

アクシオン探索実験DANCE と単一光子検出

道村唯太

東京大学 大学院理学系研究科附属

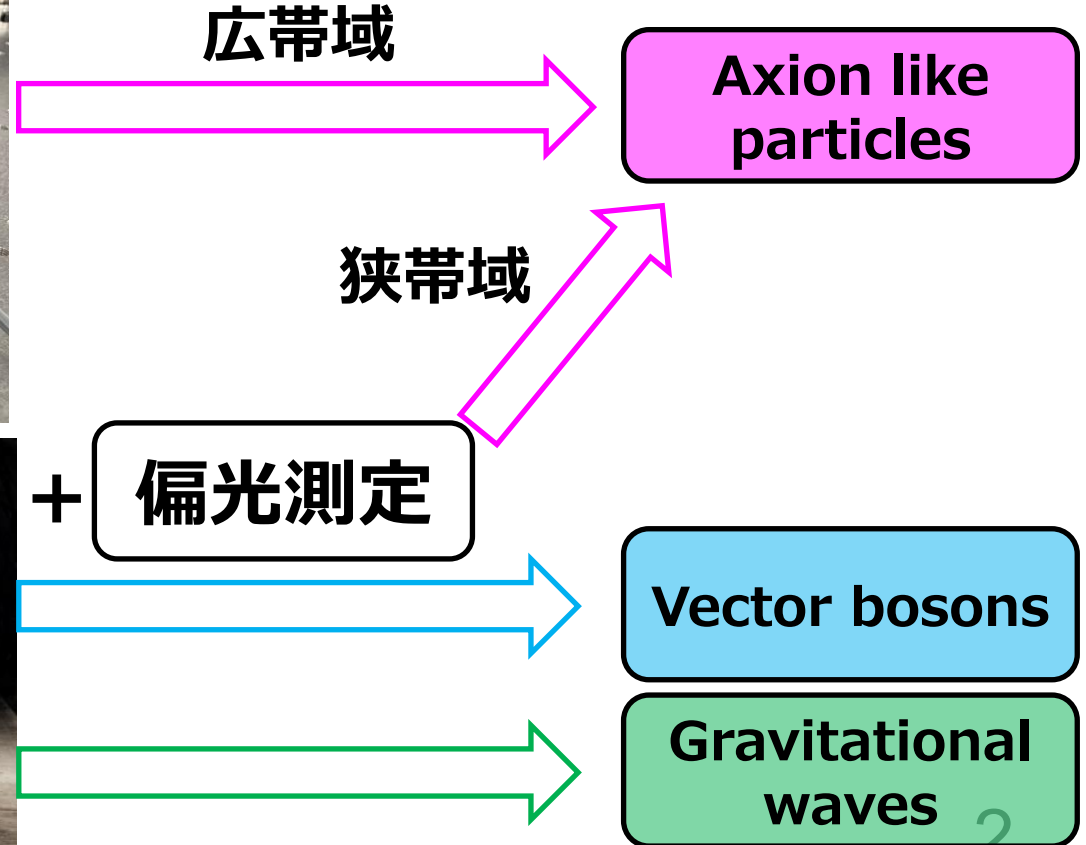
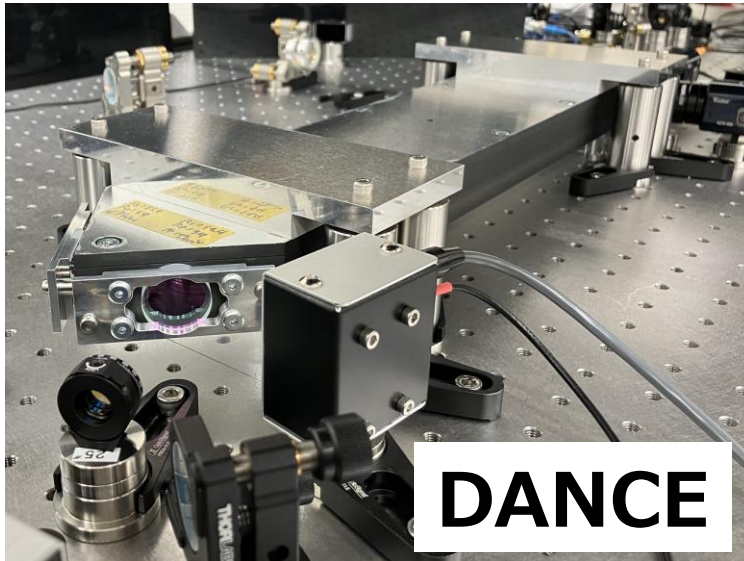
ビッグバン宇宙国際研究センター

