

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

水戸部秀樹

1 デジタル技術の導入

私が大学生の頃はまだワープロの全盛期で、就職してからようやくパソコンに触れるようになりました。「ワープロ」といっても今の若い人には何のことかわからないかも知れません。その後、パソコンやインターネット、携帯電話、デジタルカメラなどが爆発的に普及し、現在では身の回りにこのようなデジタル技術を用いた製品があふれかえっていることは、誰しも感じていることだと思います。私の3歳の娘もすでにタブレットの虜となりました。今後もこの流れは止まるところではなく、より一層速度を早めて行くことも予想されます。

デジタル技術の普及と発展は私にとっても大変興味深いものであり、自らさまざまな製品を手にしてその利便性を感じていました。この技術を仕事にも活かして、業務の効率化、負担の軽減を図ってみようと思うのは自然の流れだったと言えるでしょう。特別なことではなく、ほとんどすべての職域で同時に起こっていたことだと思います。

公益財団法人山形県埋蔵文化財センター（以下、山形埋文という）においても、デジタル技術の導入については、時代の変化に合わせて少しずつ進められてきました。ほかの埋蔵文化財行政を担う組織の状況は把握しておりませんが、山形埋文でのデジタル技術の導入方法について、一例を挙げて紹介したいと思います。

発掘調査報告書を作成するにあたり、DTP（デスクトップパブリッシング）ソフトが欠かせないものになっています。山形埋文でも平成10年頃から使い始めていたようです。受託している発掘調査事業の全てで、同時に導入するような大掛かりなものではなく、新しい技術に敏感な調査員数人が個別に導入していきました。もちろん単に「興味があるから」というものではなく、

報告書の作成を効率的に行えるという理由からです。実際にどのくらい効率化が果たせたのかは、検証しておりませんので何とも言えませんが、ともかく報告書は刊行されています。

導入初期においては、操作に習熟していないために困惑とは反対に非効率になっていたのかも知れません。しかし今では報告書作成用のDTPソフトの各種マニュアルや、報告書のテンプレートなどを作成したことによって、効率化は十分果たせていると思います。DTPソフトの使用に消極的であった調査員も次第に使用するようになり、今では全調査員が使用するようになりました。特に強制することは無かったはずです。整理作業に従事する作業員も使用しており、たとえDTPソフトに不慣れな調査員であっても作業員の協力を得ながら報告書を作成しています。

つまり、一部の事業から試験的に導入を行い、十分に慣れたころにいつの間にか全事業で利用するようになったというのが、実際のところです。今にして思えば、「効率化したい（＝楽したい）」と思いつつも、習熟するまでは従前より多くの労力を費やしてしまったような気がします。少数の先駆者が困難を乗り越えてノウハウを確立し、そのほか多数の者が後からついて行つたとも言えるでしょう。DTP導入時には予想もしていなかった展開でした。

2 導入している技術と財源

1 デジタル技術と機材

新たなデジタル技術を導入するということは、新たな機材を調達するということとほぼ同じことです。どのような機材を選び、どのように調達し、どのように運用するのか、この3点を軸に考えていく必要があります。

山形埋文全体で見れば、数多くのデジタル技術を導

入しています。全てを十分に使いこなしているとは言い難いですが、新しい技術に習熟するためにはある程度の時間が必要であることは致し方ないことです。

事務的なものでは、メール・スケジュール管理・施設管理・ファイルサーバーとしてのクラウドサービスや経理専用のサーバー、作業員の労務管理を行うクラウドサービス、図書管理用データベースなどがあり、施設に関するものでは、庁舎内のどこでも使える無線ネットワーク、および有線ネットワーク、発掘調査事務所に設置する光ファイバー回線、または携帯電話回線を用いたルーターなどがあります。発掘調査・整理作業で導入しているものについては以下のとおりです。本稿では、これらの技術・製品について詳しく説明したいと思います。

- ①高性能パソコン及び各種ソフト
- ②DTPによる報告書作成
- ③デジタルカメラとデータ保管
- ④デジタルカメラによる三次元計測
- ⑤ドローン

2 導入の財源とその方法

財源については、発掘調査の委託者に負担を求めています。国土交通省や山形県県土整備部などが主な委託者です。山形埋文は、人件費を含む事業費のほぼすべてを委託者より頂いて運営されているため、ほかに財源はありません。項目としては「使用料・賃借料」に計上しており、必要な機材はリースやレンタルによって調達することになります。仮に購入によって調達してしまうと、事業が終了した後も山形埋文に財産が残ることになってしまい、委託者側からすると好ましくないことになるようです。

長期間（複数年）賃借するものはリース、短期間（1年以内）賃借するものはレンタルとされています。リースでは、必要な機材を自由に選択できますが、レンタルでは原則としてレンタル会社の在庫の中から選ぶことになります。また、リースでは保守・修繕費用はユーザー側の負担となります。また、リースでは途中解約ができない、レンタルではできるなどの違いがあります（表1）。

導入する機材に応じてリースとレンタルを使い分け

表1 リースとレンタルの違い

項目	レンタル	リース	購入
契約（償却）期間	任意で設定可能	使用可能期間（法定耐用年数など）の70%以上	使用可能期間（法定耐用年数など）
解約	可能	不可（残りース料支払）	-
対象物件	汎用性のあるもの	任意	任意
固定資産税・動産保険	レンタル会社負担	リース会社負担	ユーザー負担
保守・修理・除却費用	レンタル会社負担	ユーザー負担	ユーザー負担
陳腐化対応	可能	一部可能	不可
資金面	平準化可能	平準化可能	導入時に全額
会計処理・法人税	オフバランス（経費処理）	オンバランス（資産計上）	オンバランス（資産計上）

※横川レンタ・リース株式会社のWebサイトより

ていますが、ほとんどはリースを利用しています。どちらを利用して月額費用は一定で、かつ目立つような金額になることはありませんが、購入ではイニシャルコストが大きくなることは避けられません。常に必要な機材は毎年借り続けますので、ほぼ固定費のような扱いとなっています。なお、リースであれば、返却時に新しいものをリースし直しますので、常に最新の機材を使うことが可能です。この時、同額程度の機材をリースしたとしても、技術の進歩によってその性能は大幅に向かっていますので、より快適に使用することができます。リース期間は、パソコン関係は3年、デジタルカメラ関係は5年とされています。ちなみに法人税法に照らして適正だとされるリース期間は、パソコンでは2年以上、デジタルカメラでは3年以上となっています。

山形埋文で行っている発掘調査及び整理作業は、それぞれの遺跡（事業）ごとに独立した予算によって実施されています。ただし、共同で使用するものにかかる経費などは、各遺跡に按分して振り分けています。もし、一部の遺跡だけで特殊な機材を使用したい場合は、その遺跡の調査を担当する調査員が必要な経費を予算に計上するだけで済みます。もちろんその予算には山形埋文の理事長の承認がなければならないことは言うまでもありません。結果として遺跡ごとに特徴のある予算が作成されることになりますが、それぞれの遺跡の性格、調査の条件などに適した調査方法を選択しているはずですから、特に問題はないと思っています。これまでも委託者から問題として指摘を受けたこ

表2 調査員に貸与しているノートパソコンの仕様(平成30年度)

OS	Windows 10 Pro
CPU	インテル製 Core i7 シリーズ
メモリ	32GB
GPU	NVIDIA 製 GeForce シリーズ
SSD	256GB
HDD	2TB
画面サイズ	15.6 インチ
画面の解像度	1920 × 1080



図1 リースしているノート型パソコン

とも無いようです。

現在運用している技術以外にも過去にさまざまなものを試行してきましたが、取捨選択されて最も使いやすいものだけが残りました。今後も試行錯誤は続けていくと思います。

3 デジタル技術の導入例

先に列举した各デジタル技術について、導入した機材とその運用方法を中心に説明します。

1 高性能パソコン及び各種ソフト

①調査員用のパソコン

発掘調査を経てその報告書を作成するに当たっては、どのようなデジタル技術を用いたとしても、最終的なアウトプットはパソコンでの処理を経由することになります。よって性能の低いパソコンでは、どうしても処理に多くの時間を要することになり、場合によっては処理が全く進まないことも起きうるでしょう。

山形埋文では、全職員にパソコンを貸与していますが、なかでも調査員に貸与するパソコンは特に高性能なものを選んでいます。その基準は、DTPで報告書を作成するのに十分な性能をもっていることです。使用するソフトは最も普及している「Adobe Creative Cloud」(アドビ システムズ 株式会社)で、このソフトが快適に動作するために表2に示した仕様のパソコンを調達しています。なお、同じ価格帯であれば、デスクトップ型パソコンの方が性能は高いですが、発掘調査事務所にも持ち出して使用するために、ノート型(図1)を選択しています。また、データのバックアップ用として外付けのハードディスクも併せて貸与しています。

表2に示したパソコンの仕様は、事務的な作業(文書作成や表計算、プレゼンテーション作成など)をするだけなら、明らかにオーバースペックですが、DTPを行うに当たっては適切なものだと考えています。なお、3年後のリース期間終了時まで快適に動作するよう余裕を持たせています。

