

22p6SF-6

タングステン単結晶を用いた 陽電子生成実験の シミュレーションによる解析



発表者:

笹原 和俊

東京都立大学大学院 理学研究科

研究組織



東京都立大学
理学研究科



KEK 加速器研究施設 (A)
KEK 素粒子原子核研究所 (B)



広島大学



トムスク工科大学

放射光科学研究センター (C) 原子核研究所 (D)

笹原和俊, 浜津良輔, 穴見昌三^A, 榎本收志^A, 古川和朗^A,
柿原和久^A, 紙谷琢哉^A, 小川雄二郎^A, 大沢哲^A, 大越隆夫^A,
諏訪田剛^A, 奥野英城^B, 梅森健成^C, 藤田貴弘^C, 吉田勝英^C,
V.Ababiy^D, A.P.Potylitsyn^D, I.E.Vnukov^D

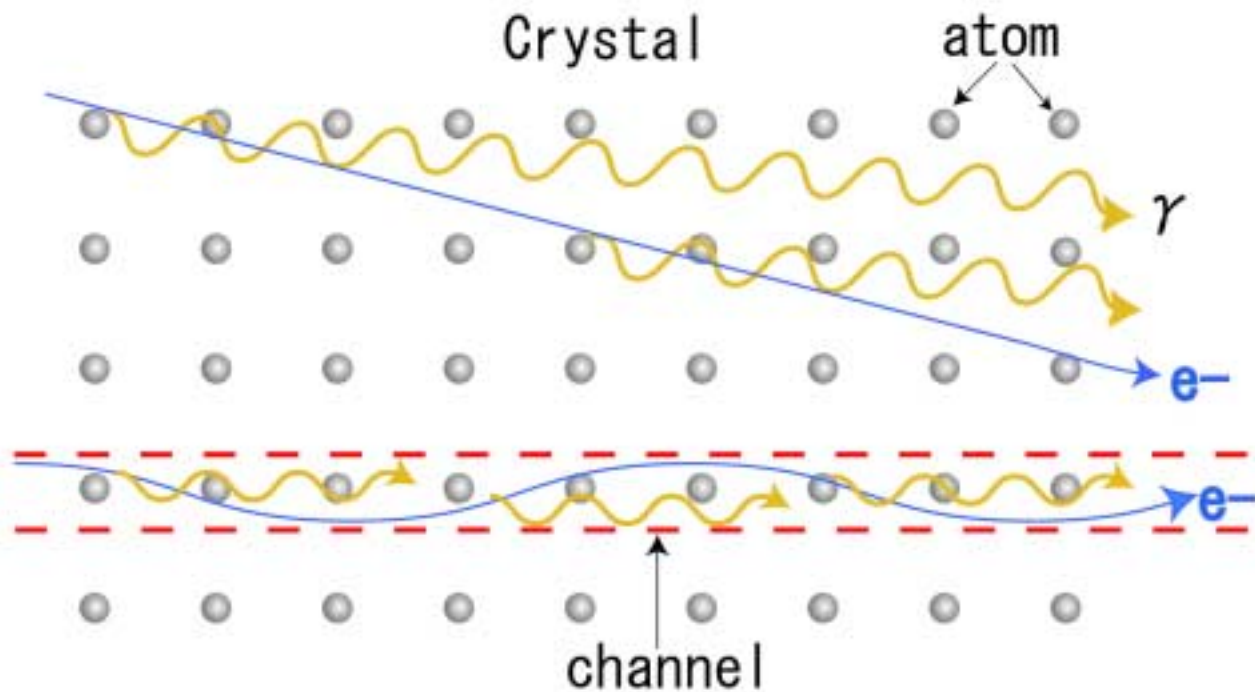
1. 研究目的

陽電子生成用標的としての**タングステン(W)**
単結晶の可能性を実験的に検証

- B-factory実験や**将来のLinear Collider**には高強度の陽電子が必要
- 系統的な測定
 - ▶ **陽電子生成率**
 - ▶ 陽電子イールドの...
入射電子エネルギー依存、運動量依存、標的厚さ依存
 - ▶ 非結晶標的との比較 etc.

