

■会議報告

2nd US-Japan Workshop on Synchrotron Radiation and Nanoscience 報告

木村 滋 (高輝度光科学研究センター ナノテクノロジー総合支援プロジェクト推進室)
 大島行雄 (高輝度光科学研究センター 企画室)

表記のワークショップが2005年4月4-6日の3日間にわたり、アメリカ、サンディエゴのHumphrey's Half Moon Inn & Suitesで開催された。本ワークショップは、昨年、JASRI主催により東京で開催されたワークショップに引き続き開催されたもので、放射光が重要な役割を果たすべきナノサイエンス分野の最新の研究について、日米双方の研究者の情報交換、討論の場を提供することにより、日米共同研究に発展させることが目的となっている。ワークショップの講演はすべて招待講演で構成され、7つのセッションで合わせて40件の講演があった。ここでは、その一部を紹介させて頂く。

ワークショップ初日、チェアであるUCSD/LANLのS. K. Sinha氏による開会挨拶に引き続き、セッションが開始した。セッション1: Imaging and Coherent X-raysでは、第三世代、第四世代の放射光光源の特徴であるコヒーレンスを利用したナノテクノロジー研究についての発表が行われた。UCLAのJ. Miao氏は、3Dコヒーレント回折顕微鏡法とそのナノサイエンスへの応用について講演した。この講演では、コヒーレント回折パターンからイタレーションプロセスにより位相を回復する手法を分かりやすく説明するとともに、そのナノサイエンスへの応用として、SPring-8の1 km ビームラインやコヒーレント電子線を使った測定について報告した。コヒーレント回折法の利点は非結晶性のものの3次元構造を決定できることであり、SPring-8を使った実験では、GaN ナノドットや大腸菌の3次元構造を観察した例を、コヒーレント電子線を使った実験ではカーボンナノチューブのカーボンケージを十分な分解能で観察できていることを紹介した。SSRLのJ. Lunig氏は、ナノスケール・レンズレス・イメージングのためのX線ホログラフィーに関する発表を行なった。彼らは、リソグラフィーによって1.5 μm 径のサンプルアパーチャー(ホルダー)と100 nm 径のピンホール(参照ビームを得るために使用)を隣接して配置したマスクを作成することにより、50 nmの空間分解能でのイメージングを達成していた。この手法はサンプルアパーチャーの後ろに成長できるものであればどんな試料にも応用できる。また、現在SSRLで開発が進められているX線自由電子レーザーを使えば、この手法により単X線レーザーパル



講演会場 (Marina Ballroom)

スでナノメータスケールのイメージングが可能であるという試算を示した。

セッション2: Nanostructured Magnetism and Electronicsでは、最初にUCSDのI. Schuller氏が、最近注目されるスピントロニクス材料について、主に放射光と中性子利用した評価技術に関するレビューを行った。Coナノ粒子の輸送特性、多孔質アルミナを用いたパターンド磁性体、強磁性/反強磁性界面の交換結合、超伝導ボルテックスのピンニング、トンネル磁気抵抗薄膜などに関する研究を次々と紹介した。JASRIのM. Suzuki氏はBL39XUの成果として、通常は反磁性をもつAuが粒径2 nm以下のナノ粒子になると超常磁性特性をもつことを硬X線MCDの元素選択性を活かして証明した例を紹介した。また、BL25SUの成果として、Au(788)ステップ基板上に蒸着したFeの1次元原子列ワイヤーの磁化を軟X線MCDによって超高感度測定した結果を示した。

セッション3: Nanoparticles and Nanostructuresではナノサイズの微粒子や構造に関する講演が行われた。Georgia Tech. Univ.のU. Landman氏からは、ナノスケールでの物質の特徴に関するレビューが行われた。物質をナノスケールまで小さくすると全く異なる物性が得られる例として、自己組織化や自己選択性などの現象を説明した。また、Niの針をAu表面に接触した場合に起こる

ナノ・インデンテーションのダイナミクスを分子動力学法によるシミュレーションにより予測した結果を示し、その興味深いメカニズムについて報告した。PF/KEKのH. Sawa氏からは、開籠構造のフラーレンC₆₀の内部にH₂分子やArガスを封入し、その構造をPFでの粉末回折による構造解析とマキシマムエントロピー (MEM) 法により決定した結果が示された。水素分子やArがC₆₀内部に閉じ込められた様子がMEMによる電子密度マップによりはっきりと観察でき、放射光による粉末回折の有効性が分かりやすい形で示された発表であった。

