

## No.17-143 講習会 「設計力 UP! CAE 活用術」

企 画:設計工学・システム部門

協 賛:自動車技術会, 精密工学会, 日本設計工学会, 日本計算工学会, 日本シミュレーション学会

開催日:2017年 11月 15日 (水)

会 場:日本機械学会会議室 (東京都新宿区信濃町 35)

### 主旨:

3D 設計が主流となった昨今, 機械製品の設計段階において, 3D 設計データをそのまま使い, 仕様の CAE 検討を行うことが出来るようになった. 現在, 市場で入手できる CAE ツール種類も大きく広がり, 活用目的に合わせた機能を選択することが可能となったばかりでなく, FEM や CFD のオープンソースも存在し, 簡便に, 低コストで CAE 活用が可能となって来た. このように設計現場では CAE の運用コストや設計での使い易さも含めた活用方法が話題の中心となっている.

本講習会は低コスト/容易/フリーソフト等の CAE ツールを用い, 設計・開発の各現場に合わせた CAE 活用とその評価技術例を紹介するとともに, 大学教育で行われている結果の検証と妥当性確認の考え方も含め, 今後のその動向についての一助を示す.

司会 : 機械学会 D&S 部門 2017 年度産学連携活性推進委員会

委員長 内田孝尚

### <各講義 の概要 と講師 >

#### 1. 「CAE を設計者が自ら用いて行う設計仕様検討の動向」

(株) 本田技術研究所 内田孝尚

### 主旨:

3D /Digital/IT 駆使の設計・ものづくり」時代になり, 従来の範囲を超え, 高い創造性を生かした設計を行うことの出来る環境となった. その展開のひとつである CAE 駆使の創造設計 (Creative Design with CAE) はものづくり現場の検討も融合したバーチャルエンジニアリングへ成長している. それらの動

向を説明。

**講演内容：**

最初に、機械学会設計工学・システム部門 産学連携活性化委員会の方針として、3D 設計が主流となった昨今の IT/Digital 技術駆使の開発・ものづくりに関連する講習会の設定を通して、課題共有を推進することの説明を行った。21 世紀に入った頃、CAD と CAE が連携され、CAD/CAM/CAE/DMU 全体が共通 3D データ環境として成長、推進展開が進んでいることを説明。現在では、設計段階で製造検討も含めた設計仕様を決定できる環境が整った。それをバーチャルエンジニアリングとして世界中が大きな普及展開が進められている。その中心となっている図面について従来は人間が読み取る情報を入力していたのに対し、現在、機械(CAE/CAM/CMM/DMU 等の活用マシン)が情報をダイレクトに活用出来るような図面 (3D 図面ルール) 形態へ移行中である。そのため、3D 図面ルールの規格作りが大きな役割を示しており、その流れから CAE と設計の役割を述べた。

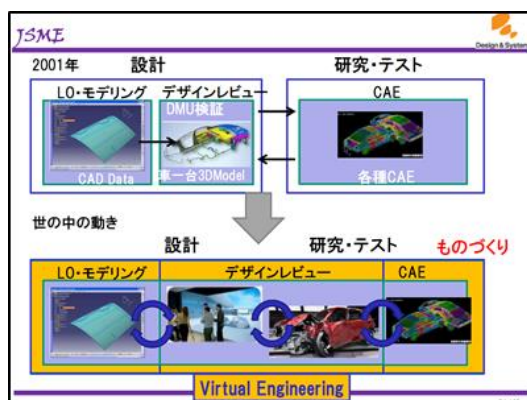
**JSME 産学連携活性化委員会 方針**

従来から進めてきた産学連携強化内容に加え、2016年度は、

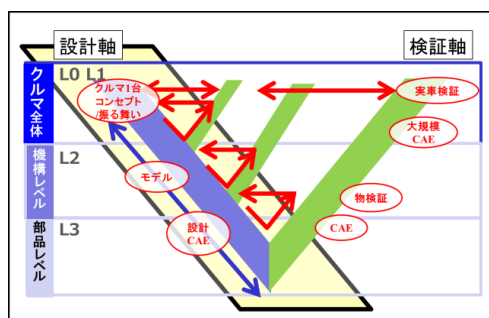
**IT/Digital技術「駆使」のものづくりと設計**  
 ～脱“Digital Divide”ニッポン～

