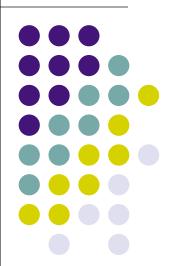
# パルス磁石を用いた真空複屈折の探索

ハン シン

<u>樊星</u>, 周健治, 稲田聡明, 山崎高幸<sup>A</sup>, 難波俊雄<sup>A</sup>, 浅井祥仁, 吉岡孝高, 大間知潤子, 五神真

東大理,東大素セA



日本物理学会2015秋季大会 26pSS-9@大阪市立大学 2015/9/26

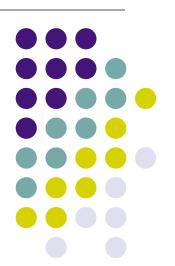
# 目次



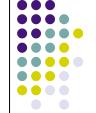
- イントロダクション
- 実験セットアップ
- 装置開発
- 本測定に向けて
- ・まとめ

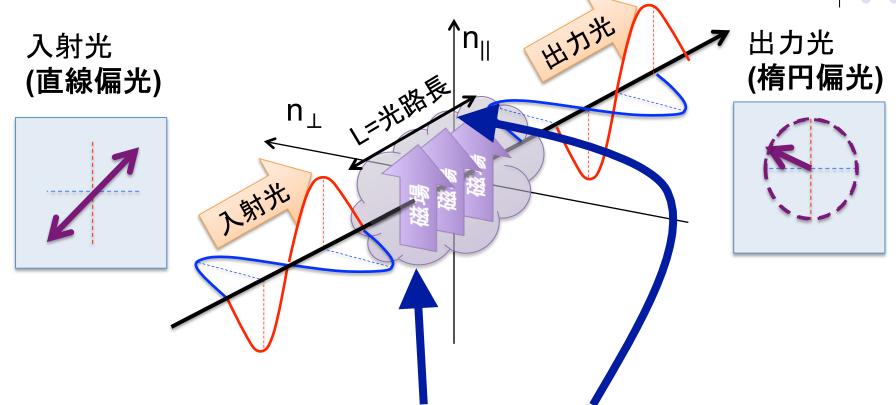
# イントロダクション

- 真空複屈折の感度
- > 2つの実験

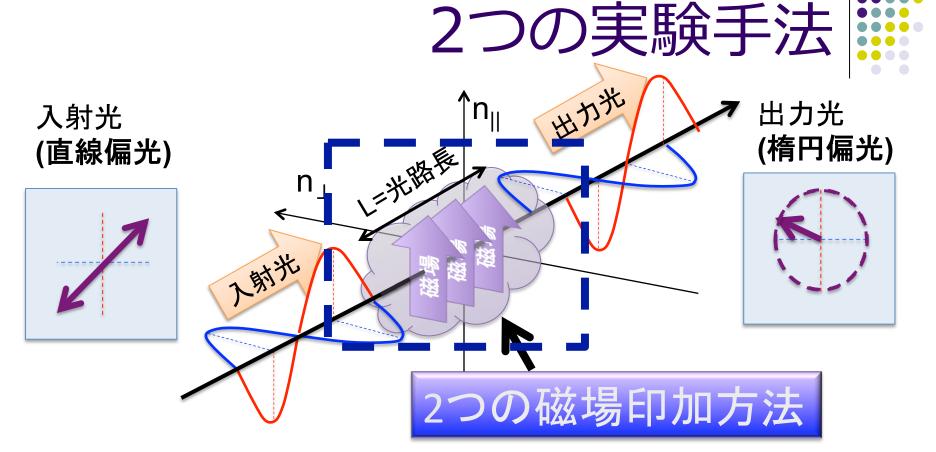


## 真空複屈折の感度





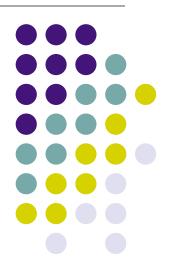
- ❖楕円偏光度の大きさは 磁場<sup>2</sup>×光路長 に比例
  - → 強い磁場中を長く走らせることが大事

