

# 地場銅器産業の新商品開発を支援する 銅合金材料の3D造形技術の開発

材料技術課 山本 貴文, 住岡 淳司, 石黒 智明 ものづくり研究開発センター 氷見 清和

総合デザインセンター 平野 尊治, 吉田 絵美

富山大学 芸術文化学部 長柄 毅一, 湯田 稜也

## 1. 緒言

3Dプリンタに代表されるデジタルものづくり技術の高度化に伴い、知恵や感性を活かした新たな付加価値を持つ製品の創製が可能となった。これに伴い、創出する製品のアイデアやデザインの重要性が極めて高くなるとともに、特に近年は多様な分野が融合することで新たな価値創造を行うものづくりスタイルが求められている。本研究は、低迷の続く伝統工芸業界の新商品開発を支援することを目的に、先端デジタル加工技術である金属 Additive Manufacturing(AM)技術と、地場伝統工芸の一つである高岡銅器における彫金、象嵌、研磨、色付け等の職人の経験と勘に基づく伝統的な匠の業との技術融合を図り、新しい価値創造を取り入れたものづくりプロセスの創出を目指すものである。

## 2. 研究成果

### 2.1 銅スズ合金の金属積層造形技術の開発

金属粉末を用いたレーザ積層造形において、高密度な造形物を得るためには金属粉末に応じて極めて精密な照射パラメータの制御が要求される。そこで、本研究では材料となる金属粉末に高岡銅器の鋳物材料として広く使われている銅スズ合金(Cu-10%Sn)粉末を用い、高密度な造形物が得られる造形条件の最適化を行った。Fig. 1 に造形物の相対密度とレーザのエネルギー密度との関係を示す。ここで、材料粉末の単位体積あたりに投入されるエネルギー量、すなわちエネルギー密度  $E_d$  は式(1)のように表される。

$$E_d = P / (v \cdot s \cdot t) \quad \text{式(1)}$$

$P$  はレーザ出力(W)、 $v$  は走査速度(mm/s)、 $s$  は走査ピッチ(mm)、 $t$  は積層厚さ(mm)を示している。Fig. 1 より、高密度(99.0%以上)の造形物を得るには適切なエネルギー密度領域があることが確認され、概ね  $100 \sim 200 \text{ J/mm}^3$  で高密度な造形が可能であることが明らかとなった。また、エネルギー密度が低い領域( $E_d < \text{約 } 100 \text{ J/mm}^3$ )ではレーザ照射の入熱不足による溶融不良に起因する欠陥が多数認められた。一方、エネルギー密度が高い領域( $E_d > \text{約 } 200 \text{ J/mm}^3$ )では球状のガス欠陥が多数確認され、これはチャンバー内の  $\text{N}_2$  ガスが残留することにより形成された欠

陥(ブローホール、ポロシティ)であると考えられる。以上より、造形条件を適切に制御することで、高密度な銅スズ合金の造形物が得ることができることを確認した。Fig. 2 に造形体の一例を示す。現状では二次元形状を押し出した単純な三次元形状の造形が可能であるが、今後は複雑な三次元形状に対応するために必要な造形条件の検討を行う。

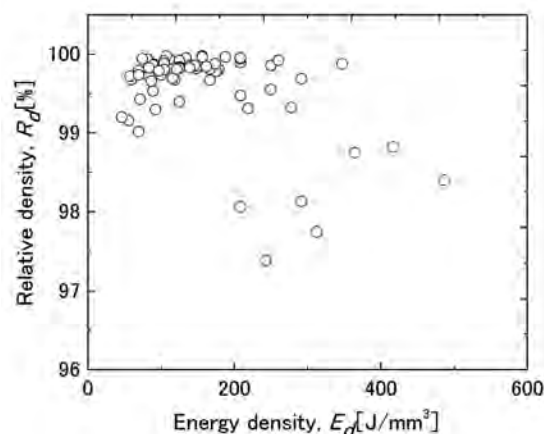


Fig. 1 造形物の相対密度とエネルギー密度との関係

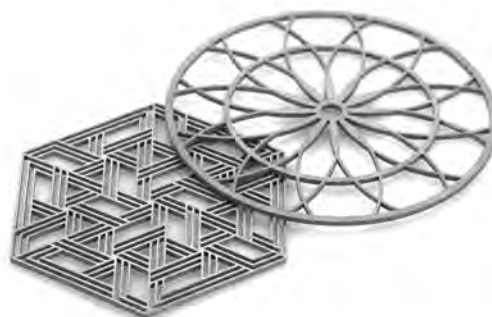
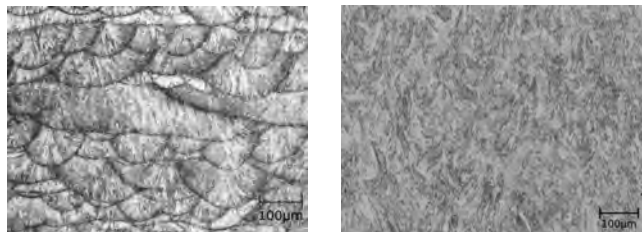