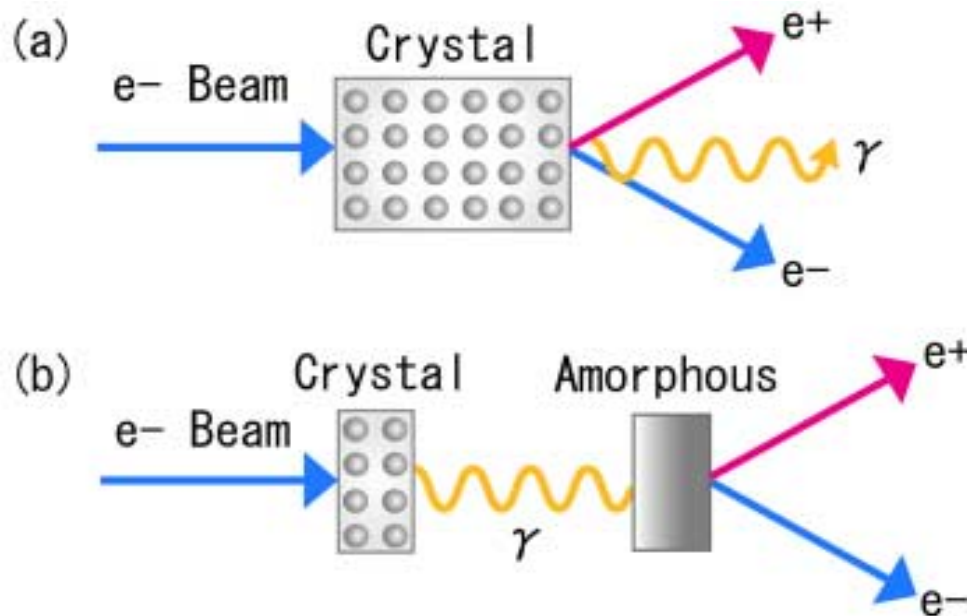
2. 原理 (Chehab et al.;1989)

