R-GIRO Quarterly Report

RITSUMEIKAN GLOBAL INNOVATION RESEARCH ORGANIZATION

［立命館グローバル・イノベーション研究機構四季報］

vol. 04
Winter 2010

R-GIROの活動報告

周 瑋生 教授［政策科学部］
国境を越えた広域低炭素社会への道筋

田中弘美 教授［情報理工学部］
多地点で臓器に触れ、互いに反動を感じる超臨場感遠隔手術訓練

堤 治 准教授［生命科学部］
新機能・高性能を示すナノスケールの有機・無機ハイブリッド材料

前田大光 准教授［薬学部］
有機合成を駆使して機能性ソフトマテリアル創製をめざす

R-GIROの若手研究者紹介

森本功治
［薬学部 薬学科 北研究室 ポストドクトラルフェロー］

町田慎之介
［薬学部 薬学科 民秋研究室 ポストドクトラルフェロー］

韓 先花
［情報理工学部 メディア情報学科 陳研究室 ポストドクトラルフェロー］

樫山武浩
［情報理工学部 情報システム学科 毛利研究室 ポストドクトラルフェロー］

Topics・Information・Event Guide

Information

R-GIROのホームページがリニューアルされました。

2010年11月5日（金）、R-GIROのホームページについて、オリジナルページを制作しました。新しいホームページでは、皆さまにより便利にご利用いただくため、ほぼ全てのページのデザインと構成をリニューアルしました。今後も皆さまにご活用いただけるよう、多くの情報を発信し、継続して内容の充実を図ってまいります。詳しくはホームページをご覧ください。

リニューアルのポイント

- トップページに、各研究領域のプロジェクトリーダーを毎月1名づつ掲載してまいります
- 目的別にページを設け、本機構での取り組みを見やすく、情報の探しやすいレイアウトにしました（プロジェクト一覧、研究成果、設立趣旨、組織体制、研究拠点）
- シンポジウム・研究会情報の拡充、発行物をダウンロードできる機能の追加など、情報提供を強化しました

http://www.ritsumei.ac.jp/research/r-giro/

Event Guide

2010年度 立命館グローバル・イノベーション研究機構 材料研究拠点シンポジウム

日時 2011年3月3日（木）
13:00-17:15［交流会17:20-19:00］

会場 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
ローム記念館5階大会議室
（滋賀県草津市野路東1-1-1）

参加費 無料

［第一部］世界の動向
開会挨拶：立命館グローバル・イノベーション研究機構 機構長代理 村上正紀
基調講演：立命館大学 薬学部薬学科 教授 北 泰行

［第二部］立命館大学での取り組み
講演：立命館大学理工学部機械工学科 教授 飴山 惠
講演：立命館大学理工学部機械工学科 教授 谷 泰弘
ポスターセッション：若手研究者による最新の研究成果紹介

［第三部］企業活動紹介および産学官交流
企業活動報告：講演者調整中
交流会：会費制(2,000円)

●主催：立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)　●協賛：独立行政法人科学技術振興機構JSTイノベーションサテライト滋賀、社団法人関西経済同友会、社団法人関西経済連合会、京都環境ナノクラスター（中核機関：財団法人京都高度技術研究所）、滋賀銀行、一般社団法人ネオマテリアル創成研究会　●後援：滋賀県　（アイウエオ順）

編集後記

明けましておめでとうございます。新しい年を迎えると、自然と胸の高鳴りを感じます。「義依不依語」を心がけながら、四季を通じて「R-GIRO Quarterly Report」の編集を担当させていただき、本号で2010年度最後の発行を迎えることができました。2011年度は、自然科学系のみならず、人文社会科学系のプロジェクト成果も掲載させていただく予定です。これまで専門分野以外の方にも手にとっていただけるよう、皆さまの知を研くツールとして貢献すべく制作に努めてまいりました。今後も皆さまのご支援の下に、引き続きご愛読いただけるよう、気持ちを新たに誌面づくりに励んでまいります。よろしくお願い申し上げます。（S.W.）

R-GIRO Quarterly Report
RITSUMEIKAN GLOBAL INNOVATION RESEARCH ORGANIZATION
［立命館グローバル・イノベーション研究機構四季報］
R-GIRO Quarterly Report vol. 04
2011年1月5日 発行

編集・発行
立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）
Ritsumeikan Global Innovation Research Organization
〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1
立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）
研究部 理工リサーチオフィス内　R-GIRO事務局（担当：渡邊）
TEL：077-561-2655
FAX：077-561-2633
HP：http：//www.ritsumei.ac.jp/research/r-giro/
E-MAIL：r-giro@st.ritsumei.ac.jp

Project Theme　低炭素社会実現のための基盤技術開発と戦略的イノベーション

国境を越えた広域低炭素社会への道筋

技術開発・移転と経済・社会システムの改変による広域低炭素化を構想。

地球温暖化が深刻化しつつある今、CO_2の排出を抑えた低炭素化社会の実現は一刻の猶予も許さない人類共通の目標となっています。先進国と途上国が同じテーブルにつきCO_2削減の方策を模索しているものの、解決困難な課題が山積しています。本プロジェクトでは、革新的な基盤技術開発と技術移転、並びに経済・社会システムの変革によって、国境を越えた低炭素社会を実現する道筋を示すことを目指しています。

