



# 指向性エネルギー堆積法による 三次元金属積層造形

## 指向性エネルギー堆積法 (DED: Directed Energy Deposition)

### 研究背景

#### 金属 3D プリンティング

- 複雑形状の作製
- 高硬度材料に利用可
- 多品種変量生産に対応

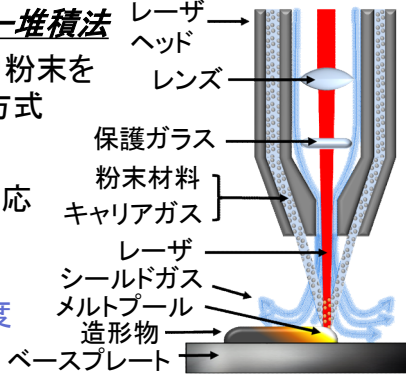


多様な産業で応用が期待

#### 指向性エネルギー堆積法

レーザー照射により粉末を凝結させる造形方式

- 高造形効率
- 高機能材へ対応
- 機構が簡潔
- ✕ 造形精度
- ✕ 引張・疲労強度



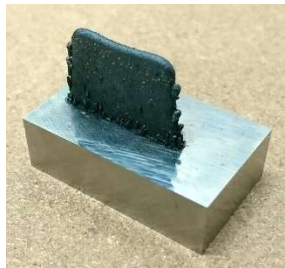
### 研究目標

金属溶融プロセスの実験的・解析的評価に基づく  
DEDの応用可能性の飛躍的な向上

### 課題

#### プロセス安定化

- 過加熱の抑制
- 粉末供給の安定化
- ⇒ 造形精度向上
- ⇒ 高密度化
- ⇒ 更なる高造形効率



薄壁状の造形物

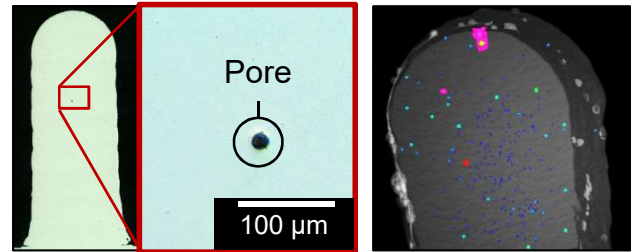
DEDを実用性技術へ

## 再溶融処理による高密度造形

### 研究背景・研究目的

造形物内に空孔 { ●応力集中によるクラック  
●低疲労強度, 低信頼性  
造形条件調整だけでは数 $\mu\text{m}$ の空孔は消えない

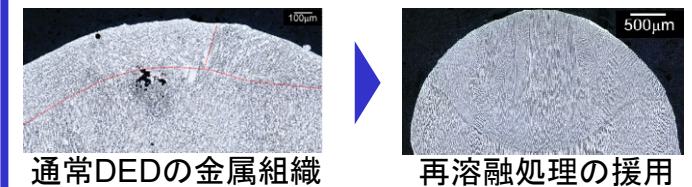
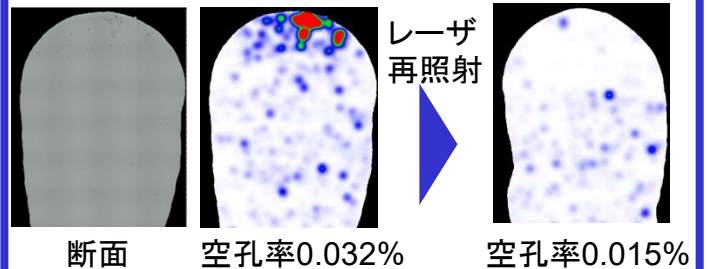
⇒ DEDに再溶融処理を援用



