

## ■ 会議報告

### 非弾性 X 線散乱国際会議 (IXS2004) 報告

櫻井 浩 (群馬大学, 工学部)  
小林寿夫 (兵庫県立大学, 理学部)  
石井啓文 (台湾ビームライン, SPring-8)  
櫻井吉晴 (高輝度光科学研究センター, SPring-8)

2004年9月19日から9月24日の間、米国 Argonne 国立研究所 APS セミナーホールにて非弾性 X 線散乱国際会議 (IXS2004) が開催された。開催期間中は好天に恵まれ、敷地内では初秋の気配がしていた。日本からの参加者は時差のため早く目覚めてしまうためか、早朝のジョギングを楽しんでいる人もいた。エクスカージョンでは川に沿ったシカゴの街のクルージングで、個性ある高層ビルの街並みを解説付きで楽しむことができた。そのままナイトクルージングパンケットとなり、ミシガン湖からシカゴの美しい夜景を楽しみ、スピーチでは Gibson APS 所長によるピアノを弾きながらのジャズについての蘊蓄話は印象的であった。

非弾性 X 線散乱国際会議のシリーズは、1993年クラクフ (ポーランド) で開催された「高分解能コンプトン散乱によるフェルミオロジー」ワークショップに始まり、東京 (1995)、モントーク (米国, 1998)、ハイッコ (フィンランド, 2001) と続き、今回が5回目になる。この約10年間に会議のスコープは拡大し、全ての非弾性 X 線散乱を含む国際会議に発展してきた。今回は、2007年、日本の関西地区で開催されることが決まっている。

さて、肝心の IXS2004 であるが、参加者は125名、そのうち日本の大学、放射光施設から約20名、米国から約60名、欧州から約40名であり、開催地が米国であることを考えると国際的なバランスが保たれた健全な国際会議であった。実験手法で分類すると、口頭・ポスターを含めた発表数では共鳴非弾性 X 線散乱の43件が最も多く、この分野の発展が著しい。また、コンプトン関係は24件、高分解能非弾性 X 線散乱は22件、核共鳴非弾性散乱は15件の発表があった。会議は、W. Schuelke (Dortmund 大学名誉教授) による IXS2001 と IXS2004 の間における非弾性 X 線散乱研究の総括に始まり、D. Momcton (MIT) による FEL 光源を用いた非弾性 X 線散乱の将来展望で幕を閉じた。

以下に、各実験手法別でまとめることにする。

「共鳴非弾性 X 線散乱」は第3世代放射光施設の成熟ともない、実験技術、理論の両面で大きく発展してきた測定手法のひとつである。物性研究を行う上で100 meV 程度の分解能を必要とするが、硬 X 線で130 meV (J. Hill) や70 meV (Y. Cai) の分解能達成が報告され、軟 X 線領域では200 meV (G. Ghiringhelli) の分解能が報告され



た。物性研究例として、1 次元銅酸化物におけるスピン電荷分離現象 (J. Hill), Mn 酸化物のエネルギギャップ (K. Ishii), Mn 酸化物におけるスペクトル変化と磁性との関連 (S. Grenier) などの報告があった。また、理論研究においても興味深いものがあった。例えば、Mott Gap 観測の理論 (S. Maekawa), 共鳴非弾性 X 線散乱による磁気円二色性の理論 (A. Kotani), 同散乱で観測される相関関数についての理論 (J. van den Brink) などがある。今回の会議では100 meV の分解能で十分測定可能であることが示され、次回の会議までにはより詳しい物性研究手法として発展が期待できるという印象であった。

「コンプトン散乱」では、第1回会議のテーマとして取り上げられフェルミ面マッピングが今回の会議で実を結んだといえる。N. Shiotani (KEK) は NiAl と CuAl のフェルミ面形状を実験的に導き、ネスティングによるマルテンサイト変態や長距離秩序出現を議論した。その他、 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  と  $\text{BaKBiO}_3$  (N. Hiraoka), PdHx と V Dx (Y. Sakurai) のフェルミ面研究が紹介された。磁気コンプトン散乱では磁性電子の波動関数を直接測定できる利点を活かし、Mn 酸化物の Mn3d 軌道の物理 (A. Koizumi), Co/Pd 磁性多層膜におけるマクロな磁気特性とミクロな Co3d 軌道の関係 (H. Sakurai) が議論された。また、水溶液中のコンプトン散乱実験 (K. Hamalainen) は生化学反応の電子状態の直接観測につながる可能性があり、今後の

発展が期待される。また、理論として、電子多体効果を取り込んだ波動関数の精密化によって、実験結果を説明できる (B. Barbellini, Y. Kubo) ことが報告され、コンプトン散乱が波動関数の精密な測定手段であることが示された。

「高分解能非弾性 X 線散乱」は分解能数 meV で格子振動を測定する手法としてはほぼ確立されたと言ってよい。液体のダイナミクス、非晶質で観測されるボゾンピーク、固体のフォノン分散の実験例が紹介された。前回までは、液体の研究が主流であったが、今回の会議では固体のフォノン分散測定が増えてきた。MgB<sub>2</sub> のコーン異常の観測 (A. Baron) や電子格子相互作用 (A. Shukla)、高温超伝導酸化物のソフトニング現象 (A. Baron)、アクチノイド金属のフォノン分散 (M. Krish) など興味深い物性研究が報告された。液体関係では、液体水銀の金属・絶縁体転移に関する研究 (M. Inui) が興味深かった。膨張した水銀において速い音速の存在が実験的に示され、金属・絶縁体転移近傍で原子サイズ及びサブ・ピコ秒スケールのふらつきが起こる可能性が議論された。

「核共鳴非弾性散乱」は、開催地がアメリカということもあり、バイオ・タンパク質関係の講演 (T. Asthalter, J. T. Saga, F. G. Parak, S. P. Cramer) が半分を占めていた。核共鳴散乱の元素選択性を利用し、中性子非弾性散乱やラマン分光の結果と比較することにより、振動モードを実験から特定するなど、興味ある講演であった。日本で

も、この分野での利用者の拡大が望まれることを痛感した。一方、固体では非晶質 Fe 基薄膜のフォノン状態密度の組成依存性の講演 (W. Keune) があった。また、放射光の高輝度特性を活かした高圧力下の測定が、地球科学分野で注目されている FeS (H. Kobayashi), Kr (J. Zhao) の講演があった。FeS については圧縮率とフォノン状態密度から電荷圧縮率を実験的に求められた。また、<sup>87</sup>Kr の高圧力下での核共鳴非弾性散乱は初めての試みであり、理論計算との比較が行われた。また、APS では、DAC を用いた高圧力下で、X 線発光分光、共鳴非弾性 X 線散乱、核共鳴非弾性散乱の測定が行える新ビームライン建設の発表 (M. Y. Hu) があった。

W. Schuelke 氏が講演で強調したように、この3年間、非弾性 X 線散乱は順調に発展してきた。特に、共鳴非弾性 X 線散乱の進展は目を見張るものがあった。サイエンスとしては Mn 酸化物などの強相関係物質の物理がトピックスとしてあがっていたが、バイオ関連物質への応用も今後大いに期待される。また、P. Abbamonte 氏のアト秒分解能での電子イメージングの可能性や D. Moncton 氏が最後の講演でまとめた FEL の可能性など、非弾性 X 線散乱はますます発展していくであろう。2007年、日本で IXS2007 が開催されるが、これまでにどのような発展があるか楽しみである。