

GIS・RTK-GNSS・フォトグラメトリによる 埋蔵文化財試掘確認調査のデジタルフロー

宮本利邦（阿蘇市教育委員会教育部教育課）

A Digital Workflow for Test-Pit Excavations using GIS, RTK-GNSS, and Photogrammetry

Miyamoto Toshikuni (Aso City Board of Education Education Department Education Division)

・地理情報システム／GIS・RTK衛星測位／RTK-GNSS

・フォトグラメトリ／Photogrammetry

1. はじめに

(1) 紙とデジタルが混在する文化財行政現場での工夫

これまで文化財に係る記録は、基本的に紙媒体や写真フィルムなどアナログ方式で行われてきた。しかし、技術の進展に伴ってデジタル方式の記録もあらゆる分野で膨大な量となっており、過去のアナログ形式記録の資産と増え続けるデジタルデータの取り扱いについては多くの自治体で対応に苦慮しているものと思われる。

筆者が所属する本市においても例外ではなく、町村合併以前の旧自治体それぞれ独自に作成された記録類の整理に苦慮しながら、合併以降の新市として体制整備を進めてデジタル化対応に取り組んできた。対応の方向性として、文化財情報のキーポイントである位置情報に注目し、GISを活用した文化財情報の総合化を目指してきた。本稿では、GISによる遺跡地図のデジタル化と低廉化した計測機器を用いた埋蔵文化財試掘確認調査のデジタルフロー化の試みについて紹介する。

2. これまでの経過

(1) 遺跡地図のGIS化

2005年の町村合併で新たに誕生した阿蘇市では、1998年に熊本県教育委員会が刊行した『熊本県遺跡地図』と合併以前の2000年に旧阿蘇町教育委員会が刊行した『阿蘇町遺跡地図』を併用していた。しか

し県地図と町地図は縮尺が異なり、区域を分割して製本しているため市域全域を俯瞰的に閲覧することが不可能であった。また旧町村を跨る大規模な開発行為を確認する場合に両方の地図を確認する必要があり、運用面で非常に効率が悪かった。

そこで、2008年から熊本県・市町村電子自治体共同運営協議会が運用するGIS「くまもとGMap」¹⁾を導入し、県・町遺跡地図をデジタル化してGISで統合した。以降、民間事業者や公共工事部門からの遺跡照会はGIS上で照合し、照会位置はGISに即時入力して管内の開発事業を一元的に把握できるようにした。また、文化財文化財保護法第93条・94条の埋蔵文化財発掘届出・通知個所や試掘確認調査実施個所も逐次入力し、GIS上に埋蔵文化財業務に関する情報を蓄積して過去の実績を随時参照できる体制を整えている。くまもとGMapは2021年3月をもって公開運用を終了しているが、入力データはソフトの独自ファイル形式の他にCSVファイル・SHPファイルの汎用性のあるGISデータで出力が可能であったため、2016年から導入したオープンソースGIS「QGIS」へ特に支障なくデータ移行することができた。

(2) GIS化の効果

遺跡地図をGIS化することで、背景図や縮尺の切替がシームレスになり、紙媒体印刷物のような物理的制約がなくなり閲覧性が向上する。GIS上に表示される遺跡範囲や地点には遺跡台帳やカードに記載

される名称や時代などといった属性情報を紐づけして内包させることが可能であり、情報検索も可能である。同時にGIS上のデータは位置情報を持っており、例えばGPSなど衛星測位システムを内蔵した情報端末で遺跡地図に現在位置を表示しながら現地踏査を行うことができ、GPSで測位した遺物の採取地点データをGISに入力して遺跡範囲の更新にフィードバックするといった応用方法もある。

前述のように汎用ファイル形式で出力すれば他のGISアプリケーションでも表示・編集ができ、また従来の印刷版型に合わせてPDFでも紙媒体でも出力が可能であり、遺跡地図をGIS化すればアナログ・デジタル双方での対応ができるのである。

