

ATLAS実験のアップグレードに向けた ミュオントリガーのシミュレーション

所属：東大理 高工研^A 神戸大自然^B ハンブルク大^C

道前 武

奥山豊信 徳宿克夫^A 長野邦浩^A

石川明正^B 大町千尋^B 岡田勝吾^B 蔵重久弥^B

松下崇^B 早川俊^B 山崎祐司^B

河野能知^C Atlas-Japan HLTグループ

2009年9月10日
日本物理学会 秋季大会

LHCのアップグレード

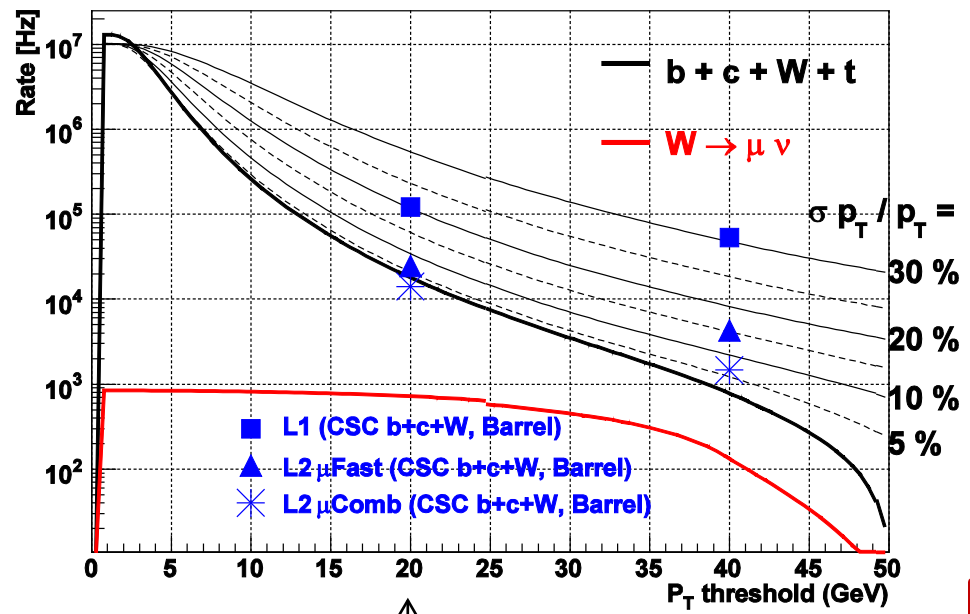
2018年～ LHCからSLHCへアップグレード ルミノシティ

$1 \times 10^{34} [\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}]$ (LHCのデザイン値) $\rightarrow 1 \times 10^{35} [\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}]$

Rateの増加

- Physics Rateは比例して増加する(10倍になる)
- 放射線バックグラウンドによるFake Muonの数が増えRateを上げる
→実データでどうなるかは分からない

Muon Rate at $L=10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



L1でのMuonのRate(@20GeV)
~100kHz (p_T Resolutionが20%のとき)

現在のL1のaccept rateは~100kHz
⇒その内Muonから来るものは~20kHz



目標

L1の p_T Resolutionを20%→10%にまで落としたい

Wを見るためには20GeV位までは見たい
全体のRate: 10kHz @ 20GeV

高いRateを抑えるには ⇒ p_T Resolutionを良くする

今回はL1でどうやったら p_T Resolutionを良くできるかを考える


まずはミュオンシステムだけで何とかできないか？

⇒現在あるミュオンシステムを改良して p_T Resolutionを良くすることができるかシミュレーションを行う

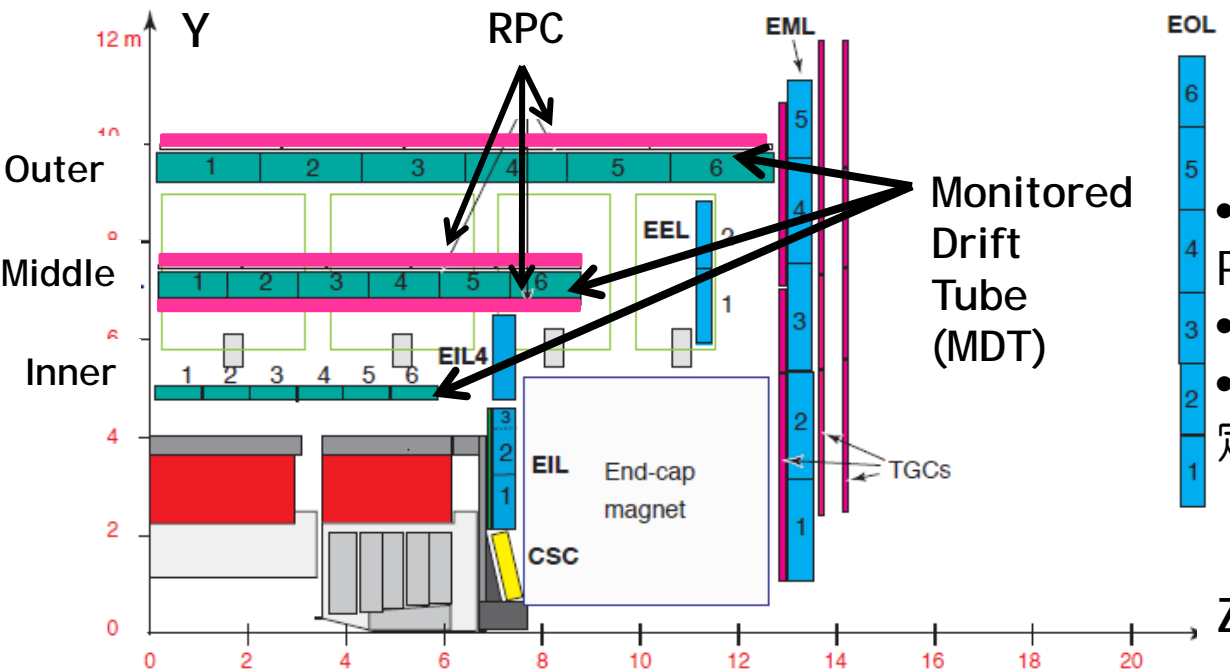
シミュレーションの方法

- Single MuonのMonte Carlo Sampleを使用
- バックグラウンドは今回は考えない
- L1トリガーではハードウェアでCoincidence Matrix等が現実には使えるか考える必要があるが、今回は測定器の位置分解能をそのまま使えたと仮定