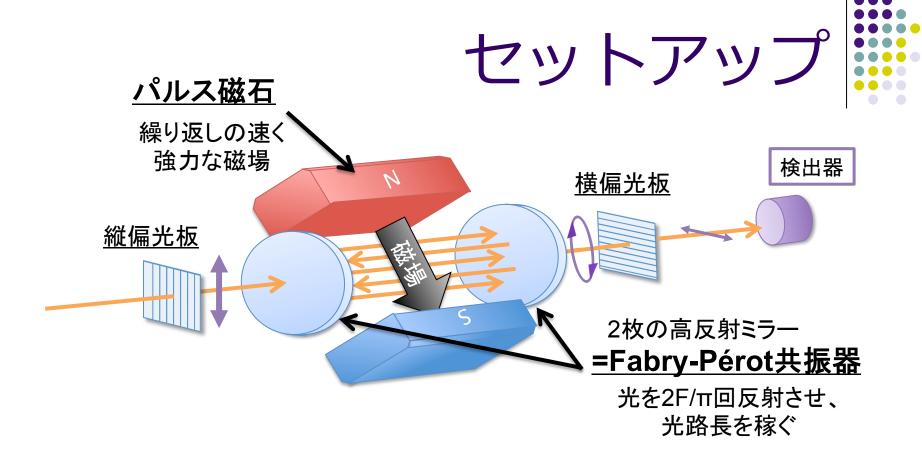


- 1. PWレーザーの磁場を利用(山崎 26pSS-8)
  - PWパルスレーザーの磁場で複屈折を起こす。B=1.6MTだが、L~10μm
- 2. パルス磁石とFabry-Pérot共振器を組合わせる(本講演)
  - 磁石と共振器を用いて、B=20Tの磁場中をL=200km以上走らせる

# 実験セットアップ

- セットアップ
- > 真空複屈折への感度





- Fabry-Pérot共振器中で磁場を印加することで光路長を 2F/π倍稼げる (F:フィネス = 光の反射回数 × π/2)
- パルス磁石と同期した横偏光成分がシグナルになる
- 最終的な実験感度はB<sup>2</sup>×LF×√t (tは測定時間)に比例。

# 真空複屈折への感度



先行実験では、磁場強度が弱い (永久磁石: B=2.5 T) や、 繰返しが遅い(パルス磁石: B=6.25T, f=0.0013Hz)など 課題があった

#### 我々の想定する装置

- ①パルス磁石 B=20T, L=0.8m, f=6Hz
- ②Fabry-Pérot共振器

<u>感度=B<sup>2</sup>LF√tで</u> パルス磁石を用いた 先行実験の1000倍

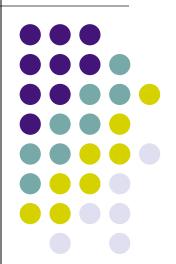
λ=1064nm, F=450,000、共振器長3.2m



10時間のRunでQED理論値に到達! 世界初の真空複屈折の観測

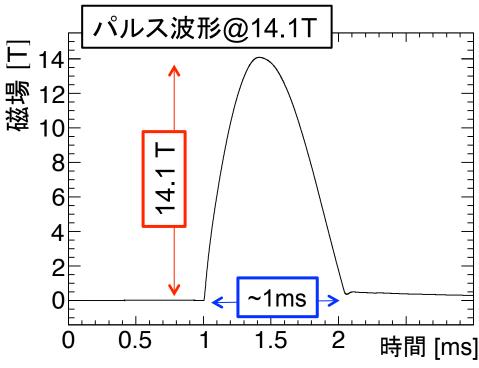
# 装置開発

- > パルス磁石
- Fabry-Pérot共振器
- > 偏光板
- 最後段光検出器



# パルス磁石

- 狭い領域に強磁場を印加できる 磁石を東大物性研・東北大金研 と共同開発(稲田 26pSS-7)
- 最大の磁場および印加長は 14T×0.2mを達成。
- 合わせて繰り返しの速い電源も 開発中。数Hzでの運転が可能



