

デジタル技術を利用した金工品の実測図作成法試論

諫早直人（京都府立大学）

An Introduction to Digitally Drawing Metal Artifacts

Isahaya Naoto (Kyoto Prefectural University)

- ・ 金工品／Metal artifacts ・ 実測図／Archaeological measurements
- ・ デジタル高倍率写真／Digital high magnification photo
- ・ 三次元計測／Three dimensional measurements

はじめに

考古学は文章、図面、写真、拓本などを駆使してモノのもつ基礎情報を二次元で記録し、それを報告書などの紙媒体によって保存・共有してきた¹⁾。様々な記録方法の中でもモノごとに一定のルールのもとで作成される実測図は、モノの形状や製作技法に対する観察者の知見を他者と共有する貴重な手段であり続けている。筆者の専門とする金工品もしかり。

しかしながら、金工品の実測には様々な障害が訪きまとう。第一に実測しにくい。金工品は素材となる金や銀の稀少性ゆえ概して小さい。おまけに構造が複雑だったり、煩雑な文様がついていたりする。稀少性ゆえに権力の象徴となり、華美な装飾が施されるわけだが、鉄などに比べて融点が低く、常温でも加工できるくらい柔らかい素材であるがゆえに、金属利用の比較的初期の段階から複雑な造作が可能であったということも忘れてはならない。

たとえば、(その真贋はひとまずおくとして) 福岡県志賀島から発見された金印を頭に思い浮かべてみてほしい。一辺 2.3cm の印面には「漢委奴国王」の 5 文字がいっばいに彫り込まれている。一画の幅は約 1mm、鈕に打ち込まれた魚々子文に至っては内径 0.76mm²⁾。金は腐食の影響をほとんど受けなため、打ち込まれたタガネ一つ一つの動きもよく見える。これを 1mm 目の方眼紙の上において、実測しろと言われれば、考古学を専門としていてもどう描く

べきか、どこまで測るべきか思案してしまうだろう。

第二に実測すること自体が難しい。実測は拓本などと同様、モノに直接接触して形状を記録する方法であるが、出土金工品にはえてして脆弱なものが多い。また金印もそうだが、優品ほどその美術品的価値から、常設展示の目玉となっていたり、国宝や重要文化財(以下、重文)などの文化財指定を受けているものが多い。指定、未指定を問わず、所蔵者(所蔵機関)にとっては貴重な「宝物」であり、温湿度含めて厳重に管理される。それは日本以外の国でも同じであり、外国人が調査をするハードルはそれ以上といってよい。所蔵者から触らないでほしい、展示ケースから出すことができないといわれれば、基本的にはそれに従うしか術はなく、その時点で手測りによる実測図の作成は不可能となる。

前者はさておき、後者のような現実に存在する障害をただちに解消することは難しい。むしろ金工品の実測図作成においては、可能な限り接触を志向しつつも、非接触でも一定の精度を担保する方法論を磨いていく必要があると考える。これは以下に述べる 2 倍以上での観察を可能とするデジタル高倍率写真(以下、高倍率写真)や三次元計測画像、X 線 CT 画像などに実測図の座を譲り渡すということではない。様々な計測手法を援用しつつ、モノにできる限りストレスを与えずに、モノのもつ基礎情報を「正確に」表現した実測図を作成するということである。この「正確に」というのがなかなかのクセモノなわけ

だが、ここでは筆者らがこれまでに試行錯誤してきた二つの実例を紹介したい。

2. 触れずに実測することは可能か

(1) 五條猫塚古墳出土帯金具

五條猫塚古墳は、奈良県五條市西河内に所在する一辺約32mの方墳である。出土遺物から古墳時代中期中葉に築造されたとみられている。1958年（昭和33）、開壘中に金銅装蒙古鉢形眉庇付冑などが掘り出されたことを契機に発掘調査がおこなわれ、竪穴式石槨やその周辺から様々な副葬品が出土した³⁾。出土品はその後、奈良国立博物館の所蔵となっており、近年、詳細な再整理報告書が刊行されている⁴⁾。

