

Geant4
シミュレーションによる
PRISM計画
pion捕獲系の検討

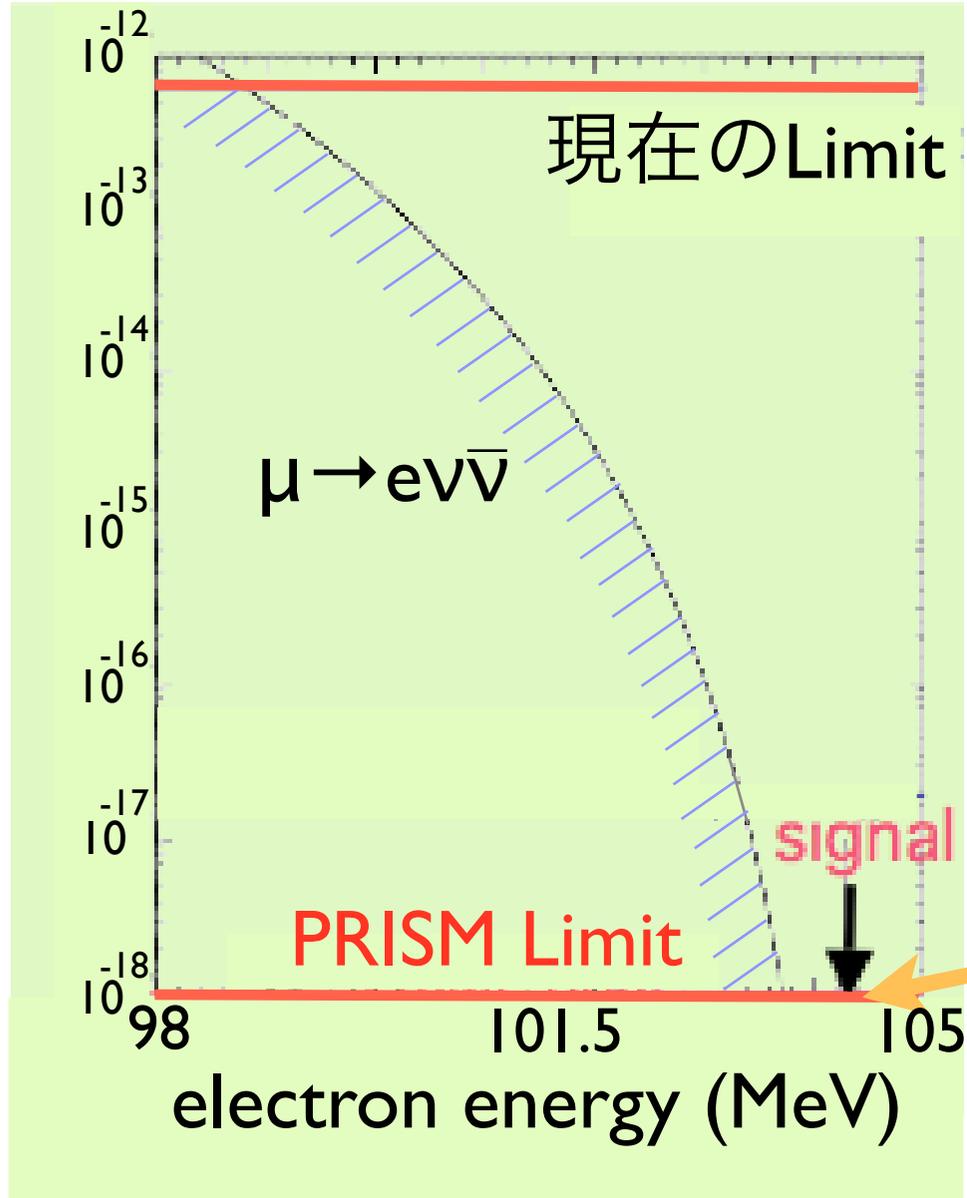
2005/12/19
久野研究室
M1
高柳泰介

Content

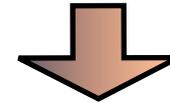
- **PRISM計画**
- **動機**
- **シミュレーションコード**
- **実験データとの比較**
- **ハドロンコードのチューン**
- **捕獲系の最適化をするために**

LFV探索 PRISM計画

崩壊比



- SUSYの予言
- $\sim 10^{(-16)}$ の分岐比で
 $\mu N \rightarrow e N$



- 実験に対する要求
- High Intensityな
ミュオンビーム

M μ -Me分の運動
エネルギー

動機

- PRISMにとってHigh Intensity なミュオンビームを作ることは極めて重要
- Pionの捕獲・輸送の時点でミュオンビームのIntensityはほぼ決まる
- 捕獲・輸送系の検討は現段階ではシミュレーションによって行われている

正しい物理シミュレーション(特にPion生成・捕獲・輸送)がPRISMを成功に導く

結果

- **Hadron**物理の切り替えポイントを**25GeV**から**5GeV**にすることで、**Geant4**を実験値とフィットするようにした
- **PRISM**に関しては、特に**100MeV**以下の**Pion**生成が正しくシミュレートされていない

PRISM レイアウト

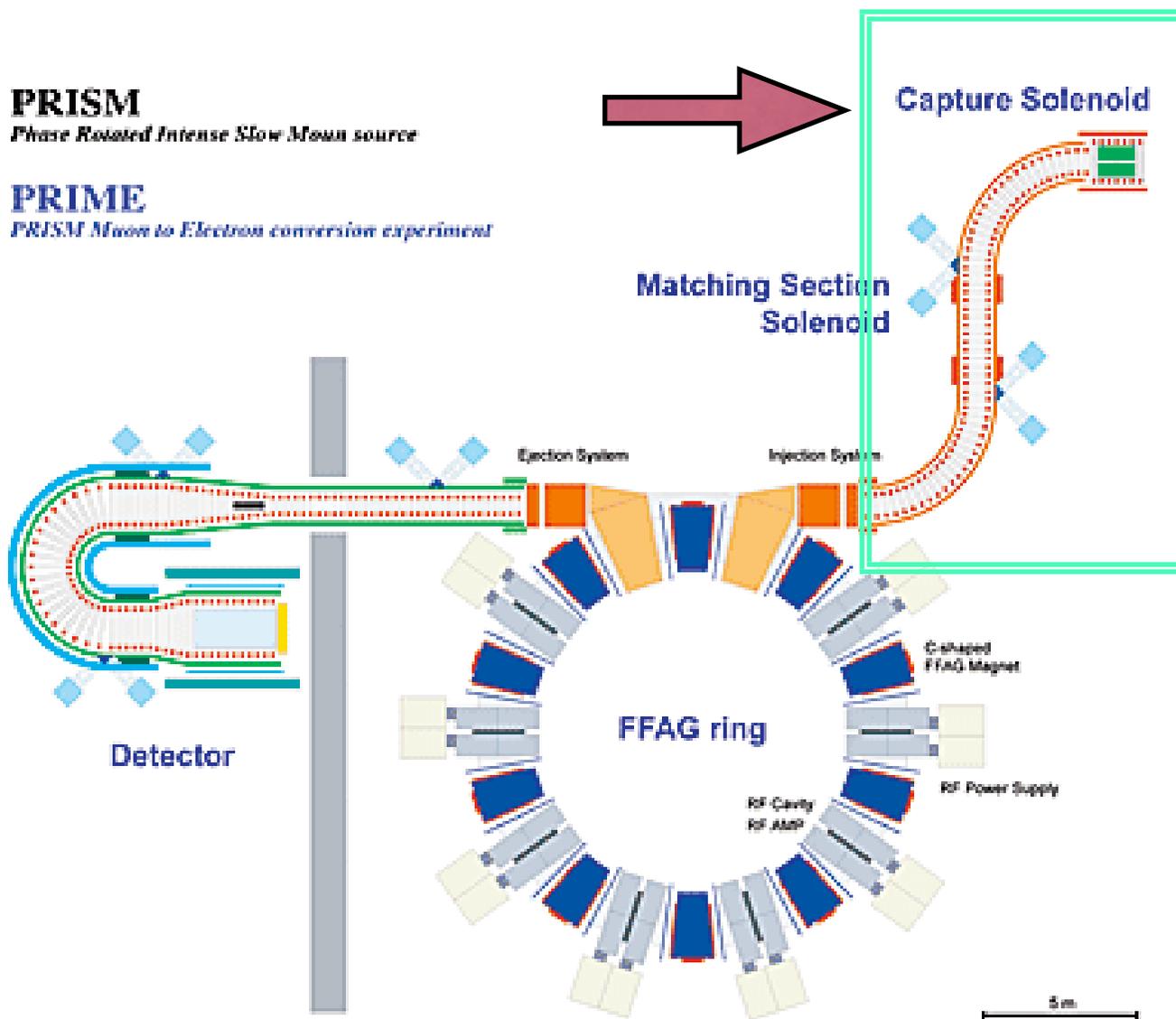
今回シミュレートした部分

PRISM

Phase Rotated Intense Slow Muon source

PRIME

PRISM Muon to Electron conversion experiment



Geant4シミュレーション

- C++によるGEANT3の再構築
 - Hadron Interaction
 - **QGSP** Quark Gluon String with Precompoundなど
- **QGSP**
 - Quark Gluon Stringモデルを用いる
 - 反応断面積を準アイコンール近似で計算

