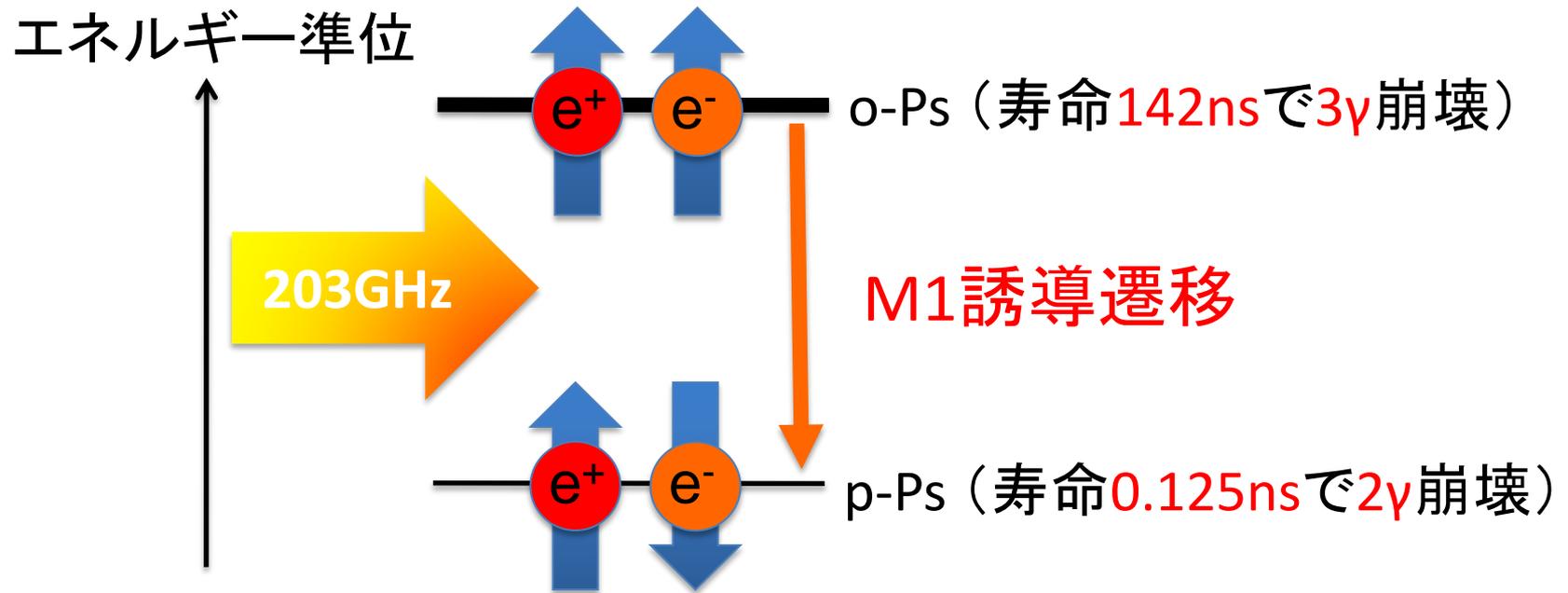


サブテラヘルツ波を用いた ポジトロンウム超微細構造の直接測定

山崎高幸, 宮崎彬, 末原大幹^A, 難波俊雄^A, 浅井祥仁,
小林富雄^A, 斎藤晴雄^B, 漆崎裕一^C, 小川勇^C, 出原敏孝^C, S.Sabchevski^D

