

Topics

立命館グローバル・イノベーション研究機構 (R-GIRO) の段桂芳ポストドクトラルフェローと情報理工学部の陳延偉教授の研究グループが国際学会ICPR2012で最優秀学術論文賞を受賞

11月11日(日)から15日(木)に、つくば国際会議場で行われた世界最大のパターン認識に関する国際学会ICPR2012 (International Conference on Pattern Recognition 2012)において、R-GIROの段桂芳ポストドクトラルフェローと情報理工学部陳延偉教授の研究グループが最優秀学術論文賞を受賞しました。最優秀論文賞は、世界各国から寄せられた投稿論文の内、受理された942件の論文を5分野に分けて研究発表を行い、高い研究成果と発展性のある論文(各分野1つ)に送られます。段桂芳ポストドクトラルフェローらの論文では、多重線形代数の枠組で近年注目されているSparse Coding法を発展させた多次元信号解析にも適用できる新たな手法Tensor Sparse Coding法を理論的に提案し、その有効性を示しました。今後、医用ボリューム画像などへの解析への適用が期待でき、その新規性と理論的な貢献が評価されました。



Event Guide

合同国際シンポジウム “6th International Symposium on Nano Structures”,
“2013 International Workshop on Functionalization and Applications of Soft/Hard Materials (Soft/Hard 2013)”

- 日時 2013年3月3日(日)～5日(火) 9:00～17:00 ※3日はレセプションのみ
- 会場 立命館大学びわこ・くさつキャンパス ローム記念館
- 主催 立命館グローバル・イノベーション研究機構 R-GIRO 研究プログラム「自然共生型機械材料システム創成プロジェクト」(代表:理工学部教授 鮎山恵)、
「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」(代表:生命科学部准教授 堤治)、
文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「ソフト・ハード融合材料の階層的構造制御による新材料の創発」
- 共催 Zoz GmbH社(ドイツ)

持続可能な環境調和型社会を創ることが急がれ、現在、材料・資源、エネルギー、環境、生命科学、情報、など様々な分野からの取り組みが進められています。中でも、材料・資源はあらゆる分野の根幹となる分野であり、極めて重要な研究領域です。そのような背景のもと、欧米・アジア・オセアニアの 世界各国から大学・研究機関や企業からの研究者・技術者が集まり、情報交換を行うことを目的に本シンポジウムを開催してきました。2008年から毎年、日独交互に開催され、6回目となる今回は、特にソフト・ハードマテリアルに焦点を当て、分子・結晶格子レベルからの材料デザインによる高機能な無機・有機新材料の創成と国際産学連携の推進を目指しています。

立命館グローバル・イノベーション研究機構 (R-GIRO)
エネルギー研究拠点シンポジウム「高効率薄膜太陽電池の未来と立命館大学(仮)」

- 日時 2013年4月26日(金) 13:30～17:15 (交流会17:25～18:30)
- 主催 立命館グローバル・イノベーション研究機構 (R-GIRO)
- 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
- 参加費 無料 (交流会2,000円)

拠点形成型R-GIRO研究プログラム「太陽光発電マルチスケール研究拠点」では、ナノスケールの材料合成から薄膜太陽電池デバイスの高効率化、エネルギーを効率的に利用する社会の仕組みに至るまで、マルチスケールの研究に対して総合大学立命館の特色を活かして一丸となって取り組んでいます。今回のシンポジウムでは、産官学の第一線で活躍されている方々による、太陽電池の現状と将来の展望や今後、開発すべき要素技術などについてのご紹介に続き、太陽電池の普及課題、未来の持続可能エネルギー社会の構築に向けて本拠点が果たすべき役割を議論するパネルディスカッションなどを予定しています。

※イベントの最新情報は、R-GIROホームページでご確認いただけます。 <http://www.ritsumeai.ac.jp/research/r-giro/>

編集後記

R-GIRO研究プログラムでは、ポストドクトラルフェローやリサーチアシスタント、博士課程生といった多くの若手研究者がプロジェクトに参画していますが、彼らの存在が研究成果の創出に不可欠だということを取材する中で日々痛感しています。そこで今号では、以前R-GIROに所属していた若手研究者にスポットを当て、その後のキャリアパスを紹介することになりました。R-GIRO在籍時に出会った人々との縁を大事にして、諦めずに研究を継続したことが現在のポストにつながっているという先輩研究者の言葉に、私たちも初心に立ち返りさらなる研究支援に励みたいと思います。

R-GIRO
Quarterly Report

[立命館グローバル・イノベーション研究機構四季報] vol.12 2013年2月1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)
<http://www.ritsumeai.ac.jp/research/r-giro/>
r-giro@st.ritsumeai.ac.jp

[自然科学系] 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス R-GIRO 事務局
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2655 FAX 077-561-2633
[人文社会科学系] 立命館大学 衣笠キャンパス R-GIRO 事務局
〒603-8577 京都市北区等持院北町 56-1 TEL 075-465-8224 FAX 075-465-8371

R-GIROは、立命館の中核研究組織として2008年に設立された分野横断型の研究組織です。21世紀における地球が直面している諸問題の解決に向け、早急に取り組むべき10の研究領域において「持続可能で豊かな社会」の実現に向けた活動に取り組んでいます。



R-GIROの活動報告

北岡 明佳 教授 [文学部]

建築、医療、交通、環境デザインへと広がる錯視の応用可能性

鮎山 恵 教授 [理工学部]

構造材料のパラダイムを転換する「ナノ・ヘテロ・調和」材料

堤 治 准教授 [生命科学部]

機能性材料開発に革新をもたらす有機・無機ハイブリッドナノ材料

民秋 均 教授 [薬学部]

人工光合成システムの実現に弾みをつけるバクテリオクロロフィルの新発見

R-GIROの若手研究者紹介

松下 戦具 ポストドクトラルフェロー

応用錯視学のフロンティア (代表者: 文学部 教授 北岡明佳)

Sanjay Kumar Vajpai ポストドクトラルフェロー

自然共生型機械材料システム創成プロジェクト (代表者: 理工学部 教授 鮎山 恵)

R-GIRO若手研究者のキャリアパス

山口 智広 工学院大学工学部 情報通信工学科 准教授

Topics・Event Guide

R-GIROの活動報告

特定領域型R-GIRO 研究プログラム(2009年度採択研究プロジェクト)

Project Theme 応用錯視学のフロンティア

建築、医療、交通、環境デザインへと広がる錯視の応用可能性

錯視を利用した眼球運動異常のスクリーニングテストを開発するなど実社会への応用を図っています。

私たちのプロジェクトでは、錯視について基礎研究を重ねるとともに、その成果を実社会に役立てることを目指しています。錯視とは、目にした対象を脳が実際とは違うかたちに認識してしまう視覚性の錯覚のことで、形や色、明るさ、奥行き、補完などが要因となって引き起こされます。現実社会でもさまざまなところで錯視が起こっており、私たちの研究知見は医療や福祉、建築、交通、環境デザインなど多様な領域で応用が可能です。一例を挙げると、プロジェクトでは錯視を利用して特定の眼球運動異常をスクリーニングしたり、あるいは患者がセルフコントロールするための図版を開発しました。

