

MPPCを用いた ハイペロン散乱実験の提案

東北大学理学研究科

三輪浩司

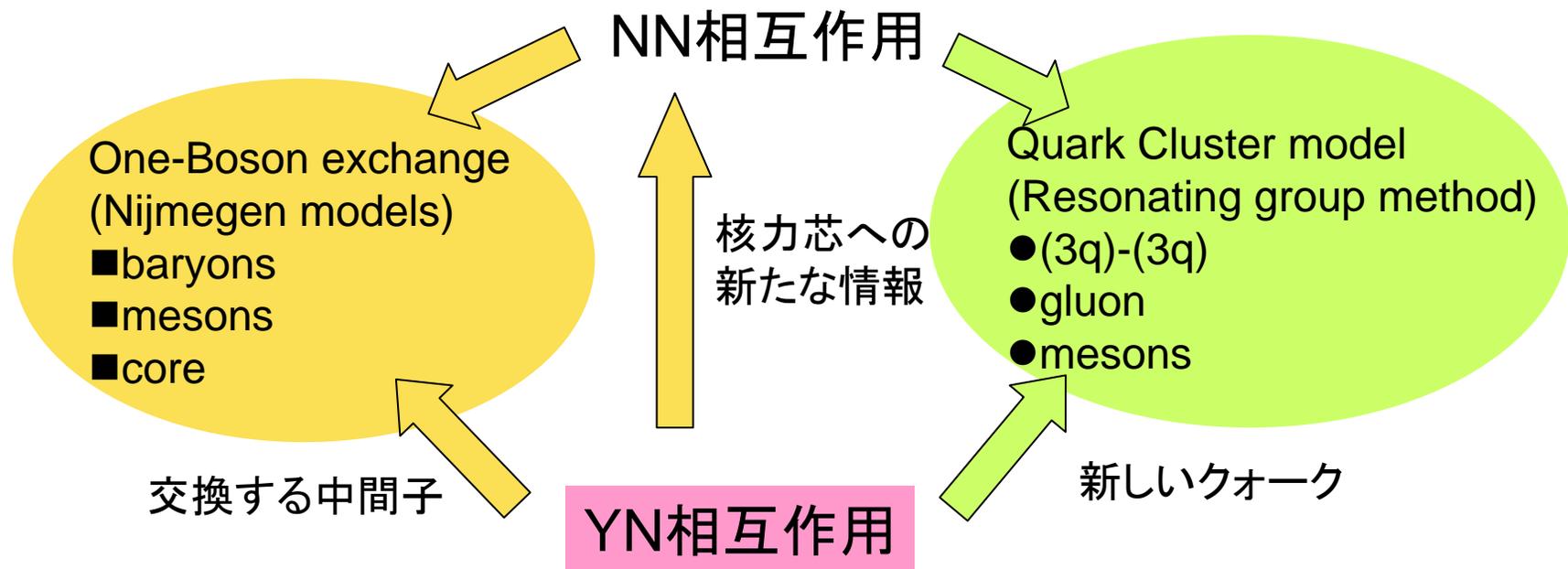
YN interaction

□ 核力からバリオン間相互作用への拡張

□ 核力 中間子交換描像

□ 新たなストレンジネスの自由度の導入 クォークのレベルから

□ 理論的なYN相互作用

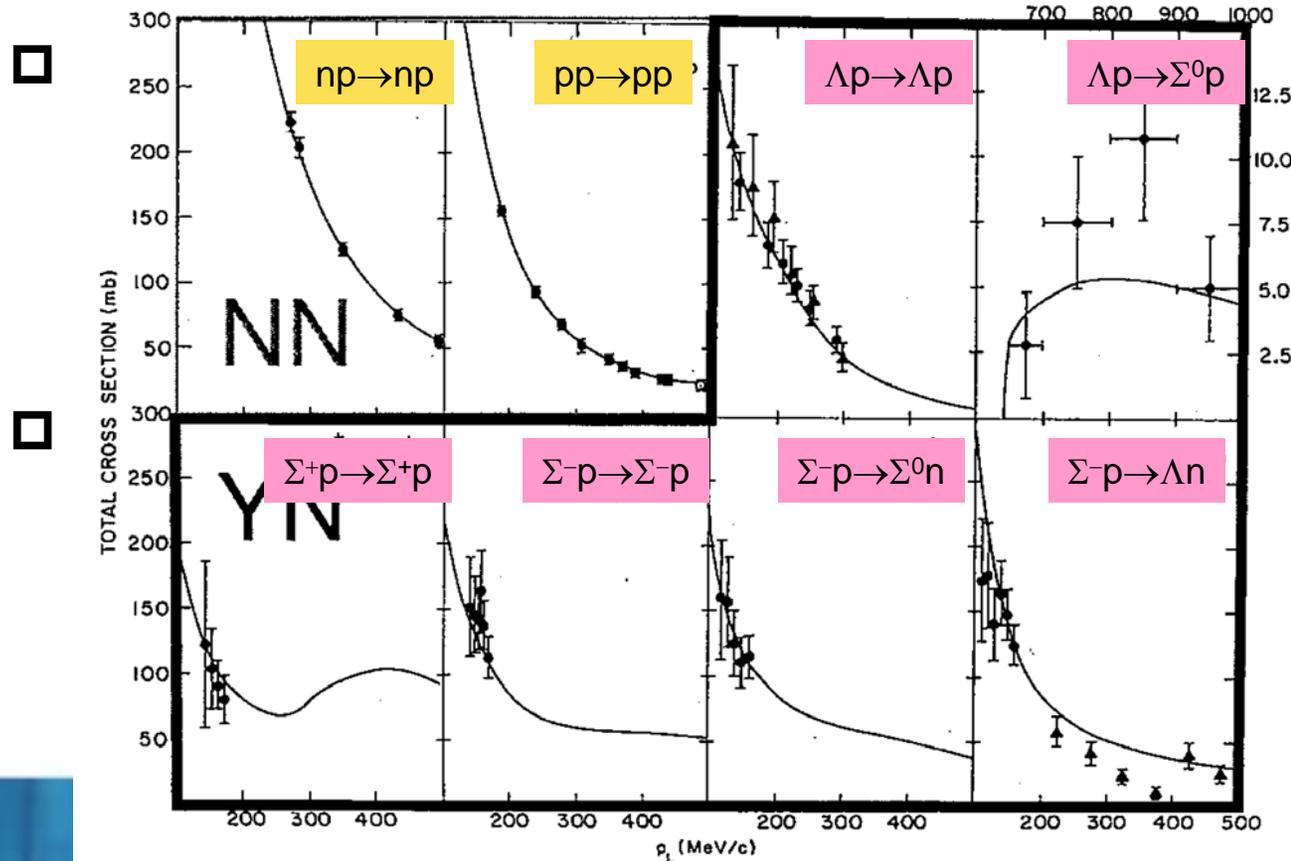


高密度状態での物質層の理解に必須

実験的なYN相互作用の導出

Hyperon 核子散乱

- Hyperonの短い寿命で難しい
- NN散乱に比べデータが十分でない



導出する

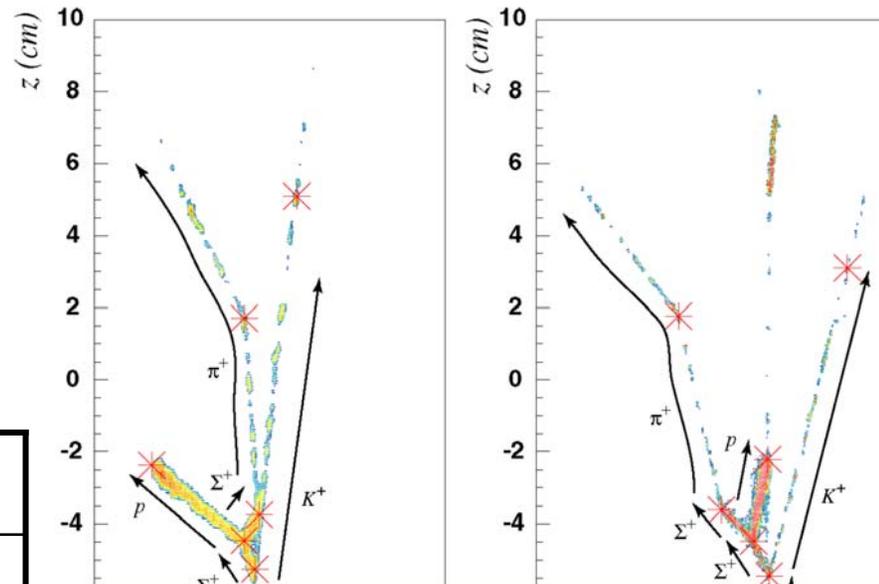
目を導出する

KEKでのハイペロン散乱実験

□ Scintillation fiberとIIT-CCDを用いた

- KEK-PS E289, E452
- Λp , $\Sigma^+ p$, $\Sigma^- p$ 弾性散乱
- SCIFIを使うfeasibilityが示された。

	反応	イベント数 <small>Magnetic shield</small>
E289	$\Sigma^+ p$	31
	$\Sigma^- p$	30
	Λp	
E452	$\Sigma^+ p$	113



問題点

- IIT-CCDが遅い
- 300kHz以上のビーム強度では画像が重なってしまい使用できない
- 終状態の粒子をすべて捕えるのが難しい

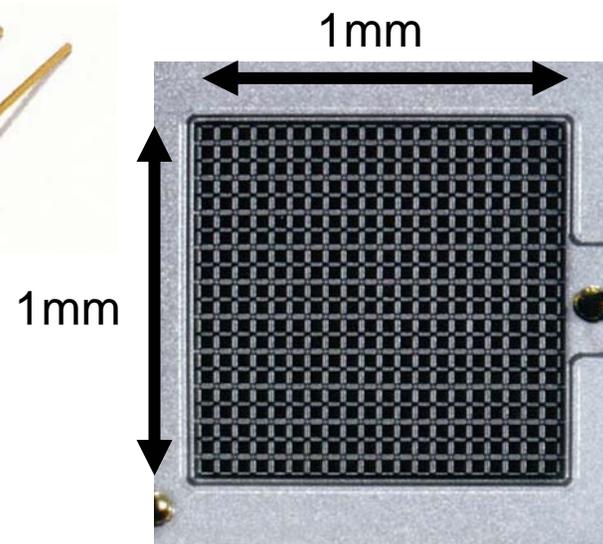