「CPU」や「メモリ」はもちろん大事ですが、特に気を配っている項目は、「GPU」、「SSD」、「画面の解像度」の3点です。GPUはグラフィックス プロセッシング ユニットの略称で、画像処理に特化した演算装置のことです。安価なパソコンの場合はCPU(セントラル プロセッシング ユニット)に統合されており、十分な性能とは言えませんが、独立したものを設置することで、DTPに関するソフト(特にIllustrator CC)の利便性を上げることができます。また、後述するデジタルカメラによる三次元計測に使用した場合も大きな力を發揮します。

SSD(ソリッドステートドライブ)はHDD(ハードディスクドライブ)と同じく記憶装置ですが、HDDのようにディスクを回転させて読み書きを行うのではなく、不揮発性メモリを使用しているため、非常に高速な読み書きが可能となっています。一度SSDの速度を味わうと二度とHDDに戻ることはできなくなることは間違ひありません。ソフトの起動や動作、データの読み出しが大幅に速くなるため、DTPソフトを使用する場合はぜひとも用意したい装置と言えます。しかし、今のところ容量の大きなSSDは価格が高いため、大容量でも比較的安価なHDDも併せて装備しています。一台のパソコンにSSDとHDDの二つの記憶装置を装備し、SSDにOS(オペレーティングシステム)とソフトを入れ、

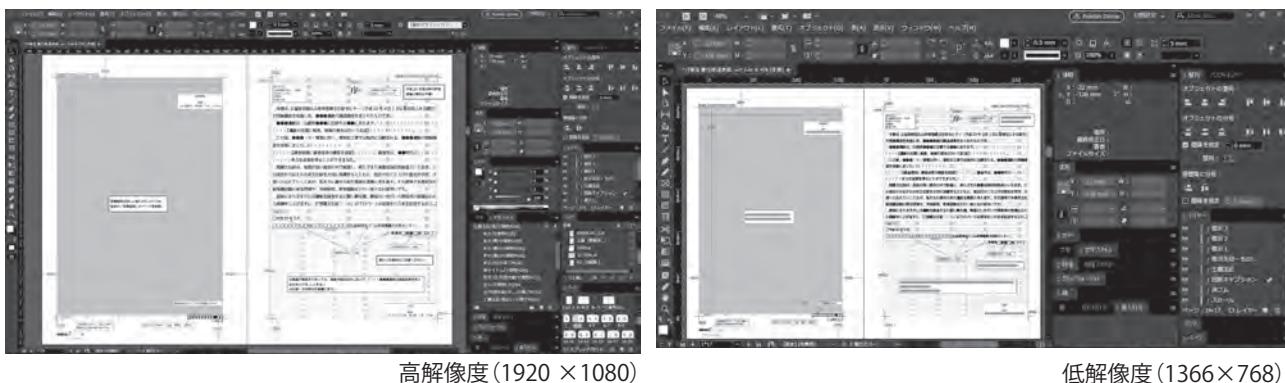


図2 解像度の違いによるモニターの見え方

HDDに写真や図面などのデータを入れての運用となります。

画面の解像度とは、画面に表示する情報量の大きさを表します(図2)。同じ大きさの画面でも解像度が高い方が、情報の密度が高いということになります。DTPソフトでは操作に必要なパネルを多数表示しながら作業を行うことが多いので、解像度は高いほうがはかどります。最低でも 1920×1080 は確保しておきたいところです。より高い解像度でも良いのですが、今度は表示される文字等が全て小さくなってしまいます。画面の大きさとのバランスを考慮すると15.6インチの画面サイズの場合は、 1920×1080 くらいがちょうど良いようです。デスクトップ型パソコンの場合はより大きな液晶画面を用意して、さらに高い解像度で使用することも作業の進捗に資することになると思います。

このような仕様のノート型パソコンは、既成品ではなかなか見当たらないので、各部品を選んで発注するBTO(ビルトトゥオーダー)によって調達します。全保有台数のおよそ三分の一を毎年入れ替えていくので、職員数の増減には対応できています。また、3年間のリース契約ですので、3年で全てのパソコンが入れ替わることになります。

運用しての効果ですが、DTP作業時にパソコンの処理が遅くなったり、待たされたりすることは少なくなりました。DTPが不得手な職員にとっては効果が少ないかもしれません。一日中パソコンの前で仕事をすることも多い訳ですから、少しでも処理の速いパソコンがあれば、知らず知らずのうちに作業時間は短縮されていると思います。

②整理作業員用のパソコン

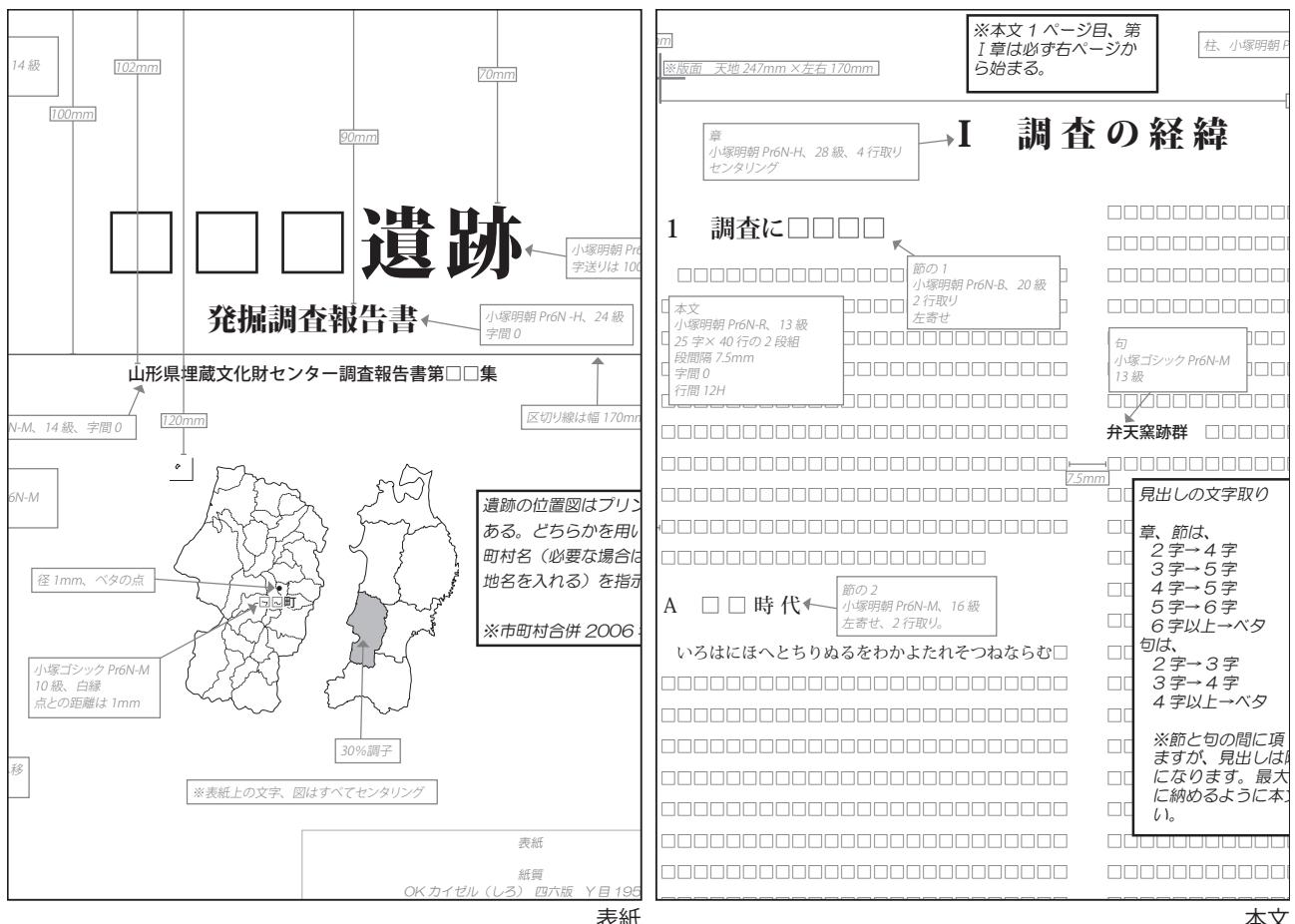
調査員用のパソコンはリースで調達しましたが、整理作業員用のパソコンはレンタルで調達しています。整理作業で必要な台数は、遺跡の内容と、作業の進行状況によって変わりますので、必要な台数および月数の予算を前年度に計上しておきます。毎年必要な台数は大きく変動するので、複数年契約となるリースで調達するのは適当ではありません。よって月額費用は割高にはなりますが、必要な期間だけ借りることができます。

レンタルの場合、レンタル会社の在庫から機材を選ぶことになるので、調査員用のような特殊な仕様のものは見つけられません。控えめな性能のパソコンを選んでいますが、不具合は無いようです。用途はDTP作業ですが、中でも軽い負荷の作業に使うことが多いためです。

