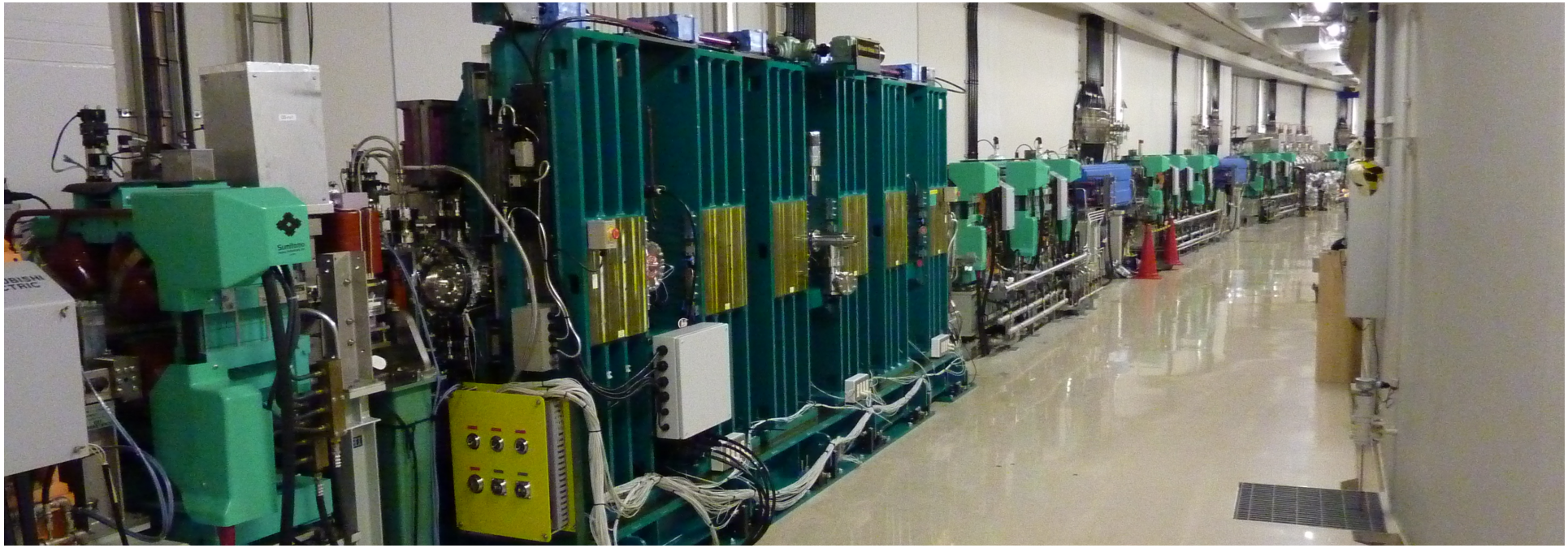
放射光施設を用いた弱結合粒子の探索



稲田聡明、難波俊雄、浅井祥仁[A]、小林富雄
東大素セ，東京大理[A]

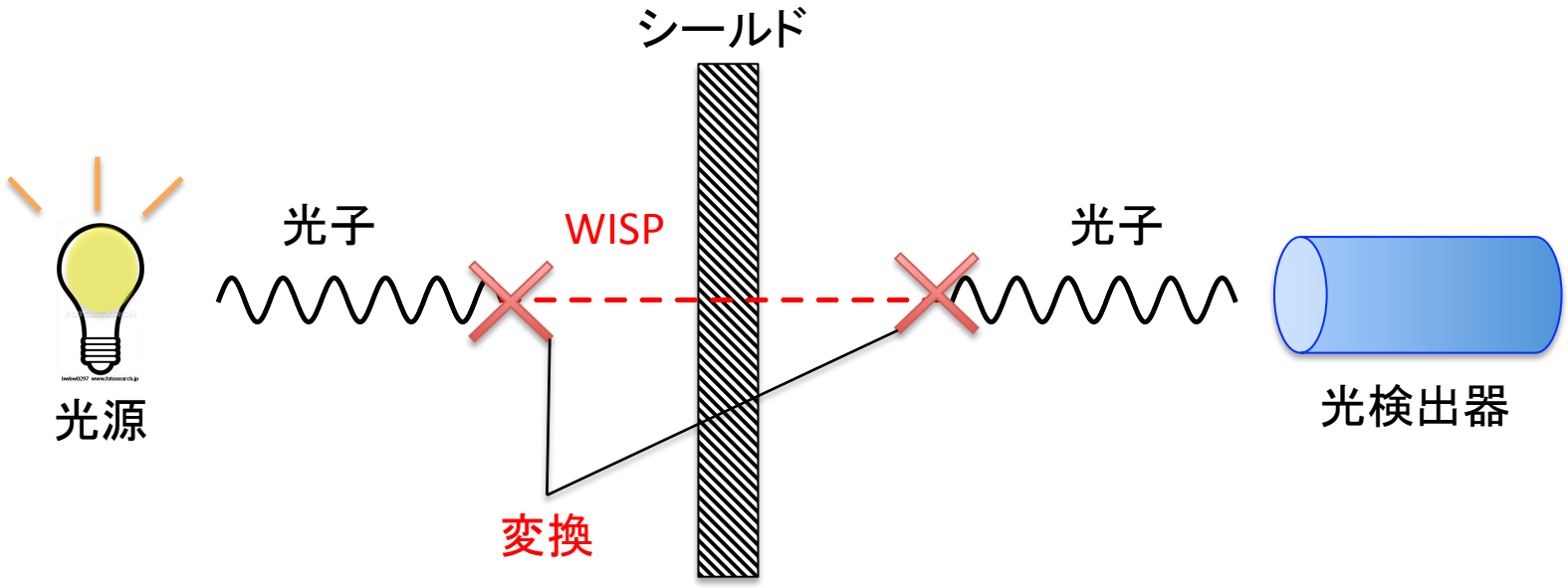
Thanks: 石川哲也，玉作賢治，澤田桂（理化学研究所播磨研究所）

日本物理学会第67回年次大会@関西学院大学 2012/3/24

WISPの探索
(Weakly Interacting Sub-eV Particle)

