

複合システムデザイン のためのX型人材育成

News Letter



2009年10月30日発行

大学院紹介

機械力学コア実験I、IIの教材開発

博士前期課程2年 井手下 昂史
大坪 建士郎

平成21年度前期の機械力学実験のTA（ティーチングアシスタント）を担当しました。今回のTA活動では、2重振り子の振動に関する実験と数値解析を通じて、ラグランジュの運動方程式、連成振動系の固有振動数、規準座標等の授業で学んだ2自由度系の振動に関する基本トピックスを、実験を通じてより深く理解してもらうことを目的として、新たな教材開発に取り組みました。

2週に渡る実験の中で、なにが理解を深めるポイントになるかを担当教員の林先生と一緒に教材を開発した大坪君と話し合いながら、実験装置の構成を検討し、指導内容を決定し、実験システムの構築と数値解析シミュレーションの教材を協力して作成しました。



実験結果の解析の様子

本課題で用いる教材は2重振り子の傾きをエンコーダで読み込み記録する振動計測装置です。この実験は学生6人程度のグループが6グループで実験を行います。6グループで同時に実験とシミュレーションを行えるようにするため、過去の教材で使用されていた大型の装置の基本構造をベースに、新たに小型

化した実験装置を設計構築しました。今回組み立てた実験装置を図に載せていますが、装置作成の際に苦労したのは振幅の減衰原因の究明でした。装置の多くの部分を固定していたのでどの部分が減衰の原因になっているかを、固定された部分を緩めつつ一つ一つ確認して最終的に急激な減衰が起きないように改良しました。

また、実験の1週目の内容では、2重振り子の運動方程式を理解し、その基本的現象の解明を容易にするため、運動方程式を導出する部分を重視したテキストを作成し、学生一人一人が運動方程式の導出計算を行った後、Matlabで作成された2重振り子の振動解析プログラムを実行してもらい、その挙動の解析を行う手法を取りました。振動解析を行うプログラムにはMatlabを採用していますが、Matlabを用いた数値計算を利用した教材開発では、大学院で受講したマルチフィジクス解析に関する授業でMatlabを使用した経験が大変役立ちました。教材の開発で工夫した点には、運動方程式の解法にはオイラー法と4次のルンゲ・クッタ型公式を用いた点が挙げられます。この2つを比較することにより、近似の方法による運動方程式の計算結果の違いを解析させることで、物理現象のモデル化の際の近似の重要性と意味、さらにその具体的な取り扱い時における注意点を実践的に理解させます。

さらに、第2週目に行う実験では、実際に、2重振り子の実験装置を用いて、2自由度の連成振り子の実験を行います。そのため、計算機の中に仮想的に計測およびデータ解析システムを構築することのできるLabVIEWという計測器の制御ソフトの開発環境を用いて、得られたデータのリアルタイム表示と周波数

解析を実現する計測システムの構築を行い、実験で生じる減衰などの誤差などの影響の解析が行えるようにすることで実験装置による実験結果とシミュレーションによるモデル現象の違いについて定量的に評価できるようにしました。

本実験は2重振り子の動きの解析をするという非常にシンプルなもののため実験内容も地味になりがちですが、今回はその点に留意して解析結果を逐次図示し、比較するという視覚的な変化を意識してシステムを作成しました。また、実験を行うのが2年次学生なので、授業での学習範囲に合わせて、実験時間内で十分理解可能な内容を考え、教材でカバーする内容をどの範囲、またどの水準に設定するのかについて、グループ内で何度も議論しました。

今回のTA活動を通じて私は多くのことを得ることができました。実際に実験を行う学生にどれだけ分かりやすい内容にするかという視点に立ったシステムの開発、教える立場に立って再確認した学習の進め方や解析力学の知識は今後社会に出てからも役立つと思います。通常の学生生活からは得ることのできないこの経験は私にとって非常に有意義なものでした。



実験装置

研究プロジェクト支援

統計力学的手法を用いた流れの数値シミュレーション

博士後期課程2年 清水 智大

私の研究テーマは「統計力学的手法を用いた扁平粒子分散系の流れの数値シミュレーション」です。私が所属する山本研究室では、複雑流体というニュートン流体とは異なる特異性と持った流体を取り扱っています。具体的には、界面活性剤溶液や高分子流体などの流動特性や物理現象の解明に力を入れています。私の研究は中でも、流れ場中の扁平粒子分散系の流動特性を研究してい