筆者は日本学術振興会科学研究費（若手研究B）「古代東北アジアにおける金工品の生産・流通構造に関する考古学的研究」（研究代表：諫早直人）の一環で、五條猫塚古墳出土金工品の一部について調査する機会を得た⁵⁾。その際に、帯金具の中で彫金の

遺存状態が比較的良好な資料（銚6）について、奈良文化財研究所の山口欧志氏や栗山雅夫氏の協力のもと、SfM-MVS（Structure from Motion and Multi-view Stereo）による三次元計測と高倍率写真の撮影を実施し、手測りによる従来型の実測図との比較をおこなった。以下、科研報告書の内容と一部重複するが、改めてその成果を紹介したい⁶⁾。なお本報告書については「全国遺跡報告総覧」においてPDFをダウンロード可能であるので、詳しくはそちらをご参照いただきたい。

(2) 外形線の比較

図1-④はSfM-MVSによる三次元計測画像（①・②）と高倍率写真（③）の外形線をトレースし、手測りの実測図の外形線を重ね合わせたものである。前稿では彫金の観察に重きを置いていたため、2倍に拡大して比較をおこなったが、実測図は等倍以下での提示が多いため本稿では等倍で提示している⁷⁾。三者の外形線をみると、いずれの手法も1mm未満