- SMを超える new particle の探索
- DMの候補

WISPを介してシールドを通り抜けてくる光子を検出



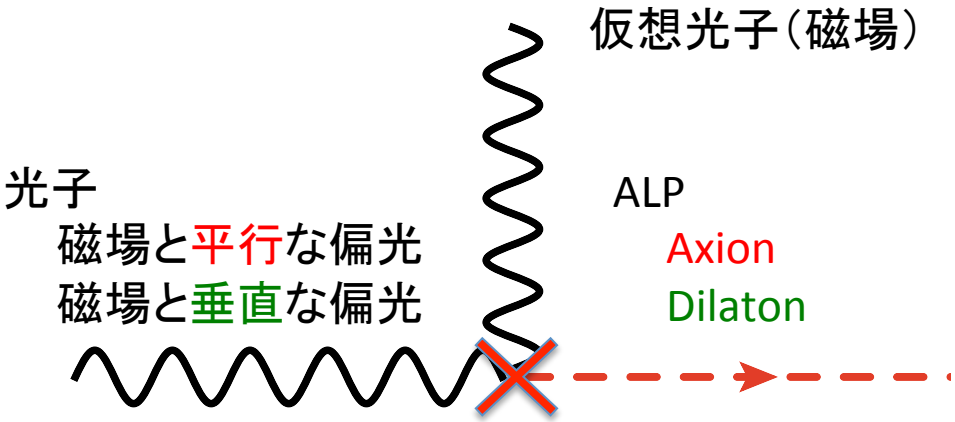
ポイント

光源の強度と性質

探索するWISPの種類と変換方法

探索上の違い：結合する光子数

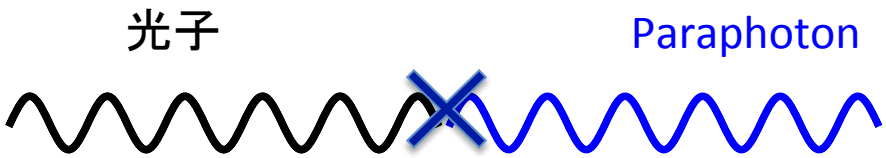
1. ALP (Axion-like particle)
   - Axion（擬スカラー）
     QCDにおけるCP問題
   - Dilaton（スカラー）



2. Paraphoton:

   Extra U(1) Gauge Boson

   光子 ↔ paraphoton振動

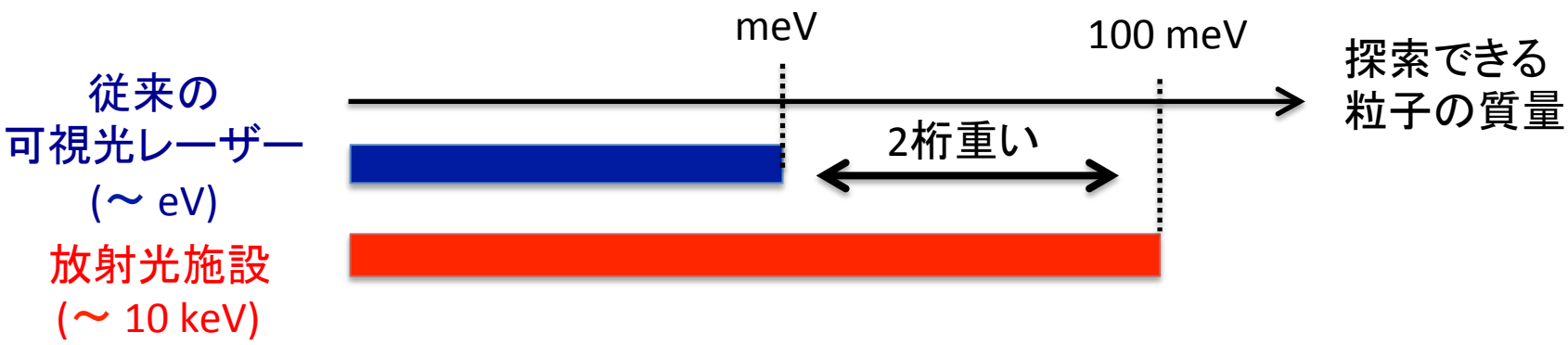


光源の High Energy 化
- 可視光レーザーからX線光源へ -

1.　光源のエネルギーを上げて，より重い WISP を探索

探索できる質量の上限は，光子エネルギーEのルートで決まる（√E）

（X線光源はエネルギーが可視光より4桁高いので，2桁重い粒子を探索できる）



2. 入射光子の母数を増やして，検出感度を上げる

大強度放射光施設　SPring-8

X線 Intensity Frontier　– SPring-8 –

SPring-8:

