SPring-8/SACLAにおける パルス強磁場を用いた 弱結合未知粒子の探索 Ⅱ

山崎高幸, 稲田聡明[A], 難波俊雄, 浅井祥仁[A], 小林富雄,
田中義人[B], 玉作賢治[C], 澤田桂[C], 矢橋牧名[C], 石川哲也[C], 犬伏雄一[D],松尾晶[E], 金道浩一[E], 野尻浩之[F]

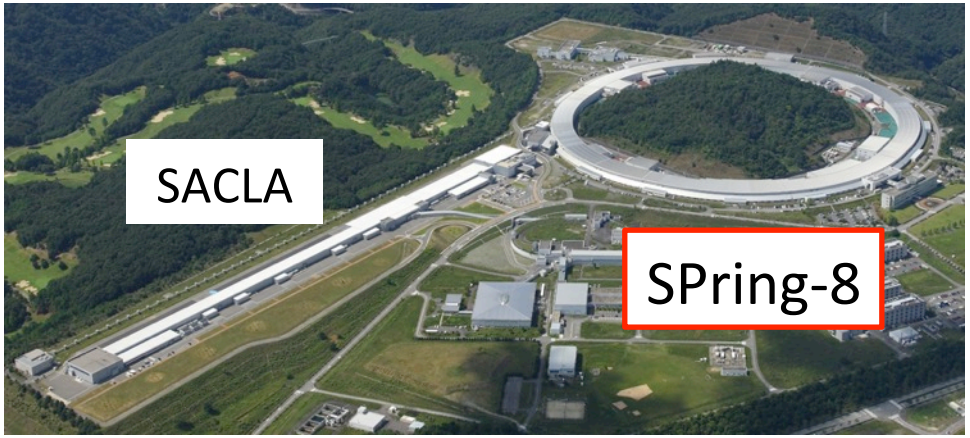
東大素セ, 東大理[A],
兵県大院物質理[B], 理研/SPring-8/SACLA[C], JASRI/XFEL[D],
東大物性研[E], 東北大金研[F]

目次

- テスト実験 @ SPring-8 BL19LXU on 2015/02/05~09
- 今後の予定
- まとめ

テスト実験@SPring-8 BL19LXU

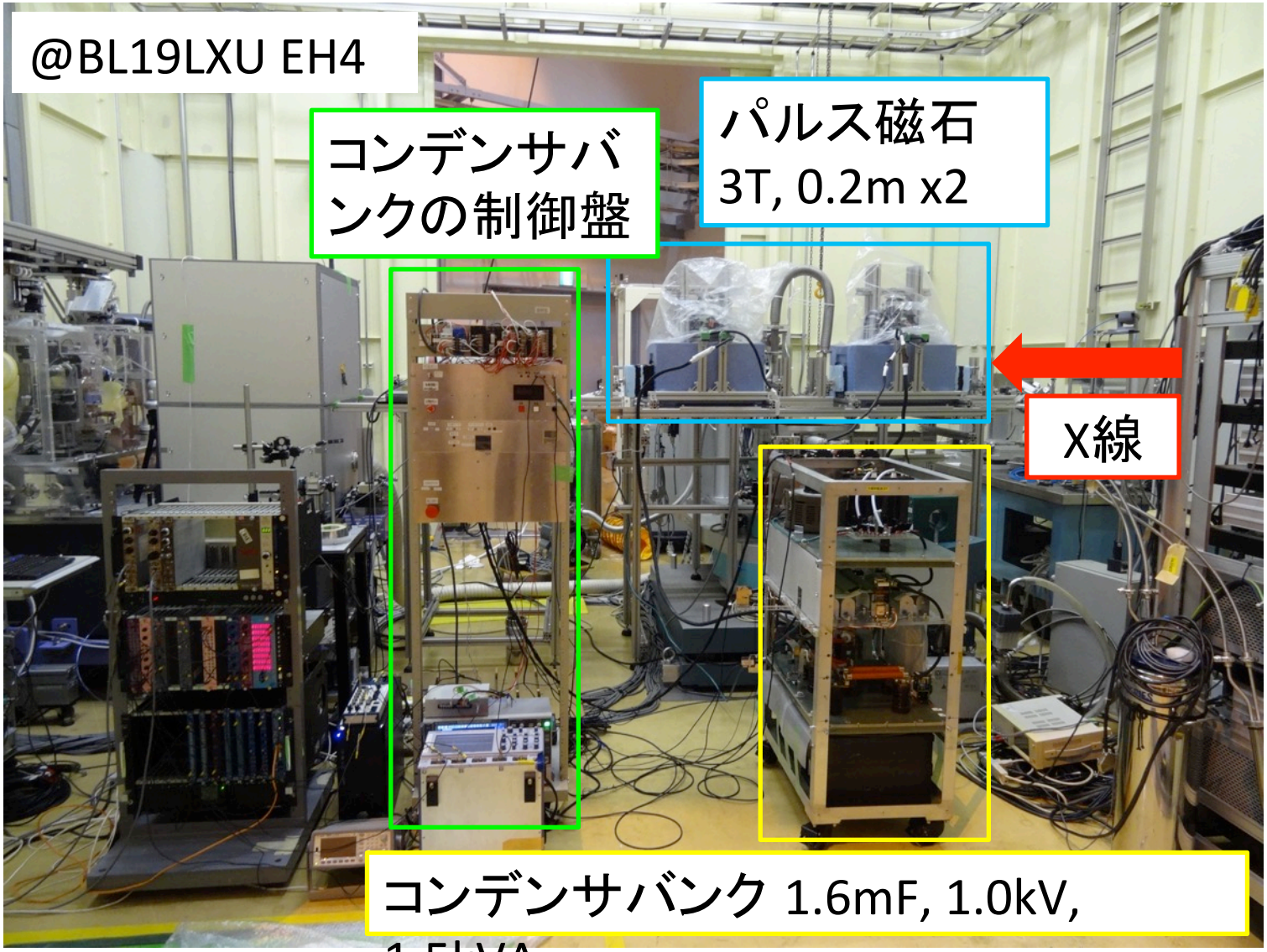
- 2015/02/05~09にかけてSPring-8 BL19LXUにパルス磁石およびプロトタイプ電源を持ち込みALP探索のテスト実験を行った



