

2P013

## 時分割X線回折で探る巨大Xeクラスターの超高速構造変化

<sup>1</sup>京大院理, <sup>2</sup>理研RSC, <sup>3</sup>東北大多元研, <sup>4</sup>アルゴン国立研究所, <sup>5</sup>トゥルク大, <sup>6</sup>SOLEIL, <sup>7</sup>ELI-NP, <sup>8</sup>ELETTRA, <sup>9</sup>ミラノ大, <sup>10</sup>JASRI

西山俊幸<sup>1,2</sup>, 熊谷晃嘉<sup>3</sup>, 仁王頭明伸<sup>1,2</sup>, 福澤宏宣<sup>2,3</sup>, 本村幸治<sup>2,3</sup>, Bucher Max<sup>4</sup>, 伊藤雄太<sup>3</sup>, 高梨司<sup>3</sup>, 浅和貴<sup>1,2</sup>, 佐藤由比呂<sup>1,2</sup>, You Daehyun<sup>3</sup>, Li Yiwen<sup>3</sup>, 小野太詩<sup>3</sup>, Kukk Edwin<sup>5</sup>, Miron Catalin<sup>6,7</sup>, Neagu Liviu<sup>7</sup>, Callegari Carlo<sup>8</sup>, Fraia Michele<sup>8</sup>, Rossi Giorgio<sup>9</sup>, Galli Davide<sup>9</sup>, Pincelli Tomasso<sup>9</sup>, Colombo Alessandro<sup>9</sup>, 大和田成起<sup>2</sup>, 片山哲夫<sup>10</sup>, 登野健介<sup>10</sup>, 富樫格<sup>10</sup>, 矢橋牧名<sup>2</sup>, 松田和博<sup>1</sup>, Bostedt Christoph<sup>4</sup>, ○永谷清信<sup>1,2</sup>, 上田潔<sup>3</sup>

### Ultrafast structure change of giant xenon cluster probed by time-resolved X-ray diffraction

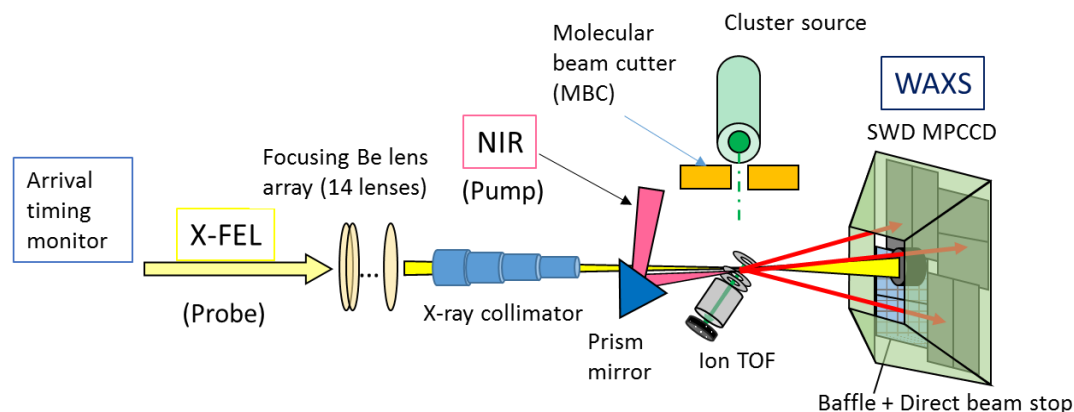
Toshiyuki Nishiyama<sup>1,2</sup>, Yoshiaki Kumagai<sup>3</sup>, Akinobu Niozu<sup>1,2</sup>, Hironobu Fukuzawa<sup>2,3</sup>, Koji Motomura<sup>3</sup>, Max Bucher<sup>4</sup>, Yuta Ito<sup>3</sup>, Tsukasa Takanashi<sup>3</sup>, Kazuki Asa<sup>1,2</sup>, Yuhiro Sato<sup>1,2</sup>, Daehyun You<sup>3</sup>, Yiwen Li<sup>3</sup>, Taishi Ono<sup>3</sup>, Edwin Kukk<sup>5</sup>, Catalin Miron<sup>6,7</sup>, Liviu Neagu<sup>7</sup>, Carlo Callegari<sup>8</sup>, Michele Fraia<sup>8</sup>, Giorgio Rossi<sup>9</sup>, Davide Galli<sup>9</sup>, Tomasso Pincelli<sup>9</sup>, Alessandro Colombo<sup>9</sup>, Shigeki Owada<sup>2</sup>, Tetsuo Katayama<sup>10</sup>, Kensuke Tono<sup>10</sup>, Tadashi Togashi<sup>10</sup>, Makina Yabashi<sup>2</sup>, Kazuhiro Matsuda<sup>1</sup>, Christoph Bostedt<sup>4</sup>, ○Kiyonobu Nagaya<sup>1,2</sup>, Kiyoshi Ueda<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Kyoto Univ., <sup>2</sup>RSC, <sup>3</sup>IMRAM, Tohoku Univ., <sup>4</sup>Argonne National Lab., <sup>5</sup>Univ. of Turku, <sup>6</sup>SOLEIL, <sup>7</sup>ELI-NP, <sup>8</sup>ELETTRA, <sup>9</sup>Milano Univ., <sup>10</sup>JASRI

