

TAGEEN

NEWSLETTER

多元物質科学研究所 ニュースレター

VOL.

3

多元物質科学研究所計測部門教授の栗原和枝です。私は表面力測定という名前の計測研究を、測定装置を自分たちで作成しながら進めています。

自然科学研究の大きな目標は、従来知られていない現象や原理を発見することです。そのようなオリジナリティー（独自性）の高い研究をするに

は、新しい装置を開発して、得意な道具を作ることが必要です。多元物質科学研究所には、自分たちで設計した装置を作るための機械工場があり、新しい道具を作り出しています。

表面力測定では、2つの表面間の相互作用を、バネばかりを用いて、距離をナノメートルレベルで変えながら測ります。相互作用は距離によって変化するので、その起源（プラス・マイナスなどの電荷による、あるいは分子の大きさによるものなど）を解明することや、どの分子（例えば抗原—抗体など）が相互作用するのかを研究するための

有力な道具です。新しい発見はもちろんわくわくした喜びですが、研究成果を世界に論文や国際学会で発表すると戻ってくる世界の

応答、この世界との研究のキャッチボールも研究をする楽しさだと思います。私たちは、同じ方法を用いて、摩擦の研究もしています。摩擦は中学生・高校生でも知っている現象

ですが、実際の機械の中で油（潤滑油）がどう効いて摩擦が低下しているかなど、油の働く仕組みは十分にはわかっていません。しかし、自動車をはじめ暮らしの中には多くの機械が使われているので、摩擦を制御してその効率や信頼性を上げることは、エネルギーの節約という意味でも、経済効果からも大事なことで考えられています。そのため、摩擦現象を解明して省エネルギーを実現するプロジェクト（素材先導プロジェクト、低摩擦領域の研究）

を産業界の人達と進めています。

研究室には工学研究科の化学・バイオ系の学生が在籍して、一緒に研究をしています。私が学生だった1970年代には工学研究科の女子学生は珍しかったのですが、いまでは20%程度が女子学生で、多くが卒業後も企業の研究者・技術者として活躍しています。これからの日本の社会には、男女を問わない活躍が大事ですので、是非、我々の研究分野でも活躍してほしいと思います。研究室や装置の見学をしたい人は、遠慮なく尋ねて下さい。歓迎します。

みなさん、 こんにちは。



多元物質科学研究所
教授
栗原和枝



皆さんが“ガラス工場”と聞いて思い浮かべるのは、赤々と溶けたガラスをパイプの先に巻きつけて、回しながら息を吹き込んでいる様子でしょうか?多元研にあるガラス工場では、そんな光景は見られません。

多元研ガラス工場は、研究室で実験に使用される理化学用ガラス器具や装置を製作しています。研究者と私たち技術者が設計の段階から十分に話し合い、研究の目的に最適なガラス器具を創り上げていきます。ガラス管・棒・板等の材料を火加工や切削・研削・研磨などの技術を

駆使しガラス製の実験器具を完成させます。

理化学用ガラスはホウ珪酸ガラスという種類のガラスを主に使用します。加工がしやすく安価で、化学的にも安定です。透明なので中が見えること、さらには電気絶縁材料でもあることから様々な実験に使用されています。高温下での実験や光学分野でも使用される石英ガラスの加工も行っています。近頃は、ガラスやセラミックスの研削加工の依頼が多くなり、要求される寸法精度も厳しいものになっています。(写真1:研削製品写真)

バーナーの炎を巧みに操り複雑な構造をしたガラス器具を作る日もあれば(写真2:バーナー加工写真)、工作機械に向かい地道にガラスを彫る日もあります。研究内容の変化とともに私たちの業務も多様化していきます。研究者の実験を支える多元研オリジナルの実験装置を作るため、機械工場・光器械工場と連携し、日々、技術を高める努力をしています。



どんたんと ガラス工場 の ガラス





有機生命科学部門
生命分子ダイナミクス研究分野

高橋 聡 教授

人間の体には、10万種類のタンパク質が含まれます。これらのタンパク質は、それぞれ別の役割を持ち、ものを食べて、運動し、成長するなど、人間が行うあらゆる活動を支えています。10万種類ものタンパク質が一緒に働くことで担われる生命のイメージに、私はしばしば感動します。そして、タンパク質の特性を、より詳しく知りたいという好奇心に駆られます。