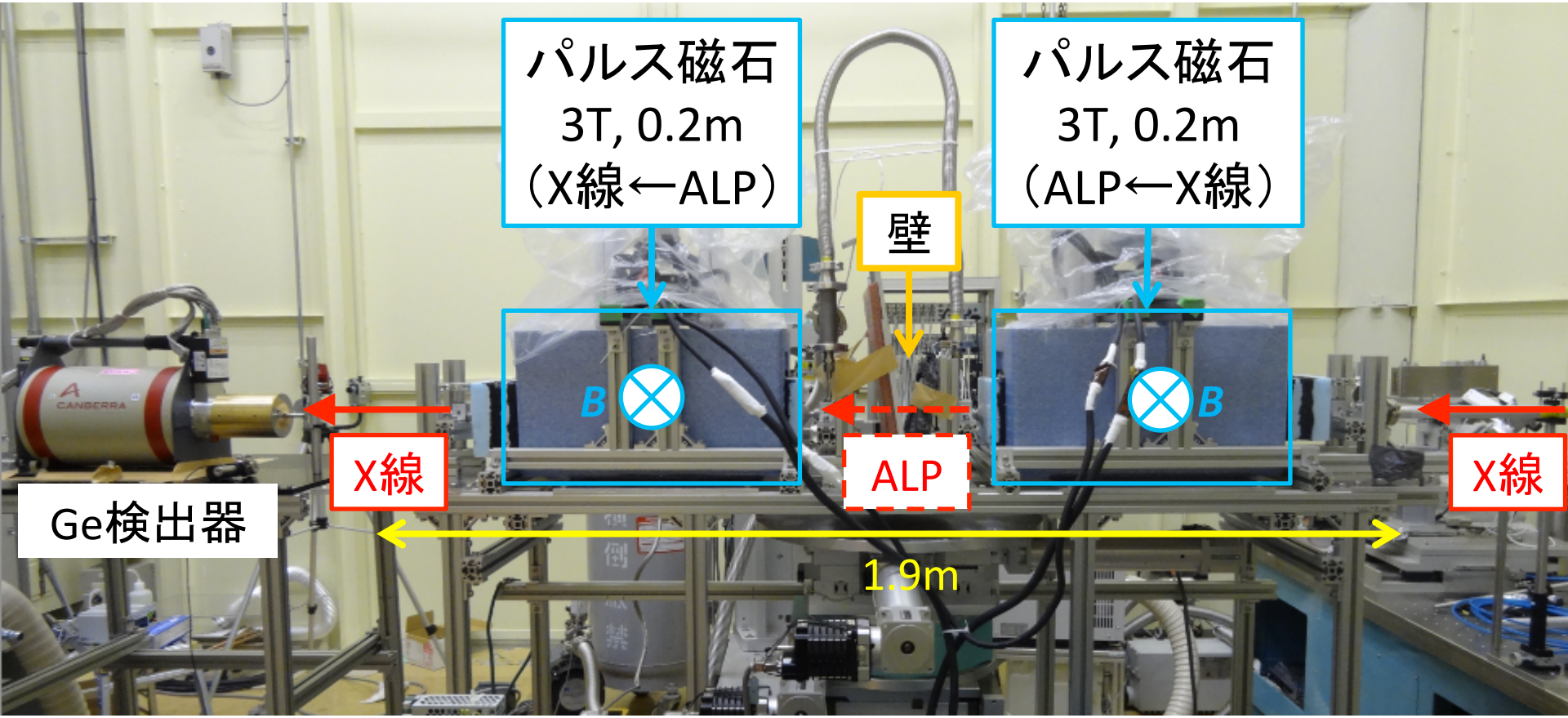
http://commune.spring8.or.jp/imageterms/img/img01l.jpg

- BL19LXUは27mの長尺アンジュレータを有する高輝度ビームライン。SACLA（~10^{11}photons/pulse, 10fs, 30Hz）に比べパルスあたりの光子数が少なく（~10^{6}photons/pulse, 40ps, 42MHz）パルス磁石との相性はあまりよくないが、今回は本測定に向けた課題を洗い出すことが目的。9.5keVのX線を利用

