 6 : Serindia・Innermost Asia 地図の誤差分布図

の位置を確定するのは難しく^③、過去の現地調査などによる経験がなければ正確には特定できない。したがって現状ではこれが限界となったが、他の地域における現地調査の経験があれば、さらに遺跡ポイントを確定できる可能性はある。

一方でスタイン地図には、スタインが聞き取った現地語（ウイグル語）をアルファベット表記する方法で、多数のオアシス地名も記録されている。これは現在でも中国語表記でたどることが可能であることから、オアシスも基準点に追加することにした。オアシスポイントの特定には、スタイン地図と GE の他に、位置を確定するための資料として、現代中国で出版されている地図を利用した。その結果、1 つ以上のスタイン地図に記載され、かつ現代の GE 上および地図上でも確認できる地点の数は、遺跡とオアシスの合計でほぼ 200 ポイントにまで増加した。

ただし、遺跡ポイントに比べてオアシスポイントの信頼性は、以下の理由で低いという点に注意する必要がある。

1. 河川の流路変更などの理由でオアシス自体が移動する可能性がある。
2. 現代になって範囲が拡大している場合が多く、オアシスのどの地点を選んで比較するかに任意性が生じる。

本論文ではオアシスは移動しないものと仮定し、地点としてはできるだけ現代のオアシスの中心地を選ぶように努めた。

5.2 誤差分布図の特徴

上記のように選んだ基準点を用いて、現在位置（GE 衛星画像で同定した位置）とスタイン地図上の位置とのずれを測定した。それを地図上に図示した結果（誤差分布図）が図 6 である。この図では、

^③報告書掲載分以外の西村による現地調査データ（ハミ近郊・バルクル [以上、2004 年秋]・敦煌・安西・河西回廊 [以上、2005 年秋]）も使用。クチャ近郊の調査データは、森美智代氏（早稲田大学）の計測データ。

現在位置（矢印の起点）を基準にして、スタイン地図上の位置（矢印の終点）を図示しているが、実寸では誤差の傾向が見えにくいことから、ずれの方向（矢印の向き）を固定したまま距離（矢印の長さ）を 10 倍に強調するという変換を加えた。スタインの地図には 2 種類あり、基準点の選び方にも 2 種類あるため、合計で 4 種類の誤差分布図ができる。

その結果として、全体的にはいずれの図も同じような傾向を示していることがわかる。現在位置とスタイン地図上の位置との距離を誤差の大きさと定義すると、遺跡ポイントの誤差は全体的には数 km 程度にとどまるものの、誤差の大きさは最小で 250m、最大で 32 km とばらつきがある。図 6 から読み取れる全体的な誤差の傾向を以下の 6 点にまとめる。

1. Serindia 地図と Innermost Asia 地図の誤差は、同じ傾向を示している。
2. 誤差は東西方向に大きく、南北方向の誤差は東西方向に比べるとごくわずかである。
3. スタインの調査経路の進行方向に向かって誤差が増大している。
4. 天山南路西部のオアシス都市・アクスにおいて著しい西方への誤差がある。
5. 河西回廊の都市・甘州（張掖）において著しい東方への誤差がある。
6. 誤差の大きさは地域ごとに異なる。

6 誤差分布図の解析

5 章で示した誤差分布図の特徴は、いかなる原因で生じたものだろうか。この問題は地図を調べるだけでは説明できないが、スタインの古地図はこの点については幸運なことに、有用な手がかりが別に存在している。すなわち、スタイン自身による論文 [4] と著書 [5] である。

論文 [4] は、Serindia 地図（1906-1908 年）について記した論文である。本文部分は 6 頁という短い論文であるため、地図の 1 枚 1 枚に関するデータは含まれず、大まかな地図作成方法と概要を述べる。

著書 [5] は、Innermost Asia, vol.4 として出版された地図に関する作成メモである。この地図には、スタインの三度の探検(1900-01, 1906-08, 1913-15)で得られた地理情報が全て盛り込まれており、また、1シート毎に詳細な注釈が付与されている。

