

特集 ■ 3D プリンタと VR

VR と 3D プリンタによる三角縁神獣鏡の復原



村上 隆

Murakami Ryu

京都美術工芸大学

1. はじめに

文化財研究の分野でも 3D プリンタの使用が最近急速に普及し、展示や教育の場で精巧なレプリカの活用が可能となってきた。ここでは、金属粉末溶融積層造形法、いわゆる「金属 3D プリンタ」を初めて文化財に応用した事例として、愛知県犬山市東之宮古墳出土の三角縁神獣鏡（重要文化財）の復原模造とそれによって明らかになった古代青銅鏡の機能について紹介する。実際の古代青銅鏡は腐食しているため、制作された当初の輝きを失っているが、貴重な文化財であるため再研磨することは不可能である。最新技術である金属 3D プリンタで新たに復原模造を作ることによって、古代青銅鏡の鏡としての本来の姿を取り戻すことができた [1]。

2. 三角縁神獣鏡の復原模造

三角縁神獣鏡は、鏡の外縁の形状が三角形を呈し、鏡背に半肉盛りの神獣の文様が配されていることからこの名前と呼ばれる。三角縁神獣鏡というと、邪馬台国の女王卑弥呼が中国魏の皇帝から下賜されたとされる 100 枚の鏡に比定する説もあるが、日本でしか出土せず、しかも出土数はすでに 500 枚を越えると言われ、その真相に迫るにはまだまだ謎の多い鏡である。出土した鏡は、割れているものも多く、またすっかりサビで覆われているので、そのオリジナルな姿はわからなくなってしまっている。さらにこれまでの研究は、文様のある鏡背側の図像学的な研究が中心で、鏡面側はほとんど研究の対象にはなっていなかった。例えば、歴史の教科書に載っている写真も博物館に並んでいる姿も、鏡背の文様面が主役であるから、鏡とは言いながら鏡面に顔が映るかどうか

もわからなかった。この形式の鏡に関しては材質分析など、これまでも調査研究を重ねてきたが、鏡としての本来の機能を検証することをめざして復原模造を行うことを今回初めて試みた。なお、復原には愛知県犬山市東之宮古墳から出土した三角縁神獣鏡（重要文化財、京都国立博物館所蔵）を用いた。その理由として、割れていない健全な鏡で、表面状態も極めて良好であることが挙げられる。

3. 3D イメージの形成工程

まず、レーザを用いた 3 次元デジタルイザによって表裏両面の形状を精確に計測した。三角縁神獣鏡に対するレーザ計測はこれまでも行われているが、主に文様のある鏡背を対象としていた。今回の計測では、鏡そのものを立体的にとらえることを初めて試みたわけである。3 次元デジタルイザの初期データは、3 次元に点在する点群データで、今回用いた装置（「非接触 3 次元デジタルイザ RANGE7」(コニカミノルタ(株)製)）では、この点群が 1cm 平方に 10,000 点以上の密度で得られる。まず、この点群データを、STL (STereo Lithography) データ (立体造形の標準フォーマット) に変換する。鏡の表面と裏面を別々に測定してずれないように接合して、最終的に鏡全体の立体像として仕上げた。

次に、STL データで構成された青銅鏡に、次に述べるように材料科学研究に基づいた制作当初のオリジナルの色を載せることを試みた。

4. VR による三角縁神獣鏡のオリジナルな材質と色

三角縁神獣鏡の材質の基本は、(銅-スズ-鉛) 合金

である。発掘調査によって出土する古代の青銅器は、通常は表面が緑青サビで覆われている。表面状態が良好であるとはいえ東之宮古墳出土の青銅鏡も例外ではない。表面を緑青サビで覆われた青銅鏡のオリジナルな材質を知るには、サビ層の下の健全な部分の分析が必要となる。そのためには、資料のコア部分を露わにする必要があるが、貴重な資料に対して一般的には不可能である。しかし、これまで 30 面近くの三角縁神獣鏡に対して筆者が重ねてきた調査研究により、その平均値は 23% 程度であることがわかっている^[1]。銅とスズで形成される青銅は、スズの含有量によって色が変化する大変ユニークな合金である。スズが 23% 程度の合金は少し黄金色を帯びた銀灰色を呈し、東之宮古墳出土の三角縁神獣鏡もオリジナルにはこの色を持っていたとみなしてよい。バーチャルな立体画像に、この色の情報を載せることにより、制作当初の色のイメージも合わせて再現することを試みた(図 1)。この成果公開の場として、京都国立博物館において研究成果特別展示を行った。(「古代の輝きを求めて ... デジタル計測でよみがえった古代青銅鏡の世界 ...」(2010 年 7 月 17 日～8 月 29 日))。

