

平成28年度 地域志向教育研究プロジェクト推進事業 事業報告書

|                         |                                                                                                                                          |         |       |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
|                         | 6                                                                                                                                        |         |       |
| ①プロジェクト名称:              | 熱・流体解析を中心としたCAEプロジェクト                                                                                                                    |         |       |
| ②プロジェクトメンバー:            |                                                                                                                                          |         |       |
| 学部学科・所属部署               | 氏名                                                                                                                                       | 役割      |       |
| 工学部・機械工学科               | 杉本康弘                                                                                                                                     | 代表      |       |
| 工学部・航空システム工学科           | 佐々木大輔                                                                                                                                    | 共同運営担当  |       |
| 基礎教育部・基礎実技教育課程          | 藤本雅則                                                                                                                                     | 共同運営担当  |       |
| 工学部・機械工学科               | 森本喜隆                                                                                                                                     | 共同運営担当  |       |
| 工学部・機械工学科、プロジェクト教育センター  | 佐藤恵一                                                                                                                                     | 共同運営担当  |       |
| 法人本部・産学連携局・連携推進部・連携推進課  | 中山尚武                                                                                                                                     | 事務局     |       |
| 法人本部・産学連携局・連携推進部・連携推進課  | 林学                                                                                                                                       | 事務局     |       |
| ③プロジェクトへの参加者数 (補助期間終了時) |                                                                                                                                          |         |       |
| 学部1～3年次生                | 研究室所属学生 (大学院生含む)                                                                                                                         | 外部参加者数  |       |
| 18名 (授業履修者含まず)          | 19名                                                                                                                                      | 9名 (3社) |       |
| ④関連した主要授業科目名            |                                                                                                                                          |         |       |
| 授業科目名                   | 対象学年                                                                                                                                     | 必修・選択   | 対象学科  |
| 流れ学Ⅰ                    | 2                                                                                                                                        | 必修      | 機械工学科 |
|                         | 主な特徴: 機械工学の基礎をなす4力学の一つである流体力学の入門的基礎を学ぶ科目であり、流力(性能)設計において重要である。本科目では主に非粘性非圧縮性流体という理想的な流れを扱う。導入部分で実際の現象のシミュレーションを提示することでCAEの必要性を提示できたと考える。 |         |       |
| 授業科目名                   | 対象学年                                                                                                                                     | 必修・選択   | 対象学科  |
| 流れ学Ⅱ                    | 3                                                                                                                                        | 必修      | 機械工学科 |
|                         | 主な特徴: 上記流れ学Ⅰに引き続き実在流体を扱っている。流体の損失や抵抗において重要である粘性流体の流れ特徴や流体抵抗発生メカニズムについて学習しており、シミュレーション結果を提示することで理解を深められたと考える。                             |         |       |
| 授業科目名                   | 対象学年                                                                                                                                     | 必修・選択   | 対象学科  |
| 流体力学                    | 3                                                                                                                                        | 選択      | 機械工学科 |
|                         | 主な特徴: 流れ学ⅠおよびⅡで学習した内容をさらに発展させ、理論的な領域の理解を深めるとともにCFDを用いた応用的な演習を行い、CAEを一通り体験することで、設計の難しさを実感することができたと考えられる。                                  |         |       |

