

(6) 長野県埋蔵文化財センター調査の新技術導入について

柳澤 亮

1 はじめに

2022年で創立40年を迎えた長野県埋蔵文化財センター（以下「センター」という。）は、県内の社会基盤整備等に伴う発掘調査に従事してきた。社会情勢に連動した急務な事業が多く、市町村域を超えた大規模かつ濃密な遺構や遺物の分布、あるいは希少な考古学的な発見に対しても、高精度で効率的な調査推進が求められる。そのため、常に測量などの調査技術について専門研究機関や専門業者の協力を得て研鑽を重ね、最新技術の導入も柔軟に進めてきた（村井2022）。

ここでは、近年加速度的に進化するデジタル技術を中心に、センターにおける新技術の導入状況を整理し、その可能性と課題を整理しておきたい

（表1）。

2 発掘現場におけるデジタル技術等の実践

センターがコンピュータを本格的に導入したのは、1980年代後半からである。佐久市下茂内遺跡の旧石器時代石槍製作跡では、3万点に及ぶ石器の水平・垂直分布図、接合関係図の作成に初めてコンピュータシステムを導入し、旧地形の復元と製作跡の検討を可能とした。しかしながら、現地測量は機械化されておらず、座標値入力は全て手作業で行われていた（小林・近藤1990）。

1990年代には信濃町貫ノ木遺跡などの旧石器時代遺跡において、トータルステーションとコンピュータプログラムを組み合わせた三次元測量・解

表1 埋文センターにおけるデジタル技術等の導入・実践状況

年 度	遺跡名	調査法等	発掘	整理
1989～1992	佐久市下茂内遺跡	コンピュータプログラムへの座標値・属性入力による遺物分布図作成（旧石器ブロックの垂直・水平分布・接合石器分布）		○
1993～1995	信濃町貫ノ木遺跡ほか	トータルステーションとコンピュータプログラムによる旧石器ブロックの調査及び属性分析	○	○
2000	茅野市長峯遺跡	RCヘリ・デジタルカメラによる正射投影画像作成 CADソフトによる遺構トレース	○	○
2002・2003	茅野市聖石遺跡・長峯遺跡	200mm望遠レンズ装着デジタル一眼レフカメラによる土器実測用画像作成（縄文時代中期土器700点の実測用）		○
2005～	中野市千田遺跡ほか	トータルステーションを用いた単点測量による遺構測量を本格的に開始	○	
2007	佐久市西近津遺跡群	つるべ式ボールとデジタルカメラによる正射投影画像作成 CADソフトによる遺構トレース	○	○
2007～2011	中野市柳沢遺跡	三次元レーザ測量（弥生時代青銅器埋納坑）、三次元写真測量（青銅製品）、X線CT分析（青銅製品）	○	○
2011～	佐久市西近津遺跡群ほか	土器実測用に磁気三次元位置測定装置の導入		○
2011～2020	長野市浅川扇状地遺跡群、塩崎遺跡群ほか	電子平板測量の導入（追尾型トータルステーションと屋外対応PC・専用ソフトによる遺構測量システム）	○	○
2014～	全調査遺跡を対象	発掘調査記録用にフルサイズデジタル一眼レフカメラを本格導入	○	
2017	長野市小島・柳原遺跡群	X線CT分析（金銅製仏具の塔鏡型合子）		○
2020～	中野市南大原遺跡、辰野町沢尻東原遺跡	フォトグラメトリ（SfM-MVS）技術を応用した弥生土器・縄文土器の図化		○
2020	中野市南大原遺跡	X線CT分析（弥生時代中期の鉄製品）		○
2022	下諏訪町ふじ塚遺跡	三次元写真測量を応用した和鏡の正射投影画像・電子拓本画像作成		○
2022	松本市安塚古墳群、長野市長沼城跡	地中レーダー探査（埋没古墳・城館跡に伴う石列の事前把握）	○	
2022～	長野市長沼城跡、川田条里遺跡、中野市南大原遺跡	地層抜き取り調査（ジオスライサー調査）・ボーリング調査（長沼城跡・南大原遺跡）、抜き取り試料・ボーリングコアのX線スキャナー・4K画像化、三次元レーザ測量（トレンチ壁面）	○	
2023～	中野市南大原遺跡	UAV三次元レーザ測量、UAV三次元写真測量、LiDAR実装タブレットによる計測、測量データ及びオープンデータの閲覧用WEBサイト構築	○	○