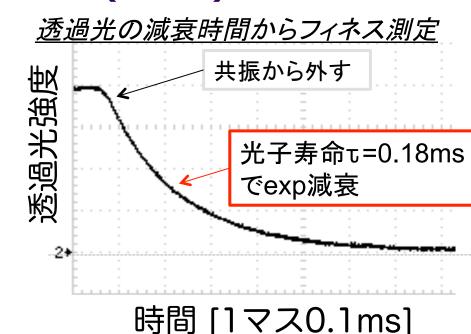
断面1mm×3mmの銅線を15ターン巻く

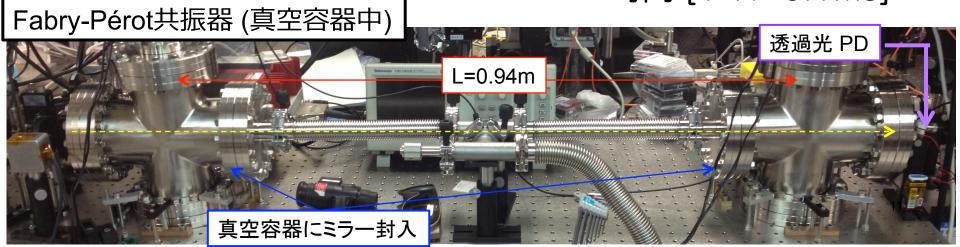
元の通る官(Φ6.4)

 $L_{\rm B} = 0.2 {\rm m}$ 

# Fabry-Pérot共振器 (1/2) 概略

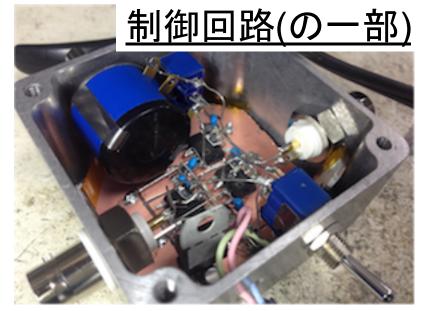
- レーザー周波数を制御して共振 維持するプロトタイプFP共振器 を製作
- 外乱を避けるため、2枚のミラー は真空容器中に封入
- 光子寿命 τ=FL/πcからフィネス を測定し、F=180,000を達成



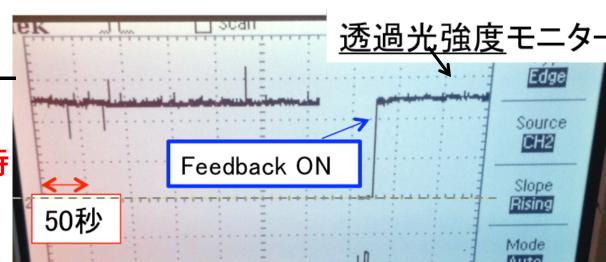


# Fabry-Pérot共振器 (2/2) 共振の維持

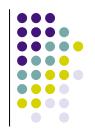
- 高フィネスのFabry-Pérot共振器 は共振が鋭く、10<sup>-12</sup>オーダーでの 制御が必要
- 共振からのずれを読み出し、レー ザー周波数にフィードバック制御す る回路を自作



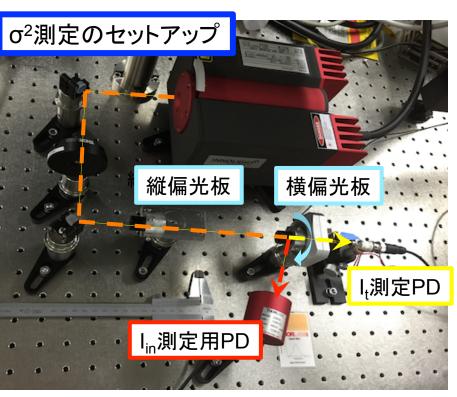
透過光強度をモニター して共振時間を測定。 10分程度の共振維持 を達成。

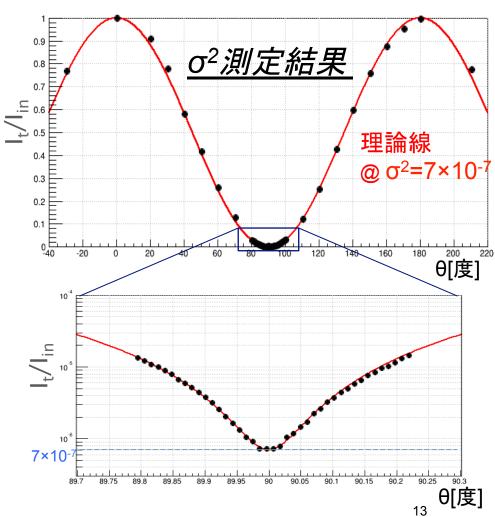


# 偏光板



- シグマ光機 GLPB2-06-23SN-7/30 を2つ使用
- 偏光板のロール角 $\theta$ を調整して消光比 $\sigma^2=I_t/I_{in}$ を測り $\sigma^2=7.0(1)\times10^{-7}$ を得た