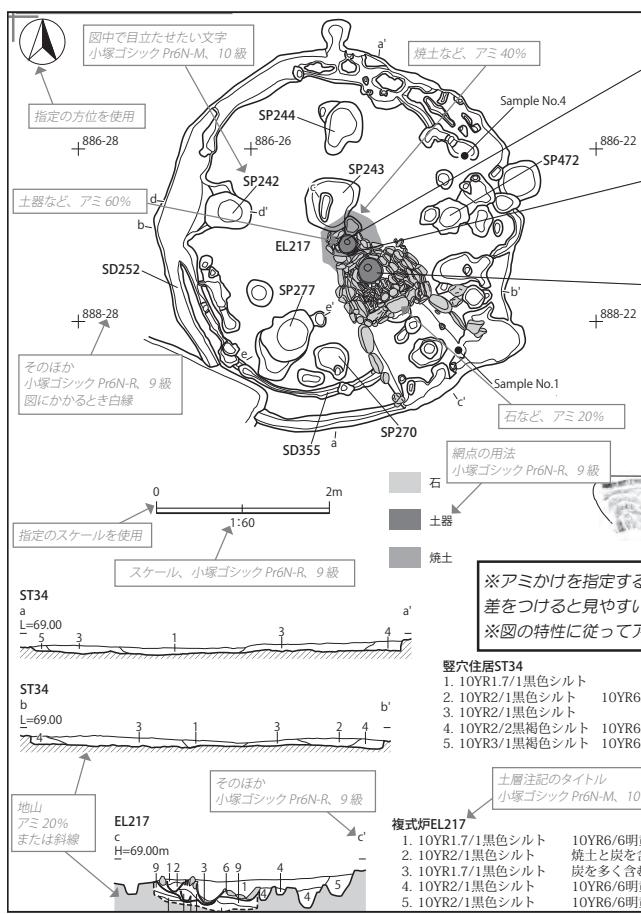
③各種ソフト

DTP、三次元計測用のソフトは後で触れますが、これら以外にデータベース用のソフトとしてFileMaker Pro(ファイルメーカー株式会社)を導入しています。比較的簡単なデータベースソフトですが、それでも初心者にはとっつきにくいため、なかなか利用が進んでいない状況です。山形埋文では毎週、発掘作業と整理作業の進捗を「週報」にまとめて報告することにしています。毎週同じ様式で作成するため、データベースを使用して簡単に作れるようにしています。

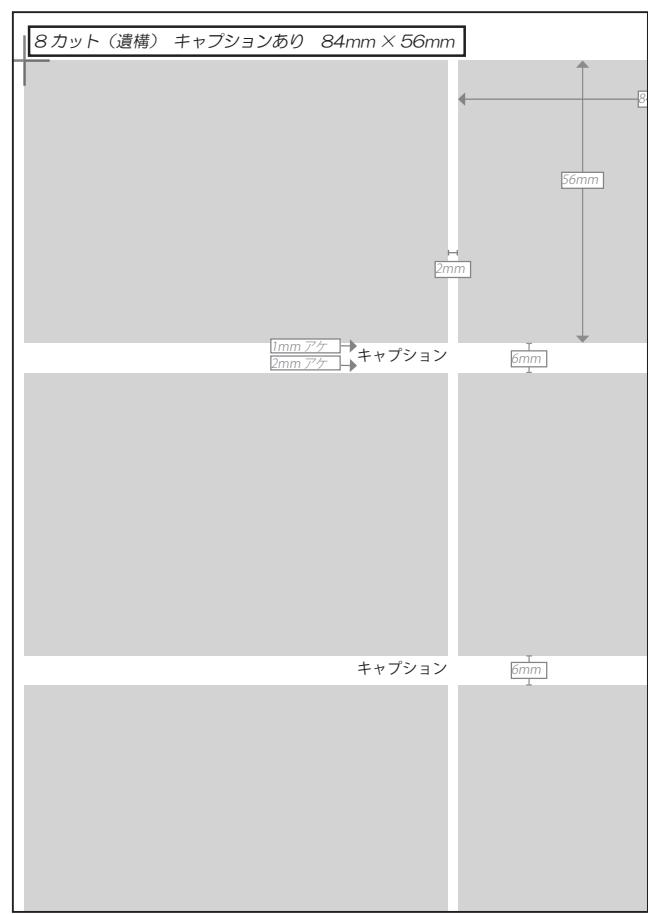
また、一部の職員は遺構・遺物のデータを管理するための様式を作成して業務の効率化を行っています。具体的な使用法は次の通りです。遺構・遺物を観察した結果、計測値などをまとめておき、原稿作成時に参照したり、計測値などを表形式で出力して遺構・遺物



本文



遺構実測図



写真図版

図3 報告書テンプレートの各ページ（縮尺2/3）

観察表などを瞬時に作成したりしています。

山形埋文の図書室の蔵書も同じく FileMaker Pro で管理しています。このソフトをカスタマイズした図書管理ソフト（リースで調達）を用いて、図書の登録や貸出業務を行っています。

自分で様式を作成できれば、とても便利なソフトですが、なれるまでは少し時間が必要なようです。

2 DTPによる報告書作成

必要なものは、パソコンと DTP に必要なソフトらをひとまとめにした Adobe Creative Cloud です。中でもよく使うソフトは Illustrator CC（図の作成）、Photoshop CC（画像の調整）、InDesign CC（レイアウト）の3本になります。さらに印刷に適した高品位なフォント（モリサワや小塙など）も多数揃っており自由に使用することができます。購入することはできず、ライセンス契約を結び、年間利用料を支払って使用できるようになっています。山形埋文では調査員用パソコンと、整理作業員用のパソコンの全台数分のライセンスを取得し、毎年更新しています。

①作成の流れ

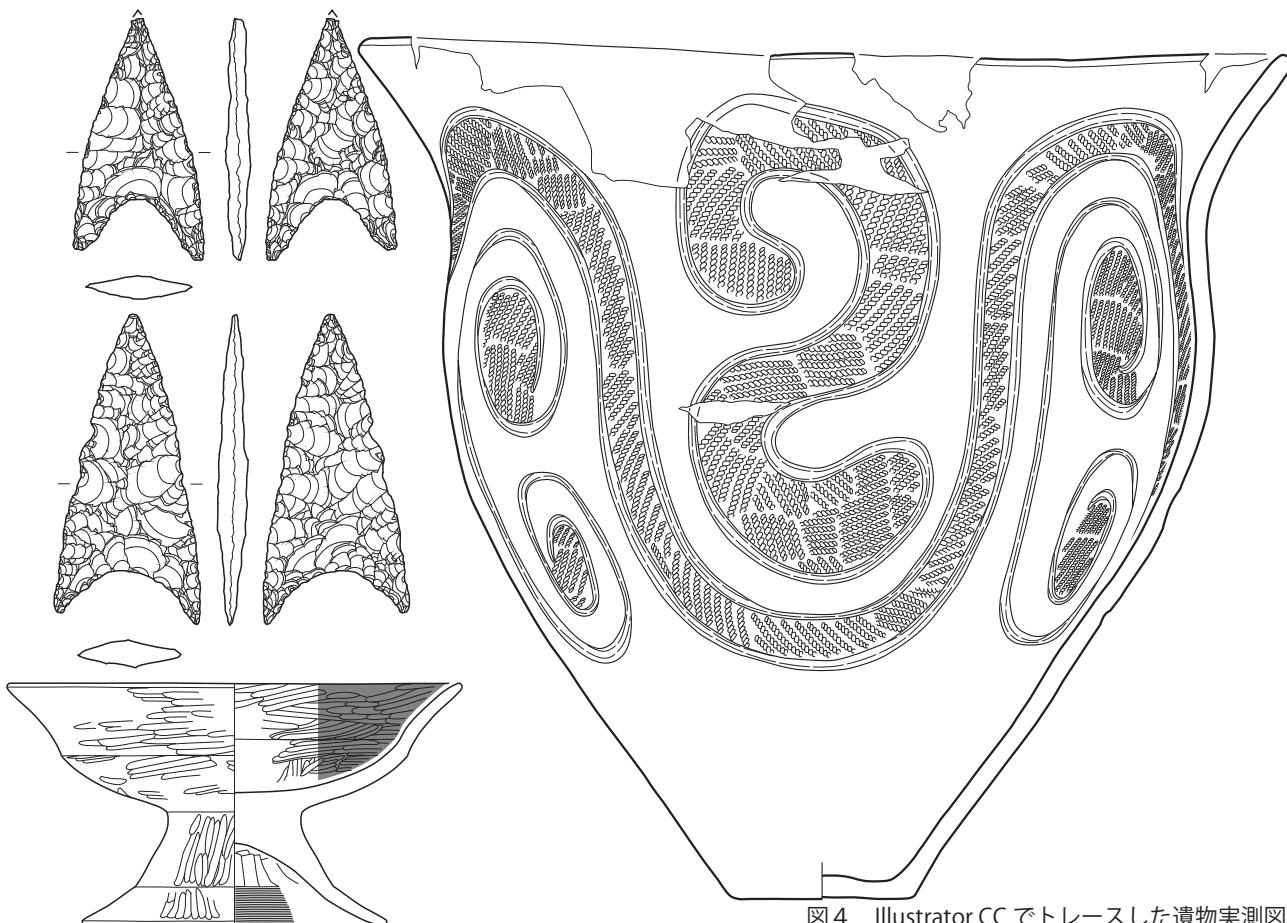


図4 Illustrator CC でトレースした遺物実測図

Illustrator CC で作成した図面と、Photoshop CC で調整した写真を InDesign CC で作成された報告書のテンプレート（図3）に貼り付け、さらに原稿を執筆するという流れです。原稿を直接 InDesign CC で執筆しますので、常に完成した紙面を見ながら作業を進めることができとなり効率も良いようです。