私達の研究室では、タンパク質の特性や機能を理解し、将来において人工タンパク質をデザインすることを目標に、研究を続けています。タンパク質の種類は、自然界全体では $10^{10} \sim 10^{12}$ 種類にもなると見積もられます。ところが、これだけ自由度が高いタンパク質を、人間が独自にデザインすることは大変困難です（実際、これまでにデザインされた新規タンパク質は教えるほどしかありません）。そのため、タンパク質をデザインし、環境に優しい素材や効率の良い触媒として利用したいと思っても、ほとんど失敗してしまうのが現状です。私達は、タンパク質デザインを可能にする突破口を見つけたいと願っています。

タンパク質は、20種類のアミノ酸が特定の順番でつながった高分子です。この高分子は、必ずある形に折り畳まれる（フォールディングする）特性を持っています（図1）。私達は、このフォールディング特性をより深く理解する必要があると考えています。最近、タンパク質を数十マイクロ秒という時間分解能で一分子観察する装置を開発しました（図2）（Oikawa et al., Scientific Reports, 2013）。このようなオリジナルの装置を使い、タンパク質がフォールディングする様子を詳しく調べる研究を進めています。

我々の研究室では、そのほか、発ガン制御因子であるp53や膜タンパク質MsbAの機能を調べる研究や、タンパク質デザインの新手法の開発なども進めています。学生さんは、理学研究科化学専攻や生命科学研究科に所属しており、バックグラウンドに合わせてテーマを選定し、タンパク質の精製、実験装置の開発などに取り組んでいます。ご興味のあるかたは、ぜひ研究室のHPをごらんください。

高橋聡研究室HP: <http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=34>

タンパク質のデザインを目指す!

“一分子観察によるタンパク質のフォールディング研究”

