

1A15

SACLA の X 線自由電子レーザー照射により生成したナノプラズマの プラズモン共鳴励起過程の実時間計測

(東北大学・多元研¹, 理研・放射光科学総合研究センター², 京都大学・院理³,
広島大学・院理⁴, Synchrotron SOLEIL⁵, 高輝度光科学研究センター⁶, CFEL, DESY⁷,
Hamburg Center for Ultrafast Imaging⁸, Institute of Nuclear Physics, PAS⁹,
Dept. of Phys., Univ. of Hamburg¹⁰)

○熊谷 嘉晃¹, Xu Weiqing¹, 福澤 宏宣^{1,2}, 本村 幸治¹, 永谷 清信^{2,3}, 和田 真一^{2,4},
Mondal Subhendu¹, 立花 徹也¹, 伊藤 雄太¹, 酒井 司³, 松波 健司³, 西山 俊幸³, 梅本 嵩之⁴,
Nicolas Christophe⁵, Miron Catalin⁵, 富樫 格⁶, 小川 奏², 大和田 成起², 登野 健介⁶, 矢橋 牧名²,
Jurek Zoltan^{7,8}, Son Sang-Kil⁷, Ziaja Beata^{7,8,9}, 八尾 誠³, Santra Robin^{7,8,10}, 上田 潔^{1,2}

Probing in real time the plasmon resonance heating in the nanoplasma produced by XFEL irradiation at SACLA

(IMRAM, Tohoku Univ.¹, RIKEN SPring-8 Center², Dept. of Phys., Kyoto Univ.³,
Dept. of Physical Science, Hiroshima Univ.⁴, Synchrotron SOLEIL⁵, JASRI⁶, CFEL, DESY⁷,
Hamburg Center for Ultrafast Imaging⁸, Institute of Nuclear Physics, PAS⁹,
Dept. of Phys., Univ. of Hamburg¹⁰)

○Yoshiaki Kumagai¹, Weiqing Xu¹, Hironobu Fukuzawa^{1,2}, Koji Motomura¹, Kiyonobu Nagaya^{2,3},
Shin-ichi Wada^{2,4}, Subhendu Mondal¹, Tetsuya Tachibana¹, Yuta Ito¹, Tsukasa Sakai³, Kenji Matsunami³,
Toshiyuki Nishiyama³, Takayuki Umemoto⁴, Christophe Nicolas⁵, Catalin Miron⁵, Tadashi Togashi⁶,
Kanade Ogawa², Shigeki Owada², Kensuke Tono⁶, Makina Yabashi², Zoltan Jurek^{7,8}, Sang-Kil Son⁷,
Beata Ziaja^{7,8,9}, Makoto Yao³, Robin Santra^{7,8,10}, Kiyoshi Ueda^{1,2}

【序】物質内の原子および分子の強光子場における励起および崩壊のダイナミクスは興味深い研究対象であり、それらを理解する上で、構成原子数が容易に調整可能であり、周辺媒質によるエネルギー緩和が生じないクラスターは理想的な系の一つである。本研究グループは日本の X 線自由電子レーザー (XFEL) 施設, SPring-8 Angstrom Compact free electron LAser (SACLA) [1] から得られる高強度かつ短パルスの X 線を用いて、X 線領域における原子・分子・クラスターの多光子吸収多重イオン化過程を研究してきた[2].

本研究では、X 線領域における希ガスクラスターの多光子吸収多重イオン化により生じるナノプラズマの生成・崩壊ダイナミクスに着目し、5.5 keV の XFEL をポンプ光、800 nm の近赤外(NIR)レーザーをプローブ光として用い、フェムト秒スケールの実時間計測を行った。

【実験】実験は SACLA の BL3, EH3 にて行った。平均サイズ ~1000 のアルゴンクラスターおよび ~5000 のキセノンクラスターを超音速ジェット法によりパルス分子線として衝突領域へ導入し、XFEL と交差させた。XFEL のパルス幅は 10 フェムト秒(fs)以下であり、Kirkpatrick-Baez ミラーによりスポットサイズ ~1 μm (FWHM)まで集光した。NIRレーザーのパルス幅は 80 fs であり、集光サイズは ~200 μm である。位置敏感検出器を備えた飛行時間型イオンスペクトロメータ[3]および Velocity Map Imaging (VMI)型電子スペク

トロメータ[4]を用い, XFEL 照射により生じたナノプラズマから放出されるイオン収量と電子エネルギースペクトルを XFEL パルスに対する NIR レーザーパルスの到達時間差(Delay time)の関数として測定した. 【結果と考察】Delay time の関数として測定したキセノンクラスターから放出されたイオンの飛行時間スペクトルを図 1(a)に示す. 図 1(b)は XFEL のみを照射した時の飛行時間スペクトルである. Delay time の関数として Xe^+ , Xe^{2+} , Xe^{3+} , Xe^{4+} イオン収量の急激な増加および Xe_2^+ , Xe_3^+ イオン収量の減少が観測された. これらの Delay time 依存性は, XFEL 照射により生成したナノプラズマがプラズモン共鳴励起過程によって NIR パルスからエネルギーを吸収したことを示している. 一方で, Delay time に依存した低エネルギー電子の急激な増大が時間分解された電子エネルギースペクトル上で観測された. この低エネルギー電子の増加もプラズモン共鳴励起過程に由来している.

