

伝イラン出土バイメタル剣の製作技法解明に向けた 3次元イメージング研究

Provenance Study of Production Technic of Bi-metal Sword Said to be from Iran by X-ray Imaging

四角 隆二^a, 中井 泉^b, 阿部 善也^b, 八木 直人^c, 伊藤 真義^c, 野島 永^d
Ryuji Shikaku^a, Izumi Nakai^b, Yoshinari Abe^b, Naoto Yagi^c, Masayoshi Itou^c, Hisashi Noijma^d

^a岡山市立オリエント美術館, ^b東京理科大学, ^c(公財)高輝度光科学研究センター, ^d広島大学
^aOkayama Orient Museum, ^bTokyo University of Science, ^cJASRI, ^dHiroshima University

2014A 期に実施した課題「X線イメージングによるバイメタル剣の解析」(課題番号:2014A1583)では、BL08Wにおいてイラン北部カスピ海南西岸の初期鉄器時代古墓由来の博物館資料のバイメタル剣(青銅と鉄を組み合わせた剣)について、同種の剣としては世界で初めて明瞭な X 線画像を得ることに成功した。BL28B2 を用いた本実験では、古物市場を介して得られた博物館資料の限界を補完すべく、我が国唯一の遺跡出土資料を含めた 10 本のバイメタル剣の X 線イメージング実験を行い、異種金属を用い複数回の「鑄ぐるみ」を行う、特異な製作技法の存在を確認した。該期のバイメタル剣の製作技法解明に向けた貴重な情報を得る成果といえる。

キーワード： 青銅器、鉄器、バイメタル技術、初期鉄器時代、イラン北部、X線イメージング

背景と目的：

約 3000 年前、イラン北部からトランスコーカサス地方の鉄器時代移行期に青銅と鉄を組み合わせたバイメタル剣(青銅と鉄を組み合わせた剣)が分布する。また、類似した型式学的特徴を持つ博物館資料青銅剣の一部の柄内部に磁磁着反応があり、柄先端部には鉄錆が視認できる「鉄芯青銅剣」の存在も散発的に指摘されてきた[1][2][3]。「鉄芯青銅剣」の存在に批判的な意見もあったが[4]、いずれの研究も磁着の有無と不鮮明な X 線画像を根拠としていたことから、鉄器時代移行期に特徴的に見られるバイメタル技術そのものの議論にまで至らなかった[5]。そこで筆者らは 2014A 期課題「X 線イメージングによるバイメタル剣の解析」(課題番号:2014A1583)において、イラン初期鉄器時代に年代づけられる博物館資料バイメタル剣および青銅剣の X 線イメージング実験を行い、同種の剣としては世界で初めて明瞭な X 線画像の撮影に成功した。画像を精査した結果、透過画像を撮影した剣全ての柄内部に「芯」が通っており、また柄内部に青銅が充填されない、いわゆる「中空」構造を持つ剣と、中実構造をもつ剣を確認した。また、中実柄剣の断面画像には「鬆」の形成が認められたことから、有茎式青銅剣/鉄剣に対し、銅柄を鑄込む「鑄ぐるみ」技法を用いていたことが判明した。しかし、いわゆる「中空」柄剣は、どのように製作したのか、判然としなかった。というのも、BL08W では X 線ビームサイズが約 $7 \times 3 \text{ mm}^2$ と細すぎたため、限られたビームタイムでは 3 次元画像や断面画像を得ることはできなかったからである。

そこで X 線ビームサイズのより大きな BL28B2 において、特にいわゆる「中空」構造の剣の製作技法解明を目的に、東京大学イラク・イラン調査団の調査で出土したバイメタル剣 1 点を含む計 10 本のバイメタル剣の CT 画像を含む透過画像の撮影を行った。

実験：

BL28B2(白色偏向電磁石ビームライン)の第 2 光学ハッチに回転ステージ、第 3 光学ハッチに検出器を設置した。実験には 200 keV 近辺にピークを持った白色 X 線を使用し、検出器には可視光変換型画像検出器(ビームモニタ 4+科学計測用 sCMOS カメラ ORCA Flash2.8, 浜松ホトニクス社製)を用い、露光時間は 0.2 秒、カメラ長は約 250 cm とした。なお、検出器の画像サイズは $14.8 \mu\text{m}$ である。X 線ビームサイズは幅 29 mm、高さ 2.7 mm を使用し、SPring-8 で開発した再構成ソフトにより、資料を 180 度回転させながら取得した 1800 枚の投影像から再構成することで、CT 画像を得た。