高エネルギー電子が結晶に入射するときにかかる
コヒーレント制動放射 や チャネリング放射



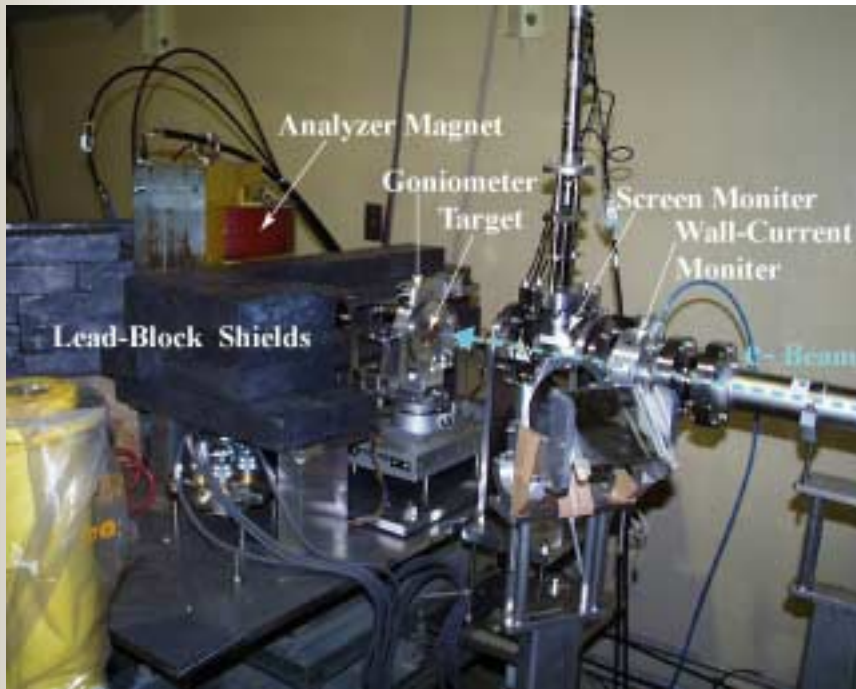
3. 方法

- (a) 1つの結晶内で放射と対生成
- (b) 結晶で放射を起こし、後方の非結晶で対生成



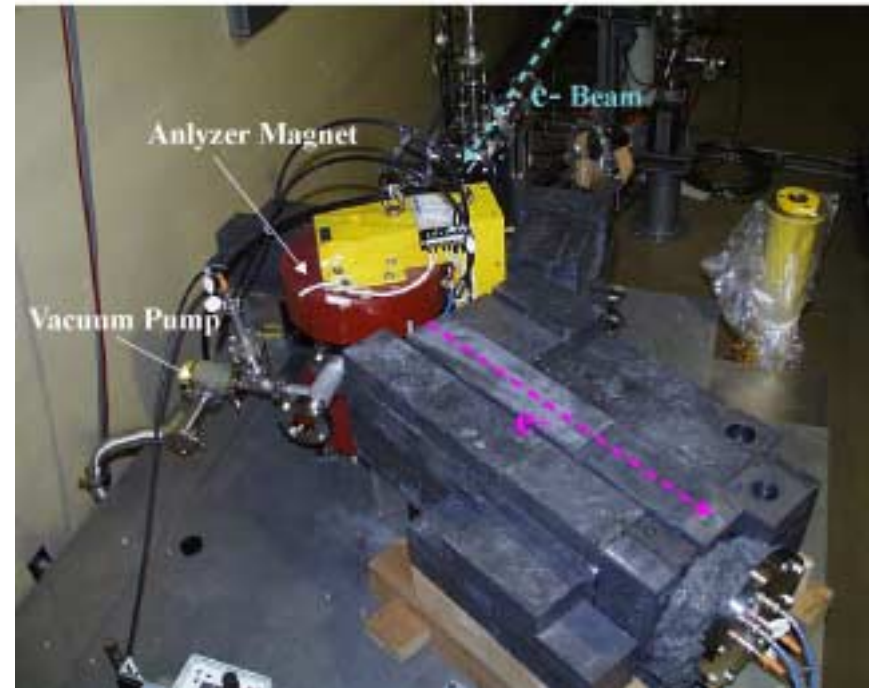
cf. 通常は非結晶の重金属標的を用い、電磁カスケードシャワー中の陽電子を利用

4. KEK-B Linacでの実験

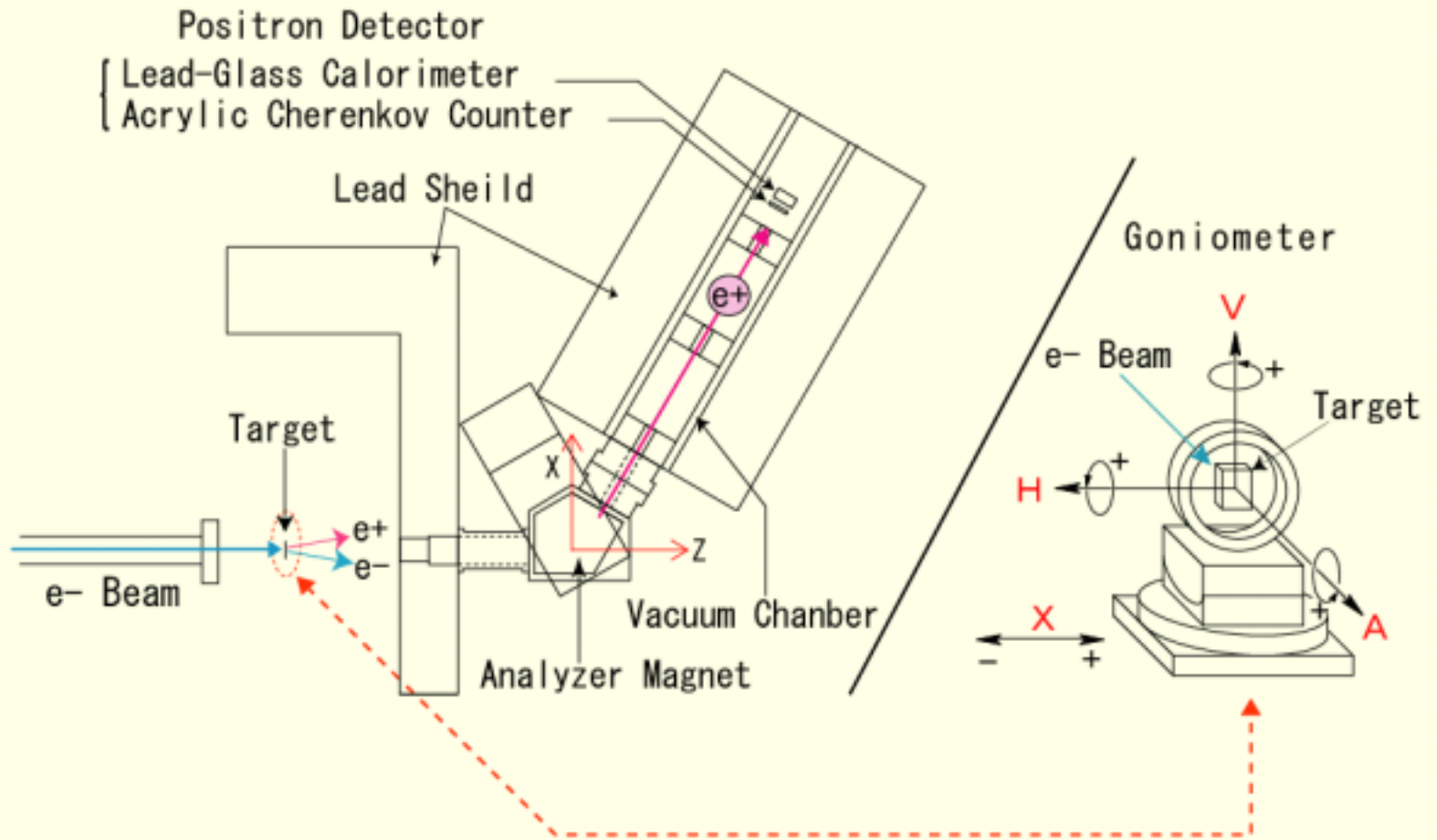


セットアップ前方

セットアップ後方



(1) セットアップと実験概略



