

4P010

X線自由電子レーザー施設 SACLA を用いた気相原子分子クラスターの多重イオン化実験のための荷電粒子分光装置

(東北大・多元研¹, 理研・放射光科学総合研究センター², 京大・院理³, 広大・院理⁴, ASG CFEL⁵, Lund Univ.⁶, Synchrotron SOLIEL⁷, Univ. Turku⁸, Imperial Univ.⁹, Uppsala Univ.¹⁰, JASRI¹¹)
本村 幸治¹, 福澤 宏宣^{1,2}, 永谷 清信^{2,3}, 和田 真一^{2,4}, Mondal Subhendu¹, Foucar Lutz⁵, Johnsson Per⁶, Liu XiaoJing⁷, 立花 徹也¹, 伊藤 雄太¹, 木村 美紅¹, 酒井 司³, 松波 健司³, 林下 弘憲⁴, 梶川 隼平⁴, Kukk Edwin⁸, Rudek Benedikt⁵, Erk Benjamin⁵, Siano Marco⁹, Feifel Raimund¹⁰, Robert Emmanuel⁷, Miron Catalin⁷, 登野 健介¹¹, 富樫 格¹¹, 犬伏 雄一², 佐藤 堯洋², 片山 哲夫¹¹, 初井 宇記², 亀島 敬¹¹, 矢橋 牧名², 八尾 誠³, 上田 潔^{1,2}

Tandem charge particle spectrometer for multiple ionization experiments for low density matter with X-ray free electron laser pulses at SACLA

(IMRAM, Tohoku Univ.¹, RSC², Kyoto Univ.³, Hiroshima Univ.⁴, ASG CFEL⁵, Lund Univ.⁶, Synchrotron SOLIEL⁷, Univ. Turku⁸, Imperial Univ.⁹, Uppsala Univ.¹⁰, JASRI¹¹)
Koji Motomura¹, Hironobu Fukuzawa^{1,2}, Kiyonobu Nagaya^{2,3}, Shin-ichi Wada^{2,4}, Subhendu Mondal¹, Lutz Foucar⁵, Per Johnsson⁶, XiaoJing Liu⁷, Tetsuya Tachibana¹, Yuta Ito¹, Miku Kimura¹, Tsukasa Sakai³, Kenji Matsunami³, Hironori Hayashita⁴, Jumpei Kajikawa⁴, Edwin Kukk⁸, Benedikt Rudek⁵, Benjamin Erk⁵, Marco Siano⁹, Raimund Feifel¹⁰, Emmanuel Robert⁷, Catalin Miron⁷, Kensuke Tono¹¹, Tadashi Togashi¹¹, Yuichi Inubushi², Takahiro Sato², Tetsuo Katayama¹¹, Takaki Hatsui², Takashi Kameshima¹¹, Makina Yabashi², Makoto Yao³, Kiyoshi Ueda^{1,2}

自己増幅自発放射 (SASE) 型の自由電子レーザー (FEL) の発展に伴い、極短波長領域でのレーザー光を利用することが可能となり、その波長は X 線領域まで到達している。日本にも理研播磨研究所に X 線自由電子レーザー (XFEL) 施設 SACLA が建設され[1]、本年 3 月よりユーザー運転が開始されたばかりである。本研究では SACLA から得られる光子エネルギー 5 keV と 5.5 keV の X 線レーザーパルスを集光して、原子およびその集合体であるクラスターに照射し、生成するイオンや電子を 3 次元運動量分光計や Velocity Map Imaging (VMI) 型分光計により観測する実験装置を開発した。

図 1 に装置の配置を示す。装置は主に試料導入に用いるパルス超音速分子線源、電子・イオン検出に用いる 3 次元運動量分光計と VMI 型分光計およびデータ収集システムから構成される。本研究で開発した測定装置およびデータ収集・処理系は、SACLA での利用を目指して、SCSS 試験加速器から得られる極紫外 FEL 光を主に利用して開発してきたものであり、SACLA の利用にむけた改良を施している。

