発掘調査現場における三次元写真計測の利用事例について

一令和6年2月版一

水戸部秀樹

1 はじめに

文化財を対象とした三次元記録については、山口欧志 によって広い視野からまとめられている(山口 2023)。 全体像を理解できると思うので一読を勧める。昨年刊行 された『月刊 文化財』(令和5年8月号)の特集は「発 掘調査の新技術」とされ、三次元データの利用にも多く のページが割かれていた。令和6年になると『月刊 考古学ジャーナル』(1月号)が刊行され「3D考古学の 新展開」が特集された。今後ますます文化財の分野にお いても三次元データの利用が進むことが予見される内容 だった。上記二冊の月刊誌は、売れ行きも良いようで、 関心の高さがうかがえる。

本稿では、遺跡の発掘調査時に、断面図や平面図、遺 物の出土状況図を作成するにあたり、その精度向上と、 労力軽減、時間短縮などを目的とした三次元写真計測の 手順を紹介するものである。完成データとなる遺構図用 の下図の例は、図 16 (断面図) と図 23 (平面図) である。

当センターでは遺構図等を作成する一般的な手法では あるが、その手順は調査員ごとに違う部分もある。ここ に示すのは、あくまで筆者が行う際の手順である。

なお、遺物を対象とした計測は取り扱っていない。遺 物についての計測は、まだ筆者も勉強中である。なお、 三次元データを作る方法は文化財を対象としたものでな くとも十分に学ぶことはできるだろう。例えば『技術の 泉シリーズ フォトグラメトリの教科書』(鳥海 2022) などが挙げられる。

図の作成にとどまらず、遺構をできるだけ正確に後世 に伝えるためのアーカイブとしての三次元データも、同 じ方法で作成することは可能である。その分の手間を惜 しまず、時間もかければ良い。

目的と対象を明確にし、最善の方法を選択したい。図 の作成を迅速に行うことを主な目的とするなら、ある程 度の割り切りが必要だと考えている。それでも従来の手 実測と比較するならば、精度は飛躍的に向上しているは ずである。

一方で、三次元データを作成したのに、わざわざ二次 元の線画に落として情報の多くを失わせてしまうことに 疑問が投げかけられている。

野口淳は、「導入が進む 3D 計測・記録は、ともする と従来の図化・可視化出力の代替手法としてのみ扱われ る傾向がある。しかし各論考が示す通り、取得されたデー タの利活用は単なる図化・可視化の段階を越えて、新し い考古学研究の段階に入っていることを示している |(野 口 2024)とし、岩城克洋は三次元データを図の作成の 補助に利用することに対して「過渡期における実態とし ては一定の意味があるが、将来的には三次元モデルと データそのものが、3D-CAD などを介して直接利活用さ れる環境を目指すべきである」としている。筆者も同感 であり、どのような方法が良いのか思考を巡らせていは いる。しかし、現在の発掘調査報告書は製本されて刊行 することが基本とされており、受託した発掘調査の成果 品としての位置づけもそう簡単には変わらないだろう。 文化庁は遺構の実測図について「遺構として抽出したも のとそうでないものの区分など、検出された遺構の形状 を正確に記録することだけでなく、遺跡が持つ情報を正 しく把握するうえで必要な観察結果を反映していること が求められている」(水戸部 2019a)として図の有用性 に触れている。

三次元データを活用することに異論はないが、全国の 遺跡発掘の現場では、平板測量やメジャー・コンベック スを使った計測法が、まだまだ多用されている現状を踏 まえると、一足飛びに到達するのは難しいのではないだ ろうか。まずは、一つでも多くの発掘現場が、「過渡期」 へと踏み出すことができれば、いずれ大きく動き出すの ではないかと思っている。 かつて筆者は三次元写真計測について「新たな事実の 究明や研究手法の開拓に利用するよりも、まずは現在 行っている業務の効率化を目指して使っていきたい」(水 戸部 2019b)と報告した。自治体や埋蔵文化財センター が三次元データの活用を始める糸口としては、やはり当 センターと同じく遺構などの三次元計測が適切だろう。

以下では、遺構実測図用の下図の作成手順について、 できるだけ簡単に説明するつもりである。聞きなれない 言葉にも一つ一つ説明を入れたかったが、紙幅に限りが あるので各自が検索して解決して欲しい。もっと良い方 法もあるだろうが、筆者の知っている範囲で記述する。 役に立てたとすれば幸いである。