- 世界最大の放射光施設
- 8 GeVの電子ビームを周長1.4 kmのリングに蓄積して，放射光を取り出す
- 60本以上のビームライン

➢ 電子をゆさぶるアンジュレータが長いほど強度が大

最高強度のBL19LXU（約30 mの長尺アンジュレータ）を使用

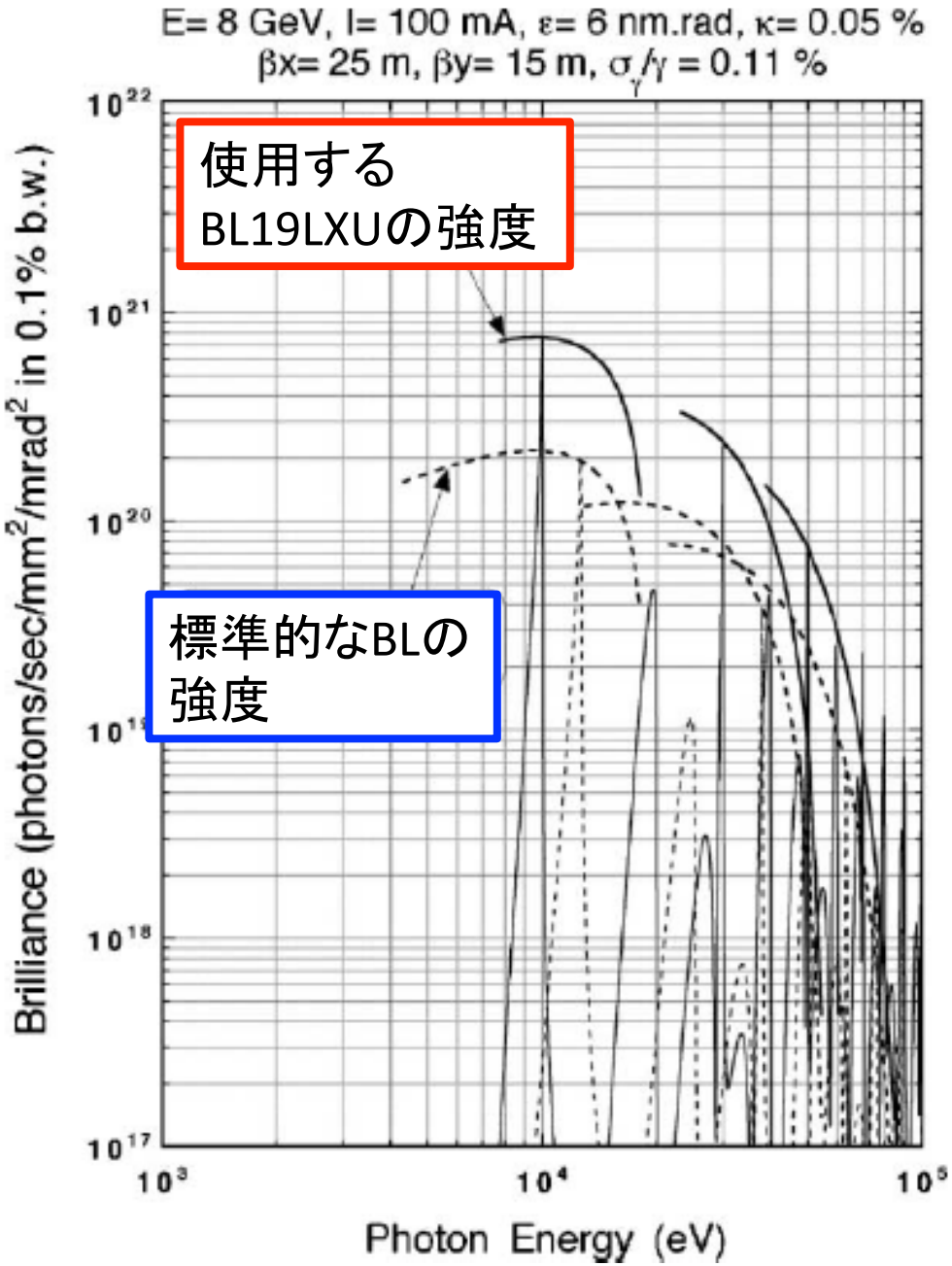
BL19LXUのX線エネルギーと強度

- アンジュレータが長い分

  SPring-8で標準的なBLよりも

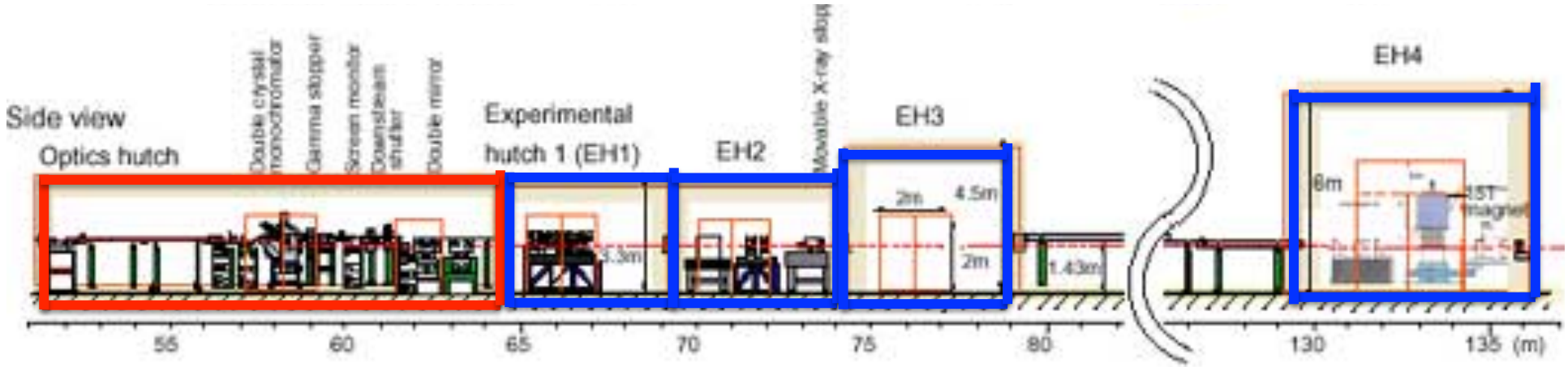
  3-4倍の強度

- 7 keV – 37 keVの範囲を使用
  - 7 keV: 2×10^{14} photon/s
  - 22 keV: 7×10^{13} photon/s
  - 37 keV: 3×10^{13} photon/s