人はクルクルと何度も回転すると、停止した後も眼球が一方に片寄って中央に戻る動きを繰り返します。このように自分の意思とは関係なく眼球が規則的に振れ動く現象を「眼振(nystagmus)」といいます。眼振は通常、三半規管が刺激されたり、抑制された時に起こりますが、時として目や脳、神経系統の疾患が原因で起こる場合があります、その際は早急な発見・治療が必要です。私は眼振によって静止画が動いて見える錯視があることを見出し、これを眼振のスクリーニングやセルフトレーニングに応用することを考えました。神経心理学会のシンポジウムで発表したところ、医療機関の神経内科からも関心が寄せられています。

もう一例として、まぶたの形によってつり目やたれ目に見える錯視につ

いて研究しています。つり目、たれ目といった「目の傾き」は、目尻と目頭を結ぶ線の角度で測定されることが一般的です。しかしプロジェクトメンバーの松下研究員は、まぶたの形状によって錯視的に傾いて知覚されること、またその錯視量を簡便に表せる指標を実験によって明らかにしようと試みました。松下はいくつかの実験を行い、つり目、あるいはたれ目に見える錯視は、まぶたの湾曲の頂点の座標値、特にそのX座標値によってほとんど説明できることを突き止めました。すなわち上まぶたのX座標値が外へ行くほどつり目に見え、下まぶたはその逆であることがわかったのです。また彼は、知覚される角度(錯視の起こっている角度)を実際の目の形状(客観的な座標値)から推定する計算式を作成しました。日本人女性の顔写真43枚の目の座標点を計測し、その式に代入したところ、知覚される角度は一つの顔につき平均±1.7°の錯視を起こしていることが判明しました。目頭と目尻を結ぶ線の客観的な角度は人によってそれほど変わらないため、「目の傾き」における1.7°の差は極めて大きな値です。つり目、あるいはたれ目は、顔の印象に大きな影響を与えます。こうした錯視の存在を突き止めたことで、顔の印象を変える効果的なメイク法を考案するなど実社会への応用も期待されます。

基礎研究において世界に先駆ける成果を次々と挙げ社会への応用の足がかりを築いています。

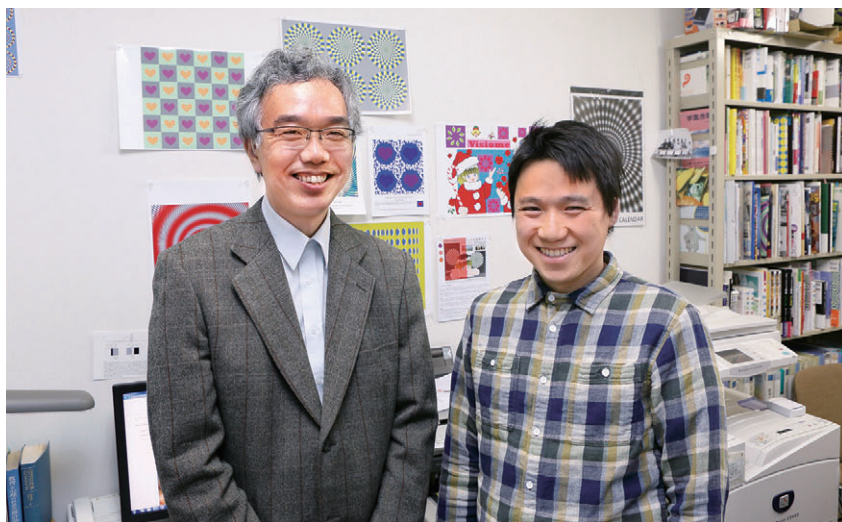
またプロジェクトでは基礎研究としてさまざまな錯視を作成し、その

作用や原因の分析も行っています。フレーザー・ウィルコックス錯視を用いたデザイン作成もその一つです。フレーザー・ウィルコックス錯視は、「静止画が動いて見える錯視」の一種で、特定のパターンに沿って刺激の一部、あるいは全部が動いて見える錯視です。例えば明暗の輝度勾配のある領域を鋸波状に並べてその周辺を見ると、並べたパターンが「暗→明」または「明→暗」の方向に動いて見えるという現象が起こります。私たちが最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視タイプⅢに分類している錯視を利用したデザイン(下図左)は、ヘビが頭の方向に動いて見えます。同様にタイプⅣを利用したデザイン(下図右)は、立体的な円形が回転して見える錯視です。いずれも輝度勾配によって錯視が生み出されます。

フレーザー・ウィルコックス錯視族は運動視の錯視であり、色覚はあまり影響しないと予想されてきましたが、私はそれを覆す新たな錯視を見出しました。「赤いフレーザー・ウィルコックス錯視」と名づけたタイプⅤは、Ⅰ～Ⅳのタイプとは異なり、色相に依存する錯視です。赤を基調としたパターンに青色の変調をかけてパターンを作ると、「紫→明るい紫→明るい赤紫→赤→紫」の方向に動いて見える独特の錯視が出現します。加えてこの錯視は、目を動かした直後やまばたきするといった視覚的なリフレッシュがトリガーとなって、急速に動き、すぐ停止するという特徴を示します。これらの錯視以外にも、新型錯視が次々と発見されています。それらについても発現機序や視覚効果の解明、類型錯視の探索を続けていくつもりです。

美術作品の中の錯視を心理学的な視点で捉える研究にも力を注いでいます。

錯視は、美術の世界でも視覚的效果として数多くの絵画表現に活用されてきました。16世紀の画家アルチンボルトから20世紀のマグリットやエッシャーまで、また伊藤若冲や葛飾北斎といった江戸時代の絵師など、錯視を取り入れた作品やいわゆる「だまし絵」を残した画家は少なくありません。錯視研究においては、こうした錯視にまつわる美術史を心理学史の中に位置づけることも重要だと考えています。例えば、日本におけるトリックアート美術館の先駆けといえる施設に「那須とりつくあーとびあ」があります。館内には設立者の那須和宗自ら制作した名画の模写やトリックアート壁画などが展示されています。「一般の人に見てもらう」ことを重視したこの美術館は、多くの人が楽しんだり、社会に役立つために錯視を自由に活用してほしいと願う本研究の主旨とも共鳴します。こうした美術館の調査を通じて美術における錯視の歴史を心理学的な視点でひも解くだけでなく、研究と社会との接点も探りたいと考えています。一方で企業などと連携した応用研究も進んでいます。今後もそうした社会での展開にいつそう力を注いでいくつもりです。



