

# 理工研 News

No.71

vol.32 2020/3 日本大学理工学部

## —「悪魔の川」、「死の谷」、「ダーウィンの海」—

理工学研究所長  
精密機械工学科 教授 内木場 文男

基礎研究から、商品として認められるまでの3つの閂門を指すそうです。誰にも認められずに孤独な基礎研究をそれでもやり抜くまでを「悪魔の川」、基礎研究でやっと成果が出て商品化・事業化にこぎつけるまでに次々に出る問題に頓挫しそうになる期間を「死の谷」、そして、新製品が出て世の中に認められるまでの間を「ダーウィンの海」と呼びます。その中でも「ダーウィンの海」は格段に厳しく、本当に良い製品であっても、製品が市場に認められ順調に利益を出すまでに多くの期間を要します。企業はその製品に莫大な投資を実行し、責任に押しつぶされそうになります。

ダーウィンの言葉だと伝えられるものに、“It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent, but the one most responsive to change.”があります。進化論に関する研究の中で、「環境変化に追従できたものだけが絶滅を避けられた」ということを示している言葉だと思われます。大学に属する研究者は「悪魔の川」の真ん中にいることだと思います。独自の基礎研究を迷わずやり抜く必要がある一方で、変化する環境をしっかりとらえて対応することも必要なように思えます。

## CONTENTS



大型構造物試験センター 実験室

■ 理工学研究所長挨拶	1
■ 令和元年度 理工学部 学術賞	
●金属・半導体ナノフォトニック材料の化学構築、および学理と応用検索 (精密機械工学科 准教授 須川 晃資)	2
■ 令和元年度 先導研究推進助成金	
●IoTデバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発 (精密機械工学科 教授 田中 勝之)	3
●生物に学んだ次世代型ロボットシステムの開発 —CSTロボットファクトリーの実現— (精密機械工学科 准教授 齊藤 健)	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
■ 理工学研究所講演会	
開催報告	20

金属・半導体ナノフォトニック材料の化学構築、  
および学理と応用検索

物質応用化学科 准教授 須川 晃資

21世紀は光の時代と言われてきました。光エネルギーを合目的的に利用する技術を確立することによって、情報・先進医療・環境調和技術に革新が起きつつあります。しかし、未だ性能が低く実現に至っていない夢のような光技術も山積しているのです。これらを実現する包括的な技術を作り出すことが私の夢であり、目標です。

これら光技術は、「光と物質との相互作用」によって成り立つので、この相互作用をより強力なものにできれば、より高性能な光技術が出来上がると直感的に分かります。これまでの材料化学では、強力な相互作用の実現のために、主に「物質」の改質に主眼が置かれてきました。一方、私たちが注目するのは、「光エネルギー」の改質です。すなわち、光エネルギーを捕捉し、增幅し、利用する、という自在に操る技術を先端化学技術で作り出し、物質改質研究と相補的に活用することによって、超強力な「光と物質との相互作用」を実現したいと考えています。その先には夢の光技術の高性能化（そして実用化）が待っているはずです。

金属で出来たナノ粒子は、特定の波長の光と共に鳴（表面プラズモン共鳴）し、粒子周囲の微小なナノサイズの空間に、著しく強められた光電磁場を生成します。例えば約50 nmサイズの金のナノ粒子は、入射した光の数十倍の強度の光電磁場を生成しますし、さらにはプリズム形状の金ナノ粒子を合成できれば、数千倍もの強度の生成も可能です。さらに、その共鳴波長も粒子の形状を調整することによって、紫外から赤外まで、幅広い波長に渡って制御可能です。<sup>1)</sup>すなわち、私たちの研究は、合目的的な金属ナノ粒子の化学合成を通して「光エネルギーの自在制御」を実現し、革新的な光技術応用まで提案することにあります。例となる最近の成果について、下記致します。

**[1]アップコンバージョン発光技術の高効率化**

アップコンバージョンとは、低エネルギー光（長波長光）を高エネルギー光（短波長光）に変換する技術です。特に最近では、三重項対消滅現象を利用するアップコンバージョン発光は、理論上、低強度光でも駆動可能であるがゆえ、太陽光デバイスの高性能化に直結する現象として注目されています。しかし、図1(A)に示した機構図のように、分子間の多段階なエネルギー移動を利用するがゆえ、特に分子の拡散運動が大きく制限される固相中では効率が悪くなりがちです。私たちは、金属ナノ粒子の表面プラズモン共鳴が固相中のアップコンバージョン機構に及ぼす影響を、分光計測技術を駆使して明らかにしました。具体的には、プラズモンは、i) 増感分子の光励起効率、およびii) 励起状態の発光分子の放射速度を格段に高め、アップコンバージョン発光を大きく増幅させる一方、iii) 増感分子から発光分子へのエネルギー移動を阻害することによって大きく発光を減衰させる負の効果も持ち合わせることを明らかにしました（図1(B)）。<sup>2)</sup>このように、プラズモンと分子の光素過程との相互作用は

思いもよらない現象を引き起こすことが分かってきており、興味の尽きない研究対象となっています。

**[2]銅の表面プラズモン共鳴の発現と活用**

上述のように「光エネルギーの自在制御」に欠かせない表面プラズモン共鳴



ですが、このための金属ナノ粒子は高価な金、銀種で構成されているのが一般的です。一方、安価な銅のプラズモンは効果的に励起させることが難しく、活用は困難であるとの見方もありました。私たちは、銅のプラズモンの発現波長を精密に制御する技術を開発し、波長600nm以上に発現させることで銅のプラズモンは効果的に励起できることを実証しました。<sup>3)</sup>さらに、この技術を利用して、太陽電池の原理光反応や、光触媒反応を大きく増幅させられることを実証しました（図2）。<sup>4,5)</sup>安価な金属の活用は、近未来の実用化に向けて重要な意義を持つと考えられます。

- 1) K. Sugawa, "Metal-Enhanced Fluorescence and Its Applications" in *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, eds R.A. Meyers, John Wiley: Chichester (2018).
- 2) S. Jin et al., *ACS Photonics*, **2018**, 5, 5025.
- 3) K. Sugawa et al., *ACS Nano*, **2013**, 7, 9997.
- 4) K. Sugawa et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2017**, 9, 750.
- 5) K. Sugawa et al., *Langmuir*, **2017**, 33, 5685.

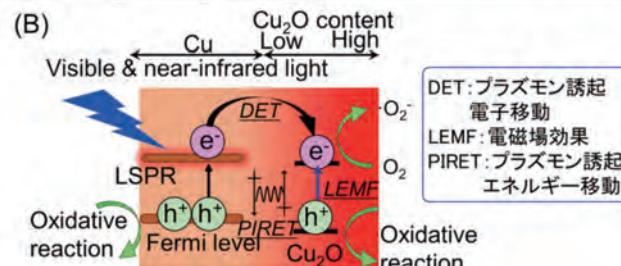
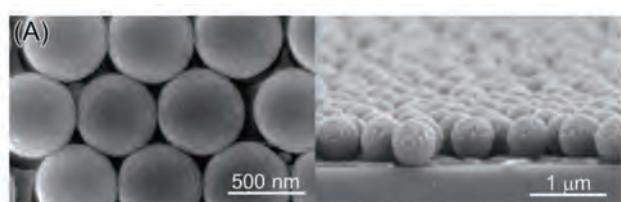
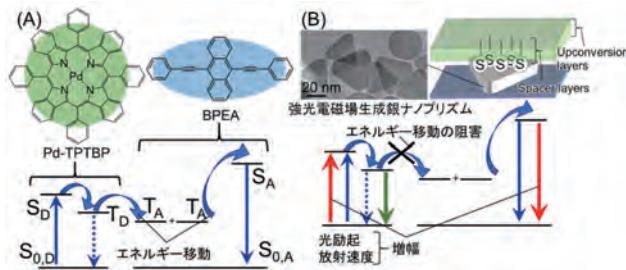


図2(A) プラズモニック銅ナノ構造を利用した酸化銅との複合光触媒の電子顕微鏡像。  
(B) 推定光触媒機構。(Reproduced from [5] with permission from American Chemical Society)

令和元年度

## 先導研究推進助成金

IoTデバイスのための低品位な熱源を利用した  
超スマート発電機の研究開発

精密機械工学科 教授 田中 勝之

研究期間：平成30年度～令和元年度

本研究は、持ち運び可能な発電機の開発です。火力発電所と同じシステムを小さくし、体に取り付け、火力ではなく体温を熱源に用いて発電するのです。その電力を用いて、これから近い将来に増えるであろうウェアラブルIoTデバイスを動かすことが出来ます。発電機の性能が上がれば、携帯電話の電源としても利用できることになり、充電の必要がなくなります。

この発電機を実現するため、理工学研究所先導研究推進助成金の援助を受けて平成30年度に表題のプロジェクトを立ち上げました。同時に、理工学部内で研究者を召集しました。機械の小型化のために精密機械工学科でマイクロマシンが専門の金子美泉先生と、小型化した機械内での作動流体の解析のために機械工学科で流体工学が専門の関谷直樹先生、発電用機器開発のために電気工学科で電力工学が専門の辻健太郎先生をプロジェクトメンバーとして迎えました。私は、火力発電所のシステムで作動流体となっている水に替わる低沸点物質の探索をしていますが、実機の開発には、上記のメンバーが必要不可欠です。

図1は、小型発電機の中心部品になるタービンの設計図です。3D CADで描画していますので、このまま3Dプリンタにデータを送信して部品を製作し、同時にパソコン上では流体解析シミュレーションソフトウェアを使ってタービン内での気体の流動解析をおこなっています。

助成金により、小型の機器を製作するための高精度な3Dプリンタや各機器の性能評価のための計測器類を整備しました。各機器とは、タービン、発電機、加圧ポンプ、熱交換器です。助成金によるプロジェクト期間は2年間ですが、今後も外部予算を取得し、研究を継続していく予定です。

