



---

|

////

|

## 中国古代青銅鑄物の非破壊成分分析と鑄造方法の解明

小玉蘭

芸術文化キュレーションコース

文化財科学

### 目的

文化財には、何千年もの歴史が詰まっている。人類の長い鑄造技術史上、中国古代青銅器は複雑で精緻な文様が初めて施されたことが大きな特徴であり、技法など、まだ解明されていないことも多い。

ところで、古代の青銅鑄物の成分分析は、腐食層の影響で蛍光X線分析によって非破壊で定量値を得ることが不可能であり、精度の高い分析値を得るためには破壊を伴う湿式分析等に頼る方法が以前は採用されてきた。しかし、貴重な人類の財産である文化財を傷つけることはほとんどの場合許されないため、非破壊での新しい定量分析法の開発<sup>1)</sup>が求められている。

一方、鑄造解析技術の発展により、鑄造実験をコンピュータでシミュレーションすることが精度よくできるようになった。IT技術の進歩によって、各種の鑄造ソフトが市販され、3次元CADモデルをベースとした製品設計、生産準備、生産までを効率よく行うことが可能である。実際に、自動車の設計や生産において鑄造品設計、型・方案設計及び不良対策の道具として利用され、新しい鑄造製品の開発、高品質化、低コスト化などに役立っている。

本研究では、古代中国の青銅器を対象に、金属組織による新しい非破壊分析方法によって成分を推定し、そのデータを活用して鑄造シミュレーションを行うことで、古代の中国における鑄造技術を明らかにする。

### 研究方法

研究対象とした分析資料は、いずれも京都の泉屋博古館所蔵の虬氏編鐘<sup>\*</sup>(戦国前期)、蟠螭文鐘(春秋後期)、劍、銅戈だ。

これら中国の古代青銅鑄物のデジタルマイクロスコープによる表面観察から得られた金属組織をもとに、各構成相の割合を解析することで、非破壊で主要三元素の簡易定量分析を行った。得られた金属組織写真をAdobePhotoshopと画像処理ソフトWinROOFにより解析し、 $\alpha$ 相および共析相といった各構成相の面積率を求めた。このデータをもとに、青銅の主要三元素である銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)の定量値を推定した。

その後、得られた定量データと、3Dスキャナで得られた鑄物の3Dポリゴンデータを用いて、虬氏編鐘を対象に鑄造シミュレーションソフトウェア(JSCAST)により鑄造解析をし、実際にどのように制作されたかを考察した。

※虬は、正しくはがんだれ(厂)に虬

### 結果

コンピュータで画像解析を行い、その成分値を元に鑄造解析を行った。画像解析では、腐食された組織の状況で成分値が変動しやすいため、無研磨で精度の高いデータを取得することは難しく、何らかの工夫が必要になるかもしれない。

鑄造シミュレーションでは、最後に凝固する位置(図1)が湯口系内にはないことが判明したことから、編鐘内部に鑄造欠陥が生じると推測できる。ただし、この付近に目に見える欠陥はなく、さらなる調査が必要である。

コンピュータで分析することで、長い歴史の中で作り上げられてきた文化遺産を破壊することなく素材や技術さえも簡単に解明できる。だが、コンピュータでの成分分析や鑄造シミュレーションではまだ成分に誤差が生じ、鑄造欠陥の予測精度にも改善の余地がある。この方法を確立するためには実際に再現鑄造実験をし、コンピュータの結果との比較が必要と考える。

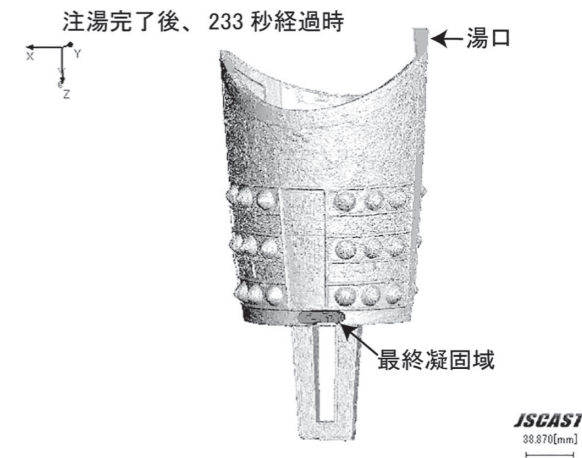


図1)鑄造(凝固)シミュレーションの結果

[引用文献、主要参考文献、URL]

参考1)長柄毅一、廣川守、奥山誠義、飯塚義之、三船温尚、菅谷文則、横田勝/『古代青銅鏡の鏡面から取得した金属組織画像による非破壊定量分析』/日本銅学会第57第1号/2018/pp.30-36