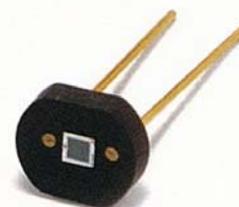
MPPCを用いたSCIFIの読み出しの提案

□ Multi-Pixel Photon Counter (MPPC)

- Avalanche Photo Diode (APD)をガイガーモードで動作させる新型のSi光ダイオード
- 100~1600pixelのAPDが敷き詰められており各ピクセルのシグナル和をとることによってダイナミックレンジを得る

□ 特徴

- 時間応答が10nsよりも速い
 - 高いビーム強度化下でも動作可能
- ゲインが $10^5 \sim 10^6$ と大きい
 - 1光子の検出が可能
- 磁場中での動作が可能
 - IITは磁場中では動作できない



大強度ビームを用いた
ハイペロン散乱実験に使用できないか

MPPCを用いたときの問題点

□ 膨大なチャンネル数

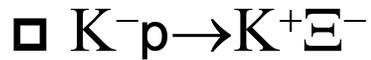
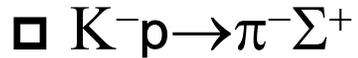
- KEKで使用した10cm×10cm×20cmのSCIFIを読もうとした場合、1mm×1mmのファイバーを用いた場合でも20000チャンネルが必要となり、現実的でない。

□ このアイデアが現実的かどうか？

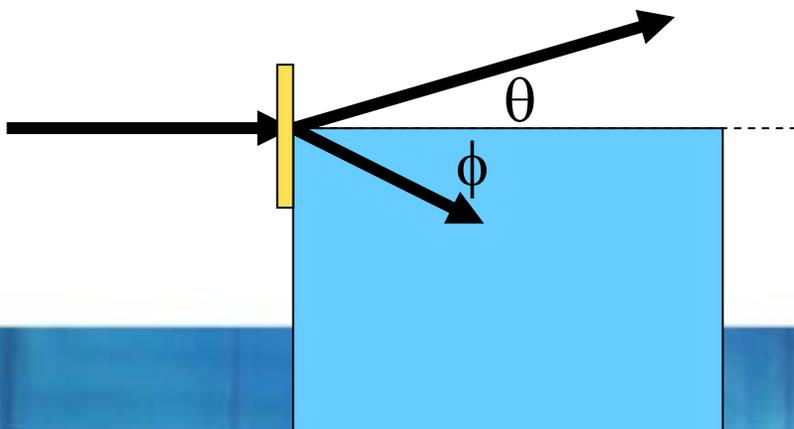
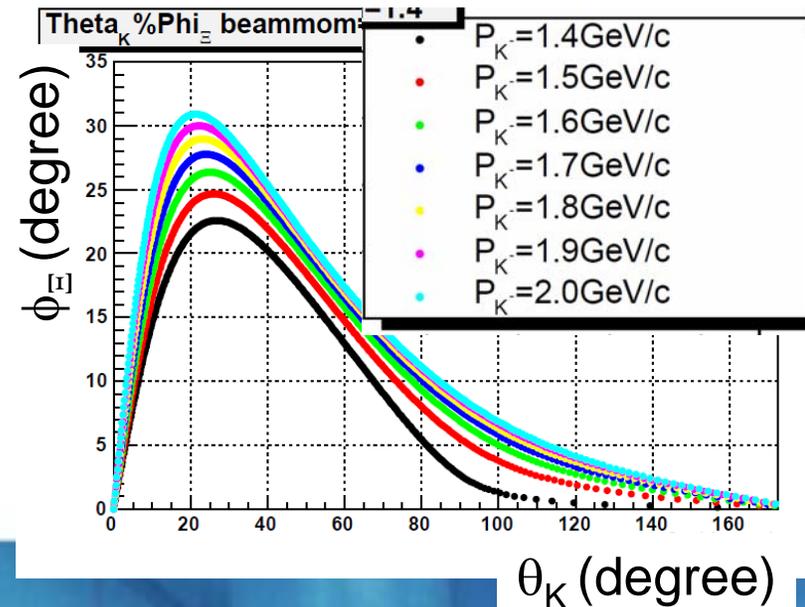
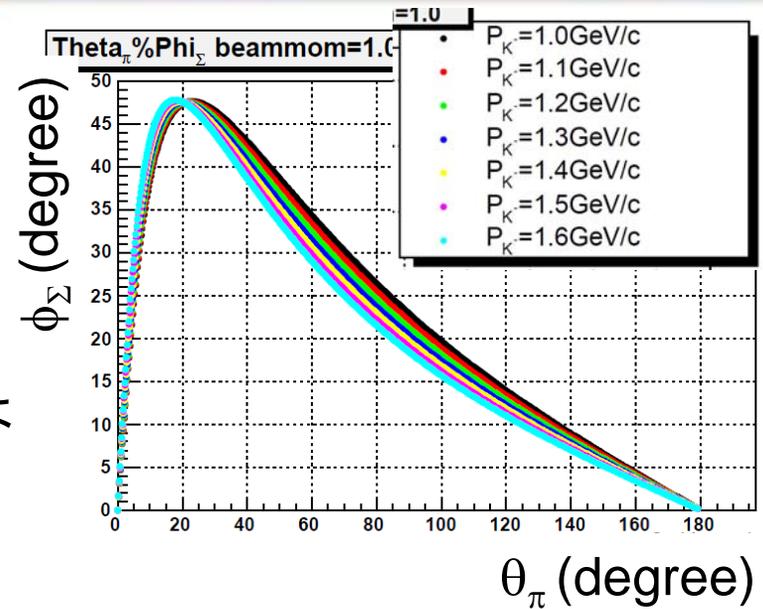
- SCIFIのサイズ → 出来るだけ小さく
- 収量の見積もり

