

# 理工研 News

No.66

Vol.27 2015/3 日本大学理工学部

理工学研究所長  
物理学科 教授 高野 良紀

## 研究を通しての絆づくり

皆さんもご存じのように、大学は教育と研究の場です。本学部には一年を通してたくさんの高校生が見学にやってきます。そのとき、私が直接高校生と話す機会があるときには、必ず彼らに、「大学においては、大学院生が研究のかなりの部分を担っています。そして、理工学部には他大学にはあまりないような大型の実験設備がそろっていて、大学院生は非常に恵まれた環境の下で研究に取り組んでいます。」と話します。すなわち、研究を通して教育の主要な部分がなされています。一方、研究に関しては、学内の研究費や種々の競争的資金などもありますが、先生方の努力により、この数年を見ますと、毎年、委託研究費として約100件、約2億円、研究奨励寄付金として50件、約4千万円が受け入れられ、社会のニーズに応える研究が行われています。しかし、残念ながら、マスメディアの方々には産学共同研究の場としての日本大学理工学部が見えていないのが実情のようです。理工学研究所としては、このような現状を認識し、様々な手段を利用して、本学部の産学共同研究を充実させるだけでなく、学生と社会とを繋げられるように支援するとともに、その成果を外部に対してアピールしていきたいと考えておりますので、皆様にもご協力いただければと思います。



先端材料科学センター

## CONTENTS

■理工学研究所長 挨拶	1
■平成26年度学術賞及び技術・支援賞	
1 平成26年度学術賞	
●無機固体担持試薬を用いた環境調和型有機合成反応の開発 (物質応用化学科 専任講師 青山 忠)	2
●鉄筋コンクリート造建物の損傷評価体系の構築とその応用 (建築学科 准教授 田嶋 和樹)	2
●光学計測及び反応数値解析による予混合圧縮着火(HCCI)燃焼メカニズムの研究 (機械工学科 助教 飯島 晃良)	3
2 平成26年度技術・支援賞	
●日本大学におけるインターネット環境構築と保守・運用活動、 並びに情報教育システムへの支援活動への貢献 (数学科 専任講師 栗野 俊一)	3
■研究施設紹介	
1 大型構造物試験センター	4
2 空気力学研究センター	6
3 材料創造研究センター	8
4 先端材料科学センター	10
5 環境・防災都市共同研究センター	12
6 マイクロ機能デバイス研究センター	14
7 工作技術センター	16
8 交通総合試験路	18
■第10回・第11回理工学研究所講演会	20

平成26年度  
理工学部  
学術賞

## 無機固体担持試薬を用いた 環境調和型有機合成反応の開発

物質応用化学科 専任講師 青山 忠



近年、複数の反応を一つの容器内で行うワンポット反応が環境にやさしいクリーンな合成法として注目を集めています。著者は、シリカゲルなどの無機固体表面上に試薬や触媒を分散させた無機固体担持試薬を用いた不均一系有機合成反応の研究において「担持試薬を用いた反応溶液中には別の反応場を構築できる領域が存在する」ことに着目し、この領域に複数の担持試薬を加えることで、ワンポット多段階反応の開発に初めて成功しました(図1)。この手法を用いて医薬品やその中間体として用いられるアミノチアゾール類(図2)をはじめ、多くの複素環化合物を簡便に高効率で合成することに成功しました。従来均一系反応で行われていたワンポット反応は、それぞれの反応条件を類似させる必要があるなど、その開発は困難なものでしたが我々が開発した手法は個別の反応条件を類似させる必要がなく、多様な反応系に容易に適応できるものであったために多くの合成

化学者に支持され、固体表面を利用した様々なワンポット反応に応用されるようになりました。また、これらの研究過程で、均一系反応では成し得ない酸-塩基共存反応系の開発にも成功しました。多くの研究者が同一固体表面上に酸点および塩基点を有する触媒の開発を試みる一方で、我々はユニークな発想と自らの研究成果を応用することで簡単に酸および塩基を同一容器内に中和することなく共存させて多くのワンポット反応を実現しました。

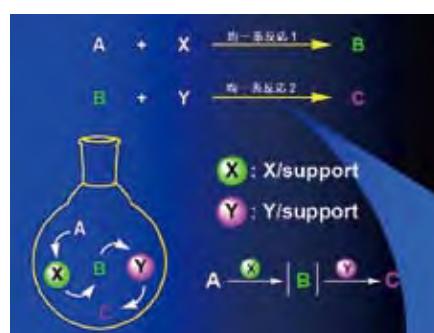


図1. ワンポット多段階反応のイメージ

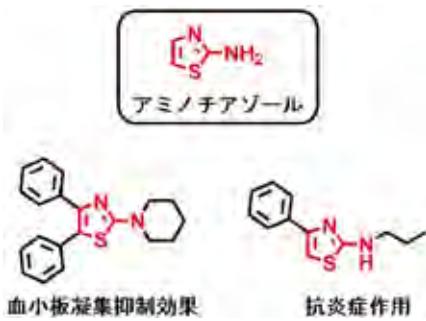


図2. アミノチアゾールとその誘導体の薬理活性

平成26年度  
理工学部  
学術賞

## 鉄筋コンクリート建造物の 損傷評価体系の構築とその応用

建築学科 准教授 田嶋 和樹



鉄筋コンクリート(以下、RC)の技術が発明されたのは19世紀半ばである。その後、RCの理論と工法が確立され、20世紀初頭には世界初のRC建造物が建設された。日本でも佐野利器らの尽力により、同時期にRC建造物が登場している。その後の約100年は、特に地震国である日本においては、地震被害から教訓を得て耐震設計法の確立を目指した時代であり、新耐震設計法の導入や耐震診断手法の開発など偉大な成果が残されている。

筆者は、21世紀前半に達成すべき次なる目標として、「RC建造物の耐震性能評価手法の確立」を考えている。具体的には、図1に示す5つのテーマを掲げ、RC建造物の真の耐震性能を様々な観点から総合的に評価する試みを始めている。大地震後の損傷評価に関する取り組みでは、建物群に対する簡易安全性評価(すなわち、都市レベルの安全性評価)から危険性が予見される個別の建物に対す

る詳細な損傷シミュレーションに至るまでの損傷評価体系(図2)を提案している。今後さらに研究を進め、大地震に伴う都市・建物のリスクを評価するとともに、経済的かつ効果的な耐震補強ならびに維持管理計画を提案可能なシステムを構築し、「災害≠不幸」な社会の実現に貢献したい。



図1. 研究のコンセプト

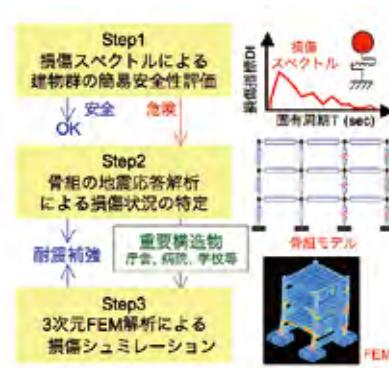


図2. 損傷評価体系の提案

平成26年度  
理工学部  
学術賞

## 光学計測及び反応数値解析による 予混合圧縮着火(HCCI)燃焼メカニズムの研究

機械工学科 助教 飯島 晃良



自動車の普及台数は、世界的には今後も増加を続けるが、現実的にはその多くが内燃機関搭載車になると考えられる。つまり、エンジンの徹底的な高効率化が急務である。内燃機関の高効率クリーン化技術として、予混合圧縮着火(HCCI)燃焼方式が注目され、世界中で研究開発がなされている。図1に、ガソリン機関とHCCI機関の燃焼可視化写真を示す。ガソリン機関は混合気を火花点火で燃焼させるのに対し、HCCIは自着火(自然発火)で燃焼させる。このエンジンを実用化させるためには、その燃焼メカニズムの解明が必要である。本研究では、独自開発の可視化エンジンや燃焼室の光学計測(図2)並びに化学反



図1. ガソリン機関とHCCIの燃焼火炎

応の数値計算等によりHCCI燃焼メカニズムを詳細に調べた。これらの成果が評価され、第58回自動車技術会賞、2008年度日本機械学会賞、2012年度日本エネルギー学会賞、2013年度小型エンジン技術国際会議優秀論文賞等の受賞に至った。今後、2014年度より開始された、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、革新的燃焼技術研究における、「高効率ガソリンエンジンのためのスパーアーリンバーン研究開発」の研究チームへの参加を通じ、世界最高レベルの内燃機関の研究開発プロジェクト活動に活かしていきたい。

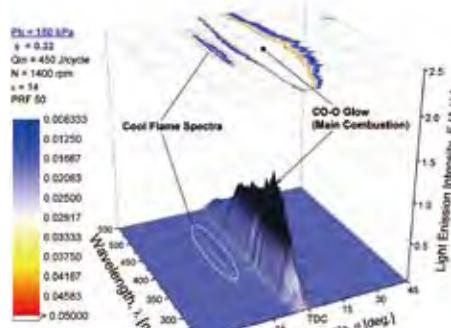


図2. HCCI燃焼の発光スペクトル解析例

平成26年度  
理工学部  
技術・支援賞

## 日本大学におけるインターネット環境構築と 保守・運用活動、並びに情報教育システムへの 支援活動への貢献

数学科 専任講師 栗野 俊一



インターネットが、一般的になったのは、1993年のMozaicブラウザの公開が契機とされています(図1)。日大がIP接続するのは、その前年の1992年の事で、同年設立されたメディア科学研究所に赴任したばかりの私が、その作業に当たることになったわけです。それが縁で、気が付いた時には、理工学部内はもちろん、日大全体のネットワーク環境構築に係る事になっていました。

何もない所に一から作り上げるわけですから、ケーブル作成から、サーバ構築、ネットワーク設計から対外組織との交渉まで、ネットワークに関係する、ありとあらゆる事に係る事になりました。初めて経験する事も多く、今から考えれば、笑い噺のような事も沢山あります。しかし、その甲斐もあり、学内には次第に施設が築き上げられ、その価値も認知されるようになり、2000年の情報教育研究センター設立とともに、公のサービスとしてネットワークが

提供されるようになったわけです。

このような形で、理工学部に貢献できた事は誇りに感じております。そして、もちろん、これらの作業は、多くの方々、特に、当時のネットワーク管理者グループであるCST-NOCのメンバとの共同作業の結果であり、今回の受賞も、その代表として頂いたと考えております。

