

$d(K^-, n)'' X''$ Analysis

現在の状態

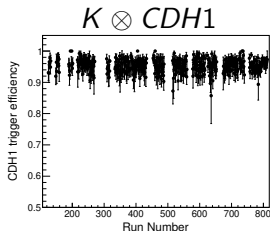
井上謙太郎

June 18, 2019

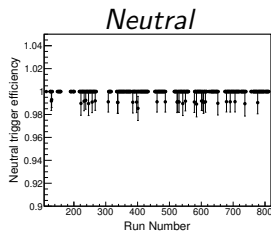
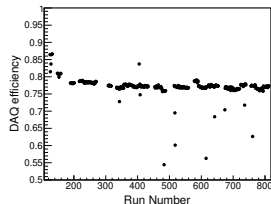
- 断面積への係数 p.7
 - トリガー & DAQ p.3
 - 照射された Kaon の数 p.4
 - NC 検出効率 p.5
 - CDC 検出効率 p.6
- $K^-d \rightarrow "n" \pi^+ \pi^- n_{detected}$ の分類 p.8
- $K^-d \rightarrow "n" \pi^+ \pi^- n_{detected}$ のフィッティング p.9
 - $d(K^-, n) " \pi^\mp \Sigma^\pm "$ 断面積 p.12
 - $d(K^-, n) " nK^0 "$ 断面積 p.20

トリガー & DAQ 効率

Eff_{DAQ}, Eff_{Ntrig} はラン毎に評価
 Eff_{trig} は $Eff_{K \otimes CDH1} \times Eff_{Neutral}$ で評価



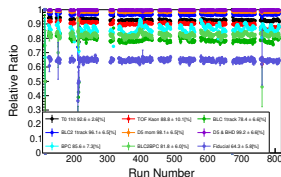
バイアスのない Kaon トリガーを母数にする



バイアスのない $K \otimes CDH1$ トリガーを母数にする

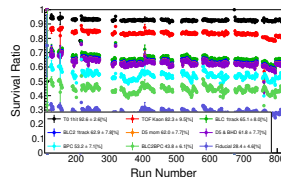
照射された Kaon の数

相対比率



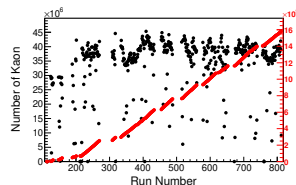
前の条件に対する有効なイベントの比率

生き残り率



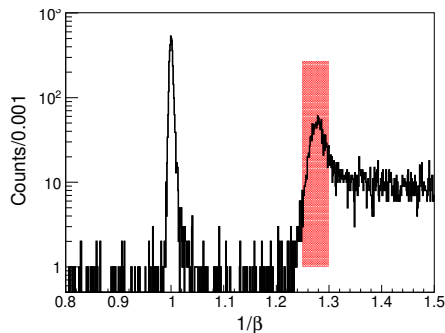
最初の条件に対する有効なイベントの比率
照射された Kaon の数

照射された Kaon の数はスケーラーの値を
Kaon ビームとして解析できた比率で計算する



黒は各ランの照射された数
赤は照射された数の総和

CVC/BVC による NC 検出器群のオーバーキル



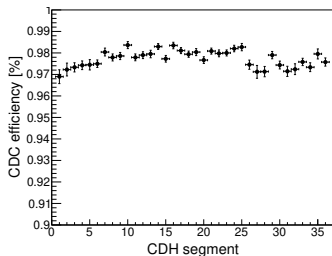
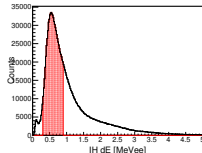
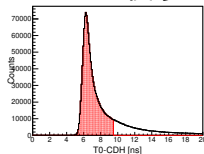
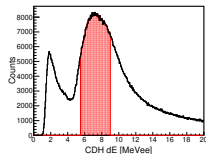
Neutral トリガー以外で取得されたイベントを使い、NC レイヤー 1 を荷電粒子のベトカウンターに使う。

