

団体名  
国立大学法人 豊橋技術科学大学

所在地  
愛知県

ソフトウェア  
Autodesk Fusion®

# Fusion で実現する CAD/CAE/CAM 統合型ものづくり演習

日本機械学会で教育賞を獲得した  
大人数実習の授業設計とは

“この授業をきっかけに、  
学内の他の設計関連の授業でも  
使用するソフトウェアを  
全てFusion に統一しました。”



学生の各デバイスにFusion をインストールして学習に取り組んでいる



機械工学系 教授  
永井 萌土氏



機械工学系 教授  
中村 祐二氏



副学長 (特命・教育組織改革担当) 機械工学系 教授  
足立 忠晴氏

学生が楽しみながらスキルを向上できる実践的な教育プログラムを展開したい。ものづくりの教育現場に携わる教職員であれば、これは想起するひとつの目標ではないだろうか。豊橋技術科学大学では、学生がCAD/CAE/CAM を網羅的に使用するものづくりに取り組むという特色ある演習授業を実施している。しかも、60 名もの受講者全員が設計から製造まで一連の実践型演習を体験するという。この取り組みは日本機械学会で発表され、教育賞を受賞するという功績も得ている。ものづくりの教育現場でしばしば問題となるような機材や人員、時間といった制約を抱えながらも、そのリソースに適した課題設定や創意工夫で展開している同学の授業方法を見ていきたい。

## 実践型教育を基盤に 高度なスキルを持つ技術者を育成

豊橋技術科学大学は、技術の根底にある科学を探究し、その知見を基に新たな技術を創造することを重要な方針とし、高度技術者や先導的人材の育成に重きを置いている。機械工学、情報・知能工学、電気・電子工学、応用化学・生命工学、建築・都市システム学といった複数の学部課程、大学院専攻を擁している。また、およそ50 年前の開学より一貫して実践型教育を実施しており、4 年次には企業に派遣されて実社会における技術者としての問題への取り組み方を学ぶ「実務訓練」を学生全員が2 カ月にわたって行っていることも大きな特色だ。

## 統合ソフトウェアFusionへの移行が 可能にしたものづくり一貫演習への刷新

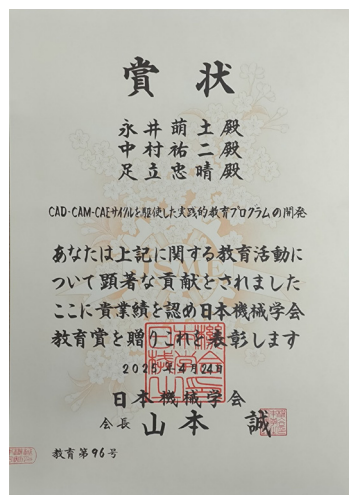
3 年次後期に選択授業として設定されている「CAD/CAE/CAM 演習」を担当しているのは、マイクロナノシステムやデバイスを主な専門とする永井萌土教授、燃焼工学が専門の中村祐二教授、材料力学を専門

とする足立忠晴教授だ。この他に、技術職員やティーチングアシスタントを各1～2名配置している。

同学の機械工学課程では、コロナ禍を機にFusion の導入が本格的に進んだ。「これまでのCAD ソフトウェアに関しては、OS やPC のスペック要件、ライセンス管理の厳格さから端末室でしか使用できないといった制約がありました。その点、Fusion はクラウドベースで解析やツールパス作成といった高負荷処理をクラウドで行うためPC 負荷を大幅に軽減できることに加え、Windows・Mac 両OS に対応し、学生の各デバイスからアクセス可能です。こうした制約が取り払われることで、学生が設計に取り組む時間が増え、教育効果も高まるのではないかと考えました。」と永井氏は語る。

さらに、教育機関の教職員と学生は無償で利用できることも導入を一気に加速する要因となった。大人数の学生を擁する教育機関であってもライセンス付与が一括かつ柔軟にできることもFusion が選ばれる