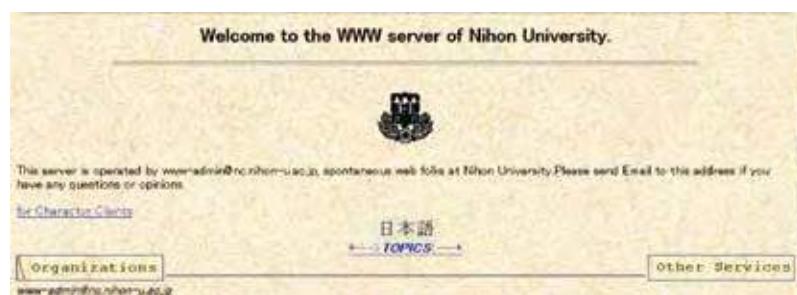


図1. 1996年当時の日大HP

# 大型構造物 試験センター

連絡先…担当者／菊池 靖彦

電話：047-469-5362

E-mail : office@str.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.str.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

30MN大型構造物試験機、テストフロア、多入力振動試験装置、

水平加力装置（建研式加力装置）、構造物疲労試験機、棟外試験場

## ●イベント情報

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング

## 30MN大型構造物試験機を利用した実験

海洋建築工学科 中西・北嶋研究室

### ●高強度長方形断面CFT柱の圧縮性能に関する実験的研究

CFT（コンクリート充填鋼管）構造は高強度材料の普及により、超高層を中心とした大規模な建築物の高軸力を負担する柱材として数多く採用されてきた。これらCFT柱の多くは角形断面（正方形断面）もしくは円形断面であり、角形断面では溶接組立箱形鋼管や冷間コラムが使われている。この溶接組立箱形鋼管では4枚の鋼板を溶接するため、柱断面の幅とせい、フランジとウェブの板厚を変えることにより、より合理的なCFT柱を設計できると考えられ、近年では長方形断面のCFT柱も実際に採用されている。しかしながら、長方形断面CFT柱に関する実験データは乏しいのが現状である。

本研究では長方形断面CFT柱の圧縮性能を検討することを目的として、文献調査を基に鋼管の断面形状・幅厚比・鋼管耐力比をパラメータとして長方形断面CFT柱および正方形断面CFT柱の中心圧縮実験を実施した。また、全てのCFT柱試験体の外形寸法に対応するコンクリートのみの実験（プレーンコンクリート柱実験）および鋼管のみの実験（中空鋼管実験）に加え、プレーンコンクリート柱のコア供試体を用いた試験（コア供試体圧縮試験）を同時に行つた。実験結果から、長方形断面CFT柱の軸圧縮耐力は累加強度で評価できること

を確認した。しかし、最大耐力後の軟化勾配は、正方形断面に比べ脆性的であることがわかった。



写真1. 長方形断面CFT柱の圧縮破壊状況

## テストフロアを利用した実験

建築学科 岡田・宮里研究室

### ●靭性型木造面格子壁の基本的構造特性に関する研究 —構造設計上の課題の分析と設計手法の提案—

相欠き加工した木材を格子状に組み上げた面格子壁は、木造住宅の耐力壁や寺社・文化財等の耐震補強として数多く使用されている。当研究室では面格子壁のめり込み特性に着目し、高い韌性に期待した木造面格子壁の研究が進められている。面格子壁に関する既往の研究は初期剛性の向上による壁倍率の向上を目指したもののが大部分であり、既に数多く行われている。一方、本研究で対象としている面格子壁は格子間隔が粗く、脆的な破壊を生じさせず、接合部のめり込みを卓越させることで変形性能を確保することを目的としている。

以上を踏まえ、本研究は相欠き仕口の「めり込み」の特徴を生かして、韌性に富む、つまりエネルギー吸収性能が卓越する面格子壁の仕様の分析を行うため、格子間隔、断面寸法、材種

の違いが面格子壁の構造性能に及ぼす影響について定量的な把握を行ったものである。実験は面格子壁の破壊モード及び終局変形角等の諸性状について把握するため、材種、仕口部の切欠き深さをパラメータとし、面格子壁せん断試験を行つた。実験結果より材種と仕口部の切欠き深さは面格子壁の剛性・耐力・破壊性状に大きく影響を及ぼすことが把握された。



写真1. 木造面格子壁の実験



写真2. 相欠き仕口部のめり込み

## テストフロア：水平加力装置を利用した実験-1

海洋建築工学科 中西・北嶋研究室

### ●長周期地震動を受ける超高層RC造建物の柱梁接合部の性能に関する実験的研究

2011年東北地方太平洋沖地震では、首都圏においても長周期成分が卓越した地震動により、超高層RC造建物（以後、超高層RC）が継続時間の長い大きな揺れを経験した。今後も東海・東南海・南海地震等巨大地震の発生が危惧されており、長周期地震動が超高層RCの応答性状に与える影響を明らかにすることは急務といえる。

本研究では、長周期地震動を受けた超高層RCの柱梁接合部を対象として、地震継続時間が数10分にも及ぶことを想定し

た大変形での多数回繰り返し載荷による静的載荷実験と動的載荷実験を行った。実験対象とする柱梁接合部は試設計した30階建ての超高層RCの中間階の接合部である。一般的に耐震設計では、梁降伏先行型の全体層崩壊機構は望ましい崩壊機構とされているが、本実験は多数回の繰り返しによる接合部の梁主筋の付着性能の劣化が、梁降伏先行型のエネルギー吸収能力に及ぼす影響を調べることを目的としている。



写真1. 接合部実験加力装置

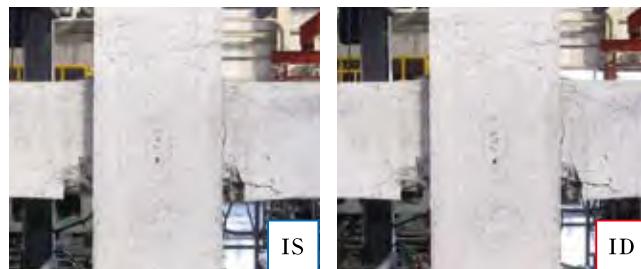


写真2. 静的載荷と動的載荷実験の最終破壊状況

## テストフロア：水平加力装置を利用した実験-2

建築学科 石鍋研究室

### ●間柱型低降伏点鋼パネルダンパーの実験

高層建物では、比較的廉価でメンテナンスの容易さから間柱型低降伏点鋼パネルダンパーが数多く採用されている。このようなダンパーは供用開始時点における軸力、軸ひずみを小さくするべく施工手順の配慮がなされるが、その管理レベルは明らかでなく工程管理上の難点となっている場合がある。

今回の実験は、水平加力装置を用いて比較的高い軸力下でのせん断型パネルダンパーの漸増繰り返し載荷を行うものであるが、パネルの鉛直変位を拘束しつつ水平荷重を作成させていることが特徴である。これは、ダンパーが設置されるR

C造の躯体によって鉛直変位が拘束されることを想定したものである。

具体的な制御方法は、水平荷重を作成させることによりパネルの鉛直変位が0.05~0.1mm生じたときに鉛直ジャッキを操作してゼロに戻し、水平載荷を再開するという手順とした。

軸力レベル、パネルの幅厚比等をパラメータとして10体の実験を行ったが、鉛直変位が拘束されれば、比較的大きな圧縮軸力を受けていてもQ-γ履歴（エネルギー吸収能力）は、無軸力時とおおよそ同等である結果となった。



写真1. セッティング状況

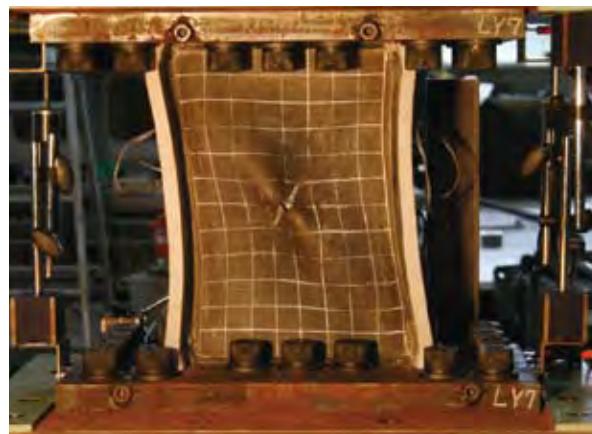


写真2. 実験終了状況の一例

# 空気力学 研究センター

連絡先…担当者／安部 建一

電話 : 047-469-5361

E-mail : abe@aero.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.wtl.ist.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

6分力天秤(貸出不可)、煙風洞(貸出不可)、3分力吊線天秤(貸出不可)、熱線風速計、スキヤニバルブ、ストロボスコープ

## ●イベント情報

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング

## 強風時や車両の衝突時でも その場に留まる「ステイicone」の開発

交通システム工学科 准教授 安井 一彦

首都高速道路上の工事規制の際に使用されている規制コーンが、強風で飛ばされたり、通過車両の接触により倒されたり、車両下面に巻き込まれ数キロ持ち去られる事例が年間多数発生しており、飛散した規制コーンに高速車両が接触するという事故の懸念が高まっています。

そこで、車両衝突時にはベースが割れ、強風時には上部が折れることにより、その場に留まることで、従来のコーンよりも飛散による危険性が低い「ステイicone」を産学共同で開発し、風洞実

験および交通総合試験路における衝突実験を通して、その性能の検証を行いました。



写真1. 風洞での耐風力試験



写真2. 試験路での衝突試験

## 垂直軸型風車をモデルとした 回転体の後流速度場の研究

機械工学科 教授 松本 彰

機械工学科 助教 関谷 直樹

## ●ブレード数の違いによる後流速度分布の変化

当研究室では回転体としての風車のまわりの風環境が大きく変わるとする問題に視点を当て、実験的研究を行なっている。垂直軸型風車は、風の指向性がないため、小型であれば街中での立地も十分可能である。このため、より一層風車周りの風におよぼす影響に気を配る必要があると考えられる。

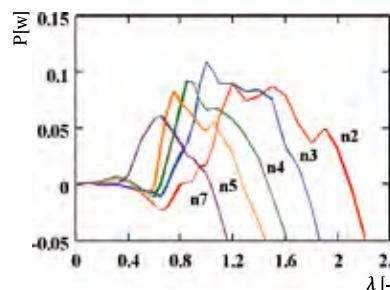
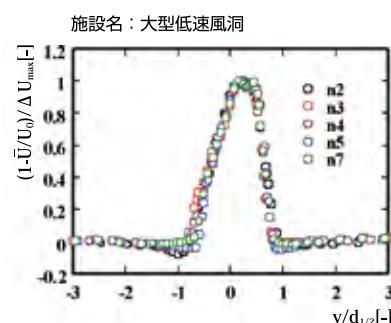
昨年までは直径200mm、高さ200 mm、ブレード数3、翼型NACA0018の風車モデルを使用し、トルク計測と後流の速度場の詳細な熱線計測を行ってきた。これらの結果をまとめ日本機械学会論文集1)に投稿し、受理された。