東大理, 東大素セ^A, 東大総文^B, 福井大遠赤セ^C, ブル
ガリア科学アカデミー^D

Ps-HFSの直接測定

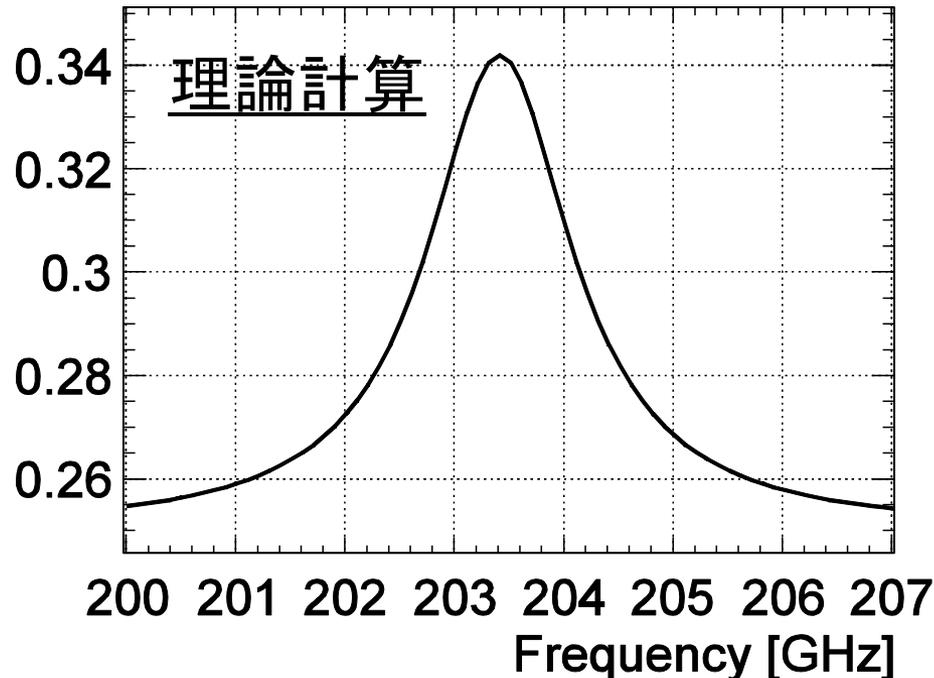


- 203GHzの光を照射し、o-Ps \rightarrow p-Psに直接(M1)誘導遷移させる
- 磁場による不定性が存在しない
- 遷移曲線の幅からp-Psの寿命も測定できる($\tau = 1/2\pi\text{FWHM}$)
- ミリ波領域における初のM1遷移測定

難しい理由

- o-Ps→p-Ps遷移確率 (3×10^{-8} /sec) は、o-Ps→ 3γ 崩壊確率 (7×10^6 /sec) に比べて14桁も小さい。これはこの遷移がM1遷移であり、かつPs-HFSの値が極めて大きい ($203\text{GHz} = 0.84\text{meV}$) ため

10kWの光を照射したとき
に期待される遷移曲線

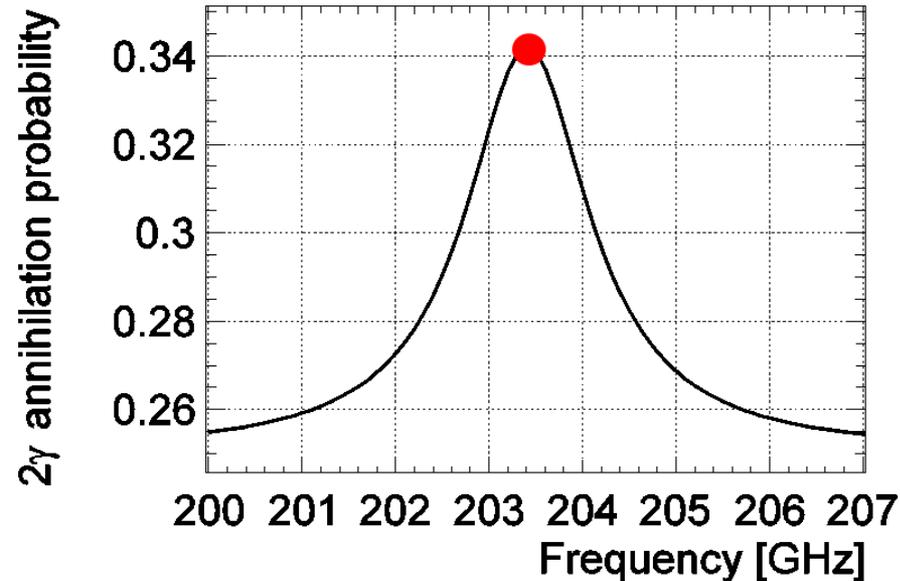


→ 遷移曲線を測定するのに十分な量の遷移を起こすには、**10kW程度で200~207GHz程度の範囲にわたって周波数可変な光が必要**。このような大強度光源が存在しなかったため、これまでにPs-HFSの直接測定実験は1度も行われていない

