

2020/2/14

LHC-ALICE 実験の高度化に向けた シリコン電磁力口リメータの開発と性能評価

修論発表

高エネルギー研究室
港 陽子

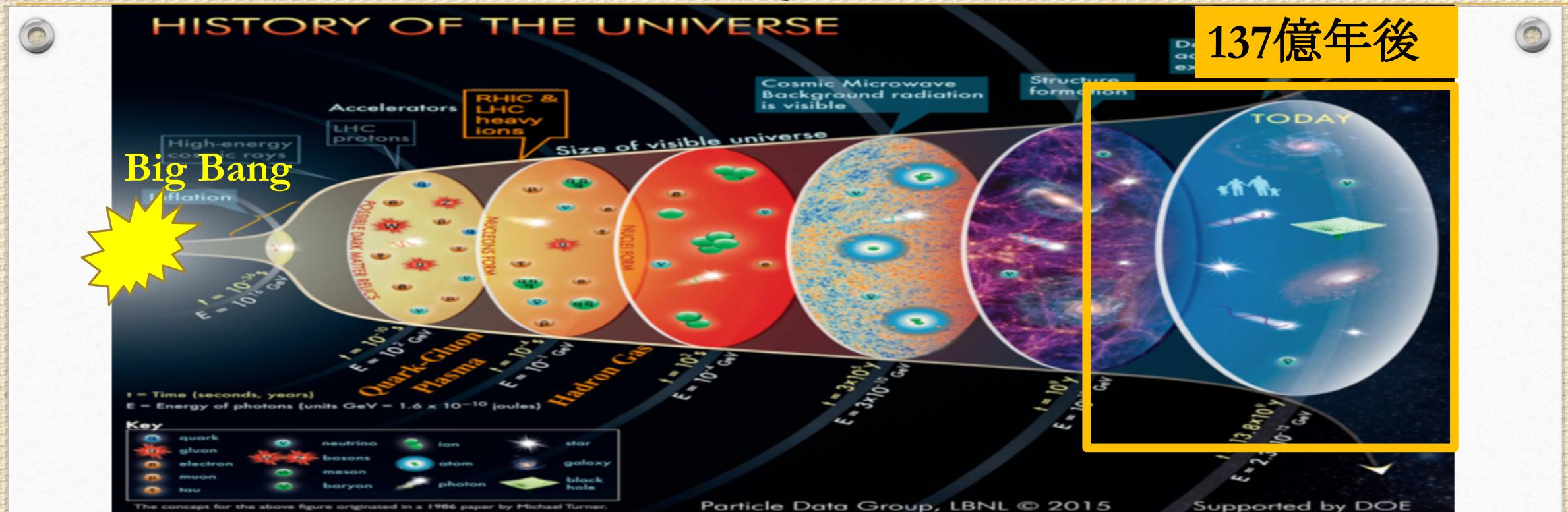


1

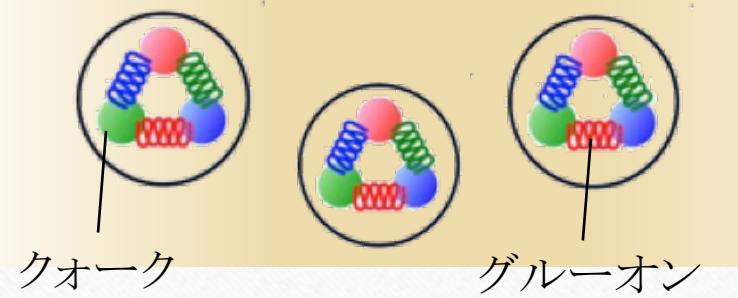
1. Physics Motivation
2. ALICE Forward Calorimeter (FoCal)
3. テスト実験概要
4. 解析方法
5. 実験結果
:高エネルギー領域のエネルギー再構成とエネルギー分解能
6. Summary

✓ クオーケ・グルーオン・プラズマQGP

3

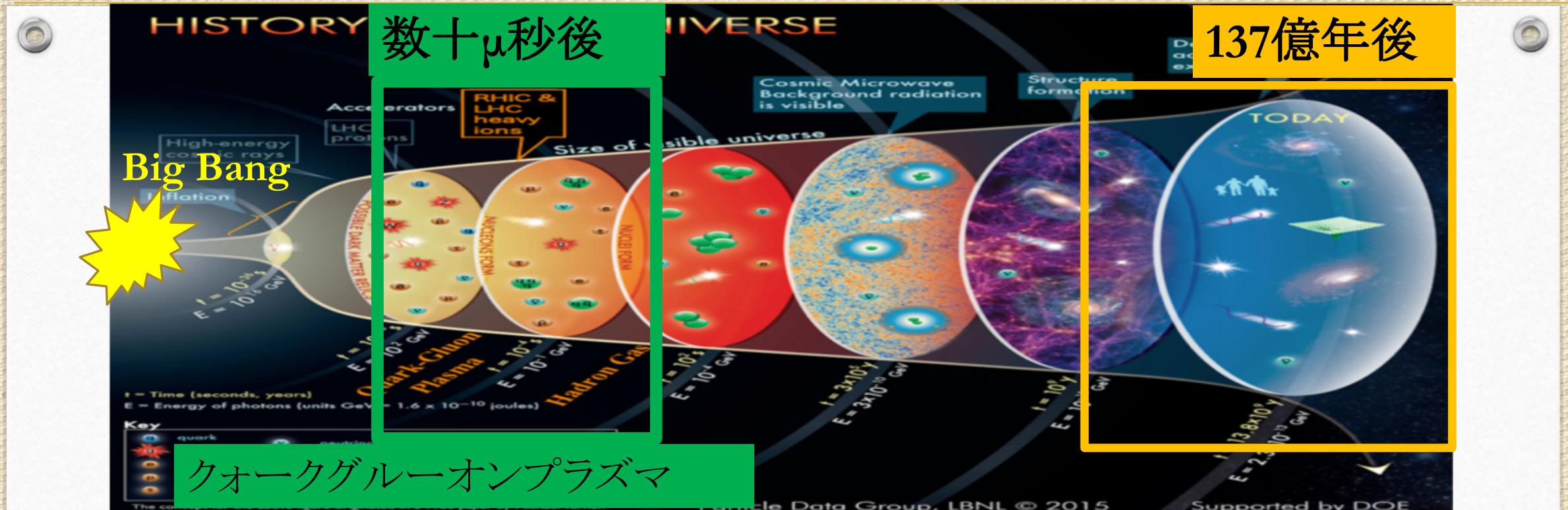


現在： クオーケやグルーオンはハドロン内に閉じ込められていて、単体では存在できない

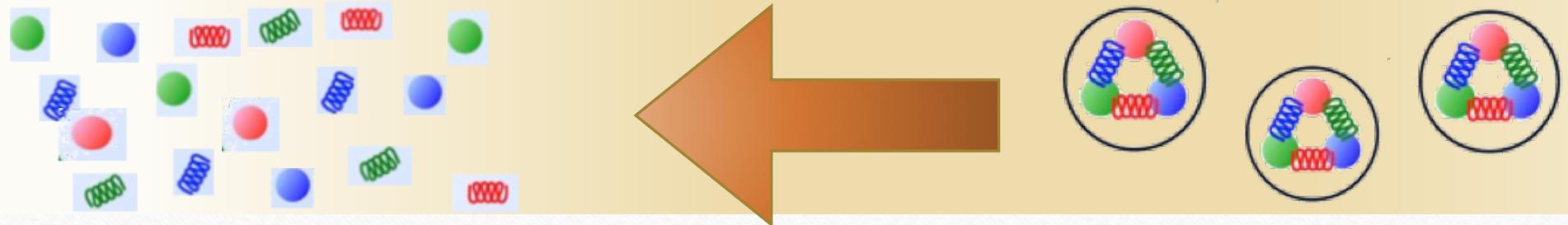


✓ クオーク・グルーオン・プラズマQGP

4

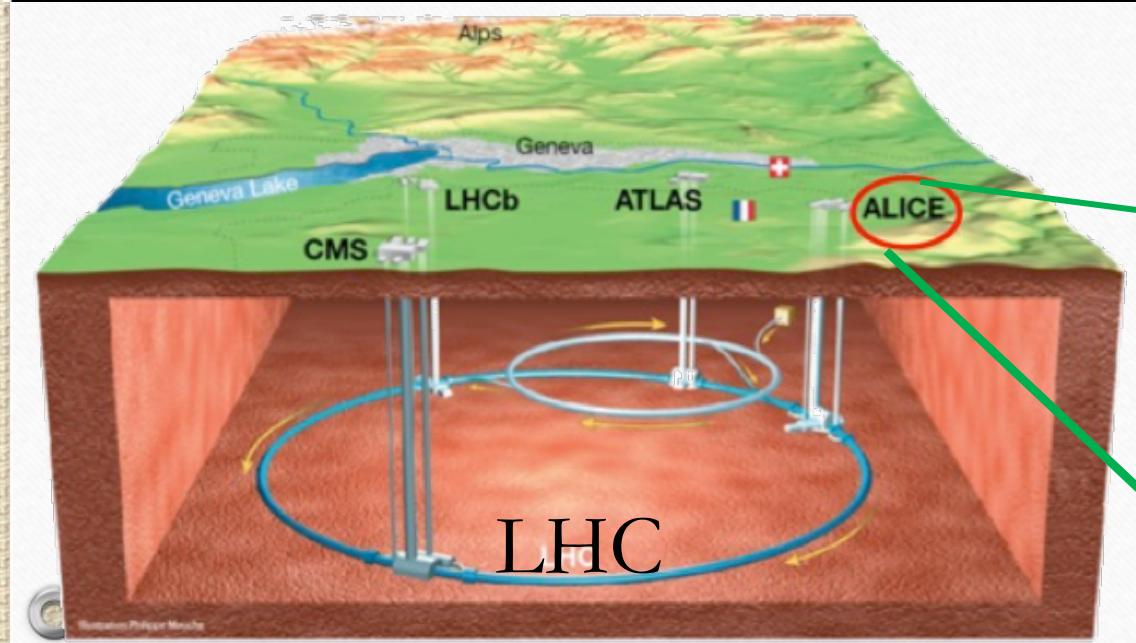
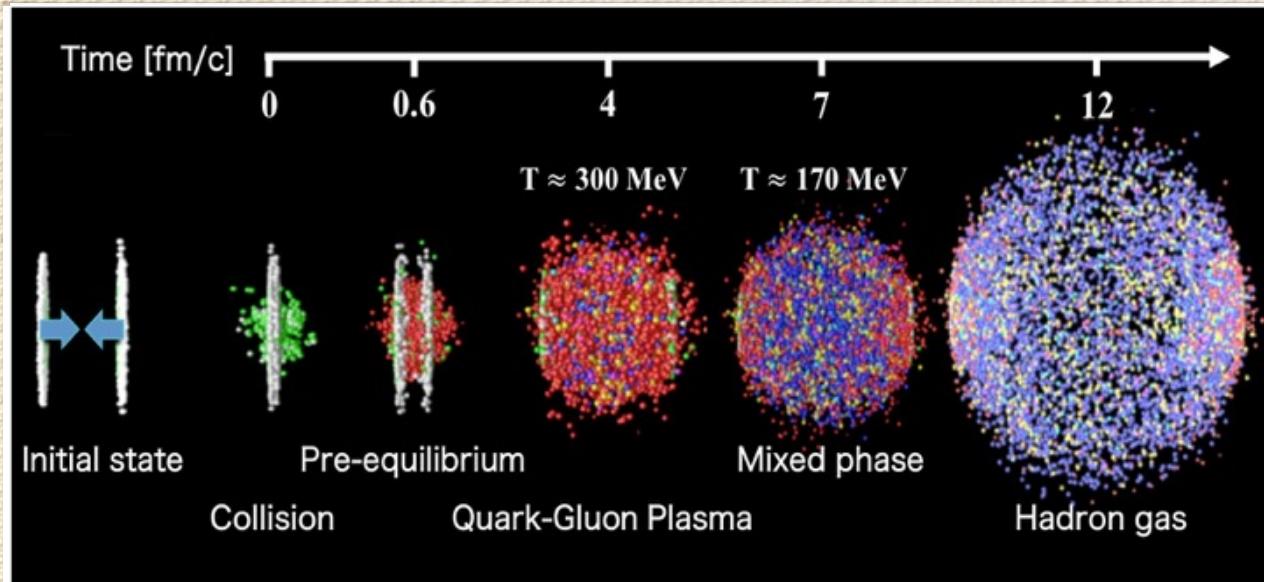


物質の構成

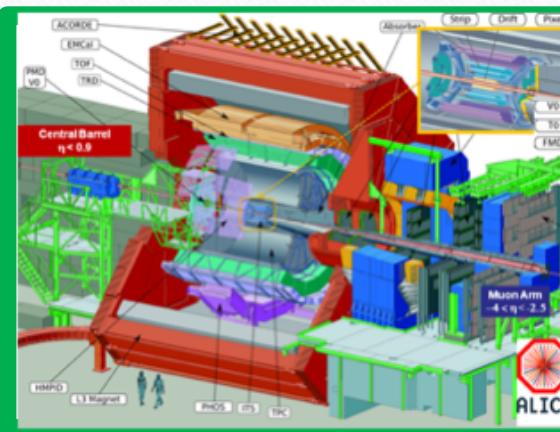


クオークやグルーオンがハドロンの閉じ込めから解放された
超高温超高密度の状態:クオークグルーオンプラズマ(QGP)

✓ 高エネルギー重イオン衝突実験

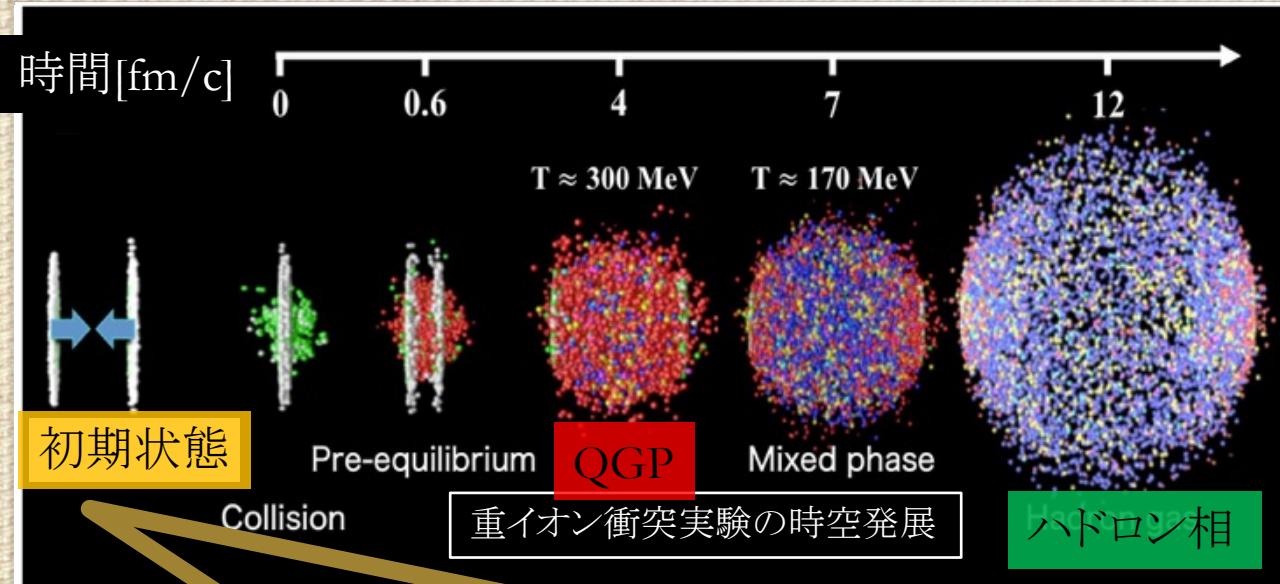


- ✓ 初期宇宙状態のQGPを再現
:アメリカとヨーロッパの2箇所のみ
- ✓ 世界最大、最高エネルギーの
大型ハドロン加速器
(CERN-LHC)
- ✓ 重イオン衝突実験に特化した
ALICE実験

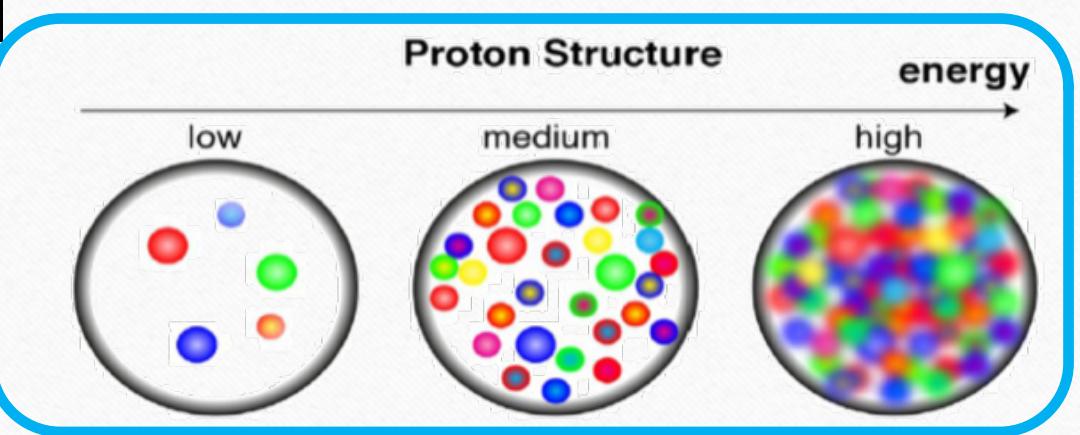


✓ 高エネルギー重イオン衝突実験の衝突初期状態

6



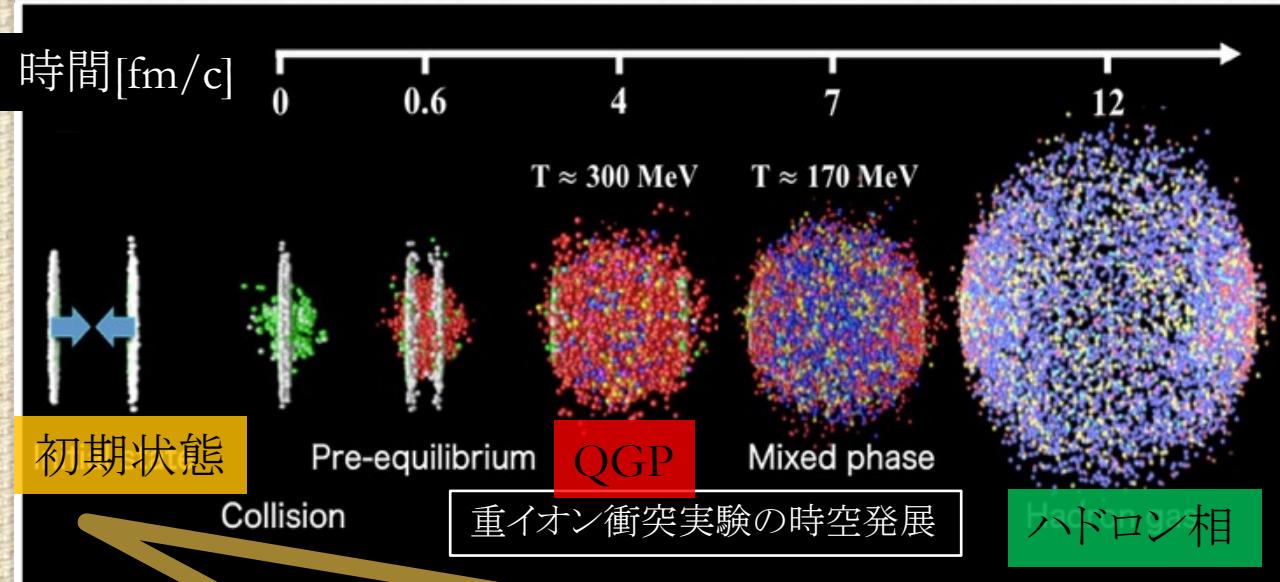
- ✓ QGPの物性解明には衝突初期状態の理解が不可欠
- ✓ 衝突初期の新しい物質状態としてColor Glass Condensateに注目



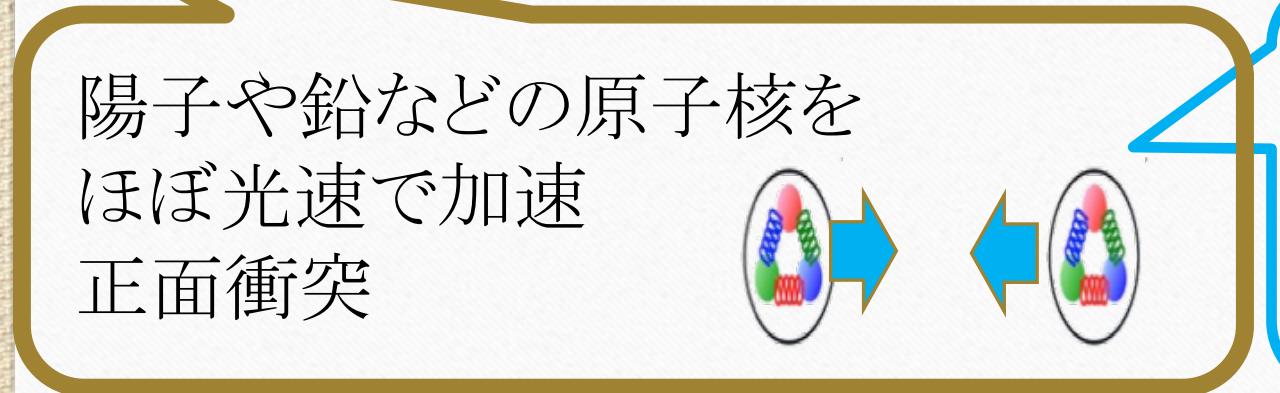
Color Glass Condensate 核子中のグルーオンが飽和状態になることで現れる物質状態

✓ 高エネルギー重イオン衝突実験の衝突初期状態

7

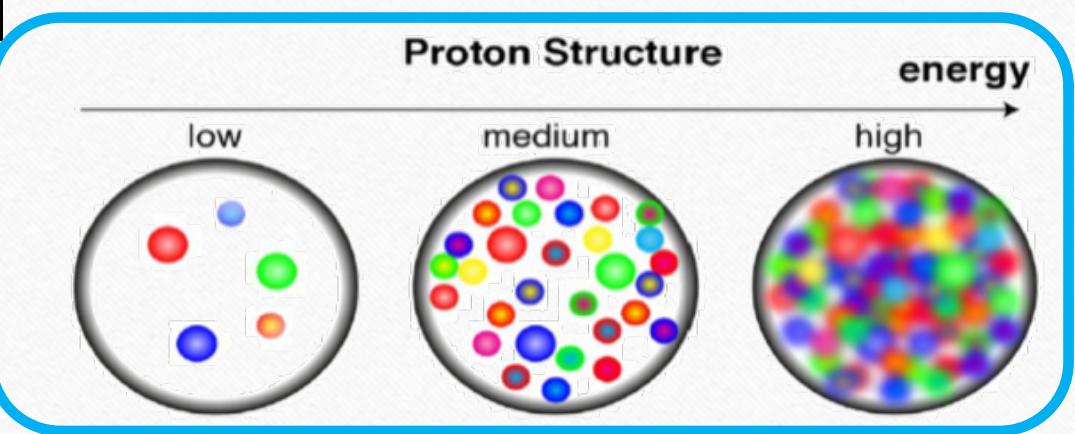


- ✓ QGPの物性解明には衝突初期状態の理解が不可欠
- ✓ 衝突初期の新しい物質状態としてColor Glass Condensateに注目



直接光子測定

強い相互作用をしない。
衝突初期の情報を持つ。



衝突前方方向で測定 ...

クオーク・グルーオン散乱により生成される光子が支配的。

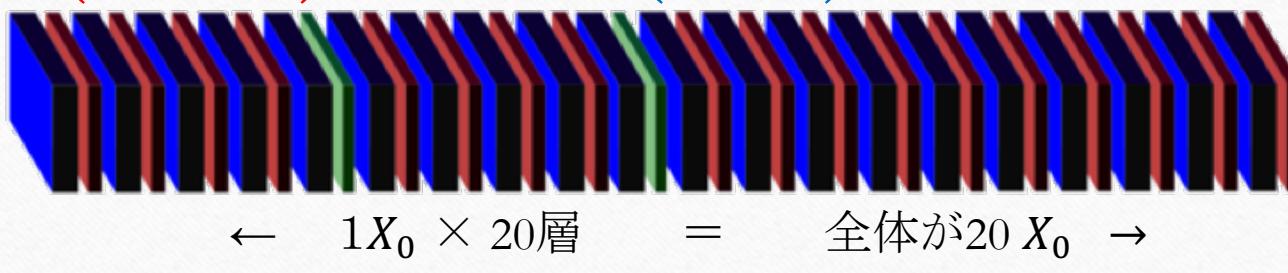
✓ ALICE Forward Calorimeter (FoCal)

- ✓ 直接光子を衝突前方領域で測定
- ✓ サンプリング型の電磁カロリメータ
- ✓ 2026年～ALICE実験で測定を目指す

測定エネルギー範囲: 数GeV～数TeV

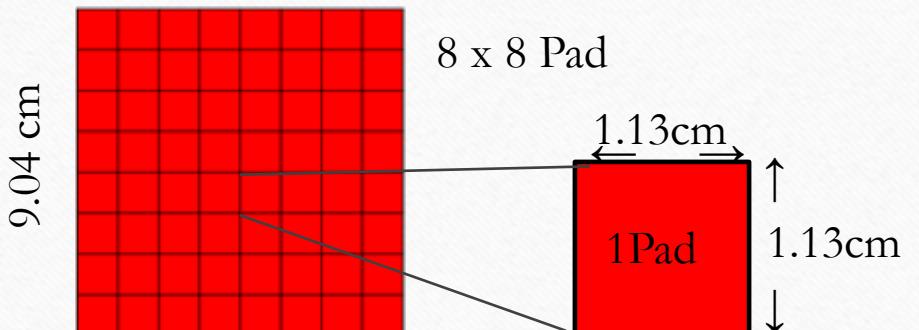
エネルギー分解能 : 100 ~ 150 GeV で 5 % 以下

Si (検出器層) とタンゲステン(吸収層) のサンドイッチ構造

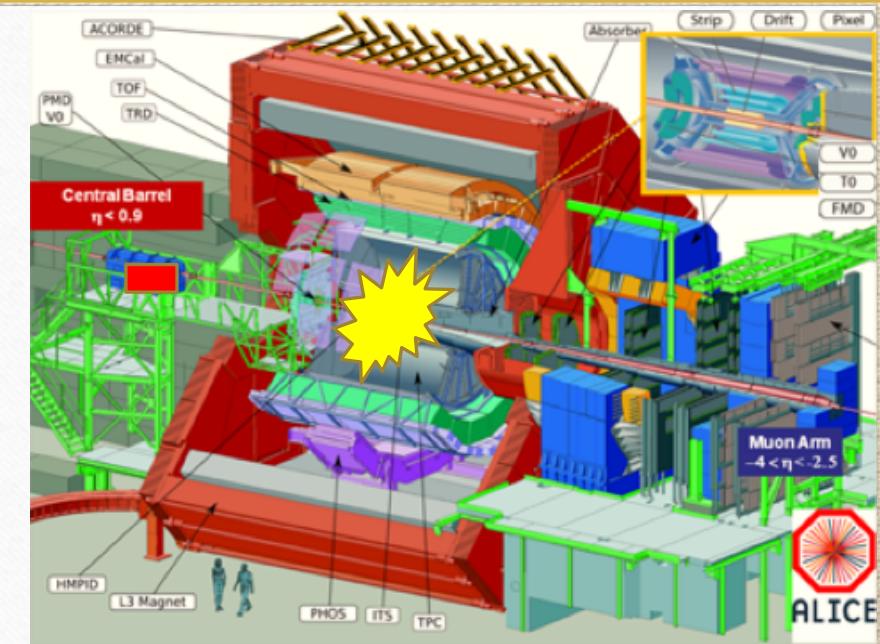
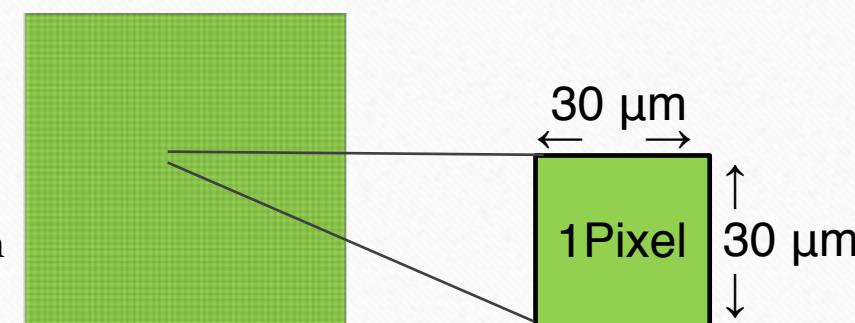