2 利用環境

三次元データを作成する主な方法には、レーザーを利 用するものと、写真を利用するものがある。それぞれー 長一短だと思うが、当センターでは写真を利用した方法 を選択している。導入の経緯は以前に報告した(水戸部 2019b)。各自の環境に合わせて選んで欲しい。

今回利用したパソコンやソフトついては表1・2にま とめた。パソコンは4年ほど前に導入したものだが、ま だ十分に利用できる。ソフトの利用のためにどの程度の 性能が必要かどうかは、導入時に販売サイトなどで確認 して欲しい。処理が高度になればなるほど性能の高いパ ソコンが必要になるが、オルソ画像の作成に利用するだ けならそれほど高い性能でなくても良いだろう。

Metashape には Professional 版と Standard 版がある。 価格は前者が後者よりかなり高い設定となっている。し かし、座標や DEM(デジタルエレベーションモデル) が扱える Professinal 版の方が遺跡の調査には向いてい る。業務で使用するならできるだけ Professinal 版を選 びたい。Standard 版を使用する場合、QGIS を使用して 三次元データに座標を与えることができるようだ。筆者 は Professional 版しか利用したことがないので、ここで はその方法は扱わない。

3 三次元写真計測の手順

先に発掘現場で撮影・測量を行い、その後室内でデー タの解析等を行い、平面図・断面図の下図となるオルソ 画像(真上から見たような傾きのない、正しい大きさと

CPU	Intel Core i9-9900-K
メモリー	64GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX2080
OS	Windows 11 Pro
	表1 パソコンのスペック (ノート型)

三次元写真計測ソフト	Metashape Professional 2.0.3
GISソフト	QGIS 3.32.3

表2 ソフトの種類

位置に表示される画像)を作成するという流れである。 このオルソ画像作成が三次元写真計測の目的であり、三 次元モデル自体を活用する機会は少ない。下図を使った デジタルトレース作業については、既に一般化している ようなので割愛する。

なお、概要については、これまでも「公益財団法人山 形県埋蔵文化財センターにおけるデジタル技術の利用 例」(水戸部 2019b)や、「デジタル技術の導入までの 歩みと現状2 公益財団法人山形県埋蔵文化財センター の事例」(水戸部 2019a)、「発掘調査から報告書公開ま でのデジタル技術」(水戸部 2020)、「デジタル画像を 利用した新しい技術の利用例」(水戸部 2021)、「山形 県での取り組み―フォトグラメトリを活用した調査―」 (水戸部 2023)などで紹介してきた。いずれも事例紹 介なので、似たような内容であることをお断りしておく。

A 遺構断面図の場合

断面図を対象とした作業手順は以下のとおりである。

- ① 半截した遺構の断面に線を引く
- ② マーカーの設置
- ③ 台帳に略図・土層注記などを記入
- ④ デジタルカメラで撮影
- ⑤ マーカーの座標計測
- ⑥ 遺構の完掘作業
- Metashape で解析を行いオルソ画像を出力
- ⑧ QGIS でオルソ画像に縮尺と座標を付与
- ⑨ オルソ画像を下図としてトレース図を作成

⑤はいくつかの遺構のマーカーを後からまとめて計測 しても良い。他にも順序を入れ替えられる個所もあるの で合理的に判断して実施されたい。⑨は前述のとおり割 愛とした。

① 半截した遺構の断面に線を引く(図1)

断面に線を引くときは少し強めに引くと、線の部分が くぼんだ三次元モデルが得られるので、判読しやすい。



図1 遺構の断面とマーカー設置(丸で囲った所がマーカー) ② マーカーの設置(図1)

マーカーは最低でも3個所必要だが、念のため4個 所設置している。そのうち2個所は断面の延長上に設 置すると後の作業が楽になる。遺構の底部にも設置した 方が深さをより正確に計測できる。なお、遺構が大きい 場合はマーカーの数を増やしている。

マーカーは、入手性の高い小コノエダブルと五寸釘な どを利用している。遺構が密集していると、マーカーと 遺構の対応関係が分かりにくくなるので、コノエダブル に遺構名などを記入しておくと良い。

③ 台帳に略図・土層注記などを記入(図2)

台帳に、撮影日時、遺構名、図種、グリッド名、断面 図・平面図の略図とマーカーの位置、土層注記などを記 載する。後で解析作業をするときに困らないように現地 で取れる情報を記載するものである。台帳は、イラスト レーター(アドビ社製)で作成した。

