

J-PARC K1.8BR ビームラインスペクトロメータの性能評価

- K1.8BRビームライン
- K1.8BRビームラインスペクトロメータ
- TOF測定との比較による評価

東大理 橋本直

for J-PARC E15/E17/E31 collaboration

J-PARC E15/E17/E31 collaboration

橋本直, 石川隆, 佐藤将春, 鈴木隆敏, 施赫シ, 早野龍五, 藤原裕也, 山崎敏光^A,
板橋健太^A, 岩崎雅彦^{A, F}, 應田治彦^A, 大西宏明^A, 岡田信二^A, 佐久間史典^A,
友野大^A, Y. Ma^A, 飯尾雅実^B, 石元茂^B, 岩井正明^B, 鈴木祥仁^B, 関本美知子^B,
豊田晃久^B, 石黒洋輔^C, 佐田優太^C, 永江知文^C, 平岩聡彦^C, 藤岡宏之^C,
松田恭幸^D, 味村周平^E, 井上謙太郎^E, 榎本瞬^E, 川崎信吾^E, 野海博之^E,
康寛史^F, 徳田真^F, 塚田暁^G, 阪口篤志^H, 福田共和^I, 溝井浩^I, 谷田聖^J,
H. Bhang^J, S. Choi^J, 石渡智一^K, 鈴木謙^K, P. Buehler^K, M. Cargnelli^K,
J. Marton^K, E. Widmann^K, B. Wunschek^K, J. Zmeskal^K, P. Kienle^L, 竜野秀行^M,
M. Bragadireanu^M, C. Curceanu^M, C. Guaraldo^M, M. Iliescu^M, K. Piscicchia^M,
M. Poli Lener^M, A. Scordo^M, A. Romero Vidal^M, D. Sirghi^M, F. Sirghi^M,
O. Vazquez Doce^M, G. Beer^N, L. Busso^{O, P}, D. Faso^{O, P}, O. Morra^O, H. Yim^Q

東大理, 理研^A, KEK^B, 京大理^C, 東大教養^D, 阪大RCNP^E, 東工大^F, 東北理^G,
阪大理^H, 大阪電通大^I, ソウル国立大^J, SMI^K, ミュンヘン工大^L, INFN-LNF^M,
Victoria大^N, Torino大^O, INFN-Torino^P, KIRAMS^Q

K1.8BR @ J-PARC ハドロンホール

BeamLine
Spectrometer
この講演！

Neutron TOF counter
榎本 11pSC-3

^3He target
(D_2 target: 川崎 14aSA-10)

CDS: 佐田 11pSC-2
BPD&BPC: 井上 11pSC-4

J-PARC K1.8BRにおける実験

閾値近辺でのKN(K-nucleus)相互作用に関連した実験 0.9/1.0 GeV/c のK-ビームを使用

- **E15: Search for deeply bound kaonic nuclei**

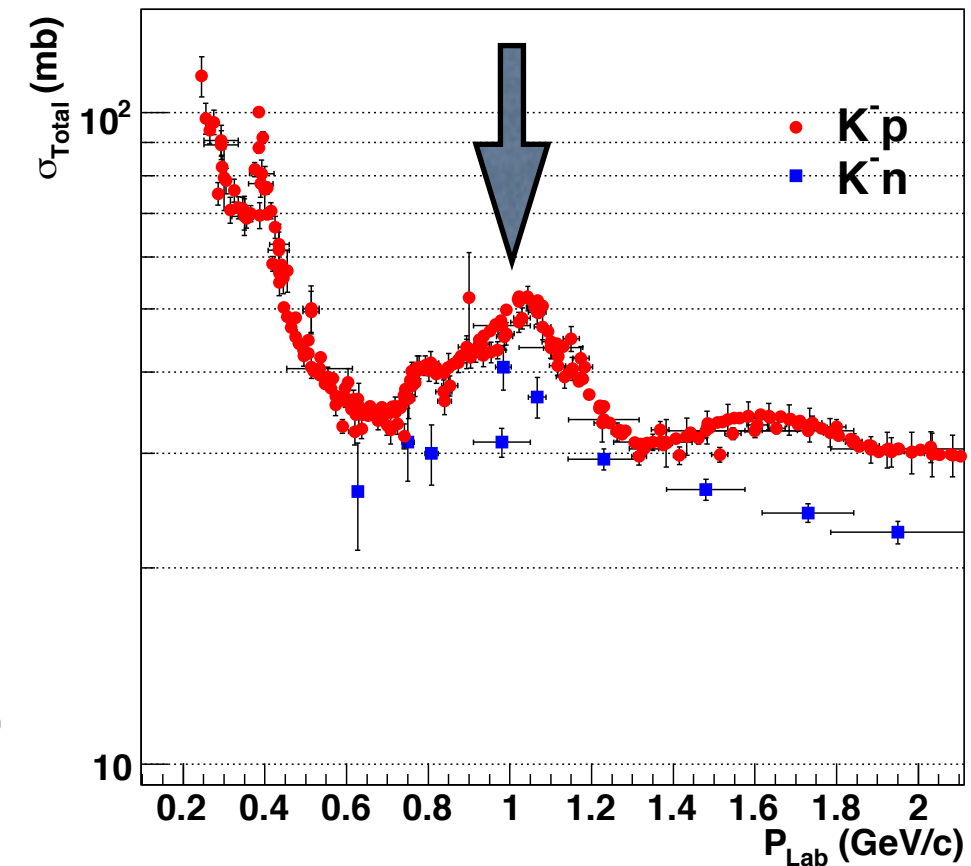
- 1.0 GeV/c K- beam
- ${}^3\text{He}(\text{K}^-, \text{n}) \text{K}^- \text{pp}, \text{K}^- \text{pp} \rightarrow \Lambda \text{p}$

- **E17: Kaonic helium atom X-ray**

- 0.9 GeV/c K- beam
- stop K- on ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$

- **E31: Spectroscopic study of $\Lambda(1405)$**

- 1.0 GeV/c K- beam
- $\text{d}(\text{K}^-, \text{n}) \Lambda(1405), \Lambda(1405) \rightarrow \Sigma \pi$



ビームスペクトロメータへの要求

- **E15/E31**
 - Missing Mass分解能は主に前方TOF分解能が決める。
 - ビーム運動量分解能は0.3%@1GeV/c程度で十分
 - 絶対値は最終的に反応を用いて決定
- **E17**
 - Kビームを止めるためにビーム運動量の絶対値を知りたい。
 - ^3He 標的(1 g/cm²)に止められる運動量幅は $\pm 0.3\%$ 程度 @ 900 MeV/c

	$^3\text{He}(\text{K}^-, \text{n})\text{K}^+\text{pp}$	$^3\text{He}(\text{K}^-, \text{p})\text{K}^+\text{pn}$	$^3\text{He}(\text{K}^-, \text{d})\Lambda^*$
散乱粒子運動量	1.3 GeV/c	1.3 GeV/c	1.6 GeV/c
TOF分解能	150ps?	100ps?	100ps?
運動量分解能	9 MeV/c	6 MeV/c	4 MeV/c
MissingMass分解能	9 MeV/c	6 MeV/c	5 MeV/c

