

3D CAD を活用した機械系オンライン授業の紹介

○阿部 博政
宮城教育大学技術教育講座

1. はじめに

宮城教育大学の技術棟には金工室と木工室があり、技術教育講座の授業や卒業研究で活用されている。技術職員の業務内容は、機械加工支援や安全作業指導、卒業研究等支援、技術支援及び実習工場の保守管理等である。ところが、2020年度は新型コロナウイルス感染症の対策により前期はオンライン授業となり、技術棟の実験実習は前期の終盤に一部で再開した科目「木材加工実験実習」以外は実施されなくなった。そこで、この間に3D CAD活用したスキルアップを図るため、技術教育講座の門田和雄教授がオンライン授業で実施する科目「機械実験実習」への参加許可をいただき、取り組むことにした。本稿では、そこで取り組んだ機械系オンライン授業を紹介する。

2. オンライン授業について

今回、参加させていただいた科目「機械実験実習」は、本来ならば機構模型の設計・製作やマイコン制御、そして学生が2名1組で課題を解決するロボットを設計・製作してコンテストを実施する内容であり、ほとんどを金工室で実施している。今回、文部科学省より、遠隔授業の実習等の授業の弾力的な取り扱いとして、「学生目線で分かりやすい動画や写真の活用による実験手法・機器操作等の学習やシミュレーション実験の活用」という取組例が示されたこともあり、前期の授業15回（1回は90分授業×2時間連続）のうち、10回にて3D CADを活用する内容となった。履修対象者は、技術教育専攻2学年9名、情報・ものづくりコース3学年3名、科目等履修生1名の合計13名である。履修する学生は自宅にコンピュータを用意して、Google社が学校向けに開発した無料のWebサービスであり、課題の作成、配布、採点等ができるGoogle Classroom、及びビデオ会議アプリケーションであるGoogle Meetを使用してオンライン授業を実施した。

3. 機械系オンライン授業の内容

3.1 3D CADについて

今回のオンライン授業で使用した高機能3D CADはAutodesk社のFusion360[1]である。このツールは、コンセプトデザインから最終的な設計まですべての過程を行うことができるクラウドベースの3D CAD/CAM/CAE設計用のソフトウェアであり、学生および教員は無料である。本授業においても、はじめの2回で基本的な3Dモデリングを学んだ後、リンクやカム、歯車、ねじなどの機構モデルが動くシミュレーションや材料試験の応力解析シミュレーション、板金加工の展開図の作成など、さまざまな機能を使用した。

3.2 リンクとカムの機構モデルの設計・製作

基本的な3Dモデリングを学んだ後、リンクとカムの機構モデルの設計・製作の取り組みを紹介する。指導教員が作成したマニュアル[2]に従い、使用するコマンドを理解した上で、設計仕様内でオリジナルの作品を各自で設計・製作する。実際に設計・製作した事例のうち、図1にカム機構、図2に往復スライダクランク機構、図3にてコクランク機構のモデルをそれぞれ示す。

いずれのモデルも「スケッチ」で基準面を作成し、「押し出し」で必要な長さの3Dモデルを作成する。次に「アセンブリ」→「コンポーネント」から既存のモデルを選択しコンポーネントを作成する。固定面を指定した後、各部品を「アセンブリ」→「ジョイント、回転、スライド等」を使用して組み合わせした後、角度や移動距離を設定する。モデルを動かすためには、「モーションスタディ」の設定画面において、回転軸を設定してアニメーションの動きを確認した後、速度調整等を行い、繰り返し動作を行わせる。シミュレーション動画は、コンピュータ画面を必要な個所で切り取って動画撮影ができるソフトウェアであるShowMoreを使用して保存した。