④ デジタルカメラで撮影(図3)

遺構の大きさにもよるので、必要な枚数を明言するこ とは難しい。全体が写る写真と、細部が見える写真を合 わせて数枚から数十枚くらい撮影する(高さを変えて5



図2 遺構ごとに作成する台帳



図3 撮影した画像の例

方向くらいか)。設置したそれぞれのマーカーを、必ず 複数の写真に写す。1 枚に入り切らない遺構は、重複率 80% を目安に移動しながら撮影することになる。

撮影時に注意が必要な点を Metashape の説明書から 抜粋すると以下のとおりである。

- ・デジタルカメラの画像解像度は 500 万画素以上(多いほど良い)。
- ・レンズの焦点距離は 20 ~ 80mm とし、50mm が最 適(35mm フィルム換算)
- 一つの解析に使用する写真はすべて同じ焦点距離のものを使う(途中でズームを使用せず、短焦点レンズやズームレンズの広角端側、望遠端側を使う)。
- ・写真は RAW 形式から生成した TIFF 画像を推奨。
- ・ISO 感度は最低を推奨。
- ・レンズはできるだけ絞り、被写界深度を深くする。
- ・シャッタースピードはできるだけ速く設定し、ブレが ないようにする。
- ・撮影対象をできるだけ大きく写し込む。
- ・写真の加工はしない(明るさ調整程度は可能)。
- ・EXIF データは削除しない。

レンズを絞ると、シャッタースピードは遅くなると いった難しい条件もあるが、ブレやボケを防ぐよう努力 して撮影すれば良いだろう。他にも日差しが強い日など では、白トビ、黒ツブレなどが無いように遺構を影で覆っ て撮影することもある。

通常は TIFF 形式でなくても JPEG 形式の写真でも解 析は可能である。写っていない部分は解析しようがない ので多めに撮影しておきたい。カメラは一眼カメラを使 用しても良いが、明るいレンズのついたコンパクトデジ カメでも十分である。暗い時にはストロボも使用した ことがあるが、解析結果に問題はなかった。現在、当 センターで解析用に使っているデジタルカメラは OM SYSTEM 製の Tough TG-6 である。

⑤ マーカーの座標計測

トータルステーションでマーカーの位置を計測する。 必ず使うので、機材の使い方は習得すべきだろう。

⑥ 遺構の完掘作業

遺構を完掘してしまうと、当然ながら断面写真を撮り 直すことはできない。慣れるまでは、事前に解析を行い 三次元モデルが作れることを確認した方が良い。

⑦ Metashape で解析を行いオルソ画像を出力

Metashapeを起動する。ソフトの操作手順は、矢印(→) と【】で示す。【】内の文字を順にマウスでクリックす るものと理解していただきたい。

画面上部にはメニューバーとツールバー、左側には ワークスペースや座標のペイン(領域)、下部には写真 のペインが展開される。それぞれ【メニュー】、【ツール】、 【ワーク】、【座標】、【写真】と表記する。以下に操作手 順を記す。

⑦-1 写真のアライメント

【メニュー】→【ワークフロー】→【写真を追加】→ 使用する写真をすべて選択する。次に同じく【ワークフ ロー】→【写真のアライメント】とし、図4の設定を 参考にして処理を開始する。「精度」を最高としているが、 パソコンのスペック次第では調整しても良い。筆者の利 用環境では短時間で済んでいる。

⑦-2 座標データのインポート

一旦、Excel (マイクロソフト社製) に移り、座標デー タを整理する。トータルステーションからダウンロー ドしたデータの拡張子を「csv」に変え Excel で開くと、 おおよそ図 5 のようになる。詳しくはトータルステー ションの説明書を参照されたい。解析対象の遺構に必要 な点の点名から標高までを選択し、コピーして新しい ファイルを作成する。選択した範囲を【コピー】→【新 規作成】→【ペースト】→【上書き保存】とし、適当な 名前を付けて csv 形式で保存する。

Metashape に戻り、【座標】→【座標をインポート】 →先ほど作成した csv 形式のデータを選択する。現れ たダイアログボックスには次のように設定を施す。「座 標系」は、山形県の場合は、【JGD2011/Japan Plane Rectangular CS X (EPSG:6678)】とする。ここは地域 によって異なるので確認しなければならない。「区切り」