の内容を敢えて追加し、推進を加速する。

追加内容:  
 「IT/Digital技術「駆使」のものづくりと設計」に関する世界と日本の新しい展開例を講習会という形を活用し、普及推進する。  
 特に、図面形態が3Dとなった環境での設計/開発の内容を中心に将来像を見据えたテーマ設定を行う。



	内容	基本的考え方	状況	世の中の対応	備考
Phase 1	2D図情報を3D図面内に入力するルール	従来、人が読み取っていた情報を全て3D図へ。	SASIGガイドラインとして発行済。 SASIG 3D Annotated Model Standard (2008年10月31日公開) JIS化、ISO化展開中	ほとんどの市販CADは、SASIGガイドラインに準拠していない。	Phase 1の範囲では、標準化課題は発生していない。
Phase 2	開発・ものづくりの属性情報を図面に付加	マシンが情報を活用。	3D/Digitalものづくりの新しいルール基盤として欧米を中心に展開中	日本の参加未展開中	



従来、Vフローの右側の検証軸側でのテスト、及びそのテストの代わりにCAEの活用を検証や、確認を目的に行われていた。現在、Vフローの左側の設計軸の中でのCAEによる検討、検証が広がる。この充実には3次元設計での

創造的設計検討ツールとして、CAE はより設計の必須となり、今後の設計教育の充実の中での発展を期待される

## 2. 「やさしい CAE ツール」を使った設計 CAE のご紹介」

ムラタソフトウェア株式会社 辻剛士

### 主旨：

設計段階から CAE を活用することで設計・開発の手戻りを減らし、コスト削減・品質向上に大きな効果が期待されている。

CAE を十分活用するためには設計者・開発者にとって CAE が「やさしい」ツールであることが重要で、そのためには「必要十分の解析機能」「直感的な操作性」「導入・運用コスト」の3つの条件を満たす必要がある。本講演では、設計・開発現場での解析事例を中心に、CAE の効果的な活用方法について紹介。

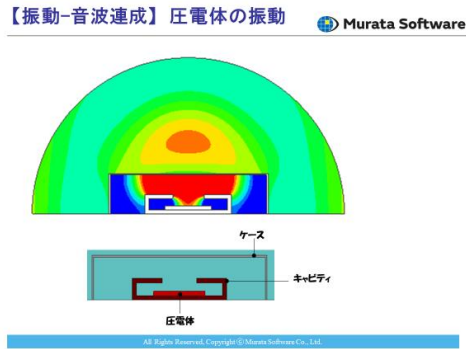
### 講演内容：

作図する前に、設計案に対して、「設計者としての仮説を確認するために使う」のが本筋である。

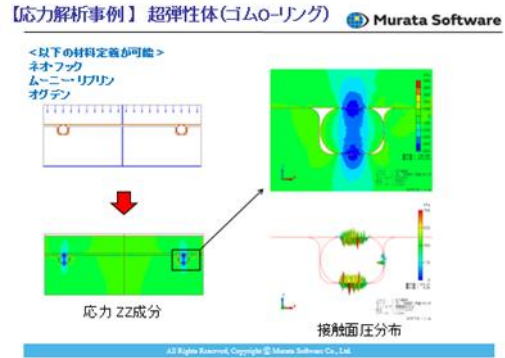
設計者自らが電卓感覚で利用するには？

→ CAE 普及の壁を克服すること！

1. 使用感 ⇒ まず使ってみようという気になってもらえるかが重要。  
徹底的に使いやすく・サポートなしでも使える
2. 分野間の壁 ⇒ ワンパッケージで機械系も電気系どちらも使える  
ソフト毎に使い方を覚える必要がない
3. 導入費用 ⇒ レンタルで導入しやすく、一年で成果が出ない場合は  
レンタル打ち切り可能
4. 共通のツール ⇒ グローバル展開可能