さらに、青銅鏡裏面の文様の詳細や任意な場所での断面形状の表示などをリアルタイムで味わうことができるように、凸版印刷(株)の協力の下、VR 映像を作成した。VR 映像化によって、複雑な形状を自由に観察し、任意の断面を表示するシステムも完成させた。三角縁神獣鏡といっても、鏡背の文様面しか見たことがない一般の人たちも、表裏を問わず任意の角度から鏡を見ることができ、また任意の場所で断面形状を確認することが可能となった。この VR 映像システムを次に述べる復元模造した鏡と共に、東京コニカミノルタプラザにて展示した。(「京都国立博物館の試み 美の計測 デジタルが生む新たな視座」(2011 年 7 月 1 日～20 日)) (特別協力: コニカミノルタ(株)・凸版印刷(株), 協力: JMP (株)・MK デザイン)。



図 1 犬山市東之宮古墳出土「二神二獣三角縁神獣鏡」
(金属 3D プリンタで復元した計測画像)[1]

5. 金属 3D プリンタによる復元模造の制作

今回得た 3D デジタルデータをもとに、3D プリンタを用いた金属製の復元模造品を忠実に再現した。制作方法の基本は、金属粉末を用いた造形法(金属粉末溶融積層造形法)である。金属粉末をレーザーにより溶融し、それを積層していくことによって精密な立体物を成形する方法である。この方法では鋳型を必要としないため、より精度が高まり、溶融金属の凝固時の収縮を最小限にとどめることができるなど、3D 計測データに忠実な立体造形が期待できる。作成した復元模造鏡は、これまで制作された復元品の中で実物にもっとも近いものとみなしてよい。鏡背の文様の再現も見事であるが、鏡面の緩やかな凸面も顔を映し、三角縁神獣鏡の鏡本来機能を考えることが可能となった。復元鏡の表裏を見られるように、1 分間に 1 回転するアクリル製治具を作成(図 2)し、先に述べた「美の計測」展(2011)において展示した。

さらに「日本人の智慧展」(勸本願寺文化興隆財団)において、パリ日本文化会館(2012 年 4 月 17 日～5 月 5 日)、スリランカ・コロンボ(7 月 13 日～7 月 27 日)とそれぞれ展示した。また、「ハイテクで蘇った古代青銅鏡とフェラーリ F1 美の競演 ～時空を超えた運命の出逢いと究極の美～」(Rosso & Rosso Kyoto 実行委員会)(2012 年 12 月 14 日～16 日)を京都国立博物館にて開催し、実際にフェラーリ F1 と並べて展示し、好評を博した。

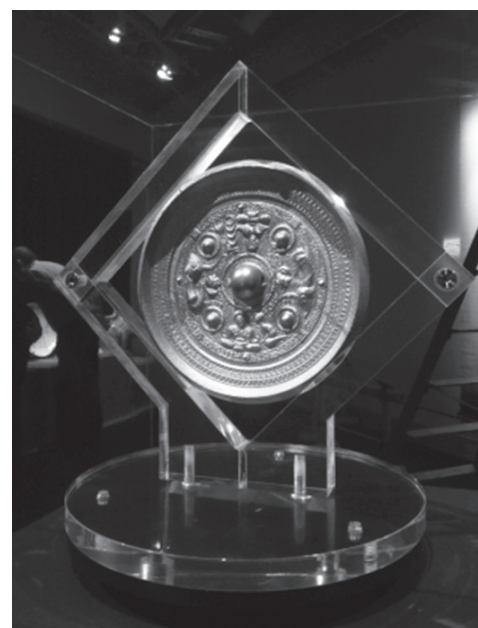


図 2 復元された三角縁神獣鏡の展示風景
(日本文化会館(パリ))