- ✓ 2種類の検出器層 : 直接光子とバックグラウンドとなる $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ を識別

Low Granularity Layer(LGL)

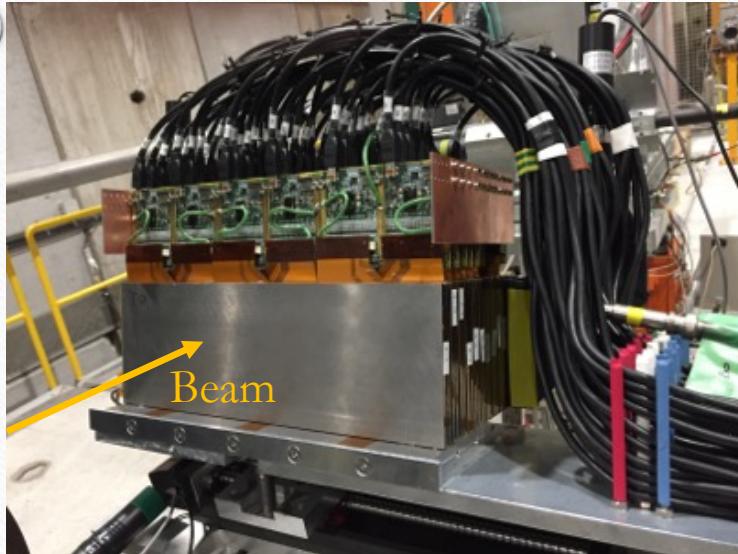


High Granularity Layer(HGL)



✓ FoCalのプロトタイプ(Mini-FoCal)のテスト実験

9



- ✓ 2018年夏、CERNのPS、SPSの加速器で性能評価のためのテスト実験
電子や陽電子のエネルギーの測定、エネルギー分解能の評価

加速器	エネルギー	粒子	評価項目
PS	9 GeV	ハドロン	MIPに相当するADC値の測定
SPS	150,250 GeV	陽電子+ハドロン	エネルギー再構成と分解能測定

*MIP :荷電粒子の1個が通った時のエネルギー損失量

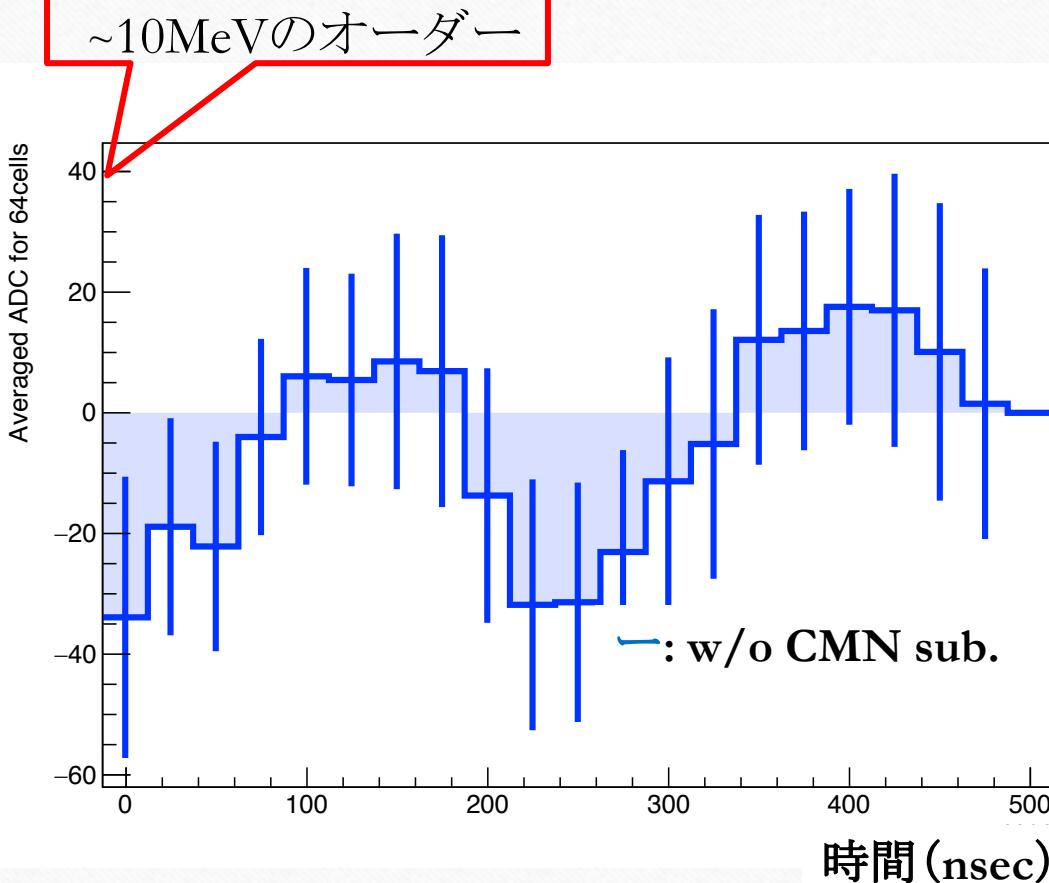
1. Physics Motivation
2. ALICE Forward Calorimeter (FoCal)
3. テスト実験概要
4. 解析方法
5. 実験結果
:高エネルギー領域のエネルギー再構成とエネルギー分解能
6. Summary

- 1.ペデスタル較正
 2. Common Mode Noiseの除去
 - 3.クラスタリングとノイズカット
 - 4.エネルギー再構成
 - 5.陽電子選定
- : Simulationで原理検証

→エネルギー分解能の評価！！！

- 1.ペデスタル較正
 - 2.Common Mode Noiseの除去
 - 3.クラスタリングとノイズカット
 - 4.エネルギー再構成
 - 5.陽電子選定
- :Simulationで原理検証

→エネルギー分解能の評価！！！



ビーム停止時のADC値の時間発展図
(エラーバーは64Padの分散)

Common Mode Noise (CMN)

- ✓ LGL64padで共通に時間依存するノイズ
- ✓ 平均の分散を超えて1イベント, 1層ごとに異なる時間周期を持つ

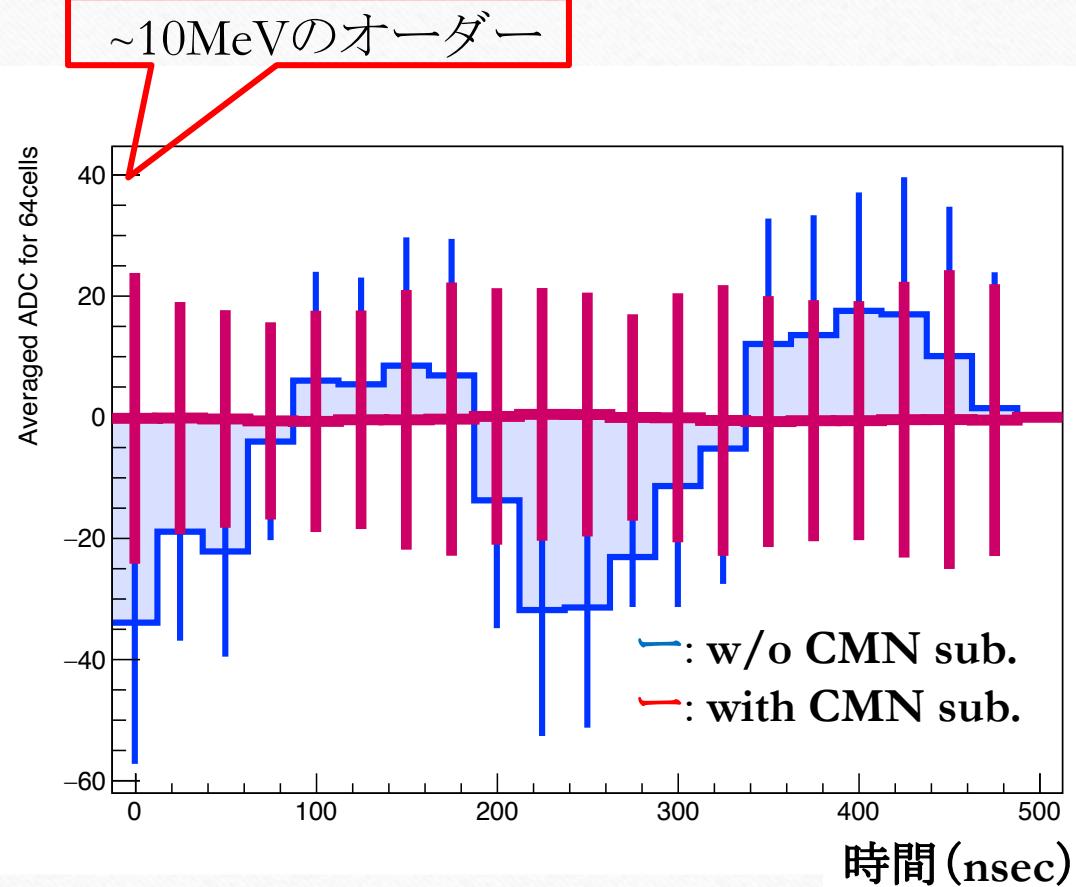
→ CMNにより入射エネルギーの1%相当のばらつきが発生

ノイズ除去

- ✓ 1イベント, 1LGL毎にビームを入射していないSi-Padの平均値を算出。各Padから除去。

✓ 解析手法2: Common Mode Noise の除去

14



ビーム停止時のADC値(1層の全pad平均)
の時間発展図

Common Mode Noise (CMN)

- ✓ LGL64padで共通に時間依存するノイズ
- ✓ 平均の分散を超えて1イベント, 1層ごとに異なる時間周期を持つ

→ CMNにより入射エネルギーの
1%のばらつきが発生

→ CMNを差し引くことによって、
ノイズを1/100に削減。

✓ 解析手法2：エネルギー再構成方法

15

測定したADC値から入射エネルギーを再構成

$$\text{Reco.E} = \text{測定ADC} \times F_{conv.} \times F_{samp.} \times F_{corr.}$$

$F_{conv.}$: Conversion Factor

ADC → エネルギー

$$= \frac{\langle \text{SiにMIPが落とした E} \rangle}{\langle \text{MIP相当のADC値} \rangle}$$

$$= 0.089 \text{ (MeV)}/117.2$$

$$= 0.76 \text{ (keV/ADC)}$$

$F_{samp.}$: Sampling Fraction

→ Si検出層 + W吸收層

$$= \frac{\langle \text{Si + Wに落とす E} \rangle}{\langle \text{Siに落とす E} \rangle}$$

$$= \langle 150 \rangle / \langle 1.7 \rangle = 88.2 \\ (250\text{GeV}/c : 89.2)$$

$F_{corr.}$: 補正係数

機器の不具合や
クラスタリング、減衰係数
による影響を補正

$$DF_{150\text{GeV}} = 1.1 \quad DF_{250\text{GeV}} = 1.11$$

✓ 解析手法2: エネルギー再構成方法

16

測定したADC値から入射エネルギーを再構成

$$\text{Reco.E} = \text{測定ADC} \times F_{conv.} \times F_{samp.} \times F_{corr.}$$

実験

$F_{conv.}$: Conversion Factor

ADC → エネルギー

$$= \frac{\langle \text{SiにMIPが落とした E} \rangle}{\langle \text{MIP相当のADC値} \rangle}$$

$$= 0.089 \text{ (MeV)}/117.2$$

$$= 0.76 \text{ (keV/ADC)}$$

Sim.

$F_{samp.}$: Sampling Fraction

→ Si検出層 + W吸収層

$$= \frac{\langle \text{Si + Wに落とす E} \rangle}{\langle \text{Siに落とす E} \rangle}$$

$$= \langle 150 \rangle / \langle 1.7 \rangle = 88.2$$

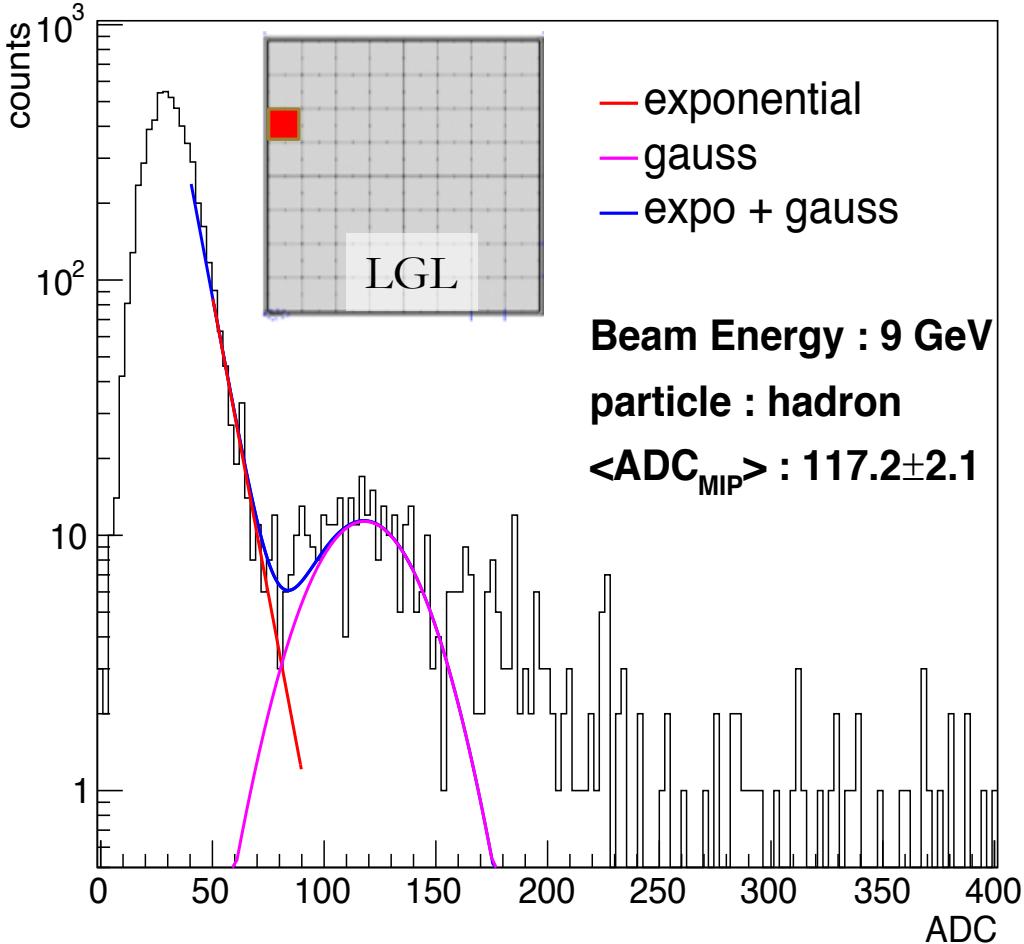
$$(250\text{GeV}/c : 89.2)$$

Sim.

$F_{corr.}$: 補正係数

機器の不具合や
クラスタリング、減衰係数
による影響を補正

$$DF_{150\text{GeV}} = 1.1 \quad DF_{250\text{GeV}} = 1.11$$

1PadにおけるADC分布

✓ 9GeVのハドロンビームを
Mini-FoCal のSi -Padに入射

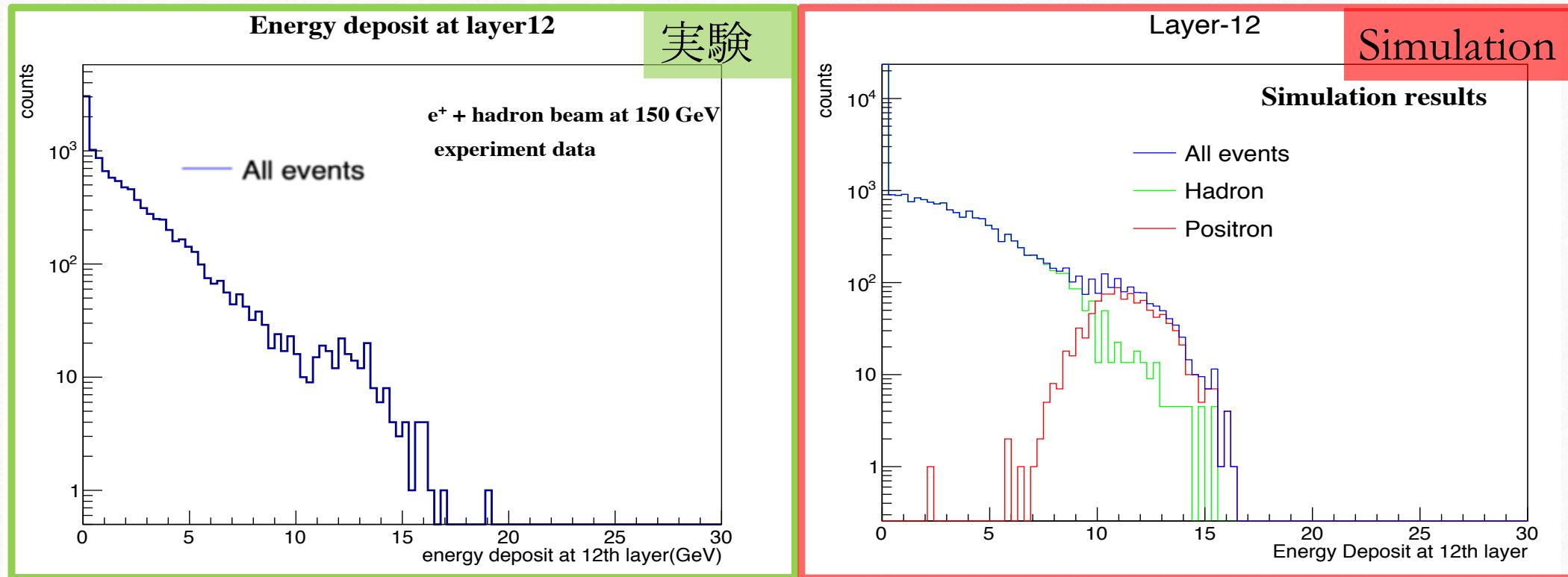
MIPに相当するADC値を導出
: 平均 117.2 ± 2.1 (ch)
(各Padの分散: 5.7 %)

$$F_{\text{conv.}} : 0.76 \text{keV}/\text{ADC}$$

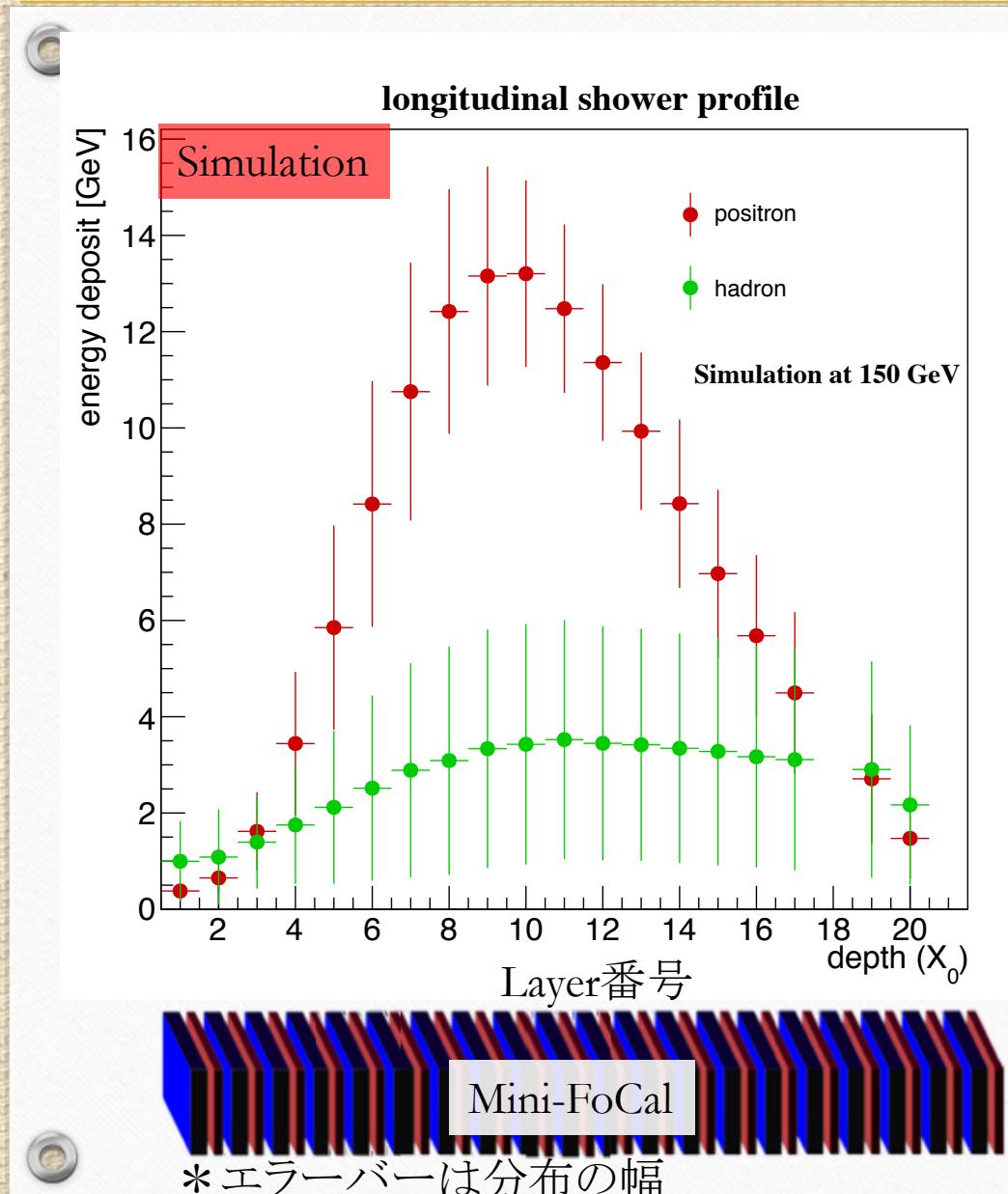
PSの実験結果よりADCをエネルギーに変換する係数 $F_{\text{conv.}}$ を導出

- ✓ Geant 4-Simulationを用いて実験と同じ条件になるようにMini-FoCalを再現

12-layer目のエネルギー分布



ガウスピークが陽電子イベントであることを確認
→陽電子選定方法を検証



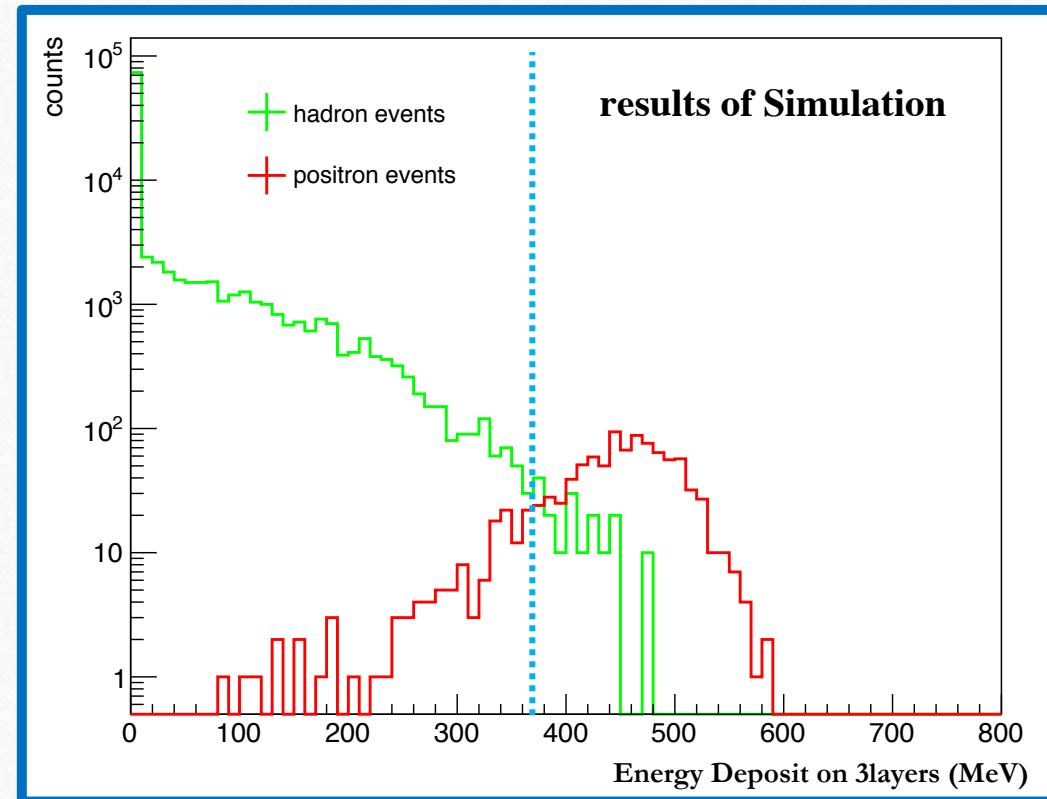
陽電子とハドロンのシャワー発展の違い

- ✓ 陽電子 : 電子対生成と制動放射の連鎖反応によって起こる電磁シャワー
→ 8~10-layerで電磁シャワー最大
- ✓ ハドロン: 原子核破碎の連鎖反応によっておこるハドロンシャワー
→ 陽電子に比べてシャワーを起こしにくい

シャワーの違いを用いて陽電子選定方法を開発

✓2つの陽電子選定方法を使用

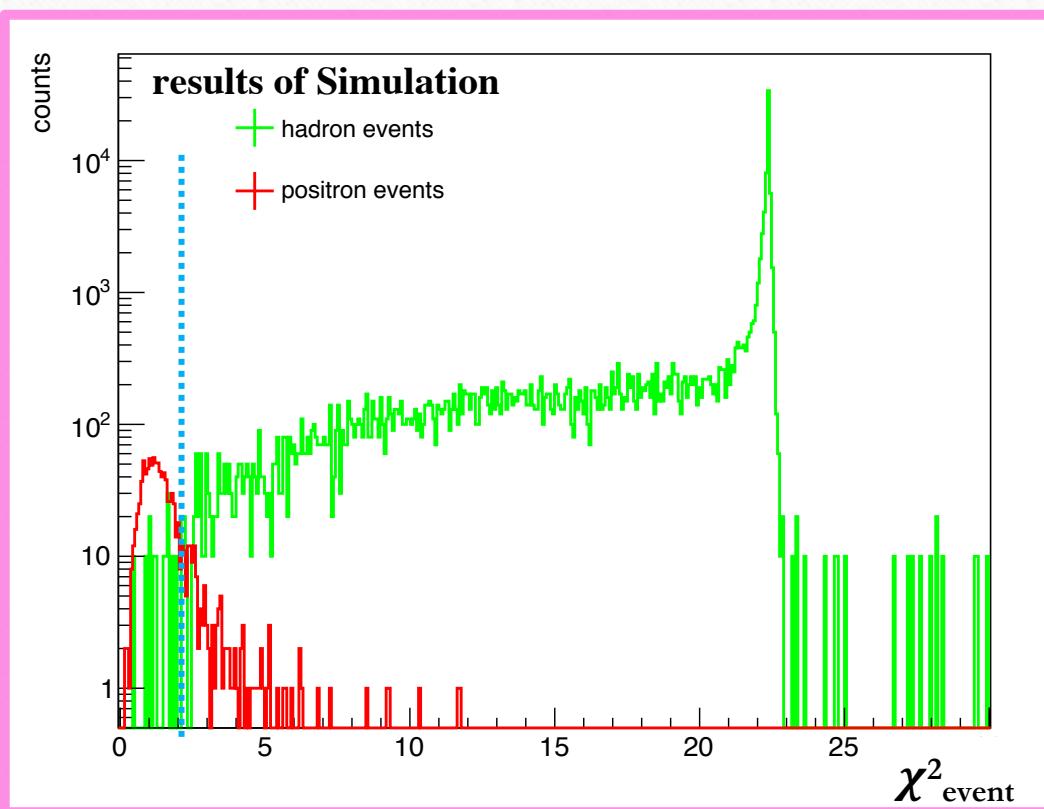
1: 3layer-Selection : 電磁シャワーの
最大エネルギーを利用