図4 写真のアライメントの設定

			点名	】 【X値】	Y値	標高	
	A	В	V c	D	V _E		
139	A01	136	S5	-109417.9511	-75103.9616	82.6704	
140	A01	137	S6	-109418.1213	-75103.7287	82.7088	
141	A01	138	S7	-109418.379	-75103.8449	82.7296	
142	A01	139	S8	-109418.2087	-75104.1124	82.7036	
143	A01	140	S9	-109419.5655	-75104.4482	82.7249	
144	A01	141	S10	-109419.8295	-75104.3303	82.743	
145	A01	142	S11	-109420.0165	-75104.6148	82.7163	
146	A01	143	S12	109419.7077	-75104.746	82.7319	
147	A01	144	S1 <u>3</u>	<u>094</u> 19.4094	-75106.0712	82.7477	
148	A01	145	S1	択中 19.6024	-75106.3063	82.7205	
149	A01	146	S15	-109419.3682	-75106.4859	82.7153	

図5 座標データのインポート準備



図6 マーカーの配置作業

を【コンマ】、「コラム」のラベルを【1】、「東経」を【3】、 「北緯」を【2】、「高度」を【4】とし、【OK】となる。「新 しいマーカーを作成しますか?」と問われるので【全て はい】とする。これで座標データがインポートされる。 ⑦-3 マーカーの照合

先にインポートした座標のマーカーと写真の中のマー カーを照合する。マーカーが入った写真を【写真】の中 から選びダブルクリックする。写真を拡大し、マーカー の中央部で右クリックして【マーカーを配置】→先ほど インポートした対応する座標を選ぶ。全てのマーカーで この作業を行う。どのマーカーがどの座標に当たるかは、 先に紹介した台帳に記載しておく。

次の写真に移るとマーカーが自動で配置されている。

配置されていない場合は、同じ操作を繰り返す。位置が ずれているマーカーは中心にドラッグして移動し、全て の写真で中央にあるかどうか確認する。おおよそ中央に あれば良いようだ。マーカーの色が緑色と青色のものが 解析に使用される。白色のものは使われないので、位置 の調整ができないものは白色のままにしておく。

写真が多いと少々手間取る作業であるが、同じ写真内 のマーカー間の移動には「tab」キー、写真の移動には 「PageUp」・「PageDown」キーを使用すると作業がはか どる。自動認識用のマーカーを使用することで自動化も 可能である(【メニュー】 → 【ツール】 → 【マーカー】 →【マーカーのプリント】 → 【OK】で作成)。

⑦-4 カメラを最適化

【座標】→【カメラを最適化】→【OK】とする。その 後、マーカーパネル内の【誤差】がミリ単位程度である ことを確認して欲しい。

⑦-5 領域の設定(図7)

【ツール】→【領域のリセット】→【領域の回転】、さ らに【領域のリサイズ】とし、解析に必要のない部分を 領域という立方体から外す。また、解析が必要なのに領

域から外れている部分は中に入れ 直す。無駄な処理が行われなくな り、時間とデータ量の節約となる。

⑦-6 メッシュ構築(図8)

【メニュー】→【ワークフロー】 →【メッシュ構築】とし、図8 の設定例を参考に入力する。時間 に余裕があるなら品質を【最高】、 急ぐなら【中】でも良い。下図用 ならそれほどの品質は必要ないと 考えている。解析の目的と今ある 環境に応じて対応して欲しい。こ れで三次元モデルは作成されたこ とになる。

⑦-7 テクスチャー構築(図9)

【メニュー】→【ワークフロー】 →【テクスチャー構築】とし、図 9の設定例を参考に入力する。品 質を上げるには「個数」を増やす と良い。メッシュ構築で品質を高 くできなくても、テクスチャー構築を行えば見栄えは良 くなる。

⑦ -8 三次元モデルの不要部分の削除(図 10)

断面を正面から観察するためには手前のデータが邪魔 になる。断面の奥側も邪魔なので両方ともできるだけ削 除する。【ツール】→【矩形選択】・【自由選択】で不要 部分を選択し、「delete」キーで削除する。この時の作



図7 領域の設定(遺構内のベルト付近だけ選択中)



図 10 三次元モデルの不要部分の削除(左から右)

業では【ナビゲーション】と【選択】ツールを頻繁に往 復することになる。「space」キーを使うと簡単にツール 間の往復ができる。なお、マーカーは非表示にして削除 しないようにする(【ツール】→【マーカーを表示】)。

⑦-9 オルソモザイクの構築(図11・12)

