

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12858

研究課題名（和文）古代金銅仏における蠟型鑄造技術に関する基礎研究

研究課題名（英文）Basic research on casting techniques of gilt bronze Buddhist Sculptures.

研究代表者

永井 慧彦（Nagai, Akihiko）

東京大学・総合研究博物館・特任研究員

研究者番号：20788278

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、7から8世紀の金銅仏について、従来の画像の比較や様式による編年に加え、実験的な制作を通じて、その鑄造技法や造形を考察する。研究期間では、新型コロナの活動制限による遅れから、当初計画の一部が遂行できていないが、公表されている調査データを基にした鑄造による制作実験として、石膏型によるブロンズの模型制作と真土型（まねがた）を利用した模刻鑄造を記録した。また、古代金銅仏の制作に関する資料調査を行ない、古代金銅仏の研究を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、先行研究をもとに、蠟型鑄造による制作実験を行い、実際の制作を通じて、作例の造形や、材料について理解を深めた。また、朝鮮半島の作例や関連する文化財の資料として、東京大学総合研究博物館小石川分館所蔵の藤島亥治郎コレクションも取り扱った。鑄造の実施が難しいことから、実制作を伴う金銅仏の研究は少なく、古代における金銅仏の制作の様相を考察する上で重要な情報になると考える。

研究成果の概要（英文）：This study is iconographic comparisons and stylistic studies, and through experimental production, the casting techniques and forms are examined have the 7th to 8th century gilt bronze Buddhist Sculptures. During the research period, due to delays caused by the restricted activity of the COVID-19, some of the originally planned research could not be carried out. About gilt bronze Buddhist Sculptures, I recorded production experiments by casting based on published research data. And researched relevant material about gilt bronze Buddhist Sculptures.

研究分野：彫刻史

キーワード：美術史 真土型鑄造 仏教彫刻

1. 研究開始当初の背景

美術史における古代金銅仏の研究は、様式の比較・編年の研究や図像研究が中心で、制作方法は概要が知られるが、実験的な制作を行う機会は少ない。既知のことではあるが、模刻などの制作は、従来の観察と比べて、作例により近い立場からその造形を考察することができる。制作を通じて、観察では確認し難い作例個々の技術的な個性を明らかにし、作例の理解の一助としたい。

2. 研究の目的

本研究は、7～8世紀ごろの金銅仏のうち、特に半跏思惟像を中心に、図像・様式に関する調査と、真土(まね)材料を用いた鋳型による金銅仏の鋳造実験から、ブロンズ材料の技術的な特徴を探り、制作工程を確認した上で、その造形について考察する。古代金銅仏の蠟型鋳造法の基礎研究として、鋳造による制作実験を行い、様式編年や図像解釈が中心であった金銅仏の研究に新たな資料の提供を試みる。

3. 研究の方法

新型コロナウイルス感染防止による活動制限から、作例の現地調査は延期し、主に、東京国立博物館画像検索システムで公開されている画像や、『法隆寺献納宝物 金銅仏』、『日韓金銅半跏思惟像-科学的調査に基づく研究報告-』などにて公開されたデータを基にした制作実験を中心とした¹。

初年度から2年度目は、東京国立博物館所蔵の法隆寺献納宝物 N164 号金銅菩薩半跏像(以下、法隆寺宝物、N164 号と略記する)の石膏鋳型によるブロンズ模型制作、最終年度は N160 号金銅菩薩半跏像(以下、N160 号と略記する)の真土型を用いた模刻制作を行い、その技術と表現の観察記録を行った。制作は、精緻な模型を制作することが目的ではなく、形状を模することや、実際の鋳造など、制作の過程を体験し記録することが目的である。

朝鮮半島の仏教美術に関する調査として、東京大学総合研究博物館小石川分館所蔵の藤島亥治郎コレクションを含め、朝鮮半島の作例や関連する文化財についての見識を深めた。その他、真土型鋳造の参考事例として近代のブロンズ肖像彫刻(長沼守敬作・榊俣像、新海竹太郎作・井口ありや像、いずれも東京大学所蔵)を確認した。

4. 研究成果

ブロンズ模型制作、作例調査の一環として取り扱った藤島亥治郎資料、真土を利用した模刻について説明する²。

N164 号の石膏鋳型によるブロンズ模型の制作について。現代の材料を用いる点や技術的な未熟さなどの諸条件は実験の課題として残るが、様々な条件による制作実験を比較し、その制作や表現について迫ることを目的とした。