3-layer selection

$$\chi^2_{event} = \sum_{l=1}^{layer20} \frac{(E_{event}(l) - E_{sim}(l))^2}{\sigma_{E.sim}^2}$$

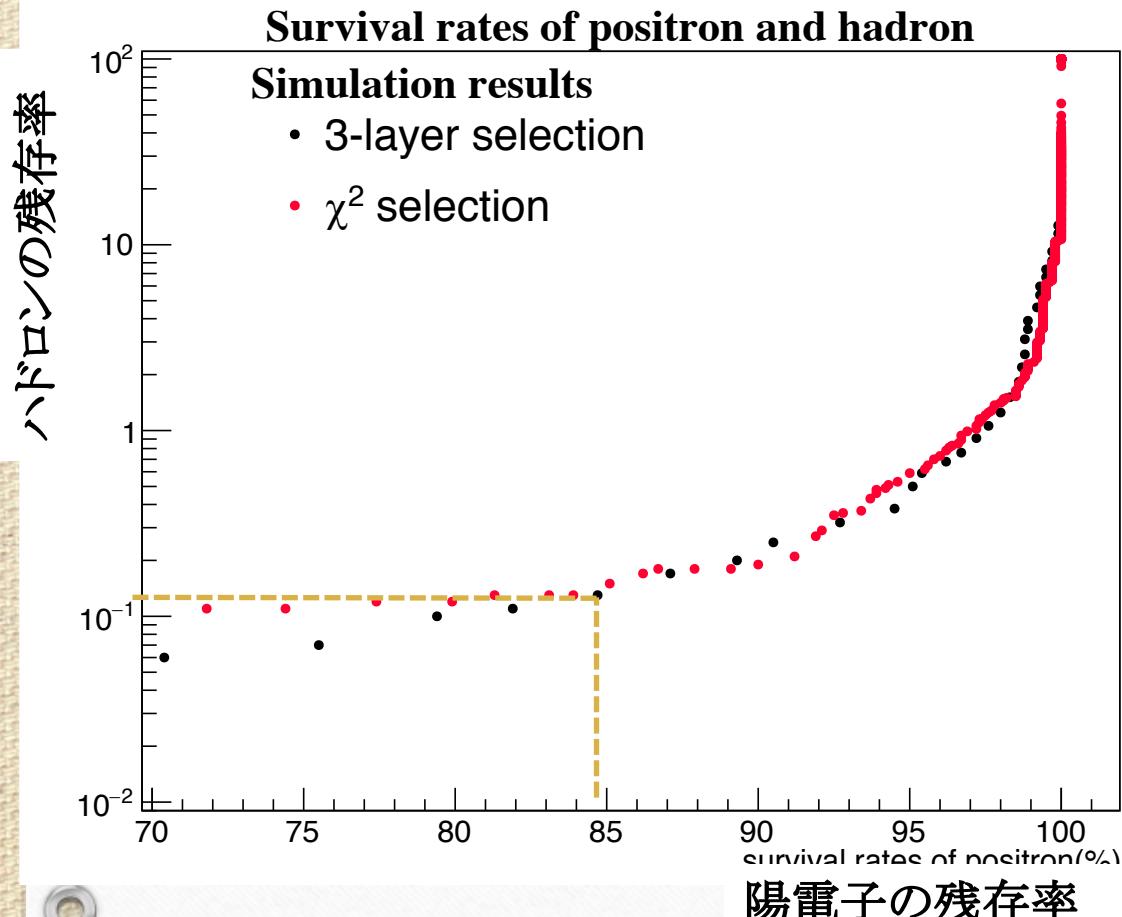
2: χ^2_{event} -Selection : 電磁シャワー発展形状を利用



χ^2_{event} -Selection

- ✓ 2つの陽電子選定方法の効果をシミュレーションで検証

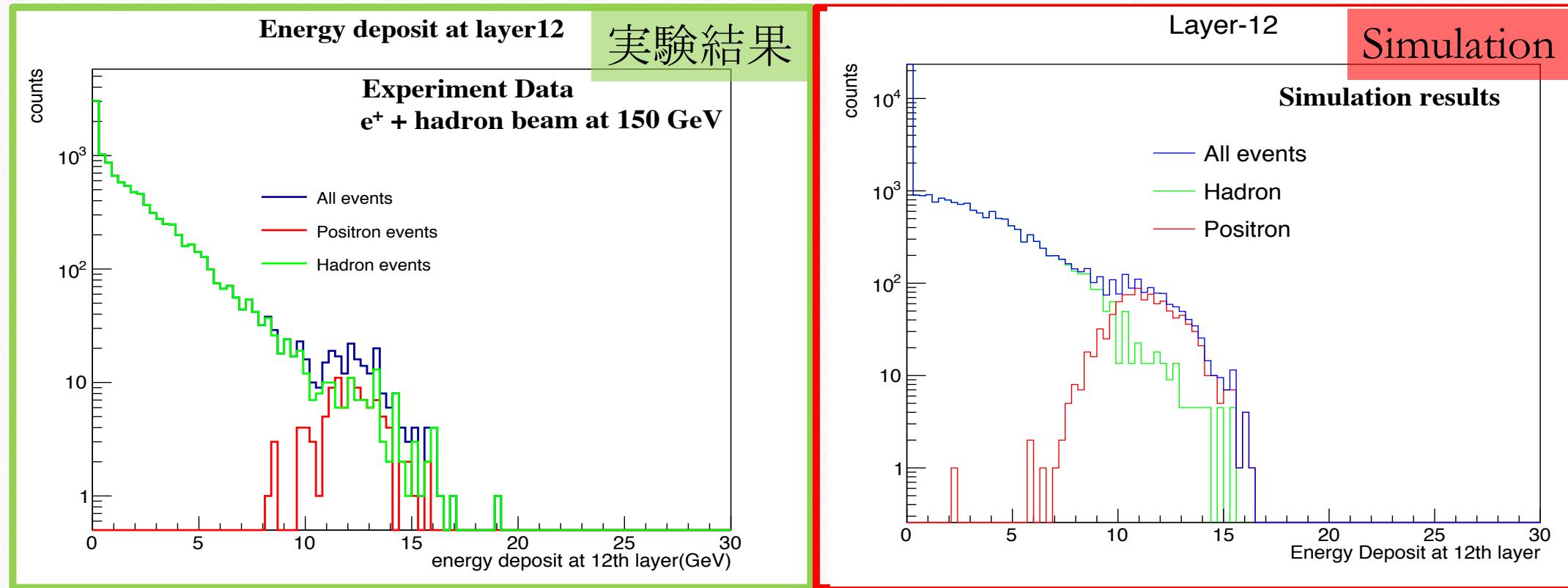
陽電子とハドロンの残存率を比較



陽電子選定方法	閾値	陽電子の残存率(%)	ハドロンの残存率(%)
3-layer selection	370MeV	84.7	0.13
$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$	2.1	83.9	0.13
3-layer & $\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$	360MeV&2.4	83.9	0.1

✓ **3-layer selection** と **$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$** の両方を使用することで片方の時よりハドロンを取り除くことができる
→ **3-layer selection** と **$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$** の両方を用いた陽電子選定を実験に採用

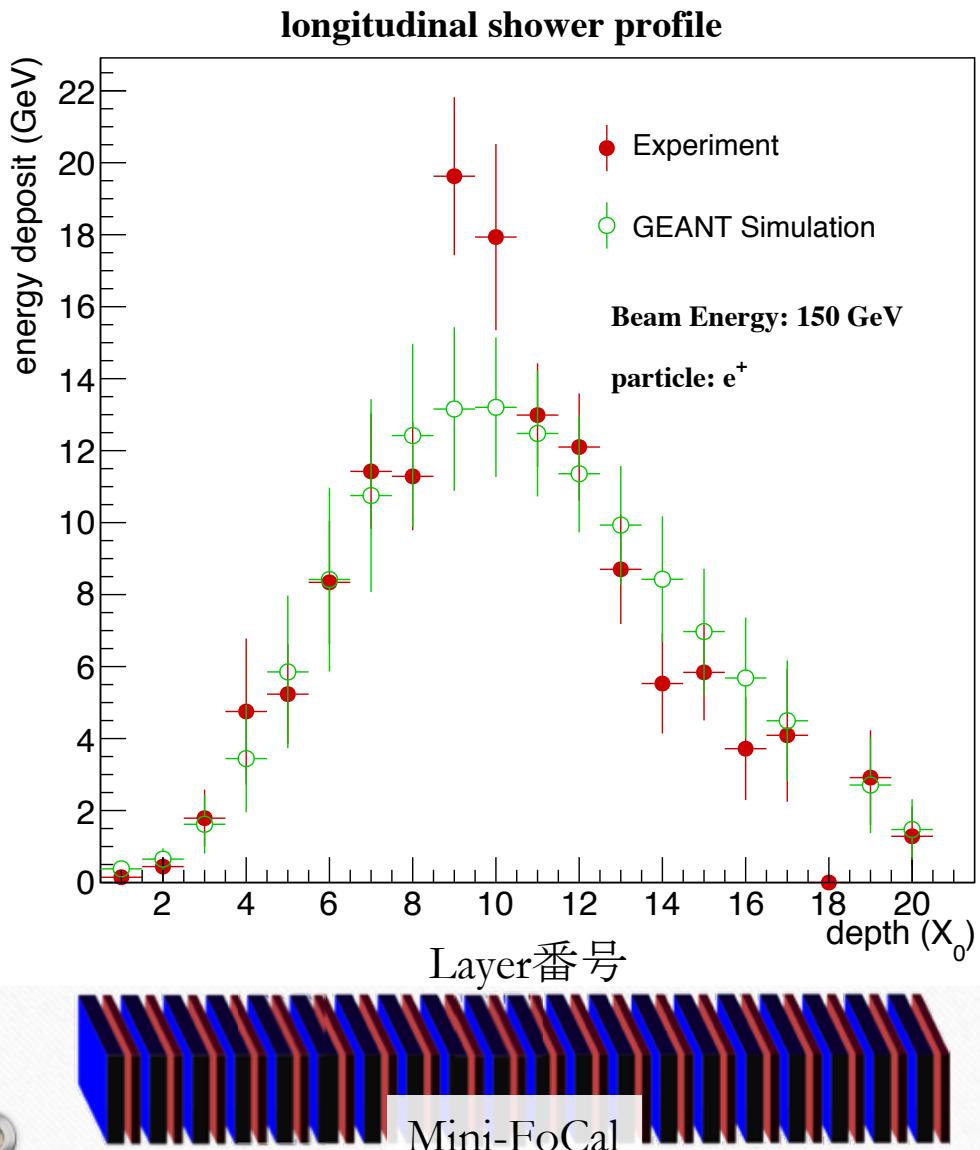
12-layer目のエネルギー分布



✓ シミュレーションで原理検証を行った陽電子選定方法によって
実験で全イベントから陽電子を選定することに成功

1. Physics Motivation
2. ALICE Forward Calorimeter (FoCal)
3. テスト実験概要
4. 解析方法
5. 実験結果
:高エネルギー領域のエネルギー再構成とエネルギー分解能
6. Summary

✓ 陽電子の電磁シャワー発達

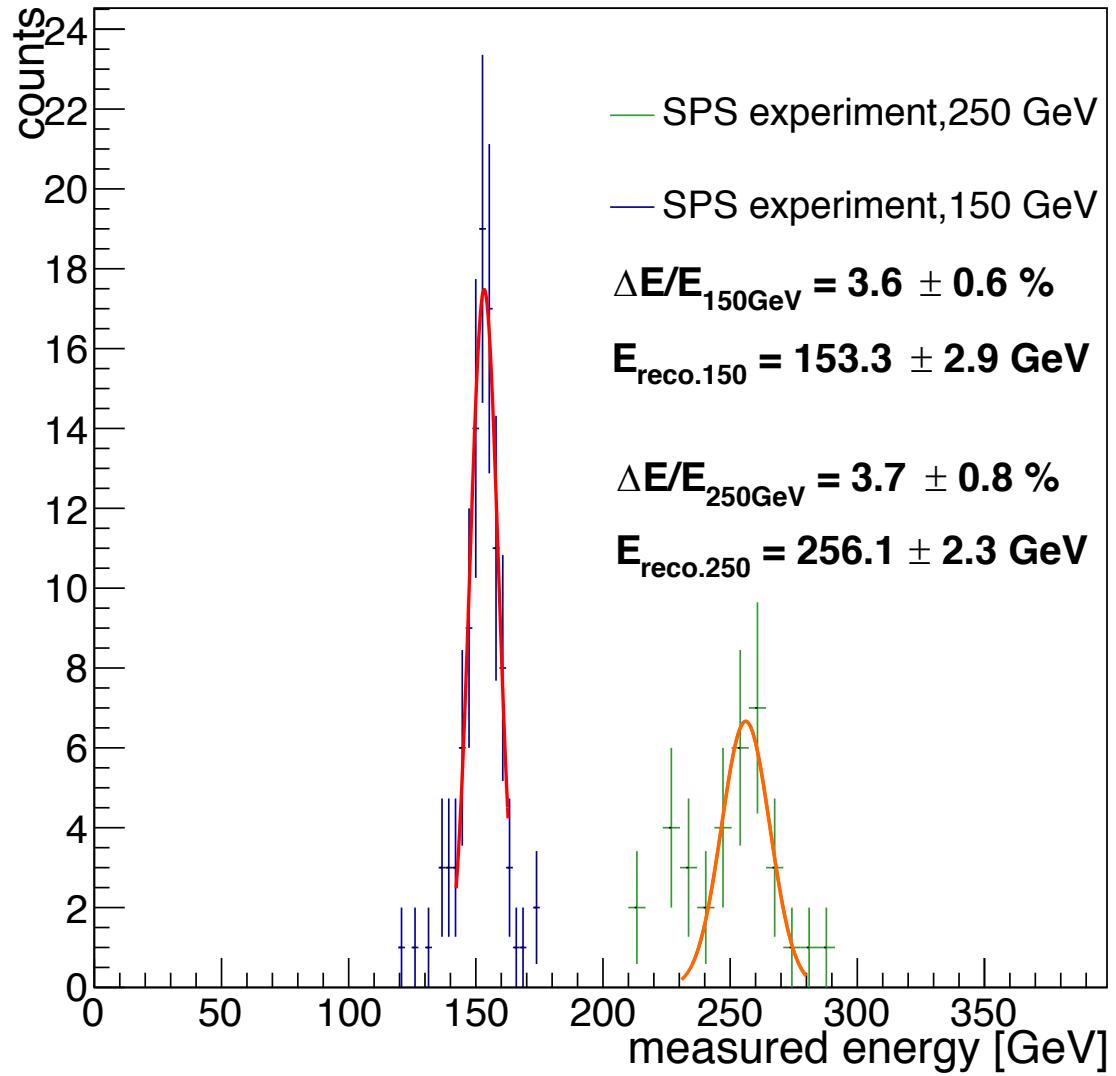


- ✓ Mini-FoCalの20層に陽電子とハドロンの混合ビームを入射
- ✓ 陽電子選定方法を用いて陽電子を選定
- ✓ Simulationとの比較から、Mini-FoCalが電磁シャワーの全体形状を正しく測定できていることを確認。

* シミュレーション: 陽電子を入射したシミュレーション
* エラーバーは分布の標準偏差

✓ エネルギー再構成とエネルギー分解能

25



- ✓ 150GeV、250GeVの陽電子のエネルギー再構成

入射エネルギー	Reco.E
150GeV	$153.3 \pm 2.9 \text{ GeV}$
250GeV	$256.1 \pm 2.3 \text{ GeV}$

*誤差は統計誤差のみ

- ✓ ピークをガウス関数でFitすることでエネルギー分解能を計算
- ✓ Simulationと比較

	$\Delta E/E$	Simu. $\Delta E/E$
150GeV	$3.6 \pm 0.6 \%$	$3.6 \pm 0.2\%$
250GeV	$3.7 \pm 0.8 \%$	$3.1 \pm 0.2\%$

- ✓ Simulationと誤差の範囲で一致
- ✓ FoCalの性能目標である5%以下を達成

✓ Summary & Outlook

Summary

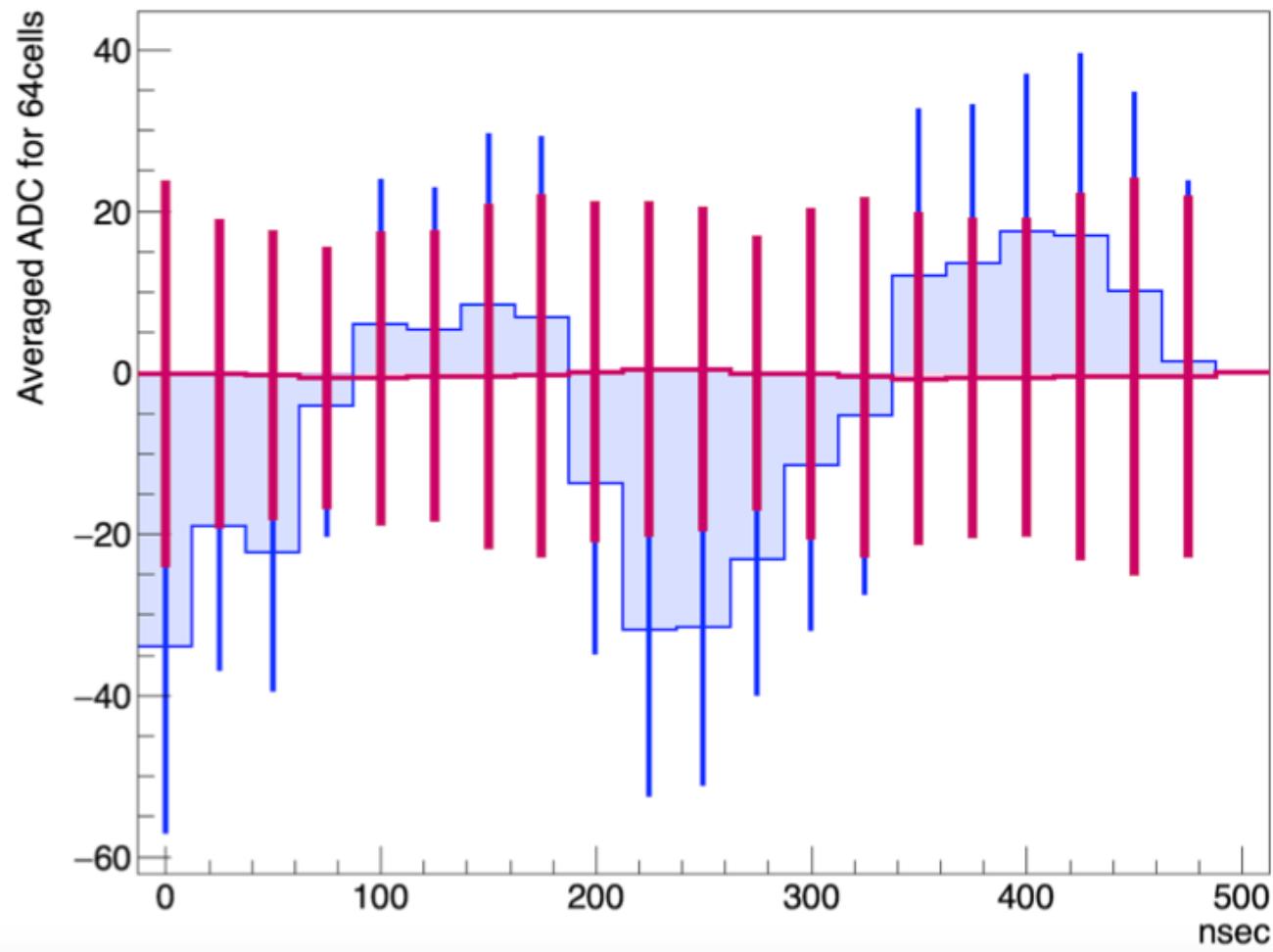
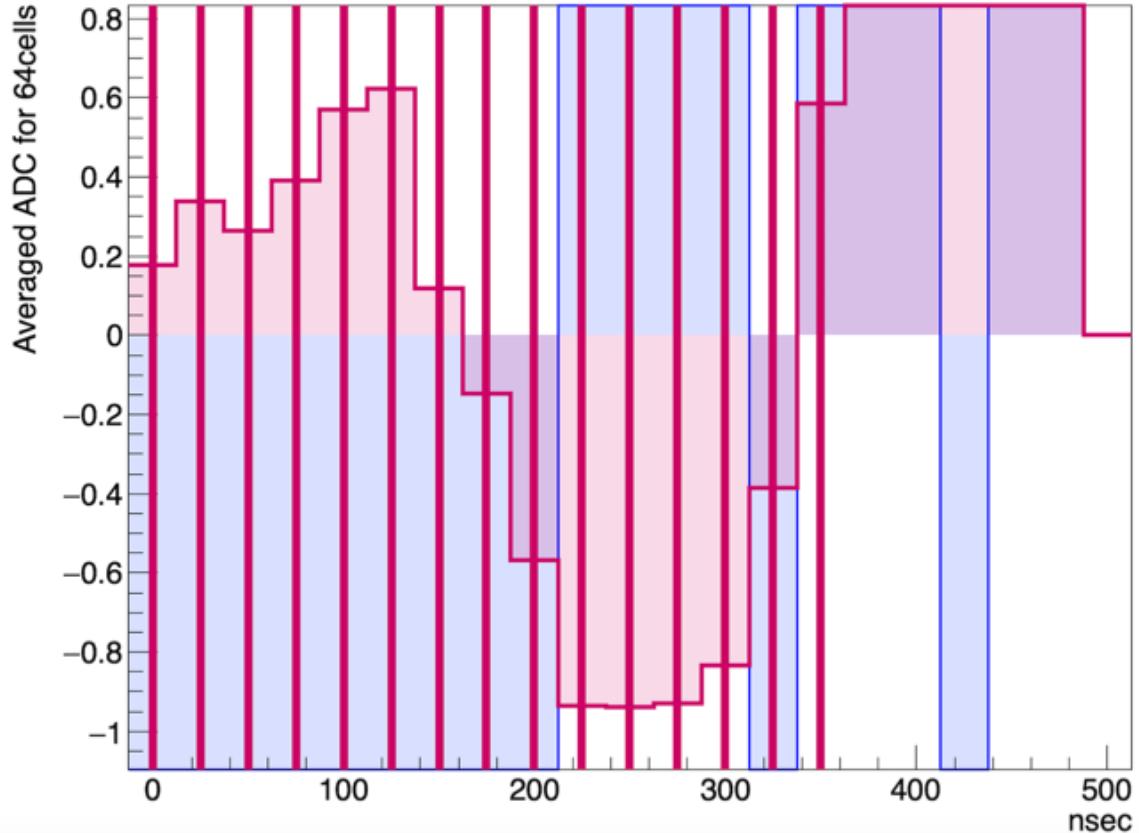
- ✓ FoCalはQGPの物性解明のため初期光子を衝突前方領域で測定することを目的として開発
- ✓ プロトタイプのMini-FoCalを作成し、CERNのPS、SPSのテストビームで性能評価
- ✓ 解析手法を確立
 - 1) ノイズの除去に成功
 - 2) 測定ADC値をエネルギーに再構成
 - 3) 陽電子選定方法をSimulationで原理検証を行うことで開発
 - 大量のハドロンから陽電子を選定することに成功
 - Mini-FoCalで陽電子の電磁シャワーの発展を確認
- ✓ テストビーム実験の最重要評価項目である
入射エネルギーの再構成、エネルギー分解能の測定に成功
 - 150GeV/c 陽電子: Reco.E = 153.3 ± 2.9 GeV $\Delta E/E = 3.6 \pm 0.6$ %
 - 250GeV/c 陽電子: Reco.E = 256.1 ± 2.3 GeV $\Delta E/E = 3.7 \pm 0.8$ %
- ✓ 本研究によりFoCalの要求性能が満たされていることを明らかにした。
→ FoCalの性能評価についての投稿論文を執筆中

表 4.4 陽電子選定で使用した閾値

ビームエネルギー	3-layer selection 閾値	χ^2 selection 閾値
150 GeV	492MeV	4
250GeV	820MeV	4.5

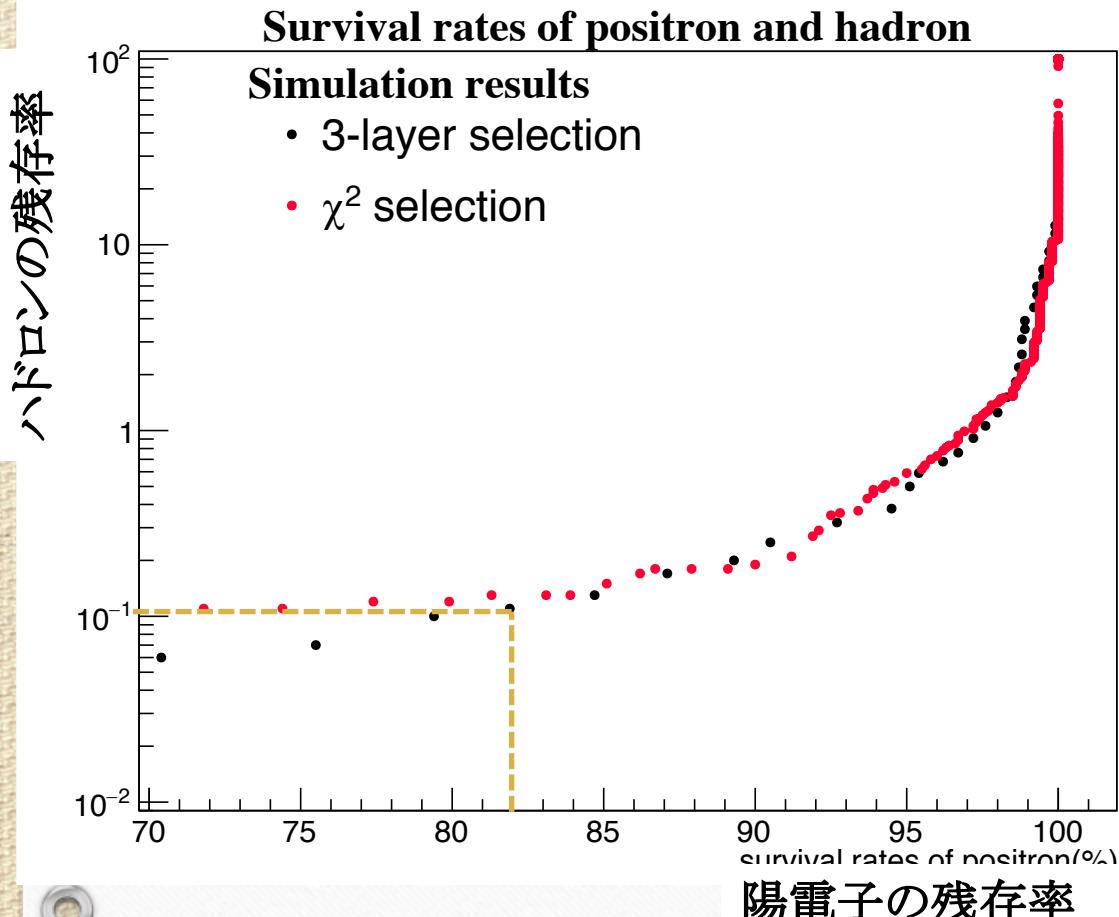
表 5.1 シミュレーションと実験のエネルギー分解能とエネルギー再構成まとめ

	統計数	$E_{Reco.150}$	$\Delta E/E_{150}$	統計数	$E_{Reco.250}$	$\Delta E/E_{250}$
実験	103	$153.3 \pm 2.9\text{GeV}$	$3.6 \pm 0.6\%$	34	$256.1 \pm 2.3\text{GeV}$	$3.7 \pm 0.8\%$
シミュレーション	1000	150GeV	$3.6 \pm 0.2\%$	1000	250GeV	$3.1 \pm 0.2\%$



