

超精密偏光計測が可能にする新しいダークマター探索

道村 唯太 (東京大学)



研究概要・達成目標

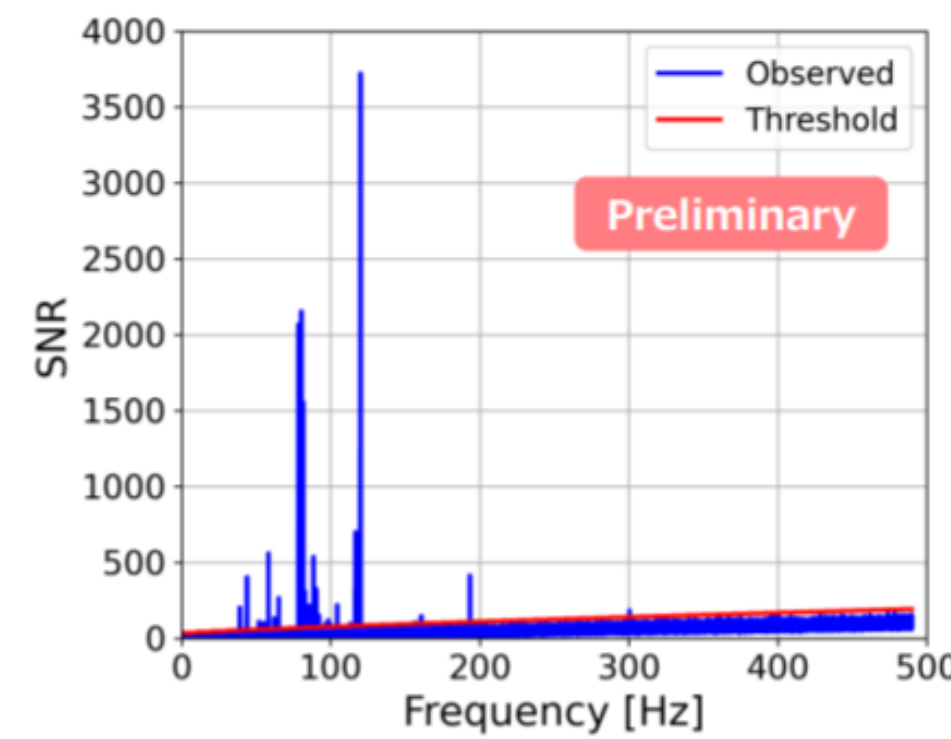
- レーザー干渉計の偏光計測により、超軽量アクシオンダークマターを初探索
 - CERNの太陽アクシオン探索実験CASTを超える世界最高精度の探索を目指す
 - ダークマター探索の新局面を開拓
- 光子とアクシオンの相互作用係数 $g_{a\gamma}$
- 光路長(光共振器で5桁増幅) レーザー波長 λ

$$\delta\phi = 5 \times 10^{-16} \text{ rad} \left(\frac{L}{1 \text{ m}} \right) \left(\frac{\lambda}{1064 \text{ nm}} \right) \left(\frac{g_{a\gamma}}{10^{-10} \text{ GeV}^{-1}} \right)$$