② Illustrator CC での作業

主に遺構・遺物の実測図をトレースする作業（図4）に用います。また、調査区全体図の作成や遺物の編年図、地形分類図、遺跡位置図など、ほとんど全ての図はこのソフトで作成します。ほかに、調査前に行う委託者との打ち合わせに用いる資料なども作ります。

手作業で行うトレースでは、作業員の熟練度によって仕上がりにはらつきがありますが、Illustrator CC では、常に同じ品質に近いものを作成することができます。また、同じ図を縮尺と線幅を変えて使用したり、以前使用した図を元に新たに図を作成したりすることも容易です。手作業でトレースを行った場合、印刷用台紙に貼り付けて入稿することになりますが、この作業は非常に神経を使うものであり時間もかかります。



図5 Photoshop CCで調整した拓本

Illustrator CCを使用することの最大のメリットは、線がきれいに引けるということよりも、多少の修正は必要だとしても、失敗ややり直しが無くなることだと思います。

遺構・遺物の実測図を作成するには、最初に手描きの原図をスキャンすることから始めます。以前は単体のスキャナーを用意していましたが、最近は複合機（いわゆるコピー機）を使うことが多くなりました。ネットワークにつながっており、スキャンした原図はファイルサーバーに転送されるようになっています。山形埋文では、A2版の複合機を設置していますので、発掘現場でよく使われるB3版の方眼紙も一度で読み取ることができます。

次に、スキャンした原図をIllustrator CCに読み込み、原図をなぞります。必要なところには網をかけたり、色をつけたりすることも簡単です。大きく拡大して作業をしますので、原図の細かいところまで正確にトレースできますが、元が手描きですので、あまり正確にトレースしても手ぶれまで拾ってしまうだけです。最初は慣れが必要ですが、特に難しい作業でもありませんので、短い時間で作業をこなすことができるようになります。

石器などの実測図では、表面の外形をトレースしたら、裏面は外形のトレースを行う必要はありません。反転コピーしたものを配置するだけで済みます。同じように土器の復元実測図の場合は、断面図さえ図化できていれば、トレース時に反転コピーによって左側の外面図部分は作成できてしまします。このように工夫しだいでいろいろと効率化ができるようになるところも、Illustrator CCの便利なところだと思います。

③ Photoshop CCでの作業

デジタルカメラで撮影した写真の調整や、遺物写真

の切り抜き、スキャンした拓本の画像データの調整に使用することが多いです。以前はスキャンしたフィルムのデータを調整するのにも使用することがありましたが、現在ではフィルムを使うことはほとんどなくなりたので、フィルム用のスキャナーもお蔵入りの状態です。

遺構・遺物の写真の調整は、凝ったことはせずに簡単な方法で行っています。山形埋文の「整理作業マニュアル」に記載されている項目は次のとおりです。

1. 「16bit/ チャンネル」へ変換（画像の劣化を最小にするため）
2. 「レベル補正」でコントラストと明るさを調整
3. 「カラーバランス」で色合いを調整（必要であれば行う）
4. 「画像の回転」で角度を調整（必要であれば行う）
5. 「8bit/ チャンネル」へ戻す

特にコントラストの調整は重要で、これを行うと画像は見違えるようにきれいになります。

同じく、マニュアルに記載された拓本の画像データの調整方法の要点は次のとおりです。この調整を行わないといばやけた感じの画像になってしまふため、必ず行わなければなりません（図5）。

1. 拓本を最低でも1200dpiの解像度（縮小後）になるようにスキャンする。
2. 「画像の回転」で角度を調整
3. 「トーンカーブ」で拓本が薄くなりすぎない範囲で背景が真っ白になるように調整する。
4. 「アンシャープマスク」を最大量かける。
5. 「2階調化」で拓本がきれいに見えるよう調整する。
6. 「モノクロ2階調」に変換する。

上記のほか、拓本本体だけを切り抜いたり、不要なデータ（ゴミやしわ）を消したりしますが、あまり丁寧に行っても見た目に大きな違いはありませんので、

表3 山形埋文で使用しているデジタルカメラ関係の器材

機材	機種	メーカー	用途
デジタル一眼レフカメラ	EOS 5Ds R	キヤノン	遺構・遺物撮影用
コンパクトデジタルカメラ	STYLUS TG-4 Tough	オリンパス	メモ写真用
ズームレンズ	EF24-70mm F4L IS USM	キヤノン	主に遺構撮影用
マクロレンズ	EF100mm F2.8L マクロ IS USM	キヤノン	遺物撮影用
ストロボ	スピードライト 430EX III-RT	キヤノン	遺構写真用
SDカード(128GB)	エクストリーム プロ SDXC UHS-I カード	サンディスク	記録用
外付けHDD(2TB)	HD-PZNU3	バッファロー	各遺跡のバックアップ用
NAS(8TB)	TeraStation TS5400D	バッファロー	全遺跡のバックアップ用
カラーマネジメントモニター	ColorEdge CG2420	EIZO	写真的現像用

ほどほどで良いようです。なお、拓本だけではなく、地図や手描きトレース図、印刷された図面などをスキャンした場合も同様の作業を行うことで、見やすい画像データを作成することができます。

遺物写真の切り抜きには、単純に背景を消してしまう方法と、「クリッピングパス」を使用する方法がありますので、実際に試してから選んでも良いでしょう。なお、上記の方法以外にもさまざまな方法がありますので、参考書やWeb記事などで調べてみるともっと良い方法が見つかるかもしれません。

④ InDesign CCでの作業

図や写真などを報告書のテンプレート(図3)に貼り付けたり、本文を執筆したりします。「凡例」や「調査要項」、「目次」、「報告書抄録」などの体裁が決まったページもレイアウトが全て整えてありますので、それぞれの遺跡の内容を入力するだけになっています。また、フォントの大きさ・種類や章立てなども決められていますので、全ての報告書は同じ体裁で印刷されます。このテンプレートは、もともとは印刷会社に報告書の見本として提供していたのですが、いつの間に調査員によって直接編集されるようになりました。

InDesign CCでの編集作業は、これまで印刷会社が行っていた作業を内製化したものと言えます。印刷費の削減になる一方、調査員の負担が増えることもあるでしょう。それでも、編集済みのデータを入稿することになるので、入稿後に行う校正の手間が減ることや、工期の短縮にもつながることは間違ひありません。

3 デジタルカメラとデータ保管

デジタルカメラ関係の機材は、先述のとおり5年リー



図6 デジタル一眼レフカメラ

スで調達しています。現在使用している機材は表3にまとめました。当初はモノクロフィルムを装填したカメラと併用していましたが、現在はデジタルカメラだけの撮影としています。データ保管は、作成したマニュアルに従って全ての発掘調査で統一した方法で行っています。

デジタルカメラの使用方法やデータの保管方法などは、文化財写真保存ガイドライン検討グループ(日本写真学会と文化財写真技術研究会の共同活動)が作成した『文化財写真の保存に関するガイドライン～デジタル画像保存の実情と課題～』(2012年5月制定)や、『文化財写真研究』(文化財写真技術研究会)の各号などを参考に、山形埋文に設置したデジタルカメラ検討委員会が策定してマニュアル化しています。

①デジタル一眼レフカメラ関係

デジタル一眼レフカメラについては、画像センサーの大きさがフルサイズと呼ばれるものを搭載した機種を選んでいます(図6)。画像センサーの大きさは、35mmフィルムとほぼ同じです。比較的大きなサイズ



図7 デジタル一眼レフカメラでの遺構撮影



図8 パソコンによるリモートコントロールによる遺物撮影

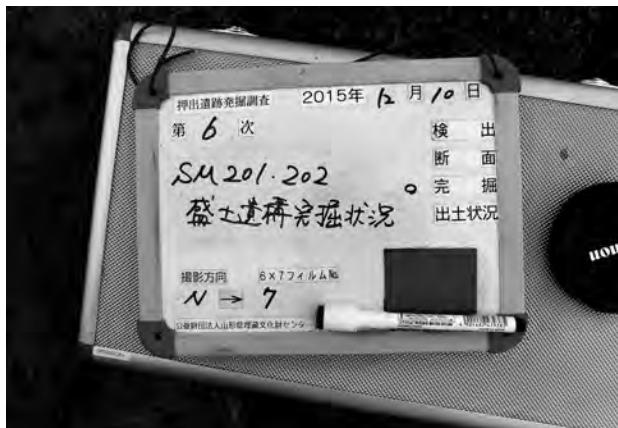


図9 撮影内容を記したホワイトボード

であるため、小さいサイズの画像センサーを搭載したカメラより価格は高いですが、画質が良く、レンズの種類も豊富ですので最も実用的だと思います。その価格も年々下がってきていて、手に取る機会も増えていることでしょう。もっと大きいサイズの画像センサーを搭載したカメラもありますが、カメラ自体が大きく重いことや、レンズの種類が少ないと、価格が非常に高いことなどから、まだ手の届くものではないと思っています。

カメラの操作方法、各種設定については、マニュアルを作成して、調査員に周知しています。特にピンぼけやブレの無い写真が撮影できるよう注意を払っています。ピント合わせは「ライブビュー」機能を使用して画像を拡大して行うこと、三脚を使用することは特に重要だと言えます（図7・8）。

発掘現場用のレンズはズームレンズを使用していますが、画質は単焦点レンズの方が優れていると言われています。単焦点レンズの場合は、必要に応じてレンズを交換することになりますが、土ぼこりの多い発掘



