

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：87106

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24320164

研究課題名(和文) 三次元デジタル計測技術を活用した中国古代青銅器の製作技法の研究

研究課題名(英文) Study on the Manufacturing Technique of the Ancient Chinese Bronze Vessels Using 3D Digital Measurement

研究代表者

谷 豊信 (TANI, Toyonobu)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部・研究員

研究者番号：70171824

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：中国古代の青銅器は、東アジアの金工の歴史を考える上で非常に重要な意義を持っている。しかし、肉眼観察による方法以外の研究が無かったため、その製作技法は十分に解明されてはいない。このため、本研究ではX線CTスキャナや3次元計測装置を利用して、住友コレクションを対象とした研究を積み重ねてきた。とくに、鑄型の組み合わせ方や、鑄造時に銅を流し込む方法などについて、非常に重要なデータを入手することができた。その成果について中国科学院自然科学史研究所と研究討議を深め、報告書の形にまとめて中国国内で発表した。

研究成果の概要(英文)：Ancient Chinese bronze vessels have its own important significance on considering the history of the goldsmith in east Asia. Because there is no way of studying it by naked-eye observation, the technical study of the bronze objects is not developed sufficiently until now. Therefore we have accumulated the studies on the ancient Chinese bronze, handed down in Japan, particularly SUMITOMO Collection stored in Sen-Oku Hakukokan, by using the X-ray CT scanning or analysis of the 3D digitizer. Especially, we have acquired the important information on how to combine the mold, or how to pouring the bronze into the molds. Based on these outcome, we have some discussions with Institute for History of Natural Science, Chinese Academy of Science and deepened its knowledge, and we edited the report on technical studies on Chinese bronze, and have published in China.

研究分野：考古学

キーワード：考古学 文化財科学 中国古代青銅器 鑄造 X線CT

## 1. 研究開始当初の背景

中国古代青銅器は神を祀るために製造・使用されたものであるが、中華文明を象徴するものとして近代にいたるまで中国金属工芸の規範とされ尊崇されてきた。その影響は、朱子学の広がりと共に日本の倣古銅器や朝鮮半島の白磁や粉青沙器などの祭器として形が継承されるなど、東アジアの金属工芸を考察する上で造形・文様の根幹をなすものとして非常に重要視されてきた。したがってその研究も古くから行われており、中国宋代には詳細な実物観察に基づいた器名考証が展開され、現在の考古学研究の基礎を作り上げた。20世紀に入って殷墟遺跡の科学的な発掘が進み、考古学による型式組列の研究が深化するにつれて、文献に記録された歴史事象の検証も精力的に図られるようになった。その結果、文様や形態的な変遷観はかなり明らかになってきたけれども、製作技法については器の表面観察と断片的な鑄型破片に基づく推定が行われているのみであった。この原因には、古くから伝わってきた伝世の青銅器コレクションが完全な形で伝わってきており、青銅器内部の構造解析が不十分であったこと、このため技法的変遷の裏付けを欠いた変遷過程を検証しようにも、実物青銅器を実見して調査する機会がきわめて限定されていたことなどが挙げられる。かように、中国古代青銅器は東アジアの金工史上、きわめて重要な意義を持つにも関わらず、製作技法の研究が遅れていた。

このような状況に鑑み、中国古代青銅器の製作技法を体系的に解明し、東アジア工芸史に正しく位置付けるといふ問題意識をもって、非破壊を前提とした3次元デジタル計測技術を駆使して中国古代青銅器のデジタルアーカイブに取り組んだのが、平成21~23年度に実施した研究(科学研究費補助金基盤研究(B)「X線CTスキャナによる中国古代青銅器の構造技法解析」、研究代表者：今津節生)であった。この研究では、泉屋博古館が所蔵する約180点の青銅器のうち、約2/3に当たる120点を対象としてX線CT分析および3次元計測を行い、多大な成果を挙げることができた。

## 2. 研究の目的

このような研究地平を踏まえ、古代中国青銅器の鑄造技術の解明のための採り得る方法として、X線CTスキャナ調査、3次元計測による調査、3次元プリンタによる造形出力、鑄造実験や出土した鑄型による検証を実施する。

まずキックオフミーティングを京都・泉屋博古館で開催し、研究メンバー全員で本研究の目指すところを共有し、具体的な調査品と方法を詰める。さらに他の所蔵機関とも連携し、九州国立博物館での展示(文化交流展室)を目的として作品輸送とX線CT分析・3次元計測・3次元プリンタによる出力などの調査を進めていく。その際、研究上で注目すべき点と期待される成果としては、

