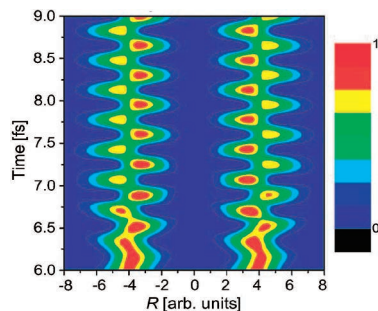


19世紀末、「走っている馬の4本の脚は、同時に地面を離れるか？」という多額の賞金がかかった問いに答えるため、カメラの高速シャッターが発明され、この技術が後の映画撮影の礎となった。20世紀後半のフェムト秒 (10^{-15} 秒) レーザーの発展は、化学反応にかかわる短寿命遷移状態を「時間を止めて」観測するフェムト化学の研究分野を切り拓き、1999年のノーベル化学賞の対象となった。今日ではさらに速い時間スケールで起こる現象の時間分解をめざす、「アト (10^{-18}) 物理」が幕を開けている。たとえば水素分子 H_2 の振動周期は7フェムト秒であるのに対して、水素分子イオン H_2^+ 中の電子は、約180アト秒ごとに2つの水素原子Hの間を「跳び移る」ことが予測される(図)。このような超高速現象の実験的観測や制御を可能にするのが、アト秒の時間幅をもつ光パルスである。

現在のアト秒光パルスは、強力な近赤外域フェムト秒レーザーを希ガスなどの媒質に集光した際に、高次高調波として発生する真空紫外～軟X線域のパルス列を利用している。すでに100アト秒を切る光パルスが実現しているが、これほど短い時間領域では、ハイゼンベルクの不確定性関係が問題になってくる。時間幅 Δt が100アト秒を切



アト秒パルスを用いて励起した H_2^+ 中の電子波束ダイナミクスを、光イオン化を利用して観測できるはず(理論計算)。Reprinted figure with permission from F. Krausz and M. Ivanov: Rev. Mod. Phys. **81** (2009) 163. Copyright by the American Physical Society.

る光パルスのスペクトル幅 ΔE は、100 eV 近くにも広がってしまう。そのため、不確定性原理の「裏をかくて」高い時間分解能 Δt とエネルギー分解能 ΔE を両立させる、巧みな実験をデザインすることが課題となる。

図の例では、偏光(電場の方向)を適切に選んだ第2の光パルスで光イオン化を誘起し、電子の放出方向の非対称性を計測することを提案している。アト秒の偏光を自由自在に変調する技術が実現できれば、スピントロニクス研究のためのアト秒磁場パルスとしてつかうことも夢ではない。真空紫外～軟X線域の光パルス整形技術の発展にともない、アト物理の地平は着実に広がりつつある。

誌編集委員会