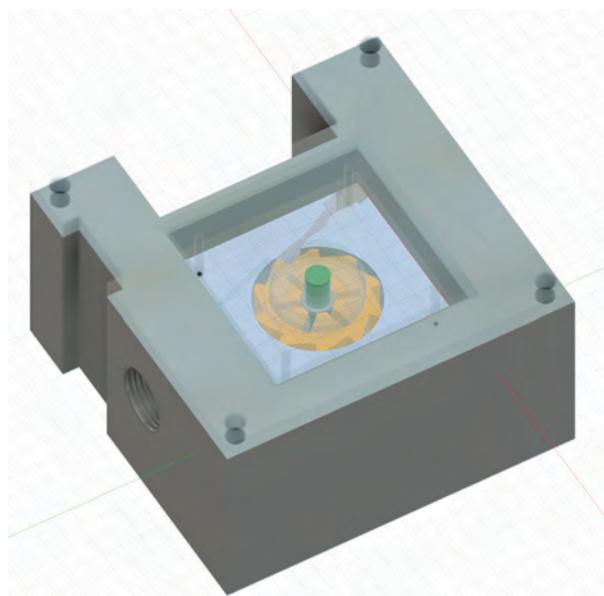


図1 3D CADによるタービン部分の設計断面図

令和元年度

## 先導研究推進助成金

生物に学んだ次世代型ロボットシステムの開発  
—CSTロボットファクトリーの実現—

精密機械工学科 准教授 齊藤 健

研究期間：令和元年度～令和2年度

政府は「統合イノベーション戦略2019」において、今後、AIやロボットの活用を活性化する戦略を決定し、これは日本のみならず世界的な潮流である。本研究では、特にロボットの頭脳であるAIおよび、ロボットの駆動源であるモータの開発をおこない、CSTロボットファクトリーを実現するための、世界初の技術を開発する事が目的である。既に一部の研究成果が世界的に認知され始め、カリフォルニア大学バークレー校と共同研究を実施している静電モータは、超小型でパワフル、消費電力が小さく、ミリメートルサイズのマイクロロボットの駆動に最適である。また、アナログ集積回路によるAIは独自の技術であり、研究分担者による組み込みソフトウェア、デジタル集積回路によるAIと併せ、他の研究機関では実現が難しい、より生物に近いAIの実現を目指している。現在実施している研究成果の一部を解説する。図1は開発を進めている生物に学んだ次世代型ロボットである。一般的にロボットは、コンピュータを用いて動作をプログラミングしてモータの制御をおこない、動作を実現している。図1のロボットはモータの制御は一般的なプログラミング制御と変わらないが、歩行動作を生成する仕組みは従来のロボット制御と異なる。具体的には、足の裏につけた圧力センサの出力に応じて、ロボットに搭載した生物の神経回路を模倣した回路が出力を変化し、結果としてロボットが馬に似た足の運びを能動的に生成する。生物の神経回路が足を動かす仕組みは完全に解明されていないが、生物に学んだ仕組みをロボットに実装する事で、逆に生物の仕組みも明らかになる可能性がある。

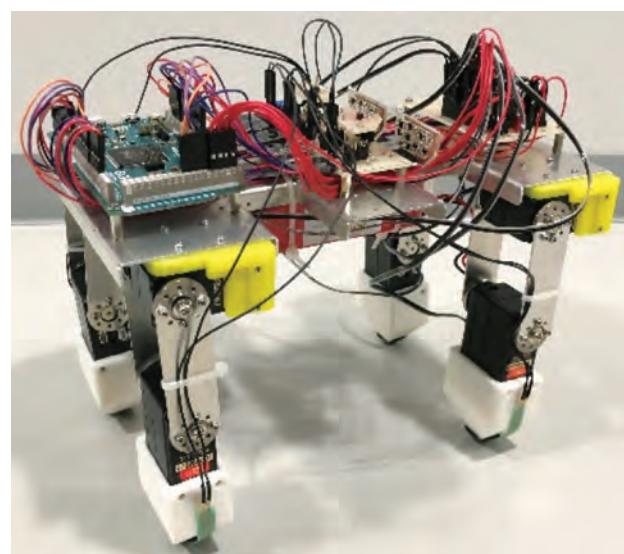


図1 開発を進めている生物に学んだ次世代型ロボット

# 大型構造物 試験センター

連絡先…担当者／柳崎 尚輝

電話 : 047-469-5362  
 E-mail : office@str.cst.nihon-u.ac.jp  
 HP : <https://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

## 継手を有するあと施工せん断補強筋による RC造梁のせん断補強効果の確認実験

海洋建築工学科 北嶋研究室

既存RC造地中壁やボックスカルバートなどのように、施工スペースを確保することが難しい構造物のせん断補強を実現させるためには、構造物の内面側からしか補強工事ができないことが多い。これら課題の対策として、構造物の内側からせん断補強筋を差し込む「あと施工補強工法」が開発・実用化されている。この工法は狭窄な施工環境であと施工のせん断補強筋に継ぎ手を用いることで、施工を容易にする工夫がなされている。

本実験は、継ぎ手を有するあと施工せん断補強筋を施したRC造梁のせん断補強効果を把握することを目的とし実施したものである。実験は、30MN大型構造物試験機のヘッドに単純支持した実大規模のRC造梁試験体(B×D×L:900×1,000×5,400mm)を対象に2点集中荷重により単調載荷した。

実験の結果、継手を有するあと施工せん断補強筋であっても補強筋径及び材料強度が増加すると、せん断耐力が増加することが確認された。



写真1 RC造梁試験体と実験風景

## 『水平加力試験装置』を利用した実験

## スラブ付RC造十字形柱梁接合部の多数回繰返し載荷実験

海洋建築工学科 北嶋研究室

スラブ付RC造十字形柱梁接合部を対象に、多数回繰返し載荷実験を実施した。実験の主要変動因子は、スラブの有無と柱梁曲げ強度比である。載荷方法は、建研式水平加力装置を用いて多数回の静的繰返し載荷を柱頭の変位制御で行った。

実験結果の比較から、スラブの有無と柱梁曲げ強度比の違いによる構造性能への影響を検討した。実際の建築物のようにスラブが付くことによって接合部へのひび割れの発生や進展を抑制できると期待していたが、スラブが無い試験体と同様に接合部に破壊が見られた。今回行った実験の範囲であるが、各試験体の実験結果に大きな差異はなく、スラブが付いた試験体、柱梁曲げ強度比が高い試験体においても既往の研究で指摘された接合部降伏破壊が確認された。



写真1 スラブ付柱梁接合部試験体

## 『構造物疲労試験機』を利用した実験

## 鋼板サンドイッチ耐火断熱パネルの動的加振試験

建築学科 空間構造デザイン(岡田・宮里・廣石(短大建築・生活デザイン学科))研究室

近年、日本ではネット通販ビジネスの拡大に伴い、大型倉庫が数多く建設されている。これら倉庫内部には、物品等の大量の可燃物が集積され、倉庫火災発生の要因の一つとなっており、巨大な内部空間に使用可能な大判間仕切壁の需要拡大とともに、間仕切壁の耐火・断熱性能の確保が期待されている。一方で間仕切壁の大型化に伴い、地震時の耐震性と安全性に関して懸念される。

以上の背景を踏まえ、高さ12mの大判断熱間仕切壁を対象に動的加振実験を行った。試験体は表面材が鋼板、芯材がロックウールで構成されており、高さ方向に継ぎ目なく構成されていることが特徴である。実験は、1次固有周期にて加振した際の挙動の把握を目的とした共振振動試験、及び、高さ30mの鉄骨造倉庫への取付けを想定した動的加振試験の2種類の振動試験

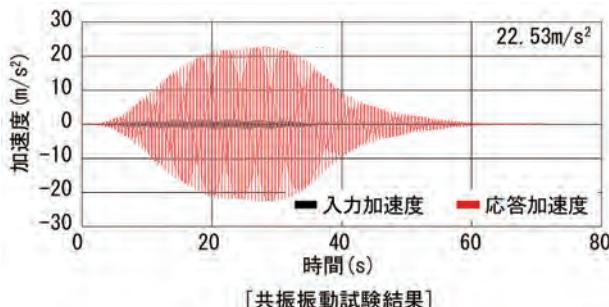


図1 振動実験結果

を行った。両実験において、試験体接合部並びにパネル本体には、損傷が確認されず、地震時の安全性が把握された。



写真1 実験状況の写真

## 『テストフロア』を利用した実験

## 鉛直荷重を受ける鉄筋コンクリート架構の地震時および地震後の性状

海洋建築工学科 福井研究室

コンクリート系構造物の地震後の損傷状態は、建物の残留変形、ひび割れ、圧壊などの指標により評価され、継続使用の可否が判断される。性能評価型の設計を行う場合も同様な指標により、使用限界、修復限界、安全限界の各限界状態を定めている。

当研究室ではこれまでに、地震により梁端部に損傷が生じると剛性が低下し、梁のたわみが増大することを、実験的、解析的に示してきた。この現象は建物の使用性に影響するが、現行の設計体系のなかでは何ら評価されていない。

本実験は、鉛直荷重を受ける鉄筋コンクリート架構中の梁に生じる地震時および地震終了時における鉛直たわみと曲げモーメントの変化を調べるために行ったものである。試験体は1層1スパンの架構とし、スパン5.2m、階高1.65m、鉛直荷重は15kNのコンクリート製の錘2個により与えている。地震力は2台の200kN串形

ジャッキ(±200mmストローク)を用いて静的に与えている。実験の結果、架構内の梁においても、過去行われた梁単体による実験と同様に地震後のたわみと曲げモーメントが増大することを確認した。

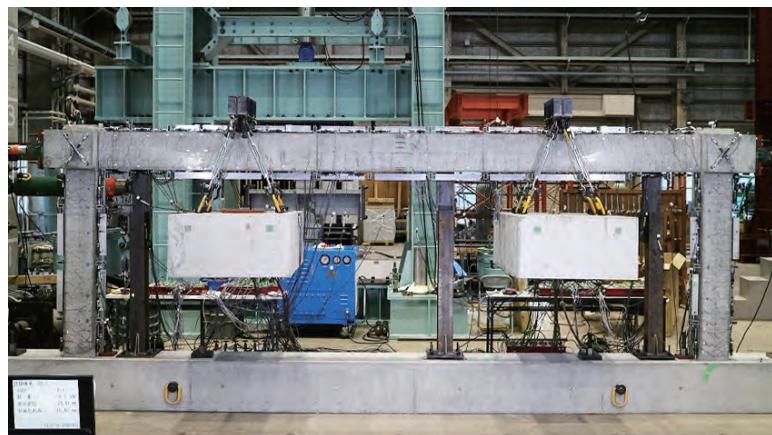


写真1 RC造骨組試験体と実験風景

# 空気力学 研究センター

## 同一翼枚数の風車においてソリディティが特性に与える影響

潮流発電用の水車として実績のあるNACA63<sub>3</sub>-018翼形を基とする円弧翼を用いたダリウス形水車を発電用風車として使用した場合の性能を検討するために、空気力学研究センターの所有する大型風洞を利用して実験を行っている。ダリウス形風車(図1)の性能に影響を与える項目としては、翼枚数、回転円周に対して翼の占める割合(ソリディティ)などが挙げられる。これまでに翼枚数と翼の長さ(キャンバー線長)の関係について、翼の長さを一定として翼枚数を変化させた場合とソリディティを一定として翼枚数を変化させた場合の比較検討を行っている。本研究では同一翼枚数の風車においてソリディティを変化させた場合、風車特性に及ぼす影響について実験を行っている。