今年度から本研究の第二段階として、風車モデルのブレード数(ソリディティ)を変えて(図1)、風車効率と後流速度場の関係を明らかにすることに着手した。

図2は周速比 $\lambda$ に対する風車パワーPの変化を、ブレード数nを2(n2)から7(n7)に変えて測定した結果である。ブレ

ード数の増加(ソリディティの増加)に伴い、風車が風からパワーを得る有効な $\lambda$ の範囲は狭くなる。さらには、パワーの最大値は低周速比側に移動し、n3を境にそれ以上でもそれ以下でも、最大パワーは減少する。

これに対する後流の速度場の変化の結果を図3に示す。この図は各ブレード数においてパワーが最大となる周速比 $\lambda$ における速度欠損分布を重ねて示したものである。おおむね相似分布を示すのが特徴的である。分布のエッジ部分でずれが見られるが、ブレードの動的失速による大きな渦が後流に放出される領域である。ソリディティの違いによって、放出される渦のスケールが異なるために、後流の乱流構造が影響を受け、これによって生じるずれと思われるが、現在検討中である。

図1. 大型低速風洞に設置した垂直型風車モデル  
(ブレード数5のモデル)図2. 風車が風から得たパワーPの周速比 $\lambda$ に対する変化図3. 後流の速度欠損分布  
 $\Delta U/U_0/\Delta U_{max}$ は最大速度欠損、 $d_{1/2}$ は半価幅

1) 渡辺真巳、関谷直樹、松本彰：「垂直軸風車が後流の速度場におよぼす影響」、日本機械学会論文集、Vol.80, No.812, 2014, fe0090

## 迎角を有する正方形角柱に作用する空気力の精密測定

土木工学科 専任講師 長谷部 寛

正方形角柱のような基本的な断面形状の物体の三分力(抗力、揚力、空力モーメント)は、様々な研究者によって測定されてきた。しかし、それらの文献値には多少のばらつきが見られる。本研究は、正方形角柱を対象とした三分力の測定に際し、実験環境が測定結果に及ぼす要因を明確化し、数値流体解析などのベンチマークに資する精密なデータを取得することを目的とした。

写真1のように、風洞内に架台を設置し、そこに両端に三分力計を接続した正方形角柱模型を据え付けた。模型に作用する気流の一様性を確保するために、架台には導流壁を設置し、導流壁内の角柱に作用する三分力を迎角1度ピッチで測



写真1. 風洞内に設置した架台と正方形角柱模型

定した。

角柱は導流壁中央を貫通させているが、迎角を変えた測定を実施するため、導流壁に開けた穴は角柱よりも若干大きい。この隙間が大きい場合、模型軸方向の流れが生じ、抗力が1～2割低下することが確認された。また、三分力を無次元化する際の代表風速は、文献によっては模型直上で測定する例もあるが、本実験環境では若干の閉塞効果により風速の増速が確認されたため、角柱上流の測定値を用いた。

以上の点を考慮して測定した三分力係数の分布を図1に示す。今後は、辺長比の異なる角柱や、橋梁桁断面の空気力測定を実施する予定である。

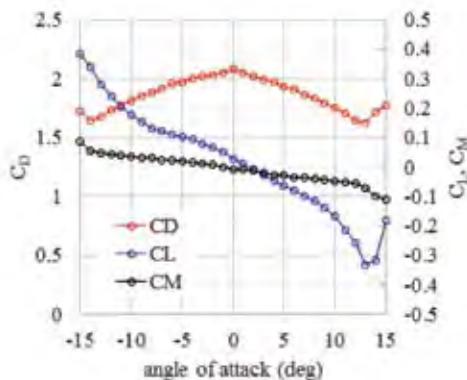


図1. 迎角を有する正方形角柱の三分力係数

## 自動車模型に作用する空気力と車体周り流れの計測

機械工学科 専任講師 鈴木 康方

本研究では自動車の燃費や乗り心地に影響する車体周り流れの特性とそれが空気力特性に与える影響の解明を目的として、大型風洞による実験を行っている。実車の1/4スケール相当の模型と最大40 m/sでの高い風速条件により実施した3分力空気力計測の結果、主流の動圧が約380 Paから約540 Paの間で、揚力係数と抗力係数が大きく変化し、特に抗力係数が低下していることがわかった(図1参照)。これは空気力特性とともにフローパターンが変わっていることを示唆して

いると考えられるため、I型プローブを用いた熱線流速計により、車体後流の主流に直交する断面内の主流方向速度の計測を行った。主流動圧540 Paでの計測結果の一例を図2に示す。異なる風速条件での計測結果や詳細は分析中であるが、複雑な後流の一部を捉えることができた。今後は、上記の風速条件の前後での流速分布計測の比較を行い、車体に作用する抗力が低下したメカニズムを解明することで車体の空気抵抗低減の糸口をつかむことを目指す。

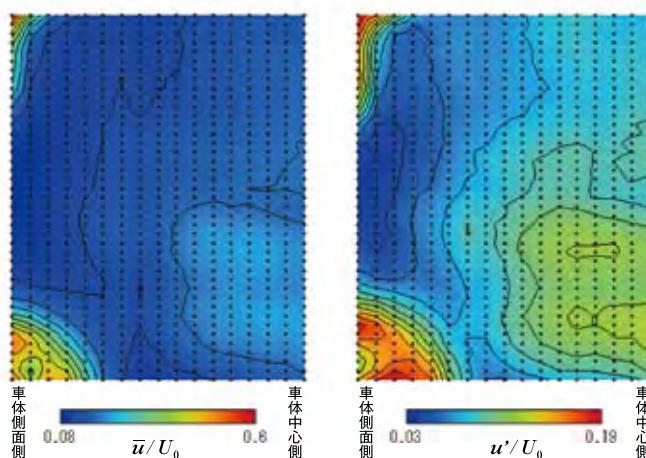
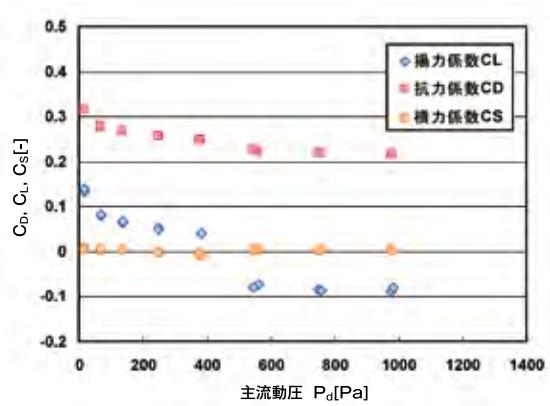


図2. 車体後流の流速分布【左：平均流速値，右：流速変動値】

# 材料創造 研究センター

連絡先…担当者／大月 穂

電話 : 03-3259-0432

E-mail : bunseki@chem.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.cac.rist.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC/MS)、高速液体クロマトグラフ質量分析装置(LC/MS)、フーリエ変換核磁気共鳴装置(FT-NMR)、X線小角散乱／広角回折装置(SAXS/WAXS)、元素分析装置(EA)、飛行時間型質量分析装置(MALDI-TOF-MS)、電子スピン共鳴測定装置(ESR)、高分解能フーリエ変換型核磁気共鳴装置(500MHz)、熱分析装置(TG-DTA、DSC、TMA)、走査型プローブ顕微鏡、レニショードラマン装置、エネルギー分散型X線分析装置付走査型電子顕微鏡、動的光散乱測定装置

## ナノレベルでの材料形状のデザインとその触媒機能

物質応用化学科 助教 梅垣 哲士

化学物質からエネルギーを取り出すためには用途に応じて別の物質に変換したり、その物質を使って動力や電気を得る際に変換後の物質の純度を高める必要がある。これらのプロセスではいずれも触媒が重要な役割を果たし、その機能は触媒の形状や結晶構造などによって大きく変化する。一般的な触媒では、形状が不均一であったり多くの結晶が混在しており、原子・分子レベルで触媒をデザインする上であいまいな点が多い。当研究室では、主に規則性構造体の1つである球状中空粒子(図1、2)に着目し、ナノレベルで規則的な形状や構造を持つ材料をデザインし、その触媒機能に対する影響を系統的に検討している。本構造体では中空壁厚、中空壁に存在する細孔、および中空から構成される(図2)が、当研究室では種々の金属や金属

酸化物についてこれらの形状をナノレベルで制御しており、その形状を確認する際に材料創造研究センターの走査型電子顕微鏡などを使用している。これらの検討の上、本構造体を燃料電池などに使用する水素の製造、二酸化炭素から有用物質の合成、一酸化炭素などの不純物除去などへの応用をめざし、それらの反応に対する触媒機能について検討している。

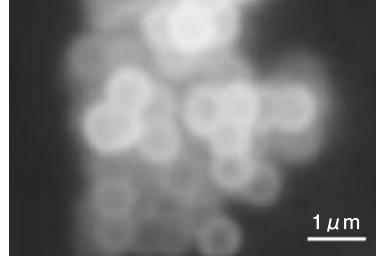


図1. 不純物除去用球状中空複合酸化物触媒の走査型電子顕微鏡写真

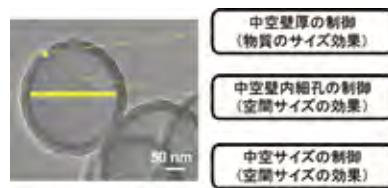


図2. 球状中空触媒で制御可能な形状  
(写真は水素発生用触媒)

## 多核NMR測定を駆使した 新規有用化合物の合成と構造解析

物質応用化学科 准教授 萩原 俊紀

核磁気共鳴(NMR)スペクトルは、水素原子(<sup>1</sup>H)や炭素原子(<sup>13</sup>C)を含む有機化合物の構造決定には欠かせない分析方法であるが、材料創造研究センターの保有する装置(写真1)では、水素、炭素以外のさまざまな原子についてもNMRスペクトルを測定することができる。

フッ素(<sup>19</sup>F)を含む有機化合物は天然にはほとんど存在しないが、有機化合物にフッ素を導入すると、粘性の低下、耐熱性の向上といった高い物性や、さまざまな有用な生理活性を示すようになることから、フッ素は新しい材料や医薬品の開発には欠かせない元素となっている。この含フッ素化合物の<sup>19</sup>F-NMRスペクトルを図1に示す。水素や炭素が数多くあるにもかかわ