NC レイヤー 2 ~ 7 で $1/\beta$ を測定し (右図)、赤領域を純弾性散乱イベントとして母数イベントとする。

$$(\text{CVC または BVC がなったイベント}) / (\text{全母数イベント}) = 8.1 \pm 0.7\%$$

CDC 検出効率

Run78 でが IH がアンインストールされている
Run68 のデータで IH をトリガーとして使う



トリガーになった CDH ごとの CDC 検出効率

CDH と IH をトリガーとして使う
MIP に近いイベントをとってくるため
CDH と IH の dE は赤枠で選ぶ
T0-CDH の TOF も赤枠で選ぶ
CDH と IH の角度は 45 度以内を選ぶ

スケーリングファクター

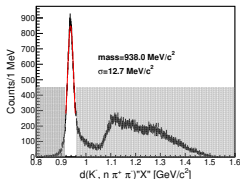
項目	値	エラー	エラー (割合)
ルミノシティ	5.162×10^3	0.014×10^3	2.6%
NC(System) 検出効率	0.291	0.016	5.0%
CDC 検出効率	0.977	0.004	0.41%
合計			5.65%

ルミノシティの N_{target} は川崎くんにより改定された値
run133 までは $0.1613[g/cm^3]$ 、run134 からは $0.1617[g/cm^3]$ を使う。
 N_{beam} , Eff_{trig} , E_{DAQ} はラン毎に見積もって足し上げる。

NC 検出効率

	値	エラー	備考
NC 本体	0.317	0.016	水素標的データの $K^-d \rightarrow K^0n$ 反応で測定 Run78 のデータにより見積もる
$Overkill_{CVC \cup BVC}$	0.081	0.007	
NC 検出効率	0.291	0.16	エラーは二乗和

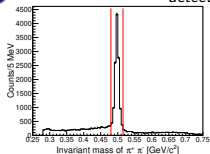
$d(K^-, n\pi^+\pi^+) "n"$ イベントの分類



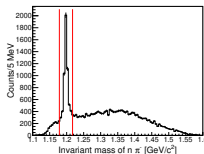
$d(K^-, n\pi^+\pi^-) "n"$ は 2σ で選ぶ。

期待される反応

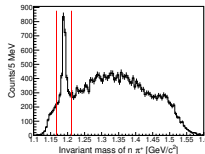
- ① $K^- d \rightarrow K^0 "n" n_{\text{detected}}$ 下左図で特定
- ② $K^- d \rightarrow "n" \pi \Sigma_{\text{forward}} \Sigma_{\text{forward}} \rightarrow \pi n_{\text{detected}}$
下中右図で特定
- ③ $K^- d \rightarrow \pi " \Sigma " n_{\text{detected}}$ 上2つ以外



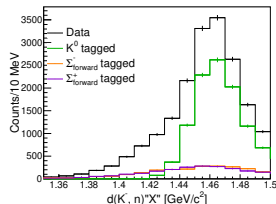
$\pi^+\pi^-$ の不変質量



$n\pi^-$ の不変質量



$n\pi^+$ の不変質量



$d(K^-, n\pi^+\pi^-) "n"$ のイベント

$K^- d \rightarrow n \pi^+ \pi^- n''$ イベントフィッティング

① $K^- d \rightarrow K^0 n'' n_{\text{detected}}$

② $K^- d \rightarrow n'' \pi^\mp \Sigma_{\text{forward}}^\pm \Sigma_{\text{forward}}^\pm \rightarrow \pi^\pm n_{\text{detected}}$

③ $K^- d \rightarrow \pi^\mp \Sigma^\pm n_{\text{detected}}$

それぞれの反応の強度はモンテカルロデータとのテンプレートフィッティングで行う [1]

1., 2. の反応は過去の実験の $K^- p$ 反応の角分布をシュミレーションする [2]

これらの強度は $\pi^+ \pi^- (K^0)$ 、 $n \pi^+ (\Sigma^-)$ 、 $n \pi^+ (\Sigma^+)$ の不変質量分布のフィッティングから見積もる。