(2) 実験条件

➤ 入射電子ビーム

| | |
|---------|--|
| エネルギー: | 8 GeV |
| 強度: | 0.2 nC/bunch ($\sim 10^9 e^-$) |
| 繰返し: | 2 Hz |
| バンチ幅: | 10 ps |
| ビームサイズ: | 1.5 mm ϕ |
| ビーム拡散: | 15 μ rad (垂直方向) 72 μ rad (水平方向) |

➤ 陽電子生成用標的

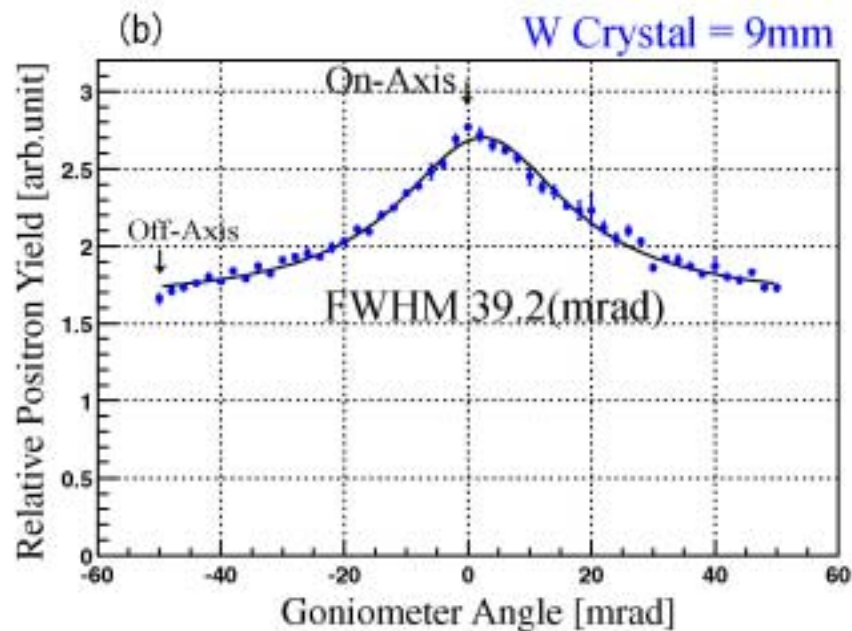
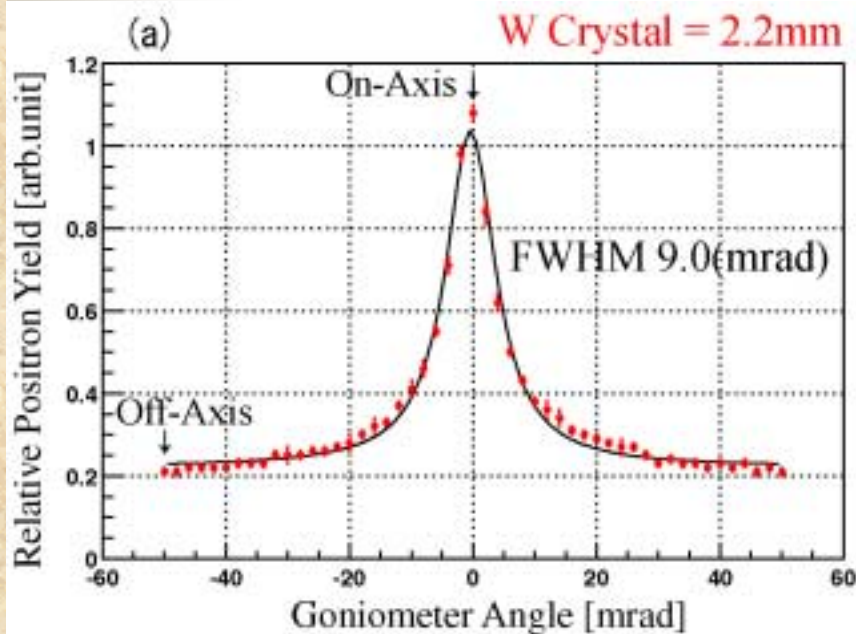
W単結晶: $\langle 111 \rangle$ 軸

