

## ものづくり授業における CAD・CAE 教育の充実を目指して

富山大学 学術研究部 工学系  
准教授

増田 健一

### 1. はじめに

昨今、ものづくり現場でのコンピューター利用が重要であることは言うまでもなく、CAD・CAE に関する技術を養う教材開発は大学の教育現場において重要と言える。そのような背景から著者は大学 3 年生を対象とした「創造ものづくり」の授業において solidworks を用いた CAD・CAE 教育を行ってきたが、より良い教材開発を目指して今年度から本研究室の研究テーマの 1 つに「CAD・CAE の教材開発」を加えた。そこで、本稿では「創造ものづくり」の授業内容を概説しながらこの 1 年間の上記研究内容を報告する。

### 2. 「創造ものづくり」授業概要

3 年生後期に毎週 2 コマで開講する（180 分×15 回）ものづくり授業の概要を以下に示す。4 名もしくは 5 名で 1 つの班とし、各班に 1 台の自転車を渡して、以下に示す 5 つの課題を課す。

- 1) 自転車の解体・組立を行い、解体・組立マニュアルを作成する。
- 2) 解体時に各部品の寸法を測り 3 次元 CAD に起こし、3 次元 CAD 上で組立て動作確認を行う。
- 3) 種々の工作機械を用いて、自転車に雨除け機能を取り付ける。
- 4) 雨除けフレーム部分に関してシミュレーションを用いて設計する。
- 5) 自転車の各部品（ギア・ブレーキ・変速機など）の仕組みを工学的に説明する。

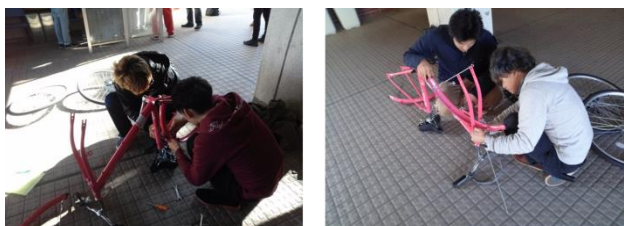


図1 自転車の解体・組立の様子

自転車の解体・組立の様子を図 1 に示す。著者、および TA が解体・組立の実演をした後で各班での作業となる。

図 2 には、自転車解体後の各部品を示す。図 2 に示すように細かい部品も多いことから必ず 3 次元 CAD に起こすべき部品は以下の 9 個の部品としている。

- ・車体フレーム
- ・サドル
- ・ハンドル
- ・前輪
- ・後輪
- ・ギア付きクランク
- ・クランク
- ・ペダル
- ・チェーン



図2 自転車解体部品

図3には、製作した雨除けと雨除けフレーム部分の応力解析の一例を示す。製作には機械工場の技術職員の方々から多大な支援を頂いている。応力解析では“雨除けフレームの質量”×5g (g: 重力加速度)の力を作用させて評価している。

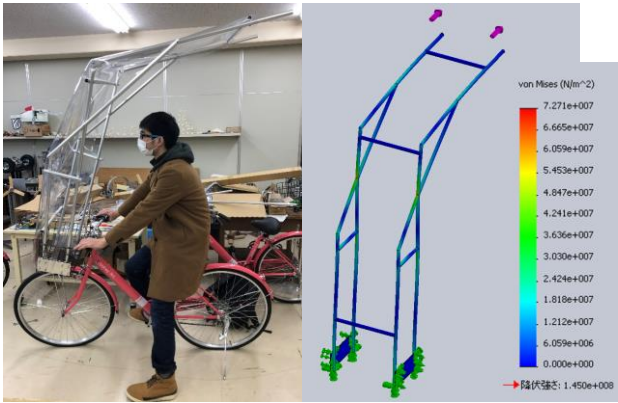


図3 雨除け製作の一例

### 3. CAD・CAEの教材開発

#### 3.1 CADの教材開発

図4には、CADの操作を学びながら作成した練習課題の一例を示す。Solidworksで部品を作成する際に重要な操作に慣れることを目的として数年前に著者が作成した教材である。この教材を使うことでSolidworksの操作に慣れるというレベルには達するものの、自転車の各パーツを作成するという課題に対しては、この教材だけでは敷居が高い状態であった。そこで、今年度は図5に示すような教材を新たに作成した。つまり、自転車の各パーツを作成することを練習課題として追加した。