michimura@resceu.s.u-tokyo.ac.jp



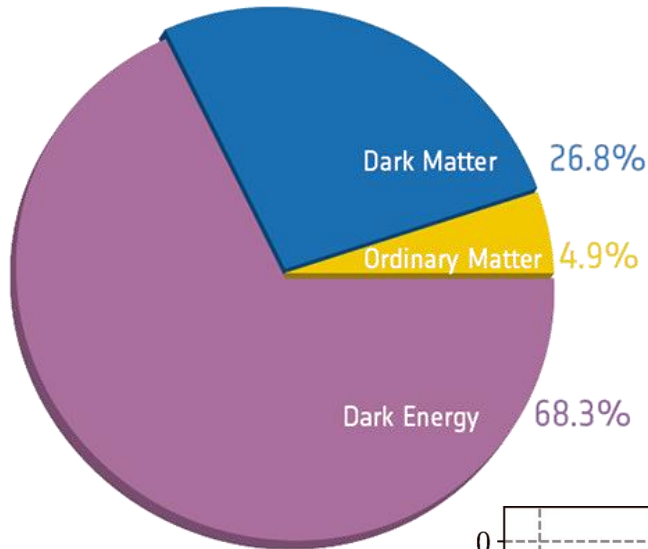
やっていること

- テーブルトップ実験(DANCE)と重力波望遠鏡(KAGRA)を用いた重力波・ダークマター探索

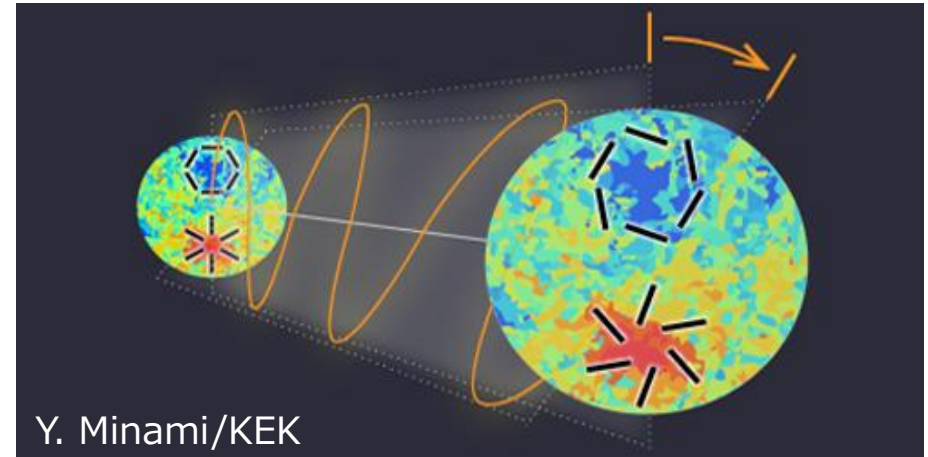


アクシオンはおもしろい

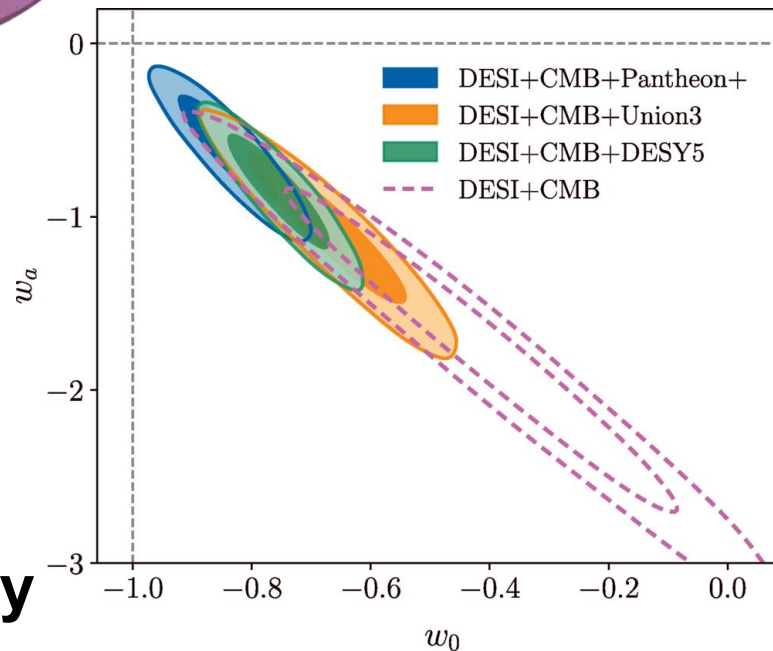
Dark Matter and Dark Energy



Cosmic Birefringence



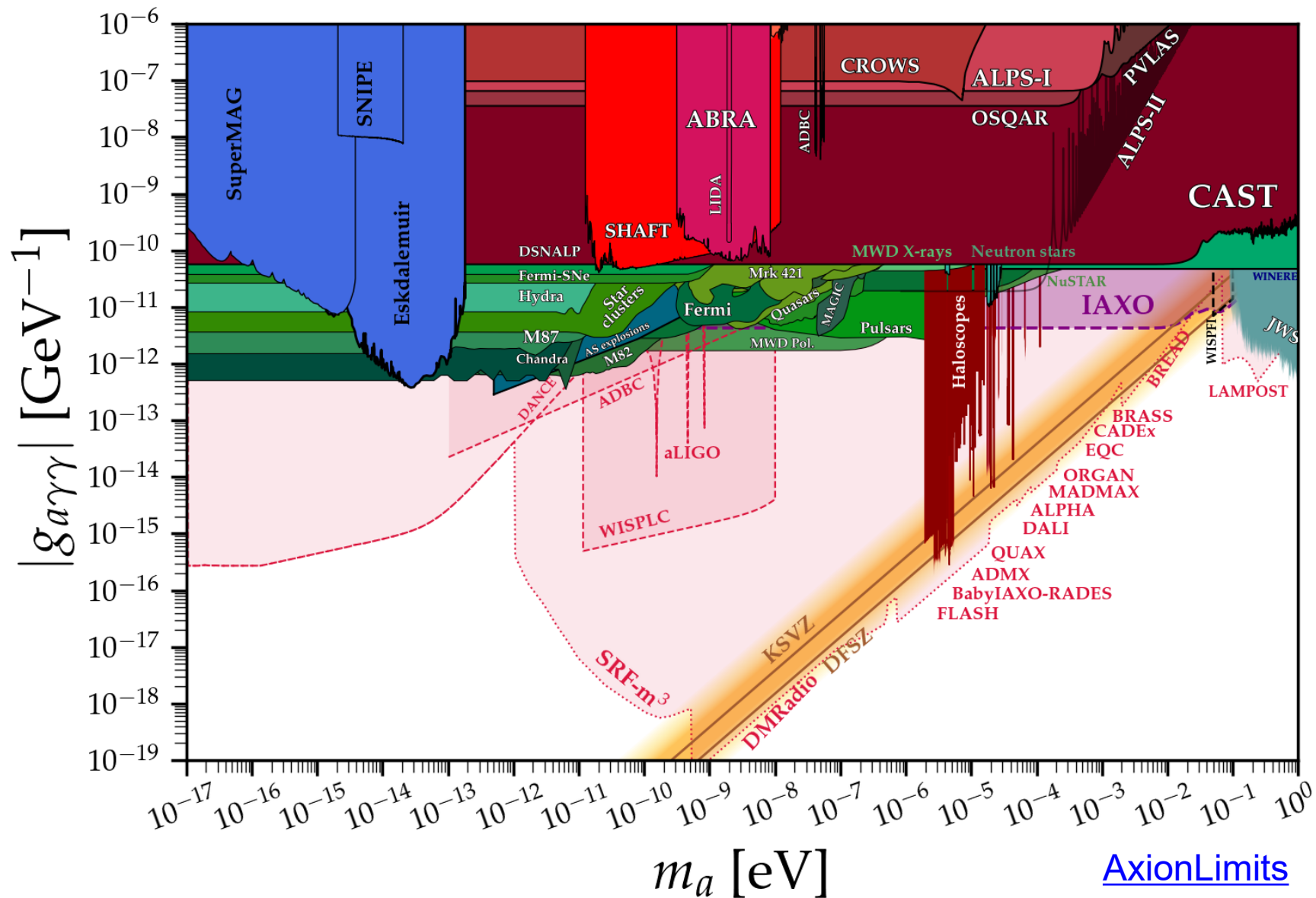