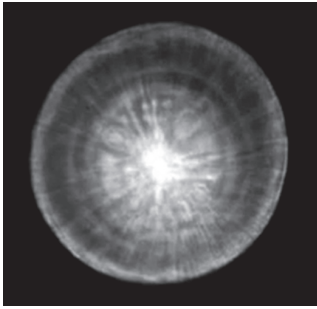


図3 復元された三角縁神獣鏡により生じた魔境現象 [1]
(太陽光の反射による)

6. 復元模造された三角縁神獣鏡に認められた新知見 [1]

金属 3D プリンタを用いて模造した鏡は、制作当初に極めて近い状態で復元され、磨きだされた鏡面はしっかりと顔も映し出すという鏡本来の機能を実際に体験することができた。そして、鏡面を太陽光に翳してみると、その反射光が鏡背側の文様を反映する現象、いわゆる「魔鏡現象」を起こすことが確認できた(図3)。この現象は、鏡本体の極端な肉厚差が原因で生じると考えられ、断面形状を精確に把握した時点から想定していたことではあった。このタイプの鏡では、厚い部分は 3cm 近く、また薄い部分は 1mm 程度とたいへん薄い。最終的に研磨された状態で、神獣の文様部分のような厚い部分が鏡面側で微妙に凹になり光を集光するため、反射された像は明るくなり、逆に肉厚の薄い部分は凸になり光を散光するため、像は暗くなることがわかった。このような微妙な高低差による凹凸は、平行光である太陽光によって、顕著な濃淡を持った反射画像として顕在化されると考えられる。三角縁の部分も肉厚であるため、反射像は円形の明るい光の輪となり、鏡面の縁を強調する効果を持つことがわかる。また、鏡面全体が微妙に凸に膨らんでいるのは、反射された像が大きく拡大される効果を持つことを期待したからではないかと考える。平行光である太陽光との関係でこのような現象を起こす古代の鏡を、私は「陽光鏡」と名付けた。陽光鏡は、当時の人たちが畏敬する太陽と直接対話できる特殊な能力を提示し、権威を誇示する手段として利用されたのではないだろうか？古代社会におけるこの鏡の位置づけを改めて考察することは今後の課題であろうが、今回の復元によって、古代青銅鏡が秘めていた力を顕在化させることができた意義は大きいと言えよう。

7. まとめ

VR と 3D プリンタの文化財研究への応用事例の一つとして、古代青銅鏡の復元について紹介した。今後とも、文化財に対する VR や 3D プリンタを含めたデジタル技術の活用はさらに活性化されることは間違いないだろう。特に教育普及の場でその可能性を探ることはたいへん重要であると考えられる。ただ、デジタルアーカイブ化が安易に進められることによって、文化財を取り扱う上で、本物を次世代へ伝えるという最も重要な使命に対する認識が薄れることを危惧する次第である。

参考文献

- [1] 村上 隆：「東之宮古墳出土青銅鏡のデジタル化研究によって新たに得られた知見」『史跡東之宮古墳』（犬山市教育委員会）pp.396-412, 2014 年 3 月
- [2] 村上 隆：「三角縁神獣鏡の材料科学的研究... 静岡市午王堂山 3 号墳出土鏡を巡って...」『学叢』第 32 号（京都国立博物館），pp.29-35, 2010 年
- [3] 村上 隆：「三角縁神獣鏡の組成と金属組織... 椿井大塚山古墳出土の三角縁神獣鏡を中心に...」『学叢』第 33 号（京都国立博物館），pp.41-47, 2011 年 5 月

【略歴】

村上 隆 (MURAKAMI Ryu)

京都美術工芸大学 教授

1978 年京都大学工学部、1980 年同大学院工学研究科修士課程修了。1985 年東京藝術大学大学院美術研究科修士課程、1988 年同博士課程修了。学術博士。奈良文化財研究所上席研究員、京都国立博物館学芸部長を経て、2014 年から現職。専門は、歴史材料科学、文化財保存修理、博物館学。高岡市美術館館長、石見銀山資料館名誉館長を兼任。著書に、『金・銀・銅の日本史』（岩波新書）、『金工技術』（至文堂）、『美を伝える』（監修・執筆：京都新聞出版センター）、『色彩から歴史を読む』（監修・執筆：ダイヤモンド社）ほか。第 8 回口リアル国際賞「色の科学と芸術賞金賞」、第 1 回「石見銀山文化賞」ほか。