前方散乱粒子の分解能のみを考慮

ビームラインスペクトロメータ

- **D5電磁石**

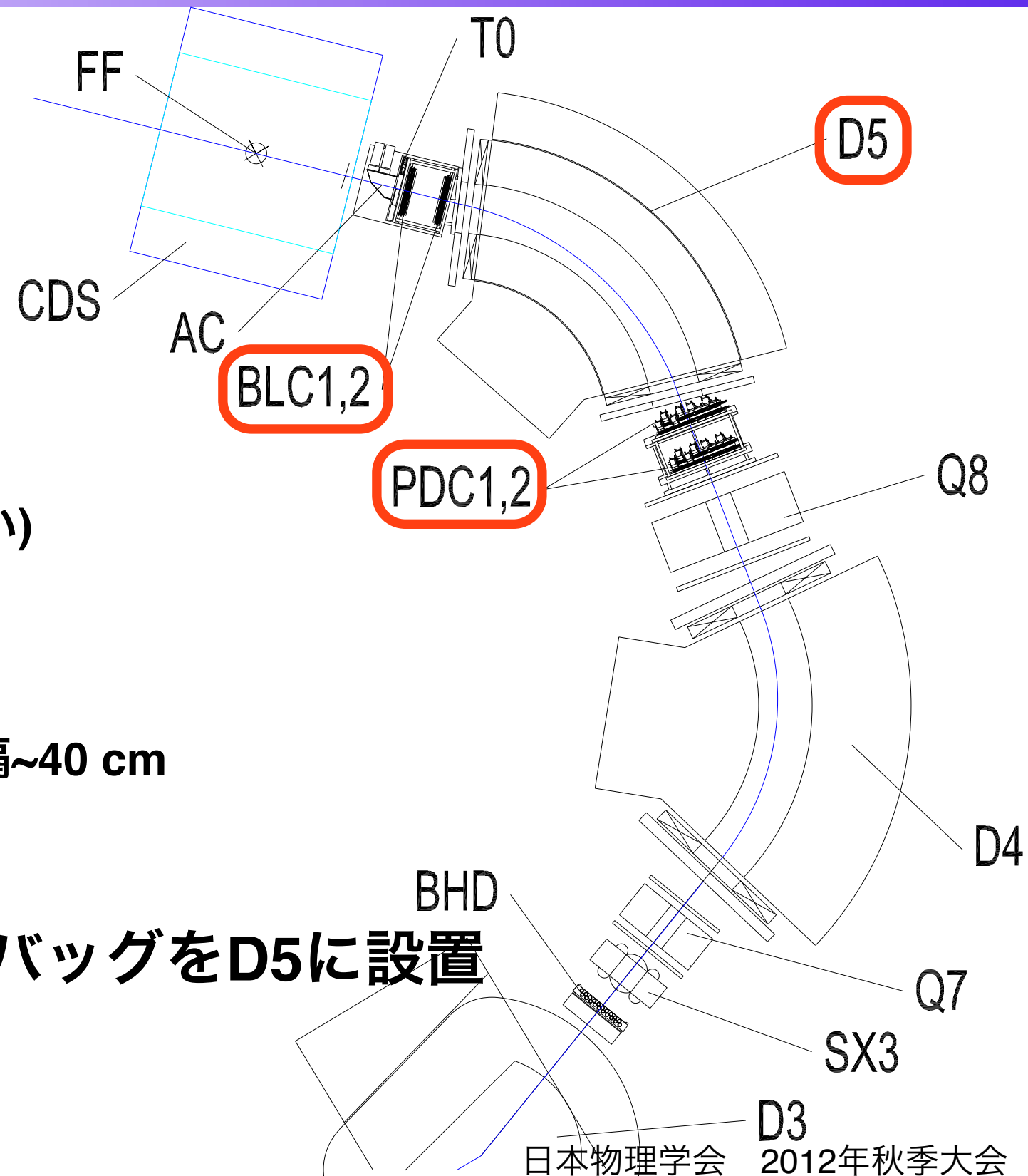
- 磁場 $\sim 1.63 \text{ T @ } 1 \text{ GeV/c}$
常にモニター
(Lakeshore 475, 分解能0.1G)
- bending angle 55 degrees
- 有効長 1959 mm (実測値ではない)

- **D5前後にMWDCを設置**

- $UU'VV'UU'VV'(\pm 45 \text{ deg}) \times 2$, 間隔 $\sim 40 \text{ cm}$
- typical resolution $\sim 200 \text{ um}$

- **散乱を減らすためヘリウムバッグをD5に設置**

- 38um Mylar window+He(2.2m)



予想される性能

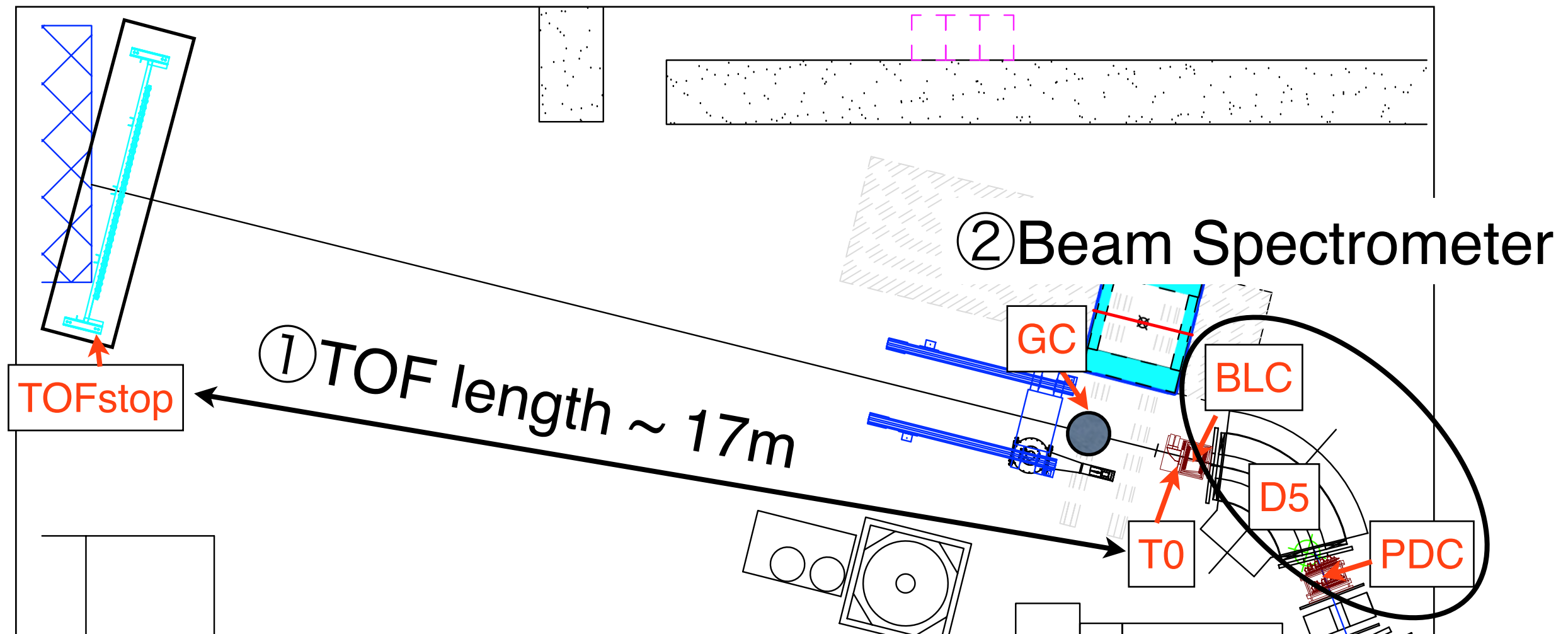
	x[cm]	θ [mrad]	y[cm]	Φ [mrad]	l[cm]	δ [%]
x'[cm]	0.19678	0.20554	0	0	0	-1.33079
θ' [mrad]	-4.6338	0.24164	0	0	0	-7.67738
y'[cm]	0	0	1.23585	0.32661	0	0
Φ' [mrad]	0	0	1.55747	1.22077	0	0
l'[cm]	0.76774	0.12565	0	0	1	-0.28727
δ' [%]	0	0	0	0	0	1