- ✓ 2つの陽電子選定方法の効果をシミュレーションで検証

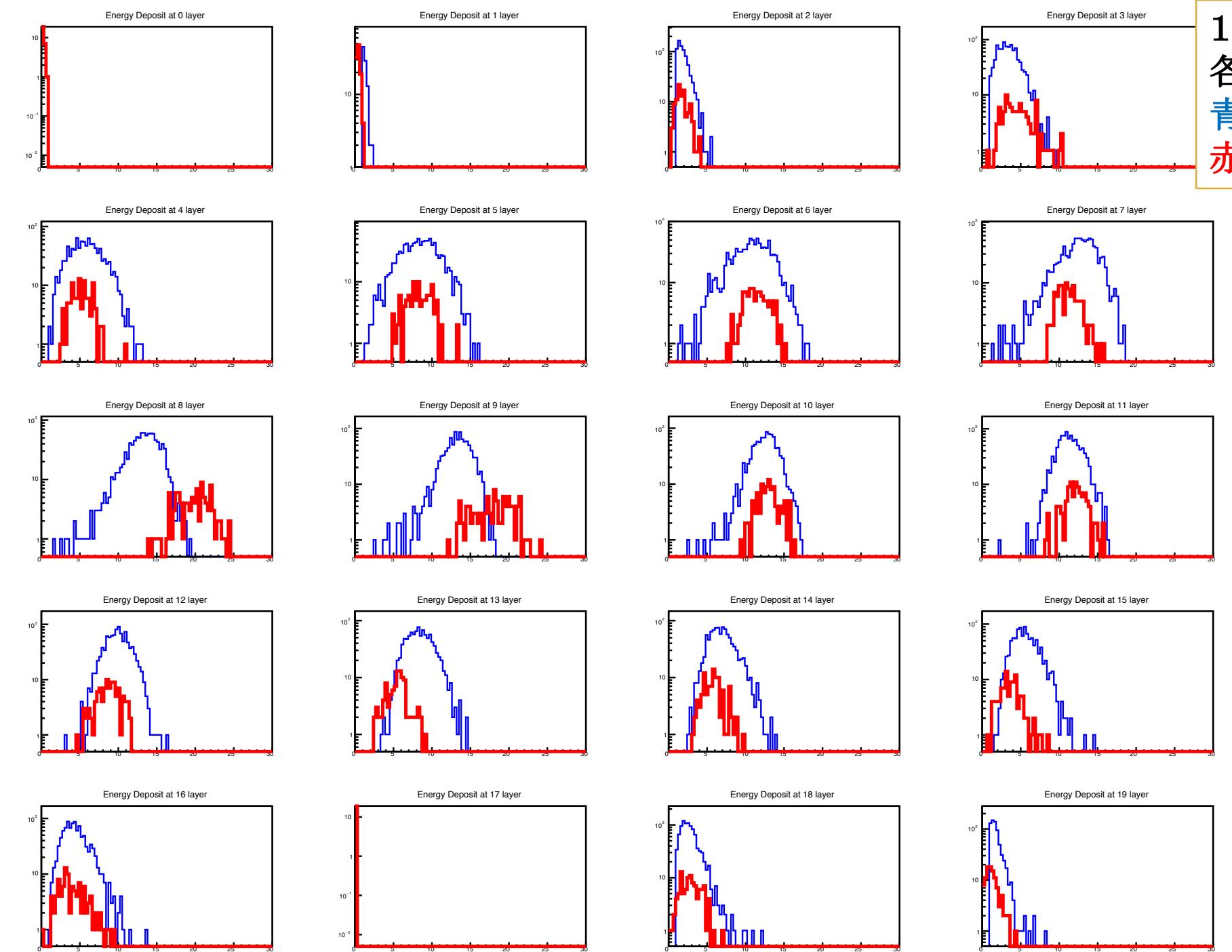
陽電子とハドロンの残存率を比較



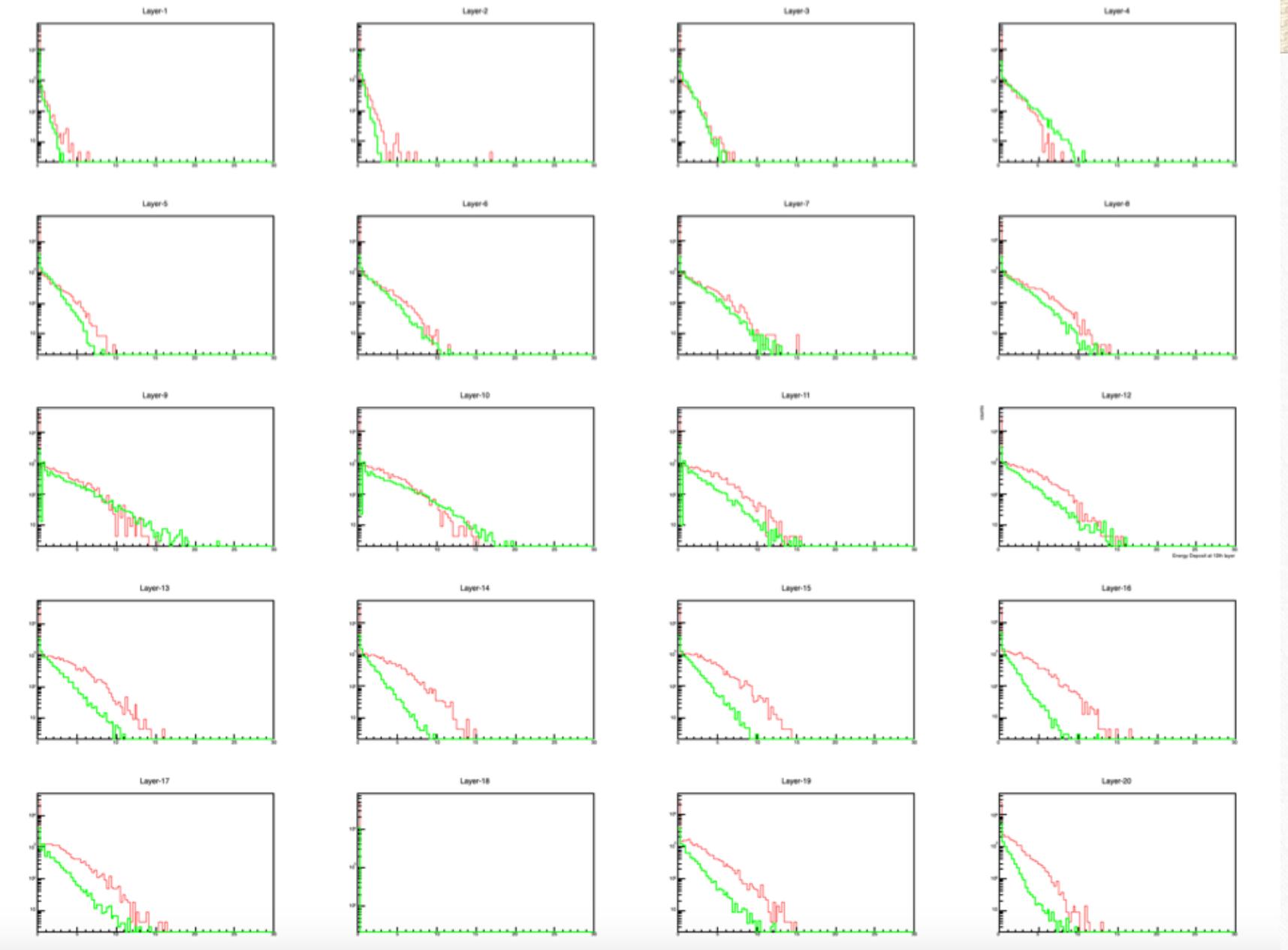
陽電子選定方法	閾値	陽電子の残存率(%)	ハドロンの残存率(%)
3-layer selection	380MeV	81.9	0.11
3-layer selection	370MeV	84.7	0.13
$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$	2.1	83.9	0.13
3-layer & $\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$	360MeV&2.4	83.9	0.1

✓ **3-layer selection** と **$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$** の
両方を使用することで片方の時より
ハドロンを取り除くことができる
→ **3-layer selection** と **$\chi^2_{\text{event}}\text{-Selection}$** の
両方を用いた陽電子選定を実験に採用

150GeVを入射した際に得られた
各Layerでのエネルギー損失分布
青:陽電子 Simulation
赤:陽電子選定後 実験

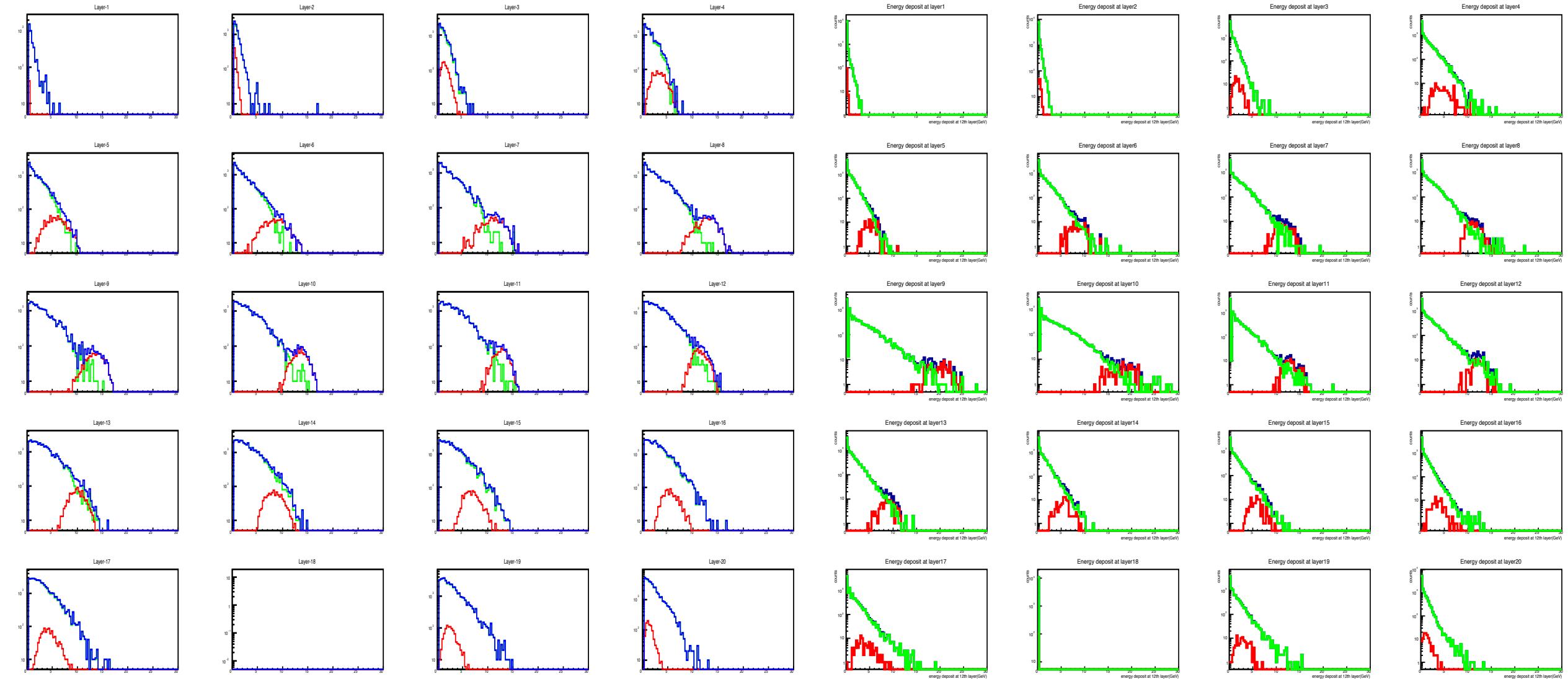


150GeVを入射した際に得られた
各Layerでのエネルギー損失分布
赤:ハドロン Simulation
緑:実験



Simulation

実験



II-3 図版九六

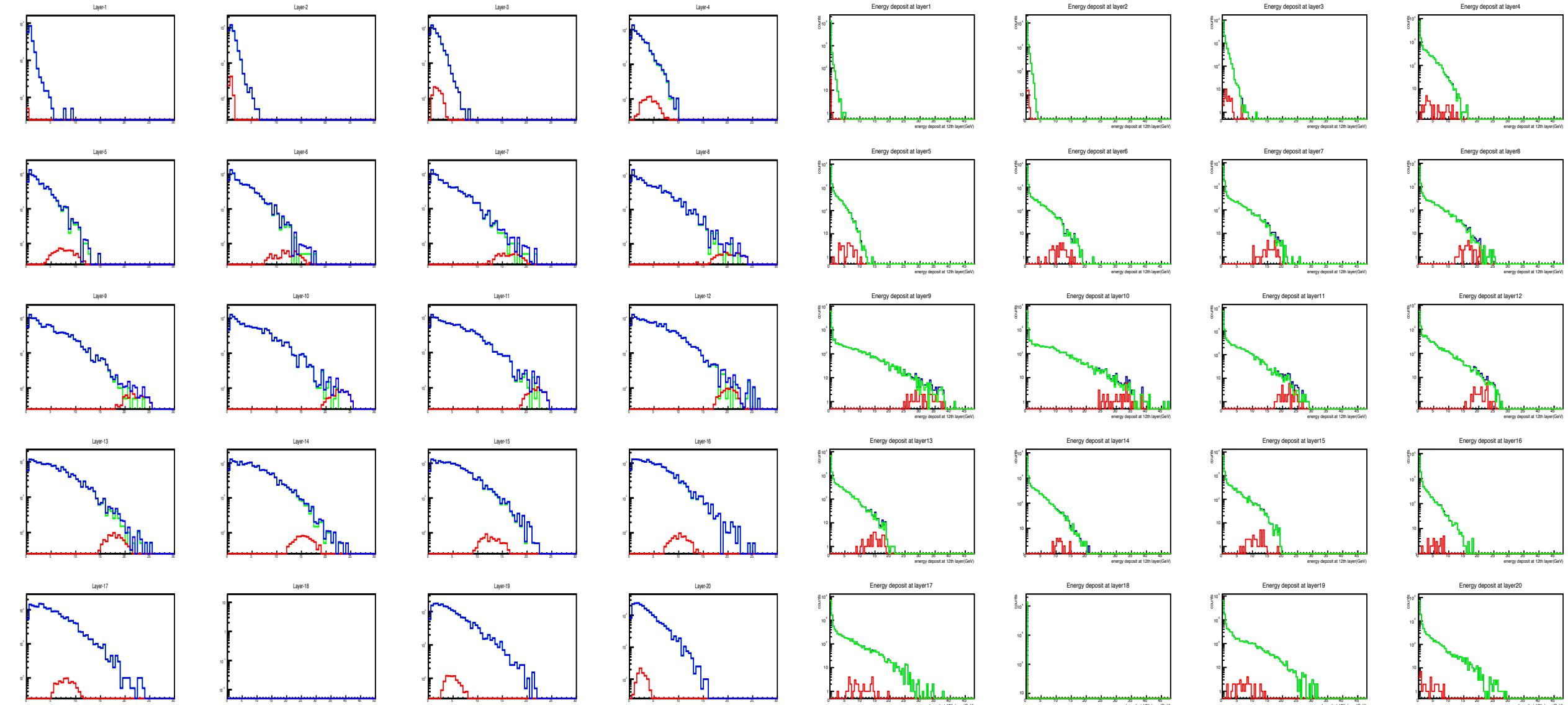
LNU/L 4/14

34

150GeVを入射した際に得られた各Layerでのエネルギー分布

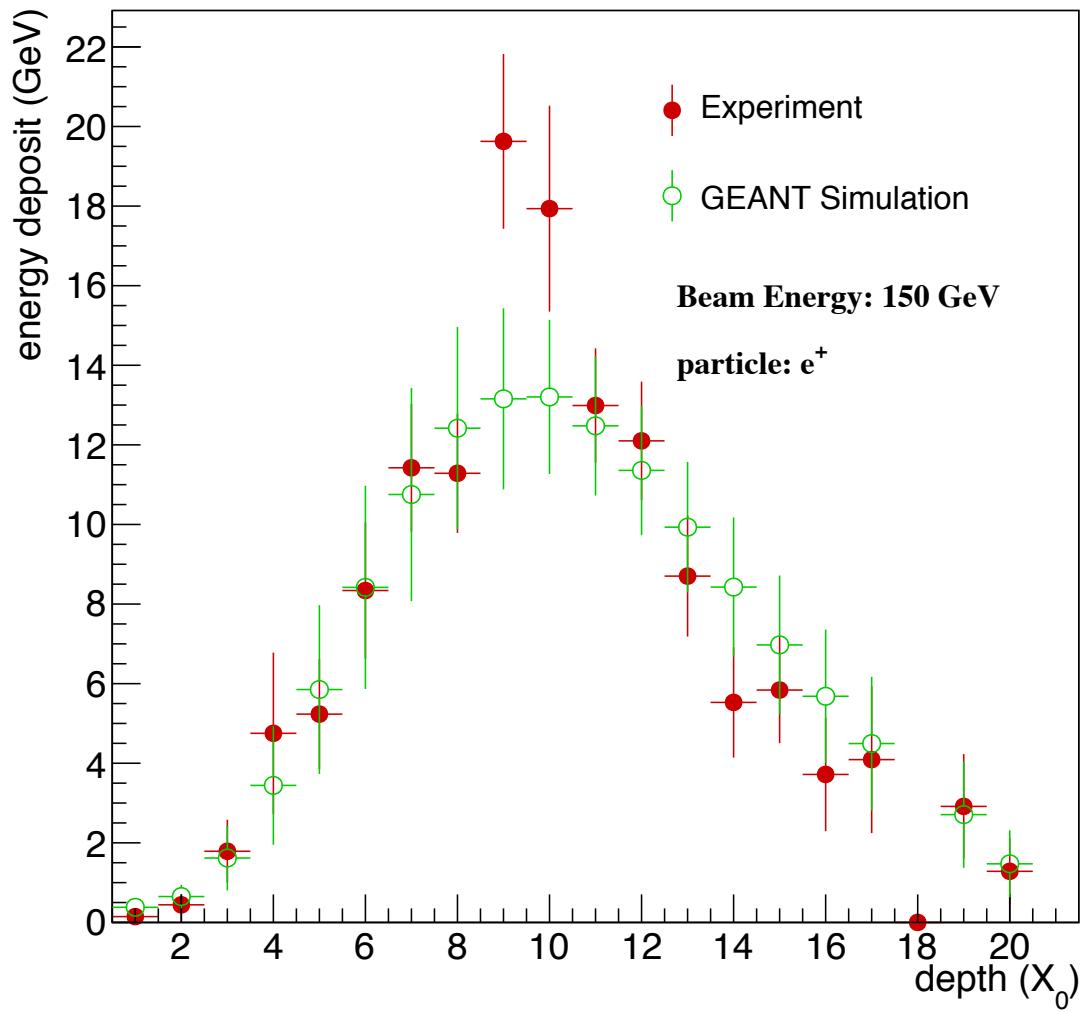
Simulation

実験

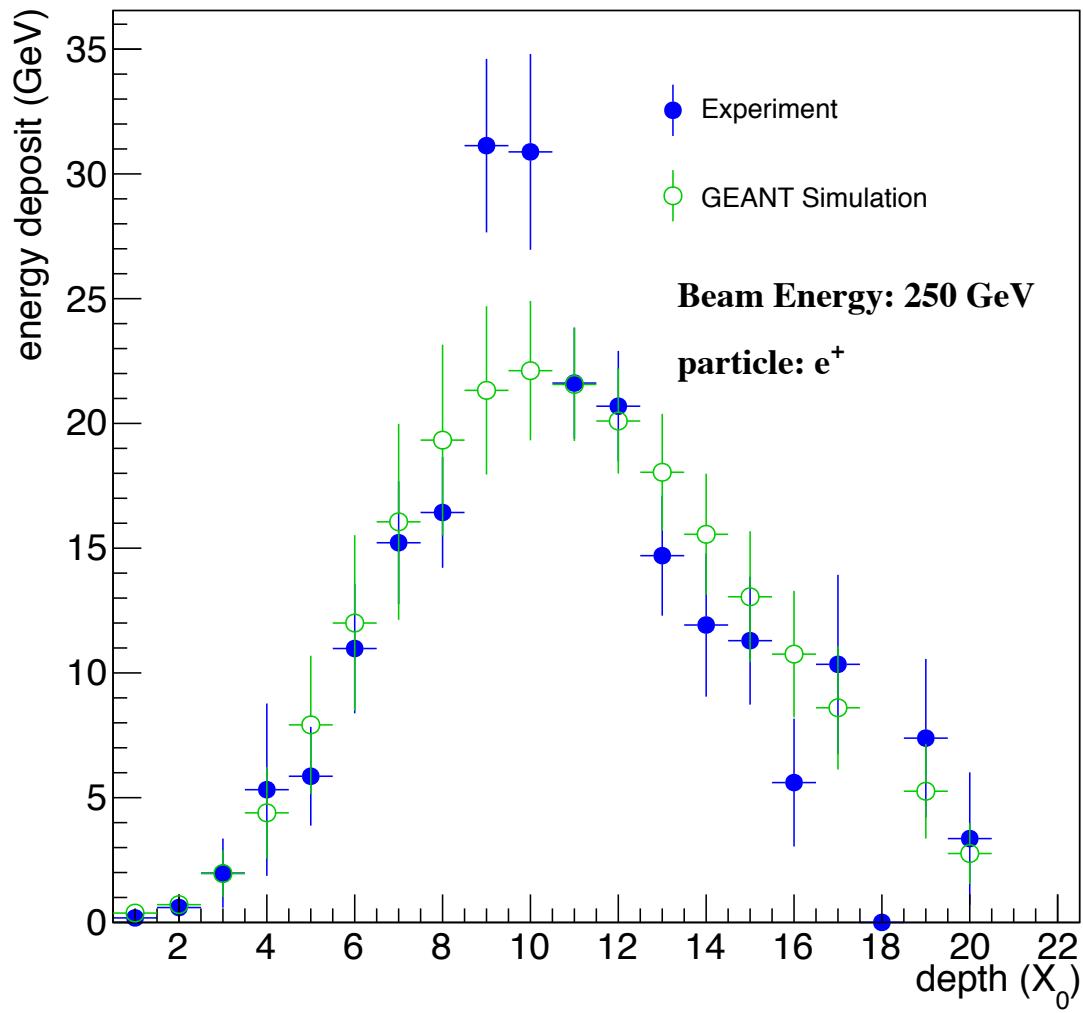


250GeVを入射した際に得られた各Layerでのエネルギー分布

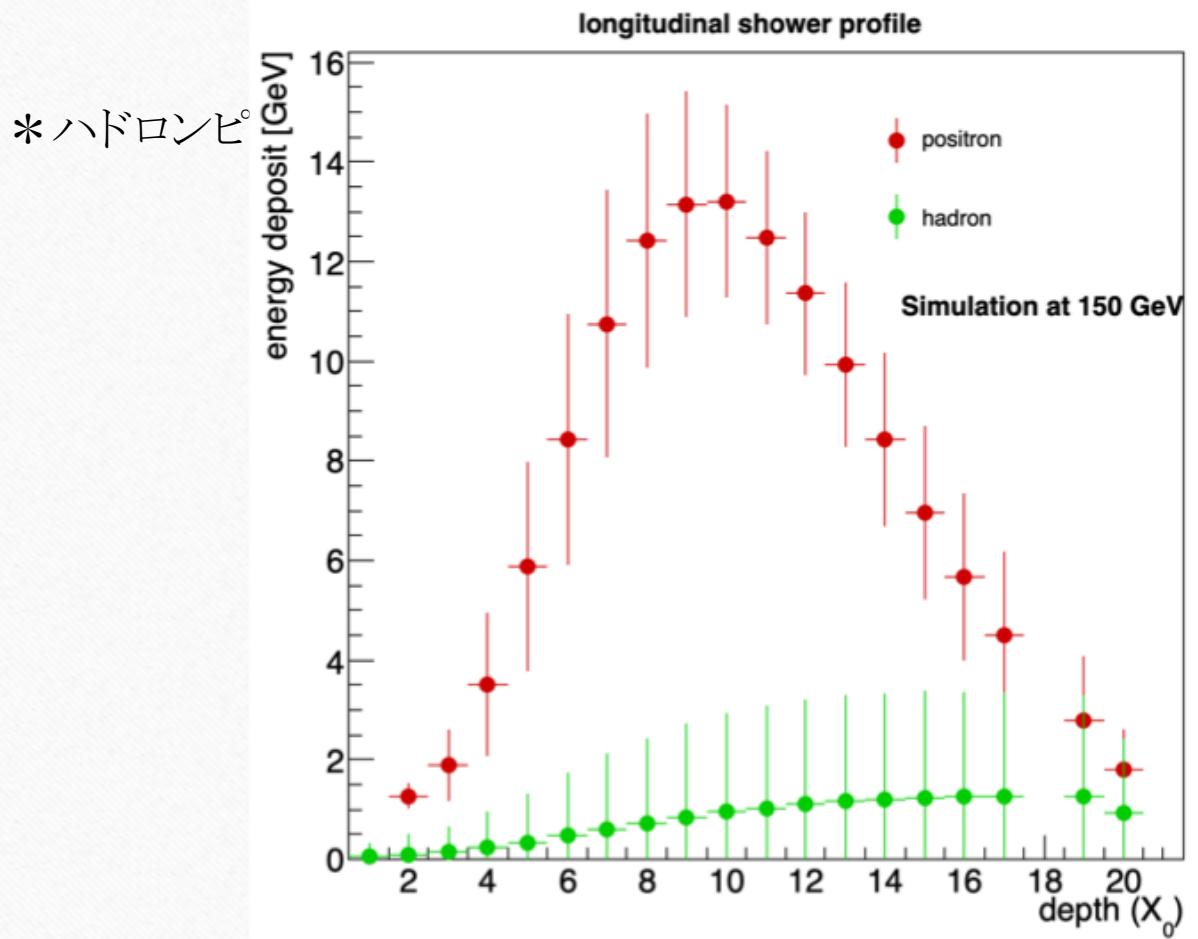
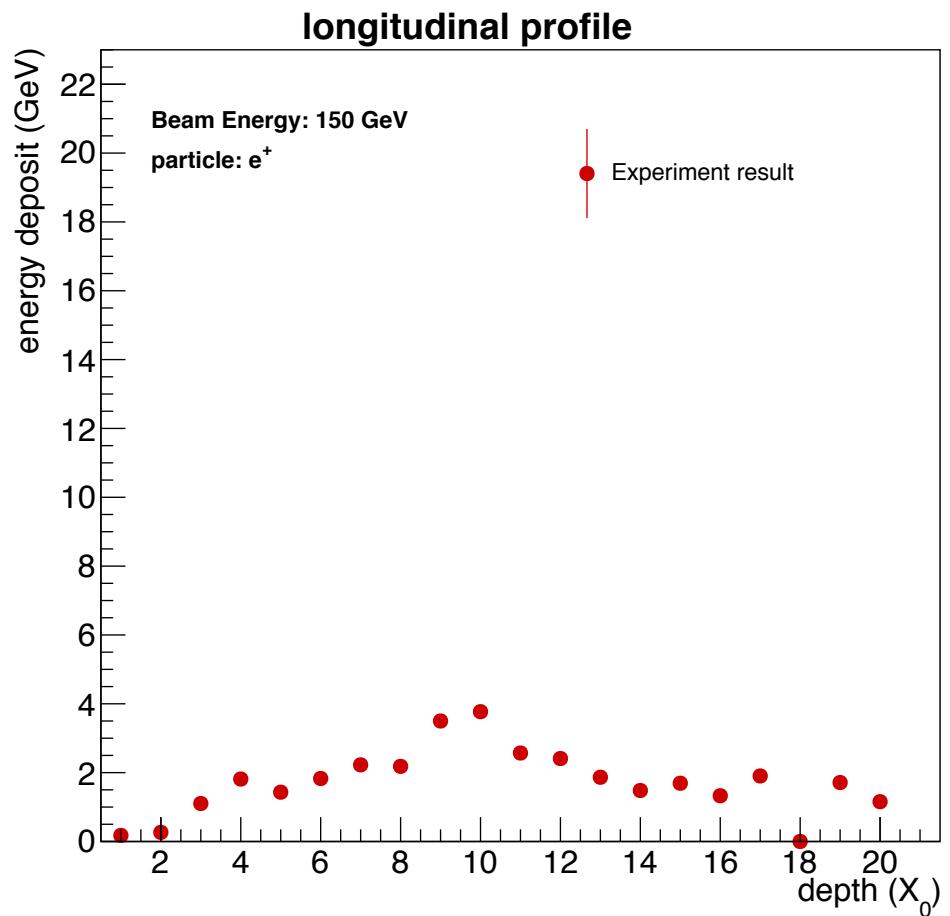
longitudinal shower profile



longitudinal shower profile



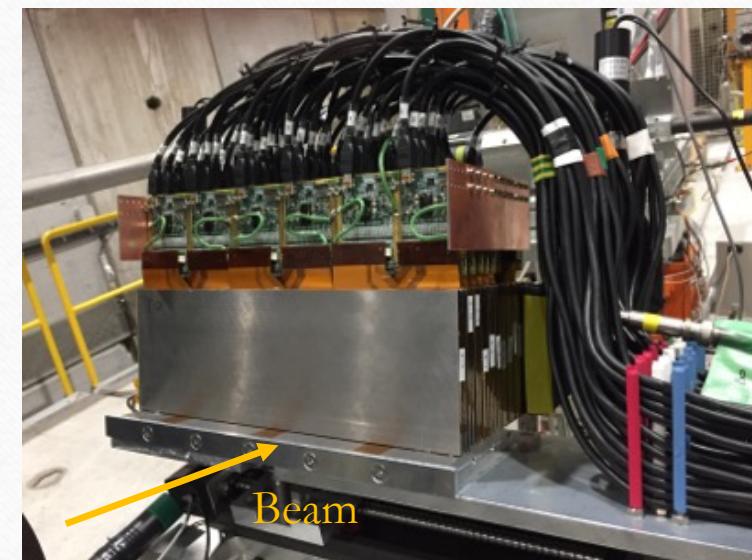
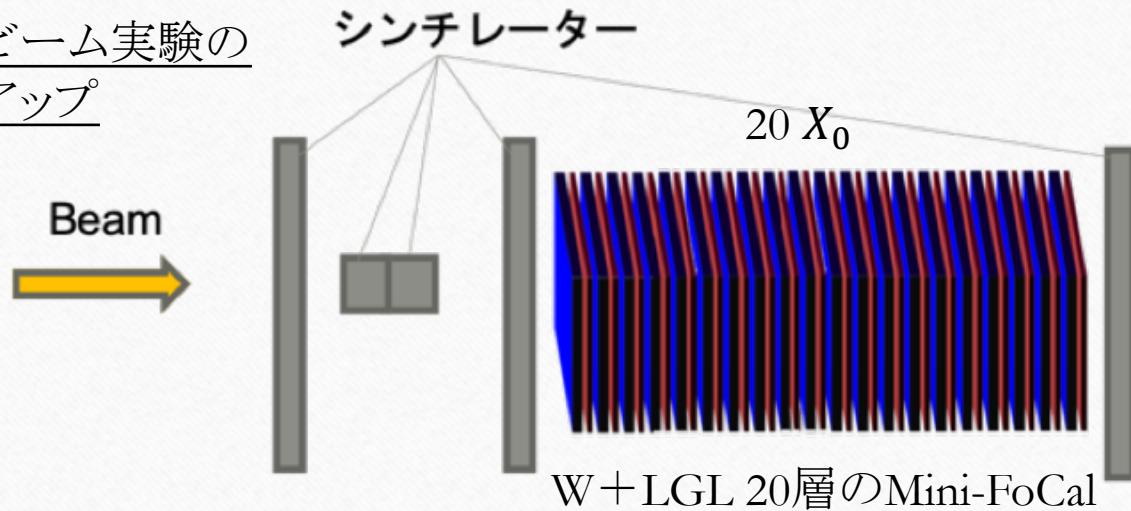
Shower Profile