【写真 左】
立命館大学文学部 教授

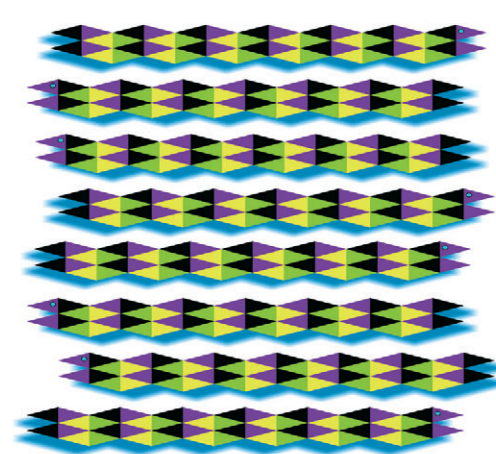
北岡 明佳

プロジェクトリーダー

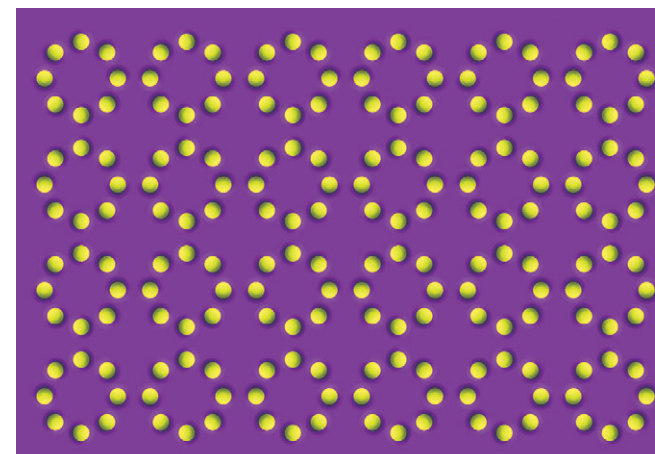
【写真 右】

立命館グローバル・イノベーション研究機構 ポストドクトラルフェロー

松下 戦具



最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視タイプⅢ
影付きのヘビが左右に動いて見える錯視



最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視タイプⅣ
たくさんの錠剤のリングが回転して見える



連載コラム『トリック・アイズ メカニズム』(仮称)の錯視ロゴ

次々号(夏号)より、様々な錯視をご紹介します。錯視が起こるメカニズムを解説していきます。視覚研究の面白さに是非触れてみてください。

- 参考文献／錯視入門、朝倉書店(2010)
- 連絡先／立命館大学 衣笠キャンパス 北岡研究室 電話：075-466-3402 <http://www.psy.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/R-GIRO.html>

R-GIROの活動報告

特定領域型R-GIRO 研究プログラム(2008年度採択研究プロジェクト)

Project Theme 自然共生型機械材料システム創成プロジェクト

構造材料のパラダイムを転換する「ナノ・ヘテロ・調和」材料

「ナノ・ヘテロ・調和」という新しい発想で
強度と延性を兼ね備えた調和組織材料を創製しました。

限られた資源の中で地球の自然環境を保持しながら産業を発展させていく上で、希少元素や有害物質を用いず、かつ高い機能を持つ新しい材料が求められています。こうした要請に応え、世界最先端といわれる日本の構造用材料の開発・製造において今後も先陣を切っていくために、私たちのプロジェクトでは新たな発想で高機能な構造用材料の開発を進めています。

材料の高機能化は従来、いかに「超微細（ナノ）」で「均一・均質」な微細組織を作るかということに重点が置かれてきました。しかしこれには高強度と高延性という二律背反する機能を両立させることができないという限界があります。これに対して私たちは「ナノ・ヘテロ（不均一）・調和」という新しい着想を見出しこの限界を乗り越えることに成功しました。これは、大きさの異なる不均一なナノ微結晶粒を調和的に配置しネットワーク構造を持った調和組織材料を創製するという点に着想を得たものです。

本プロジェクトでは、超強加工（ミリング）粉末冶金法を応用して粒径数十～数百nmという超微細結晶粒で外側のシェル（殻）部分を形成し、内側のコア部分に数 μm ～数十 μm の粗大結晶粒を配置して3次元ネットワーク構造を有する材料を作製しました。そしてこれによって得られた調和組織が高強度と高延性を同時に発現することを実証しました。これまでに純チタン、チタン合金、純鉄、純銅、ステンレス鋼などの金属材料でその

同時発現を確認しています。

調和組織材料は、他の元素を添加せずに高機能化できるため希少元素を必要としない上、リサイクル性に優れる環境に配慮した材料です。また、製造には従来技術を適用できるというメリットもあります。今後、ステントやカテーテルワイヤなどの生体材料、衛星や機体の超軽量高強度材料など、高い機能性が要求される医療・生体、航空・宇宙、環境・エネルギー分野への応用が期待されています。

高強度と高延性が両立する調和組織材料の
変形機構を解明し実用化に向けて前進しました。

調和組織材料の実用化を射程に入れる最近の大きな進展は、高強度と高延性が両立する変形機構を解明したことです。

「微細・均一」な従来の材料は、高強度を持つ反面、延性に乏しく、材料に外から力が加わった時、変形のかかなり早い段階で塑性変形が不安定になって加工硬化能を失い破壊します。つまり、限界以上の力が加わって塑性変形した時、加工硬化することで変形状態が保たれ延性が得られますが、いったん加工硬化能を失えば一気に破壊に至ってしまうのです。

一方、調和組織材料では、外力が加わると変形初期には従来の材料と同じように加工硬化能が急激に低下するものの、その後は、塑性変形が不安定になることなく、一定の加工硬化を維持したまま均一な伸びを示します。こうした大きな延性が得られる理由は、3次元に連結したネットワーク構造の網

目の一つひとつが均等に伸び、全体として形状変化することで塑性変形がどこかに集中するのを避け、均一なひずみ分布を維持できるためだと考えています。すなわち超微細粒（シェル）と粗大粒（コア）のミクロな変形と、これらが連結してネットワークになったマクロな変形の相乗効果によって強度と延性が両立するというわけです。この知見は、粉末冶金分野に限らず、新しい組織制御法の確立にもつながる画期的なものです。現在、計算機シミュレーションによる変形メカニズムの確認を進めています。

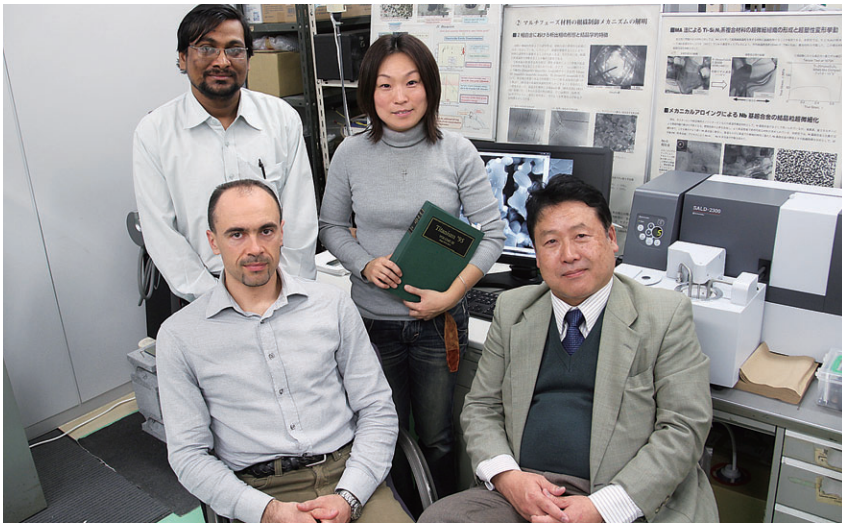
さらに実用化へと近づけるためには、調和組織材料をより小さいサイズで作製する必要があります。実験段階で用いたミリング法では、100 μm 程度の粒子径の粉末でしか調和組織粉末粒子を作ることができません。私たちはガスを高圧噴射して微小な粉末粒子のミリングができる方法を開発し、工業的に製品化が可能な粒子径20 μm 程度の調和組織粉末粒子粒を作ることに成功しました。