図1 供試風車

連絡先…担当者／高橋 賢一

電話 : 047-469-5402

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

HP : <https://www.wtl.cst.nihon-u.ac.jp>

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

大型低速風洞、3次元煙可視化風洞

6分力天秤、3分力天秤、3次元微動装置、熱線風速計、

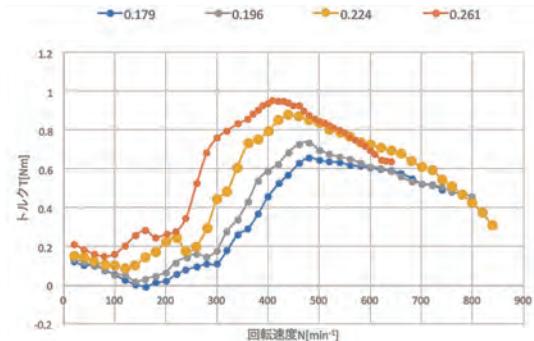
## 多点圧力計測器

## ●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、施設見学

電気工学科 教授 塩野 光弘  
専任講師 直井 和久  
助 手 辻 健太郎

行った。結果の一例として、4枚翼風車における回転速度に対するトルク特性を図2に示す。図2より、ソリディティの変化によりトルクの最大値とトルクが正となる回転速度の範囲が変化していることがわかる。今後は風車のソリディティをより広い範囲で変化させた場合の実験を行い、風車特性として最適なソリディティについて明らかにする予定である。

図2 風車特性の一例  
(4枚翼風車における回転速度－トルク特性、風速12m/s)

## スタジアム建築におけるトラック上の流れ場に関する基礎的研究

建築学科 教授 中島 肇  
短期大学部 建築・生活デザイン学科 准教授 石鍋 雄一郎

スタジアム内のトラック上で争われる陸上競技において、風の影響は多大である。特に100m走などの競技では、ルールブックに定められた地点での計測された平均風速が追い風2.0m/sを超えていると公式記録としては認められず、全国大会や世界大会で記録更新が期待されているにも関わらず、追い風参考記録に終わってしまうこともある。

昨年度までに、スタジアム建築のスタンド形状や屋根の有無および流入風速がスタンド廻りの風の流れ場に与える影響について、数値流体解析によりシミュレーションし、併せて煙風洞実験を行って大略的な風の流れ、剥離、トラック上の逆流現象などがよく一致することを確認していた。

今年度は、数値流体解析と風洞実験との比較をより精緻に行うことを目的として、スタンド廻りやトラック上の風速分布の計測を伴う風洞実験を計画した。屋根の勾配、屋根とスタンドの間隔、対面するスタンドの有無、流入風速をパラメータとした計18ケースの実験で、本研究において特に重要なスタンド屋根先端近傍の高さ方向の風速分布、およびトラック表面近傍の

100m走の走路に沿った風速分布を中心に計測を行った。

今後は、今回の実験結果を基に数値流体解析との比較を行い、スタジアム建築の諸条件がトラック上の流れ場に与える影響の検証に繋げていきたいと考えている。



図1 風速の計測状況

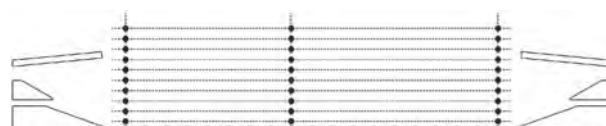


図2 風速の計測点 (●印)

## 二次元翼の遠方後流の特性と渦スケールの解明

機械工学科 准教授 鈴木 康方

本研究では、洋上ウインドファームの大型風車におけるブレード周りの流れに関する基礎的研究として、それを単純化した二次元翼の遠方までの後流渦の特性の解明を行っている。ウインドファームでは多数の風車が並び、上流側の風車周りの流れが1km以上も離れた下流側の風車に影響を及ぼすため、測定部寸法の大きい大型風洞を活用して、翼弦長の14倍程度もの遠方までの後流の流れ場計測を風速40m/s(144km/h)での風速条件で行った。遠方後流の任意の位置における後流渦の大きさを算出するため、熱線流速計を2台使用して1本の熱線プローブを固定し、もう1本の熱線プローブを移動させて空間中2点の流速の相互相関計測を実施した(図1左参照)。理論的には同じ点の流速信号の相関値は最大となり、できるだけこれに近づけた計

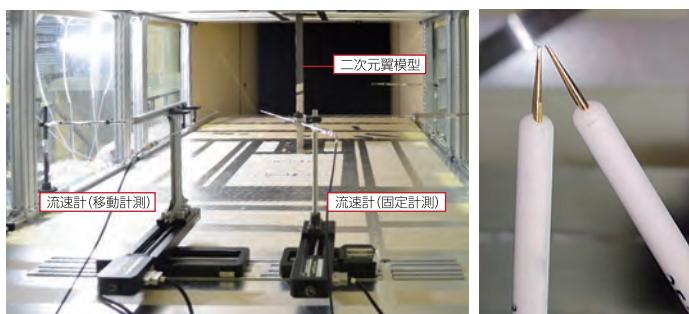


図1 翼後縁から翼弦長の6倍後方の遠方後流の渦スケールの計測の様子

測が必要なことから、2本の熱線プローブはその間隔を1~2mm程度まで近接させた後に一方を徐々に離しながら流速計測を行った(図1右参照)。髪の毛よりも細い熱線のセンサー部は接触すると簡単に切れて計測不可能になるので、とても難易度の高い計測であり大型風洞での計測実績は他にも見られない。これにより、二次元翼の遠方後流での流速分布特性と後流渦の大きさを明らかにすることができた

(図2参照)。

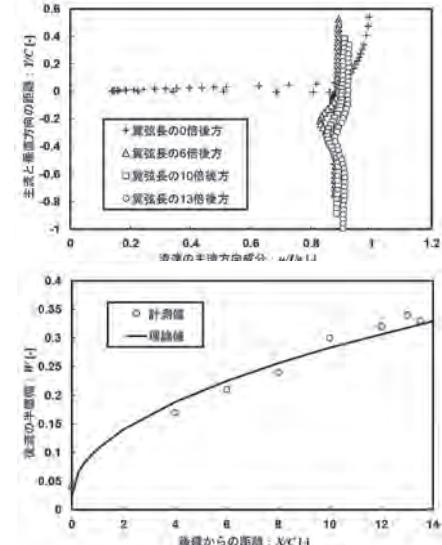


図2 後流の平均流速分布特性(上)と後流幅の変化(下)

## 浮体式洋上風力発電の実現に向けた流体力の調査と風車性能の最適化

機械工学科 助教 関谷 直樹

日本の沿岸部は水深が深いため、欧洲で利用されている地盤に支柱を埋設する着床式の洋上風車を建設できる沿岸域は限られており、日本における洋上風力発電の拡大には風車をフロートで浮かせる浮体式洋上発電の技術が必要とされる。浮体式洋上風車では、風車を回転させる風による力が風車を傾倒させるため、安定した運用が難しいことが問題となる。着床式に用いられている水平軸型風車は重心が高く、かつ風による力も風車上方に作用するため浮体式では浮体の安定性が損なわれる。そこで、本研究では低重心化を図ることが可能な垂直軸型風車を採用了。風車が大きなトルクを得るために、大きな風による力が作用しなければならず、洋上風力発電の問題点とされる風による力による浮体の安定化と風車性能の両方を最適化する必要がある。本研究は第一段階として風車性能曲線(図1)の3点において

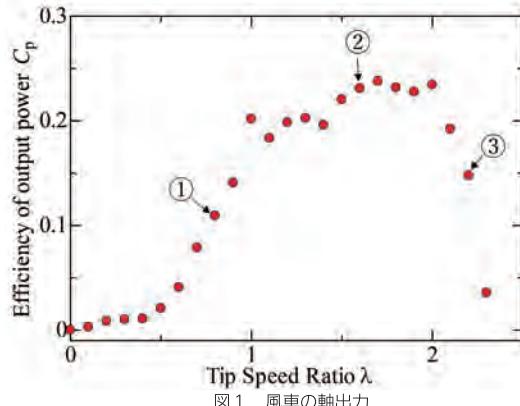


図1 風車の軸出力

流体力・トルクおよび風車近傍の風速の同時計測を行った。得られた結果(図2)は、風車性能・流体力・流れが互いに関連していることを示している。本研究は大型天秤を備えた風洞施設であるからこそ可能な研究である。今後は、関係性を系統的に明らかにしていきたい。

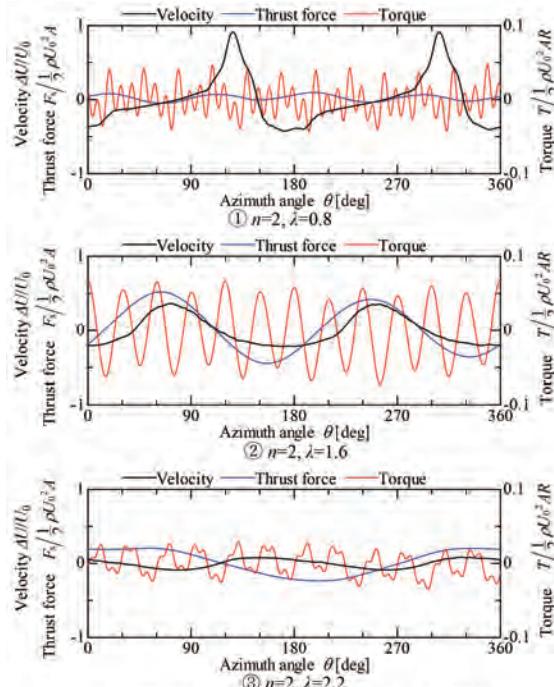


図2 風車周りの流れと軸トルク・流体力の関係

# 材料創造 研究センター

連絡先…担当者／伊掛 浩輝

電話 : 03-3259-0432、-0870  
 E-mail : ccmruser@chem.cst.nihon-u.ac.jp  
 HP : <https://www.cac.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、高速液体クロマトグラフ質量分析装置、  
 高速液体クロマトグラフ／イオントラップ飛行時間型質量分析計、フーリエ  
 変換核磁気共鳴装置、X線小角散乱／広角回折装置、元素分析装置、電子ス  
 ピン共鳴装置、マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分  
 析装置、熱分析装置(熱重量・示差熱分析、示差走査熱量測定、熱機械分  
 析)、走査型プローブ顕微鏡、顕微ラマン分光装置、走査型電子顕微鏡、動  
 的光散乱測定装置