2.2 mm (Mosaicity: 1.5 mrad) & 9 mm (Mosaicity: 0.5 mrad)

W非結晶: 0~18 mm (3mm毎)

(3) 実験結果 ～ロッキングカーブ

条件: W単結晶 (2.2, 9mm), $P_{e^+}=20\text{MeV}/c$



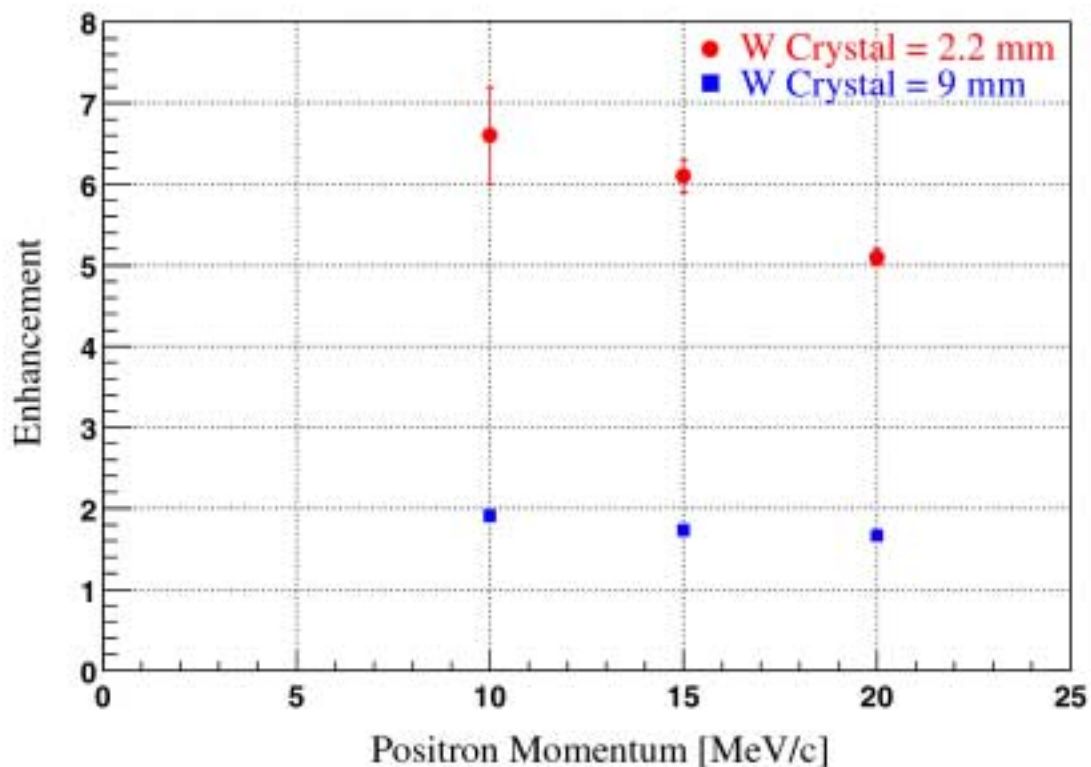
cf. Lindhart角: ~ 0.4 mrad

多重散乱角: ~ 1.3 mrad@2.2mm, ~ 2.8 mrad@9mm

(3') 実験結果 ～エンハンスメント

定義:

タングステン単結晶 $\langle 111 \rangle$ 軸がビーム軸と一致する場合と
50mradずれた場合の陽電子生成率の比



5. シミュレーション

(1) 実際のセットアップを取り入れたGEANT3

▶ 検出系のアクセプタンス

▶ 非結晶標的厚さ依存

→ 実験の追試、陽電子生成率の見積もり

(2) コヒーレント制動放射

ロッキングカーブを再現

→ 実験データと形、ピークの角度幅を比較

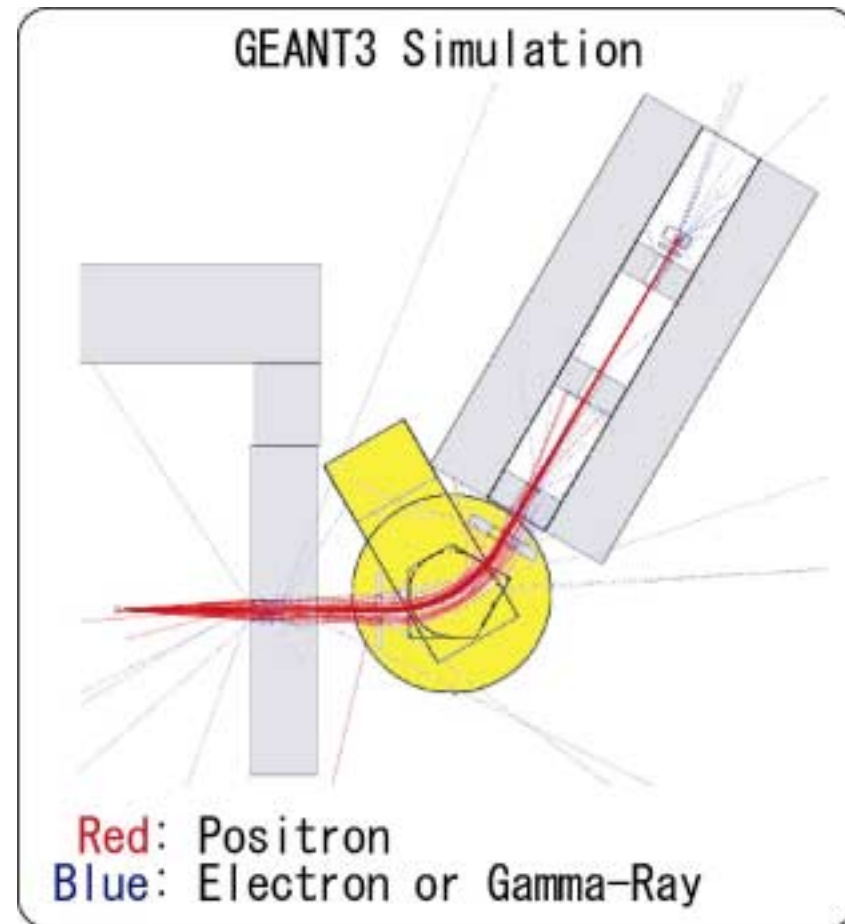
(1) GEANT3 ～アクセプタンスと陽電子生成率

- アクセプタンス
標的の位置から陽電子を
一様分布で発生させて、

$$\left(\begin{array}{l} 0 \leq \theta \leq 0.08, \quad 0 \leq \phi \leq 2\pi, \\ 0.8 P_0 \leq P_{e^+} \leq 1.2 P_0 \end{array} \right)$$