図10 グレーカードを写し込んだ遺構写真

現場でレンズ交換を行うことは避けたいと考え、あえてズームレンズを選択しました。中でも上級クラスのレンズを使用しているので、単焦点レンズに比べても大きく画質が劣ることはないようです。

ストロボは、発掘現場で明暗差の大きい被写体（晴天時の柱穴断面など）を撮影する際に有効な「日中シンクロ」という撮影方法を行うために導入しましたが、あまり使用頻度は高くないようです。

②発掘現場で撮影した写真のデータ保管について

発掘調査では一つのカットにつき、3種類の写真を撮ります。遺跡名や遺構名、日付、方角などを記したホワイトボード（図9）、撮影対象とグレーカード（図10）が一緒に写っている写真、撮影対象のみが写っている写真の3種類です。また、画像データは、RAW形式とJPEG形式で記録されるよう設定しています。

撮影した写真はカメラ内のSDカードに保存されますが、外付けHDDにもコピーを取りバックアップとします。また、調査員に貸与したパソコンにもコピーを取ることもできますので、データの保存性をさらに高め

られます。ここまででは、発掘調査事務所で行いますが、調査終了後のデータ保管は次のような方法で行っています。

まず、不要な写真を選び、取り除かなくてはなりません。デジタルカメラを使うとどうしても撮影枚数が増えてしまう傾向にあります。同じカット、類似したカット、露出を変えたカットなどを取り除き、最低限必要なものを残します。保存できる容量、現像処理を行う時間にも限りがありますので、欠かせない作業と言えます。

次に、最終的に保管するデータ形式である TIFF 形式を生成するため、RAW 形式の画像データを現像処理します。もちろん現像するのは、撮影対象のみが写っている写真だけです。使用するソフトはカメラに付属している「Digital photo Professional 4」です。さらにカラーマネジメントモニターである「ColorEdge CG2420」に写真を映し出して作業します。このモニターは、データが本来持っている色のデータを正確に映し出すことができますので、現像した写真を確認するためには欠かせないものです。発色も自動で較正してしまうので、色温度・輝度の経時変化にも対処できます（図



図11 キャリブレーション中のカラーマネジメントモニター



調整前

11)。

現像処理では、原則として「ホワイトバランス」と「明るさ」を調整します（図 12）。山形埋文では、グレーカードを用いたホワイトバランスの調整を基本としていますが、発掘現場で撮影した写真の場合、やや赤味が強く現像されてしまう傾向にあります。対処法としてカラーチャートを用いた現像方法などを検討していますが、やや手順が複雑なため今後の課題となっています。現像処理も、画像のデータが大きいためパソコンに対する負荷も大きくなります。ここでも性能の高いパソコンが力を発揮します。現像を終えた画像データは1枚で約 150MB の容量があるためです。

ホワイトボードの写真とグレーカードと一緒に移した写真は JPEG 形式、撮影対象のみが写っている写真は TIFF 形式とし、1 カットにつき 3 つの画像データが保管されることになります。また、ファイル名は、「遺跡名の略称」、「調査次数」、「撮影年月日」、「撮影時刻」をつなげたものに変更します。例示すると「OD_6_20151120_090442.tif」のようになり、具体的な撮影内容は台帳にまとめ CSV 形式で保存しています。ファイル名の変更は Adobe Creative Cloud に含まれる



図13 サーバールームに設置した 2 台の NAS



調整後

図12 RAW 形式画像の現像（ホワイトバランスの調整）

「Adobe Bridge」というソフトを用いるとまとめて行うことが可能なので大変便利です。

これらの作業は発掘調査終了後に速やかに行い、NAS（ネットワーク アタッチト ストレージ）にコピーを保存します。NASはネットワークに直接つながっているHDDのことで、複数のクライアントから同時にアクセスすることができます。報告書作成のために使用するデータは、調査員が手元に保管しているものを使用するため、NASに保存されたデータを扱うことはありません。万が一調査員の手元のデータが失われた時は、NASからデータを取り出しますが、それ以外では担当者を除いてはアクセスしないことになっています。

NASは山形埋文内の有線ネットワーク内に2台設置しています（図13）。それぞれ同じの容量（8TB）をもち、同じデータを保管してバックアップ体制を整えています。また、NASにはRAID機能があり、もし内蔵しているHDDが故障した際でもデータが消滅しない仕組みです。1台のNASには4基のHDDが内蔵されており、そのうち2台が故障してもデータを復元できます。なお、故障したHDDはどの組み合わせでも良いことになっている「RAID6」というモードです。このように万が一でもデータが失われないように工夫していますが、そのため、2台のNASで合計16TBもの容量があるのに、実際に保存できる容量は4TBのみとなります。発掘調査で使用するカメラをデジタルカメラへ移行したのは平成25年度からで、これ以降に撮影した全現場の全ての写真が収納されています。画素数の多いデジタルカメラを調達したために、予想より早く容量が不足しそうな状況です。

NASもデジタルカメラと一緒に5年リースで調達していますので、リース期間が終了すれば、新しいものに交換する予定です。機材を更新することでより多くの保存容量の確保でき、なおかつ故障によるデータの損失を回避できます。データの保存形式は最も汎用性の高いものを選んでいますので、今のところデータが開けなくなったりことはありません。それでも今後、別の保存形式が主流になった場合は、全てのデータを変換する必要があります。

NASを運用して思ったことがあります。それはデータの保存には向いていますが、写真の閲覧には向

いていないことです。画像データが大きいために、有線LANの通信速度ではダウンロードに時間がかかり過ぎるのです。閲覧が主な用途ならば、USB接続の外付HDDを選んだほうが良いでしょう。

③報告書で使用した写真のデータ保管について

発掘調査報告書の刊行後には、使用した写真をページごとに一つのフォルダにまとめて、同じくNASに保存しています。保存形式はやはりRAW形式から現像して生成したTIFF形式です。遺構の写真は発掘調査後にNASに保存したものと同じですので、重複する写真もあります。遺物の写真も遺構と同様にグレーカードを写し込んで撮影し、カラーマネジメントモニターを用いてホワイトバランスなどを調整します。遺構写真のように赤味が強くなる傾向はなく、適正な色合いで現像できています。

ファイル名は、「報告書の集番号」、「写真図版の頁番号」、「遺物番号あるいは写真番号」をつなげたものにしており、例示すると「0227_042_047-2.TIF」のようになります。ページごとにまとめているので、報告書そのものが台帳の役目を果たすことになります。写真の貸出依頼などは、報告書掲載の写真から指定されることが多いので、このように整理しておくと簡単に探し出すことができるはずです。

④移管するデータ

全ての画像データは報告書刊行後に、出土遺物とともに山形県教育委員会に移管することになっています。画像データをDVD-Rに書き込み、表面にタイトルを印刷していますが、遺跡によっては数十枚にもなることがあります。さらに、報告書に掲載した遺構写真と主要な遺物の写真については、プリントしたものも一緒に移管します。これは、万が一にでもデジタルデータが失われたときのものです。

なお、県教委に移管する写真が、従来使用していたフィルムからデジタルデータに代わる際には、予め打ち合わせを行って同意を得ました。

4 デジタルカメラによる三次元計測

①導入の経緯

山形埋文でも導入からまだ日の浅い技術ですが、実は同様の方法を用いた三次元計測は、2004年頃から数年の間実施していた経緯があります。遺跡で撮影した



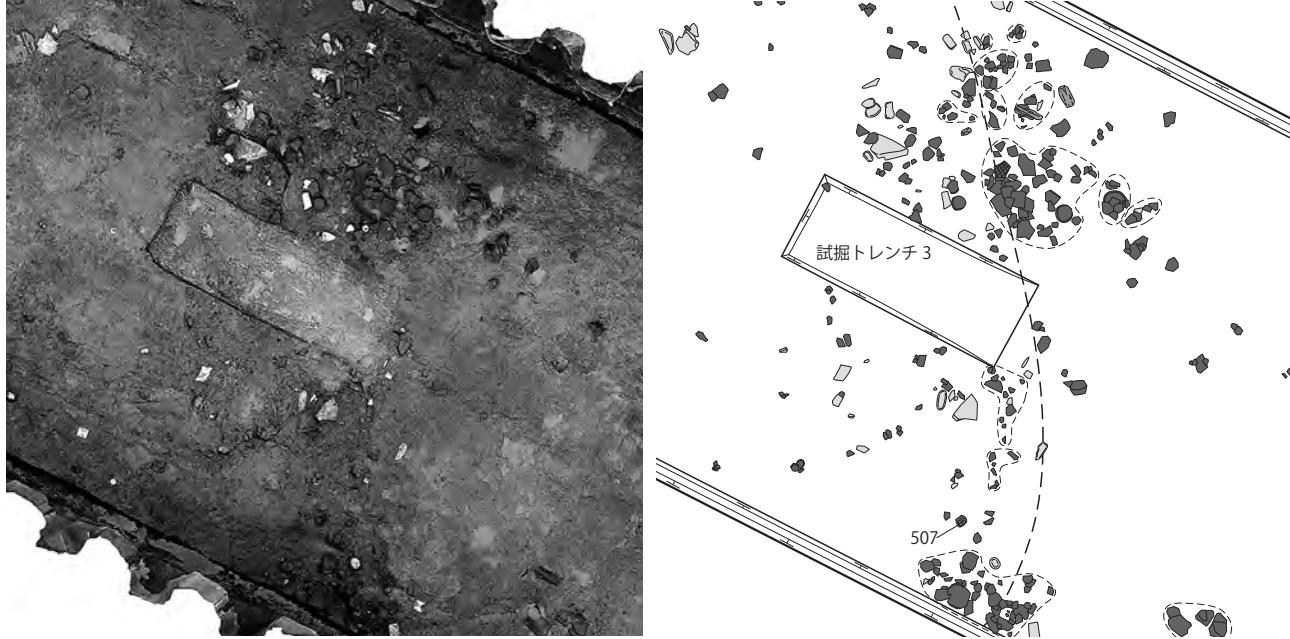
通常の写真 (中心投影画像)

