

■会議報告

ナノスケール分光およびナノテクノロジー国際会議 (NSS-8) 報告

齋藤 彰 (大阪大学大学院 工学研究科, 理研 SPring-8)

NSS-8 (8th International Workshop on Nanoscale Spectroscopy & Nanotechnology) は2014年7月28日-31日, シカゴ大学 Gleacher Center で開催された。本会議は「日伊二国間セミナー (日本学振興会)」の支援により第1回 Trieste (伊2000年), 第2回東京 (2002年) で開催された後, 日米欧間の隔年開催で発展してきた。第3回は Washington D.C. (米2004年), 第4回 Rathen (独2006年), 第5回 Ohio 大 (米2008年), 第6回神戸大 (2010年), 第7回 Zurich (スイス2012年) で開催されている。

今回は米国 Argonne 国立研究所 (ANL) と Ohio 大 Nanoscale and Quantum Phenomena Institute (NQPI) の支援下で行われた。参加者は14ヶ国から約100名, 基調講演4件と招待講演24件を含み, 密度の高い会議となった。特に, 異なる手法間の研究交流はもちろん, 芸術と科学の融合など異分野連携も含み, 分野の広がりを感じた。従来の NSS 同様, SPM (走査型プローブ顕微鏡), 放射光, TEM, 各種ナノビーム技術, 蛍光分光など種々のナノスケール分光技術のほか, その組み合わせに多くが割かれた。参考までにセッションを列挙すると, プログラム順に2次元ナノ構造, 放射光 SPM, ナノバイオ, TEM, 放射光技術, ナノ加工, 太陽電池/分子プロセス, ナノ磁性, 分子/STM, ナノ粒子, ナノ光学, STM マニピュレーション, 圧電&新機構, ナノ超伝導, 分子マシン, である。メイン会場には6Fの講堂を当て, その横の広い空きスペースにポスターと企業展示を常設し, 休憩時間もそこで議論ができるよう工夫されていた。また各日程の午前中前半 (数件) と最終日を除き, ほとんどは3F会場と平行で実施された (時間的に重複した講演が聴けず, この点だけは唯一, 不便を感じた)。

会場で1つだけ補足すると, Gleacher Center はビジネススクールの施設であるが (シカゴ大はフェルミや南部陽一郎など物理学の伝統に加え, むしろ経済学で著名), 6F中央の廊下壁面には「本学に在籍したノーベル賞受賞者」が1人1額の額装ですずりりと並び (90名), 現代科学史の教科書の様相を呈しており圧巻であった (写真1)。

猛暑の日本とは対照的に冷夏で肌寒いほどの気温の下, 28日 (月) 朝8:15, NSS-8 組織委員長 Saw. W. Hla 氏 (Ohio 大, ANL) による挨拶と副委員長 V. Rose 氏 (ANL) による前説を皮切りに, 研究発表と討論が始まった。全日とも基調講演で始まり (日に1件), 引き続いて数件の招待講演が合同セッションで行われ, 午前中の後半



写真1 Gleacher Center 外観 (手前のシカゴ川を通る船から撮影) (上) と, 会場入口壁の「本学同窓ノーベル賞受賞者」パネル (下)

からは, 多くの招待および一般講演が平行形式で夕方まで行われた。また28, 29日の夕方1時間強は, ポスター発表にあてられた。ポスターは13件で, 両日にわたり貼り続けられた。比較的少数ながら元気な若手が多く, 上述の通りメイン会場横で, 飲物や軽食も提供されて2日目の終了時間まで人が絶えず, 会場のあちこちで十分な議論ができてメリットは大きかった。

まず1日1件の基調講演を簡単に紹介する。初日, Hamburg 大の R. Wiesendanger 氏はスピン偏極 STM の開拓者・トップランナーとして名高いが, 当該分野の応用に至る先端的な一連の結果を示した。特に2次元系の磁性, 中でも界面固有の対称性に基づくトポロジカル物性の一例である skyrmion に焦点が当てられた。幅広い本紙読者のため若干の補足説明を許して頂けば, もともと skyrmion は外場に対する核子の特徴的な挙動 (共鳴など) をその対称性に基づき (トポロジカルに) 議論するバリオン物理学の話であったが, 最近では「複数スピンが作る渦構造の粒子的な挙動」を有効に記述できる。講演ではスピン



写真2 メイン会場（この横がポスター会場にもなった）（上）と集合写真（下）

軌道相互作用の大きい基板上で形成した単層金属（たとえば Ir(111) 上 Fe）の 1 nm スケール skyrmion を安定化した上で、温度特性も精査し、さらにその 0, 1 データ記録への応用例（微小さと低エネルギー制御が利点）を中心に、豊富で美しい画像で紹介された。一方、2 日目はスミソニアン学術協会の R. Vicenzi 氏が、近年脚光を浴びているナノ分析技術の美術・文化遺産への応用として、初期（19 世紀）銀塩写真の例を紹介した。APS との共同研究で FIB や STEM、蛍光 X 線分析を用い、新たに判った Au ナノ粒子の役割や、硫化物の腐食機構から長期保存への足がかりについて述べた。3 日目は東大・理研の川合眞紀氏による講演で、非弾性トンネルを用いた単一分子の振動励起と緩和に基づく分析・制御（反応と駆動）から始まり、理論との詳細な対応、さらに基板との相互作用による分子スピン状態（Fe フタロシアニン（Pc））の変化、近藤状態のサイト依存性、等についての報告が行われた。最後の基調講演は ANL の E. Littlewood 所長が行った。ANL については米エネルギー省の方針として、「ナノ科学」と「エネルギー戦略」との結びつきについて、数多くの論文を引用して幅広く俯瞰した話題を提供し、最後は R. P. Feynman の「Plenty of room at the bottom」を捻って「Plenty of need at the top」という落ちにつなげていた。