✓ FoCalのプロトタイプ(Mini-FoCal)のテスト実験

36

テストビーム実験の
セットアップ

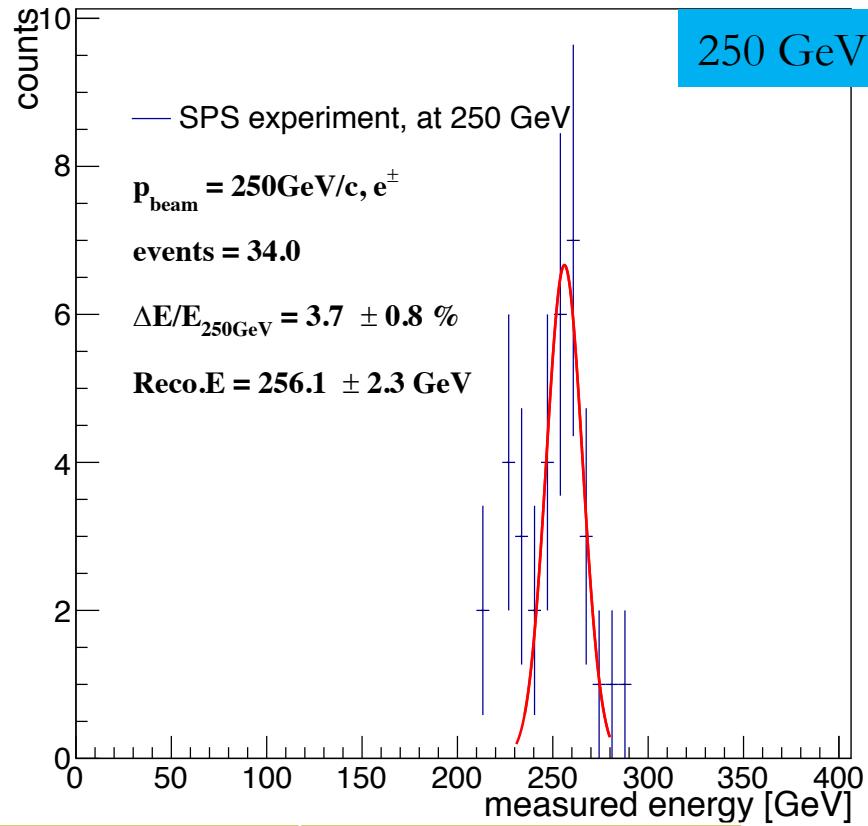
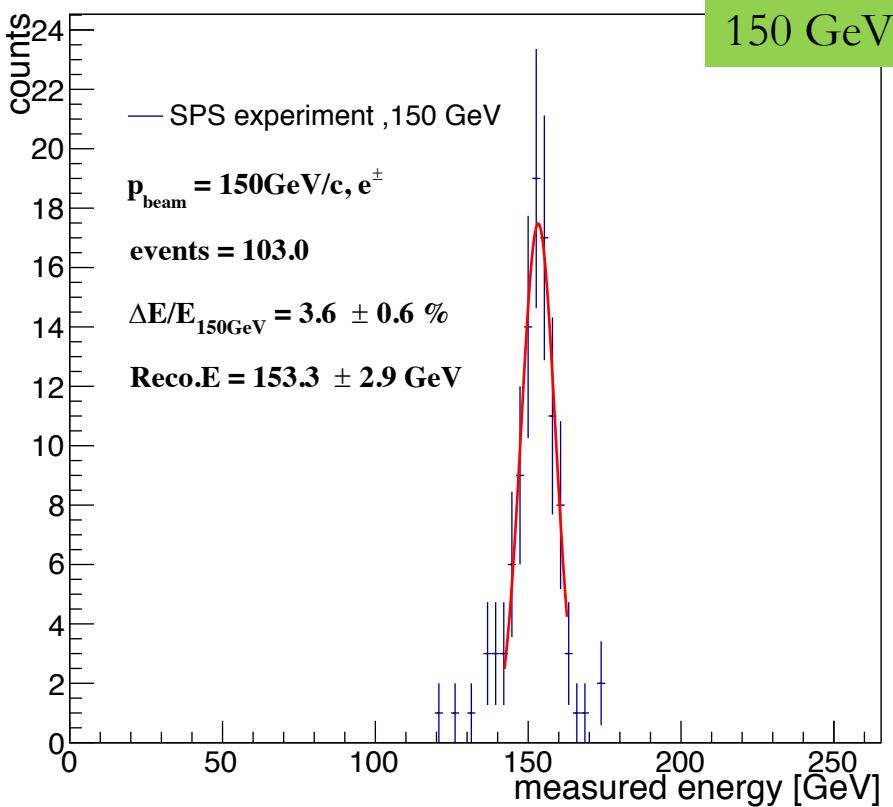


- ✓ 2018年夏、CERNのPS、SPSの加速器で性能評価のためのテスト実験
電子や陽電子のエネルギーの測定、エネルギー分解能の評価

加速器	エネルギー	粒子	評価項目
PS	9 GeV	ハドロン	MIPに相当するADC値の測定
SPS	150,250 GeV	陽電子＋ハドロン	エネルギー再構成と分解能測定

*MIP :荷電粒子の1個が通った時のエネルギー損失量

✓ SPS実験結果: 150GeVでのエネルギー再構成とエネルギー分解能の測定

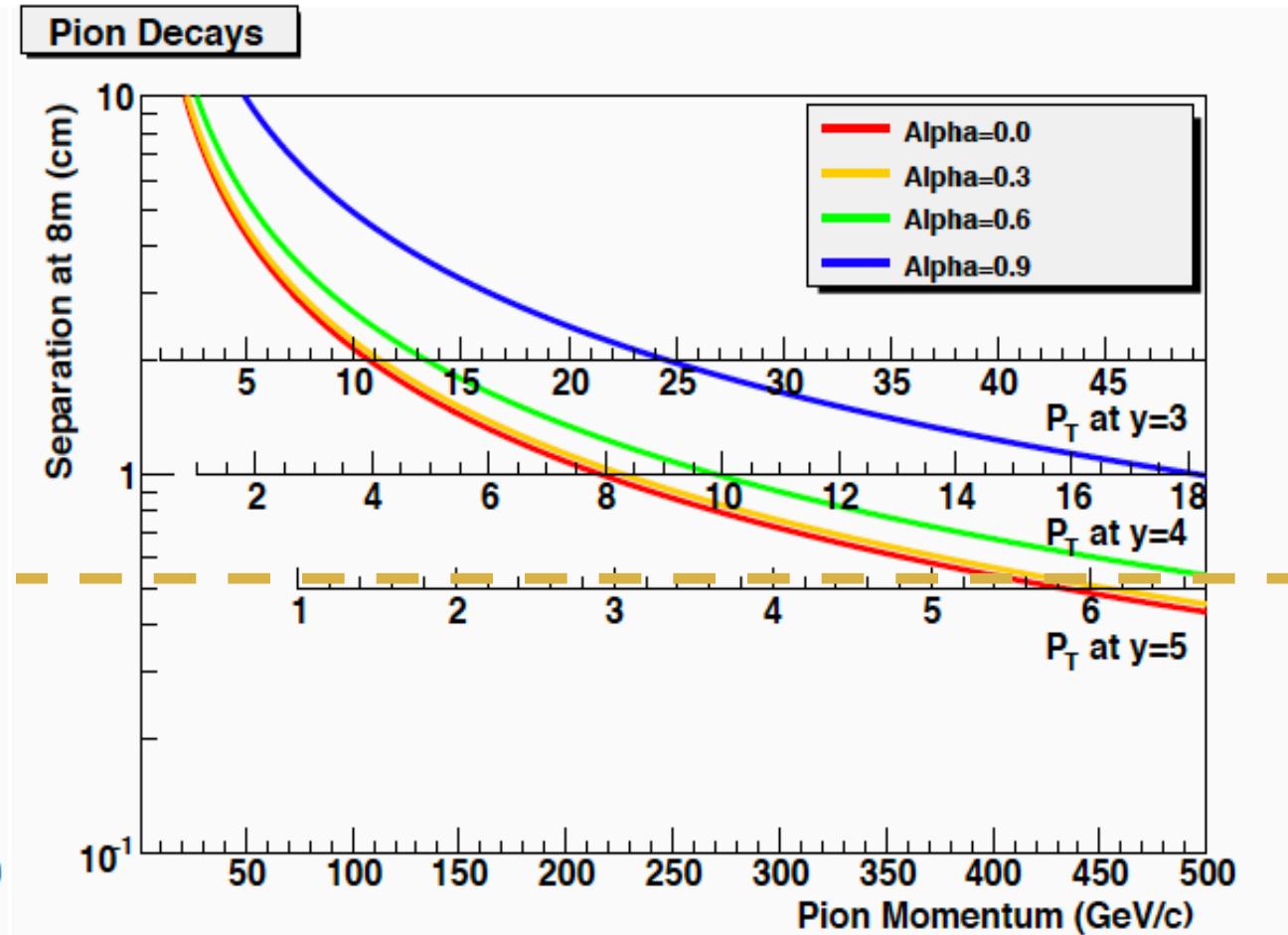


	Reco.E	$\Delta E/E$	Simu. $\Delta E/E$
150GeV	$153.3 \pm 2.9 \text{ GeV}$	$3.6 \pm 0.6 \%$	$3.6 \pm 0.2\%$
250GeV	$256.1 \pm 2.3 \text{ GeV}$	$3.7 \pm 0.8 \%$	$3.1 \pm 0.2\%$

- ✓ 高エネルギー領域において高いエネルギー分解能を確認
- ✓ おおよそ入射エネルギーが再構成

π^0 崩壊2光子間距離 @FoCal

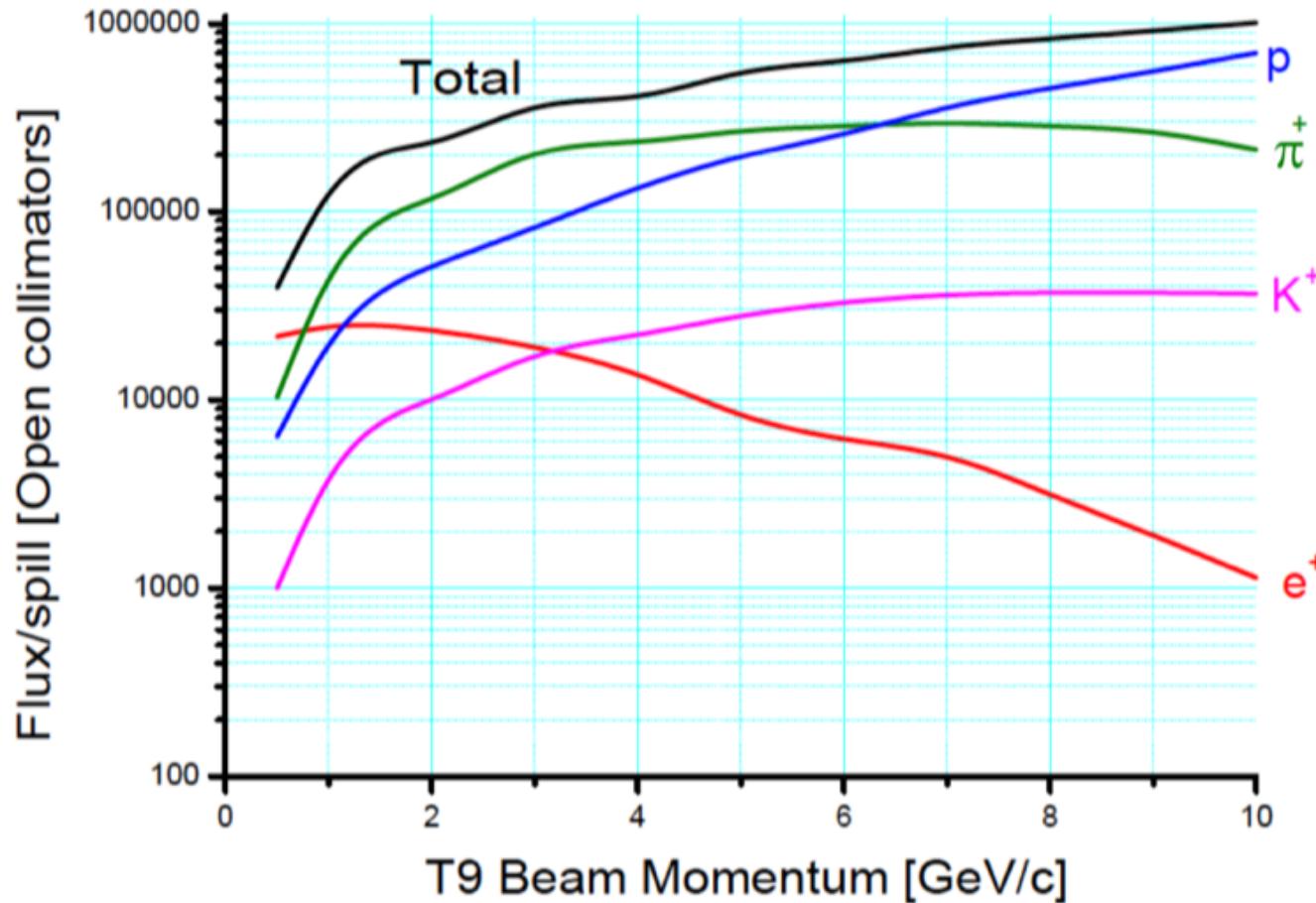
$\eta = 5, z = 8 \text{ m}$ の位置で、 $500 \text{ GeV}/c$ の pion を分離(直接光子を識別)するためには、4mm 程度の位置分解能が必要
->HGLで分離可能(?)



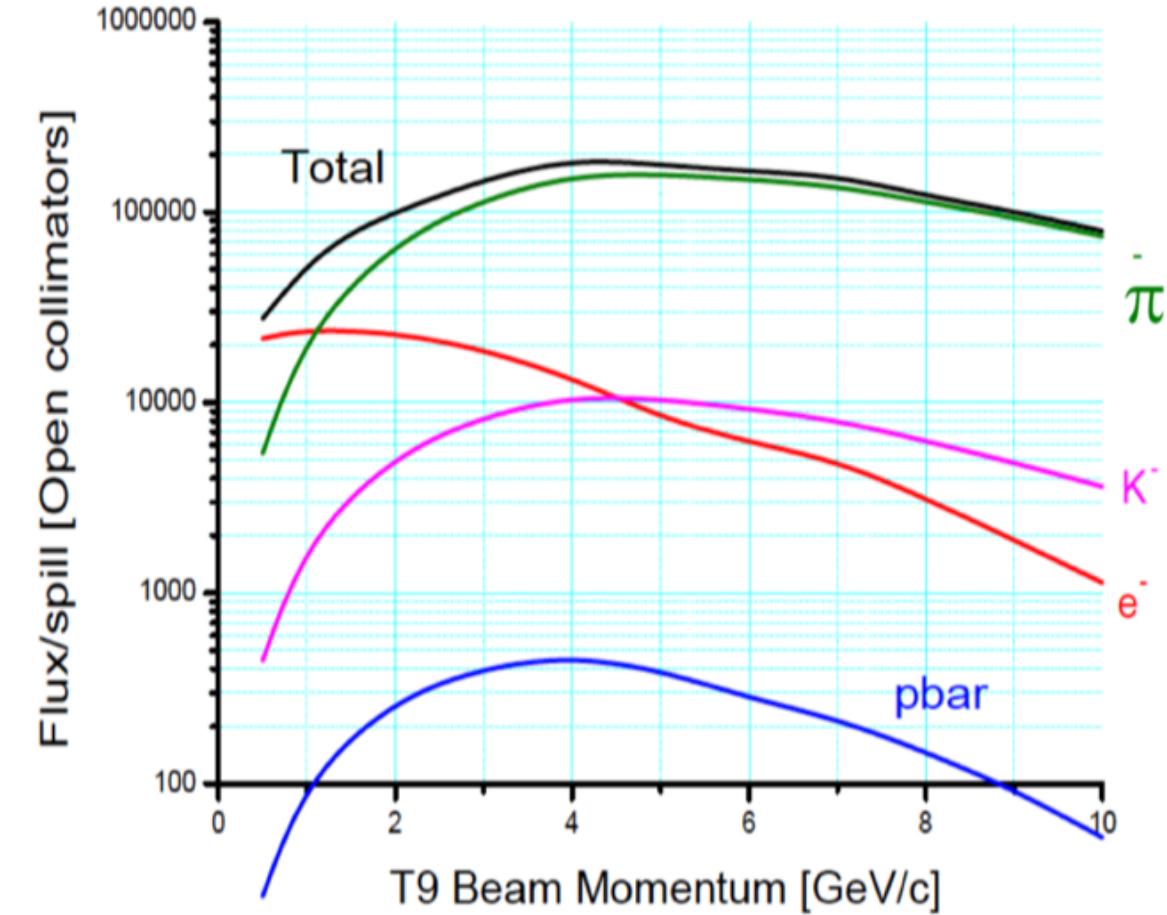
(Alpha=0.0 (balanced))
 $\pi^0 \rightarrow 2 \gamma$ の
エネルギーシンメトリー

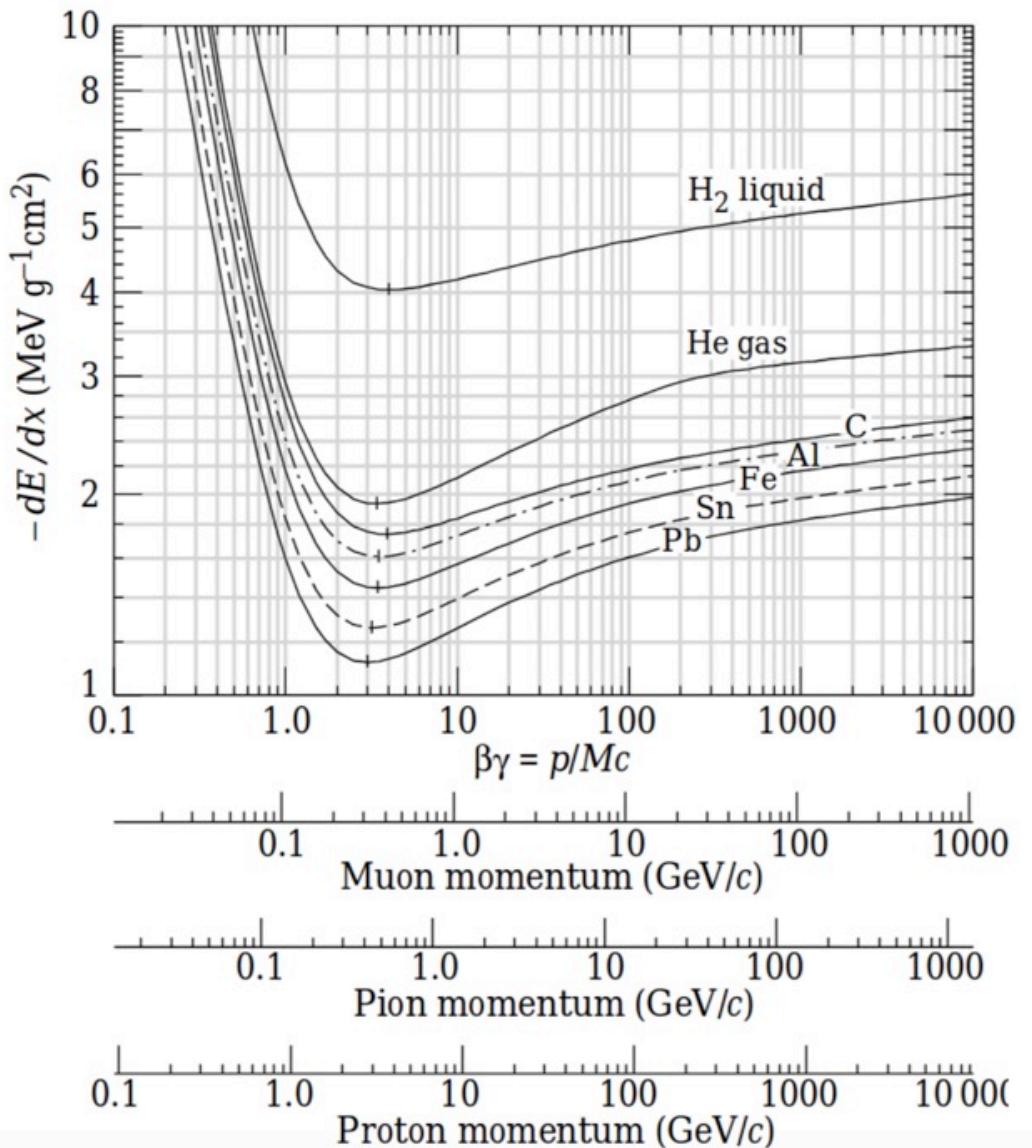
PSのビームの内訳

Estimated maximum flux in positive beam

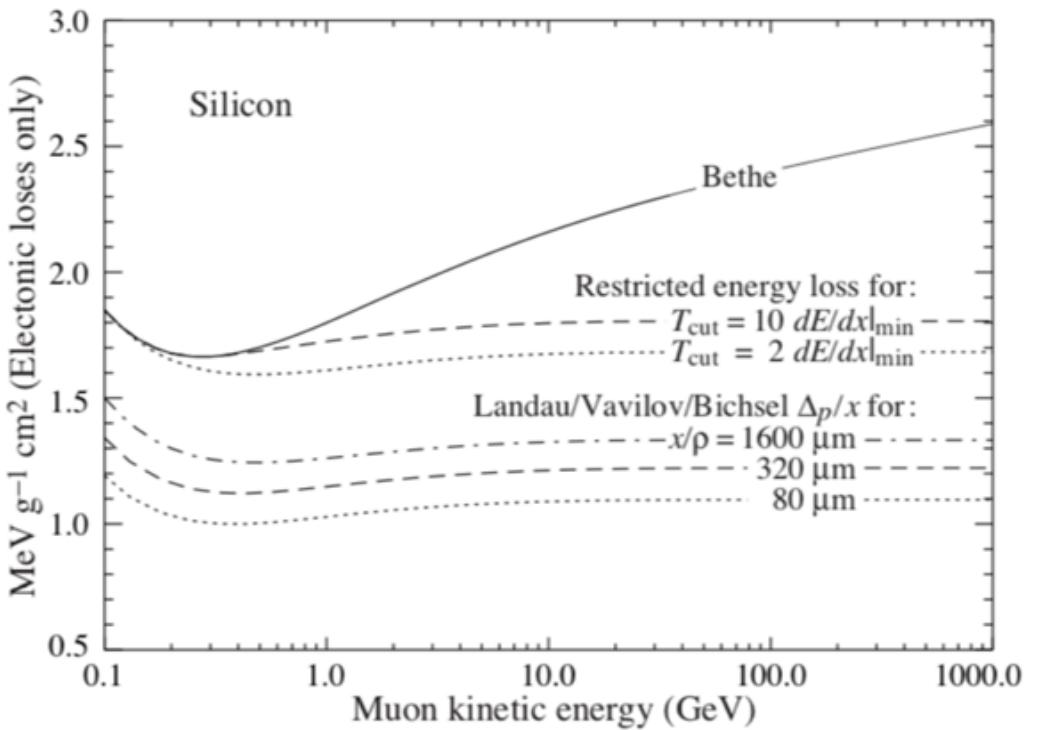


Estimated maximum flux in negative beam



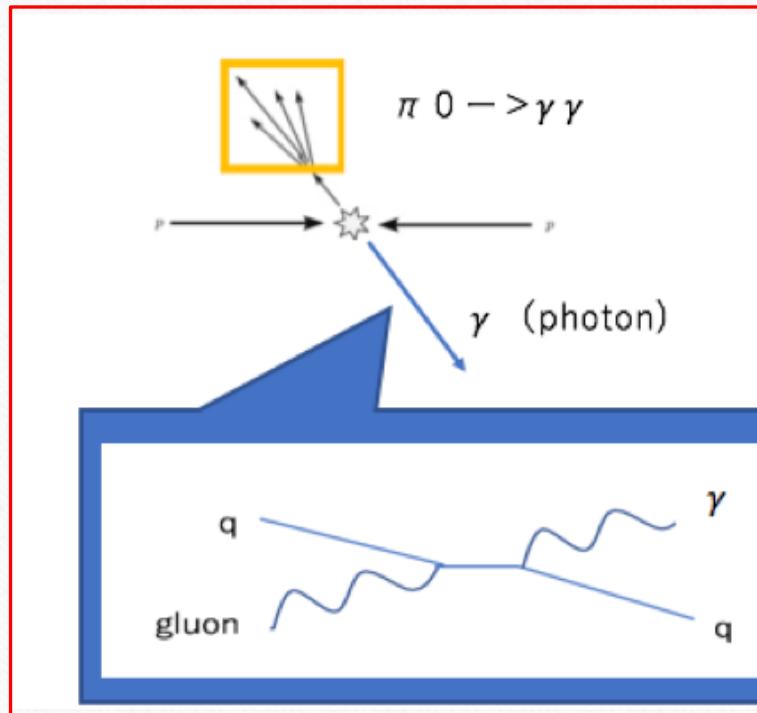


修論発表

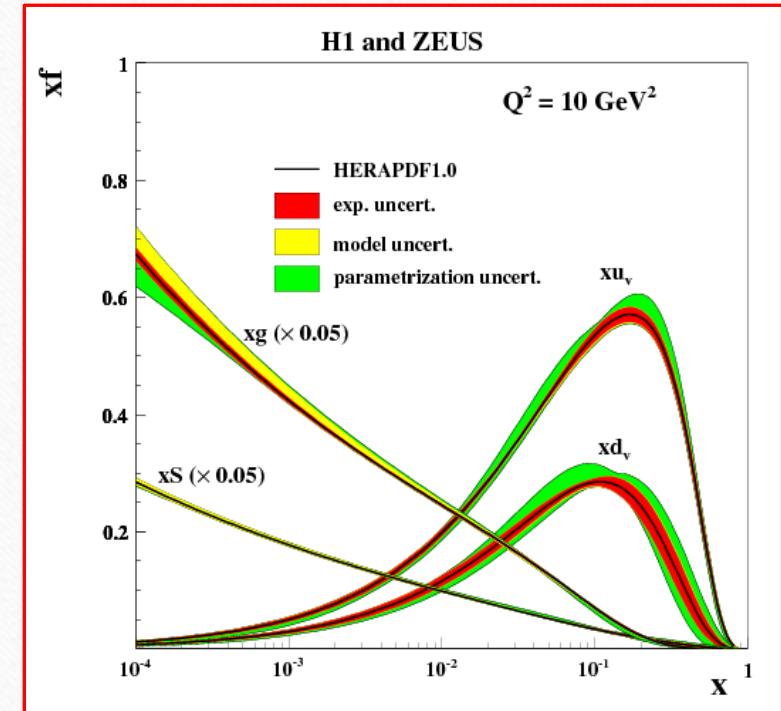


$$1.21 (\text{MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{g}) \times 2.3 (\text{g}/\text{cm}^3) \times (320 \mu\text{m} \times 10^{-4}) \text{ cm} = \mathbf{0.089 \text{ MeV}}$$