先に断面を水平にし、垂直に立てるための準備を行う。 【座標】→マーカーパネル内で右クリックし、【マーカー を追加】とし、二つ追加する。追加したマーカーの東経、 北緯、高度に数値を入力する。図11を使って説明する。 新設した pooint1・2の東経と北緯は、断面の延長上に 設置したマーカーである 305-1と 305-3と同じ値とし、 高度は2点とも既設のマーカーより1m程度高い数値、 かつメートル単位にそろえた任意の値とする。これによ り point1・2が同じ高さなので水平の基準となる(図 12)。これらは従来の手実測による断面図作成で使う水 平に張られた水糸の役割を持つと言えよう。

一旦保存し、【メニュー】→【ワークフロー】→【オ ルソモザイク構築】とし、図 13 のように入力すると断 面の水平と垂直を整えることができる。断面の延長上に マーカーが設置されていると、このように簡単な操作の みで断面の画像を作成することが可能である。

最後に、断面の画像を一つのファイルとして出力して オルソ画像の完成となる。【メニュー】→【ファイル】→【エ クスポート】→【オルソモザイクをエクスポート】とし、 保存場所、ファイル名を指定し、必ず TIFF 形式で保存 する。TIFF 形式は座標データを内包できるからである。

すると、図 14 のよう なダイアログボックス が現れる。そのまま 【OK】としても良いが、 データ量が多すぎても 無駄なので、最大サイ ズにチェックを入れ、 サイズを【4096】な どに設定しても良い。 柱穴や土坑程度の大き さの遺構なら、十分に 図化に利用できる解像 度は残る。やり直しは

オルソモザイク構築						>
- ▼ プロジェクション タイプ: ジ:	オグラフィミ	ック ● 平面		• :	シリンドリカノ	ル/円柱
ブロジェクション面:	⇒	マーカー				Ŧ
回転角度:		0				
● 水平軸:	⇒	point 1	Ť	->	point 2	Ψ.
垂直軸	⇒	305-1	Ŧ	->	point 1	Ŧ
パラメーター					Î	
サーフェイス:		メッシュ				-
ブレンドモード		モザイク (標準	犨)			-
シームラインをリファ	イン					
🔍 穴埋めを有効にす	3					
ゴーストフィルターを	有効化					
裏面の間引きを有	効化					
ピクセルサイズ(m):		0.000209269				X
メートル		0.000209269				Y
 最大サイズ (pix): 		4096				

図 13 オルソモザイク構築の設定

305-1 -67465.085000 -216735.142000 207.5490 305-2 -67463.997000 -216735.539000 207.9170 305-3 -67463.982000 -216736.409000 207.9210 305-4 -67465.143000 -216736.095000 207.5540 ppint 1 -67465.085000 -216735.142000 209.0000	マーカー		東経 (m)	北緯 (m)	高度 (m)
305-2 -67463.997000 -216735.539000 207.9170 305-3 -67463.982000 -216736.409000 207.9210 305-4 -67465.143000 -216736.095000 207.5540 point 1 -67465.085000 -216735.142000 209.0000	V 🏴	305-1	-67465.085000	-216735.142000	207.5490
305-3 -67463.982000 -216736.409000 207.9210 305-4 -67465.143000 -216736.095000 207.5540 point 1 -67465.085000 -216735.142000 209.0000	V 🕨	305-2	-67463.997000	-216735.539000	207.9170
✓ ▶ 305-4 -67465.143000 -216736.095000 207.5540 ✓ ▶ point 1 -67465.085000 -216735.142000 209.0000	V 🕨	305-3	-67463.982000	-216736.409000	207.9210
V 🏲 point 1 -67465.085000 -216735.142000 209.0000	V 🏴	305-4	-67465.143000	-216736.095000	207.5540
	V 🕨	point 1	-67465.085000	-216735.142000	209.0000
✓ 🏴 point 2 -67463.982000 -216736.409000 209.0000	V P	point 2	-67463.982000	-216736.409000	209.0000

図 11 マーカーパネルでの入力例



図 12 既設のマーカーの直上に新設したマーカー



図 14 オルソモザイクをエクスポートの設定

簡単なので試行錯誤して欲しい。

⑧ QGIS でオルソ画像に縮尺と座標等を付与

先に、遺構用のテンプレートファイ ルを作成する。QGISを起動し、前段 までに作成したオルソ画像のTIFF 画 像をウインドウ内にドロップする。【メ ニュー】→【ビュー】→【地図装飾】 →【グリッド】とし、グリッドプロパ ティの設定を図15左側のように入力 する。ラインシンボルは図15右側を 参考にする。図の見易さに関わる設定 なので各自の好みに変更して構わな い。【OK)としたら、次に【メニュー】 →【ビュー】→【地図装飾】→【方位 記号】と進み、【方位記号を使用】に