Cross-section of deposited part X-ray CT-scan

### 研究手法・結果

- 窓関数法を応用して断面の空孔分布を評価するマッピング法を開発
- 再溶融処理による空孔低減を評価
- エッチングによる金属組織観察



55%の空孔低減・金属組織改質に成功

### 研究者名

システムデザイン工学科 専任講師 小池綾  
システムデザイン工学科 教授 柿沼康弘

### お問合せ先

小池綾研究室 TEL: 045-566-1825 E-mail: koike@sd.keio.ac.jp



# 指向性エネルギー堆積法による 三次元金属積層造形

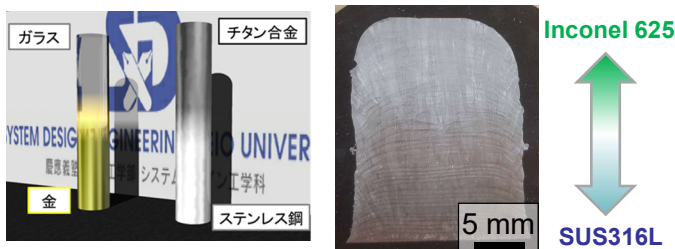
## 傾斜機能材料の積層造形

### 研究背景・研究目的

それぞれの特性を活かした異種材料の組合せ

- 製品の高機能化
- × 接合・組立工程, 部品点数の増加

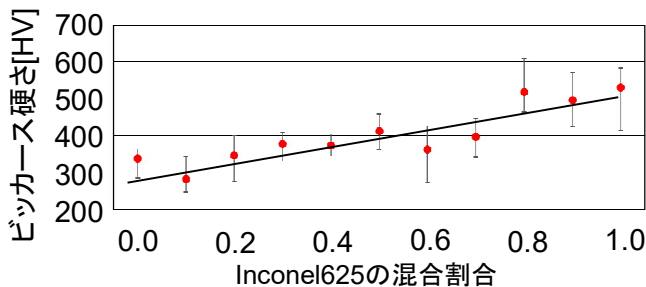
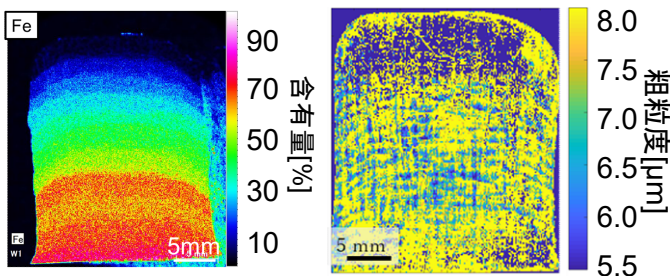
⇒ **DEDによる傾斜機能材料造形の一体造形**



### 研究手法・結果

- 異種材料の混合粉末による積層
- 配合比調整による傾斜機能材料造形
- 元素解析, 硬度測定, 金属粒径マッピング

⇒ **機械特性が傾斜になる一体材料積層に成功**



## 固気混相流解析によるノズル設計

### 研究背景・研究目的

造形点へ供給されない粉末

- × 効率低減, 廃棄物増加

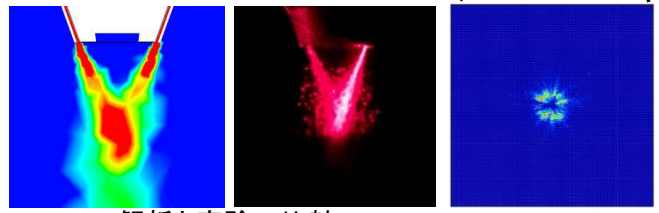
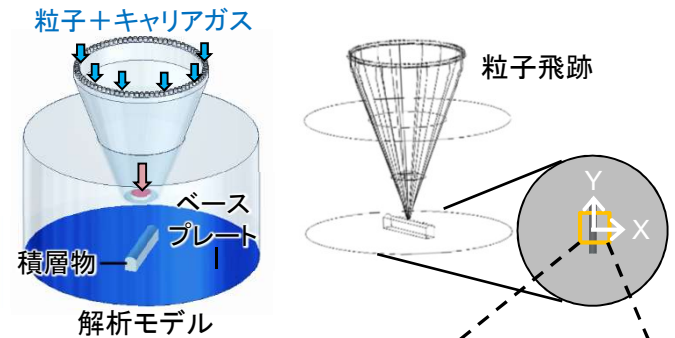