直接測定実験の予定

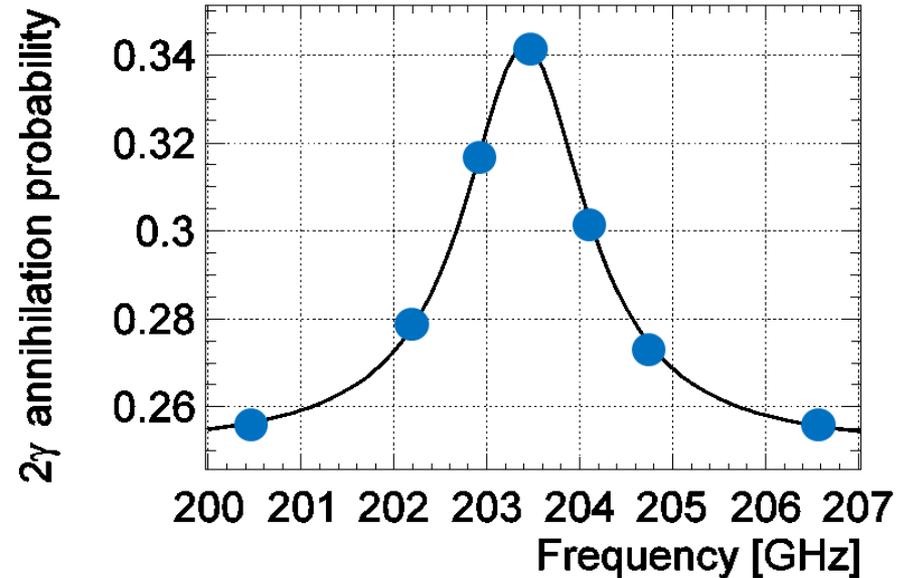
1st step

現在のジャイロトロンを使用して、今年中にsub-THz領域での初のM1遷移を観測する



2nd step

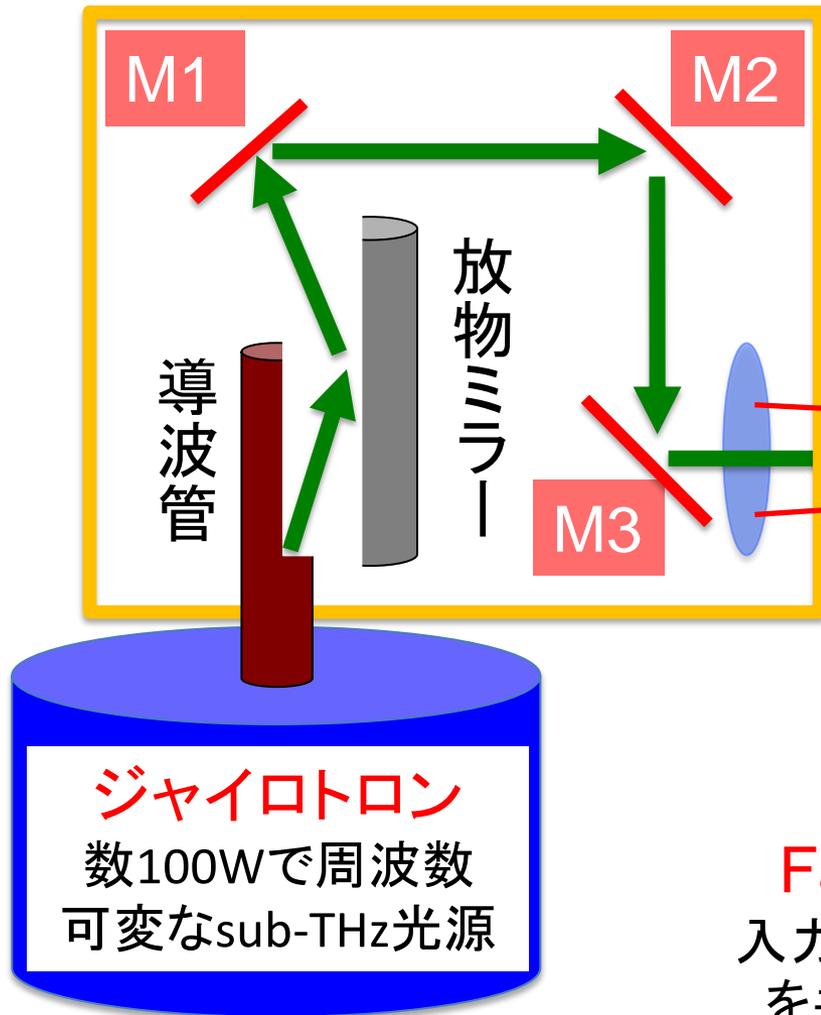
現在開発中の周波数可変ジャイロトロンを用いて遷移曲線を観測し、Ps-HFSを直接測定する



