日本大学　理工学部

理工研News

No.
65

| Vol.26 | 2014/03 |

CONTENTS

●理工学部学術賞／■ナノ電磁界シミュレーションによる光と物質の相互作用の解析
■噴霧乾燥法による組成傾斜型粒子の創製
●第9回理工学研究所講演会「理工学部シンボリック・プロジェクト形成支援事業（学部長指定研究）」中間報告会

平成25年度　理工学部学術賞

ナノ電磁界シミュレーションによる光と物質の相互作用の解析

電気工学科　准教授　大貫 進一郎

ナノ物質の近傍に局在する光を、微細加工、磁気記録、量子通信などに利用するデバイスが大変注目されている。これらの開発において、ナノ電磁界シミュレーションが近年重要な役割を担っており、ナノ領域における光と物質の相互作用の解析は重要な研究課題となっている。特に、フェムト秒レーザなど超短時間に変化する光パルスの解析や、ナノ物質の形状に依存する近接場光などの解析では、計算の信頼性を高めるために時空間の刻みを細分化する必要がある。このため計算時間および使用メモリともに膨大となり、解析困難な問題として知られる。

著者のグループでは、上記の問題点を解決するため、新しいナノ電磁界シミュレーション法を開発した。複素周波数領域の積分方程式法に数値逆ラプラス変換法を併用する本手法は、任意の時間および任意の時間刻み幅に対する解析が可能で、計算の信頼性は高い。また、アルゴリズムの改良と並列計算を併用することで、従来に比べ100倍以上の高速化を実現した［電子情報通信学会誌 マイクロ波・光デバイス分野におけるシミュレーション技術の進展小特集に解説，vol. 96, no. 6, pp. 391- 395, 2013］。

ナノ電磁界シミュレーションによる光と物質の相互作用の解析例として、次世代の超高速・超高密度磁気記録実現に向けた取り組みを紹介する。現在、円偏光を磁気記録媒体に照射することで磁化反転を行う光直接記録方式が世界的に注目されている。本方式は、現行技術の最大10万倍と超高速記録を実現できるが、高密度化には円偏光のサイズを低減することが必須である。図1は、青色で示す粒子状の記録媒体上に、十字形で材質が金のナノアンテナを配置した構造である。アンテナ上部から直線偏光レーザの照射により、アンテナ中央のギャップ間にナノスケールの円偏光が生成される。アンテナ下部に設けた突起は1つの記録対象粒子のみに円偏光を局所化することを目的としている。図2は、粒子状記録媒体内における円偏光度の分布を示す。アンテナ中央に位置するナノサイズの記録媒体でのみ、赤色で示す+1の円偏光が生成されている。提案する磁気記録方式では、アンテナ下部の粒子状記録媒体1つにのみ1bitの記録を行うことが可能である。これにより、記録速度は現行技術の10万倍、記録密度は数倍となり、次世代磁気記録実現へのブレークスルー技術として注目されている［電気学会論文誌A 特集に解説，vol. 134, no. 1, pp. 26-29, 2014］。

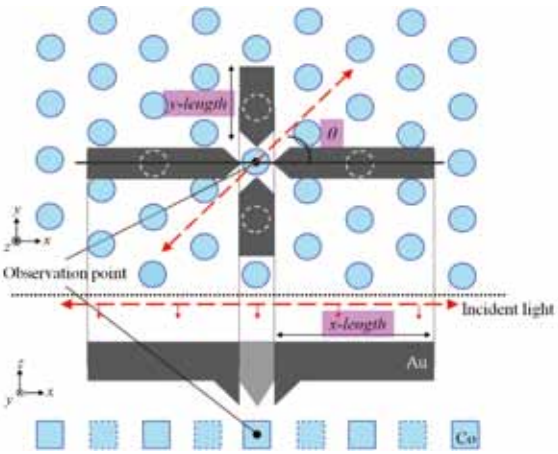


図1 光直接記録による高密度記録方式

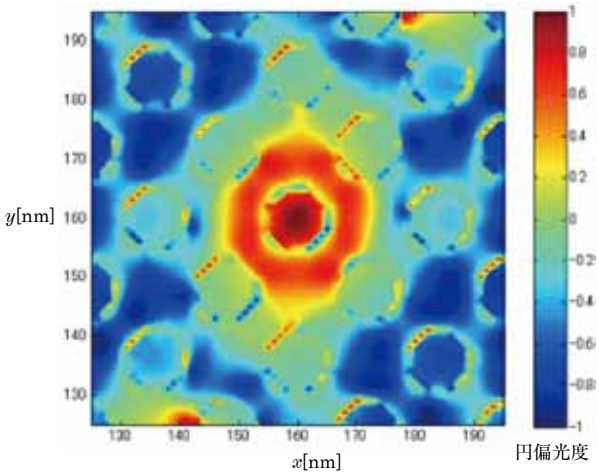


図2 粒子状記録媒体内の円偏光度分布

平成25年度　理工学部学術賞

噴霧乾燥法による組成傾斜型粒子の創製

物質応用化学科　准教授　遠山 岳史

性質の異なる2つ以上の材料の組み合わせで、かつ、その組成が連続的に変化した材料を組成傾斜型材料と呼ぶ。このような材料は金属（チタン）とセラミックス（水酸アパタイト）を複合化させた生体材料などでの研究例があり、この材料は金属の強度を有するだけでなく、生体親和性を有する機能性材料である。しかし、作製には特殊な装置、複雑なプロセスが必要であり、広く工業に応用はされていない。

一方、筆者は汎用機器である噴霧乾燥装置を用いた球状中空粒子（マイクロカプセル）の作製について一連の検討を行っている。噴霧乾燥法による粒子の作製は、スラリーあるいは水溶液を霧状にし、乾燥炉内で水分を蒸発させることで、短時間に溶液からダイレクトに粉体を作製することができる。このため、このプロセスは食品および医薬品などの製造プロセスとして広く利用されている。したがって、汎用的な噴霧乾燥法により組成傾斜型粒子が創製できれば、機能性材料を安価、簡便に作製できるものと期待できる。

そこで、噴霧乾燥法による組成傾斜型粒子を作製するために、伝統的な塩田での食塩の製造プロセスに注目した。海水中には溶解度の低い食塩（NaCl、溶解度35.9g/100cm³）と溶解度の高いにがり（$MgCl_2$、溶解度54.3g/100cm³）が溶解しているが、蒸発により先に溶解度の低い食塩が析出する。さらに蒸発を進めると、次に溶解度の高いにがりが連続的に析出してくる。このプロセスを噴霧乾燥装置内で生成する数μmの微細な液滴中に再現させれば、外側（難溶性成分）と内側（可溶性成分）で組成が連続的に異なる粒子が得られるものと考えられる。そこで、筆者の開発した二酸化炭素吹き込み法により調製した高濃度水酸アパタイト水溶液（難溶性成分）と、アセスルファムカリウム（可溶性成分）を溶解させた水溶液を用い、噴霧乾燥装置を用いて粉末化させた。その結果、図1のような2μm程度の球状粒子が得られ、内部構造のEPMAマッピングから、内部にアセスルファムカリウム（Sを含有）を組成傾斜させながら包含させた水酸アパタイト（Caを含有）球状粒子が創製できた（図2）。このような組成傾斜型粒子は、内部に薬剤を包含させたドラッグ・デリバリー・システムとしての利用のほか、アセスルファムカリウムの代わりに内部にSiO_2などを保強材として析出させることによる高強度フィラーなどとしての利用も期待できるため、現在、実用化に向けた研究を進めている。

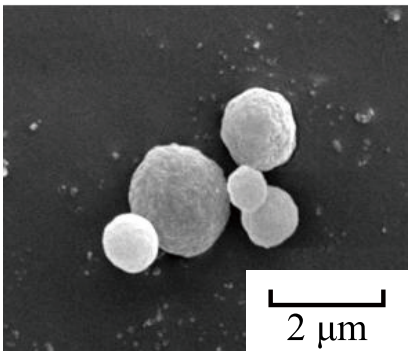


図1 噴霧乾燥法により作製した組成傾斜型粒子の走査型電子顕微鏡写真

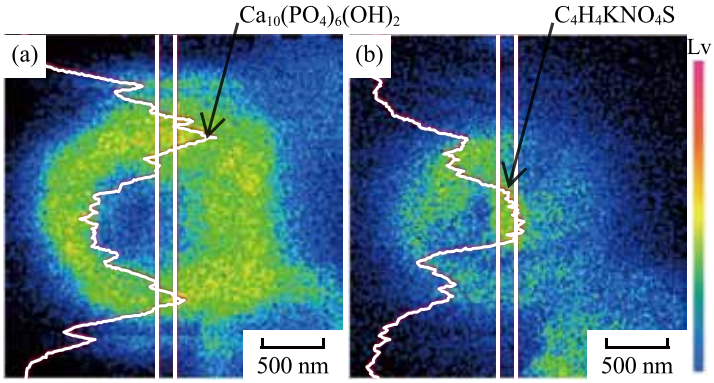


図2 EPMAマッピングによる組成分布象（(a)：Ca, (b)：S）

Testing Center
for Large Structures

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

あと施工せん断補強筋を用いたRC造梁のせん断補強効果に関する実験的研究

海洋建築工学科　中西・北嶋研究室

30MN大型構造物試験機を利用した実験

既存のRC造地中壁やボックスカルバートなどの構造物でせん断耐力が不足した場合、そのせん断補強を実現させるためには片側側面からの工事が余儀なくされる。本研究で対象としたせん断補強方法は、ドリルで削孔した孔内に、定着材としてのカプセルタイプの無機系モルタルを挿入し、その後せん断補強筋を打込むことで補強筋と既存の構造体を一体化する補強方法であり、定着材としてモルタル注入する従来の補強作業が軽減し簡素化できる。実験は、30MN大型構造物試験機のベッドに単純支持した実大規模のRC造梁試験体（B×D×L：900×1,000×5,400㎜）を対象に2点集中荷重により単調載荷したものである。実験では、せん断補強筋の径と形状、定着材の条件をパラメータとしてせん断補強効果を確認した。写真1に試験体の設置状況を示した。無補強試験体では明瞭なせん断破壊（写真2）を起こした試験体の耐力が、あと施工せん断補強を施すことで従来の梁のせん断補強筋（閉鎖型のあばら筋補強）とほぼ同等の効果を持つことを確認した。

