

Newsletter

東京大学21世紀COEプログラム 機械システム・イノベーション

No. **11**

2006年12月1日発行

東京大学 「機械システム・イノベーション」 3年間の歩み

肥大化した人間圏を地球と共生し得る持続的なシステムとして再構築すると共に、多様な価値観を有する人々に健康で快適な生活と安全で安心な社会を保障するために、本21COEプログラムが、新世紀に相応しい機械工学の構築を目指して研究教育活動を開始してから、早3年半が経ちました。複数専攻の教員、博士課程学生が良き相互作用を育む中で、豊かな人間生活を実現する科学技術の中で重要度の高いエネルギーとバイオ医療分野、そして機械システムの先導設計を支えるモデリング/シミュレーションの学術の分野に重点を置いて横断融合的な研究活動に取り組み、目覚ましい成果が得られつつあります。また、産官学の議論と新しい大学院教育の試行を通じて、人材育成の仕組みの改革も前進しております。これらを通じて、上述の21世紀目標の達成に貢献する拠点として、海外にもその存在を認めていただけるようになりました。

エネルギー・イノベーション分野では、我が国のエネルギー・セキュリティを目的として、主要関連企業との産学連携により、日本のエネルギー・ビジョンを公表し、これに基づき技術課題の抽出を行い、複数の基礎研究に着手しました。また、資源探査やセキュリティ監視のための革新的飛翔物体プロジェクトを発足し、名古屋万博出展やコンテスト開催など、学内外で積極的に活動を展開しております。

バイオ医療・イノベーションでは、人にやさしい医療、即ち非侵襲・低侵襲医療、あるいは遠隔診断・

治療に関する基礎研究に顕著な進展がありました。マイクロバブルと超音波との相互作用を利用し、高度な医療ロボティクス技術に組み込むことによって、新しい診断治療統合システムの開発が進んでいます。また、先端医療、例えば再生医療の実現と普及を目指し、細胞レベルでの力学的効果が細胞分化に与える影響を調べると共に、希少な細胞を末梢血から抽出するためのマイクロ細胞分離デバイスの開発研究が進んでいます。これらの活動は、平成18年度のバイオエンジニアリング専攻の新設に大きく寄与しました。

これらの独創的、かつ先進的な機械システムの設計を支援する、ハイパーモデリング・シミュレーション技術も大きく進展しています。分子レベルから連続体レベルまで幅広いスケールをまたぐマルチスケール問題、力学的、電磁気学的、化学的な複雑現象を含むマルチフィジックス問題を数値的に精度良く解析する方法を構築すると共に、超大規模計算による機械システム全体のシミュレーション、及びシステム最適化手法の開発が進められています。