具体的な制作過程は、N164 号の頭部から台座までの自作の石膏模型を基にした、シリコン型による蠟原型の制作を行った。蠟原型³は、正面と背面で二分割し、頭部、体部、台座の部分に分け、つなぎ合わせた。さらに双髻、両腕、両足先、装飾などの細部と八角形の框を造形し、像内部には鉄芯を設置した。鉄芯は、像の外形に沿ってたたき曲げ、先端を双髻に埋めて固定した。

湯口と揚りは像底に直接つけた。また、頭頂に脱蠟用の脱蠟口を設け、焼成から鋳造の工程で型の天地を回転させる作業を略すことで、焼成後の中型のズレを予防した。型持ち用の孔には、筭として釘を設置した。この蠟原型を耐火石膏で埋没した。

像内の胸以上は、像底の開口部からは手が届きにくい。また、鉄芯があることから、首部分は隙間が少なかったが、石膏は流動性があり、中型(なかご)を流し込むことができた。真土のような材料では、石膏のような流し込むような制作方法は難しいと思うが、例えば、頭部の中型は頭頂部や後頭部から詰めることもできる。

鋳造の地金は、銅と錫を配合した合金を使用した。鋳造後、像の各所にバリや不整形な玉金(たまがね)が見られた。特に、型が作り難い右手指と頬の接続箇所に大きな玉金ができた。湯口と揚りは、市販の鋸にて切断した。目視範囲では、蠟原型の継ぎ目を確認することはできなかった。なお、継ぎ目は消すことが可能であるが、実際にはパーツを継ぐ際に、垂れた蠟などの痕跡が残る可能性が高い。

以上の制作では、石膏型による鋳造工程として、作業上やや不自然な部分もあったが、構造も実例に寄せた模型を制作することができた。鋳懸けを含む仕上げについては、期間内で実施することが出来なかったため、改めて別々に実施したい。



1.シリコン型による複製



2.N164号ブロンズ模型



3.揚りの切断面

朝鮮半島の仏教美術に関する調査として、藤島亥治郎コレクションを扱った。具体的には、同

コレクションのうち「写真箱」と呼ばれる厚紙製の箱に、写真・図面・メモ・拓本などをおさめた資料群で、朝鮮半島に関わる資料を対象とした。同コレクションは、建築史家・藤島亥治郎氏の研究・教育によって収集された建築史資料で仏教美術にかかわる資料も多く含まれている⁴。

藤島氏の調査に基づいた朝鮮半島の仏教建築・文化財の復元的な研究は、仏教美術史の研究としても重要な位置を占めると考える。同コレクション中の資料は、藤島氏の論文などで掲載されているが、中には掲載誌の入手が困難なものや、未公開の資料も含まれる。網羅的な文化財の情報や文化財保存の変遷に関する記録は、今後、東アジアにおける仏教文化財の総合的な学術資料として、美術史でも重要なものとなるであろう。

本研究とは別に、目録の作成に取り組んでいたが、上述の通り朝鮮半島の仏教美術史の資料として重要であり、作例調査を予定していた本研究とも関連が高い資料と考えられた。調査の一環として、資料の記載事項の書起こしと、韓国慶州の資料のスキャンなどを行い、朝鮮半島の仏教文化の様相を網羅的に把握した。もちろん作例の実地調査は必要であるが、同コレクションの多量な情報は、様式と図像の展開や、日本国内の作例と比較する参考資料としても興味深いものである。なお、同コレクションの一部は、東京大学総合研究博物館小石川分館のデータベースにて公開が始められている⁵。

真土を利用した N160 号金銅菩薩半跏像の模刻鑄造について。N160 号は、特殊なタガネを使用した装飾、台座に線刻された山岳文様などの特徴を持つ⁶。また、制作技術や形式に共通を持つ作例として法隆寺宝物 N159 号金銅菩薩半跏像が知られ、古代金銅仏の制作における形式や図像の踏襲、変更・省略など観察する上で興味深い作例である⁷。制作年代の詳細は検討する必要があるが、ここでは、先行研究に従い 7 世紀後半の作例として扱う⁸。

制作は、上述の東京国立博物館画像検索システム、『法隆寺献納宝物 金銅仏』、『日韓金銅半跏思惟像 -科学的調査に基づく研究報告-』⁹に加え、画像で不明な部分は、東京国立博物館常設展の観覧にて確認した。