写真1　試験体設置状況

写真2　せん断破壊した梁

折板型木質集積壁の構造性能に関する基礎的研究
―耐力壁への適用性について―

建築学科　岡田・宮里研究室

テストフロアを利用した実験－1

震災時に倒壊の危険性が高い木造住宅に対する耐震補強率の向上、並びに国内の木材自給率を向上させるため、小断面木材を集積した新しい耐力壁、「折板型木質集積壁」を提案した。この集積壁は、杉の間伐材の小断面木材を、木材間を貫通するスルーボルトにより一体化し、スルーボルトにプレストレス（PS）を導入することで木材間に摩擦力を発生させて、折板状の壁を構成したものである。一般的な落とし込み板壁における板を縦配置することで初期剛性が向上する性状を利用して、本構造においても木材を縦方向に用いている。また、折板型配置とすることで、水平載荷に伴う面外座屈に対する抵抗性能の向上と、最大耐力後の靱性挙動の発現に期待している。本研究は、折板型木質集積壁の構造性能を把握し、実用性の検討を行うことを目的としてたものである。実験は導入PS量の有無及び折板のデプスをパラメータとし、上梁の端部をチェーンブロックで引き込むことによる正負交番の水平載荷を行った。実験結果より、PS導入による初期剛性の向上と折板配置による靱性型挙動の発現が確認され、壁倍率の算出など定量的な評価を行った。今後は、簡易的な設計手法の提案や数値解析モデルによる検討などを行う予定である。

写真1　水平載荷実験

津波漂流物の衝突によって鉄筋コンクリート造部材に作用する衝撃荷重に関する実験

海洋建築工学科　中西・北嶋研究室

テストフロアを利用した実験－2

2011年3月に東北地方で発生した東北地方太平洋沖地震では、地震によって発生した津波が東北地方を中心とする太平洋沿岸の広い範囲に甚大な被害を与えた。木造家屋の多くが流出し、鉄筋コンクリート（RC）造や鉄骨（S）造の建物においても、津波漂流物の衝突により大きな損傷を受けた。今後も東南海地震等による津波被害の発生が危惧されており、沿岸地域では津波被害への対応が求められている。しかし、津波漂流物の衝突により建物に衝撃荷重が作用した際の挙動については不明な点が多く、評価方法は明確にされていない。そのため、部材に衝撃荷重が作用した際の挙動を明らかにすることは、衝撃荷重の定量的な評価方法の確立に向けた足がかりになると考えられる。本研究では、RC造の柱部材に小型船舶や自動車を想定した漂流物が衝突した状況を模型試験体（縮尺1/4）によって再現するために、質量60kgの重錘を落下させる衝突実験を実施した。RC造試験体は単純支持され、その部材中央に落下高さを変化させながら衝突させ、支点反力、引張主筋ひずみ、たわみの測定を行った。衝突実験に先立って行った静的載荷実験結果と比較することで、エネルギー保存則に基づいて衝突荷重や応答変位等の部材挙動を説明できることを確認した。

写真1　落下試験装置

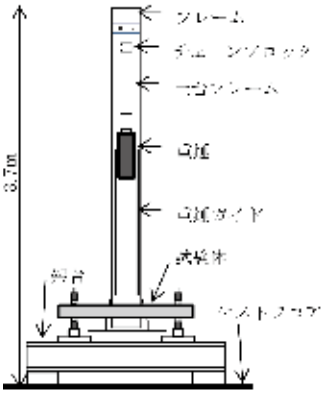


図1　試験装置図

異形PC鋼棒を用いたPCaPC柱のせん断性状

海洋建築工学科　浜原研究室

水平加力装置を利用した実験

この実験では軸方向鋼材位置をPCaPC柱に倣い断面内側寄りに配置した2体のRC柱（S9：帯筋比0.4%、S10：帯筋比0.6%）の正負交番載荷実験を実施し、PCaPCとRCのせん断性状の違いについて検討を加える。

最終破壊モードは、S9が対角線方向のひび割れ開口による対角線状せん断引張破壊、S10はせん断ひび割れの開口と柱頭、柱脚のコンクリートの圧壊によるせん断圧縮破壊であった。S9、S10試験体の荷重－部材角関係は図3に示すとおりである。最大荷重はS9が244kN、S10が289kNであり、帯筋比を0.4%から0.6%に増やすことによって、耐力が18%増加する。

図3は縦軸に帯筋寄与分の実験値 ΔQw、横軸に帯筋比 pw を取り、この平面上にPCaPC柱（図中●）とRC柱（S1、S2 図中▲）の帯筋の寄与分を示したものである。この図よりRC柱の帯筋寄与分は44.5kNに対して、PCaPC柱（緊張力レベル35%）の帯筋寄与分は21kNとなっており、RC柱の帯筋寄与分はPCaPC柱の2倍以上高くなっている。RC柱の帯筋によるせん断耐力への寄与分はPCaPC柱よりかなり大きいことが分かる。以上より、PCaPCとRCのせん断補強筋寄与分の違いはPC鋼材の緊張力の有無に起因していることが分かった。

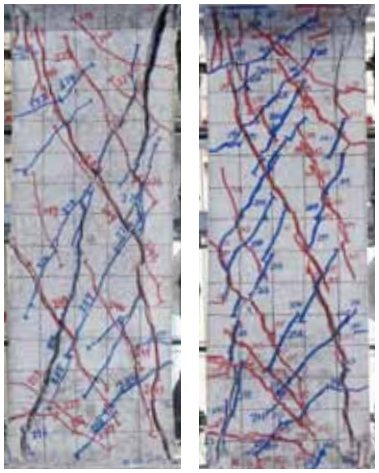


図1　最終破壊状況

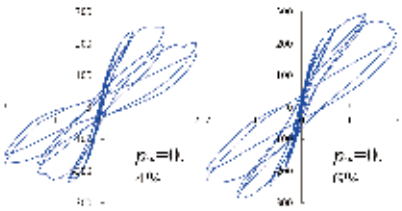


図2　荷重－部材角関係

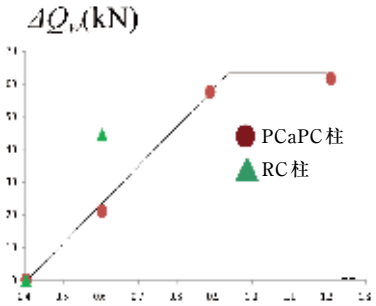


図3　PCaPC柱とRC柱の帯筋寄与分の比較

Research Center
for Aerodynamics

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.rist.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）、煙風洞装置（貸出不可）、３分力吊線式天秤（貸出不可）、熱線風速計、スキャニバルブ、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

空気膜構造の風荷重下における応答性能及び必要内圧の把握実験

建築学科　教授　岡田　章
建築学科　准教授　宮里 直也

本研究室では、これまでに仮設建築物としての半球型の空気膜構造の有効性に着目した研究を行い、実施に結び付けている。今回、新たな試みとしてトーラス型の空気膜構造を対象とした研究を行った。トーラス型の曲面は、ドーナツや浮き輪を水平に1／2にカットした形状で、外側のガウス曲率が正、内側のガウス曲率が負の曲面である。トーラス型を適用した場合、ガウス曲率が負の曲面となる内側において膜面に“しわ”が発生することが懸念される。空気膜構造は、一般的に常時空気を送風することで内圧を一定に保ち、曲面皮膜に“しわ”を発生させないように設計するため、内圧の設定は重要な設計項目である。特に軽量な空気膜構造にとっては風荷重が支配的となる。

これらを踏まえ、強風時に必要な内圧を設定することを目的として、一様流下における風洞実験を行った。風洞実験模型は、FRP樹脂により形状形成した剛模型を用いた。実験結果より、おおよそ全面負圧であることが把握された。さらに平均風力係数を用いて必要な内圧を算出し、10m規模でのモックアップを行った。以上の成果を基にトーラス型の空気膜構造の設計手法の確立を目標として、現在研究を進めている。

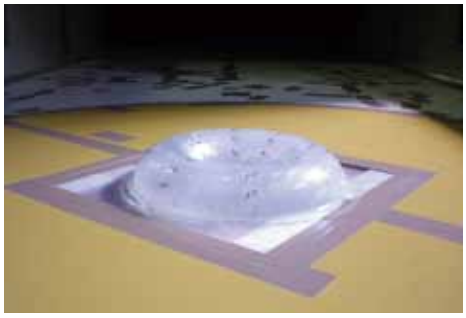


図1　実験用剛模型

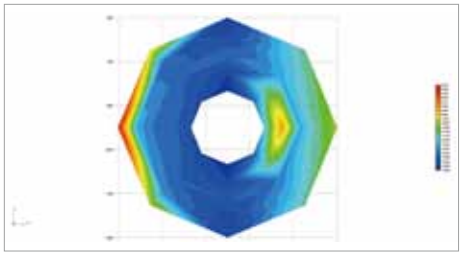


図２　風洞実験結果 風力係数コンター図

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

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いう問題に視点を当て、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及ぼす影響に気を配る必要があると考えられる。

