

デジタル技術による文化財情報の記録と利活用 6号

# 広島県教育委員会における「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」策定の取組について

沖 憲明 (広島県立埋蔵文化財センター)

An Effort to Prepare a Survey Work Manual Using LiDAR Sensor and 3D Technology by the Hiroshima Prefecture Board of Education

Oki Noriaki (Hiroshima Prefectural Center for Archaeological Operations)

その他

技法・技術 / 活用手法 / 調査技術

測量・実測作業マニュアル / LiDAR / 3D / 県規程

本稿は、広島県教育委員会の内規「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」の全文及び作成経過報告である。古墳の墳丘地形測量に無料アプリケーション・ソフトウェアやスマートフォン等の汎用機器を使用するもので、省力化と調査精度向上が期待できる反面、発掘期間短縮やコスト縮減の効果については今後慎重な検討を要する。また、本マニュアルを文化庁・地方ブロックの作業標準等に紐付く県教委の内規としたことで、文化財行政に求められる発掘調査の品質監理について組織内で再認識するとともに、広域行政を所管する県として市町等に対する指導の根拠として活用されることも期待される。本稿が、各自治体における業務監理の仕組の整備に役立つことを願うものである。

はじめに

本稿では、広島県教育委員会文化財課（以下「県教委」という。）が作成した「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」（以下「マニュアル」という。）について報告する。本マニュアルは工事中に発見された遺跡の記録保存対応を検討する過程で、発掘調査における調査員（専門職員）業務の省力化と、埋蔵文化財保護行政に求められる記録保存の精度保持や作業の標準化等を目指して作成し、県教委の内規として位置付けたものである。マニュアルそのものは本稿末尾に付録として掲載し、本文では作成開始から県教委内規となるまでの経過を中心に報告したい。デジタル技術は発掘調査の高精度化や情報発信に有効である反面、相応の精度保持と長期保存のために必要な体制（人員、作業時間、機器）整備の必要性も指摘されており（註1（<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/71612>））、文化財保護部局として業務を自己監理する仕組みを整備することが重要である。本稿が、全国の自治体の担当者諸氏が自らの業務をどのように定義していくべきかを考える一助となれば幸いである。

## 1. マニュアル作成に至る経緯

令和5年1月上旬、当県内の災害対策事業（砂防堰堤整備工事）の現場で、地元市教育委員会の工事立会により箱式石棺1基が発見され、その後の詳細地形観察により低墳丘の古墳と判断された。取扱いについて事業者、当該市教育委員会及び県教委の3者で協議した結果、設計変更による現状保存は困難という結論に至ったことから、県教委は事業者に対し、記録保存調査の経費確保や発掘期間確保のための工事工程の精査を要請するとともに、災害対策という事業の緊急性にも配慮した発掘調査体制の検討・調整に着手した。

当該事業は県が事業主体者であることから、平成9年文化庁次長通知（註2）等に従うと、一義的には県教委が対応すべき案件である。県教委は、発掘調査の実施機関として財団発掘調査機関（以下「財団」という。）を設立しているが、例年1月から3月は当年度受託事業の成果物取りまとめ・経費精算事務や次年度発掘計画の調整時期であり、工事着手リミットの時期によっては通常の発掘調査体制が組めない可能性が考えられた。緊急措置として県教委が発掘調査を実施することになった場合、県教委の業務繁忙期にも最小限の人数で通常発掘体制と同等に近い速度で発掘調査を進行できる省力化を実現するとともに、民間発掘調査機関の支援導入の予算措置や業務発注等の事務期間を確保できない場合も見越して、業務や機材等の外部発注を極力要しない手法を検討することとした。さらに、財団に記録類整理・報告書作成を引き継いだり、市教育委員会担当者に作業の補助を依頼したりできるよう、作業手順や記録類の規格等について共有できる資料を作成する必要もあると判断した。これらの検討は、県教委で埋蔵文化財に関する技術的事項を分掌する埋蔵文化財センター駐在職員の筆者が担当した。1月中旬には文献等を元に基本的な作業の流れを把握するとともに、作業に必要なアプリケーション・ソフトウェアを特定し、職員用パソコンにインストール可能かどうかを本庁文化財課を介して情報処理担当部局に協議した。1月末にインストール可能の回答を得たことから、マニュアルの作成を本格的に開始した。

## 2. マニュアルの枠組

本マニュアルは、古墳の表土掘削前測量の、LiDAR・3Dを活用した作業手順等に限定するとともに、単なる担当者の手持資料ではなく県教委の規程として位置付けることを意識して作成に着手した。その理由は次の通りである。

### （1）マニュアルを作成する行程の特定

災害対策事業に円滑・迅速に対応するため、本マニュアルは調査員業務の省力化・迅速化の効果が高いと見込まれる作業行程に限定・集中して作成することとした。発掘作業における調査員の主要業務は、発掘調査の進行・精度監理（作業員や調査支援機関に対する指示・検査等）と記録作業（測量・実測・写真撮影等）である。古墳の発掘作業において調査員業務の省力化効果が高い作業は何か、という観点で検討すると、進行・精度監理については、面積が狭

い割に構造が複雑で作業行程数が相対的に多い古墳の発掘調査で省力化は困難である。記録作業においても、今回の調査対象である低墳丘・箱式石棺を埋葬主体部とする古墳では、墳丘土層断面や主体部の実測・写真撮影は概して小規模である。

しかし、墳丘の地形測量については、通常の平板測量の場合、アリダードを覗きながら描図を行う調査員、攪乱や地形変換点等を判断しながらスタッフ等を適切な測点に立て測点を決める調査員の2名に加え、オートレベルを覗いて測点のレベルを読み上げたり巻尺等を持って距離計測を担当する作業員等を合わせると、円滑な作業実施には3～4名が必要となり、発掘中の記録作業の中では最も人出がかかる作業と考えられる。とくに調査前墳丘地形測量は、発掘調査の最初期に必須の作業であり、この作業に的を絞って省力化の方法を検討することとした。

## (2) 使用機器と手順の決定

全体の手順や必要機材については、奈良文化財研究所が刊行した『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用5』（註3 (<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/130529>)) 掲載の石井淳平氏報告（註4 (<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/article/120083>))、野口淳氏ら報告（註5 (<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/article/120081>)) などいくつかの文献により概略を理解することができた。スマートフォンの操作方法については、モバイルスキャン協会が公開しているモバイル端末スキャンマニュアル（註6 ([https://mobilescan.jp/sdm\\_downloads/](https://mobilescan.jp/sdm_downloads/))) を参照した。入手すべき3D測量アプリケーションについても同協会が公開しているiPhoneスキャンアプリ一覧（註7 (<https://mobilescan.jp/>)) から、前掲報告等に頻出する無料アプリ「Scaniverse」を選択した。スキャンデータを等高線図に変換する無料ソフトについても、前掲石井氏・野口氏ら報文や、野口氏御本人からいただいた教示の内容も踏まえて「CloudCompare」及び「QGIS」を選択した。

## (3) 県規程とする必要性・位置付けについて

近年、埋蔵文化財保護業務においては、人口減少社会に対応する作業省力化や記録の高精度化等を推進するため、デジタル技術の導入推進が求められている（註8）。また、県教委は、文化財保護行政の執行機関として、一定の水準を保った作業行程に沿った発掘調査を自ら実施するとともに、広域行政を所管する立場から、体制不備市町の発掘調査の支援・代行や県内の発掘調査精度の平準化を目的とした指導等の基本となる方針や標準の策定を求められている（註9）。

以上の点から、本マニュアルについては、単に今回の発掘案件に対応するための担当者手控えにとどめず、今後の新技術導入に伴う発掘調査品質の確保や、市町等に対する指導にも有効に利用できるよう、既存の積算基準等諸規程との関係を整理していくこととした。国（文化庁）は、有識者で構成される諮問委員会において行政目的調査の行程と精度を定めた作業標準（註10）（以下「文化庁作業標準」という。）を定め、各都道府県や地域ブロックにおいて作業基準の策定を促すとともに、作業標準を適切かつ確実に実行するための作業マニュアルとして『発掘調査のてびき』（註11）（以下「『てびき』」という。）を作成している。本マニュアルは、当該機器を用いる場合の機材操作手順や注意点等を具体的に示そうとするものであるため、『てびき』に地形測量方法の一つとして掲げられている3Dレーザー測量（註12）の実行手順等細目規程（県教委自らが実施する際の手順書）として位置付けるべきと判断した。当県では発掘作業基準の規程はなく、文化庁作業標準ならびに全文協中国四国地方文化・文化財主管課長会議で策定された作業標準（註13）（以下「中四国ブロック作業標準」という。）を準用して積算等を行っているが、文化庁作業標準と中四国ブロック作業標準の間には用語の不統一等があるため、運用手引書（註14）を作成して内容の関係を整理している。県が作業基準を策定するまでの間、本マニュアルは当該運用手引書の下位に紐付くものと位置付けた。

