

## 第2回若手研究会「顕微分光のフロンティア」報告

小嗣真人 (勸高輝度光科学研究センター)

日本放射光学会第2回若手研究会「顕微分光のフロンティア」が、2010年8月3日(火)と4日(水)の二日間、東京大学本郷キャンパスにおいて開催されました。幸いにも106人の参加者を迎えることができ、活発な議論のもと、大盛況のうちに無事に終える事ができました(図1)。遠方よりご参加いただいた皆様、開催にあたってご尽力いただいた関係者の皆様に、まず感謝御礼申し上げます。

若手研究会の趣旨としては、将来の放射光科学の担い手とされる若手研究者が中心となって研究会を開催し、リーダーシップの育成や、新しいネットワークの形成、あるいは萌芽的な研究テーマの発掘を行うことを目的に、日本放射光学会が公募制により開催しているもので、今年で第2回目となります。申請にあたって、かねてより交流のあった、東大物性研の谷内敏之さん、またJASRIの同僚である大河内拓雄さん、そしてKEKの小野寛太さんと共同で研究会を計画いたしました。さらに東京大学の尾嶋正治先生からは、JST-CREST「超高輝度放射光機能界面解析・制御ステーション」の後援という形で多大なるバックアップをいただきました。最終的には、各氏のご協力なしに本研究会の成功は有り得ませんでした。この場をお借りして

感謝申し上げます。

今回、我々は「顕微分光のフロンティア」という題目で企画立案いたしました。背景として、デバイスの高密度化に伴い、測定対象物が極小化・多様化していることが挙げられます。例えばスピントロニクスでは、従来のメモリと異なる磁化反転機構に基づいて情報の読み書きが行われるため、現象の解明が高い空間分解能で求められています。その一方で、放射光を用いた顕微分光分析技術の発展はめざましく、約十nmの高い分解能で、物質の構造・化学状態・電子状態・磁気情報・ダイナミクス等の多彩な情報が取得可能となっており、材料機能の解析ツールとして急速に進展しております。しかしながら、各学術領域の研究者が相互に議論を交わす機会には、これまであまり恵まれていなかったように思います。

そこで我々は、顕微分光技術に関する最新の様々な技術開発の話題を提供するとともに、材料科学分野からはホットな研究例を発表することを通じて、近未来の顕微分光研究の発展に繋げることを一つの目標として研究会を企画しました。つまり「シーズ」と「ニーズ」の間のマッチングを一つの軸として設定しました。技術開発の観点からは、



図1 全体集合写真

光電子顕微鏡(PEEM), 走査型透過 X 線顕微鏡(STXM), 3次元走査型光電子顕微鏡(3D-nanoESCA)等の顕微分光技術を中心に, ナノ集光技術や次世代光源であるXFELからも研究発表をしていただきました。また利用研究の観点からは, 主要なターゲットであるナノ磁性の話題を中心に, 生命科学から惑星科学まで幅広い分野の話題を提供することを計画しました。

そして, 若手らしさの趣向ということで, 独創的で萌芽的な研究をコンパクトに濃縮して“エスプレッソ”的に話題提供するセッションを企画しました。エスプレッソの呼称が一般的かどうかはさておき, 濃くて旨いのを飲みたいという願いを込めて, 運営委員と相談の上, このような名前を付けさせて頂きました。より現場に近い観点から, 若手を発信源とした新しいサイエンスに繋がることを期待するもので, いわゆるトップダウンとボトムアップとの対比をもう一つの軸として設定しました。なお, 申請の時点でご賛同頂いた方々の平均年齢は36.1歳でしたので, 若手研究会の趣旨に添った人員構成であったかと思えます。

