

高強度レーザー科学、X線レーザーと原子物理

日本原子力研究所関西研究所光量子科学研究センター 森林健悟

高強度レーザーを個体、クラスター、蒸気などに照射すると高輝度X線、高速電子、多価イオンの放射線、粒子線が生成する。これらの放射線、粒子線を他の物質に照射すると内殻電離を起こし、内殻励起状態や中空原子を生成し、それらの状態から短波長X線を放出する。ここでは、これらの生成の原子過程に関して、さらに、短波長X線のX線レーザーやX線源、プラズマ診断等の光量子科学、および、X線天文学、生体物理、核科学への応用に関して発表する。

X線レーザー発振法は、いくつかの手法があるが、現在は、原研では、電子衝突励起法が開発されており、多くの成果があげられている。しかしながら、この方法では、波長が「水の窓」と呼ばれる3 nm程度しか短くならない。さらに波長を短くすると多くの応用があり、短波長の可能性があると考えられている内殻電離過程を用いたX線レーザーに注目が浴びている。NaやMg原子の内殻にある2p電子は、光電離断面積が大きく、また、内殻励起状態の寿命も長いことから、内殻電離X線レーザーの実験を実現するのに適した標的であることを明らかにした。Mg蒸気を標的にした場合を例にとり、必要なX線の強度などの実験に必要なパラメータを求めて、原研で開発した100TWレーザーを用いた実験の配位を提案した[1]。さらに、X線の強度を大きくすると、中空原子が生成し、X線レーザーが発振することを発見した[2]。このX線レーザーは波長が短くなること、下準位のポピュレーションを減らすことができ、発振時間を長くできるなどの利点がある。

高強度レーザーのレーザー場を用いて短パルス高強度X線源の提案されている[3-4]。しかしながら、この場合、強度は弱いパルスが長いX線も発生するため、これを用いた応用は、難しいと考えられている。このX線源によって生成した多重内殻励起状態、中空原子の生成からのX線は弱い強度のX線の影響を受けないため、高速過程観測に適していること、また、各状態からのX線数の比をとることによりX線源の強度測定に適用できる可能性があることを述べる。

さらに、内殻電離過程が、X線天文学で注目を浴びている光電離プラズマの生成過程に重要であり、この観測によりブラックホールなどの解析に役立つ可能性があること[5]、内殻励起状態や中空原子の励起エネルギーと共鳴している核の励起状態の観測に役立つ可能性があることなどについても述べる。

(参考文献)

- [1] K. Moribayashi, A. Sasaki, and T. Tajima, *Phys. Rev. A*, **59**, 2732 (1999)
- [2] K. Moribayashi, A. Sasaki, and T. Tajima, *Phys. Rev. A*, **58**, 2007 (1998)
- [3] Y. Ueshima, Y. Kishimoto, A. Sasaki, and T. Tajima: *Laser and Particle Beam* Vol.17 (1999) No.1, p.45.
- [4] A. Zhidkov, J. Koga, A. Sasaki, and M. Uesaka: *Phys. Rev. Lett.* Vol. 88 (2002) No.18, p.185002.
- [5] K. Moribayashi, T. Kagawa, and D.E. Kim, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research*, B, **205**, 334-336 (2003).