これまで風車の後流の平均速度分布の詳細な計測を行ってきた。現在は、図1の風車モデル（直径200mm、高さ200mm、ブレード枚数3、翼型NACA0018）を使用し、

図１　大型低速風洞に設置した垂直型風車モデル

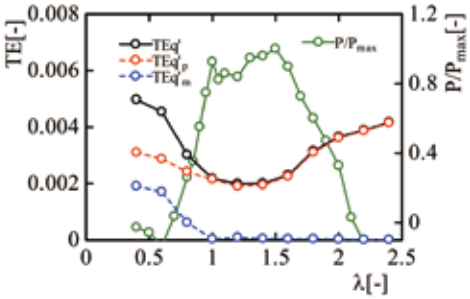


図２　風車後流の無次元変動エネルギーTEとパワー比P/P_{max}の周速比λに対する変化
TEq'：全変動エネルギー、TEq'_p：乱流変動エネルギー、TEq'_m：周期変動エネルギー
P/P_{max}：パワー比（P_{max}はλ=1.6のときのパワー）

風車効率に最も影響すると思われる周速比λを変化させ、風車の後流の変動速度分布を詳しく調べている。昨年の研究から、軸出力が最大となる周速比λ=1.4〜1.6付近において、後流の全変動エネルギー（風の変動の激しさを示す尺度）も最小を示していることが分かった。さらに今年度は、図2に示すように、後流の全変動エネルギー TEq'（風の変動の激しさを示す尺度）の寄与分を調べた。TEq'はλ<1.0の低周速比において大きく、乱流変動からの寄与分TEq'_pが約60%、風車回転に関係する周期的変動からの寄与分TEq'_mが約40%である。この結果から、低周速比においては周期的変動がかなりの割合で影響をおよぼすことがわかった。λが大きくなるにつれて、TEq'_mは急速に減少し、TEq'は全てTEq'_pで占められる。λ>1.6の高周速比においてはTEq'は乱流変動の増加によって再び増大する。これら低周速比と高周速比におけるTEq'の増加に伴い、それぞれの領域におけるパワー比P/P_{max}も低下する。

波力発電用揚力形垂直軸タービンの特性

電気工学科 教授　塩野 光弘
電気工学科 専任講師　直井 和久

振動水柱（OWC）型波力発電は構造がシンプルであり、タービンに直接波力の作用が無いため耐久性に優れているなどの利点がある。この発電に用いられるタービンは、ウェルズタービンが主流となっているが、水平軸タービンのため発電機がダクト内に設置され、タービンへの流入風量を妨げるとともに、発電機が塩分を含む気流にさらされるため絶縁劣化の影響を大いに受けることが考えられる。一方、垂直軸タービンを使用した場合、発電機をダクト外に設置可能なため、タービンの高出力化と発電機が塩害の影響を受けない点で有利となる。また、風向に対して無指向な特性をもつ垂直軸タービンは、OWC型波力発電で生じる往復流内の設置に適した特性であると考えられる。そこで、OWC型波力発電に用いる垂直軸タービンの基礎検討として、風洞内に波力発電装置を模擬したダクトを設け、ダクト幅がタービンの特性に及ぼす影響について実験を行った。

写真1　風洞施設内部とダクトの様子

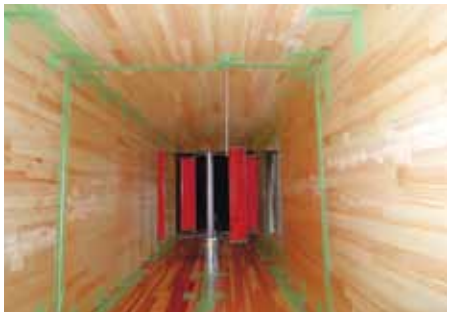


写真2　ダクト内部と垂直軸タービンの様子

自動車模型の空力特性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。特徴は実車の1/4スケール相当の模型の使用と最大40m/sでの高い風速条件により、実車に流れの条件で模型試験を実施していることである。計測内容は模型に作用する空気力6分力（主に3分力）、I型プローブを用いた熱線流速計による模型周り近傍流れ、後流の流速分布である。本試験のうち、模型の後部床下流れと後流の流速分布計測の様子とその結果の一例を、それぞれ図1および図2に示す。図2でPosition1および2が床下切り上げ部、Position3が後流の流速分布である。地面と車体底面による一般的な平板間流れとなることが予想されたが、それとも異なり車体による拘束がない後流でも床下と類似の流速分布を示すことがわかった。この結果に影響を及ぼす車体形状の因子や車体周り流れの基本的特性の解明が重要であるといえる。

図1　自動車模型車体周りの流れ場計測状況

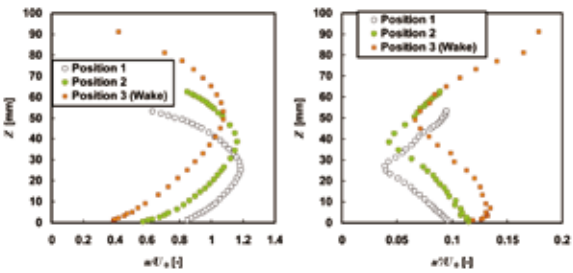


図2　模型周りの流れ方向流速の平均流速分布（左）と流速変動分布（右）【床下〜後流】

Center for
Creative Materials Research

材料創造研究センター

▶連絡先…担当者／清水　繁
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（GCMS）、高速液体クロマトグラフ質量分析装置（LCMS）、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、レニショー顕微ラマン装置、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

プロトン核磁気共鳴（^{1}H NMR）による分子集合体構造の解析

物質応用化学科　教授　大月　穣

太陽エネルギーを地上に固定化する光合成は、光合成細菌や植物が太陽光を吸収することからスタートする。光を吸収するのは「クロロフィル」と呼ばれる分子である。クロロフィルは、吸収した太陽エネルギーを光合成反応中心まで効率よく伝達する「光捕集アンテナ」とよばれる集合体を形成している。私達は、人工的な光捕集アンテナを創りだすことを目標として、人工的に改変したクロロフィル分子が自己集合して形成する集合体の構造を調べている。私達の合成したクロロフィル分子が溶液中で形成する構造を、プロトン核磁気共鳴（^{1}H NMR）の手法をいくつか用いて解析した。図1に示したPyαとPyβのピークは、分子中の芳香族のピークであるが、(c) に示すように、亜鉛を含むクロロフィル分子は溶媒$CDCl_3$中で、大きく高磁場側にシフトした。この大きな高磁場シフトは温度や濃度依存性もほとんどなく、安定な集合体ができていることを示している。その集合体のサイズをDOSY（Diffusion-Ordered NMR Spectroscopy）というNMRの手法を用いて調べ、そのサイズを推定した。その他の測定と合わせて、図2にあるような4分子からなる環状の集合体が形成している可能性が高いと考えている。図は篠崎、大月ら、J. Am. Chem. Soc. 2013, 135, 5262から引用した。

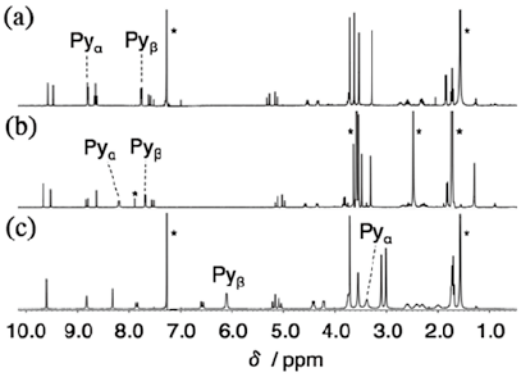


図1　^{1}H NMRスペクトル。(a) $CDCl_3$中の亜鉛を含まないクロロフィル分子、(b) THF-d_6中の亜鉛を含むクロロフィル分子。(c) $CDCl_3$中の亜鉛を含むクロロフィル分子。

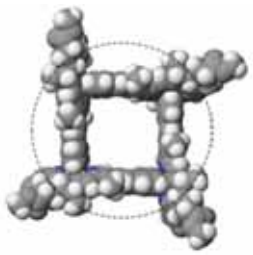


図2　人工クロロフル分子が溶液中で形成する集合構造。

異種アルコールを用いた置換オレフィン類の合成

物質応用化学科 専任講師　青山　忠

炭素-炭素（C-C）結合形成反応は有機合成で最も重要な反応のうちの1つです。例えば、根岸カップリング（2010年ノーベル化学賞）は有用な合成ツールとして多くの反応に応用されています。しかしながら、この反応はパラジウム触媒や有機亜鉛化合物を用いて反応を行うことから、生成物と等量の反応廃棄物が生じてしまします。アルコールを用いたC-C結合形成反応は反応副生物が水のみであることから近年注目されていますが、アルコールの脱離能が小さいことから多くの反応例がありません。