また、当県の埋蔵文化財発掘調査積算基準（以下「県積算基準」という。）は財団に発掘調査を委託する際の設計金額算出を行うために作られているため、調査員の作業歩掛や機器等の保有・使用に要する経費の単価についても規定されている。本来、マニュアルの策定にあわせ、県積算基準の関係作業歩掛や単価についても改定が必要であるが、今回は県教委が直営で当該作業を行うという前提を明示することにより、既定基準の改定を不要とし、マニュアルの新設のみで足りると判断した。

### 3 . マニュアルの構成と作成経過

マニュアルの構成は、目的・適用対象・全体構成・参考文献の説明（鑑文）、測量～図化作業の手順・使用機材・成果品の説明（表1）、各行程段階ごとに作業が適切に行われていることを自己点検するためのチェックリスト（表2）からなる「本編」と、3Dデータの画像処理・図化に使用するソフトウェア「CloudCompare」及び「QGIS」の操作手順書からなる「別紙」とした。

**本編鑑文** 鑑文においては、「目的」「適用対象」のくだけで当県の埋蔵文化財発掘調査の品質監理規程の中での位置づけを明記し、「作業手順等」の部分で本マニュアルの全体構成を示した。「備考」では、本マニュアルの内容について、より詳細な手順等の検討・確認等が必要となった場合に備え、マニュアル作成時に参照した資料を掲載した。

**表1（作業手順等説明）** 作業行程表の作成に際しては、文化庁作業標準や中四国ブロック作業標準、『てびき』に紐づくものであることを明確にするため、できる限り共通の構成や用語を用いることを心掛けた。「使用機材」の項には、準備物をできるだけ具体的に記述することを心がけるとともに、実施事例の蓄積が進んで作業標準歩掛の設定が可能になるまでの目安として、マニュアル作成時に当該操作を試行した際の所要時間（当該作業を始めて行ったときの所要時間と、2～3回反復して行って手順をある程度習熟したときの所要時間の中間）を「標準作業時間」として記載した。各行程における機器・ソフトウェア操作方法については参考とした文献やインターネット上で公開されている紹介動画のアドレス等をできる限り記載し、説明の欠を補えるように心がけた。デジタル技術の導入では、データの長期保存・活用を可能とする機材等の措置が重要であることから、作業手順の最終行程である「記録類収蔵・保管」の項に文化庁設置有識者委員会が示した「デジタル技術導入に必要な環境」の内容（註15）を再掲し注意喚起を図るとともに、具体的な対応を検討する際の手助けとなるよう、奈良文化財研究所による研究報告を参考資料として掲載した。

**表2（チェックリスト）** 業務の品質保持のためには、作業手順を定めるとともに、定めた手順が確実に実行され適切な成果物が作成されているかどうかの点検・検査が重要である。作業手順書の内容が確実に実行されていることを自己点検・確認するためのチェックリストはマニュアルと一体不可分のものと考え、表2を作成した。点検項目には、国土交通省が作成している3次元計測技術を用いた出来形管理チェックシート（註16）や、県の公共工事担当部局が作成している作業管理チェックシートの内容と、LiDAR・3D測量以外の方法にも共通する測量作業一般・埋蔵文化財調査固有の事項として『てびき』の関連部分（註17）を元に点検項目を作成した。

**別紙（ソフト操作マニュアル）** 画像の処理・図化に用いる「CloudCompare」及び「QGIS」の操作手順については、当該ソフトウェアに盛り込まれている機能が多くカーソル操作などが複雑であることに加えて、バージョンアップが不定期かつ比較的頻繁に行われることが予想されたため、ソフト操作の習熟度に応じた「拾い読み」やバージョンアップ等に即応した修正・改訂作業を容易にする観点から別資料として作成することとした。当該ソフトは盛り込まれている機能が多いため、作業途中でスクリーンショットで画面を逐一保存しながら操作内容をメモして草稿を作成し、1日おいて記憶が薄れた頃に草稿を見ながら同じ操作を行って草稿の過不足を修正する作業を繰り返して、完成稿に近づけていった。

## 4 . 効果と課題

1月に発見された古墳については、開発事業者により工事の工程調整が行われた結果、発掘調査は令和5年4月以降に財団により通常の発掘体制で実施されることとなった。従って、マニュアルについては直ちに完成させる必要はなくなったが、第2章で述べた通り、埋蔵文化財調査における新技術導入は社会的要請であり、作業指針策定の必要性は変わらないという考えから、令和5年3月上旬まで作成作業を継続し原案を完成させ、その後一部修正のうえ令和5年10月に県教委の内規として施行された。

本マニュアルについては、発掘現場において実践していない点において不十分な内容と考えられるが、策定による効果の展望と課題について、筆者が思うところを最後に述べておきたい。

### (1) LiDAR・3D測量導入の効果展望と課題

あくまで筆者による実験の限りであるが、本マニュアルに沿って作業を行った場合、計測作業から図化・校正まで1人で行うことが可能であり、従来の平板測量に比べ省力化の効果が認められた。一方、発掘調査期間の縮減については芳しい効果は認められなかった。

県積算基準の標準歩掛では、従来の平板測量による古墳1基（直径10m程度の円墳、周辺地形を含む測量面積400㎡）の測量所要時間は4時間程度（延べ8時間÷調査員2人）である。一方、本マニュアルに沿って同等面積の3D測量を実験した場合、ターゲットマーカ―設置作業開始からQGISによる図化まで2時間40分程度を要した。この所要時間には、スキヤニングに不備があった場合の再スキヤンや校正作業、遺跡現地と現場事務所（パソコン操作やプリントアウト等を行う場所）間を移動する時間等は含まれていない。

3Dスキヤンデータから作成される等高線は、地形の起伏をきわめて忠実に反映したものとなるため、立木の根株や小動物の巣穴などによる、地表面のわずかな盛り上がりや窪みも描画に表れてしまう。QGISで生成された等高線図については、一度作成した粗図を基に現地で校正作業を行い、墳丘裾、墳頂平坦面、周溝の肩などを記載するとともに、等高線についても「活着している」部分を抽出し、不要な測点等を省略することが必要となる。作業手順は、現場での計測→現地事務所等でパソコンに取り込み図化・出力→現場で校正作業と、遺跡現地と現場事務所等の間を2往復する必要があり、室内でのパソコン・プリンタ操作時間や現場～事務所間の移動時間も見込んでおく必要がある。

また、スキヤニング時のスマホのかざしかたにより、データがうまく取得されずに3D画像に空白の部分ができたり、「Scaniverse」上では全体の画像がきれいに生成できているように見えても「QGIS」で等高線が途切れたりする場合があります。等高線の途切れる範囲が広ければ再計測が必要となった。平板測量の場合は、アリダードを覗く調査員と測点にスタッフを立てる調査員が測点の位置を相談・点検し、計測・描画と校正・照査を同時並行で行えるが、LiDAR使用の場合は計測、描画、校正、照査の行程が完全に独立することから、計測漏れなど各行程における手戻りが作業時間の増加に直結する。作業の着手から終了までの所要時間を通算で比較すると、次の行程に移行するまでの作業時間を短縮する「迅速化」の効果は少ないと思われる。

コストの縮減についても、本マニュアルは県教委職員が直営で作業を行うものとして、機器等は最大限既存のものを使用することとしたが、全てを開発原因者の経費負担で賄う財団の通常発掘体制で導入する場合には、発掘現場におけるスマートフォン、パソコン、プリンターの購入又は借上、パソコン等機器を設置する現場事務所の防犯設備整備など、従来の発掘調査積算基準では計上されていなかった経費の措置が新たに必要となる。省力化による人件費等の縮減も見込めるが、導入前後のコストの慎重な比較が必要である。

