

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：82619

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25284033

研究課題名(和文) 極薄青銅器の製作技術解明 - 中国金属工芸史を再構築するための基盤研究 -

研究課題名(英文) Techniques for Producing Ultra-thin Bronze Vessels: A Basic Study to Reconstruct the History of Metal Craft in China

研究代表者

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・主任研究員

研究者番号：80419887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,900,000円

研究成果の概要(和文)：中国では春秋時代後期の前5世紀以降、器胎の厚みが1ミリに満たない「極薄青銅器」が普及していった。東京国立博物館、和泉市久保惣記念美術館などが所蔵する極薄青銅器を対象にして3次元計測機・蛍光X線分析機・CTスキャナーによる調査をおこない、表面に残るさまざまな製作痕を可視化するとともに、成分組成や内部構造を明らかにすることができた。また、これらのデータに基づいて推定した極薄青銅器の製作技法と工程を東京藝術大学における製作実験で検証した。その結果、極薄青銅器は、古代中国青銅器の伝統的な技術とは異なる、いくつもの新技術を複合させることで作られていたことが分かった。

研究成果の概要(英文)：The ultra-thin bronze vessels, with thickness less than 1mm, has seen a wide-spread distribution in China since the late Spring and Autumn Period (fifth century BC). Some examples of these ultra-thin bronze vessels from the collections including those from the Tokyo National Museum, Kuboso Memorial Museum of Arts, Izumi, were tested by a three-dimensional scanner, an X-ray fluorescence spectrometer, and a CT scanner. The series of analysis made it possible to visualize various kinds of surface marks made an object was being made, as well as to reveal component composition and an internal structure. In addition, techniques and methods for producing the ultra-thin bronzes, inferred from those data, were tested at a metal casting studio of Tokyo University of the Arts. As a result, it became clear that the ultra-thin bronze vessels were created using new techniques different from the traditional techniques of the ancient Chinese bronze production.

研究分野：中国考古学

キーワード：考古学 金属工芸史 中国古代史 極薄青銅器 製作痕 3次元計測 CT撮影 製作実験

### 1. 研究開始当初の背景

中国の青銅製容器(以下、青銅器)は紀元前17世紀に出現して以降、重厚な造りを指向する傾向にあったが、紀元前5世紀に器胎の厚みが1ミリ以下の薄い青銅器が出現した。そのなかには、文様を容器の表面に直接刻みこんだものも含まれていた。先行研究では、「刻文青銅器」は極端に薄く造られていること、錫の含有率が10%を超える「高錫」の事例や鍛造品を含むことなどが指摘された。

しかし、極薄の造り、鍛造、高錫といった属性は、無文の青銅器のなかにも多く該当例があることを踏まえて、本研究では刻文の有無に関わらず、薄さこそが紀元前5世紀に出現した青銅器群のもっとも重要な特徴であると位置づけた。本研究のいう極薄青銅器は、「刻文青銅器」や「高錫青銅器」などの用語がもつ限界を超越して、前5世紀の中国に始まる青銅器製作の新しい流れを読み解くための格好な概念である(図1)。

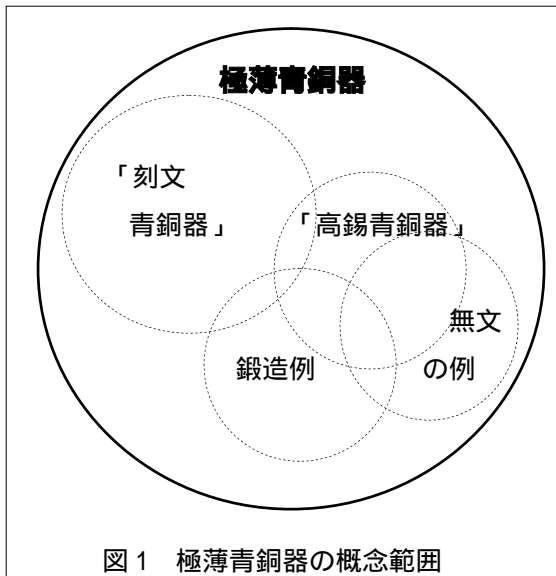


図1 極薄青銅器の概念範囲

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、極薄青銅器の製作技術の解明にある。合金成分組成の選定から、成形を経て、表面の処理および装飾に至るまで、極薄青銅器の各製作工程における技術を一連の系統として復元することで、中国の新たな青銅器の技術が前5世紀の出現以後にたどった展開を研究するための基盤を築く。