らず、フッ素のシグナルだけがシンプルに現れ、目的の位置にフッ素が導入できたかどうかを明確に知ることができる。

情報端末や電気自動車の発展とともに、リチウムイオン電池に用いられるリチウム(<sup>7</sup>Li)の重要性は近年非常に高まっている。リチウムのNMRスペクトル測定は、このリチウム研究における強力なツールとなる。図2はいくつかのリチウム化合物の<sup>7</sup>Li-NMRスペクトルであるが、リチウム塩の水溶液にリチウムイオンに配位するかご状化合物を添加すると、シグナルの移動が観測され、配位によってリチウムイオンの電子密度が変化していることが明確に読み取れる。

この他にもリン(<sup>31</sup>P)、ケイ素(<sup>29</sup>Si)など、さまざまな原子のNMRスペクトルが測定可能である。



写真1. NMR測定装置

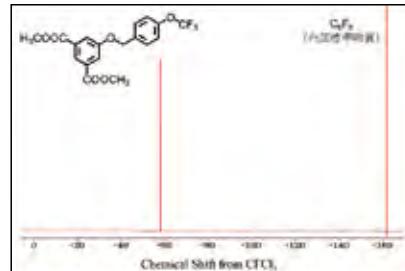


図1. 含フッ素化合物の<sup>19</sup>F-NMRスペクトル

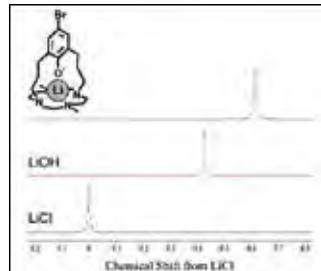


図2. <sup>7</sup>Li-NMRスペクトル

## ポリペプチド鎖の局所構造に与える添加塩種の影響

物質応用化学科 教授 清水 繁

高分子電解質は、水に溶ける高分子です。多くの高分子電解質は分子内に解離基を持つため水中で解離することにより溶解します。この解離基のために、通常の高分子とかなり異なる挙動を示すことが知られています。普通の高分子では、溶液中で糸状であるのに対し、高分子電解質は静電的相互作用により広がった状態にあります。

ポリペプチドという高分子があります。このポリペプチドのいくつかには、解離基をもつものがあり高分子電解質の一類と言えます。これらのポリペプチドの多くは、溶液中でヘリックスからランダムコイルの間を溶液のpH変化にともなって可逆的に形態変化します。我々は、このポリペプチドの溶液中の形態変化、特に局所構造に及ぼす添加塩の影響について、X線小角散乱法を用いて研究を行っています(写真1)。溶液中の高分子鎖全体の形態変化は、これまでに円二色性分光計や電位差滴定法などにより、かなり研究が進んでいますが、局所構造について研究はまだ少ないようです。

一例として、ランダムコイル状態にあるポリ-L-グルタミン酸添加塩水溶液の結果を示します。添加塩として0.1M NaClおよび0.1M KClを用いたときの実測散乱強度と理論散乱関数との比較から、高分子鎖の

持続長と高分子鎖の横断面の回転半径を求めました。添加塩をNaClとした場合には、持続長は0.6nm、横断面の回転半径は0.4nm、KClの場合には、それぞれ0.56nmおよび0.4nmとなりました。添加塩の種類すなわちイオン半径が異なるにもかかわらず、横断面の回転半径には差は認められません。しかし、持続長はNaClの方が大きくなっています。このことは、溶液中で高分子鎖は添加塩のイオン半径が大きくなるにつれ固く、拡がった形態をとることを示唆しています。



写真1. X線小角散乱装置 (SAXSess)

## 新奇高分子生産微生物の探索

短期大学部 生命・物質化学科 教授 西村 克史

自然界には高分子を生産する微生物が数多く存在すると考えられているが、ほとんど未利用のままである。先行研究において、土壌から単離した微生物の中の数種類が細胞外高分子を生産することが分った。本研究では、土壌微生物が生産する細胞外高分子を抽出し、その同定を試みた。

野外分離株(D-Asp 6, 29, 30)を培地に植え、振盪培養(24h, 30°C)した。培養液を遠心分離に掛け、沈殿した微生物細胞を除き、高分子(上澄み)を透析した後、減圧乾燥したものを試料とした。(Fig. 1)

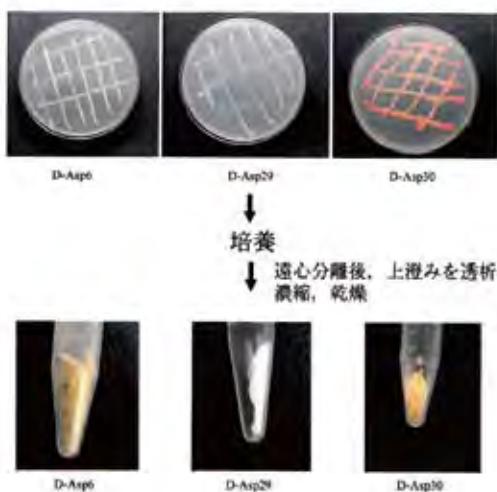
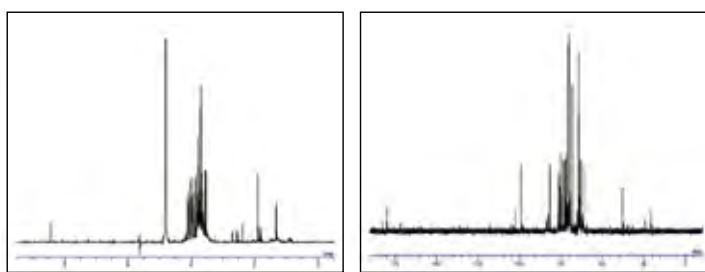


Fig. 1 D-Asp 6, 29, 30の細胞外高分子

Fig. 2 <sup>1</sup>H-NMR (左) と <sup>13</sup>C-NMR (右)

# 先端材料 科学センター

連絡先…担当者／中川 活二

電話 : 047-469-5600

E-mail : office@amsc.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.amsc.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

電界放射形透過電子顕微鏡、電界放射走査形電子顕微鏡、X線光電子分光装置、収束イオンビーム加工装置、原子間力顕微鏡、磁気力顕微鏡、SQUID-VSM、電子線描画装置、エリプソメータ、薄膜スパッタリング装置

## ●イベント情報

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング等で見学、「材料科学に関する若手フォーラム」の定期開催

## 超短時間光-磁性体間作用の計測と制御

電子工学科 准教授 塚本 新

今日、高度情報化社会の中核をなす高速情報蓄積/処理基盤技術において、物性を良く理解しその技術的利用を達成している時間領域はナノ秒( $10^{-9}$ 秒)オーダーであり、フェムト秒( $10^{-15}$ 秒)という遙かに短い未踏領域の理解・制御を図ることは、近年要請が高まる超高速情報処理、新規光機能材料や超微細低エネルギー消費デバイス創生の指導原理の一つとして不可欠な知見となり得る。

本研究では、超短パルスレーザーを用いる事で、超高速磁化応答の分析を可能とし、物理的に興味深い現象を明らかにしてきた。その一つとして、超短単一パルス光照射のみによる光誘起完全磁化反転現象の実証実験に成功し、将来の超高速磁気メモリに活用できるものとして注目を集めている。このような超短時間領域(フェムト秒)での光-磁性体間作用に関する実験的知見、理論体系、ともに未踏領域であり、超高速分光計測手法開発、理論モデルおよび計算コードの開発等、相補的研究検

討の推進が不可欠である。現在、文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」(平成25年～29年度予定)「超短時間光・物質相互作用の理解・制御が切り開く新材料・物性・デバイスの探索と創生」の主要テーマの一つとして先端材料科学センターを中心拠点とし連携研究を進めている。

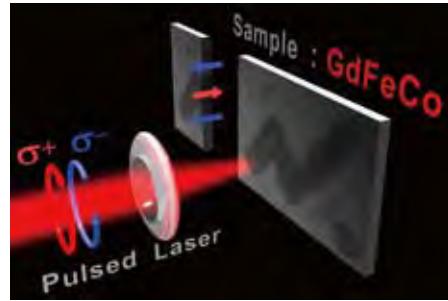


図1. 超短パルス光情報記録のデモンストレーション結果。  
図中レンズやレーザー・ビーム等はCG画像。



図2. フェムト秒パルスレーザー利用全光型  
超高速磁化現象計測システム

## 金属ナノ粒子を利用した光分子デバイスの高性能化

物質応用化学科 助教 須川 晃資  
教授 大月 穣

光分子デバイスは光と分子の相互作用を根本とするため、この作用の深化が高性能化に直結する。我々は、著しい局在電場の発現を可能とする金属ナノ粒子の局在型表面プラズモン共鳴(LSPR)現象を活用して、飛躍的な深化の実現を目指している。

まず、有機光電変換系の高性能化を実現した。可視域において著しい局在電場の発現が可能なトライアングル型の銀ナノプレートを化学的に合成し、これをポルフィリン単分子膜で構成される光電変換系に組み込んだところ(図1(A))、LSPRが発現する波長域において約30倍もの光電変換効率の向上を見出した。<sup>1</sup>ナノプレートの局在電場によって分子の光励起効率の高効率化が図られた結果と考えている。

また、相互作用過程の深化に活用される金属ナノ構造は、金・銀が一般的であるが、我々は産業実用を見据え、安価な銅ナノ構造の活用を目指した。走査型電子顕微鏡より精緻な銅ナノ構造体が構築されたことを

検証し(図1(B))、これにポルフィリン単分子層膜を修飾したところ、その蛍光が約90倍にも増強した。<sup>2</sup>この増強は金のLSPRと比肩するものであり、安価金属種のLSPRによって光／分子相互作用が深化可能であることが見出された。

1. K. Sugawa, J. Otsuki et al., *J. Phys. Chem. Lett.*, submitted.
2. K. Sugawa, J. Otsuki et al., *ACS Nano*, 2013, 7, 9997.