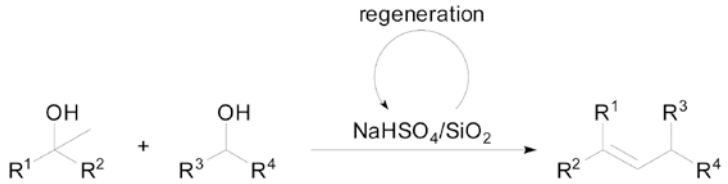


図1　異種アルコールを用いた置換オレフィン類合成

図2　NMR測定

我々はシリカゲル担持硫酸水素ナトリウム（$NaHSO_4/SiO_2$）を触媒として用い、異なるアルコールから容易に置換オレフィンを合成する新しい方法を見出しました。反応に用いた$NaHSO_4/SiO_2$は容易に再利用が可能であり7回再使用することが可能でした。これらの反応で得られた化合物の構造は、材料創造研究センター所有のフーリエ変換核磁気共鳴装置（400MHz-NMR）および高速液体クロマトグラフ質量分析装置（LCMS）により測定を行い、得られたスペクトルを解析することで決定しました。

創薬シード化合物の発見を目指した天然有機化合物の単離・構造修飾と構造決定

物質応用化学科 専任講師　浮谷 基彦

医薬品の中には、自然界に存在する天然有機化合物の構造が基になっているものがある。我々は、将来、医薬品になるかも知れない有用な天然物を求めて、アジア地域に自生する植物に含まれる化合物の単離と構造決定、および生物活性評価を行っている。また、天然物の構造を化学的に修飾して、より有用な効果を持つ化合物を作る試みも行っている。化合物を単離・調製した後には、どのような構造をしているのかを誤りが無いように決めなくてはならない。高速液体クロマトグラフ質量分析装置（LCMS；写真1）を用いることで、分子の精密質量（図1）を知ることができ、そこから分子式の推定を行うことが可能となる。他のスペクトル法（NMRなど）と組み合わせることにより、分子の構造を決めることができるため、有用な手段となっている。このようにして化合物の構造を決めた後に、様々な生物活性（がん細胞に対する傷害活性など）を評価して、構造と活性の関係を研究している。

写真1　LCMS

図1　天然物誘導体の質量スペクトル

異なる温度で調製した温度応答性多糖類ゲルの構造と物性

物質応用化学科 助教　星　徹

ヒドロキシプロピルセルロース（HPC）は、常温では水に溶解し、転移温度（約50度）以上で脱水和し凝集（不溶化）する温度応答性高分子であり、このHPCを水に溶解し常温で架橋させると、温度応答性ゲルが調製できる。しかしながら、転移温度を境にHPCの溶解状態が異なるため、ゲル調製時の温度により得られるゲルの性質が変化すると予想される。事実、30度で調製したゲル（30度調製ゲル）は水和し透明なゲルが得られ、転移温度以上の60度で調製したゲル（60度調製ゲル）は、白濁したゲルが得られる。凍結乾燥により水を除去した乾燥ゲルの走査型電子顕微鏡（SEM）像をFig.1に示す。30度調製ゲルでは、乾燥過程による膜化が確認されることから、架橋は水和により膨潤したHPC鎖間で起こり、60度調製ゲルでは、μmサイズの粒子の集合体を形成しているため、HPC凝集物間で架橋したことが示唆された。これらのゲルの圧縮試験を熱機械測定装置により行った（Fig.2）。30度調製ゲルは、HPC鎖と水が相互作用するため、圧縮しても水を放出せず、強度が高い。60度調製ゲルは、HPCは脱水和した凝集状態であるため、圧縮により水を放出し変形しやすいことが示唆された。

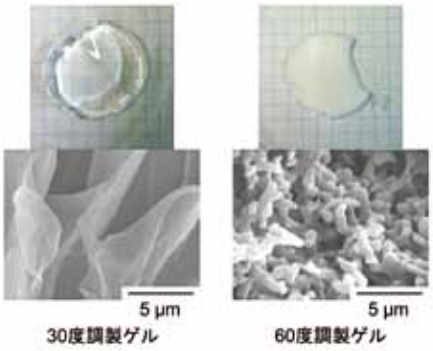


Fig.1　各温度で調製したHPCゲルの外観およびSEM像

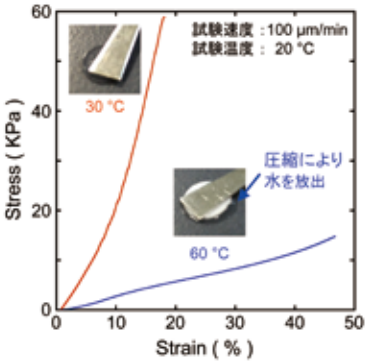


Fig.2　各温度で調製したHPCゲルの圧縮測定結果

Advanced Materials Science Center

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

カーボンナノチューブ／ロッドによるプローブやデバイスの創成

電気工学科　教授　鈴木　薫

金属内包カーボンナノチューブ（CNT）の磁気力顕微鏡用プローブ加工：エタノール中に浸したシリコン基板に直流通電を行う際の陰極に強磁性金属箔を挟み、カーボンナノチューブに強磁性金属を内包させた。固体のSi基板に接する液体のエタノールがジュール加熱で気化することで沿面アーク放電が発生し、陰極点が三角錐状の金属箔先端に観測され、その位置に於いて直線状の強磁性金属内包CNTが生成した。ニッケル（Ni）内包CNTでは長軸に［100］・側面に［110］面の結晶性を有し、直線的に内包され、直径10～80nm・長さ100～800nmの高アスペクト比で高密度に生成された。（Applied Surface Science, **292**（2014）39-43）ステンレス（SUS304）合金においては図1に示す層状構造の金属内包（A層：結晶性$Fe_{2(1-x)}Cr_{2x}O_3$, B層：多結晶性$Fe_{2(1-x)}Cr_{2x}O_3$, C層：結晶性$Fe_{(1-x)}Cr_x$が確認された。（Japan Physical Society Conference Proceedings 2014）

カーボンナノロッドによるダイオードの作製：気化したエタノール中のシリコン基板に直流通電しジュール加熱とレーザ支援によるカイラリティ制御を行うことで、図2に示すようにリンをドープした直線状カーボンナノロッドが森林状に群生し、1本を折りガリウムイオン（Ga+）を集束させて注入することでダイオードを作製した。またバックゲートを取り付けることによりn型のCNTになっていることが判明した。

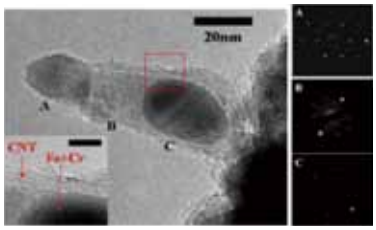


図1　ステンレス合金層状内包カーボンナノチューブ

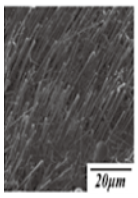
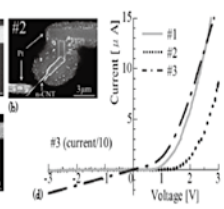
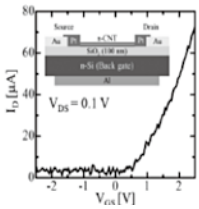


図2　カーボンナノロッドフォレスト



ダイオード特性



バックゲート特性

パルスレーザー堆積法による酸化物人工超格子の作製と磁気特性

電子工学科　准教授　岩田 展幸

本研究の目的は、電界で磁気的性質を制御（巨大電気磁気効果）できる強誘電性・強磁性マルチフェロイック材料を作製する事である。異なった材料を交互積層し、原子レベルでシャープな界面を持つ酸化物人工超格子を作製することで達成する。所望の特性は界面を通したキャリア移動や磁気的交換相互作用が重要な役割を果たす。本報告ではその一部を紹介する。用いた材料はCaFeOx（CFO）、$BiFe_{0.8}Mn_{0.2}O_3$（BFMO）である。$SrTiO_3$（STO）（001）上に［CFO/BFMO］各7ユニット成膜を14回繰り返した。図1（a）の表面像はステップ-テラス構造を示し、図1（b）の反射型高速電子線回折像はストリークパターンとなって表面平坦性を示した。X線回折結果には、ラウエ振動およびサテライトピークが現れ、超構

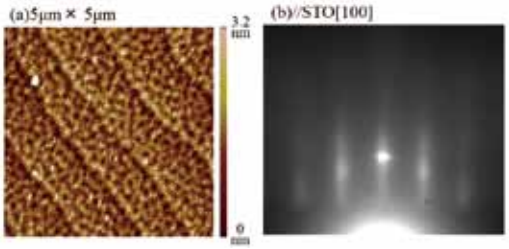


図1　［CFO/BFMO］超格子の（a）表面像、（b）反射型高速電子線回折像。電子線入射方向は［100］である。超格子作製後も基板同様ステップ-テラス構造を確認した。（b）ではストリークパターンを確認し、表面が2次元平坦性に優れていることを確認した。

造が形成されていることを示した。逆格子マップからCubu-on-Cube成長も確認した。図2に飽和磁化の温度変化を示す。プロットが実測値、実線が全角運動量J=5/2、キュリー温度（T_C）を450Kとし Brillouin関数を用いてフィッティングした結果である。T_Cが約450Kであることがわかった。図中グラフは10K、300Kの磁化曲線である。300Kにおいて$Fe_{0.8}Mn_{0.2}$あたり0.055μ_Bとなりバルク値の約4倍の値となった。超格子を作製することで磁気特性が改善された。