析システムを本格的に運用した。これにより現場の単点（単独標高点）測量データに整理段階で得られた遺物種、石材、接合関係などの情報を追加して属性単位での分布状況の検討を可能にした。

2000年代になると、上述の単点測量は、遺構測量にも反映させて、測量した翌日に1/20縮尺で紙出力した測点群を図面上で結線する方式で、中野市千田遺跡等の遺構密度が高い大規模集落遺跡の図化記録の効率化を図ることができ、現在もこの手法は一般的に使用している。

また2000年代中頃にはデジタルカメラによる写真測量が試行されるようになる。佐久市西近津遺跡群では縄文時代中期から中世までの遺構群が濃密に重複する状況で、つるべ式ポールで吊り下げたデジタルカメラによる遺構単位の写真測量を実施し、掘削作業と測量作業を並行して進めることを可能とした（図1）。また報告書作成を見越して正射投影画像のデジタルトレースもCAD上で行った。一方、2010年代には電子平板測量を採用し、市街地で小規模な分割調査を余儀なくされた



図1 つるべ式ポール・デジタルカメラを用いた写真測量
（2007年・西近津遺跡群）

長野市浅川扇状地遺跡群や、広大な調査区を複数職員が分割担当して調査を進めた同市塩崎遺跡群において、測量データの統一的な管理、線種などのレイヤー（画層）分けなどの機能を活かして、現場作業から室内作業、報告書作成までのデータ編集をスムーズに行うことが可能となり、整理期間の短縮化を実現した。

3 遺物実測や分析へのデジタル技術の導入

2000年代には、膨大な縄文土器が出土した茅野市聖石遺跡・長峯遺跡の整理作業で、デジタル一眼レフカメラと200mm望遠レンズ、安定性の高いカメラ台を準備し、レンズ収差を軽減できるように土器から約8m離れた距離から撮影し、Adobe Photoshop ソフトによる形状修正と色調補正編集を経た画像データを等倍に紙出力して実測図のベースに用いた。これにより装飾性の高い縄文時代中期土器の完形品700点を実測し、期限内に報



図2 フォトグラメトリ（SfM-MVS）手法を用いた弥生土器の図化（上：3D-PDFデータ、下：文様を鮮鋭処理した図）
（2020年・南大原遺跡）

告書に掲載することができた。

また2011年からは土器実測に磁気三次元位置測定装置を導入している。土器の外形や文様に加え、ミガキやケズリ、ナデといった調整をペン型計測器で器面にタッチする方式で、簡便かつ感覚的な操作で高精度な計測が可能となり、佐久市西近津遺跡群や長野市塩崎遺跡群等の数千点に及ぶ土器実測作業で効率化を実現した。

2020・2021年には、急速に技術開発と実用化が進んだフォトグラメトリ（SfM-MVS）手法による弥生土器と縄文土器の図化を行った。整理室で1個体あたり200カット程度撮影したデジタル画像データを専門業者に転送し、特許技術によって土器文様などが鮮鋭化された図化データが返送される方法である（図2下）。データのやり取りだけで土器の図化作業が可能となったことで、土器自体の移動を必要とせず、破損リスクが大幅に軽減されたことも大きな利点といえよう。

X線CT装置を用いた分析調査は、2007年の中野市柳沢遺跡出土の弥生時代青銅製品を皮切りに、主に金属製品を対象として実施した。取得された断面画像データの分析によって、金属製品内面や断面の詳細な観察が可能となって、往時の製作技術復元などに関する調査研究が進展した。

