

計測の自律化

大阪大学大学院工学研究科 物理学系専攻

応用物理学コース 先端物性工学領域 教授 小野 寛太

1. はじめに

生まれは京都なのですが、小学校の入学は東京で、小学校の途中から高校までを広島で過ごしました。その後は東京大学教養学部に入學し、教養学部基礎科学科第一を卒業した後、東京大学大学院理学系研究科化学専攻の博士課程を修了し、東京大学大学院工学系研究科で助手、茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構で助教授、准教授として関東地方におりました。2021年6月1日付で本研究科物理学系専攻教授を拝命しました。広々とした吹田キャンパスの中でも、おそらく最も眺望の良いGSEコモンイースト (UIE) に研究室をいただき、日本一高いあべのハルカスやその向こうの山々の景色を楽しみながら、新たに教育・研究を始めております。

これまでの研究人生を振り返ると、さまざまな恩師との出会いが思い出されます。学部では粘土鉱物や化学進化を専門としておられた山岸皓彦先生の研究室に配属になり錯体合成などを行っておりました。ちょうど大学院進学タイミングで山岸先生は北海道大学へ転出されたため、佐藤直樹先生（元：京都大学化学研究所所長）の研究室に入れていただきました。新たに有機半導体の光物性研究を始めましたが、修士1年の終わりに佐藤直樹先生は京都大学化学研究所に転出され、佐藤先生のご指導を受けながら、原田義也先生の研究室で修士を修了いたしました。博士課程では当時は東京都心の六本木にあった東京大学物性研究所の（故）田中慶一先生の研究室に入れていただきましたが、つくばの高エネルギー加速器研究機構の敷地内にある物性研の施設で放射光を使った表面研究を行うというテーマをいただき、東京大学物性研究所の柿崎明人先生のご指導のもと放射光利用によるスピン・角度分解光電子分光を用いた物性研究で博士修了いたしました。その後は東京大学大学院工学系研究科の尾嶋正治先生の研究室に助手として採用していただき、放射光を用いた物性研究を行ってきました。多くの先生にご指導いただき、粘土鉱物から表面研究まで幅広い分野の研究について学ぶことができたのはかけがえの無い財産だと思っております。自分には長年取り組んでいる専門がな

いことを悩んだこともありましたが、いつまでも新しい分野に飛び込んでいくことができるフットワークの軽さは幅広い分野についてご指導いただいた賜物と感謝しております。ここでは、最近の研究の二つの柱である「量子ビームを用いたナノ計測」と「物質・材料研究のデジタル化・自律化」という研究テーマについてご紹介させていただきます。

2. 量子ビームを用いたナノ計測

放射光 (X線) を用いたナノ計測やイメージングの面白さは、放射光の持つ特徴であるエネルギー (波長) 可変性や偏光利用にあると考えております。走査型透過X線顕微鏡 (STXM) はX線を光学素子で10ナノメートル程度に集光し、試料を走査することによりX線顕微鏡イメージを取得する手法です。主に軟X線 (波長0.5nm~6nm) を用いるため、可視光を用いる光学顕微鏡と比べ短い波長に対応した回折限界により高い空間分解能が期待されます。また、X線の波長を変えることにより集光スポットでのナノX線分光も行うことができます。ナノ領域でのX線吸収スペクトルを取得することで、局所領域のスペクトル測定ができるほか、空間的な操作と組み合わせ、元素選択的に化学状態を高空間分解能でマップする化学状態イメージングや、円偏光X線を用いることで元素選択磁気イメージングを行うことができるユニークな手法です。われわれは図1に示すような走査型透過X線顕微鏡を開発し、高エネルギー加速器研究機構の放射光ビームラインに設置して研究を行ってきました。われわれが開発した顕微鏡は既存の顕微鏡と比べ非常にコンパクトで、床振動や熱に対する高い安定性や、既設の放射光ビームラインに設置可能な汎用性を有しているもので、その使いやすさや高い性能から民間企業をはじめとした多くのユーザーに使っていただいております。また、大気非暴露で顕微鏡試料の作製から顕微鏡観察まで行うことも特徴で、最近でははやぶさ2の帰還サンプルの分析にも用いられております。