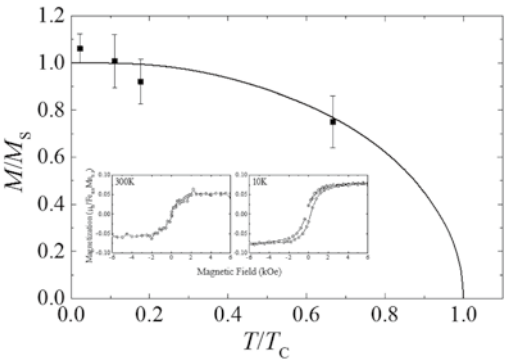


図2　[CFO/BFMO]超格子に関する飽和磁化の温度依存性。■が実測値である。M_Sは0Kでの飽和磁化Mは各温度での飽和磁化である。T_Cはキュリー温度、Tは磁化の測定温度である。実線はBrillouin関数を用いて実験値にフィッティングした計算値である。この結果よりT_Cは約450Kであることがわかった。

高感度磁気センサ開発に向けた表面プラズモン用複合材料の開発

電子工学科　教授　中川 活二
電子工学科　助教　芦澤 好人

“表面プラズモン”という光の周波数で振動する電子の粗密波の励起条件を、外部印加磁界によって制御可能な材料を見出した。この成果は、新たな原理に基づく高感度な磁気センサ開発への第一歩である。

図1　表面プラズモンの励起・計測用光学系。

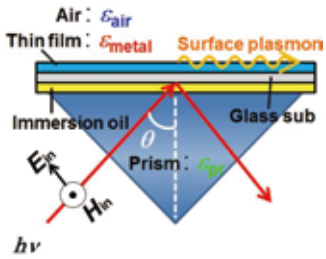


図2　クレッチマン配置の全反射減衰法により表面プラズモンを励起・観測する。

この表面プラズモンは、光が電子と相互作用することによって金属表面や金属と誘電体材料との界面に励起される電子の粗密波である。その励起条件は金属や誘電体の誘電率に強く依存するため、現在、バイオテクノロジ分野において誘電率変化を利用したセンサとして応用されている。さらに表面プラズモンは、超高密度磁気記録方式など他の分野への応用が期待されている。

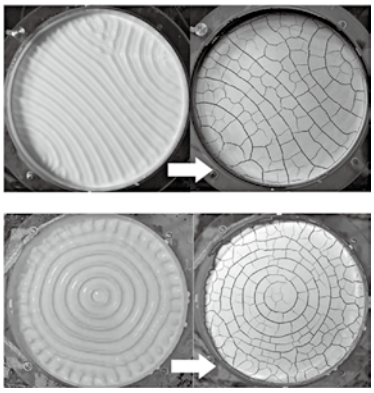
我々は磁気センサとしての応用を念頭に、ナノメートル台の厚さを制御した薄膜構造により磁界に対して応答性を示す表面プラズモン材料を開発した。効率よく表面プラズモンを励起可能な材料系と強磁性材料の複合材料の層構造制御により磁界に対する応答特性の向上にも成功している。本センターには、電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、X線回折装置、エリプソメータ、振動試料型磁力計など、材料設計指針を明らかにするために必要な装置が備わっており、さらなる磁気応答特性の改善が見込まれる。

塑性流体のメモリー効果を用いた破壊の制御

一般教育　准教授　中原 明生

ミクロンレベルの粉を水と混ぜて作ったどろっとした状態のペーストは、塑性を持つがゆえに加えられた水平振動や流れなどの力学的外場を記憶する。この記憶はペーストを乾燥させた時に得られる亀裂の進行方向として視覚化され、ペーストが水平振動を記憶した場合は乾燥亀裂は初期振動に垂直な方向に、流れを記憶した時は流れに平行な方向へと伝播するので、塑性流体のメモリーを利用すると亀裂の進行方向を制御できる[1)]。

ペーストが外場を記憶するメカニズムを解明するためには、電子顕微鏡で粉の形状やサイズを測定するとともに、粘弾性測定器で流動性（レオロジー）を解析する必要がある。今回、亀裂の進行方向だけでなく発生位置までも制御することを試み、ペーストに鉛直振動を加えたところ、図のように発生した表面波（ファラデー波）の形状に応じて亀裂の発生位置までも制御できるようになった。成功の要因はファラデー波の節の配置によってペーストに局所的な水平振動が加えられるようになったからである[2)]。これらは科研費・基盤研究（B）22340112の成果として報告されるとともに、今後セラミックなどの複合材料の破壊の制御にも広く応用できると期待される。



図：ファラデー波による亀裂パターンの制御

1) A. Nakahara and Y. Matsuo, Phys. Rev. E, 74 (2006) 045102.
2) H. Nakayama et al., Eur. Phys. J. E, 36 (2013) 1.

Research Center for Environment-Preservation and Disaster-Resistant City

環境・防災都市共同研究センター

▶連絡先…担当者／柳崎 尚輝
電　話：047-469-5656
E-mail：yanagisaki.naoki@nihon-u.ac.jp
HP：http://www.edpjrc.cst.nihon-u.ac.jp

施設保有の主な装置・設備
[設備] 実験室、大会議室、会議室、計測制御室
[装置] 高速載荷アクチュエータ装置（3台）、反力壁装置、電磁式振動試験装置、大型振動試験装置、地盤・構造物水平振動試験装置、恒温槽付二軸圧縮振動試験装置、せん断土層装置

イベント情報
特になし

ケーブル構造の動的荷重下における衝撃的張力変動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は、二次設計レベルの設計荷重に対しても、弾性範囲内で設計されることが一般的である。終局耐力の把握及び想定された荷重レベル以上の荷重下における架構の安定性と安全性については論じられることは少ない。この中でも、ケーブルの張力消失に伴う緩みの発生は、過大な張力変動の発生の可能性が想定され、衝撃的な張力変動による架構への影響、クランプ金物の滑動等が報告されている。

本実験は、共振点近傍の正弦波による強制加振を行い、衝撃力のオーダーであるひずみ速度（10^{-1}～10^{2}［1/s］）を十分測定できる測定器（サンプリング周波数200kHz）を使用して、ケーブルの緩みに伴う衝撃力が発生した時の性状の把握及び評価を行ったものである。

本実験の結果と同モデルを対象とした数値解析結果の比較により、張力消失に伴う衝撃的な張力変動が評価可能であることが示唆され、現在ケーブル構造の数値解析手法の確立を目指した研究を進めている。

図1　Tタワー振動台設置

図2　横振動の発生（高速度カメラによる撮影）

大断面集成材を用いた木造建築物の床衝撃音に関する研究

建築学科　井上研究室
（一社）木を活かす建築推進協議会

平成22年、法律第36号「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行により、今後益々低層の大スパンによる木造建築が普及していくと考えられる。木造建築物の場合は、低剛性・低質量のため、遮音性能が低くなる傾向にあり、特に上下階の床衝撃音遮断性能を向上させることは非常に難しいとされている。本研究では、大断面集成材を用いた木造建築物の床衝撃音について、図3に示すスパン6m×6mの2方向ラーメン構造の実大モデルを用いた検討を継続的に行っている。昨年度は、木質パネル床構造（構造用合板24mm＋根太105×150@250＋構造用合板24mm）を対象に、図4に示すように天井や床仕上げ構造を変化させ、重量床衝撃音遮断性能の対策を行った。その結果、②～⑦の各仕様で①に比べて性能が向上した。調湿用木炭を入れた炭袋を天井板に直置きし、乾式二重床を床仕上げ構造に使用した⑥（乾式二重床束上加振）、⑦（束間加振）のパターンでは重量床衝撃音遮断性能が6～7dB向上した。

図3　実大木造モデル

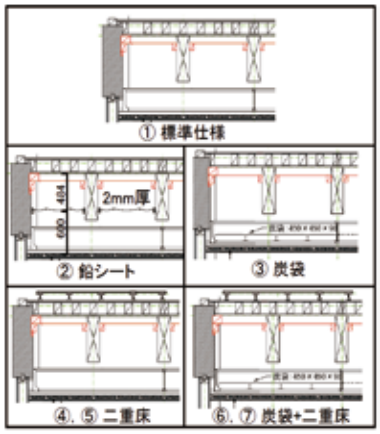


図4　対策パターン

相互貫入ユニットで形成されたTensegrity Trussの提案及び力学的性状の把握 ―タワーへの適用に関する基礎的研究―

建築学科　岡田・宮里研究室

Tensegric Trussは、Tensegrityの定義を拡張することにより、建築的な発展を図った構造システムであり、様々な建築への適用例が見られる。Tensegric Trussはユニットを集積して使用することを主眼としており、大きな曲げモーメントとせん断力が支点部に発生するタワー等の積層構造物に適用する際には、脚部ユニットの圧縮材に生じる応力の処理が設計上の課題となる。

本実験はTensegrityの新しい建築的な発展形の一つとして、提案したInserted Tensegrity Truss（Intersecting Tensegrity Truss：ITT）の基本的振動特性の把握を目的としたものである。ITTはユニットとしてTensegric Truss TYPE Ⅱの四角錐のユニットを用いており、各ユニットを45度回転させ、中間節点を四角錐が相互貫入するように移動し、ストリングで連結したものである。本研究は、ITTを6ユニット積層させた試験体を対象に、sin波を用いた振動実験を行った。実験結果より、ITTはケーブルの張力消失及びケーブルのクランプ接合部での滑りの発生に伴う不安定現象は発生せず、共振時も安定した振動性状を保持可能であることが把握された。