そこで、スタインによって残されたこれらの著作を参照することにより、誤差が生じた原因については、誤差分布図の特徴をスタイン自身の地図作成プロセスと対応付けて説明できることを以下で示す。

6.1 Serindia と Innermost Asia の地図の共通性

図 6 の最初の特徴は、Serindia と Innermost Asia の地図とがほぼ類似した誤差分布を示しているということである。この特徴は、スタイン自身の著作からどのように検証できるだろうか。

まず、文献 [4] では Serindia の地図作成方法について、以下のような記述がある。

1. スタインらの調査を下に、インドの Dehra Dūn の Trigonometrical Survey office が地図を作成。
2. 調査は、平板測量(plane-table surveys)を主体とし、天体観測による緯度測定と三角測量(崑崙山脈のみ)で補った^④。

これに対して、文献 [5] では Innermost Asia の地図作成方法として、以下のような記述がある。

1. 地図作成の基準は、第二回・第三回目の探検で行われた三角測量の数値と、合計三回の探検で得た天文測量による緯度の計測を用いた。
2. Serindia 地図においては、経度の測定はほぼ不可能であったが、Innermost Asia 地図においては、クロノメーターによる経度計測値や、無線電信による計測値を用いた。クロノメーターについては、Cecil Clementi による計測 [6] を最もよく利用した^⑤。

最初の記述からは、Innermost Asia 地図の作成にあたって Serindia 地図のデータをかなり利用したこと、つまり両者には共通の数値が多数存在することがわかる。さらに地図は双方ともインドの Dehra Dūn の Trigonometrical Survey office が作成しており、作画にあたった責任者も共通している。

また、Innermost Asia 地図においてはクロノメーターによる経度測量 [7] という新技術を取り入れたことは確かであるが、[5] の地図作成メモによれば、位置決定に利用した地点は 6 箇所にとどまる。しかも、全ての地点において他の数値との中間値を採用するために利用しており、必ずしも基礎データとして十分に活用したわけではない。無線電信測量も取り入れているが、こちらも計測値の数が限られており、全体に影響を及ぼすには至っていない。

以上の結果により、2 種類のスタイン地図は基本的に共通のデータを使って描かれたものであり、ゆえに誤差の傾向も似ているという結論が得られる。

^④ [4] p.276.

^⑤ [5] pp.55-57.

6.2 東西方向への誤差

東西方向の方が南北方向よりも誤差が大きいことの原因は、当時の測量方法にある。[4] において、スタインは次のように述べる。

1. タリム盆地の平地の砂漠では、交点や三角形によって地点を固定することが難しいため、走行距離の正確な測定には、車輪の回転によって距離を測定するサイクロメーター(走行距離計)が有効である。
2. 気象条件の劣悪さ、移動の早さ(1日40km)、カバーすべき範囲の広さなどから、経度の測定は実際上不可能であった^⑥。
3. 緯度は天文観測によって計測する。

緯度については、当時の技術でも相当の精度で測定できたが、経度については当時の技術では測定が困難であった。特にスタイン自身が記しているように、タリム盆地の悪条件が重なって、部分的には経度の測量が実際上不可能な事態となった。東西方向(経度)の誤差が大きな原因は、こうした経度測定の困難さに起因していると考えられる。

6.3 スタインの調査経路方向に増大する誤差

図 7 は Serindia 地図に記されたキャンプ地の情報から描いた、スタインの第二回調査の経路図である。これを図 6 の Serindia の誤差分布図と比較すると、スタインの調査経路に沿って誤差が増大しているような傾向が見られる。

その原因として考えられるのが走行距離計の利用である。6.2 節でも述べたようにスタインは経度の計測方法として、一部の地域では走行距離計を利用した。この計測方法では、車輪回転数を距離に変換し、さらに距離を経度に変換するという方法を用いることになる。すると、車輪回転数が増えれば増えるほど誤差が蓄積して増大する可能性がある。その結果として、調査経路の進行方向に向かって誤差が増大していくことにつながったのではないかと考えられる。