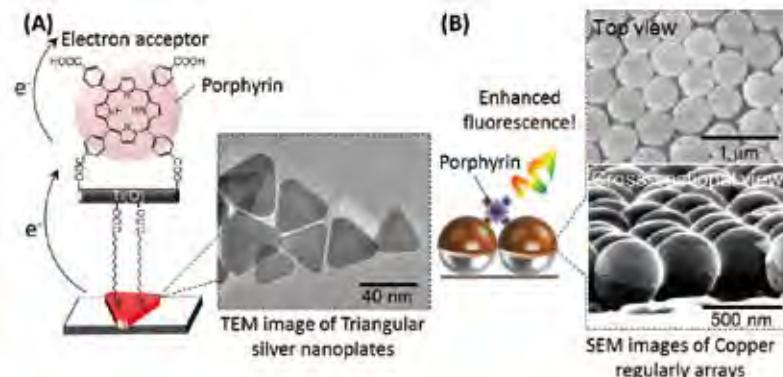


図1. (A) 有機光電変換素子の概要図と組み込まれた銀ナノプレートの透過型電子顕微鏡像、  
及び(B) 分子の蛍光を増強可能な銅ナノ構造体の走査型電子顕微鏡像

# 電子線レジストマスクへのRFスパッタ法による $\text{TiO}_2$ 直接製膜

量子科学研究所 助教 羽柴 秀臣

酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )は可視光領域での触媒効果やテラヘルツ領域での高い屈折率を持つことから、色素増感型太陽電池やテラヘルツ帯光学素子などへの応用が期待されている。また、 $\text{TiO}_2$ は通過電流によって抵抗が変わる抵抗スイッチ現象が知られており、次世代の抵抗変化メモリーとしても有望視されており、その応用範囲は広い。酸化チタンは製膜中の酸素供給の違いから、 $\text{TiO}$ 、 $\text{Ti}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ti}_3\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ などがあり、また $\text{TiO}_2$ はAnatase、rutile、brookiteなどの結晶構造をもつ。

我々は波長630nmの可視光に対応する $\text{TiO}_2$ 二次元フォトニック結晶をFTO基盤に作成することを目的に、電子線描画により数nmからのパターニングを施した電子線レジスト微細マスクへの $\text{TiO}_2$ 微細構造直接製膜技術を提案する。製膜にはRFスパッタ法をもちいるが、窒素ガスとアルゴンガスの導入比率により酸化チタンの組成をコントロールできる。また蒸着中に電子線レジストマスクの微細構造が熱によって変質を起こさない低温であることが重要である。

製幕した $\text{TiO}_2$ 微細構造(Fig. 1a)は、その表面粗さが7 nmであったが、500 °C/1時間の焼成により11 nmまで成長した。焼成前後の $\text{TiO}_2$ 結晶はXRDを用いてその結晶性を評価し

た。焼成前の薄膜はほぼアモルファスであるが、Rutile結晶特有のピークを示し、またAnataseはない(Fig. 1d)。焼成後ではAnataseの結晶化が見て取れる。したがって表面粗さの増加はアモルファス $\text{TiO}_2$ が結晶化したためであると考えられる。

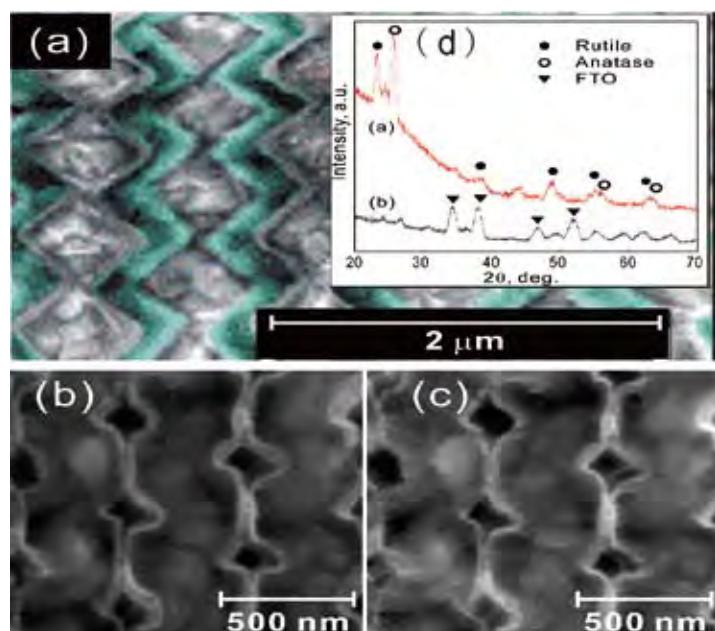


Fig. 1 (a) ジグザグスラブ $\text{TiO}_2$ 微細構造のSEM画像。(b) 焼成前のスラブ構造。(c) 焼成後のスラブ構造。(d) 焼成前(黒)後(赤)のXRD測定。

## 複合物理シミュレーションによる 次世代磁気記録方式の検証

電気工学科 准教授 大貴 進一郎

次世代の磁気記録方式として注目される、円偏光により磁化反転を制御する光直接記録をシミュレーション検証した。本センターが所有する大規模クラスタ計算機を用いた、Maxwell方程式と電子の運動方程式を時空間同時解析する複合物理シミュレーション法により、光直接記録方式の高密度化実現に向けたナノスケールアンテナの設計、アンテナの加工マージンに対する記録安定性の検討を行った。

図1は、黄色で示す材質が金のナノスケールアンテナを、 $x$ 方向および $y$ 方向に対して最適設計したモデルである。この時、アンテナ中央に位置する1つの記録粒子内部にのみ円偏

光が生成される。なお記録媒体は、現行方式に対し数倍高密度となる2Tbit/inch<sup>2</sup>を実現するように配置した。

図2は、アンテナ $z$ 方向の厚み(a)  $d=15$  nmおよび(b)  $d=60$  nmに対する記録粒子内部における電界の軌跡を示す。 $x$ 、 $y$ 両方向の長さを最適値とした赤の破線は、 $d$ に関わらず局所的な円偏光が確認できる。加工マージンを考慮し、 $x$ 、 $y$ 両方向のアンテナ長を最適値から数nm変化させた黒の実線は、 $d=60$  nmのモデルでのみ円偏光が確認できる。アンテナ $z$ 方向の厚みを増すことで、アンテナ形状の $x$ 、 $y$ 方向変化に対する記録安定性を向上できる。

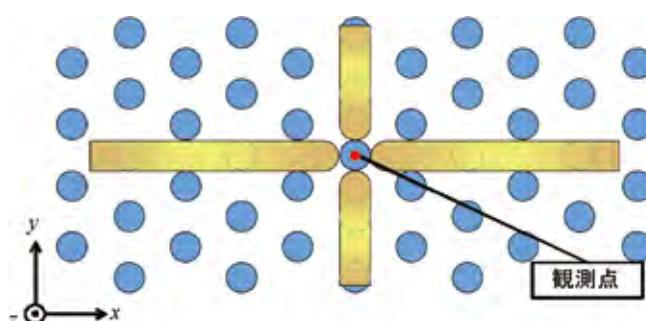


図1. 高密度光直接記録方式用ナノスケールアンテナと粒子状記録媒体

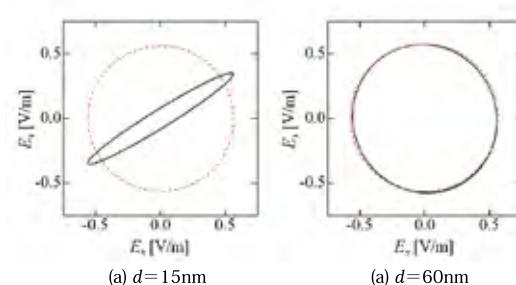


図2. 記録粒子内部における電界の軌跡

Research Center for  
Environment-Preservation  
and Disaster-Resistant City

# 環境・防災都市共同 研究センター

## 遊戯施設の客席の 安全性に関する調査研究

精密機械工学科 教授 青木 義男

本実験は、国土交通省建築基準整備促進事業「遊戯施設の客席の安全性に関する調査」において、乗物動作時の横方向加速度によって身体の横滑りやすり抜けが生ずる条件を検証するために、図のようなベンチシート型の座席へ子供のダミー人形（身長110cm、体重20.5kg）を座らせた状態で、座席に横方向の動きを繰り返し与えながら、ダミー人形が横滑りや座席から滑り落ちる条件を検討した。厳しい条件となる横方向正弦波強制加振入力において、3 Hz以下の周波数で加速度0.3G以上においてダミー人形の横滑りと座席からの滑り落ちが繰り返し再現された。また、フラットシートでなく乗客個別の仕切りが設けられている場合でも0.5G以上で滑り落ちが確認されたが、座面に滑り止め加工を設けた場合や臀部がホールドされる座面形状では0.7G程度まで滑り落ちは生じなかつた。0.3G未満の加速度レベルでは拘束装置は無くても座席からの滑り落ちの危険性は低いが、0.3G以上では座面の滑り止め加工や個別仕切りなどと併せてシートベルト以上の拘束装置が要求され、さらに0.5G以上では安全バーに併せてシートベルトなどの拘束装置が必要とした。そして、1.2G以上では前後方向加速度と同様に個別の拘束装置を必要と判断した。



## パンタグラフ式D.M.ダンパーの 性能確認実験

建築学科 准教授 秦 一平

本実験は、(株)i2S2との共同研究において開発した、既存の高さ200mの鉄塔支持型鋼製煙突に用いる制震補強に用いるパンタグラフ式D.M.ダンパーの性能確認実験を行った。この制震ダンパーは、対象となる構造物の鋼製煙突を支持する鉄塔の下部に、提案するダンパーを用いることで大きな制震効果を得られるシステムとなっている。ここで用いるこのダンパーの実大スケールは全長が約21mであるため、実験装置の制約から相似則を考慮して、相似則比5とする縮約モデルを作成し、性能確認実験を実施した。性能確認実験では静的加力実験および動的加力実験を行い、パンタグラフ式D.M.ダンパーの実機適用に向けた製作性、施工性及び基本性能に大きな問題がないことを確認した。

最後に、ある鉄塔支持型鋼製煙突にすでに適用され、現在ではすでに制震改修に使用されている。



## 建築構造ケーブルの設計用許容側圧の適正化に関する基礎的研究

建築学科 岡田・宮里研究室

ケーブル構造の設計において、特にディテール設計に関わるデータが未整備であることが問題として挙げられている。特に中間クランプ金物の設計には、多くの設計上の問題が残されている。本研究は、中間クランプ金物の設計における現行の許容側圧値の妥当性について実験的に検証を試みたものである。

本実験では、試験体のケーブルに予めアムスラー試験機に



図1. 実験風景

よって現行の許容側圧値の10～15倍の側圧を与え、アクチュエータを用いた部分片振り引張疲労試験を行った。

実験結果より、ストランドロープでは、側圧15倍時の破断位置は全て側圧部となったが、側圧10倍時の破断位置は側圧部以外にも生じる可能性が得られた。また、スパイラルロープでは、側圧10倍時の破断位置は全て側圧部以外となった。