オルソ画像 (正射投影画像)

※1 オルソ画像内の遺構の上端、下端、井戸枠をなぞれば、図面が作成できる。

※2 直径 1.7m、深さ 2.4m の井戸であり、底面からは井戸枠も出土した。湧水量も多く、壁面の崩落も始まっていた。手作業での平図面作成はかなり難しい状況であったが、デジタルカメラで撮影は数分で終了した。

図 14 オルソ画像と通常の写真的の違い



オルソ画像

オルソ画像から起こした平面図

※ 多数の土器が出土した平面図も、発掘現場での所要時間は 30 分程度だった。

図 15 オルソ画像から起こした遺物出土状況の平面図

デジタルカメラの画像からオルソ写真（正射投影画像）を生成して、遺構の平面図や断面図を作成するというもので民間会社に委託して行いました。現在主流の三次元計測ソフトは、かなりの部分が自動化されているため、作業はとても簡単ですが、当時のものは手作業で操作する部分が多くかったようです。

三次元計測を考古学に応用しようとする試みは、多方面で繰り広げられており、今後も発展していくだろうと思います。しかし、山形埋文では、新たな事実の

究明や研究方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と思っています。よって、三次元計測を用いて行っていることは、遺構実測図、または遺物実測図作成用のオルソ画像生成（図 14）、等高線の生成などの報告書作成に必要なものに限られています。今のところは調査員の半数程度しか使用していない技術ですが、マニュアルの整備や研修を開催することで使いやすい環境を用意していくつもりです。

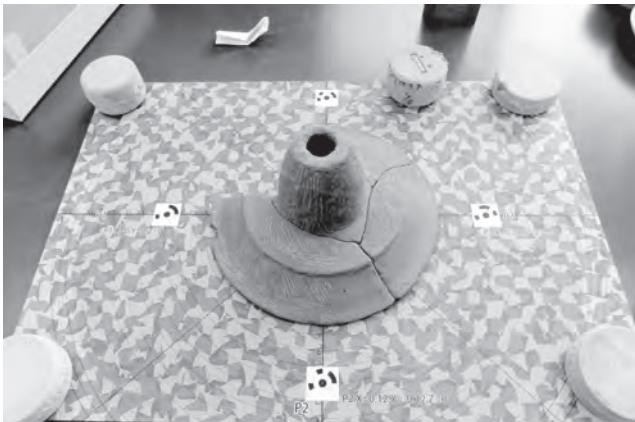


彩漆土器のオルソ写真



オルソ写真から起こした実測図

図 16 オルソ画像から起こした彩漆土器の実測図



土師器の写真撮影

※土師器の下にはランダムな模様の下敷きを置いた方が解析しやすい。



土師器の3次元モデル

三次元計測には、レーザースキャナーを用いる方法などもありますが、デジタルカメラを用いる方法であれば、高価な機材を用意する必要もなく、手軽に行えることがメリットとして挙げられます。デジタルカメラは一眼レフタイプでも良いし、メモ写真用のコンパクトデジタルカメラでも十分です。場合によってはスマートフォンのカメラでも利用可能と言えます。

精度は、適切な写真が必要数用意できていることと、適切な処理が行われていることが前提ですが、非常に高いと言えます。手作業の実測とは比べべくもなく、レーザースキャナーにも匹敵するほどと言われています。

効率化の面で言えば、最も有効なのは遺構の平面図・断面図作成（図 15）だと思います。どれほど複雑な遺構であろうと、単純な遺構であろうと手間は変わりま

図 17 3次元計測用の写真と生成した3Dモデル

せんし、デジタルカメラの台数が多ければその分だけ作業は早く進みます。写真を撮るだけなので一つの遺構につき数分もあれば十分です。もちろん発掘調査時の手間と所要時間が減るだけで、後から生成したオルソ画像を基に図を起こす作業は残ります。それでも発掘調査時の負担が大幅に減少し、作業時間が短縮されることのメリットの方が大きいと思っています。特に山形県のような積雪地帯では、1年の中で発掘作業が可能な期間は6～7ヶ月程度です。どの調査員であっても、雪が積もる前になんとしても調査を終わらせたいと思っているはずです。

遺物の場合は、手間のかかるものについては有効（図16）ですが、簡単なものについては従来の手実測のほうが速いでしょう。遺物によって使い分けた方が良さそうです（図17）。



図 18 遺構の周囲に 4 点のマーカーを設置した状態

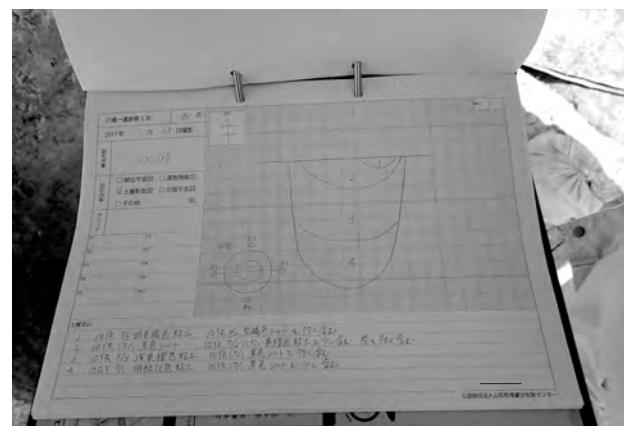
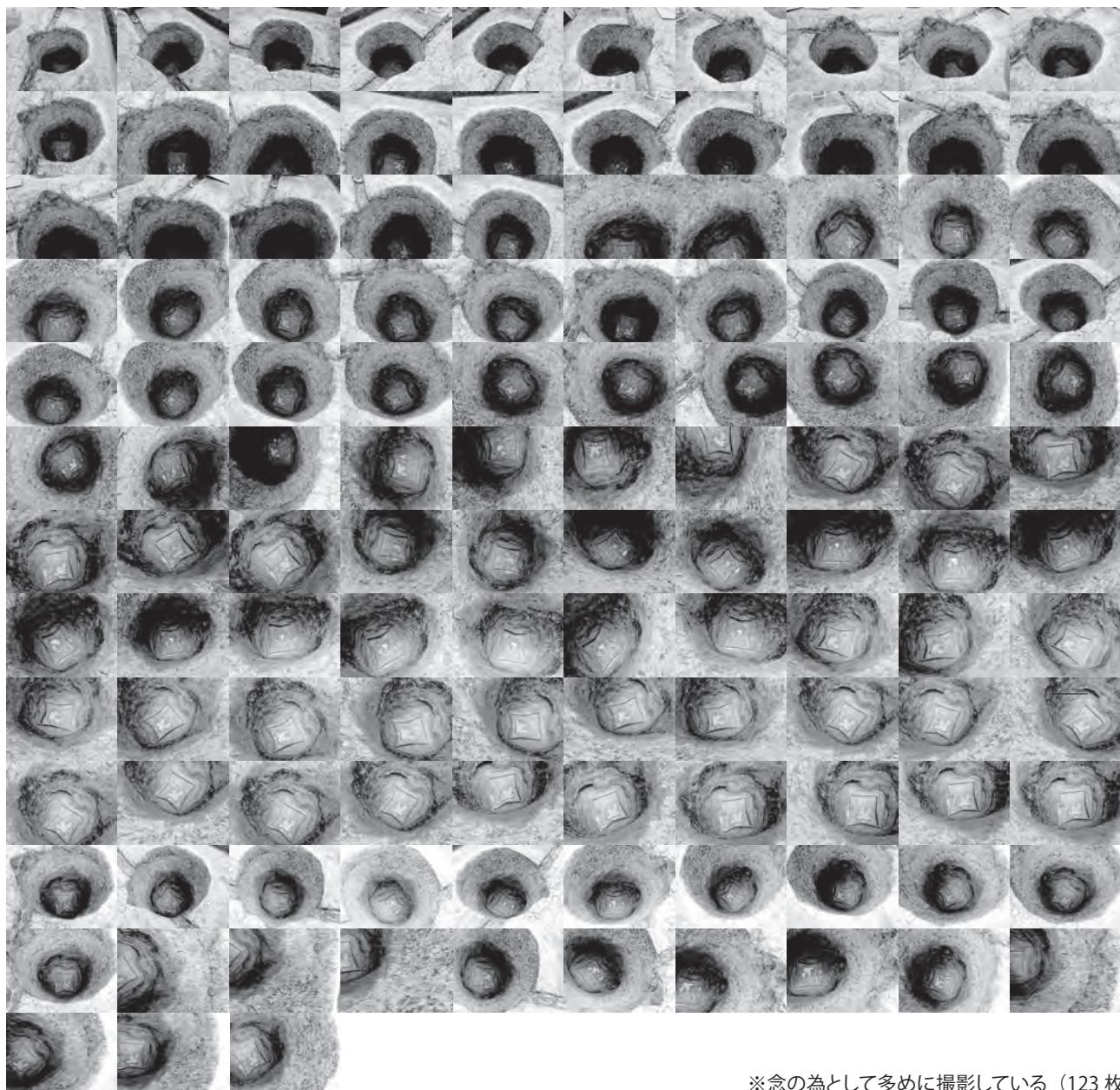
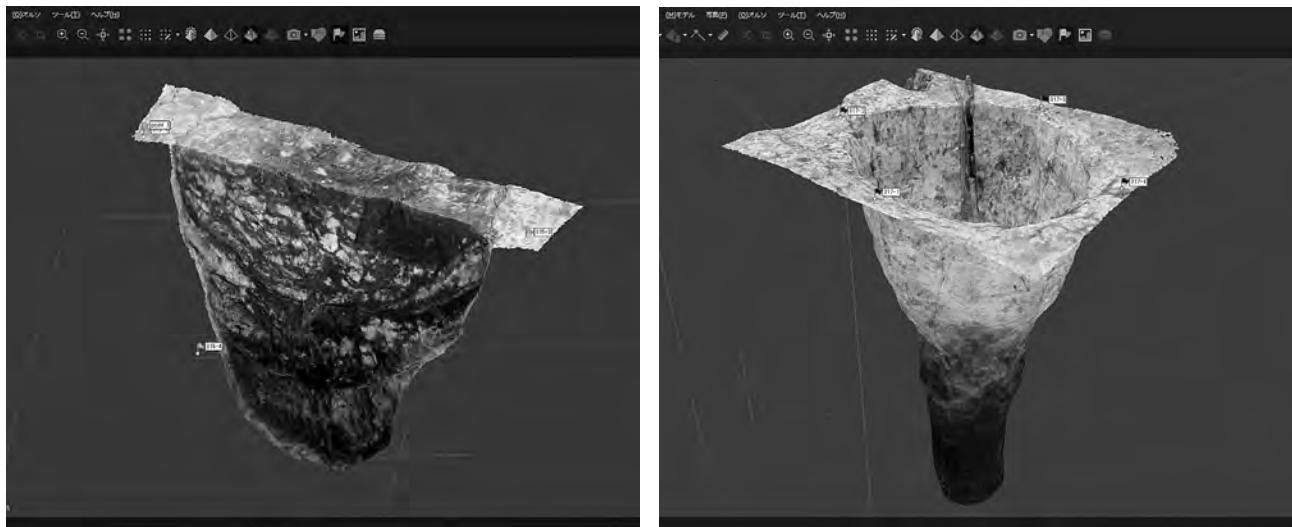


