

位置情報付きパノラマ撮影による遺跡景観の記録とその活用

山口 欧志

日本学術振興会特別研究員 PD (国際日本文化研究センター)

本稿は、遺跡調査における位置情報付きパノラマ撮影方法とその実践について述べる。そのため、ウズベキスタン共和国ダブシア遺跡での実践例を挙げ、この手法が遺跡景観の記録に役立つ可能性を提示する。より具体的には、位置情報付きパノラマ撮影に必要な機材とその組み合わせを提示し、取得したデータを GIS や Web 上で活用する方法を述べる。

Documentation of landscape of Archaeological site using panoramic radiography with positional information

Hiroshi YAMAGUCHI

JSPS Research Fellow

International Research Center for Japanese Studies

This paper aims to discuss documentation methods of landscape of archaeological site. In recent years, the documentation method introduced has more than one. One of them has panoramic radiography. In the main subject, the method of adding positional information to this panoramic radiography data is shown. And how to utilize this using GIS and WEB is described.

1. まえがき

本稿は、遺跡調査における位置情報付きパノラマ撮影方法とその実践について述べる。この手法が遺跡景観の記録に役立つ可能性を提示する。また、この位置情報付きパノラマ撮影によって取得したデータを GIS(Geographic Information System)や Web 上で活用する方法について述べる。

2. 遺跡調査における景観記録の現状

遺跡の考古学的な調査では、対象に応じた様々な記録方法と機材が用いられる。近年導入されたものであれば、遺跡の微地形や遺物の出土位置の記録については、トータルステーションや RTK-GPS(Real-Time Kinetic GPS)もしくは VRS-GPS (Virtual Reference Station)を利用した測量があり、遺構あるいは調査区の層位を対象とするものにはデジタルカメラ写真測量や 3D レーザー計測などが挙げられる[1]。これらの機材を用いた調査により、考古学の遺跡調査における記録の質は年々向上している。

しかし、遺跡とその周囲の環境(植生や立地など、他の地物との関係性)が織り成す「景観」の記録は、それがもつ情報の豊かさと、再び同じ状態であることは無い一回性に反して、調査現場を中心として遺跡の周囲が分かるように撮影された遺跡の全景写真を除いて、あまり積極的に取り組まれていない。

たしかに、色情報も取得する 3D レーザースキャナを用いて遺跡の周囲を計測すれば、対象の色と 3 次元形状を記録できる。しかし、十分

な密度の点群を得るには、たとえば発表者が利用している Leica Geosystems の ScanStation2 では 1 地点当たり、数時間の計測時間を必要とする。そして何より機材自体が高価であり、また重量・体積ともに移動性に乏しいので、急速にこの手法が普及する可能性は高くない。

そこで発表者は、遺跡の複数の地点において、撮影地点の位置情報を付与したパノラマ写真を作成し、さらに、このパノラマ写真のデジタルデータを GIS を利用して、これまでの調査で得た情報と統合し、遺跡に関する情報として、一体的に管理・分析・表示ができるようにしている。

本発表では、この具体的な手法とその有用性について報告したい。

3. 使用機材と方法

調査で使用している機材は、本来別々の用途で利用されているものであるが、パノラマ撮影目的で組み合わせて使用している。

パノラマ撮影は、デジタルカメラとハンディタイプの簡易 GPS、そしてパノラマ撮影補助ツールを用いて、遺跡の複数の地点から実施している。

またパノラマ写真の作成には、市販のパノラマ作成アプリケーションソフトを利用している。GIS は市販の一般的なものを利用している。以下に作業段階別に具体的な機材名とその方法を提示する。

(1) パノラマ撮影

① 機材

- ・ デジタルカメラボディ

Canon EOS 5D Mark II

- ・ デジタルカメラレンズ
Canon EF24mm F1.4L II USM
- ・ パノラマ撮影補助ツール
Nodal Ninja 社 Nodal Ninja 3 MKII
Leica Geosystems の水準台
トータルステーション用三脚
- ・ ハンディ GPS
Garmin GPS map60CS

②使用方法

パノラマ撮影では、カメラの回転軸と No Parallax Point¹の合致と維持が重要となる。

そこでまず、Nodal Ninja 3 MKII とデジタルカメラを接続し、カメラの回転軸と No Parallax Point を合致させる。

次に、発掘調査で利用しているトータルステーション用三脚と Leica Geosystems の水準台を流用して土台となる部分を強固に固定する。トータルステーション用の三脚ではなく、別途パノラマ撮影用の安定度の高い三脚を用意することも可能だが、通常の調査で利用している機材を利用することにより、できるだけ小規模の機材の追加で実施することを念頭に置いた。