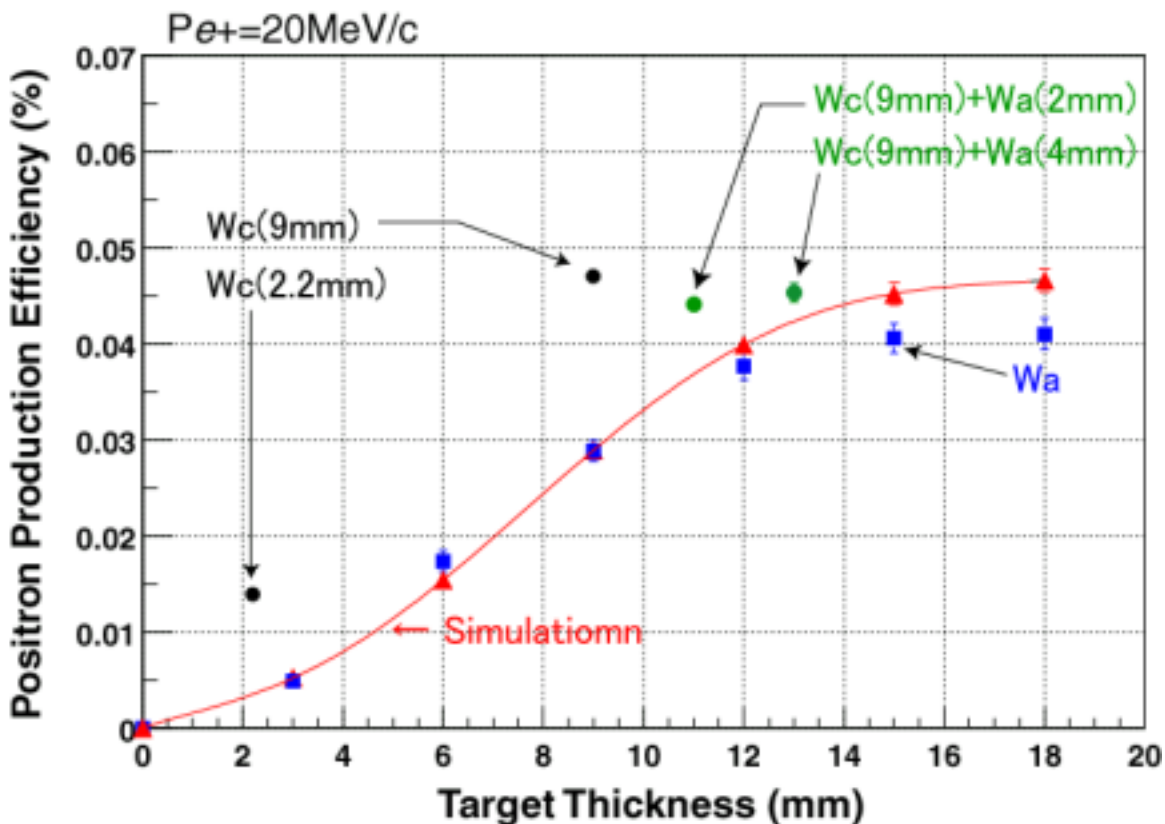
スペクトロメーターを通過したものを検出

| 陽電子の運動量 P_0 [MeV/c] | アクセプタンス $\times 10^{-4}$ [MeV/c·Sterad.] |
|--------------------------|---|
| 10 | 2.47 ± 0.07 |
| 15 | 3.80 ± 0.10 |
| 20 | 4.81 ± 0.12 |



