

応用物理学会 薄膜・表面物理分科会

December 2025 ■ No. 193

News Letter



薄膜・表面物理分科会ホームページ — <https://annex.jsap.or.jp/tfspd/>

応用物理学会薄膜・表面物理分科会 NEWS LETTER No. 193 (December 2025)

目次

談話室

千葉大学大学院工学研究院物質科学コース 山田豊和研究室の紹介

山田豊和（千葉大） 1

掲示板

開催案内

1. 第 31 回電子デバイス界面テクノロジー研究会
ー材料・プロセス・デバイス特性の物理ー 4
2. 第 73 回応用物理学会春季学術講演会分科会企画シンポジウム
「半導体評価技術の最前線」 5

開催報告

1. 機能性ナノ界面科学研究会夏の学校 2 0 2 5 6
2. 第 86 回応用物理学会秋季学術講演会分科会企画シンポジウム
「表面・界面の反応／成長制御による高機能性材料の創製」 8
3. 電子デバイスにおける原子拡散・応力現象研究会 11
4. 次世代 ULSI デバイスのための誘電体薄膜科学と技術に関する国際ワークショップ
International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices:
Science and Technology (IWDTF2025) 12
5. 第 54 回薄膜・表面物理基礎講座
「自動計測と機械学習による薄膜・表面物理の新展開」 14

議事録

- 薄膜・表面物理分科会 第 54 期第 2 回常任幹事会議事抄録 19
- 薄膜・表面物理分科会 第 54 期第 3 回幹事会議事抄録 21

会 告

- 薄膜・表面物理分科会 第 54 期幹事名簿 23
- 薄膜・表面物理分科会 会員数、賛助会社数・社名 24
- ニュースレター投稿規定 25

編集後記

26

賛助会社広告

千葉大学 大学院工学研究院物質科学コース 山田豊和研究室の紹介

山田 豊和

千葉大学 大学院工学研究院物質科学コース
〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

本研究室は、2010年に私（山田）がテニュアトラック教員として千葉大学に着任したことで誕生しました。独立研究室として、まさにゼロからのスタートでした。人員は私一人で、椅子や机すらない状態からの出発でしたが、これまでに学部生 45 名、修士学生 36 名を指導し、そのうち 10 名が博士課程への進学を決めています。2025 年度現在では、博士課程 3 名、修士課程 8 名の学生を指導しております。また、ドイツやスペインなど私とつながりのある欧州研究機関へ全ての修士学生を派遣し、共同研究を通して国際的な視野を育む教育に努めてまいりました。本稿では、一人の研究者がどのように研究室を立ち上げ、多くの学生や学会関係者の皆様に支えられながら今日まで研究活動を続けてこられたかを、感謝を込めて振り返りたいと思います。

研究テーマとしては、固体表面上の原子・分子を直接観察できる STM（走査トンネル顕微鏡）が物性研究において極めて重要であるとの考えから、一貫して超高真空・低温 STM の自主開発とその応用研究を進めてまいりました。これまで、次世代スピントロニクス材料として注目される磁性薄膜や有機分子磁石の電子構造・磁気構造の解明に取り組んできました。近年は、「固体表面上で量子スピンを創る・見る・使う」というテーマのもと、二次元有機量子ビットの開発に挑戦しています。

Key words: Quantum spin, magnetism, scanning tunneling microscopy, organic molecule, qubit

1. はじめに

当研究室では、原子・分子といった物質の最小単位のスケールから、新たな磁気機能や量子スピントロニクスの発展に不可欠なナノ磁性材料の基礎研究に取り組んできました。研究には、超高真空・低温 STM を用いており、特にスピン偏極 STM 探針の開発を通じて、原子レベルでの磁気イメージングを実現してきました。近年は、遷移金属原子 ($S \neq 0$)、固体表面場、有機分子配位を組み合わせた量子ビットの開発に挑戦しています。ナノ磁石¹、分子磁石^{2,3,4}、原子磁石、ダイヤモンド中の窒素空孔センター、二次元 COF^{5,6}、および二次元 MOF など、多様な物質が新たな量子ビット候補材料になりうることを考え研究開発を進めています。

ガス状態における遷移金属原子の $3d$ 軌道上の電子スピンは、フント則に従って配置します。しかし、これを量子ビットとして利用するためには、軌道の縮退を解き離散化した電子スピン準位にアクセスする必要があります。そのため、当研究室では、固体表面からの結晶場および有機分子の配位子場を利用して軌道縮退を解く手法を検討しています。さらに、伝導電子との非弾性散乱によりスピン反転が生じるため、量子ビットは電子的に絶縁された膜上に配置する必要があります。これを実現するため、MgO 酸化物^{4,7}、グラフェン⁸、金属超伝導 (Pb, Nb)⁹、および原子層超伝導体

や原子層磁性体 (NbSe₂, Fe₃GeTe₂ 等)^{10,11,12}が、固体表面上で量子ビットを保護する伝導電子除去膜として有効であるかを検証してきました。この表面上で $3d$ 軌道の五重縮退を解き、離散準位の孤立スピンのマイクロ波を照射します。電子スピン共鳴によるラビ振動計測を通してスピン寿命を検証し、またその量子状態の制御の STM と磁気共鳴を融合して挑戦しています。