QGSPパッケージ

- 25 GeVでモードの切り替えがある

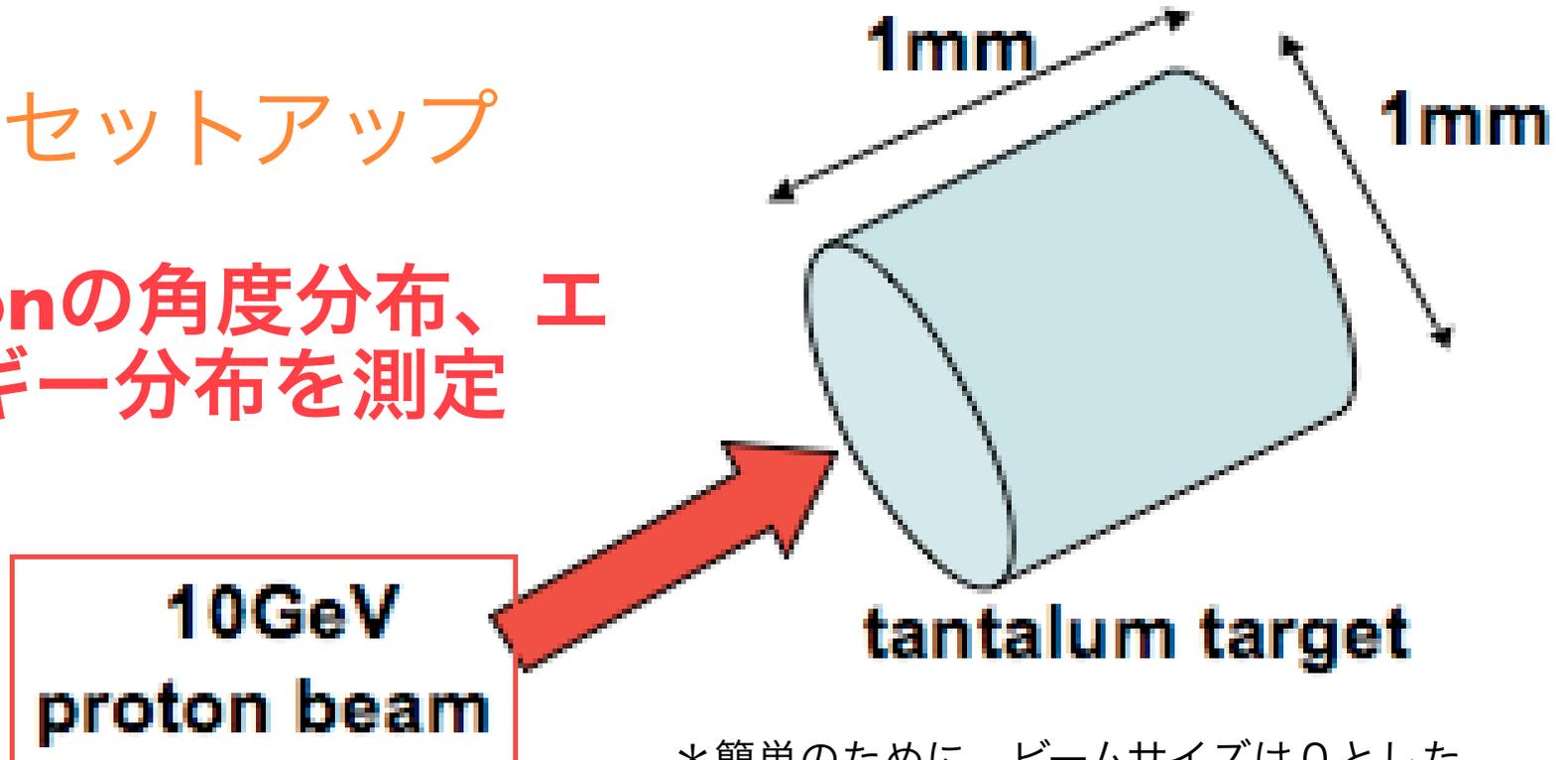
	3MeV以下	3~25GeV	25GeV以上
LHEP	GHEISHA inherited from GEANT3		
LHEP-BERT	Bertini cascade	切り替え ↓	
LHEP-BIC	Binary cascade		
QGSP (default)			Quark-gluon string model
QGSP-BERT			
QGSP-BIC			
QGSC			+ chiral invariance