もはや一国のみの努力では、十分なCO_2削減を望むことは到底できません。日本は2020年までに1990年比で25%のCO_2排出量削減を目標に掲げていますが、すでに世界屈指の技術力で省エネルギーと高効率化を達成しており、今後さらに劇的にCO_2を削減するのは極めて困難です。一方、CO_2排出大国といわれる中国では、削減ポテンシャルは高いものの、技術的、経済的な課題がその推進を阻んでいます。そこで、低炭素化を地球規模で捉え、最も削減ポテンシャルが高く、かつ費用対効果の大きい地域でCO_2を削減し、削減効率に限界のある先進国は技術的・経済的支援を通して削減のメリットを享受する、というのが私たちの着想です。とりわけ先進国による一方的な支援にとどまらず、低炭素化はもちろん、さらには産業を導入することによる経済的な利益の共有など、参与する国々が互いに利益を得られるコベネフィットな関係を築く、そういった持続可能な低炭素共同体を構想する点に高い実現の可能性があると考えています。

具現性を高めるために、技術、経済、社会システムを総合的に検証する文理融合と、国境を越えて戦略を推進する国際連携による組織を構成するとともに、理論的手法だけでなく実証的な手法も用いて研究を進めています。この成果は、困難を極める各国の低炭素化政策に強力なインセンティブを与えるものとなるはずです。

直線翼垂直型風力発電システムの開発と有効利用を始めました。

本プロジェクトでは、理工系基盤技術の開発、広域社会システムモデルの構築、経済産業システムの改変、の3軸から研究を展開しています。

まず技術について、クリーンエネルギー技術（主に風力、水力と太陽光）、省エネ・省資源システム技術などの基盤技術の開発に取り組んでいます。一例として、新型風力発電技術の開発を紹介します（開発担当者：理工学部機械工学科 酒井達雄教授）。

産学連携による新型風力発電システム

本研究では、自然界の風のエネルギーを電力に変換する風力発電システムの開発に取り組んでいます。現在普及しているプロペラ型の風車は、プロペラ先端部の風切り音による低周波騒音が大きな課題になっています。これを解決するため、本研究では直線翼を上下方向に何枚か設置し、これらの翼の揚力で発電機を回転させる方式の新型高効率発電システムの開発を進めています。同風力発電システムは、風向変化に影響されない翼構造、微風から強風までの幅広い対応、多層・高層化躯体構造などの特徴を持っています。経済産業省やR-GIROの助成金等の支援を得て、びわこ・くさつキャンパスに試作発電システムを設置し、当該場所での風況調査と組合せて発電性能を調査し、秒速10m/sの風速で500W程度の発電が可能であることを確認しました。

「東アジア低炭素共同体」構想を構築し、実証実験を始めています。

続いて広域社会システムモデルの構築において、まず都市と農村の連携に焦点を絞り、分散型エネルギー最適化モデルの開発を進めています。具体的には、天然ガス、バイオマスを利用した発電、コジェネレーション、太陽光発電、風力発電、系統電力などの分散型エネルギーの使用を、地域性、経済性、環境性から評価する汎用ツールを開発し、都市主導型、農村主導型、都市農村協働型の3タイプについて、最も低炭素、低公害、低コストを実現できるようなエネルギーシステムの最適化をシミュレーション分析しました。

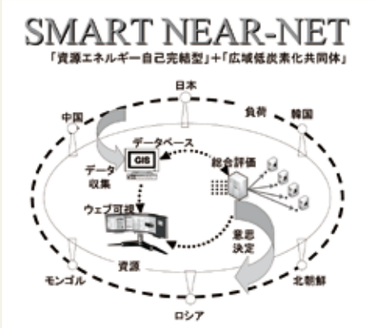
並行して経済環境エネルギー多元共生型評価モデル：G-CEEPモデル(Glocal-Century Energy and Environment Planning Model)」も開発しています。これを活用すれば、国境を越えた広域低炭素共同体実現のためのシナリオ提示、低炭素、低公害、経済性などのコベネフィットの実現といった総合効果を最適化するプロセスを提示できます。日本、中国（6地域に細分化）、韓国、さらにはインドネシア、マレーシア、タイ、シンガポール、フィリピンなどの東アジア地域を対象に設定し、炭素税、CDM（クリーン開発メカニズム）など、いくつかの政策に関するケーススタディを実施しました。今後は、都市農村間連携、国内地域間連携、日中二国間連携、そして東アジア地域間連携を統合させた評価モデルの開発を進めます。

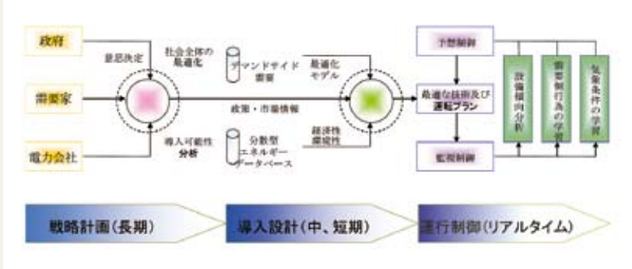
さらに3つ目の軸として、国際互恵補完型経済産業システムの改変に向け、大きな社会実験を試みています。手で触り、目で見られるパイロットモデル事業を作ることが次なる目標です。ここでは、サステナビリティ学実証研究パイロットモデル事業として、中国湖州市を対象に実証分析を行い、都市農村連携型は低炭素社会実現にもっとも有効であることを明らかにしました。それ以外に、現在、中国・大連に、経済、環境と社会の3軸から日中低炭素総合モデル地区を設定しています。国同士が互いに利益を得られるよう考慮した発展型CDMの構想の中で、産学連携による日中互恵補完型協力モデルを考案し、低炭素化に向けた実証実験に着手しようとしています。

以上のような理論的・実証的研究を通じて、私たちは、日中韓を含めた「東アジア低炭素共同体」と「スマートNEAR-NET」（北東アジア地域の資源循環と低炭素・低公害型ネットワーク）を先駆的に構想しています。東北アジア全体での経済発展と広域低炭素化を進めていく仕組みを構築し、具現化に向けていっそう研究を進めていきます。