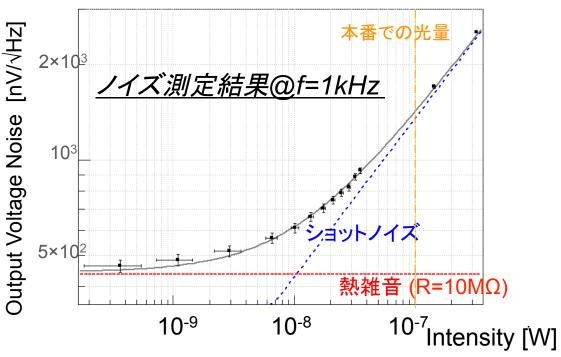


## 最後段光検出器



- 最後段に来る信号光量は非常に小さく、ショットノイズに迫る光検 出器が必要
- シグナル波形は磁石と同期して~1kHzの周波数でやってくる。
  - →光検出器を作成し、f=1kHzでのノイズ測定をした



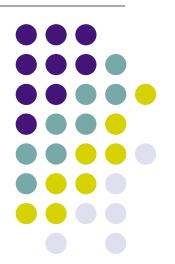




計算通り10時間での測定が可能なノイズレベル

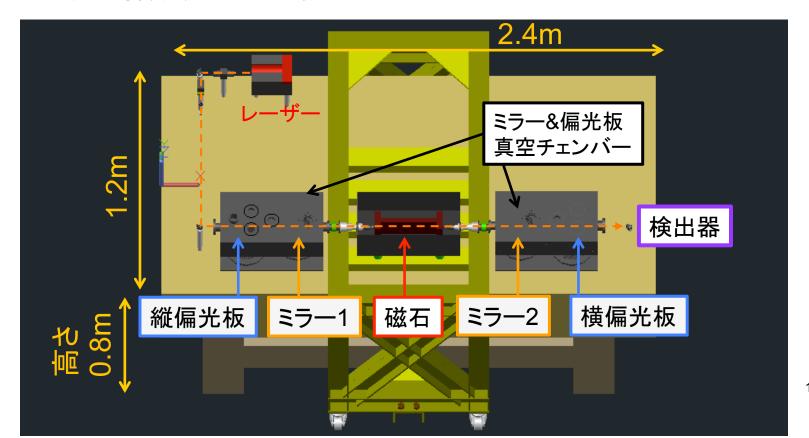
# 本測定に向けて

- > 実験装置設計
- > Heを用いた予備実験

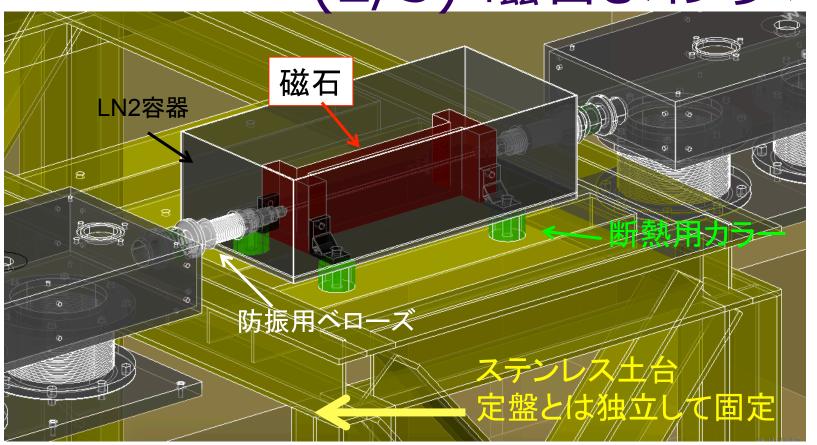


# (1/3) 概略

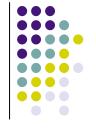
- パルス磁石の振動により共振が外れることを憂慮し、 磁石の振動がミラーまで行きにくいようにしたい
- » 随所を 機械的に分離 or ベローズを入れる ことで対処



