

## ■会議報告

## 第8回 X線顕微鏡国際会議報告

鈴木芳生 (財団法人高輝度光科学研究センター)  
 青木貞雄 (筑波大学物理工学系)  
 籠島 靖 (兵庫県立大学大学院物質理学研究科)

X線顕微鏡国際会議 (International Conference on X-ray Microscopy: XRM) は X線顕微鏡に関する装置技術から応用までの全てを網羅する国際会議です。今回の XRM は 8 回目に当たり、2005 年 7 月 26 日から 30 日の日程で、イーグレひめじ (姫路市) を会場として開催されました。なお、この会場は 2003 年度の放射光学会年会が開催された場所でもあります。

XRM は 1983 年に第一回がゲッチンゲン (当時の西ドイツ) で開催されて以来原則的に 3 年毎に開催されており、現在では X線顕微鏡に関する最先端の成果が報告される場としてこの分野で中心となる国際会議になっています。これまでの XRM の開催地はヨーロッパとアメリカ合衆国に限られていました。これは規則として決まっていたわけではありませんが、従来の X線顕微鏡の Activity がドイツ、英国、USA に集中していたことも事実です。それが今回初めて、ヨーロッパ-北米圏以外での開催になりました。今回の XRM05 では Host Institute が SPring-8 と兵庫県立大学、姫路市が共催という形で行われました。詳しいプログラムやアブストラクトは本会議の公式ホームページ <http://xrm2005.spring8.or.jp> にありますが、連日朝 9 時から夜 7 時まで休み無くセッションが続くというかなりハードな日程でした。

XRM の参加者数と発表件数は第一回の 50 件規模から基本的には単調増加の傾向にあり、X線顕微鏡という分野が成長段階にあることを示しているように感じられます。そして、今回の参加者数は過去最高の 262 人に達しました。ただし、その約半数は日本国内 (日本人という意味ではなく、所属機関が日本国内) からの参加者でしたが、初めてのアジアでの開催ということもあったせいか (日本を除く) アジア-オセアニア諸国からの参加者が全体の 1/6 程度と相当数にのびりました。

学術講演としては、招待講演が 23 件、口頭発表が 35 件、ポスター発表が 168 件でした。この会議の通例に倣い、今回もパラレルセッションはなくオーラル会場は一個所だけでした。ポスターセッションは 3 日間に分かれており、さらに post-deadline poster もありましたが、ポスター会場のスペースが十分にあったため、すべてのポスターが全会期中掲示されていました。また、企業展示もポ



オーラル会場の光景。280人収容の会場がほぼ満席になっている。

スター会場に併設して行われ、展示ブース数 10、参加企業数は 15 社でした (合同での展示があったり、アブストラクト集の企業広告だけの参加があったりしたため、企業展示のブース数と参加企業数は一致しません)。その結果、企業展示関係の参加者数も 30 人に達していました。この企業展示の規模も過去最大であったと思われます (より正しくは、これまでの XRM では企業展示と呼べるようなものはありませんでした)。会期の最終日の午後は SPring-8 (ニュースパルを含む) サイトツアーが催されましたが、このサイトツアー参加者は 85 人しかおらず、参加者の相当数が SPring-8 を訪れた経験のある方々であったのではないかと想像されます。なお、X線源 = シンクロトロン放射ではないのですが、近年 X線顕微鏡の大部分が放射光を光源として用いるようになって来たため、XRM の開催地 = シンクロトロン放射光施設になってしまった感があります。

会議の完全なサマリーをここに書くのはスペースの問題と筆者の能力から考えて不可能ですが、筆者の記憶に強く残ったものは以下のような内容でした。

## 1. 光学素子開発

顕微鏡という以上、空間分解能は最も重要なものです

が、今回の会議でも従来の数値を上回る分解能のデータが多数のグループからありました。分解能のトップデータとしては、軟 X 線領域の結像顕微鏡で 15 nm 分解能、硬 X 線領域でも結像顕微鏡とマイクロビームの両方で 30 nm 前後の空間分解能が報告されていました。光学素子も FZP、全反射ミラー、屈折レンズといったあらゆる光学系で 100 nm 以下の空間分解能が達成されています。もはや、X 線顕微鏡の分解能は波長を問わず 100 nm が当たり前になってしまったようです。