$K^- d \rightarrow \pi^\pm \Sigma^\pm n_{\text{detected}}$ は $d(K^-, n) X$ のビン毎に $d(K^-, \pi^\mp) \Sigma^\pm$ の分布をフィッティングすることにより各荷電モードを分離して強度を見積もる。

これらのフィッティングはイベントサンプルがちがうため別々に繰り返し行う。

それぞれのフィッティングで別のフィットで見積もられる強度は固定する。



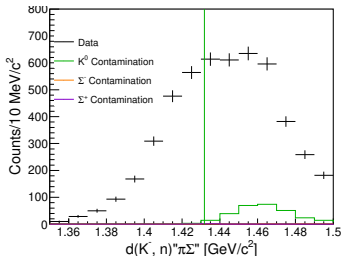
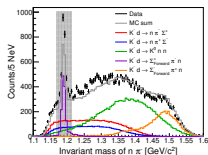
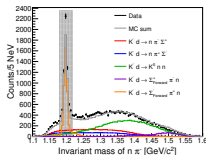
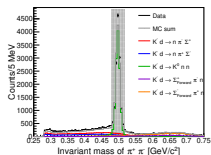
R. Barlow and C. Beeston, Comp. Phys. Comm. 77 (1993) 219-228



Nucl. Phys. B90, 349

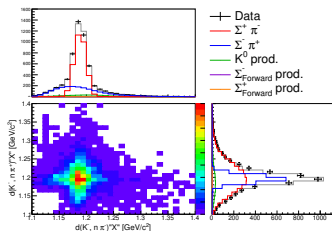
$K^- d \rightarrow n \pi^+ \pi^- n$ 不変質量フィッティング

- $K^- d \rightarrow K^0 n n_{\text{detected}}$
- $K^- d \rightarrow n n \pi^\mp \Sigma_{\text{forward}}^\pm \Sigma_{\text{forward}}^\pm \rightarrow \pi^\pm n_{\text{detected}}$
- $K^- d \rightarrow \pi^\mp \Sigma^\pm n_{\text{detected}}$



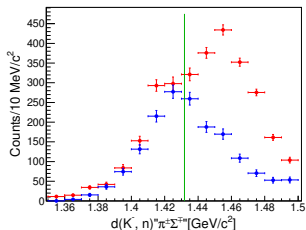
左図は K^0 、 Σ_{forward} 生成を除いたイベント。
 上図の灰色の部分 (3σ) で排除している。
 各反応の混入は上の MC によって見積もられている。
 これらは $K^- d \rightarrow \pi^\mp \Sigma^\pm n_{\text{detected}}$ 両方の
 荷電モードが含まれる。
 それらは $d(K^-, n \pi^\mp) \Sigma^\pm$ の
 フィッティングによって分離される。

$d(K^-, n)''\pi^\mp\Sigma^\pm$ の分離

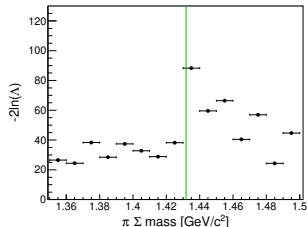


- $d(K^-, n)''\pi^-\Sigma^+$
 $d(K^-, n\pi^-)''X''$ では上図のように Σ^+ にピーク
 $d(K^-, n\pi^+)''X''$ では横図のように 広く分布
- $d(K^-, n)''\pi^+\Sigma^-$
 $d(K^-, n)''\pi^-\Sigma^+$ の電荷が反対。

$d(K^-, n)''X''$ のすべてのピンの足し合わせた図



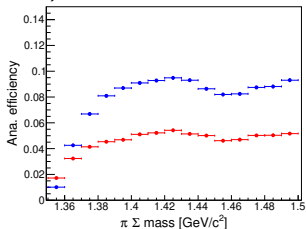
$d(K^-, n\pi^\mp)''\Sigma^\pm$ による $\pi^\mp\Sigma^\pm$ の
分離したカウント数



