

理学研究科セミナー

単一サイクル自由電子レーザー発振原理の実証と将来展望

田中隆次 氏

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター

次世代 X 線レーザー研究グループ

2026 年 11 月 25 日 (水) 14:00~15:10

研究棟 739 室 (談話室)

自由電子レーザー(FEL)は、周期磁場中で蛇行運動する電子ビームを発振媒体とするレーザーである。原子のエネルギー準位で発振波長が決まる一般的なレーザーとは異なり、FEL の発振波長に原理的な制限は無く、周期磁場のパラメータと電子エネルギーで決まる。このため、高エネルギーの電子ビームを利用する X 線領域の FEL 施設が世界各国で稼働中であり様々な分野で利用されている。特に 10 fs 以下に容易に到達可能な FEL の短パルス特性は超高速現象の解明に有用であり、パルス幅が 100 ps 程度である放射光施設とは相補的な役割を担っている。最近では特殊な手法によりパルス幅 1 fs 以下のいわゆる「アト秒パルス FEL」の発振も可能となってきた。しかしながら、光パルス幅の理論下限である「単一サイクル」に到達することは、FEL の発振原理自体の制約により不可能であるとされてきた。これは、電子が周期磁場を通過する際に自身が放出した光から取り残され(光スリッページ)、それによって光パルスが伸長するためである。

登壇者の研究グループは、2015 年に光スリッページを制御し FEL を飛躍的に短パルス化する基本原理を見出した¹⁾。またこの原理を応用し、単一サイクル FEL を実現するための様々な手法を提唱してきた²⁻⁶⁾。さらに、同原理を実証するための研究開発をニュースバル放射光施設の蓄積リングで進めた結果、2023 年 2 月に原理実証に成功した⁷⁾。

本セミナーでは、上記の原理とその実証実験について紹介するとともに、単一サイクル FEL の実現に向けた理論研究や技術開発、さらに将来展望について報告する。

参考文献

- 1) T. Tanaka, Phys. Rev. Lett. **114**, 044801 (2015)
- 2) Y. Kida, R. Kinjo and T. Tanaka, Appl. Phys. Lett. **109**, 151107 (2016)
- 3) T. Tanaka and P. R. Ribic, Opt. Express **27**, 30875 (2019)
- 4) P. R. Ribic and T. Tanaka, Opt. Lett. **45**, 5234–5237 (2020)
- 5) T. Tanaka and P. R. Ribic, Opt. Lett. **47**, 1411–1414 (2022)
- 6) P. R. Ribic and T. Tanaka, Phys. Rev. Lett. **136**, 195001 (2026)
- 7) T. Tanaka, et al., Phys. Rev. Lett. **131**, 145001 (2023)

問い合わせ先： 籠島 靖 (理学研究科) kagosima@sci.u-hyogo.ac.jp