# X線自由電子レーザー施設 SACLAでの真空回折の探索 I

<u>稲田聡明</u>,清野結大<sup>A</sup>,山崎高幸,難波俊雄,浅井祥仁<sup>A</sup>, 籔内俊毅<sup>B</sup>,富樫格<sup>BC</sup>,犬伏雄一<sup>BC</sup>,大和田成起<sup>B</sup>, 玉作賢治<sup>B</sup>,矢橋牧名<sup>BC</sup>,石川哲也<sup>B</sup>

東大素セ,東大理<sup>A</sup>,理研/SPring-8<sup>B</sup>, JASRI<sup>C</sup>



日本物理学会2016年秋季大会@宮崎大学木花キャンパス 2016/09/22

連続講演での内容



- 真空回折とその探索について
- 実験の原理, 複屈折実験との違い
- 実験感度
- セットアップ

### <u>次の講演</u>

- 6月に行ったSACLAでのテスト実験について
- レーザー光学系のアライメント
- X線とレーザーの集光,タイミング調整
- 今後の予定

真空の非線形QED

外場の真空偏極で生じる virtualな電子を介した光子-光 子相互作用

外場の与え方の違いで3つの 入 実験が行われている

- 外場 = 磁場:
- VMB (vacuum magnetic birefringence)
- 外場=レーザー:
- VB (vacuum birefringence)
- VD (vacuum diffraction)
- 外場 = 別のビーム:
- Two photon scattering



レーザーで高強度場を作る

### <u>PWレーザー(Ti:Sa, 800 nm)</u>

- パルス:25 fs
- 集光:1µm
   時空間で局所的に超高強度場
   を生成
- $2 \times 10^{22} \text{ W/cm}^2$

 $(0.3PW \times 1.3\mu m)$ 

cf) Schwinger limit  $\sim 10^{29}$  W/cm<sup>2</sup>

- PW转椅网 到展 应 実 現 可 能 的 3 (2006)
- レーザーで高強度場を作るだけではなく、プローブが必要.こちらも大強度が必要
- →プローブ施設とレーザー施設の両方必要



# 世界のXFEL施設での取り組み

- XFEL施設では一般的に
   ポンプ・プローブ実験を
   行う
- レーザー施設が付随
- SACLA:現状2.5 TW
- 2016年に0.5 PW×2がイ ンストール完了予定



青:稼働中

- 現在アメリカと日本でXFELが稼働中
- 来年以降5施設に増加.世界中で激しい競争となる予定
- →実験がOn-goingなのは我々のみ. 初観測を目指している
- 現在2.5 TWレーザーで実験を行い、レーザーの集光やX線との同期方法をテストしている

## 真空回折実験の原理



# 真空複屈折との違い

<u>真空複屈折実験</u>(先の講演)

- 水平偏光したX線がレーザーの集光
   点で垂直偏光へとflipする事象を探す
- <u>偏光子×2</u>を直交(クロス)して配置

## <u>真空回折実験</u>

- レーザー集光点でのX線回折による
   角度発散の増加を探索
- 複数のスリットを使って、検出器から シグナル以外のパスが見えないよう にする(目標ゼロBG)



スリットでシグナルのパスのみを拾う

- 入射X線(平行光)→集光で角度発散が増加
- 直後のスリット1で中心のみを切り出す
- 検出器直前のスリット2でこれをブロック
- シグナルのパスを残しつつ、スリット1のエッジからの散乱 (点線)が見えないようにスリット3を設置(数µm精度)



6月に行った実験のレイアウト

## <u>SACLAの実験ホールを上から見て</u>



実験ハッチ2





衝突チェンバー内部

手前から奥ヘレーザーが入る



焦点距離152 mm





# 真空回折実験の感度

想定しているパラメータ

		XFEL	
レーザー (800 nm)		光子エネルギー	10 keV
強度	0.5 PW	光子数	$5 \times 10^{11}$
ビームウエスト	1 μm		photons/pulse
繰り返しレート	1 Hz	ビームウエスト	2 μm
パルス幅	25 fs	パルス幅	<10 fs

その他	
検出効率	85% @ 10 keV
BG抑制	XFELの光子数に対して10 <sup>-19</sup>

 ・ 理論計算による予測: 2×10<sup>-3</sup> photons/pulse

 → 1.5日の測定で26 photons

まとめ

- 真空の非線形QED効果として真空回折の観測を目指している.
- XFEL施設SACLAからのX線とPWレーザーを時空間で同期させ、 複数のスリットを用いてX線の角度発散の増加を検出する実 験を行っている.
- 2.5 TWのプロトタイプレーザーを用いて6月に行ったテスト実験の報告が次の講演に続く.