今後はこれらのX線顕微鏡を活用した物性研究を引き続

き進めるとともに、大阪大学でも3次元での非破壊ナノ計測可能な新しいX線顕微鏡を開発していきたいと考えております。

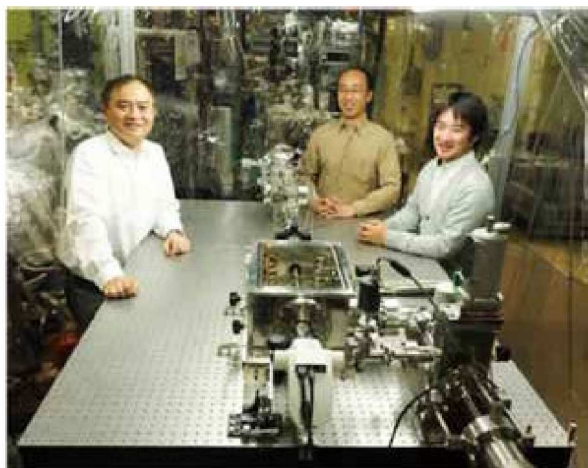


図1 われわれが開発した走査型透過X線顕微鏡システム。
左から筆者、井波暢人（現：QST）、武市泰男助教。

3. 物質・材料研究のデジタル化と自律化

物質・材料の計測は、将来の物質・材料の研究開発を支える評価手法として中心的な役割を果たしています。物質の示すさまざまな物性の起源解明や、生体の働きを理解することに、新たな計測技術は大きな役割を果たし、近年のノーベル賞でもクライオ電子顕微鏡や超解像蛍光顕微鏡などの画期的な計測技術が受賞しております。また、物質・材料研究の新たなアプローチとして、数理学手法を物質・材料研究に取り入れたマテリアルズインフォマティクス (MI) が注目を集めております。マテリアルズ・インフォマティクスの進展や計測機器の性能向上により、計測・評価は新しい時代を迎えようとしています。

われわれは次の時代に重要となる計測技術は「自律的な計測および計測データ解析」であると考えております。

そこで、大阪大学に着任し先端物性工学領域では新たに自律的な計測・解析を行うシステムに関する研究を展開しております。われわれはなぜ「自動化」ではなく「自律化」を目指すのでしょうか。自律化では自動化に加えて従来は専門家が行っていた判断や意思決定の大部分をシステムが担うことがポイントです。自動運転車も英語では autonomous car と呼ばれるように、人間の行っている判断を代行させることが今後の研究開発では重要になると考えております。われわれは専門家が行っていた判断や意思決定を定式化し自動化することが計測・評価において最も重要なポイントだと考えています。われわれが物質・材料研究を自律化しようとする目的は、単に研究開発を効率化することではありません。数理学を活用することにより人類が行なってきた科学研究という営みにより深く理解したいと思っているからです。本研究科の応用物理学教室にはラボラトリーオートメーションの長い伝統があり、そこで教育・研究できることに大変な楽しみを感じております。

4. おわりに

量子ビームを用いたナノ計測と物質・材料研究のデジタル化・自律化という2つの新しい分野にチャレンジすることが出来たのは、学生時代から助手時代にかけて多くの先生に広い研究領域でのご指導いただいたことで、分野の壁を越えることへのハードルが低くなっていたことが大きな要因であると考えております。いろいろな分野について広く学ぶことは、学生時代には一見遠回りしたように見えますが、広い視野を持つことはなににも増して重要であることを大阪大学の学生に伝えていきたいと思っております。

(東京大学 教養学部 平成3年卒

理学系研究科 5年修士 8年博士)