研究内容・進捗状況

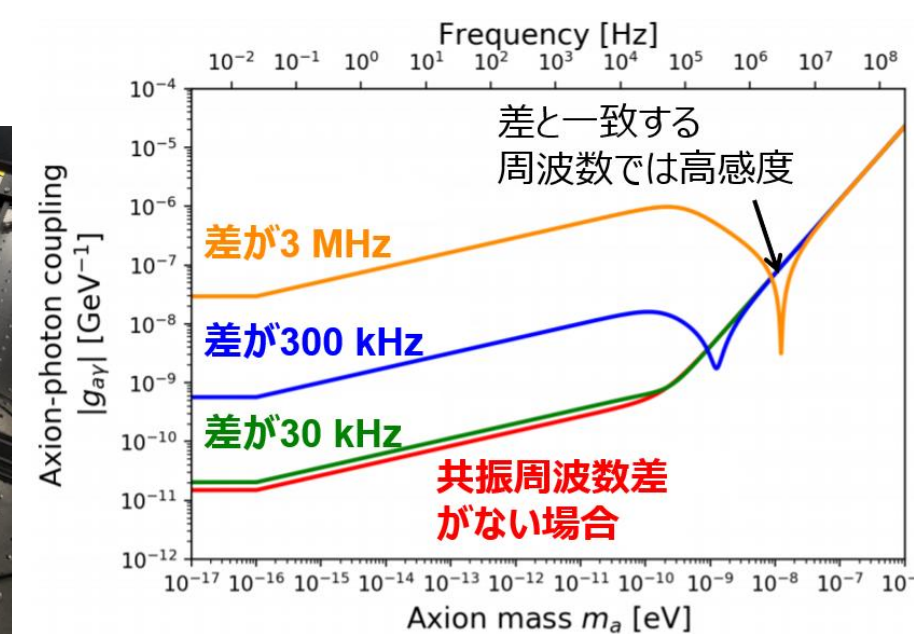