以上を総括すると、本マニュアルに沿った3D測量導入は調査員の労働量軽減にはなるが、発掘期間短縮の効果は薄く、コスト縮減効果も慎重な検討が必要と思われる。計測、描画、校正、照査の行程が完全に独立することから迅速化の効果が少ないという点は、他の作業へのデジタル技術導入にもあてはまることが多く、軽減された労働量については、調査精度向上（従来より詳細な観察・記録を行う時間の確保）に振り充てるべきものと考えたい。

## （２）県規程策定の効果展望と課題

当県は財団が記録保存調査に対応する体制を通常としており、県教委が本マニュアルを用いて直営発掘調査を行う機会のごく少ないと予想される。それでも、県の内規としての位置付けを目指したのは、既存の規程との関係を改めて整理し示すことで、それら発掘調査の品質監理規程の存在と内容について県教委の組織内で改めて意識し（註18）、県の文化財保護部局として果たすべき役割についても再確認することを企図したものである。今後の展開として、市町や財団における当該作業の実施あるいは外注時における仕様書・作業計画書の見本、他の作業マニュアル作成の「お手本」として周知・活用する役割が期待される。

## 【註・引用文献】

1) 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「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 1（報告）」（<http://doi.org/10.24484/sitereports.71612>）文化庁 平成29年3月31日。

2) 平成9年8月7日付け各都道府県教育委員会教育長宛て文化庁次長通知「公共工事の実施と埋蔵文化財の保護に係る連絡調整体制の整備について」。

3) 高田祐一（編）2023『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』5  
（<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/130529>）独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所。

4) 石井淳平2023「一人でできるフィールドワーク～iPad LiDARを利用した地形測量～」  
（<http://doi.org/10.24484/sitereports.130529-120083>）※註3文献所収。

5) 野口淳・中島将太・高木翼郎2023「モビルスキャンによる迅速な遺構計測と埋蔵文化財調査への効果」  
（<http://doi.org/10.24484/sitereports.130529-120081>）※註3文献所収。

6) [https://mobilescan.jp/sdm\\_downloads/](https://mobilescan.jp/sdm_downloads/)（[https://mobilescan.jp/sdm\\_downloads/](https://mobilescan.jp/sdm_downloads/)）2023年10月17日閲覧。

7) <https://mobilescan.jp/>（<https://mobilescan.jp/>）2023年10月17日閲覧。

8) 文化審議会文化財分科会「これからの埋蔵文化財保護行政の在り方について（第一次報告書）」令和4年7月22日。

9) a. 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「行政目的で行う埋蔵文化財の調査についての標準（報告）」文化庁 平成16年10月29日。

b. 平成10年9月29日 各都道府県教育委員会教育長宛て文化庁次長通知「埋蔵文化財の保護と発掘調査の円滑化について」2(3) 都道府県の役割及び体制の整備・充実。

c. 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「適正な埋蔵文化財行政を担う体制等の構築について（報告）」文化庁 平成26年10月1日。

10) 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「埋蔵文化財の本発掘調査に関する積算基準について（報告）」文化庁 平成12年9月28日 及び註9 a 文書。

11) a . 文化庁文化財部記念物課 ( 監修 ) ・ 独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所 ( 編 ) 2010 『発掘調査のてびき』 集落遺跡発掘編。

b . 同 2010 『発掘調査のてびき』 整理・報告編。

c . 同 2013 『発掘調査のてびき』 各種遺跡調査編。

12) 註11 a 文献p.84 「第Ⅲ章第 5 節 2 D 三次元 ( 3 D ) レーザー測量」。

13) 平成15年 9 月 3 日 全文協中国四国ブロック文化・文化財行政主幹課長会議「開発事業に伴う埋蔵文化財の本発掘調査に関する積算基準」。

14) 令和 4 年 3 月 7 日 広島県教育委員会事務局管理部文化財課「広島県埋蔵文化財発掘調査積算基準の運用について ( 暫定版 ) 」。

15) 註 1 文献p.10。

16) 国土交通省「3次元計測技術を用いた出来形管理要領 ( 案 ) 」令和 4 年 3 月版、同「3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領 ( 案 ) 」令和 4 年 3 月、国土交通省関東地方整備局「3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き ( 案 ) 」令和 4 年12月。

17) 註11 a 文献p.81-84 「第Ⅲ章第 5 節 発掘前の地形測量」、註11 c 文献p.27-34 「第Ⅱ章第 3 節 2 発掘調査の準備と計画、3 墳丘・周溝・外表施設」。

18) 本マニュアルによる作業の成果物は従来の手描き図面と変わらない内容であり、そのまま紙出力すれば長期保存は可能なため、積算基準や作業標準といった上位規程の改定やデジタルデータの保存体制準備が不要であった一方、アナログ媒体を成果物として残さない作業については成果物の品目・規格、保存・再生機器も含めた使用機材、成果物のデータ保存作業なども異なるため、上位規程の改定作業が必要となる。

また、当県の積算基準は、発掘調査実施機関の示す見積額に対する価格牽制機能確保の観点から、文化財課と公共工事積算担当部局により構成される「広島県埋蔵文化財発掘調査経費積算検討会議」において決定されている。積算基準の改定は、当該検討会議構成員である公共工事積算担当部局も妥当性を認める内容であることが求められる。

## ( 付録 ) 「LiDAR ・ 3 D を活用した測量 ・ 実測作業マニュアル」について

次に、マニュアル全文を掲載する。本マニュアルは広島県教育委員会の内規として作成したものであり、本マニュアルの利用から生ずる損失や損害について広島県教育委員会は一切の責任を負わない。本マニュアルの利用は、利用者自身の責任で行っていただきたい。

-----  
LiDAR ・ 3 D を活用した測量 ・ 実測作業マニュアル

令和 5 年10月10日 広島県教育委員会事務局管理部文化財課

### 1 目的

本マニュアルは、「広島県埋蔵文化財発掘調査積算基準の運用について ( 暫定版 ) 」 ( 令和 4 年 3 月 7 日 文化財課策定。以下「積算基準運用手引書」という。 ) に基づいて広島県教育委員会事務局文化財課の埋蔵文化財専門職員が行う測量 ・ 実測作業において、LiDAR ( ※光あるいはレーザー照射により対象物までの距離を測る技術 ) ・ 3 D を活

用する場合の作業手順等を規定するものである。

## 2 適用対象

積算基準運用手引書 別表3「古墳（横穴式石室）の発掘作業工程（全般）と記録類作成の標準」中、「事前作業」行程の「表土掘削前測量」作業において、LiDAR・3Dを活用する場合に適用する。

## 3 作業手順等

- (1) 作業手順、使用機材、成果品の内容については、表1による。
- (2) 作業の確実な実施を自己点検するため、作業行程の段階ごとに、表2のチェックリストにより点検・確認を行う。
- (3) 取得した3Dデータの座標合わせ・幾何補正・図化等に使用するソフトウェアの操作手順については、別紙による。

## 4 備考

埋蔵文化財調査への適合性と汎用性を確保する観点から、次の文献を作業行程の基本に据え、機器・ソフトの操作法については適宜その他の文献を参考にした。

作業に際して疑義が生じた場合には、当該文献を参照するとともに、機器の進歩等に伴うマニュアルの改善・改訂を図ることとする。

・ モバイルスキャン協会2022「モバイル端末スキャンマニュアル」（以下「協会マニュアル」と略称。モバイルスキャン協会HP（<https://mobilescan.jp/>）収録。

マニュアル作成に埋蔵文化財専門家（奈良文化財研究所文化財担当者専門研修「文化財デジタルアーカイブ課程」講師の一人）が参加。）

・ 石井淳平2023「一人でできるフィールドワーク～iPad LiDARを利用した地形計測～」高田祐一（編）『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』5（独法）国立文化財機構 奈良文化財研究所（奈良文化財研究所文化財担当者専門研修「文化財デジタルアーカイブ課程」講義内容の文字化）