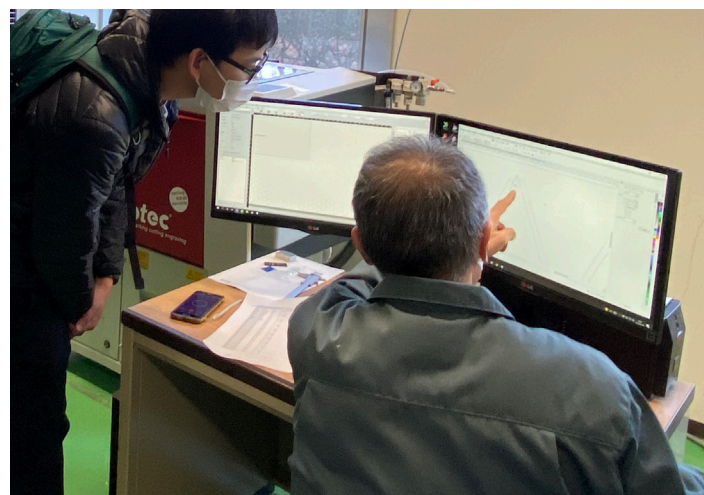




日本機械学会にて教育賞を受賞



履修生全員がものづくり工程を体験する



技術職員と加工前にデータチェック(レーザー加工)

理由になっている。同学では、これまで安定的に運用されてきたCAD ソフトウェアからの切り替えとなったが、教職員にも学生にも大きな混乱はなく、非常にスムーズにFusionに移行できたという。

実は、この演習授業の前身では、作業工程はCADとCAEで完結していたそう。こうした背景として、リソースが限られる中、設計や解析のフェーズをより深く教えるという選択が一般的にならざるを得ないのだと中村氏は明かす。しかし、CAD/CAE/CAM/PCBを備えた統合型ソフトウェアのFusionへの移行を契機として、この演習授業はCAMまでも含めた一気通貫の授業へと刷新された。中村氏は、CAMも授業に導入するという構想をかねてより温めていたというが、ものづくり教育におけるCAMの重要性について次のように語る。「多くの大学の設計教育では、CADでモデルを作成し、解析を行い、その結果を基に設計を改善するというプロセスをコンピューター上で完結させます。しかし、実際に『作る』段階になると、設計上は完璧に見えても、加工の都合で実現不可能だという問題に直面することがあります。機械工学を学ぶ者としては、切削や組み立てといった現実的な製造プロセスを常に意識すべきです。その感覚は、実際に自分の手で作らせてみなければ身に付きません。多くの大学でそれができていないのは、工作機械の数が限られていること、適切な課題設定が難しいこと、そして技術職員の協力が得られないこと、という3つの大きな障壁があるからです。」

## 大人数実習を可能にした 素材とレーザーカッターの活用

60名規模の授業で、学生一人ひとりがCAMの工程まで行うというのは非常に大きな挑戦であったというが、この演習授業ではA3サイズの厚紙1枚をレーザーカッターで切り出し、スマートフォンスタンドを作製するという課題を設定した。

「やはり最大の課題は、CAMの工程でいかにして大人数の学生を処理するか、という点です。3Dプリンターやマシニングセンターを学生全員に使わせるのは難しいですが、紙とレーザーカッターとの組み合わせなら安価で扱いやすく、加工時間も短く済みます。これが、大人数でのCAM実習を実現するための重要な鍵だと考えています。」と永井氏は言う。「それに加えて、この素材は木材のように剛性が高くなく、材料の特性を考慮しないと思った通りの形にはなりません。その難しさが、かえって学生の学びを深めるのです。」と足立氏は続ける。

この素材の加工時間はおよそ10分で済む上に、失敗してもやり直しが効きやすく、コストもかからないため、教員側の心理的な負担も低いという。「このA3というサイズ設定が授業をスムーズに進める上で非常に重要でした。やはり学生自身もやってみて失敗するという経験を通して初めて、その重要性が理解できるのだと思います。また、レーザーカッターはそれほど導入の障壁が高い設備ではないですし、あまり気負わずに、こうした仕組みを授業に取り入れてみることです。」と永井氏は語る。レーザーカッター利用時は、機械を正しく動作させるためのデータチェックを技術職員に依頼した。セッティング完了後は機械が自動加工するため、1名だけでの対応も可能だったという。

「そして、何より大きかったのは、学生が興味を持てるスマートフォンスタンドという課題を設定できたことです。学生たちが楽しんで、完成品を作ることによって喜びを感じてくれることが一番です。」と足立氏は言う。スマートフォンスタンドという身近で学生の学習意欲をかきたてるような課題設定に対して、学生の反応は非常に芳しいものだった。教員が教えていない最適化機能を自主的に使って肉抜きに挑戦する学生、ヤング率を求めて解析を進めたり、自前のバネ秤を使って強度測定を行う

ような熱心な学生もあり、学生たちの工夫や探求心は想像以上だと教授陣は舌を巻く。学生が自ら課題を深掘りし、検証を計画する姿勢は、プロジェクト型演習における学習者の主体性が機能していることを示している。

