

## 【令和元年度実績】

### 1. 発展ターゲットプロジェクトの推進

#### No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実計画

AIMR では、これまで WPI プログラムにより支援を受け数学－材料科学連携を推進する世界トップレベルの研究所となった。今後は、数学－材料科学連携を更に発展させ、またそれによって得られた成果を実際の材料創製に繋げていくために、従来実施してきたターゲットプロジェクト (TPs) を発展させた、以下の3つの「発展ターゲットプロジェクト(発展 TPs)」を設定し、全研究者が連携して研究を推進する。

- 発展 TP1: トポロジカル機能性材料の局所構造制御 (電子・磁気デバイス)
- 発展 TP2: 結合多様性とその時間発展の統合制御 (エネルギーデバイス)
- 発展 TP3: 自己組織化の高度化と応答制御 (バイオ・メディカルデバイス)

また、このプロジェクトにおいては同様に数理材料科学の応用展開を目的とした「産総研・東北大学数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ」(MathAM-OIL)の研究チームも参画する。MathAM-OIL には、AIMR の Dmitri Louzguine 教授(非平衡材料グループ)及び義永那津人准教授(数学連携グループ)がクロスアポイントメントにより参画しており、また、義永准教授は昨年度から MathAM-OIL の副ラボ長に就任している。AIMR の研究者と MathAM-OIL の研究者は、AIMR の Tea Time や MathAM-OIL のセミナー等に相互に参加し、MathAM-OIL の研究者も実質的に AIMR の一員として研究グループを構成しており、数学－材料科学連携を基盤として材料創製を実現する 3 つの発展 TPs を協力して展開していくことが可能である。

このように AIMR が推進してきた数学－材料科学連携を材料創製に繋げる次の段階へ発展させる取組については、WPI プログラム委員会国内委員会(委員長:野依良治 JST 研究開発戦略センター長)の評価を受け、その牽引役としては折茂慎一教授(現 AIMR 副所長)が適任として、令和元年10月から折茂慎一教授が研究所長に就任し、AIMR の更なる発展へと導く。

#### 実績報告

AIMR では、2016 年度まで WPI プログラムにより支援を受け、研究所レベルで数学－材料科学連携を推進する革新的な研究所として認識されるに至った。今後は、数学－材料科学連携を更に発展させ、またそれによって得られた成果を実際の材料創製に繋げていくために、従来実施してきたターゲットプロジェクトを発展させた、以下の 3 つの「発展ターゲットプロジェクト(発展 TPs)」を設定し、全研究者が連携して研究を推進することとした。

発展 TP1: トポロジカル機能性材料の局所構造制御 (主に電子・磁気デバイス等への展開)

発展 TP2: 結合多様性とその時間発展の統合制御 (主にエネルギーデバイス等への展開)

発展 TP3: 自己組織化の高度化と応答制御 (主にバイオ・メディカルデバイス等への展開)

発展 TP1 に関連して、従来試みられてきた鉄系超伝導体最表面での直接精密観測とは異なり、通常の超伝導体とトポロジカル絶縁体の接合によりその界面での超伝導近接効果でトポロジ

カル超伝導が実現できることを、佐藤 PI を中心とした研究グループが初めて明らかにし 2020 年 1 月に Nature Communications に発表した。今後、本研究で見出された手法に基づいてトポロジカル超伝導体の探索を進めることで、量子コンピュータに役立つ物質材料の探索・開発が大きく進展するものと期待される(資料 1)。資料1発展 TP1.pdf

発展 TP2 に関連して、文部科学省卓越研究員である熊谷准教授を中心とした研究グループは、数学的アプローチで最適構造化した窒素原子とリン原子を共に含有するグラフェンが、水素発生反応 (Hydrogen Evolution Reaction: HER) の電極触媒として、高価な白金触媒と同等以上の性能を示す可能性があることを示し、その成果を 2019 年 9 月に Advanced Science に発表した。安価な触媒の利用により化石燃料に代わって水素燃料の普及が進むことで、持続可能な水素経済の発展が期待される(資料 2)。資料2発展 TP2.pdf