Dynamical Dark Energy



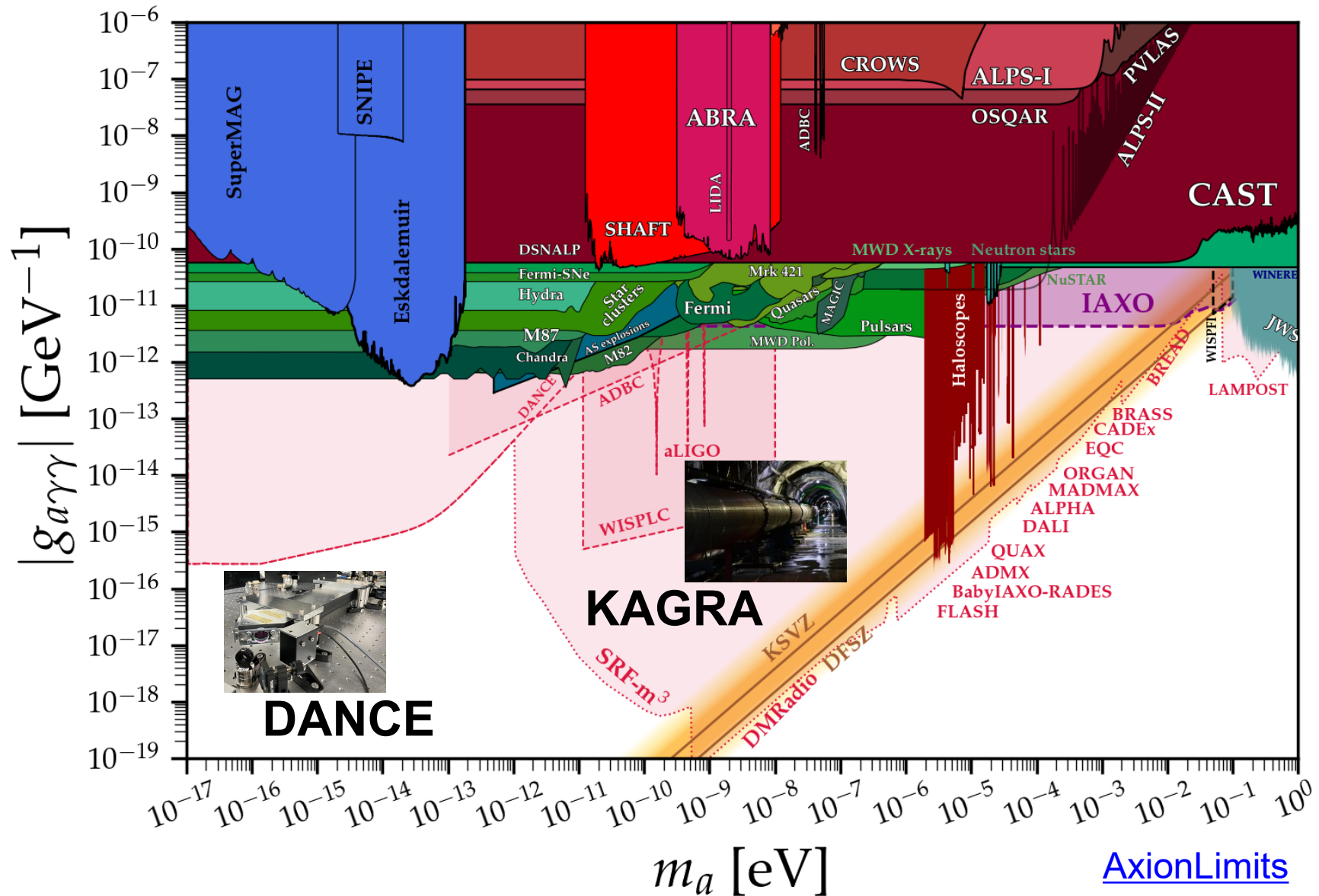
Y. Minami and E. Komatsu,
[PRL 125, 221301 \(2020\)](#)
etc...

DESI, [PRD 112 083515, \(2025\)](#)

アクシオン-光子結合で探す



DANCEとKAGRAで探す



光子との相互作用で偏光回転

- 相互作用により右円偏光と左円偏光に位相速度差

$$c_{L/R} = \sqrt{1 \pm \frac{g_{a\gamma} a_0 m_a}{k} \sin(m_a t + \delta_\tau)}$$