---



表1 「別紙3 古墳(横穴式石室)の発掘作業行程(全般)と記録類作成の標準」の「事前準備」行程中、「表土掘削前測量」について

手順	使用機材 (アプリケーション、ソフトウェアは無料公開のものを掲載)	成果品 (※は中間生成物、カッコ内は仕様等)
<b>事前準備</b> ○座標値の計測されている杭等の位置、座標値データを確認する。 ○機材、道具類を準備する。	<b>資料</b> 測量簿 <b>機材・道具類</b> 後述	
<b>ターゲットマーカー(座標点を表示する標識)設置</b> ○座標値が計測されている杭等に、ターゲットマーカーを貼り付ける。 ○配色はピンク青またはピンク黄緑が望ましい。 ○マーカーは10cm角以上、4点以上設置すること(座標合わせ・幾何補正の都合上)。 ○画像記録漏れ、精度向上のため点数は多めに設置が望ましい。	<b>道具</b> ターゲットマーカー(紙製)。見本はモバイルスキャン協会HP( <a href="https://mobilescan.jp/sdm_downloads/">https://mobilescan.jp/sdm_downloads/</a> )掲載。 A3用紙に6枚に掲載。 <b>標準作業時間</b> 基準点・水準点測量と合わせて実施し歩掛は計上しない ※マーカー配置間隔…協会マニュアル「4. 標定点の配置」参照。	※ターゲットマーカー番号 座標値一覧表
<b>※ターゲットマーカーの座標計測</b> ○既知の座標値がない場合、GPSアプリ(有料)等を用い座標値を計測・記録する。	<b>※方法</b> 石井2023のp.44参照。	※ターゲットマーカー番号 座標値一覧表
<b>座標点以外の計測点の表示</b> ○墳頂平坦面、段築のテラスの端部、墳端、盗掘坑の形状など、観察できた地形変換点の要所に、ターゲットマーカーに準じる標識を設置する。	<b>標準作業時間</b> 400㎡あたり60分程度 ※作業上の注意点については文化庁文化財部記念物課監修「発掘調査のてびき」各種遺跡調査編p.29を参照。	
<b>LIDARによる3次元計測</b> ○対象物(地面)に正対、30度を越えない範囲、距離1.5~2.0mを推奨。 ○地面を押さえるように歩行、エッジ(壁と地面の接線)で立ち止まって画像を安定。 ○移動時は前進が基本、2m間隔くらいで折り返し。 ○現地でスキャン結果を確認し、抜けがあれば追加・再計測等。 ※計測範囲が広くなるとデータ量が重くなり、メールでパソコンに転送するのが難しくなったり画像処理時間が長引いたりするので、複数部分に分割計測しパソコン転送後にCloudCompare上で合成するとよい。(各計測画像中に共通するターゲットマーカー4点以上の写り込みがあると確実かつ高精度で合成できる。)【※欄外補註参照】 ○画像はPLY形式でパソコンに転送。	<b>機材</b> iPhone 12/13Proシリーズ以上、iPadPro2020以上 <b>アプリ</b> Scaniverse(無料) <b>スキャン方法等</b> …協会マニュアル「5. スキャン時の注意点」参照。 <b>標準作業時間</b> 400㎡あたり40分 (アプリ起動~計測~スキャン結果確認~再計測1回~パソコン転送)	※3D画像(PLY形式)
<b>座標合わせ・幾何補正(※具体的な手順は別紙)</b> ○パソコンに転送したPLYデータをソフト「CloudCompare」で開く。 ○座標値入力、(分割計測データの合成)、墳頂平坦面・段築のテラスの端部・墳端・盗掘坑などの要所測点(以下「各種計測点」と総称)記録等を行う。 ○「標高ラスタデータ(※)」を生成しGeoTIFF形式で保存する。  ※ラスタデータとは 格子状(グリッド状)に並んだセル(ピクセル)で構成されるデータ。デジタルカメラ撮影写真画像など、格子状に並んでいる四角形ひとつひとつをセル(ピクセル)と呼び、各セルに情報(数値情報)が含まれている。	<b>機器</b> パソコン(インターネット接続) <b>ソフト</b> CloudCompare(無料) <b>標準作業時間</b> 30分 <b>※操作解説動画</b> 「CloudCompareによる3Dヘルマート変換」 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=cPNgqqweHMS">https://www.youtube.com/watch?v=cPNgqqweHMS</a> <b>※データ取込~座標値入力までの操作方法解説動画(YouTube)</b> 「CloudCompareの使い方①点群データの読込、表示変更、座標確認」 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=YwnhJGwdjJM">https://www.youtube.com/watch?v=YwnhJGwdjJM</a> <b>※等高線作成までの操作方法解説動画(YouTube)</b> 「CloudCompareの使い方③点群データから等高線の作成」 <b>※CloudCompare基本操作解説(書面)</b> 早川裕次2017「CloudCompareの基本操作」(web公開)	※標高ラスタデータ (GeoTIFF形式、レイヤーごとにファイルが1つずつできる。)
<b>QGISによる図化(※具体的な手順は別紙)</b> ○GeoTIFF形式で出力した標高ラスタデータをソフト「QGIS」で開く。 ○等高線を生成、各種計測点を記入。 ※「ProfileTool」で断面図作成、国土地理院地形図等にはめ込みも可。 ○作成した図を紙で出力(PDFも可能) ※CloudCompareとQGISは平面座標の単位が異なるので、縮率等の入力時に要注意。	<b>機器</b> パソコン、プリンター(A3判以上の薄ロケント紙あるいは耐水紙に印字可能なものが望ましい) <b>ソフト</b> QGIS(無料) <b>標準作業時間</b> 30分 <b>※QGIS操作マニュアル</b> <a href="https://nltf.mlit.go.jp/ksj/other/QGIS_manual.pdf">https://nltf.mlit.go.jp/ksj/other/QGIS_manual.pdf</a> <a href="https://sites.google.com/site/qgisnoirguchi">https://sites.google.com/site/qgisnoirguchi</a> <b>geoTIFFから等高線を作成する方法マニュアル</b> <a href="https://www.inokumaaranuu.com/qgis3geotiffcontour/">https://www.inokumaaranuu.com/qgis3geotiffcontour/</a> <b>印刷する方法</b> <a href="https://ryotts.wordpress.com/2020/08/10/qgis%E3%81%9A7%E5%8D%b0%E5%88%B7%E9%BC%9A%E5%87%B9%E5%8A%9B/">https://ryotts.wordpress.com/2020/08/10/qgis%E3%81%9A7%E5%8D%b0%E5%88%B7%E9%BC%9A%E5%87%B9%E5%8A%9B/</a>	※現況地形測量図・地形図(素図) (縮尺1/100~1/200、等高線0.25~0.5m)
<b>点検・校正</b> ○作成した図を紙に出力し、遺跡現地で確認。 ○墳頂平坦面、段築のテラスの端部、墳端、盗掘坑などの詳細な形状を記入。 ○記入後の図面をもとに、デジタルデータについても加除修正。	<b>用具</b> 画板、筆記用具、計測用具(メジャー・コンバックス等) <b>標準作業時間</b> 現場試行結果により計上	※現況地形測量図・地形図(校正図) 現況地形測量図・地形図(完成品) (縮尺1/100~1/200、等高線0.25~0.5m)
<b>記録類取戻・保管</b> ○最終成果品(現況地形測量図・地形図)は紙出力し保管。 ○中間生成物・成果品デジタルデータは文化庁指針に基づき、適切な媒体・形式で保存。ただし、埋蔵文化財センターのデジタルデータ保存環境が構築されるまでは、デジタルデータは任意保存の補足データとして取扱う。  <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <b>デジタル技術導入に必要な環境</b>(文化庁平成29年報告p.10)                      ① 適切な精度の情報が取得できる機材の確保                      ② 大容量データを扱えるパソコン等機器とソフトの確保                      ③ デジタルデータを適切に取扱うことができる人員の配置と育成                      ④ デジタルデータを長期保存するためのシステムの構築(中間生成物・成果品、デジタルデータと紙媒体等を含むデータベース構築等。文化庁平成29年報告p.42参照)                      ⑤ 将来的なデータの増加やシステムメンテナンスを見越した予算措置   <b>データ保存に関しては④⑤の整備が必須。</b> </div>	<b>機器・道具</b> デジタルデータ保存媒体・保存機器 <b>※文化庁指針</b> …『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1(報告)』(文化庁平成29年報告と略称)、「同3(報告)」(文化庁令和2年報告と略称) <b>※参考資料</b> …高田祐一2020「文化財デジタルデータ長期保管の実務」奈良文化財研究所『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』2、pp.49-54 高瀬史則「デジタルデータ長期保存における記録メディアの選択」奈良文化財研究所『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』2、pp.55-58 高田祐一「文化財デジタルデータ長期保存のためのファイル形式」奈良文化財研究所『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』2、pp.71-75	収蔵台帳 図面ファイル CD等