本号では、本21COEにおいて生み出された多くの研究成果の中から、いくつかをご紹介します。



拠点リーダー 菅木伸英

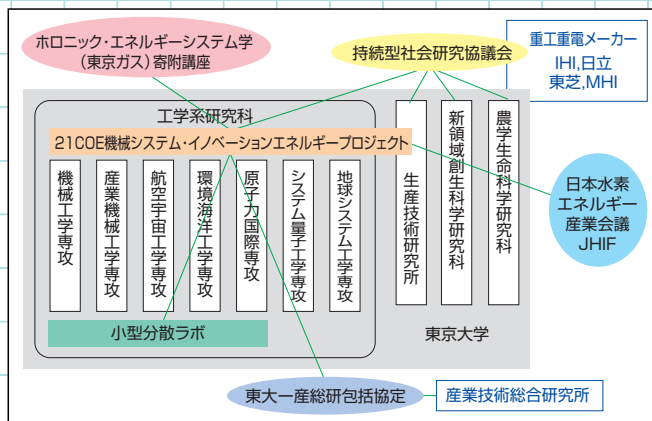
エネルギー・イノベーション・プロジェクト

持続型社会研究協議会

工学系研究科 機械工学専攻 笠木伸英, 金子成彦, 浅野浩志, 鹿園直毅

21世紀COEプログラム「機械システム・イノベーション」のエネルギー・イノベーション・プロジェクトでは、学内の専攻を越えた活動はもちろん、社会との関わりを重視し、産業界や学外とも強く連携して研究を進めています。学外との連携活動の具体例として、2004年春に発足した重工重電4社との共同活動である持続型社会研究協議会が挙げられます。持続型社会研究協議会では、我が国の長期的なエネルギー戦略についてビジョンを作成し、技術ロードマップを産学で共有することを目的に議論を行い、2030年において、エネルギー自給率、化石燃料依存率、利用率をすべて50%に向上するビジョン「トリプル50」を提案しました。並行して、ホロニック・エネルギーシステム学（東京ガス）寄附講座、産業技術総合研究所、日本水素エネルギー産業会議と共同シンポジウムを開催するなど、活発な学外連携活動を行っています。研究トピックスとしては、バイオガス熱機関や固体酸化物形燃料電池のシステム設計研究、マイクロ高付加価値エネルギー機械等、多くの研究成果が上がっています。また、2006年4月に開講した工学系研究科共通科目「エネルギーと社会」では、本COEの事業推進者も多く講師に名を連ねており、上記成果が反映された教育が行われています。

21COEエネルギー研究俯瞰図



エネルギー・トリレンマ


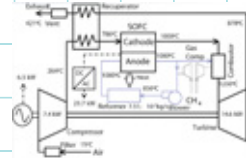
- ・自給率
- ・利用率
- ・化石燃料依存率

エネルギーシステムイノベーション

- ・大規模集中と個別分散の融合・調和
- ・再生可能エネルギー／小型分散エネルギー
- ・新たなエネルギー機械の創出

➡

- ホロニックエネルギーシステム 浅野教授
分散エネルギー資源の貢献定量化(燃料転換,再生可能導入,総コスト,...)
- バイオマス燃料対応ガスエンジン,ガスタービン 金子教授
低カロリー,組成変化
- マイクロガスタービン/固体酸化物形燃料電池ハイブリッドシステム 笠木教授
高い熱効率(>60%),燃料多様性

バイオガスエンジン
GT/SOFCハイブリッドシステム構成図

革新的空中飛行ロボットプロジェクト (Innovative Aerial Robot Project)

工学系研究科 機械工学専攻, 環境海洋工学専攻 鈴木真二, 影山和郎, 武田展雄, 河内啓二, 村山英晶

革新空中飛行ロボットプロジェクト (IARP) は、本COE「機械システムイノベーション」の発足とともに結成された連携プロジェクトです。昨年度開催されて愛地球博でのNEDOプロトタイプロボット展での6月展示を目標に、一連の小型自律飛行ロボットの開発を進め、総合試験飛行に平成17年5月に成功しました。開発された飛行ロボットの特徴は小型軽量で、緊急時の空中撮影に適していることです。その用途を開拓するために試験飛行を重ねています。防災関連としては、平成17、18年と神戸市長田区の総合防災訓練に三菱電機、京都大学と共同で参加し、地震発生直後の緊急空中撮影を想定した試験飛行を行い、また、平成17年11月には、旧山古志村での復興状況の空中撮影を実施しました。また、緊急時以外にも、自然環境の定常的な観察にも適していると考え、平成17年11月、平成18年6月には、広島県立林業技術センターで開催された小型マルチバンド撮影カメラを搭載し、広島県八幡湿原の植生の空中撮影に成功しました。技術的には、完全自動離着陸試験に平成17年4月に成功し、今後さらに活躍の場が広まると期待されます。飛行ロボットの設計・製作・試験は学生の主体で実施され、こうした活動を広げるために、平成18年1月には全日本第1回学生室内飛行ロボット大会を大田区で開催しました。参加10校22チームの中、飛行機部門で本学の学生チームが第1回優勝に輝きました。開催を重ね、国際大会に育て上げたいと思っています。万博展示機は工学部11号館の展示ホールで来年夏ごろまで展示予定ですので、ご覧いただければと存じます。