相互作用係数

光の波数

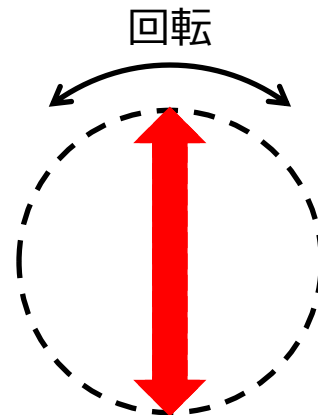
アクション場の
振幅

アクション
質量

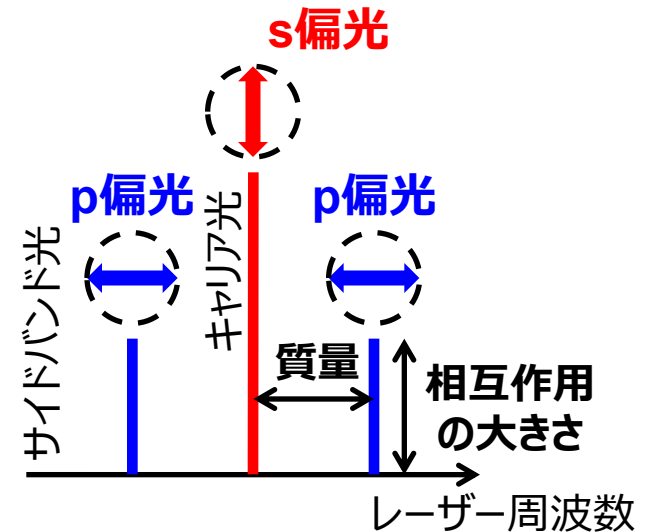
アクション質量に
対応した周波数

- 直線偏光の偏光面が周期的に回転

s偏光の場合、
p偏光成分が
生じる



- 偏光を利用することで、
磁場を用いないでアクション探索が可能

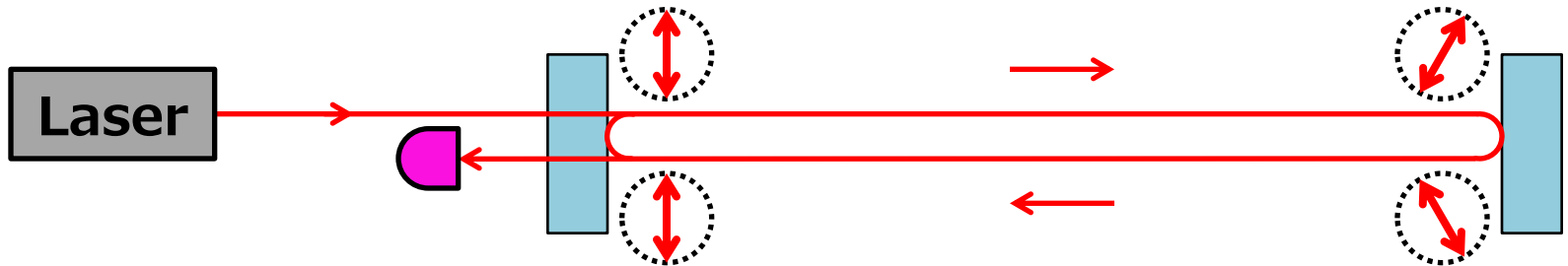


光共振器を用いた信号増幅

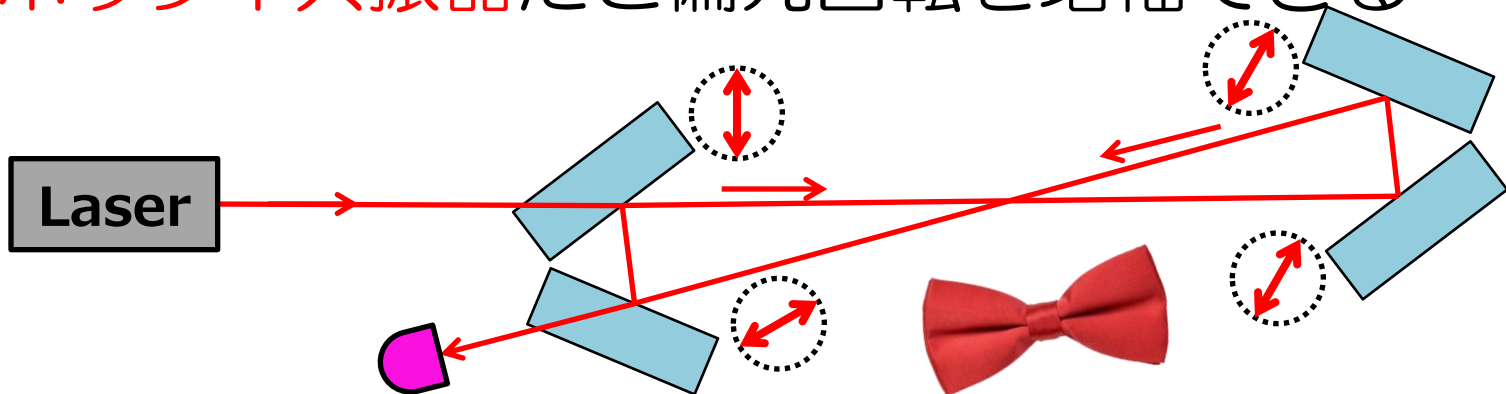
- 短い距離では偏光の回転角が小さい



- 光共振器で距離を増幅することはできるが、鏡の反射で偏光が反転してしまう

