

1C16

高強度アト秒パルスと分子の相互作用：アト秒パルスの自己相関測定

(東大院理¹, 理研²) ○沖野 友哉^{1,2}, 山内 薫^{1,2}, 清水 俊彦², 古澤健太郎²,

長谷川 宗良², 鍋川 康夫², 緑川 克美²

【序】原子・分子の中の電子の運動を追跡するには、アト秒の時間分解能が必要である。しかし、チタンサファイアに基づくレーザーで実現可能な最短パルス幅は 2.7 fs であり、アト秒パルスを発生させることはできない。これは、エネルギー幅（スペクトル幅）と時間分解能（パルス幅）の間の不確定性に由来する。すなわち、アト秒パルスを発生させるためには、スペクトルの広帯域化が不可欠である。近年の高次高調波の発生技術の進歩によって、真空紫外領域（VUV）～極端紫外領域（XUV）におけるスペクトルの広帯域化が可能となった。現在では、複数本の高次高調波をコヒーレントに重ねあわせることによって、アト秒パルスの発生が行われるようになった。しかし、アト秒パルスのパルス幅を測定することは今だ困難である。フェムト秒パルスのパルス幅の測定の場合と同様に自己相関測定を行えば、パルス幅の推定が可能である。しかし、このとき、効率の高い非線形媒質が必要となる。本研究では、原子と比べて非線形過程がより効率的に起こると期待される分子を用いて、そのクーロン爆発過程を利用することによってアト秒パルスの自己相関測定を行った。

【実験】アト秒パルストレインの自己相関測定の実験スキーム図を図 1 に示す。フェムト秒レーザー(10 mJ, 40 fs, 10 Hz) をガスセル中の Xe ターゲットに集光することによって高次高調波を発生させた。2 枚の Si 平行平板基板で構成されるビームスプリッターで高調波ビームを 2 本に分割した後、パルスバルブより分子線として導入した窒素分子試料に集光照射し、生成した窒素原子フラグメントイオンを飛行時間型質量分析器で検出した。一方の Si 基板をピエゾを用いて微動させ、2 本のビームに遅延時間を設けることで自己相関を測定した。なお、測定で用いた高次高調波の分布に関しては、VUV-XUV 領域用の分光器で確認をした。さらに、集光光学系の効率を考慮するために、Ar 原子の光電子スペクトルの測定も行い、両者の結果より、集光領域における高調波の分布を評価した。

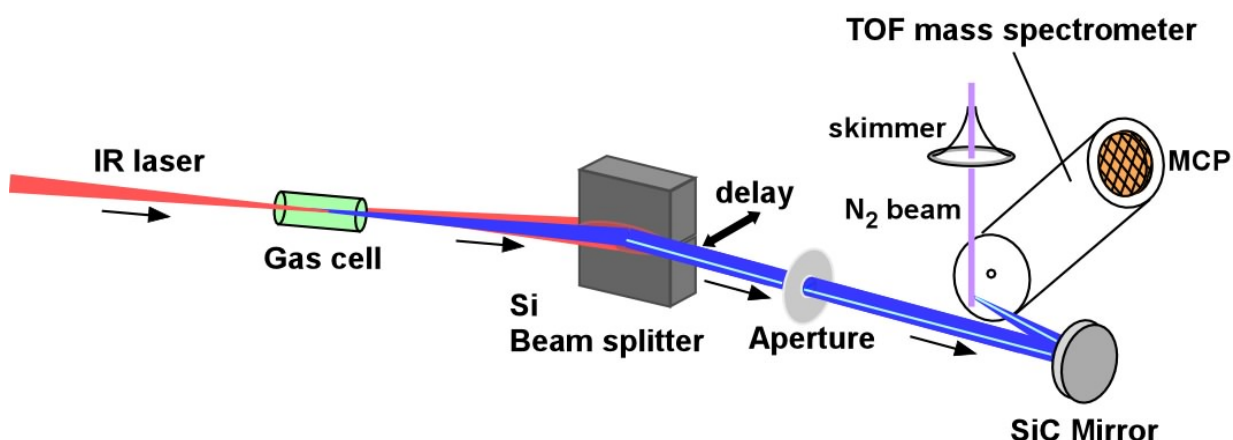


図 1: アト秒パルストレイン自己相関測定スキーム図

【結果と考察】図 2 にアト秒パルストレインの自己相関測定の結果を示す。窒素分子からのフラグメントパターンを遅延時間を変えて測定した結果が図 2(a)である。その結果、基本波の光学サイクル(2.7 fs)おきに表れるフリンジ(d)と異なり、サイドピーク(b)およびセンターピーク(c)からは、光学サイクルの半周期(1.35 fs)でのシグナルの変調が観測された。この自己相関の測定結果より、アト秒パルストレインのパルス幅が 300 アト秒以下であることが明らかとなった。