振動-音波連成解析事例



応力解析事例

### 3. 「SOLIDWORKS Simulation 設計検証活用例」

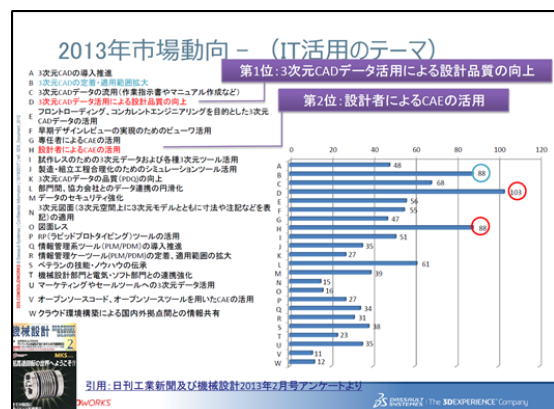
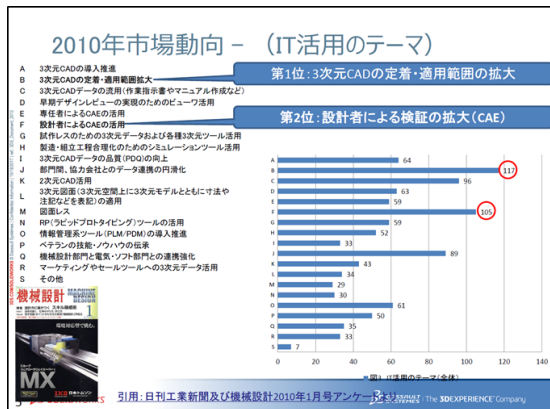
ソリッドワークス・ジャパン株式会社 島村 知子

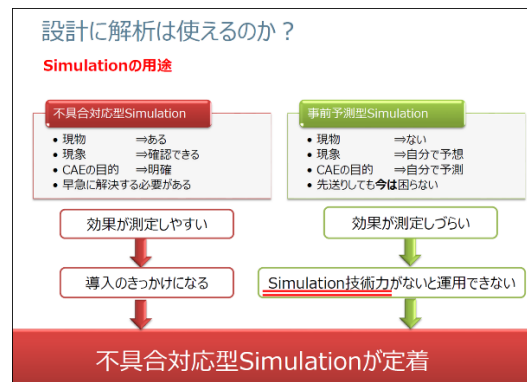
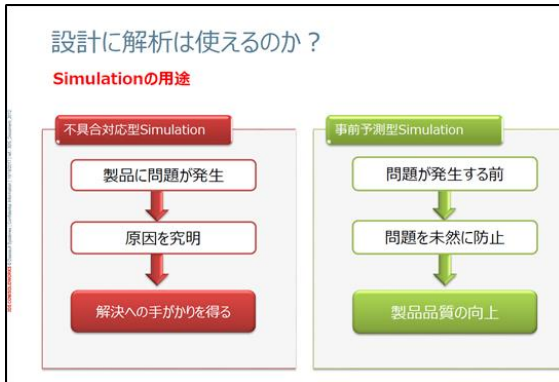
主旨：

SOLIDWORKS Simulation は、SOLIDWORKS / 3DCAD 上で有限要素法 (FEM) を用いた解析ソフトウェアである。ユーザー事例を含め、構造解析や流体解析事例について紹介する。同時にグローバル CAD ベンダーとして、世界の設計環境と設計の検討レベルの状況を説明。

講演内容：

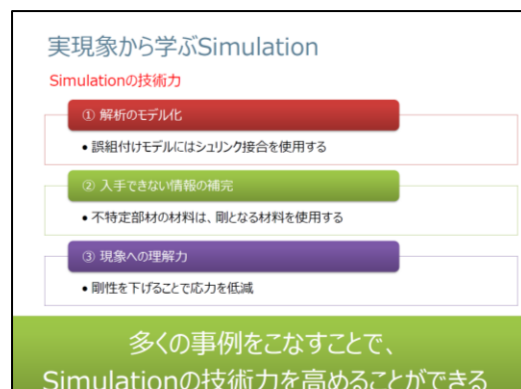
日刊工業新聞&機械設計の2010年、2013年のIT活用の市場動向アンケート結果ではそれぞれ1位は3次元CAD適用、普及 2位は設計CAEの定着、普及であり、設計がCAEを活用、検討に用いることに注目されている。





「不具合対応型 Simulation」と「事前予測型 Simulation」の活用がある。従来、現物があり、現象が確認出来、不具合を早急に解決する必要がある「不具合対応型 Simulation」が定着してきた。製品品質を向上させるための「Simulation」の定着させるための展開例を各企業の経験から説明した。

