



[巻頭インタビュー]

## 先端材料科学を 加速する 折茂 慎一

東北大学材料科学高等研究所(AIMR)所長

[AIMR in the world]

東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンター  
産学連携を推進する  
プラットフォーム

Thomas Otto

東北大学フラウンホーファー・  
プロジェクトセンター・センター長  
フラウンホーファー-ENAS所長

[連載]

蘇る研究室

谷垣 勝己 東北大学名誉教授

Fresh Eye

g-RIPS-Sendai 2019開催

数学と私

Andreas Dechant

京都大学大学院理学研究科特定研究員

New Staff

小澤 知己 AIMRジュニア主任研究者

GAO Xichan AIMR助教





# 先端材料科学を 加速する



東北大学材料科学高等研究所(AIMR)所長

## 折茂 慎一

2019年10月1日、東北大学材料科学高等研究所(AIMR)第3代所長に折茂慎一教授が就任した。就任半年後に新型コロナウイルス感染症の問題が発生、所長として感染拡大防止を指揮するとともに、「ニューノーマル」を先導する日々を送っている。この難局を乗り越え、「社会と世界につながる先端材料科学」を体現するための取り組みについて聞いた。

### 数学-材料科学連携に基づく学理

AIMRのアイデンティティは、数学-材料科学連携です。この独自の構想は2011年から数学者の小谷元子前所長により強力に推進されました。2018年まで、3つの「ターゲットプロジェクト(数学的力学系に基づく非平衡系材料、トポロジカル機能性材料、離散幾何解析に基づくマルチスケール階層性材料)」を軸にこの連携が実践され、新たに確立した数学的概念を材料科学に適用することにより、それまでは特定できなかった「材料中のランダムネス(不規則性)に隠された構造特性」などを導き出し、世界的にも高く評価される優れた成果を生み出しました。



折茂慎一所長(写真左)と水藤寛副所長(写真右)

### 発展ターゲットプロジェクトの始動と展開

これらの成果に含めた数学-材料科学連携をさらに強化するために、2019年、水藤寛副所長とともに、新たに3つの「発展ターゲットプロジェクト」を始動させました。即ち、1)トポロジカル機能性材料の局所構造制御、2)結合多様性とその時間発展の統合制御、3)自己組織化の高度化と応答制御、です。これらは、従来の静的なランダムネスの研究から「動的な(運動性に関する)ランダムネス」へ展開する、あるいは自己秩序化によって得られた階層構造の「外場に対する反応性・応答性」を解明する、といった意欲的なプロジェクトです。さらに、原子・分子の制御技術にかかわるミクロスケールでの視点と、より大きな構造や性能にかかわるメソ・マクロスケールでの視点とを一気に繋ぐ取り組みも進め、従来にない多彩な物性・機能性を発現する材料創製の研究を加速します。

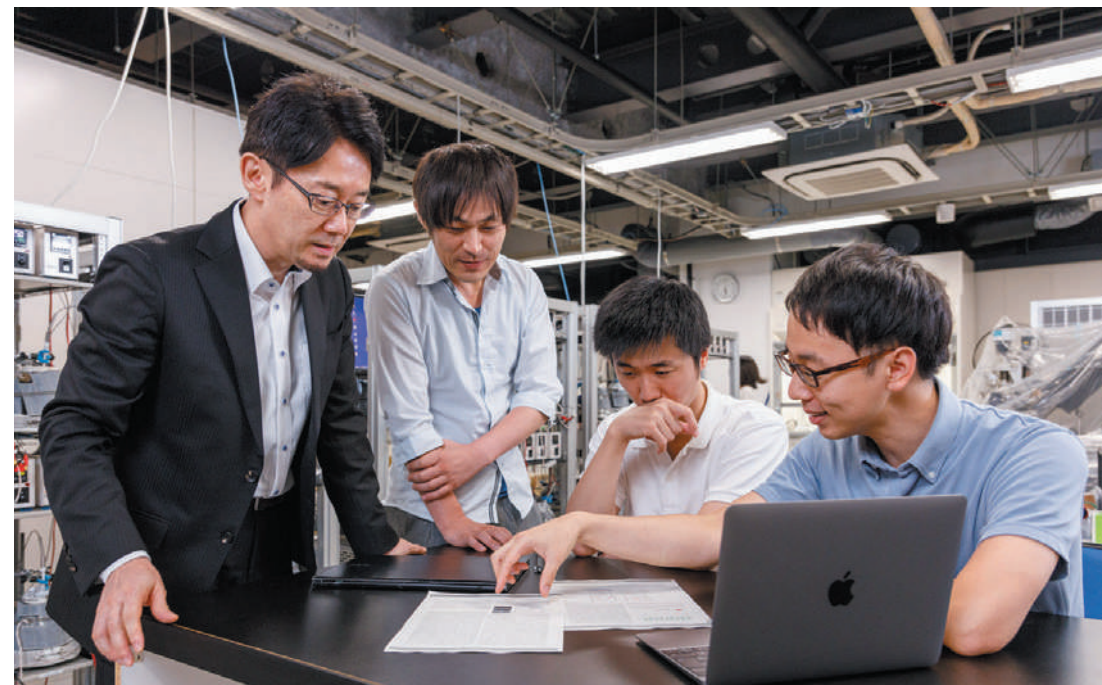
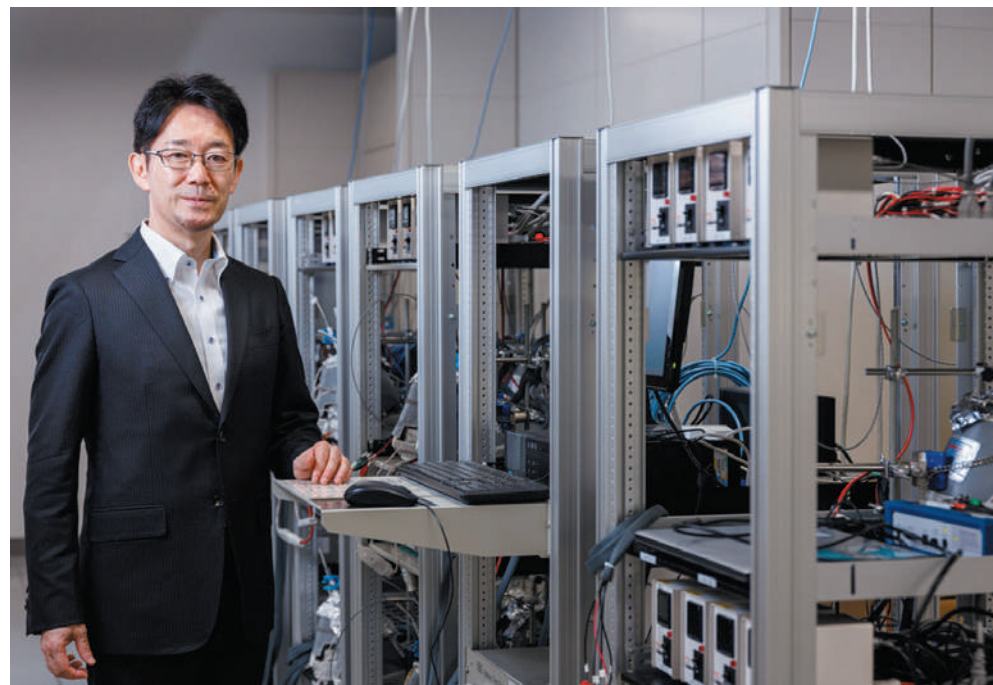
私自身は材料科学を専門としており、高効率でのエネルギー変換・貯蔵・輸送などに適した様々な材料創製と社会実装を目指し、次世代全固体電池に適用可能な高いリチウムイオン伝導性を示す新たな水素化物の創製などを進めています。一般的には、イオン伝導性を理解するために分子動力学計算などが使われています。AIMRでは、数学-材料科学連携により、動的な(すなわちイオン伝導中

