

## 3D プリンタとシミュレーション技術の活用で、トポロジーの最適化を探索

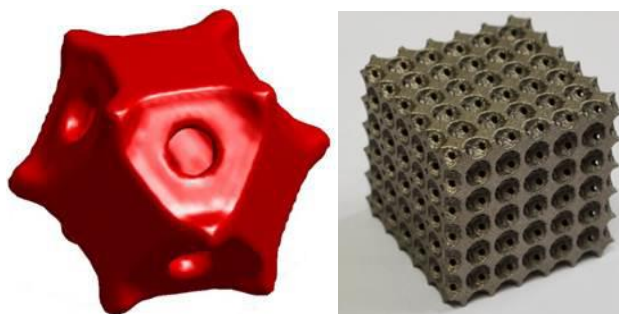
導入先： 早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 竹澤 晃弘准教授

### 主な研究内容：

私の研究室では、3D プリンティングのための設計工学およびトポロジーの最適化をテーマに、ものの最適な形をコンピュータで作成し、車や船舶の構造の最適化を行う研究などを行っています。トポロジー最適化は対象構造の最適化問題をある領域における材料分布問題に置き換えることで、トポロジー（位相、穴の数）を含めた抜本的な構造変更が可能な構造最適化法です。非常に自由度が高く高性能な解が導きだせる反面、得られる最適形状が複雑で、一般的な加工方法では最適解をそのままつくれないという課題がありました。しかし、近年技術発達が著しい 3D プリンタの登場により複雑な形状でもそのまま造形できるようになっています。そこで同研究室でも、2018 年にコヒレント社の金属 3D プリンタ「Coherent CREATOR」を導入し、ラティス構造のさらなる開発に取り組んでいます。



竹澤 晃弘 准教授



等方的な剛性を持つ最適ラティス構造

### 金属 3D プリンタの導入：

導入の決め手は何ですか？

「導入の一番の決め手は、何と言ってもその導入価格でした(笑)。」

「2017 年にある展示会を訪れた際に、Coherent CREATOR を会場で見かけ、用途にあっている上に、その価格の安さが非常に魅力的で、すぐに導入を決めました。小型設計に特化することで初期費用も抑えられるというスターター用のコンセプトが非常に気に入りました。研究に投入するためにも、ハードの敷居が低くまずは導入に踏み切れることが重要ですから。」

「それに加えて、もちろん材料の選択肢が広いことも決め手になっています。普段、材料を何にするか。というよりは、構造による改善を最優先に注力してはいるのですが、使用できる材料の選択肢が広い分、材料の種類に縛られず、費用の面を重視して材料を選ぶことも、また研究テーマによって材料を使い分けることもできています。柔軟に変えることができるという選択肢を持っていることは、研究の本来の目的に専念するためにも非常に心強い要素となっています。」と、竹澤 晃弘准教授は導入の決め手について語ってくれました。

導入の前と後で何か変わったことはありますか？

「研究に張り合いができました。以前は机上のシミュレーションに頼ることが多く、細かな調整を実際に目で見て確認することが困難でした。または外注に出すという方法で何とか実物を作製し検証していましたが費用も時間もかかります。3D プリンタを導入したおかげで、コンピュータ上でシミュレーションした構造を 3D プリンタで実際に目の前で作製し検証する、そしてまた細かな調整を加えてシミュレートする、という研究のサイクルがスピードアップできています。日々改善点を見つけ、その修正を繰り返すことで多くを学ぶことができるようになった点も大きな進化です。また、金属 3D プリンタの基本技術は広く知られて来ましたが、自分で操作して始めてわかる、気づくということが未だに多々あります。そういった気づきの中に今後の研究テーマが眠っていると思います。」

#### 導入機種： Coherent CREATOR RA

独自のレーザ技術と革新的な造形システムの採用により、これまでの金属 3D プリンタの導入課題であった高額な導入コストを大きく削減した小型の金属造形システム。熱源に 250W のファイバーレーザを搭載し、独自の回転式リコータ技術の採用で省スペース、造形スピードの高速化を実現。

Coherent CREATOR RA モデルは、スタンダードモデルに比べ、より多くの金属粉末タイプに対応しており、ステンレス、コバルト合金、ニッケル合金、銅合金、アルミニウム合金、チタン合金など、さまざまな金属造形が可能な特長を持つ。



#### 最近注力している研究 - 液体冷却のための傾斜機能ラティス構造:

現在取り組んでいる研究の一つに、ダイカスト用金型の内部に複雑な水路に代わる構造を形成し内部を冷却水で満たすことによってさらなる高効率冷却を図るラティス構造の最適化があります。ただし、均一にラティスを形成しただけではうまく冷却水が流れないため、例えば、図 1 のように左面に冷却水の流入口と流出口がある直方体の領域が、周囲から熱流束を受ける場合に表面温度を下げる問題を考え、同研究室では図 2 のような最適なラティス構造を最適化法で開発しました。