- 解析を通して「Best」な形状を見つける。⇒変形形状をコントロールする。
- 実験と解析の誤差を把握し、相対比較に徹する。
- 金型屋さんや成型屋さんとの共通言語として解析を使う
- 解析専任者から設計者への Simulation 技術教育



多くの事例をこなすことで、Simulationの技術力を高めることが出来ると結論づけた。

#### 4. 「設計者のための低コスト解析環境構築の提案」

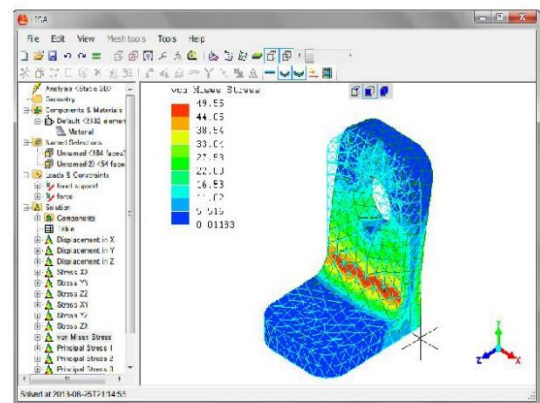
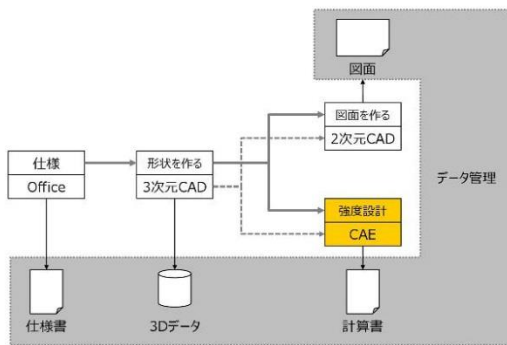
～設計者解析のトピックスも！～

株式会社 サイバーネット 栗崎彰

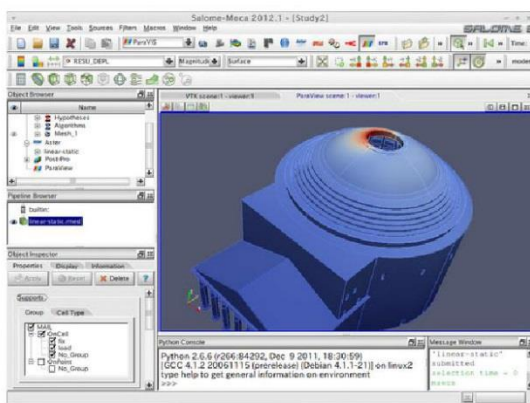
主旨：

設計者の解析では形状データの作成が必要不可欠となる。3Dプリンターの台頭によって高機能な形状作成ソフトがフリーで使えるようになり、選択肢も増えた。一方で数は少ないがWindows OS上で手軽に使える解析ソフトウェアもある。これらを統合することによって完全フリーな解析環境を構築することができる。信頼性の高い商用ソフトウェアでも結果のオーダー・エスティメーション(概算評価)が必要であり、そのための一助ともなる。このセッションでは、形状作成から解析まで完全フリーな解析環境の構築を提案するとともに、設計者が陥りがちな解析結果の評価ポイントや実用的な解析手法を解説。

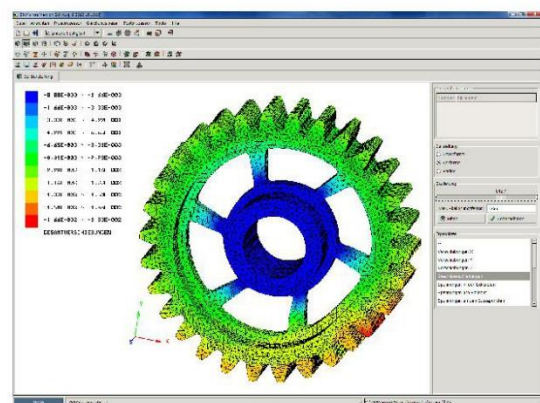
講演内容：



手軽に使えるWindowsベースの LISA



商用ソフトウェアに引けを取らない SALOME-MECHA



様々なOSに対応した Z88Aurora

構造解析の分野にもフリー・ソフトウェアの波が押し寄せており、これらは、信頼性やサポート面での不安もあるが、現場での解析には十分活用できるもの



がそろって来た。フリー・ソフトウェアは、商用のソフトウェアに比較して機能が劣ると思われがちだが、逆に有限要素モデル操作の自由度は高い。商用ソフトウェアでは容易にできないことが、フリー・ソフトウェアでは簡単にできる場合もある。このセッションでは、Windows OS 上で稼働するフリーの構造解析ソフトウェアを紹介し、実運用への有用性と限界を解説した。