【執筆補註】モバイルスキャン協会作成「モバイル端末スキャンマニュアル」では、「スキャン範囲は1区画を延長10m×幅5m×高低差3m以内とする」とされており、計測対象範囲の面積や形状に即して計測計画を検討した上で作業に着手し、計測結果の点検を行うことが望ましい。

マニュアル

LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル 別紙 CloudCompare, QGIS操作

## 目次

### 【準備】

- 1 CloudCompare のインストール・初期設定 . . . . . 2
- 2 QGIS のインストール . . . . . 2

### 【基本操作】

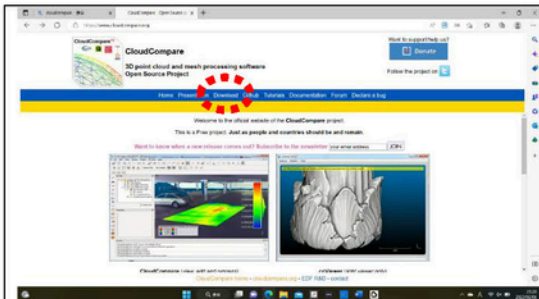
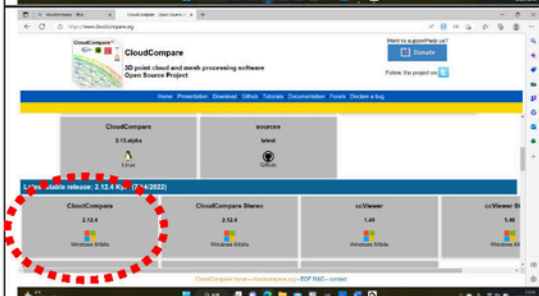
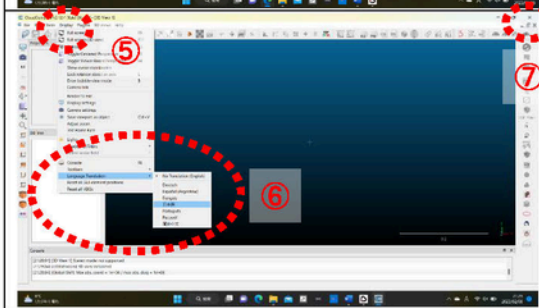
- 3 座標合わせ・幾何補正 (CloudCompare 操作)
  - (1) 前処理…PLY 画像の取り込み、点群サイズ拡大 . . . . . 3
  - (2) 座標値入力 . . . . . 4
  - (3) 3Dデータの geoTIFF データ作成 . . . . . 5
  - (4) 杭位置・墳丘測定の geoTIFF データ作成 . . . . . 6
  
- 4 QGIS による図化
  - (1) 前処理 (geoTIFF データを QGIS で開く) . . . . . 7
  - (2) 等高線を生成 . . . . . 8
  - (3) 各種測点のプロット、線の修正等 . . . . . 8
  - (4) プリントアウト . . . . . 9
  - (5) データ保存 . . . . . 9

### 【応用操作】

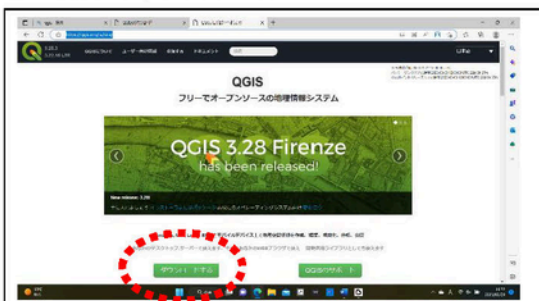

- 3 (2)' 複数の PLY 画像の合成 . . . . . 10



## 1 CloudCompare のインストール・初期設定

	<p>○インストール</p> <p>①CloudCompare サイトに入る。  <a href="https://www.cloudcompare.org">https://www.cloudcompare.org</a></p> <p>② 「Download」</p>
	<p>「beta」… 試用版。バージョンは新しいが動作確認が十分でない。</p> <p>「stable」… 安定動作確認済。</p> <p>いずれか押すとインストール開始。</p> <p>③以下「stable」操作を説明</p>
	<p>○日本語表示に変更</p> <p>④ソフトを起動</p> <p>⑤ 「Display」</p> <p>⑥ 「Language Translation」 ⇒ 「日本語」</p> <p>⑦ 「×」</p> <p>再起動すると表示が日本語に変わる。</p>

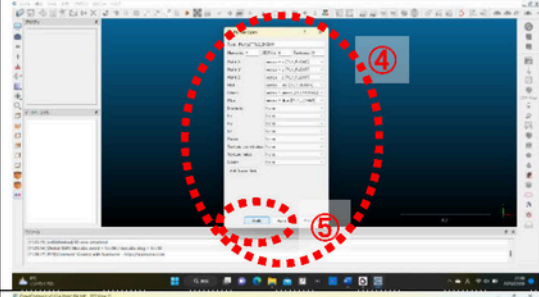
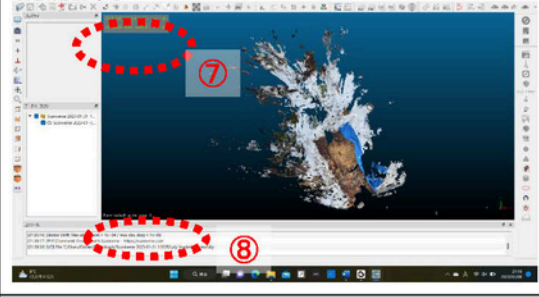
## 2 QGIS のインストール

	<p>①QGIS サイトに入る。  <a href="https://qgis.org/ja/site/">https://qgis.org/ja/site/</a></p> <p>② 「ダウンロードする」</p>
	<p>QGIS にも「beta」（試用版）と「stable」（安定動作確認済）がある。</p> <p>いずれか押すとインストール開始。</p> <p>③以下「stable」操作を説明</p>