周　瑋生 教授

Zhou Weisheng





上　分散型エネルギーシステム最適化評価シミュレーション技術の開発
左　資源循環と環境負荷低減に関する戦略的互恵型低炭素共同体の構築（NEAR：North East Asia Region）

●参考文献／ **1** “広域低炭素社会実現を目指して：「東アジア低炭素共同体」構想の提起”. 環境技術（環境技術学会）. Vol.37, No.9, pp.642-646(2008)　**2** “Integrated design and evaluation of biomass energy system taking into consideration demand side characteristics”, Energy Vol.35, pp 2210–2222, 2010.　**3** BKCビル屋上の風況測定と直線翼垂直軸風車による発電システムの基本性能確認、エコデザイン2010 ジャパンシンポジウム、エコデザイン学会連合主催、2010.12.7（東京）

●連絡先／立命館大学 政策科学部 周研究室　電話：（外線）075-466-3418　FAX：075-466-3418　E-mail：zhou@sps.ritsumei.ac.jpkous
HP：http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/rcs/japanese/index.html（立命館サステナビリティ学研究センター）

Project Theme　IRTが拓く超臨場感遠隔協働環境の研究

多地点で臓器に触れ、互いに反動を感じる超臨　場感遠隔手術訓練

臨場感通信を用いた手術訓練システムを開発したい。

遠く離れた複数の場所で同じ仮想空間を共有し、互いにあたかもその場にいるようなリアルなコミュニケーションを実現する。コンピュータの高性能化やネットワークの高速化、触覚デバイスの実用化などによって、そんな臨場感通信が現実のものとなりつつある今、研究開発にも多大な関心が注がれるようになっています。

中でも私たちのプロジェクトでは、この技術を医療分野に応用し、医師が手術や治療の技術を高めるためのトレーニングや遠隔地医療に役立て、高度医療の実現に貢献することを目指しています。特に近年は、患者の心身に負担の少ない内視鏡下での低侵襲手術へのニーズが高まっています。従来の開腹手術とは異なり、モニタを見ながら鉗子で緻密な操作を行うといった高度な手術が求められるようになっているのです。私たちの研究によって、こうした高度な技術をどこにいても習得することが可能になります。

2005年に総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度、また、2007年には独立行政法人情報通信研究機構（NECT）の「革新的な三次元映像技術による臨場感コミュニケーション技術の研究開発」の委託研究に採択されるなど、成果への期待も高まっています。

肉感まで再現するシミュレーションモデルを開発しました。

本プロジェクトでは、これまで誰にも解決できなかったいくつもの難題を克服してきました。一つ目は、柔らかさや肉感のある非一様柔軟物のモデリングとシミュレーションの技術を開発したことです。コンピュータ上の仮想空間にある物を「見る」のみならず「触れる」ことのできるハプティクス（触覚）デバイスは、すでに実用化段階に入っています。また、CTやMRIの普及によって3次元の形状データを取得することも容易になりました。しかしながら、たとえば皮膚を引っ張ったり押したりした時の肉感的な感覚をもシミュレーションで再現するには、弾性・塑性・粘性といった力学的な変形特性と内部構造を把握し、「中身の詰まった」忠実なボリュームモデルを再現する、という大きな課題が残されていました。

私たちは、多様な物性をもつ柔軟物に対し、適応的に四面体の格子を生成する手法を世界で初めて開発しました。メッシュ（格子）状で四面体を表し、物体の変形に応じて歪んだ各格子の容量を計算し、変形具合を算出することでメッシュ構造を動的に適応させる、というものです。変形の大きな箇所ではメッシュを細かくし、一方、変形の小さな箇所では四面体を粗くするといった、適応的メッシュ法を採用。四面体を二分割、再統合するオンラインリメッシュ法により、変形した部分だけを局所的に修正・再現することで、計算コストを減らしながら高速でシミュレーションの精度を保つことに成功しました。“Dynamic Deformable Adaptive Grid”と名づけたこの変形モデルを実際にGPU を用いて計算したところ、CPUに対して100倍以上の高速化を確認できました。

多地点で触覚を共有するシステムを構築しました。

二つ目の成果は、多地点での遠隔触覚協働環境を構築したことです。柔軟物の変形情報などの医療情報はデータ量が膨大で、リアルタイムの通信には大容量のコンピュータと通信システムを要します。

私たちはあらかじめ同一の変形モデルをインストールしておき、操作パラメータだけを交信することで、同じシミュレーションを高速に行うことを可能にしました。さらに、多地点のコンピュータの計算能力の違いによって同時性を保てなくなる危険性も考慮に入れ、操作パラメータにタイムスタンプをつけることで、同一時刻に各地点の変形を一致させるよう改良を加えました。実際に、東京、京都、大阪の3地点間で遠隔協働実験を行い、各拠点間での変形の誤差は最大でも0.6mm程度であることを確認しました。

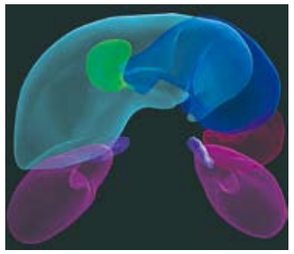
これにより、一般的な性能のコンピュータを使って、複数の地点にいる人が同じ臓器に触れ、たとえば誰かが肉塊をつついて凹ませれば、他の全員にその反動が伝わるといったことができるわけです。

