4 考古学と映像情報

～埋蔵文化財の3次元デジタルアーカイブを中心に～

塚本 敏夫[†]

キーワード デジタルアーカイブ、文化財保存、3次元、埋蔵文化財、考古学

1. ま え が き

コンピュータ、インターネット、携帯電話やカーナビゲーションの普及に見られるように、最近のデジタル情報化社会の進歩は著しく、私たちの生活になくてはならないほど浸透してきている。21世紀は正に高度デジタル情報化社会の世紀となるであろう。

このような社会情勢を背景に、近年、文化財関係でもマルチメディアの最新技術を使った「デジタルアーカイブ構想」やVRMLを用いてインターネット上で電腦博物館を創る「バーチャルミュージアム」構想等さまざまなプロジェクトが立ち上がっている。特に、ハイビジョン映像技術を使った文化財のデジタル映像化を中心にした「デジタルアーカイブ構想」のプロジェクトが有名である。

今回は、関西特集ということで文化財一般のうち、関西地域の特徴である考古学で扱う埋蔵文化財に焦点を絞って述べたいと思う。それは、埋蔵文化財が開発により破壊されてなくなってしまうケースが多く、出土した遺物も劣化し易く、その情報が変化してしまうからである。そのため、一刻も早く、正確にその記録を残しておかなければならないからなのである。

そこで、まず、埋蔵文化財の保存のあり方について考え、データの3次元デジタル化の必要性を簡単に述べる。

次に近年の埋蔵文化財分野での3次元映像情報利用の現状について、現在私たちが進めている3次元デジタルアーカイブを中心に紹介する。

2. 後世へ「モノ」を残す保存科学と「情報」を残すデジタルアーカイブ

2.1 文化財保存の意義

我々が扱っている文化財は、人類の過去の足跡を現代から未来へ伝える重要な情報資料である。文化財はその遺産を継承した人類共通の財産であり、我々には文化財を後世へ伝える義務と責任がある。そして、その文化財を残し、後世へ伝えるための技術の一つが保存科学である。

2.2 文化財保存の2相

保存科学には大きく二つの役割がある。一つは「モノの保存」である。これは遺跡・遺物の持っている情報をそのままの“かたち”で残す技術であり、その技術的背景は理化学的技術体系の延長線上に位置している。現在の保存科学の主流となっている。

もう一つは「情報（データ）の保存」である。これは遺跡・遺物の持っている情報を“データ”として残す技術である。この技術は、遺跡・遺物の情報を、写真・図化して報告書という形で残していく方法であり、この技術的背景には工学的な測量学や図学の方法が用いられてきた。

近年、考古学分野でもコンピュータが多く利用されるようになり、情報のデジタル化や、年間1万件を越す発掘から生ずる膨大なデータの有効活用がさげられるようになってきている。そのようなニーズの中、関西を中心に考古学と情報科学が融合した「情報考古学」という融合領域が誕生した。そして、考古学を理化学的手法でサポートする保存科学でも、新しい側面であるデジタルアーカイブが目されるようになってきた。

3. 埋蔵文化財の3次元デジタル化の意義

考古学は埋蔵文化財を基礎資料として扱う学問であり、遺跡・遺物の型式学的研究が基本となっている。したがって、遺跡・遺物の持っている情報を最大限に引出し、その資料的価値を残すことがたいへん重要である。しかし、年間1万件越す発掘量があり、また、その過程で出土する膨大な遺物を前に、遺跡保存や遺物の整理・保管・保存処理に迅速な対応をとることは難しくなっている。このような現状では、緊急発掘による遺跡情報の大部分は喪失してしまう。そして、発掘後の遺物は劣化を続け、経時変化とともに資料的価値を失っていくものも少なくない。その結果、誤った資料による考古学的研究の成果が過去の社会像を歪め、ひいては誤った歴史観を創出する危険性を持っている。

文化財は有限なものであり、とりわけ変形の激しい埋蔵文化財は、資料的な価値を失わないうちに一刻も早く保存することが重要である。したがって、遺物の資料的価値を最大限残せるようなデジタルアーカイブ技術を開発する