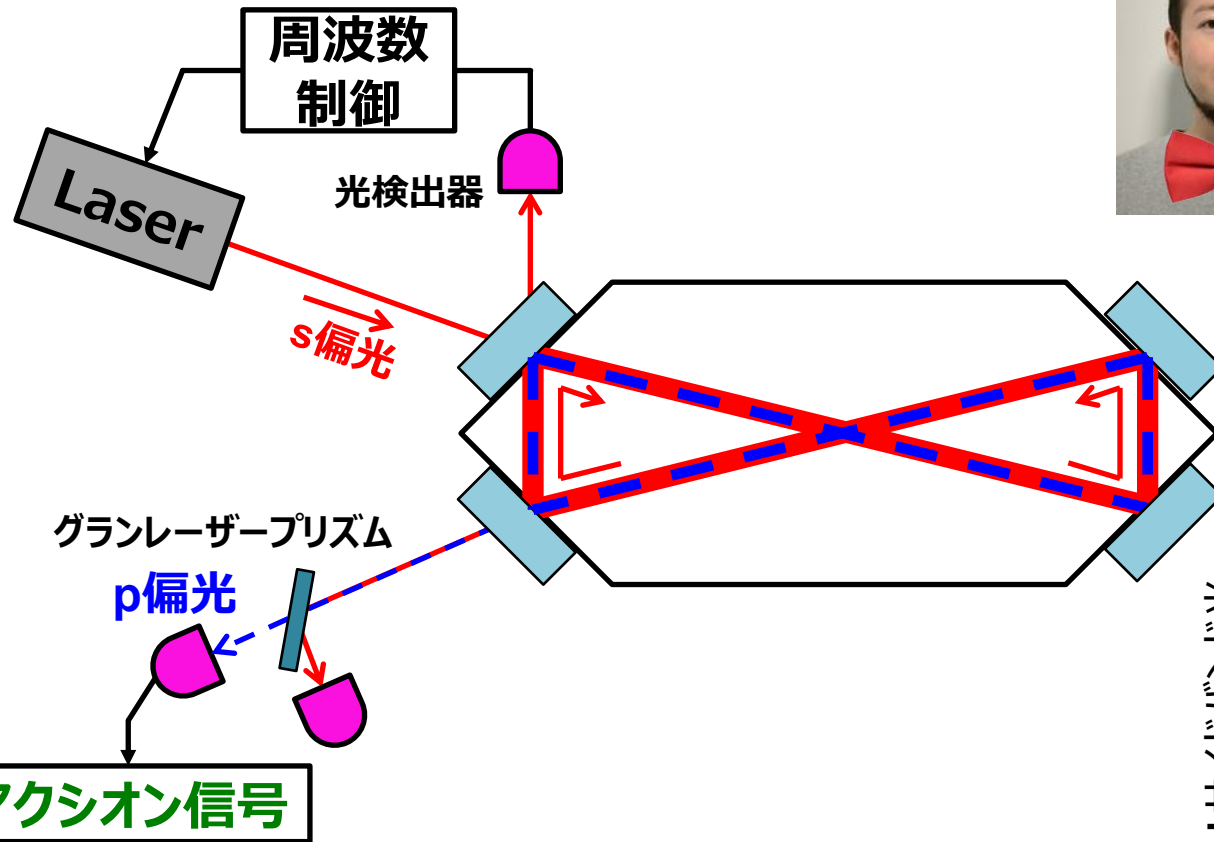


- ボウタイ共振器だと偏光回転を増幅できる

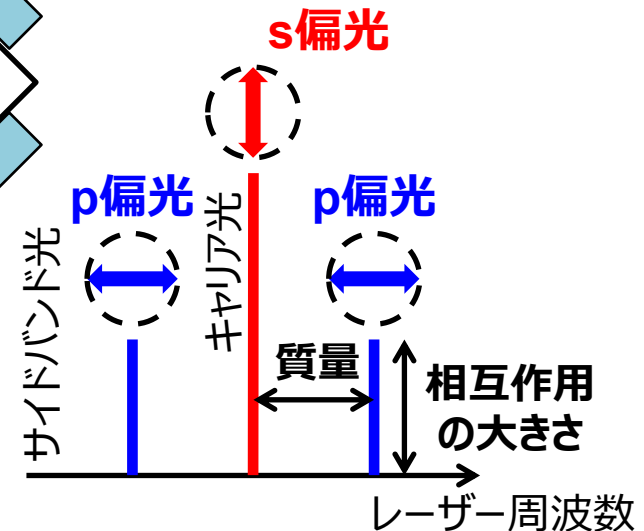


DANCEのセットアップ

Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment



I. Obata, T. Fujita, Y. M.,
[PRL 121, 161301 \(2018\)](#)



DANCEの感度の進展

- 2021年に**初実証**

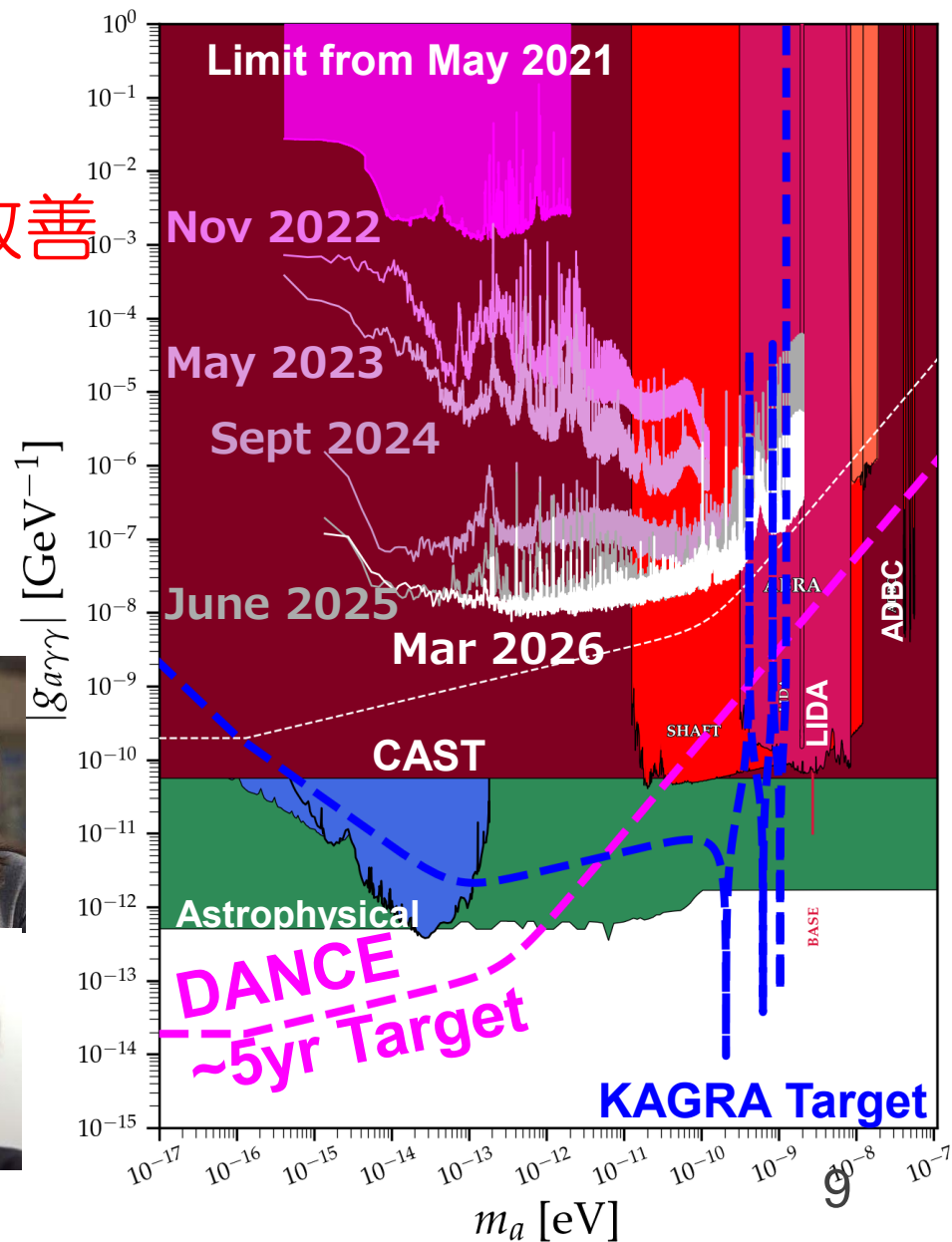
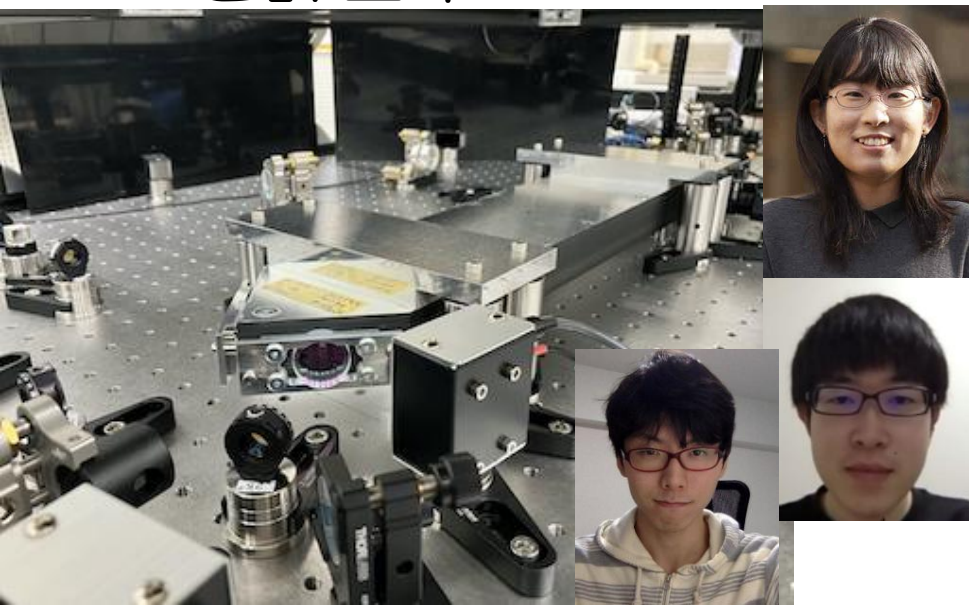
Y. Oshima+, [PRD 108, 072005 \(2023\)](#)