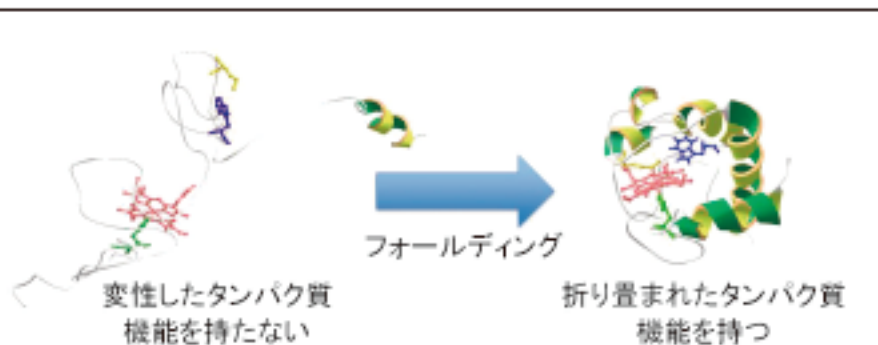


図1:タンパク質のフォールディング

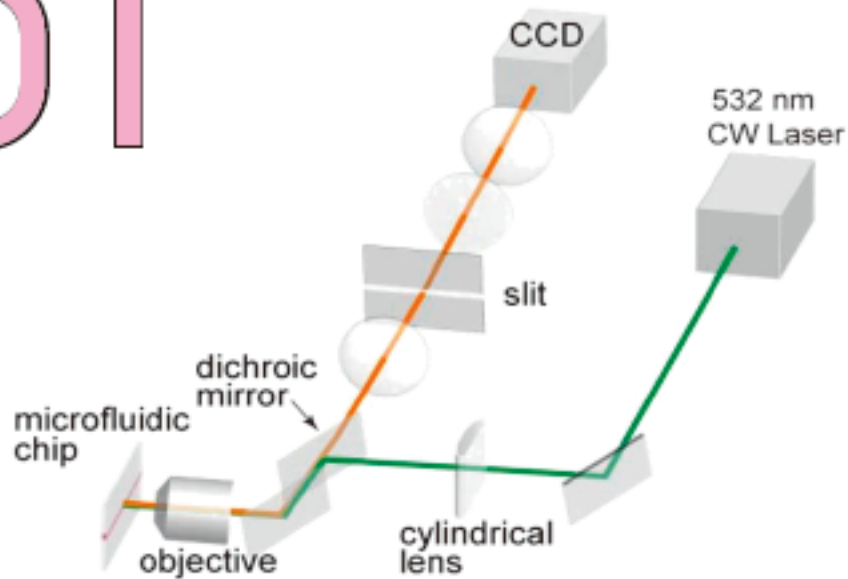
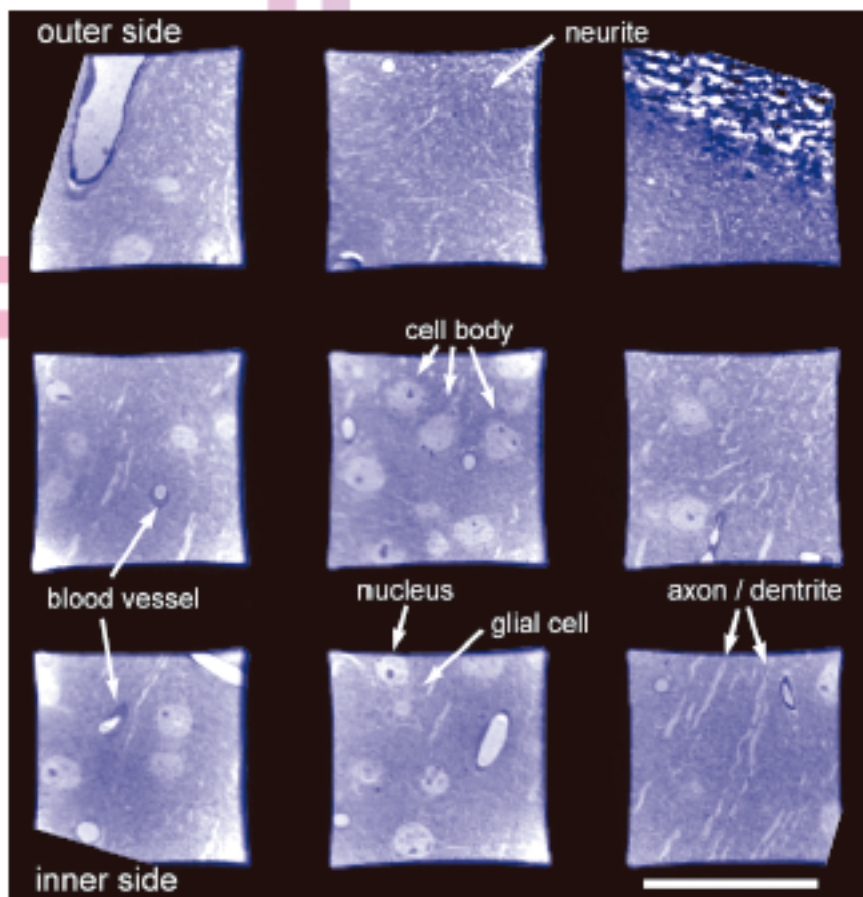


図2:高速一分子運動追跡装置



先端計測開発センター
軟X線顕微鏡研究分野

豊田 光紀 助教



波長が3から30nm程度の光を軟X線と呼びます。人間が感じることができる光（可視光）の波長は400から600nm位ですから、軟X線は人間が目にする光より、波長が1/10程度短い光ということになります。軟X線は、酸素、炭素や珪素といった軽元素との相互作用が大きく、これらの元素が多く含まれる、生体や高分子材料の分析に適した光です。軟X線による分析機器を開発するには、軟X線を思い通りに集光や結像できる光学素子が必要となります。しかし軟X線領域では、物質との大きな相互作用が仇となって、可視域のガラスのような数10mmの厚さでも透明となる物質は存在せず、レンズは使用できません。このため、学術的にも工学的にも重要な魅力的な、軽元素の応答があるにもかかわらず、実用的な光学素子の欠如が、軟X線領域の利用と発展を妨げてきました。