次に、この土台の上に、さきほどのカメラを装着した Nodal Ninja 3 MKII を載せ、適切な No Parallax Point を維持したパノラマ撮影を実施する。

写真 1 は、以上のような手順で機材を組み立て撮影している様子である。この方法により、No Parallax Point とカメラの回転軸との設定を厳密にし、またカメラの固定が不十分な状態で撮影を防ぐことにより、パノラマ写真作成の確実度を大きく向上させることができる。

パノラマ撮影の方法は、水平方向は 15 度毎に 1 枚・鉛直方向は 0 度と水平から下に 15 度傾け、計 48 枚を手動で撮影する。保存するデータ形式は、RAW と JPEG である。1 地点の撮影で使用するファイルサイズは、約 1.6GB になる。

また、カメラレンズの眼高は、およそ 1.5m になるよう機材を調整し、視点の高さを一定にする。さらに 1 枚目の撮影方角がおよそ真北になるよう、GPS 内蔵の電子コンパスを用いてカメラの向きを設定する。

このパノラマ撮影後、撮影地点の位置情報をハンディ GPS で取得し、取得した経緯度を GPS 内蔵のメモリと野帖に記録する。GPS で取得する位置情報の精度は、UTM 座標 (Universal Transverse Mercator system) 上で約 ±5m である。

1 地点のパノラマ撮影および位置情報の取得に要する時間は、およそ 10 分程度であり、必要な人員は一名である。したがって、既存の調査



写真1 パノラマ撮影の様子

計画に大きな変更を加えることなく、遺跡景観の迅速な記録を実施することができるといえる。

(2)パノラマ写真作成

①機材

- ・ パノラマ写真作成アプリケーションソフト

Kolor 社 Autopano Giga 2.5

②使用方法

パノラマ撮影で得た RAW データをパノラマ写真作成アプリケーションソフト Kolor 社 Autopano Giga 2.5 で読み込み、PC 上で各写



図1 Autopano Giga の操作画面

真の対応点を求め、全体の整合性が最も高くなるよう、各写真の位置を調整し、合成する処理をおこなう (図1)。

このアプリケーションは Giga pixel のパノラマ写真を作成することができるので、通常のパノラマ写真よりはるかに高解像度の資料を得ることができる。たとえば上記の方法で作成したパノラマ写真の1つは、25826*6406 ピクセルを数える。作成したパノラマ写真の保存可能なフォーマットには、JPEG・TIFF・PNG などがある。

ところで、Nodal Ninja 3 MKII のようなパノラマ撮影機材は他にもあり、たとえば GIGAPAN のようなものが挙げられる。

GIGAPAN は、自動的に 360 度上下左右を撮影するツールである。GIGAPAN とズームレンズを用いて撮影した1枚当たりの画角の狭い写真を用いれば、さらに高解像度のパノラマ写真を作成することができる。

1. Nodal Point ともうい。レンズの焦点中心のこと。

しかし、Nodal Ninja 3 MKII と GIGAPAN のどちらの機材および手法がより適切かは、調査条件・環境および対象により判断しなければならず、必ずしも GIGAPAN が最良だとは限らない。後述するウズベキスタン共和国ダブシア遺跡での調査では、砂塵の影響や機材搬送および電源確保の問題などから、Nodal Ninja 3 MKII を採用している。

(3) パノラマ写真群の統合

①機材

- ・パノラマビューワ・バーチャルツアー作成アプリケーションソフト

Kolor 社 Panotour Pro 1.6

②使用方法

さらに、パノラマビューワ・バーチャルツアー作成アプリケーションソフト Kolor 社 Panotour Pro 1.6 を使用して、作成したそれぞれのパノラマ写真を読み込み、パノラマ写真に写っている共通の任意の点で対応させて統合し、1つのファイルとして扱うことができるようにする。

ファイルは.swf 形式で出力し、任意の Flash 再生アプリケーションを利用して、遺跡の Virtual Visiting などに活用できるようにする(図2)。

すでに発表者等は、福井県勝山市教育委員会との共同プロジェクトで、同市に所在する国史跡白山平泉寺旧境内の発掘調査現場を対象に、3D レーザースキャナとこのパノラマ撮影ならびにパノラマ写真群を統合したパノラマツアーを作成し、遺跡の景観記録とこれを活用した Web 上での Virtual Visiting への応用に取り組んでおり、一定の成果を挙げている[2]。