BL19LXUの見取り図

- 約130 mのビームライン長
- 距離に応じて，様々な実験ハッチが使用可能



光学ハッチ
- モノクロメータで，見たいエネルギーを取り出す
- ビーム強度等のモニタリング

実験ハッチ1-4
- 検出器等を置き，実際に実験を行う部屋，各5 m程度の広さ
- 強力な磁石は，100 m以上離れたハッチ4で使用可能

ハッチ内の様子

光子の検出
低エネルギー用Ge検出器

硬X線領域で，高い検出効率とエネルギー分解能

- 結晶直径：16 mm

  ビームサイズは数100 μm
- 検出効率：68% @ 14 keV
- エネルギー分解能：σ = 0.15 keV

  @ 14 keV
- 14 keV ± 2σでのダークカウント：

  4 mHz

ORTEC Ge検出器

パフォーマンスの評価は完了

光子 - Paraphoton 振動

- 基本的にニュートリノ振動と同じ：変換率が振動

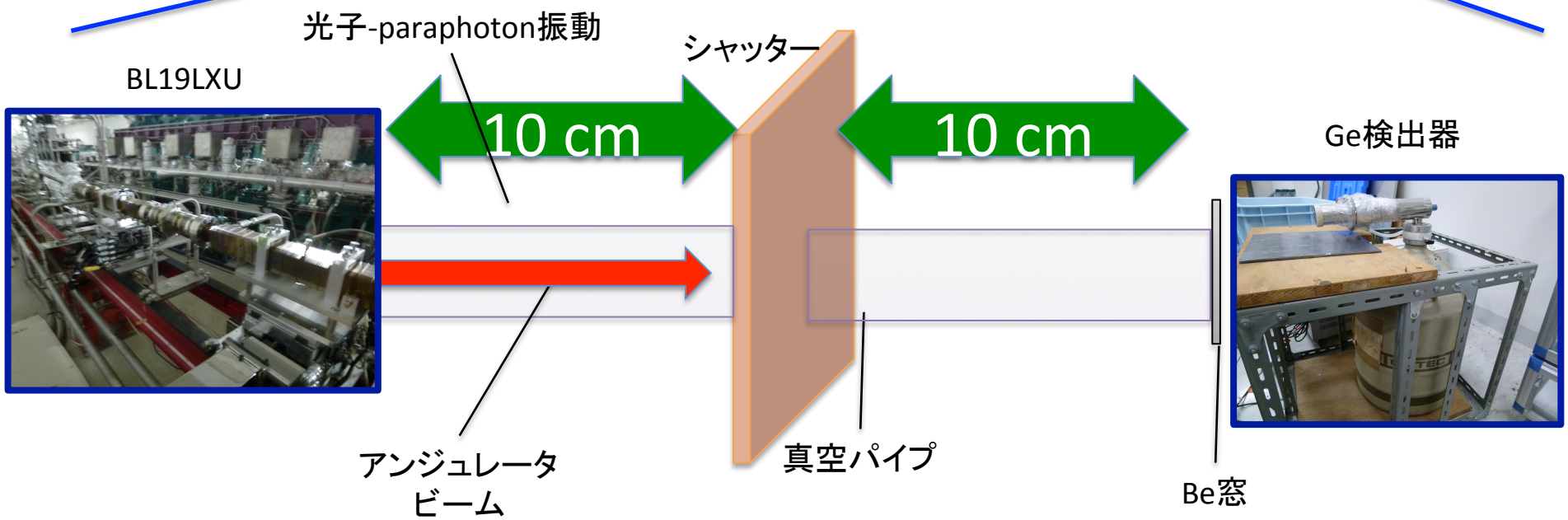
$$P_{\gamma\to\gamma'} = 4\chi^2 \sin^2\left(\frac{m_{\gamma'}^2}{4E_\gamma}L\right)$$