## ●イベント情報

技術講習会、施設見学(随時)、一日体験化学教室

## JNM-ECZR500の導入にあたり

物質応用化学科 准教授 青山 忠

令和元年9月、平成11年より稼働していたJNM-ECP500に代わり、JNM-ECZR500(図1)が納入され稼働しました。これにより当研究センターでは、平成18年から稼働しているECX-400と併用することで幅広い分野の研究に対応することが可能となりました。溶液測定においては、ECX-400よりも高分解能であることから天然物や複雑な繰返し構造を有する化合物の測定・解析に有利になります。導入したJNM-ECZR500には、ROYALプローブHFX、10φ管用プローブおよび固体測定用プローブ(図2)の装着が可能であることから様々な利点が生まれました。ROYALプローブHFXは高感度であるだけでなく、F(フッ素)化合物などの解析に有用であり、10φ管用プローブは、低感度の核種測定(例えばSi(ケイ素)や高分子末端に存在するプロトンなど)を観測する時に威力を発揮します。また、固体プローブを用いることで固体試料の測定なども可能となることから、従来長時間に有する固体NMR測定に躊躇されがちであった無機分野の研究にも対応することが可能となりました。

JNM-ECZR500およびECX-400の併用は、当センターを利用する研究者にとってその研究活動を加速させると期待されます。

図2 10φ管用プローブ(左)  
と固体測定用プローブ(右)

図1 導入された核磁気共鳴(NMR)装置

## DSC測定によるNBR製シール材の劣化解析

ユカインダストリーズ株式会社 佐藤 学

内部に流体を封じた機器の接続部や配管部には気密、液密のためシール材が用いられる。シール材には主にゴムを主成分とした材料が多く用いられている。シール材は長期間の使用で様々な外的要因(熱、光等)により物理的・化学的な劣化を受け、シール性が低下し内部流体が漏洩する可能性が高くなることから、適切な時期に交換する必要があり、その交換時期や寿命を予測するにはシール材の劣化様相を把握することが重要である。しかし、シール材は様々な劣化因子が複合的に作用し、さらに劣化因子によって劣化様相(硬化・軟化等)も異なるため、使用環境に応じた劣化解析が必要となる。本研究ではDSCを用いて油入変圧器に使用されるNBR(ニトリルゴム)製シール材の劣化解析を



図1 油入変圧器

実施し、ガラス転移温度Tgと酸化開始温度IOTを計測した。解析の結果、使用開始50年経過品であってもTgの変化は認められずNBRの分子構造自体はほとんど劣化を受けていないことが明らかとなった。一方、IOTは未使用品に比べ明らかに低下しており、ゴム中の添加剤が油中へ溶出している可能性が示唆された。今後は他の計測結果と併せて解析を行い、NBR製シール材の劣化メカニズムを明らかにする予定である。

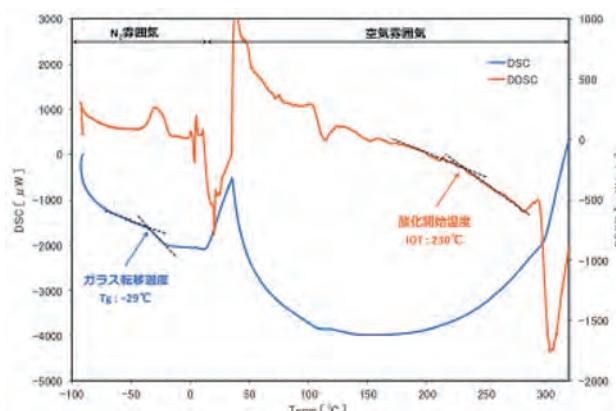


図2 NBR製シール材のDSC測定結果

## セルロース系バイオマスの炭化水素油中接触分解によるバイオ燃料製造技術の開発

物質応用化学科 准教授 角田 雄亮

バイオマスはカーボンニュートラルであり、賦存量が多いため地球温暖化防止に有効なエネルギー資源である。ただし、固体であるためハンドリング性が悪く、酸素を含むためエネルギー密度が低いことが課題である。そこで、炭化水素油中で接触分解して液化し、バイオ燃料を製造するプロセスの開発を行っている。エネルギー密度を高めるためには脱水反応や脱炭酸反応を促進する必要がある。当センターの元素分析装置(図1)では、接触分解により得られたバイオ燃料中の炭素(C)、水素(H)、窒素の元素割合をそれぞれ定量することが可能であり、差分によって酸素(O)の割合を算出することができる。脱水反応や脱炭酸反応が生起するとHとCの元素割合(H/C)やOとCの元素割合(O/C)が変化する(図2)。例えば、脱水反応であればCは変わらずHとOが共に減少するため、プロットは左下方向へシフトする。元素分析は反応挙動を把握するため非常に重要な分析である。現在は、元素分析結果をもとに最適反応条件の探索や最適反応触媒の開発を行っている。



図1 材料創造研究センター保有の元素分析装置

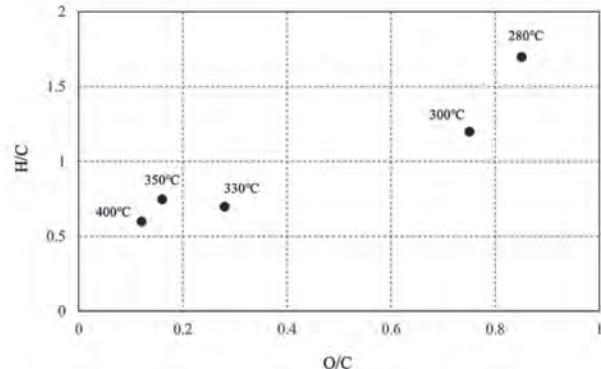


図2 反応温度を変更した際のバイオ燃料の元素割合変化の一例

## トリ-n-ブチルホウ素を重合開始剤とするアクリルレジンの重合挙動におけるDSCの活用

日本大学歯学部 歯科補綴学第Ⅲ講座 大学院 赤羽 俊亮

歯科治療において、トリ-n-ブチルホウ素を重合開始剤とする4-META/MMA-TBBレジンは装着材料や暫間固定材として幅広く使用されている。この4-META/MMA-TBBレジンと歯質との接着において、亜硫酸ナトリウム含有プライマー(TP)の使用によってレジンの重合が促進し、より強固な接着が得られるとの報告がある<sup>1-4)</sup>。

筆者らは、4-META/MMA-TBBレジンの動的重合挙動に対する亜硫酸ナトリウム含有プライマーの効果を分析するため、示差走査熱量計(DSC-6100 Seiko Instruments Inc)を使用してDSC分析を行った。測定は重合開始剤であるTBBを添加した直後から開始した。測定条件は、37°C等温、窒素ガス下にて60分間とした。測定の結果、亜硫酸ナトリウム含有プライマーの添加によってレジンの発熱ピークが、添加しない条件に比較して早期に検出された。このことから、4-META/MMA-TBBレジンの重合初期において、亜硫酸ナトリウム含有プライマーがレジンの転化率向上に影響をおよぼし、レジンの重合が促進することが示唆された。(Dent Mater J in press)

1) Hosoya Y, Tay FR. Bonding ability of 4-META self-etching primer used with 4-META/MMA-TBB resin to enamel and dentine: primary vs permanent teeth. J Dent 2014; 42: 425-431.

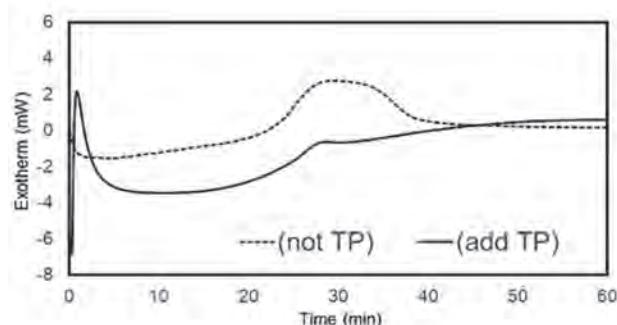


図1 DSCによる発熱ピークの比較

- 2) Nogawa H, Koizumi H, Akazawa N, Hiraba H, Nakamura M, Matsumura H. Effect of sodium sulfite, carboxylic monomer, and phosphoric acid etching on bonding of tri-n-butylborane initiated resin to human enamel. J Oral Sci 2015; 57: 17-24.
- 3) Nogawa H, Koizumi H, Saiki O, Hiraba H, Nakamura M, Matsumura H. Effect of a self-etching primer and phosphoric acid etching on the bond strength of 4-META/MMA-TBB resin to human enamel. Dent Mater J 2015; 34: 219-226.
- 4) Kodaira A, Koizumi H, Nogawa H, Okamura K, Nakamura M, Yoneyama T. Effect of a self-etching primer containing 4-META and sodium sulfite after phosphoric acid etching on bonding strength of MMA-TBB resin to human enamel. J Prosthodont Res 2019; 63: 145-149.

# 先端材料 科学センター

連絡先…担当者／芦澤 好人

電話 : 047-469-5600  
E-mail : office@amsc.cst.nihon-u.ac.jp  
HP : <https://www.amsc.cst.nihon-u.ac.jp>

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

電界放射型透過電子顕微鏡、電界放射型走査電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、薄膜作製スパッタリング装置、集束イオンビーム加工装置、電子線描画装置、X線回折装置、X線光電子分光装置、エネルギー分散型X線分析装置、振動試料型磁力計、分光エリプソメータ、クラスター計算機

## ●イベント情報等

オープンキャンパス、キャンパスウォッチング等での一般施設公開、「材料科学に関する若手フォーラム」の定期開催、機器講習会の実施

## 超短時間光-物質間作用と超高速多層全光型磁気記録

電子工学科 教授 塚本 新

本研究では、フェムト秒パルスレーザーを用い従来極短時間作用故に顕在化しなかった光-物質間作用やエネルギー散逸過程の理解による過渡応答の積極的利用を図り、本センターを活動中心に試料作製・評価・計測を実施し、国際共同研究も推進してきた。室温環境下における超短单一パルス光照射 ( $10^{-14}$ 秒オーダー) のみによる全光型磁化反転現象を基軸に、光の性質を活用した高密度化方法として多層磁気記録層からなる記録媒体への層選択的磁化反転制御の検討を行った。この程、GdFeCo希土類遷移金属合金薄膜を対象材料とし、異種原子層界面におけるプラズモン-ポラリトン励起特性を設計する事により、照射光の偏光状態を変える事で選択的に各層の磁化状態の制御が可能であることを実証～新規

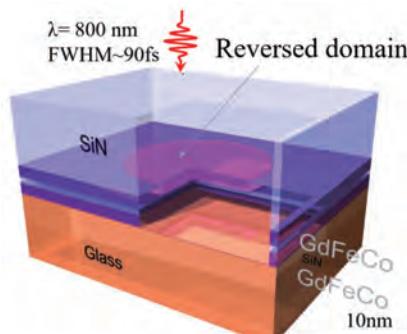


図1 超高速多層全光型磁気記録のデモンストレーション概念図

超高速多層全光型磁気記録法の提案と実証～した\*。

本成果の一部は、本センターを中心拠点として実施された文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」(平成25年～29年度)「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」により実施され、超高感度磁化計測装置や多元マグネットロансパッタ成膜装置等を活用した。  
\*Nature Communications, 10, 4786 (2019).