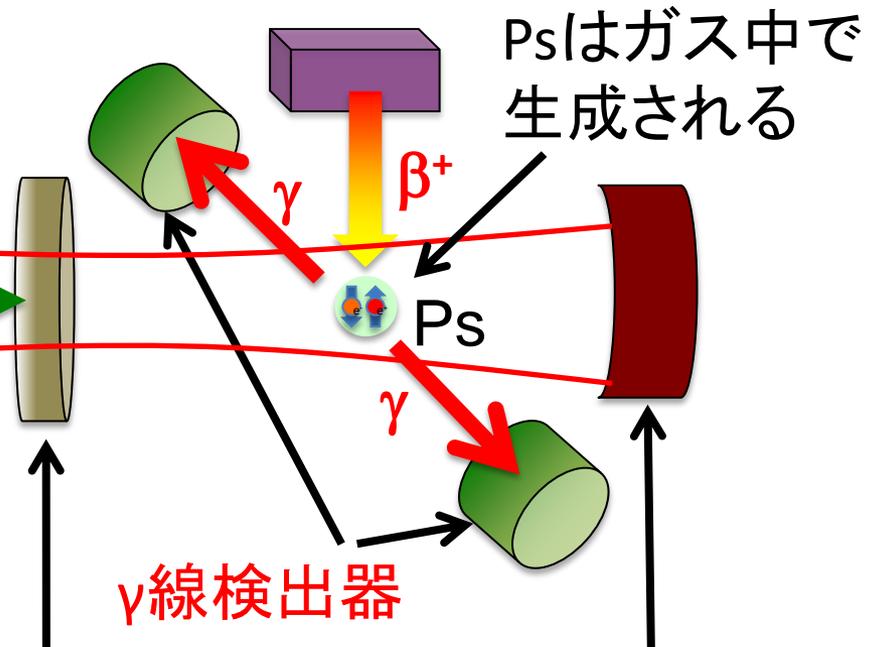
本講演はこちらの話

我々の実験セットアップ

モードコンバータ



^{22}Na β^+ 線源 & β^+ 検出器

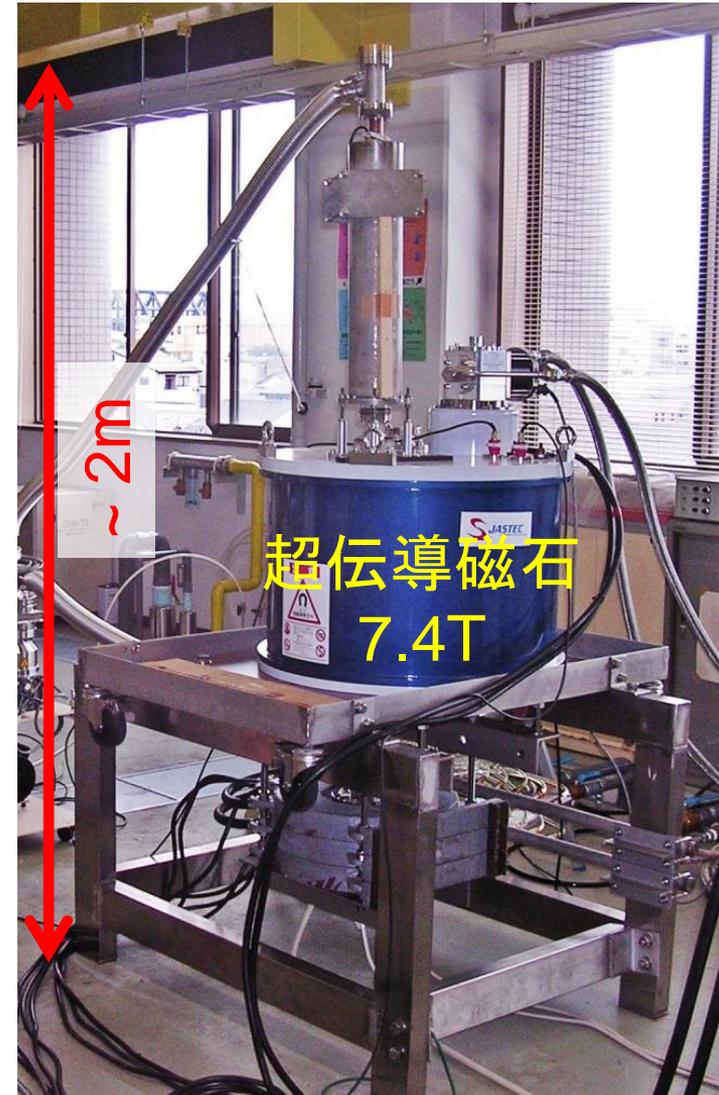
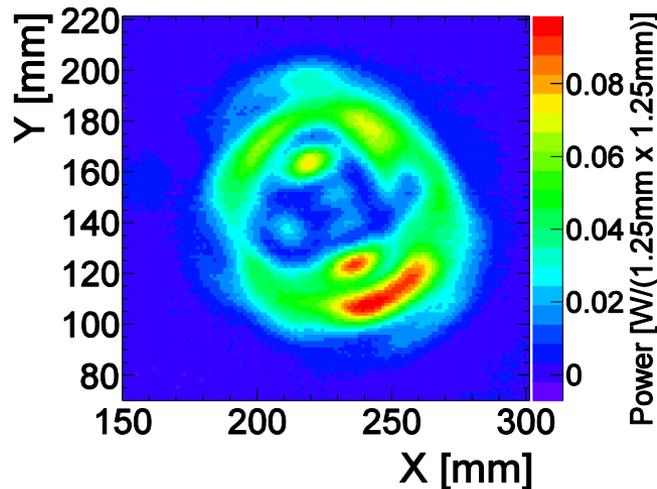


Fabry-Pérot共振器
入力の100倍程度のパワー
を共振器内に蓄積させる

ジャイロトロン

@ 福井大学

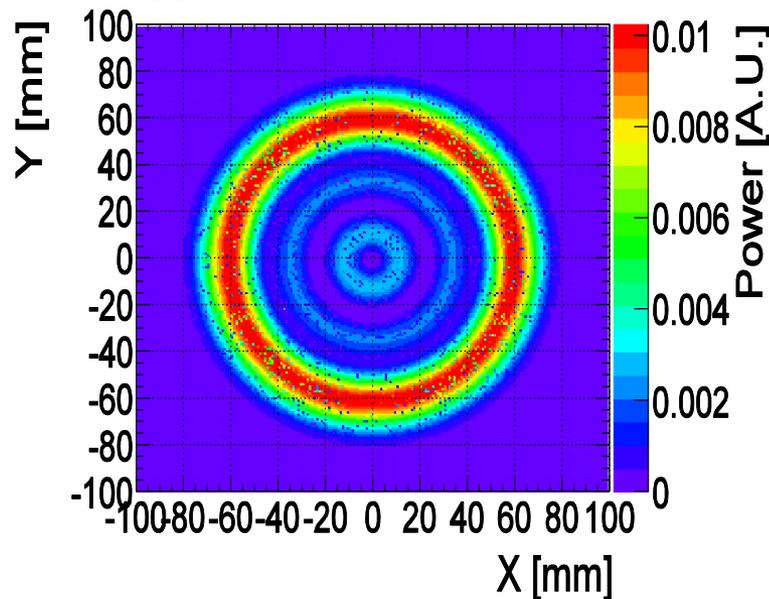
- Sub-THz領域で100W~kWレベルの出力が可能な唯一の光源
- 今実験のために、まずは単色(周波数は約203GHz)で最大出力約600W、安定に約300W(duty 30%)の出力が可能なジャイロトロンを製作した(右写真)。下図はジャイロトロン出力パワーの空間プロファイル



