

# DfAM を考慮した授業および研究事例報告

## Report on Case Studies of Teaching and Research at DfAM

松本 宏行<sup>1</sup>, 本多 洸世<sup>2</sup>, CAO WENBO<sup>2</sup>

Hiroyuki MATSUMOTO<sup>1</sup>, Kousei HONDA<sup>2</sup>, CAO WENBO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ものづくり大学, <sup>2</sup>ものづくり大学大学院

<sup>1</sup>Institute of technologists., <sup>2</sup>Graduate School of Institute of technologists

### 【要約】

本報告は、DfAM(付加製造のための設計)を考慮した授業および研究の事例について報告を行うものである。トポロジー最適化に関連して軽量化および剛性向上を考慮した設計を行い、3D プリンターで造形を行う。授業や研究事例で得られた知見についてとりまとめて報告を行う。

キーワード: 3DCAD, DfAM, CAE

### 【Abstract】

This paper reports on a case study of teaching and research considering DfAM (Design for Additive Manufacturing). Design for Weight Reduction and Stiffness Improvement in relation to Topology Optimization is performed, and the design is fabricated by a 3D printer. The findings from the class and the research case study will be summarized and reported.

Keywords: 3DCAD, DfAM, CAE

## 1. 序論

DfAM(付加製造のための設計)を考慮した事例報告を行う。具体的な手法として、トポロジー最適化およびジェネレーティブデザインを用いている。剛性向上および軽量化を含めて設計要件としている。まず、授業事例として、学部授業および大学院授業において、トポロジー最適化とジェネレーティブデザインに関する解説と演習を行い、成果物については 3D プリンターを用いて成果物の造形を行っている。次に、研究製作事例として、感染防止対策の自助具を製作した。多くの方々が手に触れる「ドアノブ」を対象物とし、ドアノブの自助具について設計製作を行った。また、外骨格型の身体支持具として着座時の補助を目的とした設計製作も行った。ユーザの自重を荷重条件として、設計製作を行った。さらに、工場で利用する工具に着目し、工具の作業性能を改善するために軽量化および剛性向上をねらいとした設計製作事例について報告を行う。また、ジェネレーティブデザインでは、素材および加工方法を設計要件に含めて多数の設計解を生成しているが、設計解の中から合理的に設計解を抽出する方法論についても検討している。授業や研究事例で得られた知見についてとりまとめて報告を行う。

## 2. ものづくり大学における3D 教育概要

著者らが所属しているものづくり大学は2001年に開学した埼玉県行田市にキャンパスを有する4年制の私立大学である。技能工芸学部(情報メカトロニクス学科、建設学科の2学科)および大学院(ものづく

り学専攻)で構成される工科系大学である。

「技能のわかる技術者」を育成し、「テクノロジスト」教育を主眼とした実践的教育を展開している。

また、3DCAD教育については、「デジタルファブリケーションおよび実習」、3DCADの教育を導入しSolidWorks, Creo Parametric, Fusion360, CATIA, 3DEXPERIENCEなど複数の3DCADソフトウェアを用いた演習授業を実施している。さらに、有限要素法(FEM)を用いたCAEの演習、NC加工操作を想定したCAM演習などデジタルを活用したものづくり演習を多く盛り込んでいる。

## 3. 授業事例

### 3.1 学部授業

学科では、2021年度よりBYODを導入し、いつでもどこでもノートPCを用いて自学自習できるように教材配布を行うなど環境を整えている。

1年次「デジタルファブリケーションおよび実習」では、

3DCAD初心者の1年生にFusion360を用いた基本操作、自動モデリング、フォームモデリングなどの形状モデリングの演習を行っている。ので比較的学生の修得度は早いようである。さらに、3Dスキャナーを用いた計測体験および3Dプリンターを用いてグループごとに造形体験、さらにレーザ加工機を用いてアクセサリ製作などを体験させている。

本報告では、DfAMを中心とした教育事例を中心としているが、ものづくり教育の基礎としてドラ

フターを用いた手書き製図, 2DCAD, 3DCAD は全員に, そして専攻のコースでは, DTPD (デジタル製品技術文書情報) を考慮した幾何公差, 公差解析, コスト計算なども含めてカリキュラムを構成している. さらに, 「CAD設計製図」でユニバーサルデザインを考慮した新規製品開発, プレゼンテーションを行い, 「ものづくりCAE応用」ではトポロジー最適化の演習を行うことでAM (付加製造) を考慮した設計の重要性を学生に理解してもらうとともに, 基本操作を身につけさせている.

### 3.2 大学院授業

大学院「デジタルファブ리케이션特論」では両学科の教員が分担して, 製造系, 建設系のデザイン教育を講義解説し, 「ものづくりデザイン」では, ジェネレーティブデザインなどを講義解説し, 各自で実際に対象物をモデリングして3Dプリンターで造形した.

図1および図2はスマートフォンを腰に取り付けるホルスター (院生: 田中氏製作) の3DCAD, 造形物である.

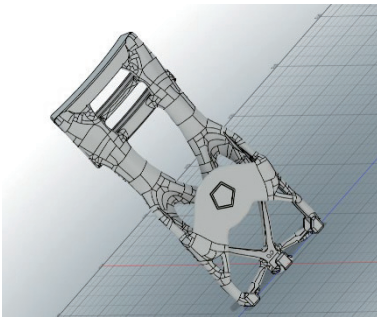


図1 3DCAD データ



図2 造形物

1年次から大学院授業において3DCAD, 3DCAE, CAM, AMなどを連携しながらDfAMについての教育を実践的に行っている.

### 4. 研究事例

松本研究室におけるDfAMに関連する研究事例の紹介を行う.