ます。

扁平粒子というのは球状の粒子を押しつぶしたような形状をしており、化粧品や塗料などに使われています。大きさが数 μm から数 nm 程度の粒子の分散系は、コロイド分散系と呼ばれています。これらは化学系、土木系で多くの研究が行われてきており、流れ場における分散系の流動や粘度などのレオロジー特性は、過去の研究から多くの知見が得られています。最近では、機械工学の分野においても、ナノコンポジットなどの複合材料の成型における研究や、機能性流体のコーティングなど

の自由表面流れの研究において重要な問題となっており、粒子の形状も球状だけではなく、多様な形に対する研究が要求されています。

一般的なマクロ流動解析では、構成方程式を用いて流体の特性を記述し、連続体の保存則と構成方程式を解くことにより、流れの解析が行われてきました。しかしながら、これではどの方向にどれだけの粒子が分布しているかというような流体内部構造に関する情報が消えてしまいます。そこで、流体内部構造のマイクロシミュレーションとマクロ流動解析を組み合わせた流動解析を行うことにしました。

このような流動解析を行うことにより、流体内部構造とマクロ特性を同時に評価することができるようになります。

そこで、本研究では、はじめにせん断場において、粒子の配向分布を確率的に表わす配向分布関数の時間発展方程式を解き、粒子の挙動を解析しました。工業的には濃厚系が用いられることが多いため、粒子間相互作用を平均場ポテンシャルを用いて表現し、濃厚系の解析を行い、その結果、粒子間の相互作用により、低せん断速度においても粒子配向が現れることが分かりました(図1)。次に、複雑な流れ場の問題として、コーティング問題を想定した自由表面流れを対象とし、有限要素法と確率的手法を組み合わせたCONNFESSITと呼ばれる手法を用いて解析を行っています(図2)。具体的には、マクロ特性である流速や応力とミクロ構造を示す粒子の配向をカップリングして計算を進めていきます。現在はこれらの問題を中心に研究を行っています。このような計算手法は従来の解析手法に比べて、計算負荷が高く、高性能の計算機の使用が必要になります。

数値シミュレーションにおいては、高性能なコンピュータが必要不可欠ですが、大学院教育改革支援プログラムによって、大学内で最新のクラスター計算機を使う機会を設けていただくことができました。それにより、計算効率が向上し大変快適に研究を進めることができています。

今回、大学院教育改革支援プログラムに私のテーマを採択していただいたことで、自分の研究に対する責任と意欲の向上に繋がりました。学生が捻出しにくい研究費の獲得は簡単なことではありません。そのような研究費を支援してくれる本プロジェクトは大変魅力的ではありますが、学生の時代には体験できない経費の管理と緻密な研究計画が要求され、高い主体性が要求されます。将来を見据えたそのような経験は確実に役に立つと思います。まだプロジェクトの途中ですが、支援して下さったプロジェクト関係者の方々にお礼申し上げます。

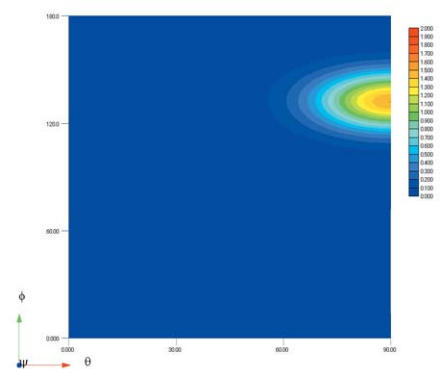


図1 せん断流下における扁平粒子濃厚分散系の粒子配向分布(せん断速度が大きいとき)

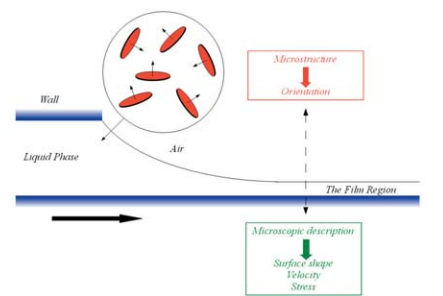


図2 自由表面流れの模式図

研究プロジェクト支援2

製品系列展開のための最適設計

博士後期課程2年 赤井 亮太

私の所属している研究室では、工学的な設計を支援するための技術に関して研究を進めており、そのなかでも私は、製品系列設計を支援するための方法に関して研究に取り組んでいます。製品系列とはある部分が共通化されている製品群を意味しており、単一製品だけを考慮するのではなく製品群全体を考慮した設計をすることによって、多様な顧客要求に対応するように製品群を効率的かつ効果的に展開することができ、間接費の原因となる様々な行為を製品群に分担・分散させることができると期待されています。しかし、設計対象が単一製品から製品群へと拡大するため設計段階で考慮すべき内容が広範で複雑となることから、優れた製品群を設計することが難しくなっています。