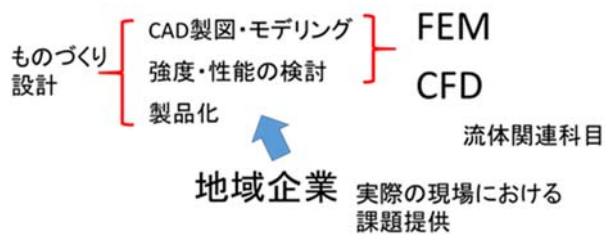
| 授業科目名       | 対象学年                                                                                                      | 必修・選択 | 対象学科            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|
| 3D解析・設計     | 3                                                                                                         | 必修    | 機械工学科           |
|             | 主な特徴:3D-CAD を用いたモデリングと FEM による構造解析を演習を通して学習する。CAE における設計および解析で用いるモデルの作成法を習得できたと考える。                       |       |                 |
| 授業科目名       | 対象学年                                                                                                      | 必修・選択 | 対象学科            |
| プロジェクトデザインⅢ | 4                                                                                                         | 必修    | 機械工学科・航空システム工学科 |
|             | 主な特徴:基礎から専門科目で学んできた内容を工学設計課程に基づき研究や設計などを行う。本プロジェクトに関してヘルメットの設計および冷却性能評価に関するテーマを取り上げ実施し、地域社会での業務の一端を体験できた。 |       |                 |
| 授業科目名       | 対象学年                                                                                                      | 必修・選択 | 対象学科            |
| 工学大意        | 1                                                                                                         | 必修    | 機械工学科・航空システム工学科 |
|             | 主な特徴:初年次において各学科での学ぶ意義などを理解する。専門分野の紹介時に実際の現場や地域社会での CAE や CFD の有用性などを実例を示しながら紹介し、当該分野への興味を広げられたと考える。       |       |                 |
| 授業科目名       | 対象学年                                                                                                      | 必修・選択 | 対象学科            |
| 数値シミュレーション  | 3                                                                                                         | 必修    | 航空システム工学科       |
|             | 主な特徴:汎用コード (SCRYU/Tetra) を用いた流体解析を演習を通して学習する。航空機設計に欠かせない翼型まわりの圧縮性流れの解法などを体験し、CFD の難しさや重要性を実感できたと考える。      |       |                 |
| 授業科目名       | 対象学年                                                                                                      | 必修・選択 | 対象学科            |
| 3D-CAD      | 3                                                                                                         | 必修    | 航空システム工学科       |
|             | 主な特徴:3D-CAD を用いたモデリングを演習を通して学習する。CAE における設計および解析で用いるモデルの作成法を習得し、CAE におけるモデリングの重要性を実感できたと考える。              |       |                 |

⑤事業概要 (800 字以上 1000 字以内)

本事業では地域の企業の抱える熱・流体的な問題を CFD (数値流体力学) をベースに、解決してゆこうとするものである。現在、企業での製品開発においては CAE (コンピュータ援用工学) が重要な技術であり、本学の機械工学科の教育プログラムにおいても重要なポイントである。

設計者は通常 CAD (近年では 3D CAD) などを用いてモデリングを行う。同時に汎用のコンピュータシミュレーションソフトを用

CAE教育

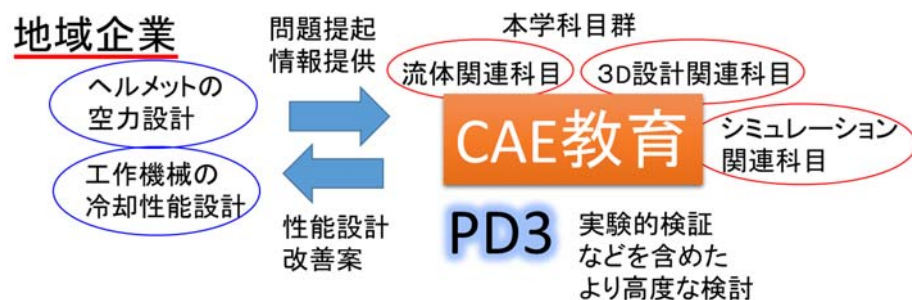


いて、強度解析をはじめとした解析を行い、コンピュータ上で修正を加えながら最終設計案を創出する。実際のものとしての形状作成を最小限に抑えることで、設計・開発期間の短縮化、コストの削減が図れる。ただし、シミュレーションはあくまでもシミュレーションであり、実現現象とのバリデーションは不可欠である。教育の場においてもシミュレーションを主体的に行う場合、学生が実現現象を意識しながら解析を行っている場合は少なく、不自然な解析結果を不自然だと感じるセンスを養う必要がある。企業の技術者であっても同じで、不慣れなシミュレーションソフトを使いこなせず、経験や勘に頼ることが多い状況である。

このような状況の下、本プロジェクトでは企業での設計における問題点と学生の学習上の問題点の両方に対して、同じ対象物に対して、それぞれの弱点を補いながら問題解決を行ってゆく。すなわち、企業におけるソフトウェアに不慣れな点および検討時間の欠如に対する問題、学生の実社会の課題と学習内容の乖離に関する問題を実現現象との対応付けを提示することによって学習意欲向上につなげる。