手順は、従來說明される金銅仏の鑄造方法に従い、1 台座部分の中型制作、2 蠟（蜜蠟と松脂を混ぜたもの）による造形、3 外型の制作、4 焼成、5 鑄造の手順で制作した。

材料は真土を使用した、蠟型鑄造である。真土で使う埴汁（はじり）が入手できなかったため、木節粘土、荒土の陶芸用粘土を試用した。また、実際の作例と同じヒ素を含む地金が入手できなかったため、便宜的に銅・鉛・錫を配合した合金を使用した。

焼成・鑄造は、外部の鑄造工房（山岸鑄金工房（東京都武蔵村山市））で行った。また、焼成の温度管理と鑄造の補助を山岸鑄金工房のスタッフに依頼した。

（1）台座部分の中型制作

中型の形状は、不明な部分が多かったため、上述の報告書に加え『光學的方法による古美術品の研究』も参照し推定で制作した¹⁰。中型には、メッシュ 4 の篩にかけた真土と藁と埴汁¹¹を混ぜた荒土を使用した。まず、直接、荒土を盛り付けたが、土の自重によって、形が潰れたため、塑造板の中心に木芯（高さ約 11cm）をたて、荒土を付けた。また、予め高さ 3 cm 程度の巾置をつくり、その上に台座の中型を制作した。便宜的に型紙を使用し、像底の形と大きさを確認した。荒土は、乾燥させながらブロック状の焼真土を混ぜながら厚みをつけた。中型は、水分が多いことによる形の崩れや、土の乾燥によるひび割れが見られた。ひび割れは、荒土や埴汁、荒土を混ぜた埴汁を塗って補修した。また、中型が後方に傾いていたため、削って形を調整した。



4.木芯



5.中型（正面）



6.蠟原型（正面）



7.蠟型（外型）焼成後



8.鑄造



9.N160号ブロンズ模刻（正面）

（2）蠟による造形

原型は蜜蠟と松脂を混ぜた蠟を用いる。まず、蜜蠟 2000g に対し松脂 1000g を混ぜたが、蠟がボサボサして造形し難かったため、その後松脂を約 700～800g 追加して粘性を調整した。先述の中型に、板状に延ばした蠟（厚 5mm）を貼り、その上に蠟を肉付けした。この台座の概形に、ヘラで衣文の当たり線を刻み、その線に沿って衣文をつくり出した。体部は、手捻りで胸回りまで

作成した。

像の中心を基準に、定規やノギスなどで計測しながら造形を進めたが、像の全体の形状が捉え難かった。制作の途中、形状の修正として、台座と衣文、左脚部の蠟を付け直し、体部も腹から上を切断して作り直している。

台座と体部に、別に制作した頭部を取り付け、装飾と腕、足を制作した。腕は、長さを調整しながら成形した。頭部と体部・台座は、法量を基に、分けて制作することが可能である。パーツを分けることで、細部の造形や大きさが比較しやすい。

頭部には、地髪、冠帯、耳、垂髪、頭飾を作成した。頭飾の文様は、まず半円盤形の蠟で基部を作成して、その表面に薄い半円形の蠟を貼る。さらにその周囲には花卉として薄く細かい蠟を並べた。この半円形の蠟にヘラで線を刻み、また、周囲の薄い蠟の中心を窪ませて花卉を成形した。さらに花卉の輪郭に沿って頭飾の側面をヘラで整形した。垂髪、頭飾の細部を制作後、地髪と冠帯・耳を修正した。

湯道と揚りは巾置を削り、その溝を蠟で埋めて作成した。

中型に蠟を被せて造形する場合、制作の過程で蠟の厚みが片寄ることがある。中型の形状が確認し難いため、蠟原型の厚みをつける際に片寄りやすいと考えるが、制作の手法や制作者の経験も関係するのであろう。また、細部の造形では、衣文などの段差を小さくすることで、蠟の厚みを均質に保つことができる。

面部や体部のなどで、数値化できない形状や、複雑な裾の衣文構成は、実制作者の手癖や解釈による影響を受けやすい。また、制作の過程で形や大きさを調整した両腕や装飾などは、実制作者の手癖と規格となる法量との辻褄を合わせるため、個性があらわれやすいと考える。