Barrel部分に関する アップグレードの検討



Barrel



現在のL1

- MiddleとOuterにあるResistive Plate Chamber(RPC)使用
- RPCの位置分解能:~1[cm]
- 粒子は原点(0,0)から来たと仮定 (sampleのZ vtx : $\sigma=55$ [mm])

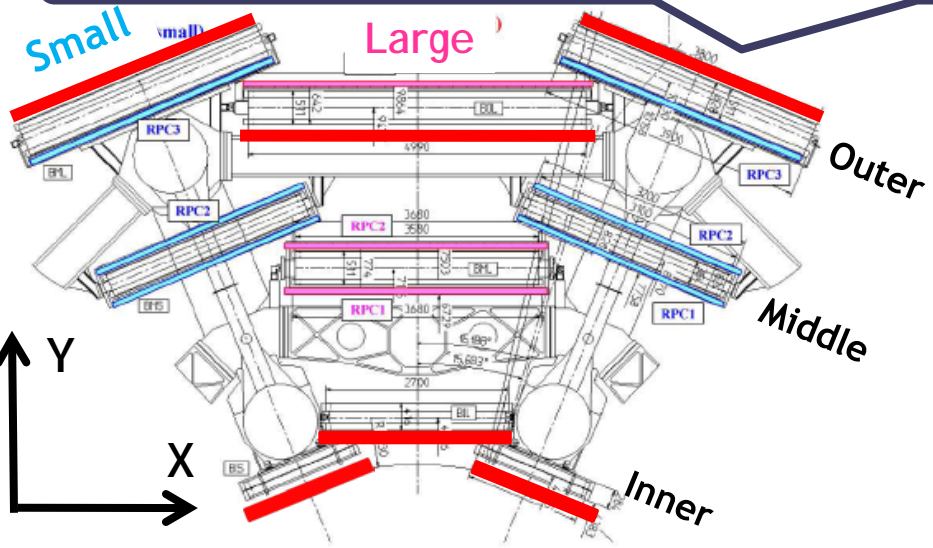


赤:アップグレード用の検出器を入れる場所

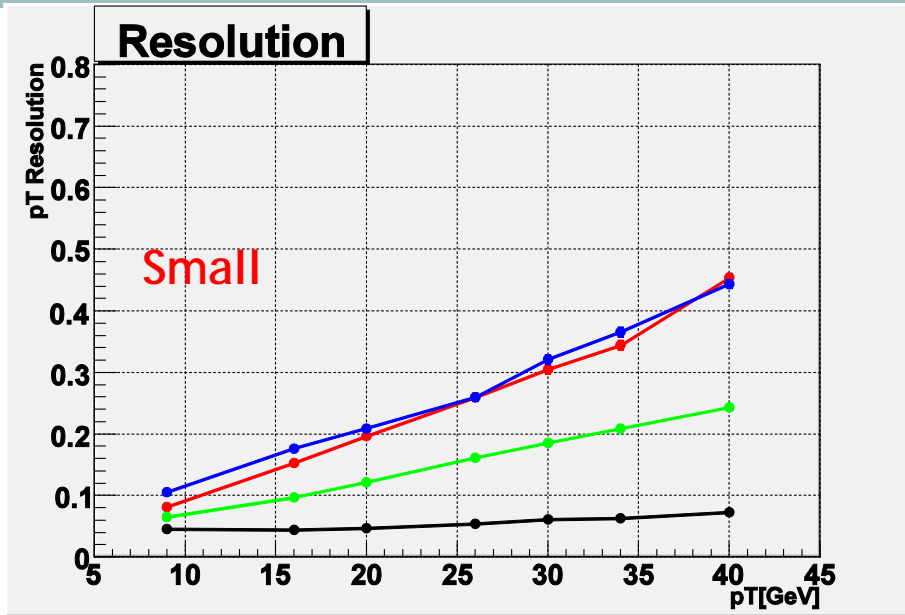
アップグレード

スペースのあるところに新しい検出器を入れることを検討

- Innerの内側
- OuterのRPCと反対の面



今回はMDT(L2で使用)をこの位置に入れてL1で使うとどうなるかをシミュレートした
 MDTの位置分解能:~100[μ m]

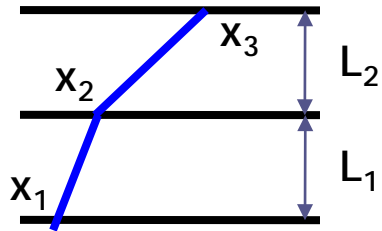


※ p_T は飛跡の曲率半径を用いて計算

	Vertex	Inner	Middle	Outer	
黒	(0,0)	MDT	MDT	MDT	←現在のL2
青			RPC	RPC	←現在のL1
赤		MDT	RPC	RPC	←InnerのみUpgrade
緑		MDT	RPC	MDT	←InnerとOuterの両方をUpgrade