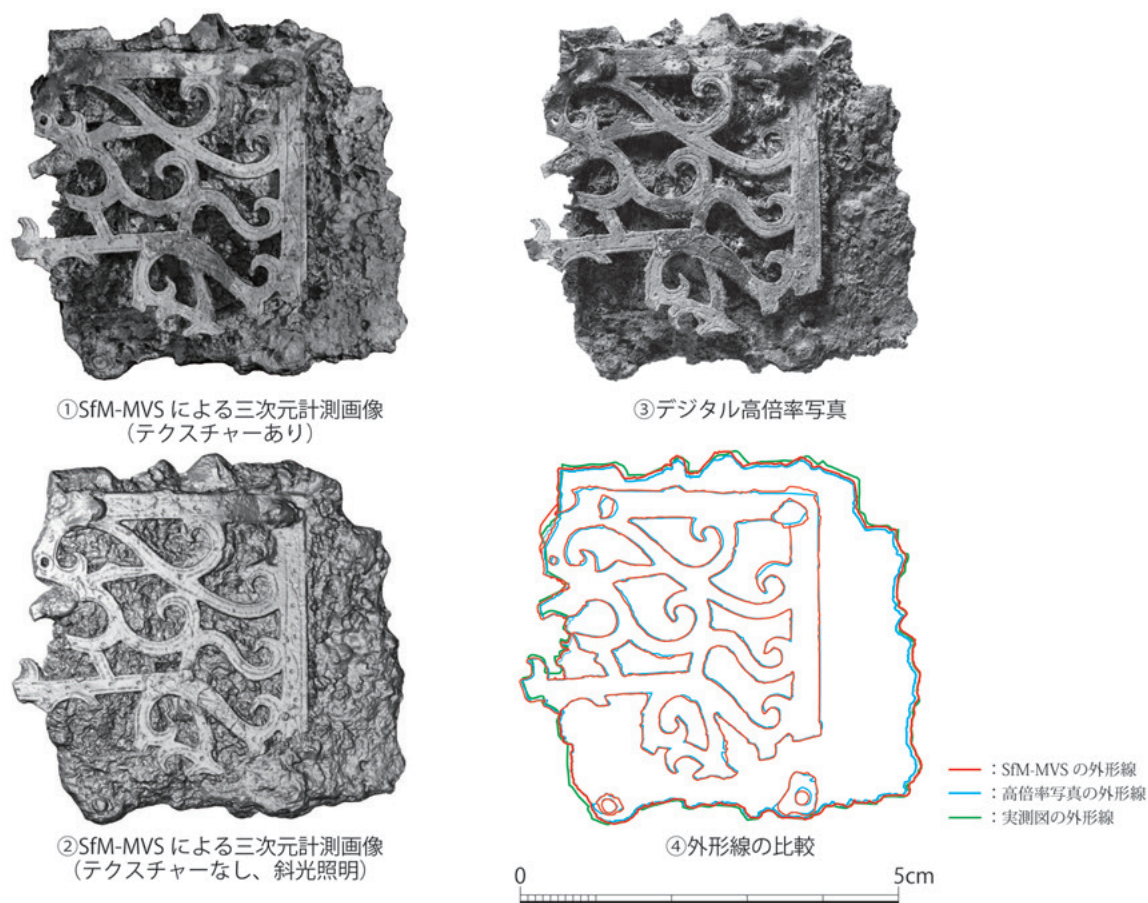


図1 奈良県五條猫塚古墳出土帯金具（銚6）の外形線比較（等倍）（奈良国立博物館所蔵）

のズレにおさまっていることがわかる。

この結果だけをみると筆者の手測り実測図もなかなかの精度をもっているように見えるかもしれないが、今回実測図で図示したのは直接接触で計測した部分のみである。裏面に鉄製小札が銙着しているため、肝心の帯金具はほとんど計測できていない。これを定規やディバイダーによって実測しつづければ、彫金はおろか透彫や鋳の位置さえ三次元計測や高倍率写真の精度を保てないことは明白である。

ここで実測図はひとまずおくとして、三次元計測画像と高倍率写真のズレはなぜ生じたのだろうか。まずはどちらについても、遺物をどのように設置し、どのように計測・撮影し、どのようにして一緒に写し込んだスケールから寸法を割り戻したのか、さらには前者の場合、どこを正面とみなしてオルソ画像を作成したのか（さらにはそれらからどのように外形線をトレースしたのか）、といった極めて個別적이つアナログな問題を考える必要があるだろう。

それを踏まえた上で改めて図1-④を観察してみると、中心部の外形線はおおむね一致しているのに対し、外縁部は高倍率写真の方が若干小さく、そのズレが一様でないことに気づく。このような誤差にみられる一定の規則性は、仮にCTスキャナーや3Dレーザースキャナーとの精度検証がおこなわれている SfM-MVS による三次元計測画像を正しい計測値と仮定すれば、一点透視で画像を形成するため、画角周辺部で歪みが生じやすくなる高倍率写真側に起因している可能性が高い。レンズによる歪みの影響は研究開始当初から想定されていたため、栗山氏は長焦点レンズを使用し、レンズ補正を併用することで極力歪みを低減させる撮影方法をとっていたが、はからずもその限界が1mm未満の世界で確認されているのだろうか。

(3) 小結

SfM-MVSによる三次元計測画像、高倍率写真、手測りによる実測図の外形線の比較を通じて、金工品を実測する上での課題を整理した。三者の外形線がほぼ一致するという事実は、三次元計測画像だけで

なく、適切な方法で撮影された高倍率写真も実測図の下図として十分機能するということを意味する。

3. 触れずに実測する

(1) 湯舟坂2号墳出土双龍環頭大刀

湯舟坂2号墳は、京丹後市久美浜町須田に所在する直径18mの円墳である。出土遺物から古墳時代後期後葉（TK43 型式期）に築造されたとみられている。1981 年（昭和 56）、圃場整備事業に先立つ発掘調査が久美浜町教育委員会（現、京丹後市教育委員会）によっておこなわれ、横穴式石室の中から双龍環頭大刀や銅鏡、馬具、須恵器など多彩な副葬品が出土した⁸⁾。古墳は京都府の史跡に指定されて現地保存されており、出土品は国の重文に指定され、京都府立丹後郷土資料館に寄託されている。