の)ランダムネスに隠された構造特性を探る研究により、「材料中のイオン滞留がなぜ生じるか」、「その滞留をどう緩和するか」、「そのうえで材料全体のイオン伝導性をどう高めるか」などの、より本質的な理解を進めます。これによりイオン伝導性を極限まで高めた材料の創製を狙います。このような研究を、2)結合多様性とその時間発展の統合制御の一部として展開しています。

さらにAIMRでは、世界最高の角度分解能を有する光電子分光装置(ARPES)や走査トンネル顕微鏡(STM)、そして東北大学キャンパス内に建設中の次世代放射光施設等の先端計測技術の活用も積極的に推進します。

このように、数学-材料科学連携に加えて先端計測技術も活用して、3つの「発展ターゲットプロジェクト」を通じて、エレクトロニクス、エネルギー、バイオ・メディカルなどの様々な先端材料研究にかかわる学理構築を目指します。もちろん、学理構築にとどまらず、その先の真に社会に貢献する材料創製にも展開します。そのために、産業界との連携強化は今後の最重要課題の一つとなるでしょう。AIMRのアイデンティティである「数学-材料科学連携」は、g-RIPSなどの活動を通じて産業界からも大きな関心を持っていただいています。短期的な成果だけでなく、未来を見据えた基礎科学に基づく材料創製を推進することで、「社会」につながる先端材料科学の研究拠点としての責務を果たしたいと考えます。





### あらためて、3つの「R」

デバイス・システムグループPIとして2013年にAIMRに参加して以来、数学と材料科学に代表される異なる分野の研究者がunder-one-roofで議論を深め、若手研究者からPIに至るまで異なる価値観を共有できることがAIMRの最大の強みと肌で感じてきました。この強みをさらに伸ばすために、あらためて3つの「R(Relief-Research-Recognition)」を重視したいと思います。

まずRelief。安全を優先するのはもちろんのこと、メンタル面も含めた取り組みを重視することで、研究部門・研究支援部門含めてAIMRに関係する多くの皆さんの持つ能力を最大限に発揮してもらいたいと思います。次にResearch。私たちはまさに研究領域の最先端、つまりエッジにいるわけですが、それはある意味で「崖っぷち」にもいることを意味します。この緊張感を持ちつつ、常に切磋琢磨する意識が大切と考えます。そしてRecognition。学内外、そして国内外で、今まで以上に必要とされる研究拠点となるよう意識を持ち続けることも重要です。そのために、国際共同研究の中核となっている英国・ケンブリッジ大学、米国・シカゴ大学、中国・清華大学に設置しているJoint Research Center、

そしてプロジェクト締結をしているドイツ・フ라운ホーファーENAS(エレクトロ・ナノシステム研究所)、さらに今後はフランスやスイスの大学・研究機関との協力関係も深めることで、“世界”につながる先端材料科学の研究拠点として発信力をいっそう強化したいと考えます。

### 難局を乗り越え “社会と世界につながる先端材料科学”を

2020年3月以降、新型コロナウイルス感染症が拡大し、その対応のために研究活動の制限が余儀なくされました。特に若手研究者や修了間近の学生にとって、この状況はたいへん大きな負担になったと思います。そのなかで東北大学は、ポストコロナ時代を見据えた「ニューノーマル」に基づく研究開発を推進し、社会の変革を先導する取り組みを進めることを宣言しました。

問題の長期化が予想されるなか、AIMRにおいても、感染症拡大防止対策に万全を期しながら、数学-材料科学連携を実践する3つの「発展ターゲットプロジェクト」を通じて着実に学理構築と材料創製を進める必要があります。そのためには、AIMRの強みとしての「異分野研究者のunder-one-roofの場」をあらため

て意識するとともに、その強みをいかに発揮するための3つの「R」を重視し続けたいと思います。コロナ禍のもと、「普段とは違った生活の有り様や時間の流れのなかで、今後の研究内容や将来の展望について考える機会が多くあった」との話をよく伺います。WPI研究拠点の基本原則である所長によるトップダウン意思決定の仕組みは維持しつつ、同時にこれら「ニューノーマル」につながる斬新な考え方や意見・提案は広く取り入れたいと考えています。