- Innerにだけ位置分解能の良い検出器を入れても p_T Resolutionは良くならない
⇒Vertexを仮定した方がまだ良い
 - InnerとOuterそれぞれに位置分解能の良い検出器を入れる
 - Small Chamber: p_T Resolutionは良くなる (21%(L1)→12% @ 20GeV)
 - Large Chamber: p_T Resolutionは良くならない
- 新しい検出器を入れても p_T Resolutionに対する効果は小さい

p_T Resolutionを良くするためには？

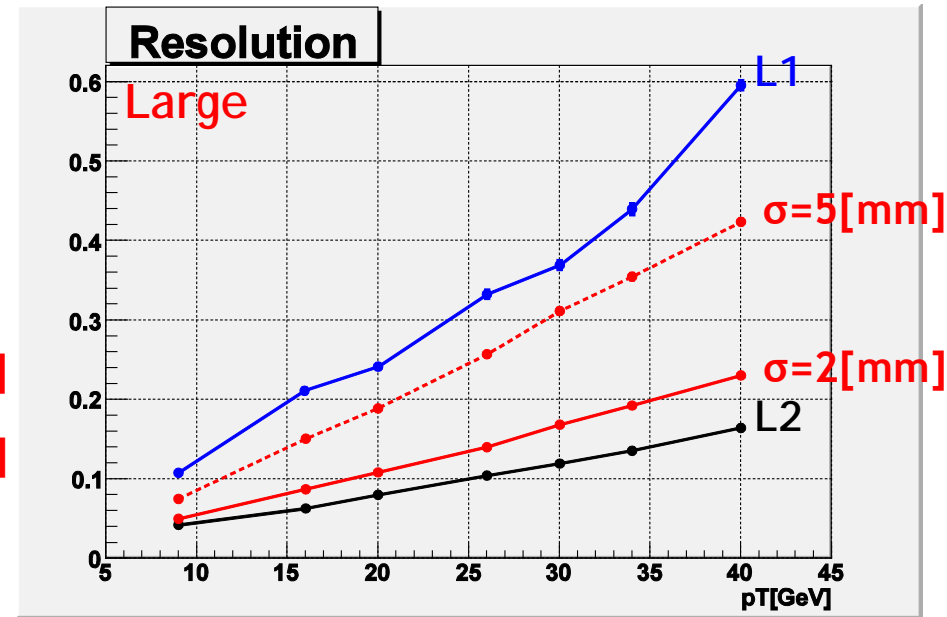
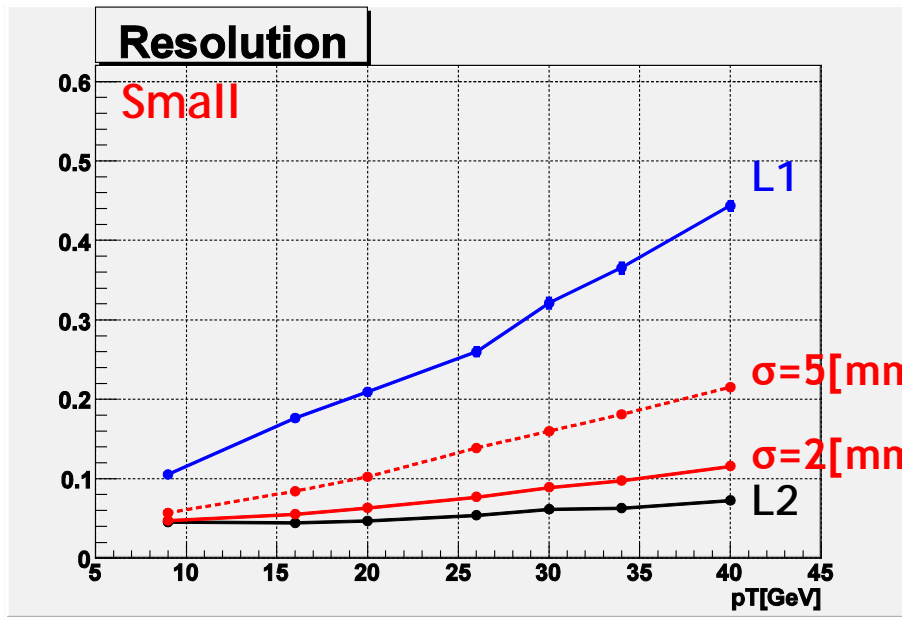


$$\Delta\theta = \frac{x_2 - x_1}{L_1} - \frac{x_3 - x_2}{L_2} = -\frac{x_1}{L_1} + \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)x_2 - \frac{x_3}{L_2}$$

$$\{\sigma(\Delta\theta)\}^2 = \left\{ \frac{\sigma(x_1)}{L_1} \oplus \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\sigma(x_2) \oplus \frac{\sigma(x_3)}{L_2} \right\}^2$$

$L_1 \doteq L_2$ なのでBarrelでは
Middleの位置分解能が
約2倍効く

Inner、Middle、Outerすべての位置分解能を少し良くしてみる



黒: L2 青:L1

赤(実線): I, M, Oの位置分解能~2[mm] 赤(点線): I, M, Oの位置分解能~5[mm]