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

## ハイブリッドロケットエンジンの固体燃料の高性能化

航空宇宙工学科 准教授 高橋 賢一

ハイブリッドロケットは次世代の宇宙輸送用ロケットとして注目されている。推進薬として液体酸化剤と固体燃料を使用し、これらは自然に混合し化学反応を起こし難く、火薬類ではないことから、爆発する危険性は非常に低く安全性が高い。ハイブリッドロケットは小型人工衛星や有人などの宇宙輸送での利用が期待されている。

図1にハイブリッドロケットエンジンの概略図を示す。液体酸化剤を気化させ、筒状の固体燃料の内部に噴射し点火すると燃焼が始まり、固体燃料の内側は燃焼室となり、固体燃料内面付近では乱流境界層燃焼が起こる。この燃焼機構により大型化、高推力化が難しいとされている。宇宙輸送においてハイブリッドロケットを活用するためには、エンジンの性能向上が必要不可欠であり、特に固体燃料の高性能化が求められている。

ハイブリッドロケットエンジンは燃焼温度を上昇させることにより性能向上させることができる。本研究では固体燃料の主剤にアルミニウム粉末を添加して高性能化を試みた。アルミニウム粉末は純度が高く平均粒径が数μmのものを使用している。アルミニウム粉末が燃焼すると非常に高い温度を発生しエンジン内

の温度を上昇させる。これまでエンジン内でアルミニウム粉末の燃焼は確認ができていなかったが、先端材料科学センターの走査電子顕微鏡(SEM)を使用して、図2のように(丸印)アルミニウム粉末が燃焼した形跡を取得するのに成功した。これにより固体燃料にアルミニウム粉末を添加することが有効であると確認できた。

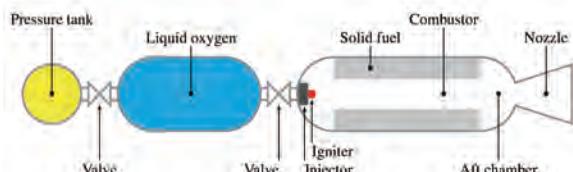


図1 ハイブリッドロケットエンジンの概略図

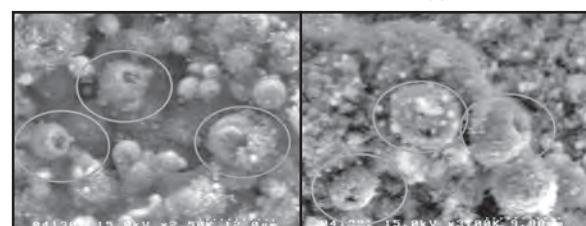


図2 燃焼したアルミニウム粉末 (SEM画像)

## 液中パルスレーザアブレーション法による光触媒微粒子の生成

電気工学科 教授 鈴木 薫  
助教 胡桃 聰

チタン (Ti) はクラーク数の高い遷移金属であり、酸化した  $TiO_2$  はワイドギャップ半導体で光触媒の性質を示す。光触媒反応はその表面積に依存するため、粉末結晶の微粒子化が求められる。また、 $TiO_2$  にストロンチウム (Sr)、ランタン (La)などを添加してバンドギャップ制御を行ない、効率の高い光触媒材料を成長させる試みが行われている。そこで、液体中に設置した Ti ターゲットにレーザ照射することでアブレーションプロセスを発生させ、周囲の溶媒により急冷させることで微粒子を生成する。また、溶媒には純水中に  $SrCl_2$  を混合した水溶液を用い、表面修飾を試みた。

図1は生成した光触媒微粒子を先端材料科学センター設置の透過型電子顕微鏡を使用して撮影した写真であり、低倍率では長軸: 1500nm、短軸: 870nm の橢円形微粒子と観測されるが、高倍率では10nm程度の一次粒子が凝集していることが判明した。図2はエネルギー分散型X線分析-電子顕微鏡(EDX-SEM)を使用して撮影した元素スペクトルマッピング写真であり、TiにSrが添加されていることが分かる。

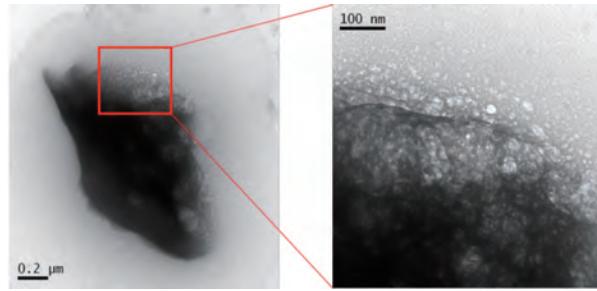


図1 透過型電子顕微鏡像

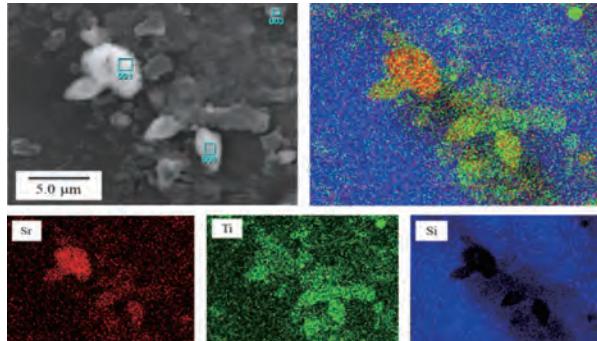


図2 EDX-SEMによる元素スペクトルマッピング

## FT-IRガス分析と分光測定による高負荷HCCI燃焼反応特性の研究

機械工学科 准教授 飯島 晃良

内燃機関からのCO<sub>2</sub>排出削減に有効な手段は、「①エンジンの熱効率を高める」と「②発熱量当たりのCO<sub>2</sub>排出量が少ない燃料で燃焼を成立させる」である。その2つの課題に対して、次の方針で研究に取り組んでいる。

①エンジンの熱効率を飛躍的に向上させる予混合圧縮着火(HCCI)燃焼の実現

②天然ガス、ジメチルエーテル(DME)などのクリーン燃料の活用

本研究では、上記の2つを単に併用するだけではなく、燃料と燃焼の組み合わせによるシナジー効果を見出し、そのメカニズムを解明した。

HCCI燃焼の課題の一つとして、高負荷時に燃焼が激しすぎることが挙げられる。つまり、高負荷(高トルク運転)時には、燃焼をマイルドにしたい。天然ガスの主成分であるメタンとDMEの混合燃料を用いてHCCI燃焼をさせると、ある条件下においては主燃焼が二段階に発生し、結果的に燃焼がマイルドに

進行する。このメカニズムを解明するために、発光スペクトル解析(図1)及びフーリエ変換赤外分光法(FT-IR)による反応中間生成物分析(図2)などを行うことで、多段に生じる熱発生のメカニズムを明らかにした。これらの計測を行うにあたり、先端材料科学センターを活用した。

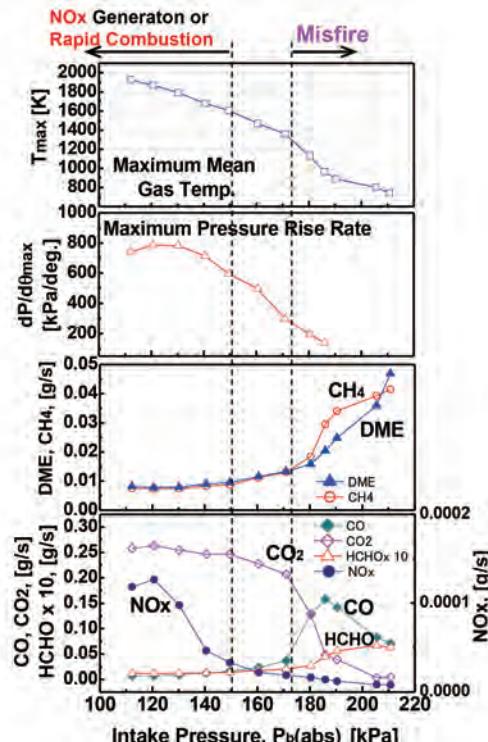


図2 FT-IRガス分析による多段反応発生機構解析

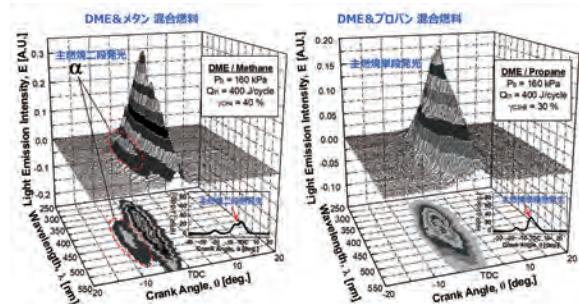


図1 HCCI燃焼の発光スペクトル解析

# 環境・防災都市共同 研究センター

連絡先…担当者／秦 一平

電話 : 03-3259-0695  
E-mail : hata.ippei@nihon-u.ac.jp  
HP : <https://www.edpjrc.cst.nihon-u.ac.jp>

## ●施設保有の主な装置・設備リスト

【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、恒温槽付二輪圧縮振動試験装置、せん断土層装置

## ●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

## 積層ゴムを用いたリアルタイムオンライン応答試験

建築学科 秦 研究室

平成28年に国土交通省より、「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について」の資料がまとめられた。免震構造物に長周期地震動が入力されると、共振現象による大変形や長時間の繰り返し変形によって、通常想定される以上の吸収エネルギー量が発生する。そのため、免震層に設置される免震部材の温度上昇が懸念されており、それによって水平性能が変化する可能性が非常に大きい。以上のことから、設置される免震部材の繰り返し依存性を考慮した応答評価が必要とされている。

そこで、部材の複雑な非線形特性を時刻歴応答解析に反映させることができないリアルタイムオンライン応答試験システムを用いて、地震動による免震部材の繰り返し依存性について検討を行った。