### 3. 研究の方法

(1) 極薄青銅器に含まれる金属成分の組成と比率を蛍光X線で分析する。

(2) 極薄青銅器の成形段階における製作技術を明らかにする。ひとつは、肉眼・三次元計測による表面に残された製作痕跡の観察により、鑄造・鍛造・きさげ(削り)といった成形技法を特定する方法である。もうひとつは、X線写真やCTスキャンによる内部構造の解析を通して、鑢付け(熔接)・かしめ(孔に通した部品の先端を加圧変形して接

合)といった部品接合による成形技法を明らかにする方法である。

(3) 極薄青銅器表面の施文・着色といった装飾の痕跡を、肉眼観察・三次元計測によって抽出し、その技法を特定する。着色痕に対しては、蛍光X線による分析も実施する。

(4) 上記の結果を東京藝術大学鑄金研究室工房の実験データによって製作工程ごとに検証する。

### 4. 研究成果

(1) 極薄青銅器表面地金の蛍光X線分析  
使用機器：セイコーインスツルメンツ(株)「SEA200」

測定条件：管電圧50kV、X線照射領域5mm、測定時間200秒、X線照射ヘッドを資料に密着させて測定

定量値を算出するためには成分と含有量が既知である標準資料が必要となる。そこで東京藝術大学が作成したCu(銅)、Sn(錫)、Pb(鉛)の配合重量が既知である青銅サンプルをまず測定し、FP定量法に用いる標準資料として装置付属のソフトに登録した。東京国立博物館(東博)および和泉市久保惣記念美術館で計3点を計測後に上記3成分の含有比率を算出した。いずれの資料も地金が露出した光沢のある比較的平滑な部位を選択して測定した。和泉市久保惣記念美術館の両資料は概ね、Cu:80%、Sn:15%、Pb:5%程度の値を示している。一方、東博の資料はCuの含有量が64%と少なく、Sn:28%およびPb:8%と含有量が多いことを示している。東博の資料に関するこの結果については改めて調査を実施した上で慎重に解釈を加えたい。

また、東京藝術大学で計6回の鑄造実験を行い、約100点の鑄造サンプルを製作した。鑄造サンプルは15センチ四方の正方形の板で、Cu、Sn、Pbの配合比を変えながら製作した。配合比如何にかかわらず、キメの細かい土の鑄型で安定的に鑄造するには1ミリの厚さでは極めて困難であり、最低でも2ミリの厚さが必要であることが分かった。次に鑄造サンプルを1ミリの薄さまで加工するために、きさげ(削り)と、鋸と金床を使用して敲きのぼす「しぼり」の実験を行った。結果、Cu:80~90%、Sn:8~15%の配合比であれば、きさげもしぼりも安定的に施すことができ、配合比をこの範囲外にすると割れが生じたり、加工により多くの困難を来すことが分かった。和泉市久保惣記念美術館の計2点で計測されたCu:80%、Sn:15%、Pb:5%程度の値は、器胎を薄く加工するのに適切なものであることが実験によって示された。

(2) 極薄青銅器の成形段階における技術

極薄青銅器の表面で確認された成形段階におけるおもな製作痕は、しぼり・きさげ・鑄造があった。

しぼりの痕跡がもっとも明瞭であったのは、東博所蔵の匜である。とくに湾曲した部分の内面に顕著であることが三次元計測画像によっても分かる(図 2)。これと同様の凹凸痕をしぼりの実験でも再現することができた。