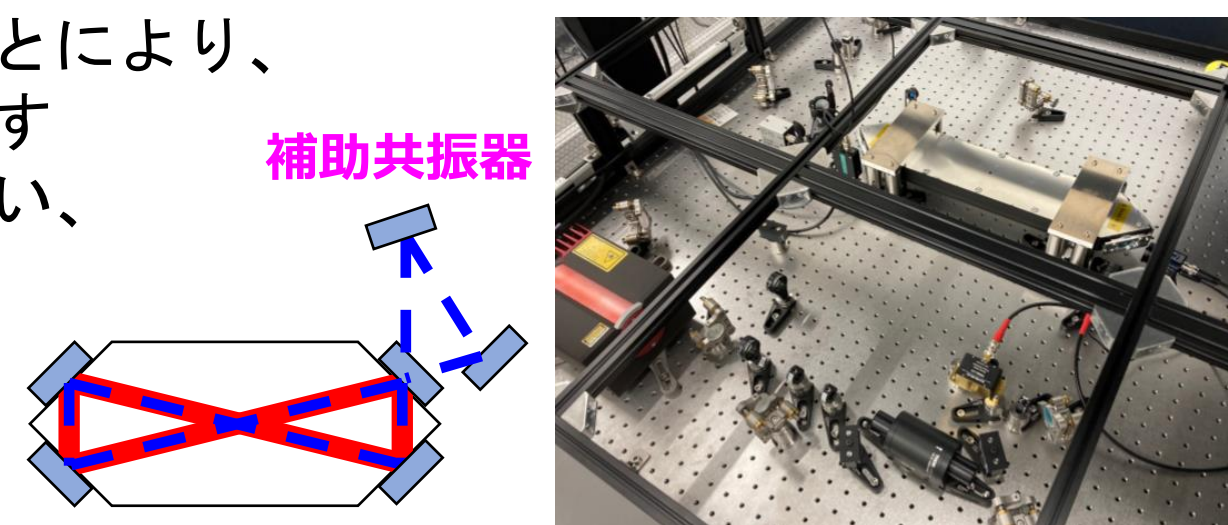
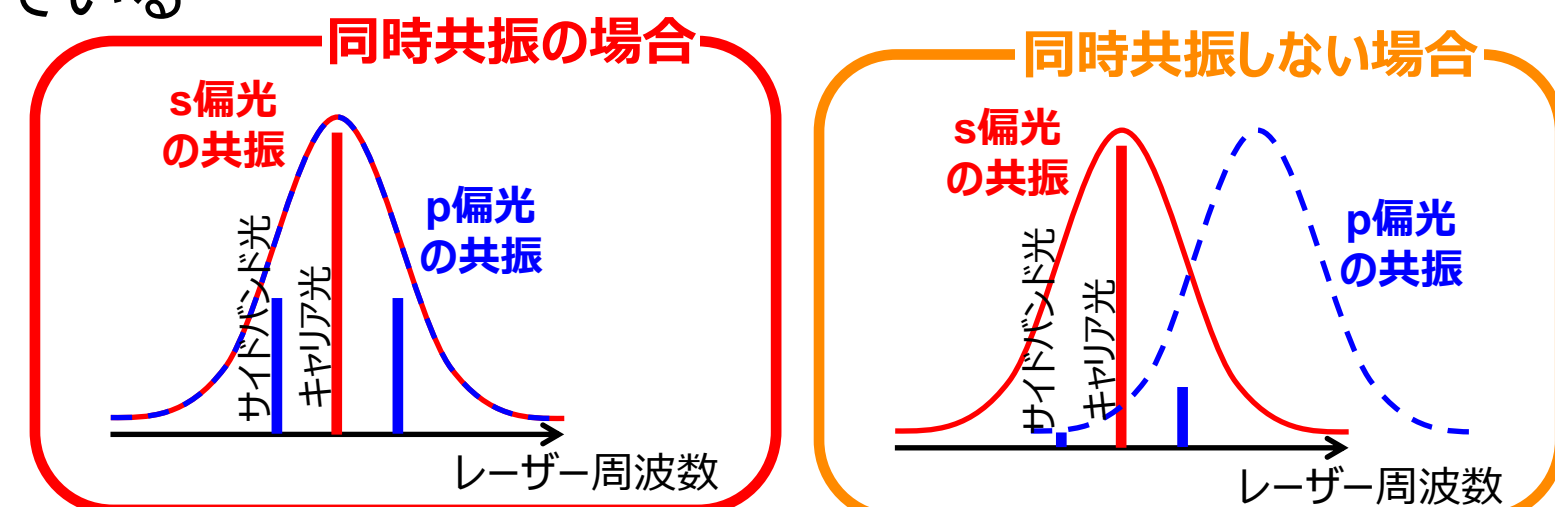
【試験運転】