セラミックス材料でも高強度と高靱性の両立を実現。
有機材料を融合し、新規材料の「創発」を追求します。

次いで本プロジェクトでは、高強度・高靱性を実現するセラミックス材料の開発を試みています。粒子径数 μm の炭化ケイ素（SiC）の粒子と数十nmのジルコニアのナノ粒子を複合化焼結してネットワーク構造を持つ複合セラミックスを作製し、強度と靱性の両方が高まることを確かめました。現在は各粒子の大きさや割合を変えて、最適な組織の制御法を検討しています。

セラミックスは先端材料としてさまざまな産業分野で重用されていますが、高硬度な反面もろくて壊れやすいという弱点があります。とりわけ内部に局所的な力が集中すると、き裂が発生すると同時に一気にき裂が進んでしまいます。超微細粒と粗大粒が混合した調和組織構造にすれば、外から加わる力を分散して強度を高めることができる上、粗大な粒子がき裂の進展を防ぐためもろさも改善されます。従来は壊れにくくするためにイットリウムを添加したイットリア安定化ジルコニア（YSZ）などが用いられてきましたが、調和組織構造のセラミックス材料なら、希少元素であるイットリウムやジルコニウムを使わずに同じ性能を発現させることが可能です。

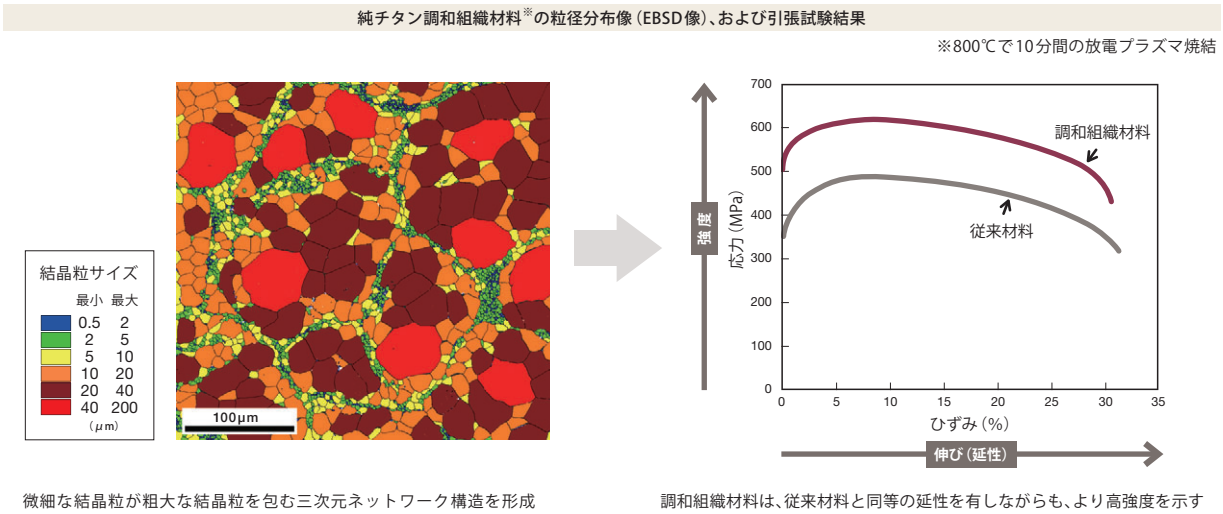
ミクロな微視的構造がマクロに組み合わせることで、調和組織材料は画期的な力学特性を示します。このような、単純な総和にとどまらず、それ以上の性能が現れることを「創発」と呼びますが、私たちはその可能性を追求していこうとしています。調和組織材料は、構造用材料では初めてといえる「創発」材料設計の事例です。私たちは、これをさらに進めて無機材料と有機材料を融合させることを考えています。2012年度より5年計画で文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業に「ソフト・ハード融合材料の階層的構造制御による新材料の創発」プロジェクトが採択されました。結晶粒径をより小さくしていくという発想で進んできた構造用材料開発に、分子サイズからはじまる有機材料開発のある意味で逆の発想を付加することで、これまでの材料をドラスティックに変革するような「創発」を目指していきます。



〔写真 前列右〕
立命館大学理工学部 教授
飴山 恵 プロジェクトリーダー

〔写真 前列左〕
立命館グローバル・イノベーション研究機構 研究員
Dmytro Orlov
〔写真 後列左〕
立命館グローバル・イノベーション研究機構 ポストドクトラルフェロー
Sanjay Kumar Vajpai

〔写真 後列右〕
立命館グローバル・イノベーション研究機構 リサーチアシスタント
太田 美絵



●参考文献／**1** “Creation of Harmonic Structure Materials with Outstanding Mechanical Properties”, Kei Ameyama, Hiroshi Fujiwara, Materials Science Forum, Vols. 706-709(2012), pp.9-16. **2** “Effect of Particle Morphology on Sinterability of SiC-ZrO₂ in Microwave”, Lydia Anggraini and Kei Ameyama, Journal of Nanomaterials, vol. 2012, Article ID 741214 2012, 8pages. doi:10.1155/2012/741214. **3** “New Microstructure Design for Commercially Pure Titanium with Outstanding Mechanical Properties by Mechanical Milling and Hot Roll Sintering”, Tatsuya Sekiguchi, Keita Ono, Hiroshi Fujiwara and Kei Ameyama, J. of Materials Transactions, Vol. 51 (2010), pp.39-45.
●連絡先／立命館大学 びわこ・さつキャンパス 飴山研究室 電話：077-561-2756 <http://www.amelab.se.ritsume.ac.jp/>

R-GIROの活動報告

特定領域型 R-GIRO 研究プログラム(2008年度採択研究プロジェクト)

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

機能性材料開発に革新をもたらす有機・無機ハイブリッドナノ材料

有機物と無機物をハイブリッドにすることで
両方の特性を備えたナノ材料の創製を目指しています。

有機物と無機物を組み合わせることで両方の特性を兼ね備えた多機能材料を作ることができるのではないかと発想のもと、私たちのプロジェクトではナノスケールで有機・無機の複合(ハイブリッド)材料を創製することに挑んでいます。