直接光子を衝突前方方向で測定する

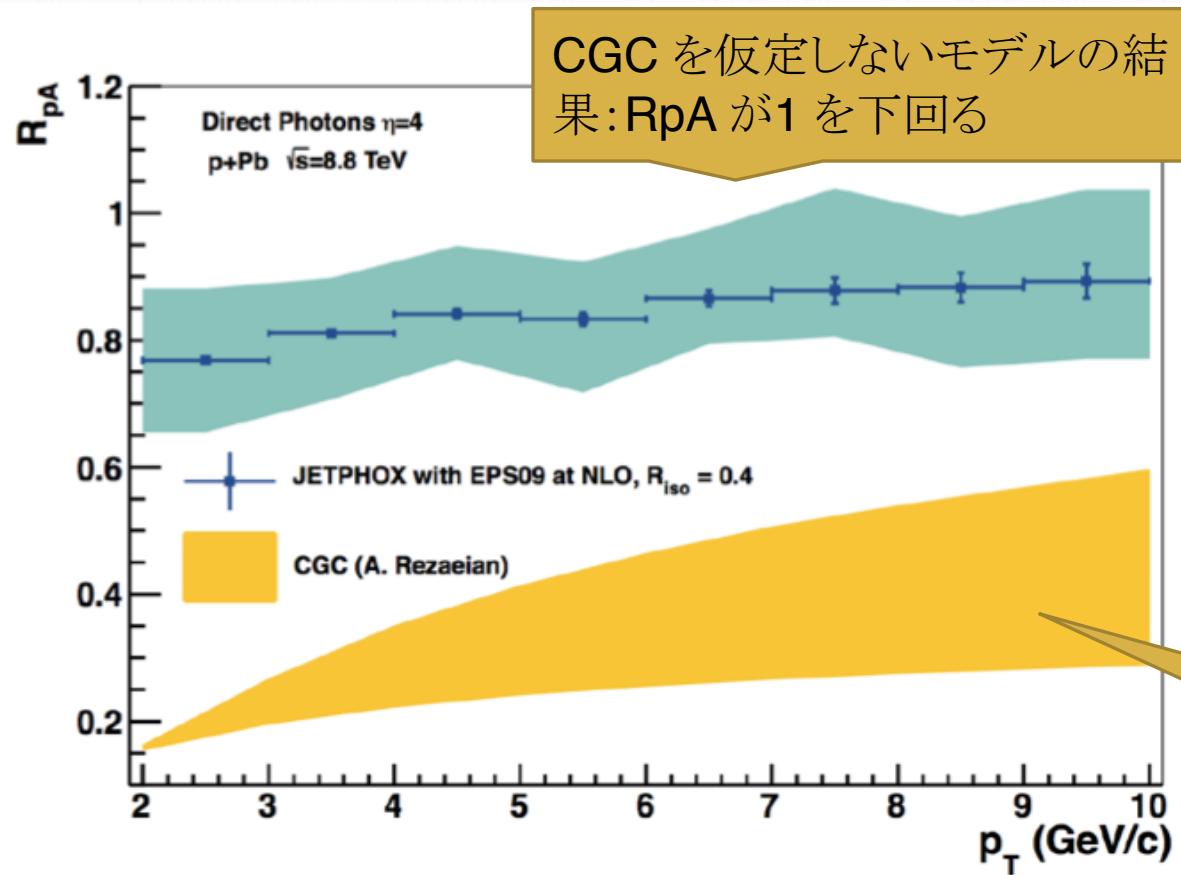


前方方向で観測する ... gluon 散乱によって
生成される光子が
支配的
 \rightarrow CGCに高感度



Parton Distribution Function

直接光子を測定した時の収量抑制



✓ CGC を仮定しないモデルの結果: R_{pA} が 1 を下回る
✓ 直接光子はその生成初期状態にグルーオンを含んでおり、その収量はグルーオンの密度分布の影響を直接的に受ける

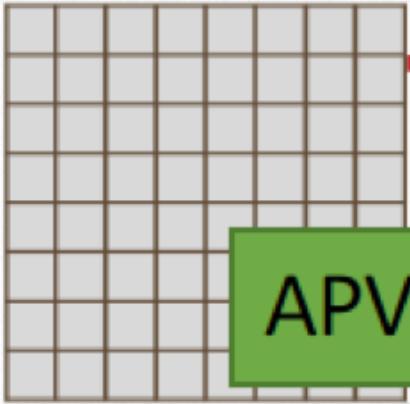
収量

$$R_{AA} = \frac{\frac{dN_{AA}}{d^2 p_T}}{\frac{dN_{PP}}{d^2 p_T} \langle N_{\text{coll}} \rangle}$$

CGC を仮定したモデルでは特に低い PT 領域で R_{pA} は大きく 1 を下回っている

Read Out System

Si pads + FPC



APV 25

Bias

Coincidence signal
of scintillator ①~④

trigger

HDMI

able

SRS
slow control

LAN
cable

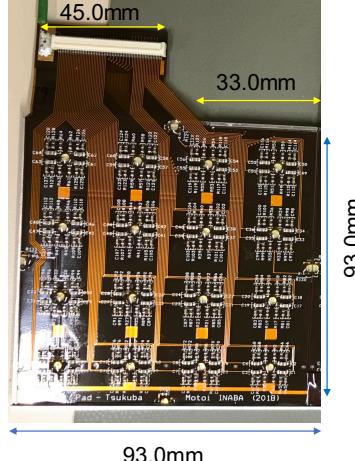
DAQ
PC

CERN RD51 APV25-S1
hybrid master board

66.0mm



Flexible Printed Circuit



50.0mm

93.0mm

45.0mm

33.0mm

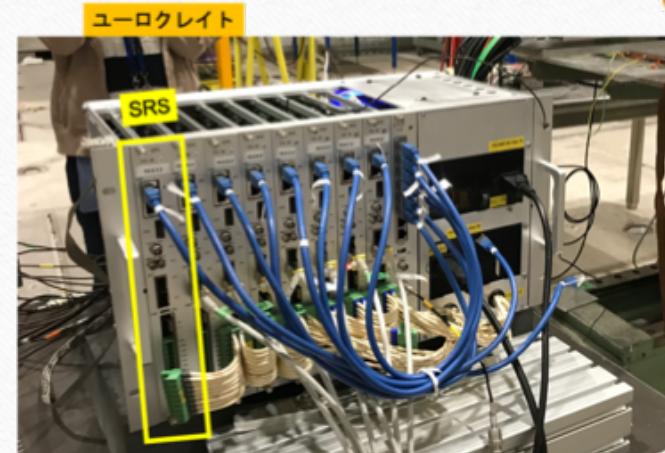


図 3.6 読み出しシステムの概要図

Mini-FoCal の Data AcQuisition system(DAQ)

: センサー、信号調節、Analog to Digital converter、読み出しソフトウェアである ALICE Data Acquisition and Test Environment(DATE)[(18)] を搭載し、PC で構成されるデータ収集をする。測定のモニタリングシステムとして Automatic MOnitoRing Environment(AMORE)[(19)] を使用している。

Flexible Printed Circuits(FPC)

: FPC 基板は絶縁性を持った薄く柔らかいベースフィルムに銅箔などの導電性金属を貼り合わせた基材に電気回路を形成した基板である。柔軟性のある回路基板であり、薄く、軽く、耐久性に優れる特徴を持ち電子機器等の配線に使用される。(図 3.7)

APV 25

: APV25 は LHC-CMS 実験で使われている、シリコンストリップ検出器の読み出しのために開発された 128ch のアナログバイオーラインチップである。[(20)][(21)][(22)] 1 つの APV25 で 128ch の Si-Pad からのデータを読み出す。Pad からの電圧パルスは、ブレアンプ+シェイパーで増幅、整形されたのち、40 MHz(25 nsec) でサンプリングされる波形の各点の電圧値は 192 段のアナログバイオーラインで保存される。トリガーをつけるとバイオーラインに保存された波形をサンプルアンドホールドしたのち、後段の処理回路に出力する。波形あたりの保存点数は設定可能であり、Mini-FoCal では波形あたり 21 点記録している。この波形測定点をタイムピンと呼ぶ。

Scalable Readout System (SRS)

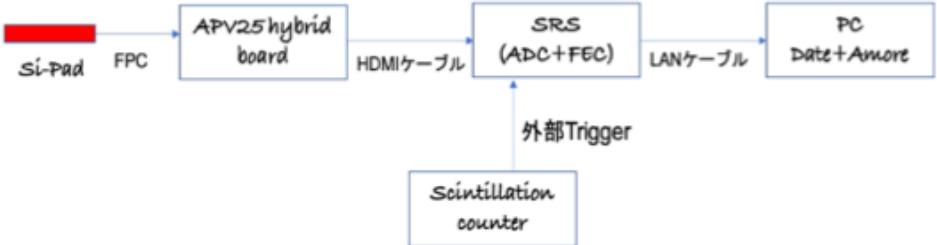
: ADC ボード、FEC ボード、電源モジュールを搭載したシステムのことを総称して SRS と呼ぶ。FEC に電源コネクタが付いており、そこから ADC、FEC の電源を供給する。(図 3.8[(22)])

Analog Digital Converter(ADC) ボード

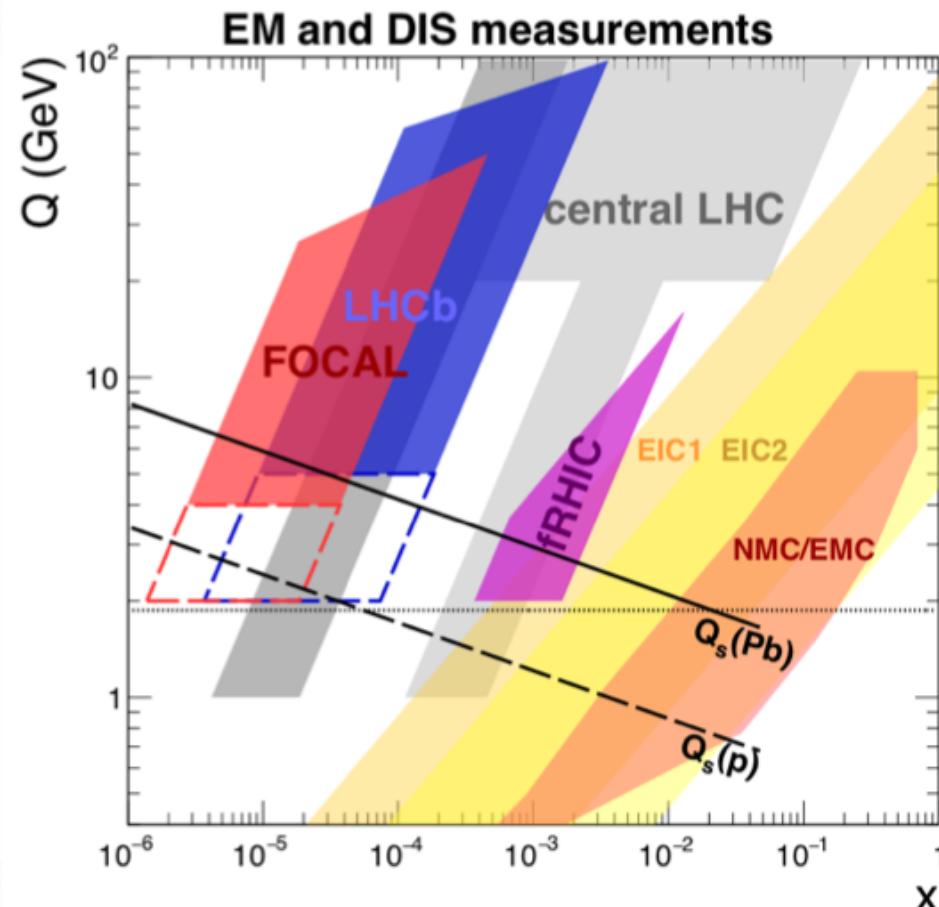
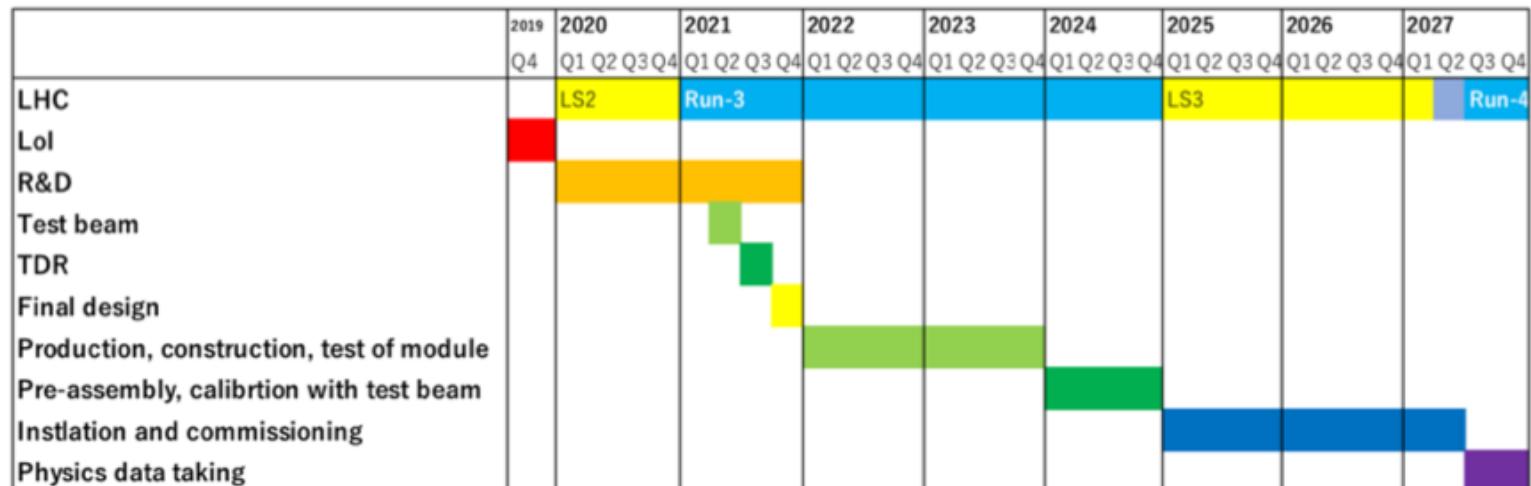
: ADC ボードは APV25 専用にデザインされたボードである。APV25 からのアナログシグナルをデジタル値に変換する。[(23)] 12bit のデータを 40~50 MHz の AD 変換が可能である。

Front End Converter (FEC)

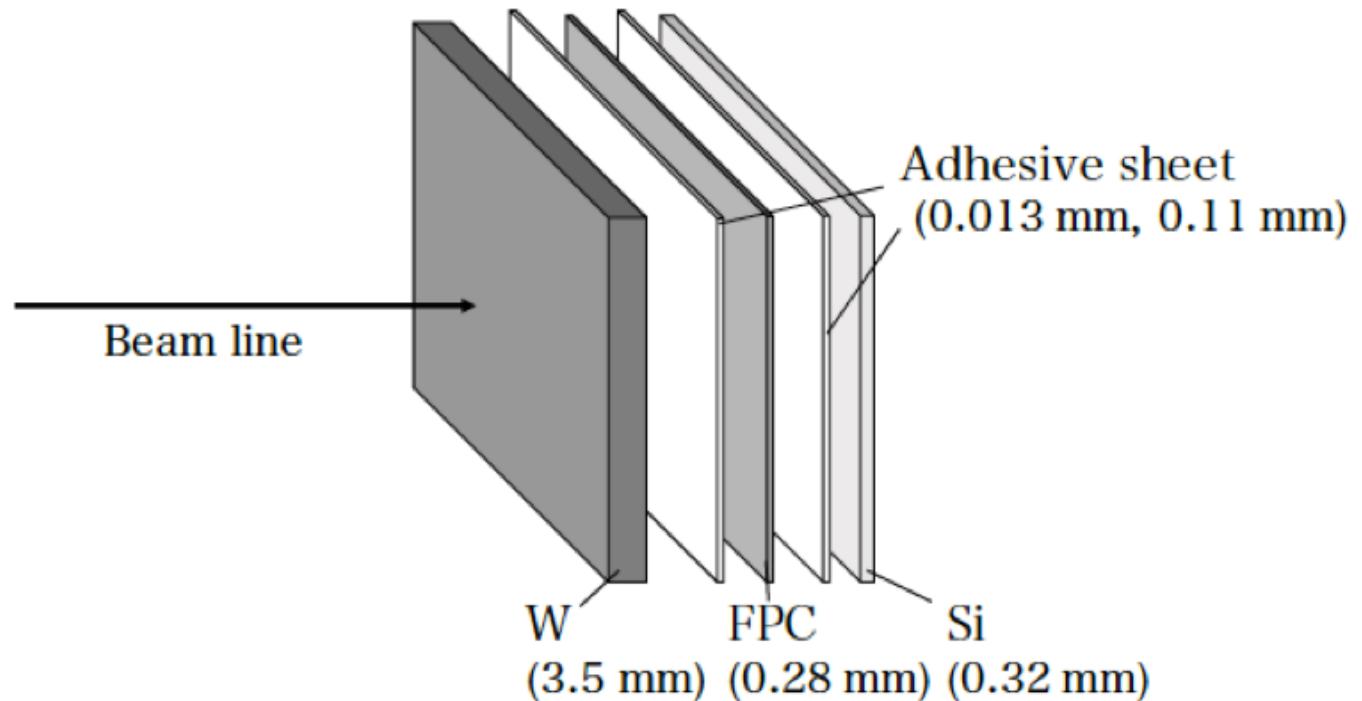
: FPGA のファームウェアに書かれたプログラムにより、ADC ボードから送られてくるデジタル信号を処理し、PC へ送る。[(23)]



Timescale (overall)

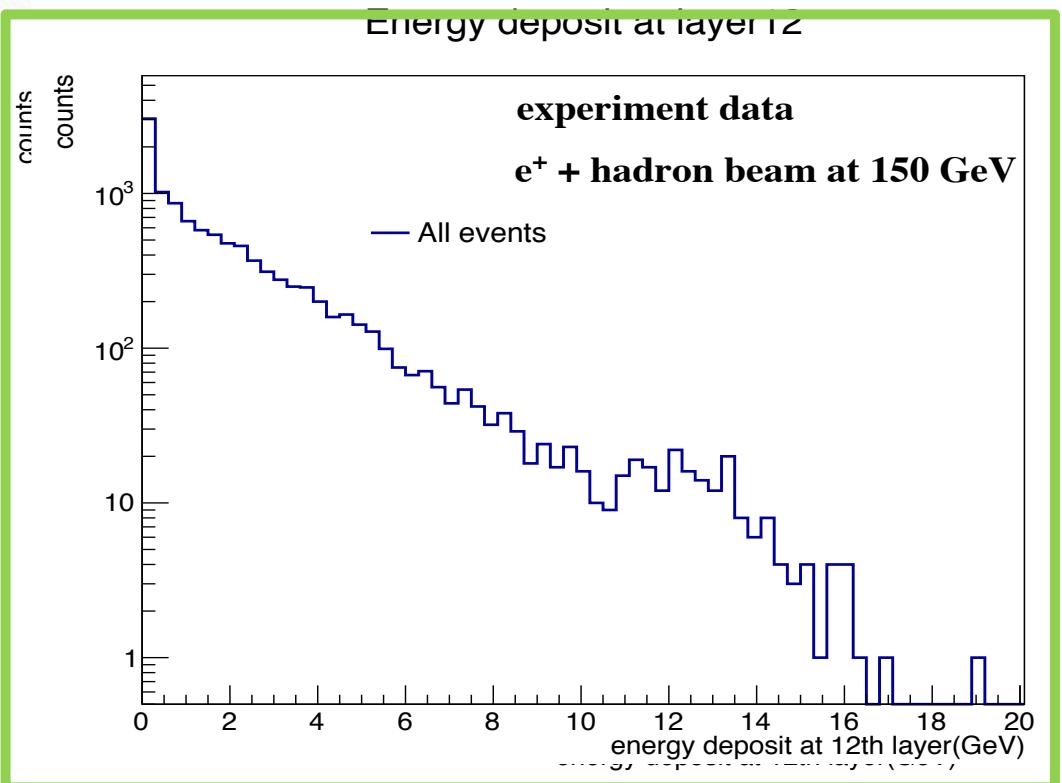


Geant4 は粒子が物質中を通過する際の相互作用過程をシミュレーションするソフトウェア・パッケージであり、主に高エネルギー物理学、原子核実験、医療、加速器の分野の研究で使用されている

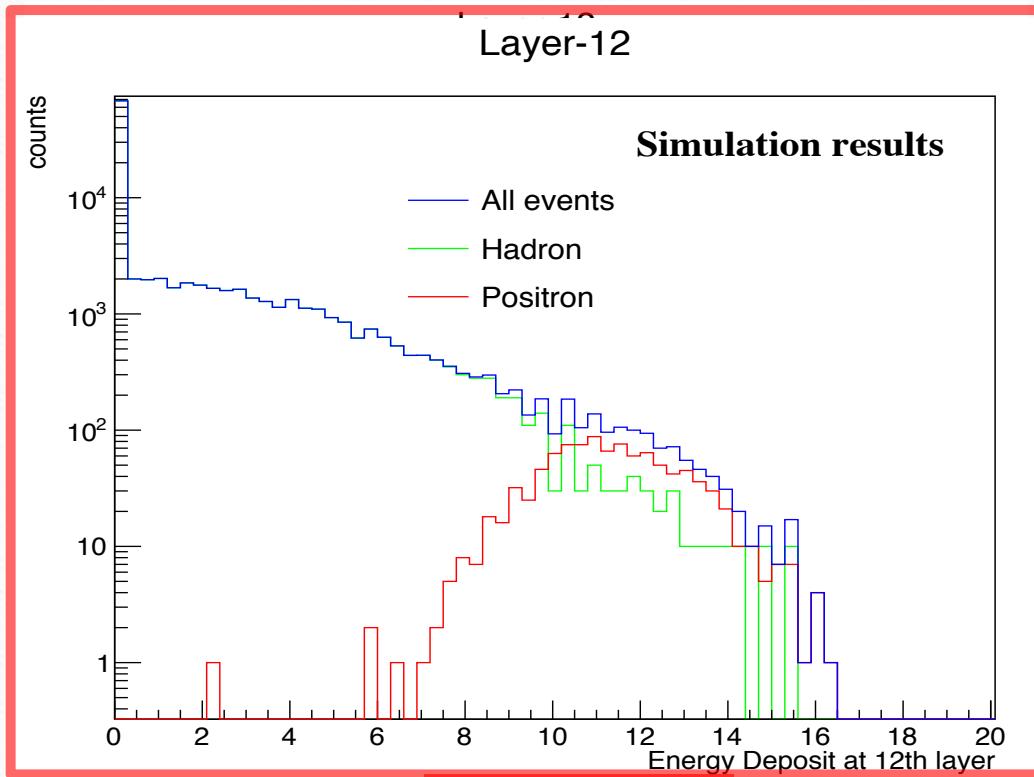


タンクスチーン層、非伝導性接着シート、FPC、伝導性接着シート、シリコン検出器

✓ Geant 4-Simulationを用いて実験と同じ条件になるようにMini-FoCalを再現



12-layer目のエネルギー分布(実験)

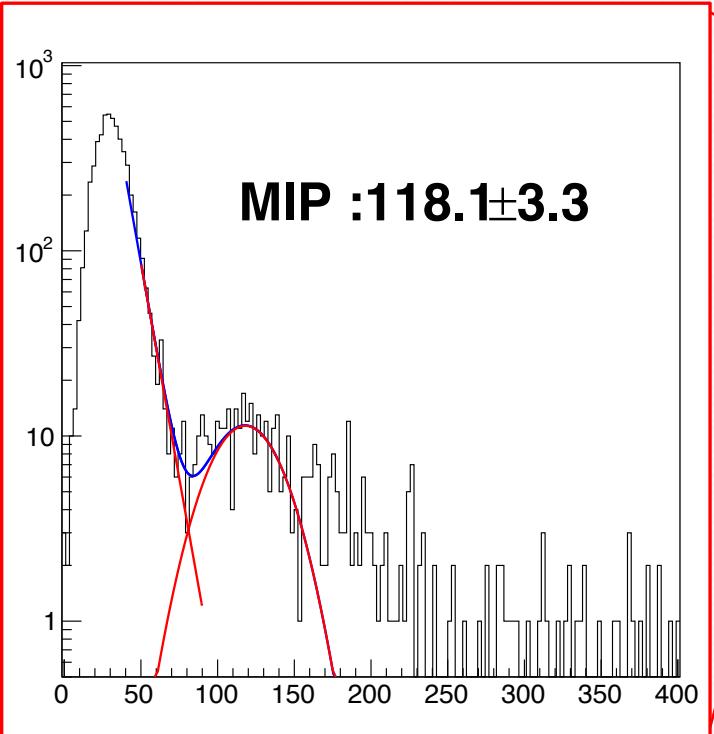


Simulation

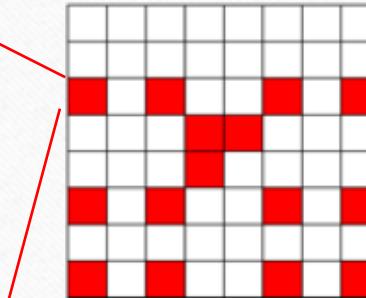
ガウスピークが陽電子イベントであることを確認
→陽電子選定方法を検証

9 GeVハドロンビームによるMIP応答

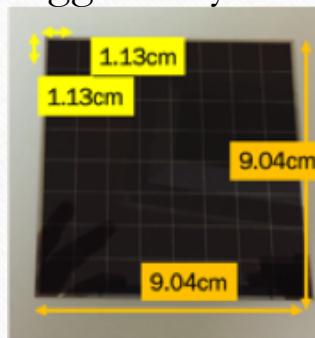
Mesurement of ADC corresponding to MIP Peak



