## ボース・アインシュタイン凝縮を目指した ポジトロニウム冷却

東大理,東大素セ<sup>A</sup>,東大工<sup>B</sup>,高麗大学<sup>C</sup>,産総研<sup>D</sup>, 九大GIC<sup>E</sup>, KEK物構研<sup>F</sup>,原子力機構<sup>G</sup>

<u>石田明</u>,難波俊雄<sup>A</sup>,浅井祥仁,五神真,

田島陽平<sup>B</sup>,小林拓豊<sup>B</sup>,魚住亮介<sup>B</sup>,周健治<sup>B</sup>,蔡恩美<sup>C</sup>,吉岡孝高<sup>B</sup>, 大島永康<sup>D</sup>,オロークブライアン<sup>D</sup>,満汐孝治<sup>D</sup>,伊藤賢志<sup>D</sup>,熊谷和博<sup>D</sup>,鈴木良一<sup>D</sup>, 藤野 茂<sup>E</sup>,兵頭俊夫<sup>F</sup>,望月出海<sup>F</sup>,和田 健<sup>F</sup>,甲斐健師<sup>G</sup>



https://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/?page\_id=110

令和4年3月16日 日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) @オンライン開催 16aA572-5

2022/3/16

8機関、21名で共同研究



謝辞

以下の研究助成を受けています。(終了済のものも含む)

- JST 創発的研究支援事業 JPMJFR202L
- JSPS科研費 JP16H04526, JP17H02820, JP17H06205, JP17J03691, JP18H03855, JP19H01923
- 公益財団法人 松尾学術振興財団
- 公益財団法人 三豊科学技術振興協会
- 公益財団法人 光科学技術研究振興財団
- 公益財団法人 三菱財団
- TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」TK17-046, TK19-016

https://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/?page\_id=110

創発的研究支援事業

目次

- なぜ、ポジトロニウム (Ps) を冷却するのか?
  - ▶ 精密分光による素粒子標準理論の検証 (2S—2P 準位差には 4.2σ もの乖離)
    - ▶ ポジトロニウム (Ps) のボース・アインシュタイン 凝縮 (BEC) の実現



Ps レーザー冷却実現に向けた実験の状況
 @ KEK 物質構造科学研究所 (IMSS)
 低速陽電子実験施設 (SPF)

## ポジトロニウム (Ps)

- ・純粋なレプトン系かつ最も軽い原子
  →束縛系量子電磁力学 (QED) の精密検証
- 反物質系 → 物質・反物質の未知の非対称性の探索



電子と陽子の結合状態

真空中の寿命:無限

## ポジトロニウム (Ps)



電子と陽電子(電子の反粒子)の 結合状態

真空中の寿命:**142 ns** 消滅の際 511 keV 以下のガン マ線を放出する。

2022/3/16





2022/3/16

基礎科学研究や次世代光源への応用可能性

1. <u>反物質に働く重力を</u> 2. <u>511 keV ガンマ線レーザー</u> 原子干渉計を用いて測定



量子もつれ (エンタングル) 511 keV ナノ秒パルス コヒーレント

参考: Phys. stat. sol. **4**(2007)3419

⇒<u>重力</u>という<u>実験的に未探索</u>の切 りロで物質・反物質の未知の非対 称性を探り、 「なぜ、宇宙に物質のみ残ったのか」 という問いに答える 参考: Phys. Rev. A 92(2015)023820

⇒光科学研究、 ガンマ線・ガンマ線衝突型 素粒子実験、 産業・医療応用





2022/3/16

照射





16aA572-5

ø ~10 mm

K. Shu, Ph.D. Thesis, Graduate School of Science, The University of Tokyo, Tokyo (2020).

ビームサイズ





## 陽電子検出効率を安定化し、遷移率測定法の信頼性を向上



2022/3/16

まとめ

1. ポジトロニウム (Ps) を冷却したい。
 A) 精密分光による素粒子標準理論の検証
 B) Ps-BEC を実現して世界初の反物質レーザーを作る

- 反物質系低温量子凝縮相の研究
- •「なぜ、宇宙に物質のみ残ったのか」を解明
- ガンマ線レーザーの実現
- 2. まず真空中での Ps レーザー冷却を早期に実証すべく、 プロトタイプのPs冷却用レーザーによるPs冷却実験に挑 戦している。
  - ✓ 高効率で Ps の 1S→2P 遷移を達成
  - ✓ 遷移率検出手法を改善し、信頼性向上

関連講演: 17(木)午前 領域1 17aE22-3, 17aE22-4, 17aE22-5 17(木)午後 領域10 17pGE21-10

https://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/?page\_id=110