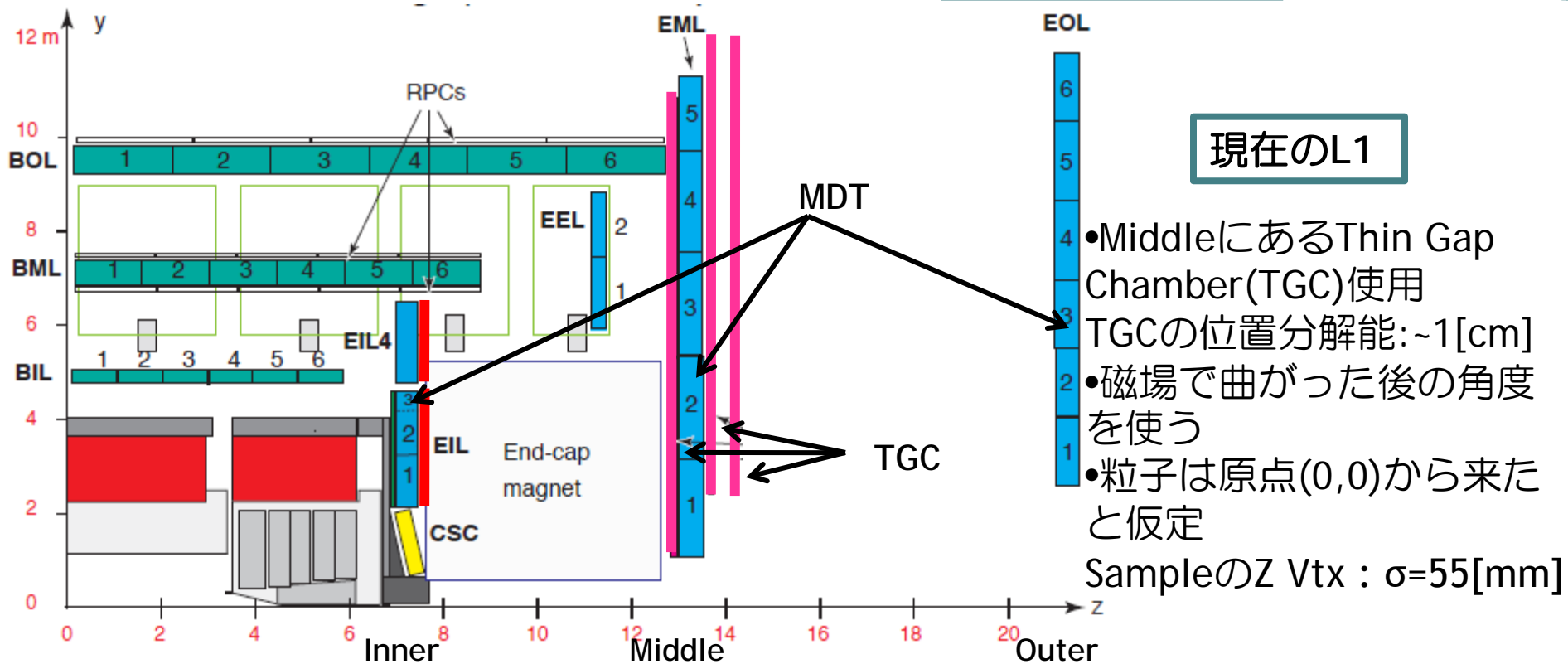
それぞれに位置分解能が~2mmの検出器を使えば p_T Resolutionは大幅に良くなる

Small: 21%(L1)→6% @ 20GeV

Large: 24%(L1)→11% @ 20GeV

End-Cap部分に関する アップグレードの検討





現在のL1

- MiddleにあるThin Gap Chamber(TGC)使用
 - TGCの位置分解能:~1[cm]
 - 磁場で曲がった後の角度を使う
 - 粒子は原点(0,0)から来たと仮定
- SampleのZ Vtx : $\sigma=55[\text{mm}]$

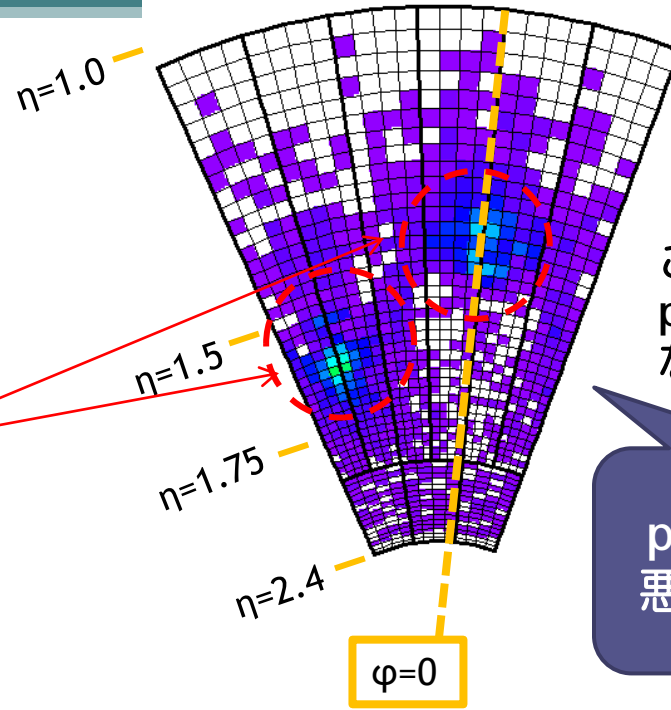
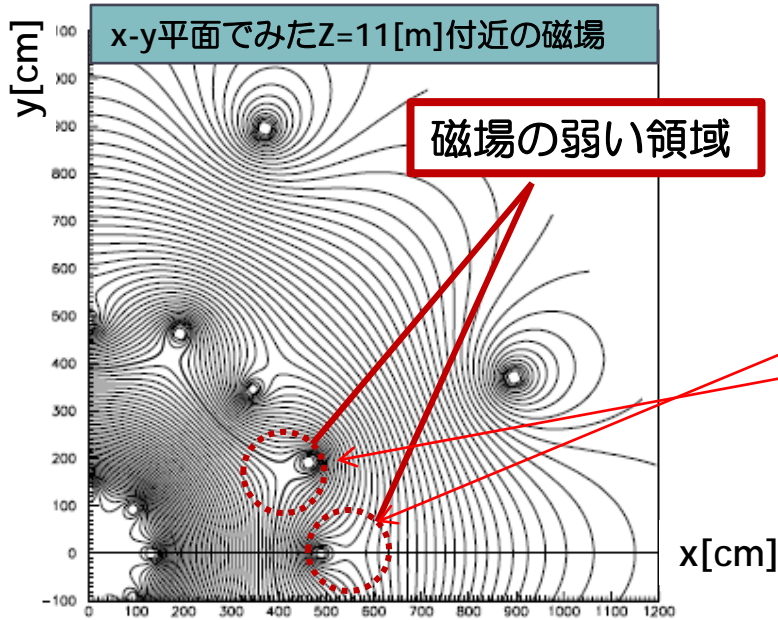
アップグレード