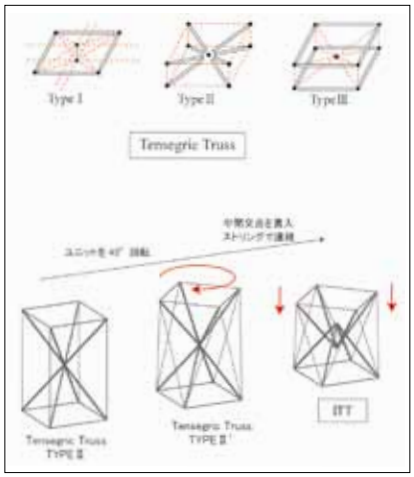


図5　ITTの発生

図6　ITTタワー

天上板をTMDとして利用した新しい吊り天井制震システムの開発

建築学科　対震構造研究室

近年、大規模地震による吊り天井の落下被害が多数報告されている。中でも2011年東北地方太平洋沖地震による被害は甚大で、国土交通省では発生した被害状況を踏まえ、天井脱落対策に係る基準を定めた。さらに、建築基準法施工令及び関連告示が改正されるに至った（2014年4月施行）。この改正の適用範囲は、6m超の高さにある200m^{2}超の吊り天井であり、大規模空間を有する体育館や公共建築物が主な対象となっている。しかしながら、多くの建築物に用いられるのは、前述した適用範囲に満たない比較的小規模な吊り天井である。

そこで本研究では、建築用鋼製天井下地材を用いた比較的小規模な吊り天井を対象とし、TMD理論を用いた吊り天井の制震化方法を提案する。

提案システムを実現するため、図7に示す制震部材を開発し、単体試験を行うことでその性能を確認した。この制震部材は、天井下地材（野縁受け）と天井板に数ヶ所のビス止めのみで容易に設置できる形状となっているため、既存の吊り天井の制震改修にも対応可能である。

さらに、制震対象とする吊り天井実大試験体（図8）を作成し、振動実験を行った。一般的な状態の吊り天井と、制震部材を設置し制震化した吊り天井の結果を比較することにより、本研究で提案する制震システムの有効性を確認することができた。

図7　制震部材

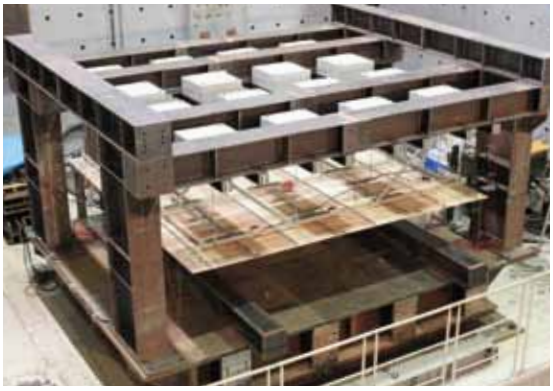


図8　実大振動試験体

Research Center for Micro-Functional Devices

マイクロ機能デバイス研究センター

▶連絡先…担当者／内木場 文男
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エッチング装置、プラズマCVD装置、両面コンタクトアライナー

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

昆虫型マイクロロボットの開発 ―積層ピエゾアクチュエータによる低消費電力・高速化―

精密機械工学科　教授　内木場 文男

マイクロ機能デバイスデバイス研究センターでは、全長4mm程度の昆虫を模したマイクロロボットの研究開発に取り組んでいる。これまでに、IC製造と同様にシリコンウェハを超微細加工するMEMS技術を用いて、目標の大きさの昆虫型ロボットの開発を行った。超小型の筐体の中には、形状記憶合金の一種である人工筋肉ワイヤーによるアクチュエータを形成し、同じくMEMSによる変換機構を加え昆虫のような6足歩行を実現した。人工筋肉ワイヤーは電流駆動型の素子であり、通電することによって発生する熱を利用する。高温時には収縮し、冷却が進むことによってもとの長さに戻る。変位量、発生力についてはマイクロロボットのためには十分な性能を発揮する。しかしながら、通電型であるために消費電力が大きく、また、熱のやり取りを必要とするので変位速度については十分な状態ではなかった。これらのことを考慮し、アクチュエータに積層ピエゾアクチュエータを用いることによって、消費電力、動作速度も大幅に向上することに取り組んだ。積層ピエゾアクチュエータをもちいて筐体中心部にある円盤を連続的に叩き、ことによって回転運動を発生する構造を採用した。回転運動はリンク機構を介して歩行運動に変換される。得られたロボットは3Vで駆動することができ、最大速度180mm/minを示した。

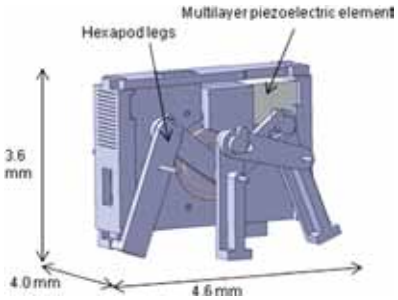


図1　マイクロロボットの構造

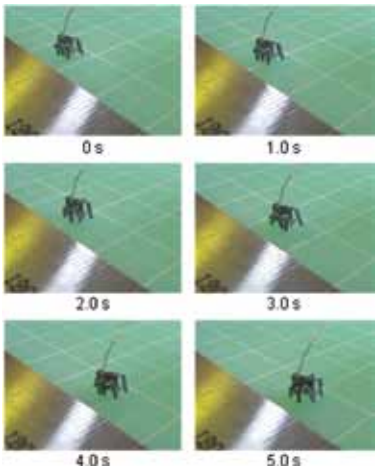


図2　昆虫型マイクロロボットの歩行動作

世界最小の6足歩行ロボット用人工脳の開発

精密機械工学科　助教　齊藤　健

生物の制御装置である脳は驚くほど高機能であるが、その情報処理方法は未だに明らかにされていない。例えばアメーバは単細胞生物であるが、驚くことに学習機能があることが最近の研究で明らかになった。このことからも、哺乳類の脳は大型でその機能を正確に理解することは難しい。そこで、昆虫などの小型生物の脳に着目して、数百や数千の神経回路網が発現する機能に着目した。我々は、脳の構成要素である神経細胞の電気活動そのものをアナログ電子回路でモデル化したパルス形ハードウェアニューロンモデルを用いてネットワーク化し、生物の簡単な機能を表現する研究をおこなっている。一例として、数mmサイズの6足歩行ロボットに搭載可能な、歩行動作を生成可能な人工脳の開発に成功した（図1）。開発をおこなった人工脳は、従来のロボットのようにコ

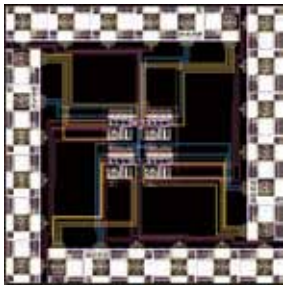


図1　開発した6足歩行ロボット用人工頭脳のIC設計図

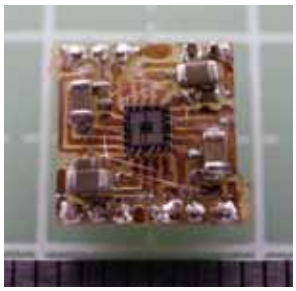


図2　6足歩行ロボットを駆動する周辺回路

ンピュータプログラムの必要がない。また、人工脳が出力する波形を基に、6足歩行ロボットが駆動する周辺回路の開発もおこなった（図2）。残念ながらロボットに比べ周辺回路が重く、かつ大きいため実際の駆動には至らなかったため、現在周辺回路をIntegrated Circuit（IC）の内部に収める設計をおこなっている。

MEMS技術を応用した2成分混合気体用熱線濃度計

機械工学科　教授　木村 元昭

2成分混合気体の流動場の濃度計測をする目的で熱線濃度計が製作された。この濃度計は気体採取音速ノズル、濃度感知用熱線、負圧発生ホルダから成っている。金属線に通電するとジュール熱が生じ周囲気体に熱伝達で伝熱消費される。ここで熱伝達は主に熱線周囲の気体の流速と熱伝導率に支配される。ここでは音速ノズルで流速変化を抑え、2成分気体の混合比による混合気体の熱伝導率の変化を利用して濃度計測を行う。

本研究では、ノズル、熱線、負圧発生ホルダをMEMS技術により製作した。製作プロセスを図1に示す。①シリコンウェハの表面にプラズマCVD装置を用いて絶縁膜SiO_2を1～2μm製膜する。②スパッタ装置を用いてTiとPtを製膜し、リフトオフによりセンサ部を形成する。厚さはそれぞれTi：0.1μmとPt：0.15μmである。③裏面のSi上に真空蒸着装置を用いてアルミを蒸着した後、レジストを塗布して2枚のウェハをはめ合わせる凹部（インロウ）と真空ポンプを接続する丸穴パターンにフォトリソ処理し、ウェットエッチング後、プラズマICP装置で貫通させる。④③と同じ手順で他のウェハの両面にアルミを蒸着して、2枚のウェハをはめ合わせる凸部（インロウ）をパターニングし、プラズマICP装置でエッチングする。⑤凸部を製作した面に再度アルミ蒸着、パターニングし、プラズマICP装置でノズルを形成する。⑥ノズル流路を形成する上記2枚のウェハを接着するための中間層SU-8を塗布する。⑦センサを形成したウェハとノズルを形成したウェハを低温接合する。⑧熱線濃度計本体の形状にプラズマICP装置で削り出す。⑨熱線濃度計の表面のアルミ膜をウェットエッチングする。