本研究では、免震部材に代表される鉛プラグ挿入型積層ゴムや高減衰ゴム系積層ゴムを対象として、国土交通省より定められる繰り返し依存性を考慮した応答解析手法と比較検討

を行った。その結果、繰り返し依存性を考慮した応答解析手法は実挙動と異なった復元力特性を示し、過剰な応答結果を見積もる可能性を確認した。



積層ゴムのリアルタイムオンライン応答試験

## オイルダンパーを用いたリアルタイムオンライン応答試験

建築学科 秦 研究室

リニア型オイルダンパーは一般的に速度 - 減衰力関係が比例する基本特性を持ち、その性能は減衰係数 $c_0$ というパラメータによって表される。この性能から考えると、オイルダンパーの使用可能範囲においては振幅の大小によらず、一定の減衰性能を発揮するといえる。しかし、実際のオイルダンパーの挙動に着目すると、微小振幅時のパッキン摩擦等の影響が確認されている。そのため、減衰係数 $c_0$ のみで評価される数値解析結果とは異なる挙動を示す可能性がある。よって、微小振幅域におけるオイルダンパーの応答性状を把握することは非常に重要となる。

そこで、複雑な部材特性を時刻歴応答解析に反映させることができないリアルタイムオンライン応答試験を用いて、オイルダンパーの地震応答特性について検討することを目的としている。本研究では、微小振幅域においては、摩擦要素が支配的な履歴特性を示し、減衰係数 $c_0$ のみで評価した数値解析結果とは大きく異なることを確認した。さらに、リアルタイム

オンライン応答試験結果をもとに、摩擦要素を考慮した数値解析モデルを提案し、その再現性を確認した。



オイルダンパーのリアルタイムオンライン応答試験

## 加熱処理スギ挽き板の材料性能評価試験

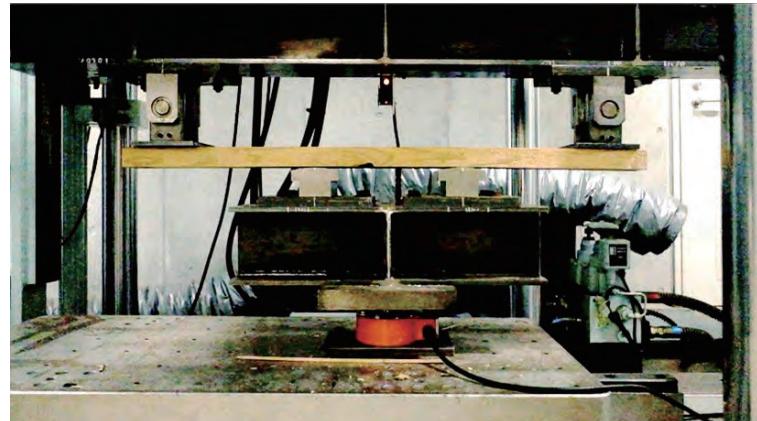
建築学科 秦 研究室

近年、木質構造建築物の大規模化に伴い、中大規模木造を対象とした制震構造の研究が進んでいる。しかし木造建築物は剛性が低く、これによって制振部材の効果が低減されることが示唆されている。木質部材の剛性を向上させることができれば、木造建築物のより効果的な制震化が可能となる。これに対して本研究では、気乾状態のスギ材に180°C程度での加熱処理を施し、剛性を向上させる方法を提案・検証している。本試験では、これを集成材へ適用するための要素試験として、スギ挽き板材の加熱処理による性能変化を検証した。

試験体は40×130×1000[mm]のスギ挽き板材で、構造用集成材の構成材料を想定したものである。加熱処理は熱風式乾燥器を用い、180°Cに予熱した乾燥器内で2~5時間の複数条件で行った。剛性の評価方法としては、材料の曲げヤング係数を計測する。二軸圧縮振動試験機に専用治具を設置することで(写真)、スパン400mm~1000mm程度の材料試験の規

模で、中央集中または3等分点4点荷重方式での曲げ載荷試験が可能となる。

加熱処理前後の曲げヤング係数を比較した結果、加熱時間に比例する形で向上することが確認された。懸念された曲げ強さの低下も見られず、今後より高剛性の集成材の開発が期待できる結果となった。



曲げ載荷試験の様子

## 複合制震システムに関する研究

建築学科 秦 研究室  
株式会社 i2S2

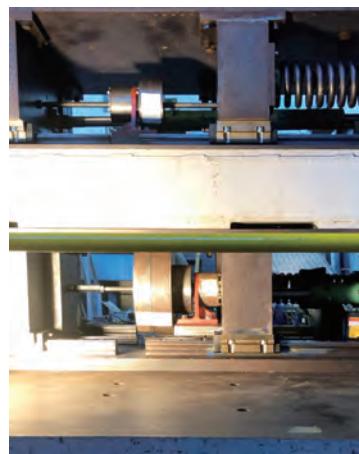
超高層建築物の地震動応答を低減するために用いられる制振デバイスの開発は精力的に行われており、その一例として粘性系ダンパーとダイナミック・マス(D.M.)を並列に配置するD.M.同調システム(MC型)が挙げられる。

MC型は1次モード制御によって応答変位を大きく低減できる優れた制震システムであるが、応答加速度の低減を行うには高次モード制御用に別途ダンパーを用いる必要があるという課題があった。

しかし、解析的検討により、MC型を用いて高次モード制御を行った際に付随して「長周期側」のモードにも減衰を付与することが明らかとなった。また、既往の研究により、制御対象としたモードよりも「短周期側」にも減衰を付与する特徴を持つD.M.同調新システム(KC型)が提案されている。MC型とKC型を複合することで、少ないデバイス量で広範囲の周期帯の応答低減が可能であることが明らかとなった。

実挙動の把握を目的として、30層規模の超高層建築物を想定した縮約モデルを使用した加振試験を行った。1層間にKC型で1次モード、2層間にMC型で3次モードの制御を行う

制振デバイスをそれぞれ投入し、正弦波加振、並びに地震波加振試験を行ったところ、両試験において、提案した複合制震システムは期待した制振効果を発揮した。



試験体ダンパー部



超高層縮約試験体モデル

# マイクロ機能デバイス 研究センター

連絡先…担当者／高橋 芳浩

電話 : 047-469-6193  
 E-Mail : office@mdc.cst.nihon-u.ac.jp  
 Web : <https://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、IPCエッティング装置、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

## 体温で発電するランキンサイクル発電機の開発に向けて

精密機械工学科 助教 金子 美泉

マイクロ機能デバイス研究センターではシリコンの微細加工技術を得意とする装置がそろっており、本研究ではこれらの装置を用いて指先にのるほど小さな電磁誘導式発電機の開発を行っている。従来サイズの発電機は機械加工によりタービン翼や構造部品を形成する。しかし、シリコンを高精度で微細に加工することが可能なことからミリメートルスケールの発電機構が形成可能となる。小型の機構部品を構成するための主要装置がICPドライエッティング装置であり、これにより図1に示すような外形5mm角程度のタービン機構が完成した。作製したタービン機構は作動流体に窒素を用いたとき約300,000rpmの回転数を示した。

小型な発電機構が実現可能なことから、今後は図2に示すような手のひらの上で発電可能なランキンサイクル発電システムの開発を行う。大きさは2cm各程度を目標とし、体



図1 ミリメートルスケールのシリコンエアタービン

温程度で発電可能にするために作動流体には低沸点媒体を用いる。作製した小型タービン機構に沸点15°Cの媒体を作動流体として流入することで約150,000rpmの回転を得た。本研究はこれまで問題であった低品位な熱エネルギーの有効活用にも期待できる。

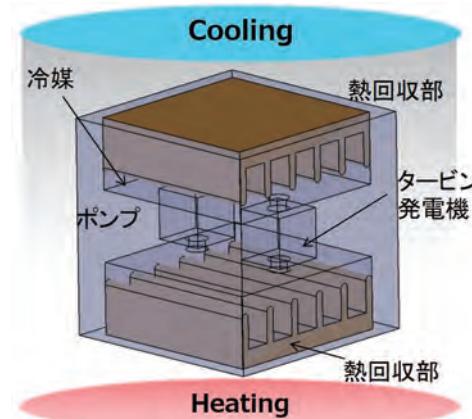


図2 小型ランキンサイクル発電システム

## 超小型ロボットを駆動する静電モーターの開発

精密機械工学科 准教授 齋藤 健

我々は、ミリメートルサイズの昆虫型ロボットの開発を行っている。現在、完全に自立したロボットの実現に向けて、小型の太陽電池で電源供給が可能、静電モーターの開発をおこなっている(図1)。静電モーターは、カリフォルニア大学バークレー校のPister教授と共同で研究を進めており、静電力を利用した動作は、低消費電力の駆動が可能である。静電モーターは、マイクロ機能デバイス研究センターの他、東京大学やカリフォルニア大学バークレー校の装置・設備を使用して作製していたため、全てmade in 理工学部ではなかった。令和元年度に採択された理工学研究所先導研究推進助成金により、図2に示した犠牲層エッティング装置の導入を進めている。犠牲層エッティング装置は、モーターやセンサなどの小型デバイスを作製するために必須な装置であり、宙に浮いた構造を作るために、不要な部位を溶かす特殊な装置である。本装置を導入することで、全

て理工学部製のロボットが実現する。本装置を導入した大学は世界的にも珍しく、今後、企業との共同研究や委託研究の推進に強力な武器となる。

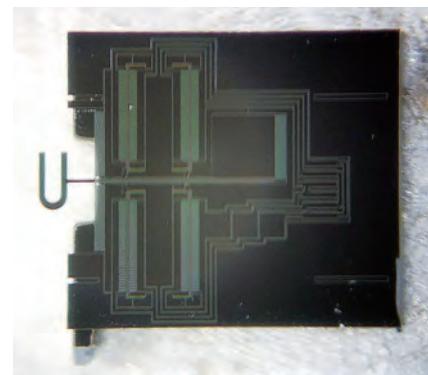


図1 開発した静電モーターの実物



図2 新たに導入する犠牲層エッティング装置

## MOD法で作製した酸化物磁性ガーネット

電子工学科 教授 中川 活二

磁気材料・磁気デバイスの用途は広く、磁性材料無くしてはパワーエレクトロニクス（高効率エネルギー変換）も、電気自動車EVの高効率モータも、磁気ディスクや磁気センサも実現できない。特に、酸化物磁性材料は絶縁体であることから低損失デバイスを作ることが可能で、磁性ガーネットは、光アイソレータ、磁気バブルメモリ、スピンドルメモリ、スピンドル波デバイスなどで研究してきた。

品質の良いガーネット結晶は、液相エピタキシャル（LPE）法で作製され、その優れた性能を生かしたデバイスが使われているが、有機金属溶液を基板にコートして、熱処理により分解・結晶化する有機金属分解（MOD）法による研究も進んでいる。LPE法で作製したガーネット膜に比べると、MOD法で作製したガーネット膜の品質が悪いことが懸念されるが、MOD法での作製法が簡単である事から、どの程度の膜品質、磁気特性に差があるかを認識しておくことは重要と思われる。