装置を SACLA のビームライン BL3、実験ハッチ EH3 に設置し、性能評価を行った。XFEL 光は EH3 に常設されている K-B ミラー集光システムにより集光して反応チャンバーに導入され、集光点において XFEL 光は気体試料と交差する。3 次元運動量分光計と VMI 型分光計は向い合せに設置した。3 次元運動量分光計にはディレイライン位置敏

感検出器が備えてあり，飛行時間だけでなく位置の情報も検出が可能である．飛行時間測定においては，位置情報を補助的に用いることにより，スペクトルの分解能を向上させることが可能である．VMI型分光計には蛍光板付きのマイクロチャンネルプレートが備え付けてあり，CCDカメラにより電子の2次元検出イメージを撮影する．気相原子分子クラスターを対象とする場合，電子の放出角度分布は入射光偏光軸に対して円筒対称となることを利用して電子の運動量を決定することができる．このVMI型分光計でカバーできる電子のエネルギー領域は最大約 900 eV である．反応領域を通過した XFEL 光はベリリウム窓を介して大気中に設置した PIN フォトダイオードに導入して，XFEL 各ショットにおける光強度データを得た．

図2に3次元運動量分光計を用いた，アルゴンイオンでの反跳運動量測定の実例を示す．2価イオンにおいて偏光方向（y 方向）に偏った，光電子によるイオンの反跳が観測されている．

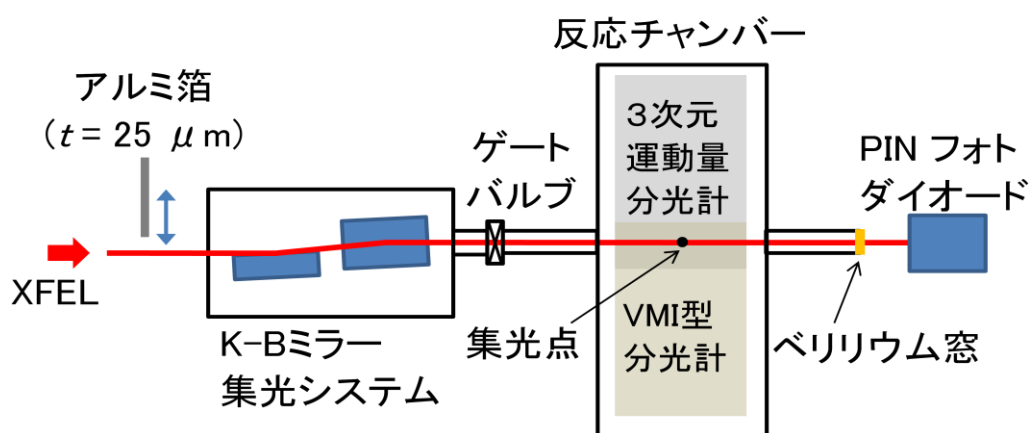
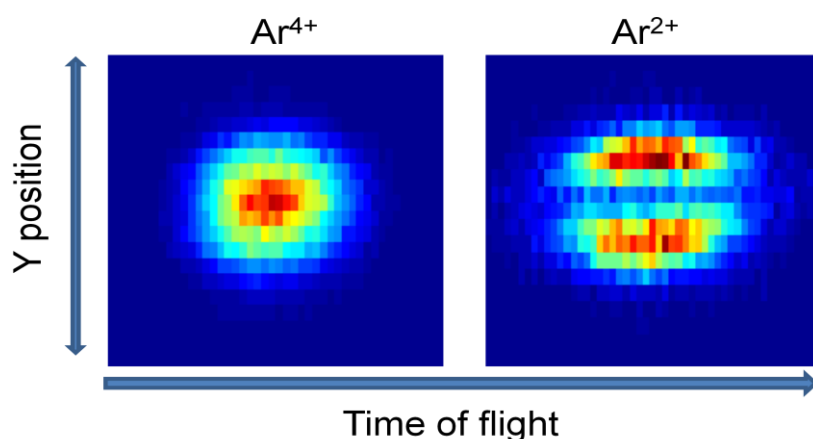


図 1. 実験装置配置の概略図

図 2. アルゴンイオンの反跳運動量測定



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，理化学研究所の SACLA 利用装置提案課題として援助を受け行われました．

参考文献

- [1] T. Ishikawa *et al.*, Nature Photonics **6**, 540 (2012).