実験データとの比較

- ターゲットでのPion生成シミュレーション正確性は？
- 標準QGSPを用いた、実験データとシミュレーションの比較を行った

実験のセットアップ

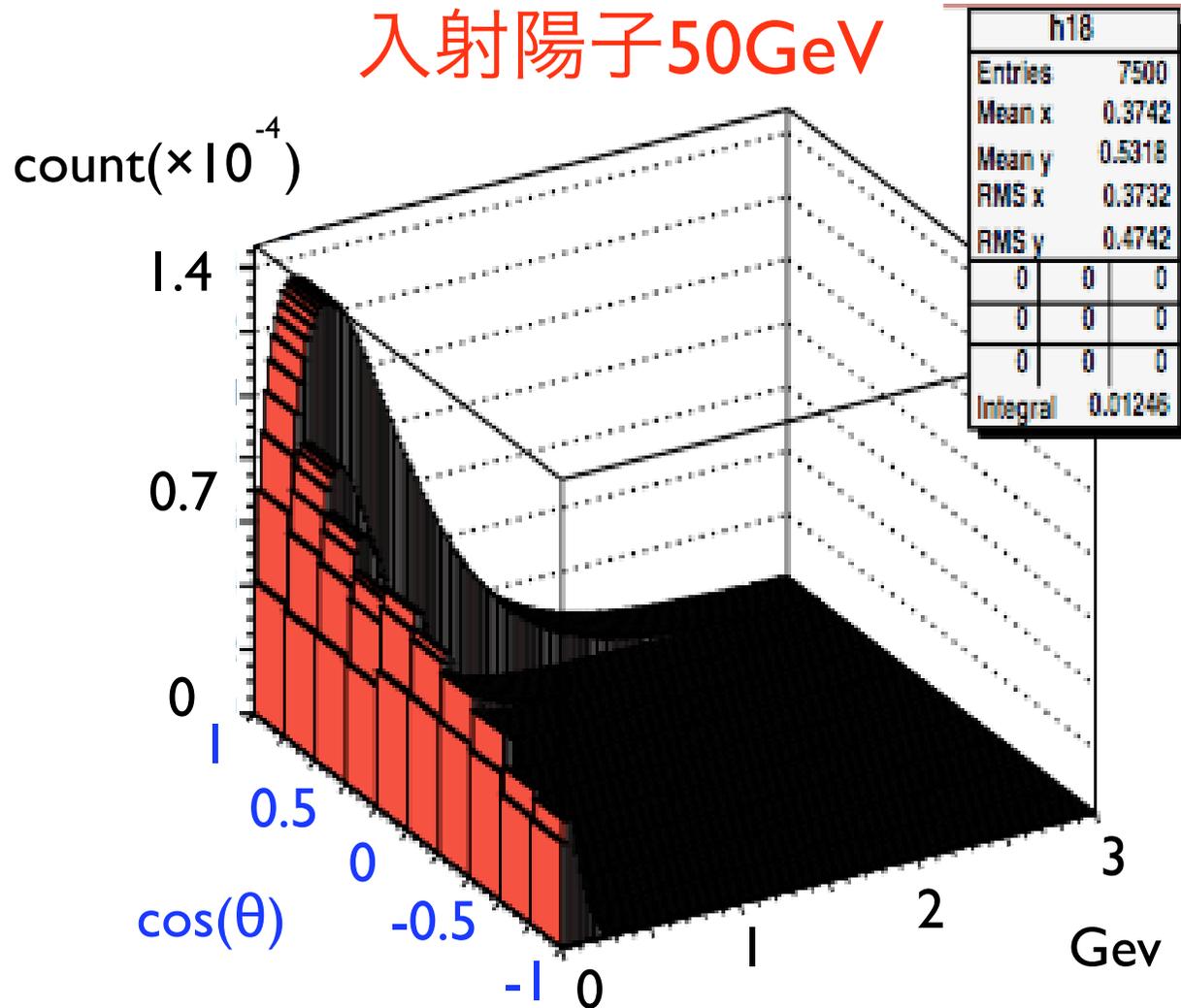
生成Pionの角度分布、エネルギー分布を測定



*簡単のために、ビームサイズは0とした

比較した実験データ

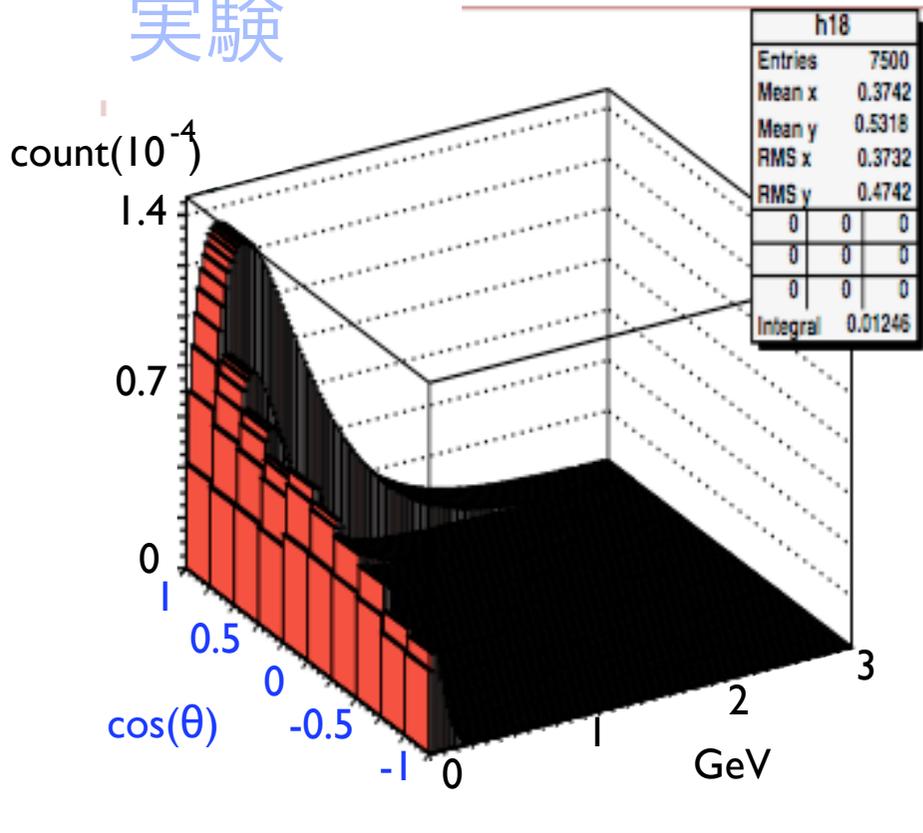
- ロシアJINRで行われた実験のデータを使用
- 生成Pionの角度分布と運動エネルギー分布



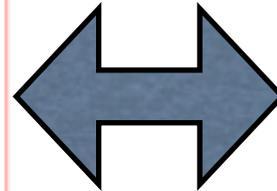
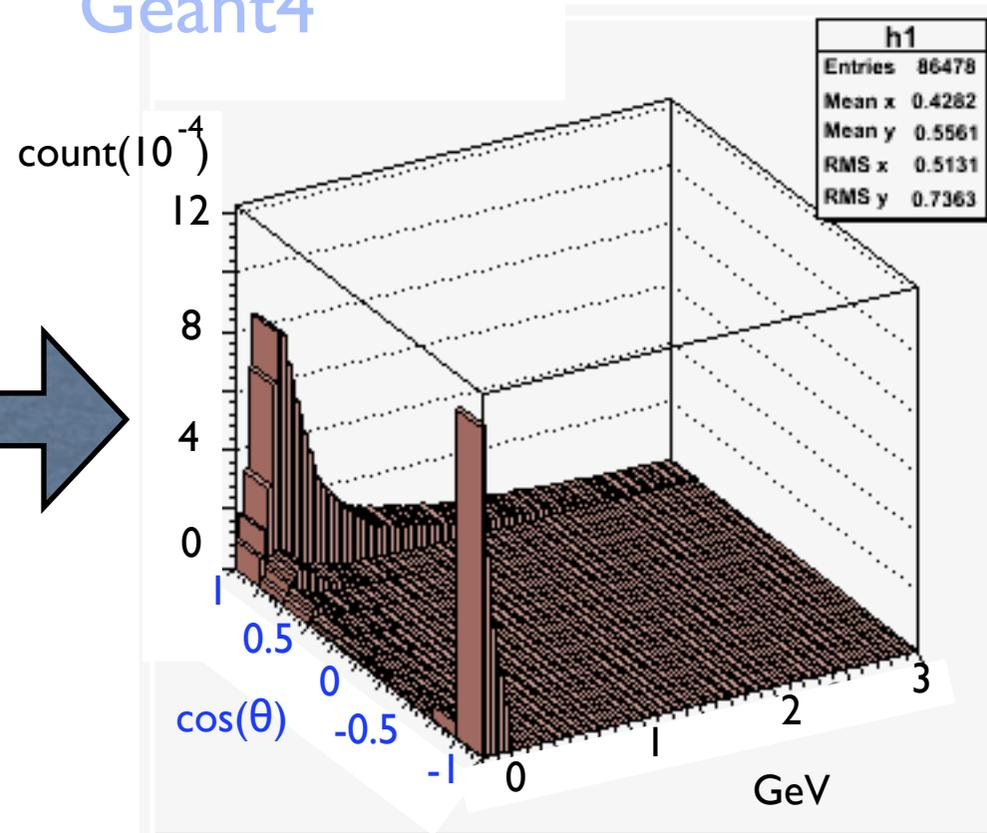
MECO tech.note 122
より