図 20 土層注記などをメモした台帳



※念の為として多めに撮影している (123 枚)。

図 19 図 14 の井戸の 3 次元計測に使用した写真



土坑断面の 3D モデル

完掘した井戸の 3D モデル

図 21 完成した遺構の 3D モデル

②必要な機材やソフトについて

デジタルカメラ、トータルステーション（遺物の場合は不要）、専用ソフト、パソコンが必要です。デジタルカメラは前述したように高性能でなくても結構です。トータルステーションは、普通のものをレンタルで用意しています。ソフトはいろいろあるようですが、最も普及している「PhotoScan」（Agisoft 社製）を使っています。パソコンはできるだけ高性能なものでないと処理に時間がかかりますので、専用のパソコンを別途用意しています。なお、PhotoScan と専用のパソコンの調達方法はリースとしています。

調査員に貸与しているパソコンも GPU を搭載していますので、PhotoScan を動かすのに十分な性能がありますが、解析対象の数が多い時や、精度の高い処理では時間がかかり過ぎるので、より性能の高いパソコン（特に GPU）を用意することにしています。

③三次元計測の流れ

ここでは、遺構を対象とした三次元計測の手順を簡単に説明したいと思います。まずは、遺構の周囲に 4 点以上のコノエダブルなどのマーカーを設置します（図 18）。遺構断面の撮影ならば、断面の延長上にマーカーがあったほうが良いです。このマーカーの座標が必要となります。測量は撮影前でも後でも構いません。

次にデジタルカメラでの撮影を行います。その際、図に起こしたい部分が必ず複数の写真に写っていなければなりません。遺構をあらゆる角度から撮影して行

きますので、その枚数は数十枚になることもあります。小型のものなら数枚でも大丈夫です。調査終了後に図を作成することになるので、不足する写真が無いよう多めに撮影したほうが無難です（図 19）。また、断面の場合は、土層注記をメモしておけば、撮影終了後すぐに完掘作業に取り掛かることができます。（図 20）。

最後はパソコン上の解析作業となります。遺構を撮影した写真を取り込み、マーカーの座標の入力などを行ったら処理を開始します。いくつかの手順がありますが、写真の枚数や求める精度によってかかる時間が変わります。写真が数枚なら数分、数十枚なら数十分といったところです。

処理が終わって完成した遺構の三次元モデル（図 21）を元に、オルソ画像を出力（図 14）して一連の作業が終了します。このオルソ画像を Illustrator CC に読み込みトレースして遺構図を作るのですが、この時点でせっかく作成した三次元モデルは不要となります。より高度な利用法もあるとは思いますが、今のところは遺跡の速報会のプレゼンテーションぐらいにしか使っていません。

これまで、調査員どうしの勉強会を行ったり、奈良文化財研究所から講師を招聘するなどして三次元計測について理解を深めてきました。この技術は調査員や作業員の人手不足、および高齢化への対策としても有効だと思っており、更に普及を図っていくつもりです。

5 ドローンについて

調査区全体の空中写真撮影（以下空撮という）はラジコンヘリによる委託業務を介して行っていました。もちろん今でも行っており、ドローンの利用はまだ限定的です。レンタルで調達したこともありますが、ほとんどは調査員が所有するドローンの借用でまかなっています。

委託業務による空撮の場合は、フルサイズのデジタル一眼レフカメラをラジコンヘリに搭載するよう仕様書に記載しています。遺構写真と同一レベルの写真を撮影するための仕様です。撮影回数は、調査終了直前に1度だけという場合がほとんどです。費用も発生す

る上、撮影するタイミングも限られるので気軽に発注できるものではありません。



図22 ドローンでの撮影状況



図23 ドローンで撮影した調査区



図24 ドローンで撮影した調査区とその周辺

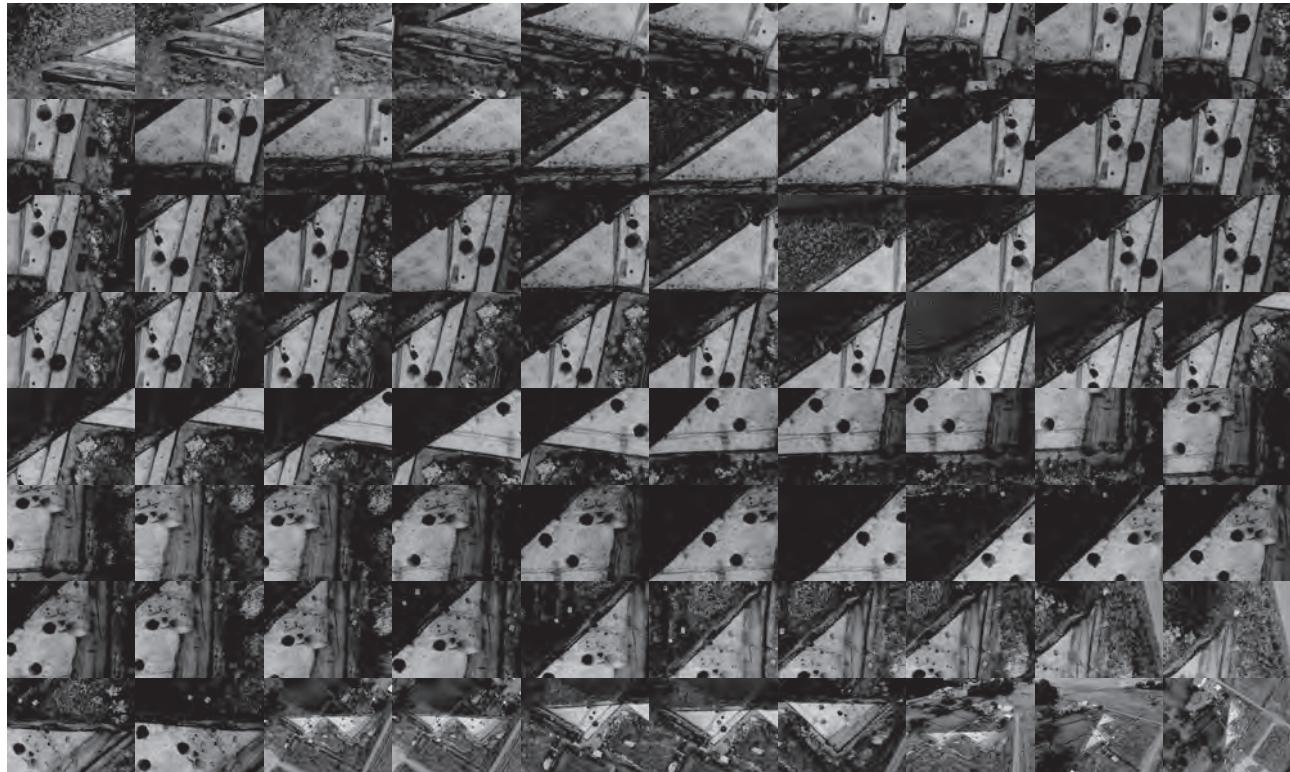


図25 3次元計測用にドローンでラップ撮影した写真（80枚）

一方、ドローンは所有者の都合さえつけば撮影することができますので、調査終了直前といわず、さまざまな局面で空撮写真を得ることができます（図 22・23・24）。また、撮影した写真（図 25）と PhotoScan を用いて調査区全体のオルソ写真（図 26・27）、また

