

アト秒精度のコヒーレント制御を用いた量子検証実験

(¹分子研, ²科学技術振興機構 CREST, ³総研大)

香月 浩之^{1,2,3}, 千葉 寿^{1,2}, ○大森 賢治^{1,2,3}

物質の波動性は量子論の本質である。今や量子論を応用した製品は日常生活に深く浸透しているが、実は私達はまだ量子論を完全には理解し切れておらず[1]、その応用の余地も膨大に残されている。近年、量子論の理解を深め新たな応用分野を切り拓く事を目標に、物質の波動関数の振幅や位相を操作しようとする試みが様々な分野で行なわれるようになった。このような量子制御は「コヒーレント制御」と呼ばれ、量子情報処理や結合選択的な化学反応制御といった先端的なテクノロジーの開発に繋がるものとして期待されている。

量子位相を操作するための有望な戦略の一つとして、物質の波動関数に波としての光の位相を転写する方法が考えられる。例えば、二原子分子に核の振動周期よりも短い光パルスを照射すると、「波束」と呼ばれる局在波が結合軸上を往復する状態を造り出す事ができる。波束の発生に際して、数フェムト秒からアト秒（可視光から紫外光で発生させた場合）のサイクルで振動する光電場の位相は波束の量子位相として分子内に保存されるので、光の位相を操作することによって波束の位相を操作することができる。我々はこれまでに、アト秒精度で光学位相を操作する技術を開発し、これを用いて分子内に発生した2個の振動核波束の量子干渉を制御することによって、波束に含まれる複数の振動固有状態の振幅を操作し読み出すことに成功した[2, 3]。

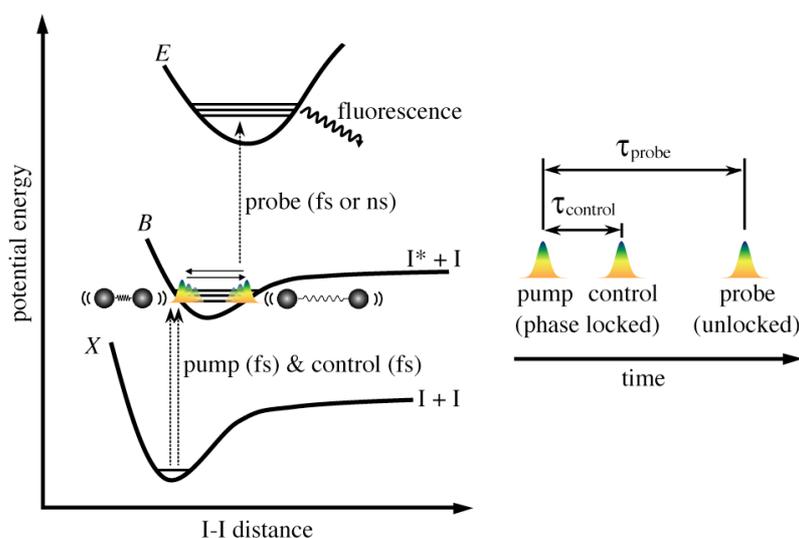


図 1. 位相ロックされたフェムト秒レーザーパルス対によって I_2 分子の B 状態ポテンシャル上に生成した 2 個の振動波束の量子干渉を別の位相ロックされていないフェムト秒レーザーパルスあるいはナノ秒レーザーパルスによって観測する。(文献 5 より転載)

ごく最近では、分子内の振動波束干渉によって形成される波動関数の空間パターンを、フェムト秒の時間分解能とピコメートルの空間分解能で観測する手法を開発し、これをヨウ素分子に適用した。その結果、二つの波束が交差する際に過渡的に形成される定在波（量子さざ波）の空間パターンが、波束に含まれる位相情報に極めて敏感である事が分かった[4]。さらに、このような位相測定と前述の振幅測定を組み合わせることによって、波束に含まれるすべての量子情報を読み出す事が可能である事を実証した（→図1）[5]。

以上の基盤技術の応用として、我々が現在最も興味を持っているものの一つは、量子力学の基礎的な検証実験である。これまでに、ジェット中の分子のアンサンブルを対象として、量子力学的な重ね合わせ状態、およびデコヒーレンスの検証実験を行った。このような基礎的な検証実験が、将来的にデコヒーレンスの制御や量子-古典境界の探求に役立つことを願って研究を進めている。

参考文献

- [1] 最近のレビューとしては例えば、M. Tegmark and J. A. Wheeler, *Scientific American* **284**, 54 (2001); D. Kleppner & R. Jackiw, *Science* **289**, 893 (2000).
- [2] K. Ohmori, Y. Sato, E.E. Nikitin, and S.A. Rice, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 243003 (2003).
- [3] 大森賢治, “アト秒精度のコヒーレント制御—分子振動波束への応用—”. 日本物理学会誌 **59**, 615-618 (2004).
- [4] H. Katsuki, H. Chiba, B. Girard, C. Meier, and K. Ohmori, *Science* **311**, 1589 (2006).
- [5] K. Ohmori, H. Katsuki, H. Chiba *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 093002 (2006).