

2A04

強レーザー場中 Xe 2 重イオン化における電子運動エネルギー相関
(分子研¹, 総研大², 新潟大³, オックスフォード大⁴, 名大院理⁵) ○松田晃孝¹, Tseng,
Chien-Ming¹, 伏谷瑞穂^{1,2}, 彦坂泰正³, Eland, John H. D.⁴, 菱川明栄^{1,2,5}

【序】 強レーザー場にさらされた原子は光との強い相互作用により複数の電子を放出する。特に強レーザー場中原子の非段階的 2 重イオン化過程はこれまで生成イオンの収量変化[1], 放出 2 電子の運動量相関[2]に基づいて数多く研究され, 電子再衝突過程がその起源となることが示されてきた。光電子スペクトルはイオン化ダイナミクスを直接反映するため, 非共鳴レーザー場と原子の相互作用を解明する上で重要な手がかりを与えるが, 一般に強レーザー場中においては複数のイオン化経路が存在するため, その詳細な理解には各々の経路を区別して光電子スペクトルを観測する必要がある[3-5]。本研究では高いエネルギー分解能を持つ磁気ボトル型光電子分光器を用いた新しい電子-電子-イオン同時計測手法を開発し, 電子のエネルギー相関計測から強レーザー場中における Xe の 2 重イオン化過程におけるダイナミクスを明らかにすることを目指した。

【実験】 Yb:KGW 再生増幅器(Pharos-4W, Light Conversion Ltd.)からのレーザー出力(1030 nm, 280 fs, 50 kHz)を凹面アルミミラー (f=75mm)を用いて超高真空内に導入された Xe に集光した(3.0×10^{13} W/cm²)。相互作用領域で生成した電子は, 永久磁石およびソレノイドからなる磁場により長さ 1.5 m の飛行管の終端に設置された MCP 検出器へと導いた。一方, レーザー照射後 2 μ s の時間遅延の後に+4.0 および+2.7 kV のパルス電圧(立ち上がり 20 ns, パルス幅 20 μ s)を永久磁石およびイオン引き出し電極板に印可することで, 生成したイオンを同じ MCP に導き検出した。レーザーパルスあたりのイオン化事象は 0.01 以下となる条件で測定を行うことで, Xe の 2 重イオン化, $\text{Xe} \rightarrow \text{Xe}^{2+} + e^- + e^-$, における電子-電子-イオン同時検出時の偽コインシデンスを 5%未満に抑えた。また, 相互作用領域におけるレーザー場強度の校正は Xe^+ への越閾イオン化光電子スペクトルを測定することにより行った。

【結果と考察】 レーザー場強度 3.0×10^{13} W/cm²において Xe^{2+} とコインシデンス検出された 2 つの光電子の運動エネルギーの相関および全解離運動エネルギースペクトルをそれぞれ図 1(a)および図 1(c)に示す。運動エネルギー相関図には(x, y) = (1.8 eV, 1.8 eV)をピークに扇状に広がった分布に加えて, 対角線に直交した成分が観測された。扇状に広がった分布は, 生成された 2 つの光電子に相関がないと仮定して行ったシミュレーション(図 1(b))によって良く再現できることから, 段階的 2 重イオン化に起因することが分かった。一方, 対角線に直交した成分は, 2 つの電子の間でエネルギーが分配される非段階的 2 重イオン化に起因し, そ

の全解離運動エネルギースペクトルには約 1.2 eV 間隔の鋭いピークが観測される(図 1(c)). 用いたレーザー場における電子再衝突エネルギーの最大値は $3.2U_p = 9.6$ eV であり Xe^+ から Xe^{2+} へのイオン化エネルギー(21 eV)に満たないことから, 本研究によって電子再衝突過程に由来しない非段階的 2 重イオン化過程の存在が初めて明らかになった.

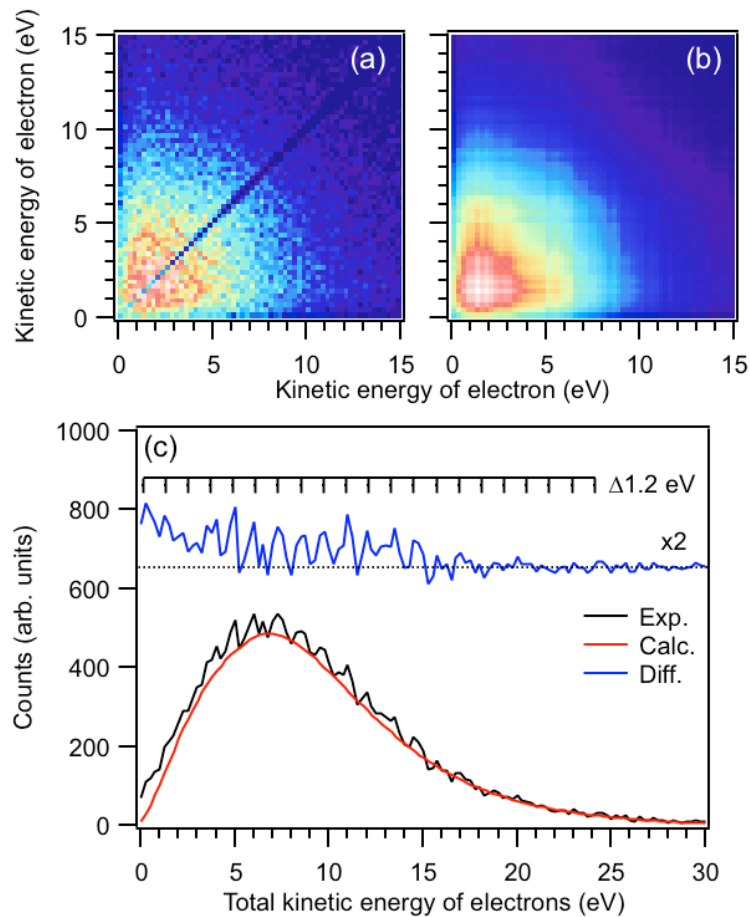


図 1: レーザー場強度 3.0×10^{13} W/cm² における Xe 2 重イオン化の光電子スペクトル. (a) Xe^{2+} とコインシデンス検出された 2 つの光電子の運動エネルギー相関図. 対角線の成分の欠如は検出器の不感時間による. (b) 放出された 2 つの光電子に相関がないと仮定したシミュレーションにより得られた光電子対の運動エネルギー相関図. (c) 放出された光電子の全解離運動エネルギースペクトル. 青線は差スペクトルを示す.

- [1] B. Walker *et al.*, Phys. Rev. Lett. **73**, 1227 (1994).
- [2] Y. Liu *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 053001 (2008).
- [3] H. Rottke *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89**, 013001 (2002).
- [4] T. Hatamoto *et al.*, Phys. Rev. A **75**, 061402 (2007).
- [5] A. Matsuda *et al.*, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **169**, 97 (2009).