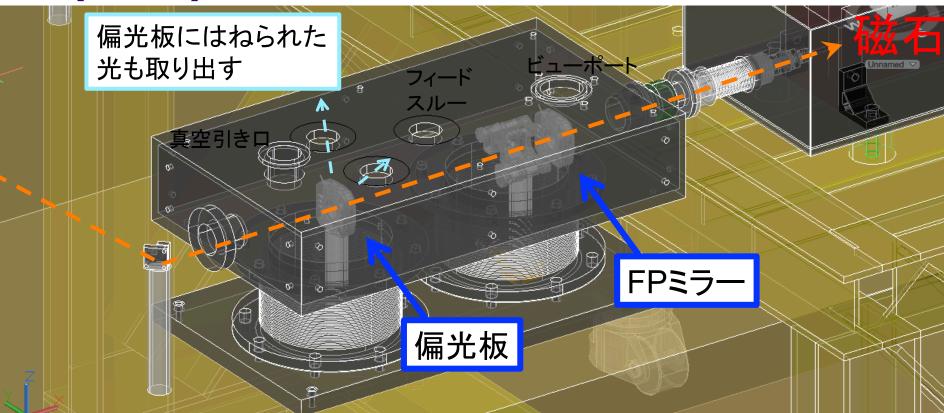
(2/3) 磁石まわり



- ✓ 磁石周りはすべて非磁性。重さ250kgのステンレス土台に 固定し、その土台は定盤と機械的に分離する。
- ✓ 磁石の管はベローズを挟んでミラーチャンバーに繋ぐ



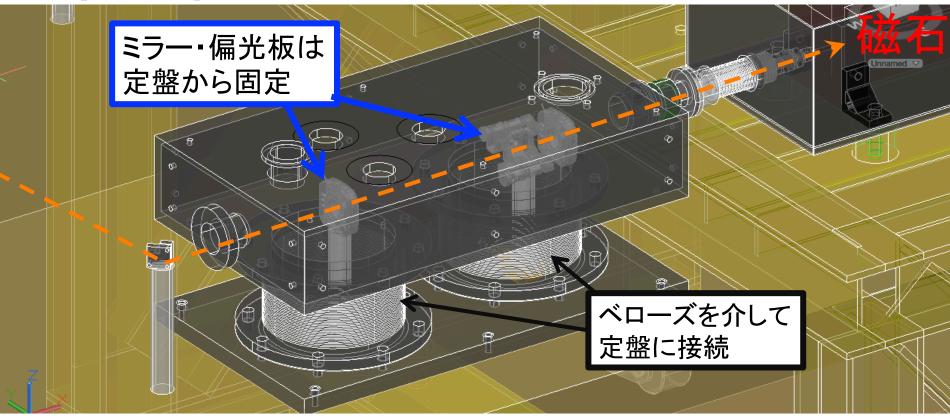
(3/3) ミラー・偏光板チャンバー



- ✓ 空気の複屈折を避けるためミラー×2 偏光板×2を真空容器に封入
- 真空容器中でもアラインメントできるように、ミラー・偏光板は電動 ステージにマウント
- ✓ 偏光板ではねられた光も解析に使うため、取り出せるよう設計