場所によってラティスの密度が異なる傾斜機能ラティス構造となっています。最適化法はレイノルズ数 300 程度までの流速に対応可能で、同体積の均一なラティス構造と比較しおよそ 3 倍の冷却性能を実現しています。

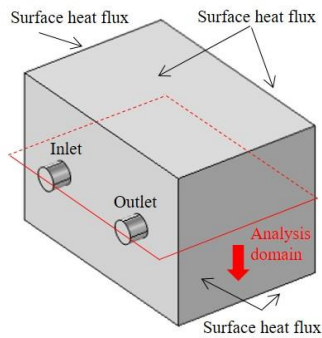


図 1

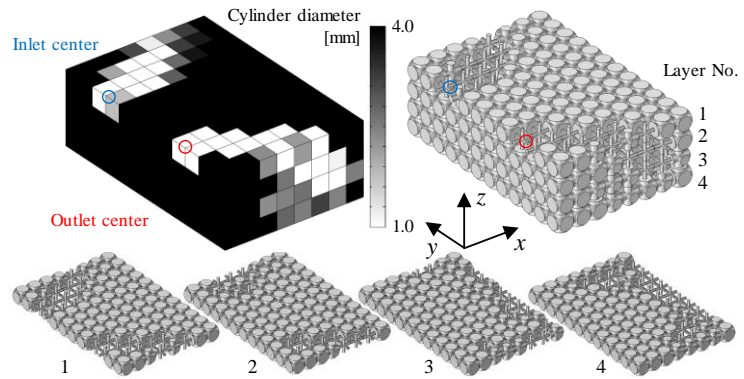
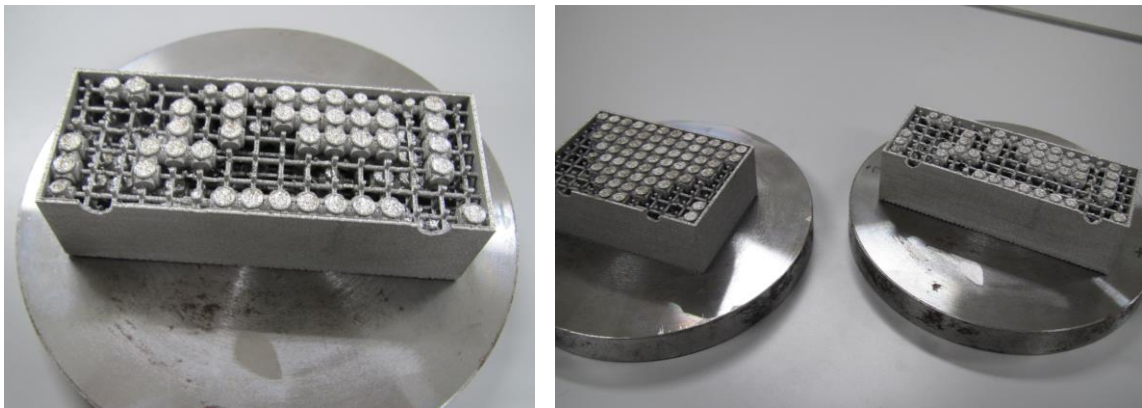


図 2

左上はラティスの直径分布, 右上と下図はラティスの詳細なジオメトリです。対称性を考慮し, 下半分のみで解析と最適化を行っています。



金属 3D プリンタ Coherent CREATOR で作製されたラティス構造

**今後の展開:**

現在は、冷却水の速度がそれほど速くない状況下での検証、最適化設計ができていますが、流れる速度が変われば、また最適な状態も変わります。当然流れる速度が速ければさらに冷却効率が良くなるため、速度をさらに速めた環境下での最適化がまた今後の課題となります。また、構造をシンプルにしてスカスカにすれば冷却は速いが高圧化での強度が問題になります。そのため、強度を保ちながらの適切な速度下での構造の最適化など、まだまだ今後を見据えた研究が期待されます。

現在、ダイカストの技術は、高い寸法精度が得られ、薄肉で複雑な形状の製品を大量に生産することができる優れた鋳造技術の特長を持つことから、主に自動車部品などの製造において、アルミや亜鉛などの合金素材部品の作製に用いられ、ますます活用の場を広げています。そのため、ダイカストにおける冷却効率の向上は、これらの製造工程における、品質の向上や強度の増加、開発のスピードアップ、などにつながるため、今後ますます期待が寄せられる研究といえます。



金属 3D プリンタ Coherent CREATOR による造形の様子