6.4 アクスにおける誤差

アクスにおける誤差については、[4] [5] の双方に言及がある。まず [4] では、以下のように述べている。

1. アクスに関しては、計測に用いた数値(Captain Deasy・Stein 1900-01, Stein 1906-08)は、相互にわずかに異なっており、3つの数値の中間値を採用した。アクスの位置は、これまでの地図上の位置よりは東に位置することが考えられる。
2. 一方 [5] においてはより明確に、測定の誤りについて記している。
3. コルラ・ブグル・クチャ・アクスを含む天山南路の経度測量には誤りがあり、測定結果はヘディンの測定値よりも 29 分(約 45 km)も西を示した。1908 年地図(Serindia 地図)と同じ判断

^⑥ [4] p.276. 経度の測定については、[7] を参照。

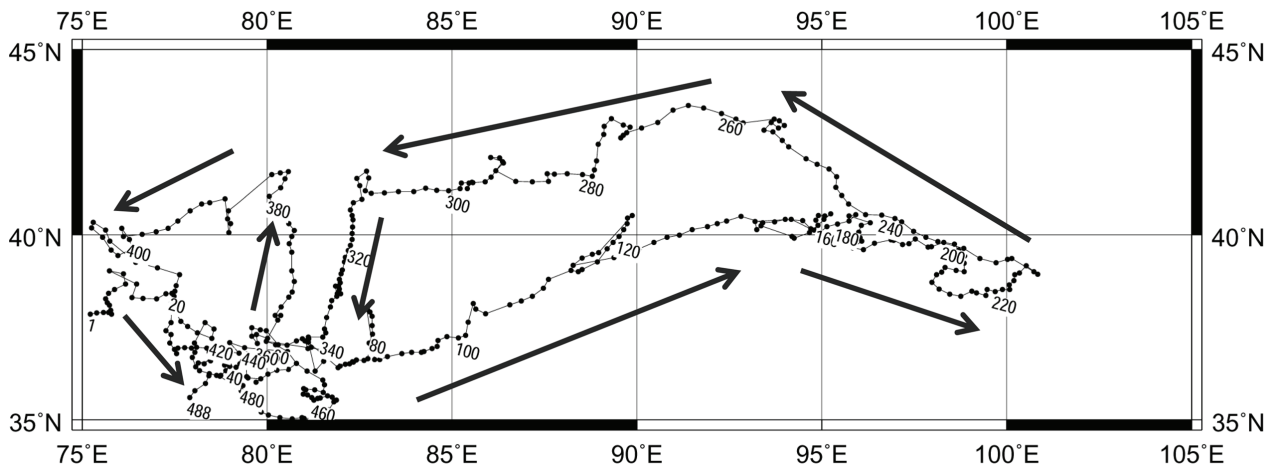


図 7：第二回探検時（1906-1908）の調査進路図

により、差異は 8 分以内に止まる。しかし、あらゆる位置が西にずれている可能性がある^⑦。

図 6 の誤差の傾向は、上記に述べたスタインの懸念と一致している。双方の地図に誤差が見られるが、Innermost Asia 地図においてより大きな誤差が生じており、これには測量上の問題が反映していると考えられることができる。

6.5 甘州における誤差

最も大きな誤差が発生しているのは、甘州付近である。これについて、スタインは [4] において次のように述べている。

1. 甘州（張掖）付近では、西から東への距離を過大に見積もりすぎたため、経度をかなり修正する必要が生じ、Survey of India で認められた甘州の経度と合わせた^⑧。
2. 甘州の経度の調整に伴って、天体観測の数値に基づいて、その間の地勢の調整を行った。

さらに、[5] でも次のように述べている。

1. 肅州・甘州等の河西回廊の地域は、Serindia 地図を描いた第二回探検の際のデータを使用し、最終的な位置決定には、Survey of India の経度数値と Clementi のクロノメーター計測の経度値の中間値を使用した。河西回廊の都市に関するクロノメーター値と自身の計測値、Survey of India の数値はあまりにも異なっているため、無線電信による経度計測が必要である^⑨。

甘州においても、スタインが記している懸念と、地図上の誤差発生傾向は非常によく一致している。Innermost Asia 地図で取り入れられた Clementi の計測数値は、甘州においては極めて正確で、現在の測定による甘州の位置とほぼ一致している。Innermost Asia 地図では、Survey of India の数値との中間値を採用したため、結果として誤差は Serindia 地図の 32 km から 15.6 km へとほぼ半減した。