さらに次なるチャレンジとして、田中覚研究室が医療用のボリュームデータの半透明可視化に取り組んでいます。一般に3次元のボリュームデータを可視化するには、物体の「面」に関する情報を計算して画像に再現する「サーフェスレンダリング」や、物体内部を直接可視化する「ボリュームレンダリング」といった手法がありますが、これらの手法では、視線の変化に応じて大量のポリゴンやサンプル点群を並べ替えなければなりません。私たちは、こうした並べ替えをせずに可視化が可能な手法として、物体の「点」の集合を計算する「ポイントベースレンダリング」を採用。不透明な発光粒子群を画像に投影させることにより、半透明の等値面描画を実現し、胃や肝臓、胆のう、腎臓などの人体臓器における、立体感があり視認性の高い半透明可視化に成功しました。シミュレータに実装すれば、実際の体内では他の臓器などに隠れて見えにくい臓器も視認することができるようになります。

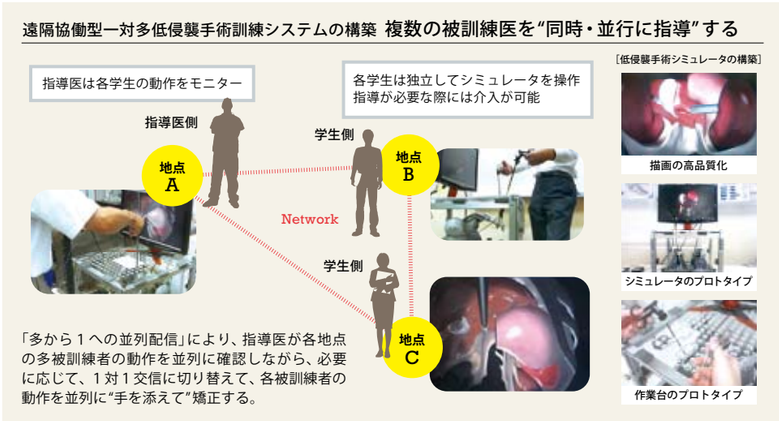
これらの開発してきた要素技術を統合し、現在、ネットワーク型の手術訓練システムのプロトタイプが完成しています。今後5年間で、実際の医療現場に導入可能なレベルにまでブラッシュアップし、実用化を目指します。現在、協力企業による製品開発が進められており、従来のシミュレータに比べて安価に製品化を実現できる見通しです。また、滋賀医科大学の協力のもと、琵琶湖を挟んだ遠隔多地点でのシミュレーションによる教育プログラムの構築も進められつつあります。近い将来、医療現場において革新的な教育が始まるという夢も現実味を帯びてきました。

共同研究者
総合理工学院・情報理工学部 メディア情報学科
田中 覚 教授

田中弘美 教授
Hiromi Tanaka



複数臓器の半透明可視化



●参考文献／ **1** “A Synchronization Method for Haptic Collaborative Virtual Environments of Multipoint and Multi-level Computer Performance Systems”, In Proc.of Medicine Meets Virtual Reality, 2011.　**2** “A Hybrid Dynamic Deformation Model for Surgery Simulation”, In Proc. of Medicine Meets Virtual Reality, 2011.　**3** “粒子ベースレンダリングに基づく医用3次元融合画像の生成” 第10回日本VR医学会学術大会 京都リサーチパーク, September 4, 2010.

●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）田中弘美研究室　電話：（外線）077-561-2690　HP：http://www.cv.ci.ritsumei.ac.jp/haptic/

Activity Report 03

Project Theme　ナノスケールで組織構造を精密制御できる有機・無機ハイブリッドナノ微粒子の創製

新機能・高性能を示すナノスケールの有機・無機　ハイブリッド材料

液晶という有機材料と無機材料を ナノスケールで複合します。

有機物・無機物と、それぞれ独自に発展を遂げてきた機能性材料開発の分野で、近年、有機・無機を組み合わせた複合（ハイブリッド）材料が注目を集めるようになっています。ナノレベル、分子レベルで有機物と無機物を複合することにより、各物質単独では得られないような物性や機能をもった新しい材料をつくれるのではないかと期待されているからです。私たちは、有機と無機のハイブリッドナノ微粒子を組織化した状態、すなわち凝集構造に焦点を当て、それを制御することで材料としての機能を高めようとしています。

無機材料は、原子同士が強固に結合しているため、凝集構造を制御するのは容易ではありません。一方、有機材料では、有機分子が自発的に組織化し、規則構造を構築する「自己組織化」が起こり、加えて光や電場、磁場などの外場に応答して配向や配置を変える性質があります。私たちはこうした有機材料の中でも液晶に着目しました。

本プロジェクトでは、液晶と金属などの無機材料をナノスケールでハイブリッドし、液晶の自己組織性を利用して凝集構造を制御することで新しい機能をもつナノ材料を創製することを目指しています。有機と無機の複合材料はこれまでに数多く検討されていますが、ナノスケールで有機液晶と無機微粒子の秩序構造を形成し、外場から制御する試みは、まったく新しい挑戦です。

有機と無機の原子を結合させた 金錯体の発光挙動を制御できました。

これまでに私たちは、金（Au）のナノ微粒子と、アゾベンゼン液晶とを結合させた金属ナノ微粒子を合成し、この微粒子が、液晶の性質によって自己組織化されることを確かめています。これに光を照射すると、凝集構造が変わることも確認しました。このことは、液晶の外場応答性によって金属ナノ微粒子を制御できることを示しています。

また、分子をさらに細かくした原子レベルにおいて、金と有機化合物を融合した三核金錯体に液晶性を付与することにも挑んでいます。金錯体は、金原子の間で起こる相互作用に基づいて強く発光することが知られています。言い換えれば、発光が錯体の凝集構造に影響されるということです。プロジェクトでは、有機化合物である液晶に金原子を導入して原子間の配向や位置といった凝集構造を変え、発光を制御しようと目論んでいます。