(3) 外型の制作

外型は、紙土を2層、先の荒土を2層つけた後、芯金として型の前後左右に、十字に鉄棒を沿わせる。また、鉄棒と交わるように、水平方向に番線を型の上・中・下部の3箇所に入れ、上から荒土を付けた。型の厚みは、3~5cm程度である。荒土は、中型と同様、乾燥させ、ブロック状の焼真土を混ぜながら厚みをつけた。また、乾燥の過程で生じたひび割れは、荒土を混ぜた埴汁を塗るなどして補修した。鋳型のサイズは、幅25.4cm、奥行26.3cm、高さ37.4cmである。

(4) 焼成

土間にコンクリートブロックを積み重ねた窯を組み、2箇所からガストーチで加熱した。

焼成は、19時間(内746~801を4時間)行い、消火後6時間で約138まで冷ました。(温度は、山岸鋳金工房の記録による。手作りの窯では、計画通りの温度管理が難しいこともあり、焼成温度は、計画を基に実際の状況に合わせて、山岸鋳金工房のスタッフに火の調整と管理を依頼した。)

窯を解体した時点でも、型は温かく、軽く叩くとカンカンという焼き物を叩いた際のような音や、時折、「ピン」とガラスが割れるような音も聴こえた。

(5) 鋳造

焼成後、窯を解体し、番線で型を補強した。型は、湯口がやや高くなるように、土間に半分程度埋める。傾ける理由は、湯口と揚りより高い位置には、ブロンズが流れ難いためである。

地金は、銅(約7800g)¹²、鉛(40g)、錫(207g)の合金で、鋳造温度は、およそ1182である。(炉の消火直前に直接検温する。)焼成で生じた中型の割れによって、湯が漏れたため、再度ブロンズを溶解し継ぎ足した。このため、反花の一部に湯境があらわれた。なお、2度目の鋳造の地金は、銅(約3800g)、鉛(20g)、錫(123g)の合金で、鋳造温度は1203である。

鋳造では、地金の比較として、銅(約3900g)、錫(165g)も鋳造した。(鋳造の温度は1201。)私感ではあるが、今回の銅鉛錫の合金は、上述の銅錫合金やこれまで使用してきたJIS規格のブロンズ地金と比較して、やや流動性が悪く感じた。金属の配合比と鋳造の温度による差と考える。なお、今回の鋳造では、地金に由来する影響は出ていない。

実際の作例では裾の正面に鋳掛がなされており、原因としてヒケや湯周りの不良が考えられる。実際と同じ鋳造欠陥を再現することは難しいが、古代における鋳造の技術力を示すものであり、制作環境を考察する上でも興味深い。

上述の中型の割れによって、台座内の中型の上半分を覆うバリが発生した。また、中型の割れが原因と考えられる欠陥として、ゴミの発生(全体に見られるが、特に頭頂、台座上部の背面、反花、腰佩の先端などに集中する)や、圧力不足による反花の不明瞭な形がある。

材料は、中型・約4600g(塑像板などを含む)、蠟・約600g、鋳型(焼成前)・約16700g、像の地金・約8900gである。なお、実際に使用する材料は、制作の過程での消耗があるため、上記よりも多く必要である。また、蠟原型に使用した蠟は、直接計量ができないため、蠟原型の制作後に計量を行い、蠟原型から中型の重さを差し引いて算出した。中型・塑像板を含めた蠟原型の重さは約5200gである。像の地金は、鋳造後の本体を計量したが、鋳造後の湯口・揚り、鋳造の欠陥によるバリなどの他に、像内に残存している中型土(台座の半分から3分の2程度)を含められており、再計量が必要であるが、参考として現状を記載した。

今回は制作を記録することに重点をおいた。実施できなかった項目に加え、制作方法の細部では、検討や改良を重ねるべき余地もある。実験では、技術的に未熟な部分もあり、今回の制作は

完全なものではないが、通常の作例調査とは異なる経験を得ることができた。制作実験を重ねることで、作例の詳細を明らかにできるが、他の作例とも比較し、作例ごとの技術的な共通点や個性を整理することが課題である。