多元研では、先端計測開発センターを中心として、軟X線領域用の光学素子の開発を続けています。レンズが使えない軟X線領域で、光を自在に操るためのキーデバイスが軟X線多層膜ミラーです。軟X線多層膜ミラーは、平滑な平面基板の上に2つの物質を交互に積層した構造で、積層する物質の厚さをナノメートルの精度で精密に制御することで、軟X線をブラッグ反射させ、数10%の高い反射率を得ることが出来ます。軟X線多層膜ミラーは、1976年にSpillerにより波長19nmで3%の直入射反射率が報告されて以来、反射率の向上と適用波長域の拡大をめざし、世界中で開発競争が進められてきました。我々、多元研のグループでは、独自に開発した多層膜の設計理論および作製装置を活用することで、これまで、珪素の窓（波長13nm, Mo/Si多層膜, 反射率80%）、水の窓（波長3nm, Cr/Sc多層膜, 反射率23%）および、炭素の窓（波長4.5nm, Cr/C多層膜, 反射率15%）等の波長域で世

界最高の反射率をもつ実用的な多層膜ミラーの開発に成功しています。

凹面や凸面の形状の曲面基板の上に軟X線多層膜ミラーを作製すると、可視域でのレンズのように軟X線を自在に集光や結像することができるようになります。現在、先端計測開発センターでは、多層膜ミラーを応用した軟X線顕微鏡の開発を進めています。軟X線を使った顕微鏡では、軽元素が色づいて見え、また、使用する光の波長が短いため30nm程度の高い分解能が期待できます。このため、軟X線顕微鏡は、生体や高分子材料などに含まれる微細観察の観察に適しています。左の図は、我々が開発した軟X線顕微鏡でマウス的大脑を観察した例です（試料はレジンをを用いて固定した後、マイクロームを用いて500nm厚に切り出したものです。図中の白線が50μm。）大腦の内側から伸びた軸索が、細胞体を通して樹状突起を伸ばし、その樹状突起が複雑に絡み合っている様子を明瞭に観察することができます。

軟X線顕微鏡は、超精密な構造ゆえとても作製が難しく、我々が開発したものを含めても日本にはまだ数台しかありません。顕微鏡が一般化して、その真価を発揮するために、軟X線多層膜ミラーの作製技術をはじめ、ナノテクノロジーの更なる進歩が必要とされています。産まれたての軟X線顕微鏡を、多元研のアイデアや技術で大きく育てていきたいと思っています。

超精密！軟X線顕微鏡で広がる可能性

“多層膜ミラーで軟X線を自在に操る”