- それから**約5桁の感度改善**

H. Takidera+, [PRD 112, 063048 \(2025\)](#)

H. Fujimoto, [PhD thesis \(UTokyo 2025\)](#)

- 入射光量を増大、
大型化(1 m→10 m)
を計画中



ライバル実験との現状の比較

- DANCEは(まだ)小型だが**広帯域を実証済み**

	周回長	フィネス	入射 光量	観測帯域	観測帯域の 調整方法 (s/p間の位相差)
DANCE 	1 m	s-pol: ~4800 p-pol: ~4800	6 mW	広帯域 1.4 feV~2.1 neV (狭帯域も可)	波長可変レーザー
ADBC 	4.7 m	s-pol: ~7260 p-pol: ~212	0.8 W	狭帯域 40.9-56.7 neV	鏡への入射角度の調整
LIDA 	10 m	s-pol: ~74220 p-pol: ~2220	12 W	狭帯域 1.97-2.01 neV	補助共振器の利用

DANCE

提案: I. Obata, T. Fujita, YM, [PRL 121, 161301 \(2018\)](#)

実証: Y. Oshima+, [PRD 108, 072005 \(2023\)](#)

調整方法: H. Takidera+, [PRD 112, 063048 \(2025\)](#)

ADBC

提案: H. Liu+, [PRD 100, 023548 \(2019\)](#)

実証: S. Pandey+, [PRL 133, 111003 \(2024\)](#)

LIDA

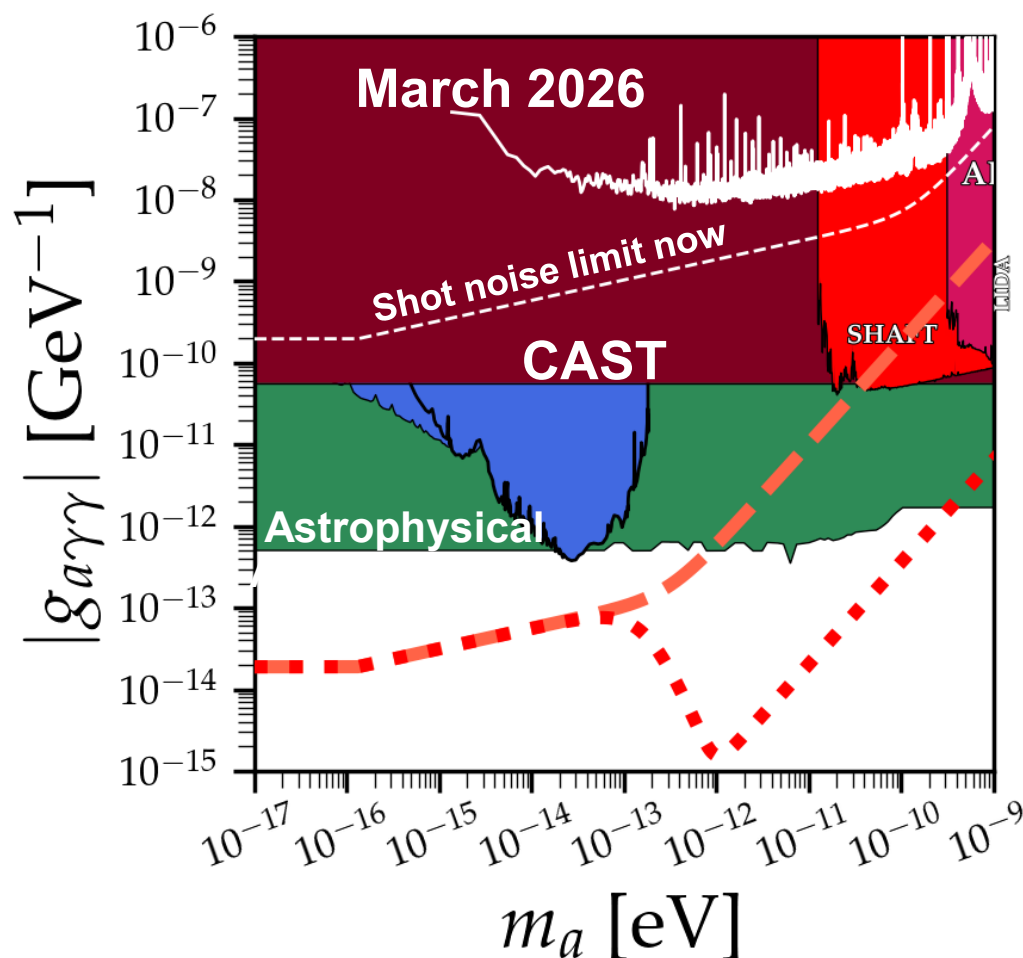
提案: D. Martynov and H. Miao, [PRD 101, 095034 \(2020\)](#)

実証: J. Heinze+, [PRL 132, 191002 \(2024\)](#)