実験セットアップ


@BL19LXU EH4
コンデンサバンクの制御盤
パルス磁石
3T, 0.2m x2
X線
コンデンサバンク 1.6mF, 1.0kV, 1.5kVA

実験セットアップ



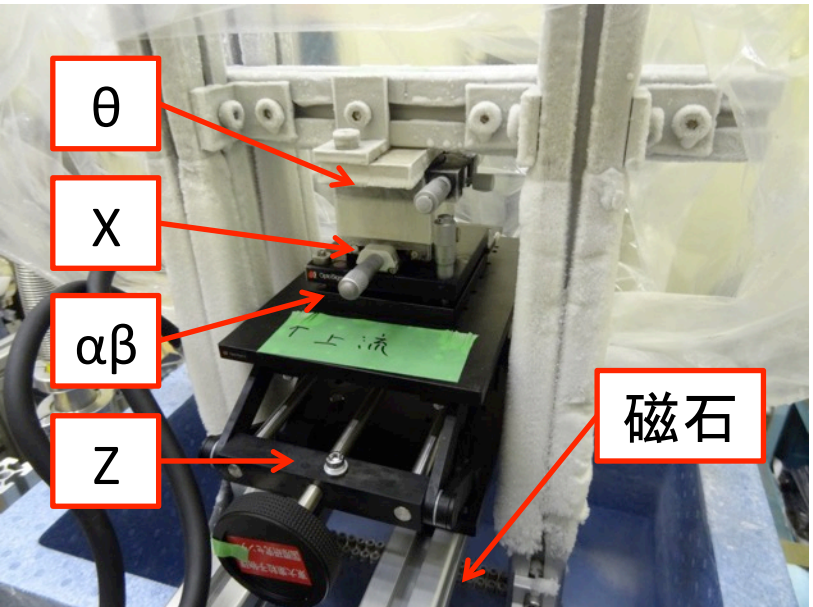
- 最初のパルス磁石でX線（9.5keV）がALPに変換された場合のみ壁を透過する。壁を透過したALPが下流のパルス磁石で再び9.5keVのX線に変換された場合に、Geで検出（検出効率90%）される

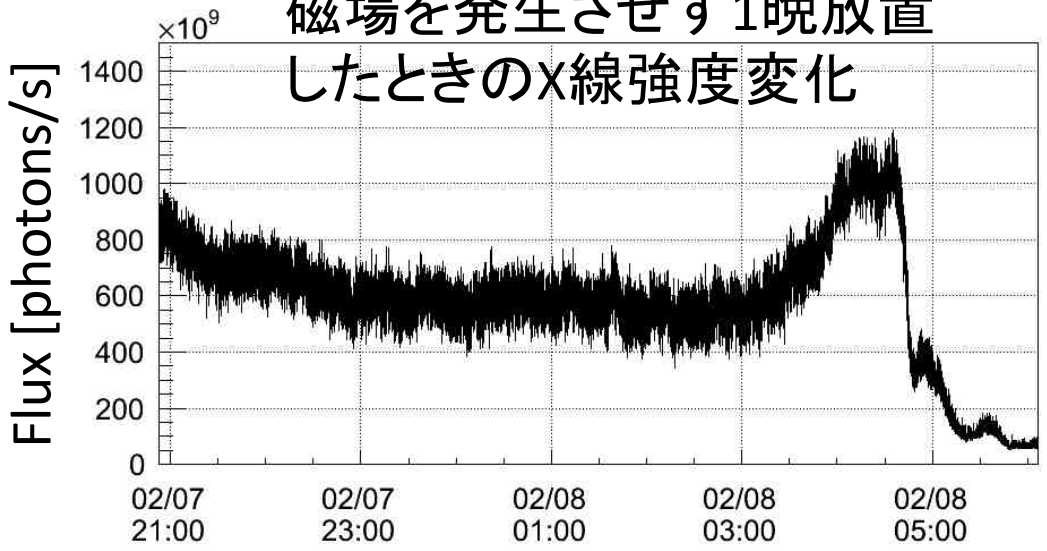
アライメント、X線強度安定性

- X線ビーム（~数100um）を内径2.64mmのパイプに通す必要がある
- 今回は磁石2個をそれぞれ調整ステージに吊るしてアライメント。磁石1個はほぼ100%通ったが、2個通した後では20%程度

  →本測定では磁石間の相対位置を固定して全体をアライメント
- 磁場発生時に磁石が振動することによる~msスケールでの強度変動はみられなかったが、磁場を発生させなくとも、液体窒素の量の変化に伴い装置の重さや温度収縮が変化し、X線強度が変動した