本実験を踏まえ、許容側圧値を実設計値へ反映させる場合、クランプ部に曲率のある場合等を考慮しても、現行の許容側圧値の約5倍程度まで大きく改善できると考えている。今後、ケーブルの曲率を有する接合を考慮した曲げ方向の疲労試験等の検討を行い、より詳細にデータの蓄積を行う予定である。

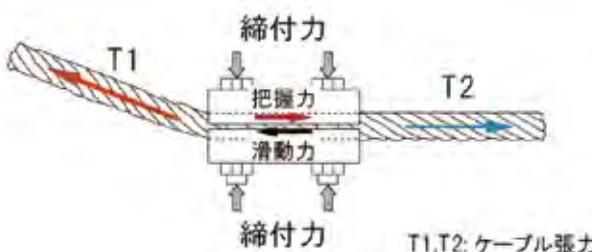


図2. 許容側圧

## 高さが60mを超える遊戯施設の主要な支持部分に係る構造方法に関する検討

建築学科 岡田・宮里研究室

遊戯施設は、建築基準法で工作物として規定されており、規模等によっては建築物と同様の構造安全性の確認が求められる。特に、平成19年の法改正によって、高さが60mを超える場合には時刻歴応答解析による安全性の確認が求められることとなった。しかし、コースターの荷重について加速度の評価方法等が明確にされておらず、法改正以降は高さ60mを超える遊戯施設の新規建設がなされていないのが現状である。現在明らかとなっていない事項は、以下の2点である。

- ①コースターから架構に及ぼされる加速度を考慮した荷重の評価方法
- ②地震荷重とコースター荷重による2つの加速度応答の組合せに対する考え方

本実験では、上記の未検討項目を検討するため、U字型コースターを対象とし、実際に走行可能な試験体を設計した。①に対し「コースターの自由落下実験」を行い、落下中のコースター位置と架構水平反力の関係を明らかにした。②に対しては「正弦波加振中のコースターの自由落下実験」を行い、コースター落下時における部材応力の増大傾向が把握された。このことから、2つの加速度応答の組合せは単純な線形和では評価できない可能性が示唆された。以上の成果を基に、設計手法の確立を目指して現在研究を進めている。



図1. 試験体\_架構全体

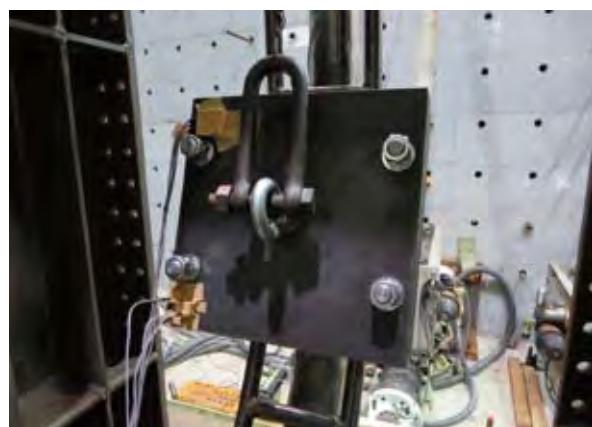


図2. 試験体\_コースター(客車のモデル)

# マイクロ機能デバイス 研究センター

連絡先…担当者／佐伯 勝敏

電話 : 047-469-6193

E-mail : office@mdc.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.mdc.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

クリーンルーム、ICPエッティング装置、プラズマCVD  
装置、両面コントラクトアライナー

## ●イベント情報

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング

## 異なるガラス転移点温度を持つ2種類の形状記憶ポリマーを用いた二方向動作アクチュエータの開発

精密機械工学科 教授 今井 郷充

形状記憶効果は一般に一方向性のため、アクチュエータとして使用するためにはもう一方向の動作を生じさせる必要がある。従来は、バイアスばねで復元、外力等を作用させての変形または復元などが行われていたが、MEMSにおいてこれらはサイズ的に不都合である。本研究では、形状記憶ポリマーのみで二方向動作を行う方法を提案した。異なるガラス遷移点温度を持つ2種類の形状記憶ポリマーを使用し、それぞれに正逆のたわみ形状を記憶させて、低いガラス転移点温度で発生した正の記憶形状を高いガラス転移点温度で発生する逆の記憶形状でキャンセルさせる方法を用いている。熱的に対象構造にできるので、熱膨張による意図しない変形の発生が防止できることも長所である。ポリウレタン系形状記憶ポリマーを使用し、2種類の形状記憶ポリマー薄膜を基板の表裏にコーティングした梁型、および2種類の形状記憶ポリマーのダ

イアフラムを貼り合わせたダイアフラム型のアクチュエータを製作し、動作原理を検証した。本方法は微小なサイズにも適用しやすく、また簡単な操作(加熱・放熱のみ)で二方向駆動できる点が長所である。

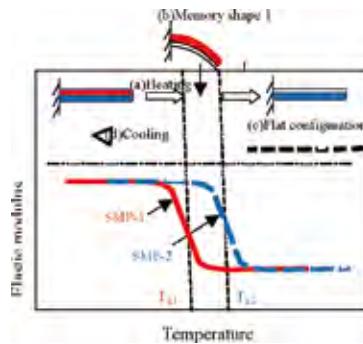


図1. アクチュエータ(梁型)の動作原理

梁の両面にガラス転移点温度の異なる形状記憶ポリマーがコーティングされ、一方には変形させたい形状、他方にはその逆形状を記憶させる。温度を上げて行くと(a)、まず低いガラス転移点温度( $T_{g1}$ )で変形させたい形状が生じ(b)、さらに温度を上げて行くと( $T_{g2}$ )次に逆形状が生じて、重ね合わせにより変形前の形状に戻る(c)。この後温度を初期温度まで下げ(d)、この操作を繰り返す。

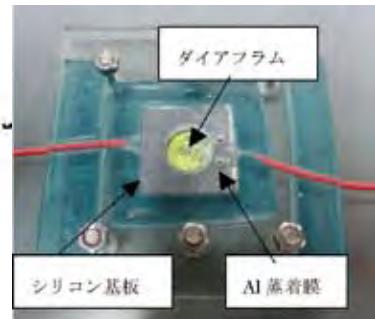


図2. 製作したアクチュエータ(ダイアフラム型)

シリコン基板上に形状記憶ポリマーのダイアフラムを形成し、これを2つ貼りあわせたもの。通電加熱用にシリコン基板にはアルミニウム蒸着膜を形成した。

## 人工頭脳回路を搭載した 昆虫型マイクロロボットの開発

精密機械工学科 助教 齊藤 健

マイクロ機能デバイス研究センターの得意分野は、従来のドリルや旋盤等を用いて材料を加工する方法では難しい、人間の髪の毛よりも細かい部品の加工である。現在、最先端のパソコンの中央演算装置は、髪の毛に5000本程度の線がかかるまでに微細加工技術は発達している。そこで我々はセンターワーを利用して、単結晶シリコンに微細加工技術を施した全長4mm程度の昆虫型のマイクロロボットを開発している。これまでに我々は、形状記憶合金や圧電素子を駆動源にした様々なマイクロロボットを開発した。それぞれ消費電力が多いが力が強い、消費電力が少ないが力が弱い等の一長一短があるが、何れもロボットの歩行に成功している。一方で、マイクロロボットを駆動する回路として、生物の頭脳を模倣した人工頭脳回路を集積回

路技術で実現した(図1)。開発をおこなった駆動回路は人工頭脳回路や周辺回路を含めてマイクロロボットに搭載可能なサイズで構築できた(図2)。今後は開発した昆虫型マイクロロボットにセンサを搭載し、外界からの情報をキャッチして状況に応じて最適な判断を下すなどの機能を実装する予定である。

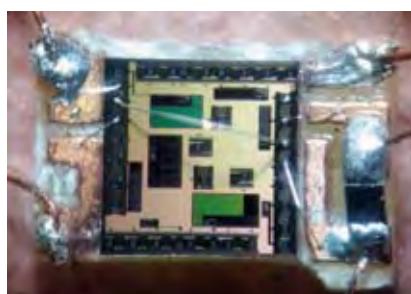


図1. 昆虫型マイクロロボットを駆動する人工頭脳回路

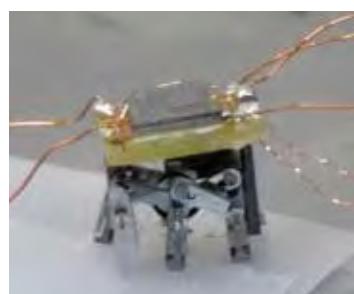


図2. 人工頭脳回路を搭載した昆虫型マイクロロボット

## 集積化した学習機能を有するシナプスモデルの開発

電子工学科 教授 佐伯 勝敏

人間の脳には百億以上もの神経細胞が存在している。この神経細胞が外部から刺激を受けるとパルス信号を出力し、その信号は、神経細胞をつなぐシナプスを介して他の神経細胞に伝達される。パルス信号の出力順序と時間差により、学習能力を担っているといわれているシナプスの働きが変化し、学習能力を増強あるいは抑制させる。この現象は、STDP (Spiking Timing Dependent synaptic Plasticity) と呼ばれ、近年、生理学分野において注目されている。

私は、アナログ回路でニューラルネットワークを構築し、連想記憶などの特徴を組み込み、画像のパターン認識を行うことができるチップの開発を目指している。ニューラルネットワークを構築する際、学習機能を有するシナプスモデルが必要である。そこで、今回、集積回路技術を用い、 $0.18 \mu\text{m}$  CMOS デザインルールにて、STDP 現象を参考に学習機能を有するシナプスモデルを設計し、2.5mm 角の CMOS IC チ

ップ上に構築した(図1の赤枠)。

集積回路化した学習機能を有するシナプスモデルの動作確認は、マイクロ機能デバイス研究センター内の半導体パラメータ装置を用い検証し、異なるチップにおいても生理学の STDP 特性と同様な特性が得られ、安定して動作することを確認した。

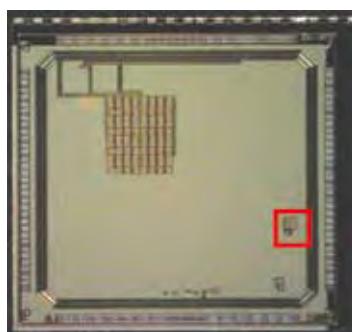


図.1 学習機能を有するシナプスモデルのチップ写真(図中赤枠)