2. ゼロからの研究室立上（テニュアトラック時代）

私は 2000 年から 2004 年にかけて、オランダ・ラドバウド大学ナイメーヘン校 (Radboud University Nijmegen) の博士後期課程に在籍し、恩師である Prof. Dr. Herman van Kempen 先生のご指導を賜りました。先生の研究室は、オランダで最初に STM 研究を開始した由緒ある表面科学のグループでした。博士課程修了後は帰国し、学習院大学理学部物理学科にて日本学術振興会特別研究員 (PD) および助教として 4 年間勤務いたしました。その後、2008 年から 2010 年にかけて、ドイツ・カールスルーエ工科大学 (Karlsruhe Institute of Technology) において、二人目の恩師 Prof. Dr. Wulf Wulfhekkel 先生のもとで研究に従事しました。Alexander von Humboldt 財団のリサーチフェローとして採用されましたが、実際には助教のような立場でドイツ人学生への研究指導や講義なども担当しておりました。その滞在中に千葉大学の

公募に応募し、幸運にも採用いただきました。当時、千葉大学には知り合いが一人もおりませんでしたが、海外に滞在していた私を採用してくださった先生方に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

35歳のとき、テニユアトラック准教授として千葉大学に着任し、何もない部屋から研究室を一人で立ち上げることになりました。テニユア審査が5年後に予定されていたため、着任当初は研究資金の獲得と装置開発に奔走しつつ、研究そのものはドイツのSTM装置をお借りして日独を往復しながら進める日々でした。2年目からは学部学生が卒業研究として配属され、研究室の初期メンバーとして活動を共にしてくれました。振り返れば、最初の5年間は極めて慌ただしい時期であり、私自身もテニユア審査の準備に追われる中で、当時の学生の皆さんに多くの負担をかけてしまったことを今でも反省しております。多くの学生の皆さんの支えのおかげで、無事にテニユアを取得することができました。この間に、超高真空STM装置を2台立ち上げることに成功しましたが、当時はまだ十分に満足はいくデータを得るには至っておりませんでした。

3. 成長期（テニユア取得後）

テニユア取得のタイミングに合わせて、それまで間借りしていた研究スペースから、ようやく専用の研究室スペースが確保され、引っ越すことになりました。それまでは建物の1階にある、除振のために特別に隔離された区画にSTMを設置して研究を行っていましたが、新しい研究室は3階でした。振動計測を行ったところ、適切な振動対策を施せばSTM測定が可能であることが分かりましたが、建物の固有振動がz方向に17 Hzで存在し、現在に至るまでその影響との格闘が続いています。テニユアトラック期間中に組み上げた超高真空STM装置を一度解体し、100メートルほど離れた建物の3階へクレーンで吊り上げて移設しました。搬入作業は非常に緊張を伴うものでしたが、無事に移設が完了し、再稼働後に原子像を確認できたときは心から安堵いたしました。

テニユア取得後も、当研究室は単独教員による運営です。そのため、研究の推進において学生の育成は極めて重要です。研究と教育の両立を常に意識して指導を行ってきました。外部からの大学院受験者はほとんどいないため、学部4年次に配属された学生を研究室内で育て、修士・博士課程まで継続的に指導してきました。2025年度までに学部生45名、修士学生36名を指導し、そのうち10名（入学予定者2名を含む）が博

研究室ゼミ合宿 奥日光にて



図1：山田豊和研究室 成長期のメンバー。

士課程へ進学しました。さらに、その中の3名は国立研究機関など、外部の研究環境が充実した機関へと進学しています。テニユア取得後は、常時10名以上の学生が在籍する研究室となりました（図1）。1台のSTM装置を博士・修士・学部生によるチームで運用するのが効率的であると考え、最終的には4台の超高真空STM装置（室温用1台、低温用3台）を整備すれば、12名規模の研究体制を安定的に維持できると想定しました。ちょうどこの時期に、新学術領域研究やJST IMPACTなどの大型プロジェクトに参画する機会を得、その支援のもと、2020年頃までに目標としていた4台の超高真空STM装置の立ち上げを達成しました。また、これらの研究プロジェクトへの参加を通じて、異分野の研究者の先生方との交流が広がり、人工シナプス研究など新しい展開のきっかけを得ることができました。さらにこの時期には、応用物理学会・薄膜表面分科会の庶務幹事を務めさせていただき、ACSIN運営やセミナーの企画・開催を通じて多くの先生方と交流する貴重な機会にも恵まれました。

しかし、2020年頃には新型コロナウイルス感染症の拡大により、研究室運営に大きな困難が生じました。教員一人で研究室を維持・指導していくことの難しさを痛感し、振り返ってもこの時期が精神的に最も厳しい時期であったと感じています。それでも、コロナ禍の収束とともに学会活動が再開され、学生や多くの先生方と再会できたことで、再び研究への活力を取り戻すことができました。