### 青銅器の銘文施文方法の解明

青銅器に見られる銘文は、器壁上に沈線で見られるが、これは鑄造後に彫り込まれたのではなく鑄造されたものである。施文方法の解明で銘文を刻む技術や真贋についても役立つデータが得られる。

### 鑄造時の湯口や鑄込み姿勢の解明

湯口周辺には鑄造時のガスが集積する可能性が高く、湯口位置や鑄込み姿勢の解明に繋がるデータが得られる。

### 鑄型の組み合わせ方の解明

青銅器の内面には仕上げ研磨が及ばないため、鑄型の合わせ目(范線)や合印などの鑄造時痕跡が残されている可能性がある。鑄型の組み合わせ方の解明に繋がるデータが得られる。

### 工房の系譜の解明

製作技術に直接アプローチできるため、文様の系統と併せて検討し、青銅器作成技術の系譜を実証的に解明する。

さらに、中国出張では、先行研究を含めた研究報告書の中国での刊行を進めるために、中国科学院や文物出版社あるいは上海博物館と出版協議を行い、北京ならびに上海を訪れる。同時に中国での古代青銅器に係る研究動向を探る。

## 3. 研究の方法

本研究は、X線CTスキャナならびに3次元計測器、3次元プリンタなどのデジタル機器を活用してデジタルアーカイブを拡充し、そのデータを活用して中国古代青銅技術の体系的な解明に寄与するものである。X線CTスキャナでは表面から目視確認できない青銅器(部分)の内部構造の解析、3次元計測器では表面に記録された精緻な文様の記録に供する。また3次元プリンタはデジタルデータを立体造形で可視化する装置である。詳細は次のとおりである。

### X線CTスキャナ調査

中国古代青銅器のような複雑な内部構造の把握にはX線CTスキャナによる3次元断面画像が最適かつ唯一の方法であり、当館はその方法の有効性や計測・解析についても実績を有する国内唯一の機関である。特に以下の7点を重点的に計測・観察を加える。

a. 古代青銅器には鼎や爵など三脚が付く器種が多いが、その内部が中空か無垢か、あるいは中空で真土が充填されていないかなどを識別する。

b. 把手の付く器種(簋や鼎など)では把手と本体とがどのように接合されているか、本体と一鑄されたものか、別造りの把手を後から取り付けたものか(一鑄か別鑄か、または先・後鑄の別)。

c. 接合部の構造はどのようになっているのか(本体を磨いて接合しているのか、あるいはダボ継ぎのような構造か)。

d. 吊手など可動部分はどのように接合されているのか。一鑄か、可動部を後付けしたもののか。

e. 傘形飾りや犧首などの立体的な装飾の内部の構造はどうなっているのか(中空か中実か?)。また本体とはどのように接合されているのか。

f. 画像から観察された異常のある部分が、後補なのか鑄造時の鑄掛けや型持なのかの判断。

g. 鑄型のキズ(范キズ)と思われる部分の識別とその進行過程がうかがえるかどうか。

### 3次元計測

3次元計測器の原理は、両眼視差を利用して立体情報を記録し、デジタル上で再現したものである。文化財に対する活用例としては、弥生～古墳時代の銅鏡の鏡背面文様に適用したデジタルアーカイブ、弥生時代の銅戈の同范認定などの学術的成果のほか、精緻な文様を拡大して掲示するなど博物館展示への応用などについての活用が期待できる。

### 3次元プリンタ

X線CTスキャナや3次元計測器で取得された3次元デジタル計測データは、そのままPCモニターでの構造解析に供することもできるが、そのオペレーションや読み取りには専門的知識を必要とし、博物館展示や普及啓発にとっては不向きである。そこで、デジタルデータを立体造形として出力するための装置が3次元プリンタである。これはデータを幾重も積層して構造物を造形するもので、器物の厚さや複雑な内部構造について具体的かつ直感的な理解を可能とする。

### 鑄造実験による検証

以上の機器や手法で取得された3次元デジタル計測データを丹念に解析していけば、青銅器の鑄造方法や技術についての推定は可能である。しかし、それが実際に鑄造可能な方法なり技術であるのかは、実験によって検証されねばならない。当館にもほど近く、日常的に鑄造を行なっている場として福岡県遠賀郡芦屋町に所在する「蘆屋釜の里」があり、先行研究でも緊密な連携体制が出来ている。

