

拠点長のビジョン

東北大学原子分子材料高等研究機構長
小谷 元子

1. 展望

材料開発の歴史は人類の進歩の歴史そのものである。石器、土器、鉄器、金属、セラミックス、ポリマーと新しい材料が発明されるたびに、人類社会は劇的に変化し、その変化とともに新しい価値が産み出されてきた。材料科学の究極の目的は、人類の夢の実現であるといつて過言ではない。

原子分子材料科学高等研究機構（Advanced Institute for Materials Research (AIMR)）は、2007年に、革新的材料を創製することで人類社会に貢献することを目指し、東北大学が世界の主導的立場を誇る材料科学、物理、化学、そして工学分野から研究者を集結し設立された。

創設以来、AIMRは各研究分野のトップレベル研究を推進するとともに、分野を超えた融合研究により、新しい材料科学を構築するために多大な努力を注いできた。そして、その活動を通して、AIMRの目的を以下のように確認した。

- (1) 異なる材料に共通な機能発現の背後にある基本原理の解明
- (2) 見いだされた原理に基づき機能や材料を予見する基盤の構築
- (3) 創エネルギー、省エネルギー、環境浄化に貢献するグリーン・マテリアルの創製

材料への共通理解を深め、研究を加速し、我われのアイデンティティともいべきこの目的を実現するため、AIMRは数学の視点を導入することにした。そして、多様な背景を持つ第一級の研究者が集まり、日常적으로お互いを刺激しあう統合的な材料研究の基盤を構築する。このことが、材料科学を発展させ、次世代に新たな価値を産み出す道であると我われは確信している。

2. 運営

この目的を達成するために、機構を以下のように運営する。

- 1) 研究環境と研究者支援システム

WPI プログラムの下で世界拠点を設立するためには、トップレベル研究者を世界から集結し、彼らに理想の研究環境を提供することが不可欠である。AIMR の研究者にはアメリカの Distinguished Professors と同様に、研究に専念できる環境、最高水準の研究設備と装置を用意する。海外からの研究者に対しては、居住、家族への日常的な支援、日本文化や日本語を学ぶための情報の提供も行う。

次世代の人材育成も WPI 拠点の重要なミッションである。Junior PIs, Independent Investigators (独立した研究環境で独自の研究を行う若手研究者)、准教授、講師、助教、ポストドクターが AIMR においてキャリアを築き、世界の頭脳循環の輪のなかで、次世代の指導的研究者として育つために十分な研究環境を整える。

また、拠点内での研究活動が効率的に進むよう研究支援センターを設け、着任したばかりの研究者であっても滞りなく研究を立ち上げ、研究実施できるようなシステムを構築する。研究支援センターには、(1) 共通機器ユニット、(2) 計算支援ユニット、(3) 数学連携ユニット、(4) 研究者支援室を置く。

2) 国際化

WPI 研究拠点のもっとも重要な事項の一つが国際化である。世界から見える拠点を構築するために、AIMR は世界中にサテライトやパートナー機関を置き、国際規模の融合研究、共同研究を推進する。15 のパートナー機関のなかから、3 つの機関—ケンブリッジ大学、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、中国科学院化学研究所—をサテライト機関と位置づけ、活発な共同研究を行うためにジョイントラボを置く。ケンブリッジ大学は材料科学・金属学科、化学科を持つが、どちらも基礎研究が非常に強い。数理科学のためのニュートン研究所は世界中から訪問研究者を受け入れている著名な研究所で、アンドリュー・ワイルスがここでフェルマー予想を正しいと証明したことで知られている。カリフォルニア大学サンタバーバラ校はナノテクノロジー、導電性ポリマー材料で有名であるばかりでなく、材料科学と数学の強い連携がある。これは、カリフォルニア大学サンタバーバラ校が、研究成果を実用に応用することを促進している結果である。AIMR と中国科学院の化学研究所は、ソフトマテリアルとその応用研究の連携研究に重点を置いた協力関係を結んでいる。これらの先駆的研究機関をサテライトとして置いていることは、AIMR に優秀な研究者を引き付ける魅力の一つになっている。

国際交流を推進し連携を強める独自の試みとして GI³ (Global Intellectual Incubation and Integration) Laboratory プログラムを 2009 年に開始した。最先端で活躍する優秀な研究者や学生を受け入れるとともに、AIMR の研究者や学生を海外に派遣することで、グローバルな融合や連携研究を強力に推し進め、材料科学の頭脳循環の基地となることを目的としている。

3) 組織

伝統的な大学では実現できないシステム改革を実行するため、拠点長は明確なビジョンを持ってトップダウンの意思決定を行う。拠点長を支えるため、センターは拠点長、事務部門長、グループリーダーからなる定例運営会議を開催する。また関連部局長からなる学内協議会、国際アドバイザーボードは大局的な視点をもって拠点長に助言を行う。

AIMR は研究者のみで成り立っているのではなく、事務部門も重要な役割を果たしている。事務部門は、「顔の見える事務部門」を合言葉に、トップレベル研究センターを先導的に作り上げようとしている。拠点長のビジョンに沿って、材料科学者である事務部門長、研究担当副事務部門長、総務担当副事務部門長は理想の研究環境整備に努める。WPI プログラムの原則に従い、AIMR の公用語は英語であり、国際的視野に立ったスムーズな運営を図るため国際ユニットを設けた。伝統的な規則に縛られない事務部門はホスト機関の改革を先導していくであろう。