私の研究では、最適設計という枠組みによって製品系列を合理的に設計することを目指しています。そのためには、ある種あいまいな部分を含んでいる設計問題を数学的な問題として定義する必要がありますが、製品系列設計のように広範かつ複雑であり、顧客要求などの不確実性を含む問題では、数学的な問題として定義するための前提条件に応じて得られる設計解の内容が大きく変わることが予想されます。それを踏まえ、最適設計によって製品系列設計を支援する方法を構築するためには、その設計問題を数学的な問題としてどのように定義するのか、定義された設計問題の解をどのような方法で定量的に導くの

か、に関して研究を進める必要があると考えています。

現在、自動車などの事例をもとに製品系列がどのように展開されているかについて分析し、その様相を規定している諸因子を明らかにすることを進めています。それによって、製品系列設計問題の定性的な理解のうえで設計問題を最適設計問題として定義することができ、最適性の高い設計解が存在する領域に探索領域を絞ることができると考えています。本研究では、製品系列の展開に関して分析を進めるにあたり、製品種別ごとにその系列展開の方策に違いがあることに着目し、その違いを設計開発への投資の規模と生産量の違いに基づいて4つに分類しました(図1)。以上の結果から、製品系列設計に影響を与えている因子が、設計開発に必要な資源に関する制約、開発期間、市場環境にあるのではないかと仮説を立てるに至りました。今後、これらの因子が製品系列設計の様相に影響をどのように及ぼすかに関して数値的に検証し、それらによる影響を踏まえて、製品系列設計問題を改めて統一的な最適設計問題として数理的に表現することを行い、その設計問題において効率的に最適性の高い設計解を導くための方法について研究を進めていくつもりです。

私は実際の製品を設計した経験がないため、研究を進めていく中、自分の考えている内容が設計支援に役立つかどうか客観的に判断することが難しい場面もありました。しかし、私の研究に対して、指導教員や研究室の仲間、

学会発表での質疑などを通じて他の人から意見を頂くことでそれを判断することができたと感じています(図2)。なかでも、学生支援プロジェクトによる支援で参加することができた17th International Conference on Engineering Design (ICED)での他の研究者との意見交換はとても意義のあるものでした。

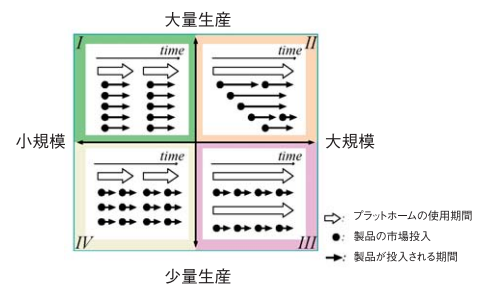


図1 4つの代表的な製品系列展開の方策



図2 研究室の仲間との議論

国際会議発表記 (アメリカ)

博士前期課程2年 水野 有智

今回、私は大学院GP学生支援プロジェクトの助成金をいただいて、2009年8月24日～27日にアメリカ合衆国のCalifornia州にあるStanford大学で開催されました、ICED (International Conference on Engineering Design)に参加してきました。ICEDは設計工学分野で最大級の国際会議であり、自分の専門であるエコデザイン以外にも設計に関係する多様な分野のセッションが存在し、設計工学という分野の裾野の広さを肌で感じることができました。



図1 開会式の様子

私は今回の会議参加で、二つのことを得ることができたと考えています。一つは英語によるアカデミックなコミュニケーション能力を身につけることに対する必要性です。私が発表したセッションはディスカッションを中心に据えた Elevator pitch presentation という形式のセッションであり、各発表者のプレゼンテーションの持ち時間は5分という大変短いものでした。このような短い時間で、(しかも英語で!)自分の研究を一通り理解してもらうために、スライ

ドの構成などの事前の準備にかなり気を使わなければなりません。また、セッションの中心となるディスカッションはプレゼンと違って事前の準備が難しく、初めての国際学会発表にして厳しい環境に、いきなり放り出されました。自分の能力を最大限発揮してプレゼンを行い、ディスカッションに参加しましたが、研究を理解してもらって有益な議論を引き出すことができたとは言いがたく、能力不足を実感させられる結果となりました。しかし、このことは逆にモチベーションの向上に結びつき、博士前期課程の残りの期間、および進学予定の博士後期課程における一つの課題を明確化することができました。