実験データとの比較

実験



Geant4



- Geant4のPion分布は明らかにおかしい
- Hadronコードのチューンが必要

Hadoron codeのチューン

- QGSPパッケージをチューン
 - reference :: MECO tech.note 122

方法

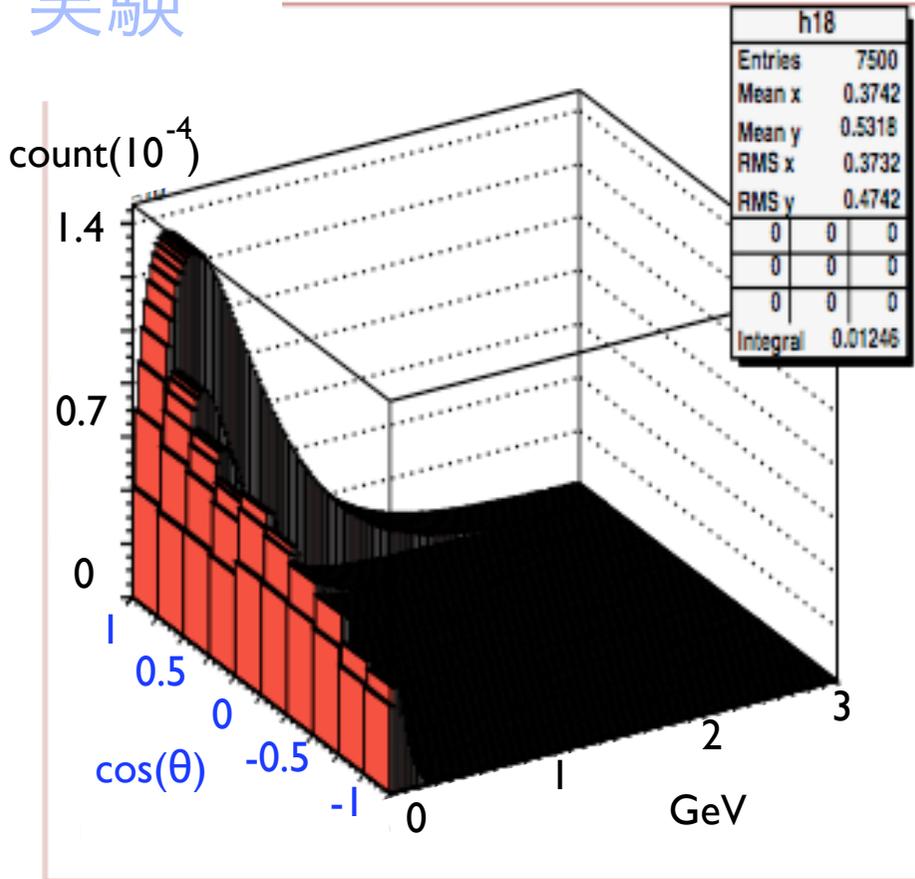
Quark Gluon String Model 領域 $> 5\text{GeV}$

LEP (GHEISHA) Model 領域 $< 5.1\text{GeV}$

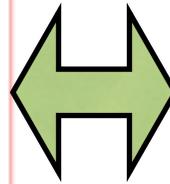
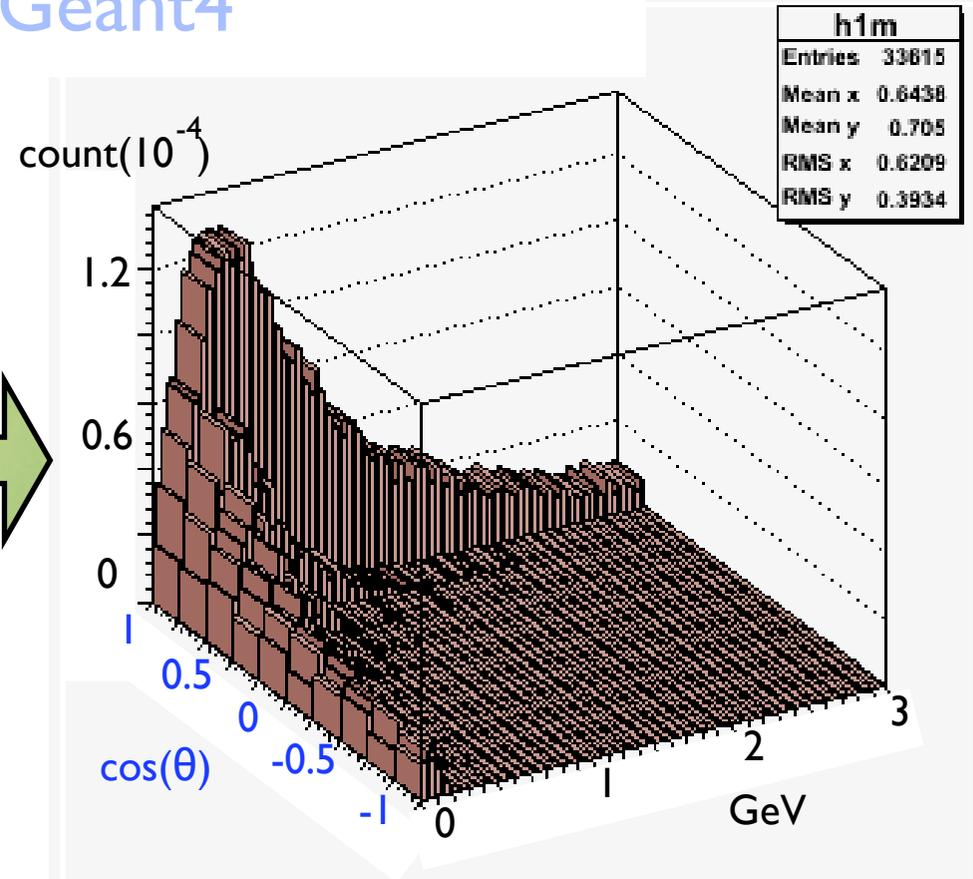
に変更