結果：

ビーム幅の広い BL28B2 においても、3 次元画像を得るには予想外に長時間を要したが、持ち込んだイラン初期鉄器時代のバイメタル剣 10 本全ての 2 次元画像と多数の断面画像を撮影することができた。本実験では、イラン北部カスピ海南西岸デーラマン地方ガレクティ II 号丘 C 区 4 号墓出土バイメタル剣(東京大学所蔵)の透過画像撮影に成功し、先行実験に用い博物館資料の欠点を補完する重要な知見を得た。本実験で判明した事実は以下の通りである。

- 1)ガレクティ遺跡出土バイメタル剣の柄内部は、いわゆる「中空」構造となっており、空隙にはキメの細かい粘土状の(放射光透過率の高い)物質によって充填されていた(図 1)。
- 2)ガレクティ遺跡出土剣は有茎式鉄剣に銅柄を「鑄ぐるみ」技法を用いることで、鏢から円盤状柄頭まで少なくとも 3 回に分けて鑄造されていた(図 2)。
- 3)中実構造を持つ耳形柄頭剣は、別途鑄造した大型の柄頭と有茎式鉄剣を「鑄ぐるみ」技法で接合した可能性がある。

1)と 2)により、発掘出土資料によって、「中空」構造をもつバイメタル剣の製作技法が明確にされた。また、同工の円盤状柄頭剣を含めて画像を精査した結果、複数回鑄込みながら、複雑な形状の柄頭を作り出していることを含め、失臘法を用いたものと解釈された。また 3)で示唆されるように、複雑な製作工程は象徴性の高い把頭飾の獲得にあった可能性がある。

考察：

本実験の結果、イラン初期鉄器時代に特徴的なバイメタル剣について、柄内部が中実構造を有する剣と、X 線透過率が高く、粒子の細かい粘土などを充填した、いわゆる「中空」構造の剣の 2 種類が存在していたことが確実なものとなり、柄頭の形状と製作技法に相関関係がある可能性が示唆された。先行実験の成果を踏まえると、我が国唯一の発掘資料バイメタル剣(ガレクティ遺跡出土)が、いわゆる「中空」構造を持ち、その空隙に X 線透過率の高い粘土状物質が充填されていたこと、柄から把頭飾まで複数回に分けて鑄込まれていた事実からは、想定していたような高度な技術を駆使したというよりも、そうせざるを得なかった苦肉の手段と解釈されそうである。というのも中空構造を持つ円盤状柄頭剣の剣身受部には無数の「鬆」が確認されるが、より大型の柄頭を持つ耳型柄頭剣は、中実構造の柄の断面には「鬆」はほとんど確認されない(図 3)。つまり、後者に金属熔解・鑄造技術の高さを認めることができる。円盤状柄頭剣はカスピ海南西岸のタレシュ地方からデーラマン地方を中心に分布し、耳型柄頭剣はより西方のコーカサス地方やウルミア湖岸の遺跡から出土報告があることを考えると[6]、柄の内部構造の違いは製作地域の違いを反映しているのではないだろうか。

このたびの実験では、博物館資料とともに我が国唯一の発掘資料について断面画像を得ることができた結果、複雑な鑄造技法の一端を明らかにすることができた。今後、さらに分析資料を増やすことで、把頭飾や装飾と製作技法の関連をより明確にできれば、鉄器時代移行期に特徴的なバイメタル文化の動態をより明確にすることが期待される。