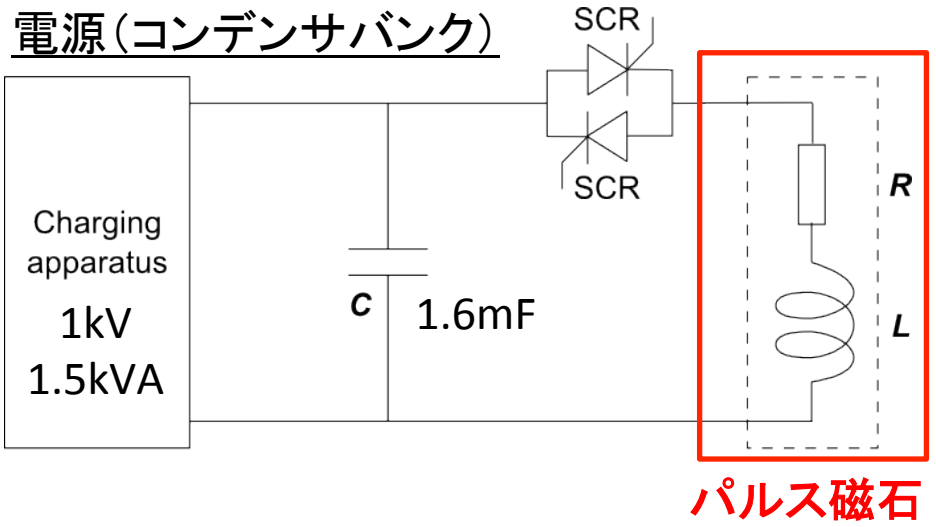
  →熱で動かない構造を設計中

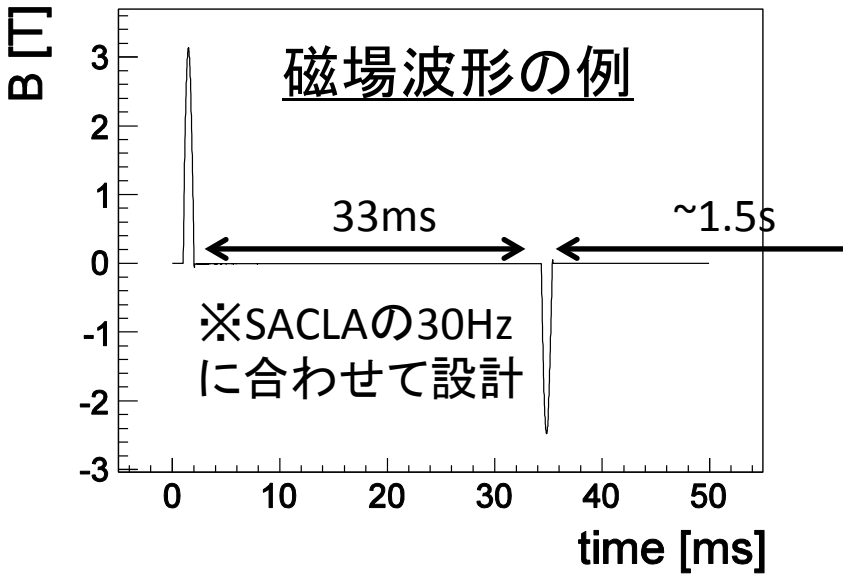




繰り返しパルス磁場

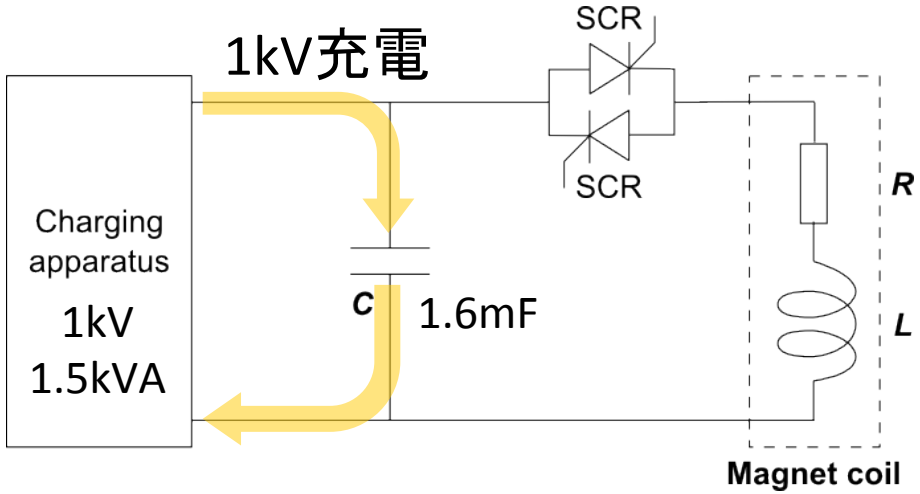
- プロトタイプ電源1.6mF, 1.0kV, 1.5kVAにパルス磁石2個を直列につないで繰り返し運転。1kV放電で3.1T発生させ、逆充電された780Vで2.2Tの磁場を発生させ、570Vから1kVまで1.5secで充電させる（繰り返しレート1.3Hz）
- 今回はビームタイムのうち3.5時間測定し、総パルス数は17020発だった。この間、磁場の強さは±3%以内で安定していた