本研究会では, 活発な議論を促進させるために, もうひと工夫加え「放射光 MVP (Most Voted Presenter) 賞」を設定いたしました。これは参加者全員の投票制で, 優秀なプレゼンテーションを表彰するものです。賞自体に権威はありませんが, 採点を行うことで, 参加者には能動的に講演を聞いていただく事と, 講演者には発表に力を入れて頂くことを期待しました。幸い質疑応答でも活発な議論が行われ, 座長が質問を考えるような事態もありませんでしたので, 正のフィードバックが無事に働いたものと思われま

す。また顕微分光の魅力を一目でわかりやすく表現しようと思い, 研究会のロゴも作製いたしました(図2)。PEEMなど特定の技術に偏らないよう, 顕微分光全体で広い視野をもちながら, モダンでシンプルな方向性でデザインを考えました。図の通りなのですが, Frontierをドットで描き出して, ドットサイズを徐々に小さくすることで分解能の向上を表現しました。例えば, 同じRでも分解能が向上することで, より明瞭になっていることが見て取れるかと思えます。もちろん分解能の重要性は皆様の実験において既に体感されているでしょう。そして文字に虹色のグラデーションを付ける事でスペクトロスコープを表現し, 文



図2 顕微分光のフロンティア ロゴ

字を右肩上がりに配置することで若手らしさを強調いたしました。

そして, 研究会の趣旨を一言で明確に表現するため, キャッチコピーも考え, ポスターに使用いたしました。顕微観測においては, データは画像として取得されます。そこで, 画像データの説得力を前面に押し出して「百聞は一顧にしかず」という一文にいたしました。多少挑戦的だったかもしれませんが, 顕微分光解析の重要性が伝われば幸いです。

具体的なプログラム構成はホームページ (<http://www.jssrr.jp/wakate10/>) をご参照いただきたいのですが, 29人の方々に講演いただきました。顕微分光技術のセッションでは放射光を用いた顕微分光技術の現状について, 豊田中研の荒木暢さん, JASRIの鈴木基寛さん, 東大の堀場弘司さん, JASRIの小嗣がそれぞれ講演いたしました。次世代光源のセッションでは, 東大の矢代航さん, 北海道大学の西野吉則さん, 大阪大学の齋藤彰さんにご講演いただきました。ニーズ話題提供(エスプレッソ)セッションでは, ナノ材料科学から地球惑星科学の幅広い話題を, 理研の藤原宏平さん, NICTの照井通文さん, 日立ハイテクの大南祐介さん, クラシエの稲益悟志さん, 東北大の藤川安仁さん, 九大の北島富美雄さん, 阪大の藪田ひかるさんにご講演いただきました。スピントロニクスセッションでは, スピントロニクス分野における現状について, 東北大の水口将輝さん, ルネサスの大嶋則和さん, NIMSの葛西伸哉さん, 東工大の福本恵紀さん, 慶応大の能崎幸雄さん・山口明啓さん, 東北大の三俣千春さんにご講演いただきました。磁気イメージングのセッションでは, KEKの雨宮健太さん, 千葉大の山田豊和さん, 分子研の中川剛志さん, 産総研の甲野藤真さん, 筑波大の久保敦さんにそれぞれご講演いただきました。シーズ話題提供(エスプレッソ)のセッションでは, 奈良先端大の松田博之さん, 東大の小谷佳範さん, 東大の谷内敏之さん, JASRIの大河内拓雄さんにご講演いただきました。2日間とも積極的な質疑応答が飛び交い, 非常に濃密で熱気につつまれた研究会でありました(図3)。

次に, 放射光 MVP 賞を受賞された方を紹介致します。大阪大学の齋藤彰さんからは, 「1 nm スケール化学分析」へのアプローチの題で, 放射光 STM に関する講演をいただきました。実験の苦労話なども交えながら, 1 nm スケールの物質キャラクタリゼーションの現状に加えて, 高輝度 X 線による原子の移動といった新しい現象についてもご報告頂きました。