発展 TP3 に関連して、平野 PI が、微細パターンの転写を用いて脳内細胞で普通にみられる神経回路網に類似したモジュール構造をシャーレ内で再現することに成功した。この成果を Science Advances に発表するなど、微細加工技術とバイオデバイスの融合研究を推進している。また、藪ジュニア PI が 2016 年より AMED 先端機器開発プログラムの支援を受けて大学病院と連携して抗原修飾ヤヌス粒子による簡易計測装置の開発を推進し、2019 年 8 月にポリマーのナノ構造相分離を利用して 3 つの異なる顔を持つアシュラ粒子の作製に成功し、ACS Omega に発表した。このアシュラ粒子は、塗料やフィルムなどに混合してその光学特性を向上させたり、異なる生体分子を各表面に結合させることで、免疫検査や診断の高感度化や多様化に貢献することが期待される(資料 3)。資料3発展 TP3.pdf

このような研究の推進により、2019 年に AIMR の研究者は Science、Nature 及びその姉妹紙に計 22 件の論文を掲載しており、WPI 補助金の支援を受けていた 2016 年度までと同様の高いアクティビティを継続している。

 資料1発展 TP1.pdf,  資料2発展 TP2.pdf,  資料3発展 TP3.pdf

## 2. 多様な国際ネットワークを生かした共同研究の推進

### No.21 ①-3 国際的ネットワークの構築による国際共同研究等の推進計画

国際的ネットワークの構築に資する先進的な取り組みとして評価されているフラウンホーファープロジェクトセンターと g-RIPS SENDAI の活動を令和元年度も継続する。フラウンホーファープロジェクトセンターについては双方の強みを生かして発展的に継続していけるよう、プロジェクトを展開する。g-RIPS SENDAI については、同事業の推進により構築した企業との関係を発展させ、より大型の共同研究に繋げることを目指す。

この他、AIMR では、ケンブリッジ大学、シカゴ大学、清華大学にジョイントリサーチセンターを置き(正確には、清華大学のジョイントリサーチセンターは材料科学研究拠点による運営)、各ジョイントリサーチセンターに、本年度もポスドク研究員を配置して国際共同研究を推進するが、シカゴ

大学に関しては、AIMR のポスドク研究員として配置していた者が退職予定であるため、今後、同大学との連携について再協議する予定である。

この計画のうち平成 31 年 4 月以降、令和元年 8 月までに既に実施済の内容については以下に示す。

#### 【g-RIPS SENDAI の実施】

カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) の数学-異分野連携推進研究所である Institute for Pure & Applied Mathematics (IPAM) との連携により平成30年に第1回を行った g-RIPS Sendai を今年度も実施した。スポンサーとして、昨年度参画したトヨタ、日本電気に加えて富士通が加わり3社の4課題について(米国から8名、国内4名)から参加した学生が6月17日から8月9日までの期間にわたって数学を駆使し、次世代モビリティ、量子コンピューターなど各社の最先端の課題解決に尽力した。

Project 1 トヨタ自動車株式会社 : Design for the next generation mobility service in suburban areas - Mobility service for university campus

Project 2 トヨタ自動車株式会社 : Design for the next generation mobility service in suburban areas - Mobility service for hospital guests

Project 3 富士通研究所株式会社 : Resolving real-world issues by "Digital Annealer"

Project 4 日本電気株式会社 : Combinatorial optimization using quantum annealing

#### 【フラウンホーファーとの連携】

平成30年12月に、ドイツの産学連携組織であるフラウンホーファー-ENAS とのフラウンホーファープロジェクトセンターに関する協定を更新し、本学での研究遂行のために5万ユーロを受け入れたが、この更新を今後の新たな発展に繋げていくため、第13回 Fraunhofer Symposium in SENDAI を4月15日に開催し、"SMART SOCIETY 5.0 AND INDUSTRY 4.0"と題して、日独12名の研究者より Software Platform for Digital Ecosystem、Ultrasensitive Sensing、3D-Printing for Advanced Illumination Applications、Sharing Facility of MEMS、Research Fab Microelectronics 等の話題が提供された。これを追い風として、フラウンホーファープロジェクトセンターの活動を活発化させていく予定である。

#### 【日中韓フォーサイト事業の推進】

平成26年8月から実施してきた日中韓フォーサイト事業(日本学術振興会からの受託事業)が最終年度を迎えた。拠点機関として、AIMR(日本)、北京大学(中国)及び仁荷大学(韓国)、協力機関として、本学情報科学研究科、理学研究科、東京大学及び京都大学(日本)、廈門大学(中国)、韓国科学技術院、忠南大学校(韓国)により実施してきた。