- Transportによる1次の転送行列
- $\delta = [(\theta' - \theta) + 3.75 (x' + x) - 0.11 (x' - x)] / 12.5$
 $\rightarrow \Delta\delta \sim (\Delta\theta + 3.75\Delta x + 0.11\Delta x) / 12.5$
 $\sim \mathbf{0.12 \% @ 1 GeV/c}$
- MWDCの角度分解能 $\Delta\theta \sim 0.7 \text{ mrad}$
- 散乱による $\Delta\theta \sim 0.7 \text{ mrad}$, $\Delta x \sim 0.2 \text{ cm}$

TOF測定との比較による性能評価

評価方法

as of Feb. 2012, before NC installation



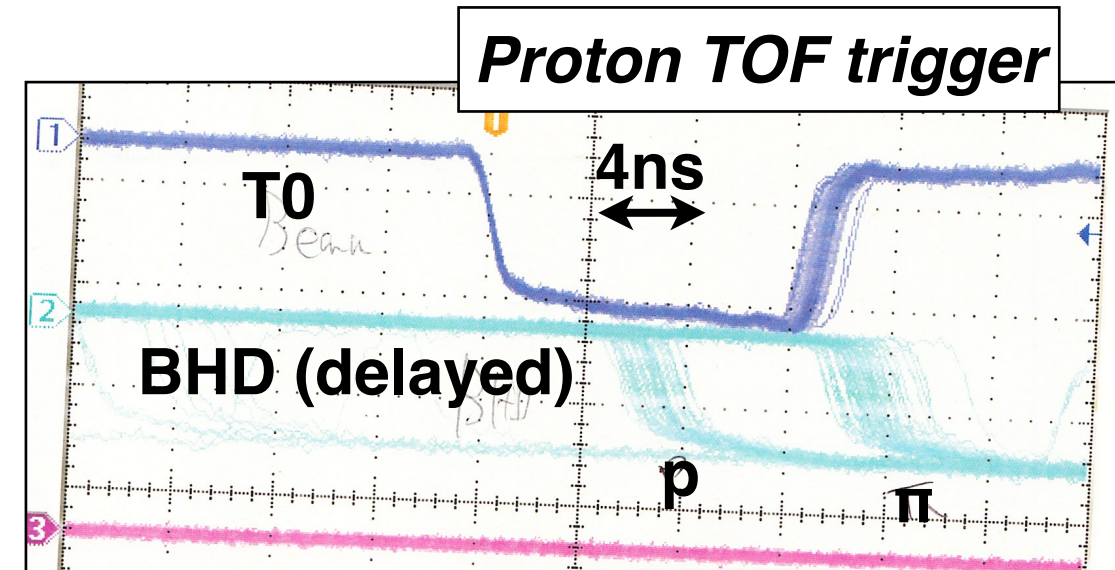
2つの手法の比較でビーム運動量の分解能、絶対値を評価

① 17m TOFから決めたビーム運動量

② ビームスペクトロメータでのトラッキング

評価方法

- 遅い反陽子を利用
 - BHD-T0 online TOFによる p/pbar trigger
 - CMはproton設定
- TOF による運動量の絶対値決定のためT0-TOFstop間の物質量を最小に押さえた。(GCのみ)
- 電子($\beta=1$)によるタイムオフセット調整
 - GCを用いてelectron trigger を生成
- X方向のスリット全開(mom bite $\pm 3\%$)
- Run40 (2012年2月) にデータ取得