図2 Panotour Pro の操作画面

パノラマ写真の作成にかかる費用は、上述の Nodal Ninja 3 MKII の価格は、\$209.95 で、Kolor 社 Autopano Giga 2.5 と Kolor 社 Panotour Pro 1.6 はセットで購入した。費用は€479 であった。

(4) GIS による遺跡情報との統合

①機材

- ・GIS ソフト

市販の基本ソフト ArcGIS10

分析用エクステンション Spatial Analyst, 3D Analyst

拡張ツール ArcPhoto[3]

②使用方法

ArcGIS を利用して、遺跡の微地形測量調査・周辺遺跡分布調査・発掘調査・衛星画像などから得る様々なデータを空間情報を利用して統合する。パノラマ写真の読み込み・配置には ArcPhoto を利用する。先述のパノラマ写真には、EXIF データの位置情報の部分に GPS で取得した位置情報を追加する。

この作業によって、これまで蓄積してきた遺跡の調査データに、調査地点を含む周囲の様子を記録したパノラマ写真を加えることができる。

4. シルクロード遺跡での実践例

(1) ダブシア遺跡の歴史的背景

以上のような方法を中央アジアのウズベキスタン共和国にある、シルクロード都市遺跡ダブシア遺跡調査で実践したので以下に述べる。

中央アジアは、ユーラシアの東西路と南北路が交差する十字路であり、シルクロード交流揺籃の地である。こうした人・物資・情報が頻繁に行き交う十字路には、古代からしばしば都市が出現し、ソグド人の広域ネットワークを介した商業活動が活発におこなわれた。

なお中央アジアの範囲は、UNESCO の定義に基づき、カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタン、ウズベキスタン、中国の新疆ウイグル自治区、モンゴル地域(モンゴル国、内蒙古自治区など)、チベット地域(チベット自治区、青海省など)、アフガニスタン、イラン北東部、パキスタン北部、インドのジャム・カシミール、ロシアのシベリア南部としておきたい。

中央アジアの中でも、特に十字路の中枢に位置するウズベキスタン共和国サマルカンド地方ゼラフシャン川流域は、ヒマラヤの豊かな雪解け水の恩恵を受け、最も広大で肥沃な土地をもたらした。この豊かな土地を背景に、巨大な城塞都市が出現して盛行したことで知られる。

この地域には世界的に著名なシルクロード都市であるアフラシアブとブハラがある。アフラシアブからは、膨大な数のユーラシア各地からの文物が出土しているだけでなく、各地との交流が描かれた壁画も発見されており、シルクロード交流の一端を垣間見ることができる。また、アフラシアブと双壁をなす都市が、アフラシアブ城の西南西約 250 kmには宗教都市ブハラが位置する。

これらアフラシアブ（現在のサマルカンド）とブハラは、アケメネス朝ペルシア期（およそ紀元前6世紀半ば）から現代まで続く代表的なシルクロード都市である。シルクロードの本道は、この東西に並ぶ2大都市を結んでいた。このシルクロード2大都市の中間地点にダブシア遺跡が位置する。

これまでのダブシア遺跡の調査から、ダブシア遺跡は、シルクロード交流の中核を担ったゼラフシャン渓谷中流域のシルクロード都市であった可能性が明らかとなってきた。シルクロード都市の景観は、人類史を考える上でも無駄ではないテーマであると考え。そこで、中央アジアシルクロード都市遺跡の景観を検討するため、その記録方法の1つとして位置情報付きパノラマ撮影を実践することとした。

（2）ダブシア遺跡のこれまでの調査

ダブシア遺跡の調査は、2005年から進めている[4]。遺跡の現存面積は約80haであるが、綿花畑として開発される以前には約120haであったとも言われる大遺跡である[5]。