SCIFIのサイズ

□ ハイペロン生成の運動学



- 生成されるハイペロンは常に50度より小さい角度しか持たない



SCIFIのサイズ

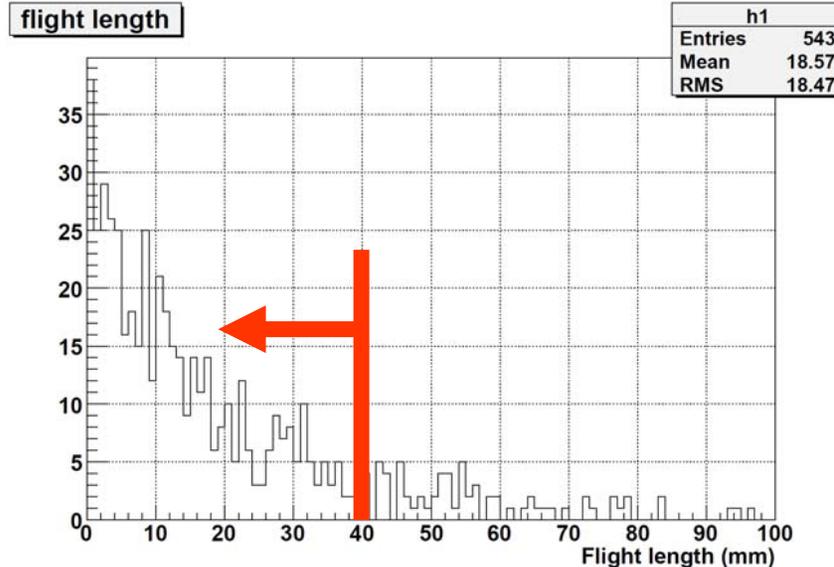
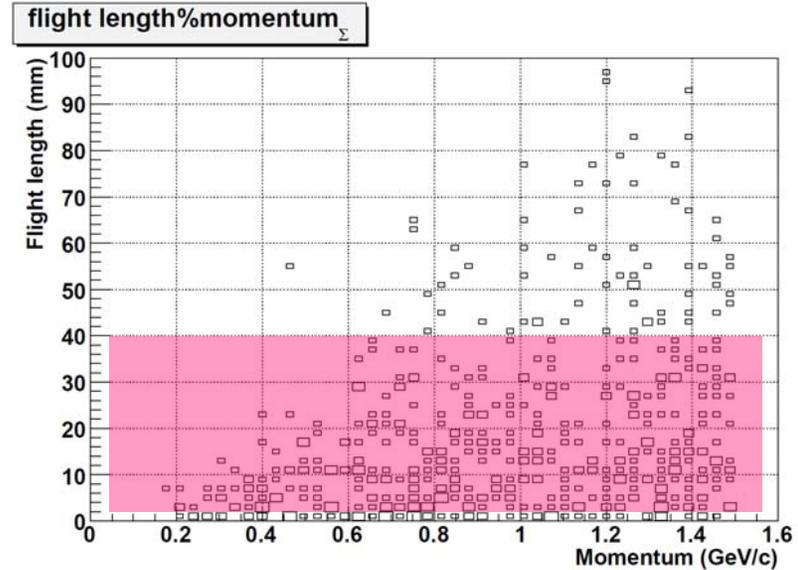
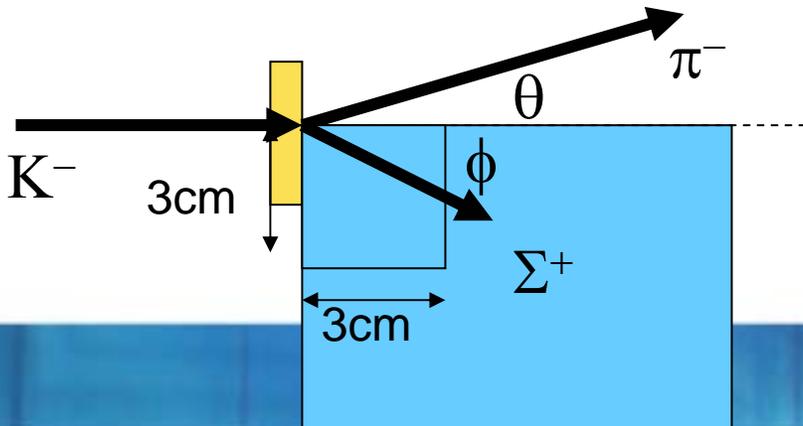
ハイペロン生成の運動学

- $K^-p \rightarrow \pi^- \Sigma^+$
- $K^-p \rightarrow K^+ \Xi^-$
 - 生成されるハイペロンは常に50度より小さい角度しか持たない