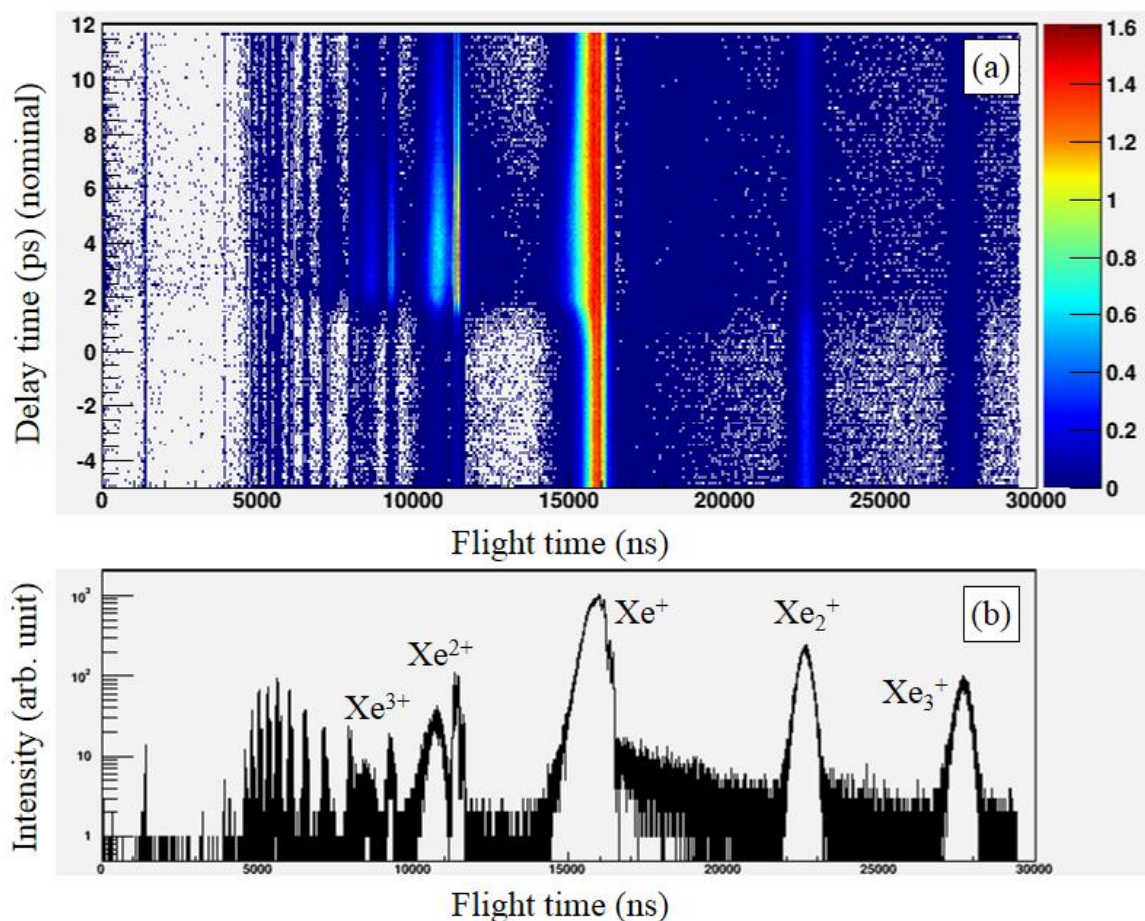


図 1 (a) XFEL パルスに対する NIR パルスの到達時間差(Delay time)の関数として測定したキセノンクラスターから放出されるイオンの飛行時間スペクトル. (b) XFEL のみを照射した時のキセノンクラスターから放出されるイオンの飛行時間スペクトル.

【謝辞】本研究は文部科学省の X 線自由電子レーザー利用推進研究課題および X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題として援助を受け行われました.

[1] K. Tono *et al.*, *New J. Phys.* **15**, 083035 (2013); T. Ishikawa *et al.*, *Nature Photonics* **6**, 540 (2012).

[2] H. Fukuzawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 173005 (2013); T. Tachibana *et al.*, submitted.

[3] Motomura *et al.*, *J. Phys. B* **46**, 164024 (2013)

[4] A. T. J. B. Eppink and D. H. Parker, *Rev. Sci. Instrum.* **68**, 3477 (1997)