

3D 計測エンパワメント・ワークショップ「3D 計測、誰のため？何のため？」

発表報告

小規模地方自治体への 3D 計測導入

橋口剛士

(嘉島町教育委員会)

小規模自治体への 3D 計測導入

熊本県嘉島町は、熊本平野の南東部、熊本市の南に隣接する人口約 9,500 人の小規模な町である。加勢川と緑川という大きな川に挟まれ東西に長く伸びる当町は、東にある丘陵や台地が多く存在する旧六嘉村に遺跡が集中し、直弧文等の装飾で知られる国史跡井寺古墳もその丘陵の一つに存在する。

平成 28 年熊本地震を機に町に導入された三次元計測はその有用性から古墳の調査だけではなく緊急発掘調査現場への適用まで及び、大きな効率化をもたらすこととなったが、一方で様々な問題や課題が出てきた。

3 次元計測との出会い

1) 平成 28 年熊本地震と井寺古墳への被害

筆者が SfM/MVS による 3 次元計測に初めて触れたのは、平成 27 年 9 月、地震の半年前である。

8 月に町の非常勤として雇用されて一月が経った頃、井寺古墳の 3 次元計測を目的とした写真撮影の申し込みがあり、対応をしながらその様子を見ることができた。ちなみにこの時得られた三次元計測のデータはスケールの問題はありながらも被災古墳の地震発生前データとして非常に重要である。

ただし、この時点ではそのようにして撮影するということはわかっても、自分でできるようなこととは感じておらず、「すごいことをやっている」と思っていた。

見学の半年後である平成 28 年 4 月、最大震度 6 強を初めとした地震に見舞われ、墳丘に亀裂が入り、石室は大きく歪み羨門の石材が崩落して入口に設けられた扉を圧迫して内部への進入が不可能になるなどの甚大な被害を受けた。



地震による被害を受けた井寺古墳

地震後石室の被害を調査し、復旧に向けた方策を検討するためには内部に進入できないという障害をクリアする必要があった。

平成 28 年 6 月に奈文研によるファイバースコープ及び CCD カメラを用いた内部被害調査で扉前に崩落した石材の位置がある程度把握され、棒状のものであれば石室内部に到達可能であることが判明した。その後同様の被害を受けた熊本市釜尾古墳での調査において、扉に窓を設けてその枠から先端にカメラを装着した撮影機材のポールを継ぎ足しつつ中へ送り込むことで CCD よりも高解像度のデジタルカメラで撮影する様子に着想を得て、井寺古墳でも同じ事ができないか考えていた。

2) SfM/MVS が自分でもできるという気づき

奈文研調査と同じ頃、教育委員会に九州文化財計測支援集団 (CMAQ) 代表の永見秀徳氏から封書が届いた。地震被害を受けた地域に対してお手伝いしたいとの内容であった。その時は現時点でお願いできるような状況になかったのですが、すぐに連絡を取るようなことはなかったが、頭の片隅には活動への興味を持っていた。

平成 28 年 8 月に CMAQ が熊本県立装飾古墳館でワークショップを開催するとの連絡を熊本県文化課に勤める大学の同期から受け、二つ返事で参加した。撮影の方法から一通りの流れについて説明を受け、実際に展示されている鴨籠古墳の石棺レプリカを撮影してその場で Agisoft の Photoscan (現 Metashape) での処理を実演された。

結果は暗所での撮影など色々と悪条件であったりその当時のソフトは今ののように像を結んでくれず、今ひとつであったように記憶しているが、適切な撮影条件や機材を揃えれば専門的な機械を購入せずとも三次元計測が可能であること、処理する PC も専門的なものでなくとも可能であることなどすぐに自分の環境でもできるのではないかと感じるには十分な内容であった。

実際この頃に先述の地震前に撮影されたデータを提供していただいたので、体験版をダウンロードして職場の PC にインストールし処理してみたところ見事に三次元モデルが作成された。

予算化、古墳への適用

よく人から言われるのは「よくそんな予算が付く」とのことである。

確かに熊本地震前後で全くと言って良いほど調査機材のなかった町に令和 2 年に至って県下見渡してもこれほどの機材を揃えている市町村はないだろうと思えるほどに充実しているためだ。



奈良文化財研究所による内部調査(H28.6)



CMAQ 代表によるワークショップ(H28.8)

これも平成 27 年に非常勤として勤務するようになった理由が、破綻した町調査体制の建て直しを依頼されたためであり、それまで委託料と賃金しか組んでいなかった予算を大幅に組み替えて同一予算規模で作業場や機材等を調達し、新たな調査体制を整えるというタイミングであったことと、新予算で始まろうとした矢先に地震が起き、復旧関連の調査予算を編成する必要があったことなどの要因が大きい。

これらの背景もあって 29 年度予算に 3 次元計測専用の PC と古墳内部を撮影するためのリモート撮影可能なデジタルカメラ（Ricoh 社製 GR II）、7.5 m 進展可能な撮影用ポールなどを揃えることができ、扉に窓を開けそこから差し込みつつドラム回転させつつ撮影し、少し前進させて撮影する事を繰り返し、内部に進入することなく中の被害状況を三次元計測できた。このことにより地震前と地震後でどの部分が被害を受けているのか、大きく変化した部分はどのあたりかを探ることができるようになった。