大阪大学の藪田ひかるさんからは, Advanced Light Source BL5.3.2. STXM を利用した隕石・彗星塵の有機宇宙化学の題で, 隕石や惑星塵における炭素質の状態分析に関する講演を頂きました。カーボンの状態分析を通じて惑星科学と物質科学がリンクする点が非常に印象的で, 新しい展開を予感させるご講演でした。



図3 講演の様子

産総研の甲野藤真さんからは、スピン偏極 SEM によるナノ領域磁性の顕微分析の題で、ナノ磁性体における磁区構造解析の最新成果についてご講演いただきました。ナノドットの極小化により、エッジ等の形状効果が磁区に及ぼす影響についてご講演いただきました。

筑波大の久保敦さんからは、レーザー励起光電子顕微鏡：光による光のイメージングの題で、フェムト秒レーザーを用いて励起された表面プラズモン (SP) の画像化について講演いただきました。Ag 表面に作製された微細な SP 素子により伝搬する SP 波のダイナミクスを、時間分解能10 fs、空間分解能60 nm で可視化した例について講演いただきました。

JASRI の大河内拓雄さんからは、絶縁性試料の PEEM 観察の試みの題で、 $Al_2O_3$  における、PEEM 観測の実験例について講演いただきました。絶縁物基板である  $Al_2O_3$  に、Au 金属薄膜をストライプ状に蒸着する事で、Al の K 吸収端の観測が可能となったことをご報告いただきました (図4)。

これら受賞者の研究内容を顧みると、惑星科学、放射光 STM、スピン SEM、プラズモン、絶縁物がキーワードとして挙げられるかと思えます。つまり従来の伝統的な放射光顕微分光研究ではなく、むしろ既存の研究から離れた新しい研究成果について注目が集まった事になります。従いまして、今回は外向きの意識が強い若手らしい研究会であったと言えるかもしれません。今後も継続的に顕微分光の進展に関する情報交換を行う為、メーリングリストの立ち上げも行いました (<http://groups.google.co.jp/group/nanospectroscopy/>)。研究会への参加欠席に関わらず、どなたでも参加いただけますので、ぜひともご登録くださいますようお願い申し上げます。

なお、会場ではアンケートも実施し、顕微分光研究における状況の整理を試みました。ここでは結果の一部を抜粋して報告いたします。フルバージョンは若手研究会ホームページ (<http://www.jssrr.jp/wakate10/>) よりダウンロード



図4 放射光 MVP 賞受賞者、左から、甲野藤真さん、久保敦さん、尾嶋会長、藪田ひかるさん、大河内拓雄さん、齋藤彰さん

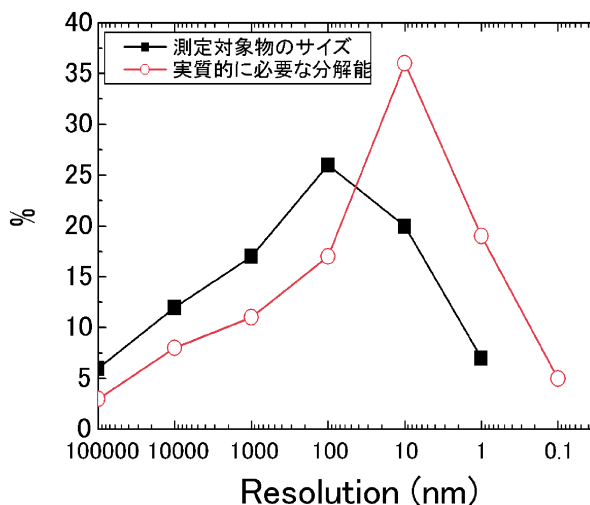


図5 測定対象のサイズと、必要な分解能の分布

ドいただけます。例えば「Q: あなたの測定対象のサイズと、実質的に必要な分解能をお答えください。」の問いに対しては、図5のような結果が得られました。測定対象のサイズとしては100 nm 程度が中心で、必要な分解能としては10 nm がピークとなっております。現状の顕微分光技術もおおよそこのオーダーですので、現状としては良い一致かと思われます。将来的には素子サイズの極小化が予想されますので、更に高い空間分解能が必要になるかと思われます。