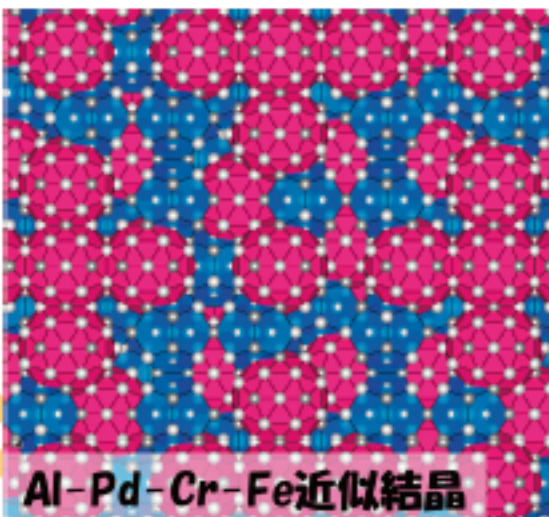
—軟X線ナノイメージングへの挑戦—



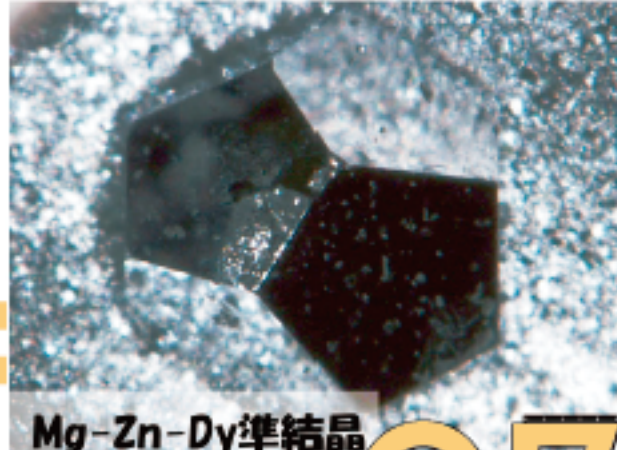
新機能無機物質探索研究センター 金属機能設計研究分野

藤田 伸尚 助教

2011年のノーベル化学賞が「準結晶」の第一発見者であるイスラエル工科大学のシェヒマン教授に授与された、というニュースを覚えているでしょうか。それまではほとんどおたくの世界という印象が強かった準結晶も、ノーベル賞のおかげで多少は認知度が高まってきたようです。しかし、まだ「準結晶って何?」という疑問を抱いている読者は多そうですので、まず「結晶」についての復習から始めたいと思います。通常、一定の構造単位(有限個の原子からなる集合)が繰り返し等間隔で並んだ構造を持つ物質のことを結晶と呼びます。要するに、周期性を持つ固体のことです。また、結晶の多くは回転対称性と呼ばれる性質を持ち、例えば、ある回転軸の周りに360/n度回転したときに原子の並びが回転する前と同一である場合には、n回対称性があると言います。身近な例として六回対称性を持つ雪の結晶(右上回参照)が思い浮かびます。ところで、構造に周期性がある場合には、回転対称性として二、三、四、及び六回対称性のみが許されることが数学的に証明できます。一方、原子が規則正しく並んだ固体物質は結晶以外にあり得ないと信じられて来たため、五角形や八角形といった形態を持つ物質は存在しないだろうというのが長年にわたる常識でした。その常識を覆したのが上記の「準結晶の発見」だったのです。写真(右下)は当研究室で作製されたマグネシウム、亜鉛、及び希土類を含む合金の準結晶の粒子です。明確な正十二面体の外形を持ち、X線や電子線を用いた回折実験から、原子の配列には高度の規則性があることが分かりました。しかし、各面が正五角形であることから明らかなように、この構造は結晶では許されない五回対称性を持っています。このように、何ら



Al-Pd-Cr-Fe近似結晶



Mg-Zn-Dy準結晶

Research Introduction

03

かの規則性を持ちながら周期性を持たない新しいタイプの固体物質を「準結晶」と呼びます。その規則性は「準周期性」という数学上の概念を用いて理解されていますが、準結晶中の原子配列を正確に決定することは容易ではなく、世界中の研究者による研究が継続中です。当研究室でも準結晶の構造の解明が大きな研究テーマになっており、最近の私の研究では、代表的なアルミ基正二十面体準結晶合金が二種類の二十面体対称クラスターによる空間充填構造として理解できることを、近似結晶を用いた構造解析により明らかにしました(左上回参照)。また、当研究室では準結晶関連合金を用いた応用材料の研究、中でも触媒材料への展開を積極的に行っています。

“準結晶”ってなんだろう?

“形に秘められた規則性

~準結晶の構造の謎に迫る”

ICHGEN
JOINT
RESEARCH
PROJECT

新しいレーザー光源が切り拓く 最先端脳科学研究

プロセスシステム工学研究部門
光物質科学研究分野

小澤 祐市 助教

多元物質科学研究所では多様な分野の研究者が集合し、まさに多元的な視点で研究を進めているところに特色があるといえます。また、国内外の様々な研究グループや産業界と合同チームを組んで研究をすることも多くあります。そのような多元研の枠を超えた異分野融合によって得られた最新の成果を紹介します。

今回、東北大学多元物質科学研究所 佐藤俊一教授、東北大学未来科学技術共同研究センター(NICHE) 横山弘之教授、北海道大学電子科学研究所 根本知己教授による共同研究プロジェクトとして、半導体レーザーをベースとした近赤外超短パルスレーザー光源を開発し、この光源を利用した多光子レーザー顕微鏡システムを構築