AIMRに関係する多くの皆さんの協力のもとでこの難局を乗り越え、“社会と世界につながる先端材料科学”を体現したいと思っています。



**折茂 慎一** ORIHIMO Shin-ichi  
1966年広島生まれ。広島大学にて博士(学術)を取得後、1995年から同大学助手、1998～1999年にはフンボルトフェローおよび文科省在外研究員としてドイツ・マックスプランク研究所金属材料研究所に滞在。2002年に本学金属材料研究所助教授(その後准教授)、2009年に教授に就任。2013年より材料科学高等研究所(AIMR)デバイス・システムグループPI、2018年に副所長。この間、本学総長特別補佐、同プロポスト室室員、日本金属学会理事、日本学術振興会産学協力研究委員会委員長などを務める。2019年10月1日からAIMR所長。高エネルギー加速器研究機構客員教授。主な受賞に、日本金属学会功績賞(2011年)、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)(2012年)、Science of Hydrogen & Energy Award(2015年)がある。

- 01 [巻頭]インタビュー  
先端材料科学を加速する  
折茂 慎一  
東北大学材料科学高等研究所(AIMR)所長
- 05 AIMR in the world  
東北大学フ라운ホーファー・プロジェクトセンター  
産学連携を推進するプラットフォーム  
Thomas Otto  
東北大学フ라운ホーファー・プロジェクトセンター・センター長  
フ라운ホーファー ENAS所長

- 07 蘇る研究室  
谷垣 勝己  
東北大学名誉教授

- 09 Fresh Eye  
g-RIPS-Sendai 2019開催

- 12 数学と私  
Andreas Dechant  
京都大学大学院理学研究科特定研究員

- 13 New Staff  
小澤 知己  
AIMRジュニア主任研究者  
GAO Xichan  
AIMR助教

Editor  
西山信行  
Design/Printing  
Hi creative inc.  
produced by  
東北大学 材料科学高等研究所  
広報戦略室

# 3R=Relief-Research-Recognition



東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンター

## 産学連携を推進するプラットフォーム

東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンター・センター長  
フラウンホーファー ENAS(エレクトロ・ナノシステム 研究所) 所長

### Thomas Otto トーマス・オットー

1957年ドイツ生まれ。1987年ケムニッツ工科大学で工学博士号を取得し、同大学で博士研究員として勤務。1997年SENTECH Instruments GmbH(センテック)に開発エンジニアとして入社。その後、フラウンホーファー ENASに入所。2008年に副所長、2016年5月より所長に就任。2018年東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンター・センター長に就任。



フラウンホーファー研究機構は、ドイツ全土に74の研究所・研究ユニットを擁する欧州最大の応用研究機関である。科学専門技術の実用化を目的に活動しており、大学と産業界を結ぶ技術移転に大きく貢献している。フラウンホーファーに代表されるように、ドイツでは大学・研究機関と産業界の連携が高度に組織化されている。東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンターのセンター長、トーマス・オットー教授にNEMS/MEMS技術の現状と未来、産学連携の推進、AIMRとの今後の連携などについて話を聞いた。

#### 日本初のフラウンホーファー・プロジェクトセンター

フラウンホーファーENAS(エレクトロ・ナノシステム研究所)と東北大学は、長年にわたりNEMS(ナノ電気機械システム)とMEMS(マイクロ電気機械システム)のための新素材分野で協力を重ねてきました。この協力関係をさらに強化するため、フラウンホーファーENASと東北大学AIMRは、2012年4月1日に東北大学内に共同戦略研究のための研究開発ユニット「東北大学におけるNEMS/MEMSに関するデバイスおよび製造のためのフラウンホーファー・プロジェクトセンター」を創設しました。以来、両機関の共通の研究開発プラットフォームとなって活動しています。

当センターは日本で初めて設立されたフラウンホーファー・プロジェクトセンターで、設立にあたっては故トーマス・ゲスナー教授(フラウンホーファーENAS前所長、元AIMR主任研究者)と江刺正喜教授(元AIMR主任研究者)に多大なご尽力をいただきました。主にマイクロ・ナノ技術の採用や最新

材料のノウハウの導入を通じてスマートシステム・インテグレーションの分野における調査・開発を進めています。

#### 将来のNEMS/MEMS産業を支える数学-材料科学連携

新興市場では、新素材をはじめとする新しい技術が進出しています。大学、特にAIMRのような卓越した研究拠点で開発されているのが、新技術や新素材に関する基礎知識です。一方、NEMS/MEMS産業ではシステム構築における技術開発が進んでいます。システム自体の機能性を高めることが特に重要視されており、機能性の向上にはシステムの要であるNEMS/MEMSが重要な役割を果たしています。センサーの信頼性だけでなく、正確性や安定性に関しては多くの要件が存在しますが、一つのシステムの中でさまざまなセンサー原理や異なる種類のセンサーを組み合わせることも必要です。新素材、新しい動作原理、新しいアプリケーションを融合すること、さらに低消費電力を実現することが最大の成果となりま

す。全世界で、新しい機能性ナノ材料を用いた電子機器やセンサーにおいて、高いスケラビリティを実現するための画期的な作製法が生まれています。例えば、機械的強度の高さやピエゾ抵抗効果といった単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の優れた固有特性によって、基板材料の感度やフレキシビリティ、さらにインテグレーション・シナリオに突出した全く新しいクラスの小型ひずみセンサーの開発が促進されています。

また、システムの自律性が高まるにつれ、データの処理・保存、人工知能(AI)、システムのスマート性と知能、そしてシステム自体のエネルギー供給に対して求められる要求は高度化しています。特にシステムのスマート性に関しては、数学的手法が不可欠です。このような理由から、材料科学との融合研究において、物理学・化学のみならず、数学との連携を研究所レベルで推進するAIMRの学際的アプローチが大変重要になってきます。こうしたアプローチは、世界的にも新しく、ユニークなものです。