具体的には対象課題としてオートバイ用のヘルメットの空力特性と工作機械における冷却問題に取り組む。連携企業であるウィンズジャパンはオートバイ用のヘルメットに関して空力特性や騒音問題に対し取り組んでいる。また高松機械工業では工作機械の主軸の冷却問題に取り組んでいる。両社

とも特に熱・流体解析を設計に取り入れたいと考えており、本学の授業での取り組みとマッチしていると考える。



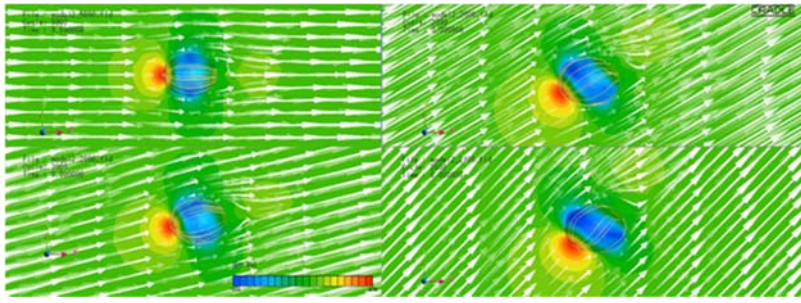
## ⑥地域志向教育研究プロジェクトの活動実績

### ① オートバイ用のヘルメットの空力設計

機械工学科流体工学研究室（指導担当：杉本、佐藤）の2名の学生がプロジェクトデザインⅢのテーマとして取り上げ、取り組んだ。機械工学科森本教授とオートバイ用ヘルメットメーカーのウィンズジャパンの技術者2名で活動を行った。ヘルメットのCADデータを基にCFD解析を行うとともに、提供いただいたヘルメットを用いて風洞実験（空気抵抗計測およびタフト法による可視化実験）を行った。企業の方とは2回のミーティングを行い、空力解析結果を報告するとともに風洞試験を体験していただき、ヘルメットまわりの流れ場について理解を深めた。（なお、先方の企業の密着取材にも協力し、民教協の「日本のチカラ」という番組で本取り組みの一部が紹介された。：

[http://www.minkyu.or.jp/01/2016/09/nipponnochikara\\_61.html](http://www.minkyu.or.jp/01/2016/09/nipponnochikara_61.html))

当該企業の担当者から「展示会などの場において本番組を見た関連企業からしっかりとした検証が設計時に行われていることに対し高評価を得た」という感想をいただいた。



解析結果の一例



企業との打ち合わせの様子

## ② 工作機械の冷却設計

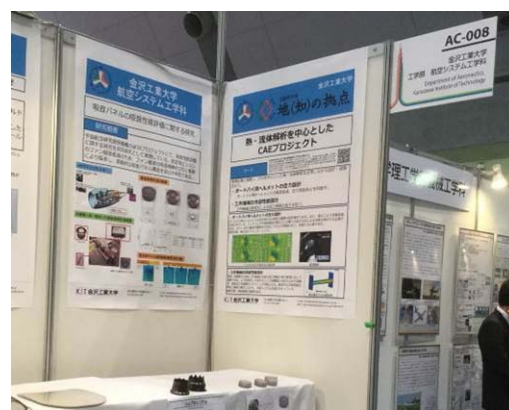
機械工学科流体工学研究室（指導担当：杉本、佐藤）の1名の学生がプロジェクトデザインⅢのテーマとして取り上げ、取り組んだ。基礎実技教育課程の藤本准教授と高松機械工業の技術者2名で活動を行った。基礎的な熱交換器のCFD解析を行っているとともに、同様の試験装置を設計・製作中であり、今年度中にはCFDの検証が可能になると思われる。また、高松機械工業を訪問し、改善に取り組む部品の提供を受けるとともに、現状把握調査を行った。本年度だけでなく今後継続して共同研究へ進展できると思われる。また、当該企業は森本教授のMaTEプロジェクトにも参加しており、杉本のCFDに関する演習にも毎年参加されており、社内でのCAE活用に利用いただいている。