筆者の所属する京都府立大学文学部考古学研究室では現在、令和2年度京都府立大学地域貢献型特別研究（ACTR）「丹後半島における文化遺産の地域資源化に関する総合的研究」（研究代表：諫早直人）のもと、京丹後市教育委員会、京都府立丹後郷土資料館と共同で湯舟坂2号墳出土品の全面的な再調査をおこなっている⁹⁾。重文指定品の全面的な再調査にあたって最大のネックとなったのは、湯舟坂2号墳を代表する遺物で、アクリルケースに窒素封入されていた双龍環頭大刀であったが、関係各機関の協力のもと、約20年ぶりにアクリルケースを開封し、点検、調査、撮影を実施することができた。

ただし、再三述べてきたように資料はすべて国の重文であり、調査、撮影などによる負荷を最小限とするため、考古学的調査にあたっては可能な限り接触を減らす努力が求められた。このため滋賀県立大学の金宇大氏が担当した双龍環頭大刀の再実測にあたっては、手測りのみによる従来型の実測ではなく、事前に元興寺文化財研究所の初村武寛氏が光パターン投影式3Dスキャナーによる計測データから作成した等倍オルソ画像を下図とし、実物を観察しながら、補完、修正するという方法で作成した。その成果については今後改めて報告の機会を設けるこ



①報告書写真



②報告書実測図



③デジタル高倍率写真



④3D スキャナーによる三次元計測画像
0 10cm

図2 京都府湯舟坂2号墳出土双龍環頭大刀（環頭部分）（S = 1/2）（京丹後市教育委員会所蔵）

とし、ここでは、今回作成した三次元計測画像を既報告書に掲載されている写真、実測図や、栗山氏が新規撮影した高倍率写真と比較してみたい。

（2）外形線の比較

図2は報告書に掲載されている写真(①)と実測図(②)、高倍率写真(③)、三次元計測画像(④)を報告書の実測図掲載サイズである1/2スケールで提示したものである。報告書写真は埋蔵文化財写真技術研究会（現、文化財写真技術研究会）の初代会長を務めた高橋猪之介氏による撮影であり、報告書実測図は武器の報告を担当し、その後長らく岡山大学で

教鞭を執られた新納泉氏によるものであろう。いずれも当時において最高水準の写真、図面であり、その価値は今もまったく色あせていない。なお、報告書写真はスケール情報をもたないため、今回撮影した高倍率写真をもとに1/2スケールにサイズ調整をしている。

図3はそれらの外形線をトレースし、図1と同じく等倍で重ね合わせたものである。報告書実測図については等倍で作成されたであろう原図ではなく、1/2スケールで提示された報告書図面から再トレースしたため、厳密な精度比較は困難であり、参考に