6.6 地域ごとに異なる誤差分布

図 6 から、誤差の大きさには地域ごとに違いがあることがわかる。三角測量を行った地域では誤差は相対的に小さいが、車輪による距離計測を行った地点では相対的に大きくなっている。このように誤差の大きさには測量方法が影響していると考えられる。さらに、これまで述べたように測量ミスや技術的境界も重なって、誤差分布は地図全体で一様ではなく複雑なパターンを示している。

このようにスタイン地図の誤差は地域ごとに異なるパターンを示している。ゆえにその利用に当たっても、全体で一様な補正を施すのではなく、地域的に異なる補正を施しながら利用していく必要がある。そこで 7 章では、地域ごとの誤差のパターンを詳細に解析し、利用する際の注意事項をまとめる。

7. 地域ごとのスタイン地図の精度

地域ごとにスタイン地図の精度をまとめようとする場合、地域をどのように選ぶかという問題が生じる。その基準としては、スタインの地図作成プロセスに対応したものであり、シルクロード全域にわたっておおむね均等に配置されるような地域の選び方が望ましい。

そこで我々は、Innermost Asia 地図の作成報告書 [5] に登場する位置合わせポイントを利用することにした。位置合わせポイントは、地図作成の際に地図上の位置を決定するために用いられたポイントであり、タシュクルガン・カシュガル・アクス・クチャ・コルラ・ブグル・トルファン・ハミ・バルクル・コータン・ニヤ・チャルクリク・ミーラン・安西・甘州・肅州などのオアシス都市、またはその近郊の三角測量ポイントが選ばれている。図 8 は、位置合わせに使われたオアシスの位置を示している。

表 1 は、上記の位置合わせポイントを対象として、これらの地点における誤差の方位と距離を示したものである。ただしこれらのポイントは基本的にはオアシスポイントであり、これには 5.1 節で述べたよ

⑦ [5] pp.81-82.

⑧ [4] p.279.

⑨ [5] p.104.

うな問題点が存在することから、オアシス近郊の遺オアシスポイントの問題点を軽減することにした。次に地域ごとの誤差パターンをより詳細に解析してみる。地域ごとにいくつかのポイントがある場合、それらの誤差は全体として以下のようなパターンを示す可能性がある。

1. いずれも方向と距離が一致する場合。
2. 方向は一致するものの、距離が一致しない場合。
3. 方向は一致しないが、距離は短い場合。
4. 全くバラバラな傾向を示す場合。

表 1 を見てみると、各地域ではおおむね方向も距離も一致した誤差パターンを示している。これは地域内ではおおむね一様の誤差を持つことを示しており、地域ごとの補正情報としてこの誤差情報を提示することに意味があると言える。

その例として図 9 には、天山南路のオアシスであるクチャと、その近郊に位置する遺跡ポイントの誤差を示す。中央の★印は現在のクチャの位置、黒矢印は現在位置と比べた Serindia の誤差、白矢印は現在位置と比べた Innermost Asia の誤差である。現在地と各ポイントの誤差は、クチャ近郊において、地図ごとに同様の傾向を示している。したがってこのデータを用いることにより、Serindia の場合のクチャ地域補正情報と、Innermost Asia の場合のクチャ地域補正情報とを、それぞれ個別にまとめることができる。

一方、図 10 に示すカシュガル及び近郊の遺跡ポイントでは、これとは異なる傾向が見られた。すなわち各ポイントにおいて、誤差の方向と距離が一致していない。その原因は不明であるが、このように一つの地域内で誤差がバラバラの場合には、地域ごとの補正情報としてまとめることはできない。カシュガル地域についてはより詳細な調査が必要である。