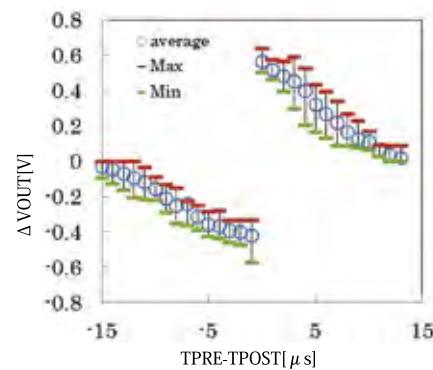


図.2 学習機能を有するシナプスモデルの出力特性

## 電子ビームリソグラフィによる近接場光ナノアンテナ

電子工学科 教授 中川 活二  
准教授 塚本 新  
助教 芦澤 好人

ナノ構造形成プロセスにより、電子工学デバイスは高度な機能を高密度で実現してきた。磁気ディスクの分野でも、高精度で微細な磁気ヘッドを使うことや記録材料、システム性能の向上により記録密度を増加してきた。近年は「熱アシスト磁気記録」と呼ばれる手法で、さらに記録密度を向上する手法が研究されている。この手法では、10nm程度のサイズに光を集め光する必要があり、普通のレンズでは集光できない。そこで、局在表面プラズモンと呼ばれるナノメートルサイズの金属アンテナを形成し、近接場光と呼ばれる局在した光を生成して熱アシスト磁気記録を実現する。このナノメートルサイズの金属アンテナ形成に、先端材料科学センターの電子ビ

ム露光装置で露光プロセスを行い、マイクロ機能デバイスセンターのクリーンルームにて現像プロセスを実施して、図1に示すような Au パターンを形成した。これに、フェムト秒レーザで記録を試み、図2に示す微小磁区記録を実証した。この手法で、記録感度のアンテナ形状依存や、アンテナによる加熱部分とアンテナとの相対的位置関係について、米国立ローレンス・バークレー研究所と共同で観測実験を進めている。さらに、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(代表者: 塚本新)の支援を得て、ナノ構造形成プロセスを活用した新たな光磁性デバイスの研究にも発展つつある。

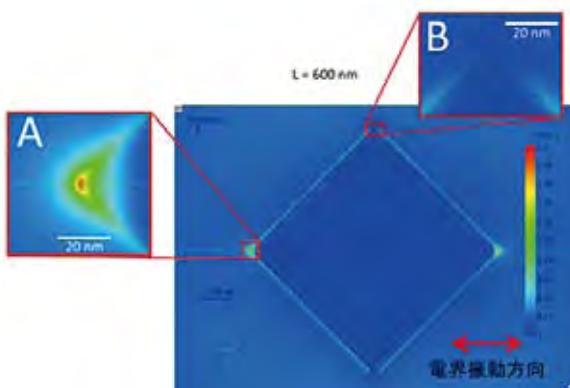


図.1 設計した Au アンテナ形状と光強度増強効果解析結果

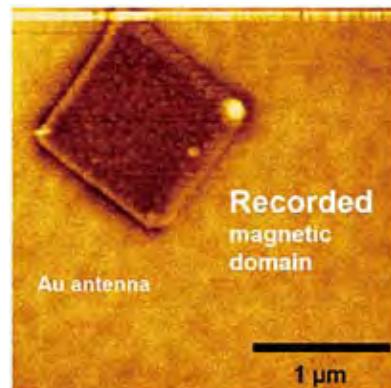


図.2 フェムト秒レーザ記録による磁区の磁気力顕微鏡による観察像

# 工作技術センター

連絡先…担当者／柳平 和寛

電話 : 047-469-5511

E-mail : yanagi@tech.cst.nihon-u.ac.jp

HP : http://www.tech.cst.nihon-u.ac.jp

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

汎用およびNC旋盤・フライス盤、交流アーク溶接機、可傾式ルツボ炉、木材加工機、エンジン特性実験装置

## ●イベント情報

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング

## スポット溶接構造の公称構造応力を用いた疲労寿命に関する研究

機械工学科 准教授 岡部 顯史

車両開発においては、開発期間の短縮や、コスト削減などの要求に対応すべく、CAEによる開発設計の効率化が求められている。また自動車のような薄板構造物は、板厚0.6～3.0mm程度の薄鋼板が用いられ、それらをスポット溶接で締結している。車体開発においては、このスポット溶接部の疲労強度を予測することが重要である。スポット溶接疲労寿命予測手法の一つとして、公称構造応力を用いた疲労寿命予測法がある。我々はこの公称構造応力値を精度よく得ることのできる算出法を提案し、スポット溶接構造疲労寿命予測手法の検討を行っている。スポット溶接継手の疲労試験は、工作技術センターで製作いただいた疲労試験装置(図1)を用いて行っている。得られた疲労試験データは、公称構造応力値を用いて狭いバンド幅内に整理することができ(図2)、本手法よりスポット溶接の疲労寿命が

予測可能であることを示すことができた。また本手法をアーク溶接構造に適用した検討も行っている。工作技術センターには疲労試験機の追加製作をお願いし、今では3機の疲労試験装置を用いて検討を進めている。



図1. スポット溶接疲労試験装置

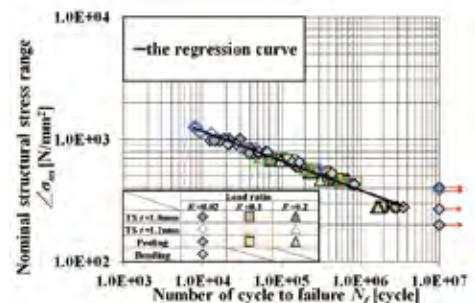


図2. 疲労試験データと公称構造応力値(S-N線図)

## 力帰還型マスタ・スレーブハンドの製作

精密機械工学科 准教授 吉田 洋明

原子炉の事故、自然災害等人間が直接現場に入って作業することに危険が伴うケースがあり、ロボットハンドによる遠隔操作システムの開発が望まれている。

力帰還型マスタ・スレーブハンドは、遠隔地にあるロボットハンドの力感覚をオペレータに伝え、オペレータが遠隔地の物体をあたかも直接扱っているかの様な感覚を得ることが出来る装置である。従って、対象物の柔らかさを感じることが出来るため、対象物を慎重に扱わなければならないような繊細な作業も可能になる。

今回製作したマスタ・スレーブハンドは、装置およびモータを小型化するためにボールねじを採用した。これにより、小さなモータで大きな力を発生することが可能である。本研究室の大学院生が設計を行い、製作を工作技術セ

ンターへ依頼した。

設計段階より、院生が何度も工作技術センターへ通い、小型化や精度を上げるための構造について相談に乗って頂いた。その結果、満足の行く装置が出来上がった。そして、学生にとっても大変良い勉強になった。これも、学生への教育に対して理解のある工作技術センターのスタッフのおかげである。工作技術センターのスタッフの皆様に感謝致します。



写真1. マスタ・スレーブハンド

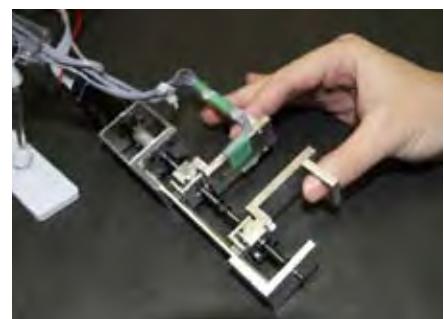


写真2. マスタハンド

## 放電プラズマ焼結法を用いたチタン基複合材の研究

航空宇宙工学科 教授 出井 裕  
助教 小宮 良樹

近年、チタンやチタン合金は様々な分野において使用量が増加している。特に航空分野でのチタンの需要は大きい。我々の研究室ではチタン基複合材の新材料の開発を行うために、放電プラズマ焼結機(PS : Spark Plasma Sintering)を用いている。PSとは単軸加圧を加えつつ、電気エネルギーを用いて金属やセラミックスを焼結する方法である。従来の焼結法に比べて低温度の領域においても短時間焼結が可能であり、緻密で均一な焼結体が得られる。工作技術センターにはPSで用いる高強度グラファイト型の加工を依頼している。



写真.1 放電プラズマ焼結機

用いている型は耐熱性が鉄の約2倍であり、温度が上がるにつれて強度も高くなる。また、熱膨張が小さいため高温でも精度が保たれ、さらに熱伝導性、電気伝導性にも優れているため、PSで使用するのに適している。しかしながら、グラファイト型は表面で電流および圧力を伝導するため寸法精度が高く高価なものである。本来、型の一部が破損すると使用できなくなるが、工作技術センターに破損部分の再加工を依頼することで、型を再使用することが可能で、新たに型を購入しなくてもよい。毎度高い精度の加工をしていただいているので、安全かつ低コストで実験を行うことができている。

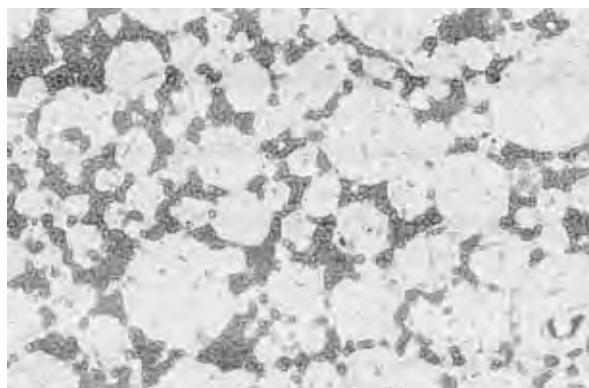


写真.2 TiB強化チタンのミクロ組織

## ものづくり・サイエンス総合学科 機械分野の「ものづくり実習」

短期大学部 ものづくり・サイエンス総合学科 教授 鳩沢 政保  
専任講師 三浦 浩一  
助教 宮城 徳誠

短大総合学科の機械分野では、1年後期より機械工作実習(「基礎工学実験ⅠⅡ」)を行っている。その一環として、二年生前期終盤の4週間を用いて、「ものづくり実習」として、手回し発電機を部品加工から組立までを行い、製作している。初年度の平成25年度には、著者が構想し、工作技術センターにて加工図面を起こしていただいた図面を基に、学生自らが3週間かけて部品を製作した。学生が分担して、旋盤・フライス盤・NCフライスにより8種類の機械部品を製作する。最後の週では、製作した部品を組立て、3台の機械を製作した。

1年後期「基礎工学実験Ⅰ」の後半では、2年生が製作した機

械の分解・組立、および加工図面を照らし合わせながら、見取図を作成している。1年後期の段階では、機械製図法の三角法による投影図・断面図などを学んでいるが、機械製作に必要な公差や表面性状などについて、知ることができる。これらの「ものづくり実習」を通じて、部品の製作から組立、機械製図法の修得、機構設計など、2年間の短期間で機械工学の基礎を学ぶことができるものと自負している。