この事業により材料科学においてリードする AIMR が中心となり以下の成果を挙げ、今後の更なる発展を期待している。

- 複雑ナノ微粒子形態の数理モデル化、シミュレーション、実験との整合性

- 回転球面上の渦班問題の解決
- フェーズフィールド型モデルの高速アルゴリズムの開発
- 複雑自由エネルギー風景の数値的探索アルゴリズムの開発と材料科学への応用

## 実績報告

### 【g-RIPS SENDAI の実施】

カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) の数学-異分野連携推進研究所である Institute for Pure & Applied Mathematics (IPAM) との連携により 2018 年に日本初の取組として第 1 回を行った g-RIPS Sendai を 2019 年度も継続実施した。

スポンサーとして 2018 年度に参画したトヨタ、日本電気に加えて、2019 年度は富士通が加わり 3 社の 4 課題について参加した学生 (米国から 8 名、国内 8 名) が 2019 年 6 月 17 日から 8 月 9 日までの期間にわたって数学を駆使し、次世代モビリティ、量子コンピュータなど各社の最先端課題の解決を試みた。この取組を端緒とし、数理科学の知見及び融合研究のノウハウを活かした企業、国及び地方公共団体等とのオープンイノベーションにより社会課題の解決につなげることを目的として、所内に数理科学オープンイノベーションセンターを 2019 年 12 月 1 日付で設置し、産学連携による人材育成及び共同研究の推進を 2020 年度以降も加速する体制を整備した (資料 4)。[資料4.g-RIPS.pdf](#)





### 【フラウンホーファー-ENAS との連携】

2018 年 12 月に、ドイツの産学連携組織であるフラウンホーファー-ENAS とのプロジェクトセンターに関する協定を更新し、本学での研究遂行のために 5 万ユーロを受け入れた。この更新を今後の新たな発展に繋げていくため、第 13 回 Fraunhofer Symposium in SENDAI を 2019 年 4 月 15 日に開催し、“SMART SOCIETY 5.0 AND INDUSTRY 4.0” と題して日独 12 名の研究者より最新の話題が提供され、議論を深めた (資料 5)。[資料5 Fraunhofer\\_Symposium\\_Sendai\\_2019\\_jp\\_190313.pdf](#)

2019 年度下期には AIMR フラウンホーファープロジェクトセンターの Froemel 准教授が中核となり、同准教授、フランス INSA リヨンから東北大学日仏ジョイントラボ ELyTMax に滞在している教員、本学マイクロシステム融合研究開発センターとの間で融合研究が展開された。この研究課題が新領域を創成するものとして本学を代表する新領域を創成する挑戦的研究デュオに採択された (資料 6)。[資料6 デュオ-.pdf](#)

### 【海外ジョイントリサーチセンター (JRC) の活用】

ケンブリッジ大学の AIMR 海外 JRC、シカゴ大学の海外 JRC にそれぞれ AIMR の経費等で新たな JRC 研究員 (ポスドク) を 1 名ずつ配置した。また、材料科学研究拠点の支援を受けて、AIMR の PI の共同研究先である清華大学にポスドク 1 名を本学予算で配置し、共同研究を推進した。各大学との委託契約により本学のミッションを負う研究者を配置しており、WPI のノウハウを継承した特に優れた取組といえる (資料 7)。[資料7 ジョイントリサーチセンター.pdf](#)

資料4.g-RPIS.pdf, 資料5 Fraunhofer\_Symposium\_Sendai\_2019\_jp\_190313.pdf,  
資料6 デュオ-.pdf, 資料7 ジョイントリサーチセンター.pdf

---

### 3. 研究推進体制の整備・拡充

#### No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進 計画

AIMR が国際頭脳循環ハブとしての機能を維持・発展させるために以下の取組を実施・計画している。

#### 【材料科学研究拠点 URA の配置】

平成30年度に材料科学研究拠点として雇用した URA(海邊健二特任准教授)が前職(JST)での経験を活かし、JST 等の講師を招へいして研究開発の動向に関するセミナーを開催し、競争的資金への公募にあたっての申請支援を実施する予定である(令和元年8月までに複数のセミナー、研究費申請支援を実施している)。

また、平成30年度に材料科学研究拠点及びスピントロニクス拠点で行ったクラリベイト・アナリティクス社による本学の材料科学関連分野の研究力動向について、当該 URA が中心となって関係者に報告した。

加えて Science and Technology of Advanced Materials (STAM)誌の元編集委員長を講師として招聘した「論文の質向上・研究力分析セミナー」を開催し、ジャーナルの編集長経験者の視点で論文被引用数を増加させるためのヒントを頂くとともに、当該 URA が本学の材料科学関連分野の研究力動向について報告した(令和元年 8 月実施)。

