

マルチフラグメント 3次元運動量画像法の開発 Development of Multifragment 3D Momentum Imaging

理研 ○ 沖野 友哉、緑川 克美

RIKEN, ○Tomoya Okino, Katsumi Midorikawa

E-mail: tomoya.okino@riken.jp

近年のアト秒レーザー技術の進展により、多原子分子内における電荷移動過程の実時間観測およびその制御が可能になりつつある [1]。気相分子内の反応ダイナミクスを観測する際には、イオンおよび光電子運動量画像法が用いられる。標準的な運動量画像法である速度投影型画像法では蛍光画像を撮像する CMOS カメラが電荷積分型の検出器であるため、フラグメントイオンの種類を同定するのに十分な時間分解能を有さない。そのため、MCP/phosphor 検出器をゲート動作させることによって、特定のフラグメントイオン種を取捨選択した計測が行われる。分子サイズが大きくなり、多様なフラグメントイオン種が生成する場合、計測時間の短縮と解離分岐比の定量的な評価を行うために、全フラグメントイオン種の運動量画像を同時に計測することが不可欠となる。

我々は、MCP/phosphor 検出器から発せられる蛍光の偏光方位を時間変調し、フラグメントイオンの飛行時間すなわち質量電荷比に一一対対応させる時間偏光タギング法により、フラグメントイオンの飛行時間情報を約 100 ns の精度で復元し、全イオン種の 2 次元運動量画像計測を可能にするマルチフラグメント 2 次元運動量画像法を開発した [2]。円偏光や楕円偏光パルスのようにレーザー電場に円筒対称性が存在しない場合には、アーベル逆変換によって 2 次元運動量画像から 3 次元運動量画像を再構築できないため、3 次元運動量画像を直接観測する必要がある。本研究では、新たにフラグメントイオンの飛行時間情報を約 1 ns の精度で復元し 3 次元運動量画像の直接観測を可能にする、マルチフラグメント 3 次元運動量画像法の開発を行った。

図 1 にマルチフラグメント 3 次元運動量画像法の原理を示す。蛍光寿命が 1 ns 以下の phosphor を用いた MCP/phosphor 検出器でフラグメントイオンを検出後、蛍光に変換する。蛍光画像は時間偏光写像装置を透過後に偏光カメラを用いて撮像する。これによって、フラグメント毎の 2 次元運動量画像を再構築することが可能となる。

さらに、phosphor からの蛍光を光電子

増倍管で増幅後に高速デジタイザーでレーザーショット毎に記録する。このとき、デジタイザー時間波形のピーク強度と蛍光画像の各輝点の強度の間に正の相関が成り立つことから、各輝点の時間情報を約 1 ns の精度で復元可能となる [3]。あらかじめ、時間偏光写像により質量選別した 2 次元運動量画像を再構築することで、ほぼ同一強度を有する輝点が生じる確率を大幅に低減できることから、Weeraratna らによる先行研究 [3] と比べて、レーザーショットあたりに検出器に到達するフラグメントイオン数が多い状況においても全イオン種の 3 次元運動量画像の計測が可能である。

[1] M. Nisoli, P. Decleva, F. Calegari, A. Palacios, and F. Martín, *Chem. Rev.* **117**, 10760 (2017).

[2] 沖野 友哉, 緑川 克美, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 10a-M135-8 (2019) .

[3] C. Weeraratna, C. Amarasinghe, S.K. Lee, W. Li, and A.G. Suits, *J. Chem. Phys.* **149**, 084202 (2018).

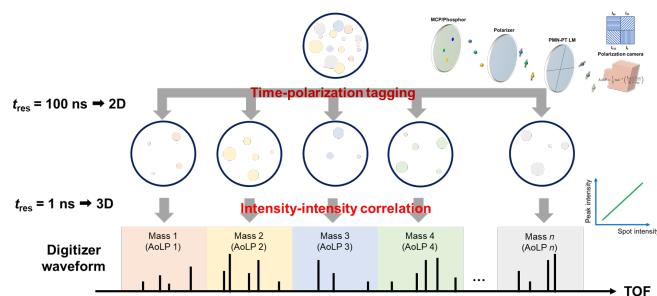


図 1: Principle of Multi-fragment 3D momentum imaging.