## ③ 2016年国際航空宇宙展の見学

上記の2テーマの取り組みを航空システム工学科の展示と共に紹介すべく、航空システム工学科の佐々木准教授を中心に国際航空宇宙展2016（10/12-15）に出展した。10月12日（水）～15日（土）に開催された国際航空宇宙展に1年生から大学院生まで32名が参加した。同参加者はモノづくりの盛んな地域社会へのCAEの展開の可能性を念頭に置きながら展示会で様々な航空宇宙産業に関する展示を見学した。大学院機械工学専攻のモジュール授業で製作している航空機の展示に合わせ、本プロジェクトのパネル展示を行うことで、本活動内容を対外的に広く発信した。（国際航空宇宙展：<https://www.japanaerospace.jp/jp/Index>）



本学の展示ブース



本プロジェクトのパネル展示



#### ④ 解析に関する特別講演の開催

機械工学科の流体力学、航空システム工学科の数値シミュレーションの授業履修学生および昨年度まで森本教授が代表者として実施した MaTE プロジェクトの参加地元企業の技術者(参加者 5 名(津田駒工業、高松機械工業))を対象として 2 回の講演会を実施した。詳細は以下のとおりである。

12 月 2 日(金)「熱流体解析の基礎」(講師:金哲晃氏(ソフトウェアクレイドル))

12 月 6 日(火)「京コンピュータを利用した自動車空力解析」(講師:大西慶治氏(理研))

両講演会とも 150 名程度の聴講があった。



金哲晃氏の講演の様子



大西慶治氏の講演の様子

#### ⑤ 授業における CFD 解析演習

機械工学科 3 年次の流体力学の授業において CFD 演習を行った。基礎的な管内流れの解析を行うとともに工学専門実験・演習で行った実験結果との比較を行った。本解析を通して実現象のモデル化の難しさや解析結果のバリデーションの重要性を体験した。また、簡易的な自動車 3D モデルを用いて空力解析を行った。さらには自由課題をして地域社会の問題に対して CFD を用いた評価・検討・改善提案を行う課題を提示し、プレゼンテーションを行った。



CFD 解析演習の様子

航空システム工学科では、衝撃波の生じる速度域での翼型周りの解析や日常的によく使用されている定常乱流解析の実習を行い、CFD の一連の過程について学習した。最終的に自由課題として、航空分野のみならず地域社会等の身近な課題を題材にした問題を設定し、その目的に合致する CFD 解析を行う課題を提示した。実際に、ピトー管の不具合による影響の評価を CFD で解析した学生もいた。

## ⑦地域志向教育研究プロジェクトの具体的な成果

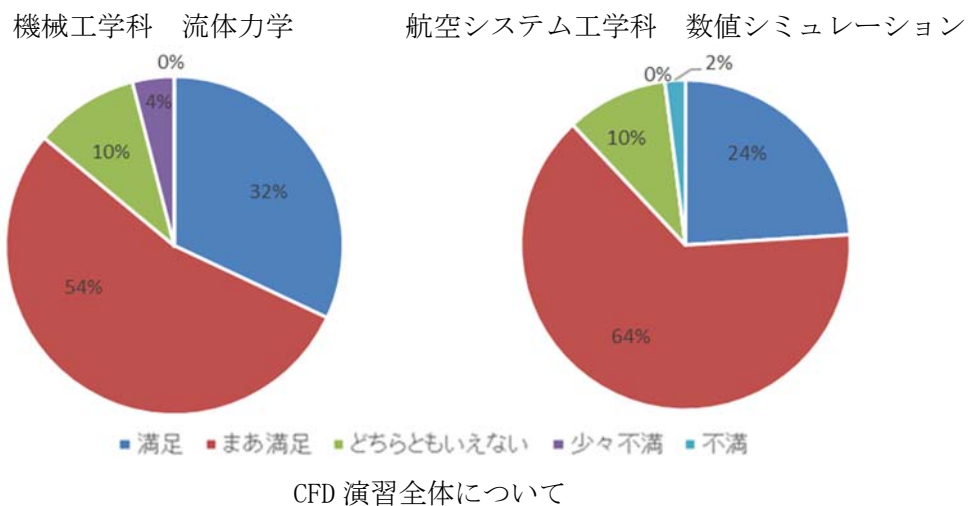
### 1. 授業における取組について

流体力学（機械工学科）および数値シミュレーション（航空システム工学科）での CFD 実習について、受講後の学生にアンケートを行った。調査内容は以下のとおりである。