まず私たちは、中心に3つの金原子を含む円盤状の固い構造をもち、その円盤からアルキル鎖という柔軟な構造の鎖が6本伸びている三核環状金錯体を分子設計し、合成しました。柔らかなアルキル鎖の長さを最適化し、液晶状態を発現させようと試みていますが、現在のところ液晶性の発現には至っていません。ただし、この三核金錯体に紫外線を照射して発光挙動を調べたところ、結晶状態では強く発光し、結晶が溶け、固体から溶融状態に変わるに伴ってまったく光らなくなるという結果を得ました。これはつまり、結晶という緊密な凝集状態と、溶けて凝集がバラバラになった状態とでは発光の強さが異なるということです。このことから、熱を加えて凝集構造を変化させることで、発光のオン・オフの制御が可能であることが判明しました。そして、ある特定の長さのアルキル鎖をもつ場合は、冷却速度によって凝集構造が変わり、発光色（波長）が変わることも突きとめました。これにより、凝集構造を変えることで発光色を制御できる可能性も見えてきました。

さらに、ナノ金属酸化物のひとつであるポリオキソメタレートと液晶の結合も実現しました。これについても新たな機能の発現を探索中です。

既存報告より安定的な 液晶性金錯体の合成に成功しました。

続いて私たちは、分子構造を設計し直し、液晶性金錯体の合成を再び試みました。今度は中央の円盤状の分子に五員環を構成するピラゾールを結合させ、ピラゾール配位子をもつ、より大きな円盤状の骨格を設計。その周りに先述と同様、柔らかいアルキル鎖を結合させた金錯体を合成し、アルキル鎖の炭素数を変えて、液晶状態が発現するかを調べました。炭素数が7と8の場合については、すでにモノトロピック（単変性）液晶が発現することが報告されています。そこで私たちは、炭素数5および6の金錯体を合成したところ、モノトロピック液晶よりもさらに安定的な構造をもつエナンチオトロピック（互変性）液晶を発現させることに成功しました。その構造は、中央部の円盤状の分子が規則正しく積み重なって安定的なカラム（円柱）を形成した、カラムナー（柱状）液晶相を示します。一般には、柔軟な構造をもつアルキル鎖を長くすることで液晶相が発現しやすくなると考えられていますが、今回アルキル鎖を短くしたことで、より安定的な新しい液晶を見出したことは、極めて興味深い成果といえます。

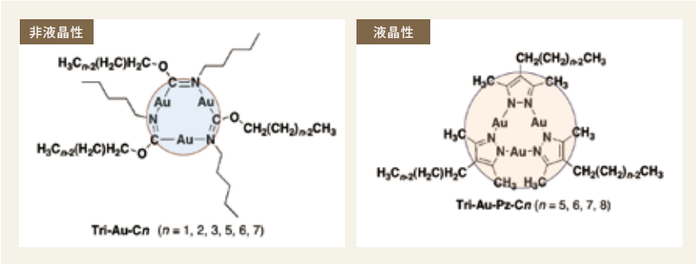
次いで私たちは、炭素数5から8の金錯体について、結晶状態での発光挙動を探りました。350nmの紫外線を照射したところ、いずれの金錯体でも発光が観察されたものの、結晶構造の異なる炭素数5の金錯体のみ、特殊な発光スペクトルを示すことがわかりました。また、冷却経路の異なる二種の結晶相、カラムナー液晶相、等方相の発光挙動を調べた結果、4つの金錯体すべてで発光が認められただけでなく、各相で発光の波長（色）が異なることを確かめました。ここでも凝集状態の違いによって発光の色をコントロールできる可能性を見出したわけです。

今後は、電場や磁場をかけるなど、違った外場で発光挙動を制御できるかを調べること、また、より短いアルキル鎖でも液晶相を発現するかを確かめることなどが課題です。

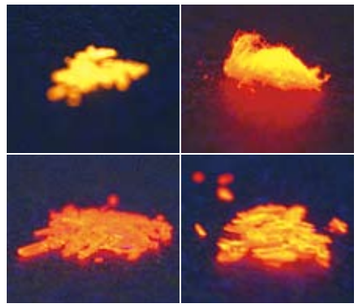
以上の結果が示唆するのは、私たちの創製するハイブリッド微粒子が種々の発光材料やデバイス、EL材料の開発へと発展させていく未来です。たとえば、現在EL材料として開発されているイリジウムなどのレアメタルを含む錯体にこの金錯体がとって替われば、産業界に新たなインパクトを与えることになるかもしれません。

堤　治　准教授
Osamu Tsutsumi

開発した三核金錯体の構造



液晶性三核金錯体のからの発光



●参考文献／**1** "Self-Organization of Gold Nanoparticles Coated with a Monolayer of Azobenzene Liquid Crystals", Mol. Cryst. Liq. Cryst., in press.　**2** "Synthesis, Photoisomerization Behavior and Liquid–Crystalline Properties of Azobenzenes Attached on the Surface of Gold Nanoparticles", Proc. SPIE, 7050, 70500D1-70500D9 (2008).
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）堤研究室　電話：（外線）077-561-5966
HP：http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/achem/tsutsumi/Tsutsumi_Group/Home.html

Project Theme　元素資源を基礎とした機能性ソフトマテリアルの創製

有機合成を駆使して機能性ソフトマテリアル創　製をめざす

化学刺激応答性π共役系分子を合成しました。

有機合成によって、炭素原子を基軸にさまざまな元素を用いて機能性物質を人工的につくりだし、元素資源の価値を高めることが可能です。私たちのプロジェクトでは、有機合成を駆使して既存にない骨格を持つ分子や集合体を構築し、新たな物性を発現する機能性材料を創り出すことを目標としています。なかでも、有機材料は無機材料に比べて高い柔軟性を有する点を利用し、有機低分子を基盤とし、多様な用途に活用できる可能性を秘めた**ソフトマテリアル**（注1）（超分子ゲルや液晶など）の創製に焦点を当て、研究を進めています。