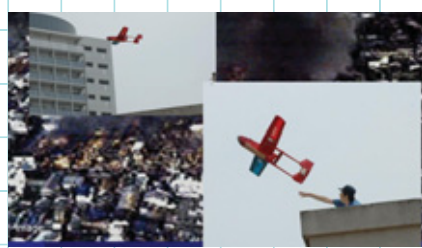


図1 神戸市長田区総合防災訓練での試験飛行



図2 自動離着陸を含む全自動飛行に成功 (2006年4月、竜ヶ崎飛行場)



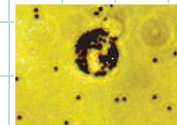
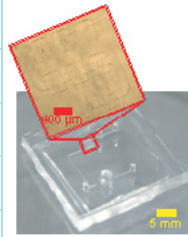
図3 第1回全日本学生室内飛行ロボットコンテストの様子 (2006年1月、大田区産業プラザ)

バイオ・医療イノベーション・プロジェクト

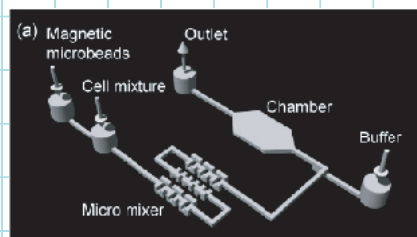
マイクロ・セルプロセッシング・システム

工学系研究科 機械工学専攻 笠木伸英, 牛田多加志, 鈴木雄二, 鹿園直毅, 古川克子

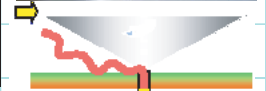
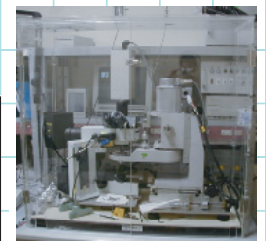
骨髄性幹細胞をはじめとする「幹細胞」の持つ潜在能力を引き出すことにより、失われた組織や機能を再生することを目的とした新しいアプローチによる医療である再生医療が注目されています。しかしながら、ヘテロな細胞集団から目的の幹細胞を分離する技術は、臨床応用できるレベルまでには確立されていないのが現状であります。そこで、特定抗原パターン化温度感受性ゲルとコーンプレートとを組み合わせた細胞分離技術、そして、MEMS技術により製作したマイクロ流路内で目的細胞と磁気ビーズを抗原抗体反応により特異的に結合させ磁気分離を行う細胞分離技術、この二つの技術をシークエンシャルに結合させることにより、微量のサンプルから連続フローの条件下においてオンラインで幹細胞を分離することを可能とするシステムの構築を目指しています。



