

客員所員を経験して

北海道大学大学院 工学研究院 小布施 秀明

2025 年度に客員所員を務めさせていただきました、北海道大学の小布施です。このような貴重な機会を与えてくださった受入れ研究者の物性理論研究部門・岡隆史教授に、心より感謝申し上げます。また、滞在期間中には、附属量子ナノ物性研究センター・橋坂昌幸准教授や物性理論研究部門・川畑幸平准教授とも、研究および研究会開催に向けて議論を重ねさせていただきました。この場を借りて御礼申し上げます。期間中は、夏期 3 週間の長期滞在を含め、延べ 5 回物性研を訪問し、研究はもちろん、研究会の開催を通じた研究コミュニティの活性化にも精力的に取り組みました。

私は長年、物理系が本質的に内包する対称性やトポロジカル相を反映する多様な物理現象について理論研究を行ってきました。これらは系に不規則性が存在しても保持されるため、局在・非局在転移や臨界現象という物理学の基礎的研究としても重要な役割を果たします。近年はこれらに加え、開放量子系や非エルミート系における新規物理現象の予言・解明にも取り組んでいます。

客員教員の期間を通じ、非平衡物理学を専門とする岡教授と、非エルミート系における時間依存外場下の幾何学的位相について共同研究を行いました。本研究は、2021 年度に岡教授に北大で集中講義を担当していただいた際、セミナーでご紹介いただいた「Twisted Landau-Zener 遷移」に関する研究に着想を得たもので、私の指導学生の博士課程のフリーズン龍氏と共に進めています。非エルミート系における Landau-Zener 遷移では、基底状態にとどまる"確率"に非相反性が現れますが、この起源が非エルミート系特有の幾何学的位相の虚部にあることを明らかにしました。本成果については近く論文投稿を行う予定です。

また、当初の予定に加え、博士課程の軽部由人氏と進めているトポロジカル絶縁体のエッジ状態間遷移による高次高調波発生の研究についても、フロケ理論による解析が有力であることが分かり、岡教授よりサンベ空間に関する深い知見を与えていただきました。さらに岡研究室のセミナーでは、博士課程の神田勇輝氏との共同研究であるローレンツ変換を利用した「エッジ状態による量子状態輸送」についても講演の機会をいただき、非常に有益なフィードバックをいただきました。

研究以外でも、研究会の開催を通じて多くの研究者と交

流を深めることができました。2025 年 8 月に開催した、岡教授と生産技術研究所 基礎系部門の羽田野直道教授を共同主催者とする物性研・生研合同国際シンポジウム「Physics of Open Systems: Resonance, Symmetry and Topology」の組織委員を務めました。本会では開放系における最新の研究結果についての活発な議論が行われました。また客員教員の研究費を利用させていただき、博士課程学生のファン・ゴンフィ氏、湯川碧樹氏ら指導学生 8 名が参加し、国際会議の場で議論を行うとともに、物性研・生研の学生との交流も生まれました。

さらに 2026 年 3 月には、2026 年度より新設する量子ナノ物性研究センターの Pre-kick-off ミーティングとして、橋坂准教授が代表を務められた研究会「物質開発・ナノ加工・先端計測の融合で切り拓く量子物性フロンティア」の組織委員を務めました。現在、北海道では Rapidus、熊本では TSMC による先端半導体製造に向けた取り組みが加速しています。本研究会は北海道大学工学研究院と熊本大学大学院先端科学研究部の共催として実施されましたが、物性研という「ハブ」があったからこそ、日本の北と南を結ぶ広域な連携が実現したと思います。

こうした一連の活動が評価され、2026 年 4 月より、私は北海道大学「半導体フロンティア教育研究機構」の半導体教育統括室長を拝命すると共に教授に昇任いたしました。物性研での活動が、私個人の研究のみならず、組織としての教育・研究体制の構築にも影響を与えてくれたことに深く感謝すると共に、今後も物性研がハブとなり同様の連携を継続していただければと願っています。

客員教員の任期は過ぎましたが、引き続き岡教授らとの共同研究は継続します。また、2026 年 8 月末から 2 週間、京都大学基礎物理学研究所にて不規則系の局在現象に関するシリーズ国際会議「Localisation 2026」を主宰いたしますが、岡教授と川畑准教授にも組織委員として加わっていただいています。

振り返ればあっという間でしたが客員教員として活動したこの 1 年間で得られた研究成果と研究者ネットワークは、私にとってかけがえのない財産です。この繋がりを糧に、今後も物性物理学の発展に貢献していきたいと思っています。

客員所員

東京大学大学院 工学系研究科応用化学専攻 数間 恵弥子

2025 年 4 月より 1 年間、客員所員として大変お世話になりました。特にホストである吉信淳先生をはじめ、研究室のスタッフおよび学生の皆様には、施設・装置の利用方法の基礎から計測技術の詳細に至るまで丁寧に教えていただき、充実した研究活動を行うことができました。ここに改めて深く御礼申し上げます。

私は「モデル触媒表面における反応機構解析」に関する研究に取り組んできました。触媒は高効率な化学反応を実現し、エネルギー変換や環境浄化、化学品合成など、現代社会を支える基盤技術に不可欠な役割を担っています。固体触媒において高い反応性を高度に実現するには、触媒表面での反応機構を分子レベルで理解し反応を制御することが重要です。特に、表面と分子間の相互作用は、反応を支配する主要な因子であり、その制御は重要な触媒戦略の一つです。このような観点から、私はこれまで、走査トンネル顕微鏡(STM)を用い、電子、光、近接場光、熱といった多様な励起源による表面反応の単一分子レベル研究を展開し、反応素過程、機構の解明を行ってきました。STM は表面構造や電子状態を原子レベルで観測可能であり、局所反応の理解に極めて有効な手法です。一方で、反応速度の定量的解析、生成物の同定には制約があり、包括的に理解することは容易ではありません。特に実際の触媒反応では複雑な触媒表面において複数分子の素過程が協奏的に進行するため、STM 単独での理解には限界があります。