### 3 座標合わせ・幾何補正 (CloudCompare 操作)

#### (1) 前処理…PLY 画像の取り込み, 点群サイズ拡大

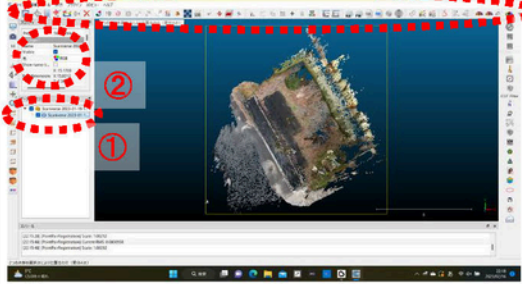

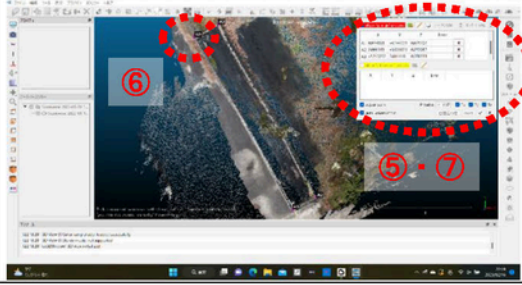
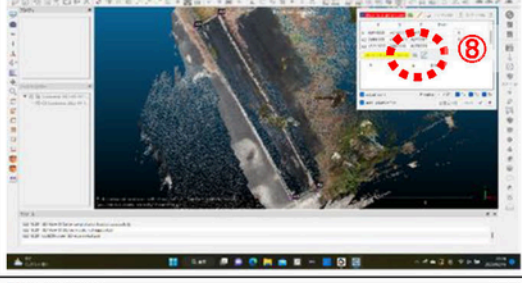
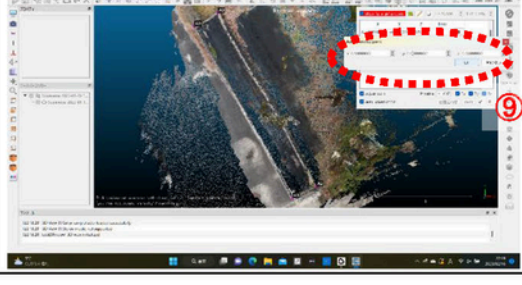
 Screenshot of the CloudCompare File menu. The 'File' menu is highlighted with a red dashed circle. The 'Open...' option is visible.	① 「ファイル」 ② 「開く」
 Screenshot of the File Open dialog box. A file named 'PLY Fire Open.ply' is selected in the file list, which is circled with a red dashed line.	③ スマホからパソコンに送った PLY 画像を選択
 Screenshot of the 'PLY Fire Open' dialog box. The 'Apply' button is highlighted with a red dashed circle and labeled with a circled '5'. A circled '4' is also present near the dialog.	④ 「PLY Fire Open」画面が出る。 ⑤ 「Apply」を選択
 Screenshot of the CloudCompare 3D viewer showing a point cloud of a fire scene. The point cloud is circled with a red dashed line.	⑥ PLY 画像が表示される
 Screenshot of the 3D viewer with the mouse cursor in the top-left corner, circled with a red dashed line and labeled with a circled '7'. The bottom-left corner shows the text 'New default point size:' and a point cloud, with a circled '8' below it.	⑦ PLY 画像表示画面の左上にカーソルを移動 ⇒ 「default point size -・+」表示 ⑧ 「+」を押す ⇒画面左下に「New default point size:」と 点群サイズが表示

※ 2 つの PLY 画像を合成する方法 ⇒p. 10

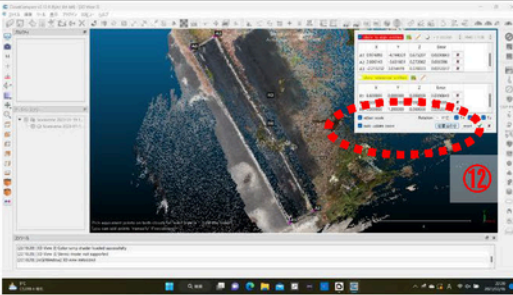
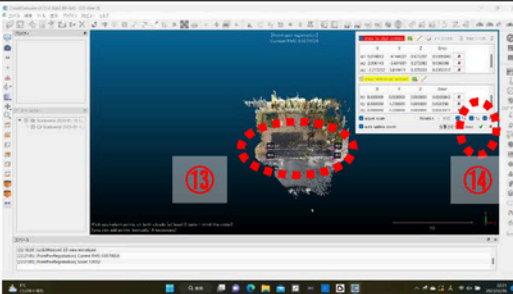
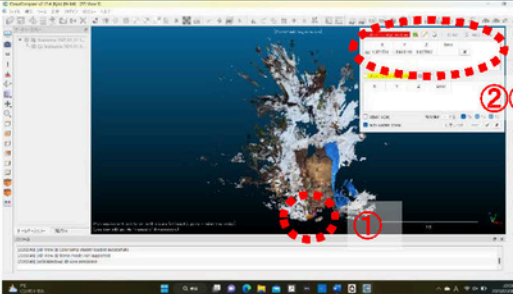
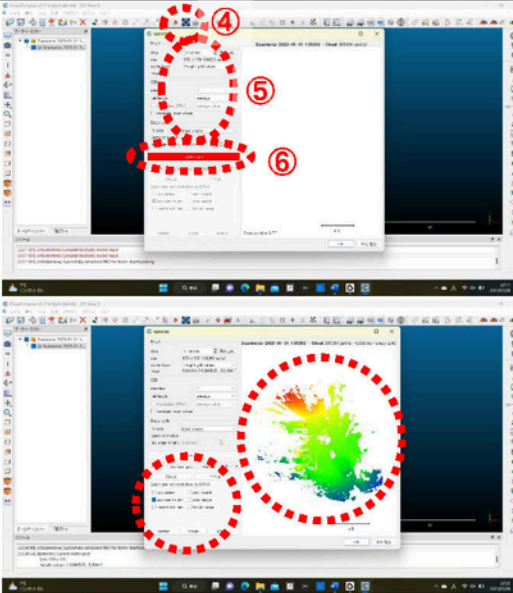




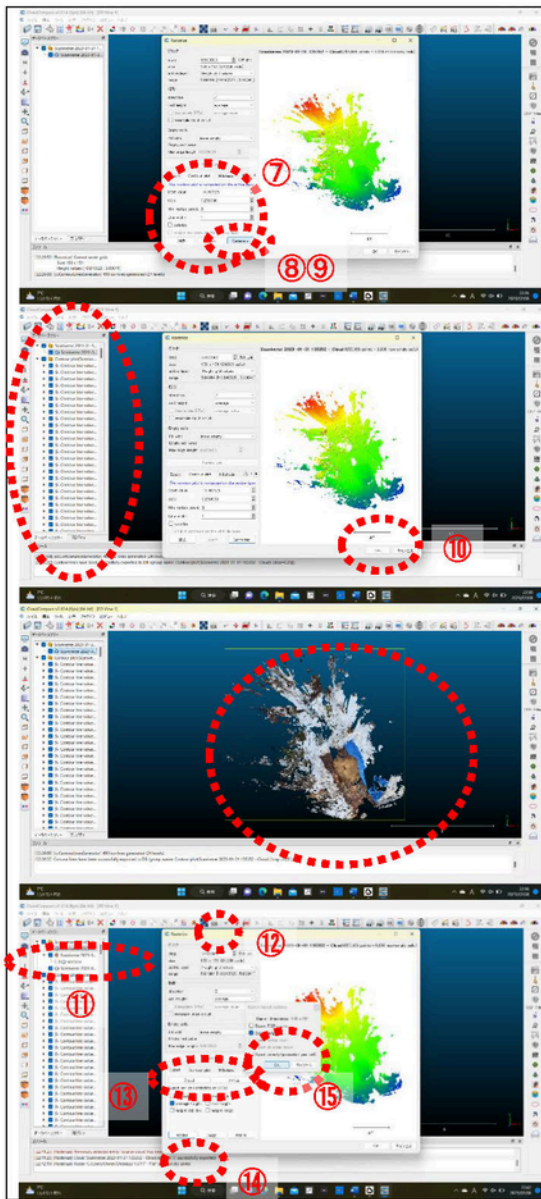
## (2) 座標値入力

	<p>①「データベースツリー」のデータ名を押す ②「プロパティ」に属性が表示され、 ③上部のアイコン一覧に色がつく (=色のついた機能の操作が可能になる)</p>
	<p>④「2つの点群を選択点により位置合わせ(最低4点)」(赤青の四角を紐でつないだような絵柄)を押す</p>
	<p>⑤画面右側に新しい画面が出る ⑥3D画像の中の、座標が分かっている場所(測量杭・ターゲットマーカー位置)を押すと、 ⑦右側画面の上段の赤い表に、点番号と現画像の座標値が表示される。</p>
	<p>⑧座標を合わせたい杭等のクリックが済んで、赤い題名の表に数値が入ったら、下段の黄色い題名の右横のえんぴつマークを押す</p>
	<p>⑨さらに小さい別画面が出るので、XYZ座標を入力して右下の「OK」を押す ⑩小さい画面が消えて、入力した座標値が黄色い表題の下の表に入る ⑪上段の表の順番で、杭の座標値入力を繰り返す</p>