しました。この顕微鏡システムにより生きたマウス脳の脳表から1.4 mmの深さまでの可視化を実現し、大脳新皮質全層と脳深部にある海馬の神経細胞(CA1領域)を同時に観察することに初めて成功しました。今回の成果では、新しく開発した超短パルスレーザー光が顕微鏡における照明光に対応し、このレーザー光がマウスの脳表から大脳新皮質を越えて脳深部の海馬を直接照らしたことになります(右回参照)。特に海馬は、脳機能の中でも「記憶」を担う重要な部位の一つです。生きたマウス脳の神経細胞をそのままの状態で見ることができ、脳内部での情報伝達の様子や神経活動の解明がより一層進むと期待されます。さらに、本手法は脳だけでなく他の臓器観察

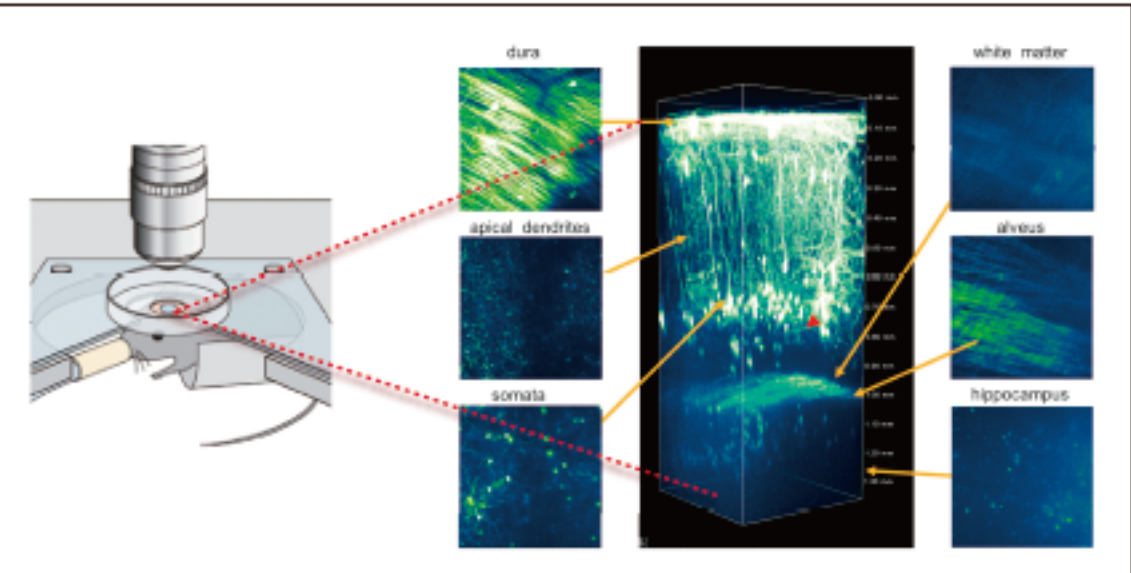


図:顕微鏡ステージに配置されたマウス(左)の大脳新皮質から海馬までのイメージング画像(右) [Kawakami et al.,Sci. Rep. 3(2013) Article1014]

にも広く応用可能であり、そう遠くない将来にはもしかしたら、臨床の現場において今回の成果をベースとした検査システムが稼働していることもあるかもしれません。

このように今回の成果は、レーザー光源技術と脳神経科学といった一見すると分野が全く異なる最先端の研究が結びつくことで、これまでは実

現不可能と思われていたような成果が得られることを示した好例ではないかと思います。この共同研究プロジェクトでは、新しいレーザー光源を用いた超解像・高性能イメージング法を生命科学や材料研究へ応用することを目指しており、今後もさらに驚くような結果を生み出すべく研究を進めています。

教えて先輩

石島研究室 佐川 貴志

もともと私は修士課程までは工学研究科に所属し、青葉山キャンパスで研究に取り組んできました。そんな私が片平に来てから感じた多元研の魅力を、少しでも皆さんに伝えられればと願って本原稿を執筆させて頂きました。

まず多元研に来て、最初に驚いた事は学生1人あたりのスタッフの多さです。研究室によりませんがメンバーの半分ぐらい研究を生業としているプロの研究者です。働き盛りの研究者に囲まれながら、日常的に議論を重ねることができる環境は、エンジニアや研究者を目指す学生にとって大変刺激的です。1つ2つ年上の先輩とは一味違う、5年10年先の目標となるような、人生の先輩たちを追いかけてみませんか?

