

パルス磁石を用いた真空複屈折の探索

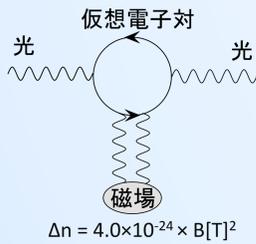
樊星, 上岡修星, 稲田聡明, 山崎高幸[†], 難波俊雄[†], 浅井祥仁, 大間知潤子, 吉岡孝高, 五神真

東京大学大学院理学系研究科, [†]素粒子物理国際研究センター (ICEPP), APSA

真空の複屈折

真空の分極・磁化

- ✓ 場の量子論によると真空では仮想電子の対生成が絶えず起きている
- ✓ そこに磁場を印加すると仮想電子対を通じて真空が分極・磁化し、異方性を持つ



探索の意義

- ❖ 電磁場同士の相互作用であるため、古典電磁気学では禁止されている**真空の非線形効果**
- ❖ Axionなどの未知粒子があると複屈折の大きさが変わるため、**未知粒子探索につながる**
- ❖ しかし、複数のグループが実験を行っているが**未だ観測されていない**

**新しいアイデアを取り入れ
世界で初めて真空複屈折を見てやろう**

探索手法

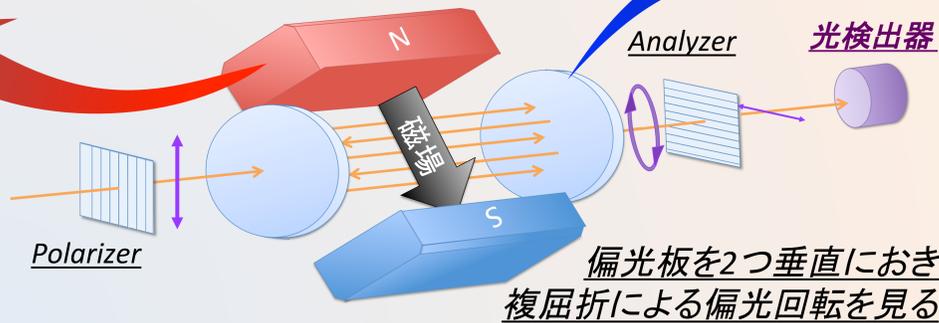
- ❖ 複屈折による偏光回転を利用して観測する
- ❖ 偏光回転度は**(磁場)² × (光路長)**に比例

強い磁場 と 長い光路長 がダイジ

世界最高感度を目指すため、**パルス磁石 と Fabry-Pérot共振器** を開発

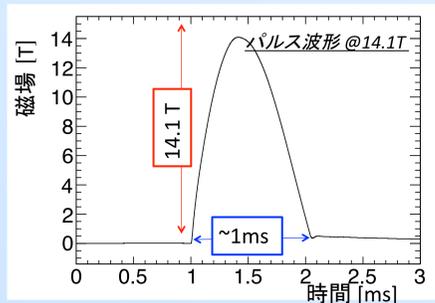
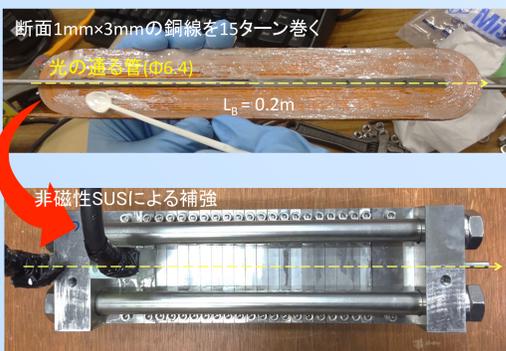
➡ **磁場中では真空さえも複屈折性を示す**

探索セットアップ



パルス磁石

- ❖ 強い磁場を軸方向に長く発生する磁石を用いて偏光回転の大きさを稼ぐ
- ❖ **単発で最大磁場14T×0.2mを達成**
- ❖ ステンレスによる平面型補強により高冷却効率を達成→高繰り返し化可能になり、統計量を稼げる