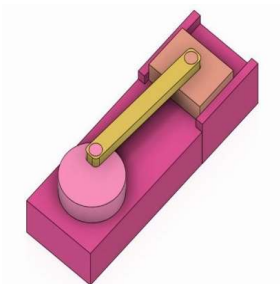


図1 カム機構

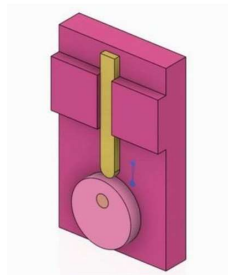


図2 往復スライダクランク機構

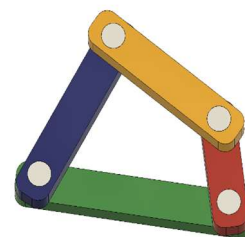


図3 てこクランク機構

3.3 歯車機構モデルの設計・製作

次に歯車機構モデルの設計・製作を紹介する。はじめに同じ大きさの2枚の平歯車がかみ合う歯車モデルを製作して手順を覚える。この歯車モデルを図4に示す。作成手順は、「ツール」→「アドイン」→「アドインとスクリプト」のSpurGearから平歯車を選択する。パラメータのメートル表示Metric、圧力角20、モジュール3、歯数24、バックラッシュ0、フィレット半径2、歯厚10mm、軸直径10mm、ピッチ円直径72mm等を設定し作成した後に部品をコンポーネントする。「ツール」→「検査」から「コンポーネントのカラーサイクル」を選択すると、自動的に色が振り分けられる。土台と歯車を「ジョイント」で回転軸に固定した後、ジョイントモーションの回転を選択して、歯車の歯が干渉しない位置に調整する。すべての歯車を選択して、「アセンブリ」→「モーションリンク」を実行すると歯車が回転する。図4に示す歯車の速度伝達比が1の場合はデフォルトでよいが、速度伝達比が異なる場合には、例えば2の場合には360°と-180°を入れる。「アセンブリ」→「モーションスタディ」で画面左側の項目からジョイント選択又は直接駆動回転軸を選択した後、スタートボタン(右三角ボタン▶)を押すと歯車が回転し連続回転モードや速度変更ができる。

3.4 六角穴付きボルト・六角ボルト・ナットの設計・製作

六角穴付きボルトの設計・製作を紹介する。「スケッチ」で六角穴付きボルト頭部の呼び径10mmの円を描き、「押し出し」で頭部長さを6mm押し出す。円に内接する対面5mmの六角形を描き、深さ3mmで押し出しカットする。次にねじ部を軸径6mm、長さ10mmで押し出す。「作成」→「ねじ」から呼び径6mm、ピッチ1等を選択する。この六角穴付きボルトを図5に示す。また、別の方法としてMcMASTER-CARRを利用して、規格品のねじデータを読み込む方法がある。「挿入」からMcMASTER-CARRコンポーネントの挿入を選択して型番をクリックした画面に表示されるProdauct Detailをクリックした後、画面下にある3D-STEPを選択、黄色い表示のSAVEをクリックすることで必要なねじがFusion360の画面に表示される。同様に六角ナットのモデルを読み込む。McMASTER-CARRのメニュー画面を図6に示す。歯車モデルと同様に「モーションリンク」等のコマンドを使用して、ナットがボルトのおねじ部分をスライドする動きのあるシミュレーション動画を作成できる。このボルトとナットのモデルを図7に示す。