表土採集遺物には、アケメネス朝ペルシア期の土器があり、これまでの発掘調査では、古くは紀元後4～5世紀の土器が出土している。

本遺跡の調査は、地形測量調査・周辺遺跡の分布調査・地中物理探査調査・発掘調査・古環境調査など多角的に実施しており、成果資料は全てGISで管理している。

ダブシア遺跡の周辺遺跡分布調査では、ダブシア遺跡の周辺に30以上のテパとよばれる丘状の遺跡が存在することが明らかとなった（図3）。

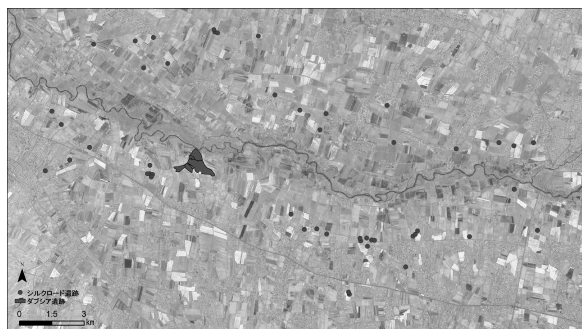


図3 ダブシア遺跡と周辺の遺跡（PRISMを利用）

周辺遺跡の規模や分布状況から、当該地域におけるダブシア遺跡の中心性を読みとることができる。また、多くの遺跡から、ダブシア遺跡を臨むことができる。遺跡の分布様相と先行研究をふまえてGISによる地形解析の結果から求めたシルクロード上からもダブシア遺跡を臨むことができ、ダブシア遺跡の外観が、この地域のランドマーク的な機能を有していた可能性を指摘できる。

実際、その特徴的な相貌によって、ダブシア遺跡から4・5km離れた地点からも、容易に判別できる。写真2は遺跡の西約1kmの地点から撮影したもので、現在の住民も“ダブシアの丘”としてランドマークに利用している。

ダブシア遺跡周辺の状況を一定程度提示したので、次にダブシア遺跡内部の構成を提示しておきたい。遺跡の内部構成を把握するために、GPSおよびトータルステーションを用いた地形測量調査を実施している（図4）。



写真2 ダブシア遺跡の外観

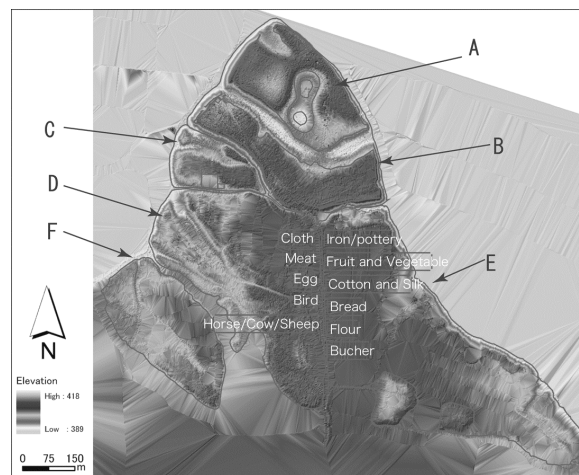


図4 ダブシア遺跡の空間構成

測量調査の結果、ダブシア遺跡の標高が最も高い地点であり、遺跡の中核であるシタデル地区の最高地点の座標は、緯度経度

（GCS_WGS_1984）ではN 40°01' 45.06334" E 65°45' 56.67300"、WGS1984UTM座標系では41系 X=735996.61503 Y=4434711.46067、標高は414.881 mを測ることが明らかとなった。

またダブシア遺跡は、およそA～Dの6つの地区からなっている。A地区がシタデル（城塞地区）、B地区がシャハリスタン（貴族地区）、D～F地区がラバット（商業地区）である。C

地区はシャハリスタンの一部であるか、ラバットの一部であるか、明確ではない（図4）。

これらの各地区の最高所はシタデル頂上の標高 414.8 mであり、シタデルの東南部の 413m が次ぐ。シタデルは、ダブシア遺跡内の他の多くの場所からよく見上げることができ、ダブシア遺跡の象徴的な地区であった理解している。

現地での微地形観察により、各地区の境は、空濠であるとともに、道路であったと推定できる。特に B 地区と E 地区の境、および C 地区と D 地区の境は東西方向の道路である。文化財保護局 Yakhshiboy Husanov 氏は、この道路は地元でシルクロードと認識されていると指摘する（写真3）。



写真3 シルクロードの現況

また E 地区と D 地区の境は、南北方向の道路である。この道は、北はシャハリスタンを通ってシタデルに至り、南にも延びていたと考えられる。地元の Boboniyoz Qilichov 氏によると、1950 年代まで、この道の両側に市（Market）がたっていたという。

この道路の東側には北から、鉄・土器、果物・野菜、綿・絹、パン、小麦粉の市があり、西側には北から、衣服、肉、卵、鳥（観賞用）、馬・牛・羊の市があったという。なお C 地区の南には、イスラム教の聖人アブ・フラユラ（Abu Huraira, 578-678）の墓があったと伝承され、16 世紀にその廟が建設された。そのため、C・D・F 地区の多くは現在、墓地となっている。

これら遺跡分布調査と地形測量調査の他に、ダブシア遺跡の発掘調査も 9 地点で実施している（図5）。

以上概観したように、個々の調査区の評価や出土遺物・遺構の比較検討はできるが、全体としてのまとまりの在りようを客観的に把握する資料に乏しい状態だといえる。また、衛星画像や地形測量調査で得る図だけでは伝えることのできない情報が、遺跡にはある。そこで、位置情報付きパノラマ撮影による遺跡景観の記録を試行した。