Fabry-Pérot共振器

★初観測に向けての目標値
F=450,000 @λ=1064nm

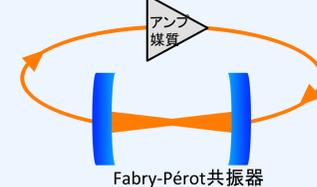
すると、2pmの共振制御精度が必要
加えてパルス磁石の音・機械的な擾乱もある

従来方法では難しい 😞

フィードバック不要な 自発共鳴型Fabry-Pérot共振器を使う

❖ 2015年9月に提案された新しいタイプの共振器 (arXiv:1509.05840)

共振器の出力をアンプして、
もう片側の入力に返す



共振器長がずれても、別の波長で
自発的に発振(レーザーと同じ)



特徴

- ✓ 自分自身に高速フィードバックするので、高精度な共振制御が要らず擾乱に強い
- ✓ たとえ共振が外れても、アラインメントさえあっていればすぐにまた自発的に発振する

プロトタイプ of 自発共鳴型共振器を製作

- ❖ F=30,000 → 共振幅30pmの共振器を大気中で製作
- ❖ ワンループ利得を稼ぐため、コア励起の高濃度Ybゲインファイバーを使用
- ❖ 透過光強度をモニター、**ひとまず24時間の共振維持を達成**
- ❖ 定盤を叩くなど、あえて擾乱を与えても共振が外れることはナイ

駆動用電源

- ❖ 合わせて、数十T程度の磁場を高繰り返しで発生できる駆動用電源を開発
- ❖ 既に**7T, 0.5Hz**で繰返し運転済

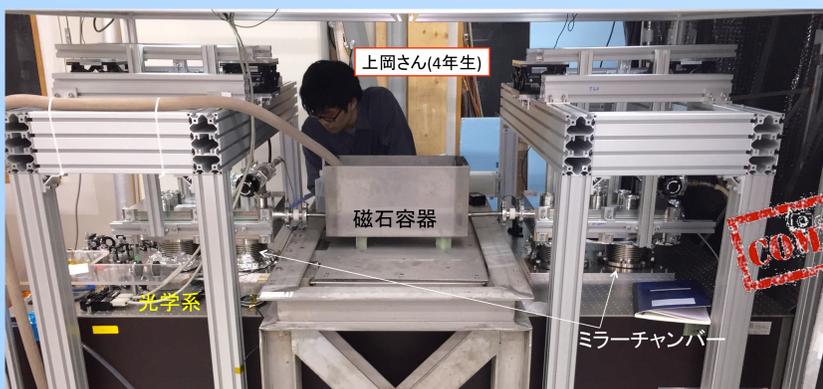
- ✓ コンデンサ: 0.25mF × 12個 = 3mF
- ✓ 充電電圧: 4.5kV
- ✓ 充電エネルギー: 最大30kJ

東大物性研・東北大金研との共同開発

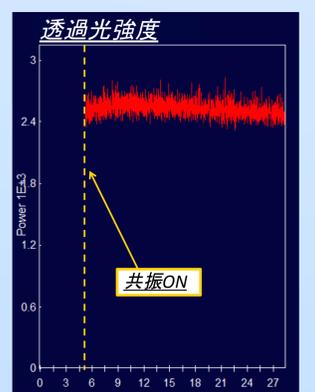
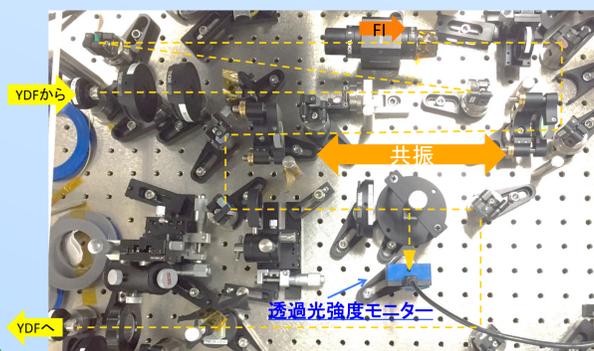


真空複屈折の探索に向けて

- ❖ 磁石・共振器を組み合わせるための設計を完了。磁石の振動がミラーまで回らないよう随所を分離・除振。
- ❖ 装置のノイズスタディ・校正を行うために、1Paで真空複屈折より3ケタ大きい複屈折性を示すHeガスでの予備実験を予定。
- ❖ 現在装置の組み合わせ中で、本年内に予備実験を開始する



光学系の様子



**2015年度内を目標に
真空複屈折探索実験を開始する**