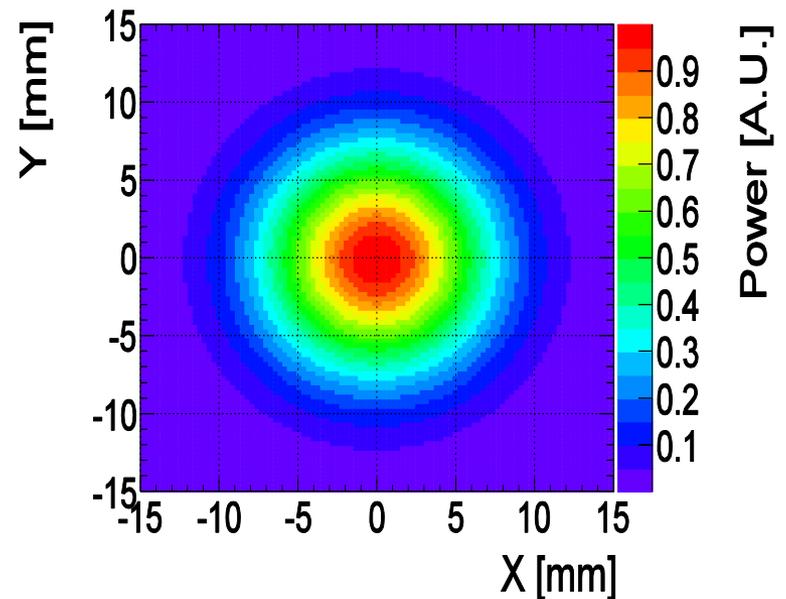
モードコンバータ

- ジャイロトロン出力は円形導波管TE₀₃モード。一方、Fabry-Pérot共振器の内部モードはガウスビーム。この2つのモードは全く異なっているため、300Wのジャイロトロン出力をそのままFabry-Pérot共振器に入射しても共振器と結合しない

TE₀₃ (遠方界、理論計算)



ガウスビーム (理論計算)



→ ガウスビームに変換するモードコンバータが必要

モードコンバーター

長焦点放物ミラー①

左右方向に絞る



長焦点放物ミラー②

上下方向に絞る



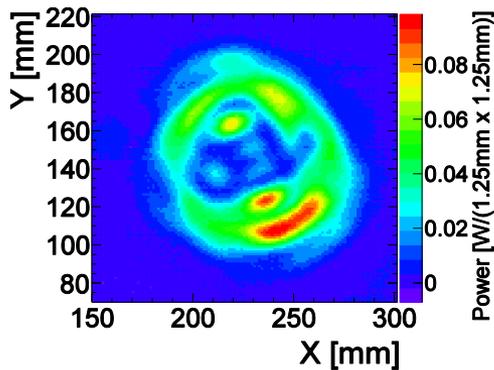
TE₀₃ → バイガウシアン

放物ミラー

ステップカット
導波管

ジャイロトロン出力

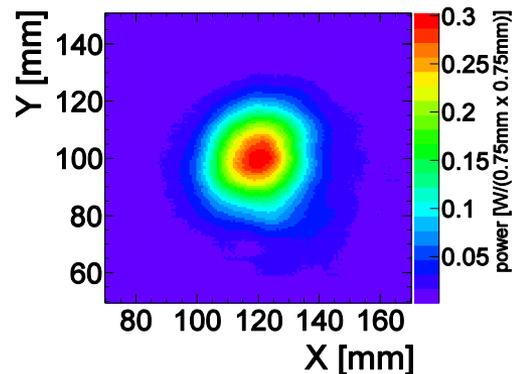
TE₀₃モード



550mm

Fabry-Pérot共振器へ

ガウスビーム



Fabry-Pérot共振器

銅凹面ミラー
中央に $\phi 0.6$ 穴

金メッシュミラー
 $R = 99.3\%$, $T = 0.5\%$
(ライン幅 $200\mu\text{m}$ 、
ライン間隔 $150\mu\text{m}$)

共振

入射

50mm



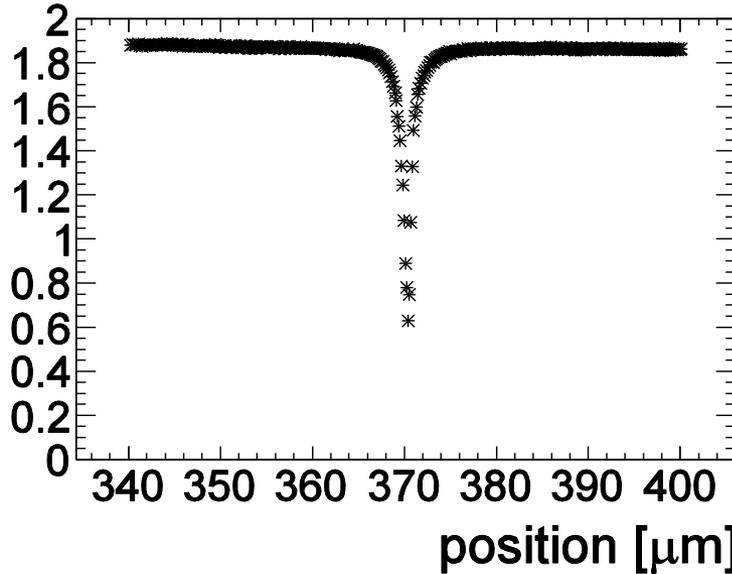
共振器に蓄積されたパワーのごく一部 ($2 \times 10^{-3}\%$) を透過させ、パイロエレクトリックディテクタを用いてモニタする