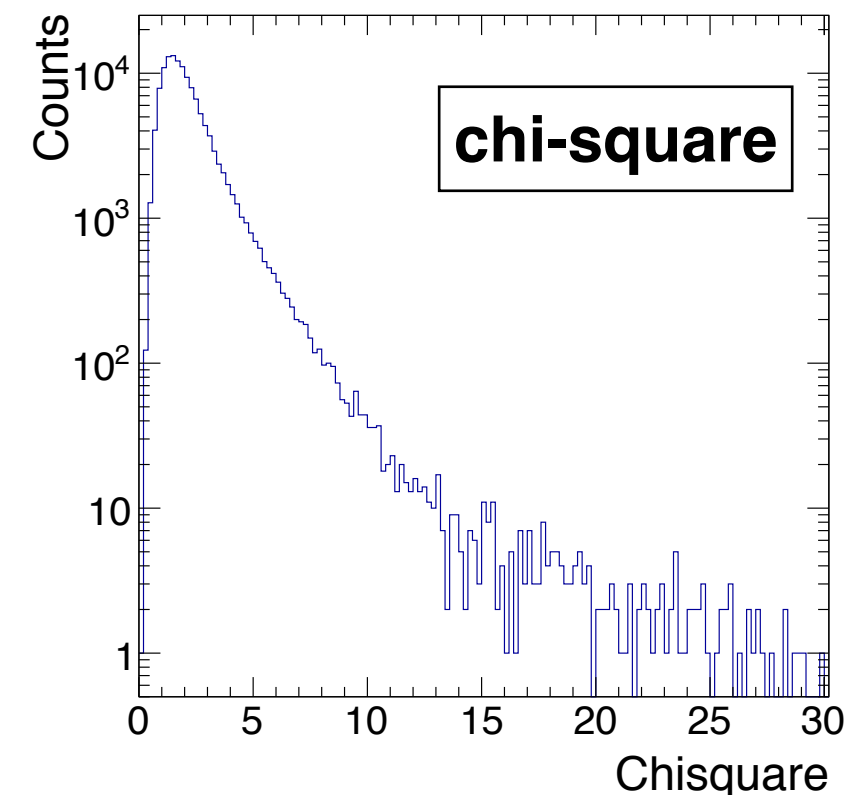
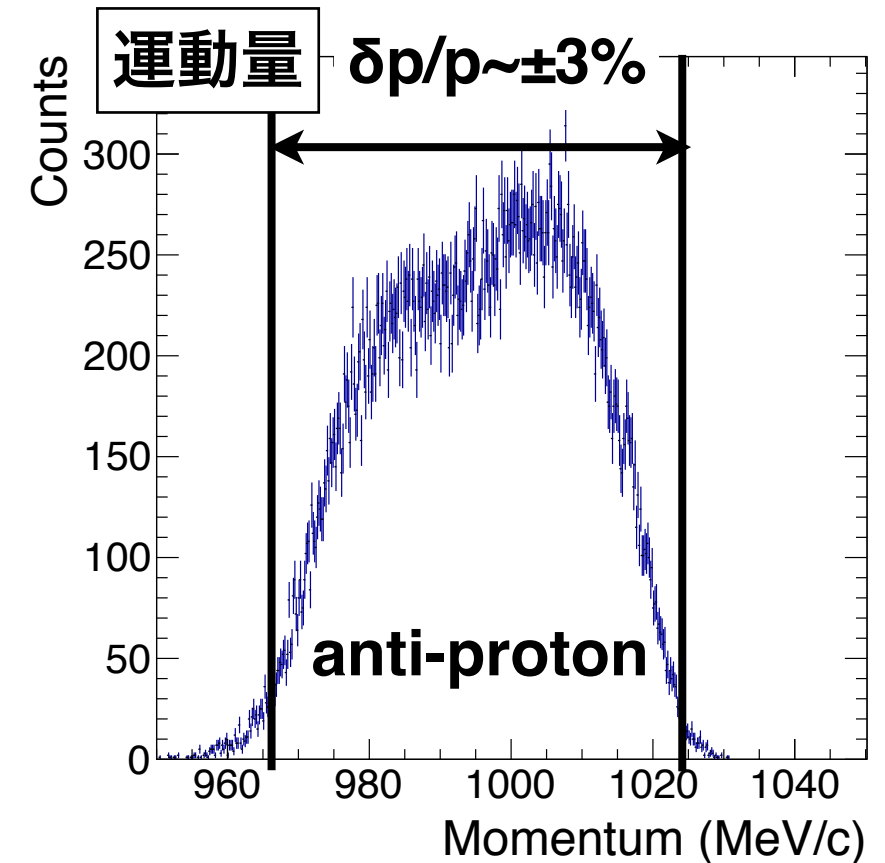
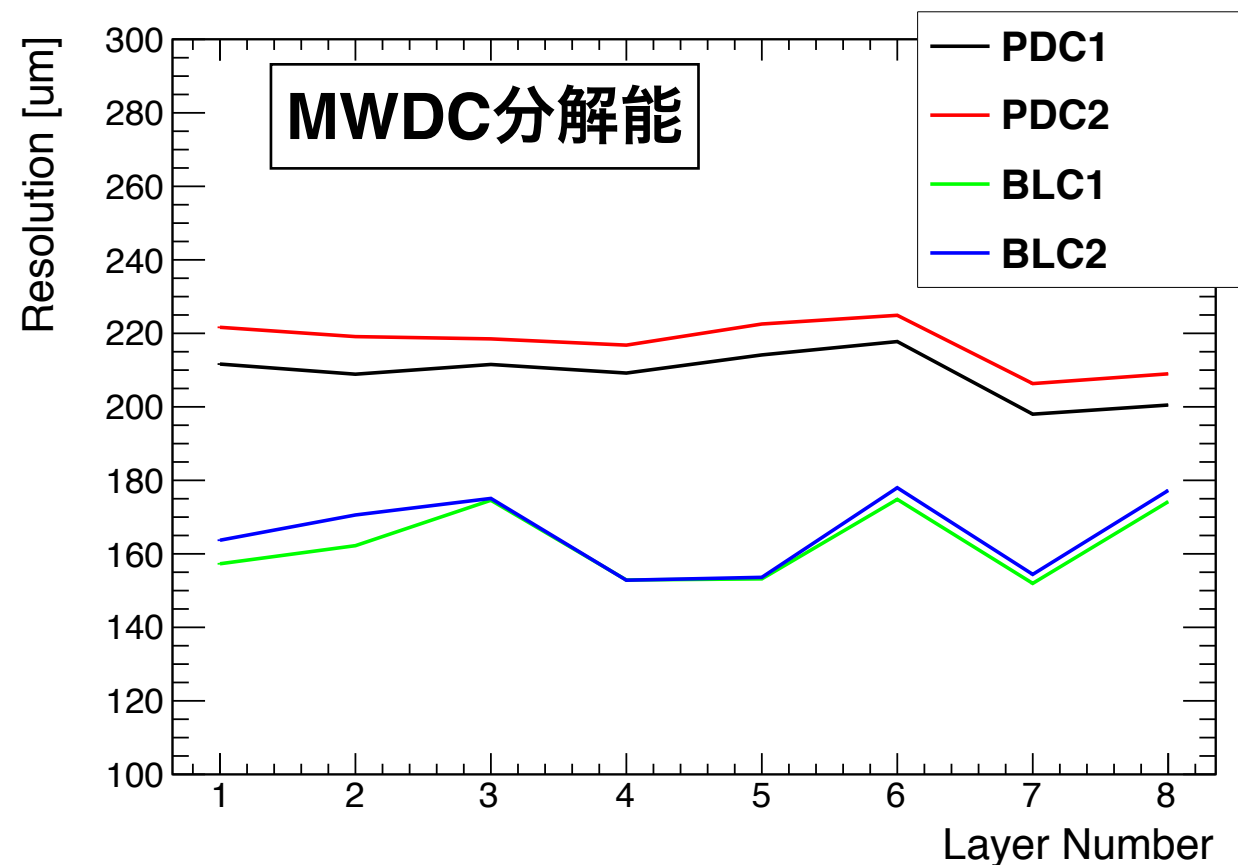
ビームスペクトロメータ

