

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. **4**

2004年12月1日発行

エネルギー・イノベーション・プロジェクト

未来社会では安定したエネルギー需給とともに、定置型の小型分散エネルギー、情報機器や介護機器のためのモバイルエネルギーなど、生活支援のための多様なエネルギー需給モードの選択を可能とすることが望まれます。

また、エネルギーの使用に伴う環境負荷低減のため

のリサイクル技術、生活安全のための先進モニタリングシステムの構築及び、新規材料の開発、さらには海洋や宇宙の未知の資源探査を進めることも安心安全を支えるために必要な基盤技術となります。

本報では、私達の将来の生活に大きく関わるエネルギー・環境に関する基盤研究の概略を御紹介致します。

資源循環システムのためのリサイクル技術

—持続可能な社会に向けて—

リサイクル技術



工学系研究科 地球システム工学専攻
教授 藤田豊久

省エネルギー、環境を考慮した新しいリサイクル技術・環境浄化技術の開発を行っています。例えば、電子部品の電気破碎、浮遊選別・金属の浸出による有価金属の回収、プラスチックの比重選別、金属と誘電体の静電・帯電選別、磁化率を利用した磁力選別、さらにこれらの廃水処理、土壌浄化への応用等があります。資源・エネルギー・環境の観点から持続可能な社会の構築をめざします。



プラスチックの比重選別



金の浸出回収



新しい破碎と剥離
(電気破碎、爆破の利用)



静電・帯電選別



破碎された携帯電話



浮選と浮沈分離機

マイクロエネルギー変換システム

—次世代革新的モバイル電源の開発—

革新超小型ガスタービン

工学系研究科 航空宇宙工学専攻
教授 長島利夫

ラップトップや携帯電話など情報機器がプライベートに役立つように、電気、冷暖房、作業、輸送など用途のエネルギー機器まで各人が管理できれば、我々の活動の自由度は格段に広がります。日常便利なバッテリーは出力密度（質量あたりのワット）では勝りますが、エネルギー密度（質量あたりのワット時間）の点で、ロボットやUAVはもとより情報端末すら、持続稼働させるには不十分です。一方、DMFCやPEFCなど携帯燃料電池は、逆に長時間駆動は可能でも、出力密度が劣り、携帯には不向きです。その結果、両方の特性を満足する内燃機関、とりわけ単純で軽量な構造のガスタービンが有利となります。

本プログラムでは、ユビキタス未来社会に適合できる革新超小型ガスタービンの実現を目指し、超小型化適用

の限界寸法を極め、未曾有の技術課題（非断熱・低Re数ターボ流れ、燃料・予混合燃焼・マイクロ火炎、超高速回転構造・軸受・製作加工精度、制御モータ・発電機など）、さらには、波動応用のウエーブロータ要素を組込む新システムに挑戦しています。



マイクロ・ラジアルタービンの設計・試作



生産技術研究所 機械・生体系部門
(工学系研究科 機械工学専攻)
教授 加藤千幸

羽根車外径数mm程度の超小型ラジアルタービンは、二次電池や燃料電池と比較して、10倍から100倍程度高い出力密度、エネルギー密度を有するため、ノートPCや携帯電話用の小型軽量なモバイル電源としての実用化に期待が集まっています。当研究室では、ガスタービン発電機の成否を左右する、高効率な超小型ラジアルタービンの試作開発を行っています。特に、MEMS技術を利用してタービンを製作する場合、羽根車形状は二次元形状に限定されますが、二次元タービンに対する研究は過去に殆ど行われてなく、設計指針も確立されていません。そこで、本研究では、流れの数値解析を駆使して(図1)、羽根車外径40mmの高効率なラジアルタービンを設計し、試作により性能を確認しています(図2)。同時に、羽根車外径8mmの空気試験装置の開発も進めています(図

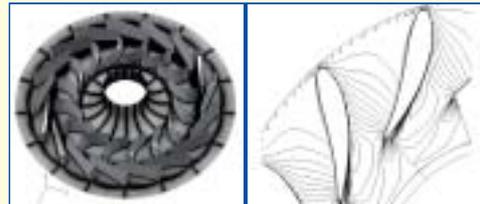


図1 二次元ラジアルタービンの内部流動解析結果



図2 羽根車外径40mmのラジアルタービン(左)と効率計測結果(右)



図3 羽根車外径8mmのラジアルタービン(左)と空気試験装置(右)