製作した熱線濃度計（図2）を用いてヘリウムと空気の混合気体の濃度測定実験を行ったところ濃度を測定することができた。尚、この熱線濃度計はNUBICを通し、特願2009-264065および、特開2011-107035の特許出願および公開を行った。

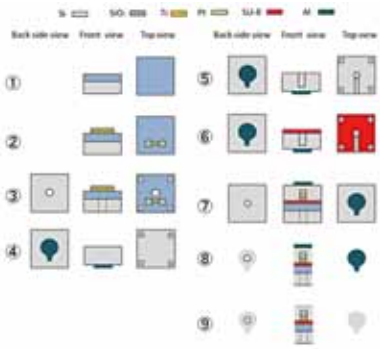


図1　熱線濃度計の製作手順

センサ部　熱線濃度計
図2　熱線濃度計

室温超純水中における良質なシリコン酸化膜形成

電子工学科　教授　高橋 芳浩

半導体集積回路やマイクロ機械の作製において必要不可欠な絶縁材料であるシリコン酸化膜の成膜には、熱酸化法やCVD法（化学気相成長法）などが用いられるが、いずれも数100℃程度以上の高温雰囲気が必要である。一方、構造の微細化・複雑化に伴いプロセス温度の低温化が望まれている。そこで本研究では陽極酸化法に着目し、シリコン基板の低温酸化について検討した。電解液中に設置した基板間に電圧を印加すると陽極側で酸化が進行することが知られており、これまでに室温の純水中においてシリコン酸化膜の成膜が可能であることを確認した。ただし、絶縁性は熱酸化膜に比べ劣り、これは成膜中の純水への不純物混入が一要因であると考えた。そこで図1のように、絶えず超純水が供給可能な成膜装置を試作し酸化膜成膜を行った。その結果、静止純水中で成膜した膜に比べて絶縁特性が大幅に改善（リーク電流抑制、耐圧向上）することを見出した。また酸化中、一時的に基板に負電圧を印加することにより、電気的特性が更に改善可能であることも確認した。今後、本手法の各種デバイス作製プロセスへの適用、更にはシリコン以外の各種材料に対する適用を目指して検討を続ける。

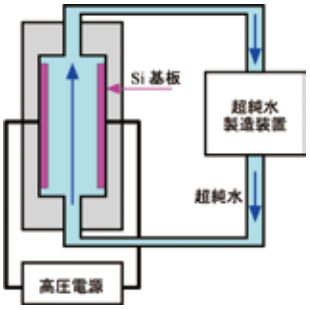


図1 陽極酸化装置概略図（超純水循環型）

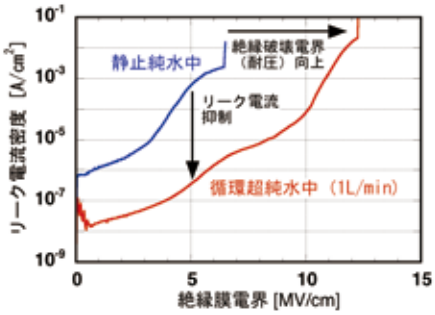


図2　陽極酸化膜のリーク電流特性

Center for
Manufacturing Technology

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

衛星運動型高速向流クロマトグラフ装置の考案と製作

薬学部薬学科薬品分析学研究室　教授　四宮 一総

従来の高速向流クロマトグラフ装置（high-speed countercurrent chromatograph：HSCCC）は、円筒状のカラムが自転しながら同じ方向に公転する。この機構はあたかも太陽の周りを地球が回転する様子になぞらえることができるため、惑星運動（planetary motion）と呼ばれている。分離効率を向上させるためには、カラム内で互いに混ざり合わない二液相が攪拌した後分相し、更に一方の相が移動するという一連の過程が多数回効率よく達成される必要がある。そこで、従来の惑星運動に月を加え、太陽－地球－月の衛星運動（satellite motion）を行う衛星運動型HSCCC（coil satellite centrifuge：CSC）を考案し、工作技術センターとの共同研究により製作した。CSCでは、月に相当するカラムが3重回転するが、太陽軸、惑星軸及び衛星軸の回転速度と方向をその組合せにより自在に変化させることができ、更にカラムに接続した送液チューブをねじれが生じないように配管することができる。そのため、従来の同期的回転に加え、衛星運動、惑星運動共に回転シールを用いることなく非同期的回転を行うことが可能となった。各種二相溶媒を用いた分離実験により、最適な回転条件の確立が期待される。

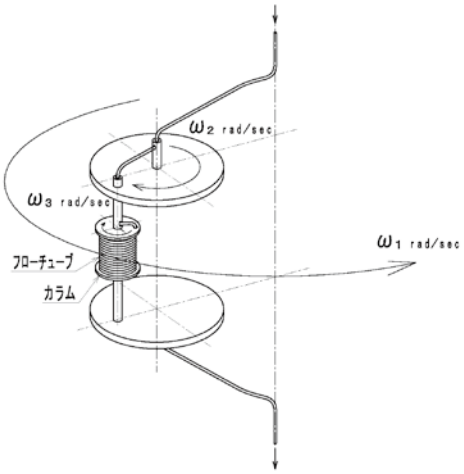


図1　衛星運動型高速向流クロマトグラフ装置の原理図

図2　製作した衛星運動型高速向流クロマトグラフ装置

コンフォーム連続押出しを用いた架線用被覆線の製造に関する研究

機械工学科　教授　星野 倫彦

現在、日本国内の鉄道の高速化が進み、線路や架線に対する仕様が厳しくなってきている。架線には、銅合金のみで作られたものと鋼線を芯として銅合金を被覆された架線があり、被覆工程には、溶融した銅合金中に鋼線を通すディップコーティング法とコンフォーム連続押出しによるコンクラッド法がある。本研究では、コンクラッド法における被加工材の流動状況を観察し、製品に問題を生じる不純物の巻き込みを防ぐ改善を試みている。写真1は、国内メーカーが用いている実機を約1/2モデル化した実験装置であるが、装置内の被加工材の流動を観察できるように多種の部品が分割型になっている。このような構造を備えた実験装置を

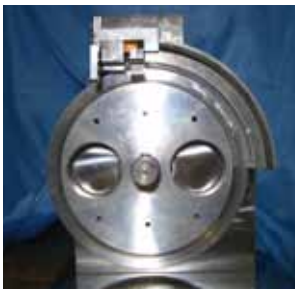


写真1　1ロール2溝型コンクラッド押出し装置

写真2　開発を進めている2ロール型コンクラッド押出し装置

工作技術センターに製作して頂き、委託研究を行うことができた。その中で被覆する加工力を増やす必要が生じ、写真2の回転するロールが左右2つの実験装置を設計し、これも工作技術センターに製作を依頼した。写真1の装置を製作した経験を用いて発注から完成まで非常に短い期間で対応して頂けたので、設計を始めた年度の秋の日本塑性加工学会で実験結果を講演発表することができた。今後、被加工材の流動に工具形状などが与える影響を調査し、工作技術センターの協力を得ながら実生産に適用できる製造プロセスとして研究を進めていく予定である。

機械系学科実習用卓上ホブ盤の製作

機械工学科 教授 李 和樹

理工学部の機械系学科には実習科目が設置されているのを御存じだろうか。入学したての1年生を対象にモノに触れてもらうことを意識して、機械という言葉に慣れ親しんでもらいたいという願いがこもった科目である。実習科目には機械系の学科で学ぶ基本的なことが準備されており、この科目を履修すると機械工学に関する一通りの体験をすることができると自負している。

私はこの科目を担当しているが、この科目の中に「歯車」に関する実習がないことが気に掛っていた。歯車は機械の代表選手であり、かの日本機械学会のトレードマークも歯車をあしらったものである。そこで、歯車の実習を行おうと工作技術センターに相談したところ、古い歯車加工機（ホブ盤）が一台あったが、これを廃棄してしまったことを知った。

教育はしたいしホブ盤は無いし、という状況のもと、同僚の山田先生と相談して卒業研究で卓上のホブ盤を開発することにした。平成17年度の卒業研究に「実習用ホブ盤の開発」というテーマを設定し、2名の卒研生の頑張りで試作できたのが図1に示したホブ盤である。

ホブ盤は図2に示すように垂直軸に固定された工作物（この場合は加工モデル用プラスチック）を水平軸に取り付けたホブと称する刃物で加工する機械で、両軸の回転を同期することによって歯車加工を行うことができる。平成18年度以降はこれを利用して歯車はどのようにしてできるのかという実習を行っている。

図1　試作した卓上ホブ盤

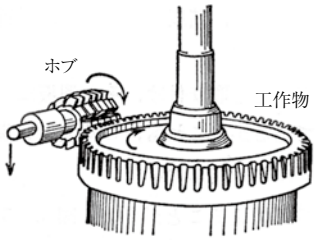


図2　歯切りの原理

静翼流路風速解析のための多翼垂直軸風車製作

電気工学科 教授 塩野 光弘
電気工学科 専任講師 直井 和久

プロペラ風車に代表される水平軸風車は大形化が可能で広く普及しているが、常に風向に正対させる必要がある。一方、風向に対して無指向な特性をもつ垂直軸風車は、風向が不規則に変化するような場所に設置する発電装置に適していると考えられる。風車の種類には大きく揚力形と抗力形に分けられ、プロペラ風車は揚力形、本研究で提案する多翼垂直軸風車は抗力形に分類される。抗力形風車は起動時のトルクが大きいため自起動性は良く、弱い風でも回転し始める。しかし、揚力形風車と比較して風車効率が低く、発電出力が小さいという欠点がある。そこで、多翼垂直軸風車では抗力形風車の欠点である効率特性を静翼と呼ばれる風向板の設置により改善し、出力の増加を図っている。本研究では風車特性に静翼の及ぼす影響を明らかにするため、静翼流路風速を解析している。これらの実験に必要な装置の製作は、工作技術センターの協力により行っている。