図6(a)には各班に渡した自転車実物、(b)には昨年度までの学生が作成したCAD自転車の一例、(c)には今年度の学生が作成したCAD自転車の一例を示す。作成した学生が異なることもあり、単純には比較できないが、今年度はCAD作品のクオリティーが大幅に向上しており、今年度作成したテキストがその一助になっていることは明らかである。図6(d)はサドルの実物と今年度の学生が作成したCADサドルの一例であり、スプリング部分まで忠実に再現していることが分かる。今年度のテキストにはスプリングの作成方法などは載せていないが、昨年までと比べテキストが充実したことで、学生たちのスキルや向上心が高まったことが理解できる。

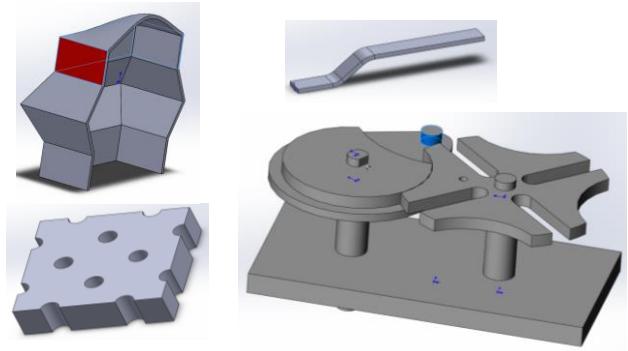


図4 数年前に著者が作成した練習課題の一例

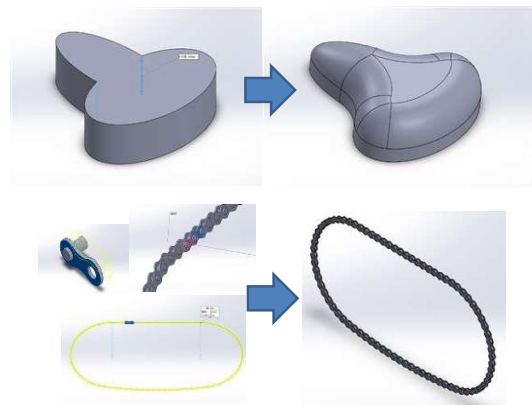


図5 今年度作成した練習課題の一例



図6 昨年度までと今年度のCAD作品の比較

### 3. 2 CAEの教材開発

図 7, 8 には, シミュレーションのための操作を学びながら作成した練習課題の一例を示す。Solidworks で線形弾性応力解析を行う際に重要な操作に慣れることを目的として数年前に著者が作成した教材である。この教材を使うことで, 線形弾性応力解析で得られる結果の妥当性検証や強度評価の手法を理解することは可能であるものの, 各班が作成した複雑な自転車雨除けフレーム形状の有限要素離散化手法など, 解析上のノウハウを作成していなかったため, 解析エラーが多発する状態であった。そこで, 今年は学部の学生たちが使用する端末室の PC (メモリ 8GB) でも解析エラーが生じないためのノウハウを理解しながら図 9 に示すような教材を新たに作成した。図 9(a)は中空パイプと中空パイプの接合部分も中空で作成した構造物であるが, このような複雑な形状となりやすい接合部分を有するとメッシュ作成時にエラーが生じやすい。そこで解析エラーが生じる場合は忠実に再現することを諦め, 図 9(b)に示すように接合部分は中実の要素で作成する, PC のスペックに合わせたメッシュ作成要領を作成した。

図 10(a)には昨年までの学生による CAE 検討結果の一例, (b)には今年度の学生による CAE 検討結果の二例を示す。昨年までは複雑な形状で解析を実行しようとする解析エラーが多発したため, 作製したフレームとはかなり異なる形状での CAE 検討を余儀なくされていた。これに対して今年度は図(b)に示すようにある程度複雑な形状でも解析を実行することが可能になっている。これは, 今年度新たに作成した CAE 教材がその一助になっていることは明らかである。