(3) 高精度位置情報の取得

GIS導入当初は遺跡地図をパソコンに表示閲覧する単純なデジタル地図としての使用に止まっていたが、システム機能の理解が進むとともに分布調査や試掘確認調査時の現地での位置情報取得の手法を改める必要性を認識するようになった。例えば、分布調査では地形図に目測でおよその遺物採取位置を記入したり、試掘確認調査では、当教育委員会ではトータルステーションなど測量機器を保有していないため、トレンチの位置を敷地の隅や特徴点を起点に巻き尺などで測って工事図面に記入していた。それは座標などの位置情報持たない正確性に欠ける記録であり、また現場で記入した地図や図面から調査取りまとめのために別図面にさらに転記・清書するという手間が生じていた。

まず現地での位置情報を取得するために活用したのが筆者が個人所有していたトレッキング用のポータブルGPS端末である。衛星補足が良好な場合数m級の精度が期待でき、測位地点を数値座標として定量的に取得できることから測位結果のGISへの入力が簡易になった。とは言えm級程度の精度では分布調査での遺物採取地点の把握レベルまでで、試掘確認調査でのトレンチ位置の正確な測位には不十分であった。

そこでさらなる高精度位置情報を取得するために導入したのがRTK-GNSS受信機（図-1）であり、

RTK-GNSSによる測位ではcm精度でリアルタイムに位置情報を取得できる。当教育委員会が導入したのはネットワーク型RTKのVRS方式とよばれるもので、受信機1台と配信事業者から配信される電子基準点の観測データを購入し埋蔵文化財予備調査で運用している。



図-1 RTK-GNSS受信機

3. 試行

(1) 機器・アプリケーション

近年のデジタル技術に関するソフト・ハードの開発と普及は目覚ましく、これまで高額だった機器やアプリケーションの低廉化や無償で利用できるオープンソースソフトウェアの発展により、導入ハードルが高かった技術を個人レベルで使用可能な環境が生まれている。

こうした近年の状況とこれまで当市が経験した平成28年熊本地震などの大規模災害による文化財の被災や復旧復興事業に係る埋蔵文化財対応の教訓を踏まえ、先述のGISや文化財3D計測などデジタル技術の活用のための機器・アプリケーションを導入した。

今回、埋蔵文化財試掘確認調査における取得記録のデジタルフロー化の試行にあたっては以下の機器・アプリケーションを使用した。

① GIS・フォトグラメトリ処理用デスクトップパソコン

・マウスコンピュータ製 DAIV X9

OS：Windows11 Pro 64bit

CPU：インテルCore i9-10940X（最大4.8GHz）

メモリ：128GB（16GB×8/クアッドチャンネル）

SSD：512GB（M.2）HDD：1TB

GPU：NVIDIA GeForce RTX2080SUPER

② RTK-GNSS受信機

・ビズステーション製 ドロガーRWP

- ③ フォトグラメトリ・点群編集アプリケーション
 - ・ Agisoft 社製 Metashape Standard 版
 - ・ オープンソース CloudCompare
- ④ GIS アプリケーション
 - ・ オープンソース QGIS (PC 用アプリ)
 - ・ オープンソース SMASH (モバイル用アプリ)
- ⑤ オフィススイート
 - ・ オープンソース LibreOffice

(2) 事前準備

まず事前準備として、紙媒体で提供を受けている調査対象となる建物配置図をスキャナーで JPEG などの画像ファイル化する。その画像ファイルを QGIS のジオリファレンス機能で読み込んで位置座標値を付与して QGIS に表示している地形図にレイヤー追加して配置する (図-2)。地形図上に配置した建物配置図を下地にさらに上位レイヤーを追加し、建物輪郭をポリゴンとしてトレースしてデジタイズすることで建物輪郭の GIS データが作成される²⁾。作成した建物輪郭データを Geopackage 形式ファイルで保存し、保存データを Google ドライブな



