

■ 会議報告

ICSOS-11 会議報告

白澤徹郎 (東京大学物性研究所, 科学技術振興機構さきがけ)

第11回表面構造国際会議 (11th International Conference on the Structure of Surfaces) が7月21日から5日間、イギリスのコヴェントリーで行われた。コヴェントリーはイギリス第2の都市 (マンチェスターという意見も多いのだが) であるバーミンガムに隣接し、20世紀初頭には自動車産業の中心地として栄えた都市である。また、Godiva チョコレートのシンボルマークであるゴダイヴァ夫人の逸話の舞台となったことでも有名である。会議の excursion で訪れたウォーリック城や、コヴェントリー大聖堂、コヴェントリー交通博物館 (入場料無料だが展示品は充実!) など見所があり、なんと言っても古くから残る町並みがとても美しかった。パブでからまれたオーストラリア人に、ここは何もなくつまらないか? と言われたことや、会議の参加者が列車で相席したイギリス人に、コヴェントリーより隣のバーミンガムに行きなさい。と言われたことを差し引いても十分に魅力のある街だと思う。会場は、市街地から約5 km 離れたウォーリック大学メインキャンパス中央付近にあるウォーリック芸術センターであった。市街地までの交通の便があまり良くなく、ほとんどの参加者が大学内の宿舎に泊まり寝食を共にした。会議もシングルセッションで行われたため、いつでも他の参加者と共通の会話をできる環境であった。

ICSOSは1984年から3年ごとに開催されている。11回目となる今回は、15件の招待講演、52件の口頭発表、75件のポスター発表が行われた。筆者は初めて参加した第8回目の会議で Young Scientist Prize なる賞をいただいた思い出深い会議であり、今回が3度目の参加であった。本会議のスコープは表界面構造の原子/ナノスケール構造決定と、これに関する物理・化学特性である。特に新しい実験手法や構造解析法の開発と発展には重きが置かれている。走査プローブ顕微鏡に関する話題も多く見られたが、以下では回折・散乱法を中心に筆者が印象深く感じた講演について紹介する。

本会議の主要な組織委員が低速電子回折 (LEED) のパイオニア達ということも関係してか、今回の会議でも主役となった手法は LEED であった。M. S. Altman 氏の招待講演では低エネルギー電子顕微鏡 (LEEM) を用いた空間分解能100 nm 程度の顕微 LEED の報告が行われ、Ru や Ir 表面上のグラフェン格子がシート内でわずかに配向分布をもつ様子や、薄膜試料の量子化準位への遷移を利用

して、薄膜内部の格子間隔、欠陥、界面層間距離を導出する方法が示された。R. D. J. Miller の時間分解電子線回折の講演は圧巻だった。フォトカソードを用いた高輝度短パルス電子銃の開発においては、高周波加速によって約3 MeV の相対論的エネルギーまで加速することで、パルス幅7フェムト秒、空間コヒーレンス30 nm が達成され、実験室でシングルショットのフェムト秒時間分解測定が可能になったと報告された。これにより TaS₂ の電荷密度波転移が形成する過程や、有機分子結晶の光誘起相転移における分子運動の素過程が動画として示され、観衆を魅了していた。虻川匡司氏からは反射高速電子回折 (RHEED) パターンから作成した3次元 Patterson マップによる、Si (111) 表面上のインジウム層の原子配列決定の報告があり、重元素配置をモデルフリーに決定する強力な方法として示された。今回も LEED 表面構造解析の報告が多く見られた。測定・解析法が成熟してルーティン化したことや計算機能力の向上によって、ここ10年くらいでだいぶ解析の確度が高くなったことを改めて感じた。

