

# 金属3Dプリンタにおける製品特性向上を目指した加工プロセス現象の解明

## Observation of melting behavior in metal 3D printing process

### 概要

本研究では、金属粉末を原料とする3Dプリンタ加工における粉から液体・固体・固相変態と複雑な相変態を局所的かつ連続的に発生させる複雑な伝熱条件下における熔融凝固現象を直接観察によってとらえる手法を確立し、製品品質に及ぼす熔融凝固現象の解明に資する。

### 金属3Dプリンタ加工および加工現象解明のモチベーション

#### Motivation

##### 金属3Dプリンタとは

- 積み上げて形を作る加工技術
- 数十ミクロン厚さの粉末層の形成とレーザー照射による選択的固化を製品が完成するまで繰り返す方法（粉末床熔融結合法）
- 既存の除去加工や変形加工では難しい形状の加工が可能  
→ 形状による機能性付与に期待  
例：ヒートシンク、インプラント、構造物の軽量化

##### 加工現象解明のモチベーション

- レーザー照射部では、原料粉末が熔融および蒸発し、熔融した領域は固化し、材料によっては固相変態を生じる
- 複雑な相変化は、局所的かつ連続的に生じる → 伝熱条件が複雑に変化
- 伝熱条件により相変態挙動が変化し製品特性に影響
- レーザー照射部の熔融現象は、高温であるために観察および評価が難しく、シミュレーションによる検討が進められている
- 現象が複雑であるからこそ直接観察が必要！

##### 本研究の目的

金属3Dプリンタの加工中その場観察手法を確立し、熔融現象を観察する。

### 加工中その場観察への挑戦

#### Challenge to the in-situ observation of melting behavior in the metal 3D printing

##### X線透視観察技術の応用

- 溶接におけるキーホールやブローホール形成を観察する技術を応用
- X線管球と結像装置、熱源は固定し、試料を稼働ステージで移動させることで溶融部を観察する機構
- 金属3Dプリンタの熔融現象を模擬する粉末層試料を作製  
厚さ5mmのアルミ板に溝加工を施し、溝の中に厚さ3mmの粉末を充填  
→ X線の透過厚さはアルミ容器2mm、粉末層3mm
- 溶融部の酸化を抑制するため、不活性ガスフローによるシールドを作製

##### 溶融現象のX線透視観察可能性評価

- あらかじめレーザーを照射し、粉末層と凝固部のある試料を作製し、輝度値の差を評価
- 供試材：Ti6Al4V合金、粒径45 $\mu$ m以下のガスアトマイズ粉
- 観察条件：管電圧：160kV、管電流90A
- 粉末層の平均輝度値が56、凝固部の平均輝度値が46  
→ 粉末層と熔融凝固部を輝度値の差から判別可能

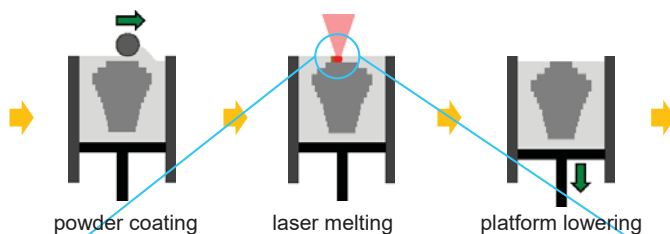
##### 加工中その場観察

- ポーリング現象を観察
- レーザー照射部に球状の熔融部が引きつけられる様子
- 熔融ボールが先にできたボールに向かって飛ぶ様子が見られた  
→ 気体における対流の影響？
- レーザー照射部の前後からボールが合体・成長
- 詳細は動画で！

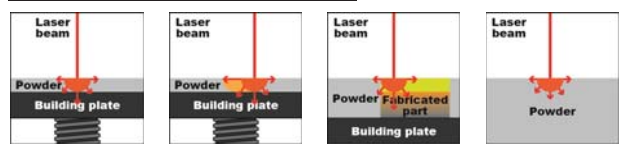
### 今後の展開

#### Future works

- レーザー照射部の温度計測を同期させ、伝熱解析する
- X線透視画像から得られる熔融池形状から、熔融挙動に及ぼす材料の高温物性の影響を解析する

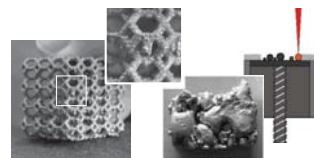


#### レーザー照射部における様々な伝熱条件

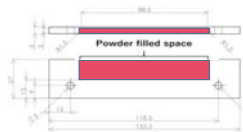
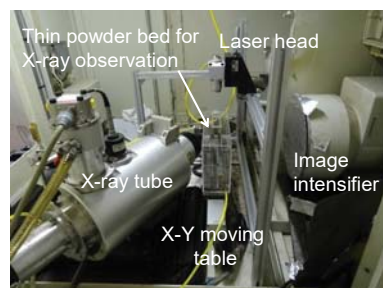
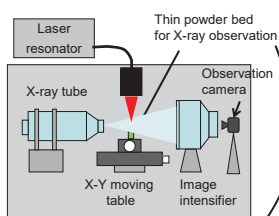


#### 品質に影響

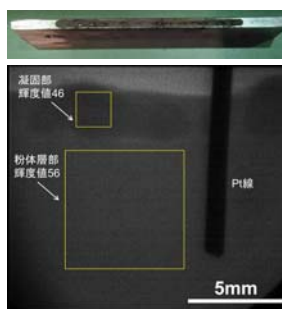
- 形状エラー
- ポーリング
- 残留応力による変形 etc.



#### X線透視装置のセットアップ



#### X線透視観察可能性評価



#### 加工中その場観察結果