χ: 混合角

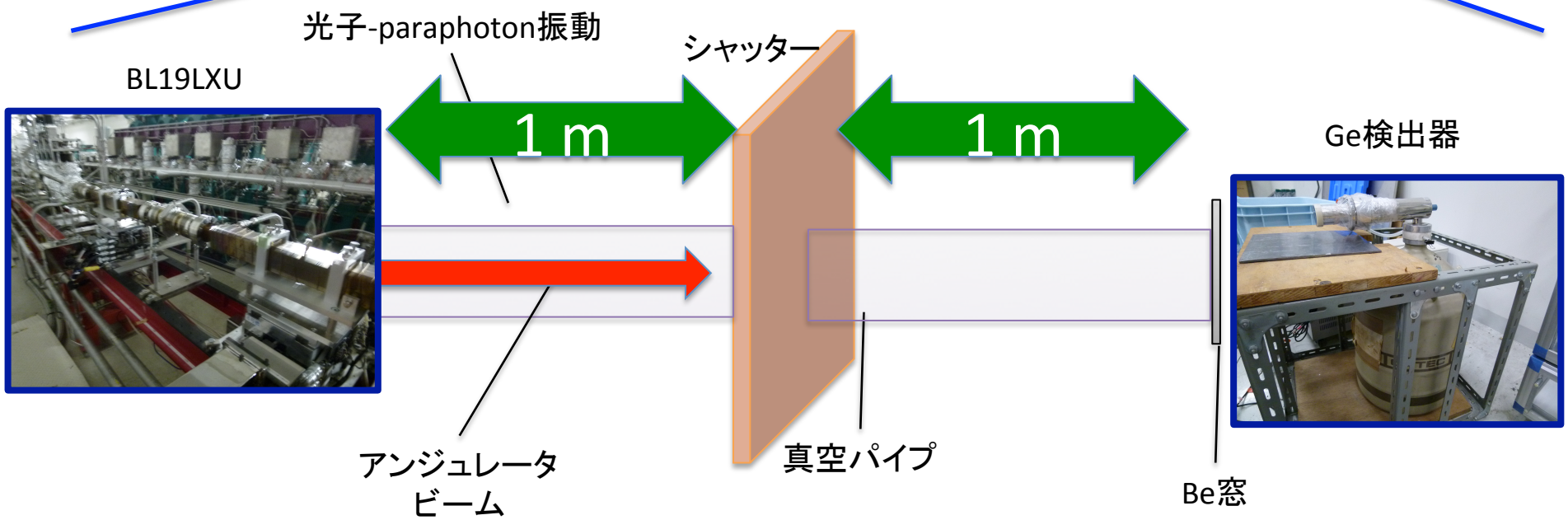
- 1周期分の振動長：重いparaphotonほど短くなる

真空パイプ長を変えて測定し，
様々な質量のparaphotonを探索

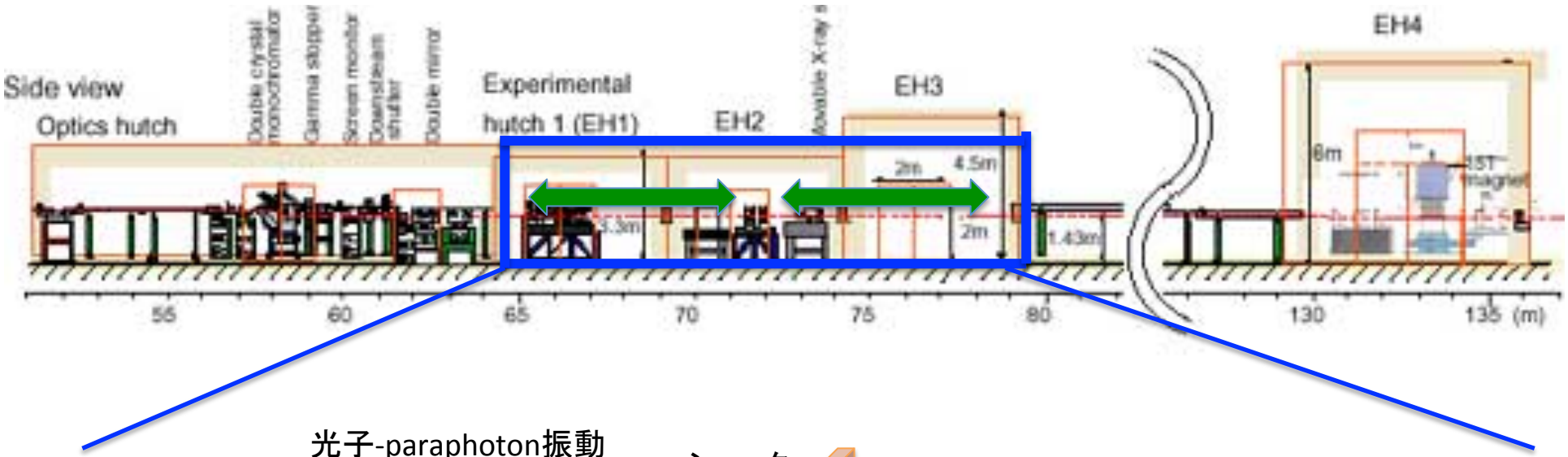
Paraphoton探索のセットアップ 1/4

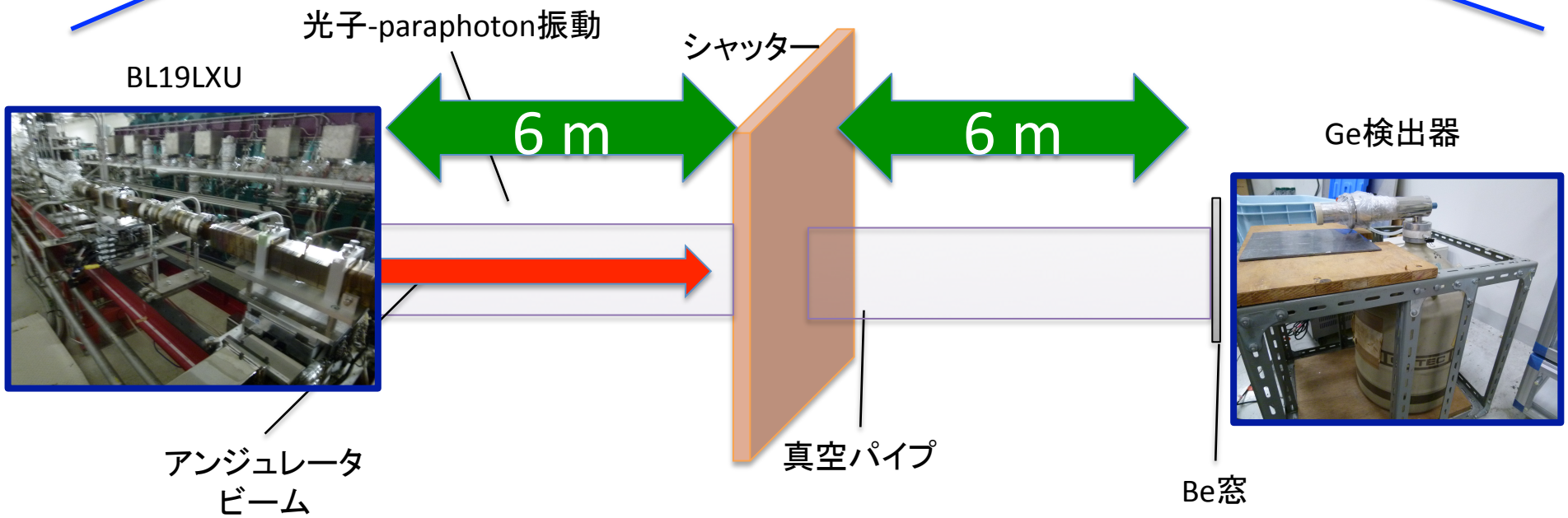


Paraphoton探索のセットアップ 2/4



