

2P025

電子励起 NO のサブ 10fs 強レーザー場解離性イオン化

(¹分子研,²総研大) ○伏谷瑞穂^{1,2}, 松田晃孝¹, 菱川明栄^{1,2}

【序】分子内電場に匹敵する強いレーザー場にさらされた分子は光との強い相互作用により複数電子の放出やそれに伴う解離を起こす。この解離性イオン化過程はレーザー偏光方向と分子軸のなす角に依存し、その変化は最外殻分子軌道の形状を反映したものとして理解できる[1,2]。最近の我々の研究によって、NO から生成した N^+ の運動量画像はレーザー偏光方向に対して 45° 方向に極大をもつが、これは NO が π 対称性の SOMO を持つことに対応していることが示された[2]。一方で、レーザー強度の増加に伴って、 N^+ の放出方向が主にレーザー偏光方向に観測されることが見いだされ、強レーザー場における電子励起過程が重要であることが明らかになった[3]。本研究ではサブ 10fs 強レーザー場中における NO 分子の基底状態($X^2\Pi$)および電子励起状態($A^2\Sigma^+, 3s\sigma$)からの解離性イオン化過程、 $NO^+ \rightarrow N^+ + O$ の運動量画像計測に基づいて、電子励起による強レーザー場中分子ダイナミクスの変化を調べた。

【実験】再生増幅チタンサファイアレーザーシステムからの出力(800 nm, 35 fs, 1 kHz)の半分(1 mJ)を平凸レンズ($f = 1200$ mm)を用いて、0.8 気圧の Ar ガスを封入した中空ファイバー(直径 500 μm , 長さ 800 mm)に導入した後、2次および3次の分散補償チャープミラー対(東海光学)によるパルス圧縮を行ない、時間幅 6.5 フェムト秒のプロープパルスを得た(図 1)。一方、NO 分子を $A(v = 0)$ 状態に励起するポンプ光としては OPA 波長変換装置によって波長 226nm のレーザーパルス(1 μJ)を発生させた。ポンプ光とプロープ光を同軸にして超高真空内に導入し、凹面アルミミラー($f = 75$ mm)を用いて、NO 分子線に集光した。ポンプ光は光学チョッパーを用いて一パルスおきに導入し、相互

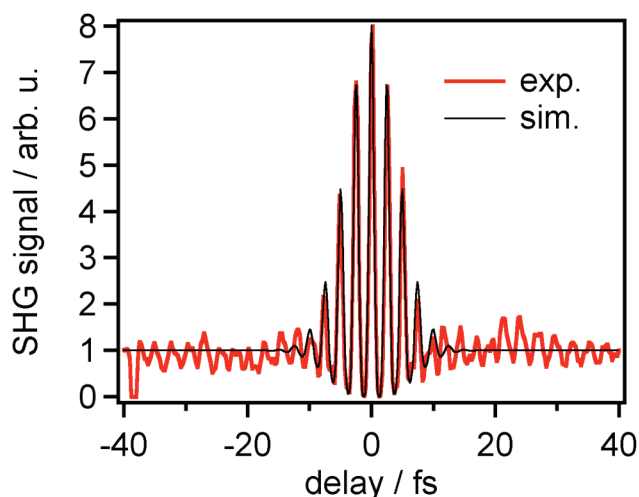


図1 フリンジ分解自己相関SHGスペクトル。赤線は実測スペクトル、黒線は半値幅 6.5 fs をもつガウス型パルスのスペクトルを示す。

作用領域で生成した解離イオンを4枚の電極板によって引き出し、位置敏感型粒子検出器(PSD)を用いて検出した。ポンプ光による分子配向の効果を抑制するために、ポンプ光とプローブ光の時間遅延は5nsとした。解離イオンのPSDにおける位置(x,y)および飛行時間(t)をもとに、解離イオンの運動量を3次元ベクトルとして、イオン化事象ごとに決定した。

【結果と考察】 レーザー場強度 $6 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ のサブ 10fs パルスによる、NO の電子基底状態($X^2\Pi$)および電子励起状態($A^2\Sigma^+, 3s\sigma$)からの解離性イオン化における N^+ の運動量画像を図 2(a)および図 2(b)に示す。電子基底状態における NO 分子から得られた N^+ の運動量画像はレーザー偏光方向に対して 45 度方向にピークをもつ分布を示した。一方、 $A^2\Sigma^+ (3s\sigma)$ 状態を初期状態とする NO 分子の解離性イオン化では、ほぼ等方的な分布をもつ N^+ の運動量画像が得られた。このことは、初期状態の分子軌道の形状が強レーザー場による NO 分子の解離性イオン化過程に反映されることを示唆している。

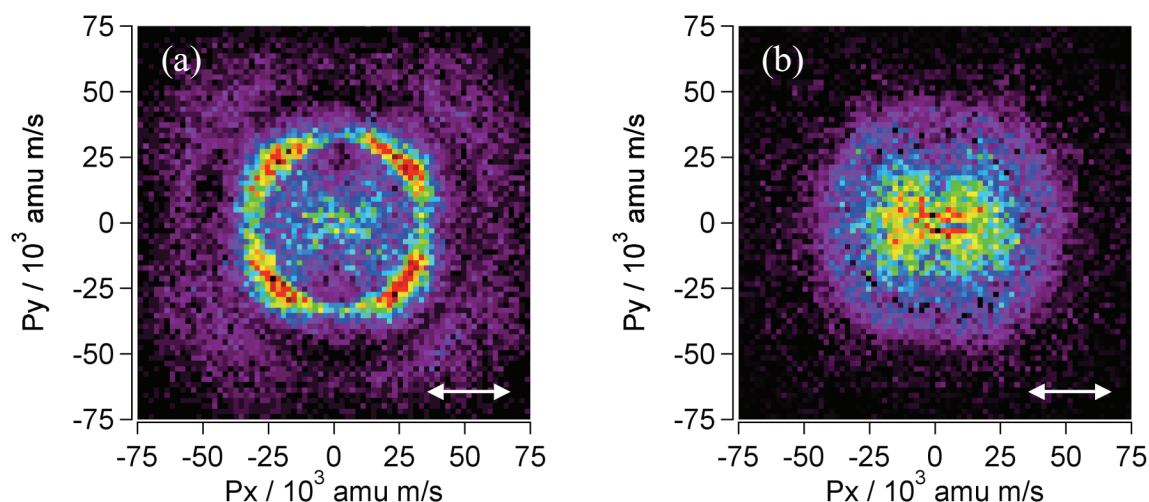


図 2 光子場強度 $6 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ のサブ 10fs パルスによる NO の解離性イオン化、 $\text{NO}^+ \rightarrow \text{N}^+ + \text{O}$, における N^+ の運動量画像。NO の初期状態: (a) 電子基底状態($X^2\Pi$), (b)電子励起状態($A^2\Sigma^+, 3s\sigma$)。矢印はポンプ光およびプローブ光のレーザー偏光方向を示す。

【参考文献】

- [1] A. S. Alnaser, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 113003 (2004).
- [2] 松田, 高橋, 菱川, 1P169 分子構造総合討論会 2005.
- [3] 安池, 松田, 菱川, 4A15 本分子科学討論会 2009.