材料科学の研究対象は、CMOS、低電力、多機能、高性能のデバイスにとどまりません。金属ガラス、ナノポーラス材料、新奇な原子層材料など、さまざまな例を挙げることができます。これらを数学的な概念や分析手法に結び付けることによって、新しい材料科学が生まれます。これが、将来的にNEMS/MEMS産業を支えることは間違いありません。

#### 共同イノベーションセンターとしての役割

フラウンホーファーの専門知識が基礎研究から生まれた成果の応用を可能にします。フラウンホーファー型の応用研究は、全世界で成功を収めています。東北大学には、さまざまな研究所が門戸開放の理念を掲げてきた歴史があります。産業界のパートナーに研究施設を開放し、新しい技術、新しい機能システムの商業化に向けて企業との連携を深めてきました。こうした活動には、東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンターの元センター長でもある江刺教授をはじめとする多くの研究者が貢献しています。こうした、共同イノベーションセンターを持つことが重要です。AIMRと当センターはそのような場所になり得ると考えています。

#### 橋渡し役として産学連携に貢献する

応用研究の分野で欧州をリードするフラウンホーファー研究機構は、1949年から科学、企業、社会の橋渡しを務めて成果を挙げており、昨年創立70周年を迎えました。フラウンホーファーでは次のスローガンを掲げています。「私たちは研究への強い興味をもって明日の世界、そして明後日の世界を発見する。フ

ラウンホーファー研究機構を牽引するのは未来である。私たちは的確な質問を投げかけ、新しい答えを見つける。それは、産業界と社会に直ちに恩恵をもたらす解決策である」。これらの理念のもと、産学連携の推進に大きく貢献しています。私たちは、フラウンホーファーの主要な戦略構想にしたがい、戦略的に重要性を持つテーマに対して、包括的なシステムソリューションを開発するために各研究所の能力を結束しています。

#### 大学と企業の人的交流がもたらすもの

基礎研究で得られた良い成果を産業化に結び付けていくためには、大学と企業の人的交流が不可欠です。それは双方にとって有益なことです。ノウハウの交換だけでなく、さまざまな考え方に触れた上で、双方の共通理解を生み出していくことができるからです。科学者も産業界のニーズを学ぶことができますし、自分たちの研究において新しいアイデアが得られることもあります。デザイン思考の手法を用いることで、時には新製品のアイデアだけでなく、研究上の新しいアイデアが生まれることもあります。双方にとって実りのある協力関係を結ぶことができますが、どちらの側にも予算が必要になります。これにはインフラを利用するための予算も含まれます。

産業界と研究機関が共同研究を役立てる方法もさまざまです。双方の協力のもと成果が生まれ、それが産業界への技術移転につながることもあります。さらに、研究機関のスタッフが産業界で働くことによって、新技術の導入を支援することもあります。

ほかには企業の社員研修をベースとした協力モデルもみられます。世界の潮流を見ると、デジタル・プロダクト・スクールというプロジェクトを見かけるようになりました。科学者と学生、そして企業の社員が、参加企業が抱える課題への新しい解決法を生み出す場が提供されています。

#### 東北大学フラウンホーファー・プロジェクトセンターのこれから

当センターではこれまで、高性能なスマートシステムの調査・開発に注力してきました。今後は、短寿命のシステムについても協力関係を広げ、資源循環型システムに参入していきます。共同プロジェクトにおいては、例えば玩具や農業に使えるような、再生可能な素材を用いた環境に優しいコンポスタブルな電子機器を開発したいと考えています。また、東北大学の材料に関するノウハウと私たちのシステムに関するノウハウとの融合も進めたいと思います。