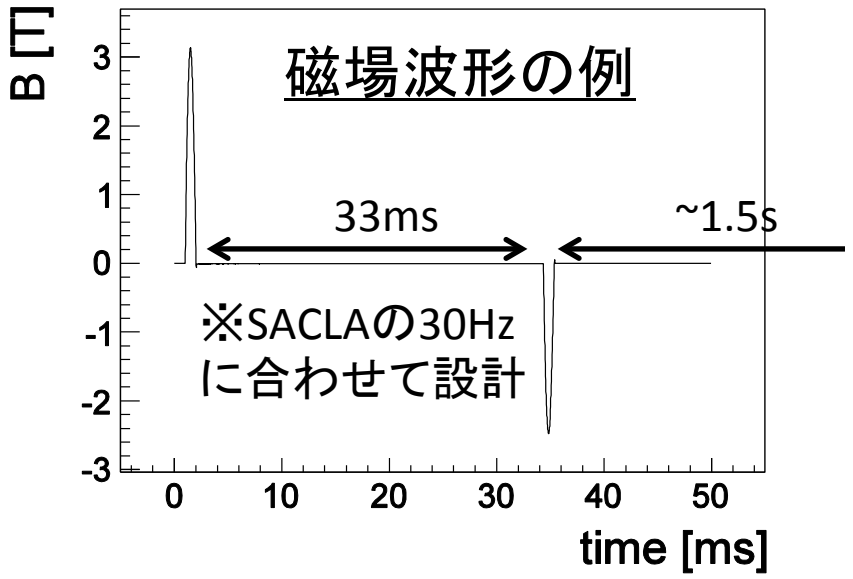




繰り返しパルス磁場

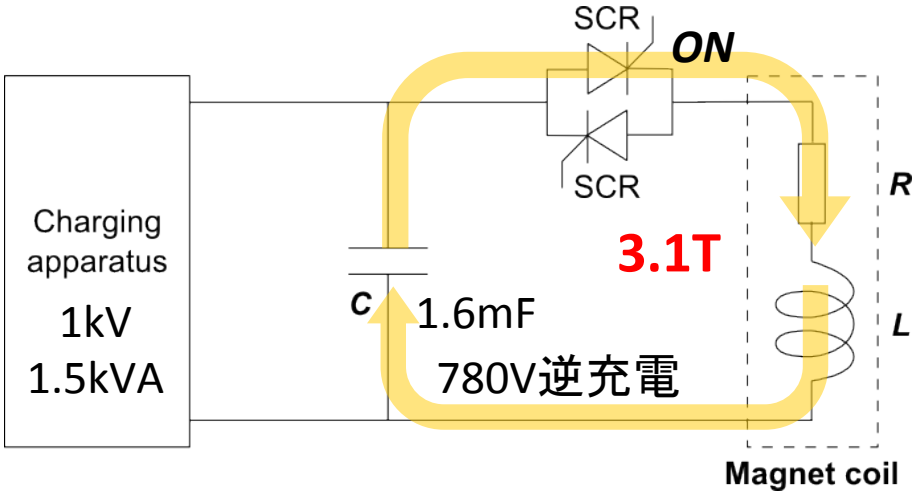
- プロトタイプ電源1.6mF, 1.0kV, 1.5kVAにパルス磁石2個を直列につないで繰り返し運転。1kV放電で3.1T発生させ、逆充電された780Vで2.2Tの磁場を発生させ、570Vから1kVまで1.5secで充電させる（繰り返しレート1.3Hz）
- 今回はビームタイムのうち3.5時間測定し、総パルス数は17020発だった。この間、磁場の強さは±3%以内で安定していた

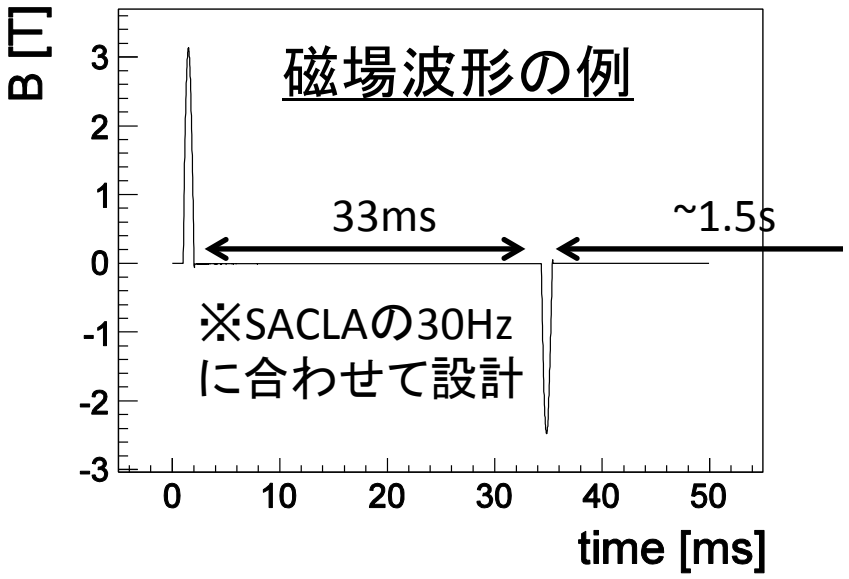




繰り返しパルス磁場

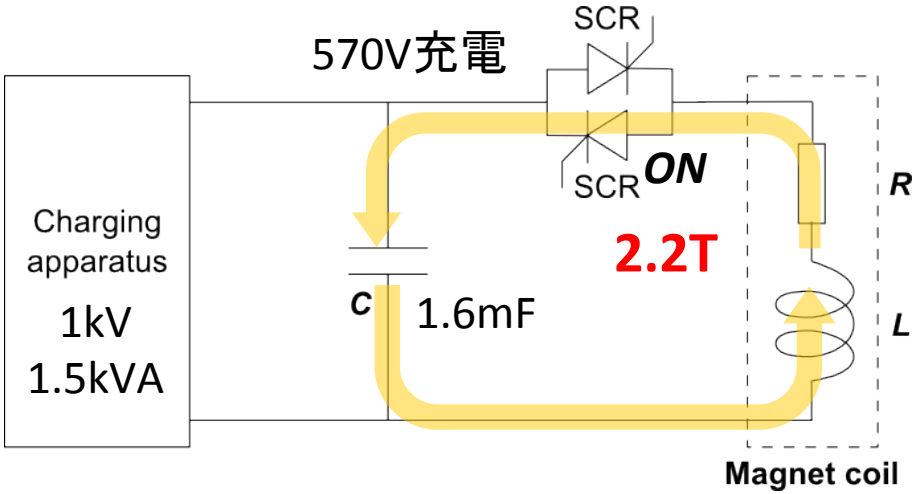
- プロトタイプ電源1.6mF, 1.0kV, 1.5kVAにパルス磁石2個を直列につないで繰り返し運転。1kV放電で3.1T発生させ、逆充電された780Vで2.2Tの磁場を発生させ、570Vから1kVまで1.5secで充電させる（繰り返しレート1.3Hz）
- 今回はビームタイムのうち3.5時間測定し、総パルス数は17020発だった。この間、磁場の強さは±3%以内で安定していた