単一光子検出を利用した高感度化

- 量子揺らぎに起因するショットノイズ限界
- 単一光子検出で回避することができる

H. Ysu+, [PRD 109, 095042 \(2024\)](#)



高感度化の例

暗計数率: 10^{-6} Hz

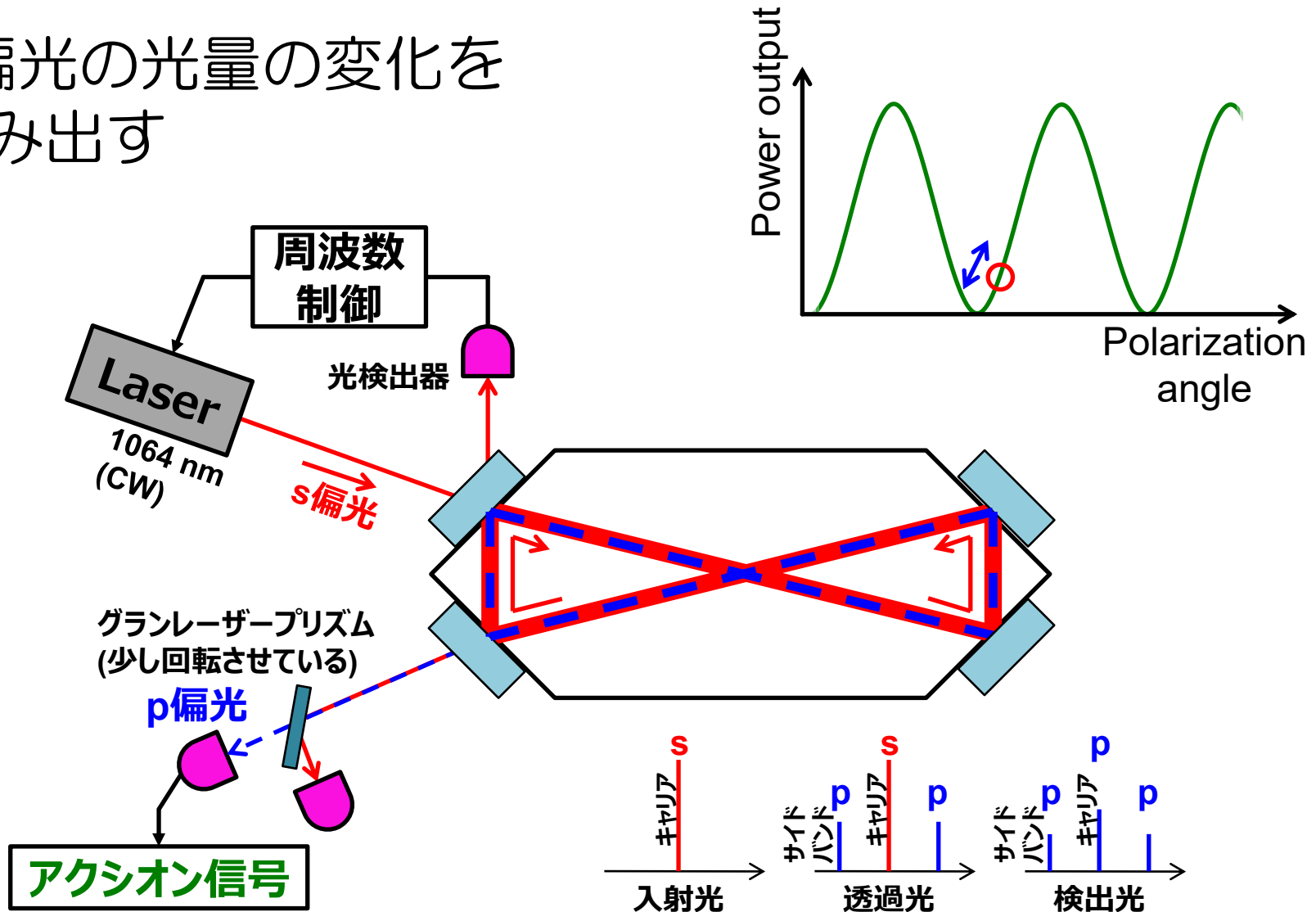
測定バンド幅: 1 Hz

$\sqrt{4\Gamma/\delta f}$ だけショットノイズ
より高感度に

ただし、これは狭帯域探索の
感度ピークを繋いだ感度
であることに注意

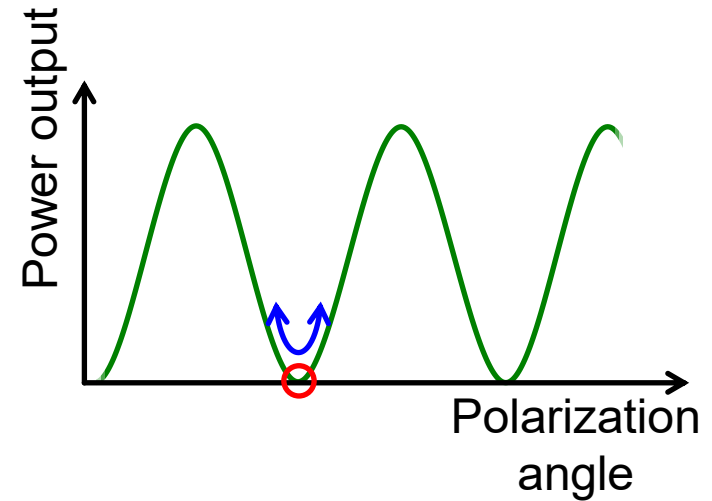
DANCEの現状のセットアップ

- p偏光の光量の変化を読み出す

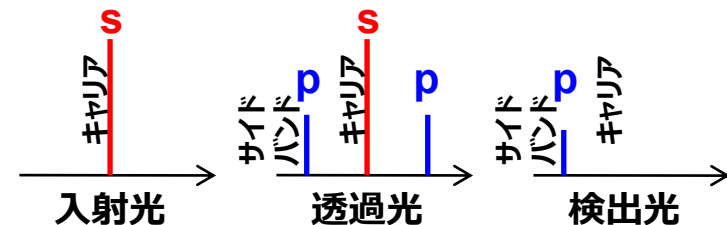
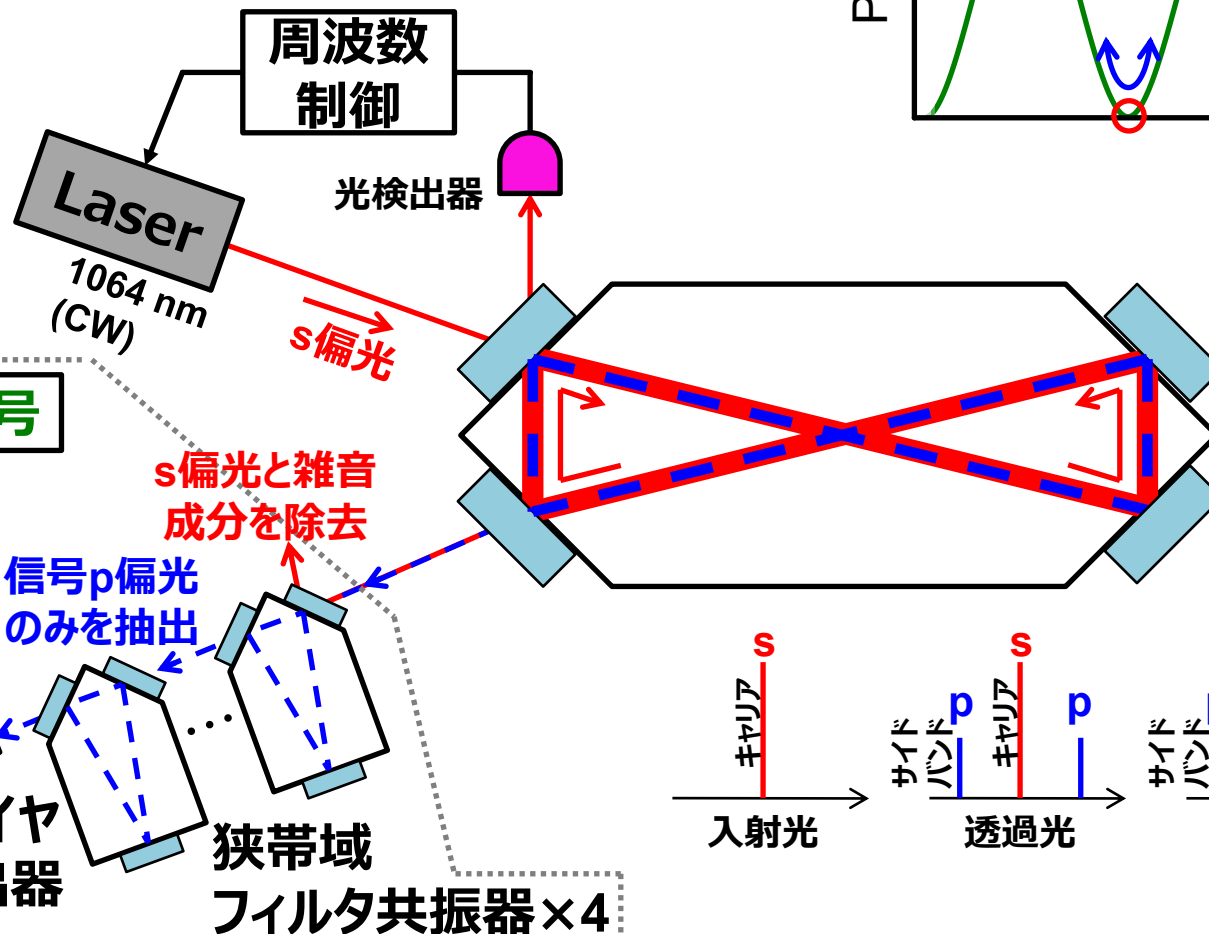


単一光子検出の場合

- 狭帯域フィルタ共振器で信号光のみを検出

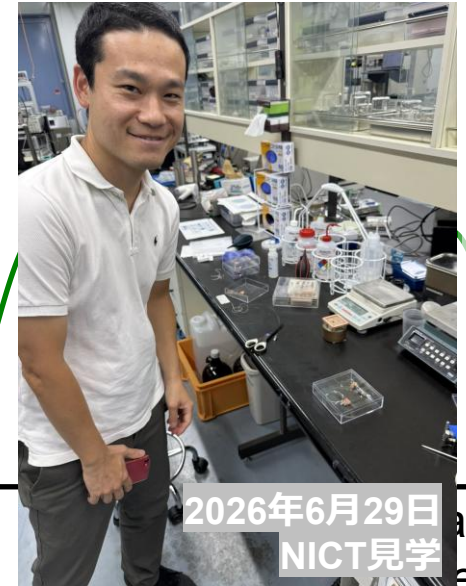
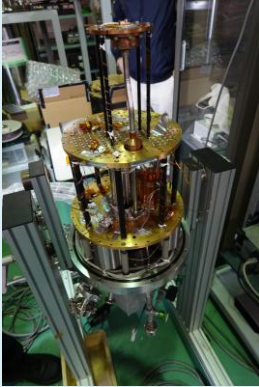


単一光子検出系



協力体制ができつつある

KEK 測定器開発センター 低温プラットフォーム



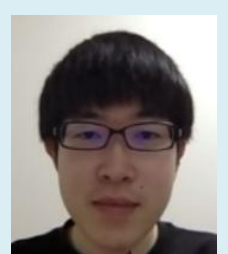