有機材料として特に着目しているのは液晶です。有機分子には自発的に組織化し、規則構造を構築するという特性があり、液晶は分子の配向状態を光や電場、磁場といった外場からの影響によって容易に制御できるといふ機能を有しています。本プロジェクトでは、こうした液晶の特性を活用して金(Au)をはじめとした無機材料とナノスケールで複合した新しい機能を持つナノ材料の創成を試みてきました。その一つとして、液晶性有機分子と金錯体をハイブリッドにすることにより、高効率で発光し、かつ発光色を制御できるような新しい物質の開発を進めています。

金錯体は、金原子の間で起こる相互作用によって固体のような凝集状態でも強く発光することが知られています。一般に発光性有機化合物は、固体になると発光効率が著しく低下します。もし固体でも強く発光し、かつ発光挙動を制御できれば有望な発光材料になるに違いありません。発光挙動は凝集相中の金原子の配置、つまり錯体の凝集構造に依存するため、凝集構造を自在に変化させる方法を見出せば発光の強さや色を制御する

ことができます。私たちは、金錯体に液晶性を付与することで配向状態を制御し発光挙動を変化させられるのではないかと考え、さまざまな液晶性金錯体を合成してきました。

単一化合物だけで紫・黄・赤の三色の発光に成功し
フルカラー発光材料を開発する可能性を見出しました。

研究では、円盤状の分子形状を持つ液晶性金錯体を合成し、結晶-液晶-液体(等方相)の相転移挙動を観察しました。その結果、炭素5つ(C5)のアルキル基を側鎖に持つ液晶性金錯体は、温度を上げると液晶相が現れるだけでなく、温度の変化によって発光色(発光波長)が著しく変化することを見出しました。

まず結晶相を示す室温(25℃)状態では紫色(波長377nm)に発光しました。次いで温度を上昇(85℃)させると結晶-結晶転移による別の結晶相に転移し、黄色(波長635nm)に発光しました。さらに温度を上げ130℃にまで達すると金錯体は液晶状態になり、発光色は赤色(波長730nm)に変化しました。すなわちC5の液晶性金錯体においては、温度変化に伴う相転移によって可視領域のほぼ全域にわたる発光色を見出すことができたわけです。単一の化合物で紫・黄・赤の三色の光を発現させることができたのは世界でも初めての発見です。また一度赤色発光すると、液晶性金錯体を冷却して液晶状態から脱しても初期の発光色には戻らないことも確かめ

ました。この結果は、液晶性金錯体を発光材料に応用する際に色調のコントロールを容易にする可能性を示します。

一般に有機ELディスプレイは、フルカラーを発現させるためにそれぞれ異なる化合物で三原色を発光させる必要があり、製造に煩雑なプロセスを要します。一方、私たちが合成した液晶性金錯体を応用できれば、単一分子だけでフルカラー発光する材料を作ることも可能になるでしょう。今後は有機ELデバイスなどへの応用の途を探るべく機能評価や発光挙動の評価を進めていくつもりです。

液晶分子は、通常の形状である円盤状の他にも棒状の分子形状があり、分子構造に依存してさまざまな凝集構造を示します。本プロジェクトでは、棒状の分子構造を持つ液晶性金錯体についても検討しました。高分子の側鎖に金錯体を導入して新規の高分子液晶を合成し、その発光挙動を観察したところ、発光スペクトルは可視光領域全体に広がり、白色発光を示すことが明らかになりました。単一化合物だけで白色発光する材料ならフルカラー発光化も容易なため、応用可能性は一挙に広がります。

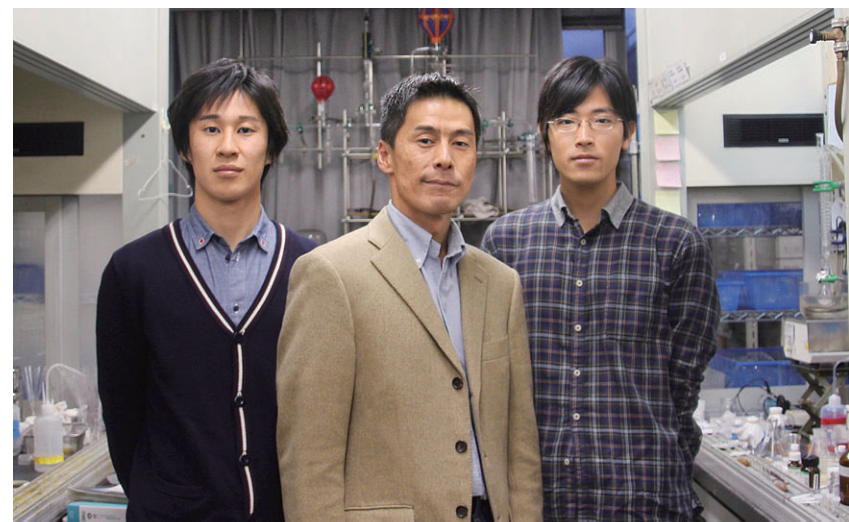
白色発光材料として実用化に近づけるためには、さらなる機能の向上に加え、新規の発光デバイスを創製するまでにはまだ多くのステップを要しますが、有望な素材として産業界からも高い関心が寄せられています。今後、より純粋な白色発光体にするために材料設計や凝集構造の制御について検討していきます。

機能性分子材料研究と機械系構造材料開発領域とが連携し
新規材料の「創発」に着手しています。

これまでに材料研究分野において有機物と無機物は独自に研究・開発が行われてきましたが、両者を組み合わせたハイブリッド材料に対する期待は年々高まっています。この声に応えてさらに発展させるべく新たな連携が始まっています。

2012年度より、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業として「ソフト・ハード融合材料の階層的構造制御による新材料の創発」プロジェクトをスタートさせました。立命館大学の機械系構造材料開発の研究チームと当プロジェクトが連携し、機能性分子材料と構造材料の両面から新しい材料開発にアプローチしていく予定です。両学術領域を融合させた研究はこれまでに例のない極めて画期的な試みです。異色の材料を組み合わせることで、各物質単独では得られないような新しい機能や、何倍、何十倍もの高い性能を持つ材料の「創発」を目指していきます。またハード面での融合だけでなく、これまで接点を持つことのなかった異分野の研究者が異なる発想や視点で相互作用することで、まったく新しい学術分野を「創発」というソフト面での相乗効果も期待できます。