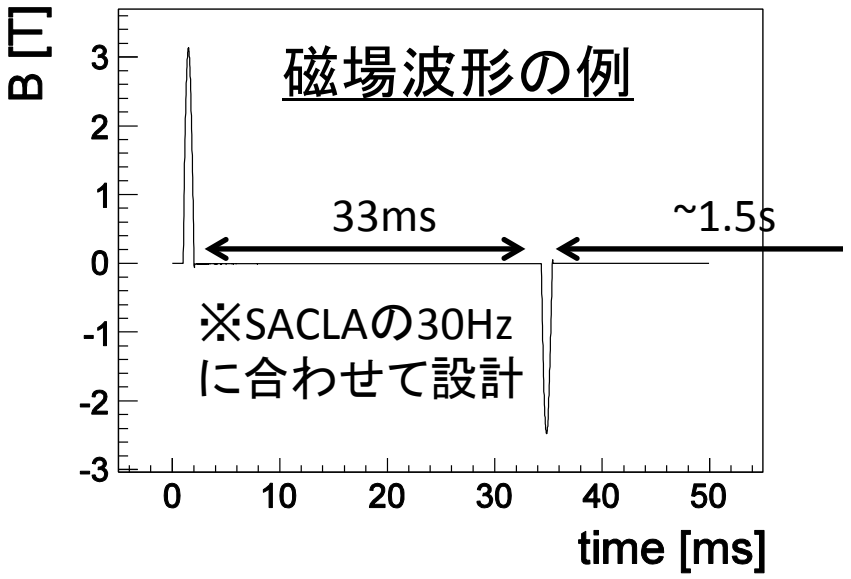




繰り返しパルス磁場

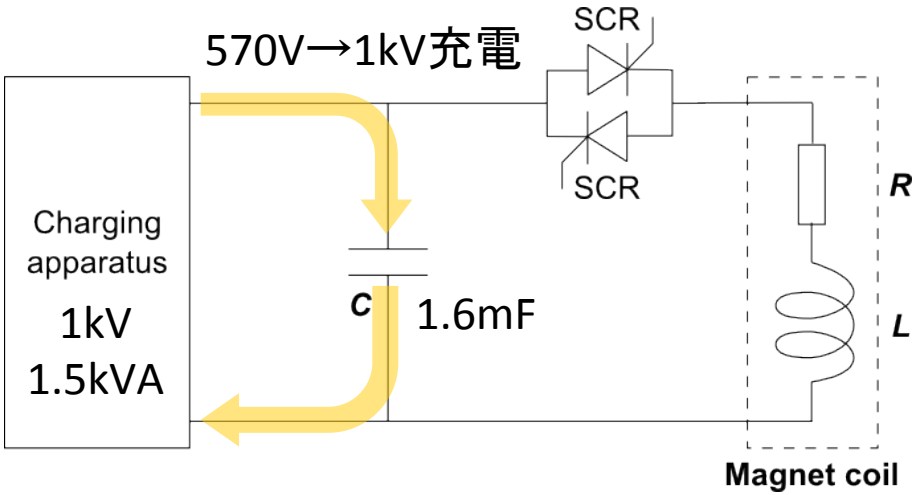
- プロトタイプ電源1.6mF, 1.0kV, 1.5kVAにパルス磁石2個を直列につないで繰り返し運転。1kV放電で3.1T発生させ、逆充電された780Vで2.2Tの磁場を発生させ、570Vから1kVまで1.5secで充電させる（繰り返しレート1.3Hz）
- 今回はビームタイムのうち3.5時間測定し、総パルス数は17020発だった。この間、磁場の強さは±3%以内で安定していた