$d(K^-, n\pi^\mp)''\Sigma^\pm$ フィッティングの対数尤度

$d(K^-, n)\pi^\mp\Sigma^\pm$ 断面積

$d(K^-, n)\pi^\mp\Sigma^\pm$ のアクセプタンス

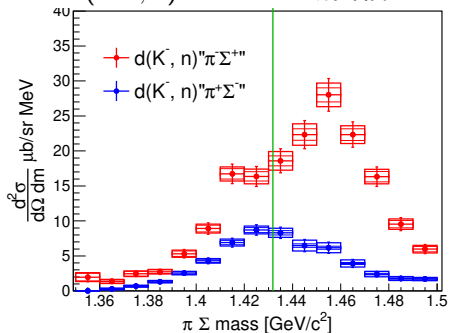


データ解析と同じ解析ルーチンを用いた
CDS の解析効率を含むアクセプタンス。

項目	値	エラー	割合)
ルミノシティ	5.162×10^3	0.014×10^3	2.6%
NC 検出効率	0.291	0.016	5.0%
CDC 検出効率	0.977	0.004	0.41%
合計			5.65%

NC 検出効率は CVC/BVC のオーバーキルを含む

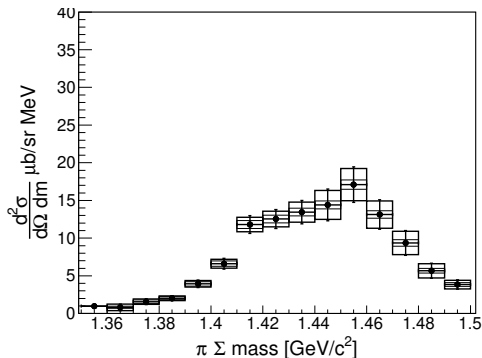
$d(K^-, n)\pi^\mp\Sigma^\pm$ の断面積



内側の Box は統計エラーを外側の Box は
フィッティングエラーを含むエラーを、
エラーバーはスケールファクター [左表]
を含むエラーを表す。
各エラーは自乗平均で計算。

$d(K^-, n) \pi^- \Sigma^+$ と $d(K^-, n) \pi^+ \Sigma^-$ の平均

前のページの $d(K^-, n) \pi^\mp \Sigma^\pm$ の平均。
エラーはフィッティングエラーは各荷電モードの自乗平均で計算。
統計エラーとスケールファクターエラーは計算後に共通につける。



内側の Box は統計エラーを、外側の Box はフィッティングエラーを含むエラーを、
エラーバーはスケールファクター [左表] を含むエラーを表す。
各エラーは自乗平均で計算。

- 予測される反応

- ① $K^- d \rightarrow K^{0''} n'' n_{\text{detected}}$ (シグナル)
- ② $K^- d \rightarrow n'' n'' \pi \Sigma_{\text{forward}} \Sigma_{\text{forward}} \rightarrow \pi n_{\text{detected}}$
- ③ $K^- d \rightarrow \pi'' \Sigma'' n_{\text{detected}}$

- バックグラウンドの強度は前のフィッティングから見積もられている。

$K^- d \rightarrow n'' n'' \pi \Sigma_{\text{forward}}$ は過去の実験の核分布が入っている。

$K^- d \rightarrow \pi'' \Sigma'' n_{\text{detected}}$ は実験結果に合うように見積もられている。

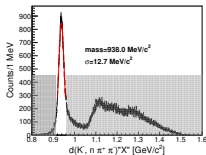
- 断面積への変換

K^0 の運動学 ($\cos \theta$ と運動量) でイベントごとに変換する

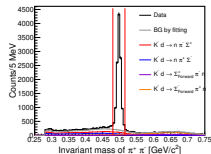
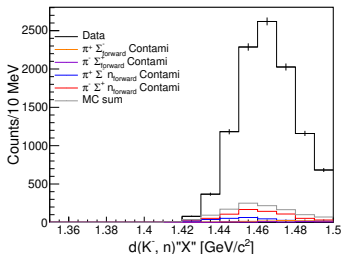
$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dM_{d(K^-, n)}} = F \sum M(\cos \theta, p) \times \frac{1}{A(\cos \theta, p)}$$

