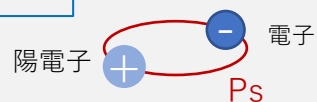


# Psのレーザー冷却の実証に向けた温度測定実験

魚住亮介<sup>1</sup>、田島陽平<sup>1</sup>、小林拓豊<sup>1</sup>、蔡恩美<sup>1,6</sup>、周健治<sup>1</sup>、吉岡孝高<sup>1</sup>、石田明<sup>2</sup>、橋立佳央理<sup>2</sup>、難波俊雄<sup>3</sup>、浅井祥仁<sup>2</sup>、五神真<sup>2</sup>、山田恭平<sup>2</sup>、大島永康<sup>4</sup>、オロークブライアン<sup>4</sup>、満汐孝治<sup>4</sup>、伊藤賢志<sup>4</sup>、鈴木良一<sup>4</sup>、兵頭俊夫<sup>5</sup>、望月出海<sup>5</sup>、和田健<sup>5</sup>  
 1東大工、2東大理、3東大素セ、4産総研、5高工研、6高麗大学

## 研究背景



Psとは

- ・電子と陽電子の二体束縛系
- ・**142 ns**の時定数でガンマ線に崩壊する

- ・低温Psの実現は重要な応用研究につながる事が期待  
遷移周波数の精密分光測定による物質反物質間非対称性の探索  
世界初の反物質を含む系でのBEC実現
- ・**レーザー冷却**による低温Psの実現を目指している  
反物質系のレーザー冷却は未だ成功例なし  
実現には特殊な光源が必要だが、**プロトタイプ機の開発に成功**
- ・**温度測定による冷却効果の実証**は重要なマイルストーン

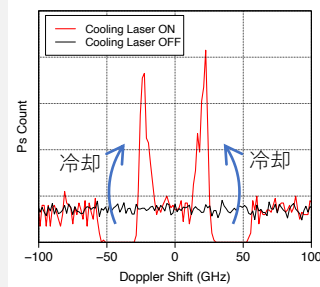
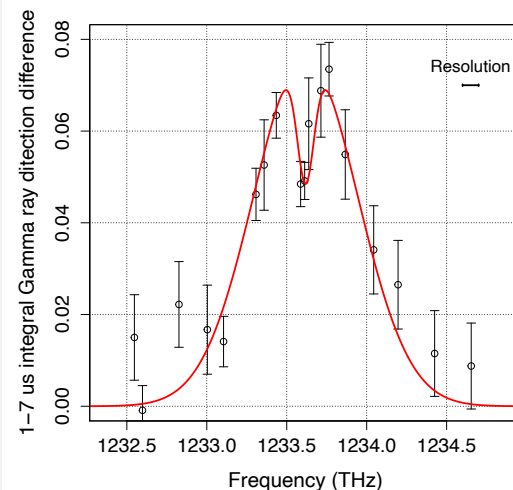


図1. 開発した光源による冷却効果のシミュレーション

<本研究>  
 波長可変ナノ秒紫外レーザーを用い、Psの1S-2P遷移のドップラー分布を取得することで、レーザー冷却しないときのPsの温度を評価

## 測定結果



- ・中心周波数：1233.62(2) THz  
(中心波長：243.019(4) nm)  
不確かさの範囲で文献値<sup>[1]</sup>と一致しておりPsの共鳴を観測できている  
[1] A. Czarnecki, et al. *Physical Review A* **59**, 4316 (1999).
- ・ドップラー幅より温度は  $8(1) \times 10^2$  K  
Ps生成直後は数千 Kであること、固体との熱化で冷えることと無矛盾  
同時に行ったTOF測定の解析も進め検証中
- ・分布中央のディップは励起の飽和によるPsに対して光が対向する構成で実験飽和強度の7倍以上の光源を用いている

フィッティング関数：  

$$A_{\text{exp}} \left[ -\frac{(f_0 - f)^2}{2\sigma^2} \right] \left( 1 - A_{\text{dip}} \exp \left[ -\frac{(f_0 - f)^2}{2\sigma_{\text{dip}}^2} \right] \right)$$

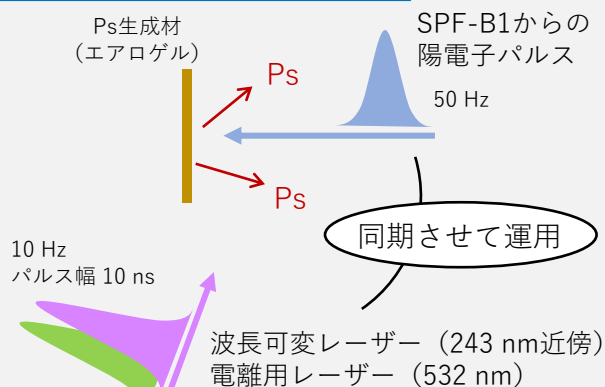
↑ 図2. 陽電子照射から250 ns後の真空中のPsのドップラー分布

本測定と同様の測定によって冷却効果の実証は可能か

- ・本測定の分解能で図1.の冷却効果を観測した場合、中心周波数において8%のシグナル増加
- ・本測定の中心周波数におけるシグナルの不確かさは8%

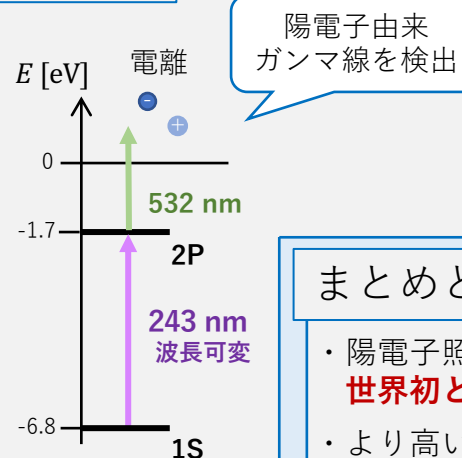
→ **中心周波数での積算時間を増やすことで、冷却効果の確認が可能であると期待される** (現在は10~30分積算/データ点)

## 実験のセットアップ



(課題番号: 2020G101)

## 測定原理



## まとめと今後の展望

- ・陽電子照射から250 ns後の真空中のPsの温度を  $8(1) \times 10^2$  Kと評価できた。**同様の測定によって、世界初となるPsのレーザー冷却の実証が期待される。**レーザー冷却実験とその解析を現在進めている
- ・より高い分解能をもつレーザーも開発中であり、Psのレーザー冷却とその精密分光実験を進めていく