8 おわりに

本論文ではシルクロード古地図を対象にして、古地図の閲覧環境の改善からその精度の評価をおこなうまでの手順を具体的に示し、古地図を情報基盤として活用するための一つの事例を紹介した。その各段階において大きな役割を果たしたのが GE であり、これが古地図の活用において有用なツールであることを示した。また、地図作成のメモを参照することによって地図の誤差が発生した原因を探ることができ、それがより信頼できる地図の補正につながることを示した。一連の作業と 7 章で示した地域ごとの精度情報を組み合わせることによって、スタイン地図を学術的に利用するための情報基盤の礎を築くことができたと考えている。

今後の課題としては、より多数の基準点を地図から拾うことによって、より詳細に地域ごとの精度を評価するという点が挙げられる。また、今回の調査で拾い上げた遺跡等の位置情報は他の研究にも利用できるため、そうした情報をデータベース化して利用できるようにすることも課題の一つである。さらに、Ancient Khotan など他の書籍に収められている地図を同様の方法で加えていくことも課題である。

跡ポイントを含めた形で地域ごとの誤差を表示し、

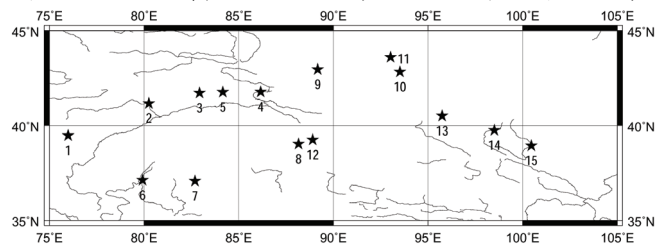


図 8：位置合わせポイント（地図中の番号は表 1 と対応）

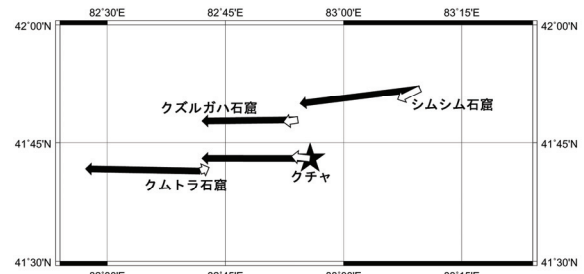


図 9：クチャ近郊の遺跡の誤差

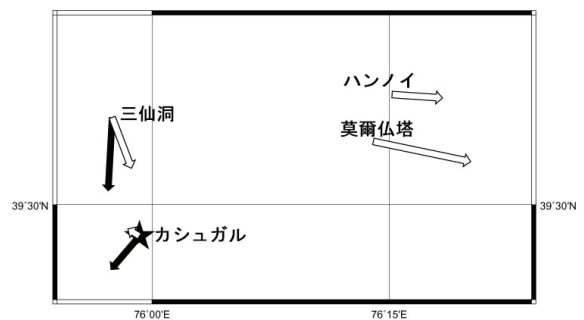


図 10：カシュガル近郊の遺跡の誤差

今回の書籍のように地図作成に関するメモまで完全に揃っている例は少ないものの、部分的に今回の成果を活用していくことで、シルクロード地域に関する実用的な学術情報基盤を構築していく計画である。

参考文献

- [1] <http://dsr.nii.ac.jp/geography/>
- [2] 岡内三眞『漢代西域都護府の総合的調査』（平成 12～14 年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 B (2)研究成果報告書、2000～2002 年、2004 年）
- [3] 西村陽子・鈴木桂「吐魯番地区遺跡調査報告(2004 年 10 月 14 日～11 月 1 日)―主に麴氏高昌国・唐西州時期の古城・墓葬・石窟・宗教遺址の空間的把握を目指して―」『アジア史研究』29 号、2005 年、pp.1-41.
- [4] M. Aurel Stein, Note on Maps illustrating Dr. Stein's Explorations in Chinese Turkestan and Kansu. *The Geographical Journal*, vol.37, No. 3, Mar., 1911, pp.275-280.
- [5] M. Aurel Stein, *Memoir on Maps of Chinese Turkestan and Kansu: From the Survey made during Sir Aurel Stein's Explorations.1900-1, 1906-8, 1913-15.* DehraDūn, Trigonometrical Survey office, 1923.

[6] Cecil Clementi, M.A., *Summary of Geographical Observations taken during a journey from Kashgar to Kowlun, 1907-09*, Assistant Colonial Secretary, Hong Kong, 1911.