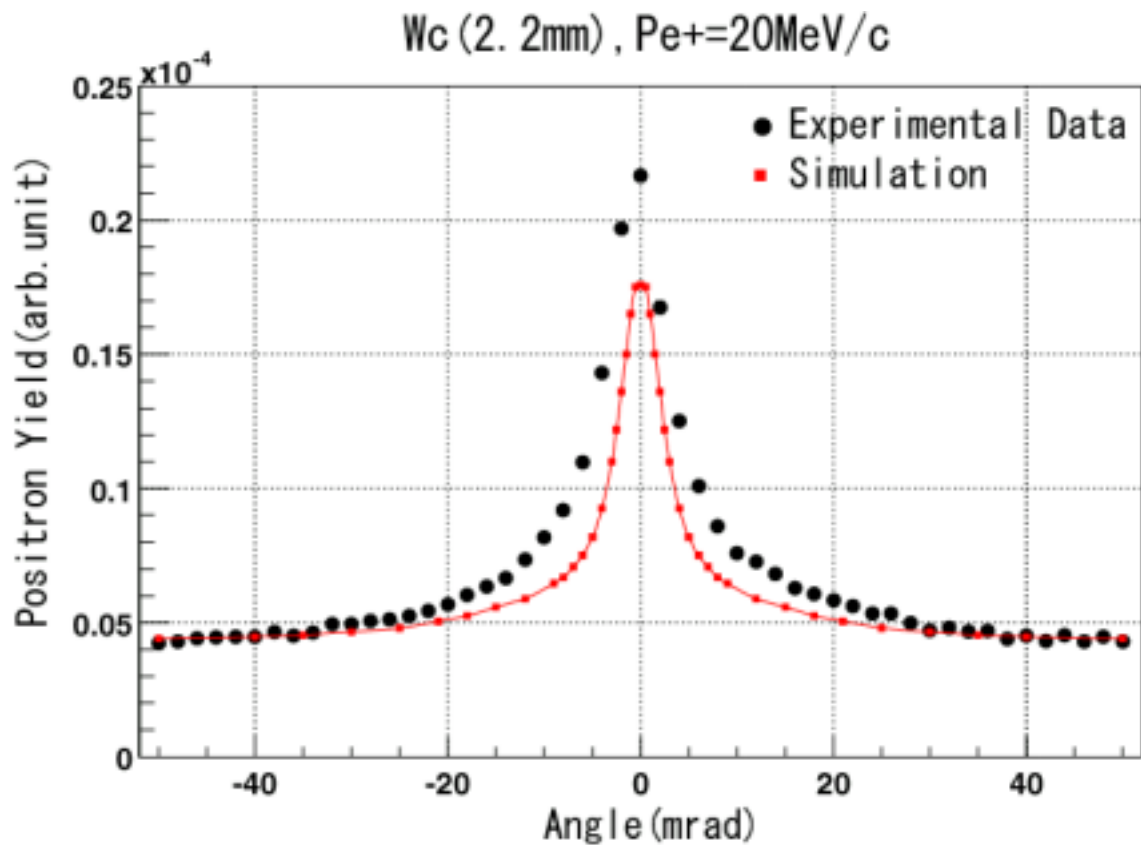
■ 陽電子生成率

「非結晶標的に8-GeVの電子ビームを照射するGEANT3」と実験データとの比較による陽電子生成率の見積もり

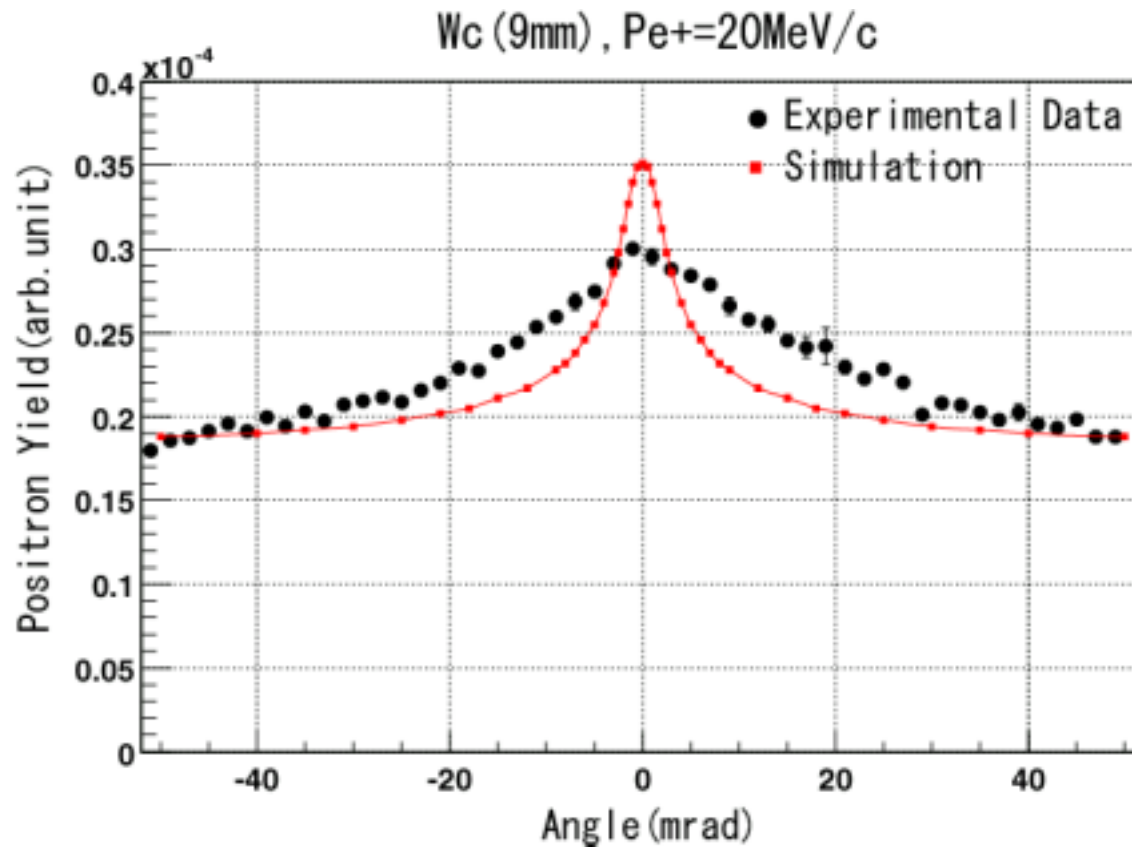


(2) コヒーレント制動放射のシミュレーション

- 薄い標的: W単結晶(2.2mm)



- 厚い標的: W単結晶(9mm)



6. まとめ

(1) 実験について

■ 陽電子イールド

薄い(2.2mm) W単結晶 < 厚い(9mm) W単結晶

■ エンハンスメント

・代表的な値として、 $P_{e^+} = 20 \text{ MeV}/c$ において、

W単結晶: 2.2mm ~ 5.1倍, 9mm ~ 1.7倍

・運動量が低いほどエンハンスメントは大きい...①

■ ロッキングカーブのピークの角度幅

薄い(2.2mm) W単結晶 ≪ 厚い(9mm) W単結晶 ...②

- ①, ②は実用面で有利!

(2) シミュレーション

- ◆ 非結晶標的の厚さ依存

実験データをほぼ再現 → 測定の妥当性

- ◆ 検出系のアクセプタンス、陽電子生成率の見積り

W単結晶は非結晶よりも薄いところに陽電子生成率のピークをもつ

※ 以上は、EGS4でも同様の結果が得られている

- ◆ ロッキングカーブの形、ピークの角度幅

- ・ W単結晶が厚いときは特に再現が困難
- ・ シャワーの取り入れ方など再考察が必要

7. 今後の課題

➤ 正確な測定

- ・陽電子イールドの絶対値

- ・陽電子イールドの依存性

入射電子エネルギー、運動量、標的厚

- ・結晶標的の最適長

- ・**結晶**のOff-Axisと**非結晶**が同じ陽電子イールドを与えるか？

➤ 系統的な実験⇔シミュレーション

シミュレーションに生かせる実験データ

実験に生かせるシミュレーション

} 相補的に