ハイペロンの飛程

- ハイペロンと陽子の散乱だけを捕えることにすれば、SCIFIのサイズはハイペロンの飛程によって決まる。

- 3cm×3cm×3cmあれば十分であろう

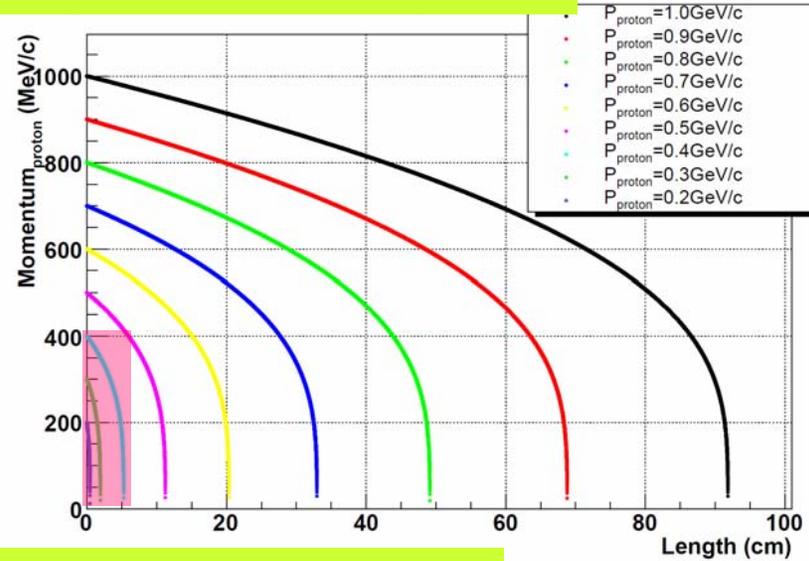


散乱粒子、崩壊粒子の検出

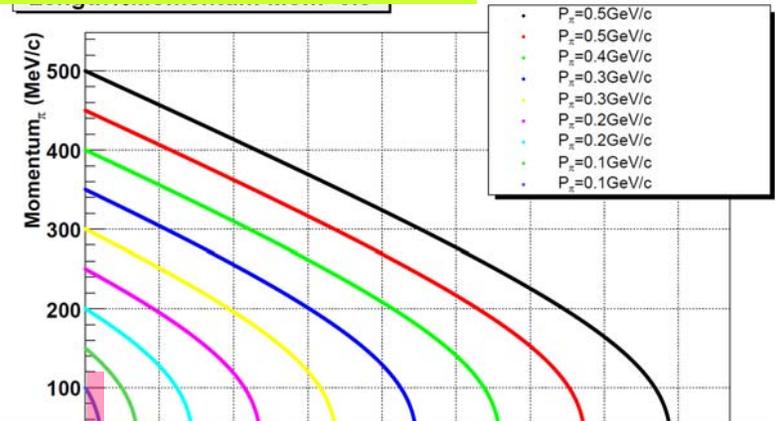
SCIFI中での飛程

- 350MeV/c以下の陽子は静止
- それ以外は静止せずに飛び出す
- 周囲にchamberを設置して捕える

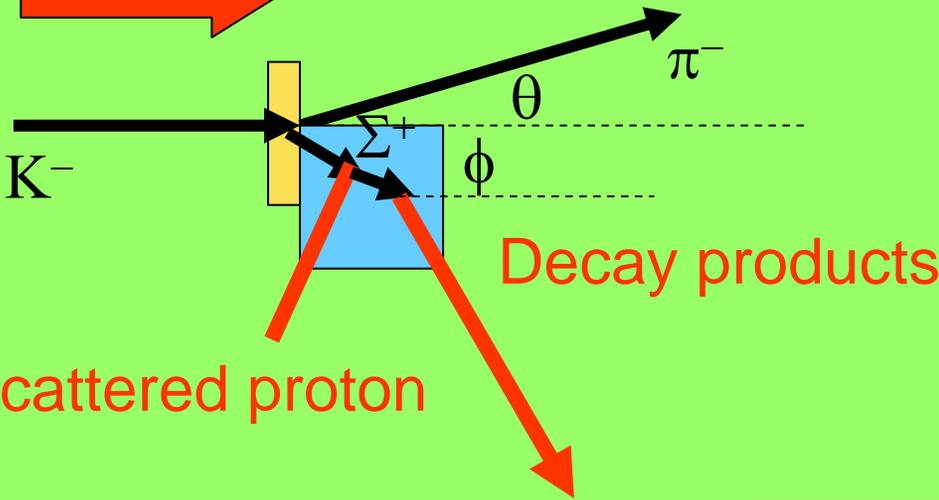
SCIFI中での陽子の飛程



SCIFI中での π の飛程



Magnetic Field



CDCまたはTPCなど

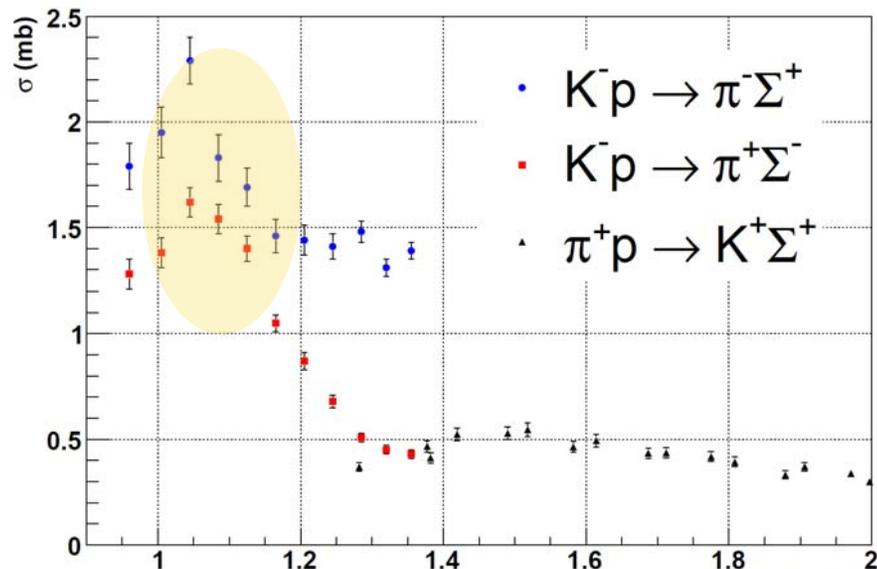
磁場中で動作可能なMPPCであれば
このセットアップが可能となる

入射ビームについて

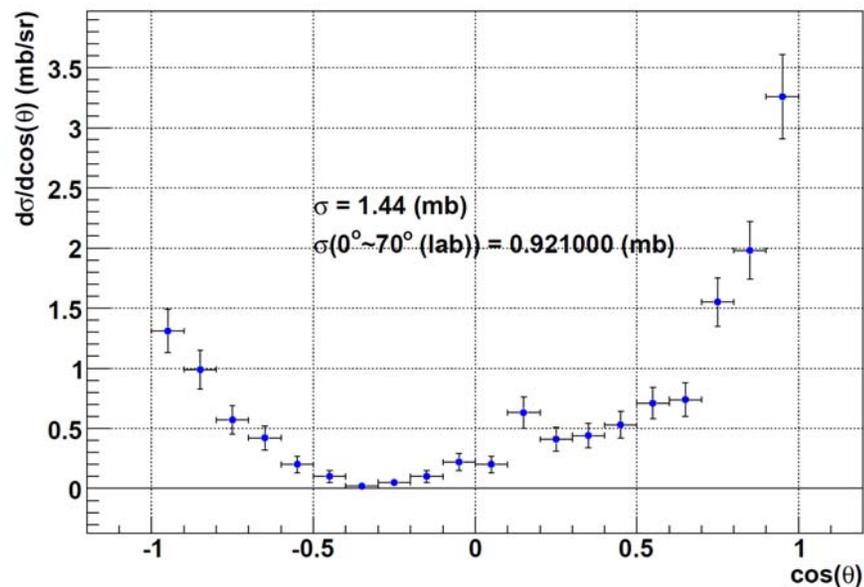
□ Σ 生成については

- 2mb @ 1.1GeV/c (K^- , π^-)
- 0.5mb @ 1.5GeV/c (π^+ , K^+)
- 散乱粒子の寿命を考えると(K^- , π^-)の方が有利だろう。