[†]財団法人元興寺文化財研究所

"Archaeology and Image Information" by Toshio Tsukamoto (Gangoji Institute for Research of Cultural Property, Nara)

ことが急務である。この際、基本的なコンセプトは、遺跡・遺物を3次元データで扱わなければならないことである。考古学の基本は遺跡・遺物の型式学的研究がベースであることは先ほど述べた通りであり、2次元のデジタル情報のみではなく、3次元の形状情報をデジタルアーカイブする必要がある。

4. 埋蔵文化財への3次元デジタルアーカイブの適用研究

この章では埋蔵文化財の3次元デジタルアーカイブと3次元デジタルデータを用いた応用研究について、現在著者らが進めている研究の中からいくつかの事例を紹介する。

4.1 遺物研究への応用(考古遺物の立体形状比較)

考古遺物の新しい形状比較法として、3次元デジタルデータでの立体比較がある。ここでは、考古学研究において学史的にも重要な鋳型を使った製品での同範・同型関係の検証方法に焦点を絞って紹介する。

立体比較をするには多視点の異座標系のデータを同一座標系に変換して比較しなければならない。そこで、特徴点のある物とない物で比較方法を変えなければならない。

(1) 特徴点があるケース

比較する遺物に特徴点(比較しやすい形や基準となる点、例えば鏡の紋様や乳など)のあるものは、その特徴点を3点以上指定して立体的な距離が最小になるように最小二乗法を使ってコンピュータ上で座標系統一を行い、その差を定量的に計算する。この手法で同範・同型関係の解析を行うことができる。

ここでは元興寺出土の同範瓦での事例を紹介する。各瓦について4方向からの分割計測を行う。確実な特徴点を5点指定して、コンピュータ上で立体形状を比較した。その結果、三つの瓦は3次元的な形状比較において同範と認定できた(図1)。

(2) 特徴点がないケース

明瞭な特徴点が得られない遺物の形状比較は難しい。ビジュアル的に比較は可能だが、定量的な比較とその判定基準に問題がある。そこで、全体的な形状比較と特定部位の比較をもとに総合的に判定を行った。

ここでは同一場所から多量に細型銅剣が出土した島根県斐川町の荒神谷遺跡での事例を紹介する。銅剣は後加工(研ぎ)しているため、比較方法として未加工部位が多い脊(ムネ)部での断面データをもとに立体比較を行った(図2、図3)。

現在、三角縁神獣鏡群の計測データを使って、より詳細な紋様単位での同範・同型関係の解析について研究している。また、将来的に3次元データベースを構築した時の立体検索法として、似た形、似た文様の絞込みを、テンプレートマッチングなどの計算手法を使って行っている。近い将来には考古遺物の3次元データベースが構築され、居ながらにして全国の遺物を比較することが可能となる。

図1 特徴点がある場合の形状比較法(瓦での事例)
(左:縦断面の比較, 右:半断面の立体比較)

図2 銅剣の計測風景

荒神谷遺跡銅剣の脊部の断面形状データの比較図(3D折れ線グラフ)

図3 銅剣背部の断面形状比較

4.2 遺跡の3次元デジタルアーカイブ

(1) 遺跡の3Dデジタルアーカイブの意義

現在、我が国では年間1万件を越す発掘調査が行われて

おり、膨大な発掘量を抱え、十分な調査ができないまま破壊されなくなってしまう遺跡も少なくない。特に日本の遺跡は土がベースであるため、発掘中にも風雨により、日々刻々壊れていく。遺跡の記録は平板測量等から航空測量に置き換わりつつあり、計測データのデジタル化や3次元的な立体復元の研究が行われ始めている。しかし、費用がかかり過ぎるため、ほとんど手作業による遺構図の作製と写真による2次元的なデータ記録が主である。近年、従来室内でしか使用できなかった赤外線レーザを用いた3次元形状計測機（レーザレンジファインダ）が屋外でも使用可能な状況となっており、一部、地形測量に利用されるようになった。そのような状況の中、ここ2、3年での急速な技術革新により、正確にしかも迅速に遺跡の3Dデジタルデータ取得可能となってきた。