4 事前把握調査への新技術の活用

2019年10月、いわゆる令和元年東日本台風で発生した線状降水帯の集中豪雨によって長野市の千曲川が決壊し、流域一帯に大きな被害をもたらした。大規模な水害を受け、国は翌年に「信濃川水系緊急治水対策プロジェクト」を立ち上げ、流域一帯の整備事業を計画した。それにより決壊地点の長沼城跡は河川防災ステーション建設、下流に位置する中野市南大原遺跡は大規模な遊水地整備事業の計画地に指定されることとなる。

河川防災事業の特性として、場所が限定されること、事業面積が大きいこと、事業進捗が極めて早いことがあげられる。先行する埋蔵文化財調査も広大な対象地を短期間で実施することが事業者や地域住民からも求められている。なかでも南大

原遺跡は事業面積72haのうち、調査対象面積が38haという空前の規模で、発掘調査に充てられた期間も極めて短かいものであった。2023年から調査を受託したセンターは、当初から県教育委員会や地元市教育委員会、事業者と協議を重ね、初年度は事前把握を目的とした全域の詳細測量と効率的に確認調査を行い、調査成果を次年度以降の調査計画に反映させる方策を提案し、承認された。

調査には様々な最新技術を用いた。調査区全域の微地形はUAV測量（レーザー・写真併用）で把握し、確認調査では地層抜き取り調査（図3）¹⁾、ボーリング調査²⁾、トレンチ調査（図5・6）を実施した。地層抜き取り調査とボーリング調査は、近世水田が分布するとされる範囲に直線330mの測線を設定し、26本の地層抜き取り及び



図3 地層抜き取り調査（ジオスライサー調査）
（2023年・長沼城跡の中堀確認調査）



図4 地層抜き取り試料の4K画像・X線画像撮影作業
（2023年・南大原遺跡）



図5 LiDAR 実装タブレットによるトレンチの計測作業
(2023年・南大原遺跡)

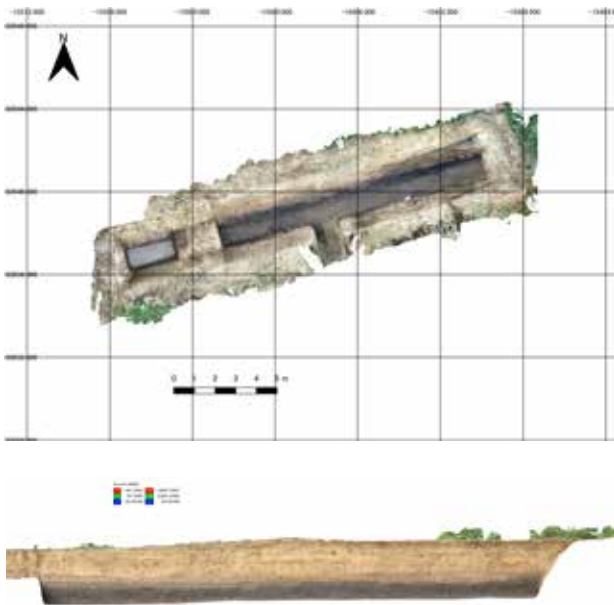


図6 LiDAR 測量データを編集加工したトレンチの平面画像
(上)と断面画像(下)(2023年・南大原遺跡)

2地点のボーリング調査を実施した。採取した地層試料はデジタル4K画像及びX線画像撮影を現地で併行して行い、堆積状況や含有物の有無などを即時に確認した(図4)。

調査成果は現地作業終了のおよそ1カ月後の工程会議で画像データを編集・整理した速報値を示した(図8)。古千曲川の河床礫を確認し、旧地形の傾斜方向と近世水田が棚田状に造成されていることを把握した。また同時に進めたトレンチ調査の成果も踏まえ、調査対象地の地形や想定される遺構分布によるゾーニングと次年度以降の調査計画案を提示できた(上田2024)。

5 デジタルデータの多様性

センターはこれまで、発掘調査の成果を発掘調査報告書として印刷刊行し、研究機関や図書館等に配布してきた。デジタル三次元データも、最終的には印刷仕様に再加工して二次元化することで目的を果たしたことになる。ただ、自明のことだが三次元データの持つ情報量は膨大で、利用方法や活用方法も多様性に富む。