構造解析ソフトウェアは CAD に内蔵され、解析はアイコン数個で実施できる。ところが現状では材料力学や有限要素法の知識がないユーザーが解析結果を鵜呑みにし、間違った構造解析を行なっていることが多い。構造解析を正しく行なうためにも、また解析結果を正しく評価するためにも必要最低限の座学力が必要であることを強調した。さらに座学をわかりやすく楽しく学べる仕組みが必要であることも解説した。

その他のトピックスとして、間違えない材料定数設定方法、ハリ要素の使い方、振動解析でわかる部品の弱点、荷重と拘束の設定方法、STL とメッシュ分割、応力特異点の特定と除去、In Process CAE の解説があった。

## 5. 「CAE を正しく使うための実践的知識と教育手法の紹介」

東京大学大学院工学系研究科 教授 泉聡志

### 主旨：

本講演では、CAE の実践において、最も重要である結果の検証と妥当性の確認(Verification and Validation: V&V)の考え方と、V&V を実現するにあたって身に付けておくべき知識の体系(力学、シミュレーション、実験)について述べる。また、東京大学工学部機械工学科で長く行われてきた有限要素法を中心とした CAE に関する講義・演習の試みとともに、講演者らが行ってきた CAE に関する社会人教育活動を紹介する。

### 講演内容：

CAE の普及にともない、CAE が本当に使えるツールであるかが問われている。ツールの高度化に対して、ユーザーの利用技術が追いついておらず、CAE の成果の信頼性が必ずしも高くないのが現実である。また、高度化・分業化にともない、解析専任者と設計技術者の間の溝が健在化しており、両者の間のコミュニケーションが課題となっている。

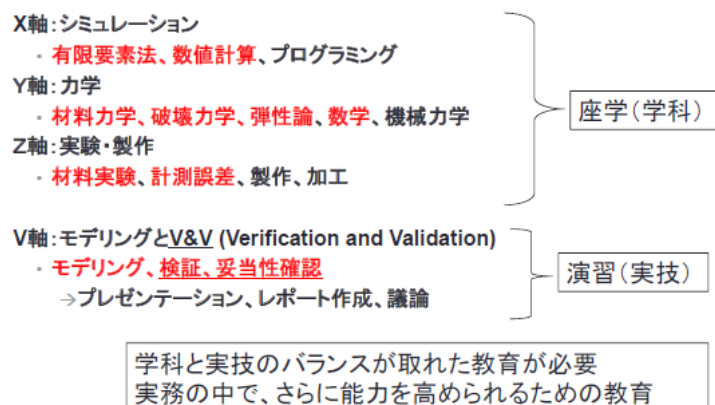
教育の側面からこの問題を捉えると、解析専任者のコミュニティーはある程

度発展しており、様々な教育の機会がある。設計技術者が学ぶべきものは、解析専任者とは異なるはずであるが、CAE に関して何を学ぶべきという点は明確になっていない。

講演者の大学・社会人教育の経験より、設計技術者が学ぶべきことは、CAE の結果の検証と妥当性の確認(Verification and Validation: V&V)の考え方と、V&V を実現するにあたって身に着けておくべき知識の体系(力学、シミュレーション、実験)であると提案している(下図)。これを座学と実践的な演習によって身に着けていくことを提案している。座学に関しては、昨今の大学教育の変化により、必ずしもすべての知識を得て卒業しているわけではないため、不足している部分は、独力で身につける必要がある。演習に関しては、業務の中でも実践できるが、仮想的な演習問題を数多く解く経験が最も有効であると考えられる。

つまり、CAE とは、単なるシミュレーションや、計算力学のことを指すのではなく、1960年代に提案された通り、CAE は計算機を使った設計であり、力学+シミュレーション+設計生産の知識が不可欠である。