最後に、設計から加工指導まで、多大なご協力をいただいた、工作技術センターの皆様に感謝を申し上げます。



図1.「ものづくり実習」における組立作業の様子



図2.発電試験の様子。最大3W程度発電した。

Multipurpose Test Track  
for Automotive Vehicles

# 交通総合試験路

連絡先…担当者／石坂 哲宏

電話 : 03-3259-0929

E-mail : skenkyu@adm.cst.nihon-u.ac.jp

ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

HP : http://www.rist.cst.nihon-u.ac.jp/shikenro/

●施設保有の主な装置・設備リスト

- 1) 交通総合試験路 幅30m、全長618m密粒アスファルト・コンクリート舗装・縦断勾配なし
- 2) 注意喚起電光掲示板3箇所(予約データにより自動点灯)
- 3) 安全対策掲示板13個
- 4) 運搬用組み立て式リアカー2台
- 5) カセットガス発電機 HONDA EU9iGB 900W 1台
- 6) バイロン(カラーコーン)
- 7) スライドバー

## スクータ型の二輪車の操縦性・安定性の研究

機械工学科 助教 富永 茂

二輪車は力学的には不安定な乗り物であるが、ライダの積極的な操縦動作により安定した走行が可能となる。特に、スクータ型二輪車は、若者から高齢者まで広く普及している二輪車であるが、一方で操作ミスによる転倒事故等も多く報告されている。スクータ型二輪車の特徴は、走行速度が主に

30km/h程度以下の低速域であること、ライダの足元に燃料タンク等のスペースがなく自由に両足を動かすことができる車両構造であることが挙げられる。走行実験では、スクータ型二輪車に加速度計、ジャイロセンサ、操舵トルク計、データレコーダ等を取り付け、ライダには、両足の回転角度を計測するポテンショメータを取り付け、走行速度が10km/hから20km/h程度の範囲での直線走行

実験を行っている。ライダの操舵特性、両足の動き、車両の横偏差軌跡、ロール角度等を計測している。これらの計測データから、スクータ型二輪車の低速走行時のライダのバランス動作の特性を明らかにし、よりよい車両開発に役立つデータを蓄積していく。



写真1. 実験車輌および計測器搭載状況



写真2. 低速直進走行実験

## 二輪車を操縦するロボットの構築

日本大学生産工学部機械工学科 教授 景山 一郎

理工学部習志野校舎(現船橋校舎)に交通総合試験路が整備されて以来、これまで数多くの車両走行実験を必要とする研究を実施して来た。今回紹介する研究は二輪車を操縦するロボットの構築である。二輪車は数多くの運動力学上の課題を抱えており、開発の方向を間違えると非常に危険がつきまとう可能性をもっている。第一の課題が、車両の質量に比べそれを操縦する人間の質量が大きく(ほぼ1:1から8:1程度)、この人間の種々の動きが車両運動に大きく影響を与えるため入力を特定すること自体難しい(例えばハンドルトルク、ライダの上体のリーン角、ステップ反力等々)。このため、車両自体の特性を把握することが非常に困難となる。またこの二輪車の開発では、過去の経験を基に多くの走行実験の積み重ねを経て、テストライダーの主観評価等を基に安全性の確保が行われ

ている。そこで、安全に開発期間を短縮するには、二輪車を操縦するロボットを開発し、これをツールとして使用することが効果的となる。このため、当研究室ではメーカーとの連携等を通じ独自のシステム構築を行って来た。現在第3世代のロボット構築を行っており、交通総合試験路の使用が必要不可欠となる。将来は環境認識を含めた完全自律系とした、より人間のライダに近いシステム構築を目指している。



写真1. 第三世代ライダーロボット



写真2. 第二世代ライダーロボット走行風景

## グライダの曳航実験

航空宇宙工学科 教授 村松 旦典

グライダの曳航実験は、航空宇宙工学科の2年次に設置されている航空宇宙工学実験Ⅰの1テーマとして、夏季集中授業期間中に交通総合試験路を使用して実施している。この授業は航空宇宙工学を学ぶ上での基礎的な実験・実習を幅広く行っており、工作技術センターでの機械加工実習、材料試験などを実施している。夏季集中授業期間には、本実験の他に空気力学研究センターの大型低速風洞を使用しての航空機全備模型の実験、学科所有のフライティシミュレータによる航空機制御の実験、情報教育センターでのCAD実習が行われている。

曳航実験に使用しているグライダは、フィールド実験実習設備運営委員会で管理・運用しているグライダの一つである

複座の練習機ASK-13である。受講学生は様々な取得データから実験機の空力特性(揚力係数、抗力係数、および揚抗比)を推定する。後部座席に学生を乗せ計測機器の操作を行うために複座機が使われる。実験は教員7名、TAの大学院生13名、グライダ部部員約20名で担当している。授業の前日に準備作業(グライダの組み立てと計測装置の取り付けなど)と実験のリハーサルを行っている。実験のリハーサルは計測装置の動作確認とともに、教員、TAとグライダ部部員による通行規制などの安全管理業務の練習も兼ねている。屋外での実際の航空機を使った実験であるので、気象条件も考慮しながら特に安全面には配慮して実験を行っている。



写真.1 計測器の準備、動作確認を行う受講者



写真.2 交通総合試験路上を飛行するグライダ

## モバイルマッピングシステムによる3次元計測精度の検証

交通システム工学科 助手 池田 隆博

道路面とその周囲の構造物の位置情報を取得するシステムとして、モバイルマッピングシステム(MMS: Mobile Mapping System)と呼ばれる計測機器がある。車両に3Dレーザスキャナ、IMU、GNSS機器を搭載することで、走行しながら3次元の座標値を持つ点群データを取得することができ、道路地図作成のほか、道路上の標識やマンホールといった道路付帯施設の調査等への利用が期待されている。しかし、得られる点群の座標値は、GNSSにより得られる車両の位置座標が基となるため、観測箇所によって測位精度が悪化する課題

が挙げられる。

交通システム工学科空間情報研究室では、トンネル等の衛星不可視区間での利用に対応するため、MMSの測位精度を補正する調整用基準点を交通総合試験路上に設置し、GNSSによる位置座標を利用せずに路面の3次元点群データを取得することで、最適な基準点の設置間隔について検証を行った。その結果、GNSSによる位置座標が得られない時間が長くなるほど、MMSの測位精度が悪化する傾向が確認され、計測時の走行速度に応じて調整用基準点を設置する必要があることがわかった。今後は、交差点等の走行速度が変化する箇所での調整用基準点の設置間隔について検証を行う予定である。



写真1. モバイルマッピングシステム (Trimble MX8)



図1. 3次元点群データ (交通総合試験路)

# 理工学研究所講演会

## 第10回 「東日本大震災の復興支援と今後の課題」開催報告

平成26年9月27日(土)に駿河台校舎1号館121会議室において「東日本大震災の復興支援と今後の課題」と題し、第10回理工学研究所講演会が開催されました。学外から2名の講演者を招待するとともに、主催した東日本大震災復興支援室から2講演の計4講演とパネルディスカッションが実施されました。

招待講演では、武村雅之教授(名古屋大学)から「科学技術と地震防災：関東大震災が語る教訓」と題して、過去の大地震から学ぶべき

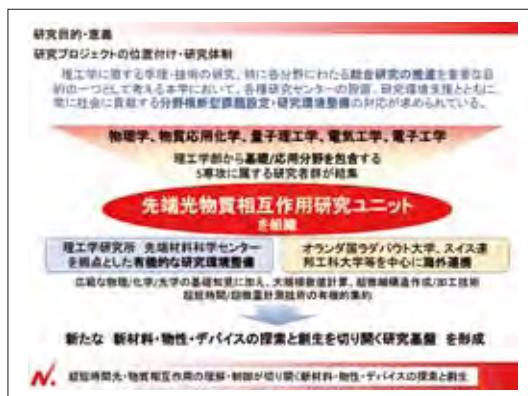
教訓について、平吹喜彦教授(東北学院大学)から『海岸エコトーンモニタリングが示す自然共存復興へのアプローチ』と題して、自然環境における生物多様性と自然再生の観点からそれぞれご講演頂きました。復興支援室より、神田特任教授[建築]から『釜石市唐丹小白浜の震災復興について』と題して、三陸海岸の唐丹湾に位置する小白浜地域の復興状況や今後の活動計画について、岸井教授[土木]から『復興支援の取り組みと今後の課題』と題して、宮城県石巻市の復興状況と今後の課題について講演頂きました。パネルディスカッションでは講演者らをパネラーにむかえ、今後の復興支援に必要な取組みやそれらの課題について、学内外からの聴講者も交えた活発な意見交換が行われました。



## 第11回 「超短時間光・物質相互作用の理解・制御が切り開く新材料・物性・デバイスの探索と創生」開催報告

平成26年12月6日(土)に駿河台校舎1号館121会議室において、「超短時間光・物質相互作用の理解・制御が切り開く新材料・物性・デバイスの探索と創生」と題し、第11回理工学研究所講演会が開催されました。本講演会は、平成25年度に採択された文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業における研究成果を、学生、教職員と一般聴講者の皆様にも分かり易く報告するために企画されたもので、研究代表の塙本新准教授[電子]からのプロジェクト構想および進歩の説明とともに、理工学部に所属する主要設立メンバー8人の先生方から各担当研究課題の意義と成果を講演頂きました。

分野横断型課題である超短時間の光・物質相互作用の検討・理解を深める事を特徴とする本プロジェクト研究が、近年要請が高まる超高速情報処理、新規光機能材料や超微細低エネルギー消費デバイス創生の指導原理の一つとして不可欠な知見につながるものと期待される事、また、理工学研究所先端材料科学センターを中心とした各種先端物性計測/素子形成環境の拡充、研究交流の実施状況など研究拠点形成の取り組みにつき講演頂くとともに、活発な質疑応答が行われました。



## 理工研News No.66 Vol.27 2015/3

発行日：平成27年3月

発行：理工研News編集委員会

発行人：高野 良紀

編集長：宮崎 康行



日本大学理工学部研究事務課

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14

TEL.03-3259-0929 FAX.03-3293-5829

<http://www.kenjm.cst.nihon-u.ac.jp/>

E-mail : [skenkyu@adm.cst.nihon-u.ac.jp](mailto:skenkyu@adm.cst.nihon-u.ac.jp)