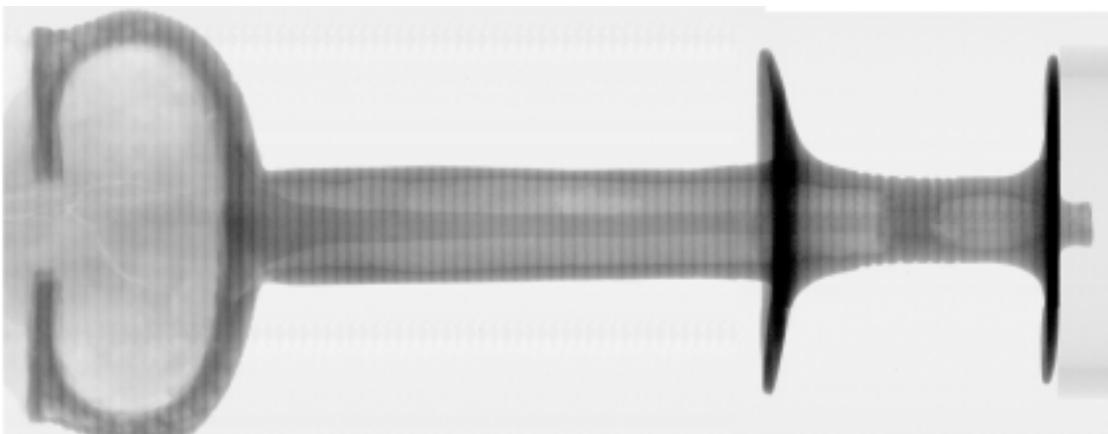


図 1. 円盤状柄頭剣(剣身と柄の接合部に鬆が確認できる)



図2. ガレクティ出土円盤状柄頭剣柄頭(柄に対して円盤状柄頭が鑄ぐるまれている)

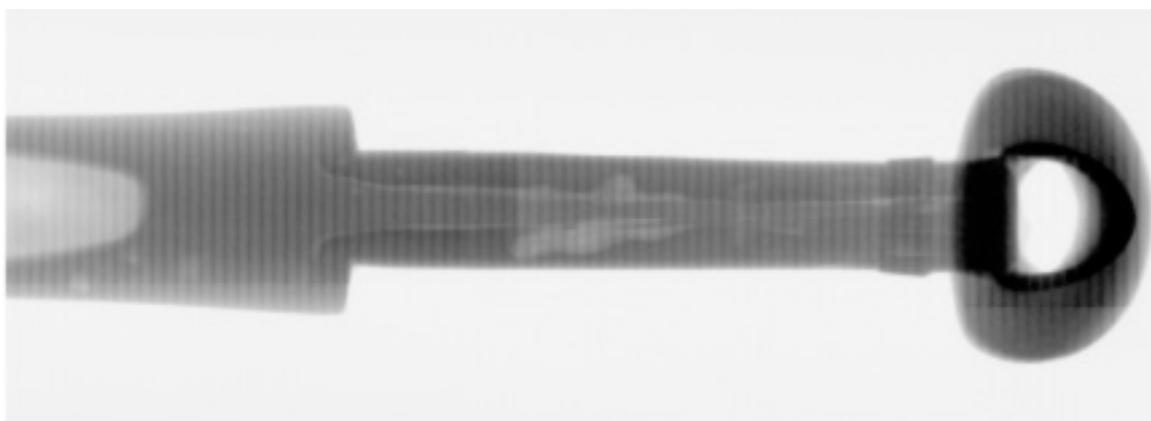


図3. 耳形柄頭剣(中実式の銅柄には鬆はほとんどみられない)

参考文献：

- [1] Wever, G, *Expedition*, **12** (1), 24-27 (1969).
- [2] Moorey, P.R.S, *Catalogue of the Ancient Persian Bronzes in the Ashmolean Museum.*, Clarendon Press, Oxford, 1971.
- [3] 紺谷、足立編「古代イラン秘宝展」岡山市立オリエント美術館、2002年。
- [4] Simson, St.J and La Niece, S., *The British Museum Technological Research Bulletin*, **4**, 95-101 (2010).
- [5] 野島永 他、「広島大学考古学研究室所蔵の西アジア青銅柄鉄剣をめぐって」『広島大学大学院文学研究科 帝釈峡遺跡群発掘調査年報』 **28** : 139-165.
- [6] Haerinck, E., in “Bronze-working Centers in Western Asia c.1000-539 B.C.”, J. Curtis, ed., Kegan Paul International, London and New York, 1988.