このような背景から、吉信先生との共同研究では、触媒表面のモデル表面を対象として、STM による単一分子レベル分析と昇温脱離法(TPD)、赤外反射吸収分光法(IRAS)による表面分析を組み合わせることで表面反応をより包括的に理解することを目指しました。客員所員として1年間で主に2つの研究課題に取り組みましたので、それらの成果を簡単に紹介します。

1 つ目は分子の吸着状態の解析に関する研究です。ある分子を金属表面に吸着させると、吸着時の温度によって、STM 像の見た目が異なる 2 種類の吸着状態が存在することを見出しました。さらに、STM 観測下における分子の安定性の違いから、これらはそれぞれ物理吸着状態と化学吸着状態に対応する可能性が示唆されました。これを検証するため、吉信先生の研究室において TPD、IRAS 計測を

実施しました。その結果、2種類の吸着種に対応するシグナルが確認され、それらが出現する温度領域が異なることを観測することができました。また、IRASの振動ピークを既報の理論計算結果と比較することで、それらが物理吸着状態および化学吸状態にあることを明らかにすることができました。本実験では、主に当研究室の博士院生が吉信研の博士院生にサポートしていただきながらデータを取得しました。共同研究を通して学生間の連携が実現したことも一つの大きな成果となりました。

2 つ目は表面光反応に関する研究です。金属表面上に形成した分子膜に青色の可視光を照射すると、分子膜内部に暗点が現れることが STM により観測されました。この分子は気相で紫外光により反応する一方で、可視光では反応が起こらないとされています。光照射前後の STM 像で見られた変化が、反応によるものなのか、脱離によるものなのか STM 観測で見極めることは困難でした。そこで、吉信先生の研究室で開発された STM-IRAS を使わせていただき、光照射による分子膜の変化が、脱離によるものではなく解離反応によるものであることをスペクトルの変化から示すことができました。本実験は主に当研究室の助教が担当し、STM-IRAS の使用方法を吉信先生ならびに昨年度の客員所員である塚原規志先生から直接ご指導いただき、実現したものです。先生方にはご多忙のところ、大変丁寧なご指導をいただきありがとうございました。

本共同研究の成果は、STM による単分子レベル分析とマクロな表面分析の融合により、それら単独では発見や検証が困難であった表面反応を実験的に理解することができることを強く示しています。現在は自身の研究室においても、単分子レベル反応分析とマクロな表面反応分析の融合に取り組んでおり、物性研での共同研究による経験を活かして、表面反応をより包括的に理解し、反応機構及び指導原理の理解を進め、高効率かつ高選択的な反応を可能にする触媒表面の戦略・指針の獲得を目指していきます。

最後に、客員所員として受け入れて下さった吉信先生ならびに物性研の先生方、スタッフの方々に感謝申し上げます。本共同研究の成果を論文として発表するため、引き続き物性研に訪問し、議論させていただければ幸いです。

客員所員

東京大学 先端科学技術研究センター 関 真一郎

2025 年度に、客員所員として在籍する機会をいただきました、東京大学先端科学技術研究センターの関と申します。ホストの中島多朗先生をはじめ、多くの物性研の方々と共同研究をさせていただき、この場を借りてあらためて御礼申し上げます。

私はこれまで、幾何学的な性質(対称性・トポロジーなど)に立脚した新しい磁性物質の開拓と制御に取り組んで来ました。代表例としては、粒子性を持ったナノスケールのスピン渦である磁気スキルミオンや、時間反転対称性の破れた反強磁性体の一種である交代磁性体が挙げられます。

中島先生とは、前職の理化学研究所の頃から、長年にわたって共同研究をさせていただいており、今回の在籍期間中に、中性子散乱実験による複数の新しい磁性材料の性質の解明に取り組みました。特に、J-PARCにおける BL12 HRC のビームタイムを融通していただき、私の研究室のスタッフ・学生と一緒に、約 2 週間にわたって東海村で実験を行わせていただきました。このビームラインは、広いエネルギー領域の中性子を、2 次元検出器を用いて高分解能に測定することができるという特徴があります。こうした長所を活かすことで、吸収が強すぎて通常は測定が困難な希土類化合物の磁気構造解析を行ったり、非弾性散乱によってマグノン分散を高精度に観測することが可能です。後者の実験に関しては、益田研究室の皆様にも大変お世話になりました。一連の研究を通じて、新しい交代磁性体物質の発見に成功するとともに、そのマグノン分散に関する手がかりが得られつつあります。

また、高木先生を通じて、物質合成室における単結晶育成装置を使用させていただいたほか、井手上研の田中助教のご指導のもと、ファンデルワールス接合素子の作成にも取り組ませていただいています。これら一連の共同研究は、現在進行形のものも多く、今後も物性研共同利用制度を活用しながら、まとまった成果として発表していく予定です。

物性研は、私の父(一彦)が六本木キャンパス時代の井口洋夫先生の研究室に大学院生として在籍し、有機半導体の光電子分光の研究をしていたこともあって、個人的に特別な思い出がある場所です。客員として在籍する機会をいただけたことは非常に光栄で、いただいたご縁を大切にしながら共同研究をさらに発展させることで、良い成果を積み重ねていけたらと考えています。今後とも、どうぞよろしく願いいたします。