Total cross section of Σ production



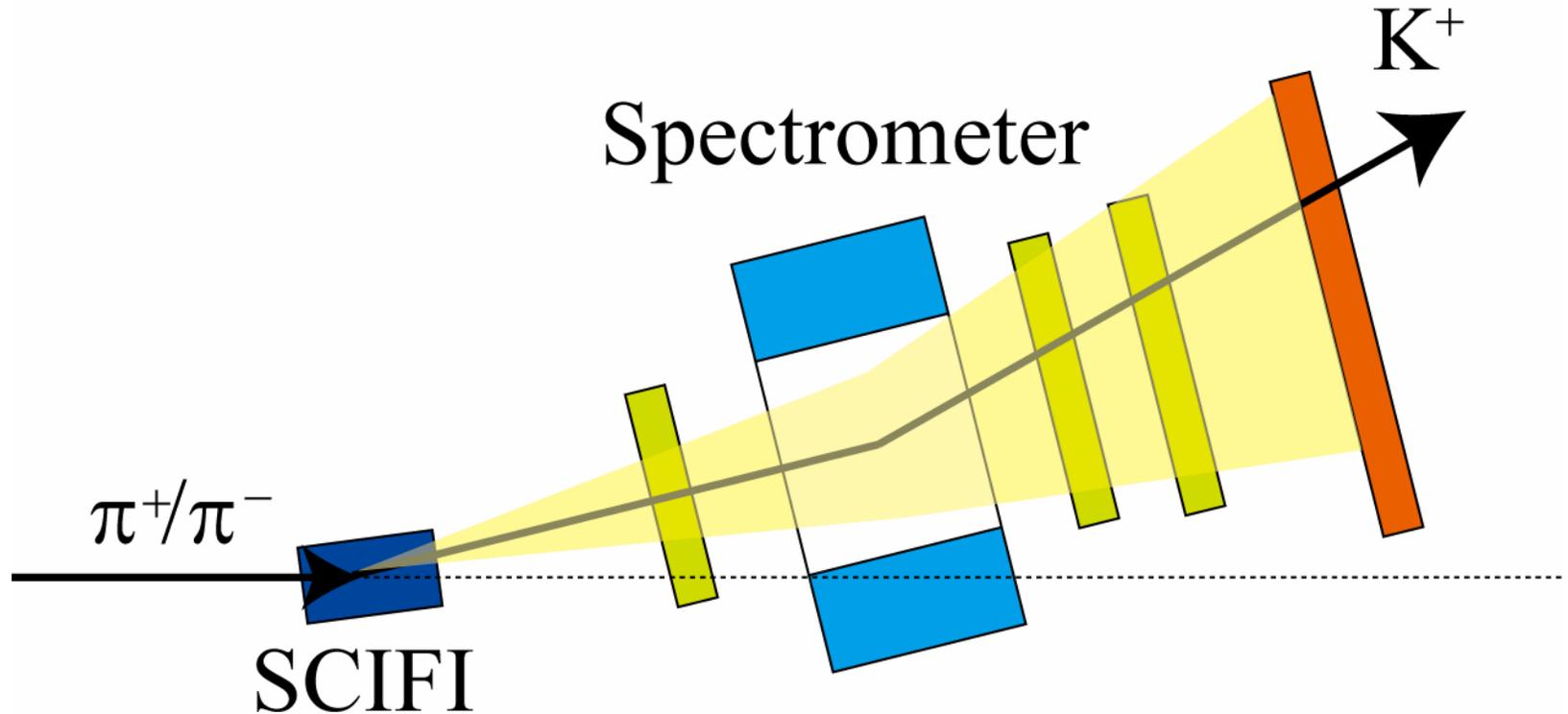
Cross Section $K^-p \rightarrow \Sigma^+ \pi^-$ @ 1.205 GeV/c



全体の実験の構想

□ KEKの実験でのセットアップ

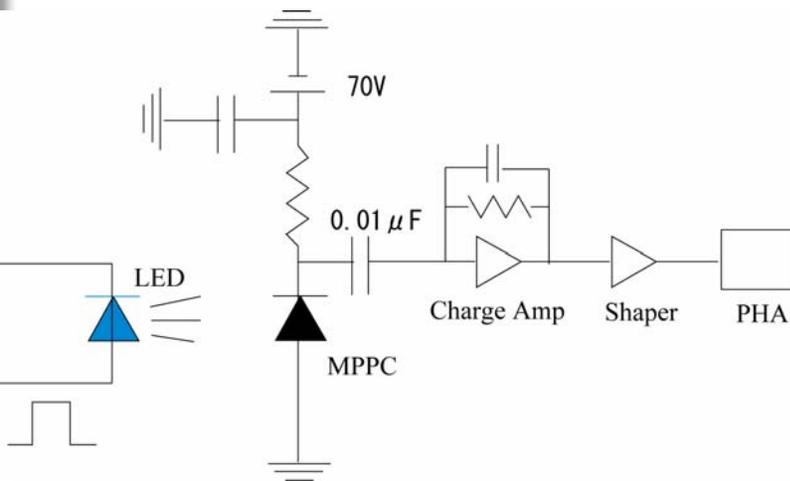
- ハイペロン生成反応： (π^+, K^+) 反応
- 前方スペクトロメーター



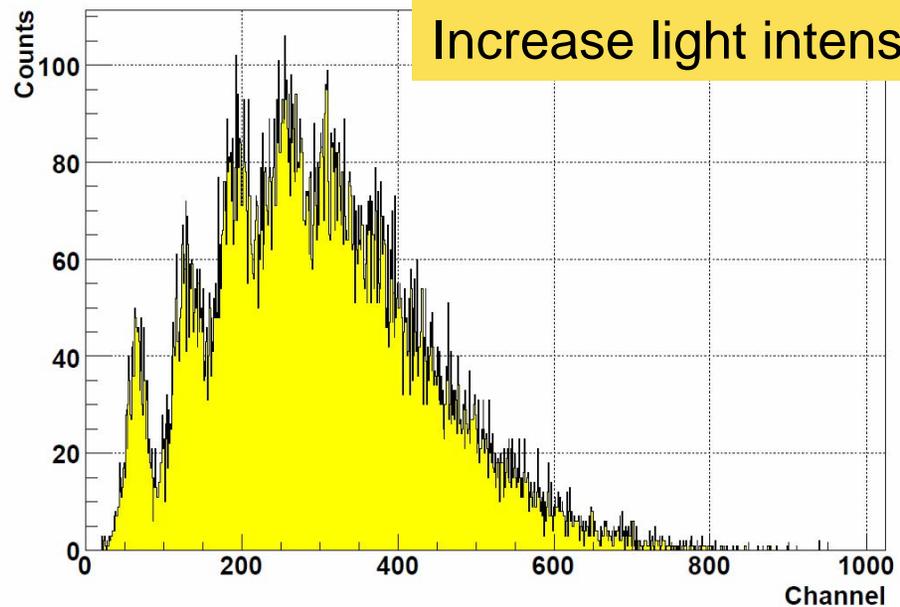
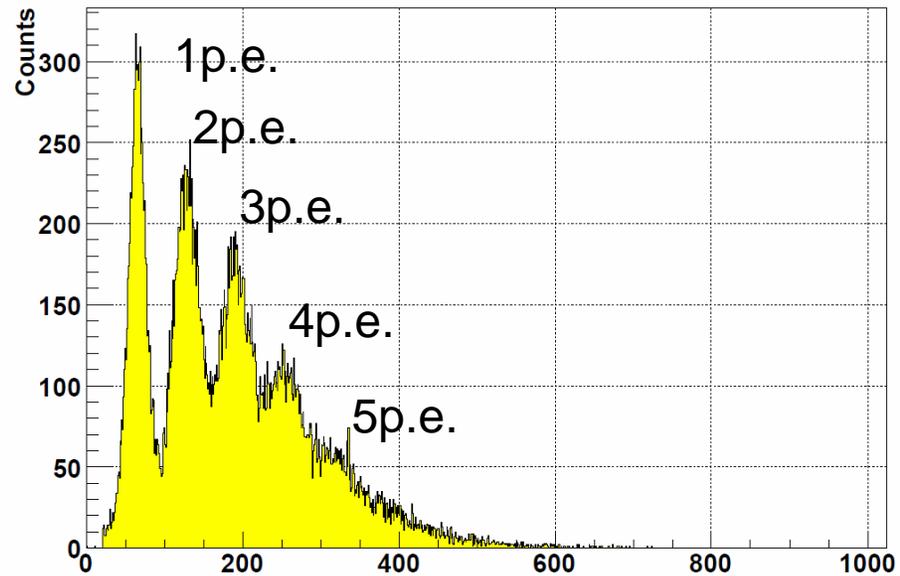
実際にMPPPCは使えるのか