不可逆性が宿命ともいえる埋蔵文化財の発掘調査において、調査時点の状況を再現し、検証できることも三次元データの大きな特徴である。

2023年の長沼城跡や川田条里遺跡の調査では、深さ6mを超える城の堀跡の断面や水田跡が重層するトレンチ壁面、水田畦畔芯材の図化計測にレーザー測量を用いた。また南大原遺跡ではトレンチ調査の計測にLiDAR測量機能を実装したタブレットを用い、室内で平面・断面の正射投影画像を作成した(図5・6)。

地下水位の高い沖積地の調査や、広大な対象地の確認調査の場合、よりよい条件下で効率的に図化記録をとる必要がある。その点上記二者の方法は、短時間に大量のデータ取得が可能であり、有効であった。また取得した三次元データはカラー情報を持っているため、後日PCモニター上で堆積状況の確認や、出土芯材の観察といった現地調査を補完する作業を可能とした。

遺物のデータ化でいうと、発掘調査報告書『南大原遺跡2』(2021年)では先述したフォトグラメトリ(SfM-MVS)手法により作成した弥生土器の三次元画像データを、無料閲覧ソフトAcrobatReaderで自在に回転させて閲覧できる形式(3D-PDFファイル)で添付DVDに収納している(図2上)。

2017年には三次元データ³⁾に基づいて柳沢遺跡出土の銅戈複製品を現代の鑄造技術で製作し、ハンズオン教材として出前授業などで活用している。

このほか、2022年の川田条里遺跡の調査では、隣接する上信越道建設時の調査(1989・1990年)と堆積環境や基本層序などを対比する際、当時の

記録類を保管管理する長野県立歴史館が近年進めている写真フィルムのデジタル化事業で、報告書非掲載のカラーリバーサルフィルムが画像データ化されていたことで、容易に閲覧することができた。

6 今後の方向性と課題

河川防災事業の緊急調査を進めている南大原遺跡では、調査情報の閲覧用に WEB サイトを立ち上げている（図7）⁴⁾。サイト内は様々なデータをレイヤーごとに整理している。現在は現地調査データや既存情報（正射投影画像化した古地図・データ処理した航空レーザ測量データ）、オープンデータ（国土地理院公開データなど）を掲載している。今後は調査進捗図や工事関係図などの情報を追加することも可能で、事業者など関係機関との情報共有や調査方法などの検討を PC 上で行うことも想定している。

振り返ると、埋文センターは大量の遺構や遺物

の出土や貴重な発見があった時、事後の対応としてデジタル技術などを導入してきた。しかし、南大原遺跡の調査を通して、迅速性・多様性が特徴のデジタル技術などの新技術は「調査計画」立案前の事前把握から導入することが、保護措置の決定や本調査の適切かつ効率的な実施に繋がることを改めて確認することができた⁵⁾。