放射線のダメージを受けたInnerをすべて変える可能性がある
 ⇒Innerもトリガーに使えるものに変えてみる

今回はMDTをInnerの位置に入れてL1で使うとどうなるかをシミュレートした

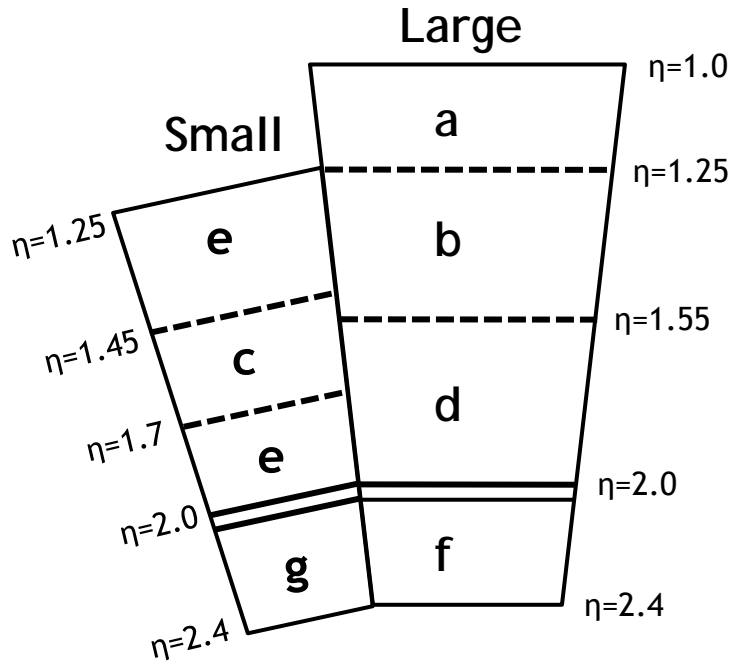
磁場に入る前と出た後の角度を使う

End-Cap部分について



このような領域では
 p_T Resolutionが悪くなる

p_T Resolutionの
悪いMuonの分布



η 、 ϕ で7つの領域に分ける

a: Large Chamber $1.0 < \eta < 1.25$

b: Large Chamber $1.25 < \eta < 1.55$

磁場の悪い領域を含む領域

c: Small Chamber $1.45 < \eta < 1.7$

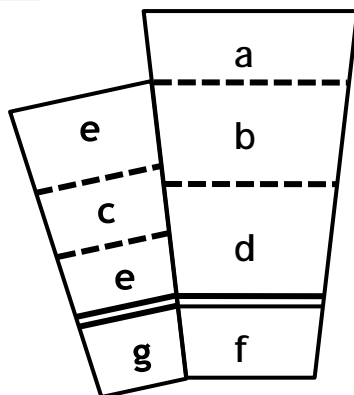
磁場の悪い領域を含む領域

d: Large Chamber $1.55 < \eta < 2.0$

e: Small Chamber $1.25 < \eta < 1.45$ & $1.7 < \eta < 2.0$

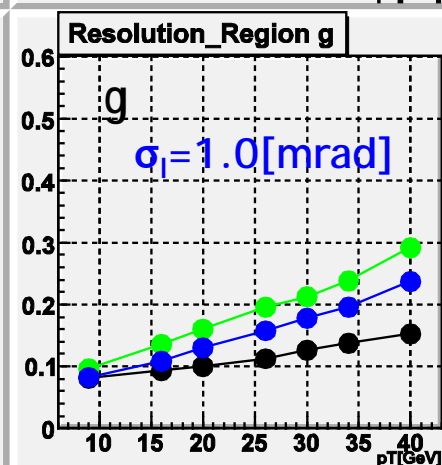
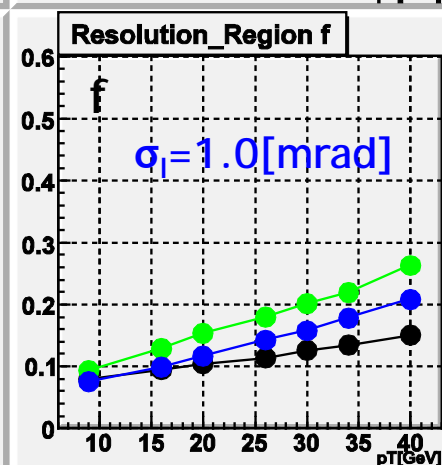
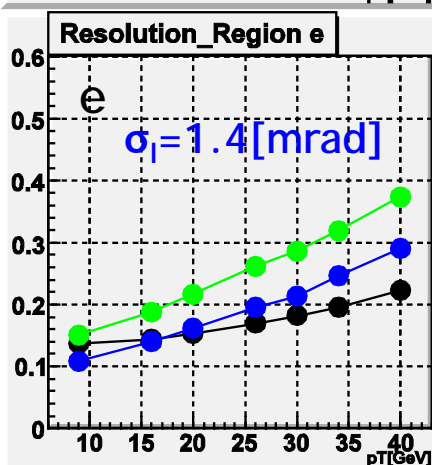
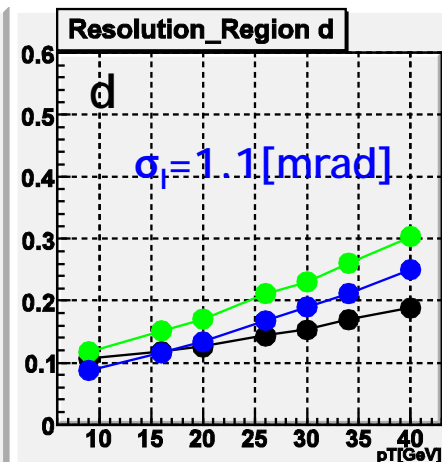
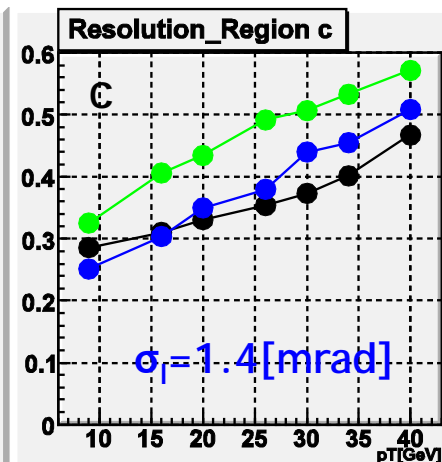
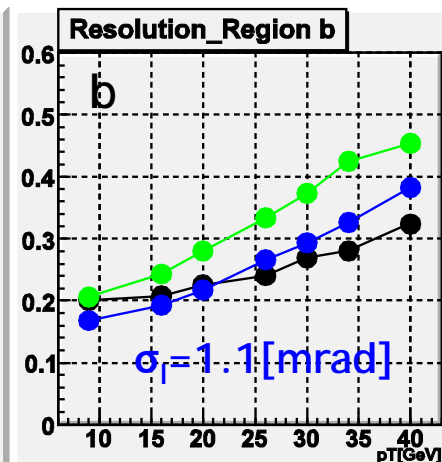
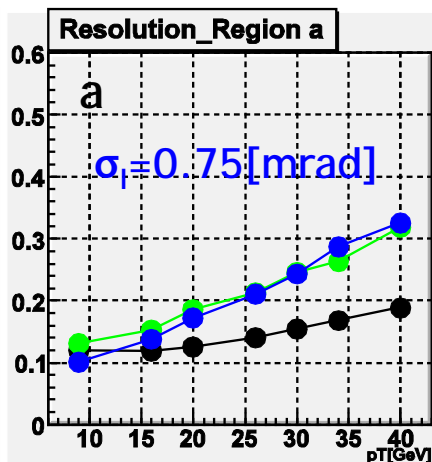
f: Large Chamber $2.05 < \eta < 2.4$