放射光施設は「巨大な顕微鏡」と表現されることがよくありますが、現実には即して考えると、この表現にはまだ大きな語弊があると私は考えております。例えば JASRI の共同ビームラインにおいては、PEEM は2台設置されておりますが、STXM は現時点では設置されておられません。関係するサイエンスの全体の規模から考えると、顕微分光の威力を存分に活かせるビームラインの数はまだまだ少なく、不十分と言わざるを得ません。ところが世界的には PEEM と STXM を併用するなど、複数の顕微装置を複合的に合わせた顕微ビームラインが幾つもあり、顕微分光の重要性が十分に認知されているようです。また次世代

光源の性能を考えると、高い空間分解能や時間分解能の恩恵が受けられますので、顕微分光の重要性は益々増大するのではないかと考えられます。従いまして、近い将来そのようなビームラインが国内でも実現できれば、世界でイニシアチブをとりながら先端的なサイエンスを切り開けるものと期待されます。単純に見るだけでなく、物質の機能も含めて、深く知る事ができるのですから「百聞は一顧にしかず」の言葉通り、その威力は絶大です。

なお、本研究会の開催にあたって、会場とホームページの整備は東大物性研の谷内敏之さんに担当いただき、予稿集の集約と印刷はJASRIの大河内拓雄さんに担当いただきました。またポスターやロゴ作製などの広報作業を小嗣が努めさせて頂きました。当日のマイク係やカメラ撮影は多忙な仕事でしたが、東京大学の尾嶋研究室の学生である、平池佑介さん、中田耕次さん、黒角翔大さんにご活躍いただきました。会場関係の手続きや整備、あるいは看板の貸し出しなど東京大学の田之室任さんに大変お世話になりました。KEKの小野寛太さんとJASRIの木村滋さんにはメンターとしてプログラム構成やいろいろと困ったときに相談に乗って頂きました。そして参加者が想定以上となり、苦しい予算状態をバックアップいただいた東京大学の尾嶋正治先生、JASRIの木下豊彦さんに厚く御礼申し上げます。そして研究会の事務と会計で、放射光学会の佐藤亜己奈さんに大変お世話になりました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

最後に私からのメッセージをメの言葉とさせて頂きま

す。このような研究会の開催は、何の実績の無い私にとって初めての経験で、大いなる不安の中からの出発でしたが、顕微分光の可能性を信じて前に進む事にいたしました。ところが一旦始めてみると、仲間との共同作業が意外と面白く、楽しみながら仕事をさせて頂きました。

19世紀のパリの若手芸術家たちは、モンマルトルのカフェに集い、芸術論について夜遅くまで熱い議論をくみ交わしていたと聞きます。マネ、ルノワール、ピサロなどの若手芸術家達は、絵画から文学、はては政治まで様々な刺激を受けながら力を蓄積し、芸術活動の原動力を得たとされています。思うに、サイエンスの面でも同じ事が言えるのではないかと私は考えています。顕微分光測定ではデータは画像として得られるため、極めて雄弁な説得力を持ちます。技術上は分解能の要求が第一で、極シンプルなものですが、その一方で測定対象は多種多様で、ナノサイエンスから惑星科学まで多彩なアプリケーションが分野横断的に広がっています。すなわちこの多様性こそが研究発展の土壌であり、プローブとの上手な組み合わせが、豊かなサイエンスを育てる上で特に重要です。その為には装置に精通する事に加えて、既成概念に囚われずに未開の分野に挑戦する事が特に大切だと私は思います。幸い今回は非常に幅広い学術領域から、様々な若手研究者に集まっただき、密度の濃い議論を行う事ができました。この共有体験を起点に新しいネットワークが生まれ、そして数年後に新しいサイエンスに繋がる事を信じています。