アクセプタンスは $M_{n'' K^0}$ の一様分布のモンテカルロから見積もる。

$d(K^-, nK^0)'' n''$ イベント



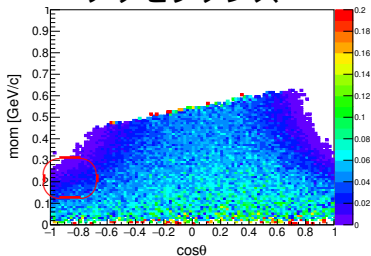
$d(K^-, n\pi^+\pi^-)'' n''$ のイベント選別



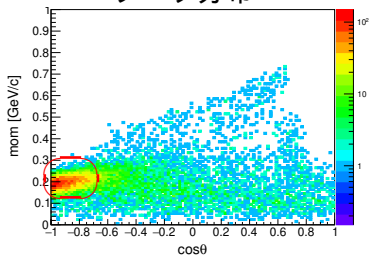
K^0 の選別、色線は p.10 のフィットで見積もられた。バックグラウンドのイベントの分布を表す。

左図は上右図によって K^0 選別されたイベント
色線は他の反応からのバックグラウンド

アクセプタンス



データ分布

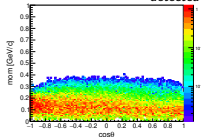


データの分布は赤枠 ($\cos \theta \sim -1, p = 0.2 \text{ GeV}/c$) に集中している。
この部分のアクセプタンスは $\cos \theta$ の中央付近に比べて低い。

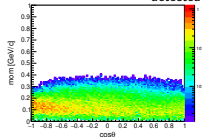
$K^0 \cos \theta_{K0}$ vs mom_{K0} (バックグラウンド)

バックグラウンド反応の各成分

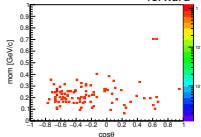
$K^- d \rightarrow \pi^- n \Sigma^+ n_{detected}$



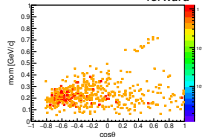
$K^- d \rightarrow \pi^+ n \Sigma^- n_{detected}$



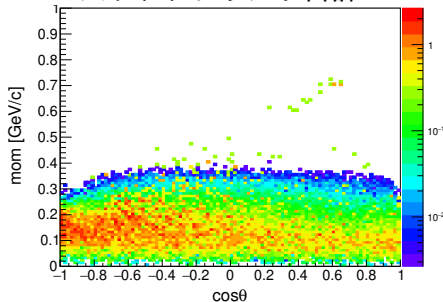
$K^- d \rightarrow n^+ \pi^- \Sigma^+_{forward}$