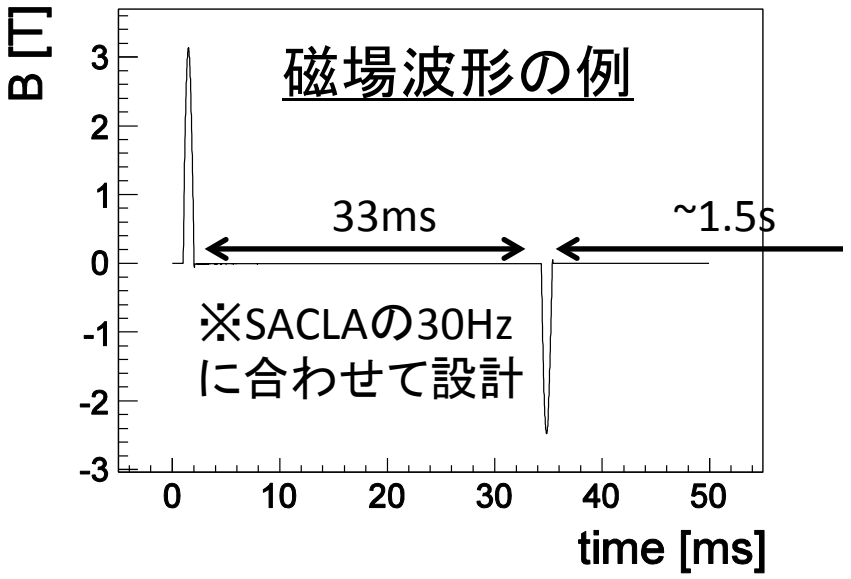




繰り返しパルス磁場

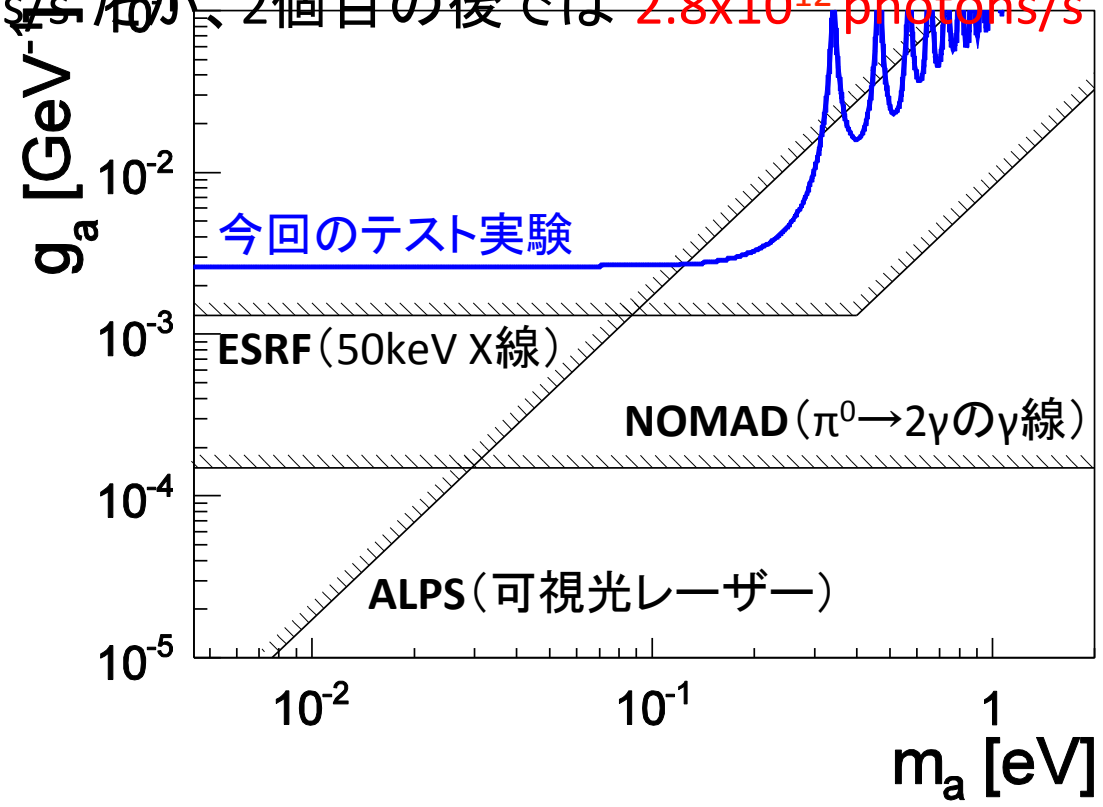
- プロトタイプ電源1.6mF, 1.0kV, 1.5kVAにパルス磁石2個を直列につないで繰り返し運転。1kV放電で3.1T発生させ、逆充電された780Vで2.2Tの磁場を発生させ、570Vから1kVまで1.5secで充電させる（繰り返しレート1.3Hz）
- 今回はビームタイムのうち3.5時間測定し、総パルス数は17020発だった。この間、磁場の強さは±3%以内で安定していた





テスト実験で得られたリミット

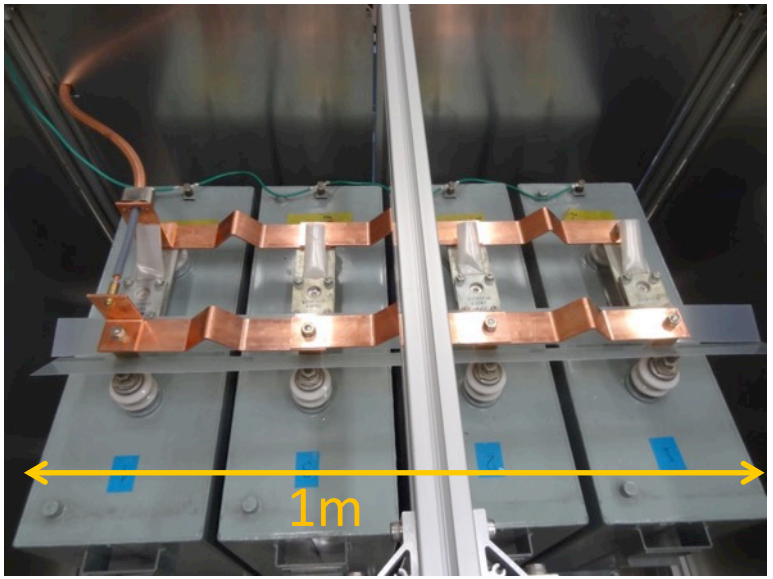
- 3.1T, 2.2Tを交互に1.3Hzで発生させて3.5時間測定。磁石は0.2mが2個
- Geで観測されたイベント数は0だった
- 光子フラックスは、大元（および1個目の磁石の後）は 1.2x10^{13} photons/s だが、2個目の後では 2.8x10^{12} photons/s