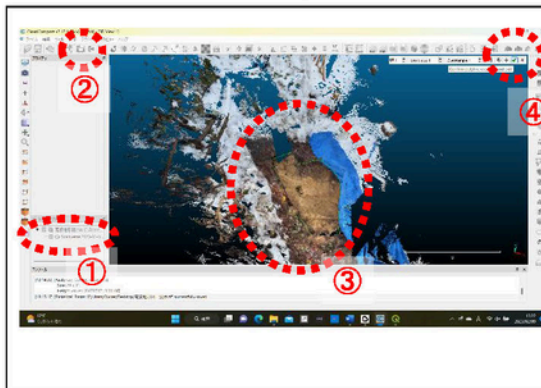
	<p>⑫数値の登録が済んだら左下の「adjust scale (=縮率の調整)」「auto update zoom」にチェックを入れ、右下の「位置合わせ」を押す</p>
	<p>⑬画面上で押さえた点(前画面までで「A0」「A1」…と表示されていた点)の座標が、黄色表題の表に入力した座標(一覧表「R0」「R1」…の座標値)に置き換わる</p> <p>⑭右画面右下の☑を押すと操作完了</p>
<p>(3) 3Dデータの geoTIFF データ作成</p>	
	<p>①画像のターゲットマーカー位置をクリック</p> <p>②ターゲット位置にピンク色の●と「A0」が表示、右上に「show 'to align' entitles」等の表が出る</p> <p>③「A0」の X, Y, Z 値を入力</p>
	<p>④画面上部アイコン一覧中、青黒まだらの格子模様(点を2Dラスタに変換)を選択</p> <p>⑤「Rasterize」が表示される。 左上部の項目入力。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「step」メッシュサイズ ⇒「0.1」</li> <li>・「direction」投影方向 ⇒等高線表示「Z」</li> <li>・「cell height」標高計算方法 ⇒「average」</li> <li>・「Fill with」空白セル扱い⇒「leave empty」</li> </ul> <p>⑥「Update grid」 ⇒右側にラスタ画像が出て、左下部分の入力ができるようになる。</p>





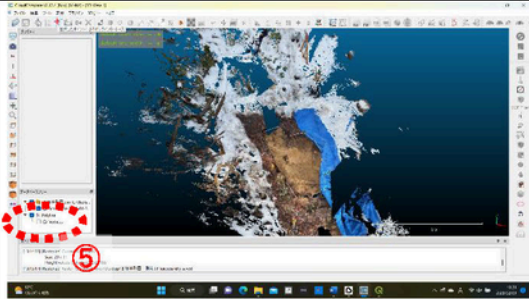
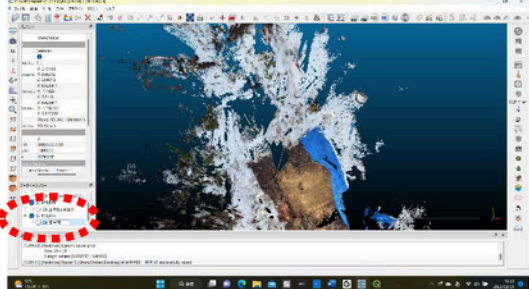
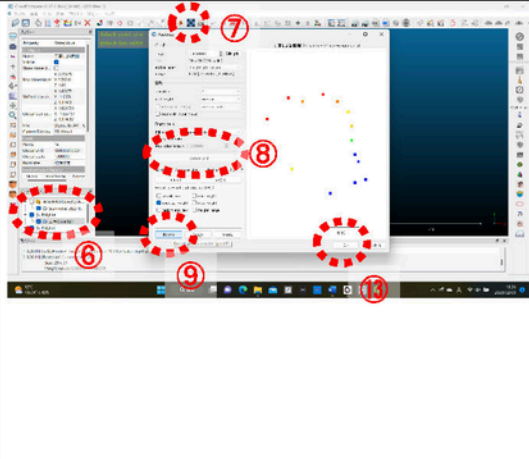
(4) 杭位置・境丘測点の geoTIFF データ作成

- ⑦ 「Contour plot」 各項目入力。
  - ・「Start value」 等高線の開始値。  
単位メートル
  - ・「step」 等高線の間隔。単位メートル  
(25 cm間隔コンターを引く場合「0.25」)
- ⑧ 「Generate」  
⇒等高線ができる。
- ⑨ 「Export」  
⇒データが保存できる。  
(「データベースツリー」に等高線データの見出しが表示。)
- ⑩ 「Rasterize」 画面右下の「OK」  
⇒「Rasterize」画面が消えて、PLY 画像に等高線が重なった画面が出る。
- ⑪再度 PLY 画像を指定
- ⑫ 「Rasterize」
- ⑬「グリッド」「投影」各項目が変わっていないことを確認し「Update grid」
- ⑭一番下の「Raster」
- ⑮中央に出た「Raster export options」画面に「OK」
- ⑯ geoTIFF データ保存先・ファイル名指示



- ①画面左下「データベースツリー」の PLY 画像を選択
- ②上部ツールバー「+破線ジグザグ」(選択したポイントによるポリラインのトレース)
- ③画面内の測点を左クリック  
最後の測点は右クリック
- ④右上表示の  を押すと、左下の「データベースツリー」に新しいレイヤーが表示・保存される。



 	<p>⑤レイヤーの名前（最初は全部「Vertices」と出る）をクリックすると書き換えが可能。</p> <p>⑥以下、測点の性質ごとに②～⑤を繰り返す。</p>
	<p>⑥レイヤー名を押す</p> <p>⑦「Rasterize」（青黒の格子）</p> <p>⑧「グリッド」「投影」各項目が変わっていないことを確認し「Update grid」</p> <p>⑨一番下の「Raster」</p> <p>⑩geoTIFF データ保存先・ファイル名指示</p> <p>⑪中央に出た「Raster export options」画面に「OK」</p> <p>⑫geoTIFF データ保存先・ファイル名指示（②⑩～⑭と同じ手順）</p> <p>⑬右下「OK」を押して終了</p>

#### 4 QGISによる図化

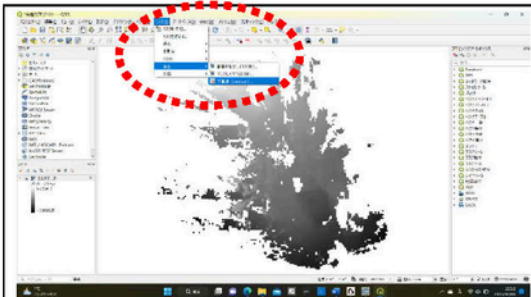
##### (1) 前処理（geoTIFF データを QGIS で開く）

	<p>左下「レイヤ」枠の中に geoTIFF ファイルをつまんで入れる。</p>
	<p>※データの不要部分を除外</p>





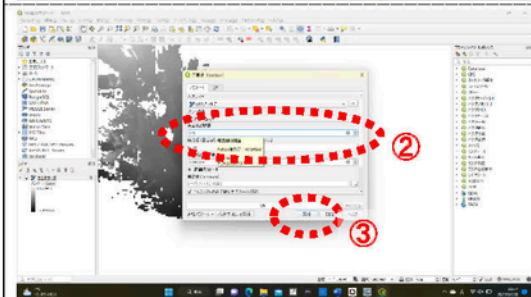
## (2) 等高線を生成



※geoTIFF から等高線を作成する方法全般参考

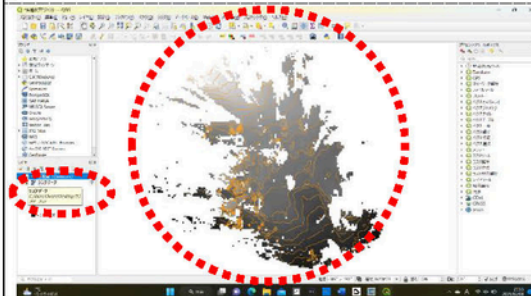
<https://www.inokumaaranuu.com/qgis3geotiff/contour/>