対象の拡大と課題

1) 発掘調査

石室の撮影である程度ソフトの操作に慣れた辺りで進行中の発掘調査現場での記録に使えないだろうかと思うようになり、土坑や溝などで試してみたところ存外にうまくいった。ただし、この頃は三次元化すること自体が面白く、標定点やモデルの精度などにはあまり意識がいないため記録としてはあまり適当ではなかった。

これと前後して自身の経験値を積むために CMAQ の活動に良く顔を出すようになり、永見代表とのやり取りを経て徐々に記録として自信を付け、ついに三次元計測を現場へ投入することになった。

初めて投入した現場は地震で倒壊した住宅の再建に伴う調査で、工期等の制約で時間的な余裕がなく効率的な調査が求められていたものであった。大きな問題は発生せずに記録としても十分に効果を発揮し、土層断面に至っては実測図では表現し得ない土の質感などのデータを切り取ることができるなど新たな発見もありつつ十分にこの方法が有用であることを再確認した。

これで気を良くしたことから他の現場においても甕棺や石棺墓など展開図でのつじつま合わせで時間を要する遺構の記録に投入し、従来どおりの手書き実測図も保険としてとるよう



扉に設けた窓（小穴で囲まれた範囲）



撮影ポールによる内部撮影の様子



地震前後の石室 3D 計測結果 (上：地震前、下：地震後)

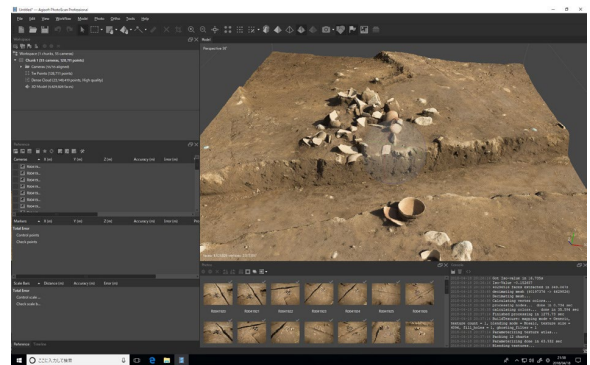
にしていた。こうして経験を積みつつ手書き実測図のみの環境から三次元計測を効果的に用いるハイブリッド環境に移行していった。それと同時に後述する問題にも直面することとなった。

2) 石造物を主とした未指定文化財

現場への投入の他にも、未指定文化財の記録への適用についても実施することとなった。未指定文化財についてはあまり予算や時間を割くことができず、不定期巡視の際にも写真を撮影する程度であった。この時撮影する写真を適切な方法と枚数で撮っていれば時間を見つけて処理できること、出来上がったモデルを MeshLab に読み込ませ shader 処理すると石造物に刻まれた部分を強調して表示することができ、肉眼観察では見えなかった年号などを明らかにすることができるようになった。同時にその時の保存状況を切り取ることができ、有事の際はこれを根拠に復元することも可能である。価値付けを容易にすること、同時に記録を可能にすることもあって遺跡地図に記載されていない石造物の記録には三次元計測を必ずすることとし、記載されているものについても時間を見つけてはモデル化するようにしている。



町内遺跡出土甕棺の 3D 計測



町内遺跡出土遺物の 3D 計測

環境的制約への打開方法とその限界

1) 処理台数に起因する処理数の制限

本格的に処理をするに当たって、処理可能数が対象遺構総数に見合わないとの状況にあり、打開するには処理機器の増設が急務となった。三次元計測をやり始めた平成 29 年度から 1 台ずつ何かと名目をつけて予算化し、令和 2 年度までに処理専用機 4 台、現場での確認用に 1 台、ソフトライセンスはプロ版 1、スタンダード版 4 という状況まで整備した。

4 台同時に処理することは稀であるが、現場が立て込んできた時や他自治体からの処理依頼があった際など処理環境の余裕はあるに超したことはなく大きな問題は起きていない。

2) 処理工程に起因する調査員への負担

処理工程として、現場で計測したものをその場で処理できれば良いが、本庁の調査においては設備環境の制約で処理できないことがほとんどである。そのため整理作業を行う資料室で本格的な処理を行う必要があり、処理に数時間程度であれば帰庁時に処理をかければ良いが、対象によっては丸 1 日近く要するものもありその処理の遅れが作業工程に支障を来す可能性もあるため都度休憩時間等に資料室へ戻る必要があった。

現場と資料室の距離が近ければ頻度を増やすことも出来るが、休憩時間内に移動と処理命令を出すまで完了せねばならず、処理担当である調査員への負担は大きい。

これを打開するためにネットワーク型遺跡調査システムを参考に Wifi ルーターと資料室にソフトを扱えるオペレーターを養成して配置し、現場から資料室にデータを送ってオペレーターが処理するという流れを導入してみたところ、当町の地理的条件から Wifi 提供域には入っていないながら現場では回線が安定しない。