g: Small Chamber $2.05 < \eta < 2.4$

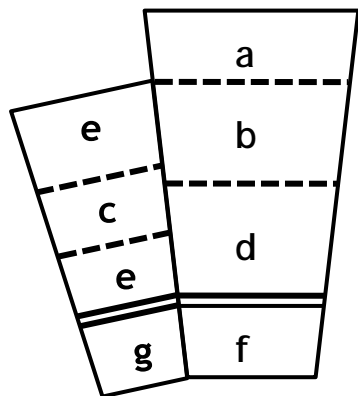
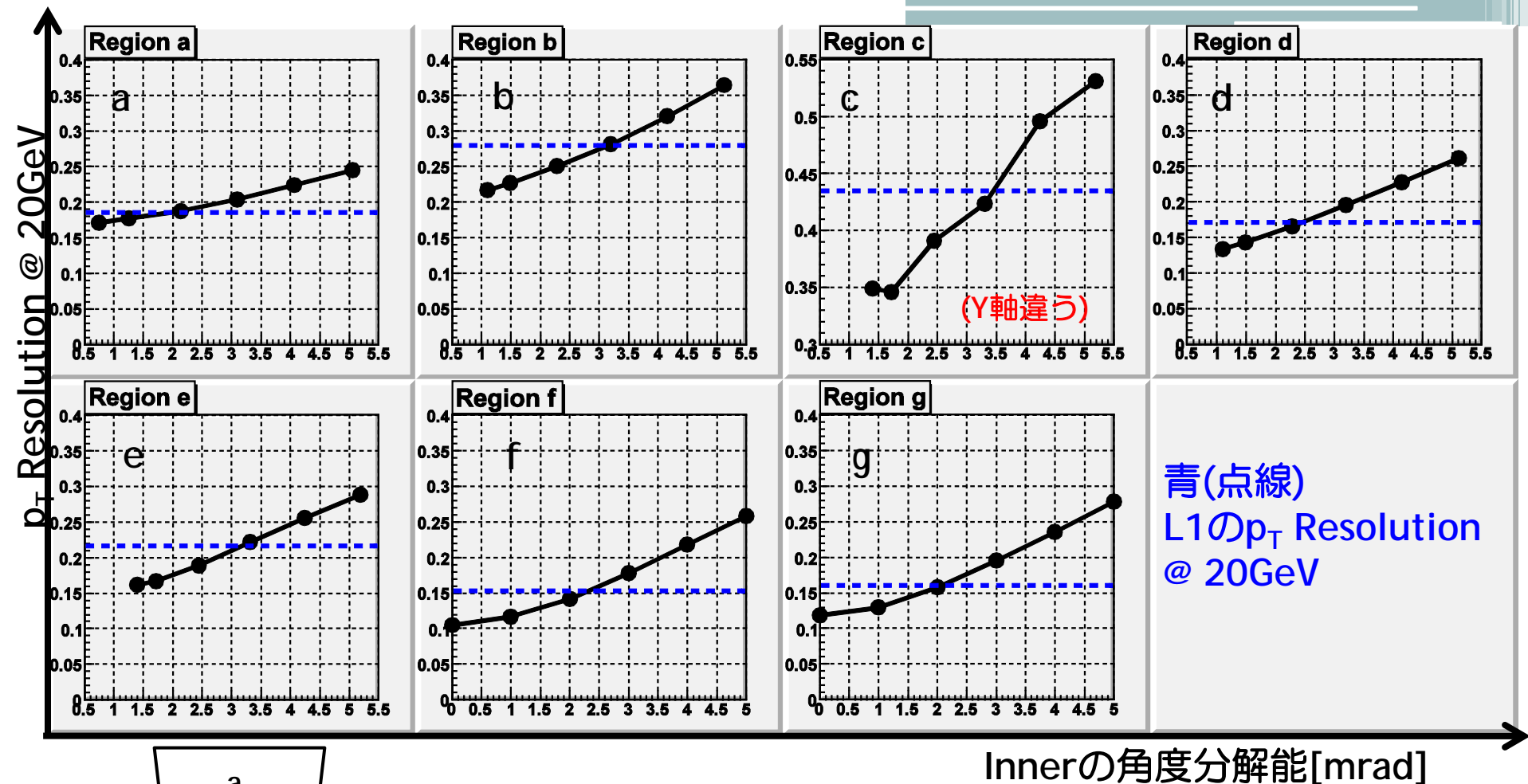
p_T Resolution