① 「ラスタ」⇒「抽出」⇒「等高線」

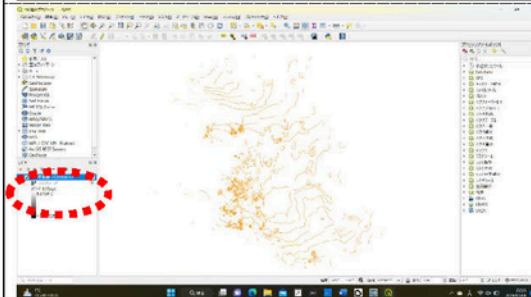


② 「等高線間隔」を入力  
単位メートル。

③ 「実行」

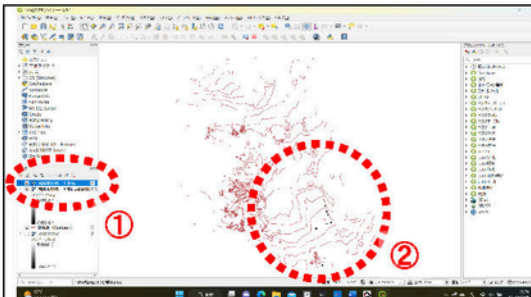


④ 左下「レイヤ」中に「等高線」の項目ができ、  
中央画面に等高線が重なる。



⑤ 「ラスタデータ」の☑を外すと下地が消えて  
等高線だけになる。

## (3) 各種測点のプロット、線の修正等

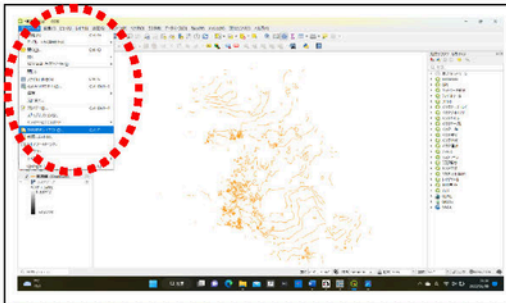
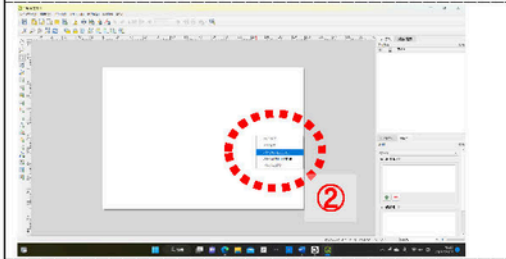
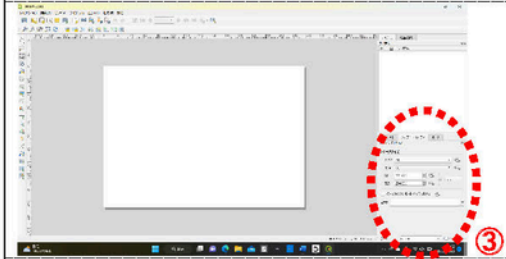


① 測点の geoTIFF データを「レイヤ」部分につ  
まんで入れる

② 「ラスタデータ」の☑を外すと下地が消えて  
測点が見える



#### (4) プリントアウト

	<p>※印刷全般の参考 <a href="https://ryotts.wordpress.com/2020/08/10/qgis%e3%81%a7%e5%8d%b0%e5%88%b7%ef%bc%9a%e5%87%ba%e5%8a%9b/">https://ryotts.wordpress.com/2020/08/10/qgis%e3%81%a7%e5%8d%b0%e5%88%b7%ef%bc%9a%e5%87%ba%e5%8a%9b/</a></p> <p>①「プロジェクト」⇒「新規印刷レイアウト」 ⇒ファイル名を付けて「OK」</p>
	<p>②画面上に出た白い画面の上で右クリック ⇒出てきた画面の「ページのプロパティ」</p>
	<p>③右下に「アイテムプロパティ」が出る ⇒「ページサイズ」で紙の大きさ・縦横など を選択</p>
	<p>④「印刷」画面左端のアイコンから「地図を追加」選択 ⑤白い紙の中をドラッグして引っ張ると画面が 出てくる ⑥白い紙の中の図をクリックして、枠線を出す ⑦右下で縮尺等を入力 ⑧画面上端のアイコンから印刷方法を選択して 実行</p>
	<p>※別の方法（PDF化の場合） 「レイアウト」⇒「PDFとしてエクスポート」 ⇒PDFファイル名前・保存先指示</p>

#### (5) データ保存

--	--



### 3 (2)' 複数のPLY 画像の合成

	<p>①合成する2つのPLYデータを「データベースツリー」に取り込む。          (3(1)①~⑥の作業)</p> <p>②「データベースツリー」に表示された2つのファイル名を「Shift」を押しながらクリック          ⇒画面上に2つの画像が出る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2つの画像が重なって出る →③へ</li> <li>・2つの画像が間を空けて出る →⑨へ</li> </ul>
	<p>③ 2つの画像が重なって出た場合          …片方の画像を横にずらす</p> <p>③「データベースツリー」の、ずらしたい側のファイル名を押す。          ⇒画面上に黄色枠が表示</p> <p>④「編集」⇒「移動・回転」を押す。          ⇒画面右上に「Rotation」等の項目のある小さな表示画面が出る。</p>
	<p>⑤「Rotation」で「Z」を選択          ⇒画面を移動させるときも水平は維持される</p> <p>⑥黄色枠の画像をマウス左側ボタンを押しながら動かして移動させる。</p>
	<p>⑦右上表示の「Advanced」を押す。</p>
	<p>⑧ <input checked="" type="checkbox"/>を押すと位置が確定。</p>



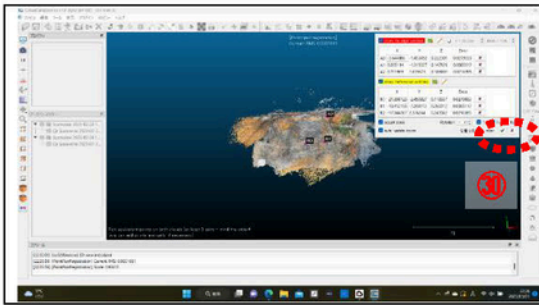
	<p>⑨「データベースツリー」の2つのPLYファイル名を、「Shift」を押しながらかリック ⇒画像に黄色の枠が出る</p> <p>⑩「ツール」⇒「登録」⇒「位置合わせ」選択</p>
	<p>⑪画面中央に小さい画面が出る。 寄せていく側（移動させる側、align）のPLYファイル名を押す（青色アミカケに変わる）</p> <p>⑫「OK」を押す。</p>
	<p>⑬画面右上に赤・黄見出しのある小画面が出る</p> <p>⑭2つの画像の重ねる点を選択。 （3か所以上、左クリック）</p>
	<p>⑮寄せていく（＝⑪で選択した）側の画像上の点は赤見出し「show 'to align' cloud」に登録、基準とする側の画像上の点は黄色見出し「show 'reference' cloud」に登録。 ※赤見出し「A0」の点に黄色見出し「R0」の点が移動する。</p> <p>⑯右上小画面「位置合わせ」を押す。</p>
	<p>⑰合成結果が仮表示される。</p>





	<p>⑱仮合成した画像をぐるぐる回して誤差確認。      ⑲誤差の大きい箇所（画像が重ならず2重写しになっている等）を発見したら、右上小画面の赤（Reference）・黄（align）見出しの前の☑を消すと画像も消える。</p>
	<p>⑳おかしい方の画像を特定したら、右上小画面の「reset」を押す。      ⇒画像が仮合成前の状態に分離する</p>
	<p>㉑「データベースツリー」の、おかしい方の画像ファイル名を押す      ㉒画面上ツールバーのハサミのマークを押す</p>
	<p>㉓左クリックで消去したい範囲を囲む      ㉔右クリックすると消去範囲確定      ㉕画面右上に出ている小画面の白抜き五角形マーク「Segment Out」を押す</p>
	<p>㉖確定した範囲が仮消去      ㉗ごみ箱マーク「confirm」を押すと消去が確定      ㉘☑を押すと消去操作完了</p>





- ⑲⑨～⑳の作業を再度実施
- ⑳右上小画面の☑を押すと合成完了

※自動位置合わせを行う場合（誤差の程度を検証していないため参考扱い）

- ①合成したい2つの画像を選択  
（Shift+クリック）
- ②合成作業を早めるため、2つの画像の向きを揃えて近づける。前項③～⑧の操作。
- ③「ツール」⇒「登録」⇒「ICP」
- ④「Cloud registration」画面が出たら、基準にする側の画像ファイル名を赤（Reference）に入力、寄せていく側の画像ファイル名を黄（align）に入力して「Swap」
- ⑤「Final overlap」は80%にして実行。

---

2024-03-22 「表1 作業手順等説明」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所

<https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル1」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル2」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル3」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル4」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル5」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル6」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル7」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル8」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル9」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」 『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル10」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」  
『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル11」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」  
『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル12」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」  
『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>

2024-03-22 「マニュアル13」 『文化財データリポジトリ 沖憲明「LiDAR・3Dを活用した測量・実測作業マニュアル」  
『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』 奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/12>