$K^- d \rightarrow n^+ \pi^+ \Sigma^-_{forward}$



バックグラウンド合計

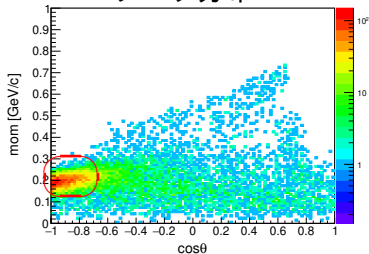


バックグラウンドはデータに比べて $\cos \theta$ の広い部分に分布している。

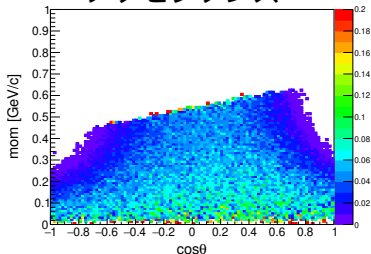
$K^0 \cos \theta_{K0}$ vs mom_{K0}

データは赤枠に集中している
バックグラウンドは一様分布に近い

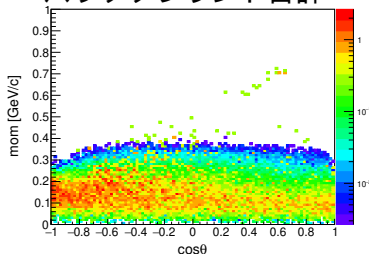
データ分布



アクセプタンス

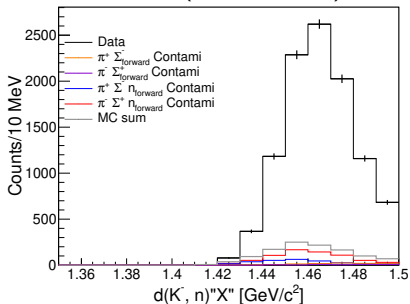


バックグラウンド合計

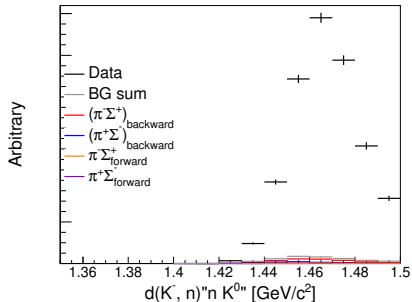


$d(K^-, n)'' K^0 n''$ スペクトラム

補正前 (生カウント)

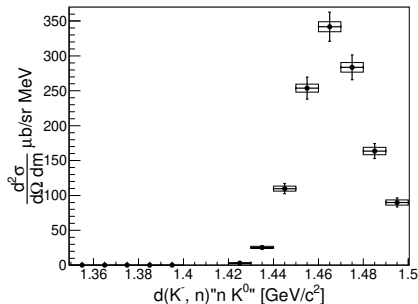


アクセプタンス補正後



データはアクセプタンスの端の低い場所に集中しているので
アクセプタンス補正をするとシグナルが強調される。

$d(K^-, n) \pi^+ n K^0$ の断面積



下のスケールリングファクターで補正
統計エラーは Box で表示
スケールリングファクターのエラーは自乗和で計算

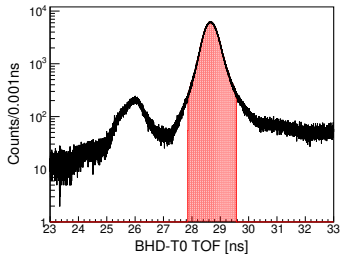
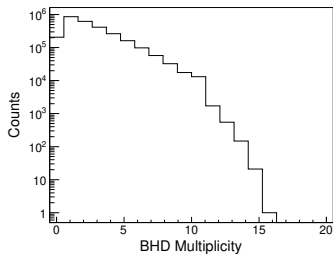
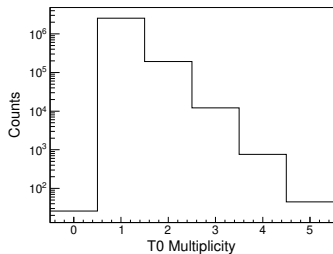
項目	値	エラー	エラー (割合)
ルミノシティ	5.162×10^3	0.014×10^3	2.6%
NC(System) 検出効率	0.291	0.016	5.0%
CDC 検出効率	0.977	0.004	0.41%
合計			5.65%

ビームライン解析リスト

p.22~p.26

- ① T0 1 ヒット
- ② BHD-T0 TOF が Kaon
- ③ BLC1 1 トラック
- ④ BLC2 1 トラック
- ⑤ ビーム運動量解析
- ⑥ ビーム運動量と BHD セグメントの適合
- ⑦ BPC 1 トラック
- ⑧ BLC2 と BPC の接続
- ⑨ ビームが標的に当たっているか

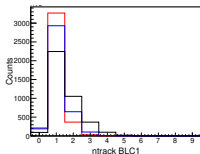
BHD-T0 解析



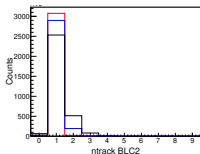
- T0 が 1 ヒットのイベントを選ぶ
BHD の 1hit はイベントを減らしすぎる
ので要求しない
- BHD-T0 TOF は 3σ で要求 (赤領域)。

BLC1/2 解析

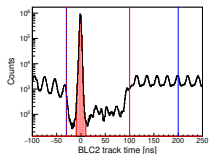
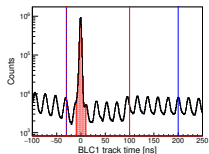
BLC1