図-2 QGISに読み込んだ建物配置図

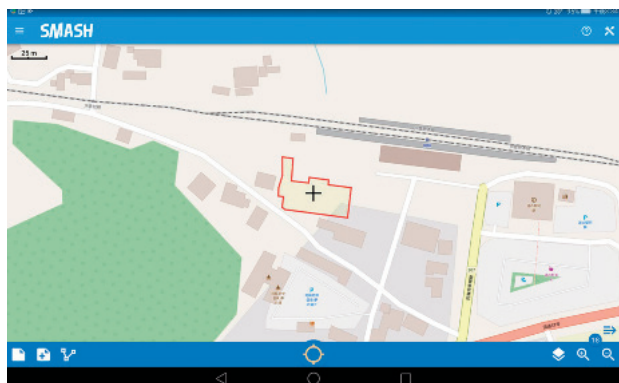


図-3 SMASHアプリに表示した建物輪郭

どクラウド経由で SMASH アプリをインストールしたタブレット端末にコピーする³⁾。

(3) 現地計測

建物建設予定地でのトレンチ設定の際、タブレット端末の GPS をオンにし SMASH アプリで建物輪郭を表示することで、常に現在位置を画面上で把握できる (図-3)。

トレンチ掘削後、RTK-GNSS 受信機をトレンチの地表上の四隅に設置して測位する。またフォトグラメトリによる 3D 計測のためトレンチ内部の断面・底面などを多方向からデジタルカメラでスケール基準となる曲尺などを写し込んで撮影し、土層堆積状況など観察し逐次記録する (図-4)。

(4) データ整理

① トレンチ配置図：RTK-GNSS 受信機で測位したトレンチ位置情報は端末の制御アプリ⁴⁾をインストールしているモバイル端末内にウェイポイントとして GPX 形式ファイルで保存されている。そのファイルをモバイル端末からクラウドドライブ経由でデスクトップパソコンにコピーし QGIS に読み込む。事



図-4 トレンチ掘削の様子



図-5 QGISで合成したトレンチ配置図

前準備で QGIS に表示した建物配置図にトレンチ測点をポイントとしてレイヤー追加し、QGIS のプロセッシングツールでポイント間をラインで閉合し各トレンチの掘削範囲をポリゴン化する (図-5)。

建物配置図とトレンチ範囲をレイヤー表示するとトレンチ配置図となり、この状態をレイアウト機能で方位やスケールなどを適宜表示して画像ファイルまたは PDF で出力する。

トレンチ測点のポイントには XY 座標や標高データが含まれており、CSV で出力することで表計算ソフトで編集が可能となる。

② トレンチの 3D モデル・断面図作成：デジタルカメラで撮影したトレンチの多方向画像を Metashape Standard 版に読み込み、写真のアライメント→高密度クラウド構築→メッシュ構築→テクスチャ構築までのワークフロー処理を行いトレ

ンチの 3D モデルを作成し obj 形式などで保存する (図-6)。作成した 3D モデルを CloudCompare に読み込み、撮影時に写し込んだ曲尺を基準に位置合わせツールでスケールを入力してモデルを実際の大きさに調整する (図-7)。

調整したモデルを掘削断面に沿って半裁して土層断面を切り出し (図-8)、Display の Render ツールで表示画面を画像ファイルで出力する。

(5) 報告書作成

データ整理で作成・出力した図面の画像ファイルをあらかじめ用意しているワードやエクセルなど確認調査報告書フォーマットに挿図していく。

QGIS から CSV で出力したトレンチ測点のポイントデータはそのまま表計算ソフトで編集してトレンチ一覧表に転用できる。

4. まとめ

今回の試みでは、まず使用するアプリケーションはフォトグラメトリ処理の Metashape 以外は無償のオープンソースソフトウェアを活用した。これはアプリケーションの導入コスト抑制を意識したもので、Metashape Standard 版でも公費購入時点で2万8千円程度で他のフォトグラメトリアプリケーションと比較すると低価格なものである。オープンソースの点群編集ソフト CloudCompare と併用することで機能としては十分と言える。また高精度位置情報を取得するために導入した RTK-GNSS 受信機であるビズステーションが販売するドローガー RWP も公費購入時点では付属品込みで10万円程度であり、従来測量機材として数百万円代で販売されている受信機と比較すると破格の値段であるが、機能・精度としては遜色ないものである。