□ Photon counting

□ LEDからの光をMPPPCに照射



MPPPC spectrum



MPPPCに求められる性能

□ 角度分解能

□ SCIFI は((CH)_n)から成る

□ 自由陽子

□ 炭素中の陽子

} これを区別する

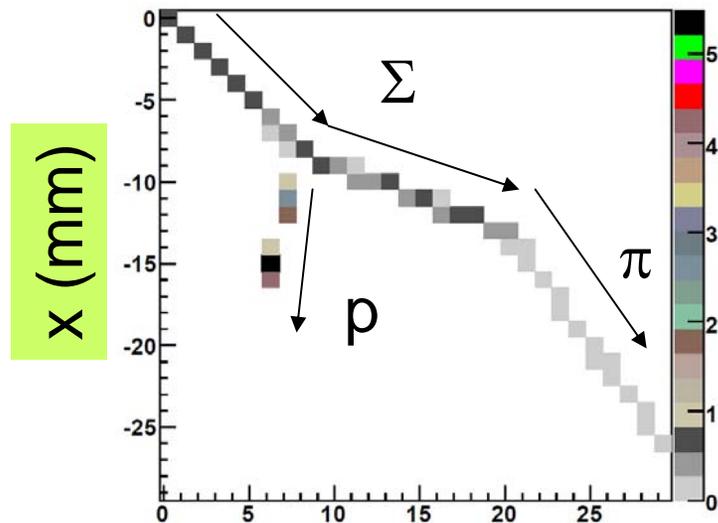
□ エネルギーのダイナミックレンジ

□ MIP

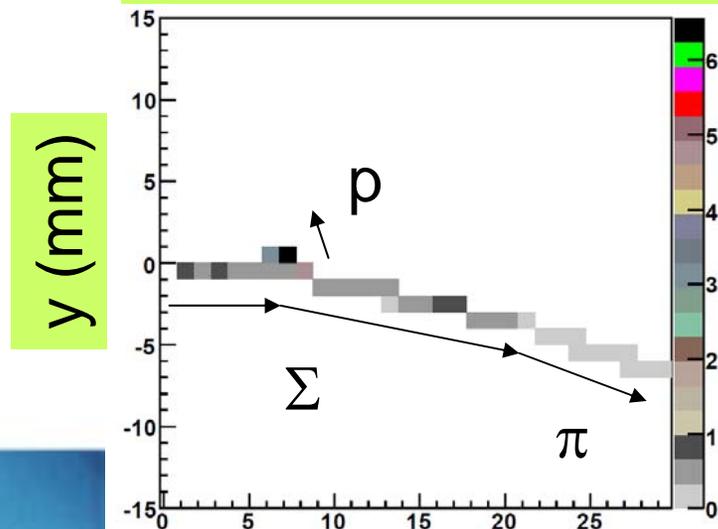
□ 止まりかけの陽子

□ 飛程を用いた運動量測定

Pixel size: 1mm×0.5mm



z (mm) (ビーム方向)



角度分解能

□ 炭素中の陽子との準弾性散乱を取り除く

□ ファイバーのサイズ

ファイバーサイズ

□ 1mm×0.5mm → E289と同程度

角度分解能

□ 粒子の飛程

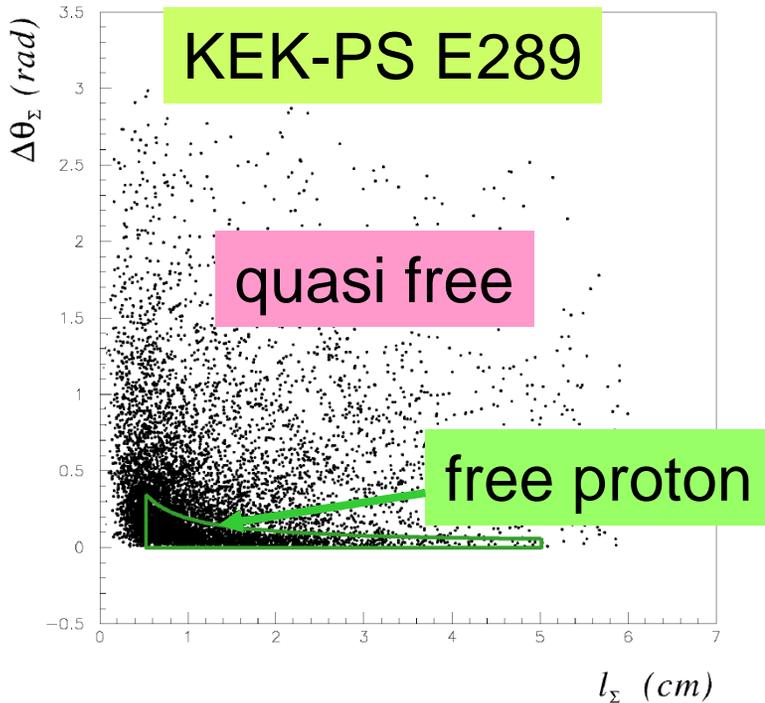
値段

高い
手が出ない

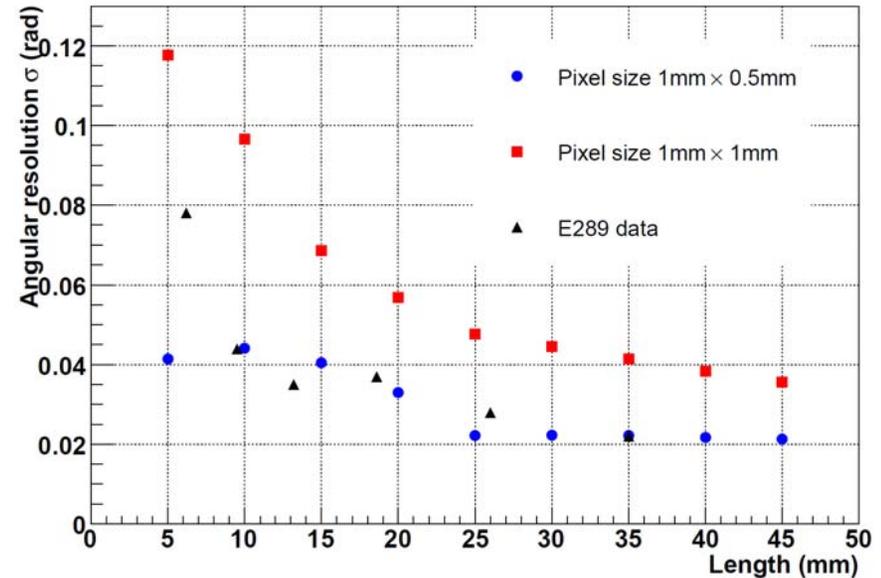
1mm×0.5mm(1800ch)
1mm×1mm(900ch)