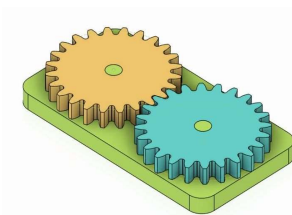


図4 歯車モデル



図5 六角穴付きボルト

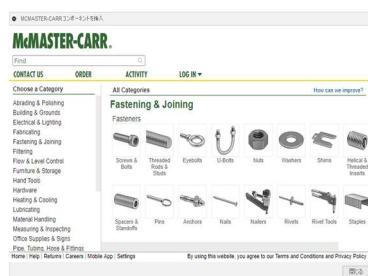


図6 McMaster-CARR



図7 ボルトとナット

3.5 はりの曲げ試験のシミュレーション

材料力学で学ぶ断面係数を理解するために行った、同じ断面形状に加える荷重方向の違いによる曲げ試験のシミュレーションを紹介する。曲げ試験モデル（縦 5 mm×横 20 mm×長さ 150 mm）の長辺と短辺が上向きの 2 種類を作成して比較する。シミュレーションの手順は、片端面の合致した面を拘束し、「デザイン」を「シミュレーション」に切り替え「静的応力」を選択する。「マテリアル」から材質を真鍮に設定する。荷重は集中荷重を片持ち梁の自由端上面 2 辺を選択し下方向に 1000N を設定する。はりの曲げ試験の応力解析モデルを図 8 に示す。左から順に基本図形、安全率が長辺 0.17、短辺 2.63 で赤色に変化している個所の安全率が低く危険である。結果より、同一の長方形断面ならば、短辺方向に荷重を加えた方が断面係数も大きくなる効果的な使用法である。

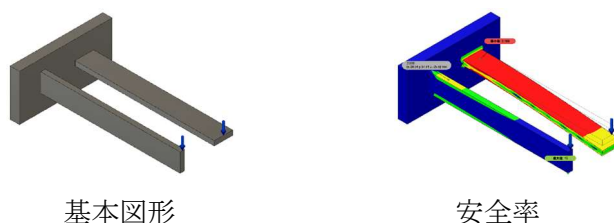


図 8 はりの曲げ試験の応力解析モデル

3.6 4 種類の試験材料による 3 点曲げ試験

3 点曲げ試験を紹介する。試験材料（縦 5 mm×横 25 mm×長さ 150 mm）と支点（支点間距離 100 mm）を 2 つ、および中央に圧子を作成する。支点を拘束し圧子に 5000N を下方向に荷重する。試験材料は手前からアルミニウム 5052、真鍮、チタン 6Al-4V、鋼である。左から順に基本図形、安全率のモデルである。4 種類の試験材料による 3 点曲げ試験解析結果を表 1、解析モデルを図 9 に示す。4 種類の中でチタン 6Al-4V の試験片全体が青色で変形が少なく解析結果の安全率が高い。

表 1 4 種類の試験材料による 3 点曲げ試験の解析結果

材質	アルミニウム	真鍮	チタン 6Al-4V	鋼
安全率 [SF]	1.70	1.07	7.68	1.61

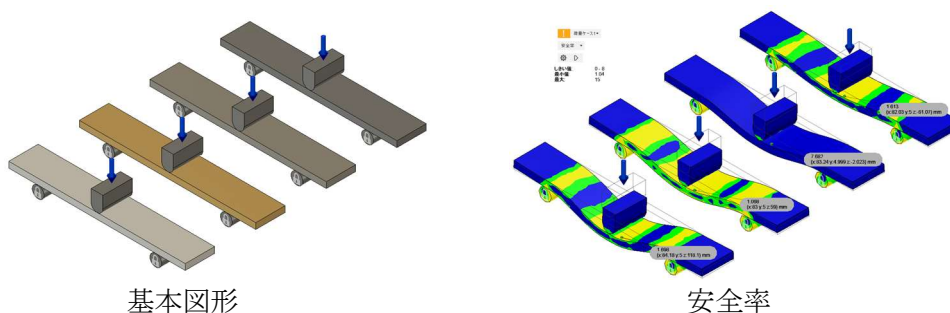


図 9 4 種類の試験材料による 3 点曲げ試験の応力解析モデル

3.7 4 種類の試験材料による引張試験

4 種類の試験材料による引張試験を紹介する。試験材料モデルを 4 本作成する。「シミュレーション」の「マテリアル」で左から順にアルミニウム 5052、真鍮、チタン 6Al-4V、鋼に設定して、試験材料の下面を拘束する。「荷重」で試験材料上端面へ上向き荷重 80000N に設定する。「事前チェック」「解析」の順に行う。「結果ツール」から解析過程のアニメーションを再生や録画できる。製品規格や材質・形状等からモデリングすると現実に近いシミュレーションとなる。合わせて実際の引張試験動画や資料を確認する。4 種類の試験材料による引張試験の解析結果を表 2、左から順に基本図形と安全率の解析モデルを図 10 に示す。4 種類の中でチタン 6Al-4V の試験片全体が青色で最も解析結果の安全率が高い。