遺跡発掘へレーザレンジファインダを導入することにより、2次元の情報しか得られていなかったものが、3次元の立体情報が瞬時に、しかもリアルタイムで得られるようになり、発掘作業の爆発的な短縮化・省力化を促し、社会的な貢献が期待できる。さらに、短時間での取り上げ作業が可能となり、従来、記録のために長らく遺跡に放置されていた脆弱遺物の崩壊や変形を最小限に抑えることが可能となる。また、詳細な3次元データを発掘調査の進行過程のなかでリアルタイムに記録できるため、発掘後のデータ復元のみならず、発掘過程の3次元的な復元も可能となり、今後の遺跡研究の進展に大きく寄与できる可能性を秘めている。

(2) 遺跡発掘への応用

ここでは、レーザレンジファインダを用いた新しい遺跡計測システムを、発掘現場で実施した事例を中心に紹介する。

(a) 加茂岩倉遺跡での出土状況の計測

39個の銅鐸を出土した鳥根県加茂町の加茂岩倉遺跡で、銅鐸埋納状況を計測した。ここでは、野外での遺構計測にもレーザレンジファインダが有効であることが確認できた（図4、図5）。

(b) 出雲大社境内遺跡でのリアルタイム遺構計測

リアルタイム遺構計測システムの現場試験を、鳥根県大社町に所在する出雲大社境内遺跡の発掘現場で行った。

ここでは発掘調査の工程に従い、心御柱を取上げながら、その都度、計測を行って発掘作業を進めた（図6、図7）。

その際、計測した遺物データをその場で個体識別し、取上げ時の情報を手書き文字入力できるようなフィールドノート機能を備えた現場計測用のユーティリティソフトと専用ノートパソコンの開発がデータ取得後の解析に不可欠であり、早急に開発する必要があることがわかった。現在、その電子手帳システムの開発を進めている。

(c) 大野窟古墳の崩壊性の高い巨大横穴式石室での事例

遺跡発掘の発掘現場以外でも大型の石造物の計測にも3D形状計測が威力を発揮している。従来、大型ではほとんど図

図4 銅鐸計測風景

図5 銅鐸埋納状況（左：ワイヤフレーム、右：シェーディング）

図6 出雲大社境内遺跡での撮影風景

面の取れない巨大な石造物の3次元デジタルアーカイブが、屋外での長距離対応のレーザレンジファインダ装置の開発により可能となった。熊本県竜北町に所在する大野窟古墳は高さ6.48mと非常に巨大であり、しかも崩落が激しい横穴式石室での事例を示す（図8）。

このように、従来まったく図面のなかった大型の遺構も、正確に記録することが可能となる。最近、破壊され話題と

図7 発掘工程毎の心御柱の3次元状態図
(上：抜き取り前，下：柱2本撤去後)

図8 3Dデジタル計測による石室玄室の距離画像

なったバーミアンの石仏などのように戦争行為により、止むなく破壊されていく遺跡を、データだけでも後世に残し伝えていく有効な手段となることであろう。

5. 博物館での3Dデジタル映像情報の活用

博物館での展示は遺物を中心に行われてきた。人間は生まれながらに3次元の世界に住んでおり、遺物を3次元で観たり、感じたりすることが本来の姿である。現在の考古系博物館は四つの国立博物館と各都道府県や大学の博物館以外に地方の町おこしの気運から地方自治体の博物館がたくさん造られてきた。しかし、遺物は唯一つしかこの世に存在しない。ここで展示遺物の所有権の問題が持ち上がっている。つまり、多くの重要な遺物は国や大学、地方自治体に属しており、出土した土地にないという状況が起こっている。その解決策としてレプリカを作成して対応してきた。しかし、現在のレプリカは直接遺物から型を取る方式であり、脆弱な遺物に対しては対応できない。そこで、遺物の3Dデジタルデータを使って再現する試みがなされてきた。