• TMinuit Fitting

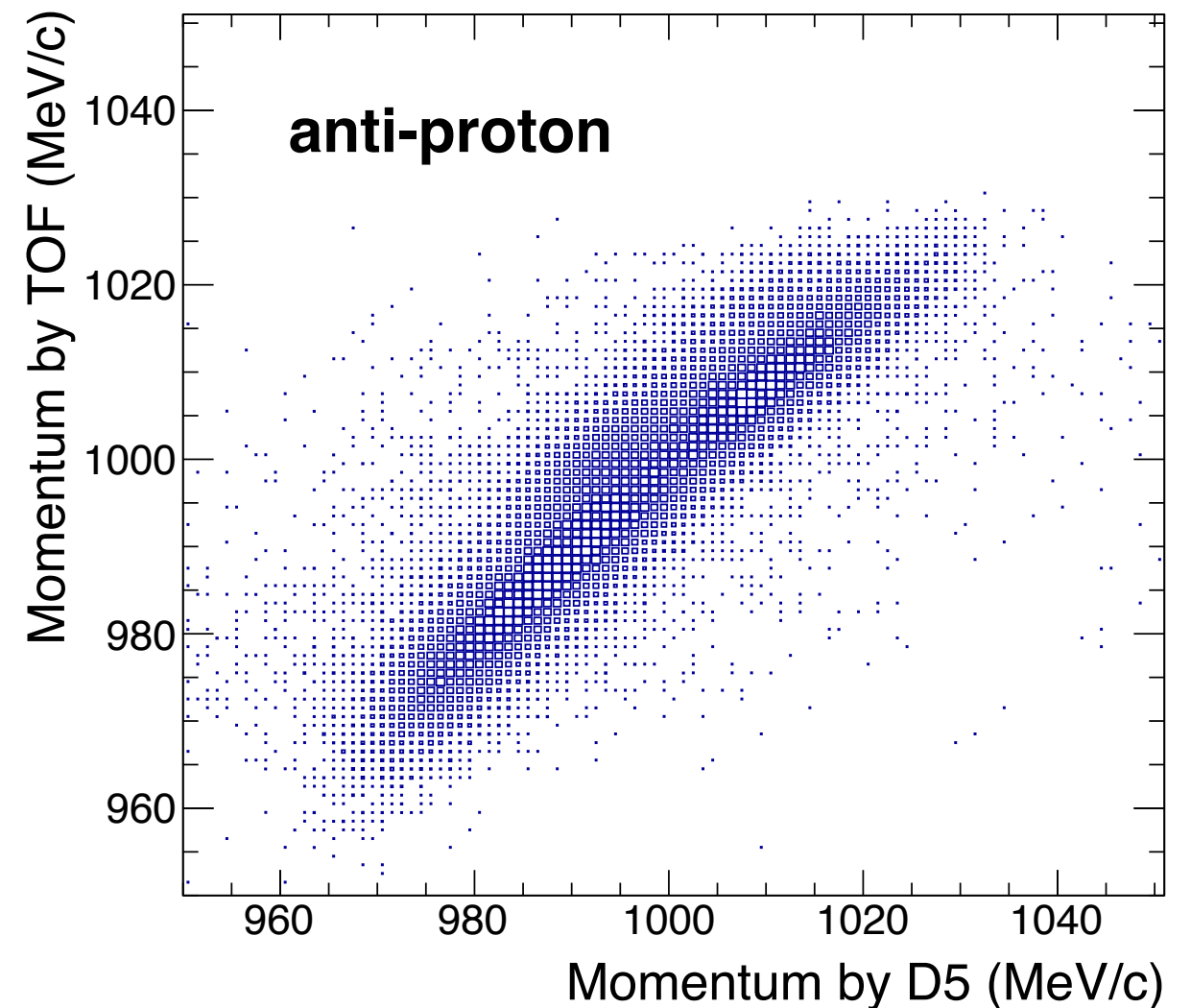
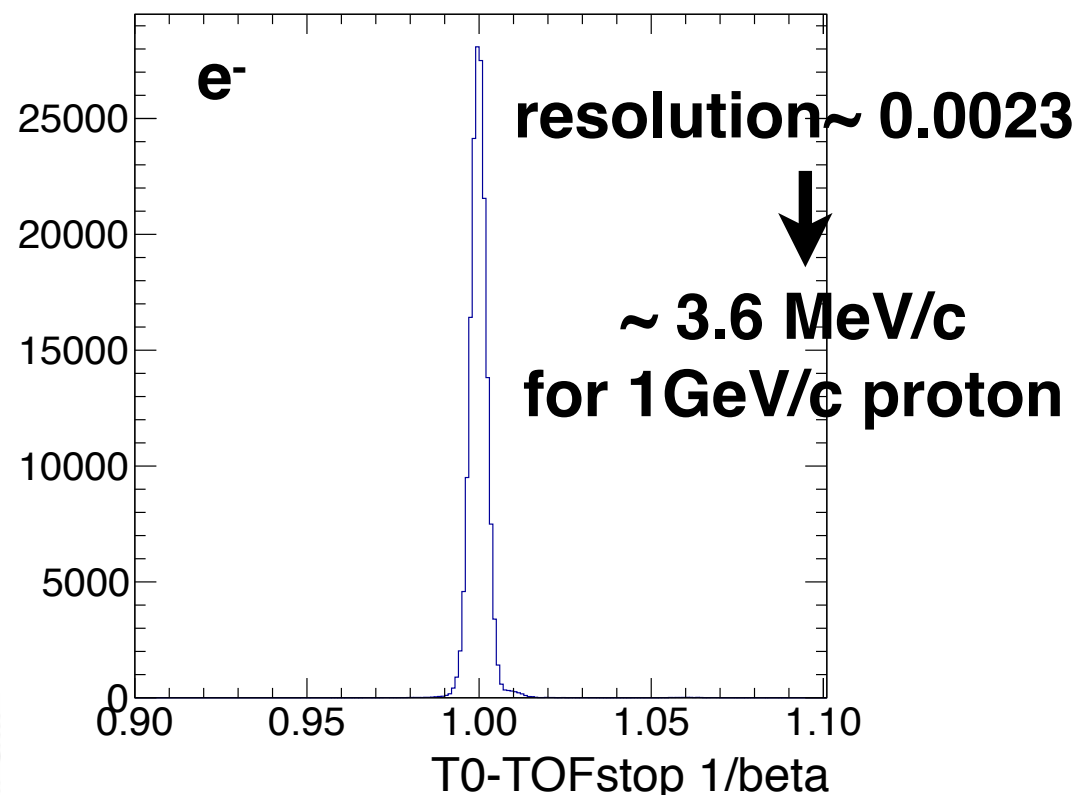
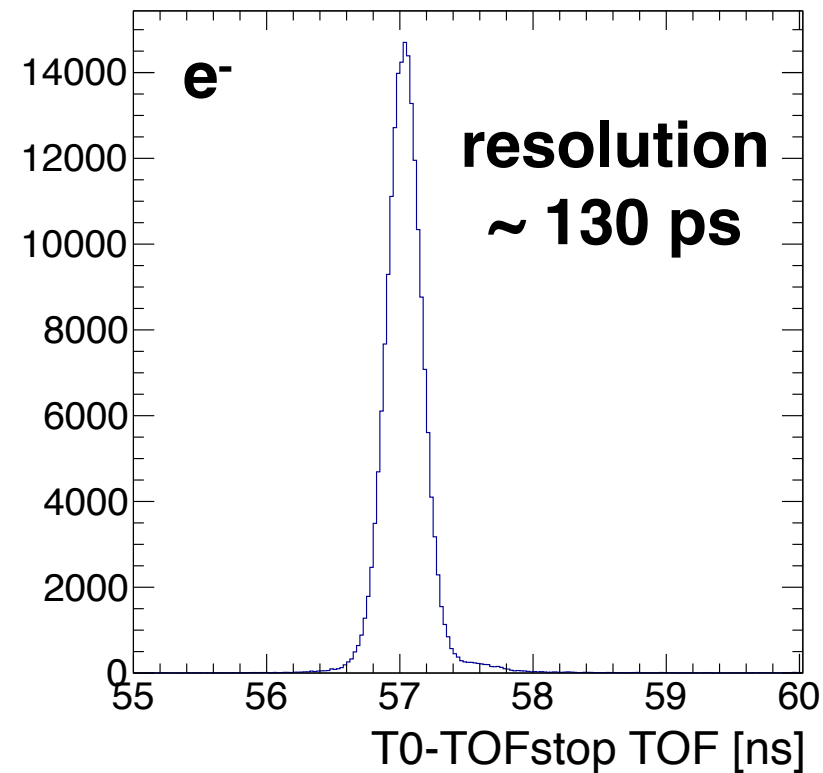
- 2次の転送行列でPDC-BLCを接続
- parameter: $x, \theta, y, \phi, \delta p$ (at PDC)