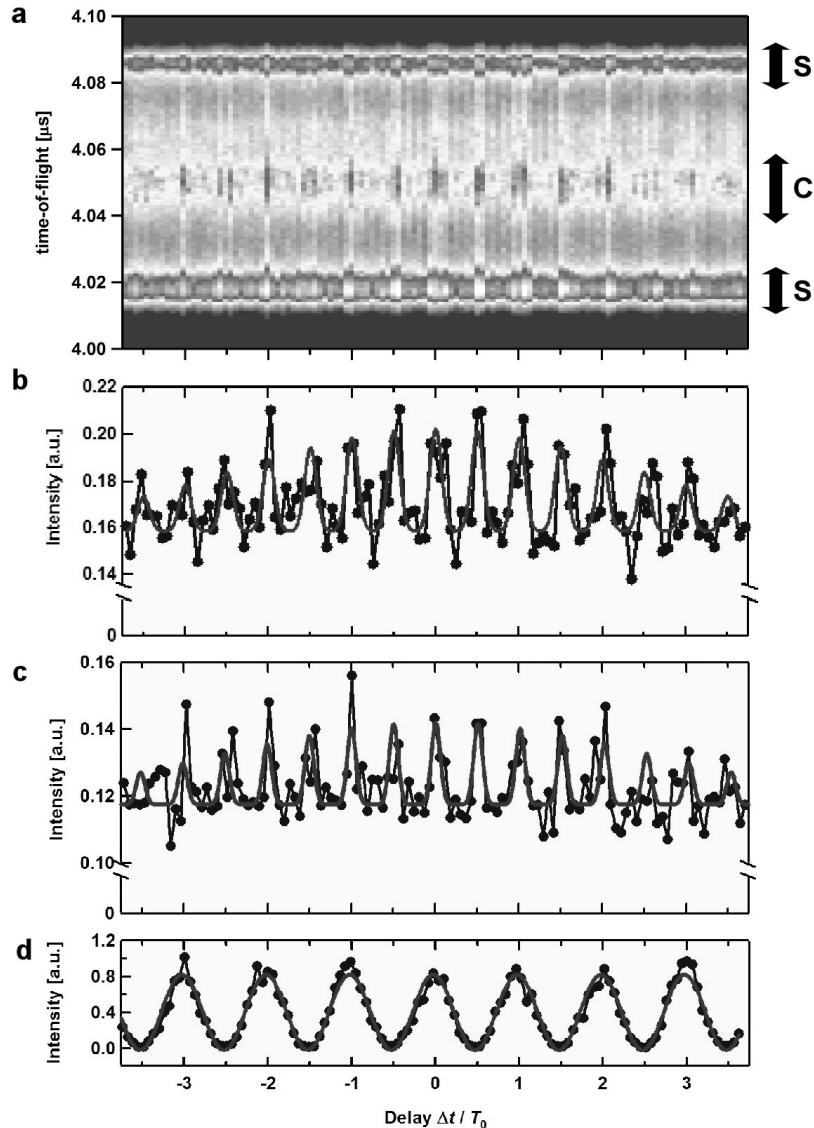


図 2:アト秒パルストレインの自己相関測定結果

(a) 2次元自己相関画像, (b)サイドピークの自己相関, (c) センターピークの自己相関,
(d) 基本波の自己相関, 青線が実測, 赤線がフィッティング結果

【参考文献】

- [1] Y. Nabekawa, T. Shimizu, T. Okino, K. Furusawa, H. Hasegawa, K. Yamanouchi, K. Midorikawa, Phys. Rev. Lett. 96, 083901 (2006).
- [2] K. Furusawa, T. Okino, T. Shimizu, H. Hasegawa, Y. Nabekawa, K. Yamanouchi, K. Midorikawa, Appl. Phys. B, 83, 203-211 (2006).
- [3] K. Hoshina, A. Hishikawa, K. Kato, T. Sako, K. Yamanouchi, E.J. Takahashi, Y. Nabekawa, K. Midorikawa, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., 39, 813-829 (2006).