二つ目は、生の英語に触れることの大切さを実感することができたということです。外国に行くということは必然的に現地の言葉でコミュニケーションをとらなくてはならないということであり、国際会議という場においては特に、多様な人種、民族の参加者とコミュニケーションをとる機会があります。実際、私は今回の国際会議で、様々な国の人々が話すそれぞれの母国語訛りの英語を聞くことができました。近年はインターネットの発達によって、日本に居ながらにして文章のみならず英語の音声、映像にも容易にアクセスすることができるようになりました。しかし、アナウンサーの話す綺麗な英語とは少し違った、色々な国の人々が話す生の英語を聴くという機会、自分の日本語訛りの英語をなんとか相手に理解してもらおうとする機会は、実際に相手を目の前にして会話をすることでしか得ることのできないものではないかと思いました。

私は今回の国際会議で、研究室にこもって

いたのでは得られない貴重な財産を得ることができました。最後になりましたが、このような機会を与えてくださった学生支援プロジェクトに感謝の意を表明するとともに、私に続く後輩たちにもこのようなチャンスが与えられ、後輩たち自身もその機会を生かす思い切りを持つことを期待したいと思います。



図2 スタンフォード大学構内のロダン博物館にて



図3 スタンフォード大学構内の教会

教育への取り組み

プロジェクト型科目 「プロダクトデザイン」の紹介

野間口 大 助教

機械工学専攻では2006年度より大学院博士前期課程の学生を対象とした通年のプロジェクト型科目(PBL; Project-Based Learning)「プロダクトデザイン」を実施しています。この授業は、デザインの構想力や展開力、および協調作業を進める上で必要な人間力を養い、さらに、専門的応用能力を修得させることを目的とするもので、具体的には、設計方法論についての講義と、3～5名の学生でチームを組み、産業界から提供される課題に約10カ月をかけて取り組むデザインプロジェクト演習を並行して進める内容となっています。カリキュラム上は必修科目に準じる「展開科目」に区分され、学生は同時期に実施される「マルチフィジックス解析」とのいずれかを選択することになります。本年度は21名の学生が「プロダクトデザイン」を履修し、プロジェクトに取り組ん

でいます。その授業の内容について簡単に紹介します。

講義では、品質機能展開 (QFD; Quality Function Deployment)やバリューグラフ、FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)といった代表的な設計方法論が系統立てて授業されます。これらの方法論は、設計に関連するあいまいな概念を明示的に取り扱うための枠組みとなっており、その考え方にとることにより、設計を「思いつき」ではなく、問題を定義し、整理した上で合理的に進めることができます。例えば、QFDとコスト価値グラフを用いることにより、製品の各部品の価値と部品のコストの関係性を明示化して、重点的にコスト低減すべき部品を抽出することができるので、定量的なコスト低減目標を設定するなどの改善案の検討も容易になります。講義ではその他に、3次元CADやCAE、3次元スキャナ、ラピッドプロトタイプングなどのデジタルエンジニアリングツールの活用方法も紹介さ

れます。これらのツールは、授業を履修している学生がプロジェクトを進める中で利用することができるようになっています。



企業の担当者による課題説明

プロジェクトに関して、本年度は7社から課題提供があり、各課題に対応する7チームが編成されました。各チームに対して、教員および博士後期課程のTAがコーチング役を担当し、適宜アドバイスを送ります。プロジェクトの開始に先立ち、企業の担当者が、課題となる製

品を実際に学生に示しながら、課題内容の説明を行います。学生はプロジェクトを通じてその理解を深め、プロジェクトで具体的に取り組む内容を適切に設定することになります。本科目では、課題解決だけでなく、それに先立つ課題設定を特に重視しており、一学期の間は課題設定にしっかり取り組むよう学生に指導しています。学生は、講義で学んだ設計方法論の知識とともに、機械工学に関連して学習した力学をはじめとする様々な知識を駆使して、企業担当者とも連絡を取りながら自分たちで必要な情報を集め、学生間のディスカッションを通じてプロジェクトを進めていきます。その過程では、課題提供企業の工場の見学も行います。



工場見学

プロジェクトの進捗を確認するために、7月中旬に中間発表会が設定されており、学生は自分たちが行った課題設定の内容と、その解決に向けての展望を発表します。今年度は7月15日に中間発表会が行われ、プロジェクトを履修する学生と教員、課題提供企業の担

当者が参加し、活発な意見交換が行われました。10月以降は、中間発表会での議論に基づき、課題解決にむけてプロジェクトを展開していくこととなります。最終的な成果は12月16日に実施される最終発表会で発表される予定です。