この連携から既存材料のパラダイムを転換させるような革新的な材料を生み出す。それを目標に挑戦を続けていきます。



[写真 中央]
立命館大学生命科学部 准教授

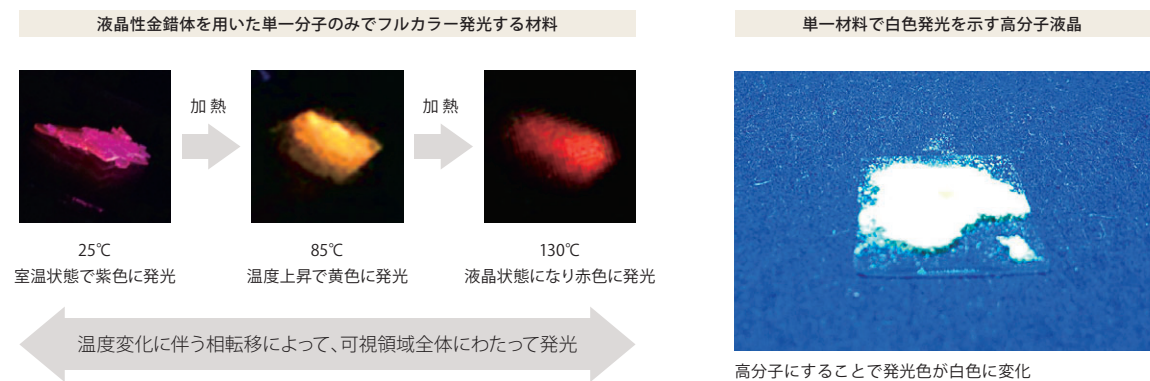
堤 治 プロジェクトリーダー

[写真 左]
立命館大学大学院生命科学研究所 博士課程前期課程

玉井 翔

[写真 右]
立命館大学大学院理工学研究科 博士課程前期課程

田丸 雅一



- 参考文献 / 1 Liquid-Crystalline Behavior and Photoluminescence Properties of Gold(I) Complex with Isocyanide Ligand: Relationship between Aggregation Structure and Properties, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 563, 50-57 (2012). 2 Crystal Structure and Phase Transition Behavior of Dioctadecyldimethylammonium Chloride Monohydrate, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 563, 58-66 (2012). 3 Self-Organization of Gold Nanoparticles Coated with a Monolayer of Azobenzene Liquid Crystals, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 550, 105-111 (2011).
● 連絡先 / 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 堤研究室 <http://www.ritsumeai.ac.jp/lifescience/achem/tsutsumi/> (電話: R-GIRO事務局 077-561-2655)

R-GIROの活動報告

特定領域型 R-GIRO 研究プログラム(2009年度採択研究プロジェクト)

Project Theme 天然テトラピロール分子を基盤とした環境調和型光応答材料の創製

人工光合成システムの実現に弾みをつけるバクテリオクロロフィル*f*の新発見これまで見つからなかった新種のバクテリオクロロフィル*f*を世界で初めて発見しました。

光合成は地球上で最も高い光エネルギー変換効率を有する生化学反応であり、自然界におけるクリーンなエネルギー変換システムの代表と言えます。その化学的なアプローチとして近年注目を集めているのが「人工光合成」です。これを応用し実用化できれば、環境問題やエネルギー問題といった21世紀の人類が抱える課題に一つの解決策を提示することができると期待されています。私たちのプロジェクトでは、光合成の光捕集機能やエネルギー伝達のカメニズムを解明するとともに、その特性を活用して人工光合成システムを構築し新規のエネルギー変換材料やデバイスの創製につなげることを目指しています。

植物の光合成で光を吸収する役割を担っているのはクロロフィル(葉緑素)と呼ばれる色素分子です。中でも光合成細菌が持つクロロフィルであるバクテリオクロロフィル(BChl、細菌型葉緑素)は、嫌気や高温、硫黄雰囲気といったふつうの緑色植物が生きられない極限環境に多く棲息し、興味深い作用を示します。

私たちは、約40年も前にその分子構造が予想されていたが、長く「幻」といわれてきた新種のバクテリオクロロフィル*f*を世界で初めて発見しました。

バクテリオクロロフィルは*a*から*g*までの7種類あり、これまで*f*を除く6種類が確認されています。しかしバクテリオクロロフィル*f*について

は、1975年にバクテリオクロロフィル*e*が発見された時に類縁体としてその存在と分子構造が予想されていたものの、生体からは見つかっていませんでした。

バクテリオクロロフィルを見つけ出すには、自然界から探し出す方法と人為的に変異体を作り出すことによりその存在を確かめる方法の二通りがあります。自然界のバクテリオクロロフィルは極限状態に存在するため、探し出すのは容易ではありません。そこで私たちはもう一つの方法である細菌の変異体を作製し、そこにバクテリオクロロフィル*f*が存在することを確かめました。光合成細菌の変異体を作製するためには遺伝子の改変が必要ですが、これまで成功例はありませんでした。バクテリオクロロフィル*e*を合成する緑色硫黄細菌を用いてメチル化酵素遺伝子を失わせる遺伝子改変に成功したことは、約10年におよぶ私たちの研究の成果です。この遺伝子を用いてバクテリオクロロフィル*f*を合成しその存在を確認するとともに、このバクテリオクロロフィル*f*が光合成に関与していることも証明しました。

この成果はイギリスの科学誌“Nature”の姉妹誌である“Scientific Reports”(2012年9月19日付)にも掲載されました。

バクテリオクロロフィルの機能の解明・応用を通じて産学官が連携した人工光合成システムの創製に寄与します。

今回の発見でバクテリオクロロフィル*a*～*g*までの7種類すべての存

在が明らかになったことは、クロロフィルなどの色素分子の進化過程を明らかにすることに役立つという学術的な意義にとどまらず、太陽光エネルギーをデバイスなどの物質に変換させる人工光合成システムを現実のものとする上でも大きな功績をもたらします。

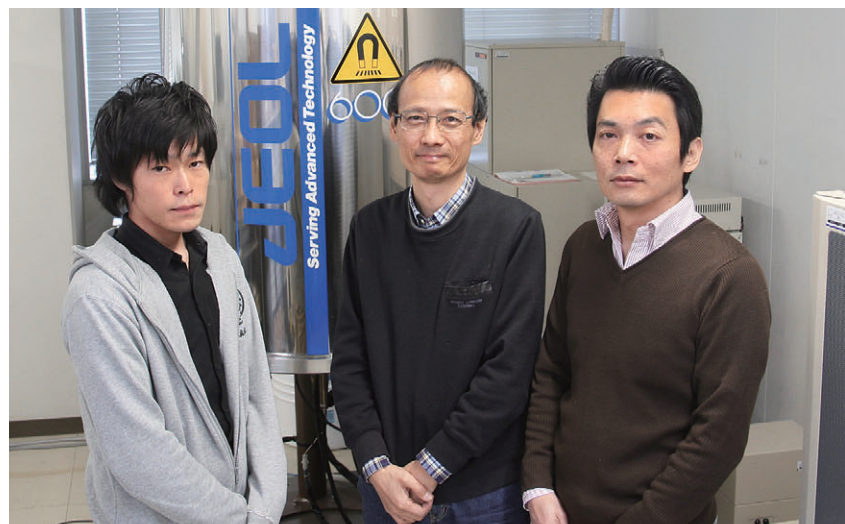
バクテリオクロロフィル*a*～*g*は、それぞれ吸収する光の波長が少しずつ異なります。たとえばバクテリオクロロフィル*c*、*d*、*e*の色素がそれぞれ自発的に組織化した自己会合体は720nm～750nmの近赤外線領域に極大をもつ光を吸収します。さらにバクテリオクロロフィル*f*で巨大な自己会合体を形成させると、吸収する光の波長領域はさらに短い705nmにまで広がることがわかりました。すなわちバクテリオクロロフィル*f*が捕集する光の波長領域をいっそう拡大させたというわけです。この結果は、人工光合成システムや太陽光発電デバイスを構築する際の光エネルギーの利用効率を高める可能性を示したことになります。