小

大



Angular resolution



CDCのアクセプタンス

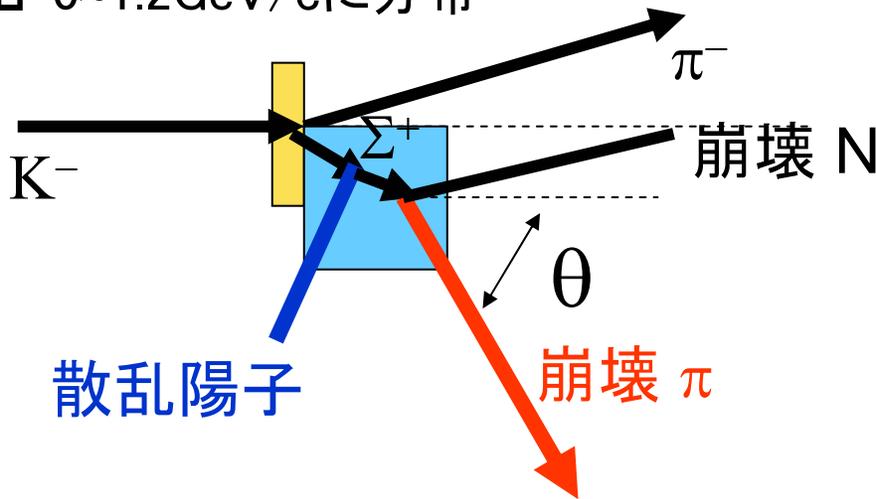
□ 終状態の各粒子の放出角度

- 散乱陽子 ほぼ90度方向へ
- 崩壊によるN やや前方
- 崩壊による π 一様

30°~150°をカバー → 約80%のアクセプタン

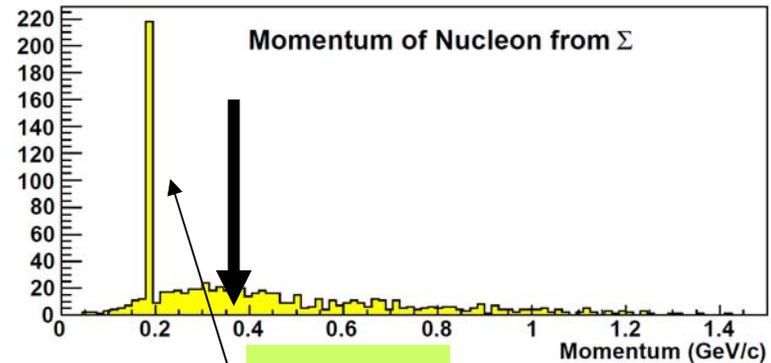
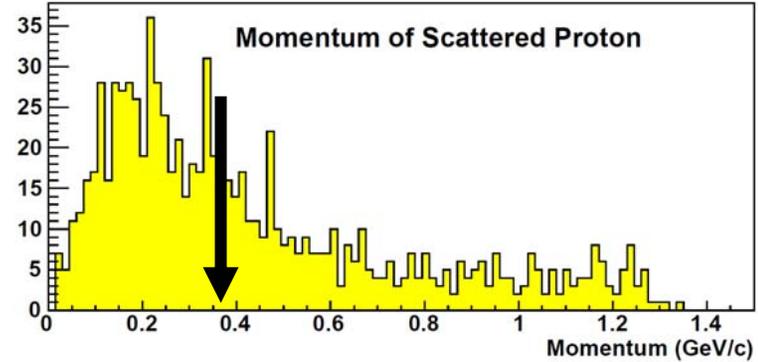
□ 運動量分布

- 0~1.2GeV/cに分布

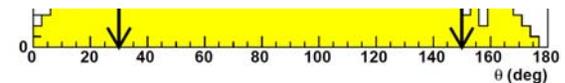
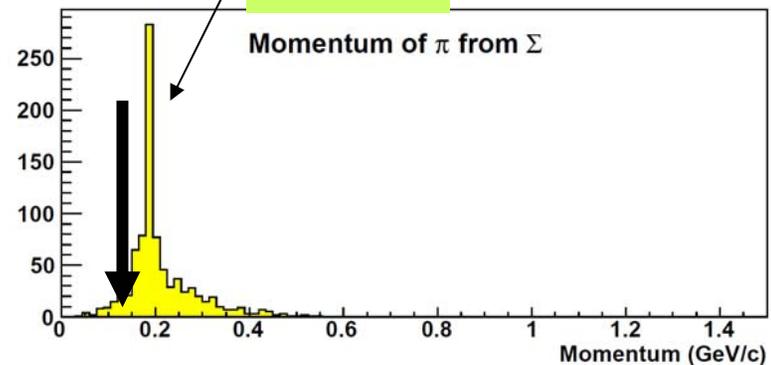


Angular distribution (Scat proton)