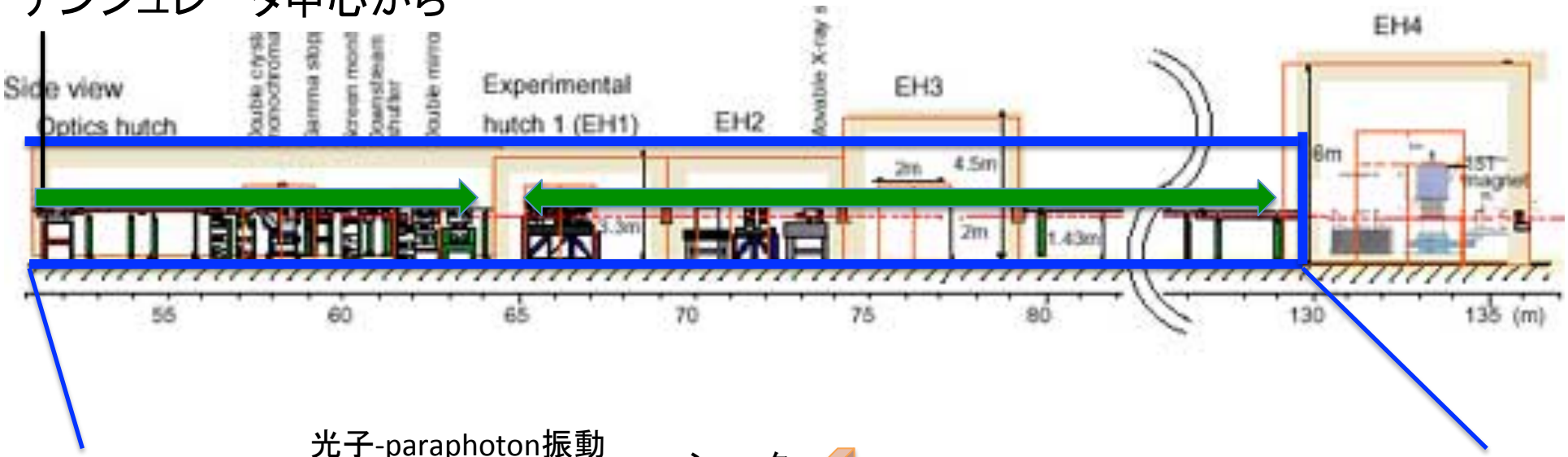
Paraphoton探索のセットアップ 3/4

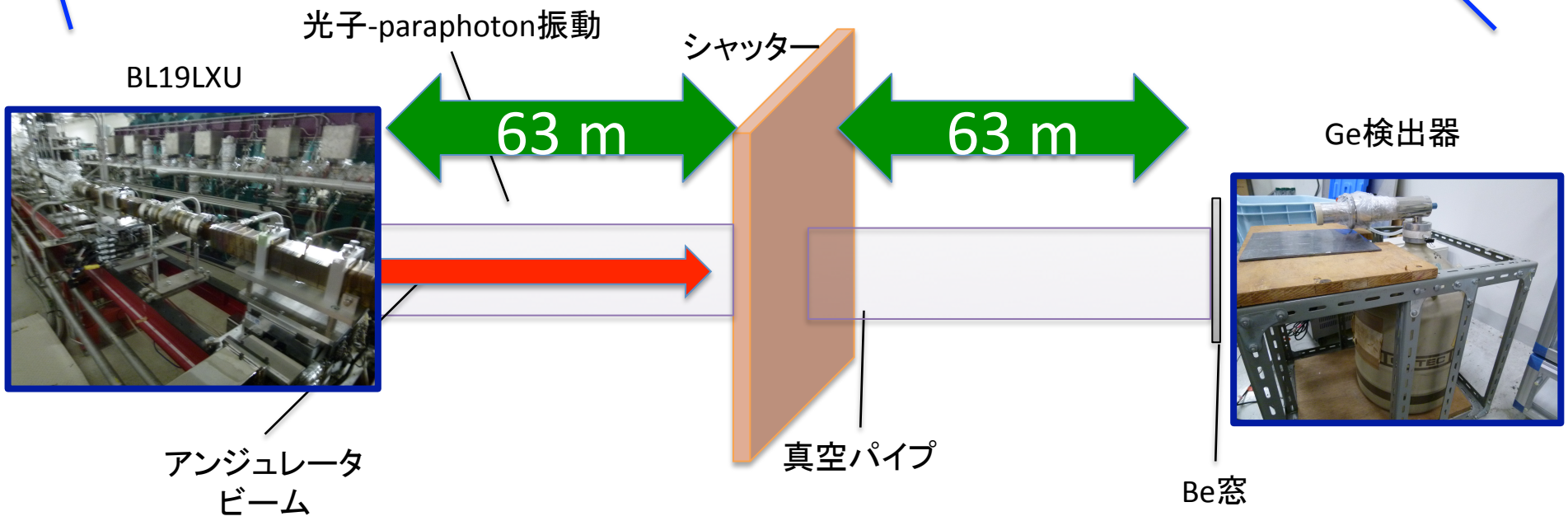




Paraphoton探索のセットアップ 4/4

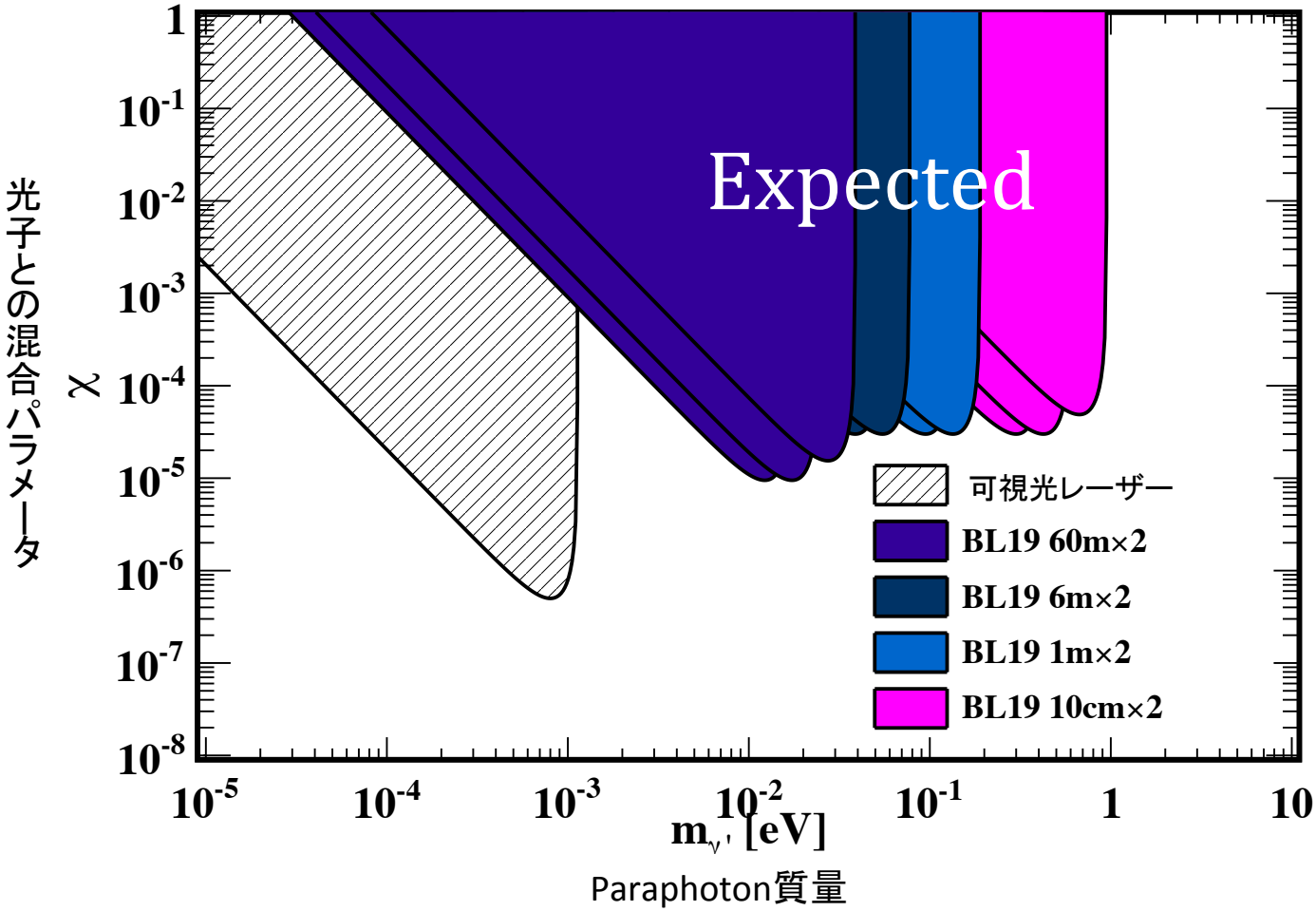
アンジュレータ中心から





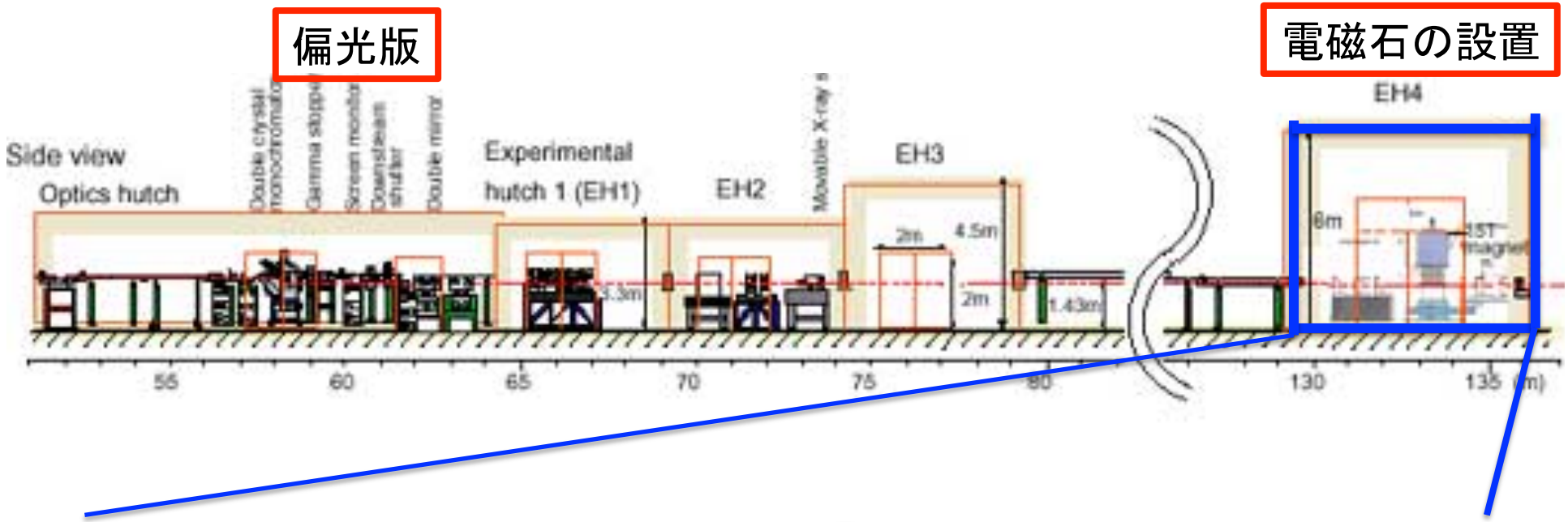