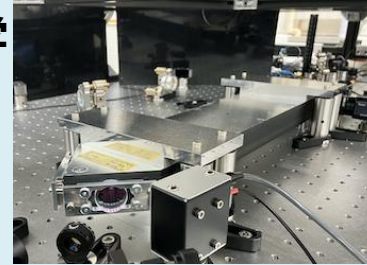
2026年6月29日
NICT見学
ation
angle

単
元
検
出
系

NICT



東京大学



アクション信号

低温
真空槽

信号p偏光
のみを抽出

光ファイバ

超伝導ナノワイヤ
単一光子検出器
(~2 K)

狭帯域
フィルタ共振器×4

九州大学



東京大学



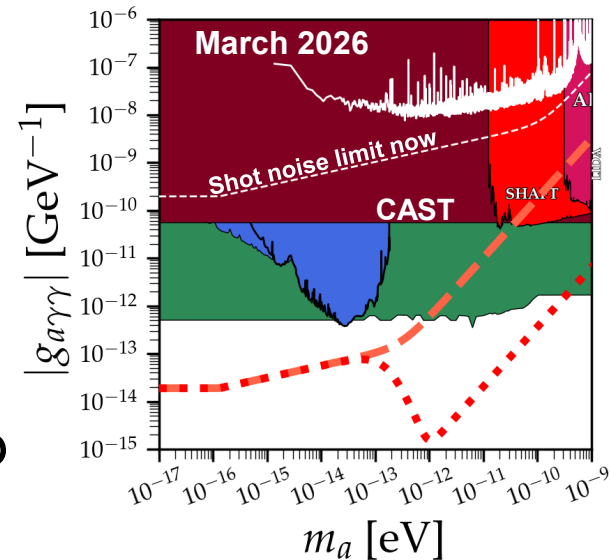
12月より
ポストドク
着任予定

出力光

出力光

まとめ

- DANCEは5年で約5桁の感度向上に成功
- 入射光量の増大、大型化で広帯域にCASTを超える感度を目指す
- 単一光子検出を利用するとショットノイズ限界を超えられる
- 低温プラットフォームをぜひ活用させていただきたい



宇宙創生の物理法則はなにか？

理論・観測・実験の融合によるスケールを超えた挑戦

What is the physical mechanism of the origin of the Universe?

公益財団法人 三菱財団
THE MITSUBISHI FOUNDATION



創発的研究支援事業
Fusion Oriented Research for disruptive Science and Technology

