

特集号「時間軸でみる高輝度放射光/X線自由電子レーザー利用研究」企画説明

田中義人 (兵庫県立大学), 片山哲夫 (高輝度光科学研究センター), 久保 稔 (兵庫県立大学)

放射光の特長といえば、まずは波長可変性が挙げられ、特に短波長側の光源、すなわち X 線光源として、その威力を発揮してきました。加えて“パルスビーム”であることで、他の X 線源と一線を画しています。しかも、年々その輝度の向上がみられ、ついには X 線自由電子レーザー (XFEL) の出現に至って早10年になります。高輝度パルス X 線光源でこそ行える測定法として時間分解 X 線計測があります。静的な光計測では光で“もの”の形、あるいは状態を観察することに対し、時間分解計測の威力とは、対象物の“機能”がわかることでしょう。その魅力のわりには、放射光や XFEL を利用した時間分解 X 線計測が広く普及するのに時間を要している感が否めませんが、放射光が発見されて60年を迎え、ようやく一般的な実験としてなじんできたように感じられます。そこで、この度、放射光や XFEL で行う時間分解 X 線計測の特徴・特色を再認識、整理するとともに、放射光・XFEL の将来

を見据えたいとの思いでこの企画提案に至りました。

ただ一言で、“時間分解”と言っても、様々な時間スケールがあり、研究者にとってもその興味の対象が多岐にわたります。Fig. 1に放射光・XFEL 利用計測の時間分解能と対応する現象についてのイメージ図を示しました。上段の部分では、蓄積リングの放射光と XFEL で対応できる時間分解能と手法を表現しました。時間分解能は XFEL によって最高10 fs までをカバーできることがわかります。下段の部分には、主な研究対象を図示しました。高速の現象として原子・分子における電子励起過程から始まって、分子内振動過程、さらには固体の集団励起状態、電気化学反応、タンパク質のような複雑な分子の反応までその対象が広がっています。

本特集では、まず、企画者の一人である田中が、「時間分解測定法とその放射光 X 線・XFEL 利用実験への適用～本企画のイントロダクション～」と題して、放射光や

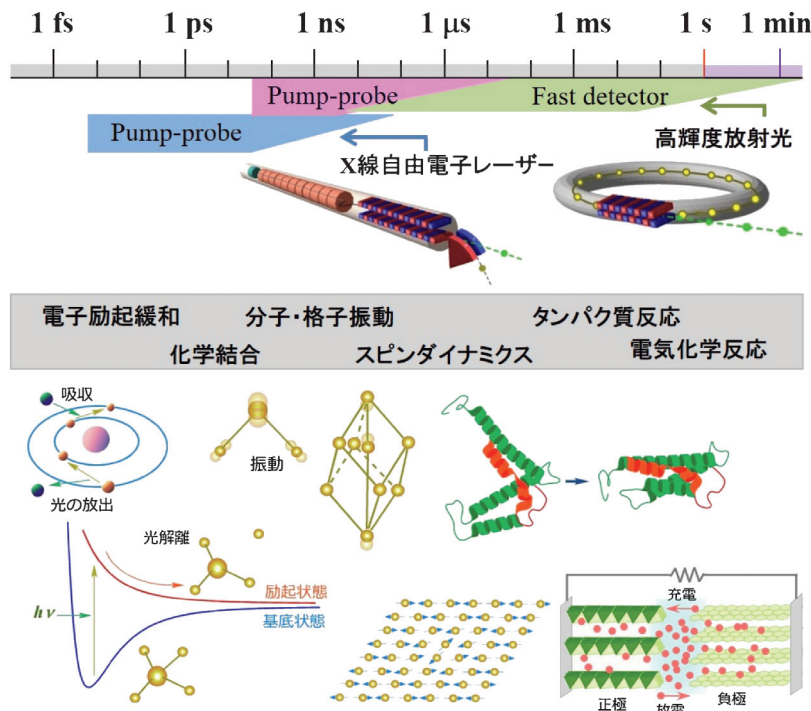


Fig. 1 (Color online) Time-resolution of measurement systems using synchrotron radiation and XFEL, together with the corresponding phenomena

XFEL を用いた時間分解計測法について概観します。それに続いて、素過程なる超高速ダイナミクスから化学反応キネティクスに至る幅広い時間スケールを意識しながら、放射光蓄積リングおよび X 線自由電子レーザー施設における時間分解 X 線計測について、それらの特徴を活かした研究を推進されている研究者に最近の研究を紹介していただくことにしました。以下に今回の特集の個々の内容をその掲載順に簡単に紹介します。

SACLA を用いたフェムト秒時間分解 X 線分光実験について、片山が「X 線自由電子レーザー SACLA を用いた超高速サイエンスの開拓 ～核波束振動を捉えるフェムト秒 X 線分光～」という題目で紹介します。続いて、SACLA を用いた研究例として、物質科学および構造生物学から、それぞれ一件ずつ掲載いたします。物質科学分野について超高压凝縮物性の研究を推進されている尾崎典雅氏（大阪大学）に「SACLA を用いた衝撃圧縮の研究 ～超高压・超高エネルギー密度における物質の振る舞い～」についてご紹介いただきます。一方、生命科学分野からは、「SACLA 時分割結晶構造解析による動的構造生物学研究 ～酵素反応の可視化に向けた分子動画～」について、久保が紹介いたします。

XFEL と蓄積リング放射光をうまく使い分けて異なる時間分解能で一連のダイナミクスについての研究を進められている内容を 2 件掲載いたします。一つめは、物性分野から、「SPring-8 と SACLA を用いた遷移金属化合物のダイナミクス研究 ～偏光 X 線パルスでみる光誘起磁気効果の超高速応答～」について、和達大樹氏（兵庫県立大学）より、二つめは、化学分野から、「先端放射光を利用した超高速溶液反応ダイナミクスの研究 ～MHz 繰り返しが可能にする高品質データ～」について足立伸一氏（KEK, PF）よりご紹介いただきます。

最後に、産業応用にもつながる機能を意識した研究の代表例として、「放射光を利用した蓄電池反応の時間追跡～時空間分解 XAFS によるオペランド計測～」と題して SPring-8 を用いた時間分解計測について雨澤浩史氏（東北大学）にご紹介いただきます。

本企画が、今後放射光や X 線自由電子レーザー施設にて、時間分解 X 線計測に取り組もうとお考えのユーザーや、新しい計測法や計測装置を模索されている施設の開発者の方々にとって参考になり、時間分解 X 線計測による新たな研究が加速されるきっかけになればと願っています。