# 蘇る研究室

第3話

さらなる高みを目指して  
挑戦し続けた研究人生

谷垣 勝己

東北大学名誉教授



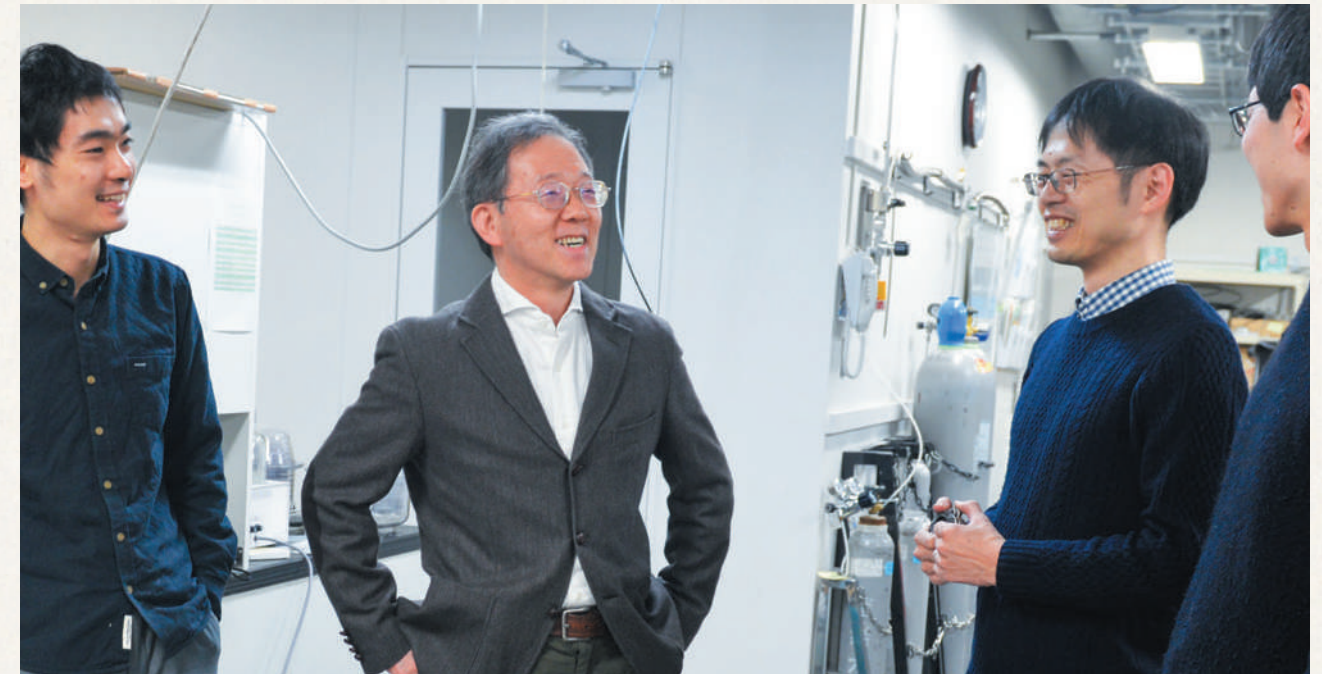
谷垣 勝己 TANIGAKI Katsuyuki

1989年横浜国立大学大学院工学研究科博士課程修了、工学博士。1989年NEC基礎研究所主任研究員、1991年研究課長、1997年部長待遇研究チームリーダー、1998年大阪市立大学大学院理学研究科物質科学専攻教授、2003年東北大学理学研究科物理専攻教授、2007年東北大学材料科学高等研究所(改組前東北大学原子分子材料科学高等研究機構)主任研究者および理学研究科物理専攻教授兼務、2020年4月東北大学名誉教授の称号が授与される。以降も材料科学高等研究所(AIMR)において研究活動を続けている。

研究者の心の中には、自らの人生に大きな影響を与えた「研究室の風景」が鮮やかに刻まれています。そんな「原風景としての研究室」を紹介していきます。

研究者としての研究の機会は、思ってもみない形で訪れるものです。研究室のお話ということですが、私の場合、研究者としてのスタートは企業でしたから、まずはそこでの研究生生活から振り返ってみたいと思います。

大学を卒業する際に、将来は知能ロボット関連の研究をしたいと思い、コンピュータ制御で知名度が高かったNECに入社しました。NECでは膨大な情報を処理するために大きな容量を有するバブル記憶素子(磁気のドメイン障壁を利用したメモリ)を研究する機会を得ました。この研究は、企業の属する研究所であるNEC、日立、東芝、NTTがIBMという世界巨大企業に共同で立ち向かうための国策性を帯びた国主体の研究プロジェクトでした。結果的に、残念ながらバブルメモリは製品としては実用化に至らず、宇宙事業などの限られた分野での使用に止まり、バブルメモリに関する研究はIBMも含めて終焉を迎える事になりました。若い研究者として研究に携わって最も印象に残ったのは、研究の推進のために研究者としての生命をかけて臨まれた当時の中心を担われた研究者の方々の姿勢です。その後、日本は企業における基礎研究の空前のブームが訪れる事になりました。NECはつくば学園都市(当時のつくば万博の跡地)に基礎研究所を設立し、同時期に米国プリンストン大学の近郊にもNECプリンストン研究所を設立する事になりました。そこで、若手の研究者の中から基礎研究所に異動を希望する研究者を募集する事になったのです。結果的には、東京の中央研究所に在籍した多くの中堅研究者は、NECつくば基礎研究所に異動する事を躊躇しました。関東中心にある中央研究所から離れる事は、都落ちという感があったのだと思います。私は、まだ年齢も若く東京に拘りがなかったので、第一陣として希望を出し赴任する事にしました。結果として、最初に異動した者の特権として基礎研究所の中で良い場所にある研究室と設備などを手にする事ができました。これが、後に私の研究人生における財産となったのです。つくば学園都市におけるNEC基礎研究所には、その後



10年在籍する事になりました。NEC基礎研究所は、若い研究者や外国帰りの若手研究者が多く在籍する世界でも有名な研究所に変貌を遂げ、研究者として多くの刺激を受ける事ができる環境で研究をする事ができました。私の研究において現在重要な位置を占める、超伝導物質に関する研究を開始したのもこの頃です。

その後、NEC基礎研究所で部長待遇として研究チームリーダーを務める事になり、研究者としての刺激が欲しくなった折に、大阪市立大学理学研究科で教授としての職を得る機会を頂きました。大阪市立大学は、ノーベル賞物理学者の南部洋一郎先生が在籍された事もあり私にとっては、好奇心を持つことができる大学教育・研究機関でした。大阪市立大学は、当時物理と化学を融合した物質科学科の設立を進めていました。大阪市立大学での6年間に及ぶ大学生活は、私にとって教育と研究のバランスを学ぶ良い機会になったと思います。また多くの先生方との交流は、物理学により大きな興味を抱く機会ともなりました。

2003年に、東北大学理学研究科物理専攻に新たに教授としての職を得る機会を得ました。当時私の息子は中学生になっていたのですが、家族の了承のもとに仙台へは単身で赴任する事にしました。年齢は49歳になっていました。東北大学では、教授室はありましたが、研究者としての能力を維持するために、教授室には在席せずに学生と同室にいる事にしました。年齢

の若い学生諸氏においては、年の大きく離れた教授が同じ部屋に座っている事は、さぞや違和感があった事と思います。しかし、学生や若いスタッフとの日常の会話は、私が研究者としての継続性を維持するための重要な役割を果たしたと考えています。その後、同大学で文部科学省の研究国際性を推進するための一貫として発足した、材料科学高等研究所(2007年に原子分子材料科学高等研究機構として発足)に本務を移す事になりました。その後2011年に東日本大震災にも遭遇して、現在は片平にある新しい材料科学高等研究所に在籍しています。2020年3月は、定年退職の年ですので、あと数ヶ月で現職を離れる状況にあります。長い研究者としての道のりに一段落をつける時期が訪れようとしています。

今改めて、NEC中央研究所から始まった研究生生活を思い起こすと、長かったようで短い研究生生活であったように感じます。35年を越える研究生生活を経て改めて感じる事は、若い時代は多くを考えなくとも自由に挑戦できた事が、年齢を重ねるに従い体力・知力の衰えもあり、だんだんと挑戦的な姿勢がとれなくなっている事です。逆説的ではありますが、人生を歩む上でリスクをとる事は、決してリスクではないと思います。失敗したとしても、将来の可能性を広げる事に繋がるのです。研究者を目指される若い方には、できるだけ挑戦的な姿勢を持ち続けられる事を期待しています。