### CAEを使って、ものづくりを行うための基礎的な素養の習得(XYZの学問体系とモデリングとV&V)



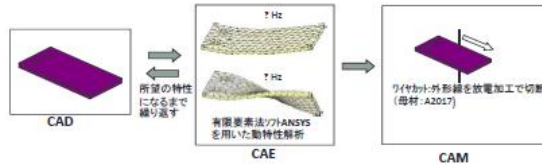
東京大学工学部機械工学科では、古くからこの体系を意識した教育を行ってきた。座学の伝統的な材料力学、有限要素法、破壊力学、材料実験など維持しつつ、有限要素法を使ったいくつかの演習を行っている。

紹介する最初の演習は揺れない梁を有限要素法で設計する演習であり、ユレ一ヌ選手権と呼ばれている。モチベーションを上げるために競技方式を取っている。演習では、CAE を使った思考実験、グループでの議論などにより実践力を高めている。



### 3. デジタルエンジニアリング (CAD/CAE/CAM) 演習 振動設計～ユレーヌ選手権 受講者 90人

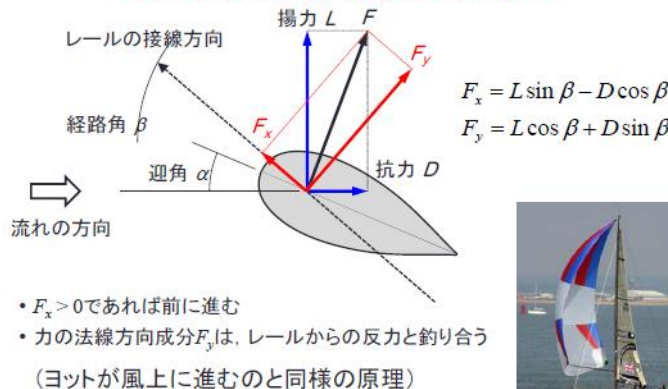
演習のコンセプト CAEを使って設計してみよう！



設計ツールとして有限要素法を使う  
 設計パラメータの探索・最適化  
 性能への影響評価  
 設計ツールとしての正しい使い方

二つ目の演習は、ヨットの進む原理を取り入れ、回流水槽の中で流れに逆らって進む翼の形状を設計するススーム選手権である。これも、ユレーヌ選手権と同じ目的で実施されている。

### 3. デジタルエンジニアリング (CAD/CAE/CAM) 演習 流体設計～ススーム選手権 受講者 90人 ～流れに逆らって進む物体形状の設計



これらの演習は操作が簡単で安価な Solidworks simulation を用いることにより、円滑に実施されている。教育プログラムの開発には膨大な時間と手間がかかるが、大学間で情報交換しながらレベルを高めていきたい。

社会人教育に関しては、問題点が多いと言える。我が国には、社会人が積極的に学習するような仕組みがない。また、海外では1週間で行われるベンダーの教育プログラムも、日本では二日で行う必要がある(二日の壁)など現場の教育に対する意識が低い。講演者らは、機械学会で CAE (有限要素法) に関する講座を開いているが、二日程度の講習会では学習の動機づけにしかない。社会人教育の高度化は、産学で仕組みを作っていくことが急務である。

## 5. 「Wrap Up」 参加者全員

16：15-16：40まで活発な質疑応答が行われた。

### まとめ：

CAEを身近に活用することをテーマに講習会を企画し、5年目となりました。日本におけるCAEの活用コストが高いことから、設計で、開発で、ものづくりの現場で仕様熟成、品質向上するために、CAEを廉価に活用出来ないかということを中心に、同じ講師の方に、毎年内容をUpdateして頂きながら進めて来た。今年は、島村様の参加で「事前予測型Simulation」の活用というテーマでの設計CAEの普及を説明して頂いた。5回続けるうちに、廉価に活用する方法にも変化が起き、CAEのライセンス料に関する考え方の変化が生じたことも事実となった。例えば、Autodeskの製品は学生・教員向けソフトウェア無償提供プログラムが存在する。ほとんど全てのソフトウェアが公開されており、過去にも学生教員対象のビジネスモデルの存在はあったが、その範囲が広範囲になったことが今までとの違いと言える。