Fig. 2 銅スズ造形体の一例

### 2.2 造形物の組織制御技術の確立

銅スズ合金の熱処理は鋳物材については数多くの研究が行われており、鋳造時に発生する硬くて脆い  $\delta$  相の消失を目的に熱処理が行われることが知られている。しかし、本研究のような金属 AM により得られる銅スズ合金造形物の熱処理については報告例が少ない。そこで、最適条件下で作製した造形物に対して種々の熱処理を施し、その諸特性の変化を調査した。Fig. 3 に熱処理前後の金属

組織写真及び硬度を示す。なお、熱処理条件は 600°Cで 10 分保持後、水冷である。Fig. 3 から、造形直後の金属組織は casting 組織とは異なる金属組織を呈することを確認でき、これはレーザー積層造形由来の急速な溶融/凝固現象によるものと考えられる。また、X 線回折測定からは casting 時に発生するような  $\delta$  相の析出は認められなかった。加えて、熱処理を施すことで金属組織は大きく変化し、これに伴い熱処理前後により硬度変化も認められた。



(a)造形まま, HV0.5 170 (b)熱処理後, HV0.5 152  
Fig. 3 熱処理前後の金属組織写真及び硬度

### 2.3 新商品開発を支援するアイデア創出、デザイン開発

従来技術では製造できないような自由度の高いものづくりが可能となりつつある一方で、様々な分野の商品開発において、より斬新なアイデアや高いデザイン性が重要視されるようになってきた。本研究では、伝統工芸関連企業へのヒアリング活動に基づく 3D プリンタの活用方法やデザイン案の提案、及び金属 AM により作製された銅スズ合金の造形体への伝統的な装飾加工の適用について検討を行った。

ヒアリング調査では、極めて肉薄な構造や複雑形状等、 casting では再現不可能な形状を、銅合金で直接造形できるという点で 3D プリンタの活用可能性が伺えた。この結果に基づき、肉薄な構造や複雑形状に特化したデザイン開発を行った(Fig. 4)。今後、本モデルの造形を実施し、関連企業への技術 PR を行う予定である。

キーワード： Additive Manufacturing、銅スズ合金(青銅、ブロンズ)、熱処理、伝統工芸、デザイン

## Development of Additive Manufacturing for Copper Alloy Materials Supports New Product Development of Local Traditional Industries

Toyama Industrial Technology Center ; Takafumi YAMAMOTO, Junji SUMIOKA, Tomoaki ISHIKURO, Kiyokazu HIMI  
Toyama Design Center ; Takaharu HIRANO, Emi YOSHIDA  
University of Toyama ; Takekazu NAGAE, Ryouya YUDA

In this work, Selective Laser Melting (SLM) method using bronze powder material was investigated toward the technique fusion of cutting-edge Additive Manufacturing technology and traditional processing method in the local traditional industries. The SLMed specimens was obtained with a relative density of above 99.0% by optimum SLM process conditions. And, it was confirmed that the dense SLMed specimens could be totally adapted traditional processing (e.g. engraving , metal coloring) ,

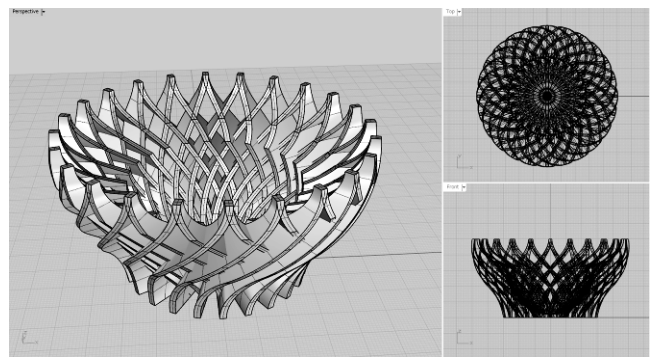


Fig. 4 肉薄な構造や複雑形状に特化した形状データ例

金属 AM で作製した 50×50×t3.5mm の板材に、彫金や着色等の伝統的な装飾加工を施したサンプルを Fig. 5 に示す。高密度な造形体のため casting 時に発生するような欠陥は認められず、研磨加工により綺麗な鏡面仕上げが可能であることを確認した。加えて、彫金加工、着色加工ともに概ね問題なく行えることを確認した。以上のことから、金属 AM と伝統工芸の技術融合が可能であることを見出した。



Fig.5 伝統的な装飾加工を施したサンプル