チェックを入れる。方位記号についても、自由に設定を 変えて良い。【OK】とすると、画面にグリッドラインと 座標値、方位記号が表示される。左下ペインのレイヤに 表示された、先ほどドロップした TIFF 画像を右クリッ クして【レイヤを削除】→【OK】と進み、TIFF 画像を 削除する。【メニュー】→【プロジェクト】→【名前を 付けて保存】とすると、遺構テンプレートファイルの完 成となる。このファイルは平面図・断面図の両方で使用 することができる。Metashape で作成したオルソ画像 をこのテンプレートに放り込めば、縮尺・座標・方位が 付与された図が簡単に作成できる。

次に実際に遺構用テンプレートを使って、遺構図用の 下図を作成する手順を記す(図 16)。QGIS で先ほど作 成した遺構用テンプレートを開き、Metashape から出 力した断面のオルソ画像をドロップする。すると、断面 図内の左側のマーカーの位置が「0」となる。また、新 設した point1・2 の高度が「0」と表示される。その高 度は Metashape でメートル単位にそろえてた高度の位 置となっているので、遺構の高度も計算可能であろう。 ウインドウ右下に座標系が「EPSG:6666」(通常は使わ ない座標系)と表示されるはずだが、もし表示されない 場合は、座標系のフィールドををクリックし、現れる「プ ロジェクトのプロパティ」というダイアログボックスで 「EPSC:6666」と設定する。





図16 完成した断面図の下図

最後に調整したデータを出力する。まずは縮尺の設定 をウインドウ下辺にある縮尺のフィールドに入力する。 目安としては、通常の竪穴住居なら「1:40」程度となる。 結果を見て調整して欲しい。データの出力は、【メニュー】 →【プロジェクト】→【インポートとエクスポート】→ 【地図を画像にエクスポート】、現れたダイアログボック ス(図 17)の中の【キャ ンパスに描画】をク リックし、図 17 左側 のように、断面と水平・ 垂直の「0」の交点を 含めて範囲指定する。 解像度を調整して出力 幅が 4000 程度になる ようにする。

出力幅が 4000 の画 像というのは、おおよ そ 1200 万から 1600 万画素のデジタルカ



メラのものに近く、通常の遺構なら十分な解像度だろ う。ここも結果を見ながら調整して欲しい。【保存】を クリックし、保存場所と名前を指定して保存する。形式 は TIFF でも JPEG でも良い。TIFF 形式なら画像は精細 だがデータ量が大きい、JPEG 型式は精細さに欠けるが データ量が小さいという違いがある。QGIS のデータに ついては保存する必要は無く、そのまま終了しても良い。

保存したデータをイラストレーターに配置し、トレー スすれば図は完成する。方位や座標の目盛りが表示され ているので、自由に編集が可能なはずである。

B 遺構平面図の場合

Metashape での操作

テクスチャー構築までは断面と同じなので、その次の 手順から記す。【メニュー】→【ワークフロー】→【オ ルソモザイク構築】とし、現れたダイアログボックスの 【ジオグラフィックス】にチェックを入れ、遺構の所在 する地域の座標系を選択し【OK】とする(図18)。

次に【メニュー】→【ファイル】→【エクスポート】 →【オルソモザイクをエクスポート】と進み(図 19)、 保存場所と名前を指定して、必ず TIFF 形式で保存する。 現れるダイアログボックスの座標系を確認する。【最大 サイズ】にチェックを入れて値を調整すれば任意のサイ ズの画像を出力できる。小型の遺構なら【4096】でも 十分である。自由に調整して欲しい。

QGIS での操作

先に作成した遺構用テンプレートを使用する。開いた

小図を画像として保存 ▼ 領域(現在: キャンバスに描かれた) 北 0.2285 西 -0.3533 東 2.2608 南 -3.3381 次を元に計算 レイヤ ・ レイアウトマップ ・ ブックマーク キャンバスの領域 . キャンバスに描画 縮尺 1:40 **解像度** 800 doi 出力幅 2058 px 出力高 2808 px ✔ アクティブな装飾を描く: グリッド、方位記号 ↓ 注記を描画 ✔ 地理参照情報を追加 クリップボードヘコピー 保存 キャンセル 図 17 地図を画像として保存の設定