そして、この演習授業を成立させるのに実験実習工場の技術職員の協力は欠かせないものだったという。「本学においては、技術職員が教育活動に関わることは組織として重要な役割を担っています。多くの大学で技術部門が縮小傾向にある中で、本学ではその専門性を維持し、特に教育に貢献することが、組織の存続意義を示す上で重要だとする考えもあるのだと思います。」と中村氏は説明する。同学では、技術職員が教育に関する依頼を積極的に受ける土壌があり、この演習に関しても、非常に協力的でほとんど全ての依頼を快く引き受けてくれたという。これまでに60名規模のCAM実習に既に対応しつつ、最近では70名程度まで対応可能になってきたというのだから技術職員の惜しみない協力体制が垣間見えると言えるだろう。





## 自主性を重んじる授業設計とその狙い

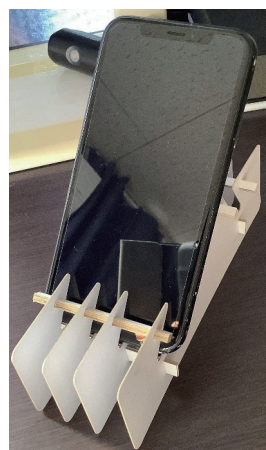
さて、改めてこのCAD/CAE/CAM 演習の内容を詳しく見てみよう。製作するスマートフォンスタンドの基本要件は、60～70度の傾斜でスマートフォンを支え、その重量に耐えられるよう仕上げることで、これに軽量化の観点、機能性、コスト、作業性、使いやすさ、デザインも評価の要素として加わる。授業期間は16週間で、2段階の設計方式を採用している。まず冒頭でツールの自習時間や有限要素法についての講義時間を2週間に渡って設けた後、第1設計として第2週目から6週間をかけてCAD/CAEを扱い、中間成果物の講評を行う。続いて、5週間かけて第2設計として再びCAD/CAEに取り組んだ後、レーザーカッターを利用したCAM工程を全員が体験する。そして、最終週に各自の作品のプレゼンテーション発表をする。学生たちはそのゴールから逆算して、目的意識をもって自分に必要な情報を見つけにいく。こうしたプロセス自体もこの授業の重要な学びの一部だという。「Fusionには、オートデスク社が提供している非常に充実した動画チュートリアルが用意されています。

授業の冒頭で、学生たちにはチュートリアルに取り組むための期間を1～2週間設けています。」と足立氏は述べる。学生たちは自然と教え合ったり、時にはFusionの共有機能を使って情報交換したり、ティーチングアシスタントのサポートを得たりして、自主的に課題を進めている。このように自ら学習計画を立てて取り組むといった自己管理能力を養うこともこの授業の狙いだという。

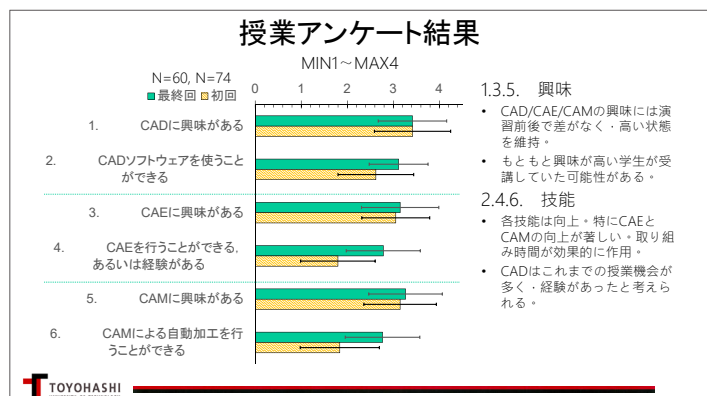
履修生の中にはこれまでCADにほとんど触れたことのない学生も含まれているという。中村氏によると、「高専からの編入生が多い学生構成ではありますが、全員が機械系出身というわけではありません。材料系の学生もいますし、普通高校から入学してくる学生もいます。」さらに永井氏は、「授業での取り組みや完成した作品を見ても、出身校による差は特に感じられません。」と続ける。学生が個人のPCを持ち、授業時間外でもFusionで手軽に作業ができる環境が整っているからこそ成り立っている側面は大きいという。また、永井氏は「Fusionは直観的に使え、学生が自分で調べれば

すぐに習得できるツール」とした上で、「手取り足取り操作を教えることが本当に学生のためになるのか、という疑問もあります。操作方法の習得は、もはや授業で時間を割いて教えるべきことではないのかもしれない。」と話す。この演習授業では、学生の自主的な取り組みや相互協力を重視した学びの「場」を提供することに注力しているという。