は平面図を作成することも容易です。遺構検出時の調査区全体図なども簡単に作れるので、調査の進行管理などにも活用できると思います。

ドローンの操作は難しくはありませんが、多少の訓練は必要です。間違っても頭上に落下させるようなこ

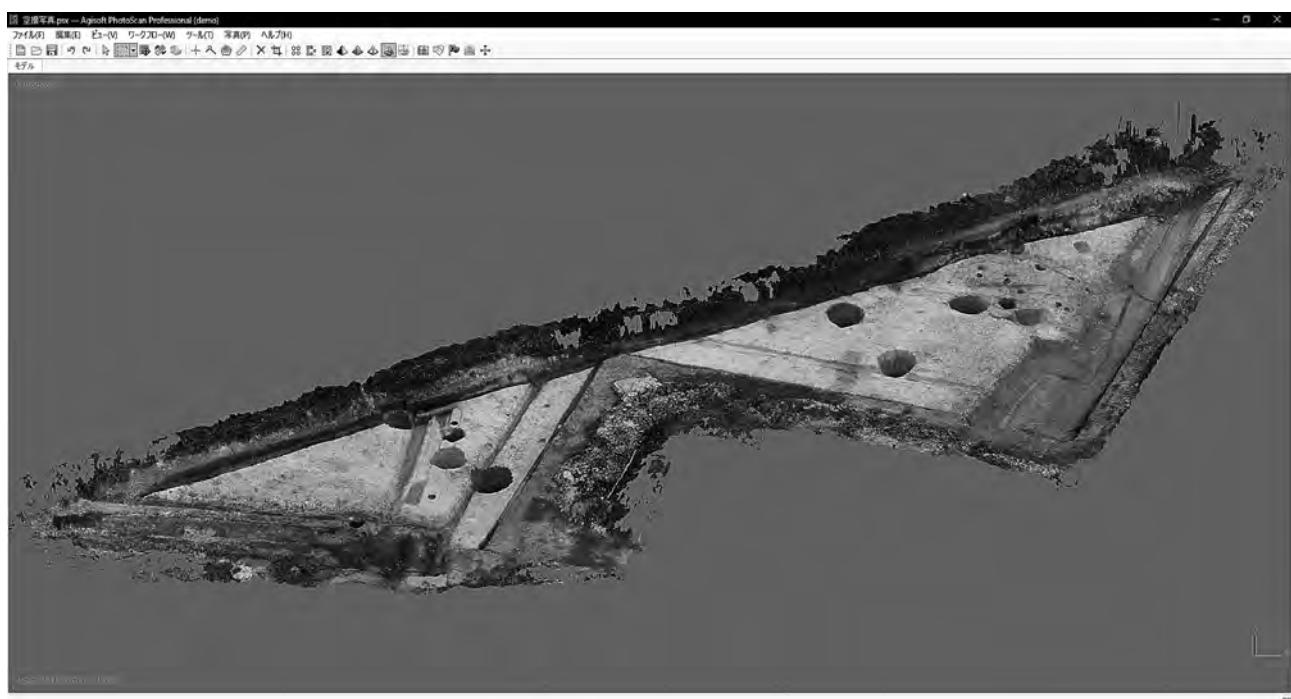


図 26 図 25 の写真をもとに作成した 3 次元モデル

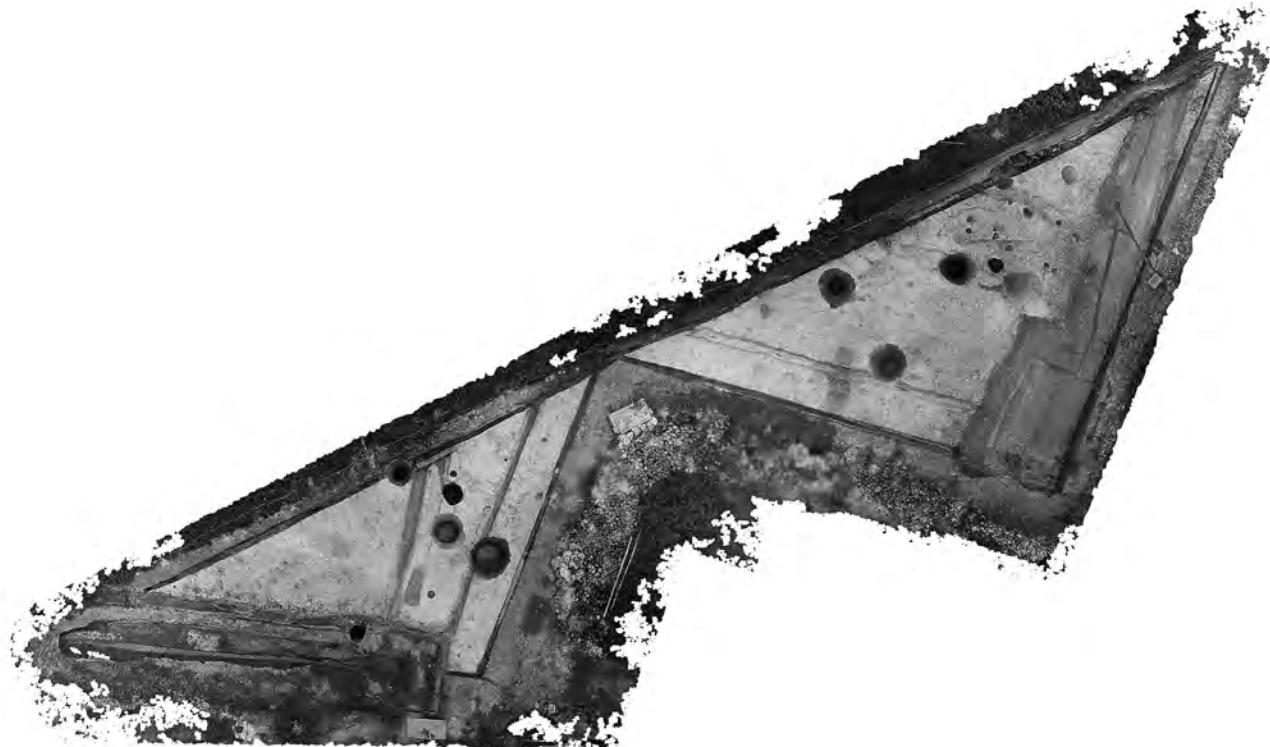


図 27 図 26 の 3 次元モデルから生成したオルソ写真

とがあつてはなりません。昨年度、短期間だけレンタルした実績がありますので、今後は個人所有のドローンに頼ることなく操作の訓練、遺構の撮影に広く利用していきたいと考えています。

4 今後の課題

山形埋文の主たる業務は、発掘調査を行い、報告書を刊行することです。この業務をより効率的に行うために有効だと考えられるデジタル技術については、今後も導入を検討していくつもりです。また、時代の変化に応じてその技術を取り入れて行く場合もあります。富士フィルム株式会社は、白黒フィルムの生産を終え、リバーサルフィルムの生産も徐々に縮小しています。デジタルカメラの導入は避けられないものでした。パソコンは年々、低価格化が進んでいますが、結果として必要な性能を満たさない廉価品ばかりがあふれている状況にすぎないとと思っています。導入しているデジタル技術を活かすためにも十分な性能を確保する必要があります。三次元計測やドローンはまだ日の浅い技術ですが、これから大きく発展する可能性を秘めていると思います。どのように発展していくかは見守るほかありませんが、我々が業務に活用できる部分を上手に選択すべきだろうと考えています。

時折、高価で高機能なハードウェア・ソフトウェアは、使いこなせそうもないという声を聞くことがあります。そもそも全機能を使いこなす必要は全くありません。あらゆるニーズに対応できるように各製品は作り込まれています。我々の業務に必要な機能はほんの一部だけですから、実際に使用してみると、何も難しいところはない理解できると思います。

DTP やデジタルカメラの使用法についてはマニュアルを整備していますが、三次元計測とドローンについてはこれからです。今は各自が作業を行いながら、ノウハウを蓄積しているところです。

デジタル技術の導入によって、これまで紙やフィルムで記録されていたものが、どんどんデジタルデータに置き換わっています。山形埋文で保持しているデータについては、できる限りの対策を施して保管できるよう努めていますが、それも当組織が存続している場合に限ります。写真のデータについてはコピーを県教

委に移管していますが、DVD-R に記録されたままの状態です。DVD-R はいずれ劣化によって再生できなくなる日が必ずやってきます。また、DVD-R を再生できる機器もいずれ無くなることが予想されます。TIFF や JPEG 形式が保存形式として使われなくなる日が来るかもしれません。たとえハードディスクに移したとしても、機材が数年ごとに必ず更新されるような仕組みが無ければ同じことです。そのような日が来る前にデータの恒久的な保管方法を決めておかなくてはならないでしょう。