放射光を用いた方法では、表面 X 線回折 (SXRD) 法による固相界面、固液界面、雰囲気中での触媒反応などの電子ではアクセスできない表界面についての発表が行われていた。筆者等は波長分散 X 線を用いた新しい SXRD 法の開発と応用について講演を行い、従来の単色法に比べて飛躍的な高速測定が可能になったことを報告した。少なくとも SXRD 関係者には良い反応をいただいたように思う。その他には、X 線定在波 (XSW) 法の講演があった。全反射領域で入射角を変化することで定在波の周期を変化させ、イオン液体層やその上の吸着分子位置を決定する方法について、R. G. Jones 等のグループから2件の報告があった。また今回の local chair である P. Woodruff からは、準結晶表面上の吸着構造における XSW の応用の話があり、従来の解析法で得られる情報とその適用限界が報告された。また、松井文彦氏からは光電子回折の報告があり、円偏光 X 線を入射して放出される Auger 電子に X 線の角運動量が授与され、Auger 電子回折に円二色性が生じることが示された。X 線磁気円二色性測定と同時に行うことで、特定磁性元素の局所構造解析と磁気情報の同時抽出が可能になるという、非常に興味深い話であった。

日本からは上記の講演の他に、高エネ研低速陽電子施設と原研のグループによる反射高速陽電子回折 (RHEPD)



左上：会場となったウォーリック芸術センター。左下：バンケットの様子（写真提供：KEK 和田健氏）。右：今回から新しく導入された会議ロゴ入りのTシャツ。

の口頭発表が4件あり、注目を集めていた。RHEPDは表面分析で広く用いられているRHEEDの陽電子版である。同グループは線形加速器を用いて、従来の放射線同位元素による陽電子線源よりも10倍以上明るい世界最高強度の陽電子線ビームを作り出し、RHEPD実験に用いている。兵頭俊夫氏から歴史的経緯も含めた方法論全般についての話があり、和田健氏からはKEK陽電子施設の陽電子ビームラインの紹介と高輝度低速陽電子ビーム生成法についての報告が行われた。深谷有喜氏と望月出海氏からは実際にRHEPDを用いた表面構造決定の報告がなされた。陽電子は電子と異なり表面で全反射が生じる。X線の全反射におけるエバネッセント波の侵入長が数nmなのに対して、陽電子の侵入長は1原子程度であるため、真に表面敏感な回折実験が可能であることが示された。この特性を利用した、入射角を除々に変えて表面から原子層を1枚ずつ解析する方法は非常に魅力的である。今のところ海外グループが参入する気配はなく、しばらくは同グループの独走状態が続くだろう。

会議のトリを飾ったのは、ICSOS Surface Structure prizeを受賞したKlaus Heinz氏の受賞講演であった。過去にはX線CTR散乱法のフロンティアであるI. K. Robinson（第10回）や、日本からはSi(111)-7×7表面構造決定の業績で高柳邦夫氏（第6回）が受賞している。

Heinz氏の主な受賞理由はTensor LEED法の開発と応用である。Tensor LEED法とは入力構造の動力学的散乱強度分布を1度計算して、これを元に摂動法によって原子位置を少し動かしたときの変化分を即座に計算する方法であり、構造最適化のスピードを飛躍的に向上させた。個人的には、当該分野ではX線構造解析の直接法に相当するほど重要な成果であると思っている。講演ではHeinz氏等の取り組みとこれまで決定してきた膨大な数の表面構造のうち1部が紹介された。10秒足らずで構造解析用のデータセットを取得してしまう迅速測定と、膨大なデータ量に裏打ちされる確度の高い構造決定は目を見張るものがあった。

今回もいくつかの発表で取りあげられていたように、トポロジカル絶縁体や、グラフェンやシリセンなどの原子層物質、電池材料や酸化物表面界面など、表界面が舞台となる新しい話題が次々と出てきており、物性の最も基本的な情報である構造にフォーカスしたこの会議は今後も重要性を失わないだろう。放射光表面分析に関して言えば、表界面原子層からの微弱な信号を解析するために高輝度・高強度光源から受ける恩恵は極めて大きく、SPring-8 IIなどの新光源の利用によって、コヒーレント表面散乱や時間分解測定などの応用があるだろう。これらの展開も含めて次回以降も活発な議論が行われることを期待したい。