h1
Entries 796



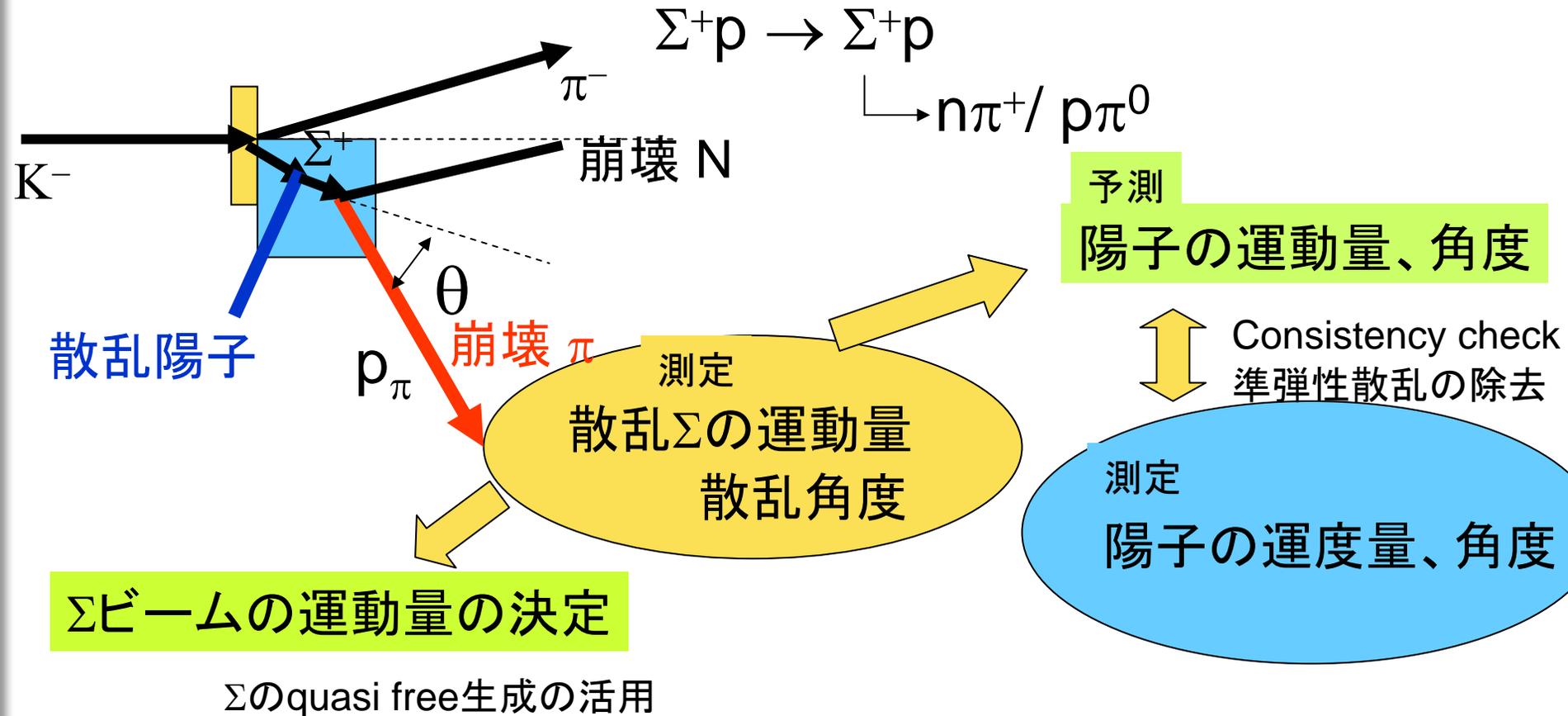
静止 Σ



終状態をすべて測定する

□ 終状態を抑える

- 準弾性散乱の除去
- 入射 Σ ビーム運動量の決定 (Σ のquasi free生成の活用)

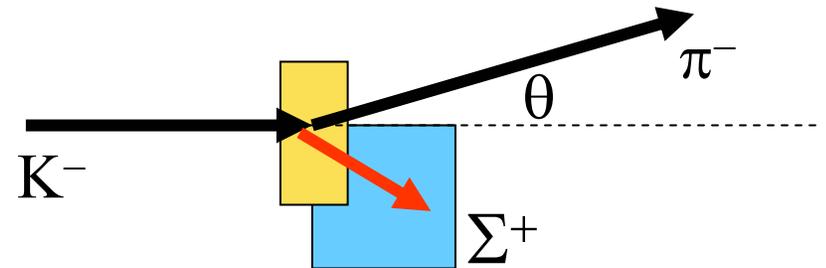


Yield estimation1 (Σ beam)

□ 1.1 GeV/c $K^-p \rightarrow \Sigma^+\pi^-$ 反応: 断面積 $\sigma=1.8\text{mb}$

□ Σ 生成標的: CH_2 (厚さ2cm)

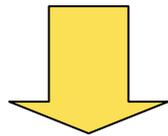
□ ビーム強度 $10^6 K^-/\text{spill}$



生成される Σ^+ ビームの数/spill

free proton: $42\Sigma^+$

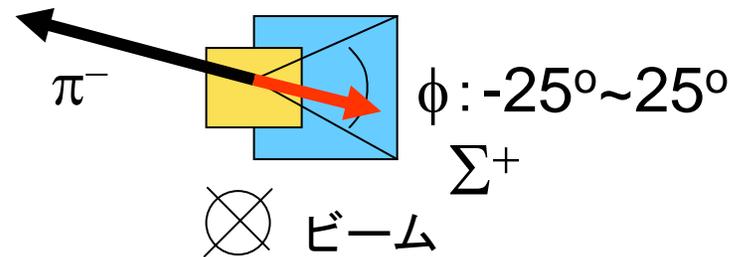
quasi free: $69\Sigma^+$



1日で

free proton: $9.1 \times 10^5 \Sigma^+$

quasi free: $14.9 \times 10^5 \Sigma^+$



Yield estimation2 (Σp scattering)

$$N_{\text{scat}} = \sigma \times L_{\text{beam}} \times \rho_{\text{target}}$$

10mbを仮定

Σ^+ の平均飛程: 1.3cm

SCIFI(CH): $4.78 \times 10^{22} (1/\text{cm}^3)$

□ 1ヶ月のビームタイムでの散乱イベント数は

□ Σ^+ ビーム(free proton) : 16800

□ Σ^+ ビーム(quasi free) : 27500

□ Σ の飛行距離が1cm以上を要求

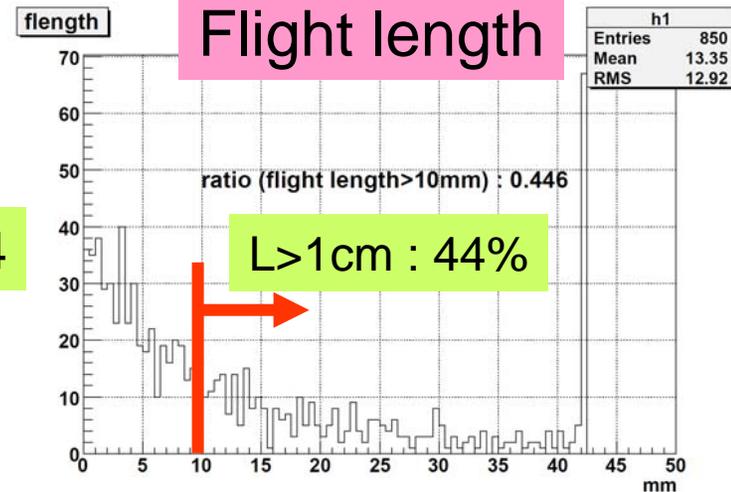
□ Σ^+ ビーム(free proton) : 3300

□ Σ^+ ビーム(quasi free) : 5300

0.44×0.44

□ 解析、その他で10%に落ちると仮定

Total event : 860 散乱イベント



これからと問題点

- MPPCの単体の性能評価
- Tracking Detectorとしての評価
 - 50channel分のMPPCを購入
 - Fiber bundleに取り付けて読み出しを行う
 - 位置分解能は？
 - エネルギーのダイナミックレンジは？
- 問題点
 - チャンネル数が増えたときの読み出しをどうするか
 - パラレル読み出し→ channelと同じだけのADC
 - シリアル読み出し→ 読み出しが遅くなるか？
 - ビームの広がり

まとめ

- J-PARCにて高統計でのハイペロン散乱実験を行いたい。
- MPPCを用いたSCIFIの読みだしシステム
 - 時間応答が速い → 大強度ビーム
 - 1光子を捕えるのに十分なゲイン
 - 磁場中で使用可能 → トラッキング検出器との併用
- 1.1GeV/c K⁻ 10⁶/spill
 - ~800Σp散乱