#### 4.1 感染防止のための自助具

新型コロナウイルス感染者数が増大している頃, 手指を通じた接触による感染が問題であった. 対象物を「ドアノブ」として, 手指からの感染防止のための自助具の設計製作を行った[1]. 図3に自助具の造形物を示す.



図3 手指感染防止のための自助具

実際にドアノブに装着して操作している様子を

図4に示す.



図4 ドアノブに装着し操作している様子

#### 4.2 外骨格構造を有した身体支持具

外骨格構造を有した自助具[2]の例を紹介する. ユーザの自重を考慮して, 軽量化および剛性向上を規範とした形状についてジェネレーティブデザインを用いて設計を行っている.

図5がFusion360を用いて設計を行った例である.

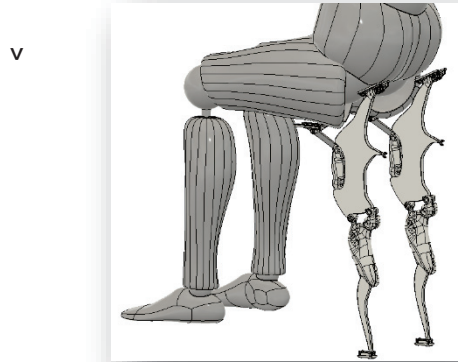


図5 外骨格構造を有する身体支持具

さらに, 3Dプリンターを用いて造形を行い実際に使用した例を図6に示す.



図6 身体支持具の装着している様子

図7のように腰に装着して利用する.



図7 身体支持具の取り付け



#### 4.3 主観を考慮した設計解の検討

トポロジー最適化は、軽量化および剛性向上を考慮して設計解を探索していく手法である。

主観を考慮して設計解を選定していく研究も AM に取り入れている。例として、ペットボトルのふたをあけるペットボトルオープナー[3]の事例を紹介する。事前に粘土を利用しておおよその形状を造形しておきサイズの検討を行う。実際に手にとってそれらのサイズ感を獲得するには、プロトタイプ手法として有効である。つぎに、それらの設計候補から3Dプリンターを用いて造形を行い、ユーザ評価を行った。複数の設計解から選定する手法として、AHP(階層分析法)を用いている。

評価基準を「見た目」、「使いやすさ」、「安全性」、「分かりやすさ」の4つに設定して望ましい設計解を検討し、最終的に図9に示す設計解が決定した。



図8 ペットボトルオープナーの設計候補



図9 最終的な設計解(ペットボトルオープナー)

#### 4.4 工具における設計

著者の一人(本多)が、改善提案などのテーマとして卒業研究時において工場の現地調査を行い、ボルト締結操作などの工具における操作の効率的な利用について調査をまとめた。そのときの体験をもとにして、新しい工具の検討を行っている。通常のレンチにこだわらず、対象物であるボルトを締結するための道具についてトポロジー最適化、ジェネレーティブデザインなどの手法を利用してどのような工具が有効であるか設計を行った。

軽量化、剛性向上、加工方法などの多くの組み合わせから望ましい設計解の選定を行った。図10は締結工具の設計解[4]である。

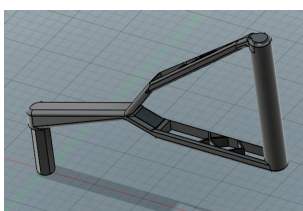


図10 ジェネレーティブデザインによる締結工具

現在は、工具を用いて締結操作についてモーションキャプチャを用いて測定を行い、望ましい設計解の選定検討を行っている。

#### 4.5 搬送装置における設計

著者の一人(CAO)が、卒業研究において取り組んだ事例[5]を紹介する。

搬送装置に着目し、オムニホイールを用いた駆動機構および荷重支持部についてはジェネレーティブデザインを用いて設計したものである。

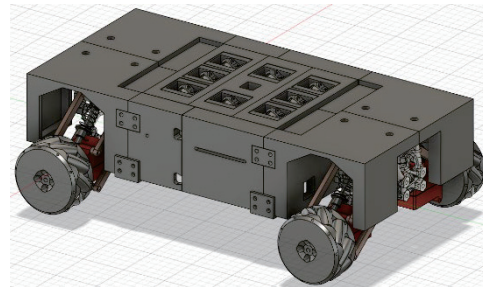


図11 搬送装置

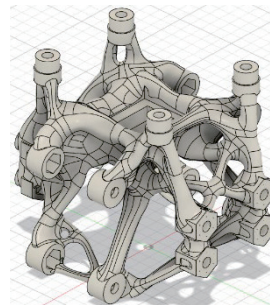


図12 荷重支持部

#### 5. まとめ

DfAM を対象として、授業および研究の事例を紹介した。引き続き、授業改善、研究への展開に努めたい。皆様におかれましては、今回の報告が参考になれば幸いである。

#### 参考文献

1. 黒須祐哉,松本宏行,手指からの感染防止をねらいとした自助具の設計製作,ものづくり大学紀要,第10号,2021,pp.25-28.
2. 勝田瑛也,松本宏行,外骨格構造を有する身体支持具におけるジェネレーティブデザインの検討 日本設計工学会・春季研究発表講演会,2021.
3. 長田 竜治,松本 宏行, ペットボトルオープナーの設計開発,日本機械学会卒業生研究発表講演会,2023.
4. 本多 洗世, 松本 宏行, ジェネレーティブデザインを用いた工具の設計, 2022 実践教育研究発表会(埼玉大会),2022.
5. CAO WENBO,3D プリンターを活用した搬送装置の模型製作,ものづくり大学卒業研究論文,2023.