

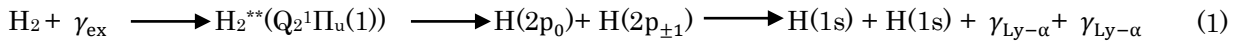
H₂およびHD分子の光解離で生成する Lyman- α 光子ペアの角度相関

(^a東京工業大学理工学研究科化学専攻, ^b上智大学理工学部物質生命理工学科, ^cInstitute of Physics, University of Kassel, ^dDepartment of Physical Sciences, University of Oulu) ○鳥塚祐太郎^{a)}, 穂坂綱一^{a)}, 谷内一史^{a)}, Philipp Schmidt^{c)}, 小田切丈^{b)}, Andre Knie^{c)}, Kari Jänkälä^{d)}, Arno Ehresmann^{c)}, 北島昌史^{a)}, 河内宣之^{a)}

Angular correlation of a pair of Lyman- α photons produced in the photodissociation of H₂ and HD

(^aDepartment of Chemistry, Tokyo Institute of Technology, ^bDepartment of Materials and Life Science, Sophia University, ^cInstitute of Physics, University of Kassel, ^dDepartment of Physical Sciences, University of Oulu) ○Yutaro Toriduka^{a)}, Kouichi Hosaka^{a)}, Kazufumi Yachi^{a)}, Philipp Schmidt^{c)}, Takeshi Odagiri^{b)}, Andre Knie^{c)}, Kari Jänkälä^{d)}, Arno Ehresmann^{c)}, Masashi Kitajima^{a)}, and Noriyuki Kouchi^{a)}

【序】 量子もつれ状態とは、全系の波動関数がそれを構成する部分系の波動関数の積で表せない状態のことである。この状態は、全系は状態の定まった部分系から構成されるという、我々の直感と反している。それゆえに量子力学の摩訶不思議さの根源である。Odagiriらは2電子励起 Q₂¹ Π_u (1)状態を経由する水素分子の光解離過程(1)により、H(2p)原子ペアが生成することを見出した[1]。



ここで γ_{ex} は入射光子を、 $\gamma_{\text{Ly-}\alpha}$ は Lyman- α 光子を表す。また 2p の添え字 0, ± 1 は核間軸に関する磁気量子数を表す。Miyagiら[2]、及び Jänkäläら[3]は、過程(1)により生成する 2p 原子ペアが量子もつれ状態にあることを理論的に示した。さらに原子ペアの量子もつれは、それが放出する Lyman- α 光子ペアの角度相関測定により、診断できることを示した[2, 3]。

このような背景の下、Nakanishiら[4]は、過程(1)により生成する Lyman- α 光子ペアの角度相関関数(ACF)を測定し、量子もつれ 2p 原子ペアに基づく Miyagiら[2]、及び Jänkäläら[3]の理論予測と比較した。実験結果は理論予測と定性的には一致し、量子もつれ原子ペア生成を示唆するものの、定量的な不一致が大きい(図2参照)。

本研究では、これら 2 つの理論予測との定量的不一致の原因を探るべく、HD の光解離に由来する Lyman- α 光子ペアの ACF を測定した。H₂の光解離で生じる H(2p)原子ペア状態は、同種粒子の不可弁別性の原理から、原子核の交換に対して対称、または反対称でなければならない。一方、HD 分子ではそのような制約を受けない。したがって H₂と HD の光解離に由来する Lyman- α 光子ペアの ACF には違いが現れると予想される。予想通り、ACF に違いが現れるかどうかは、2p 原子ペアの電子状態を知る上で重要である。

【実験】 実験は、高エネルギー加速器研究機構フotonファクトリーのビームライン 20A と 28B にて行った。入射光は直線偏光した放射光である。本実験装置の概略を図1に示す。水素ガスを満たしたガスセルに(ガスセルは図には示されていない)、入射光子エネルギー33.66 eVの放射光を X軸に沿って導

