

高繰り返しアト秒レーザー光源の現状と展望

板谷 治郎

東京大学 物性研究所 極限コヒーレント光科学研究センター (LASOR)

2001年の最初のアト秒パルス発生報告以来、高強度極短パルスレーザーを用いたアト秒科学は急速に進展した。現在、高強度チタンサファイアレーザーにおいてキャリアエンベロープ位相の安定化とパルス圧縮を行うことにより、近赤外域において位相安定な高強度極短パルス発生が可能となっている。このような高強度極短パルスをガス中に集光して得られる高次高調波は、真空紫外から極短紫外をカバーするアト秒パルスとなるため、原子分子を対象とした様々なアト秒分光手法の開発が行われた。その一方で、高次高調波の最大光子エネルギーはレーザー波長の二乗に比例するため、分光応用可能なアト秒パルスの光子エネルギーは、200 eV 以下に止まっている。

われわれは、軟 X 線領域でのアト秒パルス発生と物性応用を目指して、光パラメトリックチャープパルス増幅に基づく赤外域の高強度レーザー光源の開発を進めてきた。これまでに、 BiB_3O_6 結晶を用いた光パラメトリックチャープパルス増幅 (OPCPA) システムを開発し[1]、「水の窓」における孤立アト秒パルス発生に成功した[2]。また、炭素 K 吸収端およびチタン L 吸収端の観測も実現し、元素選択性のある軟 X 線吸収分光がフェムト秒からアト秒の時間分解能で実現可能となりつつある。その一方で、現状のアト秒軟 X 線光源では、フォトソラックスをいかに増大させるかが大きな課題となっている。

本講演では、OPCPA 光源に基づくアト秒軟 X 線パルス発生と分光応用の現状を報告し、今後の光源開発の方向性について議論する。特に 2018 年度より、文科省「光量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)」により、ネットワーク型のアト秒科学研究プロジェクトが開始された。Q-LEAP における高平均出力レーザーによる高繰り返しアト秒光源の開発計画についても紹介したい。

[1] N. Ishii, K. Kaneshima, K. Kitano, T. Kanai, S. Watanabe, and J. Itatani, “Sub-two-cycle, carrier-envelope phase-stable, intense optical pulses at 1.6 μm from a BiB_3O_6 optical parametric chirped pulse amplifier,” *Opt. Lett.* **37**, 4182 (2012).

[2] N. Ishii, K. Kaneshima, K. Kitano, T. Kanai, S. Watanabe, and J. Itatani, “Carrier-envelope phase-dependent high harmonic generation in the water window using few-cycle infrared pulses,” *Nature Commun.* **5**:3331 (2014).

[3] N. Saito, H. Sannohe, N. Ishii, T. Kanai, and J. Itatani, “Soft X-ray high-harmonic generation covering the entire water window and measurement of the near edge X-ray absorption fine structure of titanium,” *The 9th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (9th AWCXR)*, 北海道大学, 2018 年 10 月.