**【Abstract】** We carried out the time-resolved x-ray scattering measurements of giant Xe clusters at EH2 BL3 of SACLA. Giant Xe clusters were irradiated with X-FEL pulses (11.2 keV) and NIR laser pulses (800nm) at the reaction point, and resulting scattered photons were detected by using the multi-port charge-coupled device (MPCCD) octal sensor installed at SACLA. We found a significant decrease in the number of the Bragg spots within sub-ps time scale after irradiation of intense NIR pulses, indicating the ultrafast destruction of atomic order in Xe nano-crystals by NIR laser pulses.

**【序】** 自由電子レーザーのもたらす高輝度、短パルスのコヒーレント X 線パルスにより、コヒーレント X 線回折を用いた単一ナノ粒子の構造解析、レーザー照射によって誘起される高速な構造変化の観測を始めとする、種々の新しい研究分野が拓かれています。数個から数万個の原子が凝縮したクラスターは、原子・分子と凝縮系を橋渡しする中間系と考えられ、クラスターを標的とした研究を通して、レーザーと物質の相互作用について理解が得られると期待される。最近、キセノンの巨大なクラスターを標的とした時分割の小角 X 線散乱計測により、0.1PW/cm<sup>2</sup>程度の強力な近赤外レーザーの照射によってクラスターが 1ps 以下の短時間で非一様に解離してゆくことが示唆された[1]。本研究では、時分割の広角 X 線散乱を用いることで局所構造の変化に着目し、強力なレーザーによってクラスターに誘起される構造変化をフェムト秒の時間スケールで観測する事を試みた。

**【実験方法】** コヒーレント X 線を用いた時分割の広角 X 線散乱 (WAXS) 実験は、X 線自由電子レーザー施設 SACLA[2]の BL3、EH2 で実施した。波長 800nm の強力な近赤外レーザーをキセノン・クラスターへ照射し、波長 1.1Å の XFEL パルスを用いた X 線回折により局所構造の変化を観測した。X 線回折像の検出には SACLA の SWD-MPCCD 検出器を用い、2 種類の強力なレーザーを用いたポンプ-プローブ計測を実現するために、ビームストップ及び散乱光除去のためのバッフルなどを設置した。XFEL パルスに加えて NIR レーザーを照射し、遅延時間に伴うブラッグ回折点の強度変化を観測することで、クラスターの構造変化を追跡した。SACLA ビームラインに設置されたタイミングモニター[3]を用いることで、XFEL と NIR パルスの時間差を FEL ショット毎に数十 fs の精度で決定した。試料となるキセノン・クラスターの生成には、パルスバルブに開き角 4 度のコニカルノズルを装着した超音速ジェットクラスター源を用い、原子数  $10^6 \sim 10^7$  程度の巨大クラスターを生成した。

**【結果・考察】** キセノン・クラスターへの XFEL 照射により、面心立方構造のキセノン結晶に対応する多数のブラッグ回折点が X 線検出器上に観測された。XFEL に加えて強力な NIR レーザーを照射すると、観測されるブラッグ回折点の数に顕著な減少が見られた。特にブラッグ回折点の検出数には、近赤外レーザーの照射後の数百 fs 程度で顕著に減少するふるまいが観測され、強力なレーザー照射によってクラスターの結晶構造が 1ps 以下の極短時間に消失されていることが確認された。観測された時定数は光強度依存性が見られ、時定数が光強度の低下によって長くなる傾向が見られた。



**Fig. 1.** Schematics of experimental setup.

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文部科学省から援助を受けて行われました。

**【参考文献】**

- [1] T. Gorkhover et al., Nat. Photon. **10**, 93-97 (2016).
- [2] T. Ishikawa et al., Nat. Photon. **6**, 540-544 (2012).
- [3] T. Katayama et al., Structural Dynamics **3**, 034301 (2016).