今年度はこれらの分析及び専門家からの助言を踏まえ材料科学研究拠点を中心として本学の材料科学分野の研究力強化に資する取組を行う。

#### 【国際広報の対応強化】

令和元年5月に JST 国際連携、スイス放送協会等での勤務経験が豊富なミハエル・フォーゲルサンガー氏を研究支援部門に雇用した。同氏のヨーロッパでの経験を活かして折茂教授の研究業績を海外ジャーナリスト等に紹介することにより、海外20以上のサイエンスポータルに掲載されるなどの成果が上がっている。今後も同氏を中心に戦略的な国際広報を推進していく。

#### 実績報告

##### 【材料科学研究拠点 URA による競争的資金の獲得等】

2018 年度に材料科学研究拠点として雇用した海邊特任准教授(URA)が前職での経験を活かし、JST 等の講師を招へいして研究開発の動向に関するセミナーを開催し、競争的資金への公募にあたっての申請支援を実施した。また、本学の材料科学拠点の研究力について分析を行い、これを踏まえて部局横断的な体制による研究組織の構築を支えている。

2019年度の実績として材料科学研究拠点の横串的機能を持つ「プロセス」グループのリーダー阿尻 PI が、代表者として海邊 URA の支援の下で申請した文部科学省「材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業」に採択(本年度 26 件提案中の 2 件)された。

#### 【外国人研究者のサポートの強化】

AIMR は、外国人研究者向けに全業務を英語で対応可能としており、週1回の Tea time における研究交流の活性化、各種情報の提供なども従来どおり推進している。2019年度からは更に踏み込んで、小グループでの若手研究者と折茂所長の Tea Meeting を開始し、若手研究者の要望を折茂所長が直接把握することとした。この結果、特に外国人研究者が日本での科学研究費補助金申請の支援を必要としていることがわかり、希望者について申請書の日本語翻訳サポートを行った。これは単なる翻訳ではなく申請書としての質を向上させるために研究者によるアドバイスを含むものである。このような体制整備により AIMR に所属する外国人研究者の研究費獲得に対するモチベーション向上が図られた。

## 4. 多様な形態による研究者等の確保

### No.27 ①-2 世界をリードする優れた研究者等の確保 計画

今年度は、新たな PI 又は Jr. PI の公募を実施し、秋の採用を目途に選考作業を進めている。Nature、Science 及び関連国際学会への求人広告掲載、アジア7名、ヨーロッパ3名、アメリカ 8 名、日本(学外)18名、学内7名計44名の応募がありこの中から卓越した人材を雇用する計画である。原則英語による公募、Skype を用いた遠距離間面接も実施するなどして、国外からの本学への採用の障壁を撤廃し、優秀な人材を確保する計画である。着任後は研究室のスタートアップに向けて、外国人であれば英語による各種手続きのサポートを行うとともに、研究室スタッフについての配置についても協議を開始する。

令和元年度の新たな実績として、NIMS との戦略的パートナーシップへの対応が挙げられる。具体的には、材料科学研究拠点として材料関連部局にも参加を促して計画の成功に寄与するとともに、AIMR においても NIMS の知京豊裕情報統合型物質・材料研究拠点副拠点長を AIMR 教授として受入れ、また、AIMR の渡辺健太郎准教授 1 名を NIMS へ派遣する体制を本年度既に確立し、今後、NIMS との連携を強化していく。

その他の取組として、AIMR 本館内にラボを設置している理研 iTHEMS (SUURI-COOL (Sendai))からの共同研究費を用いた担当教員の雇用を引き続き継続して理研の業務の他、実質的に AIMR の業務にも従事させ、また、当該担当教員以外にも、幾名かの理研の研究者に AIMR 内で研究させる資格を与えるなどして SUURI-COOL (Sendai)が国際頭脳循環ハブとしての役割を果たしており、今後もこのような理研との連携による国際頭脳循環推進を継続する。

### 実績報告

国際公募を行い、理論物理分野での卓越した実績を持つ小澤上級研究員を理化学研究所よりジュニア PI として採用した。これにより 2017 年度から実施している理化学研究所数理創造プログラム iTHEMS との連携もより強固なものとし、我が国における数理科学から物理、材料科学等諸分野への連携発展に資する体制を構築した(資料 8)。資料8 SUURI-COOL (Sendai).pdf