$$\chi^2 \equiv \frac{1}{n-5} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i^{tracking} - x_i^{data}}{w_i} \right)^2$$

resolution



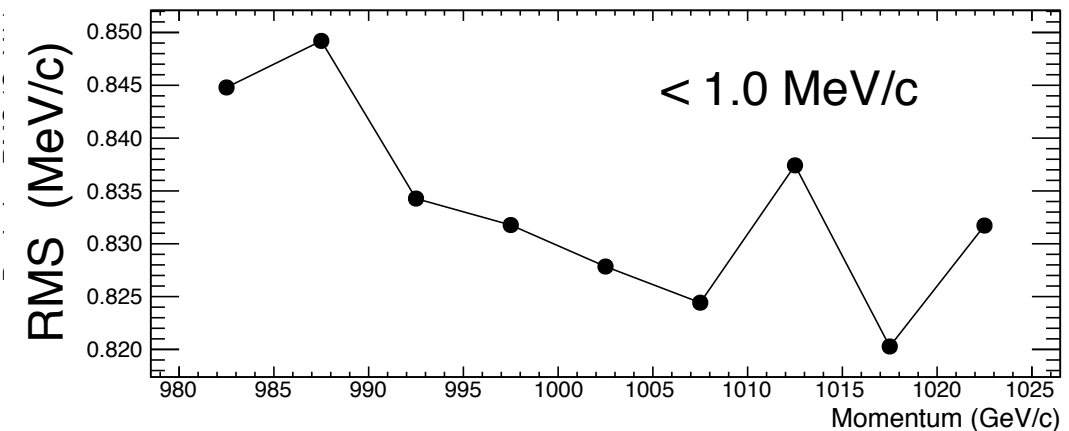
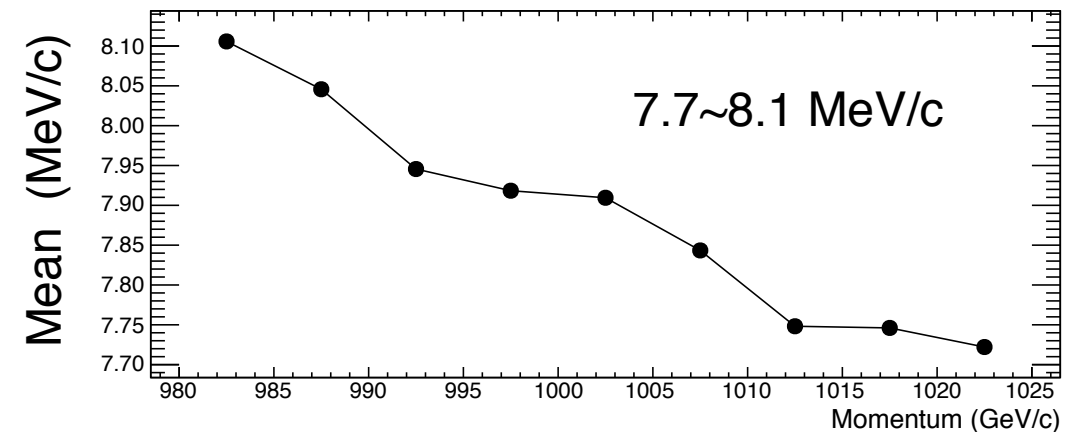
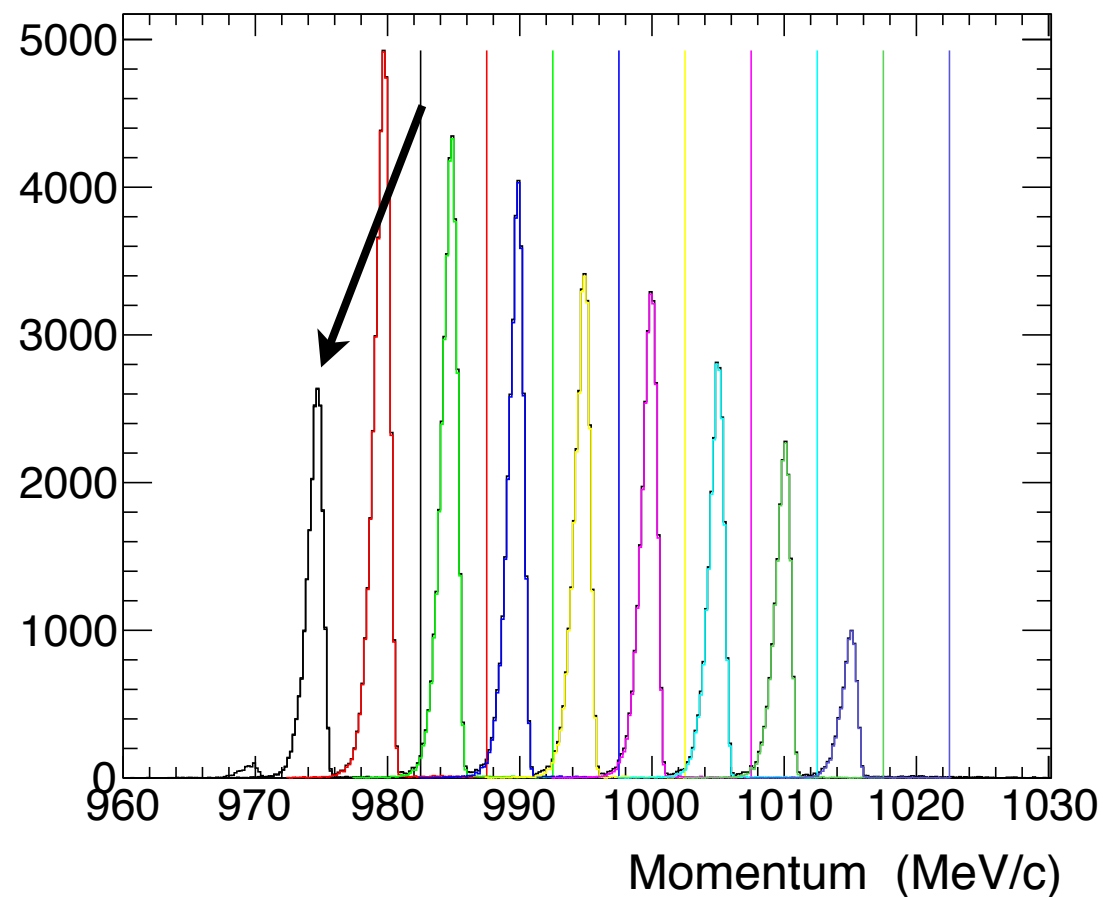
TOF測定との比較