次に多元研だからこそ味わえる魅力として、異なる研究分野に触れることができる点が挙げられます。私は生命科学研究科に所属しておりますが、多元研内の化学系の研究室に試薬を合成して頂いたり、統計処理について物理系の研究者の方にアドバイスを頂いたり、化学、物理、材料と異なる研究分野の方々に囲まれながら研究に取り組んでおります。

「顕微鏡を使った自分だけの計測システムを開発する」という触れ込みに惹かれて、石島先生の元で研究を初めてから3年が経ちました。思い返してみれば、予想以上に充実した日々を過ごせたのではないかと感じております。皆さんも楽しい研究生活を多元研に探しに来ませんか?





レポート ポイント

横山研究室
佐藤 福馬

皆さんはじめまして。今日は多元研での私の学生生活についてお話したいと思います。

一日の流れ 研究室での一日の流れは授業のある修士1年とほとんどない2年で変わりますが、朝研究室に来て実験結果の確認、実験データの整理や考察、論文検索、学会発表の準備などを行なっています。たまに一日中実験を行なうこともあります。パソコンの前でやる作業も多いです。また、片平キャンパスは街に近いので研究室のメンバーや別の学科の友達などとランチに行ったり、飲みに行ったりすることもよくあります。いろいろなお店を探せるのも多元研の魅力だと思っています。

研究 私は現在、青色発光ダイオードなどに利用される窒化ガリウム単結晶の作製について研究しています。超臨界アンモニアを溶媒として用いる世界でも数箇所で行われていない実験なので上手くいかないことが多いのですが、その分高品質な結晶ができた時の喜びは大きいです。世界最先端の研究に携わることが出来るのが多元研の良さだと思っています。

休日 学部生の頃に比べれば忙しくはなりましたが、365日年中無休で研究をしているわけではないので休日はバイクでのツーリングや釣りなど外に出かけて遊んだり、たまに空手の練習をしたりして過ごしています。

学部生の間はあまり関わる機会がないかもしれませんが、これをきっかけに多元研に興味を持ってもらえると嬉しいです。



空手部メンバー



仲間達と副会長

Event Information

開催日(期間)	行事名	開催場所
平成25年 9月24日	国内客員教授講演会(近藤 尚武 博士)	多元物質科学研究所 事務部棟 2F大会議室
平成25年10月12日-13日	片平まつり	多元物質科学研究所 南総合研究棟II
平成25年11月25日-26日	アライアンス若手研究者講演会	多元物質科学研究所 南総合研究棟II 1F大会議室
平成25年12月 6日	多元研究会	東北大学片平キャンパスさく5ホール
平成25年12月20日	[2013 高分子・ハイブリッド材料研究センター (PhyM) 若手フォーラム]	多元物質科学研究所 南総合研究棟II 1F大会議室

Award

受賞年月日	年齢(身分)	賞の名前
平成25年4月16日	垣花 眞人(教授)	平成25年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)
平成25年4月18日	森戸 春彦(助教)	公益社団法人日本化学会優秀講演賞(学術賞)
平成25年5月30日	佐藤 康平(助教)/寺内 正巳(教授)	Poster prize of Enhanced Data Generated by Electron (EDGE2013)
平成25年6月22日	安達 正芳(助教)	日本結晶成長学会ナノエビ分科会研究奨励賞
平成25年4月18日	田中みゆき(D3)	公益社団法人日本化学会学生講演賞
平成25年6月21日	古田 正樹(D2)	電子情報通信学会 磁気記録・情報ストレージ研究会委員長賞

新任教員の紹介

ようこそ多元研へ

4月から大谷博司先生と稲葉謙次先生が新たに多元研教授として着任されました。このコーナーでは先生方の研究内容や研究への情熱を皆さんにご紹介するため、以下の質問に答えていただきました。

粘り強く勉強を!