高効率燃料電池発電

—新規電解質膜の開発から電池内部の熱流動解析まで—

高分子電解質膜合成



工学系研究科 システム量子工学専攻
教授 寺井隆幸

二次エネルギー媒体として水素を利用するエネルギーシステムは次世代のエネルギーシステムとして大きな期待がもたれています。そのための重要な技術要素の一つとして、燃料電池があります。われわれのグループは、室温で起動できるという大きな特徴を持つ固体高分子型燃料電池に着目し、そのための高分子電解質膜の合成とその応用についての研究を行っています。これまでに、一般的に広く用いられているDuPont社製のNafion膜の3倍のプロトン伝導性を持つ電解質膜の合成に成功しました。さらに、プロトン伝導機構を検討するため、散逸粒子動力学 (DPD) 法を用いて高分子電解質膜中の構造のシミュレーションを行い、電解質膜内部に水分子のクラスターが形成されることを明らかにしました。

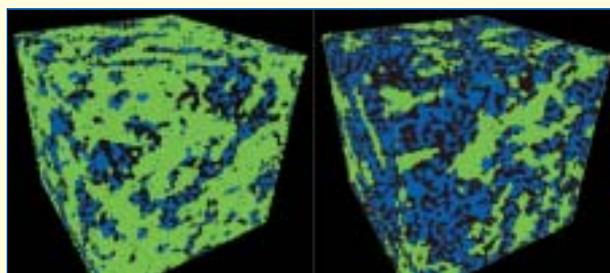
MEA (膜-電極接合体) の自作



燃料電池用高分子電解質膜の合成



白金触媒担持のカーボンシート
(電解面積 5cm^2)



PEFCを用いた水蒸気電解セルの試作と水電解試験
散逸粒子動力学 (DPD) 法による高分子電解質膜中の構造解析
(青い部分が水分子のクラスターが形成されている場所)

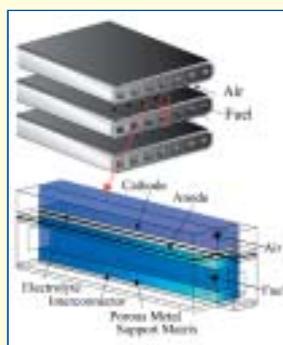
燃料電池内部の熱化学反応流の数値計算



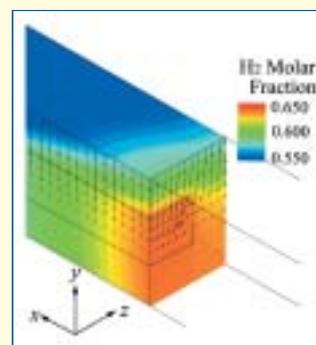
工学系研究科 機械工学専攻
教授 笠木伸英

内燃機関に代わる次世代エネルギーシステムの一つとして、燃料電池が注目されています。中でも固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は、その高い発電効率から発電所や分散電源への導入が期待されています。本研究では、セル内部の温度分布の改善・物質輸送の促進により、さらに高性能なSOFCを開発することを目的としています。

熱物質輸送と電気化学反応の連成数値解析により、セル内部の熱流動を解明するとともに、セル発電特性の評価を行います。また、解析に基づき従来のSOFCに比べ、より高い発電効率を実現できるセル形状・運転方法の提案を行います。



SOFCセルの解析モデル



セル入口付近速度及び、
水素濃度分布

次世代知的材料の開発

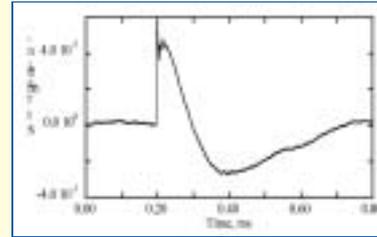
—人々の安全をサポートするモニタリング技術—

光ファイバセンシング

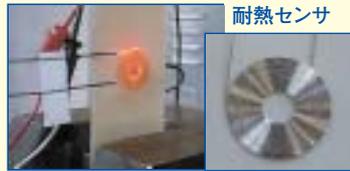


工学系研究科 環境海洋工学専攻
教授 影山和郎

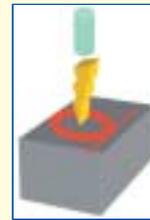
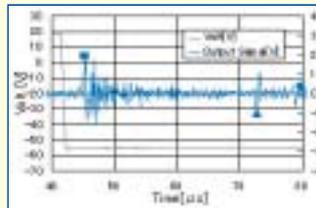
湾曲した光の導波路で生じるドップラー効果を発見し、その原理に基づいた新しい光ファイバ振動/音響センサを開発しました。この光ファイバセンサは、極めて高感度で広帯域なので、振動やアコースティック・エミッションを計測することにより、構造物や機械のヘルスマニタリングへ適用できます。耐熱性・耐久性、防爆性、耐電磁ノイズ特性や遠距離計測に優れることから、大型の土木建築構造物、大深度地下構造物やエネルギープラントなどへの応用が進められています。