抗体パターン化コーティング温度感受性ゲルプレート



マイクロミキサー・磁気分離システム

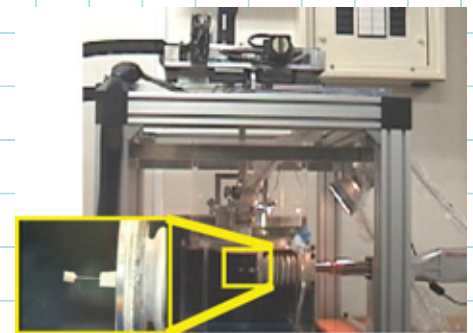


コーン・プレート細胞分離システム

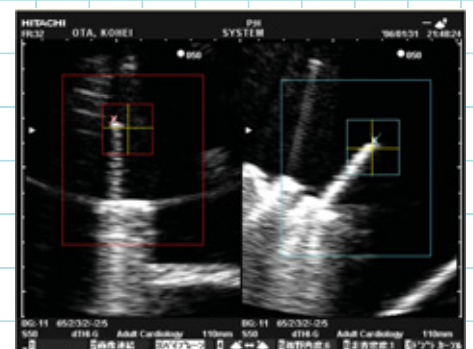
非侵襲超音波診断・治療統合システム

工学系研究科 機械工学専攻, 産業機械工学専攻 松本洋一郎, 光石衛

患者の皮膚を切開することなく患部をピンポイントに診断・治療することができる強力集束超音波 (High Intensity Focused Ultrasound: HIFU) を用いた診断治療技術は、既存の開腹手術や内視鏡手術の代替としてきわめて有望であり、近年、多くのシステムや研究が報告されています。例えば、HIFUを用いた結石破砕法の基本的な原理は、ある周波数 (3MHz) の超音波にて、キャビテーション現象によってマイクロバブルを生成し、これをまた別の周波数 (550kHz) の超音波によって結石を破壊することです。このときキャビテーション気泡が発生する大きなエネルギーによって結石が破砕されます。HIFUを利用した既存のシステムに共通する問題点のひとつとして呼吸などによる臓器の運動に対する補償が行われていないことが挙げられます。そのため、患者の呼吸を制御した状態で治療を行なう必要があり、患者や医師にとって負担の大きなシステムとなっています。そこで、本研究では、上記の問題を解決するために2方向からの超音波画像をもとに画像追跡技術を利用して患部の運動補償を行なう非侵襲超音波診断治療統合システムを提案しています。本研究で提案する非侵襲超音波診断治療統合システムとは、呼吸等により能動的に運動する患部に追従しながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、癌組織や、結石の破壊を患者の皮膚表面を切開することなく非侵襲かつ低負担で行なおうとするものです。これまでに、ヒトの腎臓の動作パターンによってモデル結石を動作させ、これに追従して動作するシステムのプロトタイプを構築し、結石破砕実験によりその有効性を確認してきました。今後、追従精度を向上するとともに、臨床を目指したシステムを構築することを目指しています。



非侵襲超音波診断治療システムの概観



超音波画像によるモデル結石のモーション・トラッキング

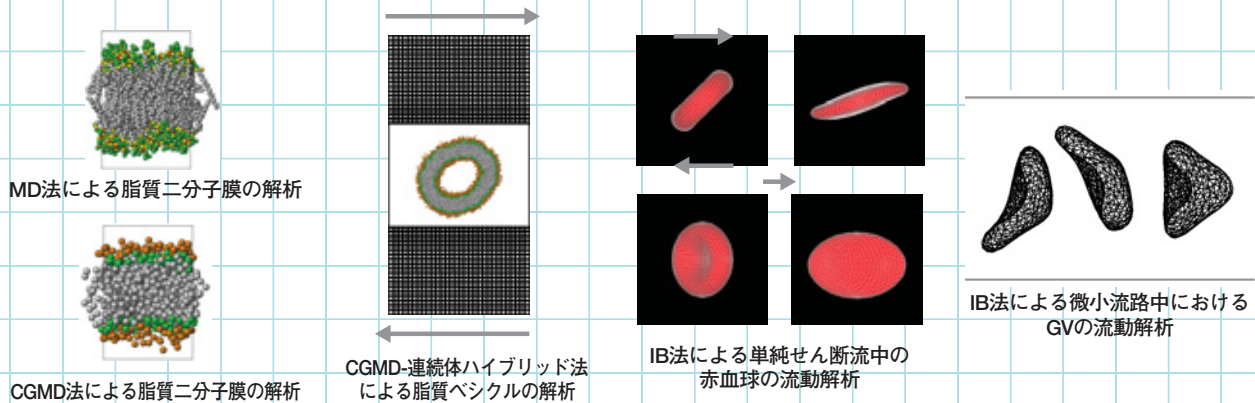
ハイパー・モデリング/シミュレーション・プロジェクト

血液微小循環系の多重スケール解析

工学系研究科機械工学専攻 松本洋一郎

人体内の血液循環に対するシミュレーション技術の開発を目指し、生体膜を介して細胞内に取り込まれる分子レベルの物質輸送から、連続体レベルでの血流・分散体間の流体-構造連成までマルチスケール性を考慮した解析を進めています。