図 11 には次年度に向けて現在作成中の流体解析テキストの一部を示す。自転車雨除けの強度解析をより実際の状況に近づけるため, 構造と流体の連成解析を実施していくための足掛かりとして, まずは流体解析のテキスト作成に取り掛かっている状況である。

#### レポート課題

下図に示すように, 固定部の高さは 50mm 以内で固定部の幅も 50mm 以内とする。赤色で示した部分にモデルを作成してはいけません。固定部分から右方向へ 300mm, 上方向へ 300mm 離れたところに面を作成し, 荷重条件 1 の荷重を受ける際の変位量を最も小さくする構造物の形状を提案せよ。また, 荷重条件 2 の荷重を受ける際の変位量を最も小さくする構造物の形状を提案せよ。

#### 条件

- 材料はこれまで通り「アルミニウム合金 6061 T6」を用いる
- 「メッシュ密度」の粗い・細いの程度もそのままで行うこと
- ミーゼス応力の最大値が降伏強さを超えないこと
- 厚さ 1mm 未満の部分を作ってはいけない
- 質量は 165g 以下
- 幅も高さも 50mm 以上の部分を作ってはいけない

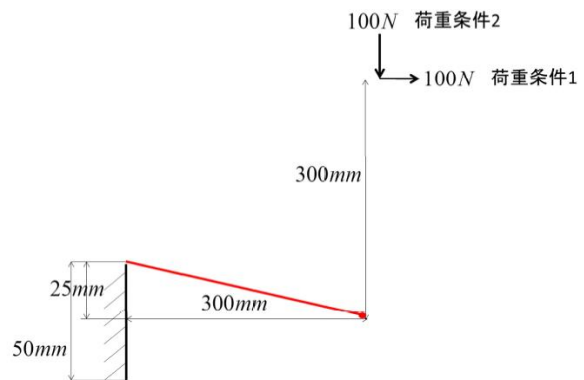


図 7 シミュレーション課題の例

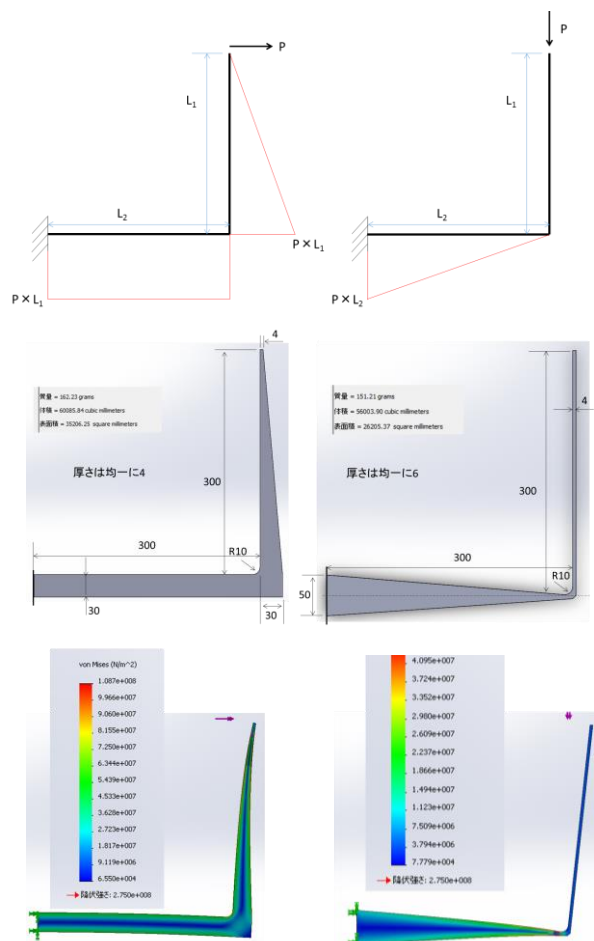