炭素繊維が1本切れたときの弾性波



耐熱センサ



放電による
衝撃荷重

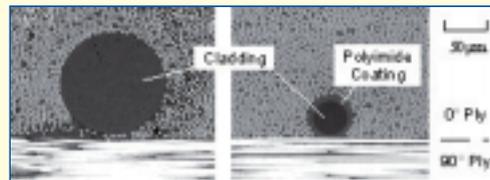
複合材料構造システムのヘルスマニタリング



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

航空宇宙機構造を中心に先進複合材料の応用が広がっていますが、運用中に発生する損傷の種類、位置、サイズを精密に同定し、構造健全性をリアルタイムで自己検知・診断する構造ヘルスマニタリングシステムが必要とされています。我々は、通常の光ファイバの1/3の直径を持つ、世界初の複合材料中埋め込み用の細径光ファイバとそのファイバ・ブラッグ・グレーディング(FBG)センサの開発を行っています。すでに、CFRP積層構造への埋め込みと衝撃損傷同定技術の実証を航空機胴体模擬構造デモンストラータ実験により行うことに成功しました。現在はさらに次世代民間旅客機への本格的な適用を目指した実用化研究へと進んでいます。また、CFRP構造化・構造ヘルスマニタリングは、再使用型ロケット用極低温燃料タンク、人工衛星構体など

の宇宙構造でも重要となっており、航空宇宙構造システム全体においてキー技術となりつつあり、当研究室では独自のアイデアにより学問的に、実用化を目指す技術開発に貢献しています。



複合材中埋め込み用細径光ファイバとそのファイバ・ブラッグ・グレーディング (FBG) センサの開発



再使用型ロケット用CFRP LH2極低温燃料タンクの飛行中ワイヤレス歪モニタリングシステム
(宇宙航空研究開発機構, IHIエアロスペースとの共同研究, 2003年10月に初めて飛行実験成功)

資源探査・宇宙エネルギー利用

—未知なるエネルギー資源を目指して—

海底資源探査



生産技術研究所 海中工学研究センター
(工学系研究科 環境海洋工学専攻)
教授 **浦環**

浦研究室を中心とした東京大学生産技術研究所海中工学研究センターは、昭和59年自律型海中ロボット(Autonomous Underwater Vehicle: AUV)の研究・開発に着手して以来、そのニーズや展開環境に合わせて様々なロボットを開発し、海洋新資源の探査、水中構造物の検査や鯨類の自動観察など、海中活動における無人化、自動化及び知能化に向け、新たな挑戦を続けています。平成15年に完工した深海知能ロボット“r2D4”は、海洋資源の自律探査や海底熱水湧出地帯の観測を主なミッションとして開発されたもので、既に様々な実海域に展開され、任された任務を全うしています。平成

15年12月の沖縄石垣島南方の黒島海丘や平成16年5月のマリアナ背弧海盆にては、メタン・ハイドレート及び海底熱水湧出地帯の全自動観測潜航に成功しています。本年5月には伊豆小笠原諸島明神礁での展開を予定しており、海底地震や火山活動との密接な係わりのある熱水湧出域の観測を通じて、貴重な関連データの収集が期待されています。



自律型海中ロボット
“R-One Robot”



“Tri-Dog1”

“r2D4”によって自動観測したRota海底火山から湧出した熱水Plume

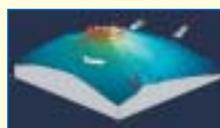


“r2D4”



Rota海底火山の観測を終えて浮上した“r2D4”

Rota海底火山及び“r2D4”による観測航跡



超小型衛星



工学系研究科 航空宇宙工学専攻
教授 **中須賀真一**

0.5kg~5kgというサイズの超小型衛星の研究開発を進めています。2003年6月には世界最小の衛星CubeSat(1kg,10cm立方)の打ち上げに成功し、1年半以上にわたり軌道上運用を続けているほか、350ml缶サイズの衛星CanSatも開発しています。1機数百億円、3~5年かかる通常の衛星をベースとした宇宙開発が行き詰っている中、はるかに低コストで迅速な宇宙開発をめざすことで、まったく新しい宇宙利用が切り拓かれることを追求します。超小型衛星には通常の衛星とは異なるアーキテクチャ、機能の実現方法、担い手が必要です。新しい衛星の概念PETSATを東大阪の中小企業と共同で進めたり、小さい衛星を大きく使う展