オルソモザイクをエクスボート	- TIFF	×
座標系		
JGD2011 / Japan Plane F	ectangular CS X (EPSG::6678) - *
ラスター		
ピクセルサイズ(m):	0.000399502	х
头一下儿	0.000399502	Y
➡● 最大サイズ (pix):	4096	
図 19 平面図の) オルソモザイクをエクス	ポートの設定

:7455		7454	:7453	:7452	7451	
縮尺 1:40	-	쓸 拡大 100%	÷ 0\$ī	0.0*	✓ レンダ ●EPSG:667	• 🗲
				図 21	座標系と縮尺の)入力

なら平面のオルソ画像をドロップする。遺構が表示され ず、どこにあるか分からないときには、左下ペインのレ イヤパネル内にあるオルソ画像の名前を右クリックし、 【レイヤの領域にズーム】とする(図 20)。次に、ウイ ンドウ下端の座標系と縮尺を調整する(図 21)。座標系 は山形県なら「EPSG:6678」である。縮尺は必要に応じ て設定する。ここでは「1:40」とした。

【メニュー】→【プロジェクト】→【インポートとエ クスポート】→【地図を画像にエクスポート】と進み (図 22)、【キャンパスに描画】をクリックしたら、平面 図全体を範囲指定する。縮尺を確認し、解像度を調整し て出力幅が 4000 程度になるようにする。ここも結果を 見ながら調整して欲しい。【保存】をクリックし名前と 保存場所を指定し保存する。保存形式は TIFF でも JPEG でも良い (図 23)。

保存したデータをイラストレーターに配置し、トレー スすれば図は完成する。図 23 のように、座標や方位が 表示されているので、自由に編集できるだろう。しか し、平面図の場合、画像を見ただけでは、どこが上端で、 どこが下端なのが分かりにくいことがある。対処法とし ては、現場で写真を撮る前に下端とする部分に釘などで 線を引く方法や、DEM を利用する方法がある。以下に DEM の作成方法を記す。

DEM(デジタルエレベーションモデル)の作成

DEM を使って、高さの違いを色の違いで表現した図 を作成することができる。等高線が入った図に近いもの である。Metashape では等高線も生成できるが、デー タ大きくなりすぎるので便利に使えるとは言い難い。

【メニュー】→【ワークフロー】→【DEM 構築】と進み、 図 24 のようにプロジェクションを現在の座標系、ソー スデータを【深度マップ】とし、【OK】をクリックする。

次に、【メニュー】→【ファイル】→【エクスポート】 →【DEM をエクスポート】と進み、名前と保存場所を 指定してやはり TIFF 形式で保存する。設定(図 25)は 必要に応じて【最大サイズ】にチェックを入れて【4096】

			北	-21673	6.782	3				
西 -	67464.8336						東	-6746	0.7273	
			南	-21674	0.8674	4				
		次を元に計算		レイヤ	¥	レイアウト	マップ -	ブックマー	ウー	
		キャン	157	の領域			キャンバス	に描画		
宿尺 解像度	1:40 1000 dpi									•
出力幅	4031 px									\$
出力高	4010 px									\$
 ✓ アクラ ✓ 注記 ✓ 地理 	イブな装飾を描 を描画 参照情報を追	K: グリッド. 方位: 加	12 7	2						
							/0.+=		Sec. 5. Last	

図 22 地図を画像にエクスポートの設定例





図 24 DEM 構築の設定

DEMをエクスポート - TIFF					×
座標系					
JGD2011 / Japan Plane Re	ectangular CS X (E	PSG::6	678)	÷	25
ラスター		*			
ピクセルサイズ(m):	0.000445718				Х
头一下走	0.000445718				Y
● 最大サイズ (pix):	4096				
ブロックに分割 (pix):	10000	×	10000		
ラスター変換:	パレット				Ŧ
バックグラウンドカラー:	白				Ŧ

図 25 DEM をエクスポートの設定

程度と入力することと、ラスター変換を【パレット】と することなどである。

保存したデータを QGIS で開いた遺構用テンプレート にドロップすると、平面図と同じように座標や方角、縮 尺が付与される (図 26)。平面図と同じように出力し、 イラストレーターに配置してトレースの下図とすること ができるだろう。