図5 ダブシア遺跡の発掘調査区

（4）パノラマ撮影

パノラマ撮影は、遺跡を記録する上で重要な地点を優先し、先述の方法で実施した。重要な地点とは、すなわち遺跡中枢のシタデル（宮殿地区）、シャハリスタン（貴族地区）の城壁上、遺跡の内と外を繋ぐ地点付近、遺跡に通じるシルクロードと比定される地点、ラバット（商業地区）の順である。パノラマ撮影を実施した地点は全 32 地点を数える（図6）。

パノラマ撮影によって、新たな視角から遺跡の現状を簡便に記録することができた。特に遺跡を理解するための一つの視点である景観について、重要な情報を記録することができたといえる。

またこの情報は、単に遺跡の現状の記録に終始するのではなく、例えば GIS を利用した遺跡の可視領域分析の結果と対比させるなど、研究面にも応用することが可能である。また、本手法で作成するパノラマ写真は、高解像度であるから、パノラマ写真を詳細に観察することにより、現地調査時では分からなかった事象の気づきにつながる可能性もある。

そして、パノラマ群を統合するアプリケーションソフトを利用してパノラマツアーを作成することにより、これまでの測量図面や写真と比較して、より臨場感のある感覚を味わうことができる。Web を利用した情報発信によって、広く一般にも文化遺産の在りようを伝えることができる。

5. まとめ

本論では、遺跡の景観を記録する位置情報付き位置情報付きパノラマ写真の撮影と、GIS を利用したパノラマ写真の管理について述べた。本論で述べた個々の手法は、実践例が積み重ねられており、すでに有用性が認められているが、それらを組み合わせることによって、遺跡の景観のデジタルドキュメンテーションとその活用新たな可能性を指摘した。

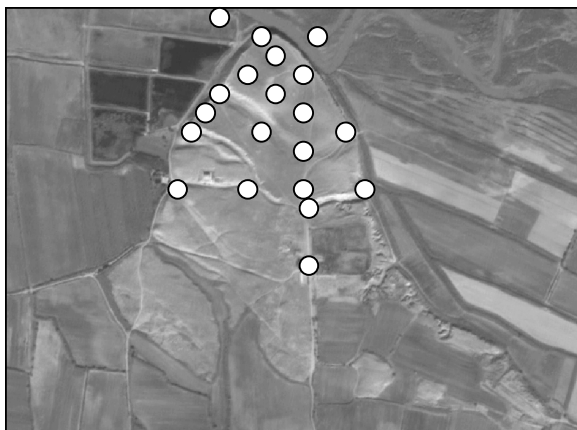


図6 パノラマ撮影地点の一部



写真4 図6中の地点1のパノラマ写真



写真5 図6中の地点2のパノラマ写真

そしてこの手法は、遺跡調査だけでなく、様々な文化遺産に応用することで、将来に残し伝える情報もより豊かになるものと考ええる。

6. 謝辞

本発表は、平成 23 年度科学研究費補助金基盤研究(B)「先端技術を用いた中央アジアのシルクロード・シルクロード都市の総合的調査研究」(研究代表：国際日本文化研究センター・宇野隆夫教授)ならびに、日本学術振興会科学研究費(特別研究員 PD「考古資料の3次元デジタルドキュメンテーションとこれを活用した景観考古学の刷新」(研究代表：山口欧志)による研究成果の一部である。

参考文献・参考 URI

- [1]文化庁文化財部記念物課:発掘調査のてびきー集落遺跡発掘編ー, 2010.
- [2]『福井新聞オンライン』2011 年 11 月 5 日
「白山平泉寺の立体動画、映像公開 勝山市、僧坊跡など鮮明に」
<http://www.fukuishimbun.co.jp/localnews/society/31367.html> (2011 年 11 月 1 日確認)
- [3]ArcPhoto は、ArcGIS 用は無償で提供されているスクリプトツールであり、以下の URI からダウンロードして利用できる。
<http://resources.arcgis.com/ja/gallery/file/Geoproc>

ssing-Model-and-Script-Tool-

Gallery/details?entryID=8C3643DC-1422-2418-8836-CF0510413D40 (2011 年 11 月 1 日確認)

[4]山口欧志・宇野隆夫:中央アジア・シルクロード都市の歴史空間, 古代ユーラシア都市・集落の歴史空間を読む, 勉誠出版, 2010.

[5]Sanaev, I.1995. Ziyovnddiin tarikhi, T. Shark NMK Bosh tahrirditi.