[2020年2月17日、AIMR本館・谷垣研究室にて]





# g-RIPS-Sendai 2019開催

最終報告会にて

AIMRにおいて2019年6月17日から8月9日の日程で「g-RIPS (Graduate-level Research in Industrial Projects for Students) -Sendai 2019」が開催されました。これは日米の数学系大学院生がグループを組み、スポンサー企業から提供された課題に8週間にわたって集中して取り組むプログラムです。このプログラムは米国UCLAのIPAM (Institute for Pure & Applied Mathematics) で2001年から行われているRIPSプログラムに倣ったもので、日本ではAIMRを会場として2018年度から開催しています。

2019年度はトヨタ自動車、富士通研究所、NECをスポンサーとして、6月17日から8月9日までの8週間にわたって実施しました。アメリカの大学から8名、日本の大学から5名の大学院生・学部生が参加し、スポンサー企業から提供された課題

に取り組みました。参加学生の専攻は数理学・統計系を中心としていますが、それらに限らず幅広い専門を持つ学生がチームを組み、それぞれの専門分野を生かした取り組みを展開しました。

Opening Dayには企業からのIndustrial Mentorが企業紹介と課題内容の説明を行い、8週間のプログラムをスタートしました。東北大学からは各チームに1~2名のAcademic Mentorとして若手研究者が相談にのる体制をとりました。スポンサー企業の訪問、中間報告会などを経て、最終報告会ではスポンサー企業のIndustrial Mentorや役員等を前に研究成果を発表しました。プログラム中は、報告会でのプレゼンテーションも含めてすべて英語で行われました。

トヨタ自動車からは、「Design for the next generation mobility service in suburban areas」という課題が出され、都市近郊における次世代モビリティサービスの最適化戦略を構築することを目的として、大学構内を対象とするMaaS (Mobility as a Service) と病院を対象とするMaaSについての問題に取り組みました。富士通研究所からは「Resolving real-world issues by Digital Annealer」という課題が出され、同社のデジタルアニーラを用いて、現実社会に現れる組み合わせ最適化問題の解法に取り組みました。NECからは「Combinatorial optimization using quantum annealing」という課題が出され、自転車シェアリングの最適化を例題としてD-wave上での組み合わせ最適化問題に取り組みました。

プログラム参加者のうち、日本人学生を代表して岡山の景家康太さんにお話を伺いました。

## —g-RIPS-Sendai 2019プログラムに参加しようと思ったきっかけは何ですか？

院生が対象の本プログラムに、学部生のうちに参加することで、普段の大学生活では得られないハイレベルな経験ができるのではないかと考えたからです。また、「英語を公用語としつつも専門的な内容を扱う」というプログラム内容は、これまでの自分にとっては相当な負荷がかかると思い、自分の学修に対する姿勢が変化するかもしれない、という期待もかけていました。

## —どのプロジェクトに取り組み、またなぜそれを選んだのですか？

僕はこの期間中NECチームで働かせていただきました。なぜこのチームへの参加を選んだかという、以前から「組み合わせ最適化問題」に関心があり、それを量子コンピューターという未知のツールで解決していく、という内容に惹かれたからです。自分のそれまでの関心も含みつつ、新しい分野にも触れることができる、というのは大きかったと思います。

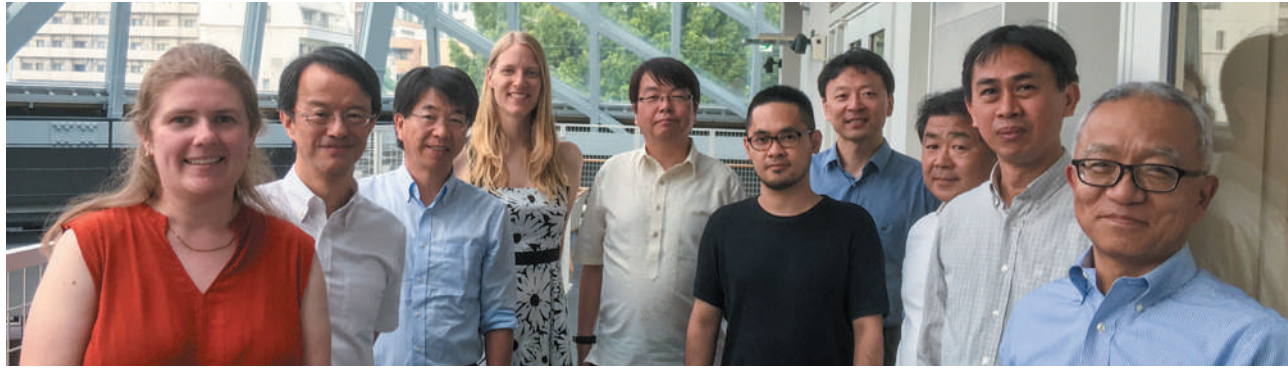
## —研究はどのように進みましたか？困難や課題は？

チームメンバーが3人しかいなかったこともあって、基本的には全員で全ての問題を共有しつつ段階的に取り組んでいました。しかし、知識不足が露呈する場面が多々あり、自分が分からないところがあればすぐに質問することを繰り返していました。この期間中苦労したことは、基本的に知識不足に起因することがほとんどでしたが、具体的には2点ありました。1つ目はかなり序盤のことで、チームで扱う問題を決めるために論文を読みこんでいるときでした。自分が関心を持った日本語の論文の



英語でプレゼンする景家康太さん





内容を、十分にチームメンバーに伝えきれず、それがきっかけで議論を深める機会を失ったのは辛かったです。2つ目はプログラミングについてです。チームの課題が重要な部分に差しかかった時、僕自身もプログラミングをする機会を持つことになりました。使用するプログラミング言語に全く触れたことがなかった僕は、スポンサーの方から借りていた本を辞書代わりにしながら作業を進めていかなければならず、かなりの時間を費やすことになってしまいました。