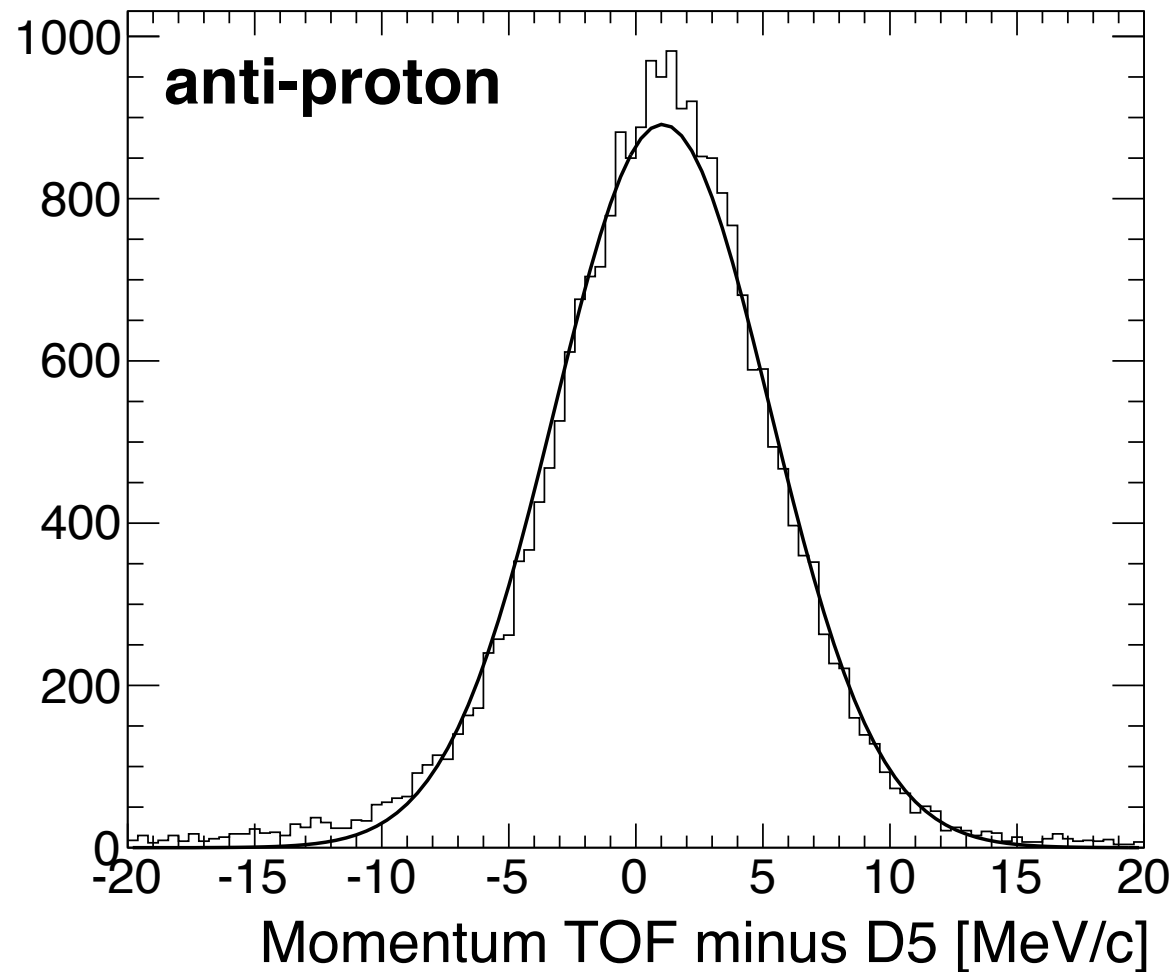
- 正しい相関が
細く見えている！

エネルギー損失の補正

- Geant4でエネルギー損失&多重散乱の影響を見積もる
 - T0(CH) $\sim 1\text{g/cm}^2$, 空気 $\sim 2\text{g/cm}^2$, GCは考慮せず
 - 実際のビームプロファイルと仮定した運動量で粒子を発生
 - 実データと同様の解析を行いTOFから運動量を求めた。