	Vertex	Inner	Middle
黒	(0,0)に仮定		MDT傾き ← L2
緑	(0,0)に仮定		TGC傾き ← L1
青		MDT傾き	TGC傾き

Innerを使うと
どうなるか？



・ a以外の領域では
Innerを使うと p_T
Resolutionは良くなる



Innerの角度分解能が~1[mrad]あればすべての領域で現在のL1より良くすることができる

10%まで落とすのは難しい

まとめ

Barrel部分に関するアップグレード

- InnerとOuterに位置分解能の良い検出器を入れても p_T Resolutionに対する効果は小さい
 - Small: 21%(L1)⇒12%
 - Large: p_T Resolutionは良くなる
 - Middleも含めすべてのLayerに位置分解能良いものを使えばResolutionは大幅に良くなる
 - Small: 21%⇒6%
 - Large: 24%⇒11%
- } $\sigma=2[\text{mm}]$ のとき

End-cap部分に関するアップグレード

- Innerに角度分解能が $\sim 1[\text{mrad}]$ の検出器を使うことによって現在のL1より p_T Resolutionは良くなる
(しかし20GeVで10%まで下げるのは難しい)

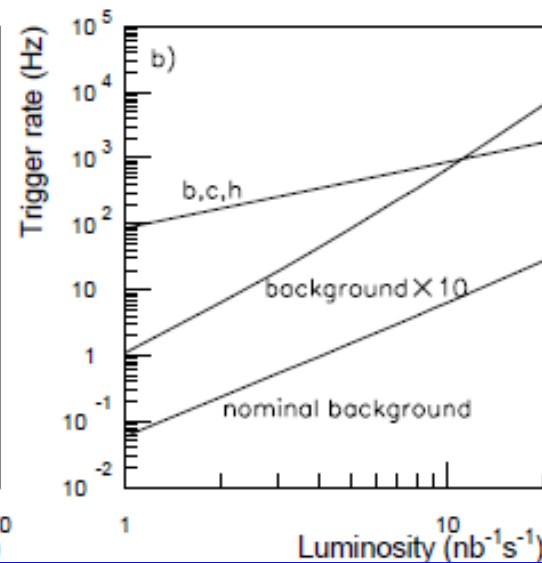
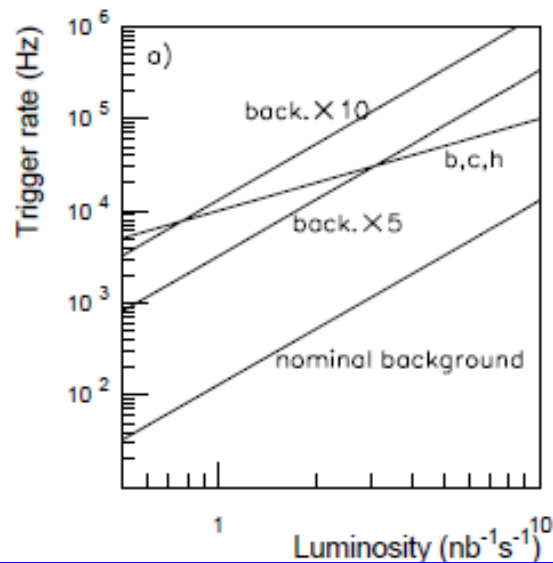
Back Up



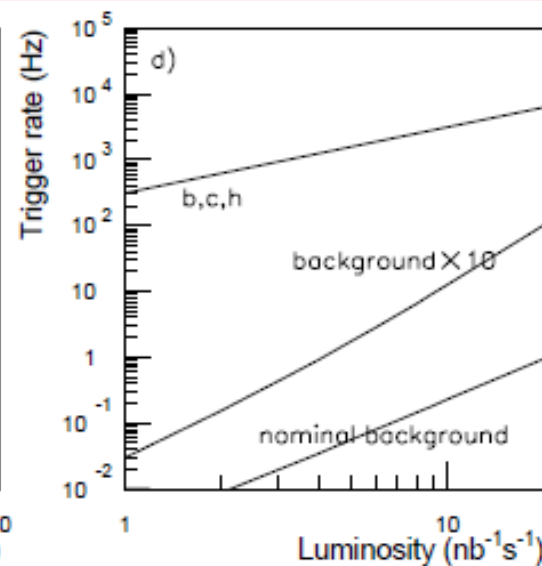
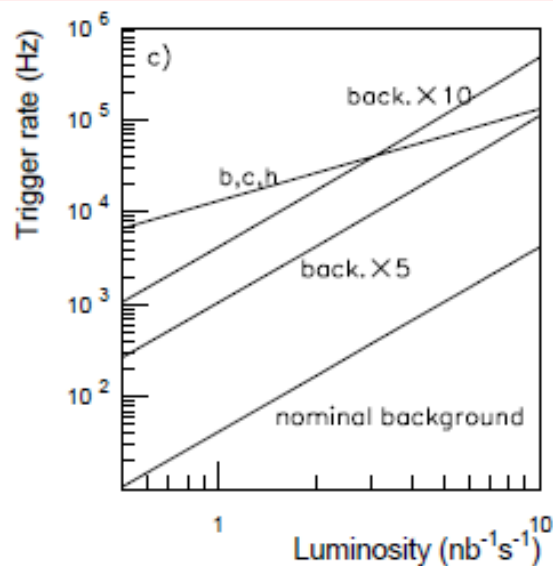
End-Cap