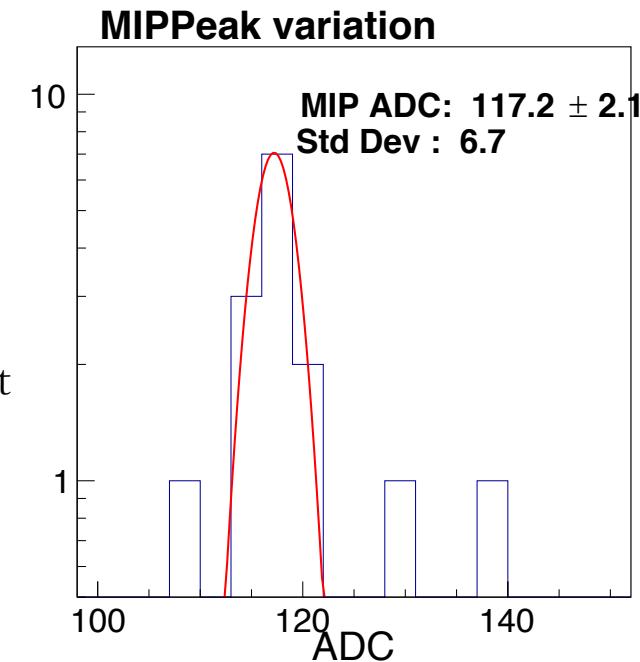
ADC distribution of one cell



Position of each cell
triggered by the hadron event

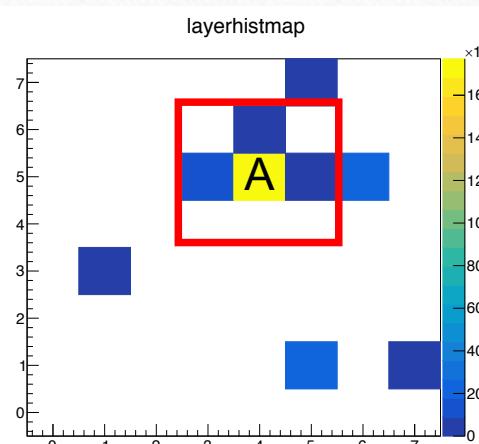
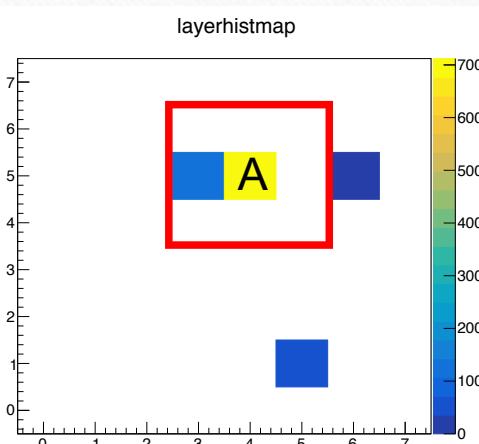
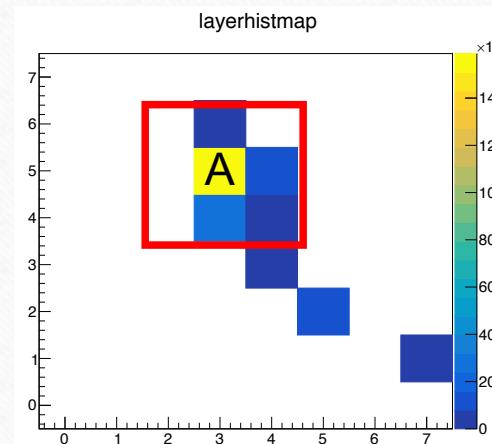
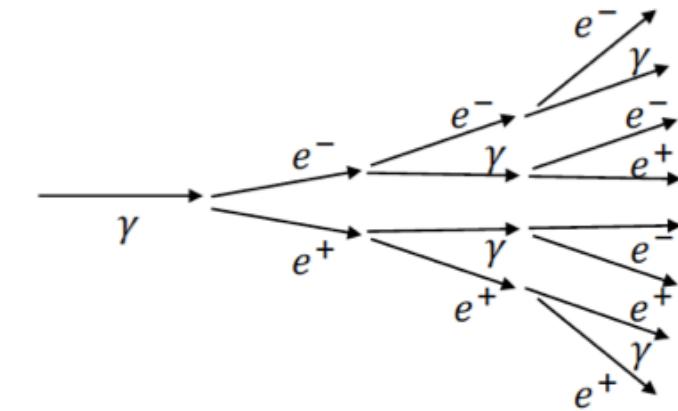
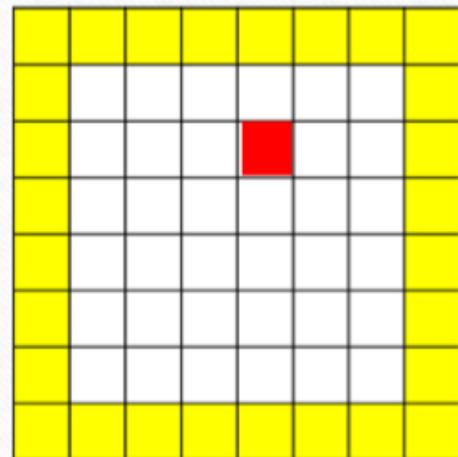


Si Pad used in LGL

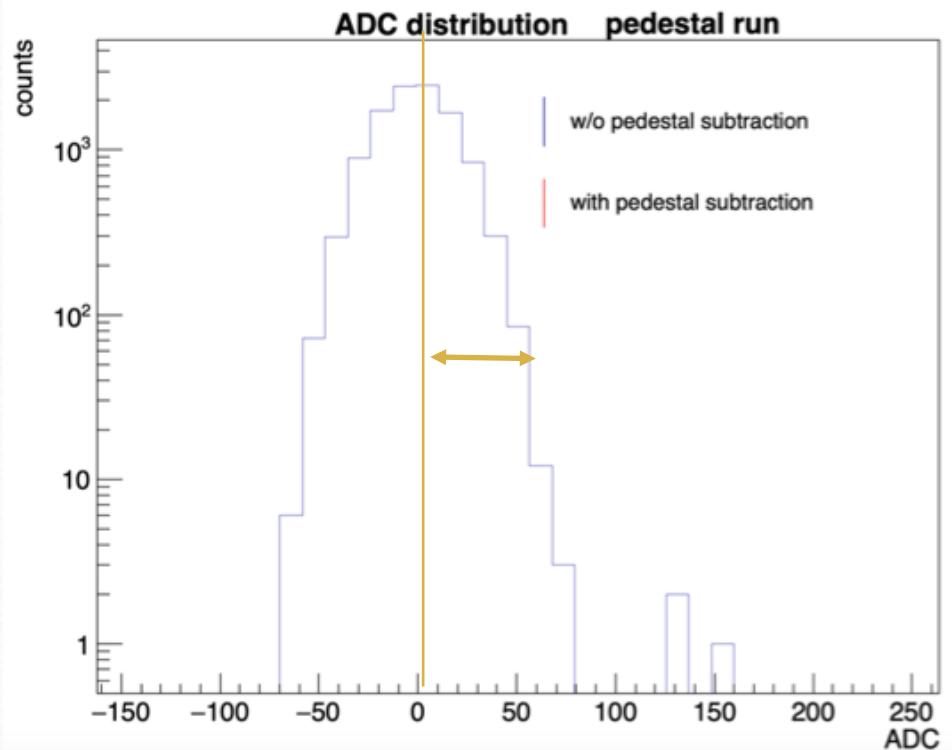


MIP variation of 15 cell which is triggered by
hadron beam

クラスタリング



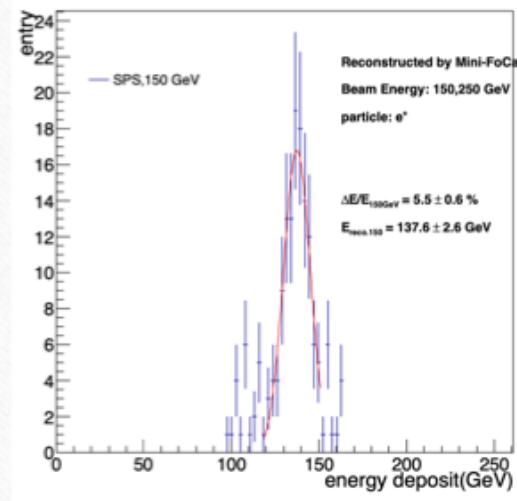
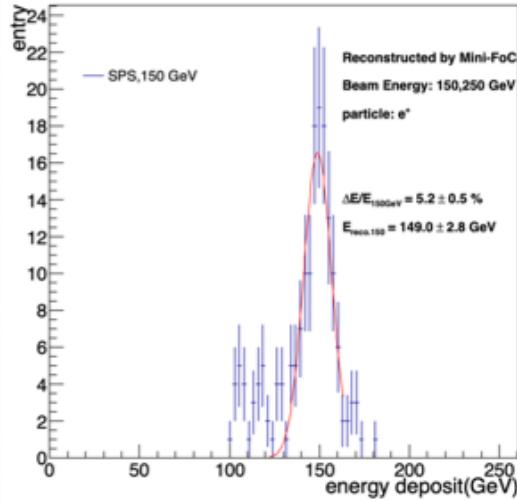
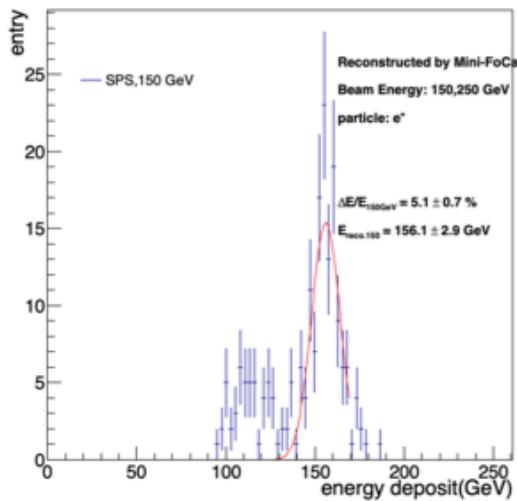
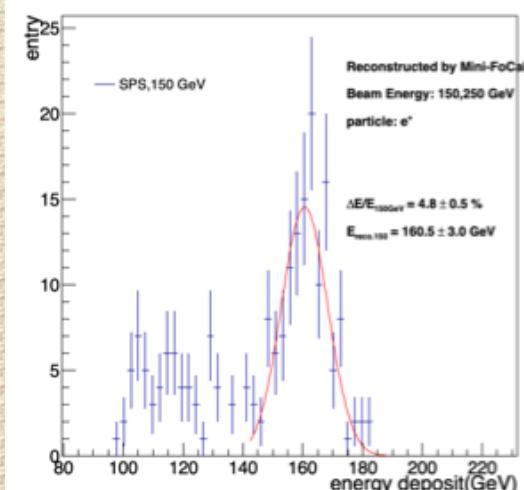
Noise cut



threshold set to cut noise by
two times standard deviation of pedestal
distribution every events

Noise カットの閾値を変更させた

3layerthreshold >2600 LikelyHood threshold >4.



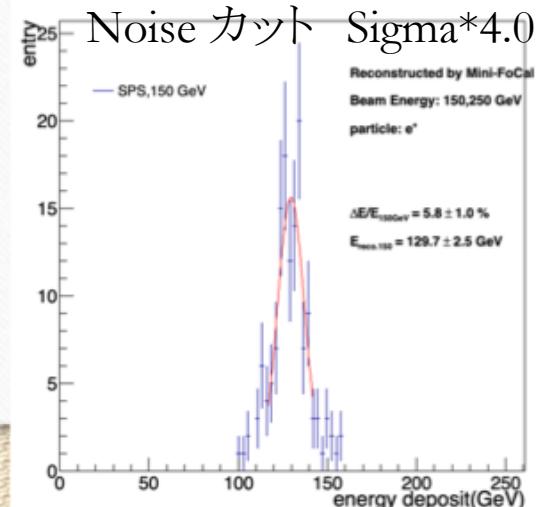
Noise カット Sigma*1.0
Fit Mean160.54
Sigma:7.69663

Noise カット Sigma*1.5
Fit Mean155.8
Sigma:7.91252

Noise カット Sigma*2.0

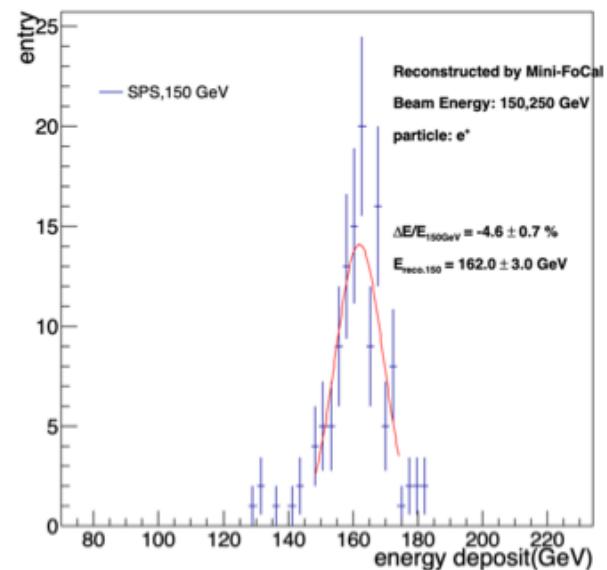
Noise カット Sigma*3.0

分解能に影響はほぼない。エネルギー再構成の値に影響

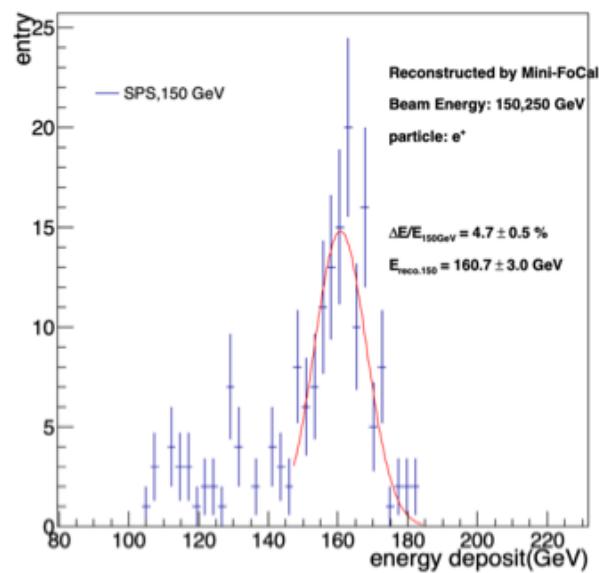


閾値を変化させたことによる影響:カイスクエア

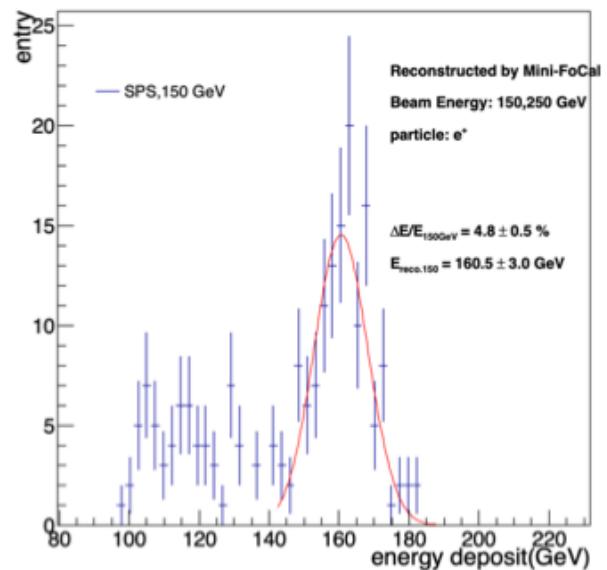
閾値を変化させたことによる影響: 3layer



Threshold 3600



Threshold 3000
Fit Mean: 160.242
Sigma: 7.804



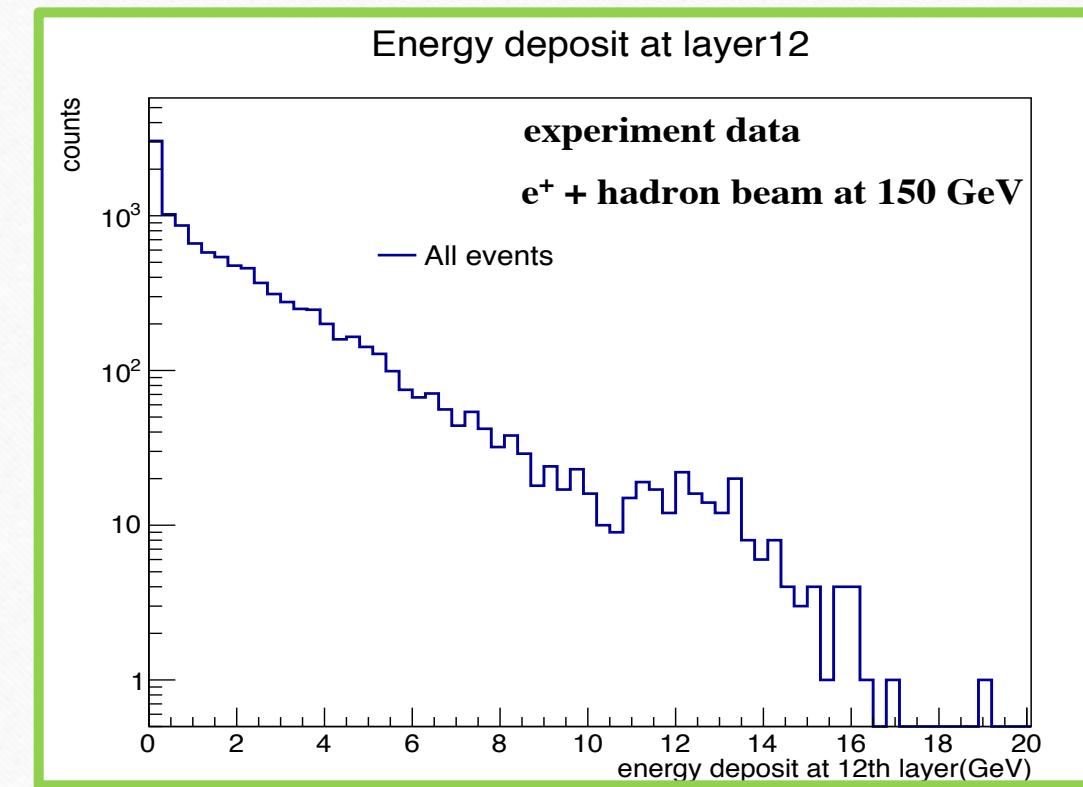
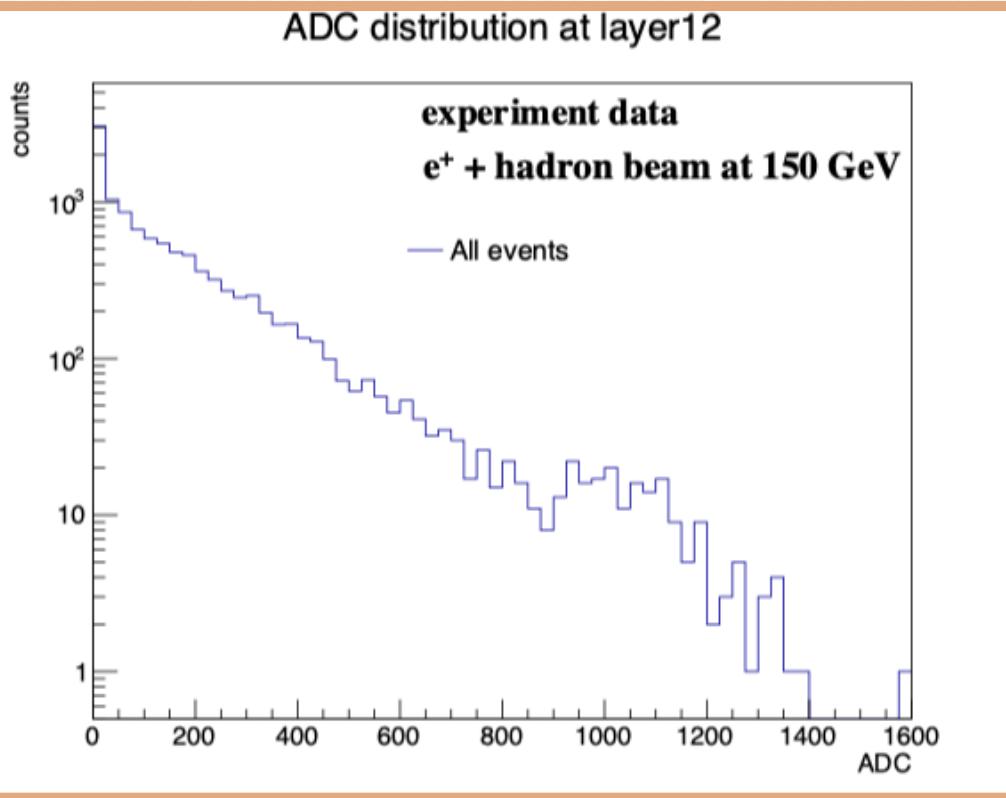
Threshold 2600
Fit Mean 160.54
Sigma: 7.69663

✓ 解析手法2: エネルギー再構成結果

How to reconstruct energy

$$\text{Reco.E} = \text{測定ADC} \times F_{conv.} \times F_{samp.} \times 180 \times F_{corr.}$$

(180は減衰係数)



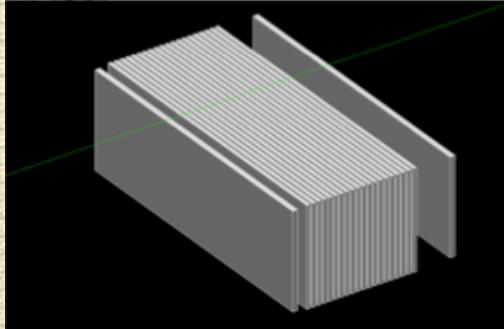
ADC

2020/2/14

Energy(GeV)

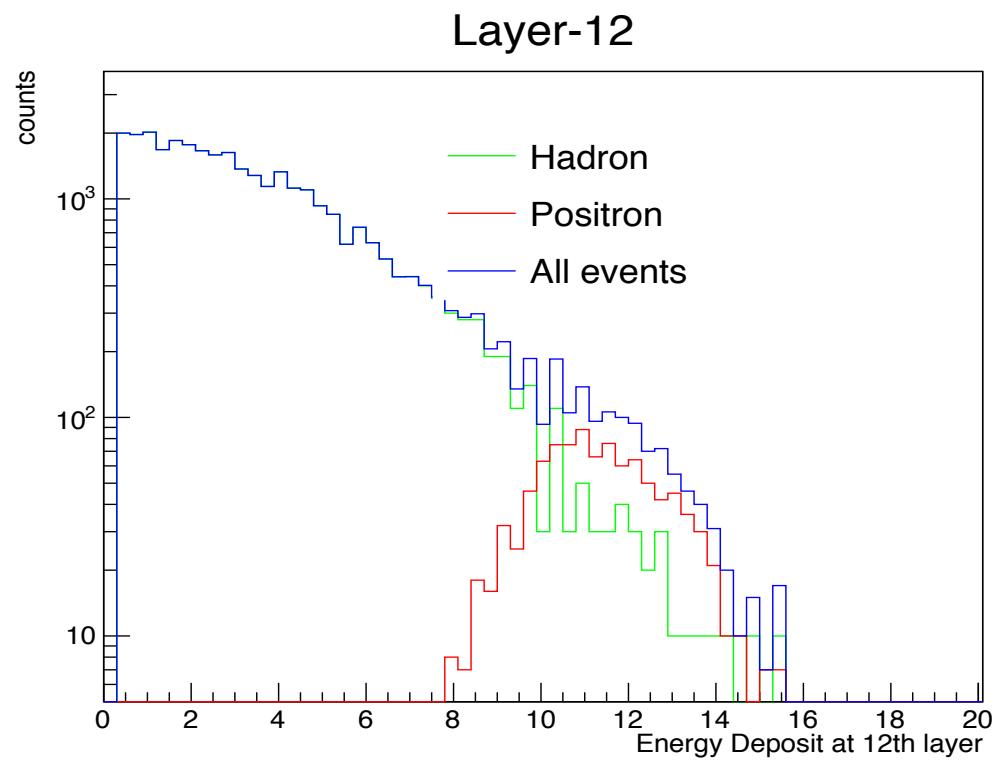
2020/2/14

解析手法4:陽電子選定方法…シミュレーションを使った原理検証



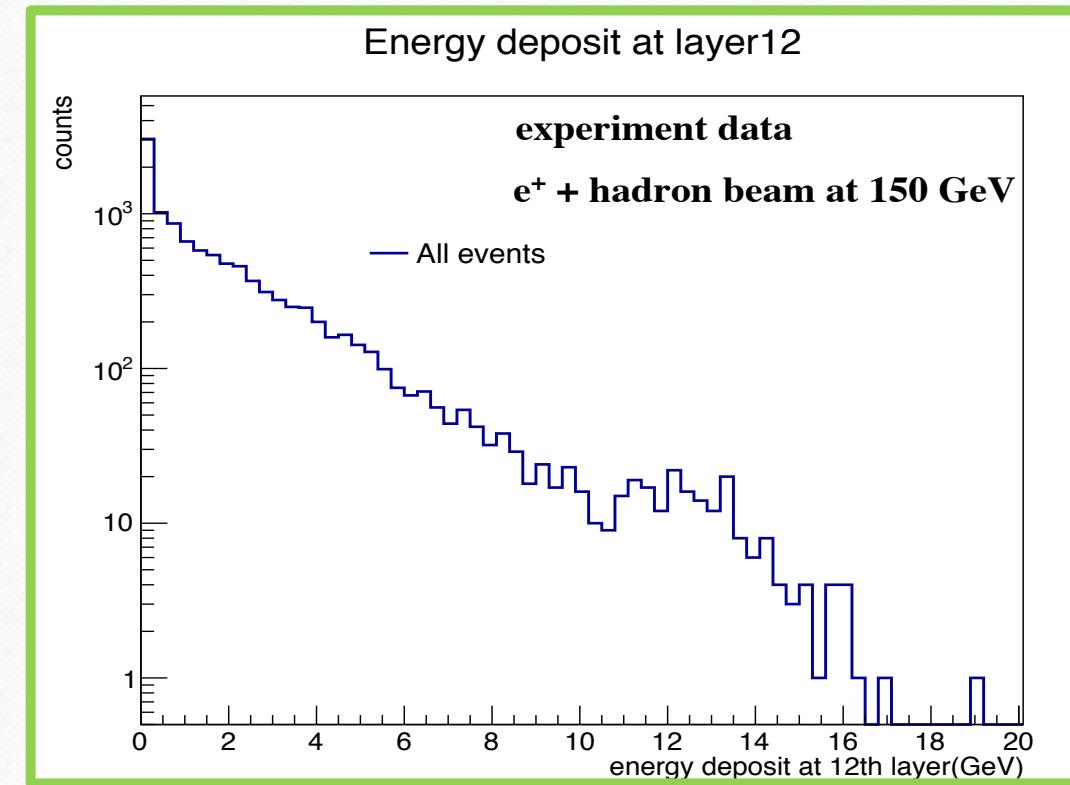
✓ Geant 4-Simulationを用いて実験と同じ条件になるようにMini-FoCalを再現