中間発表会

大学院紹介

海外カリキュラム調査レポート 「ドイツ、カールスルーエ大学訪問」

山口 康隆 准教授

2008年12月1日から5日間に渡り、ドイツのカールスルーエ大学およびカイザーズラウテルン工科大学において、実習型科目などを含めたカリキュラム、特に「X型人材育成のための複合システムデザイン教育プログラム」の中核として本専攻で実施中の「マルチフィジックス解析基礎、同展開」に関連し、数値計算関連の教育に焦点を置き、講義聴講、教員へのインタビューを含めた調査を行いました。

表1 カールスルーエ大学、機械工学科の数値計算関連講義科目の抜粋

講義科目(和訳)
熱流体問題の数値解法のための差分法
数値流体力学
数値流体力学トレーニング
流体技術における数値計算法(1)
「流体技術における数値計算法」実習
メカトロニクスのソフトウェア
生産管理シミュレーション
「生産管理シミュレーション」演習
モデル化とシミュレーション
「モデル化とシミュレーション」演習
計算機を用いた力学
計算機を用いた力学I
「計算機を用いた力学I」演習
数値力学I
反応性二相流の数値シミュレーション(2)
原子シミュレーションと分子動力学
「原子シミュレーションと分子動力学」演習
科学プログラミング入門
「科学プログラミング入門」演習
力学における数学手法(3*)
「力学における数学手法」演習(*)

*のみ学部相当

紙面の都合からカールスルーエ大学(Universität Karlsruhe (TH)) 機械工学科での内容について記します。

同大学は1825年創立、ドイツ南西部に位置するヨーロッパ屈指の名門大学で、過去には、W. Nusselt、C. BenzやF. Haberなど蒼々たる面々が教鞭を執っています。表1は開講案内から数値計算と関連すると思われる講義科目の抜粋ですが、科目の組み合わせから、講義と実習をセットで要求するケースが多いことが分かります。これは学部も含めた科目全般に共通する履修形態で、座学と演習を通じて理解を深めるという理念のようです。表中(1)の「流体技術における数値計算法」を聴講しましたが、座学形式の講義で、偏微分方程式の数値解法に関し、聴講回ではそれまでに説明したRunge-Kutta法の復習から入り、陽解法、陰解法の違いなどについて、逐次学生に質問を入れながら進めていくものでした。本専攻で実施の「マルチフィジックス解析基礎」と類似した内容的ですが、実際のプログラミングは表中次行の実習で実施しており、完全に座学形式であるのが大きな違いです。いずれにしても、同大学において同様の講義の必要性を認識していることが分かります。その他いくつか聴講しましたが、いずれの講義でも日本と比較して学生からの質問が多いことを感じました。文化の違いなど様々な要因があるので、意欲の差としてしまうのは多少短絡的とは思いますが、大きな違いがあることは確かです。

履修システムは、3年間のBachelor課程とそれに続く2年間のMaster課程という構成になります。Bachelorでは、数学、連続体力学など基礎的な講義に時間が割かれ、加えて演習が必修とされる場合が多いのですが、これはドイツの場合、大学入学資格試験に合格した全ての学生が入学可能という背景から、初段階で提供される基礎的な講義の中で各自

が適正を判断し、場合によっては進路変更するというシステムであることも深く関連しています。一方で応用的側面の強い数値計算関連の講義、演習は少なく、これらはMaster課程で多く提供されています。また我が国の卒業研究、修士論文に相当する部分については、Bachelorでは3-4ヶ月程度、Masterでは6ヶ月(1セメスター)の実施で、本格的な研究は博士課程で行うという点が大きな違いです。この博士課程学生には、フルタイムの「仕事」として月額1500-2000ユーロが支給され、演習などの担当、Bachelor、Masterの研究テーマの設定など、研究教育のマネジメントが義務となり、収入と要請の両面から見て我が国における博士課程学生とは異なる立場にあります。

最後に、滞在中にご協力頂いたカールスルーエ大学のDr. Gspann、Prof. Saile、Dr. Koch、カイザーズラウテルン工科大学のProf. Urbassek、Prof. Beu、Prof. Ziegler、並びに貴重な機会を頂いた「複合システムデザインのためのX型人材育成」関係各位に御礼申し上げます。



カールスルーエ大学内の巨大なエンジン機型。通りの名には電熱工学の大家、Nusseltの名前が付けられている

大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 Tel.06-6879-4486 (事務室)

▼詳細は下記のホームページをご覧ください。

<http://www.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>