チューンの結果

実験



Geant4

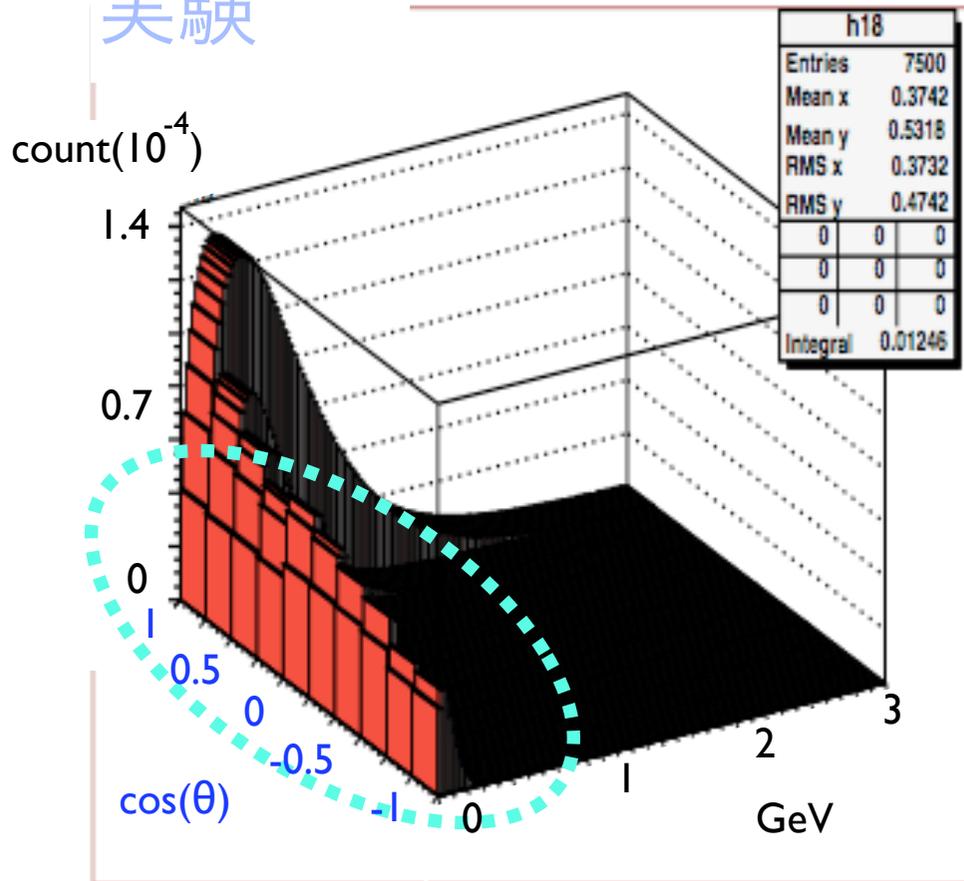


spectrum changed

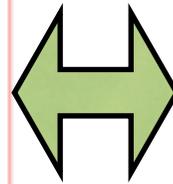
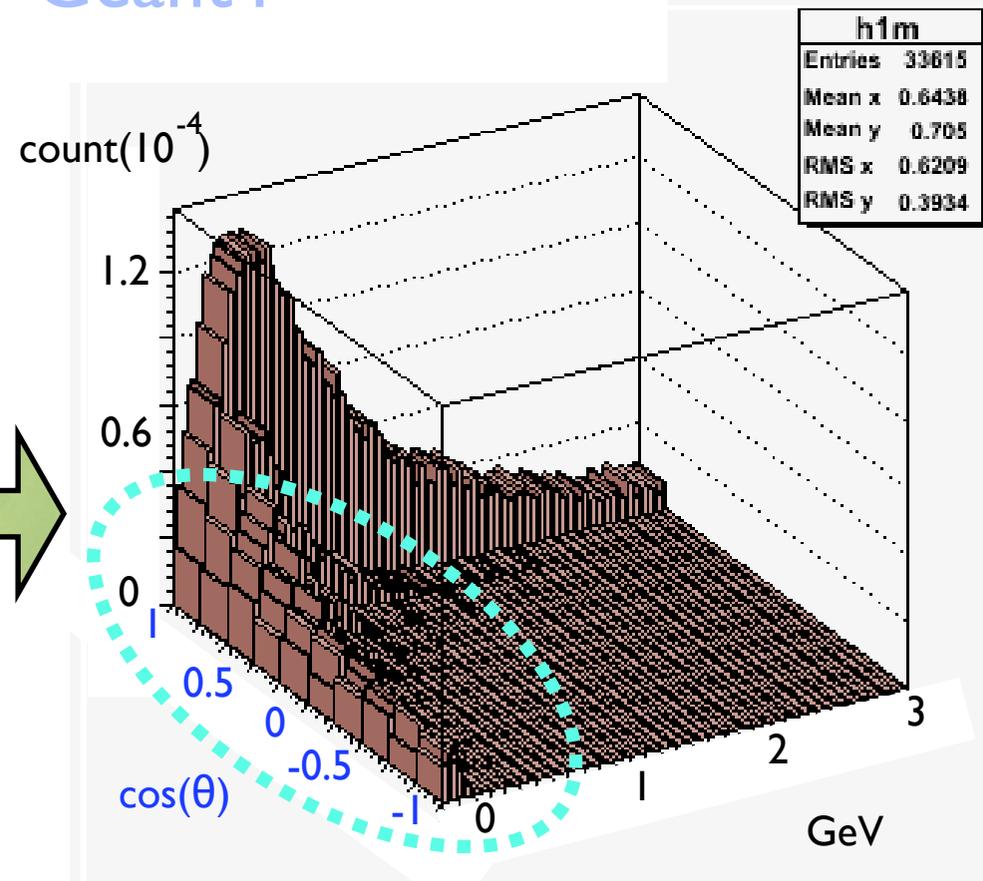
- 一見すると良くあっているように見える
- とくにピークの生成量がよくあっている

より詳しく比較

実験



Geant4



- Low EnergyでのPion生成量は大きく異なっている
- MECOでは 0-60 MeV Pion生成量に3倍のファクターをかけて対処

QGSPチューンの結果から

- **Geant4-QGSP Hadron**コードのチューンに対するアプローチ方法が理解された

残る問題

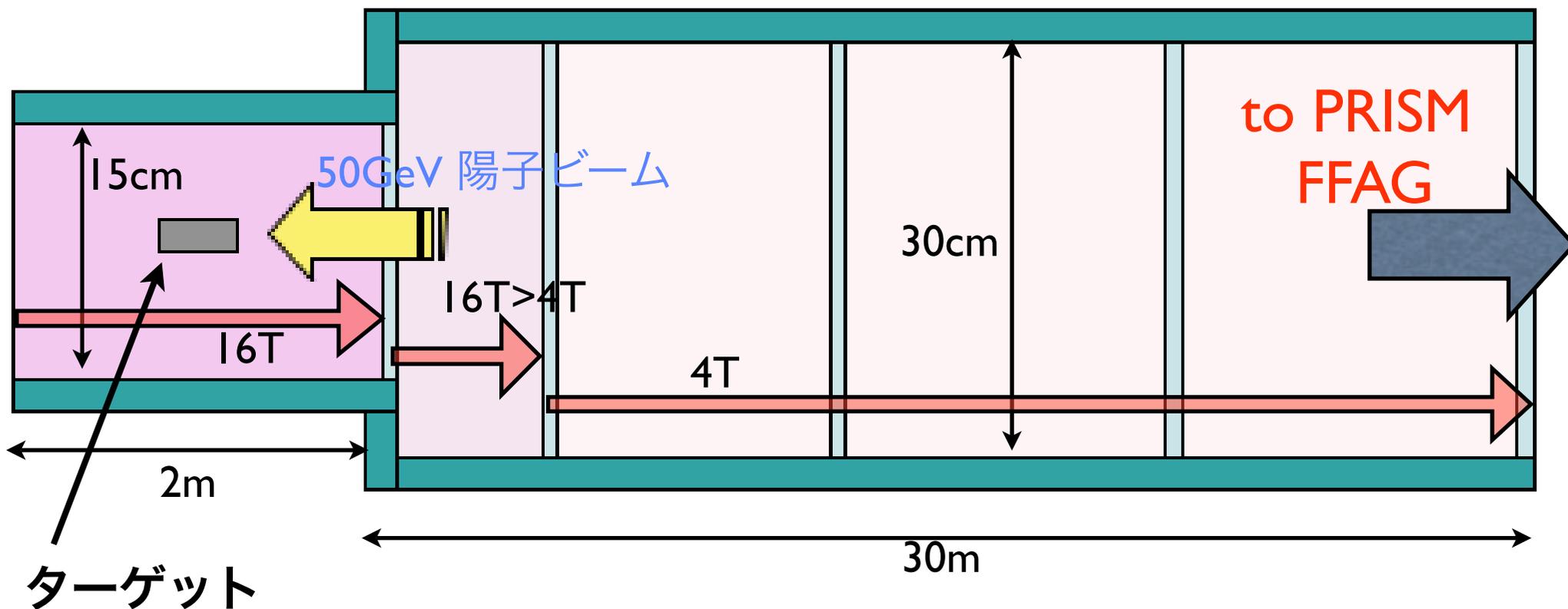
- **陽子ビームのエネルギーが違う**
 - PRISM 50GeV MECO 10GeV さらには、材質も違う
- **使用するPionのエネルギーが違う**
 - MECO ~60MeV PRISM ~? MeV

次のステップ

- 高いエネルギーでのPion生成実験のデータとの比較 現在、最適文献を模索中
- PRISMにアクセプトされるMuon
 - その親Pionの生成時の運動エネルギー・角度分布は？
 - 簡単なセットアップで見積もった
 - 捕獲ソレノイド、マッチングソレノイド、輸送ソレノイド