ピエゾステージを用いて共振器長をコントロールし、 $\lambda/2$ の整数倍に合わせる

Fabry-Pérot共振器

共振器で反射したパワー

voltage [V]

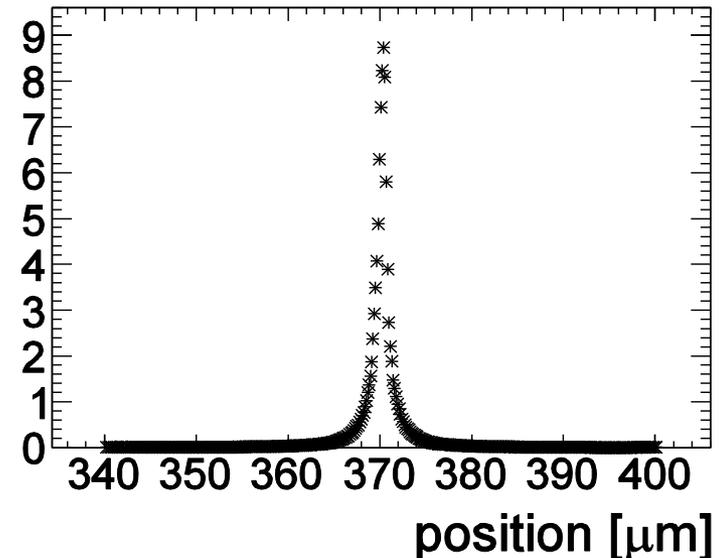


- 共振器に蓄積されているパワーは、共振器の透過パワーを透過率で割ることで求まる。例えば右図の共振ピークにおける蓄積パワーは8kW相当。なお、イソブタン0.1atm中では20%程度吸収される

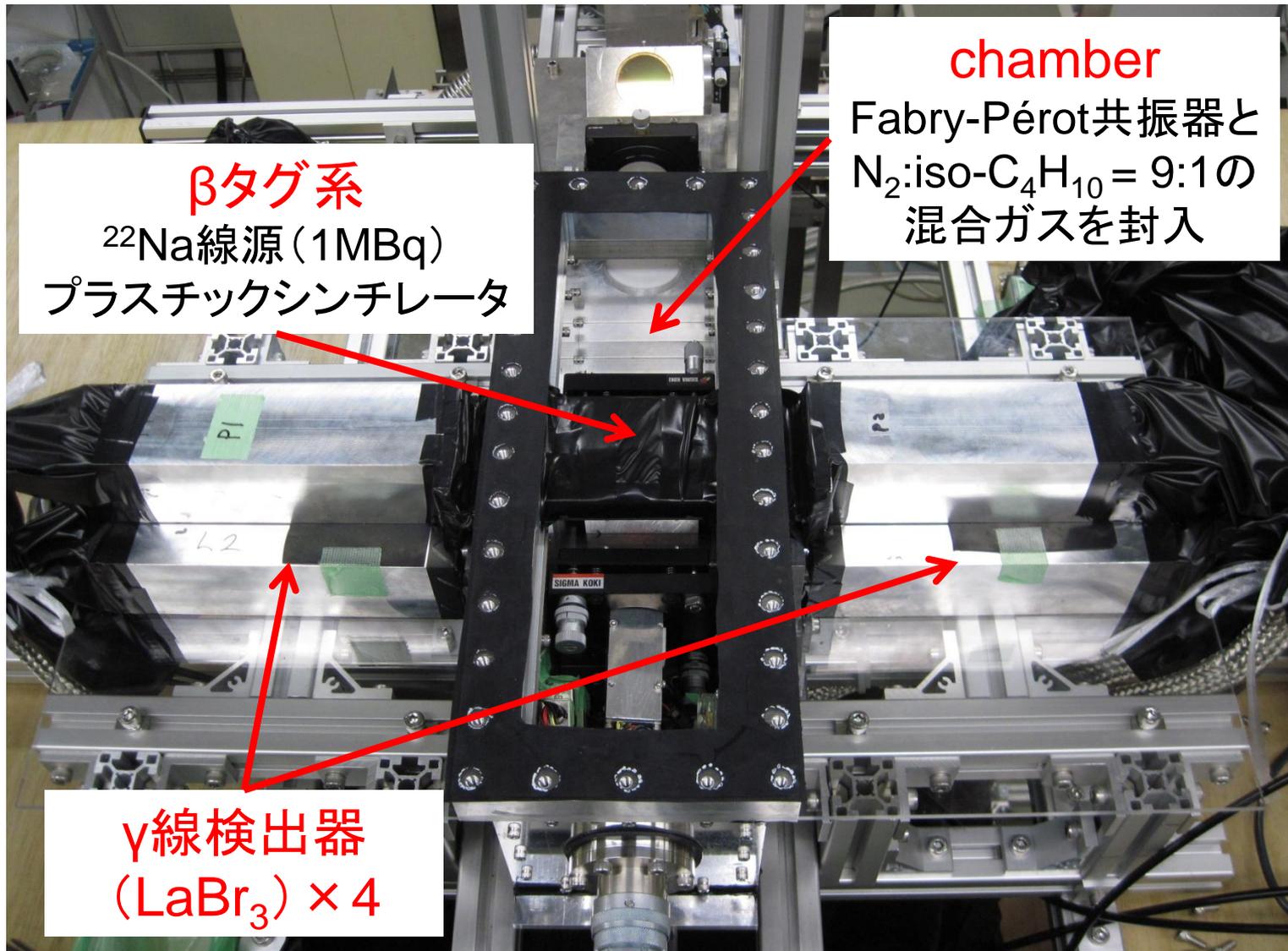
- 共振が起きると、共振器で反射するパワーが共振器と結合したパワーのぶん減少する。左図より、入射パワーの67%が共振器と結合していることがわかる