<http://www.autodesk.co.jp/education/free-software/all>

また、FreeSoftの中には陽解放もあり、10～20年前には2～3000万円ぐらいした機能であり、時代の大きな動きを感じる。これらを講師の栗崎様が既に確認された話をされたが、解析に使うクラウドサーバーも自由に使えたとのこと。このように、たかだか、この数年間で動きも大きく変化しており、デジタル開発環境の変化の早さに驚きを禁じ得ない。昨年も述べたが、この講習会は設計が仕様検討を行う際、自由にCAEを活用したいが、活用コストが高くそれを解決する手法を考えることを主テーマに企画したので、本来の設計の仕様検討/熟成を中心とした内容に集中できる時代になったと言っても過言でない。






東大の泉先生が進めている講座の例が毎年示され、設計教育の中でのCAE活用に関する議論が充実しているのが判る。泉先生の言葉で「設計技術者が学ぶべきものは、解析専任者とは異なるはずであるが、CAEに関して何を学ぶべきという点は明確になっていない。」今後、CAE活用展開の実質的な議論になれば、より設計力強化の動きが共有できると思われる。

この4年間で大きく、環境と活用の状況が変わってきたことが実感したことを述べたが、この講習会はCAEの設計普及だけではなく、世の中の動きの定点観測も含めて、機械学会として、継続することを前提に企画を進めたい。

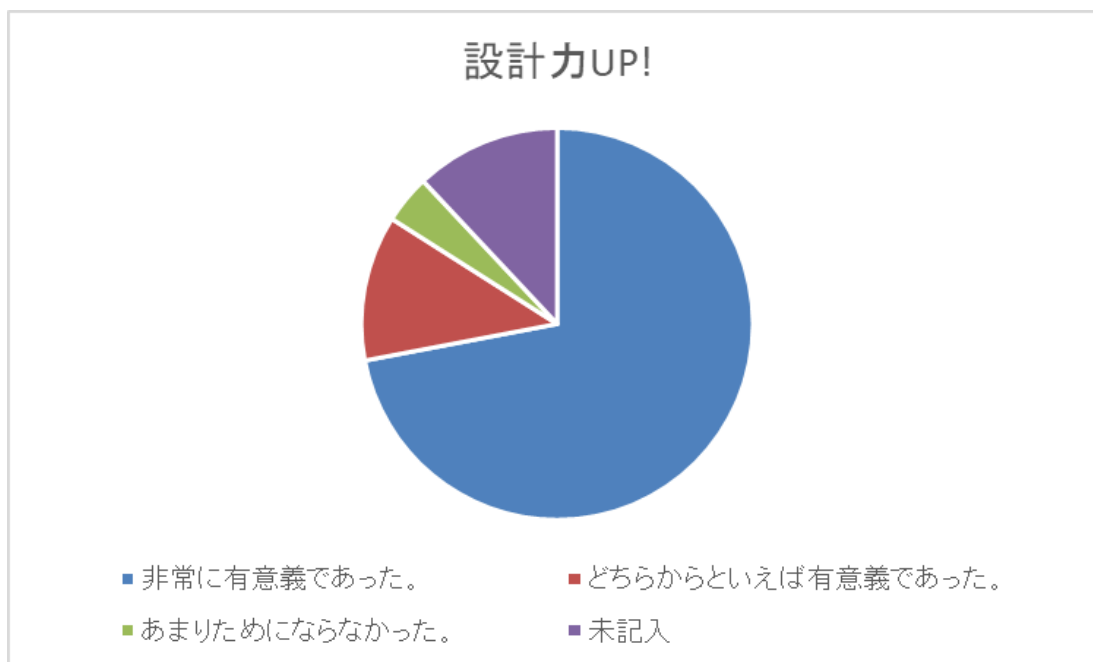
(機械学会D&S部門 2017年度産学連携活性化委員会委員長 内田孝尚)

☆ アンケート調査：

➤ 本日の講習会で特に興味深かったものはどれですか？

1.CAEを設計者が自ら用いて行う設計仕様検討の動向		12
2.「やさしいCAEツール」を使った設計CAEのご紹介		7
3.SOLIDWORKS Simulation 設計検証活用例		4
4.「設計者のための低コスト解析環境構築の提案」 ～設計者解析のトピックスも！～		24
5.CAEを正しく使うための実践的知識と教育手法の紹介		14

➤ 本講習会はためになりましたか？



会告HP：<https://www.jsme.or.jp/dsd/lectures/17-143.pdf>

(2017年度産学連携活性化委員会 内田孝尚 記)