これまで私たちは、新規骨格を有するπ共役系分子に注目してきました。一般にπ共役系分子は平面状構造であるため、ユニークな電子的・光学的物性を示し、さらに積層しやすいという性質も持っています。そのため適切な分子設計・合成によって、既存システムを凌駕する物性や機能性の付与が可能な高いポテンシャルを有しています。

私たちは、クロロフィルやヘムなどの生体色素分子の構成ユニットであるピロール環が、種々のイオンと相互作用する特徴に着目し、複数のピロール環から構成される非環状型π共役系分子の合成に成功しました。このπ共役系分子に、金属イオンやアニオン（陰イオン）など「接着剤」の役割を果たすイオン種と相互作用させることで、イオン架橋型ポリマーや、イオン駆動型らせん構造など、さまざまな集合体構造の形成を実現しました。鍵となる分子素子の一つとして、2個のピロール環を含ホウ素複素環で架橋した非環状型π共役系分子（アニオンレセプター）を合成し、効果的にアニオンと会合する（認識する）能力を有することを見出しました。すなわち、アニオン会合によって集積体の構成ユニットとなりうるレセプター –アニオン平面状会合体が形成され、さらに電子・光物性の自在な制御が可能であることが示されました。またアニオンレセプターの平面性＝積層しやすいという性質を利用し、周辺に適切な置換基を配置することで超分子ゲルの形成に成功しました。高分子からなる通常のゲルとは異なり、超分子ゲルは、分子間での相互作用によって形成されるファイバー状組織体が溶媒を取り込んで凝固状態を形成するものです。われわれの創製した超分子ゲルはアニオンレセプターから形成されているため、アニオンを添加するとそれに応答し、ゲルから無秩序な溶液状態に転移することも明らかにしました。このとき、アニオンに付随する「対カチオン」の形状が転移現象に大きな影響を与えることに気づきました。

電荷積層型集合体の創製に成功しました。

無機塩と対照的に、有機電荷種（イオン）から構成される塩（有機塩）は、たとえばイオン液体は次元性を有さず、反応溶媒などに汎用されています。一方、イオン性液晶は分子配列の次元異方性を有していますが、これまでの報告例では、カチオン（陽イオン）またはアニオンの一方のみを配列構造の構成ユニットとして利用しており、その対イオンの位置を規則的に配置することは不可能でした。

私たちのグループでは有機電荷種の形状に注目し、レセプター –アニオン平面状会合体を基盤とした規則配列構造の形成に焦点を当てました。アニオンレセプターからなる超分子ゲルがアニオン会合によって溶液（単分散状態）へと変化する事実をふまえ、このときに用いるアニオンの対イオンとして、立体型カチオン（テトラアルキルアンモニウム）の代わりに平面状カチオンを導入することによって、安定な交互配列構造が形成できるのではないかと考えました。すなわち、プラスとマイナスの電荷を持つ2種類の平らなディスクを交互に重ね、ナノスケールのカラム構造の構築をめざしたのです。

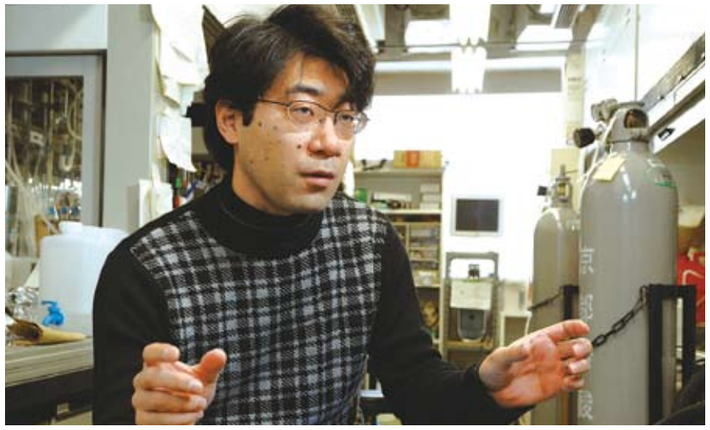
この研究の背景には、過剰電子に起因する高い反応性のため、平面状アニオン種を得るのは容易ではない、という事実にあります。私たちの創製したレセプター –アニオン平面状会合体は、そういった問題を解決する素材として非常に適していました。実際に対となる平面状カチオンを適切に選択することによって、立体的構造要因および静電的要因を基盤として、平面状電荷種（カチオン・アニオン）が交互に配列した構造を形成することに成功しました。私たちはこの交互配列構造を「電荷積層型集合体」として、新たな組織構造形成の有効な戦略、また既存にない概念として捉え、提唱しています。

新たな機能を持つソフトマテリアル創製を目指します。

電荷積層型集合体の形成は、結晶状態だけでなく、超分子ゲルや液晶などのソフトマテリアルにおいても観測されました。超分子ゲルでは、サブマイクロメータースケールの径を有するファイバー状組織体が絡み合って溶媒を取り込んでいることが、走査型電子顕微鏡や原子間力顕微鏡によって明らかとなりました。また、乾燥状態のゲルを一度融解・冷却することによって液晶状態へと転移できることを見出しました。大型放射光施設SPring-8におけるX線回折を用いた構造解析によって、ゲルおよび液晶において、3または4個の電荷積層型集合体が1つの円盤状ユニットを構成し、それらが六方状カラム構造を形成することを明らかにしました。とくに放射光X線を利用して7.3–7.4 Åに対応するカラム積層方向の反射が観測されたことは、電荷積層型集合体形成を強く示唆しました。