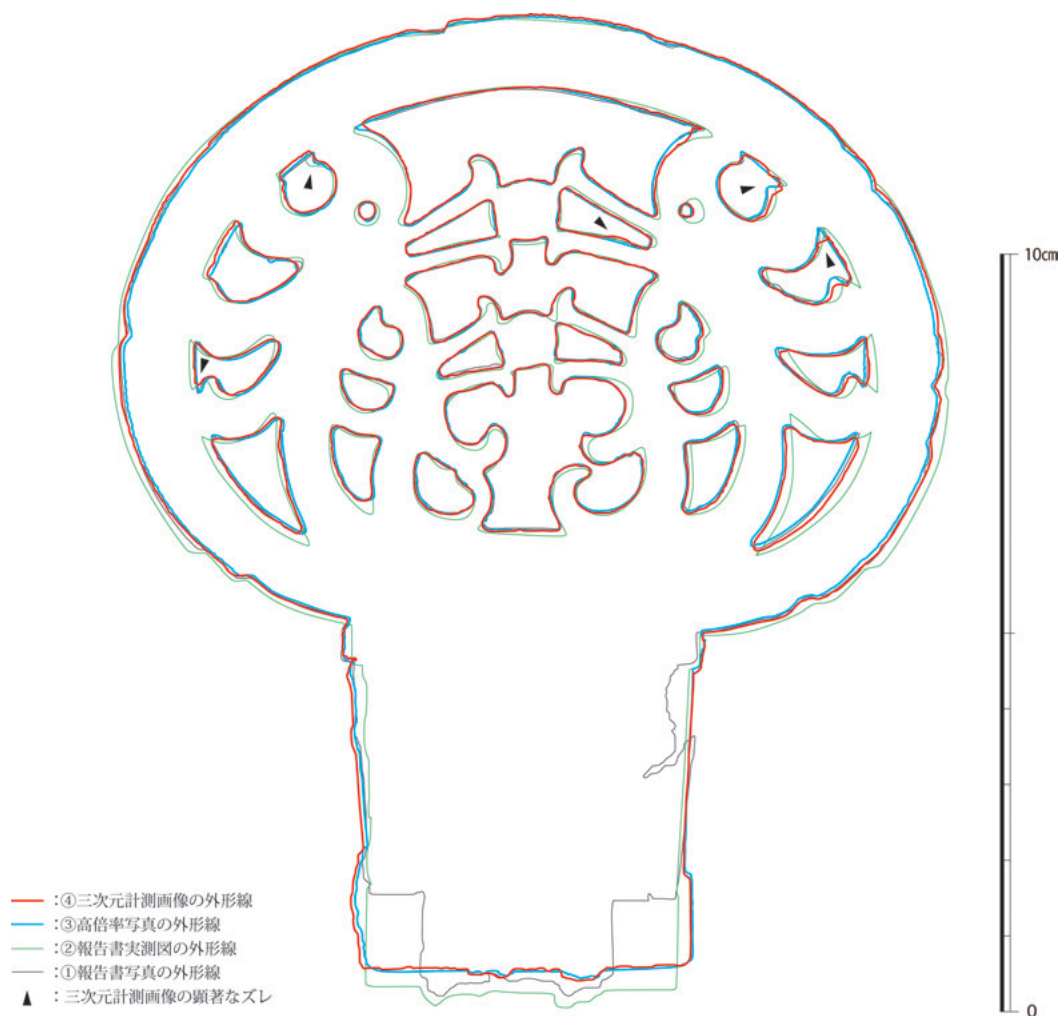


図3 京都府湯舟坂2号墳出土双龍環頭大刀（環頭部分）外形線（等倍）

留めておく。また報告書写真は保存処理前に撮影されたため、筒金具や責金具の形状がはかと大きく異なっている。

ここで高倍率写真と三次元計測画像を比べてみると、環体中心部分の透かし彫りラインはおおむね一致するのに対して、外形線については若干前者の方が小さいことがわかる。先にみた五條猫塚古墳出土帯金具とズレの規則性が一致することから、このズレはやはり、一点透視で画像を形成するため画角周辺部で歪みが生じやすくなる高倍率写真側に起因する可能性が高い。

一方で三次元計測画像の外形線には実際の透かし彫りの細部形状と明らかに齟齬をきたしている部分が複数あることも注意すべきであろう（図3▲部分など）。その原因をここで特定することは控えるが、

いずれにせよ非接触方式で得られた点群データをもとに生成された三次元計測画像をなぞりさえすれば実測図が完成するわけではなく、実物の観察などを通じた検証（確認作業）は必要不可欠といえる。

(3) 小結

三次元計測画像と高倍率写真の外形線を比較した結果、後者の画角周辺部に、歪みの影響が若干出ていることを改めて確認した。環体横幅で三次元計測画像108.9mm、高倍率写真107.8mm（報告書の記載は10.8cm）という誤差をどのように評価するかは識者の判断に委ねるが、手測りによる実測図の誤差とは別次元のものであることだけは確かである。