これまでの我々の研究で、MOD法での結晶化処理前の熱処理条件により、ガーネット相以外の相を無くしたり、薄膜表面のラフネスを制御できる事が分かってきている。例えば図1は熱処理条件改善前の薄膜のXRDスペクトルであるが、50°付近に異相が観測され、(444)ガーネット相ピークもずれがあるが、熱処理条件を変えることで改善出来る（図2）。これらのMOD法での薄膜作製はマイクロ機能デバイス研究センターのクリーンルーム等の施設・設備を利用して頂いた。今後薄膜の試作と結晶構造等の微細構造分析も行って、磁気デバイスとして応用を目指す。

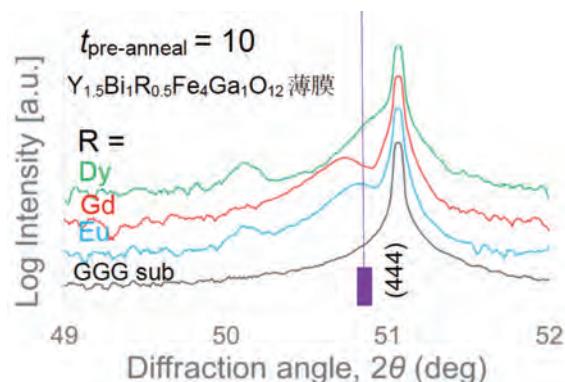


図1 仮焼成時間10分での結晶化処理後のガーネット膜XRDスペクトル。

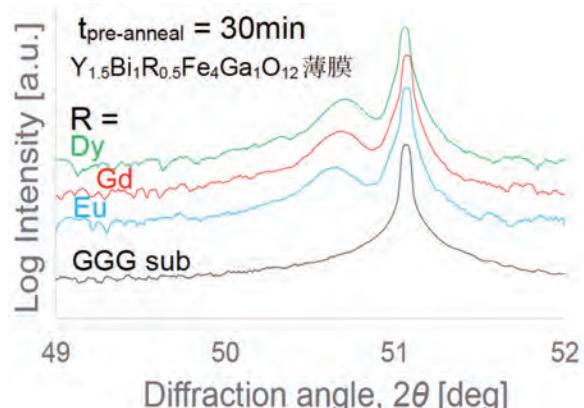


図2 仮焼成時間30分での結晶化処理後のガーネット膜XRDスペクトル。

## 室温無冷媒心磁界計測用磁気センサの実現に向けた軟磁気特性薄膜

電子工学科 准教授 芦澤 好人

Internet of Things (IoT) によりすべての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有される “Society5.0” の世界では、個人個人における生体情報収集・管理が極めて重要になってくる。日常生活において心磁図を計測することが可能になれば、日本人の死因第2位である心疾患の早期発見等に大きく貢献することが可能であるため、我々はログ用としての心磁界計測用超高感度小型磁気センサの実現を目指している。

超高感度磁気センサ用として、外部磁界の大きさによりインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を示す磁性薄膜を、クラス1000のクリーンルームを有するマイクロ機能デバイス研究センターに設置のRFマグネットロンスパッタリング装置（図1）を用いて成膜している。これま

る料の1つであるパーマロイ薄膜において、80 A/m以下の低い保磁力を有し（図2）、数10%の磁気インピーダンス効果を示す薄膜の作製に成功している。また、薄膜に磁界中における熱処理を施すことによって、パーマロイ結晶の粒成長を促進し、誘導磁気異方性を付与した。今後も引き続き心磁界強度に匹敵するサブナノテスラ以下の極微弱磁界の検出を目指す。



図1 RFマグネットロンスパッタリング装置

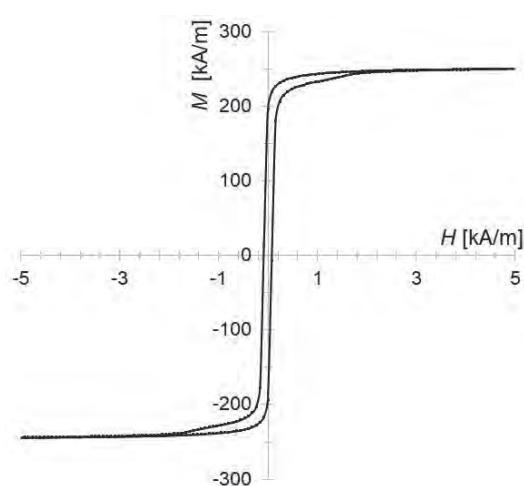


図2 パーマロイ薄膜の磁気特性

# 工作技術センター

連絡先…担当者／吉田 和範

電話：047-469-5511

E-mail : yoshida.kazunori@nihon-u.ac.jp

HP : <https://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、精密平面研削盤

## ●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

## ガスパフZピンチプラズマ発生装置

量子科学研究所 教授 高杉 恵一

工作技術センターは市販されていない機器の試作に応じてくれる頼もしい存在である。プラズマ科学研究所では放電に用いるいろいろな機器の試作をセンターに依頼してきた。ここにあげるのはその構成部品の例である。

図1は真空中にガスジェットを発生させるための高速電磁バルブである。鉄製の電磁ハンマーによって高速の開閉ができる。耐久性に難があったが、衝撃に耐えるよう各パーツを半割り構造にすることで解消できた。図2は中空円環状のラバーノズルをもつ放電電極である。方位角方向の対称性が重要で、ずれ



図1 ガスバルブ



図2 ガスノズル・電極

が生ずるとプラズマの運動の対称性がくずれてしまう。図3は高速放電に耐える大口径ギャップスイッチである。銅タングステン製の電極の工作についていろいろ相談に乗っていただくことができた。

10月になって6台合わせて300キロアンペアの放電ができるようになった。この装置を用いて発生させたピンチプラズマの写真が図4である。細くくびれた部分に直径50μm、電子温度1000万度、1万気圧の高温プラズマが発生している。

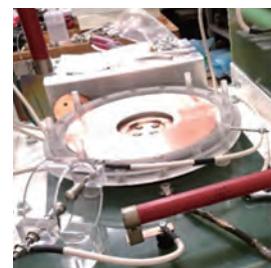


図3 ギャップスイッチ

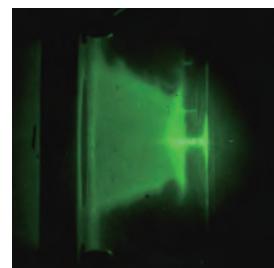


図4 ピンチプラズマ

## 摩擦攪拌効果を用いた同種・異種金属固相接合材の創製

精密機械工学科 准教授 渡邊 満洋

近年、構造物は多機能化・高機能化を目的とし、材料個々の特性を活かし複数の材料を適材適所に配置して構成する、マルチマテリアル化が指向されている。マルチマテリアル化達成のためには、各材料を健全に接合する技術が欠かせない。例えば、自動車の燃費向上の一つの方策としてアルミニウム合金のような軽量金属を用いた車体軽量化が望まれており、その達成には従来から使用されている鋼とアルミニウム合金の異種金属接合が必要となる。

当研究室では、被接合材料を溶融させずに接合を行う固相接合法に着目し、強固な接合を達成するプロセスの開発ならびに、その強固な接合を発現する界面組織の探求を行っている。図1は、工作技術センター設置の高トルク高剛性縦型フライス盤を用いて、アルミニウム合金に対して摩擦熱の導入ならびに塑性流動を生じさせて重ねスポット接合した接合材の外観である。接合により発生する温度はアルミニウムの融点よりも低いに

も関わらず、強固な接合が達成されている。接合界面では、重ね合わせたアルミニウム合金が攪拌・混合され、初期接合界面が消失していることがわかる(図2)。このように、様々な固相接合法により形成される特異な界面組織を理解し、固相接合技術の発展に貢献したいと考えている。



図1 摩擦攪拌スポット接合したアルミニウム合金接合材の外観



図2 接合界面断面の光学顕微鏡像

## 人力飛行機で使用する機械加工部品の製作

航空宇宙工学科 准教授 大竹 智久

理工学部公認サークルである「航空研究会」は、サークル活動として人力飛行機の設計・製作・試験飛行を行い、例年7月末に琵琶湖（滋賀県彦根市）で開催される「鳥人間コンテスト」に出場している。令和最初となる今年度大会は、“過去の機体よりも良い機体への改善”という理念を根底に、機体全体の空力設計、主翼の強度設計やプロペラ駆動システムの機械設計を行った。機械加工を伴う主要部品の製作は工作技術センターに加工を依



図1 工作技術センターによる加工品

頼した。人力飛行機には軽量かつ高強度の構造が求められるため、機械加工部品は比強度の高い金属材料（一般的に加工がしやすい）を用いて加工される。金属部品以外は、主にCFRP材料による板材やパイプを加工して部品が製作される。CFRP材料は金属材料に比べて高価ではあるが、外部企業からの技術支援の一環として一部の材料提供をしていただいている。

学内・学外からの様々な協力を得たうえで完成した機体 Möwe36は、7月28日の午前、昨年とは打って変わった好天のもとで琵琶湖の湖上へ飛び立った。1時間40分ほどの飛行のうち飛行距離は38,010.28mを記録し、大会での学生記録を更新しての準優勝となった（優勝は企業チームで飛行距離60km）。



図2 琵琶湖を飛行中のMöwe 36

## てこ機構を利用した振動発電の出力増大

機械工学科 教授 渡辺 亨

近年、機械装置や構造物などの振動を常時監視し、その変調を検出することで点検・整備のタイミングを計ろうとする「モニタリング」というアイディアが普及し、それ用の機器の電源として、振動をエネルギー源とする「振動発電」が注目を集めている。

この種の機器は概して商用電源が利用不可能な遠隔地・隔絶地に設置されることが多い一方、必要とされる電力は僅かで済むため、振動発電の利点は大きい。しかし、必要な電力量と可能な発電量のギャップは大きく、発電量の増加は切実な課題となっている。

振動発電では、振動によって生じた力を発電機構に印加させることで発電を行う方法が一般的である。筆者はその点に着目し、振動によって生じる慣性力を「てこ」を使って増力することで発電量の増大が可能ではないかとの着想を得た。

このアイディアに従い、発電機構に「てこ」を取り付けた実験装置を製作した。製作に際しては設計段階から工作技術センターから多大な技術協力を得た。製作した装置を用いた実験の結果、発電量の増大にきわめて肯定的な結果を得ることができた。現在、さらなる発電量の増大を目指し、工作技術センターの協力を仰ぎつつ、装置の改良を進めている。