### 4. 研究成果

着手年度である平成24年度では、住友コレクションだけでなく、その解析結果に基づいて日本国内の博物館に所在する青銅器につい

て、体系的・系統的に中国古代青銅器の製作技術を解明することを目標として肉眼観察ならびに科学分析に基づく調査を遂行した。なかでも久保惣コレクションをはじめとした国内の中国青銅器コレクションについては大きな成果が得られた。これらは、平成24年12月15・16日に九州国立博物館で開催した「日本中国考古学会 第23回大会」において発表しただけでなく、中国科学院・台湾中央研究院より研究者を招聘して、研究発表の機会を設けると同時に意見交換を進めることができた。

さらに、中国語で成果を公表するための準備会議を行なった。また、国際情勢のため渡航を断念した中国関係機関との連携を進め、中国との関係においてもより実効ある成果をあげることを目的とした、準備作業もあわせて行なった。

25年度は、24年度に得られた結果を基に、中国での報告書刊行に向けて実務的な作業を進め、当該年度中の刊行を進めた。特に、先行研究で作成した報告書では、作品の記述や鑄造技術史上での位置付けが十分とは言えなかったため、今回の研究分担者・協力者による執筆原稿を加えて、内容を補綴した。また、中国側から最新の研究動向を紹介してもらうことも不可欠であるため、大幅に改稿して中国での報告書刊行に充てられるよう内容および体裁を整えた。加えて、中国側との研究連携を24年度以上に密に築きつつ、推進した。さらにこの年度でも再度、研究メンバーを招集して前年度までの成果と研究の方向性の再確認を行なった。

26年度は最終年度であり、本研究期間の成果をまとめ、中国および日本で報告書を刊行した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計8件)

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘、中国青銅器の製作技法解明のための対照実験(2)、アジア鑄造技術史学会京都大会、2014年09月20日～2014年09月21日、京都市国際交流会館(京都府)

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘、中国青銅器の製作技法解明のための対照実験(2)、アジア鑄造技術史学会京都大会、2014年09月20日～2014年09月21日、京都市国際交流会館(京都府)

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘、中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究(2)、日本文化財科学会第31回大会、2014年07月05日～

2014年07月06日、奈良教育大学（奈良県）

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘、中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究（2）、日本文化財科学会第31回大会、2014年07月05日～2014年07月06日、奈良教育大学（奈良県）

飯塚義之・内田純子、中央研究院所蔵殷墟青銅器の冶金学的研究、日本中国考古学会第23回大会、2012年12月16日、九州国立博物館（福岡県）

丹羽崇史、中国における湾曲羽口の基礎的検討、日本中国考古学会第23回大会、2012年12月16日、九州国立博物館（福岡県）

廣川守、X線CTスキャナによる商周青銅器製作技法に関する研究、日本中国考古学会第23回大会、2012年12月16日、九州国立博物館（福岡県）

今津節生、九博のX線CTスキャナによる文化財の研究、日本中国考古学会第23回大会、2012年12月15日、九州国立博物館（福岡県）

#### 〔図書〕（計2件）

廣川守・蘇栄誉・丹羽崇史・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、中国科学出版社、泉屋透賞 泉屋博古館 青銅器透射解析、2015、350

廣川守・蘇栄誉・丹羽崇史・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、中国科学出版社、三次元デジタル計測技術を活用した中国古代青銅器の製作技法の研究、2015、400

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

谷 豊信 (TANI, Toyonobu)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部・研究員

研究者番号：70171824

##### (2) 研究分担者

河野 一隆 (KAWANO, Kazutaka)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画課・文化交流展室長

研究者番号：10416555

廣川 守 (HIROKAWA, Mamoru)

公益財団法人泉屋博古館・学芸課・課長

研究者番号：30565586

市元 壘 (ICHIMOTO, Rui)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画課・主任研究員

研究者番号：40416558

丹羽 崇史 (NIWA, Takafumi)

独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所・企画調整部・研究員

研究者番号：40455564

今津 節生 (IMAZU, Setsuo)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部博物館科学課・課長

研究者番号：50250379

鳥越 俊行 (TORIGOE, Toshiyuki)

独立行政法人国立文化財機構奈良国立博物館・学芸部・主任研究員

研究者番号：80416560

川村 佳男 (KAWAMURA, Yoshio)

独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部保存修復課・主任研究員

研究者番号：80419887