次世代エネルギーのひとつとして人工光合成システムを重視する潮流はますます大きくなり、学術界のみならず産業界や国を挙げて研究開発に力を注ぐ動きが加速しています。2012年には、産学官の連携を志向した文部科学省の科学研究費補助金による新学術領域研究「人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合」が採択され、公開シンポジウムやフォーラム「人工光合成」を開催するなど各大学や企業の知見を共有し手を携えて研究しようとする試みが始まっています。私たちもその一翼を担い、人工光合成システムの実現に貢献していきます。

バクテリオクロロフィルを用いたアルコールセンサを開発。応用可能性を多様に広げていきます。

バクテリオクロロフィルは人工光合成以外にも多様な応用可能性を秘めています。そのひとつとして、私たちはバクテリオクロロフィルを利用したセンサの開発を進めています。アミンやアルコールと反応するトリフルオロアセチル基を導入したクロリン誘導体を合成し、アルコールやアミンの有無によって色調が変化するクロロフィル色素を作り出すことに成功しました。まず水溶液中のエタノールの定量検出を実現し、さらには気相でのアルコールの定量検出の検討を進めています。このセンサが実用化できれば、色の変化によってひと目でアルコールの有無を検出できる簡易なアルコール定量機器の開発が可能になります。これはたとえば飲酒運転を摘発する機器への応用などが想定されます。

バクテリオクロロフィルの持つ種々の機能や光合成のメカニズムにはいまだ不明な点が多くあります。それらの解明に努めるとともに、バクテリオクロロフィルをはじめとした光エネルギー変換材料を自然界から探索するなど研究を進め、人工光合成システムの実現に向けてさらに歩を進めていくつもりです。また、生体系アンテナ色素分子のモデル化合物開発の成功によってこのシステムを確立し、新たな光応答デバイスの実用化への足がかりをつかむことを目指していきます。



[写真 中央]
立命館大学薬学部 教授

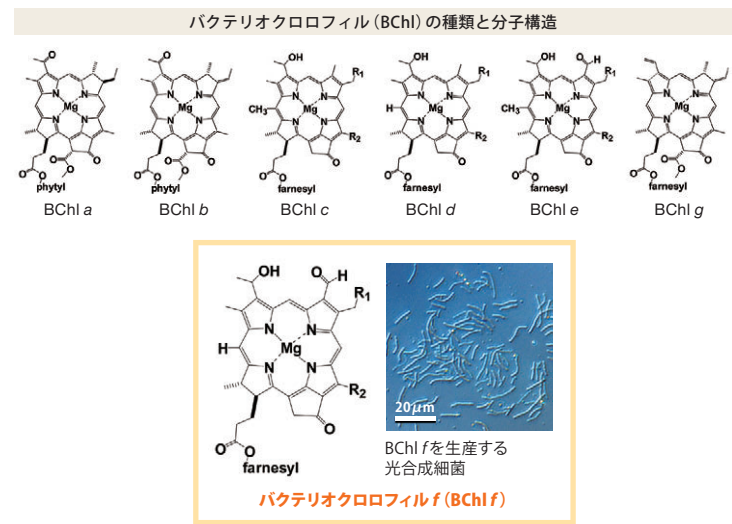
民秋 均 プロジェクトリーダー

[写真 右]
立命館大学 客員教授

溝口 正

[写真 左]
立命館大学大学院生命科学研究所 博士課程後期課程

木下 雄介



- 参考文献／**1** A seventh bacterial chlorophyll driving a large light-harvesting antenna. Scientific Reports, 2, 671 (2012). **2** 緑色硫黄細菌変異体およびバクテリオクロロフィル 特願2012-028919 (PCT出願中) **3** An oxo-bacteriochlorin derivative for long-wavelength fluorescence ratiometric alcohol sensing. Analyst, 135, 2334-2339 (2010).
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 民秋研究室 電話：077-561-2765/4959 <http://www.ritsumei.ac.jp/se/rc/staff/tamiaki/lab.html>

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。



ポストドクトラルフェロー
松下 戦具
Soyogu Matsushita

プロジェクト 応用錯視学のフロンティア
(代表者：文学部 教授 北岡明佳)

研究テーマ 顔知覚における錯視の影響の研究

研究分野 知覚心理学・認知心理学

[今後の抱負・展望]

私たちの視覚には、微妙な長さや明るさなどを強調する仕組みが備わっています。この仕組みは、我々の気づかないうちに常に機能していますが、これがいわゆる目の錯覚(錯視)として現れることもあります。人の顔を見たときにもそのような仕組みが働き、実際よりも目が大きく見えたり、顔が小さく見えたりするかもしれません。私はこれまで人間の視覚および錯視の基礎研究を中心に行ってきましたが、近年は、錯視を積極的に利用することを目指しています。たとえば化粧によって錯視を引き起こし、顔の見え方を操作する方法なども研究しています。錯視の基礎研究を進める時も、実生活に应用される成果を常に意識して進めてゆきたいと考えています。



ポストドクトラルフェロー
Sanjay Kumar Vajpai

プロジェクト 自然共生型機械材料システム創成プロジェクト
(代表者：理工学部 教授 鮎山 恵)

研究テーマ 力学特性に優れたチタン系調和組織材料の開発

研究分野 材料科学

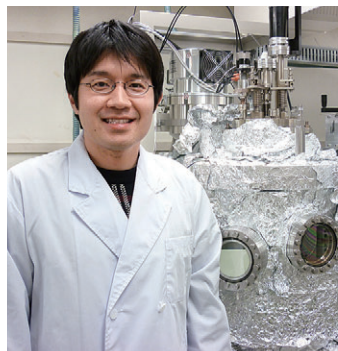
[今後の抱負・展望]

Titanium-based alloys and composites are one of the most promising high temperature structural materials for applications in automotive, nuclear energy, and aerospace sectors. However, these materials exhibit limited ductility at room temperature. Our research is focused on developing Ti-Al-based alloys by incorporating the concept of a unique microstructural design, called "Harmonic Structure", to achieve a good combination of strength and ductility in these materials both at low and high temperature environments. Our approach consists of using traditional Powder Metallurgy techniques, such as Mechanical Milling and Spark-Plasma Sintering, to tailor custom-designed microstructures.