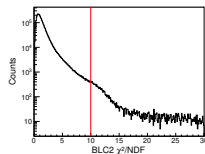
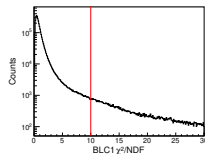
BLC2



トラックの数、黒線はすべて
青は $-50 \sim 200\text{ns}$ の時間窓
赤は $-50 \sim 100\text{ns}$ の時間窓



トラックの通過した時間
0 にビームに同期したピークが見える
 $-50 \sim 100\text{ns}$ に 1 トラック
それがビームに同期している (赤領域)
であることを要求する



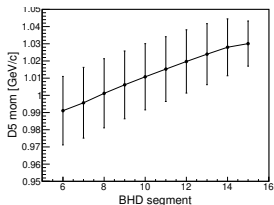
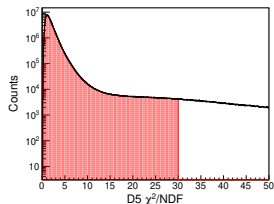
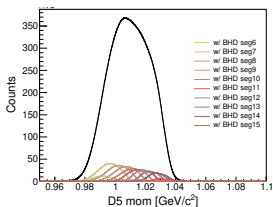
χ^2/NDF 分布、
10 以下 (赤線) であるものを
ビームとみなす。

ビーム運動解析—BLC1-D5-BLC2

ビームの運動量解析は BLC1/2 に挟まれた
D5 マグネットの輸送行列で BLC1 と BLC2 の
トラックをつなぐことで行う。

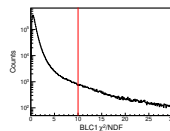
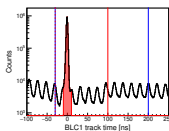
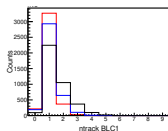
繋がれたトラックの $\chi^2/NDF < 30$ (赤線)
をビームとみなす。

BHD のヒットセグメントと
 3σ 以内の相関があることを要求する。

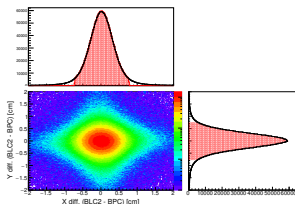


左図は解析されたビームの運動量、色線は BHD が 1 ヒットのイベントでの BHD のヒットセグメントと運動量の関係
右図は、各 BHD セグメントとビーム運動量の中心地とビームとして受け入れる領域 3σ を示している

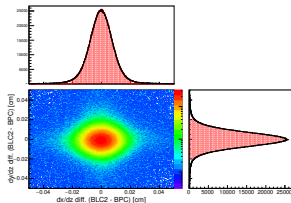
BPC 解析



BPC 単体の解析とビーム選別は p.23 の BLC と同様



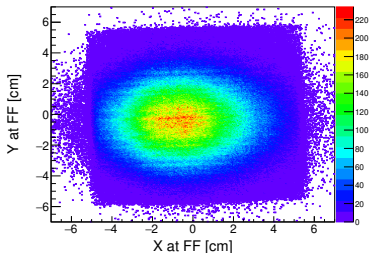
BLC2 と BPC の位置の違い、
BLC2 と BPC の中心点に外装して評価してある



BLC2 と BPC のトラックの向きの違い

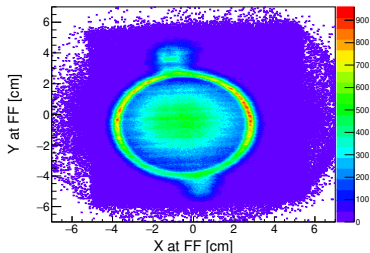
BLC2 と BPC の接続は位置、向きとも 3σ の範囲内 (赤領域) で接続できることを要求する。

ターゲット中心でのビームプロファイル



バイアスのない Kaon トリガーでのプロファイル

右図の領域を液体 D_2 標的に当たった Kaon ビームとして Kaon トリガー中
の実際の Kaon であるイベントの割合
を評価する。



CDH2 ヒットのトリガー、反応を要求、でのプロファイル