また、全反射ミラーに比較して効率が悪いとされていた FZP に関しても、キノフォルム構造を利用して回折効率 50% 以上が達成されていて、この分野の進歩も著しいものがありました。

## 2. X 線顕微鏡の分解能限界

X 線顕微鏡の分解能は、ここ 20 年を見ると、2~3 年で 2 倍、10 年で 1 桁のペースで向上し続けています。このスピードを保っていくと、10-20 年後には波長分解能に達することになってしまいますが、理論的な考察から X 線顕微鏡の分解能限界は波長や光学系にかかわらず 10 nm 程度になることが示唆されました。一方、この理論限界は従来知られている単純な集光光学系に限られています。新たな光学系の探索によって、この限界を超える可能性についても議論されるようになってきました。候補としては多段光学系、三次元構造光学素子（例えばボリュームゾーンプレート、ラウエレンズ等）が考えられています。また、伝統的な意味での X 線顕微鏡とは異なりますが、コヒーレント散乱からの画像回復法によるイメージングについても多くの発表がありました。この方法は実空間の顕微鏡やホログラフィーと異なり、必ずしも解の一意性が保証されていませんが、X 線波長と同程度の空間分解能を達成できる可能性がありそうです。

## 3. 応用分野

最近まで、X 線顕微鏡のもっとも重要な応用分野は生体観察（water window 領域での生きた細胞やその高次構造）とされていました。しかしながら、最近の応用分野としては、材料科学や物性（特に強磁性体、強誘電体、量子デバイス等）が重要になりつつあります。この理由のひとつは光電子顕微鏡の進歩ですが、生物学応用が想像したより遙かに困難であったことにもあると言えるでしょう。しかしながら、これは否定的に捉えるべきではなく、X 線

顕微鏡の応用分野が広がっていると考えた方が良いと思います。これと同時に X 線のエネルギー領域も変わりつつあり、従来の軟 X 線主体（特に water window 領域）から、硬 X 線（10 keV 以上）の比重が大きくなってきています。

## 4. 三次元、四次元計測

トモグラフィー（CT）に代表される三次元計測が X 線顕微鏡でも最早一般的なものになってきたようですが、今回の会議で印象的だったのは、さらにこれに時間軸を付加した四次元測定も行われるようになってきたことでした。物質の相転移や材料科学での破壊、変形等の観察が代表的な例です。二次元イメージングではナノ秒以下の高速現象の観察（例えば磁壁の移動の観察等）も行われていました。

## 5. 企業展示

これまでの X 線顕微鏡国際会議と比べてとき、今回の会議でもっとも画期的だったことは企業展示と言えるかもしれません。しかも多くの企業が、会議主催者側からの働きかけが無かったにもかかわらず、積極的に Vendor Exhibition に関する問い合わせをしてきました。これは、X 線顕微鏡が一部の単なるマニアによる好事的研究から、多くのユーザーや応用分野が期待される実用技術に成長してきたことを意味しているのではないのでしょうか。例えば、半導体微細加工を応用した FZP に関しては、NTT-AT（日本）、Silson（英国）、X-radia（USA）の三社が商業ベースでの光学素子の開発販売をアピールしていましたが、驚くべきことに、すべての会社が製品レベルで最外線幅 50 nm（空間分解能 50 nm 相当）の FZP を発表していました。すなわち、最先端の X 線光学技術が研究所の中に秘匿されておらず、（もちろんけっして安いものではありませんが）誰でも手に入れられる状況になって来ているのです。これは、いままでの X 線顕微鏡の装置開発の歴史の中で特筆されるべき状況かもしれません。

なお、本会議のプロシーディングは物理系学術誌刊行会協会（IPAP）から Conference Proceeding Series として 2006 年初頭出版を目標として編集作業中です。詳しい内容はこのプロシーディングをお待ち下さい。

次回の XRM は、この国際会議の慣例である参加者全員による投票の結果、Swiss Light Source の主催で 2008 年に Zolich で開催されることになりました。