Pion 捕獲・輸送 シミュレーション

セットアップ

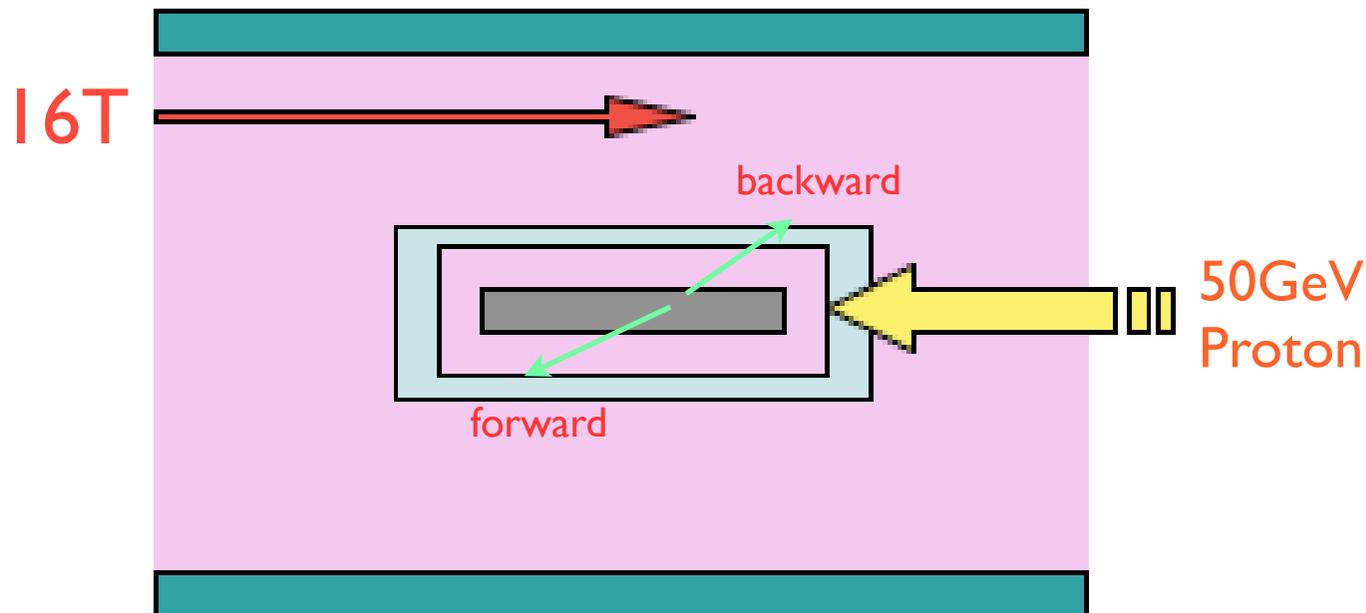


*ビームサイズは0

*ビームは輸送方向の真後ろから照射

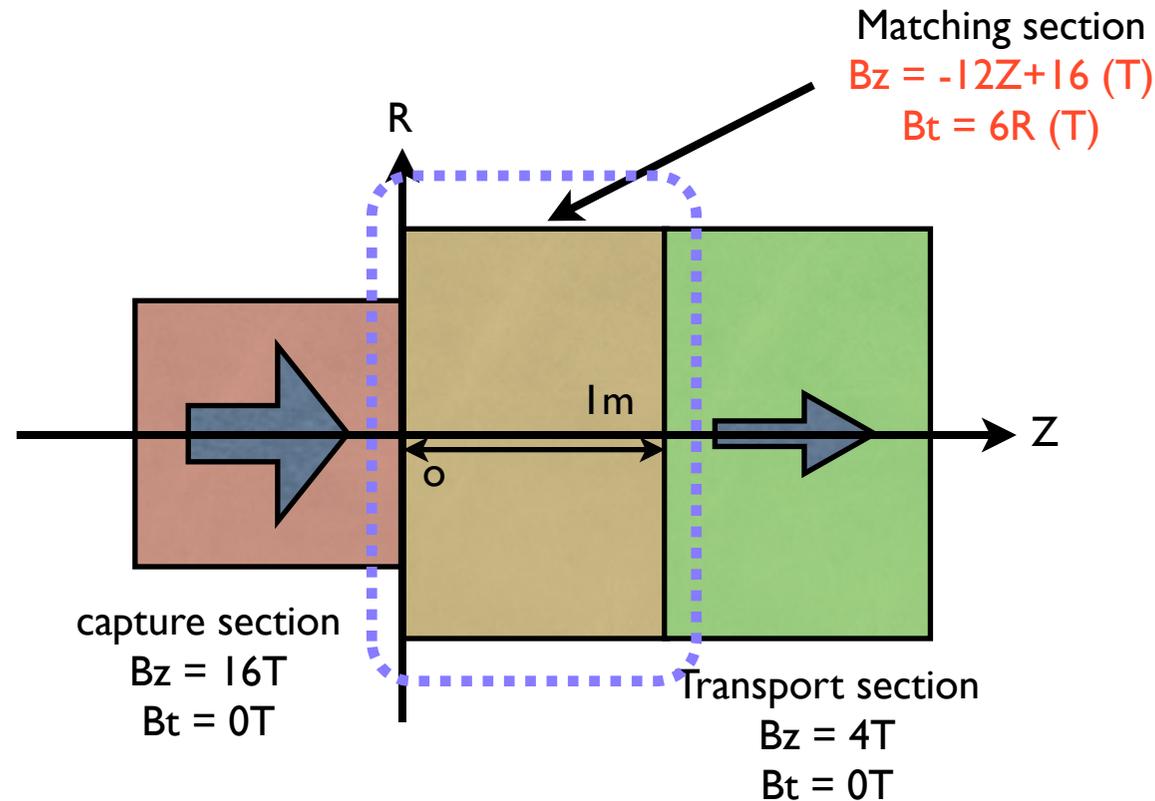
捕獲ソレノイド

- 磁場 16T
- 標的 タングステン
 - $R = 0.5\text{cm}$, $L = 9.6 \times 3\text{cm}$
 - 9.6cmはタングステンの平均反応長