表2 4種類の試験材料による引張試験解析結果

材質	アルミニウム	真鍮	チタン 6Al-4V	鋼
安全率 [SF]	1.56	2.33	7.12	2.35

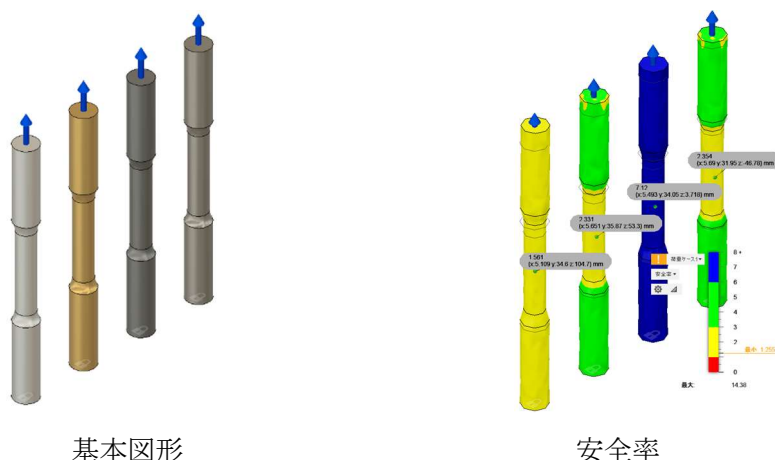


図10 4種類の試験材料による引張試験応力解析モデル

3. 8 シートメタル機能による板金展開図の作成

シートメタル機能を使用して図11に示す3Dモデルと板金加工展開図の作成を紹介する。メニュー上部にあるシートメタルから基準面を作成して選択し、「修正」→「シートメタル規則」で材料の設定を新規作成する。「作成」→「フランジ」で新規作成した設定を選択し、「フランジ」で曲げる上面の辺を選択し、高さと角度を設定する。「作成」→「フラットパターンを作成」で1枚板から板金加工用展開図を作成する。この機能を活用した展開図の作成は、科目「金属加工実験実習」にて活用できると考える。

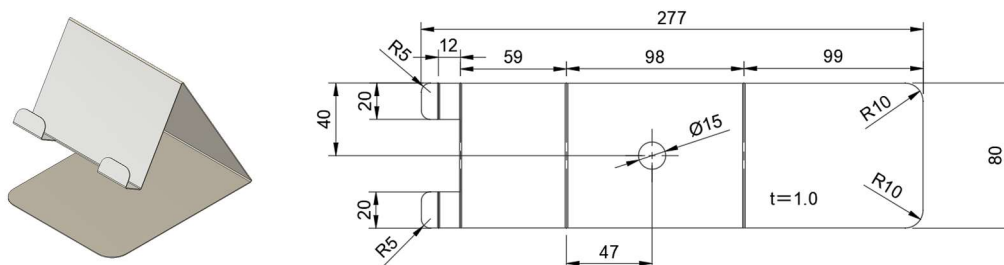


図11 3Dモデルと板金加工展開図

4. まとめ

本稿では、3DCADを活用した機械系オンライン授業についてまとめた。その内容は、3Dモデルと図面作成の基本練習から、カム機構やリンク機構、歯車機構やねじなどの設計・製図と動きのシミュレーション、断面形状の違いや材料の違いによる丸棒の引張試験やはりの曲げ試験などの応力解析シミュレーション、シートメタル機能による板金加工の展開図作成などである。

これまで技術職員の業務に3DCADは活用していなかったが、今回のオンライン授業参加では図面の作成だけでなく、機構シミュレーションや応力解析シミュレーション、そして板金展開図などのスキルを身に付けることができた。今後も積極的に活用して、さらに知識・技術・技能を蓄えて使いこなし、設計・製図・製作のスキルアップ、教育研究活動（実験実習、卒業研究支援）業務に役立てたい。

参考文献

- [1] Autodesk Fusion360 (8月11日閲覧確認) <https://www.autodesk.co.jp/campaigns/education/fusion-360>
- [2] 門田和雄教授が作成した指導の手引き (8月11日閲覧確認) <https://fabble.cc/robotakun>