期待される探索領域 –Paraphoton–

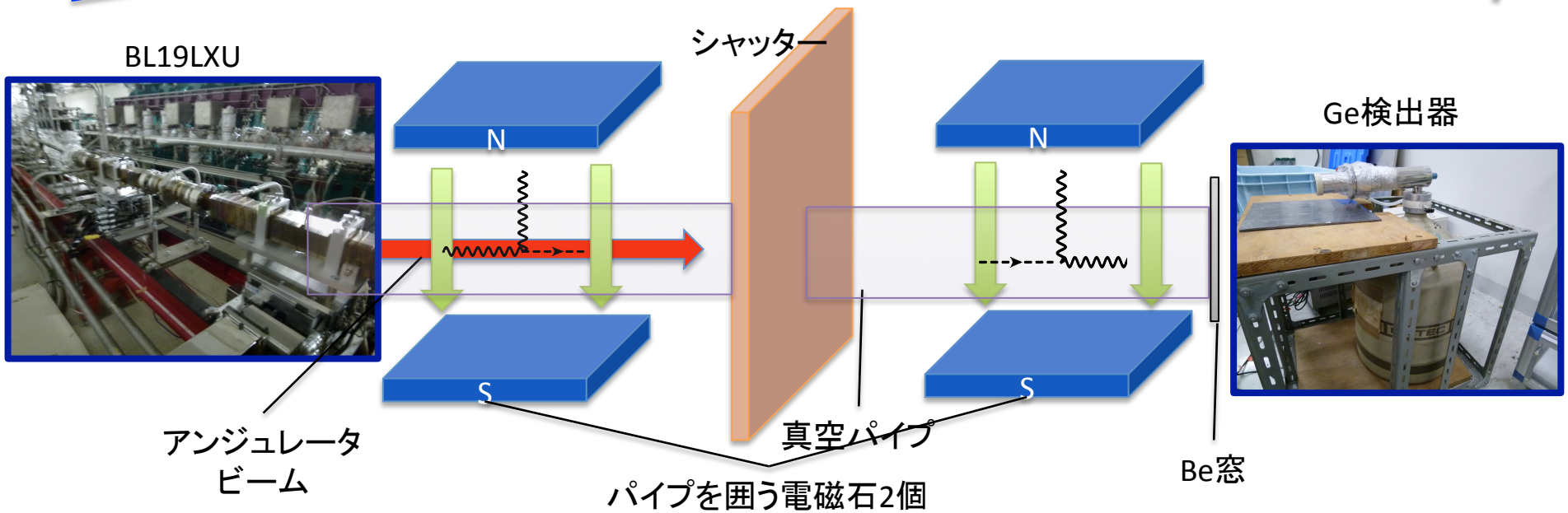
変換領域とエネルギーを変えて，ON/OFF計4日程度の測定で



- 可視光レーザー実験よりも1-3桁重い領域
- 地上実験で初探索の領域

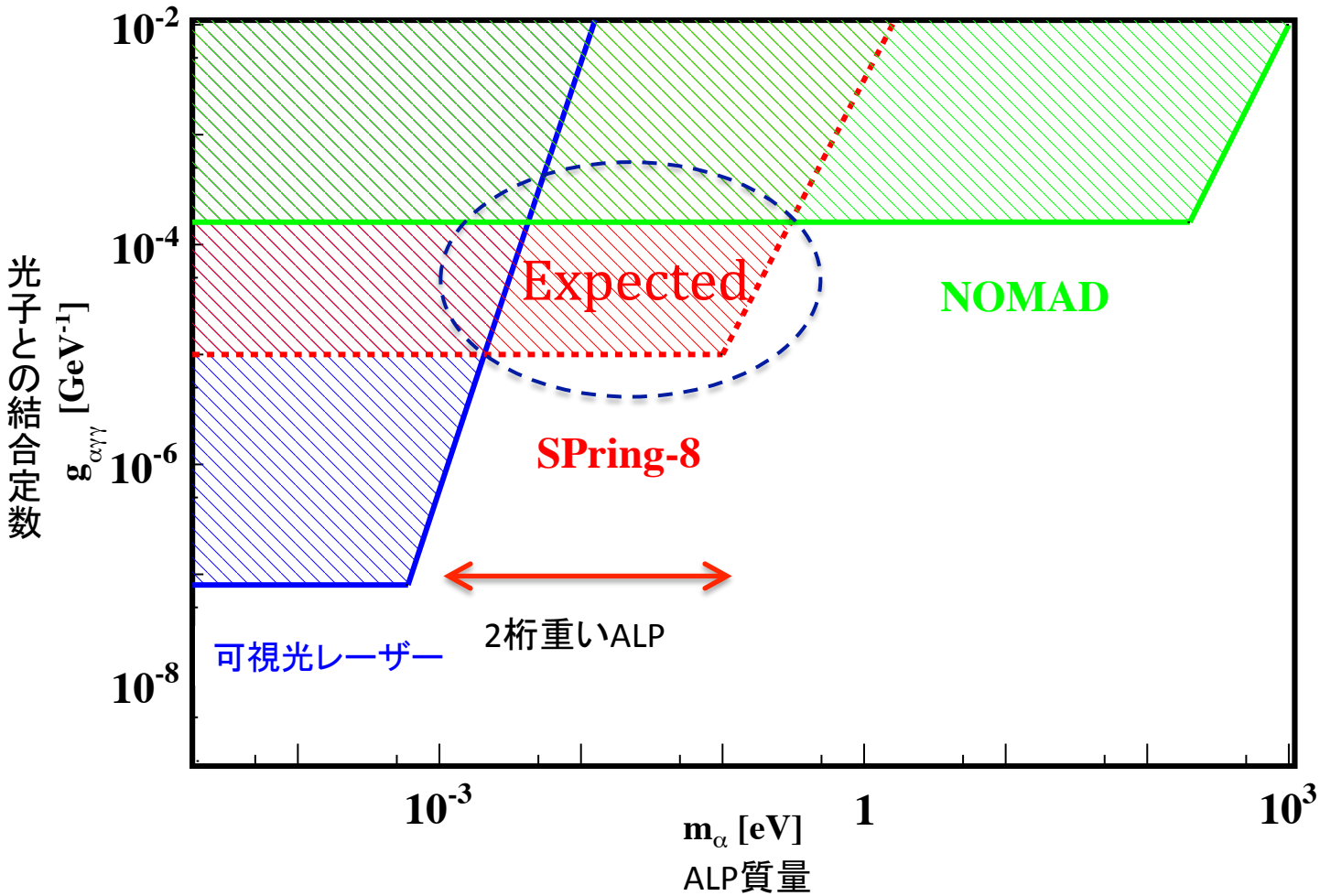
ALP探索のセットアップ





期待される探索領域 –ALP–

ON/OFF測定は各1日，磁場は各10 T･mを仮定すると



- 可視光レーザー実験よりも2桁重い領域
- 地上実験で初探索の領域

まとめ

- 光子と弱く結合する，質量の軽い未発見粒子WISPの探索を行う
- WISPを介して壁越しに伝搬する光子を，Ge検出器で検出する
- BL19LXUの大強度X線ビームを光源として利用すれば，可視光レーザー実験よりも2-3桁まで重いWISPに対して，世界最高の感度になる
- まずは磁場なしでparaphotonの探索を行い，その後，磁石を設置してALPの探索を行う

現在ビームタイム申請中，4-5月に測定開始予定