最初は視覚的な展示手法としてホログラフィが利用された。国立歴史民俗学博物館での企画展「科学の目でみる文化財」では、ホログラフィによる遺物の3D可視化展示が話題となり、それ以後に新設された博物館での映像情報を使った斬新な展示手法の一つとなった。その後、デジタル技術の進展から擬似的な可視化表現ではなく、取得した3Dデジタルデータを用いたデジタルレプリカの手法が開発された。1995年には太田南5号墳から出土した青龍三年銘方格規矩四神鏡のデジタルレプリカが造られた。1997年の東京大学総合研究博物館での企画展示「デジタルミュージアム 电脑博物館—博物館の未来」では、壺を3次元計測し、そのデータを光造形装置で再現するという試みが行われた。同年の「古代出雲文化展 神々の国—悠久の遺産」の巡回企画展では、加茂岩倉遺跡で出土した土付きの銅鐸のデジタルレプリカが作られ、ここでは、既存のレプリカ修復技術を使って色情報や質感をも持たせたハイテク技術と職人技術を融合させた、ハイブリットデジタルレプリカが話題となった(図9)。

また、その年の大阪府立近つ飛鳥博物館の企画展「古墳の科学捜査 行者塚古墳発掘展」では、脆弱でいままで型取りができなかった大阪府茨木市の紫金山古墳出土貝輪のデジタルレプリカが作られた。同時にこの展示では、行者塚古墳の設計データから、NC工作機を使って古墳墳丘模型が作られた。現在、兵庫県和田山町の茶すり山古墳で、主体部の副葬品の出土状況を計測した3Dデジタルデータから1/5スケールのレプリカを製作しようという計画がある。

デジタルデータから作るレプリカでは、従来の型取りでは不可能な拡大・縮小も自由自在に行える。データの合成やディテールの復元も容易にできる。再現性が均一であり、いったんデジタル化すれば、たとえ遺物が変形または崩壊しても全体の復元でも部分的な復元でもレプリカによる形状復元が容易にできるようになる。

未クリーニング状態の6号銅鐸の非接触レプリカ作製

図9 銅鐸のハイブリットデジタルレプリカ製作

6. む す び

考古学での映像情報の利用について、埋蔵文化財での3次元デジタルアーカイブに焦点をしばって、その意義と方向性について著者らが進めている研究の一部を踏まえながら考えてみた。埋蔵文化財関係での3次元デジタルアーカイブは緒についたばかりである。埋蔵文化財は人類共通の遺産であり、我々には発掘した資料を後世まで残し伝える使命がある。今後も増え続ける埋蔵文化財資料の整理・保存・公開の手段として、また新たな研究方法のツールとして遺跡・遺物の3次元デジタルデータ化を早急に推進していかなければならない。

現在、考古遺物用の3次元デジタルアーカイブシステムの開発や遺物の特性にあった適応的なモデリング手法の開発を行っている。また、3次元データの活用・公開法にいたる総合的視野にたつて、文化財の3次元デジタルアーカイブについて考えていきたい。

(2003年4月21日受付)

〔文 献〕

- 1) 村井俊治・木全敬蔵編：“第2編文化財調査のハイテク技術1・2”，図説ハイテク考古学，河出書房親社，pp.102-122（1991）
- 2) 国立歴史民俗博物館編：“ホログラフィと3次元の世界”，企画展示科学の目で見える文化財，（財）国立歴史民俗博物館振興会，pp.102-125（1991）
- 3) 塚本敏夫：“3次元形状計測を用いた考古遺物の形状比較”，人文学と情報処理，14，pp.69-74（1997）
- 4) 及川昭文・八村広三朗監修：“第4巻イメージ処理編；講座人文科学研究のための情報処理”（1998）
- 5) 塚本敏夫：“屋外用レーザーレンジファインダによる遺跡のリアルタイム3Dデジタル計測”，元興寺文化財研究所研究報告2001，pp.210-216（2002）
- 6) 塚本敏夫：“考古遺物用3Dデジタルアーカイブシステムの開発とデータ活用法の研究”，情報処理，43，10，pp.107-1077（2002）

塚本 敏夫 1986年，茨城大学工学部卒業。同年，（株）小松製作所入社。1991年より，（財）元興寺文化財研究所保存科学センター研究員。2002年より，研究部考古学研究室長。大手前大学非常勤講師，立命館大学客員研究員を兼任。保存科学，考古学，機械工学を専門とし，考古学の情報化に関する研究に従事。