- ①科目における CFD 演習全体について
- ②特別講演 1（金哲晃氏（ソフトウェアクレイドル））について
- ③特別講演 2（大西慶治氏（理研））について
- ④CFD 演習で得た学びによって、連携企業や地元地域の課題に対してどのような形で貢献することができるかについて

#### 1-1 科目における CFD 演習全体について

科目、とくに CFD 演習について 80%以上の履修者が満足している結果を得られており、実習内容としてはよい評価であった。非常に難しかったが満足というコメントがある一方、モデル化から CFD ソフトウェアへの移行においてのトラブルや CAD 室使用の時間的な制約から十分な演習時間を確保できなかったという操作手法に関する意見があった。もっと条件を変更して解析したかったという意見があるなど、課題に対して積極的に取り組んでいることが読み取れた。

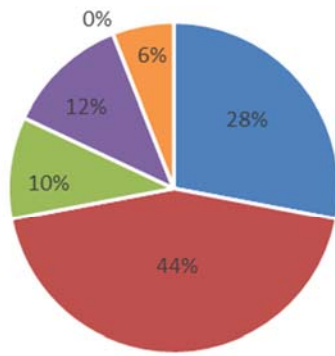


#### 1-2 特別講演 1 について

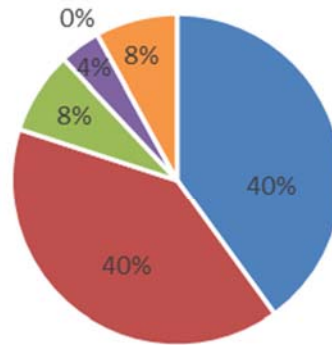
ソフトウェアクレイドルの金氏から汎用コードのベンダーの立場から、解析を行うための基礎知識や解析時の注意事項などを実例を交えて講演いただいた。多くの学生が参考になったという印象を持っているようである。聴講者から「基礎から丁寧に説明されていたため参考になった」「解析についての理解が深まった」「CFD を利用する上での留意点を知ることができた」などの感想があった。一方で「実際企業での解析・設計例を提示してほしかった」「内容が盛りだくさんなのでもっとじっくり聞いてみたかった」などの感想があった。

流体解析に不慣れな企業の方からは、結果を評価するには流体力学の知識が不可欠であり、正確な結果であるかを検討することが大変だという意見をいただいた。このような意見を学生へフィードバックすることで、CFD だけでなく専門科目の基礎を学ぶ動機付けできると考える。

機械工学科 流体力学



航空システム工学科 数値シミュレーション



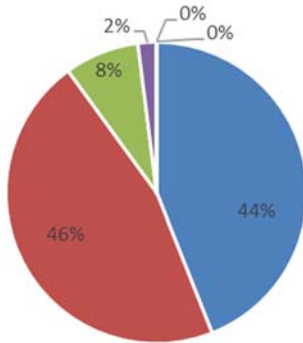
■ 参考になった ■ ある程度参考になった ■ どちらともいえない  
 ■ あまり参考にならなかった ■ 参考にならなかった ■ 参加しなかった

特別講演 1 について

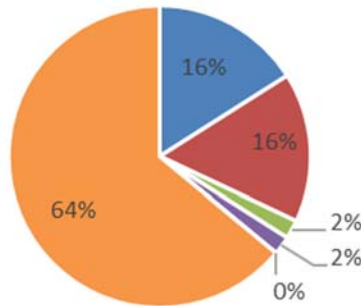
1-3 特別講演 2 について

「京コンピュータを利用した自動車空力解析」と題して大西氏（理研）から自動車まわりのシミュレーション例について講演いただいた。聴講を必修化していないこともあって聴講者数に差はあるものの、聴講者のほとんどは参考になったという印象を持っている。多数の「現在ある解析の技術が知れてよかった」「最先端の状況を知れた」などの意見があり、CAEに関する学ぶ動機付けができたと考える。