無駄となった粉末

⇒ **流体解析による  
粉末流れの収束性が高いノズルの設計**

### 研究手法・結果

- 固気混相流シミュレーションにより造形点周りの粉末分布を解析
- レーザシートを用いた実験との整合性を評価



- 高収束ノズルの設計・解析



**粉末収束性を向上**

### 研究者名

システムデザイン工学科 専任講師 小池綾  
システムデザイン工学科 教授 柿沼康弘

### お問合せ先

小池綾研究室 TEL: 045-566-1825 E-mail: koike@sd.keio.ac.jp



# 指向性エネルギー堆積法による 三次元金属積層造形

## 水素化チタンを応用したポーラス金属造形

### 研究背景・研究目的

#### DEDの課題

- 空孔発生  
⇒強度低下  
⇒低密度

メリットへ  
転換

#### 意図的な低密度

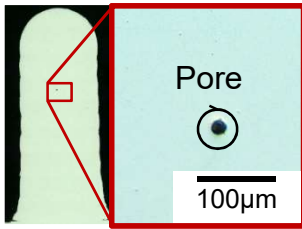
軽量・高減衰などの  
有用な機能性の創造

#### ポーラス金属

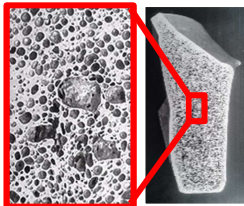
多孔質構造を持ち、  
軽量、高減衰、防音、  
電磁遮蔽等の特性

航空部品への応用例

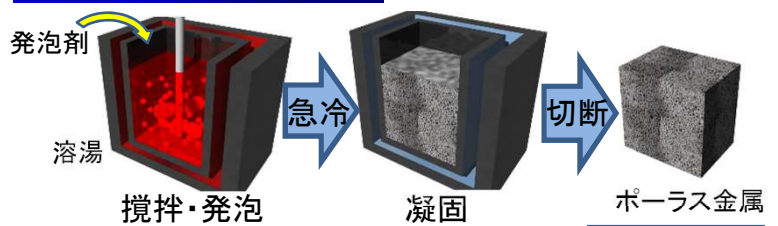
出典: <https://www.aeroreport.de/en/artikel/werkstoffentwicklung-fuer-die-luftfahrt>



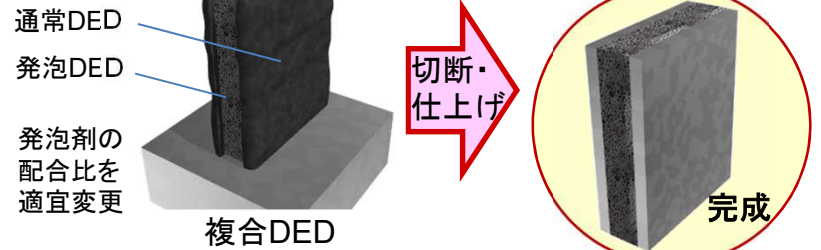
薄壁状造形物の断面



#### 従来製法(溶湯発泡法)



#### 提案手法



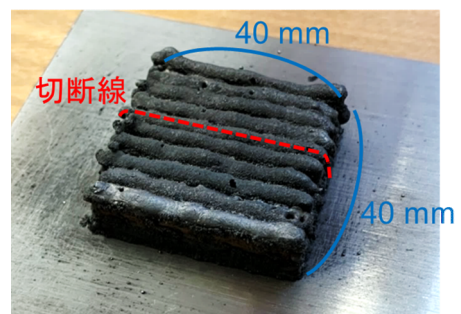
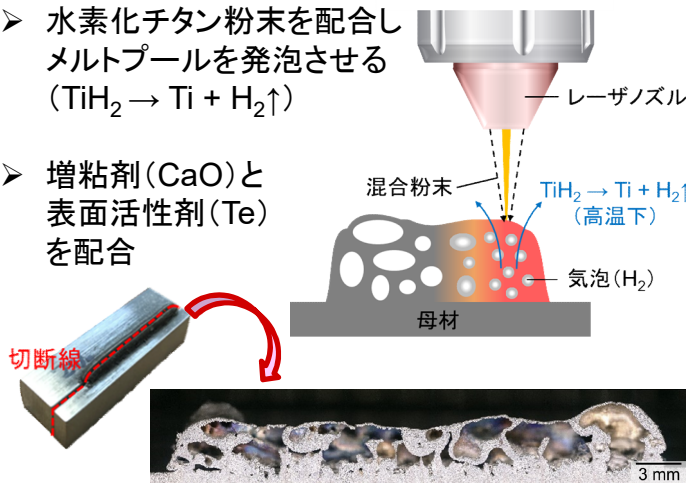
従来製法は複雑・高コスト

大幅な工程集約

### 研究手法・研究結果

#### ステンレス鋼(SUS316L)のポーラス造形

- 水素化チタン粉末を配合し  
メルトプールを発泡させる  
( $TiH_2 \rightarrow Ti + H_2 \uparrow$ )
- 増粘剤(CaO)と  
表面活性剤(Te)  
を配合



薄壁造形において空孔率61%を達成

積層パスを工夫することで造形物の大型化に成功

お問合せ先

小池綾研究室 TEL: 045-566-1825 E-mail: koike@sd.keio.ac.jp