

将来計画

「極短光パルスの利用研究」

足立伸一（KEK・PF）

今後 20 年の科学技術を牽引する大型研究施設はどのようなものであろうか。2003 年の米国エネルギー省 (DOE) による報告 "Facilities for the Future of Science, A Twenty-Year Outlook" (http://www.science.doe.gov/Sub/Facilities_for_future/facilities_future.htm) において、米国内外の 28 箇所の大型研究施設の新設または更新について優先順位付けが行われた。これによれば、第 1 位、2 位にランクされた国際熱核融合実験炉計画、最速スーパーコンピュータの開発について、第 3 位に、スタンフォード大学線型加速器センターの短パルス可干渉性 X 線光源 (Linac Coherent Light Source, LCLS) がランクされている。そのランク付けの理由が以下のように述べられている。

「元来 X 線は我々の骨や心臓、石油製品、爆発物や核兵器の部品 (!) にいたるまで、あらゆる物質を検査するために用いられてきた。しかし X 線にも限界がある。それは大強度・短パルス・可干渉性を持った X 線光源が存在しないために、たとえば結晶でないものの構造を決めたり、フェムト秒オーダーの速さで進行する化学反応をそのまま観察したりといった使い方に適用できないことである。」

いうまでもなく、相転移や化学反応が進行する時間スケールでの超高速ダイナミクス研究は 21 世紀の科学のフロンティアである。基礎科学としては光物性、量子エレクトロニクス、分子科学、化学、光生体機能にわたる幅広い分野にブレークスルーをもたらすと予想されており、応用としては光駆動スイッチ、光記憶素子、非線形光学素子、励起状態を制御した新物質開発などに貢献すると期待される。しかし今日までその測定手段として最も発展しているのは、良く知られているように近赤外から普通紫外領域の短パルス光を用いるものであった。これらの研究は殆どの場合励起光・検出光とも近赤外から普通紫外領域の光を利用し反応中間体・励起状態の可視吸収・発光スペクトルを得ており、価電子の励起や低エネルギー素励起を通して超高速現象を見ていることに対応する。もしこの測定方法を、より短波長の真空紫外から X 線領域に適用することが可能になれば、内殻励起分光や回折現象等を使って電子状態、電子密度分布のより直接的な情報が得られることになり、測定手法の量子的飛躍が起こるものと期待される。報告書は以下のように続けている。

「LCLS は世界初の短パルス可干渉性 X 線光源 (SASE-FEL) である。その大強度・短パルス・可干渉性を利用すれば、1 個のタンパク質複合体からの分子構造イメージングや、化学反応のリアルタイム可視化が可能となり、物質科学、生命科学分野に新たな領域を切り拓く。」

PF の将来計画としての新光源は、LCLS と同様にこれまで殆ど近赤外から普通紫外領域を使って行われて来た物質科学の動的研究を一気に真空紫外から X 線領域にまで拡げる可能性を有している。PF シンポジウムの将来計画セッションでは、今後の放射光利用の方向性として、サブピコ秒短パルスを使ったサイエンスの拡がりの可能性について議論したい。