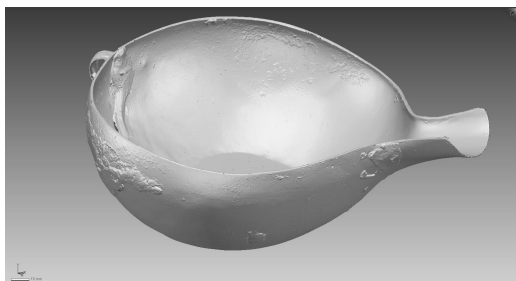


図 2 東博所蔵匜の三次元計測画像

きさげの痕跡がもっとも明瞭であったのは、久保惣記念美術館所蔵の2点の匜である。約 1.5 ミリ幅の条痕が注口部と底部を除く外面を覆っている(図 3)。全形をしぼりによって打ち出した後、外面を削ることでしぼりの凹凸を円滑に整えたものと考えられる。これと同様の条痕をきさげの実験によっても得ることができた。



図 3 和泉市久保惣記念美術館所蔵の匜外面三次元計測画像(部分)

厚さ 1 ミリ以下でありながら、スペーサーの散見される例もある。スペーサーとは青銅器の鑄造時に中型と外型の間に挟む青銅製の小片で、これにより青銅の熔液が流れこむ空間を保つ。しぼりやきさげなどの加工を併用する例も見られるが、加工によるスペーサーの変形はほとんど確認できない。基本的に鑄造で極薄の形状に作りあげていたものと考えられる。実験では困難と考えられた鑄造による極薄青銅器の成形は、おもに前漢から後漢時代(紀元前 3 ~ 後 2 世紀)にかけての作例に多くみられた。

このほか、極薄青銅器の成形はしぼり・きさげ・鑄造を主要な技法としながらも、細部では鑼付け(熔接)・かしめ(孔に通した部品の先端を加圧変形して接合)といった部品接合による成形技法も多用していることが、X線写真やCTスキャンによる内部構造の解析を通して分かった。例えば、X線写真から東博所蔵の匜の注口は本体とは別に作り、

その後、本体に鑼付けした可能性を推測できた(図 4)。この方法による成形は実際に可能であることが実験によって明らかになった。

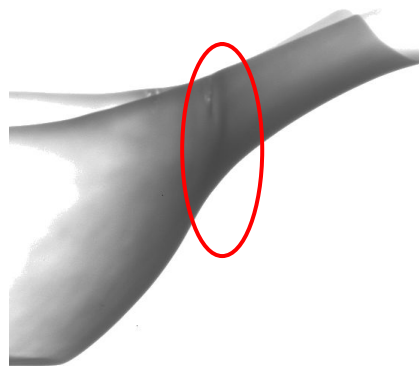


図 4 東博所蔵匜の注口基部に見られる鑼付けと思しき痕跡

### (3) 極薄青銅器表面の装飾の痕跡

極薄青銅器は大半が無文であるが、鑿で文様を刻んだ刻文の例もある。東博所蔵匜の内面には全体に魚・龍のような動物・水鳥などが極めて細長い楔形の打刻痕を断続的に連ねることで表現されている。ある打刻痕の最大幅は約 0.1 ミリであった。戦国時代の極薄青銅器に見られる刻文は、おおむねこのような打刻痕を蹴彫りのように連ねてある。前漢時代の極薄青銅器にも蹴彫りによる刻文をもつものは存在するが、あわせて鍍金を施したり、内面ではなく外面に文様を飾るようになるなど戦国時代の作例との違いもある。また、前漢時代後期(紀元前 1 世紀)から三国時代にかけて、太さの異なる線を巧みに彫り分けた浮彫りによる刻文をもつ極薄青銅器も盛んに作られた(図 5)。



図 5 東博所蔵の温酒尊(部分)

無文の極薄青銅器のなかには、もともと着色によって飾られていた痕跡を留めるものもある。和泉市久保惣記念美術館所蔵の匜は内面が赤く塗られている。蛍光X線で分析したところ、Hg(水銀)が検出された。朱を塗ったものと考えられる。内外両面の口縁部と外面の注口は黒い。そのほかは金色の地金である。しかし、この地金の部分を三次