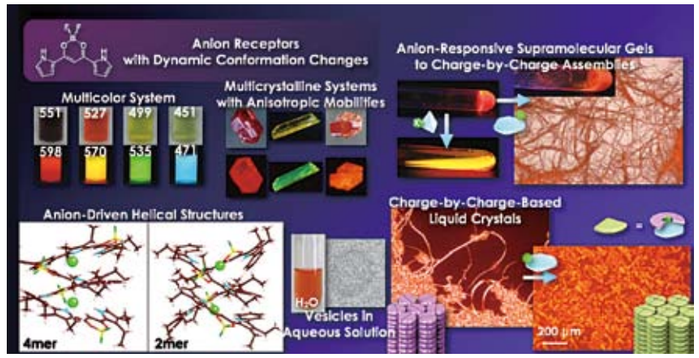
電荷積層型集合体からなる液晶において、冷却過程を調整することにより、基板に対するカラム構造の垂直配向を偏光顕微鏡によって観測しました。また、予備的知見ですが、電場に応答して液晶のカラム構造が垂直配向する可能性が示されるなど、電荷種の交互積層構造に起因する特徴が観測されています。

有機合成を駆使して得られるレセプター骨格だけでなく、アニオンやカチオンを選択することによって、多様な組み合わせの電荷積層型集合体を得ることが可能です。さらに、電荷種間に作用する引力だけでなく、斥力も利用した集合体形成を念頭におき、これまでにない電子・光物性を発現する新たなソフトマテリアル形成に挑戦し、社会還元の一助になればと考えています。



前田大光 准教授

Hiromitsu Maeda



ピロール環を基盤としたアニオン応答性π共役系分子からの展開（溶液・固体における電子・光物性変調、アニオン駆動型らせん構造、両親媒性分子による溶媒駆動型集合体形成、アニオン応答性超分子ゲルおよびサーモトロピック液晶から電荷積層型集合体の創製）

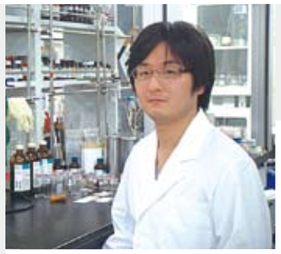
（注1）**ソフトマテリアル** … 高分子・ゲル・ゴム・エラストマー・コロイド・ミセル・液晶・生体高分子（たんぱく質、糖質、DNA）、粘土などの柔かい材料の総称

● 参 考 文 献 ／ **1** "Acyclic Oligopyrrolic Anion Receptors" in Anion Complexation in Supramolecular Chemistry, Topics in Heterocyclic Chemistry (P. A. Gale, W. Dehaen, Eds.), Springer-Verlag: Berlin, 24, 103–144 (2010).　**2**"Oriented Salts: Dimension-Controlled Charge-by-Charge Assemblies from Planar Receptor–Anion Complexes" Angew. Chem., Int. Ed., in press (DOI: 10.1002/anie.201006356; Selected as a "Hot Paper").　**3** "From Helix to Macrocycle: Anion-Driven Conformation Control of π-Conjugated Acyclic Oligopyrroles" Chem. Eur. J., in press (DOI: 10.1002/chem.201002748).

●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）前田研究室　電話：（外線）077-561-5969　HP：http://www.ritsumei.ac.jp/pharmacy/maeda/

R-GIROの若手研究者紹介

R-GIROに所属している若手研究者に、今後の抱負を語っていただきました。



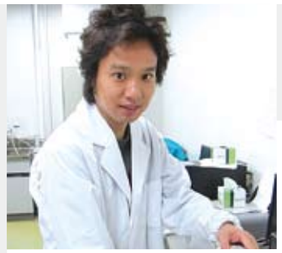
01 森本功治

Koji Morimoto

所属	薬学部 薬学科 北研究室 ポストドクトラルフェロー
研究テーマ	レアメタルを用いないクロスカップリング反応の開発とビアリール類の合成研究
研究分野	有機化学
キーワード	超原子価ヨウ素反応剤、クロスカップリング

今後の抱負

そのままでは反応しない有機化合物中の、炭素と炭素を触媒を用いてつなげる手法はクロスカップリング反応と呼ばれ、日本で生まれた化学分野の革新的技術と評価されています。しかし、従来この反応では、メタルやハロゲンといった官能基の導入が予め必要で、さらに高価なレアメタルであるパラジウムやニッケルを触媒として使う事が大きな問題でした。我々は、レアメタルを用いないで本反応を起こさせることに成功しています。現在は本手法を応用展開し、新規構造を持つ有用機能性分子の創生の実現を目指しています。



02 町田慎之介

Shinnosuke Machida

所属	薬学部 薬学科 民秋研究室 ポストドクトラルフェロー
研究テーマ	機能性クロロフィル類の合成と物性
研究分野	有機化学
キーワード	光合成、有機合成化学

今後の抱負

光合成に必須の色素分子であるクロロフィル類は、光を収穫し、得た光エネルギーを電気エネルギーに変換・伝達することや、活性酸素を発生させることができる多機能な有機化合物です。このような機能が着目され、クロロフィルおよびクロロフィル誘導体は、光電池の素子から抗がん剤開発といった多様な用途への応用が期待されています。私は有機合成化学により、クロロフィル分子の改変を行い、クロロフィルが持つ機能を最大限に発揮させること、さらには新しい機能発現に向けた新規クロロフィル分子の創製を行っています。

