

4C02 フェムト秒ピコメートル精度の波束干渉デザイン

(¹分子研, ²JST CREST, ³総研大, ⁴University of Paul Sabatier)

○香月 浩之^{1,2,3}, 穂坂 綱一^{1,3}, 千葉 寿^{1,3}, C. Meier⁴, B. Girard⁴, 大森 賢治^{1,2,3}

【序】波が持つ特徴の一つに干渉効果がある。波動関数も波の一種であり、同様の干渉効果を示すことがよく知られており、電子や原子といった粒子の並進運動や原子・分子の電子・振動・回転などの各内部自由度における波動関数の干渉効果の観測が過去になされてきた。我々もこれまでの研究で、単一のフェムト秒レーザーパルスでヨウ素の電子励起状態に作製した振動波束から派生した二つの部分波束が干渉する様子をポンプ・プローブ法を用いて時間・空間の二次元で可視化することに成功した^[1]。今回、さらに位相ロックしたフェムト秒レーザーパルス対をポンプ光として用いることにより、このような二次元干渉イメージを能動的にデザインして読み出すことに成功した。

【実験】チタンサファイア再生増幅器からのフェムト秒出力パルスを光パラメトリック増幅器により波長変換し、中心波長 $\sim 595\text{nm}$ のポンプ光と中心波長 $380\text{-}390\text{nm}$ 付近のプローブ光を準備した。さらにポンプ光は高精度に安定化したマイケルソン型干渉計(アト秒位相変調器)を用いて、位相ロックパルス対に変換する^[2]。パルス対間の相対位相はフィードバックを用いて 0.1π 以下の精度で安定化されている。サンプルにはヨウ素/アルゴン混合気体のジェットを用い、プローブ光入射後のレーザー誘起蛍光信号をモノクロメータと光電子増倍管を用いて計測した。ダブルパルス間の遅延時間はヨウ素分子の古典振動周期の約

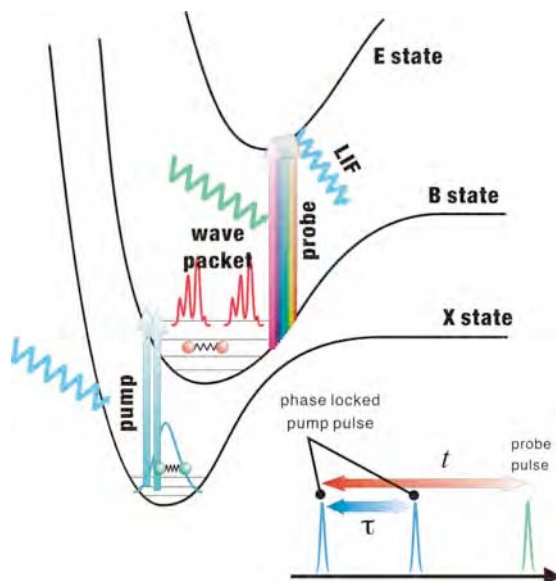


図1 ヨウ素分子の電子状態エネルギー図と実験スキーム

延時間はヨウ素分子の古典振動周期の約1.5倍にあたる 470fs 付近に設定した。この場合、生成される二つの波束はパルス対入射直後にはポテンシャルの両古典回帰点あたりに局在し、その後お互いに逆方向に運動しながら干渉する。プローブ光の波長を適切に変化させることによりB状態からE状態への遷移を起こす核間距離をピコメートルレベルの分解能で変化させることができる。パルス対間の位相を 90° ずつ変化させ、4つの異なる相対位相関係での波束の時間発展を核間距離を選別して観測した。

【結果】位相ロックパルス対によって励起された振動波束の時間発展はパルス対の相対位相に依存して大きく変化する。相対位相を 90° ずつ変化させた場合の波束の時間発展のシミュレーション結果を図2に示す。位相 0° は基準とする B 電子状態中の振動量子状態 ($v_B=11$) のポピュレーションが最小になるタイミングに相当している。生成される波束の状態は大きく二つに区別される。一つは 0° 及び 180° の場合であり、この場合占有される振動量子状態が偶数あるいは奇数どちらかの状態に限られる。この結果、波束に含まれる振動準位間のエネルギー間隔は2倍となるため、倍周波数の量子ビートが観測される。一方、相対位相が 90° 、 270° の場合には単一パルス励起における half revival^[1] 周辺の波束状態とよく似た波束状態が生成される。実測のデータとシミュレーションの比較に基づいた議論を当日行う予定である。