元計測などで拡大すると、きさげの痕跡である幅約 1.5 ミリの条痕が無数にあり、さらにその細長い条痕のなかを幅 0.2 ミリほどの痕跡が縦方向に連続していた。これは実験の結果得られた、きさげを施した後に目の粗いやすりで全体に研ぎ目をつけた痕跡とほぼ同じであることが分かった。極薄青銅器の表面に塗料ないし光沢剤と保護膜としての油脂などを塗るため、表面への食い付きをよくしようとして研ぎ目をつけたのかも知れない。このほか、表面の色や錆の様態が周囲と異なっている部位に蛍光 X 線分析を行ったところ、Cu、Sn、Pb のほかに Hg の検出されることがあった。このような部位はすでに金色ではなくなっているが、液化した水銀を用いるアマルガム技法によって鍍金されていた蓋然性が高い。

#### (4) まとめ

極薄青銅器はしぼりによって任意の形に器体を曲げたり、きさげによって表面を平滑に削ったり、文様を刻んだり、鍍金や彩色によって飾ったり、古代中国ではそれまでほとんど使われてこなかった新しい技術を駆使して作られていることが分かった。これらの技術は合金成分組成の選定から、成形を経て、表面の処理および装飾に至るまで、極薄青銅器の各製作工程と有機的に結びついていた。つまり、極薄青銅器は単に既存の技術で薄く作っただけの代物ではなく、相互に関連する一連の新技术の系統によって初めて製作することができた。

紀元前 5 世紀の中国に出現した、この新しい青銅器の技術系統が、その後どのように展開していったのか。今後の研究課題としたい。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

川村佳男、和田浩、矢野賀一「古代中国の極薄青銅器にみる製作痕分析 - 3 次元計測、蛍光線分析を踏まえて」『日本考古学協会第 81 回(2015 年度)大会発表要旨集』2015 年 5 月 23 日、81-82 頁

〔学会発表〕(計 4 件)

川村佳男、和田浩、矢野賀一「古代中国の極薄青銅器にみる製作痕分析 - 3 次元計測、蛍光線分析を踏まえて」日本考古学協会第 81 回(2015 年度)大会、2015 年 5 月 23 日～5 月 24 日、帝京大学八王子キャンパス

川村佳男「漢代青銅容器にみる官営工房の流派」日本中国考古学会 2014 年度大会、2014 年 12 月 6 日～12 月 7 日、広島大学

川村佳男「古代中国における極薄青銅器の製作技法 東アジア諸地域との比較を視野に入れて」東京国立博物館・韓国国立中央博物館 2014 年度学術交流会(招待講演)、2014

年 8 月 8 日、韓国国立中央博物館

川村佳男「漢代青銅器の工人集団類別 - 温酒尊を例にして - 」日本中国考古学会 2013 年度大会、2013 年 12 月 14 日～12 月 15 日、駒澤大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

川村 佳男 (KAWAMURA, Yoshio)  
東京国立博物館・学芸研究部・主任研究員  
研究者番号：80419887

##### (2) 研究分担者

松本 伸之 (MATSUMOTO, Nobuyuki)  
東京国立博物館・副館長  
研究者番号：30229562

赤沼 潔 (AKANUMA, Kiyoshi)  
東京藝術大学・美術学部・教授  
研究者番号：30267687

谷 豊信 (TANI, Toyonobu)  
東京国立博物館・学芸研究部・部長  
研究者番号：70171824

和田 浩 (WADA, Hiroshi)  
東京国立博物館・学芸研究部・室長  
研究者番号：60332136

矢野 賀一 (YANO, Kazuyoshi)  
東京国立博物館・学芸企画部・主任研究員  
研究者番号：60392544

##### (3) 連携研究者

鳥越 俊行 (TORIGOE, Toshiyuki)  
奈良国立博物館・学芸部・室長  
研究者番号：80416560  
(平成 25 年度まで連携研究者)

市元 隼 (ICHIMOTO, Rui)  
九州国立博物館・学芸部・主任研究員  
研究者番号：40416558

##### (4) 研究協力者

今井 紫緒 (IMAI, Shio)

河内 晋平 (KAWACHI, Shinpei)

池田 素子 (IKEDA, Motoko)

廣川 守 (HIROKAWA, Mamoru)

橋詰 文之 (HASHIZUME, Fumiyuki)