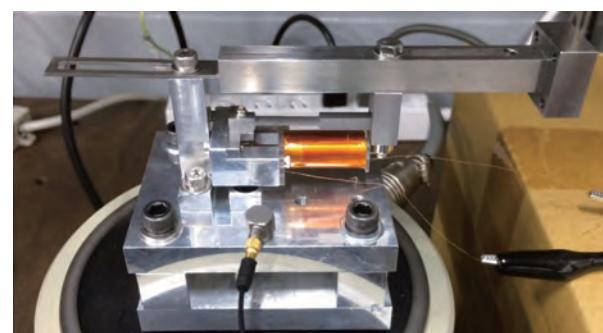


図1 最初に開発された振動発電実験装置

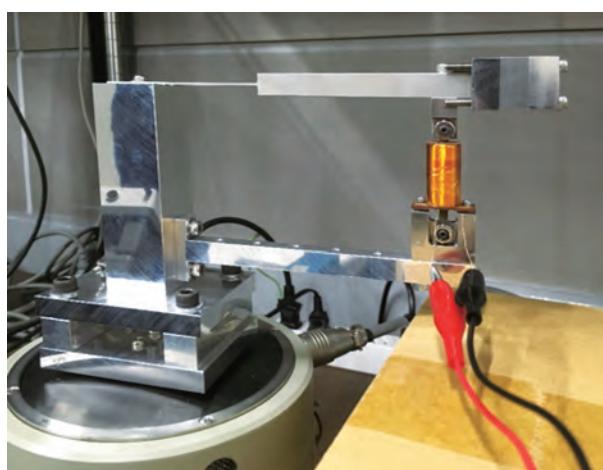


図2 改良され現在試験中の振動発電実験装置

## 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@admin.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
- 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 EU91GB 900W1台
- 6) バイロン(カラーコーン)
- 7) スライドバー

## Bluetoothを用いた交通状態モニタリング

交通システム工学科 準教授 石坂 哲宏

交通に関するビッグデータの情報源の一つとして、車両のカーナビやスマートフォンなどから発信されるBluetooth (以下、BT) を活用して、交通情報を生成する取り組みが多くの都市や高速道路で行われるようになってきています。

交通総合試験路において、2台の車両にスキャナとBT発信機 (ともに、スマホ) を設置して、2台の車両を様々な環境下ですれ違い走行させ、その受信特性を把握しました。すれ違う道路の車線数の違いを含めて、車両間の距離を用いてMACアドレスが逐次取得できるかをモデル化しました。スマホを用いた簡易な仕組みですが、車内でも少ない確率ながら取得できることができました。このモデルにより、すれ違い時にMACアドレスが取得できるかをシミュレーションできるようになり、道路ネットワークで本システムを運用した場合にどのような交通状態を推定できるようになるかを把握できるようになるといえます。

これらの実験での基礎的な研究成果を受けて、タイ・バンコクでチュラロンコン大学などと共同して、45か所の交差点にス

キャナを設置して、長期間にわたってモニタリングを行いました。取得したビッグデータを解析し、移動を可視化する分析などを試みています。

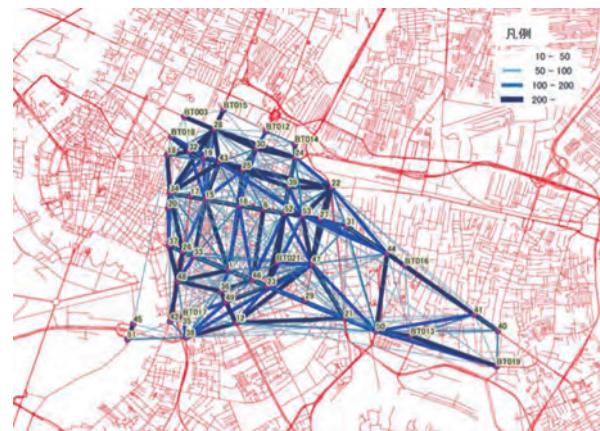


写真1 交差点間移動量

## 組積構造サルバティーコ橋の車両走行実験

土木工学科 教授 関 文夫

サルバティーコ橋は、レオナルド・ダ・ヴィンチが考案した構造で、釘やボルトを一切使わず、木材を組み合せた組積構造です。この組積構造は、近年増大する日本の災害に対して、救助活動や早期の交通機能の復旧などに利用できる技術として注目されている技術です。

このサルバティーコ橋に車両を走行させる実験を交通総合試験路で行いました。車両を載せるために、一輪あたり二本の主材で構築した主構造の上に、走行用の床版を構築しています。設計は、約3か月の期間を要し、CGを用いて、各部材の組合せや部材の応力を確認し、施工では、床版の構造を検討し、材料

の調達、加工に2か月の時間を要しました。実験当日、組立に6時間をして完成し、実験は、群衆荷重として、2人 (1.9kN)、6人 (5.1kN)、10人 (7.8kN)、16人 (11.5kN) を載せ、たわみ16人 (4.4mm)、引張材の張力を確認した後、実際の車両 (14kN) を走らせるに成功しました。車両の通過後は、大歓声が沸き、橋の上で記念写真の撮影会となりました。

1つのプロジェクトを成功させるために、綿密な計画と多数の検討項目があることを学び、その後の社会人として大いに役立つ体験となったと思います。



10mスパンのサルバティーコ橋を車両が走る



サルバティーコ橋を車両が走行した記念撮影（ドライバー筆者）

## 地上型レーザースキャナーによる舗装面の形状計測に関する研究

交通システム工学科 教授 佐田 達典

従来、舗装工事では舗装面の完成形状を設計形状と比較し検査するための出来形計測を巻尺、レベルを用いて行っています。近年、国土交通省が工事管理の生産性の向上を目標として取り組んでいるi-Constructionの一環として、「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)」が公表され、今後この要領に基づく管理が増加すると見込まれています。地上型レーザースキャナーの出来形計測は、計測対象の地形を短時間かつ高密度に3次元座標で取得が可能であり、從来の施工管理手間の大幅な軽減と、詳細な地形や出来形の形状取得が可能とされています。



写真-1 地上型レーザースキャナーによる計測状況

そこで、本研究では地上型レーザースキャナーの出来形計測はどの程度の計測精度が期待できるのか、交通総合試験路の舗装面を対象に実験を行いました。まず、交通総合試験路の延長200m、幅15mの範囲の舗装面を1m間隔で区切りその格子点の標高をレベルを用いた水準測量で計測しました。計測した格子点は3216点です。その範囲を地上型レーザースキャナーで計測を行い(写真-1、図-1)、水準測量の結果と比較しました。図-2に結果の一例を示しますが、一部を除き出来形管理要領(案)で要求されている±4mm以内の計測精度が得られることがわかりました。

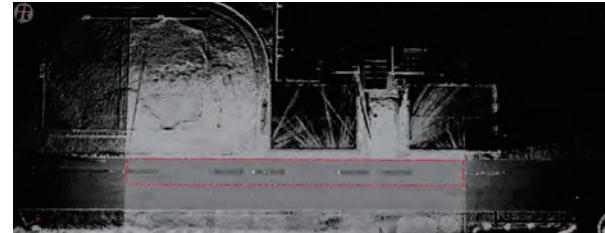


図-1 地上型レーザースキャナーで計測した点群

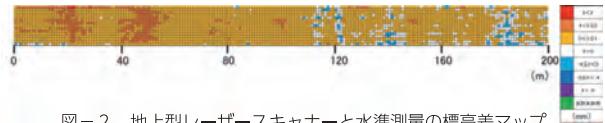


図-2 地上型レーザースキャナーと水準測量の標高差マップ

## 測量実習

まちづくり工学科 教授 仲村 成貴・教授 後藤 浩・助教 西山 孝樹

まちづくり工学科では、「まち」の空間把握のための測量に関する基礎知識と技能を修得することを目的として、1年次に必修科目「測量実習」を設置しています。TS(トータルステーション)やレベルなどの測量器械を用いて距離測量、角測量、トラバース測量、水準測量、平板測量に順次取り組み、「まち」と見立てた船橋キャンパス内の土地起伏や施設配置などを観測します。5人1組が協働して実習に取り組むことで、学生間のチームワークも養います。また、実習が体験に留まらないように、国土交通省「公共測量における作業規定の準則」の3級基準点測量・水準測量で規定された精度を満たすまで繰り返して「再測」します。学生は自分で観測した結果を用いてレポートや図面を作成します。

交通総合試験路では毎年5~6月にトラバース測量の実習を行っています。学生たちは自分たちで立案した測点の配置計画に基づいて、現地に測点を設置し、測点間の水平距離と水平角を

観測します。さらに、トラバース計算書の作成を通じて観測値の精度、測点の座標、観測範囲の面積を算出し、図面を作成します。このように広大かつ見通しが良い交通総合試験路では100余名の学生が一斉に実習可能であり、野外アクティブラーニングの格好の場として活用させていただいているます。



写真-1 測量実習の様子

# 第18回 理工学研究所講演会

令和元年12月4日(水)、第18回理工学研究所講演会が、駿河台校舎1号館121会議室で開催されました。この日は学術講演会も同時に同じ建物内で開催されていたので、1号館は学生や教職員が大勢行き来するアカデミックな雰囲気に包まれました。

今回の理工学研究所講演会では、「理工学研究所先導研究」の研究代表者や共同研究者がその経過や成果を報告しました。「先導研究」とは、「社会的な課題解決を目指した先駆的・独創的で新奇性に富む挑戦的な研究を指し、本学部が将来フロントランナーとなりうる研究」であり、今回の講演会では、最近3年間に採択された研究課題の研究代表者に講演していただきました。

精密機械工学科の田中勝之教授の講演は、平成30年度採択の「IoTデバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発」についてでした。比較的低温の熱源から小型装置で発電することを目指し、そのために必要な様々な技術を全て開発してしまおうという意欲的な研究の進展状況が報告されました。

精密機械工学科の齋藤健准教授は、令和元年に採択された「生物に学んだ次世代型ロボットシステムの開発－CSTロボットファクトリーの実現－」について講演しました。すでにニューラルネットワークを搭載し自分で歩くロボットが実現しており、プロジェクトとしてはまだ初年度ですが、大きな成果を予感させる内容でした。

研究期間が終了した平成29年度採択のプロジェクト「i-CST船橋天文台の開発と突発天体観測」からは、研究代表者の航空宇宙工学科の阿部新助准教授をはじめ、プロジェクトメンバー全員が登壇し、研究成果を報告しました。突発的な事象を観察するための望遠鏡の設置に苦労した話が印象的でしたが、今後もこの望遠鏡がさらに活用されて、成果を上げていただきたいものです。

先導研究は学内の資金で実施されますが、「学外の大型研究資金を獲得し、時代を先導する研究拠点を形成すること」を目的としています。これらの研究が外部資金獲得につながり、大きく花開くことを期待しています。



## ACCESS