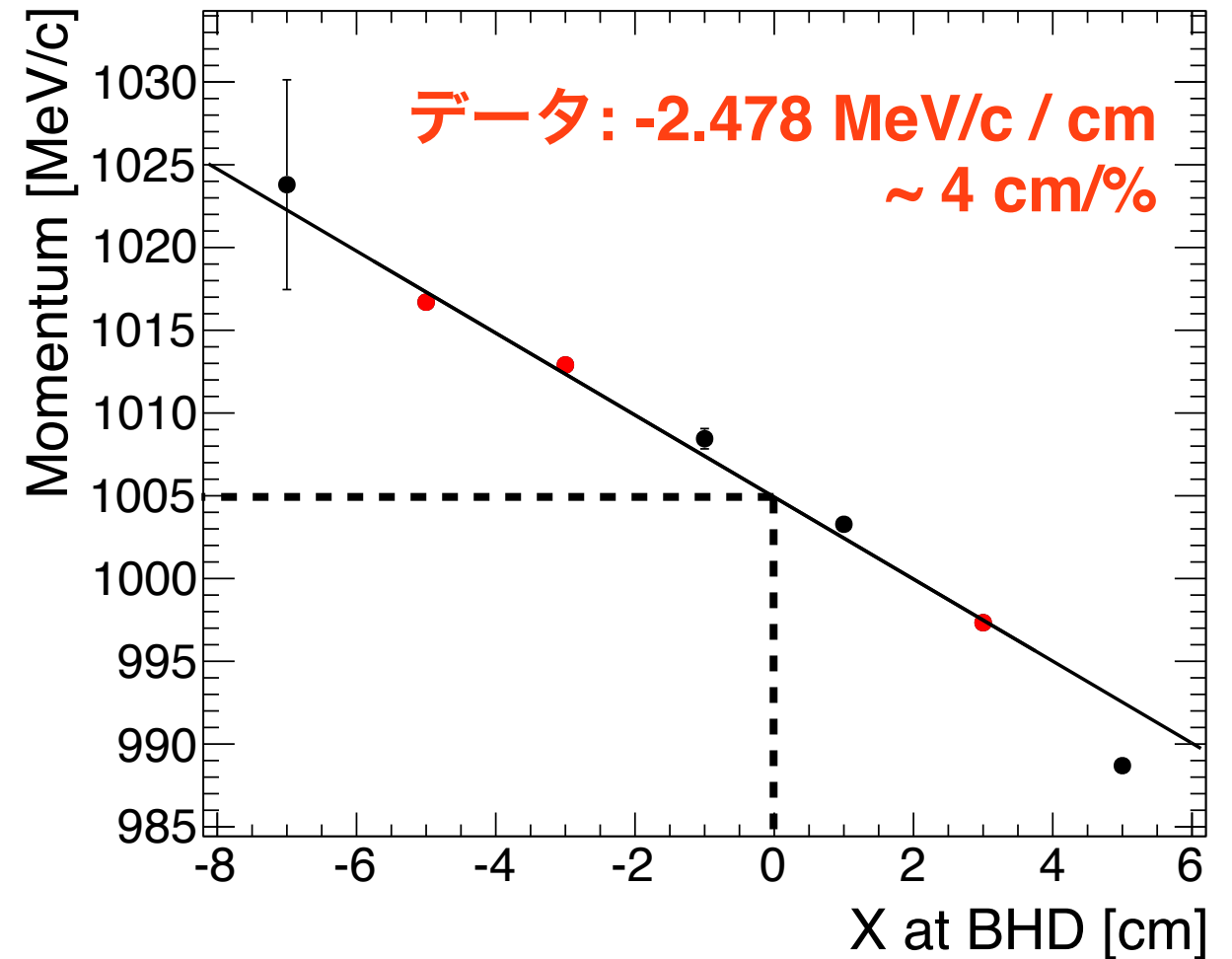


分解能&中心運動量



運動量分解能
 $2.2 \pm 0.2 \text{ MeV/c}$
(TOF分解能 $\sim 3.6 \text{ MeV/c}$ を考慮)

設計値: $R_{12} \sim 0$, $R_{16} \sim 4 \text{ cm/\%}$ @ BHD



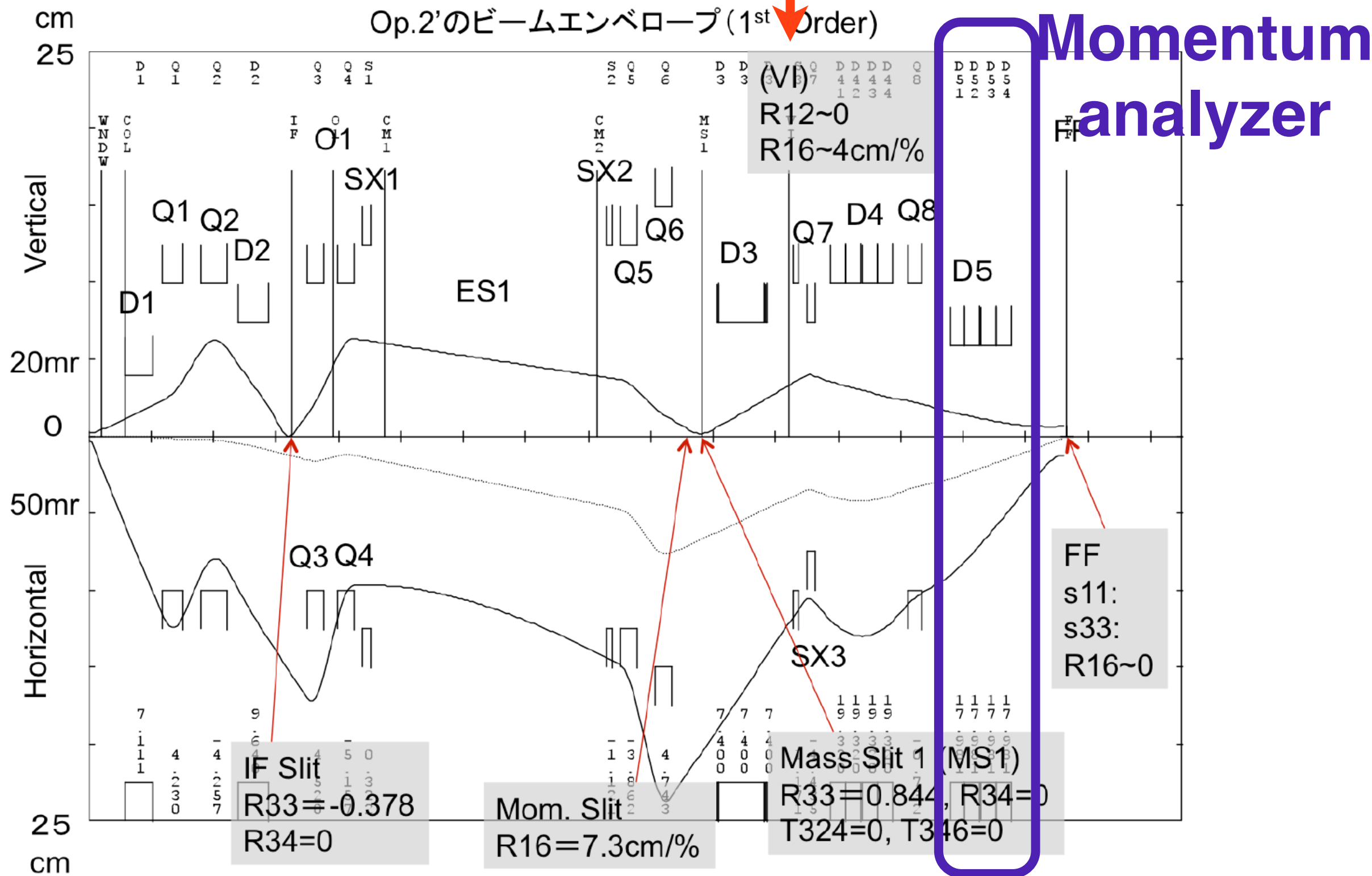
中心運動量
 $1005 \pm 3 \text{ MeV/c}$
要systematic study

まとめ

- J-PARCハドロンホールK1.8BRビームラインでは
0.9 ~ 1.0 GeV/c のK中間子ビームを用いた実験を行う。
- TOF測定との比較を行い、ビームラインスペクトロメータ
が十分なビーム運動量分解能を持つことを確認した。
 $0.22 \pm 0.02 \% @ 1.0 \text{ GeV/c}$
- ビーム中心運動量の絶対値を(暫定的に)決めた。
 $1005 \pm 3 \text{ MeV/c} @ 1.0 \text{ GeV/c}$
反応できちんと確認したい。
stop-K調整のinputとするには 0.9 GeV/cにスケールする必要がある。

K1.8BR beam optics

WSD?



K1.1D1, K1.8D5

- K1.1D1の干渉→K1.8D1をKビームがFFで中心にくるように調整 (Run#43)
- Run#40 ではK1.8D1固定でK1.8D5でKビームの中心をあわせていた。