#### ーアメリカ人学生とのコミュニケーションは？

ウェルカムパーティでは、同じテーブルに座ったアメリカ人学生の英語に圧倒されて、全く聞き取ることも返答することもできませんでした。この時はひどく落ち込みましたが、その晩、「分からない」ことをしっかり相手に伝えるためのフレーズを覚え、翌日からは等身大の英語で徐々に抵抗感を取り除いていくことができました。アメリカ人学生の方から歩み寄ってくれているという実感もあり、ゆっくりでもちゃんとやりたいことを言えるだけ伝えよう、という姿勢がよかったのだと思います。プロジェクト期間全体を振り返ってみると、最後にアメリカ人と別れるときに、「君の英語はかなり上達したよ。」と言われたので、実際にも徐々にコミュニケーションがとれるようになっていたのだらうと思います。



休日の国際交流

#### ー今回の経験が将来のキャリアに影響を与えますか？

大きな影響を与えていると思っています。今は、プログラミングが上手になったとか、英語が少し話せるようになった、というような表面的なことに目がいきます。しかし長期的にみると、このプロジェクトに参加できたことそのものが貴重で、ハイレベルな環境で様々なことを考えぬいた経験が、少しずつ自分の人生の手助けをしてくれるように思います。

#### ー母国の他の学生にも将来g-RIPSプログラムに参加することを勧めますか？

勧めるべきプログラムだとは思いますが、しかし、少人数で取り組むプロジェクトだったこともあり、参加者が感じる負担は、量も観点も人それぞれだと思います。それゆえ、プロジェクトが終わった後、価値観が大きく変わることもあり得るので、自分が体験したことを冷静に伝えながらも、強く勧めることは怖いな、というのが正直なところです。

#### ーAIMRと東北大学の印象は？

このプログラム期間中には、僕たちをサポートしてくれた先生方がいらっしやったり、セミナーがあったりと、手厚い支援を受けましたし、皆さんには感謝しかないです。日中の作業以外でも、ウェルカムパーティや発表会后のお疲れ会のようなものまで開いていただき、そのおかげでいろんなメンバーや関係者の方とお話する機会を持つことができました。研究以外の私生活面も大切にされていたことで、ストレスをためることなく期間中過ごすことができ、本当に良かったと思います。ありがとうございました。

下記ウェブサイト「g-RIPS-Sendai 2019開催報告」に他の参加学生の声も掲載されていますのでぜひご覧ください。  
<https://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/cms/oi/g-RIPS2019.html>

# 数学と私

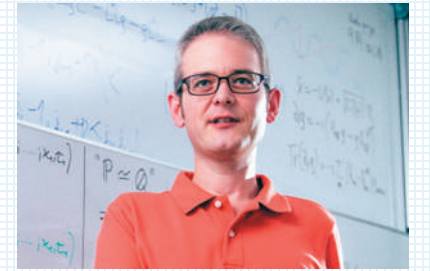
## 第3回

## 頼りになる友人

$$X \rightarrow Y \rightarrow Z \Rightarrow I(X;Y) \geq I(X;Z)$$

Andreas Dechant

京都大学大学院理学研究科特定研究員(元AIMR助教)



2010年、ドイツのアウクスブルク大学で物理学の学位を取得した後、2014年、同じくドイツのベルリン自由大学で博士課程を修了。2015年、日本学術振興会外国人特別研究員として京都大学に着任。2017年、同大学の博士研究員を経て、2018年AIMR助教に就任。2020年4月より現職。

### 数学：インスピレーションの源泉

理論物理学者である私にとって、数学とは、言うてみれば、昔なじみの、ちょっと厄介だけれど、信頼できる友人のようなものです。その友人と一緒に過ごす時、疲れてしまうこともあります。理解できなかつたり、けんかしたりすることもあります。インスピレーションや新たな洞察をもらうこともあります。そして、最終的には、いつだって頼りになるのです。

例え話はさておき、物理学者の道を歩み始めたころは、多くの場合、数学を単なる道具としか考えていませんでした。具体的な問題を前にした時、それを解決するには、適切な種類の数学を適切なところに適用しなければ前に進みません。その過程で、数学の厳密さが邪魔になることもあります。数学においては、全てが明確に定義され、証明され、水も漏らさぬ完璧さでなければなりません。物理学者の目から見ると、これが「厄介」に思える場合もあるのです。こっちはさっさと問題を解決したいわけで、細かな点をうるさく言うてくる数学に付き合うのは面倒なのです。それに、厳密な作業よりも直観に頼りたくなることも、しばしばです。自分の理論の大まかな骨組みを構築した後、最後の部分で初めて数学に立ち戻り、自分が考えたことに論理的な間違いがないかを確かめるのです。

しかし、時には、直観が見事なまでに裏切られることもあります。数年前、それを思い知らされた時のことを、今もはっきりと覚えています。私の指導教官と私は、「そんなこと絶対にあるはずがない」と思われる予想を提案する論文を見つけました。二人とも直観的にそう確信したのです。そこで、私たちは直観の証明に取りかかりました。ところが、たいへんな努力の結果、結局、その論文の予想が正しかったことを証明するに至りました。その上、厳密な数学が示した結果を、直観的に理解し消化するには、さらに多くの努力が必要でした。

結果をやっと理解できるようになったのは、ある数式のおかげでした。データ処理不等式という式で、私のお気に入りの数式になりました。この式において、 $X, Y, Z$ は任意のデータ集合を、矢印は、その要素に対して実行される操作を表しています。例えば、 $X \rightarrow Y$ は、 $X$ に含まれるオブジェクトを、何らかの形で変換し、新たなオブジェクトの集合 $Y$ を得ることを意味します。ここで適用される唯一のルールは、 $X$ に含まれるオブジェクトのみを使用し、

新たなオブジェクトを一切加えないということだけです。関数 $I(X;Y)$ は、 $X$ と $Y$ の相互情報量と呼ばれます。 $Y$ を調べることで、 $X$ に関する情報がどれだけ得られるか、あるいは、その逆を測るものです。ここに、別の操作 $Y \rightarrow Z$ を追加することによって、相互情報量は、減少こそすれ、増加することはないことを示すのが、データ処理不等式です。

