

レーザーと放射光の融合で拓くサイエンス

電気通信大学 レーザー新世代研究センター

植田 憲一

いよいよわが国でもX線FELの研究が本格化する時代になった。1980年代の始め、相対論的電子ビームやエキシマレーザーの研究と平行して、自由電子レーザーの検討をした自らの経験からすると、非常に感慨深いものがある。1980年代に活発化した後、他のレーザーとの競合波長域で苦戦をしたFELが、本来のFELの場合、すなわちX線領域に到達して、新しい世界を開く時代になったのだと実感している。

自由電子レーザーは、媒質を持たず、しかも原子に拘束されていないまさに自由電子で発振するレーザーである。そのため、波長可変、高効率、高強度、超短パルスなどの原理的優位性を持っている。しかし、最大の原理的優位性は、物質を持つレーザーでは不可能なX線領域におけるコヒーレント光の発生ということだろう。その意味で、X線FELは長年待ち望まれたFELの本命である。

私が知らない間にXFELの研究は長足の進歩を遂げていた。フェムト秒、コヒーレントX線が発生できるという。しかし、今のところは、パルス内の電界まで制御された本当のコヒーレント光ではなさそうだ。狭帯域の光の塊、の段階であっても、波長がX線ならできることは大きく、科学に与える影響は大きい。放射光から本当のコヒーレント光に育つためには、この間のレーザーの発展を見ておくのも無駄ではあるまい。他のレーザーも同じように長足の進歩を遂げてきたからだ。

過去10年間のレーザーの進歩で、コヒーレント光の持つ意味は一段と深くなった。それまでは、LASERとはまさにLight Amplification of Stimulated Emission of Radiationであり、XFELが目指すSESAはその通りのレーザー光となる。1985年のCPA(Chirped Pulse Amplification by G. Mourou)、1986年のTi:sapphireレーザー(P. Moulton)によって、超短パルスレーザーは新時代を迎え、さらに1999-2000にかけて実現された超短パルスの電界位相の制御によって、物質との相互作用はエネルギーの相互作用から電界による相互作用に移った。コヒーレントな光とは、電界位相まで制御された光になったわけである。同時に、高強度レーザーによるトンネルイオン化による希ガスによる高次高調波発生の研究が進み、アト秒領域のコヒーレントX線の発生も可能となった。同じ事がXFELで可能になれば、はるかにきれいなコヒーレントX線源となる可能性がある。

レーザーにおける光制御の発展とX線FELの研究は、決して競合するものではなく、ちょうど、タイミングを合わせて現代科学に挑戦しようとする人類に新しい手段を提供しようとして登場しているに違いない。両者の共通点、相違点と互いの強みを比較検討しながら、話題提供をする予定である。