R-GIRO 若手研究者のキャリアパス

R-GIRO に所属していた若手研究者の現在の活躍を紹介します。

message



山口 智広

Tomohiro Yamaguchi

工学院大学工学部
情報通信工学科 准教授

立命館大学理工学部電気系学科の名西・荒木研究室にて勉学研究に励み、2003年9月に博士号を取得。2004年1月からドイツブレーメン大学、立命館大学総合理工学研究機構(現：総合科学技術研究機構)、そしてR-GIROにて、計7年3ヶ月ポストドクトラルフェローとして勤務しました。

R-GIROでは、ヒ素(As)やリン(P)を使わない環境にやさしい可視～赤外域光デバイス製作のための窒化物半導体結晶成長の研究を行い、現在も引き続きその研究を続けるべく研究室の立ち上げを行っています。

長いポストドク生活の間、将来に不安を感じた時期もありましたが、多くの先生方や友人から助言や励ましをいただき、腰を据えてじっくりと研究を行うことができたため、国際学会からの招待講演の依頼を受けるような成果をあげることができ、2011年4

月から工学院大学の准教授に採用されたことにつながっていると思います。

R-GIROポストドク時の様々な経験や出会った方々との繋がりは、私自身の研究や人間力の基盤となり、現在の教育・研究においても活かすことができていると強く感じています。

そして現在、研究室を一から立ち上げていくことの難しさを感じることも多いですが、これまでの学会等で出会った多くの研究者の方からサポートをいただきながら、日々取り組むことができていることにとてもやりがいを感じています。

これからも、ポストドク時の経験と多くの人との出会いを活かしながら、研究でさらなる成果をあげるとともに、若き学生の教育に力を入れていきたいと思っています。

R-GIROでの
所属

[プロジェクト]
窒化物半導体をもちいた環境エレクトロニクスの構築(代表者：R-GIRO教授 青柳克信)
[所属期間]
2010年4月～2011年3月

Topics

立命館イノベーションフェア2012を開催

- 日時 2012年11月29日、30日
- 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
- 主催 立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)、立命館科学技術振興会(ASTER)、立命館大学総合科学技術研究機構、立命館大学理工学研究所

1日目は「異分野結集による新研究プログラムの始動」と題したR-GIRO研究拠点形成シンポジウムが開催されました。今年度採択した拠点形成型R-GIRO研究プログラムの4研究拠点5プロジェクト(人・生き方研究拠点、エネルギー研究拠点、食料研究拠点、先端医療研究拠点)について拠点リーダーによる研究プロジェクト紹介が行われ、熱心に聞き入る参加者の姿が多く見られました。2日目は、東北大学大学院薬学研究科がん化学療法薬学分野教授富岡佳久氏を講師に迎えて、理工学研究所学術講演会「がん治療におけるオミックス研究への期待」を開催し、別会場では、若手研究者による研究発表プレゼンテーションとポスターセッションが行われました。



立命館大学国際地域研究所「途上国研究会」シンポジウムを開催

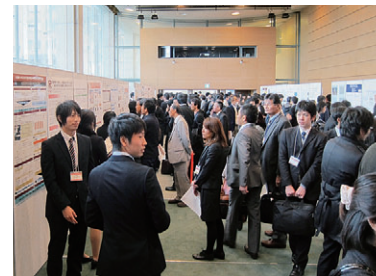
- 日時 2012年12月1日
- 会場 立命館大学衣笠キャンパス 学術館第2研究会室
- 共催 立命館大学国際地域研究所プロジェクト「途上国研究会」、立命館グローバル・イノベーション研究機構 R-GIRO 研究プログラム「新しい平和学に向けた学際的研究拠点の形成」、特定非営利活動法人アジア・アフリカ研究所

当シンポジウムでは、R-GIRO研究プログラムプロジェクトリーダーである立命館大学国際関係学部本名純教授がコメンテーターを務め、「東南アジアのリージョナル・ガヴァナンスとフィリピン」をテーマに、R-GIRO山根健至研究員が「アキノ政権の国内安全保障政策と市民社会：『建設的で批判的な関与』の可能性と課題」と題した報告を行いました。他に、神戸大学、法政大学から参加した研究者が、それぞれフィリピンの労働レジームや地方分権など同テーマに関わる研究報告を行いました。その後、3名のコメンテーターやフロア参加者を含めて活発な議論が行われましたが、他大学からの参加者が多く、R-GIRO研究プログラムの成果発信という観点から非常に有意義なシンポジウムとなりました。

第25回日本トレーニング科学会大会「次世代のトレーニングを考える～トレーニングの過去・現在・未来～」を開催

- 日時 2012年12月1日、2日
- 会場 立命館大学びわこ・くさつキャンパス ラルカディア、エボック立命21
- 主催 日本トレーニング科学会
- 後援 立命館大学スポーツ健康科学部、立命館大学スポーツ健康科学会、立命館大学総合科学技術研究機構スポーツ健康科学研究センター、立命館グローバル・イノベーション研究機構 R-GIRO 研究プログラム「統合型スポーツ健康イノベーション研究」

当大会はR-GIRO研究プログラムのプロジェクトリーダーである立命館大学スポーツ健康科学部の伊坂忠夫教授が会頭を務め、1日、2日の2日間にわたり開催されました。前日のプレカンファレンスに始まり、『「次世代のトレーニングを考える～トレーニングにおける温故知新～」と題した基調講演、「低酸素環境を利用した新たなトレーニング戦略ー競技力向上から生活習慣病予防までー」および「生体とのやりとりを進化させる技術を考える」と題したシンポジウム、座談会、160題を超えるポスター発表などが開催され、過去開催で最大規模となる約350名にご参加いただき盛況のうちに幕を閉じました。



第2回構造用材料国際産学連携・日中ワークショップを開催

- 日時 2012年12月9日
- 会場 立命館大学びわこ・くさつキャンパス エボック立命21
- 主催 立命館グローバル・イノベーション研究機構 R-GIRO 研究プログラム「自然共生型機械材料システム創成プロジェクト」

当ワークショップは、R-GIRO研究プログラムのプロジェクトリーダーである立命館大学理工学部の鮎山恵教授が企画し開催しています。材料科学・産学連携、異分野交流、若手育成をキーワードとして開催され、プロジェクトメンバー2名を含む日中双方の研究者計11名による、構造用材料の最新の研究発表や意見交換が行われました。

人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合第1回公開シンポジウムおよび第2回フォーラム「人工光合成」を同時開催

- 日時 2012年12月17日、18日
- 会場 東京工業大学大岡山キャンパス 東工大蔵前会館1Fくらまえホール
- 主催 文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合」総括班
- 共催 首都大学東京戦略研究センター、東京大学エネルギー工学連携研究センター、東京工業大学環境エネルギー研究機構、東京理科大学総合研究機構エネルギー・環境光触媒研究部門、立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)

17日、18日の2日間にわたり開催されたシンポジウムでは、「光合成を模倣した2段階励起型光触媒水分解」、「光化学系IIの立体構造から探る光合成水分解の反応機構」と題した招待講演のほか、総括班研究代表の井上晴夫氏(首都大学東京大学院特任教授)による発表をはじめとして多くの人工光合成に関する研究発表が行われ、R-GIRO研究プログラムプロジェクトリーダーである立命館大学薬学部民秋均教授も「クロロフィルを利用した光合成アンテナモデル系の構築」と題した発表を行いました。民秋教授は、総括班の研究分担者および計画班A01研究代表を務めています。

18日午後に行われたフォーラムでは、「日本「再創造」へエネルギー自給国家を目指す」、「太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換ー人工光合成を目指して」と題した基調講演や、「再生可能エネルギー研究開発の現状と課題」と題したパネルディスカッションが行われ、6名のパネリストと参加者による活発な議論が行われました。