作品完成時のプレゼンテーション発表を行った後、教員はクラウドにアップロードされた提出資料を見て評価をする。「この授業では同じ作品は一つとしてありません。おそらく、授業の最後に自分の作品を発表する機会があること、そして何より、自分が興味を持てる課題だからこそ、オリジナルのものを作りたいというエンジニア魂が刺激されるのではないのでしょうか。」と足立氏は述べる。当初は同じ課題だと学生のアイデアが枯渇するのではないかと懸念していたものの、毎年多彩なチャレンジや工夫が凝らされた作品が生まれている。







出典：永井萌土・中村祐二・足立忠晴：「統合型CAD・CAE・CAM教育の実践と評価」, Toyohashi University of Technology, 第3セッション(Track 4), Singapore Polytechnic, 2024年9月25日, 発表ID：JP\_06



## ものづくり一貫教育がもたらす教育効果

学生自身もこの演習授業を通じてスキル獲得への自信を深めていることを示す、受講終了後のアンケート結果が興味深い。アンケートは、履修前と履修終了後に、CAD/CAE/CAM に対する興味や技能について尋ねたものだ。ツールへの興味は変わらずに高く保持されている結果だが、特にCAE やCAM の技能向上を示すスコアが著しい。どちらのスコアも4 段階中1.8 点から2.8 点へと上昇している。また、満足度は5 段階中3.8 点、授業に対する理解度は4.5 点と非常に高い結果となった。履修後に、確実に知識やスキルが着実に身につけていることを学生自身も実感できているようだ。

この演習授業の取り組みは成功事例として論文にまとめられ、日本機械学会やシンガポールで開催されたISATE (国際工学教育研究集会) で発表された。特に日本機械学会から、栄えある教育賞を授与されたという高評価を得ている。

中村氏はこの授業方法が成功した要因について次のように語る。「第一に大人数の加工に対応できるリソースがあったこと。第二に、そのリソースに適した課題を的確に設定できたこと。そして第三に、技術職員の協力が得られたこと。この3 つの条件が揃えば、他の大学でも実現は可能だと考えています。」そして、新しいカリキュラム作りに挑戦

しようとしている教職員に向けては、「まずは『学生に任せてみてください。』教員が全てを教え込むのではなく、学生自ら学ぶ『自学自修』の機会を与えることが重要です。そして、『失敗も勉強だ』と捉えること。失敗を恐れずに挑戦させてあげてほしいと思います。」と足立氏は説く。

## Fusion の特長を取り込んださらに実践的・統合的な授業展開を

Fusion の今後の活用についても話を伺った。中村氏は、「この授業をきっかけに、学内の他の設計関連の授業でも使用するソフトウェアを全てFusion

に統一しました。他の授業への展開の可能性はまだまだあると感じます。こうした授業での成功事例もあるので、今後、大学のカリキュラムが改編されるような機会があれば、可視化ツールとしてFusion をさらに広く導入するといった展開も進めやすくなるはずです。」と述べる。現在、機械工学課程ではFusion が標準的な設計ツールとして位置づけられている。足立氏も「例えば、私の授業でより複雑な現象を説明する際にシミュレーションを見せたり、学生自身がシミュレーションを体験したりと、活用の幅は広がっています。」と語る。

設計から製造までものづくりのプロセス全体を経験できる人材を求める産業界からの声は大きい。「社会のニーズを意識し、それに合わせた教育を提供することが、学生にとっても、彼らを受け入れる企業にとっても有益だと考えています。」と永井氏は話す。CAD/CAE/CAM を単一プラットフォーム上で扱えるFusion の特長を活かし、設計から解析、加工までを一気通貫で学べる環境では、より実務に近い開発プロセスを体験できるだろう。こうした実践的かつ統合的な学びを通じて、学生は単なるソフトウェア操作スキルにとどまらず、現実の制約を踏まえた設計思考・加工性評価・協働力といった実務直結型の能力を身に付けることができる。産業界の最前線で求められる「設計から製造までを理解し、自ら考えて動けるエンジニア」を育てる土台として、Fusion を活用した豊橋技術科学大学の取り組みは、学生のキャリア形成と企業の人材確保の双方にとって有効なモデルとなっている。この成功事例を基盤とした、今後のさらなるものづくり一貫教育の進展に期待したい。

Autodesk, Autodeskロゴ, Fusionは、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc., その子会社、関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。本内容および画像の無断転載・無断使用および改変を禁止します。  
© 2025 Autodesk, Inc. All rights reserved.

Autodesk, the Autodesk logo and Fusion are registered trademark or trademark of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2025 Autodesk, Inc. All rights reserved.