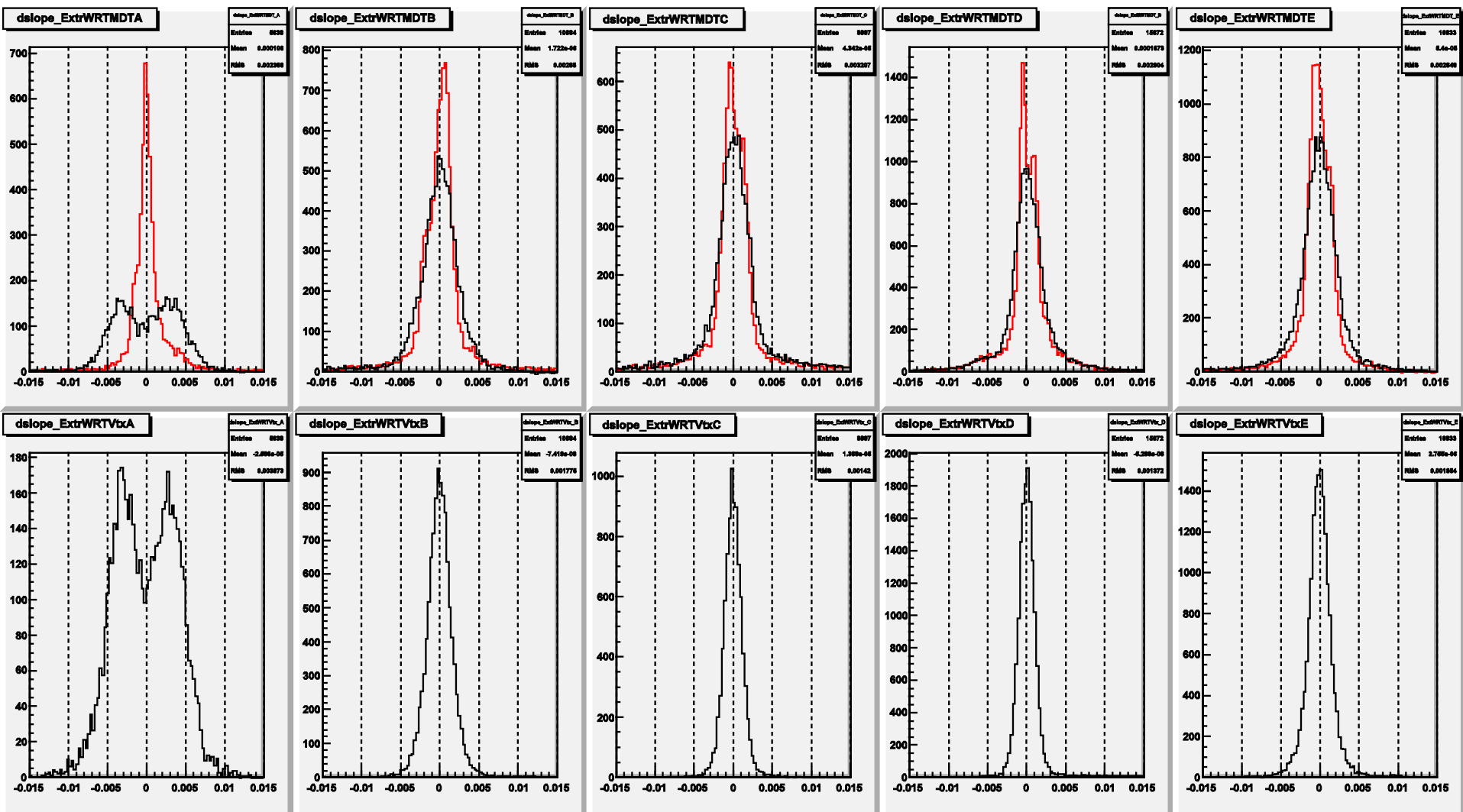
Barrel

6GeV Threshold



20GeV Threshold





parameter	symbol	nominal	ultimate	ES	FCC	LE	LPA
transverse emittance	ε [μm]	3.75	3.75	3.75	3.75	1.0	3.75
protons per bunch	N_b [10^{11}]	1.15	1.7	1.7	1.7	1.7	4.9
bunch spacing	Δt [ns]	25	25	25	25	25	50
beam current	I [A]	0.58	0.86	0.86	0.86	0.86	1.22
longitudinal profile		Gauss	Gauss	Gauss	Gauss	Gauss	Flat
rms bunch length	σ_z [cm]	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55	11.8
beta* at IP1&5	β^* [m]	0.55	0.5	0.08	0.08	0.1	0.25
full crossing angle	θ_c [μrad]	285	315	0	0	311	381
Piwinski parameter	$\phi=\theta_c\sigma_z/(2*\sigma_x^*)$	0.64	0.75	0	0	3.2	2.0
geometric reduction		1.0	1.0	0.86	0.86	0.30	0.99
peak luminosity	L [$10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	1	2.3	15.5	15.5	16.3	10.7
peak events per #ing		19	44	294	294	309	403
initial lumi lifetime	τ_L [h]	22	14	2.2	2.2	2.0	4.5
effective luminosity ($T_{\text{turnaround}}=10 \text{ h}$)	L_{eff} [$10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	0.46	0.91	2.4	2.4	2.5	2.5
	$T_{\text{run,opt}}$ [h]	21.2	17.0	6.6	6.6	6.4	9.5
effective luminosity ($T_{\text{turnaround}}=5 \text{ h}$)	L_{eff} [$10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	0.56	1.15	3.6	3.6	3.7	3.5
	$T_{\text{run,opt}}$ [h]	15.0	12.0	4.6	4.6	4.5	6.7
e-c heat SEY=1.4(1.3)	P [W/m]	1.1 (0.4)	1.04(0.6)	1.0 (0.6)	1.0 (0.6)	1.0 (0.6)	0.4 (0.1)
SR heat load 4.6-20 K	P_{SR} [W/m]	0.17	0.25	0.25	0.25	0.25	0.36
image current heat	P_{IC} [W/m]	0.15	0.33	0.33	0.33	0.33	0.78
gas-s. 100 h (10 h) τ_b	P_{gas} [W/m]	0.04 (0.4)	0.06 (0.6)	0.06 (0.56)	0.06 (0.56)	0.06 (0.56)	0.09 (0.9)
extent luminous region	σ_1 [cm]	4.5	4.3	3.7	3.7	1.5	5.3
comment		nominal	ultimate	D0 + crab	crab		wire comp.