今後、調査者は計画段階で対象とする遺跡に最適な調査法や調査技術を選択する能力が、より一

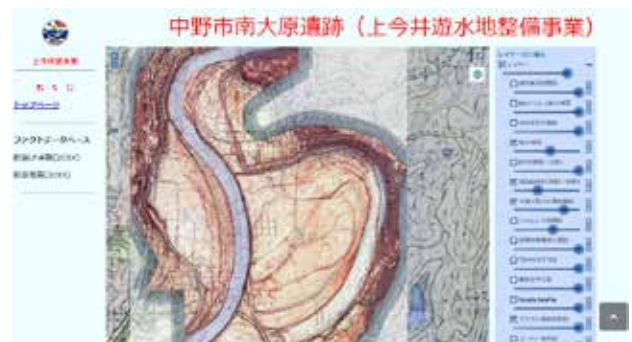


図7 測量データやオープンデータなどをレイヤー分けに表示した WEB ページ（2023年・南大原遺跡）

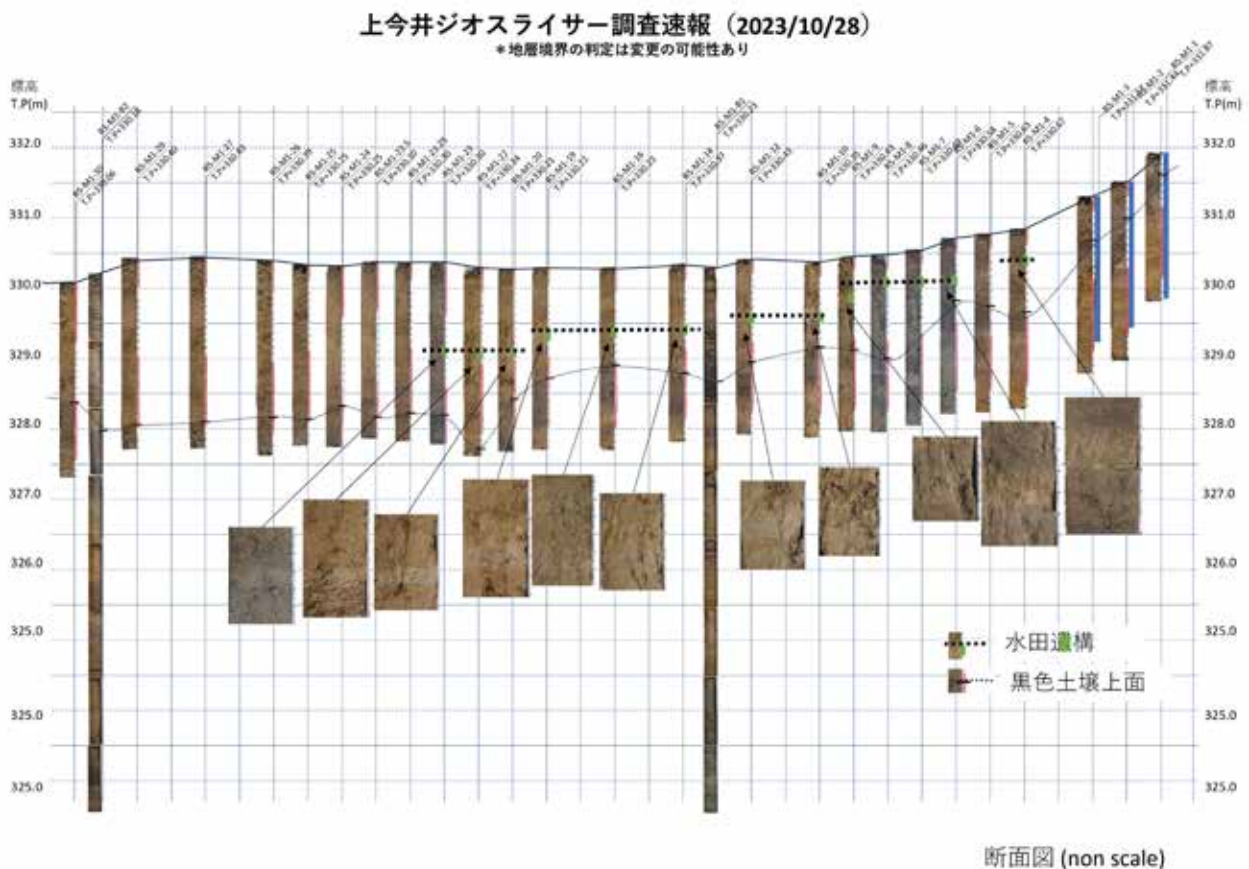


図8 地層抜き取り試料・ボーリングコアのデジタル画像を用いて遺跡の旧地形や近世水田跡の検討用に作成した断面図（2023年・南大原遺跡）

層求められていくだろう。その際、他分野で開発された新技術についても柔軟に対応し、調査への活用を検討していくべき段階にきていると強く感じる。

ただ、それらはあくまでも調査目的を達成するための手法の一つに過ぎず、考古学などの専門的な知見に基づき調査成果を評価できる、調査者自身の力量や視点が最も大切であることは今も昔も変わらない。そしてセンターでこれまで培われて、蓄積されてきた調査者の視点を、組織として次世代に継承していくことが最重要課題であると認識している。