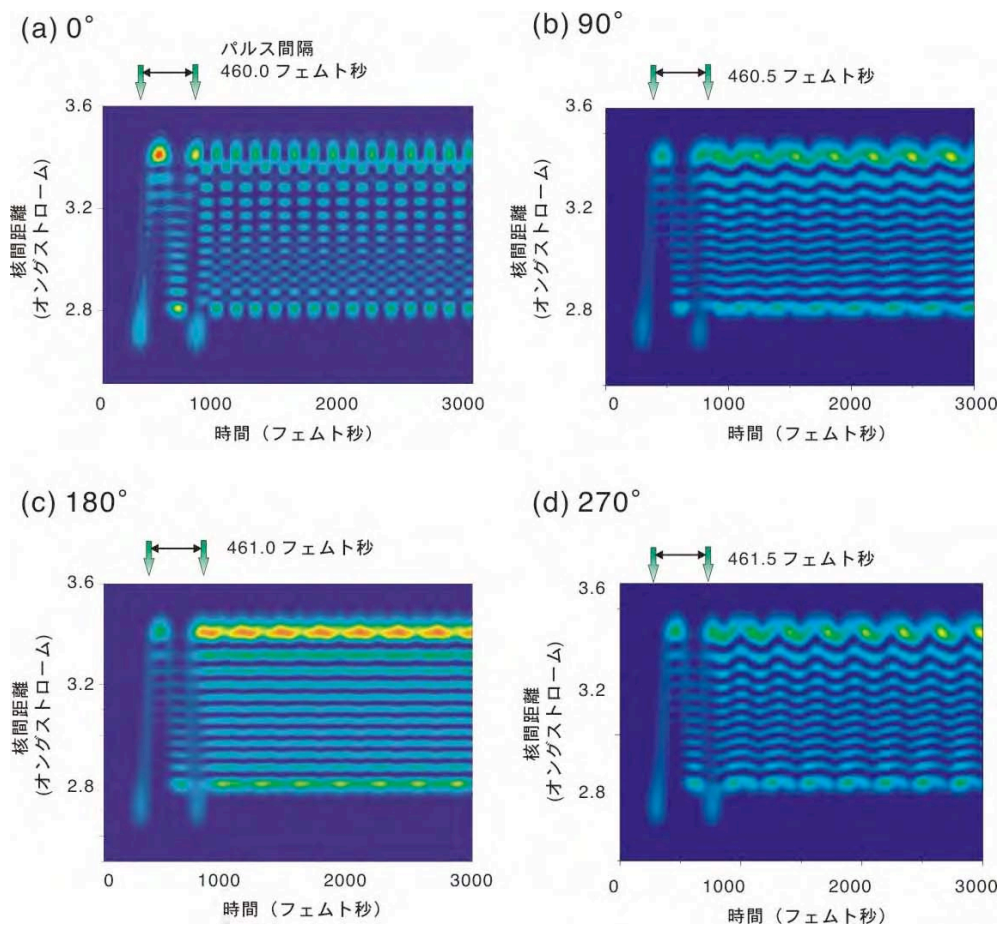


図2 位相ロックフェムト秒レーザーパルス対によって作製された振動波束の時間発展のシミュレーション。パルス対の遅延時間を 500as ずつ変化させた場合の波束干渉の変化を示す。

【参考文献】

[1] H. Katsuki, H. Chiba, B. Girard, C. Meier, and K. Ohmori, *Science* **311**, 1589 (2006).
 [2] K. Ohmori, H. Katsuki, H. Chiba, et al. *Phys. Rev. Lett.* **96**, 093002 (2006).