ワークショップ2日目は、セッション4: Strongly Correlated Systems and Superconductors で始まった。まず、東北大金研のH. Fukuyama氏により、分子性固体の多種多様な電子物性がハバード模型を用いて系統的に理解できることが示され、遷移金属酸化物と同様の強相関電子系であることが紹介された。BNLのS. Shapiro氏は、「マルテンサイト変態はSrTiO₃とそっくりか?」と題して、形状記憶合金Ni₂MnGaと強誘電体SrTiO₃のフォノン分光の結果を報告した。講演のはじめに、形状記憶合金製のバネをライターの火であぶって固めてしまうデモンストレーションを行い、聴衆を惹きつけていた。Ni₂MnGaの中性子回折では、マルテンサイト変態が起こる温度近傍でのソフトモードフォノンと、それ以下の温度での格子歪みとのカップリングが観測され、相転移近傍でのフォノンの振る舞いがSrTiO₃と「そっくり」であることを指摘した。阪大産研のH. Tanaka氏は、室温でのスピントロニクスデバイスとして期待されるMnペロプスカイト酸化物薄膜の電子状態を、バルク敏感な硬X線励起内殻光電子分光によって明らかにした。(La_{0.85}Ba_{0.15})MnO₃薄膜の内殻光電子スペクトルには、強磁性の発現に關する電子状態の変化が敏感に反映されていた。これらの結果は試料の表面処理なしに得られたものであり、硬X線励起の内殻光電子分光がナノデバイスの評価に適していることが強調された。

セッション5: Small Angle X-Ray Scattering ではナノサイズの粒子サイズの決定に威力を発揮する小角散乱 (Small Angle X-ray Scattering; SAXS) に関する発表と集光ビームを形成するためのキノフォームレンズに関する発表が行われた。最初に、CHESSのD. Smilgies氏により微小角入射小角散乱法 (Grazing-Incidence Small Angle X-ray Scattering; GISAXS) について解説が行われ、GISAXSが薄膜のナノ構造の評価に簡便で有効な方法であることが示された。研究例としては、ブロック重合体ポリマー薄膜の多様なメゾ・フェーズについて調べた結果が示された。このセッションの最後の講演者であるNSLS/BNLのK. Evans-Lutterodt氏は、上記の発表とは趣異なる、キノフォーム・レンズによる硬X線集光についての発表を行なった。キノフォーム・フレネル・レンズは理想的には効率が80%にも達する集光素子である。講演者らは微細加工技術により1次元のシリコン製キノフォー

ム・フレネル・レンズ (11.3 keV 用) を作製し、その現状を報告していた。NSLSのミニポールアンジュレータビームラインでの測定では、ビームサイズ0.6 μm、集光効率約60%とのことであった。現状の1番の問題点はレンズの厚さが80 μmしかないことであり、これがもう少し厚くできれば、非常に将来性の有る集光素子ではないかと感じる発表であった。

3日目はセッション6: Molecular Nanoscience and Low-Dimensional Systems で始まった。このセッションではナノ分子や低次元システムに関する研究が発表された。Univ. of Wisconsin MadisonのF. Himpsel氏は、Siのステップに自己組織的に形成できるAu鎖について、シンクロトロン放射光を利用した角度分解光電子分光法によりバンド分散とフェルミ面を求めた結果を紹介した。Si(553)とSi(557)上にAu鎖を形成した場合、ステップ幅が異なることにより次元性が異なることなどを発表した。PF/KEKのK. Ono氏は、SPring-8で開発している硬X線を使った光電子顕微鏡 (Photoelectron emission microscopy; PEEM) によるイメージングとナノXAFSについての研究について発表した。硬X線をPEEMに使うことにより、集光X線光学系を使うことなく40 nmの空間分解能で元素選別的なコントラストが得られること、200 nmのCo膜に埋もれたAuのナノ構造がはっきりと識別できることなどを報告した。また、エネルギーを変化させながらPEEM測定を行なうことでナノXAFS測定ができることなども示した。

ワークショップ最終日である3日目の午後からは、最後のセッションとしてセッション7: Excited States and Time Dependent Phenomena が行われた。JASRIのM. Takata氏が、主にSPring-8の放射光を用いた粉末回折法とその解析事例について紹介した。電荷移動有機錯体では、金属絶縁体転移に伴う電子密度レベルでの構造変化を示した。また、光励起下での電子密度解析の成功例としてスピントロニクスオーバー錯体の結果を報告した。最後には、光励起構造のダイナミクスを明らかにするためのプロジェクト研究について触れ、日本の時間分解回折法の現状について述べた。NSLS/BNLのD. A. Arena氏は、最高3 GHzの繰り返し周波数でのポンプ&プローブ法による時間分解X線磁気円二色性を紹介した。この手法を、強磁性合金に適用した結果についても報告がなされた。

晴天続きの美しいサンディゴの景色を横目で眺めながら、朝8時半から夜6時まで講演が続くという非常にタフなスケジュールではあったが、日米の放射光を利用したナノサイエンス・ナノテクノロジーに関する最新の研究が網羅され、非常に有意義なワークショップであった。閉会の挨拶でチェアの1人であるJASRIの壽榮松氏が、「是非次回もサンディエゴで」と締めくくっていたのが象徴的であった。なお、会議のプログラムなどの詳細は、<http://srnano.ucsd.edu/>を参照して頂きたい。