本稿執筆にあたり、2022・2023年度にセンターに派遣された広田良成氏（北海道埋蔵文化財センター）には測量技術における多くのご教示を得るとともに掲載図作成にご協力いただいた。また原口強氏（東北大学特任教授）、高田圭太氏（復建調査設計）には調査技術の実践や調査成果の公開方法について多くのご教示を得た。記して感謝申し上げる。

註

- 1) ジオスライサー調査。地表面下の地層断面を定方向で切り出して、採取できる地層採取法。トレンチ調査に比べて掘削による影響面積が百分の一程度に抑えることが可能で、短期間に複数地点の調査を安全に実施可能。センターでは2022年の長沼城跡（岡村2023）、川田条里遺跡（綿田2023）で初めて実施し、それぞれの調査目的を果たす成果を得た。長沼城跡では2023年も堀跡調査で採用した（図3）。
- 2) 南大原遺跡では地表面下8mまで掘削可能なやぐら組みのボーリング調査を採用した。長沼城跡では新潟大学災害・復興科学研究所ト部厚志教授の指導のもと、小型クローラータイプのバイプロドリルを用いた無水式ボーリング法を採用し、城館跡の堀跡や郭跡の痕跡を確認している。
- 3) 三次元データは2012年に愛媛大学吉田広教授と元興寺文化財研究所の塚本敏夫氏（当時）が計測したデータを使用。
- 4) 現在は関係機関のみ閲覧可能なクローズドサイトとしている。
- 5) 埋蔵文化財の事前把握を進めるため、三次元レーザ測量などの技術導入を図ることは、昨今の埋蔵文化財保護行政を取り巻く社会情勢上、国が早急に取り組むべき事

項の一つにも示されている（芝2023）。

引用・参考文献

- 上田典男 2024「Ⅱ発掘作業の概要（Ⅱ）南大原遺跡」『長野県埋蔵文化財センター年報』40
- 岡村秀雄 2023「Ⅱ発掘作業の概要（Ⅰ）長沼城跡」『長野県埋蔵文化財センター年報』39
- 川崎保・河西克造・長谷川桂子 2022「Ⅸ調査研究ノート（4）下諏訪町ふじ塚遺跡の和鏡」『長野県埋蔵文化財センター年報』38
- 小林秀行・近藤尚義 1990「遺跡の整理におけるコンピューター利用について―下茂内遺跡での実践例から―」『長野県埋蔵文化財センター紀要』3
- 芝康次郎 2023「なぜ今、新技術か―埋蔵文化財行政をめぐる課題解決に向けて―」『月刊文化財』令和5年8月号（719号）
- 文化庁監修 2023「特集 発掘調査の新技術」『月刊文化財』令和5年8月号（719号）
- 村井大海 2022「埋文センター調査法の探求史」『信州発掘奮戦録』
- 村上龍 2023『文化財の未来図―ものづくり文化をつなぐ』岩波新書
- 綿田弘実 2023「Ⅱ発掘作業の概要（Ⅱ）川田条里遺跡」『長野県埋蔵文化財センター年報』39

本稿で取上げた報告書

- 長野県埋蔵文化財センター 1992『下茂内遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書11
- 長野県埋蔵文化財センター 2000『貫ノ木遺跡・西岡A遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書15
- 長野県埋蔵文化財センター 2005『聖石遺跡・長峯遺跡・別田沢遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書69
- 長野県埋蔵文化財センター 2012『中野市柳沢遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書100
- 長野県埋蔵文化財センター 2013『中野市千田遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書98
- 長野県埋蔵文化財センター 2015『西近津遺跡群』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書104
- 長野県埋蔵文化財センター 2020『小島・柳原遺跡群』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書127
- 長野県埋蔵文化財センター 2021『浅川扇状地遺跡群』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書130
- 長野県埋蔵文化財センター 2021『南大原遺跡2』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書131
- 長野県埋蔵文化財センター 2024『沢尻東原遺跡』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書132
- 長野県埋蔵文化財センター 2024『石川条里遺跡 長谷鶴前遺跡群』長野県埋蔵文化財センター発掘調査報告書134