分子スケールの現象は、膜の輸送特性や物理的特性に大きな影響を与えています。そのため、分子動力学 (MD) 法、粗視化分子動力学 (CGMD) 法、散逸粒子動力学 (DPD) 法などの分子シミュレーションを用いた脂質二分子膜の解析を行いました。また、分子シミュレーションと連続体シミュレーションのハイブリッド手法を用いて、分子を扱いながらもメソ・マクロスケールの計算も可能な手法の開発を行いました。一方で、連続体スケールにおいては、赤血球などの分散体の変形や相互作用が微小循環の流動に対して重要な役割を担っています。ここでは、分散体として赤血球やジャイアントベシクル (GV) を対象に、界面追跡法の一つであるImmersed-boundary法を用いて血流・分散体間の流体-構造連成を行いました。単純せん断流中における単一GVの実験との比較により手法の妥当性を検証し、さらに複数の分散体が微小管路中を変形しながら流動する様子をシミュレートすることに成功しました。



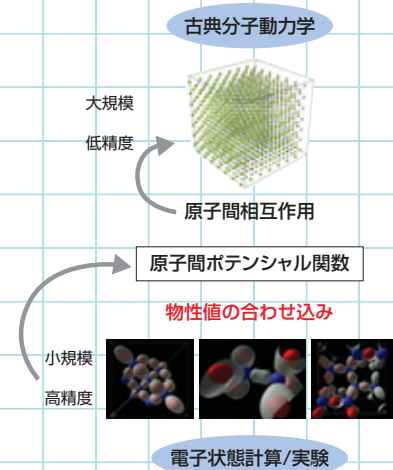
材料の力学特性のマルチスケール解析

工学系研究科機械工学専攻 酒井信介

古典分子動力学法では原子間相互作用を原子間ポテンシャル関数で記述します。原子間ポテンシャル関数は一般的に実験値や電子状態計算の結果を再現するように決定されますが、一般的な開発手法は確立されていません。本研究では原子間ポテンシャル作成するため、

1. 結合形態を良く表す関数形の決定
2. ロバスト性と計算の目的となる物性を合わせ込みデータとして使用
3. 大域的手法による最適化

上記の3段階からなる手法を開発しました。 Tersoffポテンシャルを改良し、シリコンの融点を再現する原子間ポテンシャルを開発。 SiB系のための2元系ポテンシャルを開発し、シリコン中のボロンの拡散を再現しました。 また、2元系ZrNi-EAMポテンシャルを作成し、Zr₇₀Ni₃₀アモルファス構造の動径分布関数の再現に成功しました。



共有結合系, 金属系への適用

共有結合系

固液2相シリコン原子1024個
融点算出の古典分子動力学計算
シリコンの融点温度を再現

B原子が結晶位置のSi原子をキックアウト
Si中のBの拡散を再現**

金属系

Zr₇₀Ni₃₀アモルファス構造を再現

Zr原子181個
Ni原子75個
Zr₇₀Ni₃₀
アモルファス構造

アモルファスZr₇₀Ni₃₀の動径分布関数

次世代航空機のスマート複合材構造システムを開発し、将来、純国産航空機に応用するのが夢

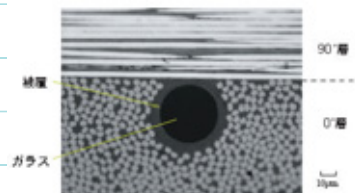
大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 兼任 工学系研究科 航空宇宙工学専攻
教授・武田展雄

●センサー付きの細径光ファイバーを埋め込んだ材料を開発

航空機には軽くて強い材料が必要です。ここに、三年で就航する航空機の尾翼、主翼、さらには胴体部分には、金属ではなく、強度を増したCFRP（carbon-fiber reinforced plastics）系の材料が使われるようになっていきます。

私が研究しているのは、損傷の程度を自らがモニタリングし、さらには修復もできるスマートマテリアル（知的材料）で、航空機や人工衛星などに用いることを目指しています。

すでに通常の3分の1の直径40 μ mの細径光ファイバーを開発し、これにブラッグ格子（FBG）を書き込んで、さらにCFRPに埋め込むことに世界で初めて成功しました。ガラスからなる光ファイバーのコア部に等間隔にブラッグ格子と呼ばれる縦縞模様を入れると、光信号のうちの特定の波長の光が反射してもどってきます。この光の波長を調べると、このブラッグ格子の部分に起こったひずみを測定でき、ひずみセンサーとして使えるのです。なお、このFBGセンサーを持つ細径光ファイバーを埋め込んでも、CFRPの強度は落ちません。