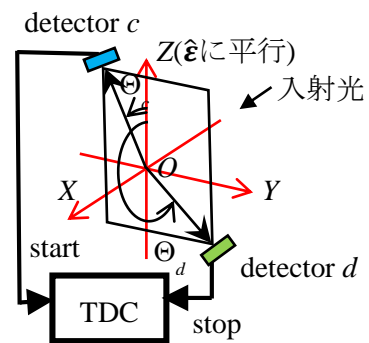


図1 本実験装置の概略図。 ϵ は直線偏光した入射光の偏光ベクトルである。

入し、過程(1)により生成する Lyman- α 光子ペアを 2 個の光子検出器 c と d で同時計数した。検出器 c と d は、入射光軸に直交する面、すなわち YZ 面に置かれ、その方向は入射光の偏光ベクトル $\hat{\epsilon}$ から測る。検出器 c と d からの信号を time-to-digital converter(TDC)に入力して、Lyman- α 光子がそれぞれの検出器に到着する時刻 t_c と t_d を記録する。到着時刻差 $t_d - t_c$ が T である事象の頻度を T の関数として計数し、Lyman- α 光子ペアのコインシデンスタイムスペクトルを得る。Nakanishi ら[4]の手法により、コインシデンスタイムスペクトルを解析し、Lyman- α 光子ペアの同時計数値を求める。実験は、 H_2 についてはガス圧力 $\sim 0.9\text{Pa}$ と $\sim 0.4\text{Pa}$ で、 HD については $\sim 0.9\text{Pa}$ で行った。この圧力範囲では光子ペアの同時計数値は圧力に比例する[4]。得られた Lyman- α 光子ペアの同時計数値を測定時間、入射光量、水素ガス圧で規格化し、その結果を角度 (θ_c, θ_d) に対してプロットしたものが Lyman- α 光子ペアの ACF である。

【結果と考察】 図 2 に、本実験で測定された ACF を示す(● : H_2 , ○ : HD)。(a)は $\theta_d = \theta_c + 180^\circ$ における ACF を示し、(b)は $\theta_d = -\theta_c$ における ACF と $\theta_d = -\theta_c + 180^\circ$ における ACF を示す。図 2 には、Miyagi らの理論予測[2]と Jänkälä らの理論予測[3]も示す。意外にも、 H_2 と HD に対する Lyman- α 光子ペアの ACF には有意な違いは見られない。すなわち、実験結果は理論予測と定性的には一致し、量子もつれ原子ペア生成が示唆されるが、定量的な不一致が大きい。このことを手がかりに過程(1)の $2p$ 原子ペア状態を解明したい。

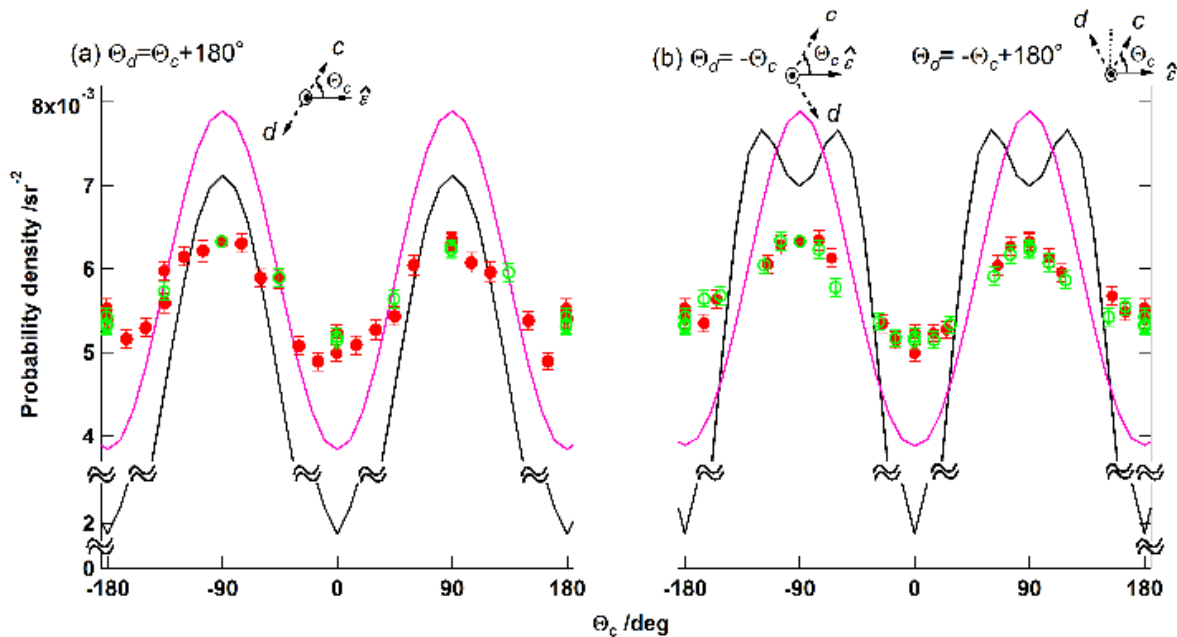


図 2 本実験により測定された ACF(● : H_2 , ○ : HD)。— : Miyagi らの理論予測[2], — : Jänkälä らの理論予測[3]。二つの理論予測は、本実験の角度分解能をたたき込んだ結果である。

【引用文献】 [1]T. Odagiri *et al.*, *J. Phys.* **B**37, 3909 (2004). [2]H. Miyagi *et al.*, *J. Phys.* **B** 40, 617 (2007). [3]K. Jänkälä *et al.*, *J. Phys.* **B** 43, 065104 (2010). [4]Y. Nakanishi *et al.*, *J. Phys. Rev. A* 90, 043405 (2014).