無機材料研究部門
計算材料熱力学研究分野
大谷 博司 教授



- A1** 物質の生成エネルギーの第一原理計算や有限温度における自由エネルギーのクラスターによる計算、粒界や積層欠陥の構造・物性、液体やガラス構造の熱力学的性質などを計算する研究を行っています。
- A2** 学生時代は古典熱力学に基づいて、実験を行いながら物質の相平衡を研究していましたが、ここ20年ほどの量子力学に立脚する電子論計算法の目覚ましい発展によって、実験では決して確認できない熱力学的物性値が高い精度で計算できることが明らかになったことから、この手法をこれまでの研究に取り入れられるのではないかと考えたことがきっかけです。
- A3** 観測できない熱力学的物性値を人工的に作り出す最新の計算手段と実験技法を駆使して、磁性体や半導体、Mg合金をはじめとする次世代のマテリアル開発、融体やガラスの物性評価、状態計算など、材料学の様々な新しい問題に挑戦したいと考えています。
- A4** ものごとの結果はすぐに現れるものではありません。たとえ今興味を持てるものを見つけ出すことが出来なくても、粘り強く勉強を続けてほしいと思います。その努力はかならず報われますから。

質問

- Q1.先生のご専門の研究内容を教えてください。
Q2.先生の研究分野に興味を持ったきっかけは何ですか?
Q3.先生のご研究で今後目指していることは何ですか?
Q4.学生に向けてメッセージをお願いします。

「メリハリ」と「チャレンジ精神」を

有機・生命科学研究部門
生体分子構造研究分野
稲葉 謙次 教授



- A1** 今のところ、タンパク質を中心とした構造生物化学を専門としています。特に、細胞が備える巧妙なタンパク質品質管理の仕組みを分子構造レベルで化学の言葉を用いて理解することを目指し、研究しています。
- A2** 元々タンパク質の立体構造形成機構に興味を持っていたのですが、細胞の中にはそのためのとても巧妙な仕組みが存在することが分かってきて、そのメカニズムをもっと掘り下げて理解したいと思いました。若い間は(30歳くらいまでは)、実績を残すことも大切ですが、一方で幾つかテーマや手法を学んでは変えることがとても大切だと考えています。
- A3** 一言で言うと、「構造生物学と細胞生物学の融合」です。確かにタンパク質の立体構造を決める生化学的解析をすれば、その分子機構の詳細が分かった気になります。でも本当に細胞の中でタンパク質がそのとおりに働いているかは分かりません。型にはまった従来の構造生物学ではなく、細胞内での真の生理機能と作用機序の解明を目指した研究を近未来的にはやりたいと思っています。でもまた数年後、今行っている研究が新しい事象と結びつき、新しいサインエスが開始できたらハッピーですね。
- A4** 「メリハリ」と「チャレンジ精神」を大切に、明るく前向きに過ごして欲しいと思います。その中で自分の確固たる目標や夢を見つけ、実現に向け行動あるのみです。縁あって一緒に研究する機会があれば、ピンポイントでやりたいと思います(笑)。

W E L C O M E t o T A G E N I



TAGEN NEWSLETTER vol.3

平成25年9月発行
〒980-8577
仙台市青葉区片平二丁目1番1号
TEL: 022-217-5204(総務課庶務係)
FAX: 022-217-5211
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/>

編集後記

TAGEN 第3号発行しました。本号では各研究分野の研究紹介だけでなく、技術室からガラス工場の活動紹介や、4月から6月に教員となられた先生の紹介記事も掲載させていただきました。本号の原稿作成にご協力いただいた皆様へ深く感謝申し上げます。多元研では、研究活動を潤滑に進めるため、研究員だけでなく、多くの技術者(技術職員)や事務職員の方々のサポートにより成り立っております。多元研の研究内容と合わせて多様な活動を今後も紹介していきたいと思っています。次号発行は2014年2-3月の予定です。

TAGEN ニュースレター WGメンバー
監江 浩志 / 佐藤 康平 / 秋友 重英 / 古澤 健太郎 / 村岡 貴博 / 和田 雄彦