その名称から分かるように、データ処理不等式は、データ処理と情報理論に由来しています。あるデータ集合があるとして、その集合内のデータのみを入力値として使用している限り、どんな操作を行っても、データに含まれる情報量を増やすことはできないことを示しています。つまり、情報がいったん失われると、失われた情報を取り戻すことはできないことも意味します。日常的な例として、ビットマップファイル $X$ をコンピュータ上でJPEGファイル $Y$ に変換する場合を考えてみましょう。この操作によって、画像に含まれる情報は減ります。その後は、JPEGファイルに対してどんな操作を実行しても、情報量を再び増やすことはできないし、もとのデータに戻すこともできなくなります。物理学では、このような概念を、不可逆性と呼びます。不可逆な過程 $X \rightarrow Y$ においては情報が失われてしまうため、逆方向の過程が起こることは決してないのです。

このような一見何の変哲もない数式にも、驚くほどの洞察と哲学さえも内包されているのです。そうしたことを認識するようになって初めて、私は、数学を単なる道具としてではなく、インスピレーションの源泉と考えるようになりました。厳密さと直観は相反するものではなく、むしろ両者を協調させなければ、進歩はもたらされないのです。

数学に対するこうした考え方は、AIMRに来て以来、ますます深まるばかりです。これまで理論物理学者として、科学の中でも、私はどちらかというと「数学」寄りの領域を専門にしてきました。しかし、ここAIMRに来てから、数学には、まだまだ多くの可能性があることを学んでいます。数学は、材料科学など、はるかに応用寄りの領域に対しても、私が想像もしなかったようなやり方でインスピレーションを与えることができるのだということ。

(2019年9月6日、AIMR本館 数学連携グループ室にて)



## GAO Xichan

海外で働き視野を広げたいとの思いが常にあった。日本に来ることを選んだのは、主に研究に対する情熱と好奇心、そしてこの国の科学技術の進歩に対する尊敬の気持ちからだ。「日本の先進技術にはいつも深い感銘を受けていました」。

遼寧師範大学の博士課程でDNAにおける相互作用エネルギーの計算に取り組むと、計算分子科学の知識をいっそう高めて、それを他の分野に応用したいという願望が生まれた。NIMSは最適な職場で「ここなら私の経験をリチウムイオン電池に応用して反応を計算することができると思いました。これはとても将来性のある研究です」。

AIMRに来ると、リチウムイオン電池(LIB)用に力場に基づいた遺伝的アルゴリズムを開発した。信頼性の高い古典的なMDシミュレーションに基づき、LIBの性能に多大な影響を与えるリチウムイオンの輸送メカニズムを明らかにした。自身の研究がリチウムイオン電池の用途にさらに貢献することを願っている。

AIMRで驚いたのは、国際的な雰囲気だった。「誰もが英語を話すのがとても素晴らしいと思います!」。世界中の人々とこれほど学際的な環境で働いた経験はなかった。「自分の研究への理解を深めるにはこれまでの研究の枠を越える必要があります。他の分野の科学者と一緒に働くことができるAIMRでの研究は私にとってそのチャンスなのです」。

仙台の好きなところを問われると、すぐに笑顔でこう答えた。「ショッピングモールと食べ物です。以前に他の国で寿司を食べたことがあります。ここ日本では魚が新鮮でとても美味しく、しかも値段が手ごろです。それから牛タン(仙台の特産)も非常に美味しかったです。仙台はとても便利な都市で、ここでは日常生活を楽しむうえで必要なすべてが揃っています」。

## GAO Xichan

AIMR助教

1987年中国遼寧省生まれ。遼寧師範大学で計算分子科学の修士号を取得。2016年同大学で博士課程を修了後、筑波大学へ。2018年物質・材料研究機構(NIMS)ポスドク研究員およびAIMR客員研究員。2020年4月よりAIMR助教。

## 小澤 知己

OZAWA Tomoki

「小さい頃から、科学的に考えれば世界は理解できるはずだ、という漠然とした信念があったことは覚えています。中学生のときにアインシュタインの本に影響され、物理学者になりたいと思いました」。大学までは日本で過ごしたが、物理は世界共通。日本で勉強を続ける必要はないと、大学院でアメリカへ。その後、ポスドクとしてイタリアとベルギーに渡り、12年間海外で研究することになる。

専門は物性物理の理論研究。ものがたくさん集まったときに個々のものの性質からは一見予想できない現象が現れることがある。それを研究する分野である。特に冷却原子(絶対零度近くまで冷やされた多数の原子)の研究は大学院時代から続けているテーマである。「イタリアで研究していた頃、隣の部屋の研究者に『トポロジカル絶縁体って知ってる?』と声をかけられたのがきっかけで、今でこそ世界で大流行している『光のトポロジカル絶縁体』という研究テーマに運良く初期段階で参加することになりました」。以来、多体物性とトポロジカル物性を中心に原子と光の織り成す多彩な現象の研究を続けている。

2018年に帰国し、理化学研究所の数理創造プログラム(iTHEMS)に加わった。iTHEMSとAIMRが連携していたことが縁で、AIMRに足を運ぶようになる。「主に外国で研究生活をしてきた私にとって、外国人の比率の高いAIMRの環境には落ち着きを感じます」。AIMRでは多様性に配慮した研究室を運営したいと考えている。

海外の研究生活で学んだ一番重要なことは、学者も休暇を十分にとり、研究以外の人生を楽しむのが当然なのだという点である。自身も、家族との生活が人生の中心だということは忘れないようにしている。「分野は違いますが妻も研究者です。子供も2人生まれ、最近は日々夫婦で子育てを楽しんでいます」。

## 小澤 知己

AIMRジュニア主任研究者

1983年東京生まれ。2012年イリノイ大学アーバイン校物理学専攻の博士課程を修了。イタリアとベルギーでのポスドク、そして理化学研究所の上級研究員を経て2020年よりAIMR准教授・ジュニア主任研究者。