細径FBG光ファイバーセンサーを埋め込んだCFRP積層板

●常に自分の研究のオリジナリティは何かを考える

研究者になったのは、高校2年生のときに見た、アポロ11号打ち上げのテレビ中継がきっかけでした。中学生くらいまでは刑事になりたいと思っていましたが、血を見るのが怖いのであきらめました。

自分は天才肌ではなく、科学者よりも技術者が向いていると考え、材料の研究に取り組んできましたが、その間、いつも自分のオリジナリティは何かを突き詰めて考えるように心がけてきました。

若い人たちにも自分の研究のオリジナリティを常に考えてほしいと思います。今は何でもすぐにインターネットで調べることができますが、情報に振り回され、考える余裕がなくなるのが心配です。研究者は独自のストーリーを考え、人にわかりやすく説明できるようにすることが大切なのです。

そのためには語学も必要です。私自身も若いときに英語を身につけるのに大枚をはたきましたが、最も効果的だったのは、繰り返しシャドーイングすることでした。

発想に行き詰まったときには自然界ではどうなっているかを考えます。例えば竹の維管束を守る鞘は、たわむときに力のかかる周辺部に多く分布しています。このような自然物のすばらしい性質が案外ヒントになるのです。

片道1時間の通勤時の読書がいい気分転換になっています。最近おもしろかったのは『ダ・ヴィンチ・コード』。お気に入りにはフロリダ大学の同窓の作家、マイクル・コナリーのミステリーです。時間があれば日曜日に映画を見に行きます。好きなのはやはり刑事物ですね。

工学部COEでは、ほかの先生方の研究を眺めながら、協力できる場所を見つけていきたいと考えています。私自身、東大先端科学技術研究センター時代に光ファイバーセンサの研究者である保立和夫先生が隣の部屋にいたことが、現在の研究につながっています。異分野の研究者と話すことは大きな刺激になり、新しい研究分野が生まれることもあるのです。

10年後くらいには、私たちの開発したスマートマテリアルが使われた次世代航空機がお目見えするでしょう。現在製造が進んでいるボーイング787型機の構造物の約35%は日本の企業が作ったもので、ほとんどが複合材構造です。近い将来、企業と協力して、純国産の航空機を作ることも大きな目標です。



<略歴>

1977年東京大学大学院工学系研究科航空学専攻修士課程修了後、同博士課程へ進学。78年からフロリダ大学大学院 Engineering Mechanics専攻博士課程へ入り、Ph.D.の学位を受ける。その後、東大博士課程にもどり、工学博士に。日本原子力研究所高崎研究所研究員、九州大学助教授（応用力学研究所応用弾性学部門）、東京大学助教授（先端科学技術研究センター先端材料大部門「ロボチクス材料分野」）等を経て、98年から現職。

拠点リーダー

笠木 伸英 大学院工学系研究科(機械工学専攻)・教授

事業推進担当者

エネルギー・イノベーション

長島 利夫 大学院工学系研究科(航空宇宙工学専攻)・教授
 生産技術研究所(機械工学専攻)・教授
 加藤 千幸 大学院工学系研究科(原子力国際専攻)・教授
 寺井 隆幸 大学院工学系研究科(技術経営戦略学専攻)・教授
 影山 和郎 大学院工学系研究科(先端エネルギー工学専攻)・教授
 武田 展雄 生産技術研究所(環境海洋工学専攻)・教授
 浦 環 大学院工学系研究科(航空宇宙工学専攻)・教授
 中須賀 真一 大学院工学系研究科(地球システム工学専攻)・教授
 藤田 豊久 大学院工学系研究科(機械工学専攻)・教授
 金子 成彦 大学院工学系研究科(航空宇宙工学専攻)・教授
 鈴木 真二 大学院工学系研究科(航空宇宙工学専攻)・教授