- 2021年5月に12日間の試験運転を実施
- 10時間の観測データを解析した結果、55個の周波数(アクシオン質量に対応)に信号候補が見つかる
- ダークマター信号のピークはQ値が約 10^6 であることと、2つの観測データセグメントで一貫してピークが立っているかどうかを利用し、vetoすることで8個まで絞り込んだ
- 8個の信号候補はすべて40 Hzの高調波(原因調査中)
- 初の上限值をつけるための信号校正を行っている



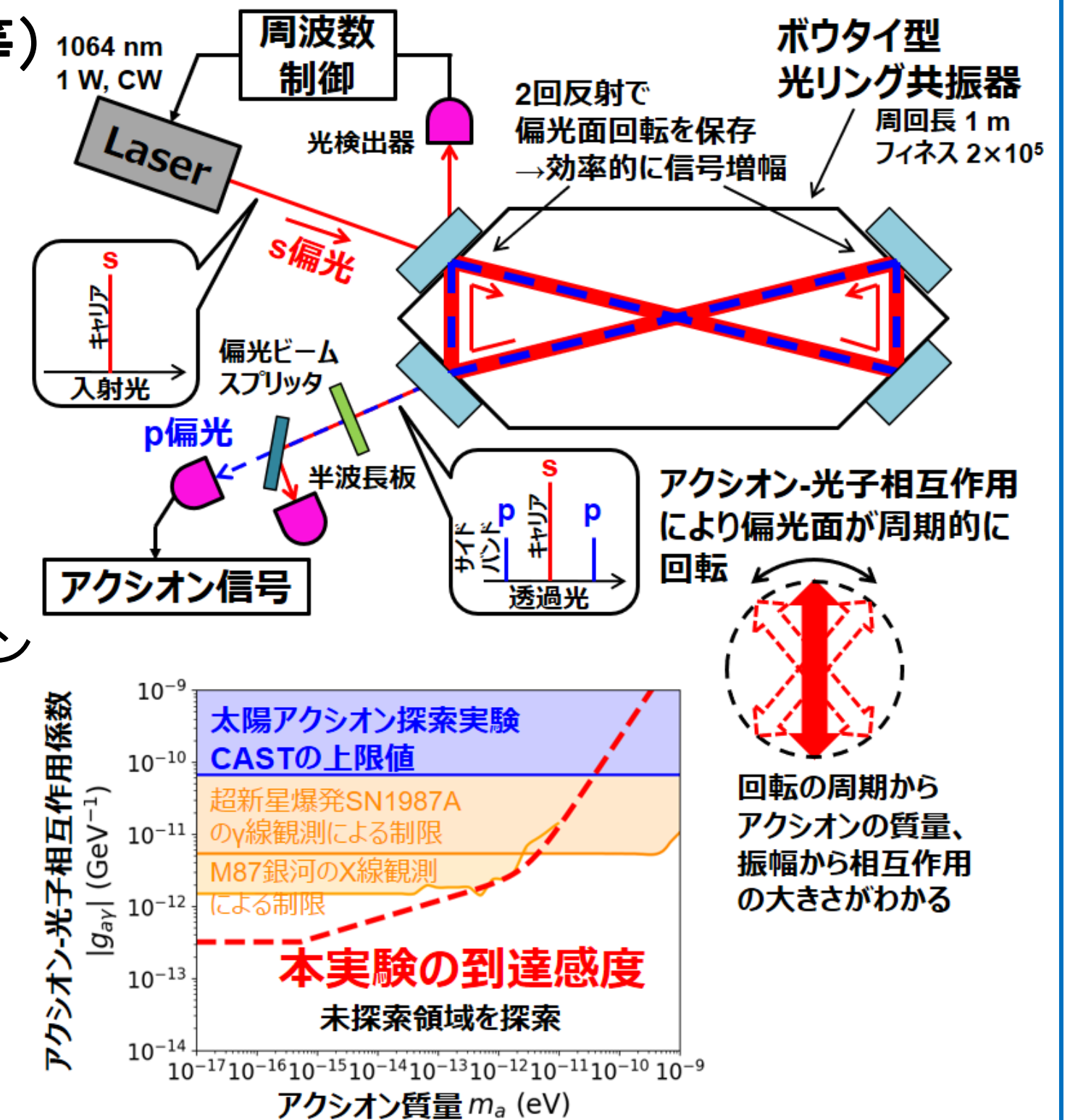
【s偏光とp偏光の同時共振の実現】

- アクシオン信号増幅のためにはキャリアの偏光とサイドバンドの偏光をどちらも共振させる必要がある
- しかし、共振器鏡への入射角があるため、鏡での反射時にs偏光とp偏光の間に位相差が生じ、s偏光とp偏光は一般には同時共振しない
- 補助共振器を用いることにより、同時共振の実現を目指す
- 補助共振器の設計を行い、新しい鏡を調達
- 納品された鏡の評価と補助共振器の組み立てを行っている



研究方法 (独創性・新規性・挑戦性等)

- 90桁に及ぶ質量範囲の多様なダークマター候補があるが、WIMPと呼ばれる重い粒子が特に有望視されてきた
- しかし、巨大加速器や大規模な地下実験で巨額の予算と歳月をかけて探索されてきたにも関わらず、検出の兆候は得られておらず、現状打開のために新発想による多様なダークマター探索が求められている
- そこで、特に近年、ひも理論の研究や宇宙論などから高い注目を浴びている超軽量アクシオンダークマターに着目
- 特に、アクシオンが引き起こす光の偏光状態の変化に着目し、かつてない精度で探索
- 他のアクシオン探索実験とは異なり、強磁場が不要
- ポウタイ型の光リング共振器により偏光信号を効率的に増幅する独自のアイデア



研究の将来展望等

- 2021年5月の観測データを用いて、データ解析手法や信号校正手法を確立する
- 補助共振器を用いてs/p偏光の同時共振の実証ができれば、ハイパワー化とフィネスの向上を目指す
- レーザー強度雑音、振動雑音、散乱光雑音など各種雑音の評価とその低減を行う
- さらなる大型化などによりさらなる感度向上も可能

	2020年11月	2021年5月	さきがけの目標
共振器の周回長	1 m	1 m	1 m
入射光強度	40 mW	242(12) mW	1 W
フィネス (キャリア)	525(19)	2.85(5) × 10 ³	2 × 10 ⁵
フィネス (サイドバンド)	~300	195(3)	2 × 10 ⁵
s偏光とp偏光の共振周波数差	~28 MHz	2.52(2) MHz	0 Hz