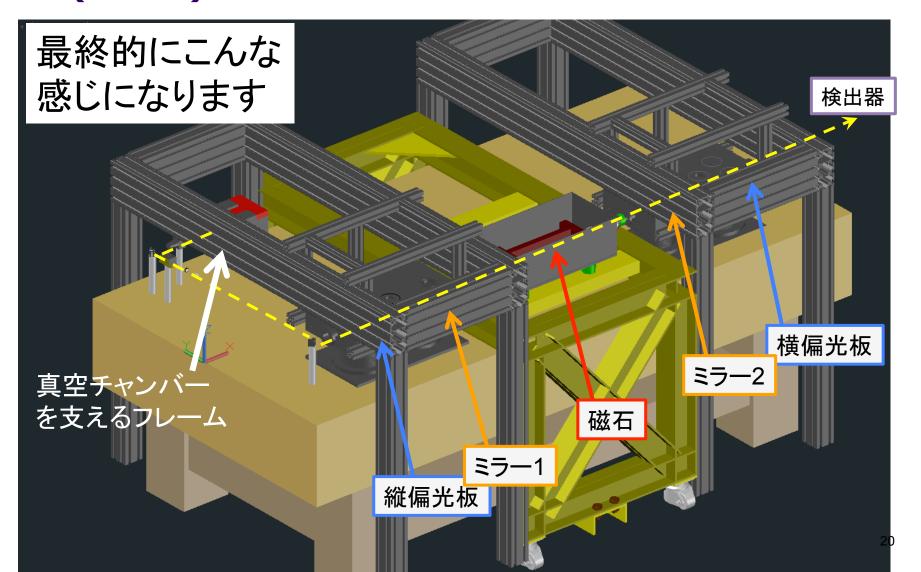
## (3/3) ミラー・偏光板チャンバー



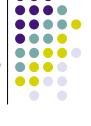
- ✓ 真空チャンバーは直接磁石につながっているため、比較的振動が大きい。定盤から支えると振動がミラーまで伝わりやすくなる
- ✓ ベローズを介して定盤につなげ、チャンバーは別途フレームを製作して支える(次ページ)



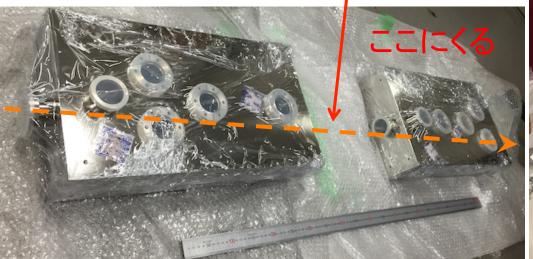
## (3/3) ミラー・偏光板チャンバー

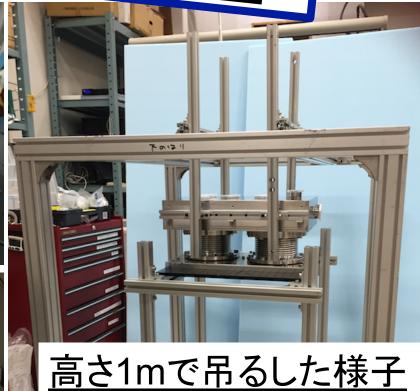


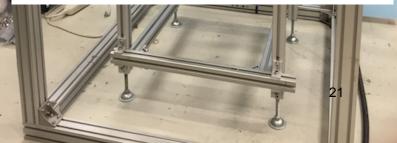
# **実験装置設計** 現在組み立て











# (真空複屈折の前に) Heを用いた予備実験

- Heも複屈折を示し、k<sub>CM</sub><sup>He</sup>=2.2×10<sup>-21</sup>[T<sup>-2</sup> Pa<sup>-1</sup>]と、
  1Paで真空複屈折(k<sub>CM</sub>=4.0×10<sup>-24</sup>[T<sup>-2</sup>])より3桁大きい
- 現状の磁石・共振器と先の設計でHeの複屈折を測り、課題の洗い出し・較正をする。

#### <u>現状の装置</u>

- ①パルス磁石
  - \* B=14.1T, L=0.2m
- ②Fabry-Pérot共振器
  - *♦ F*=180,000



<u>10PaのHeを入れると</u> パルス1発で観測可能

# (真空複屈折の前に) Heを用いた予備実験



ケマザを測

- Heも複屈折を示し、k<sub>CM</sub><sup>He</sup>=2.2×10<sup>-21</sup>[T<sup>-2</sup> Pa<sup>-1</sup>]と、
  1P
  4 0×10<sup>-24</sup>[T<sup>-2</sup>])より3桁大きい
- 現 り

# 装置組み立て中! 本年内に測定!

<u>現</u>北

1)

②Fabry-Pérot共линн

F=180,000



TUT av. ば、 パルス1発で観測可能

## まとめ・これから



- 真空の複屈折は仮想電子対による電磁場の非線形効果であるが、未だ観測されていない。
- 我々は、①20T, 0.2m×4, 6Hzのパルス磁石と、
  ②L=3.2m, F=450,000のFabry-Pérot共振器を用いて 世界最高感度での探索を行う。
- 個別のプロトタイプ装置は完成しており、組み合わせたときの設計も完了。現在装置を組み立て中。
- 本年内にHeでの予備測定を行い課題の洗い出しをする。

# 2015年度内に真空の

# 複屈折探索実験を行う