図 8 模範解答の一部抜粋



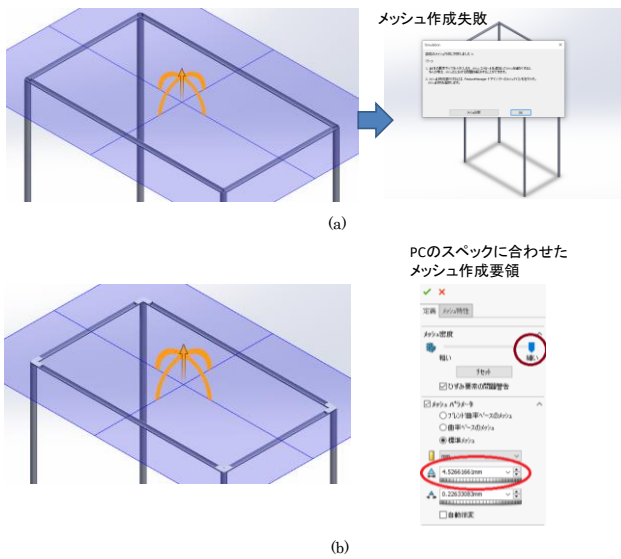
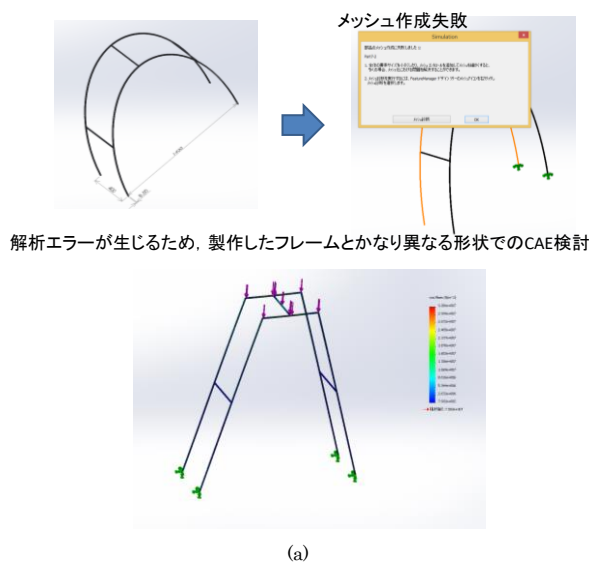


図9 今年度作成した CAE 教材の一部抜粋



解析エラーが生じるため、製作したフレームとかなり異なる形状でのCAE検討

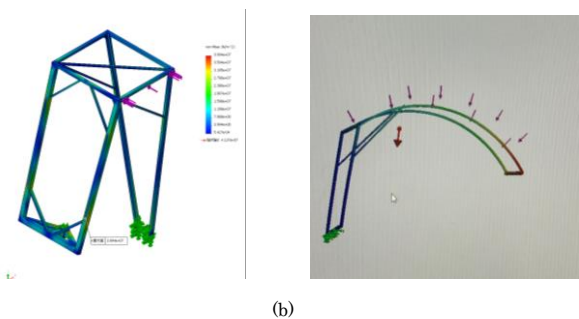


図10 昨年度までと今年度の CAE 検討の比較

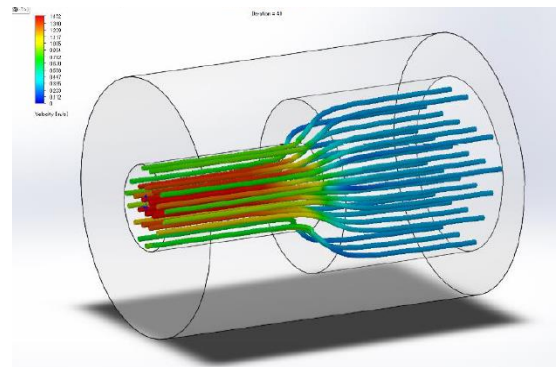


図11 現在作成中の流体解析教材の一部抜粋

#### 4. おわりに

特色ある授業・学生からの満足度が高い授業・社会のニーズを取り入れた授業，など様々なことが求められている昨今，研究室の研究テーマに授業教材の開発を取り入れた事例について報告した．この原稿を執筆している2022年1月現在，今年度の授業は終了していないため学生からの授業評価アンケートはまだ実施しておらず，この点に関しては昨年との比較が出来ていない状況である．今後も学生からのニーズ，社会からのニーズに応えられるよう授業改善に取り組んでいきたい。

#### 謝辞

今年度「CAD・CAEの教材開発」を研究テーマに活動してくれた本研究室4年の松本陣君に感謝の意を表します。