NIMS との戦略的パートナーシップにより、NIMS 研究者と本学研究者クロスアポイントメントを行うことで両機関の強みを活かした共同研究を実施することができた。2019 年度は、スピントロニクスとフォノンクスの融合研究を推進し、新たなスピン伝導・増幅原理、熱整流・制御機能を開拓するとともに、数学・データ科学を用いた原子層トランジスタ材料の創出等にも取り組んだ(資料 9)。資料 9 [press\\_20190426\\_nims-tohoku.pdf](#)

なお、産業技術総合研究所の MathAM-OIL ラボも引き続き所内に設置し、同研究所の研究者が実際に本研究所に滞在し研究を行っている(資料 10)。資料 10 [MathAM-OIL Pamphlet.pdf](#)

上記のように、我が国の材料科学研究機関のハブとしても本研究所が機能している。

 資料 8 [SUURI-COOL \(Sendai\).pdf](#),  資料 9 [press\\_20190426\\_nims-tohoku.pdf](#),  資料 10 [MathAM-OIL Pamphlet.pdf](#)

## 5. 基礎研究から応用研究へのシームレスな展開

No.23 ②-2 イノベーション創出を実践する研究の推進

計画

【AIMR 発のベンチャー】

AIMR 藪(浩)研究室では、東北大学 BIP の支援を受け令和元年7月に Azul Energy 社を設立した。Azul Energy 株式会社は、次世代エネルギーデバイスとして期待される「空気電池」の新たな可能性に着目し、クリーンエネルギーによる循環型社会の実現への貢献を目指して設立されており、AIMR での材料研究が社会への応用面に繋がった好事例である。

藪研究室では、高分子化学とナノ材料科学を基礎とし、また、生物がもつ構造と特殊機能の関係を学び新たな機能性材料の創製に活かしていく試み(バイオミメティクス)を推進しており、そのような生命科学との関係により、本学病院の腎高血圧内科及び企業と連携し、AMED の支援を受けて医療機器の実用化に向けた研究を行うなど、数学材料科学+α の連携の可能性を広げる活動を行っている。

また、AIMR 阿尻雅文 PI は、主として基礎研究の部分については AIMR で行っているが応用面としては NICHe における成果を活かし平成29年度に「スーパーナノデザイン」を設立し、CTO に就任している。スーパーナノデザインは平成31年3月25日に東北大学ベンチャーパートナーズから1億8千万円の増資を受けている。阿尻 PI は、このような基礎研究から応用研究までを本学の特色ある各部局の特色を生かして成果を挙げ、令和元年5月に紫綬褒章を受章、また同月にボルドー大学の名誉博士号を授与され、本学のディスティングイッシュトプロフェッサーとなった。本年度も突出した活躍が期待される。

### 実績報告

藪ジュニア PI の研究室では白金に代わる安価な高活性触媒電極材料の開発に成功した。この研究成果を基に東北大学ビジネス・インキュベーション・プログラム(BIP)とセンター・オブ・イノベーション(COI)東北拠点の支援を受け、2019年7月に「Azul Energy 株式会社」を設立した。

Azul Energy は、次世代エネルギーデバイスとして期待される「金属空気電池」の新たな可能性に着目し、非白金系触媒の社会実装によるクリーンエネルギーによる循環型社会の実現への貢献を目指して設立されており、AIMR での材料研究の成果により社会実装が期待される好事例といえる(資料 11)。資料 11 [AZUL Energy.pdf](#)

また阿尻 PI は、基礎研究については主に AIMR で実施しているが、NICHe における応用研究の成果を活かして 2017 年度に「株式会社スーパーナノデザイン」を設立し、CTO に就任している。スーパーナノデザインは 2019 年 3 月 25 日に東北大学ベンチャーパートナーズから 1 億 8 千万円の増資を受けている。阿尻 PI は、このような基礎研究から応用研究までを本学の特色ある各部署の特色を活かして成果を挙げ、2019 年 5 月に紫綬褒章を受章、また同月にボルドー大学の名誉博士号を授与され、本学のディスティングイッシュトプロフェッサーとなっている。

更に、阿尻 PI は上述の文部科学省「材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業」において企業とのコンソーシアムを構築し、企業の多様なニーズを本学全体の材料科学者が受け止め、科学的に最適なプロセスを検討することで新材料の産業化に繋げる体制の構築を開始することができた(資料 12)。資料 12 [プロセスサイエンス.pdf](#)

 資料 11 [AZUL Energy.pdf](#),  資料 12 [プロセスサイエンス.pdf](#)