

## 2P134

### 極短パルス強レーザー場における O<sub>3</sub> のクーロン爆発過程： Dalitz プロット解析

(分子研<sup>1</sup>, 総研大<sup>2</sup>, JST さきがけ<sup>3</sup>) ○松田晃孝<sup>1</sup>, 高橋栄治<sup>1,2</sup>, 菱川明栄<sup>1,2,3</sup>

【序】 分子内のクーロン場に匹敵する強いレーザー場( $\sim 10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>)にさらされた多原子分子は、分子配向、構造変形を伴いながら多重イオン化を経てクーロン爆発を起こす。生成したフラグメントイオンの持つ運動量ベクトルは爆発直前の分子構造を敏感に反映し、一般に3体爆発過程におけるその相関は3次元運動量空間を用いて表すことが出来る[1]。一方、核物理をはじめ分子解離過程への応用がなされている Dalitz プロット[2]は各イオンの運動エネルギーパラメータを用いることによって同種3粒子系の運動量相関をコンパクトな2次元マップで表現することが知られている。本研究ではピーク強度  $2 \times 10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>, パルス幅9フェムト秒および40フェムト秒の強レーザー場における O<sub>3</sub> のクーロン爆発過程,  $O_3^{3+} \rightarrow O^+ + O^+ + O^+$ , をコインシデンス運動量画像法[3]を用いて調べた。得られたコインシデンス事象を Dalitz プロット解析することによって、レーザー場における分子ダイナミクスを明らかにすることを目的とした。

【実験】 フェムト秒チタンサファイアレーザーシステムから出力されたレーザーパルス(800 nm, 40 fs, 1 kHz)を Ar ガス( $\sim 0.07$  MPa)を充填した中空ファイバーとチャープミラーを用いることによってパルス圧縮し[4], 時間幅 9 fs のレーザーパルスを得た。レーザーパルスは真空チャンバー内に設置した凹面ミラー( $f=75$  mm)により集光し、相互作用領域で O<sub>3</sub> から生成した O<sup>+</sup>イオンを位置敏感型粒子検出器(PSD)を用いて観測した。解離イオンの PSD における位置( $x, y$ )とその飛行時間( $t$ )を元にフラグメントイオンの運動量を3次元ベクトル  $\mathbf{p}_i (i=1, 2, 3)$  として解離事象ごとに決定した。得られた O<sup>+</sup>イオンの運動量から全解離運動エネルギー  $E_{\text{kin}} = \frac{m(N^+) + m(O)}{2m(N^+)m(O)} |p|^2$  を算出しエネルギースペクトルを得た。ここで  $m(O^+)$  は O<sup>+</sup> の質量である。

【結果と考察】 Dalitz プロットにおいて各コインシデンス事象は3つの粒子の運動エネルギー  $\varepsilon_i (i=1, 2, 3)$  から求められる規格化エネルギーパラメータの組( $x, y$ )

$$x = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) / \sqrt{3} E_{\text{kin}}$$
$$y = \varepsilon_3 / E_{\text{kin}} - 1/3$$

を用いて表現される。図1に Dalitz プロット上の各々の点における3つのフラグメントイオンの運動量ベクトルの相関を示す。パルス幅が短い場合(9 fs), Dalitz プロットは原点に鋭いピークを持ち、ほぼ等方的な分布を示した。また全解離運動エネルギー分布は28 eV にピークを持

つことが見出された。O<sub>3</sub> 電子基底状態( $X^1A_1$ )の構造( $R(O-O)=1.278 \text{ \AA}$ ,  $\angle O-O-O=116^\circ$ )を元にした O<sub>3</sub><sup>3+</sup>のクーロン爆発のシミュレーションによって、観測された Dalitz プロットおよび全解離運動エネルギーを再現できることから、(i) O<sub>3</sub><sup>3+</sup>のポテンシャル曲面はほぼクーロンポテンシャルで記述でき、(ii) レーザー場において O<sub>3</sub> は構造変形をほとんど起こさないことが明らかとなった。一方、パルス幅の長い(40 fs)レーザー場において、Dalitz プロットは方位角  $\theta = 30^\circ, 120^\circ, 270^\circ$ の方向にやや裾の広がった分布を示した。また全解離運動エネルギー分布は 25 eV にピークが観測され O-O 結合距離が 1.2 倍程度伸长していることが分かった。これらのことは対称伸縮振動及び屈曲振動座標方向への構造変形が、レーザー場のパルス幅が長くなるにつれてより顕著に起こることを示している。またシミュレーションの結果、観測された分布の再現には非対称伸縮振動座標方向への運動が大きな役割を果たしていることが見出された。

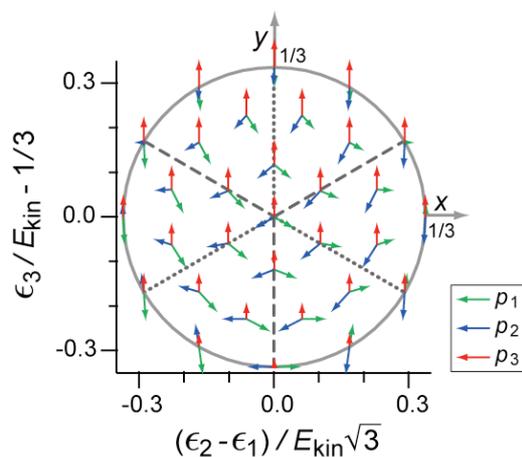


図 1: Dalitz プロットにおける三つの運動量ベクトルの相関。

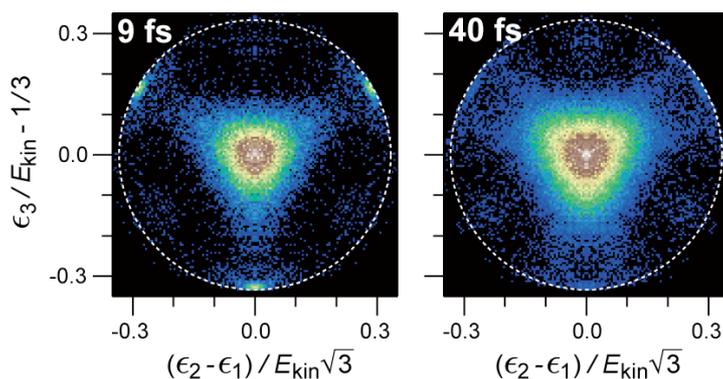


図 2: O<sub>3</sub><sup>3+</sup>のクーロン爆発により生成した O<sup>+</sup>イオンの Dalitz プロット。

- [1] A. Hishikawa, H. Hasegawa, and K. Yamanouchi, Chem. Phys. Lett. **388**, 1 (2004).
- [2] R. H. Dalitz, Philos. Mag. **44**, 1068 (1953).
- [3] H. Hasegawa, A. Hishikawa, and K. Yamanouchi, Chem. Phys. Lett. **349**, 57 (2001).
- [4] A. Matsuda, E. J. Takahashi, and A. Hishikawa, J. Chem. Phys. (accepted for publication).