なお、今回は検討を省いたが、帯金具や環頭部分に施された彫金の微細な凹凸は、現時点ではいかなる三次元計測方法でも十分に捉えきれていない。彫

金の観察・図化に関しては、適切なライティングで撮られた高倍率写真に、一日の長があるといえよう。

おわりに

筆者は図化の効率化や精度向上といった観点だけでなく、資料への負荷軽減という観点から、金工品の実測図作成にあたって可能な限り非接触による方法を確立する必要があると考えており、本稿ではその前提となる作業を二つ紹介した。もちろん金工品の実測図作成にあたっては、これまでも写真からの描き起こし（いわゆる写真トレース）が経験的になされてきたと思うが、そのことを明記したものはあまりみかけないし、レンズによる歪みの影響について議論されることもなかった。比較対象が手測りによる実測図ではなく三次元計測画像となり、1mm以下の彫金の加工痕跡を研究対象とするようになった今、それぞれの計測手法の特性や限界に対する正確な理解がこれまで以上に求められていると考える。

外形線を重ね合わせるといふ、いささか素朴な方法ではあったが、その結果をもとにあれこれ思量する過程で、最新の機器を用いる場合でも、いかに遺物を置き、どのような方法でスケール情報を与えるかなど、極めてアナログな問題が精度に大きな影響を与えることが改めて明らかとなった。

前稿でも指摘したことではあるが、彫金技術を細大漏らさず記録する高倍率写真、立体形状をそのまま記録する三次元計測、研究者の必要な情報を取捨選択して記録する実測図、いずれの手法にも長所と短所（限界）がある。ただ、それぞれの手法の適性を見極め、何よりも資料を徹底的に観察し、記録すべき情報を明確化することで、いずれもが実物に取って代わる「唯一無二の二次資料」になりえる点を改めて強調しておきたい。現在の国境にとらわれない広域での比較が可能な遺物でありながらも、実物の観察に様々な障壁がある金工品研究の進展には、その時代における最高水準の精度で「唯一無二の二次資料」を作成し、得られたデータを国や機関、個人を超えて広く共有する努力が必要不可欠であること

を強調し、本稿を掲筆する。

【謝辞】

本稿は令和2年度京都府立大学 ACTR「丹後半島における文化遺産の地域資源化に関する総合的研究」およびJSPS科研費18K01083、18H00741の成果の一部である。本稿の作成やデータの掲載にあたっては、栗山雅夫氏、初村武寛氏、金宇大氏をはじめとする上記研究メンバーや遺物を所蔵・保管する奈良国立博物館と京丹後市教育委員会、京都府立丹後郷土資料館の全面的な協力を得た。また図3のトレースについては内藤京氏の助力を得た。ここに記して感謝の意を表したい。なお本稿は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で中止となった令和2年度文化財担当者専門研修「報告書デジタル作成課程」の講義資料として準備していたものであることを明記しておく。

【補註および参考文献】

- 1) 濱田耕作は考古学的調査の記録について、「宜しく写真、図画等の及ばざる所を、文字を以て補足するの態度を取る可きなり」と説く（濱田耕作 1922『通論考古学』大鐘閣、115-116頁）。
- 2) 鈴木勉 2010『「漢委奴国王」金印・誕生時空論—金石学入門Ⅰ 金属印章篇—』雄山閣
- 3) 奈良県教育委員会 1962『五条猫塚古墳』
- 4) 奈良国立博物館 2013～2015『五條猫塚古墳の研究』
- 5) 諫早直人・栗山雅夫（編）2018『古代東北アジアにおける金工品の生産・流通構造に関する考古学的研究』奈良文化財研究所
(<http://doi.org/10.24484/sitereports.71203>)
- 6) 諫早直人・山口欧志・栗山雅夫 2018「金工品・彫金技術の記録、計測と今後の課題」『古代東北アジアにおける金工品の生産・流通構造に関する考古学的研究』奈良文化財研究所
- 7) 本資料の場合、報告書では1/2スケールで図示されている。
- 8) 久美浜町教育委員会 1983『湯舟坂2号墳』
- 9) 諫早直人（編）2021『地域資源としての湯舟坂2号墳』京都府立大学文学部考古学研究室