バイオ・医療イノベーション

光石 衛 大学院工学系研究科(産業機械工学専攻)・教授
 鷺津 正夫 大学院工学系研究科(バイオエンジニアリング専攻)・教授
 中尾 政之 大学院工学系研究科(産業機械工学専攻)・教授
 藤井 輝夫 生産技術研究所(精密機械工学専攻)・助教授
 牛田 多加志 大学院医学系研究科(附属疾患生命工学研究センター)・教授

ハイパー・モデリング/シミュレーション

松本 洋一郎 大学院工学系研究科(機械工学専攻)・教授
 藤田 隆史 生産技術研究所(産業機械工学専攻)・教授
 宮田 秀明 大学院工学系研究科(環境海洋工学専攻)・教授
 酒井 信介 大学院工学系研究科(機械工学専攻)・教授
 吉村 忍 大学院工学系研究科(システム量子工学専攻)・教授

特任教員

山田 知典 大学院工学系研究科 機械システム・イノベーション国際研究教育センター・特任講師
 長谷川 洋介 大学院工学系研究科 機械システム・イノベーション国際研究教育センター・特任助手
 明松 圭昭 大学院工学系研究科 機械システム・イノベーション国際研究教育センター・特任助手

アドバイザー委員会

アドバイザー委員

井上 孝太郎 科学技術振興事業団・上席フェロー
 菊池 昇 ミシガン大学・教授
 木村 好次 東京大学・名誉教授
 立石 哲也 物質・材料研究機構・フェロー

機械システム・イノベーションの活動

〈公開セミナー〉

◎平成18年度第1回

日時：2006年5月15日(月) 14:00~16:00
 場所：生産技術研究所・第一会議室(Dw-601)
 題目：21st Century COE Mechanical Systems Innovation Open Seminar (IIS NonoBio Seminar/Foreign Researchers Seminar)
 講師：Dr. Vincent Senez (CNRS/IEMN)
 Dr. Taher Saif (University of Illinois at Urbana-Champaign)

◎平成18年度第2回

日時：2006年6月5日(月) 14:00~15:30
 場所：工学部7号館・72号講義室
 題目：Numerical Simulation of Mechanical Behavior of Composite Structures by Parallel Supercomputing Technology
 講師：Dr. Seung-Jo Kim (Professor, Department of Aerospace Engineering, Seoul National University)

◎平成18年度第3回

日時：2006年7月20日(木) 14:00~15:30
 場所：工学部2号館・232号講義室
 題目：Scale Your Enthusiasm: Designing Nanomaterials
 講師：Dr. Stephen O'Brien (Associate Professor, Materials Science and Engineering Department of Applied Physics and Applied Mathematics, Columbia University)

◎平成18年度第4回

日時：2006年9月22日(金) 10:00~12:00
 場所：工学部7号館・2階会議室
 題目：Introducing the Sir Lawrence Wackett Centre for Aerospace Design Technologies
 講師：Dr. Cees Bil (Associate Professor, Department of Aerospace Engineering, RMIT University)

◎平成18年度第5回

日時：2006年10月18日(水) 15:00~17:00
 場所：工学部2号館・教官会議室(2-31A)
 題目：On the Non-destructive Determination of the Mechanical Response of Engineering Materials Using Pattern-recognition and Classification Methodology
 講師：Dr. Y. M. Haddad (Professor, Department of Mechanical Engineering, University of Ottawa)

◎平成18年度第6回

日時：2006年11月2日(木) 10:30~11:30
 場所：工学部7号館・72号講義室
 題目：Influence of NDE/SHM on Aircraft Structural Design
 講師：Dr. Christophe Paget (Airbus UK)

〈国内シンポジウム〉

◎第2回ホロニック・エネルギーシンポジウム

日時：2006年7月10日(月)
 場所：浅野キャンパス武田先端知ビル・武田ホール