以上のように当教育委員会では、低価格の機材やアプリケーション、またオープンソースアプリケーションを活用して業務を内製化して文化財計測や調査のデジタル化に取り組んでいる。内製業務と業務委託による外注についてはコストのバランスを考慮し、埋蔵文化財試掘確認調査や指定文化財のモニタ

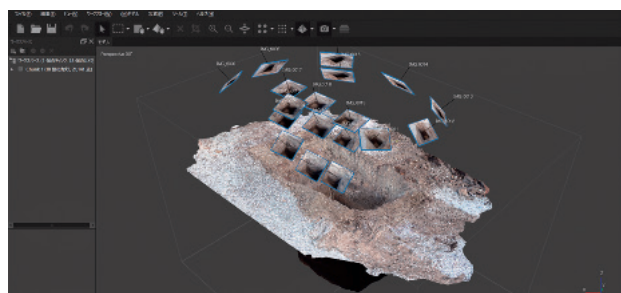


図-6 Metashapeによる3Dモデル作成

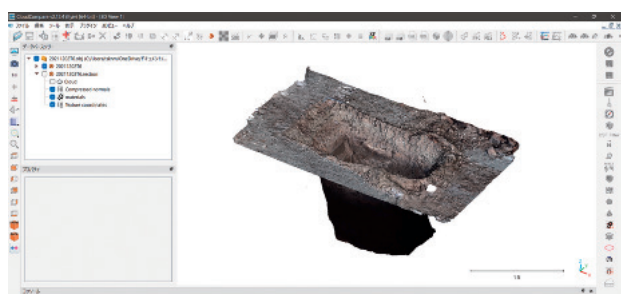


図-7 CloudCompareによる調整

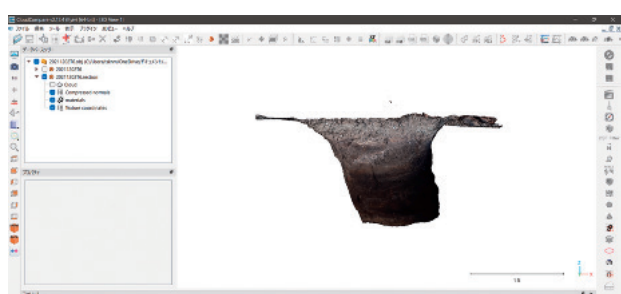


図-8 CloudCompareによる断面画像の切り出し

リングなど経常的業務については可能な限り自前で実施できるように整備を進めているところである。

本稿の試みがこれからデジタル技術の導入を検討している自治体文化財担当者の参考の一助になれば幸いである。

【補註および参考文献】

- 1) 2008 年から WebGIS である熊本県・市町村共同行政情報インターネット地図公開システムともに運用開始。2011 年から熊本県遺跡地図が公開システムから閲覧、2016 年から熊本県遺跡地図の GIS データのダウンロードが可能となっていたが、2021 年3月をもって公開運用を終了した。
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/26/77716.html>
- 2) 石井淳平 2022「文化財分野における GIS 利用 [19] QGIS を利用した発掘調査記録のデジタル化」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用4』独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所 pp.123-140
- 3) 喜多耕一 2021「GIS データの現場での活用法 : QGIS

とスマホアプリ「SMASH」との連携」『現代林業 2021 年4月号』全国林業改良普及協会 pp.46-55

なお、QGIS の全般的な解説としては喜多氏著作による次の刊行本が詳しい。

喜多耕一 2022『改訂版 Ver.3.22 対応業務で使う QGIS ver.3 完全使いこなしガイド』全国林業改良普及協会

- 4) ビズステーション製ドロガーRWPを制御する同社純正 android アプリ「Droger GPS」

<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.bizstation.drgps&hl=ja&gl=US>

なお、阿蘇市役所庁舎屋上に設置してある四等三角点で RWP を使用した VRS による測位結果は次のとおりである。

世界測地系（測地成果2011）・平面直角座標系2

	X (m)	Y (m)	標高 (m)
四等三角点	-5313.011	11340.4	522.7
RWP	-5312.9947	11340.4099	522.734
2点間の差	0.0163	0.0099	0.034