代わりに従量制の LTE 回線で送信するようにしたところ数日で送信容量制限に到達し、速度制限が掛かるようになったため結局この方法は採らず、従来のやり方に戻らざるを得なかった。

その代わり調査の方法を改めることとし、土坑などの単純な構造のものについては現場で行う確認作業で問題なければ次の工程へ進み、遺物取り上げなど図面が必要な作業については今までどおり処理が完了してから実施するなど作業の整理を行った。

一方でここ最近 Wifi ルーターの通信量制限が取り払われつつあり、上記の方法も現実的に可能な段階になってきていると感じている。

三次元計測の本格化とそれに伴う問題

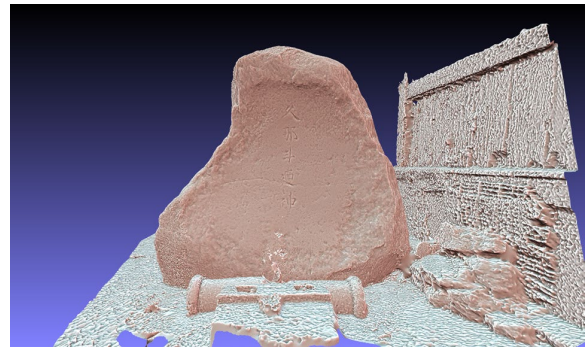
1) 容量が足りない

いろいろな課題に取り組みつつある程度業務として執行可能な段階までの整備が出来つつある中、新たな問題が発生した。三次元計測関係のデータが資料室内のストレージを圧迫したのである。

現場で撮影した RAW データを Tiff 形式で現像した場合、1 つあたり 100MB 程度に膨れあがる。撮影枚数に応じてその容量が必要となり、三次元計測の処理工程において発生する中間生成物についても結構な容量となる。遺構の数及び工程の数に応じて倍加され、結果調査報告書作成作業用に用意していたファイルサーバー（8TB）を 1 年間で食いつぶし、容量不足を告げるアラームが突然鳴るという事態に陥った。

全てを消せば容量は空くが、資料の性質上それは難しいこともあり、選択的にデータを整理することとした。① RAW は残す、②モデルは原則として消さない、③不要になった中間生成物は削除などを基本方針としてファイルの整理を実施した。

これによりある程度の容量は確保できたものの相変わらず 3 次元計測関係のものが全体の大きな部分を占め、最終的には新たな三次元計測関係用のデータサーバー（24TB）を導入し、対応することとした。いずれにせよ蓄積するデータの置き場に関する問題は他の資料と同様にかなりのウェイトを占めることとなるだろう。



町内石造物の 3D 計測



3D 計測の装置群（上段が NAS）

2) 3D データの使い道

一番頭を悩ませているのは各種データが蓄積されるにつれて、これをどう活かしていくか、という点である。

石室のデータは、石室に入れない状態が続く中、擬似的に内部にいる感覚を体験できる VR に利用できる。一方で、報告書作成作業のために出土遺物から作成した 3D データについてはあまり活用する機会がない。それでいながら作業を進めていくうちに数は前者よりも後者の方が圧倒的多数を占めてくる。3D データも記録の一部であるためうかつに消去できない。このままでは死蔵されるデータがどんどん貯まっていくことになる。

こうした問題の解消法としては本データサイエンスサロンで扱っているような形態測定学を初めとした一連の方法を導入し、報告書作成作業の中に組み込んでいくことや、取得したデータを広く公開することによって自分の手によらずとも研究の資となるようにしていくなどがあるのだろう。あとはこれらデータをどのように公開していくかが課題である。

小規模地方自治体への 3D 計測の導入

結論を言えば規模を問わず地方自治体への 3D 計測の導入は可能であり、導入による恩恵は大きい。

導入に関して障害があるとすれば

- ① 機器の導入に関して財政的な理由により難しい
- ② すでにできあがった組織内での調査方法を変えることが難しい
- ③ 必要性を感じていない

などがあるかと思う。

①に対しては同様の遺構ないしは物体の作図をする際に 3D 計測以外の直営/委託による方法と内製による 3D 計測を行った場合のコスト比較などを通して財政部局と粘り強い折衝が有効であると思われる。

また、②に対しては組織内での検討会、ワークショップを通じて 3D 計測の利点・方法について理解者を増やし裾野を広げていく事が必要なのであろう。

当町においては既存の調査体制が破綻していたため、体制を立て直すに当たって中心となった筆者の方針に基づいて形成されてきたこと、職員 1 名体制であったことから方針転換に関して特に障害が無かったこと、予算編成においても文化財に関する財政部局との折衝を筆者が行っていることもあってこれらの問題はクリアされている。

③に対しては如何ともしがたい問題ではあるものの、そうした考えの人・自治体は少なからず一定程度存在することは確かなことである。

最後に、当町は次年度には遺物計測の効率化を目的としたレーザースキャナーを導入する予定であり、ただでさえ「おかしい町」はさらに傍目から見れば奇異に映る存在へとになっていくのかも知れない。ただ、このおかしさが「普通」になる日がいつか来ると思っている。