

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	エンタングルした原子ペアの分子解離による生成の検証
Title(English)	
著者(和文)	鳥塚祐太郎
Author(English)	Yutaro Torizuka
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11376号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北島 昌史,大島 康裕,腰原 伸也,西野 智昭,山崎 優一
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11376号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		鳥塚 祐太郎	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	北島 昌史	准教授	審査員	山崎 優一	准教授	
	審査員	大島 康裕	教授				
		腰原 伸也	教授				
		西野 智昭	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「エンタングルした原子ペアの分子解離による生成の検証」と題し、6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、エンタングルメント(もつれ)について説明し、その量子力学における興味深さと量子情報などの応用上の重要性をまとめた上で、本研究の目的を述べている。量子力学において、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とき、全系の状態をもつれ状態であるとし、もつれ状態は複合系の量子力学の非日常性の根源であることを述べている。さらに、これまで、もつれ系は外界から状態を制御することで能動的に作られてきたが、能動的な操作に拠らずとも、水素分子の光解離で自発的にもつれた原子ペアが生成する可能性を指摘している。そして、本研究の目的が、水素分子の光解離でもつれた原子ペアが生成することを実証するものであるとしている。

第 2 章「理論」では、もつれ原子ペア生成の実証に必要な理論についてまとめている。水素分子の光解離で生成する $H(2p)$ 原子ペア状態に関する情報が Lyman- α 光子ペア状態に転写されることを述べ、これを利用して光子ペアの放出方向の角度相関関数(Angular correlation function, ACF)を測定することにより、原子ペアのもつれの有無を調べたとしている。さらに、ACF は 2 つの光子検出器の設置方向の関数であるが、それらの設置方向を網羅的に動かす測定は現実的でないため、ACF の解析的表現を求め、その表現から ACF を一意に決めるのに必要十分な配置を検討したことを述べている。

第 3 章「実験」では Lyman- α 光子ペアの ACF 測定法について述べている。KEK-PF BL20A および BL28B において、光子エネルギー 33.66 eV の直線偏光を水素ガスで満たされたガスセルに導き、水素分子の光解離で生成する $H(2p)$ 原子ペアに由来する Lyman- α 光子ペアを同時計数法により 2 つの光子検出器の設置方向の関数として測定したことを述べている。また、第 2 章で求めた ACF の解析的な表現に含まれる 5 つの係数を決定するために、十分な配置で ACF を測定したこと、これを達成するために製作した装置についてまとめている。

第 4 章「結果」では実験で得られた Lyman- α 光子ペアの ACF を示し、この結果に基づき ACF の解析的な表現に含まれる 5 つの係数したことについてまとめている。

第 5 章「考察」では実測した ACF を再現する $H(2p)$ 原子ペア状態を、あらゆる可能性を排除することなく、包括的に調べ、光解離で生成する $H(2p)$ 原子ペアがもつれているか否かを検証している。 $H(2p)$ 原子ペアの前駆分子状態は 2 電子励起 $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態であることが既に分かっていることから、 $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態にある前駆分子から生成しうる原子ペア状態を包括的に検討し、 $H(2p)$ 原子ペアの状態は $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態と $Q_2\ ^3\Sigma_u^+(2)$ 状態の重ね合わせ状態となることを述べている。この際に水素の原子ペア状態を取り扱う上でスピン相互作用を無視できないことを指摘し、 $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態にある前駆分子は核間距離の増加に伴い、 $Q_2\ ^3\Sigma_u^+(2)$ 状態と次第に結合し、核間距離無限大では $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態と $Q_2\ ^3\Sigma_u^+(2)$ 状態の重ね合わせ 1_u 状態が生成すること、そして、この 1_u 状態はもつれ状態であることを指摘している。さらに、ここで導かれた 1_u 状態に対する ACF を理論的に計算した結果は、実験で決めた ACF を概ね再現するものであることを見出している。したがって水素分子の光解離により、もつれ $H(2p)$ 原子ペアが生まれており、そのもつれ状態は、 $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態と $Q_2\ ^3\Sigma_u^+(2)$ 状態の重ね合わせ 1_u 状態であると結論付けている。

第 6 章「結論」では本研究で得られた知見を総括し、その結論をまとめている。

以上要するに、本研究は、水素分子の光解離によりもつれた原子ペアが自発的に生成すること、生じた $H(2p)$ 原子ペアは、 $Q_2\ ^1\Pi_u(1)$ 状態と $Q_2\ ^3\Sigma_u^+(2)$ 状態の重ね合わせ 1_u 状態であることを実証したものである。複合系の分割によるもつれの自発的生成は、分子解離に留まらず、一般の系においても起こると予想され、極めて重要な成果と言える。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として、十分に価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。