4 精度について

山口欧志 (山口 2023) や味岡・渡邉 (2015) によると、 三次元写真計測には、レーザースキャナーと比較しても 十分な精度があるという。筆者も精度は確かであると述 べたいが、大きな誤差が生じたと言われても責任を負い きれないので、ここでは簡単な精度の検証方法を提示す る。各々が納得するまで検証していただければと思う。

Metashape で三次元写真計測を行う際に、本稿では4 つのマーカーを使うと述べた(図1)。しかし実際には 3つでも三次元モデルの作成は可能である。そこで、3 つのマーカーだけを利用して三次元モデルを作成し、そ のモデル上に写り込んでいるもう一つのマーカーの位置 を測ると良い。以下にその方法を示す。

⑦-1 写真のアライメントから⑦-7 テクスチャー構築 までをやり直す。その際に使用するマーカーは3つとす る。三次元モデル上で、解析から除外したマーカーを探 し、その中央部で右クリック→【マーカーを追加】とす る。すると、マーカーパネル内に新しい point が出現し、 データ上で計測された座標値も表示される。この座標値 と実際に発掘現場で測量したトータルステーションによ る計測値を比べて、どの程度の違いが生じているのかを 調べることができる。筆者がいくつか試したところ、数 ミリ程度の誤差であった。トータルステーションによる 計測値にも誤差は含まれるので、許容できる範囲ではな いだろうか。

これまでの方法で生成された三次元データの場合、座 標値を持つマーカー付近が最も精度が高いとされてい る。遺構単体を計測する場合、付近に4つものマーカー が配されていることになるので、精度は高くなるだろう。

5 おわりに

令和6年2月時点で、筆者の知る範囲ではあるが、 以上のようにまとめてみた。日進月歩の技術なのですぐ に陳腐化するだろう。

最後に、三次元データを生成しオルソ画像を下図とす る遺構図の作成(2005年前後)を受託していただいた 旧株式会社セビアス様、Metashapeの利用方法の講義 をしていただいた奈良文化財研究所の講師陣の皆様、筆 者に三次元データの活用について教示していただいたエ



ジプト・アコリス遺跡調査団の皆様、そして膨大なノウ ハウを蓄積し筆者に教示していただいた同僚の皆様に謝 意を表したい。

本稿は短時間で執筆した手順書なので、間違いや誤表 記等があるかもしれない。参考にする際は十分に注意し て欲しい。実践される方々の健闘を祈る。

引用文献

- 味岡収・渡邉弘行 2015「画像解析による3次元形状復元モデ ルについての精度検証」『日本建築学会大会学術講演梗概集』 (関東)
- 岩城克洋 2023「環状列石の調査記録法:二次元記録から三次 元記録へ」『環状列石』考古調査ハンドブック24 ニューサイ エンス社
- 鳥海幸一 2022『技術の泉シリーズ フォトグラメトリの教科 書』株式会社インプレス R&D
- 野口淳 2024「総論 これからの 3D 考古学:計測・分析・活用」 『考古学ジャーナル』No. 791, 2024 ニューサイエンス社
- 水戸部秀樹 2019a「デジタル技術の導入までの歩みと現状2 公益財団法人山形県埋蔵文化財センターの事例」『埋蔵文化財 保護行政におけるデジタル技術の導入について3』(報告) 埋 蔵文化財発掘調査体制等の整備充実に関する調査研究委員会 文化庁
- 水戸部秀樹 2019b「公益財団法人山形県埋蔵文化財センターに おけるデジタル技術の利用例について」『研究紀要』第11号 公益財団法人山形県埋蔵文化財センター
- 水戸部秀樹 2020「発掘調査から報告書公開までのデジタル技術」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用 2-オー プンサイエンス・データ長期保管・知的財産権・GIS-』奈良 文化財研究所報告 第24冊 独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所
- 水戸部秀樹 2021「シリーズ 発掘調査報告書 私の工夫 デ ジタル画像を利用した新しい技術の利用例—3D 写真計測と焦 点合成—」『文化財写真研究』vol. 11 文化財写真技術研究会
- 水戸部秀樹 2023「新技術の利用事例② 山形県での取り組み ーフォトグラメトリを活用した調査―」『月刊 文化財』8月 号 第一法規株式会社
- 山口欧志 2023「文化財の三次元記録とその活用」『文化財論叢 V』奈良文化財研究所創立 70 周年記念論文集 奈良文化財研 究所学報第 102 号 独立行政法人国立文化財機構 奈良文化 財研究所