共振器を透過したパワー

voltage [V]

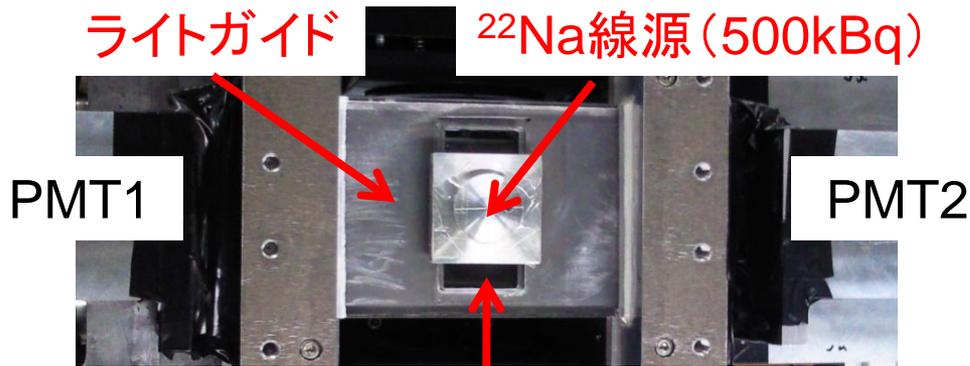


Ps生成部・検出器系

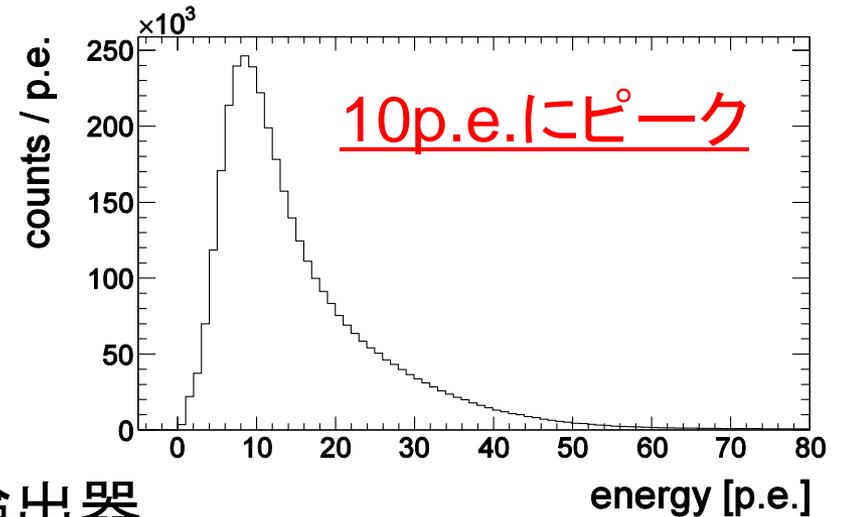


Ps生成部・検出器系

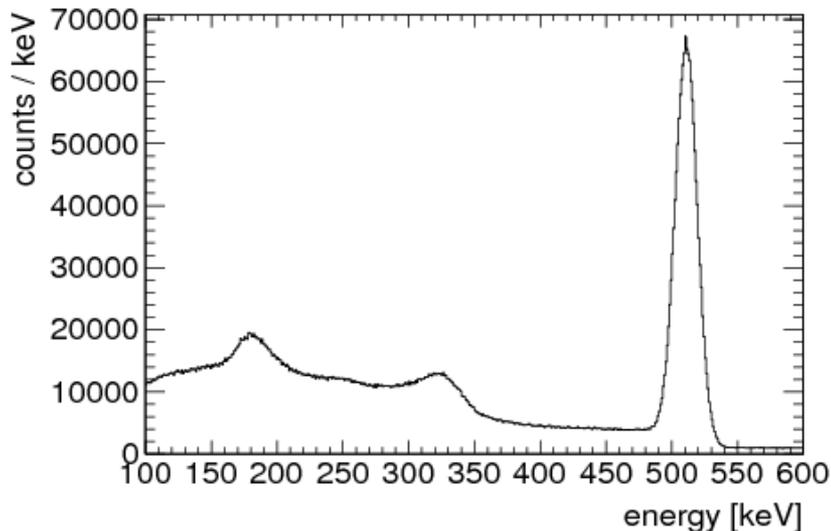
βタグ



プラスチックシンチレータ (t100, 60x30)