機械工学科 流体力学



航空システム工学科 数値シミュレーション



■ 参考になった ■ ある程度参考になった ■ どちらともいえない  
 ■ あまり参考にならなかった ■ 参考にならなかった ■ 参加しなかった

特別講演 2 について

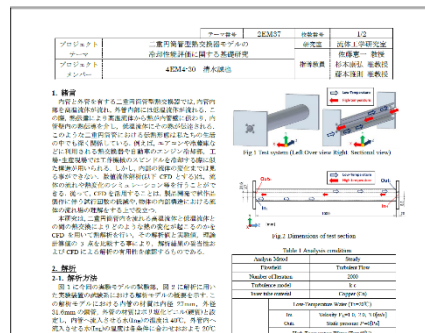
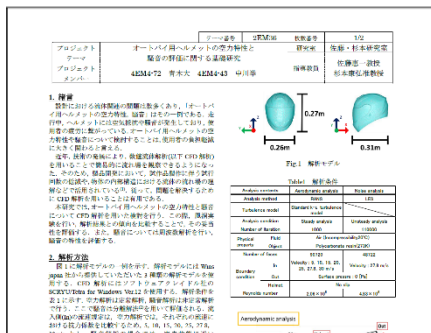
1-4 連携企業や地元地域の課題への貢献

CFD 演習で得た学びによって、連携企業や地元地域の課題に対してどのような形で貢献することができるかについての設問において「身近なものまわりの流れ解析・設計への展開に貢献できる」「機械や物体の強度設計などに CFD を利用することができ、その結果を用いて安全なものづくりをすることができると感じた」など多くの意見があった。また、抽象的ではあるが「CFD の重要性を感じると共に、それによって出された数値はあくまで参考的なものであると

認識した。また、実際に解析をしていくなかで、自分がどのようなモデルで解析まで持っていくのか、そのバランスを難しさを痛感した」「実習内容では大まかな内容だったので、まだ貢献できるようなレベルに達していない」など学習への動機づけを図れていると思われる感想を得た。学生はCAEの便利さ有用性とその難しさの両面を体験し、エンジニアとしてのさらなる成長が期待される。

## 2. プロジェクトデザインⅢにおける取組について

プロジェクトデザインⅢではヘルメットの空力性能評価および工作機械の冷却システム評価を目指したモデル解析的および実験的研究が行われた。基本的な実験や解析手法についてはある程度、確立できたと考える。次年度以降も共同して実施できるテーマや派生するテーマは積極的に取り入れ研究する予定である。担当学生は実際の企業の技術者との意見交換や実現象の解析の難しさの体験を通して、設計などものづくりの難しさや楽しさを感じ取っていたと思われる。



PD3 発表会の予稿の一例

## 3. 2016年国際航空宇宙展の見学について

国際航空宇宙展への見学を企画したところ、様々な学科から32名の参加があった。参加者は大きな展示会の見学を通して、最先端技術に関する展示スケールの大きさ、興味深い展示手法など多くの情報を手に入れたようであった。連携企業や地元地域などとのつながりや貢献に対しては明確にはできなかったようであるが、一部の地元企業の展示もあり、地域の技術が世界へつながっていることを感じ取っていたようであった。

### ⑧次年度以降の活動予定

本年度取り組んでいた①ヘルメットの設計は杉本が企業と一部連携し、②工作機械の冷却問題は藤本准教授を中心に高松機械工業と共同研究を実施予定している。特に②のテーマは実際の冷却システムの部品を借用し、より実際的な冷却問題へ取り組む予定である。

また授業においては引き続き③流体力学や数値シミュレーションの授業での演習を行ってゆく。わかりにくかった点を改善するとともに、テーマに実際の①や②のテーマを提示してゆきたい。さらには次年度より正式に立ち上がる④クラスター研究室における設計問題への適用を行ってゆく。特に、チェアスキー（足の不自由な人用のスキー）を主要なテーマとして取り上げ、様々な角度からCAE技術を適用しながら問題解決を図る予定である。