- 1 東京国立博物館画像検索システム (<https://webarchives.tnm.jp/imgsearch/>) (2023年5月31日確認)
 - ・東京国立博物館『法隆寺献納宝物 金銅仏』、大塚巧藝社、1996年。(但し同書に先行して、献納宝物金銅仏の作品調書として、『法隆寺献納宝物特別調査概報』(V-X、金銅仏1~5) 東京国立博物館、1985~1990年が発行されている。)
 - ・国立中央博物館『日韓金銅半跏思惟像—科学的調査に基づく研究報告—』、2017年12月。
なお、鑄造の用語は、戸津圭之助「真土(まね)式蟬型法による小型金銅仏の試作実験」、前掲『法隆寺献納宝物 金銅仏』、379~401頁を参照されたい。
- 2 文化財保存の研究の一環として模刻は早い段階から行われてきた。近年では、3Dプリンタを利用した、「クローン文化財」もある。詳細な知識を持ち合わせていないが、デジタル技術を活用した保存や復元、検証は興味深いものである。文化財保存や「クローン文化財」に関しては、『素心伝心クローン文化財 失われた刻の再生』東京藝術大学シルクロード特別企画展実行委員会、2017年9月および宮廻正明・深井隆『東京藝大・クローン文化財』東京美術、2022年9月を参照されたい。
- 3 鑄造後の仕上げ(鑄懸けや鉄芯の切断)を検討するため、鑄懸け位置には予め円形の孔を設ける、鉄芯はN164号と構造・様式・形状が酷似する法隆寺宝物N163号菩薩半跏思惟像に合わせるなど、実際の作例の現状と変更した。
- 4 藤島亥治郎コレクションの概要は、東京大学総合研究博物館データベース (http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DAnnex/fujishima_collection/home2023.php) (2023年6月5日確認) および、藤島幸彦「建築史家「藤島亥治郎コレクション」寄贈によせて」、『Ouroboros』76号、東京大学総合研究博物館(機関誌) 2023年3月31日、11~14頁。
- 5 データベースの作成については、2022年度データベース科研(代表:森洋久、課題番号:22HP8025)を参照されたい。なお報告者の書き起こした記載事項の誤りや不足は、データベースを作成するにあたり、作成者らによって適宜修正や補遺をいただいている。
- 6 前掲注1、同書のうち、N160号の特徴や共通する作例、制作年代、制作技術などは、
 - ・『法隆寺献納宝物 金銅仏』(岩佐光晴「作品解説 19菩薩半跏像(法160号)」445頁、「作例調書 19菩薩半跏像(法160)」503~505頁。)
 - ・『日韓金銅半跏思惟像—科学的調査に基づく研究報告—』(「20金銅半跏思惟像」、236~246頁(解説は、鏡山智子))を参照されたい。
- 7 前掲注6、岩佐光晴、作品解説参照。
- 8 前掲注6、各解説を参照。
- 9 前掲注1と前掲注6各解説および調書、N160号の図版は、『法隆寺献納宝物 金銅仏』58~59頁および156~159頁(図版)、276~279頁(線透視写真及び見取図)。現在、東京国立博物館の画像検索システムでは、
 - (<https://webarchives.tnm.jp/imgsearch/show/E0081978>)
 - (<https://webarchives.tnm.jp/imgsearch/show/E0043717>)
 - (<https://webarchives.tnm.jp/imgsearch/show/C0044657>)
 - (<https://webarchives.tnm.jp/imgsearch/show/C0016144>)など複数件の画像が公開されている。(2023年5月31日確認)
- 10 東京国立文化財研究所『光學的方法による古美術品の研究』、吉川弘文館、1955年3月、PL.43h(透過写真)。解説は、久野健「彫刻」、156頁を参照されたい。
- 11 埴汁は入手できなかったため、荒土と木節粘土を混ぜたものを代用した。
- 12 計量器具の都合上、銅7800gの内、10g以下は切り捨てている。後述の2回目の銅3800g、比較の鑄造における銅(約3900g)も同様である。

画像

本報告書の、画像「8.鑄造」は亀島悠平氏、その他の画像は報告者(永井)による撮影である。画像は、トリミングなどしている。

謝辞

2件の鑄造実験では、山岸鑄金工房(東京都武蔵村山市)の山岸雅和氏、伊藤一洋氏にお世話になりました。本報告中の焼成温度の管理以外にも、経験を基にした鑄物に関する技術的な助言は制作の上で参考となりました。また、補助をくださった皆様へ。感謝申し上げます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学総合研究博物館 藤島亥治郎コレクション
http://umb.um.u-tokyo.ac.jp/DAnnex/fujishima_collection/home2023.php

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------