開技術、超小型サイズの地球観測システムの研究も行ったりしています。また、手作り衛星は学生の実践的工学教育の効果的な題材にもなっており、技術面だけでなく大規模プロジェクトのマネジメントの鍛錬の面でも大きな効果が見られています。



CanSat



CubeSat



CubeSatで得られた地球画像



5kgの地球観測衛星PRISM



パネル型衛星PETSAT

事業推進担当者

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

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
 加藤 千幸 生産技術研究所 (機械工学専攻)・教授
 寺井 隆幸 大学院工学系研究科 (システム量子工学専攻)・教授
 影山 和郎 大学院工学系研究科 (環境海洋工学専攻)・教授
 武田 展雄 大学院新領域創成科学研究科 (先端エネルギー工学専攻)・教授
 浦 環 生産技術研究所 (環境海洋工学専攻)・教授
 中須賀 真一 大学院工学系研究科 (航空宇宙工学専攻)・教授
 藤田 豊久 大学院工学系研究科 (地球システム工学専攻)・教授

特任教員

土屋健介 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
 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

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)

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 政夫 大学院工学系研究科 (機械工学専攻)・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 (環境海洋工学専攻)・助教授

ハイパー・モデリング/シミュレーション

庄司 正弘 大学院工学系研究科 (機械工学専攻)・名誉教授
 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

機械システム・イノベーションの活動(予定)

〈公開セミナー〉

◎平成16年度第8回

日時: 2004年9月10日(金) 16:30~18:00
 場所: 本郷キャンパス工学部7号館・226号室
 題目: Rotor Dynamics in Turbomachinery
 講師: Prof. Seung Jin Song (Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Seoul National University)

◎平成16年度第9回

日時: 2004年9月28日(火) 10:30~12:00
 場所: 本郷キャンパス工学部2号館・27講義室
 題目: Combustion Dynamics and Control: Mechanisms, Simulation, Modeling and Design
 講師: Prof. Ahmed F. Ghoniem (Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology)

◎平成16年度第10回

日時: 2004年11月9日(火) 14:00~15:30
 場所: 駒場キャンパス生産技術研究所・第1会議室
 題目: Bridging Molecular Constructs with the Macroscopic World: Concepts Based on a Combination of Biomolecular Self Organization and Microsystem Technology
 講師: Dr. Wolfgang Fritzsche (Department of Biotechnical Microsystems, Institute for Physical High Technology Jena)

◎平成16年度第11回

日時: 2004年11月11日(木) 16:30~18:00
 場所: 本郷キャンパス工学部8号館・84号教室
 題目: Bridging Molecular Constructs with the Macroscopic World: Concepts Based on a Combination of Biomolecular Self Organization and Microsystem Technology
 講師: Dr. Wolfgang Fritzsche (Department of Biotechnical Microsystems, Institute for Physical High Technology Jena)

◎平成16年度第12回

日時: 2004年11月22日(月) 10:00~11:30
 場所: 本郷キャンパス工学部8号館・226号室
 題目: Single Wall Carbon Nanotube Research at NASA-Johnson Space Center
 講師: Dr. Sivaram Arepalli (NASA-Johnson Space Center)

◎平成16年度第13回

日時: 2004年12月3日(金) 13:30~15:00
 場所: 本郷キャンパス工学部2号館・セミナー室2
 題目: Micro Energy Technology by means of Micro Fuel Cells, Device Integrated Solar Cells, Thermophotovoltaics and Laser Power Transmission
 講師: Dr. Christopher Hebling (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems)

◎平成16年度第14回

日時: 2004年12月13日(月) 13:30~15:00
 場所: 本郷キャンパス工学部8号館・226号室
 題目: Micro Bubble Actuator for DNA Hybridization Enhancement
 講師: Dr. Peigang Deng (Department of Mechanical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology)

機械システム・イノベーション Newsletter No.4

発行日 2004年12月1日
 発行所 東京大学21世紀COEプログラム機械システム・イノベーション事務局
 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
 TEL/FAX:03-5841-7437
 URL/http://www.mechasys.jp/