3. 新たなアプローチ：数学の参画する材料科学

AIMR は革新的な原子分子制御法を用い、融合研究や分野を超えたアプローチを通して新しい材料科学を創設することに注力し、その結果傑出した成果を上げてきた。各研究グループの素晴らしい研究結果を輩出する過程において、我々は広範な材料の機能に着目することが大切であることに気づいた。人類社会に新たな展望を与える革新的な機能性材料は、原子分子から材料、そしてシステム・デバイスにいたるサイズスケール間に様々な階層が存在し、それらが複雑に積層した階層システムになっていることを認識し、各階層における機能発現、階層間に存在する機能発現を、「機能」をインディケータとして理解することで初めて実現する。そのような一連の研究を実施していくなかで、融合研究・共同研究をより加速し、効果的に進めることが重要であると認識するにいたっ

たのである。

このような異なる分野に渡る融合研究を加速し、より充実した方法を打ちたて、科学技術にブレークスルーをもたらすために、AIMR は数学の力が不可欠であると決断した。数学には科学技術の全分野に共通の言語を提供してきた長い伝統がある。更に、数学は複雑かつ多様な現象を単純化し、それらの現象から原理を抽出する。そのようにして抽出した原理に基づき、新しい機能性材料を予測し創製できる可能性がある。これについて PI を含む全研究者が集中的な議論を重ねることで、AIMR に数学を注入することの重要性を認識することとなった。我われは、数学が触媒として融合研究に刺激を与え、そして新しい材料科学を構築するための役割を果たすと確信しており、これは、AIMR が当初から提案してきた「融合研究による新しい材料科学の構築」という拠点構想に沿うものである。

4. 具体の研究計画

上記の新しい研究方針を具体に進めるにあたり、AIMR はターゲット・プロジェクトを定めた。ターゲット・プロジェクトを設けるというアイデアは、数学と材料科学の連携を具体化するために定期的で開催されたジョイントセミナーや2011年3月より開始した Math-Mate セミナーを実施する中で生まれた。それぞれのプロジェクトは分野融合チームにおいて実施される。

ターゲット・プロジェクト設置に向けて、材料科学者より17件の提案があり、PI 会議で頻繁な議論を繰り返し、数学的視点が明確であることも考慮に入れてこれらの提案を吟味し、最終的に下記の3つのプロジェクトに絞りこんだ。

1) 数学的力学系に基づく非平衡系材料

材料科学における大きな挑戦は、非平衡状態や異なる材料のハイブリッド化、不均質な系などに基づいて新機能、複合機能が発現するような、多機能材料を合成することである。数学的力学系理論に基づき、非平衡系の動的構造形成を行う。数学的力学理論を用いることで、与えられた環境下において期待される多機能化を達成する非平衡、不均質材料を厳密に制御する。

このプロジェクトでは金属ガラス、高分子ガラス、ブロック重合体、生体由来の材料、超ハイブリッド多機能デバイスなどを対象とし、グ

リーンな社会への貢献を目指す。

2) トポロジカル機能性材料

トポロジーとは連続変形で保たれる形を記述する数学的な概念である。複雑な形から本質を抽出し、簡単な形にする道具でもある。材料科学における一つの挑戦は、環境変化に対して安定でありながら、高度に繊細な性能をもつ機能性材料を、トポロジーを用いて創製することである。

このプロジェクトでは、たとえば、省エネルギーのための、スピントロニクス材料、超伝導材料、MEMS デバイス、ナノポーラス金属触媒、創エネルギーのための太陽電池や熱電変換材料を対象とする。

3) 離散幾何解析に基づくマルチスケール階層性材料

革新的機能性材料は、材料を原子・分子から材料・デバイスのような巨視的スケールに至る、複雑に重なり合ったマルチスケールの階層構造を持つ系であると認識することにより初めて実現できる。従って、マルチスケールの階層を理解し利用することは AIMR の基本的な研究となる。第一級の装置と新しい技術によって原子・分子スケールから始まる各層の厳密な構造解析と制御を実施していく予定である。

階層構造を解析するに当たり、AIMR は、これらの実験技術に加え、離散幾何解析学という数学手法を導入する。離散幾何解析学によって、スケール間の関連を明らかにし、更に幾何学的な情報も盛り込む。この先端技術を用いることで、多重階層機能材料の創製を試みる。

このプロジェクトでは、バルク金属ガラスの原子配列に関する中距離・長距離の秩序の同定、デバイスの電気伝導度に影響する粒界など原子・分子レベルから巨視的レベルの物性に渡る界面プロセスの理解、エネルギー削減に貢献する摩擦問題を改良するための固体—液体の界面制御などをターゲット材料とする。

ターゲット・プロジェクト全体を通じて、数学者・理論家・実験家が直接的に関わりを持ち、それぞれが双方向に利益を得られるような研究が実施される。

これらは非常に野心的なプロジェクトであり、実現には苦難の道を通らねばならないが、AIMR という組織がなければ決して出会わなかったであろうこの機会を最大限に生かし、我われはプロジェクトに果敢に挑みたいと考えている。

材料科学者と数学者の関係は多様なレベルで存在する。第一ステージとしては、基本的な数学を使うための相談や、最新の数学概念の紹介などの日常的な協力関係であり、最終ステージは数理モデルの開発と新しい原理の発見である。AIMR には世界第一級の装置があり、誰も観察したことがない新しいデータや現象が発見されている。このような現象に触れることは数学者や理論家にとっては、新しい数理モデルを開発する意欲となり、このような出会いのある AIMR は、世界中の数学者や理論家に大きなインパクトを与えるであろう。

5. 材料科学に対する数学の貢献と世界の潮流

現在、数学と他の科学技術分野の連携は世界的な潮流となっている。AIMR では、数学の材料科学への貢献が始まったばかりである。組織としての数学—材料連携推進は、世界で初めての試みであり、我われは世界の潮流を先導することに喜びを感じている。