

# 放射光 X 線による 100 ピコ秒時間分解研究の現状と フェムト秒時間分解実験への期待

足立伸一  
(KEK-PF)

## Current status of 100picosecond-resolved X-ray studies using synchrotron radiation and future prospects of femtosecond-resolved X-ray research

Shin-ichi Adachi  
(KEK-PF)

### <Synopsis>

100 picosecond-resolved X-ray experiments using synchrotron radiation sources are becoming general and powerful tools to explore structural dynamics of condensed matters in material and biological sciences. We have been exploring such capabilities of X-ray diffraction, scattering and absorption spectroscopy at 100-picosecond resolution at the beam line NW14A, PF-AR. The potential and limitation of the current method with 100-picosecond resolution forces us to pursue the femtosecond time resolution using the compact ERL. Based on our recent results, future prospects of femtosecond-resolved X-ray research will be presented.

### <要旨>

レーザー光科学の進展により、超高速フェムト秒ダイナミクスの研究分野は大いに発展しているが、X線領域における超高速ダイナミクス研究に限っていえば、これまでのところ適当な光源が少なく、ほとんど未開拓のままである。レーザーが主にカバーする赤外から紫外域は物質の価電子帯の励起に相当するのに対して、X線領域は内殻電子の励起エネルギーに相当し、またX線と電子との弾性・非弾性散乱過程を観測することにより、物質中の電子の密度分布や運動量分布をプローブすることができる。したがって、超短パルスX線光源が実現すれば、これまでのレーザー光科学では得ることのできなかつた情報、たとえば物質構造そのものの超高速ダイナミクスの直接観測、内殻励起過程のダイナミクス観測などが可能となり、その利用研究は基礎科学のみならず応用分野においても多くのブレークスルーをもたらすことが期待される。

さて、シンクロトロン放射光は加速器中の高周波電場によってほぼ光速まで加速され、かつ数センチほどの長さにバンチ化された電子群から放出される電磁波であり、元来電子バンチ長程度の時間幅( $\sigma \sim 50$  ピコ秒)を持つパルス光である。超短パルス X 線光源というには少しおこがましいが、サブナノ秒オーダー程度の時間分解実験には十分有用な短パルス X 線光源といえる。特に現在建設が進められている次世代 X 線光源の利用研究計画とも絡んで、パルス X 線の利用実験は近年世界各地で活発化しつつある。我々は高エネルギー加速器研究機構の放射光科学研究施設 PF-AR

を利用して、以下の表に示すようないくつかの測定系についてサブナノ秒分解 X 線実験を進めている。講演では、まず放射光を用いたサブナノ秒オーダーの時間分解 X 線回折実験の現状を報告し、その可能性と限界について述べる。さらに、その延長線上にコンパクト ERL において実現が期待されるサイエンス、X 線領域における超高速フェムト秒ダイナミクス研究への期待について述べ、以降の講演者の方々による話題提供のためのイントロダクションとしたい。

測定対象	測定手法	入射 X 線エネルギー	入射 X 線のエネルギーバンド幅	繰り返し周波数	入射光子数 photons/pulse	入射光子数 photons/sec
光反応性タンパク質結晶構造の光誘起ダイナミクス	X 線回折 (Laue)	~12keV	~10%	1Hz	$10^9$	$10^9$
レーザー誘起衝撃波圧縮による圧力相転移	X 線回折 (Laue)	~15keV	~10%	single shot	$10^9$	-
有機・無機単結晶中の分子の励起状態構造解析	X 線回折 (Bragg)	10-18keV	~0.01%	10Hz-1kHz	$10^6$	$10^9$
遷移金属酸化物の光誘起相転移	X 線回折 (Bragg)	10-18keV	~0.01%	1kHz	$10^6$	$10^9$
遷移金属化合物の光誘起化学反応ダイナミクス	X 線吸収分光	5-9keV	~0.01%	1kHz	$10^6$	$10^9$
溶液中の有機・無機化合物の光誘起化学反応ダイナミクス	X 線溶液散乱	15-18keV	~1%	1kHz	$10^8$	$10^{11}$