03 韓 先花

Xian-Hua Han

所属	情報理工学部 メディア情報学科 陳研究室 ポストドクトラルフェロー
研究テーマ	部分空間学習方法を用いた臓器のボリュームモデリング及び医療支援システムの開発
研究分野	メディア情報学
キーワード	パターン認識、画像理解、医用画像解析

今後の抱負

情報化社会において、映像というメディアはますます注目されるようになっています。計算機に人間のような極めて柔軟かつ信頼性の高い画像処理・認識・理解を行わせるためには、人間のような学習能力、適応能力を持たせる必要があります。人間の視覚や脳を工学的に模倣し、柔軟かつ信頼性の高い画像システムを創出することを目指して、医用画像処理や画像解析・パターン認識に関する分野を融合しながら、基礎研究から応用まで幅広い研究テーマを取り上げ、研究を行っていきます。

04 樫山武浩

Takehiro Kashiyama

所属	情報理工学部 情報システム学科 毛利研究室 ポストドクトラルフェロー
研究テーマ	暮らしを支える安全・安心のインビジブル・セキュア・プラットホーム
研究分野	情報工学
キーワード	情報セキュリティ、オペレーティングシステム

今後の抱負

近年、頻発している情報漏洩の原因の多くは、誤操作や管理ミス、紛失といった正当なアクセス権限を持つユーザの過失によるものです。私たちは、これらに起因する情報漏洩を防止するために、コンパイラと連携することで、安全性と柔軟性を両立したアクセス制御を実現するオペレーティングシステム「DF-Salvia」を開発しています。私たちの研究では、ソフトウェアの生成から実行までのライフサイクルを横断的に捉え、情報セキュリティを保証する新たなプラットフォームの形成を目指しています。

Topics

自然科学系

JST研究シーズ探索プログラム 中間報告会が開催されました

2010年10月14日（木）びわこ・くさつキャンパスにて、JST研究シーズ探索プログラム中間報告会「電力の地産地消を目指した自律分散型スマートグリッド実現の為の人口知能による電力取引機構の研究」が開催されました。R-GIROエネルギー研究拠点リーダー 理工学部 高倉秀行教授のご挨拶で始まり、立命館大学におけるスマートグリッド研究の一環として、情報理工学部 谷口忠大助教授を中心にJSTの研究シーズ探索プログラムにおける進捗が報告されました。

R-GIRO水・環境研究拠点 シンポジウムが開催されました

2010年10月15日（金）、びわこ・くさつキャンパスにて、R-GIRO水・環境研究拠点シンポジウム「持続可能社会の水・循環技術と立命館大学」が開催されました。今年度より定期的に各研究拠点別にシンポジウムを開催しておりますが、第3回目となります今回は、基調講演に副総長／政策科学部 モンテ・カセム教授、企業活動紹介のご講演者に荏原エンジニアリングサービス株式会社 常務執行役員 岩泉孝司様をお迎えし、今後の水資源の課題について具体化への進展が望まれる企画として大盛況のうちに幕を閉じました。

R-GIRO食料研究拠点 シンポジウムが開催されました

2010年12月3日（金）、びわこ・くさつキャンパスにて、R-GIRO食料研究拠点シンポジウム「食料輸出立国を目指した先進アグリ技術と立命館大学」が開催されました。基調講演にキャノングローバル戦略研究所 研究主幹 山下一仁様、企業活動紹介のご講演では農事組合法人伊賀の里モクモク手づくりファーム 専務理事の吉田修様、および各方面から大勢の参加者をお迎えすることができ、今後の学内外の幅広い連携と研究拠点形成の成功を予感させるシンポジウムとなりました。

人文社会科学系

公開シンポジウム「新しい平和学のパラダイム構築を目指して」が開催されました

2010年11月5日（金）、6日（土）、衣笠キャンパスにて、R-GIRO研究プログラム「新しい平和学に向けた学際的研究拠点の形成：ポスト紛争地域における和解志向ガバナンスと持続可能な平和構築の研究」（プロジェクトリーダー：国際関係研究科 教授 本名 純）の公開シンポジウム『新しい平和学のパラダイム構築を目指して：ポスト紛争国と民主化移行国における治安部門改革（Security Sector Reform：SSR）と国際協力の展望』が開催されました。2日間にわたり、研究者、学生など各方面から大勢のご参加をいただき、「治安と和解：市民社会の視点から」、「日本のSSR支援の実践としての警察協力」など4つのセッションが行なわれ、SSRの重要性やそれに関わる国際協力の在り方などについて活発な議論が交わされました。2日間の議論で得られた知見は、今後の同プログラムにおける研究推進に大いに活かされていきます。

国際学術会議「アジア・アスベスト問題・国際学術会議」が開催されました

2010年12月4日（土）、5日（日）、国立京都国際会館にて、R-GIRO研究プログラム「アスベスト被害と救済・保証・予防制度の政策科学」（プロジェクトリーダー：政策科学部 教授 森 裕之）に関する国際学術会議「アジア・アスベスト問題 国際学術会議」が開催されました。2日間にわたり、多数の方にご参加いただき、「医学・疫学的アプローチ」「社会科学的アプローチ」「総合討論」の3つのセッションにおいて出席者の間で活発な議論が交わされました。これはアジアで最初の本格的な学際的アスベスト研究の会合であり、アジアにおけるアスベスト問題の学際的・学術的研究ネットワークを今後も維持・拡充していくことが確認されました。会議の最後には、韓国の研究者から第2回目の会議を釜山で開催するという宣言が行われ、本学術会議がアジアのアスベスト災害に関する初めての国際的研究グループの立ち上げの役割を果たすことになりました。