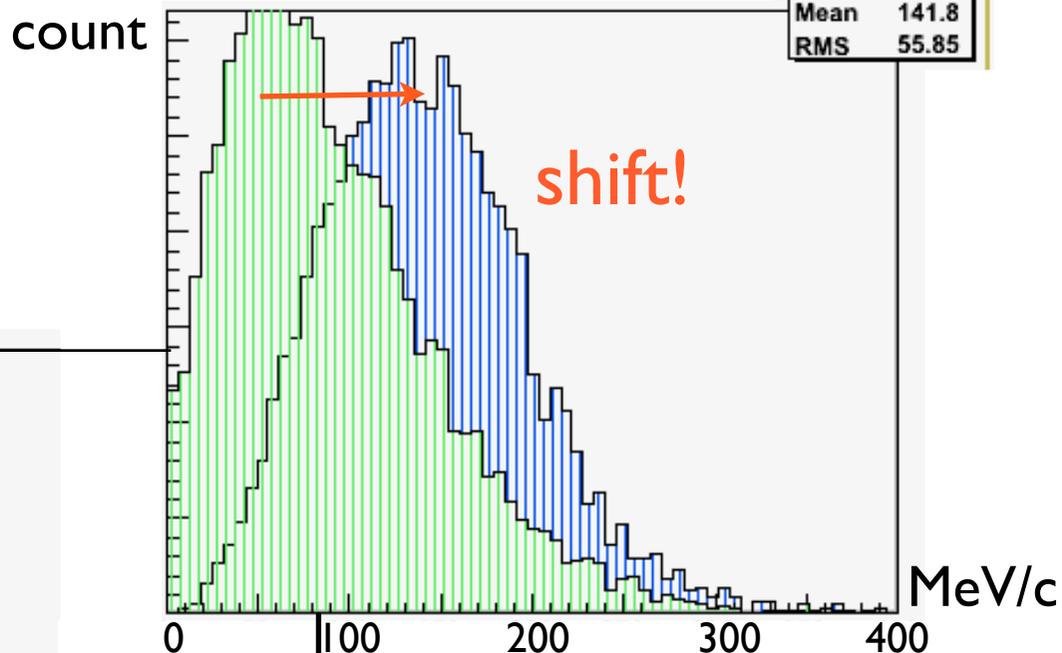
マッチングソレノイド

- 捕獲粒子の断熱輸送
- 徐々に磁場の弱くなるセクションで横方向運動量を縦方向運動量にシフト

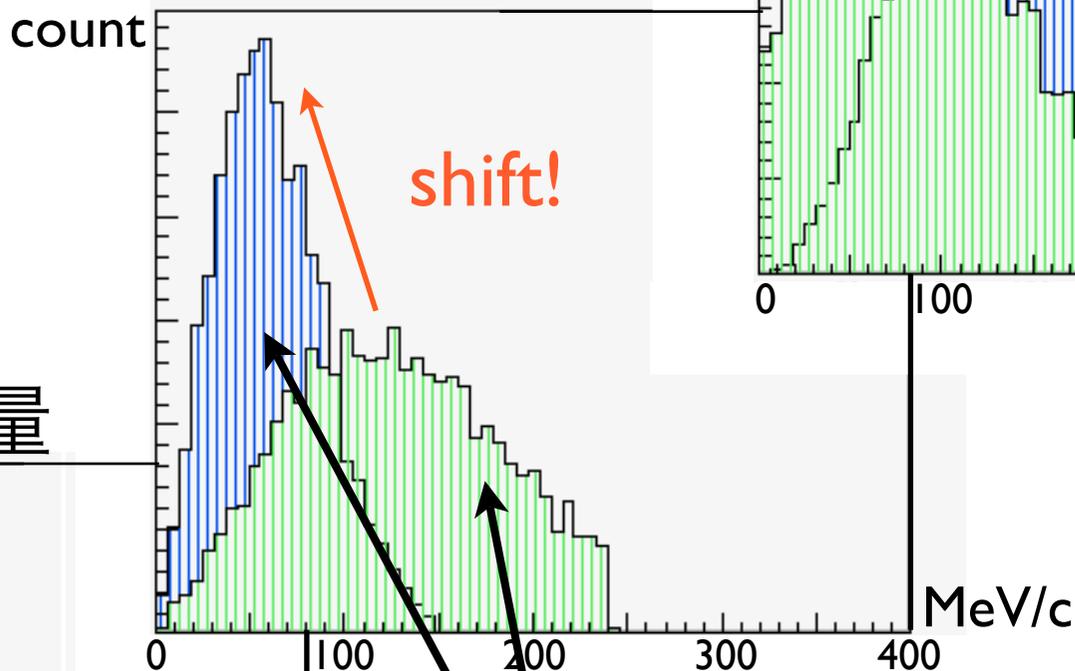


マッチングソレノイドの効果

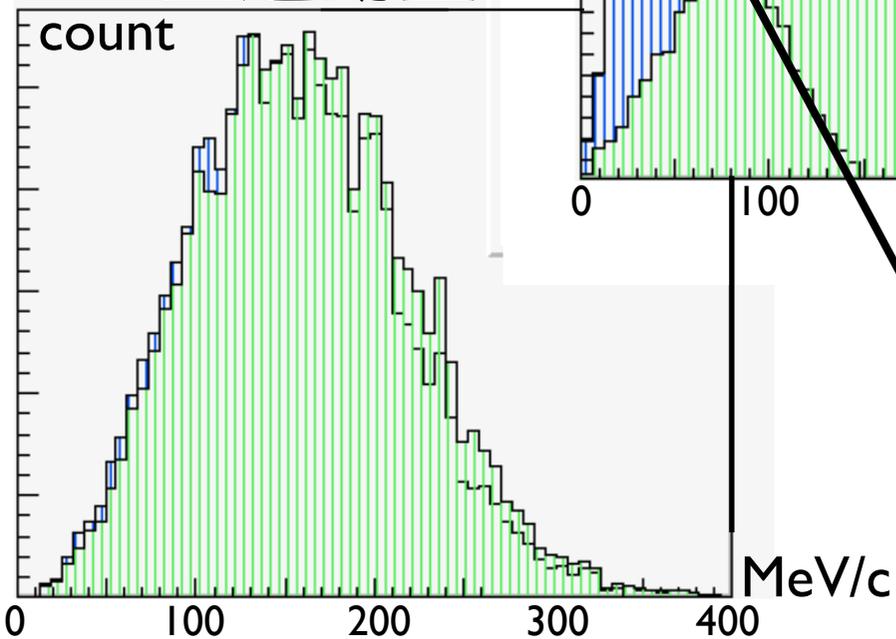
縦運動量



横運動量



全運動量



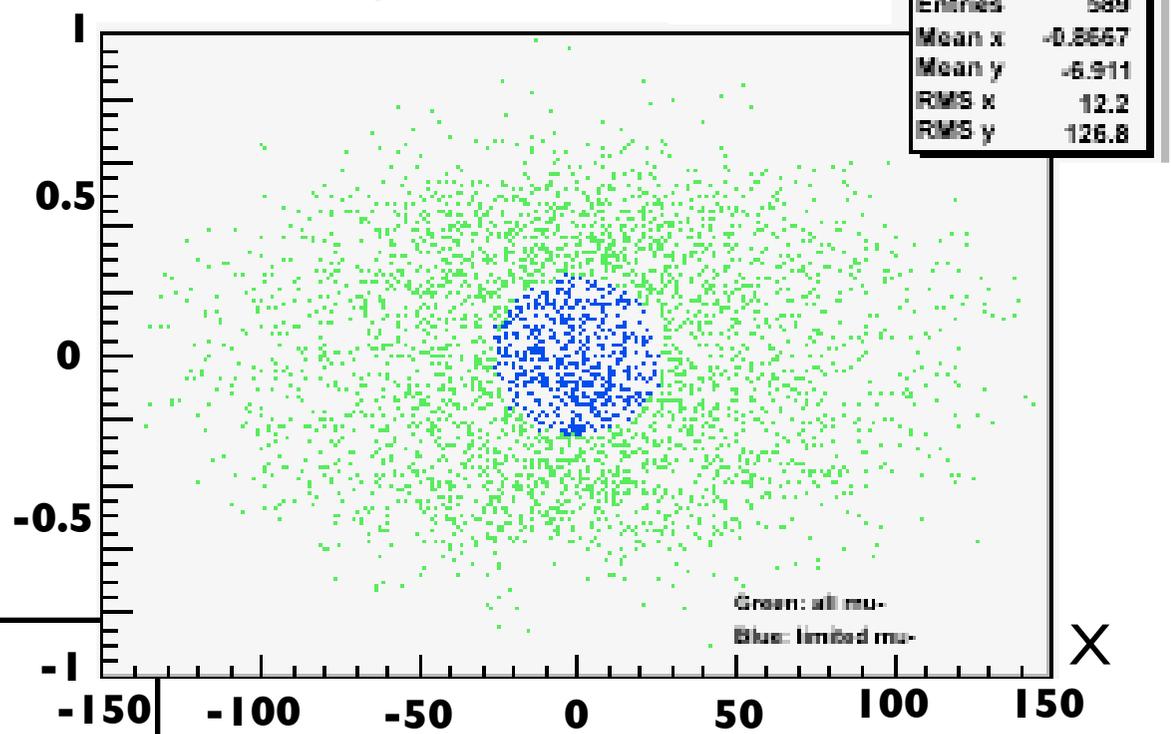
● 緑 断熱輸送前
● 青 断熱輸送後

● 横方向運動量が縦方向にシフトしているのがわかる

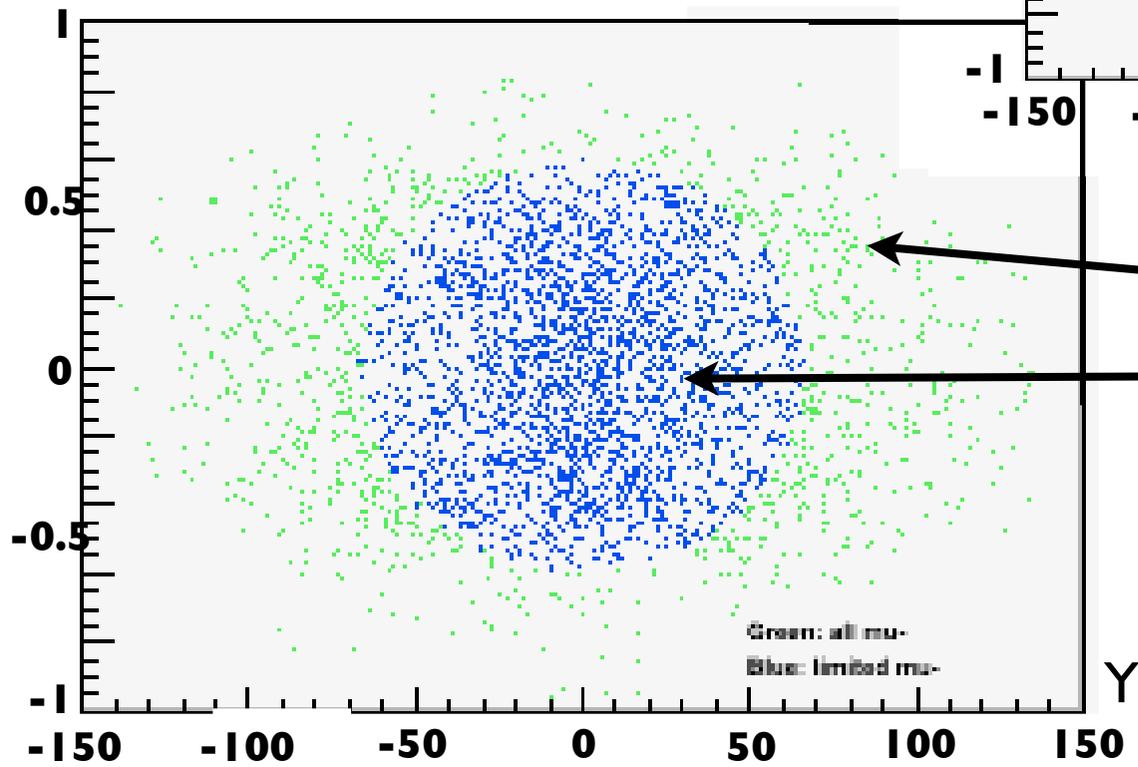
Accepted Muon

after 20(m) transported

Vertical acceptance
 $Y' = \tan^{-1}(p_y/p_z)[rad]$



Horizontal acceptance
 $X' = \tan^{-1}(p_x/p_z)[rad]$

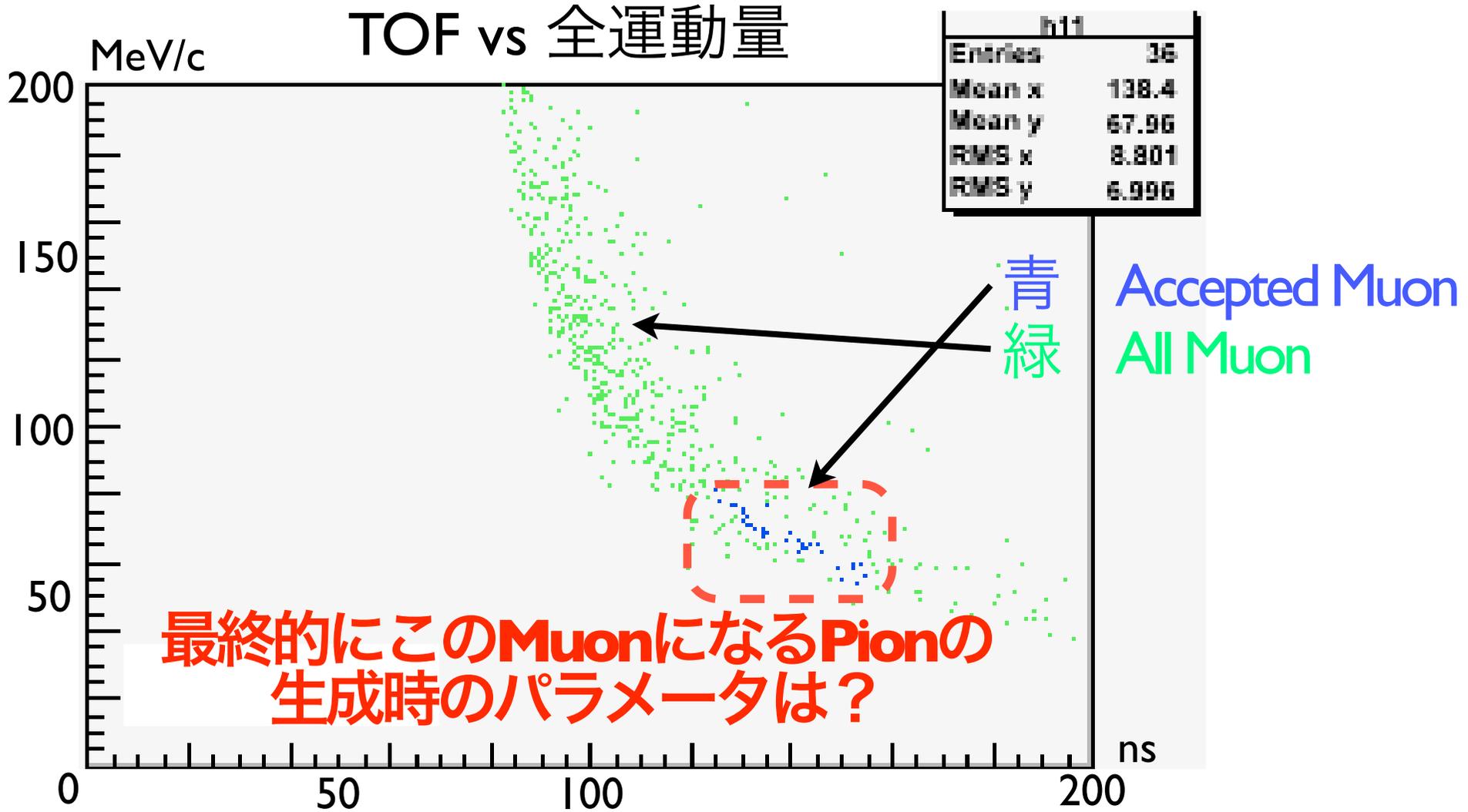


緑 all muon
青 Accepted muon

Accepted muon

after 20(m) transported

すべての条件を満たし、PRISMにAcceptされるMuon

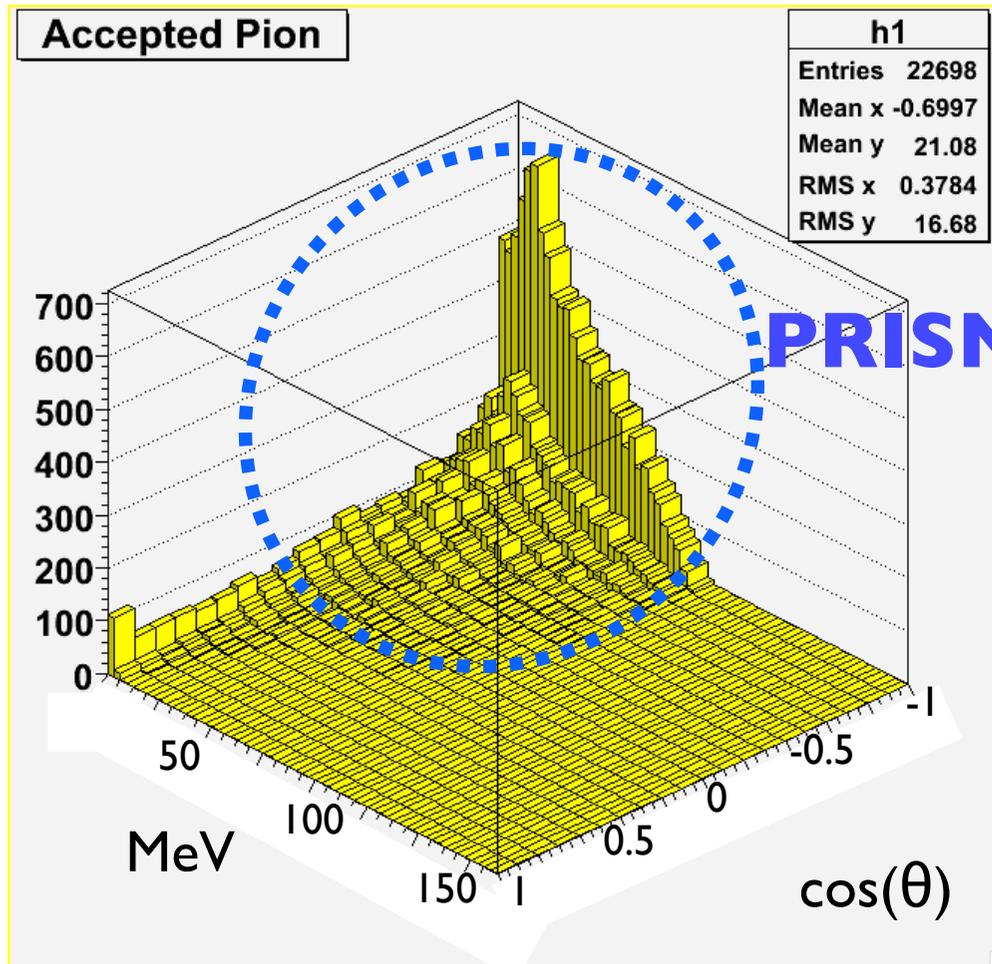


PRISM-FFAG Acceptance

- **Muonのアクセプタンス**
 - Vertical Acceptance ...6500 π (mm \cdot mrad)
 - Horizontal Acceptance ...40000 π (mm \cdot mrad)
 - Momentum Acceptance ...68 \pm 13 (MeV)
 - Time distribution Acceptance ...center of TOF \pm 5 (ns)

生成Pionの満たす条件

- 標的から、任意の角度と運動エネルギーをもったPionを生成
- 崩壊後のMuonがacceptされた、Pionだけを抽出



PRISMに必要な領域

~100MeV

この部分が正確に
シミュレート
されている必要がある

結果

- ハドロン物理の切り替えポイントを **25GeV**から**5GeV**にすることで、**Geant4**を実験値とフィットするようにした
- **PRISM**に関しては、**100MeV**以下の**Pion**生成が正しくシミュレートされていない

次の目標

- 高いエネルギーでのPion生成実験のデータとの比較
 - 特に $\sim 100\text{MeV}$ でどの程度の違いが見られるか
 - 比較結果から、QGSPをさらにチューン
- チューンされたGeant4QGSPを使った正確なPion生成シミュレーション。それによる厳密な捕獲・輸送系の最適化

ご清聴
ありがとうございます
ございました