写真1　風車部品の製作・加工

写真2　風車の設置・組立

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610m 密粒アスファルト・コンクリート 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2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）パイロン（カラーコーン）　7）スライドバー

二輪プローブカーを用いた環境認識技術と情報伝達システムの構築

機械工学科　准教授　関根 太郎

東日本大震災では、広範囲な停電などによる通信障害や道路寸断などにより現場の状況把握に支障が生じた。事前に発生予測が困難な災害に対して効率的に防災・減災を実現する目的から、この研究では全国の公的機関や配送に用いられている二輪車の活用を検討している。二輪車は燃費が良く、小回りが利き機動的な利用が可能であると共に、発電機を搭載しているため、ある程度の持続的な情報発信が可能である。そこにステレオカメラ、ジャイロセンサーやGPSなどデータ計測機能を搭載することにより、走行している路面状況や周辺の渋滞・障害物状況を計測し、車載通信装置からサーバに情報転送することで、災害対策本部で状況把握が容易となる。将来的には、スマートフォンなどにシステムのダウンサイジングを検討し、普及を促進する予定である。

交通総合試験路では、試作二輪プローブカーにより障害物乗り越え実験を実施し（写真1）、路面からの振動波形による路面破損状況の抽出、すれ違い時の車車間（V2V）通信の性能実験などを実施している。

写真1　二輪プローブ車両による段差検出走行実験

横断歩行者回避時の自動車の挙動に関する研究

交通システム工学科　助教　石坂 哲宏

近年、交通事故死亡者数のうち歩行者関連が約3割と最も多く、特に高齢者の横断による死亡事故が多く発生している。歩行者の衝突事故、とりわけ高齢者の死亡事故を減少させることが重要であると考える。衝突事故を減少させる対策を検討する上で、様々な条件下で自動車の走行挙動の取得を行い検証することが重要である。本研究では、高精度GPSを用いて、高齢者の横断歩行者を想定したダミーを自動車で回避する挙動の取得を行った。交通総合試験路に単路と見通しの悪い交差点を設置し、試験車がダミーの手前（40mまたは60m）に到達した時点で飛び出させた（写真1）。ドライバーは、運転頻度が高い方と低い方の2名とした。実験結果から自動車と歩行者の間隔が大きいほど回避に余裕が生じること、運転頻度が低い方の方が慎重に走行している傾向があることが定量的に分かった。また見通しが悪くなると、運転頻度に関係なく運転が慎重になるという傾向も見られた。今後は、取得した走行挙動をシミュレーションモデルに組込むことで、交通事故対策の検証を行っていく予定である。

写真1　自動車による横断歩行者回避実験

人力飛行機の試験飛行

航空研究会顧問　安部 建一

「大空を自分の力で飛ぶ」という人間の夢をかなえるため、人力飛行機の研究は、古代から世界各国で行われてきた。イギリスのサザンプトン大学で1961年に「SUMPAC」号が飛行に成功して以来、日本では本学・理工学部が先駆者となり、1963年に機械工学科航空専修コース（現在の航空宇宙工学科）の卒業研究の一環として故木村秀政先生のもと研究開発が行われた。木村先生のご定年後、人力飛行機の開発は航空研究会に受け継がれている。

毎年1機の割で製作され、琵琶湖で行われる鳥人間コンテスト選手権大会に出場している。今年は第37回大会を迎えるが、そのうち計9回の優勝を飾る。機体が完成し、組立、走行試験となる。試験飛行は風の無い早朝に行われる。総合交通試験路は30m幅しかなく、昨今の翼幅34mでは狭く、さらに建物も隣接し、試験路の距離が半分しか利用できない。滑走試験をし、不備がなければジャンプ試験と進む。毎年、パイロットは交代するので、代替わりの時、練習機にてパイロットの慣熟飛行および地上班の訓練として利用している。なお、人力飛行機の日本記録機もここから誕生している。

写真1　組立

写真2　試験飛行

EVエコランカー技術開発とその競技会

精密機械工学科　教授　青木 義男

近年、CO_2削減、省エネルギー技術の向上が求められ、ハイブリッド車や電気自動車のニーズが高まっており、車体構造もCFRP（炭素繊維強化プラスチック）などを用いた軽量化や衝突安全性向上が求められています。理工学部未来博士工房では、極限の空力性能、最適なエネルギーマネジメント、省エネルギー技術を要求される小型電気自動車のエコラン競技に出場する車体について3次元CADを活用し、CFRPを用いた車体製作に取り組んでいます。そして、製作した軽量電動車両の性能評価として定期的に交通総合試験路を利用しています。交通総合試験路は縦断方向に水平度を確保しているため、理想的な条件でエネルギー回生機構の性能評価が実施できます。本年度は理工学部未来博士工房やメカトロニクス研究会の学生たちが、スーパーキャパシタを利用した回生ブレーキや、熱電素子による回生機構などについての走行性能試験を繰り返し、平成25年11月16日（日）に千葉県成田市で開催された「2013 NATS EV競技会」に参加しました。当日は高低差4m、最大勾配4%、1周1110mのサーキットコースで、2時間の走行距離を競い、昨年度の周回数を上回る成績を残しました。これらも交通総合試験路での試験走行の成果といえます。

写真1　交通総合試験路での走行性能試験

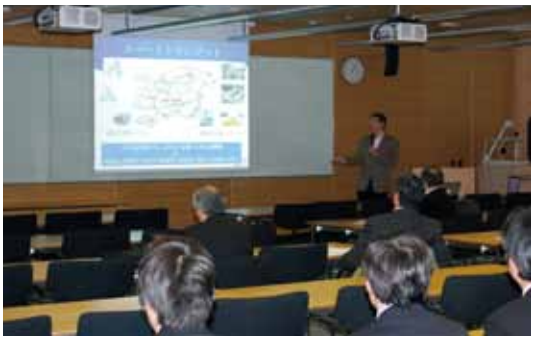
写真2　NATS EV競技会で走行中のEVエコランカー（後方）

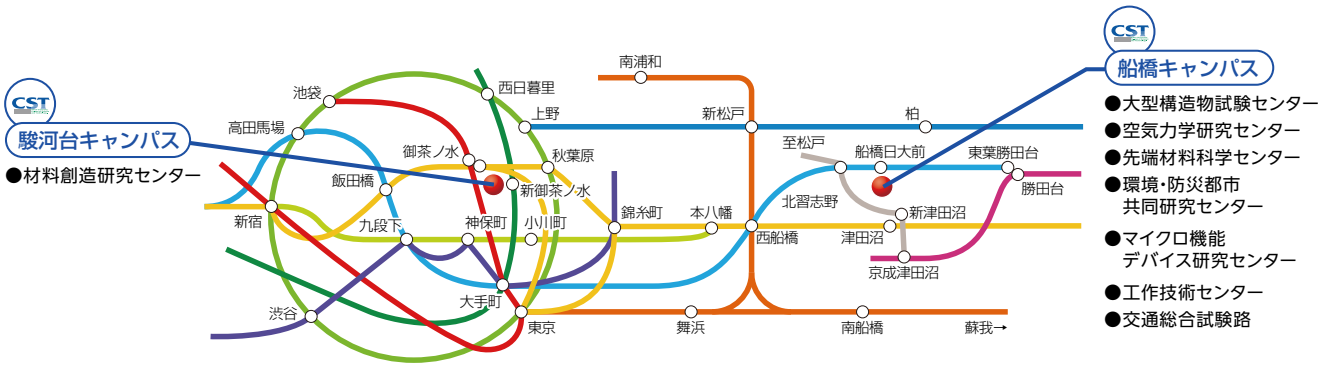
第９回理工学研究所講演会
「理工学部シンボリック・プロジェクト形成支援事業（学部長指定研究）」中間報告会

平成25年12月7日（土）13：00から、駿河台校舎1号館121会議室において「理工学部シンボリック・プロジェクト形成支援事業（学部長指定研究）」の中間報告会が行われました。シンボリック・プロジェクトは現在４つのテーマで構成されており、講演会では各プロジェクト研究代表者の活動報告と2ないし3件の主要な研究成果の中間報告を組み合わせた形式で実施されました。

プロジェクト①（代表：轟朝幸（交通））ではスマートトランジットの実現を目指した交通システムのイノベーションについて、プロジェクト②（代表：田辺光昭（航宇）、代理：浅井朋彦（物理））では炭素循環エネルギー供給における高効率エネルギー変換技術の開発について、プロジェクト③（代表：遠山岳史（応化））では二酸化炭素を原料とした新規物質−材料変換プロセスの創製について、プロジェクト④（代表：居駒知樹（海建））では海洋再生可能エネルギー利用のため複合浮体システムの研究について、活動報告・研究成果の中間報告が行われました。

当日は、学術講演会も同時に開催されたこともあり、多くの聴講者が熱心に討論に参加して活発な意見交換が行われました。





理工研News　No.65　Vol.26　2014/03

発 行 日：平成26年3月11日　発行人：安田 邦男
発　　行：理工研News編集委員会　編集長：櫻川 昭雄

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