2010年、机も椅子もない状態から始まった研究室でしたが、12年の歳月を経て、2022年以降は装置も安定し、学生の層も厚くなり、ようやく千葉大学におけるSTM研究が本格的に軌道に乗ってきたと実感しています。

4. 学生の育成

当研究室の教員は私一人です。千葉大学大学院工学研究院物質科学コースでは、工学部物質科学コースの4年生が毎年2-3名、卒業研究で私の研究室を選んでくれます。当研究室では超高真空装置を扱うため、学生には長時間の実験拘束が求められます。また、研究テーマは量子スピンや磁性といった量子力学に基づく内容であるため、学生からの人気は必ずしも高くないと自負しています。それでも研究室を志望してくれる学生の多くは、私の人柄や研究テーマに興味を持ち、ある程度覚悟を決めて参加してくれる印象です。中には、「研究室が楽しそうだから」という理由で来てくれる学生も少なくありません。

振り返りますと、テニユアトラック時代の私は表情が陰しく、学生に対しても自分に対しても非常に厳しかったように思います。一人教員ですので、万が一の事故が起こらないようにと神経を張り詰めすぎたのだと思います。しかし、テニユア取得後は「自分に厳しく、学生には優しく」という姿勢に徐々に変化していきました。不思議なことに、この方が学生もより楽しく、活発に研究に取り組んでくれるようになりました。

一人教員のメリットは、自分の興味に沿った研究を存分に進められることですが、指導方法も一人で試行錯誤しながら実施しなければなりません。現在は、学生との丁寧な対話を重視し、教員は一步引いて見守り、進路や研究方針で迷いそうになったときに支える程度が最適だと感じています。また、一人で10名以上の学生を丁寧に指導するために、「見える育成プログラム」を導入しています。指導方針は時とともに変化するため、学生の認識と齟齬が生じるとトラブルの原因となる可能性があります。そのため、半年ごとに学生と共に10項目の能力（実験、解析、執筆、英語、プレゼン能力など）を評価し、次の半年でどの能力を伸ばすかを数値で確認しながら議論して育成方針を決める仕組みを作りました。この方法により、学生は自身の得意・不得意を具体的に把握でき、進路選択の際にも役立てることができます。また、半年ごとの成長データとして記録に残せる点も重要です。

謝辞

超高真空・低温STM研究室を一人で立ち上げた経験について述べさせていただきました。肝要なのは、教員一人では何も成し得なかったということです。これまで山田研究室に在籍してくださった全ての学生の

皆様に、心より御礼申し上げます。また、千葉大学の教職員の皆様、応用物理学会をはじめとする学会の先生方、共同研究でご助力いただいた全ての先生方にも深く感謝いたします。特に、テニユアトラック時代に研究室運営が大変逼迫していた際にご支援いただいた、Nana Nazriq 博士（キャノンアネルバ）、根本諒平先生（東京科学大学）、稲見栄一先生（高知工科大学）には、心より御礼申し上げます。研究室の主役は常に学生の皆様です。教員は、学生が意欲を持って前向きに研究に取り組めるよう環境を整え、必要に応じて指導する脇役に徹することが、良い研究室をつくる秘訣であるのかもしれないと、改めて感じております。

文献

- 1) E. Inami, *et al.*, Small (2025) e04791.
- 2) T. K. Yamada, *et al.*, J. Mater. Chem. C **12** (2024) 874.
- 3) F. Nishino, *et al.*, Small, **21** (2025) 2408217.
- 4) K. Ishii, *et al.*, Nanoscale Horizons, **10** (2025) 2454.
- 5) T. K. Yamada, *et al.*, J. Phys. Chem. C, **128** (2024) 1477.
- 6) T. K. Yamada, *et al.*, Nanoscale Horizons, **9** (2024) 718.
- 7) N. K. M. Nazriq, *et al.*, Applied Surface Science, **618** (2023) 156628.
- 8) C. G. Ayani, *et al.*, Nanoscale, **14** (2022) 15111.
- 9) T. Gozliniski, *et al.*, Sci. Adv., **9** (2023) eadh9163.
- 10) R. Ichikawa, *et al.*, npj 2D Mater. Appl., **9** (2025) 59.
- 11) H. Seki, *et al.*, ACS Applied Nano Materials, **8** (2025) 15662.
- 12) A. A. Haghighirad, *et al.*, Jap. J. Appl. Phys., **64** (2025) 040805.



山田 豊和（やまだ とよかず）
2003 年 学習院大学大学院自然科学研究科博士後期課程 修了。理学博士。
2004 年 オランダ・ラドバウド大学ナイメーヘン校固体物理学II専攻博士後期課程修了。PhD (Science)。同年 日本学術振興会 PD。同年 学習院大学理学部 助教。2008 年 ドイツ・カールスルーエ工科大学フンボルトフェロー。2010 年 千葉大学 特任准教授。2015 年 准教授。STM によるスピントロニクス材料や磁性原子・有機分子の量子スピンに関する研究に従事。