

放射光のあゆみとともに ～放射光利用を通して感じたことから～

高橋敏男 (東京学芸大学研究員, 東京大学名誉教授)



3年余り前に定年を迎えたが、これまで主に X 線回折で表面界面構造に関わる研究に携わってきた。放射光学会は設立30周年を迎え、本年1月の放射光学会でも記念行事が催された。私自身もまさに放射光とともに歩んできたと言っても過言ではない。1972年に修士課程で菊田惺志先生のご指導のもと、X 線の動力学的回折過程で Si 単結晶から放出される光電子収量の視射角依存性を測定することから研究を開始した。今日では、X 線定在波法とよばれる方法である。幸いなことに、当時としては大出力の12 kW 回転対陰極 X 線発生装置を使うことができたが、それでもデータを蓄積するのに一週間以上を要した。

その当時すでに X 線領域の放射光が強力な X 線源として有望であるという議論がなされており、まもなく PF 建設計画が決まった。それを受けて、放射光利用の準備研究を意図した科研費特定研究 (1978-1981) で、X 線回折散乱実験に適した超高真空装置を設計製作する機会を頂き、1981年には装置を PF 実験ホールに搬入し装置の立ち上げを行っていた。X 線定在波法では精密な試料回転軸が必要になるので、簡便な回転軸でも測定が可能な表面 X 線回折実験から行うことにした。共同利用開始前の1982年には太田俊明先生のご厚意により BL11 で軟 X 線による回折実験を開始できた。その後、本格的な表面 X 線回折実験は BL10C で行った。当時は、X 線回折で表面 1 原子層からの微弱な回折スポットを観測できるか定かではなかったが、1984年には初めて回折スポットを観測することができた。今日、CTR 散乱と言われているものである。低速電子回折 (LEED) と同じように、波長走査モードで逆格子ロッドに沿った強度分布を測定した。そのため、放射光スペクトルの可能な限り広い波長領域を利用した。その後、AR-NE3 (1997年に BL15B2 に移設、2013年に閉鎖)、および SPring-8 BL13XU において精密な回転軸を有する本格的な多軸表面 X 線回折装置の建設に携わることができ、今日に至っている。これらの研究を通して、光源の進展の恩恵に浴び続けてきた。リングカレント増加、ライフタイム向上、高輝度化、真空封止アンジュレータなどはもちろんであるが、ユーザーにとっては top-up 運転は質的な変化をもたらした。

放射光を利用して特に感じてきたことは、光源と並んで、ビームライン光学系、検出器など下流側の重要さである。前述した表面 X 線回折の測定では、最初はシンチレーション検出器とスリットの組み合わせで行っていた。LEED と同じで、表面 X 線回折では、試料を回転しても回折スポットはほとんど強度変化せずただ移動するだけなので、位置敏感型の検出器があれば、試料を回転せずに信号をため込むことができる。当時、1次元 PSPC が利用できる唯一の検出器とあってよかったが計測系も含めるとかなり高価な検出器であった。幸いなことに、東大強力 X 線実験室から一式をお借りすることができた。リアルタイムで回折スポットを観察できるようになり検出器の威力を感じるとともに研究は大いに進展した。

一方、このような測定法でも逆格子ロッドに沿って 1 点ずつ測定するので、いずれにしても測定に時間

を要する。この点に関しては、2008年頃から故松下正先生と白色 X 線利用の湾曲結晶ポリクロメータを用いる多波長同時分散型の光学系を開発し、一度に逆格子ロッドに沿った広い範囲を測定できるようになった。今日では、時間分解測定ができるようになっている。この光学系の開発当初、位置敏感型の検出器として前述の1次元PSPCを使ったが、強いブラッグ反射の影響が広範囲にでてしまい、全く使い物にならなかった。その後、CCDでも試したが同様な理由で上手くいかなかった。最終的には、当時出始めのピクセル型検出器PILATUSを使うことで初めて観測可能になった。ここでも、リアルタイムで観測可能な最新型の2次元検出器の威力を改めて思い知らされた。このような経験を通して、光源からビームラインに供給されるフォトンのうち一体どの程度を有効利用しているのであろうか、もっと有効利用できるのではないかと感じている。今後、光源は言うまでもないが、光源下流側のさらなる工夫・開発を期待したい。

ふり返ってみると、信号が出るかどうかやってみないと分からない研究をいくつか手がけてきた。ノーベル賞受賞者間でも、0から1を創り出す研究と、1を10に発展させる研究のどちらに重点をおくべきか様々な意見がある。大学の研究環境もこの30年の間に大きく変わり、前者の研究を実施しにくい状況になってきている。放射光利用にあたっては、そのようなことにならないことを願っている。