ガンマ線検出器

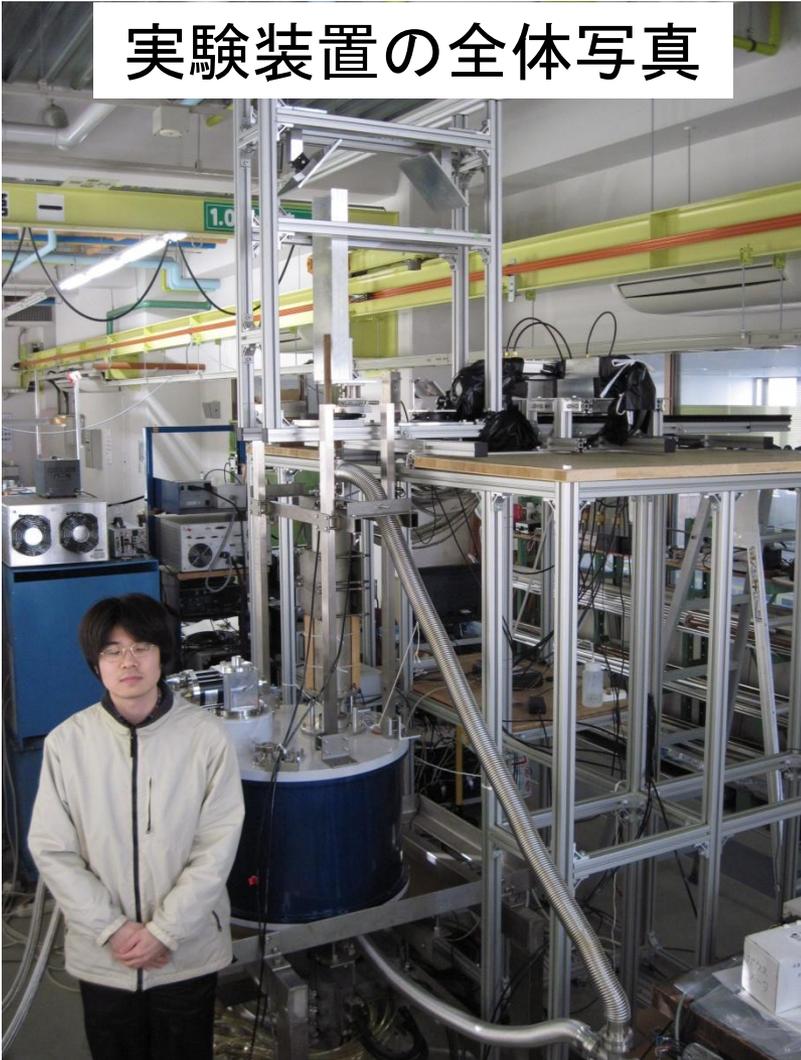


- LaBr_3 結晶を使用
- 高分解能 (FWHM4%@511keV)
- 速い (時定数16ns)
- Zもそこそこ (La:57, Br:35)

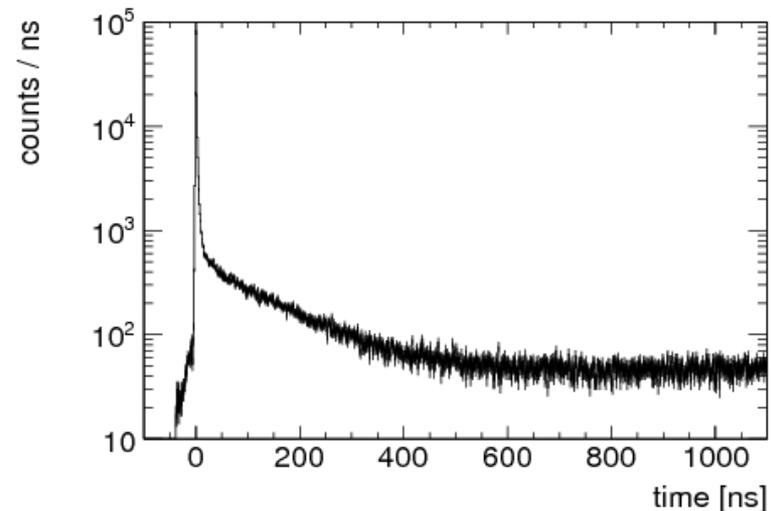
テスト実験

- 先週からテスト実験を開始、現在データ取得および解析中

実験装置の全体写真



- 混合ガス中でPsが生成されていることを確認



- 今後、サブテラヘルツ光を照射して1ヶ月程度の測定を行い、実際に遷移が起きることを確認する予定

まとめと今後の予定

- サブテラヘルツ波を用いてポジトロニウム超微細構造の直接測定実験を行っている
- 約10kW・200～207GHz程度の範囲で周波数可変な光源が必要
- 現在は1st stepとして、1ヶ月程度の測定で直接遷移を確認することを目的として実験を行っている
- Gyrotron、モードコンバータ、Fabry-Pérot共振器からなる光学系を開発し、目標とする蓄積パワーを達成
- 先週からテスト実験を開始。現在データ取得および解析中

- 周波数可変ジャイロトロンの開発をすすめている
- シグナルレートを増やすため、
 - ポジトロンビームを使った統計の強化
 - Pickoffをなくすため、真空中でポジトロニウムを遷移させるなどの方法を検討中