招待講演のうち、パラレルでなく上記の会場で行われた合同セッションでは初日、Lund 大（Sweden）の L. Samuelson 氏が主に III-V 族による半導体ナノワイヤについて、作製（自己組織的な形成）と応用の両面で総括した。応用は多様であり、量子効果に基づく電子・光工学はもち

ろん、生命科学（細胞の動的過程など）への応用や、期待の大きい分野として光エネルギー分野に焦点が当てられた。Fritz-Haber 研究所（Berlin）の M. Wolf 氏は、時間分解 2 光子光電子分光に基づき、ZnO 上の水素および有機分子吸着による界面電子構造への影響について述べた（ピコ秒の励起子形成-緩和過程）。また TERS（探針増強ラマン分光）による Au 上 GNR（グラフェンナノリボン）の観察結果も報じた。2 日目 ANL の A. Hoffmann 氏はスピントロニクス、特に「電流共存下での（実用上、重要）」スピン波・スピン流の制御法に注目し、スピンホール効果を介する方法（Pt/YIG の 2 重層を利用）と、電流起因のエルステッド磁場によるもの（多重スピン導波路のスイッチングや制御）を紹介した。またスピン波検出法でも、電圧による手法（異常ネルンスト効果による局所熱電効果で生じる電圧）などホットな話題を提供した。Paul Scherrer 研究所（放射光部門）の T. A. Jung 氏は、金属表面上のスピン超分子化学について報告した。金属内包有機分子（Mn, Fe, Co 等を含む Pc やポルフィリン）の自己組織複合体が創発的に固有のスピン配列を形成すること、さらに分子付加や外場によりスピン配列制御やスイッチングが可能なことを、光電子分光や吸収分光、トンネル分光 (STS) で示した。3 日目は基調講演以外すべてパラレルで、4 日目に K. J. Franke 氏（Berlin 自由大）は、Pb 単結晶が持つ Fermi 面 2 種（s-p, p-d like）由来の 2 種の超伝導ギャップに注目し、極低温 STS で欠陥周囲を精査し、両ギャップの違いから両フェルミ面の違いを検討して、スピン励起状態の長寿命化への可能性を述べた。さらに有機錯体を成す単原子（Fe）について、Fe 周囲の分子形態を温度制御で改変しつつ、やはり STS を用いて基板（Au）との磁氣的相互作用が変化する様子を、近藤共鳴スペクトル変化から観測した。

パラレル会場でも招待・一般講演を問わず、数多くの印象深い発表が行われた。バイオのセッションでは（残念ながら筆者の座長執務中にパラレルで行われたものが多い）、高空間分解の蛍光 X 線や STEM、またトモグラフィ（位相コントラストや蛍光）による最新の成果（医学利用としての新知見）に加え、顕微観察ツールとしてのマテリアル開発（プローブ用の TiO₂ や Fe₃O₄ ナノ粒子、SiC など用途に応じて）のアプローチが発表された。

全体の傾向として、手法では、電子放出に基づく分光に比べて SPM の比率が高く、また観察対象ではスピントロニクス・磁性との関係も含めて有機分子を指向したものが多かった。超伝導（ナノ・低次元）も 1 セッションを占め、エネルギー軸だけでなくスピン軸と絡んだ分光が多い印象である。ナノ超伝導では STM が主体の Hla グループが目を引き、また分光に格好の材料を提供するグラフェン関連も目立った。たとえば S. Heun 氏（NEST, 伊 Pisa）は今回、専らグラフェン中の水素貯蔵に特化した講演を行い、また J. W. M. Frenken 氏（Leiden 大）は金属上のグ

ラフェン CVD 成長を高速 STM で記録し、欠陥・格子不整合の重要な役割を美しい動画で示した。また筆者を含む放射光 SPM の講演が探針技術を含めて 6 件と活況であり、光 STM では筑波大の重川秀実氏がパルスレーザー励起によるフェムト秒時間分解 STM に加え、円偏光と組み合わせたスピン計測（超高速スピンドYNAMIX 顕微鏡）の進展を報告した。STM 以外のナノイメージングも魅力的で、たとえば阪大の高橋幸生氏はコヒーレント回折顕微鏡法による Au/Ag ナノ粒子断面像（Au と Ag を分離）に加え、SACLA (XFEL) での電子密度投影像観測についても報じた。また基調講演を務めた川合真紀グループ、理研の金有洙グループによる分子トンネル分光も多数報告され、ナノ超伝導では東大物性研の長谷川幸雄グループ、ほかに NSS-6 チェアの一人である山本直紀氏（東工大）の STEM-CL（カソードルミネッセンス）による表面プラズ

モン顕微鏡観察など、日本の貢献も大きかった。

30日夕刻からは、参加者の交流と親睦を深めるため、ミシガン湖のディナークルーズが催された。湖岸の花火大会に日時を合わせており、夏の夜の美しい眺めを船上から多くの参加者が堪能した。最終日の31日は、午前中の基調・招待・一般講演で全プログラムを終え、引き続き閉会セッションとなった。NSS-8 委員 S. Heun 氏により本会の概要がまとめられ、最後に S. W. Hla 委員長と V. Rose 副委員長により総括と閉会挨拶が行われて全日程を終了した。なお次回第 9 回の開催地は順番から日本が順当であるが、韓国の可能性も含みを持たせて紹介された。いずれにせよ日韓いずれか近場での開催が決定し発表されたこともあり、2年後の当該分野の発展とともに、充実した会議になることを期待したい。