[7] デーヴァ・ソベル著、藤井留美訳『経度への挑戦：一秒にかけた四百年』東京：翔泳社、1997年

【表1: Innermost Asia地図の位置決定過程と誤差】

位置合わせポイント	Innermost Asia地図の位置決定過程	近郊の遺跡	Serindia		InnermostAsia	
			方角	距離(km)	方角	距離(km)
1 カシュガル	スタイン以前の多数の探検による計測値の中間値を採用。正確な計測地点は不明だが、カシュガル旧市街の場所に関しては、かなりの精度を有している。Chini-baghで行われた無線電信による経度計測値は、カシュガル旧市街の中心地にほぼ一致。(E.75.59.05.64)		南西	4.5	西北	1.2
		三仙洞	南西	8.53	南	6.19
		ハンノイ			東南東	9.05
		莫爾仏塔			東南東	4.5
2 アクス	誤差が最も大きい地点の一つ。スタインの数値は、ヘディンの調査によって示されたアクスの位置よりも、29分(ほぼ45km)も西方を示す。故に、過去の調査データやClementiのクロノメーター値との中間値を用いて位置を調整し、西方へのずれを緩和。		西	17	西	26.7
3 クチャ	カシュガルからコルラおよびコルラからTenghri-khanの値から推定。カシュガルの位置は比較的正確だが、コルラは測定値の誤りから大きな誤差が出ている。故に、クチャの位置にも必然的に誤りが生じる。		西	19	西	3.2
		クズルガハ石窟	西	16.99	西	2.86
		クムトラ石窟	西	20.06	東	1.7
		シムシム石窟	西	21.41	西	4.7
4 コルラ	コルラとブグルを含むシート。東と東南の隣接地域における経度の誤りに影響されている。特にコルラの位置が影響を受ける。		東南	4.3	西南	20.3
5 ブグル	同上		西	17.93	西	6.5
		輪台故城			西北西	8.5
6 コータン	Dutreuil de Rhins、Piewzoff、Deasyらの調査による経度値の中間値を使用。		北東	5.1	北	1.2
		ヨートカン	北東	5.29	北東	2.57
7 ニヤ	1906年の三角測量数値を使用。		東	2.6	東	3.1
		ニヤ仏塔	東	2.7	東	3.8
8 チャルクリク	経度はSven Hedinの調査数値とLal Singhの平板測量数値の中間値。		東北東	4.4	西北西	10
		Charklik Stupa mound	東北東	3.6	西北西	12.39
9 トルファン	Cecil Clementiによるクロノメーター計測値とSerindia地図の数値の中間値。		西南	4.9	西南西	8.2
		高昌故城	西北西	3.23	西南	5.87
		交河故城	西南	7.7	西	6.41
10 ハミ	1907年の調査(E.93° 26')。Clementiのクロノメーター計測値(E.93° 18' 16'、誤差17km)からは8分東にずれる。		西南	6.2	西南	6.2
		廟児溝(Ata-ram temple ruins)	西南	9.1	西南	8.6
11 バルクル	古城子とトルファンの位置に合わせ、Balkul Dawanにおいて経度チェック。				西	12.9
			東北	2.67	西北	12.34
12 ミーラン	記載なし。		東北	2.9	西北	11.79
		ミーラン要塞				
13 安西	ミーラン・敦煌間の三角測量に合わせる。しかし、三角測量の誤りに影響されて、5分10秒(10km程度)東にずれている。		東	13.3	東	15.2
		榆林窟	東	4.3	東	6.3
		鎖陽城	東	8.5	東	9.71
14 肅州	Clementiのクロノメーターの計測数値(E.98.26.56/3、誤差5.1km)とSurvey of Indiaの値の中間値。		東	4.7	東	3.5
15 甘州	Serindia地図より大幅に西にずらす(E.100.38.20、誤差15.6km)。Clementiのクロノメーター値は使わず(E.100.21.29/16、誤差3km)。Survey of Indiaの値(E.100.49.30 = Serindia、誤差32km)とも異なる。		東	32	東	15.6