今後の予定

- アップグレード項目としては、
  - ✓ 磁石のアライメントを熱で動かないようなものに変更
  - ✓ 電源を1.6mF, 1kV, 1.5kVAから3.0mF, 4.5kV, 15kVAに。部品類は購入済みで、現在組み立て中。これにより、現在の磁石を8つ並べて8.4T, 0.2m x8, 0.5Hzの磁場発生が可能になる
  - ✓ 液体窒素の消費が激しくなるので自動補給装置を導入する

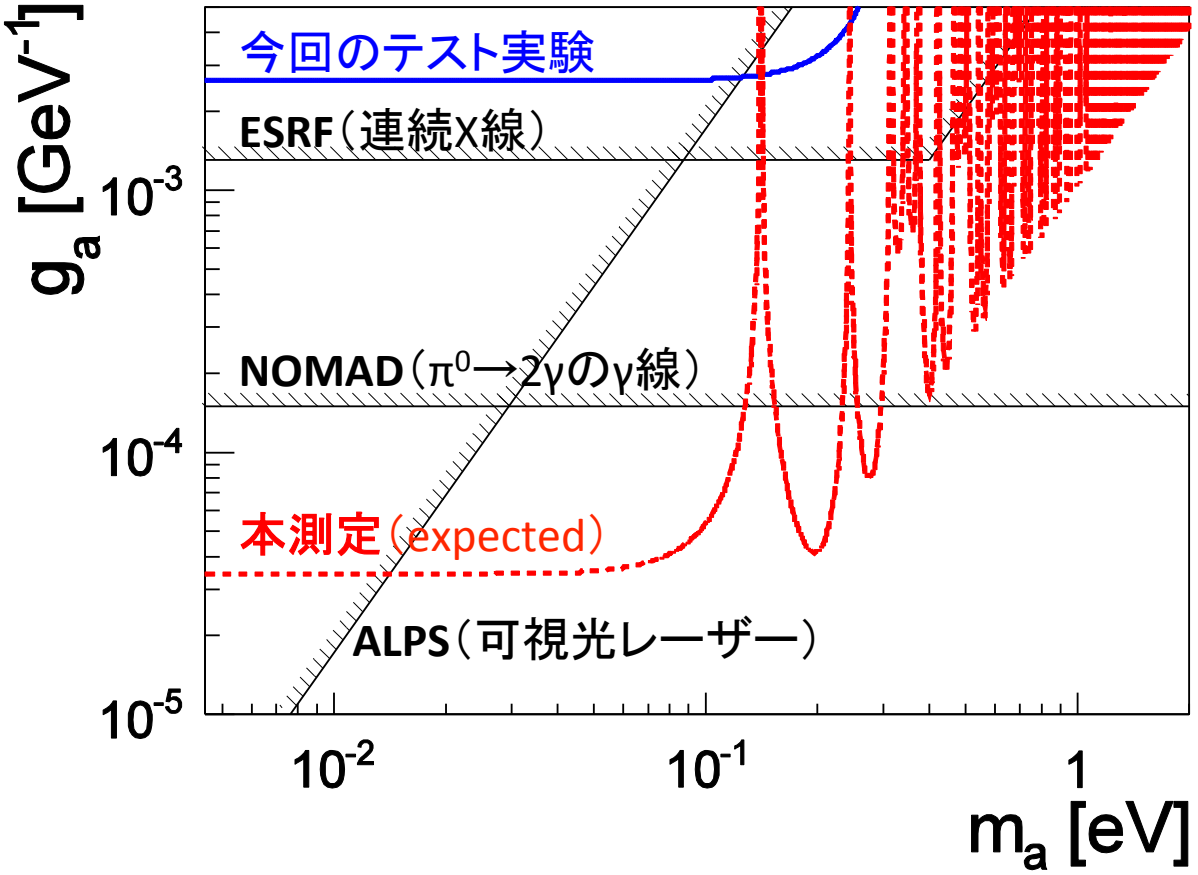
新電源のコンデンサ部（1.0mF）これが3個と、あとはSCR等からなる1mX1.5mX2mの部分が1つ



- 2015年後期にSACLAで本測定を行い、10^{-2}~10^{-1}eV/c^2の質量領域において地上実験における最高感度でALPを直接探索する

期待感度

- 8.4T, 0.2m x8, 0.5Hz
- 赤：SACLA, 9.5keV, 4x10^{11}photons/pulse（600uJ/pulse）, 2.5days



- ALPが発見されなかった場合、10^{-2}~10^{-1}eV/c^2の質量領域でALPと光子との結合定数のリミットを約5倍更新

まとめ

- パルス磁石を用いたAxion Like Particlesの探索を行っている
- 1.6mF, 1.0kV（0.8kJ）, 1.5kVAのプロトタイプ電源を用いて、3T, 0.2m x2, 1.3Hzのパルス磁場を発生させ、SPring-8 BL19LXUでテスト実験を行い、本実験に向けた課題の洗い出しを行った
- 2015年4月中に電源を3.0mF, 4.5kV（30kJ）, 15kVAにアップグレードすることで、8.4T, 0.2m x8, 0.5Hzの磁場発生が可能となる。すでに部品は購入済みで現在組み立て中
- アップグレードした電源を用いて2015年後期にSACLAで測定を行うことで、10^{-2}~10^{-1}eV/c^2の質量領域でALPと光子との結合定数のリミットを約5倍更新