ガウスピークが陽電子イベントであることを確認
→陽電子選定方法を検証



2020/

Simulation結果

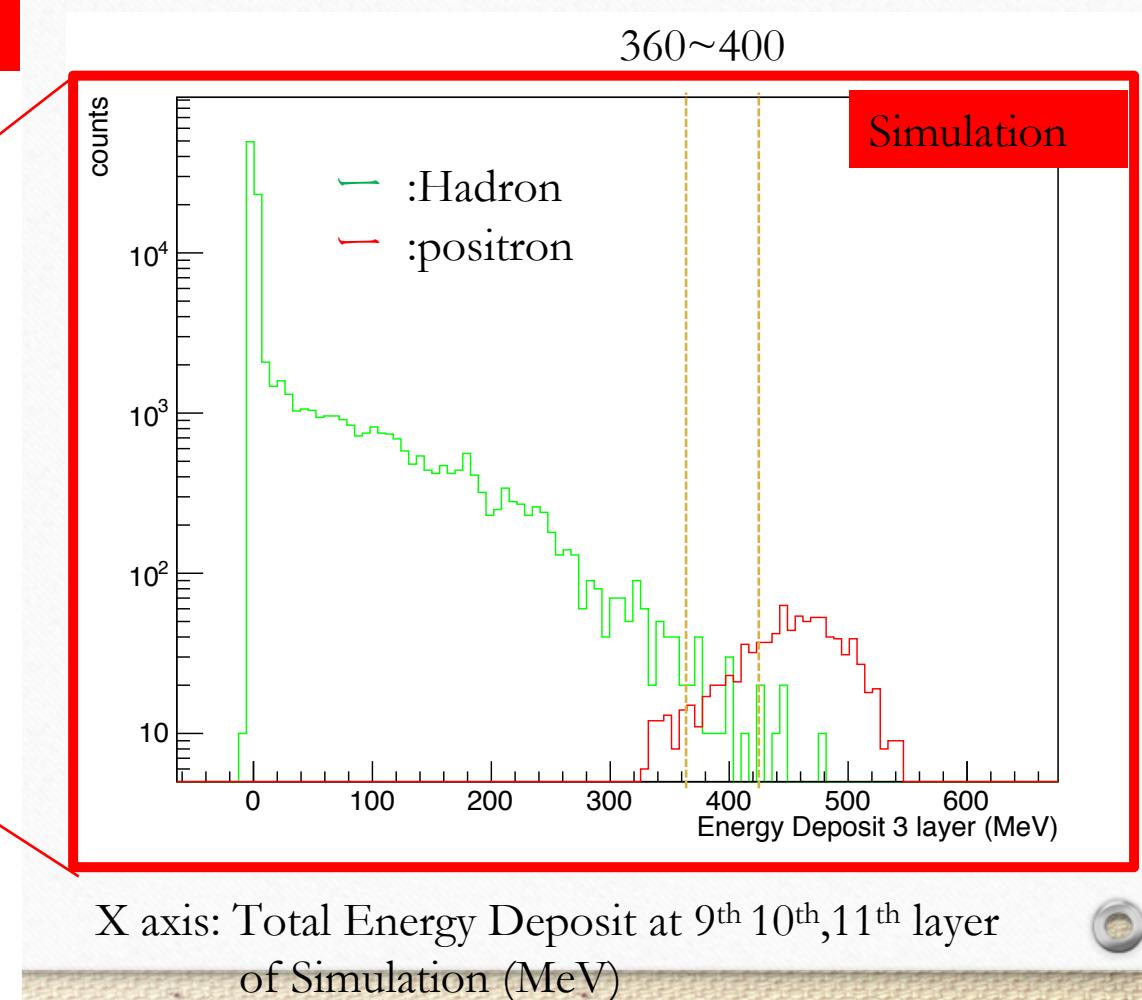
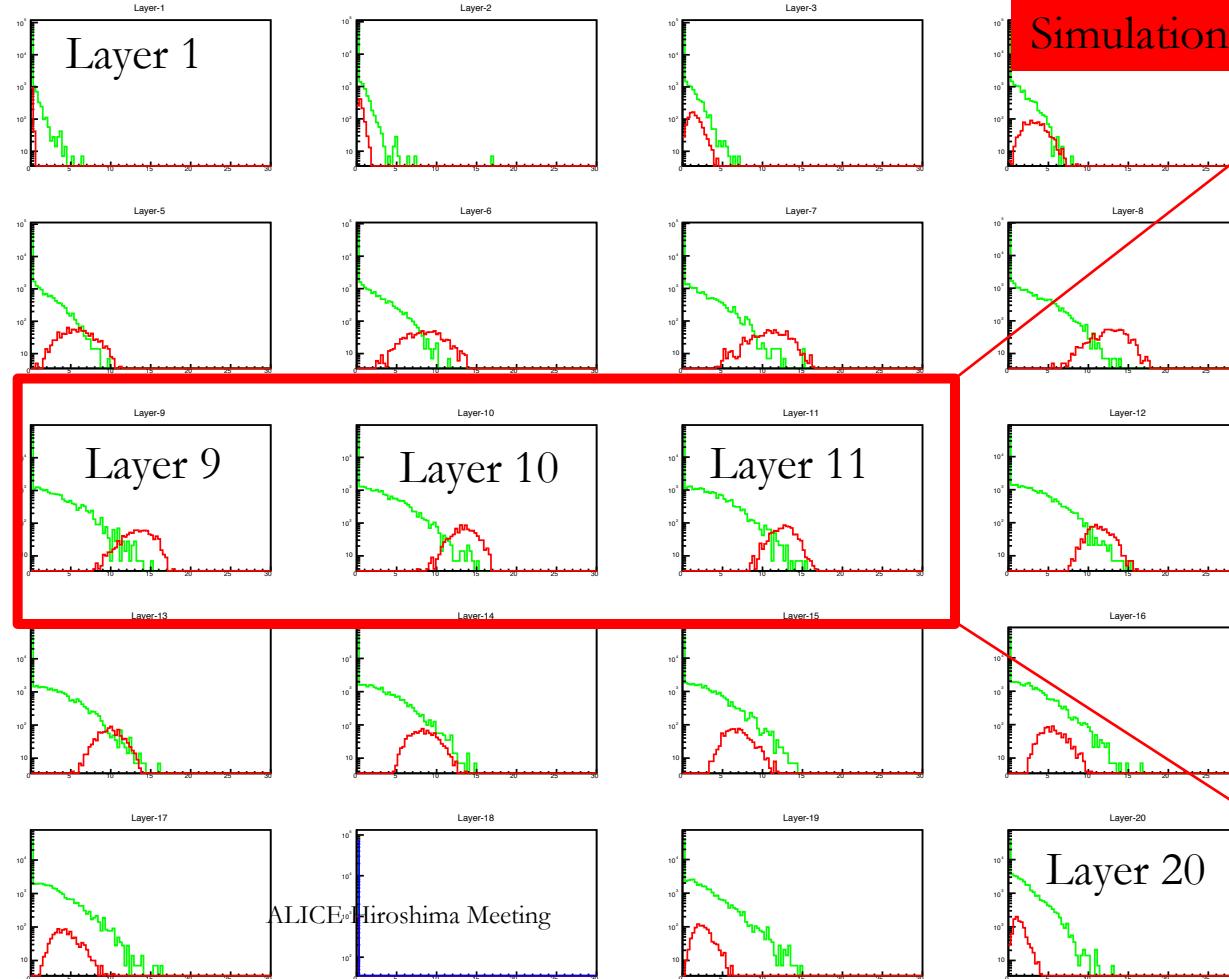


測定Energy(GeV)

Positron Selection 1: 3-layer selection

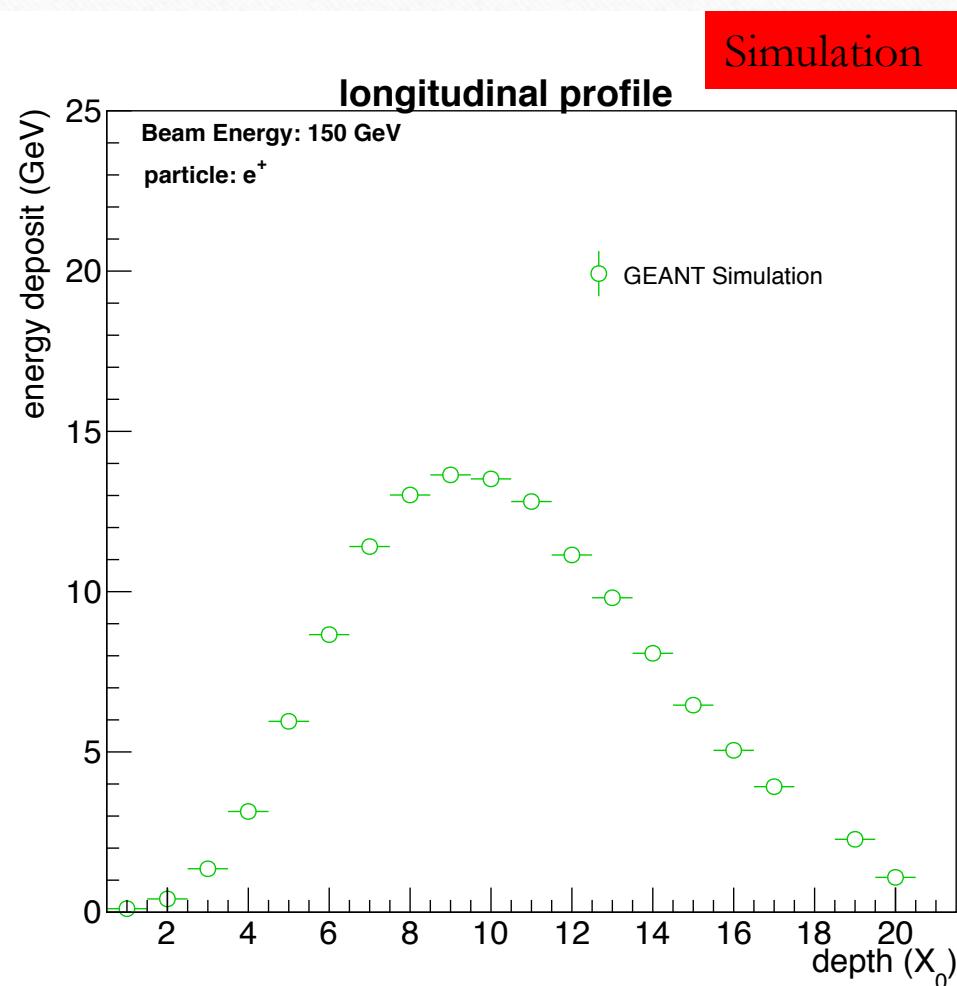
This way use the correlation of 3 layers.

Set the threshold for positron selection with energy deposit at around shower max layer



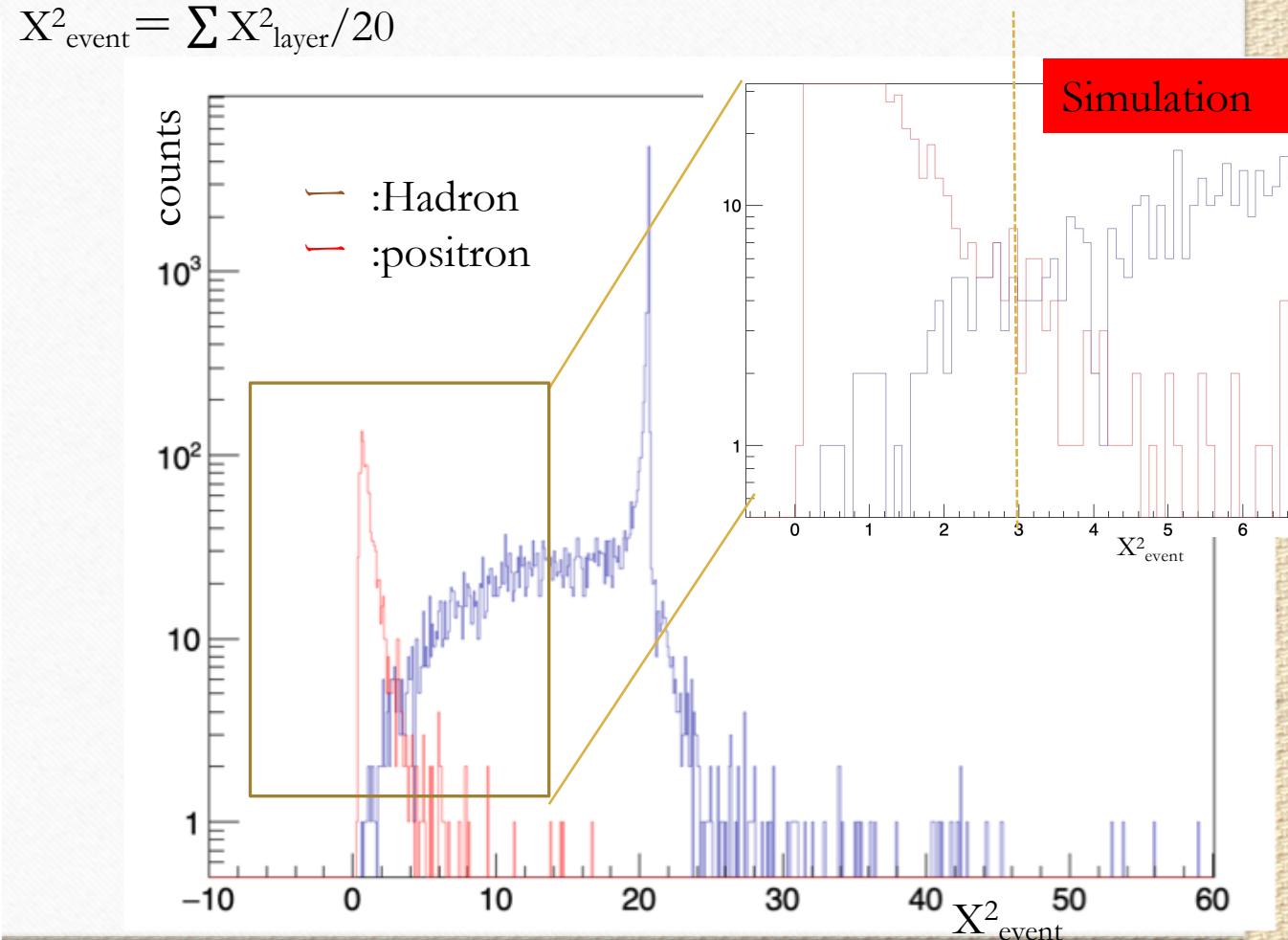
Positron Selection 2:kai square -selection

Set the threshold for positron selection
with longitudinal shower shape



$$X^2_{\text{layer}} = (\text{energy deposit each events} - \text{averaged energy deposit})^2 / (\text{standard deviation})^2$$

$$X^2_{\text{event}} = \sum X^2_{\text{layer}} / 20$$



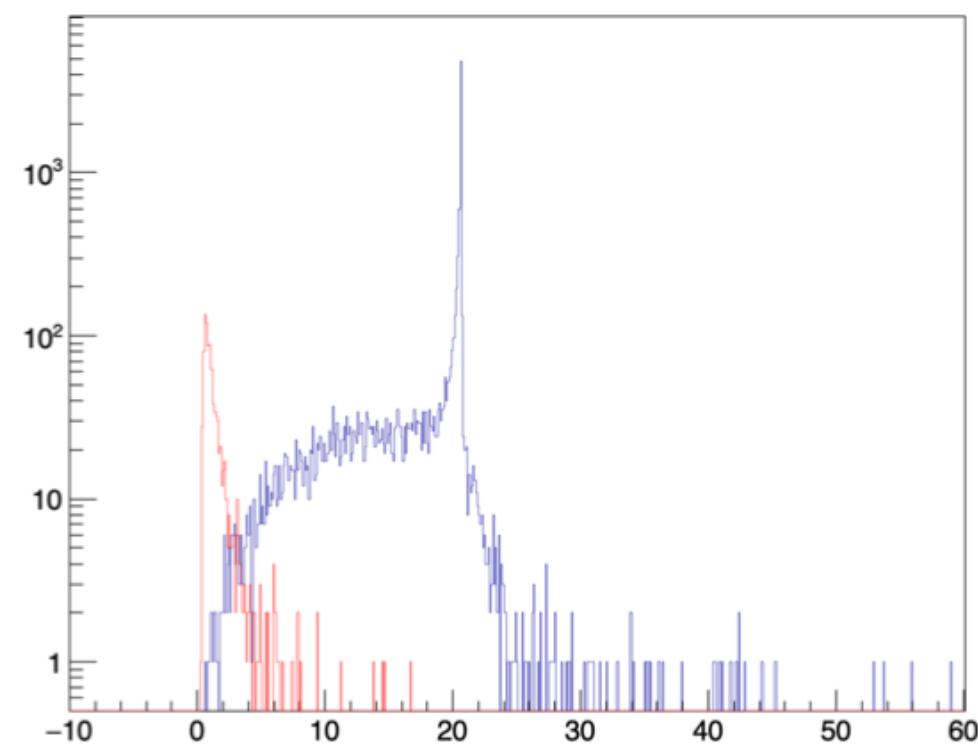
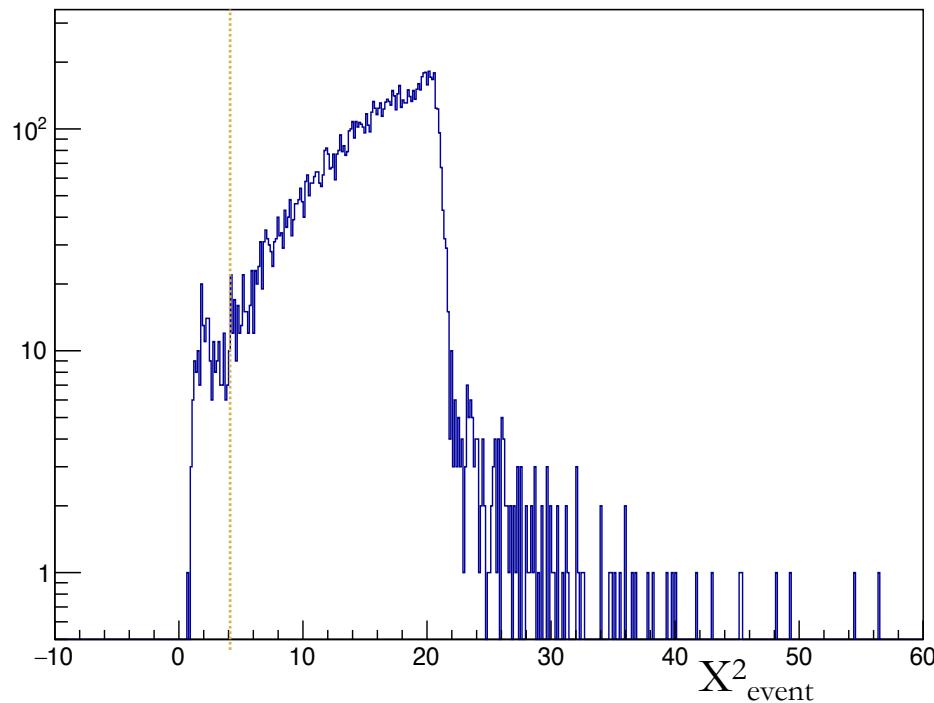
解析手法2: positron selection

1: χ^2 -selection

$$X_{\text{layer}}^2 = (\text{value of each events} - \text{Mean of Simulation})^2 / (\text{simulated RMS})^2$$

$$X_{\text{event}}^2 = \sum X_{\text{layer}}^2 / 20$$

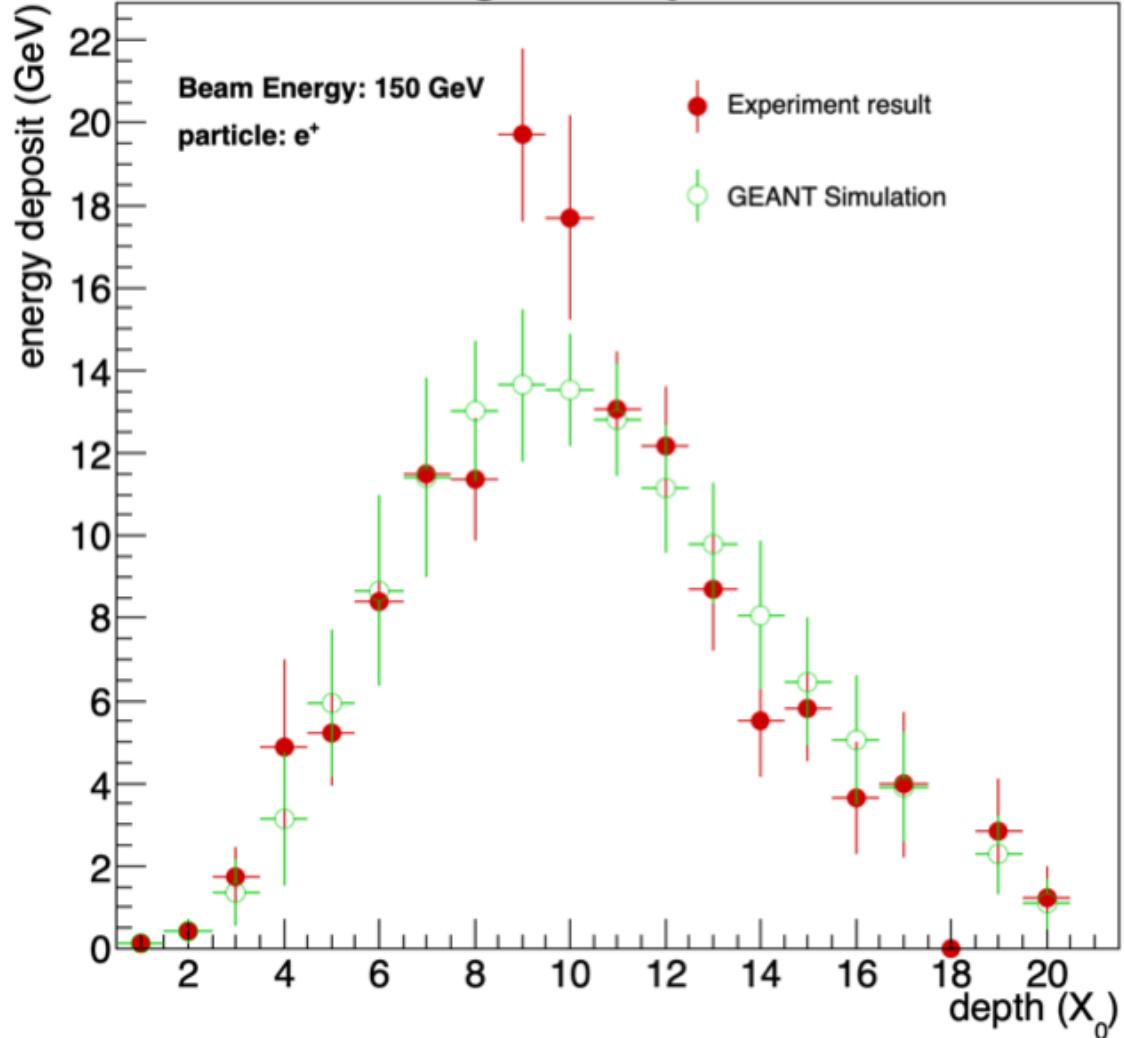
counts



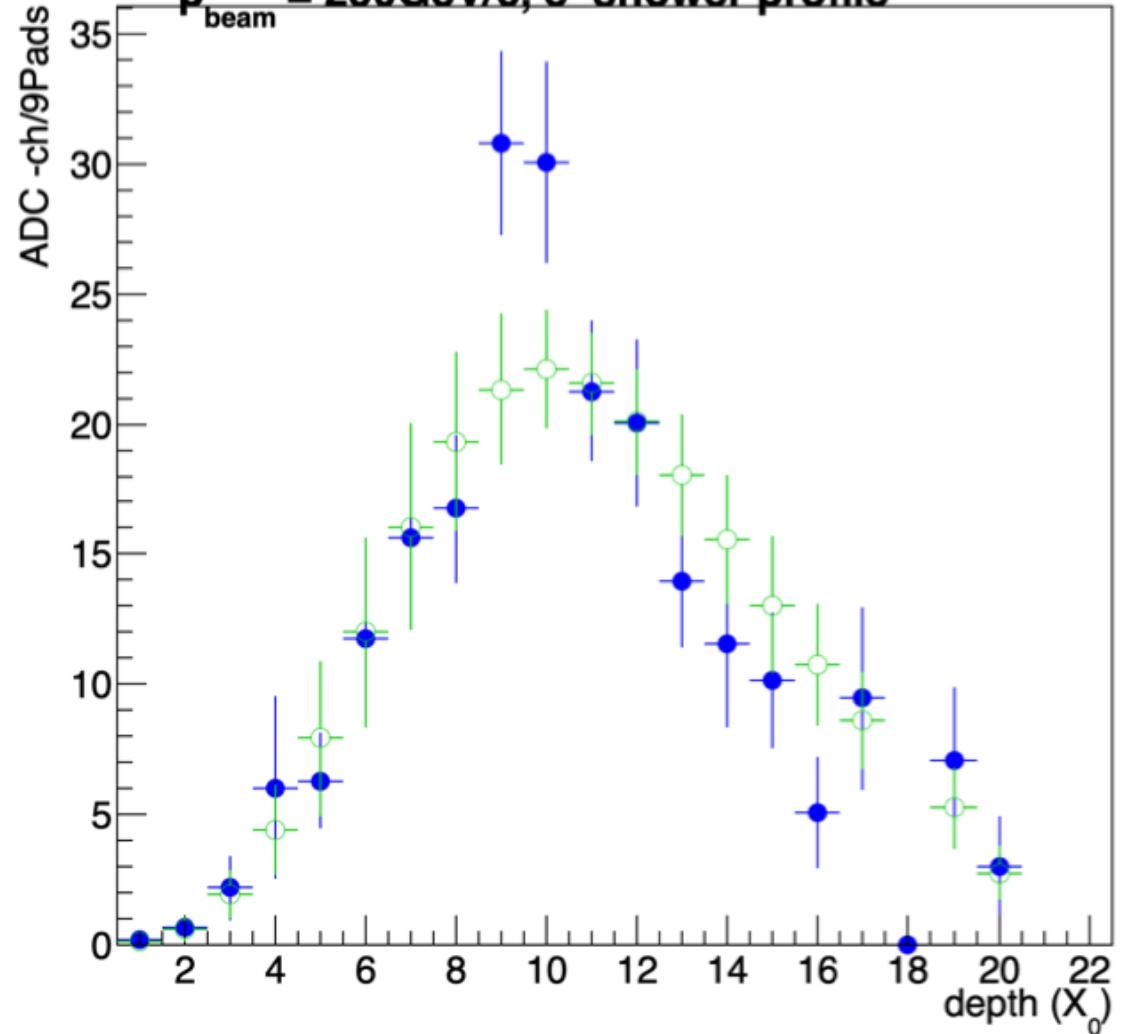
9、10layer目の Gainについて

20200123 港 陽子

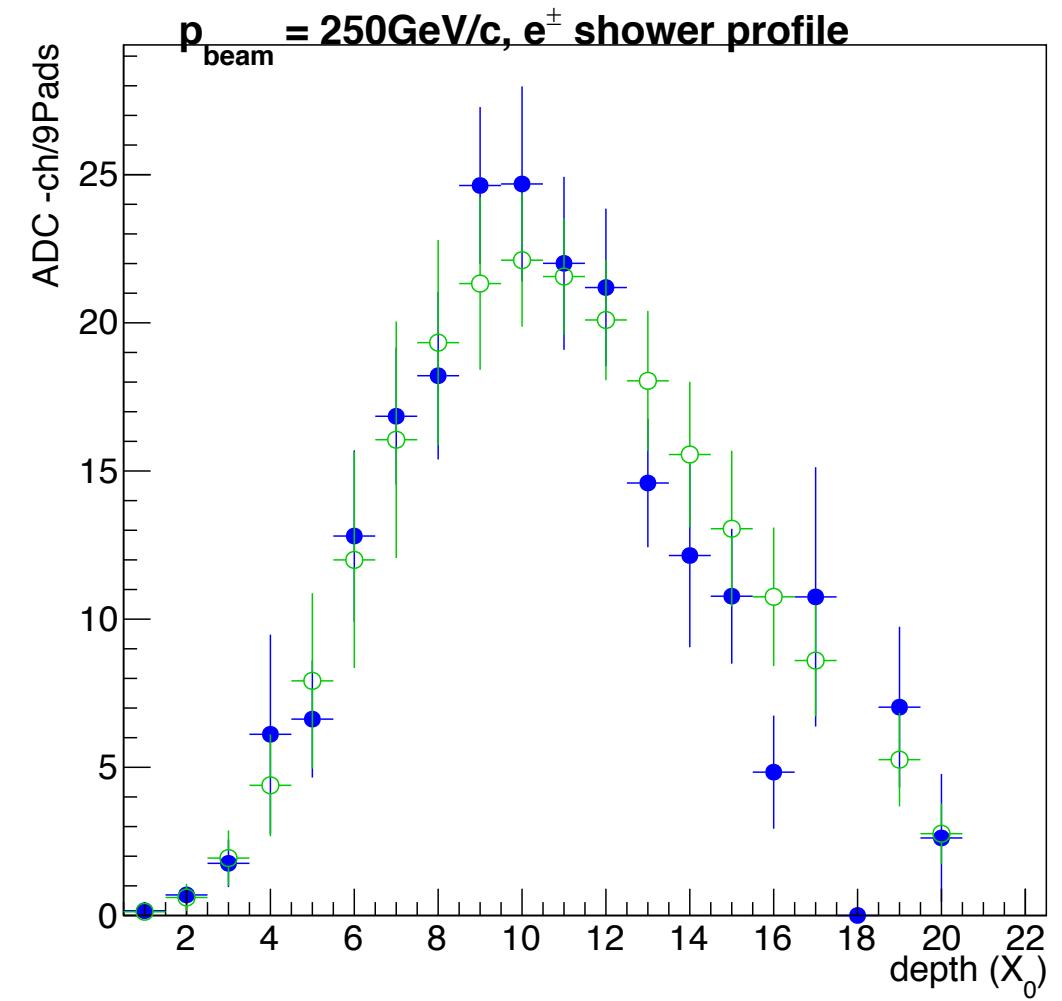
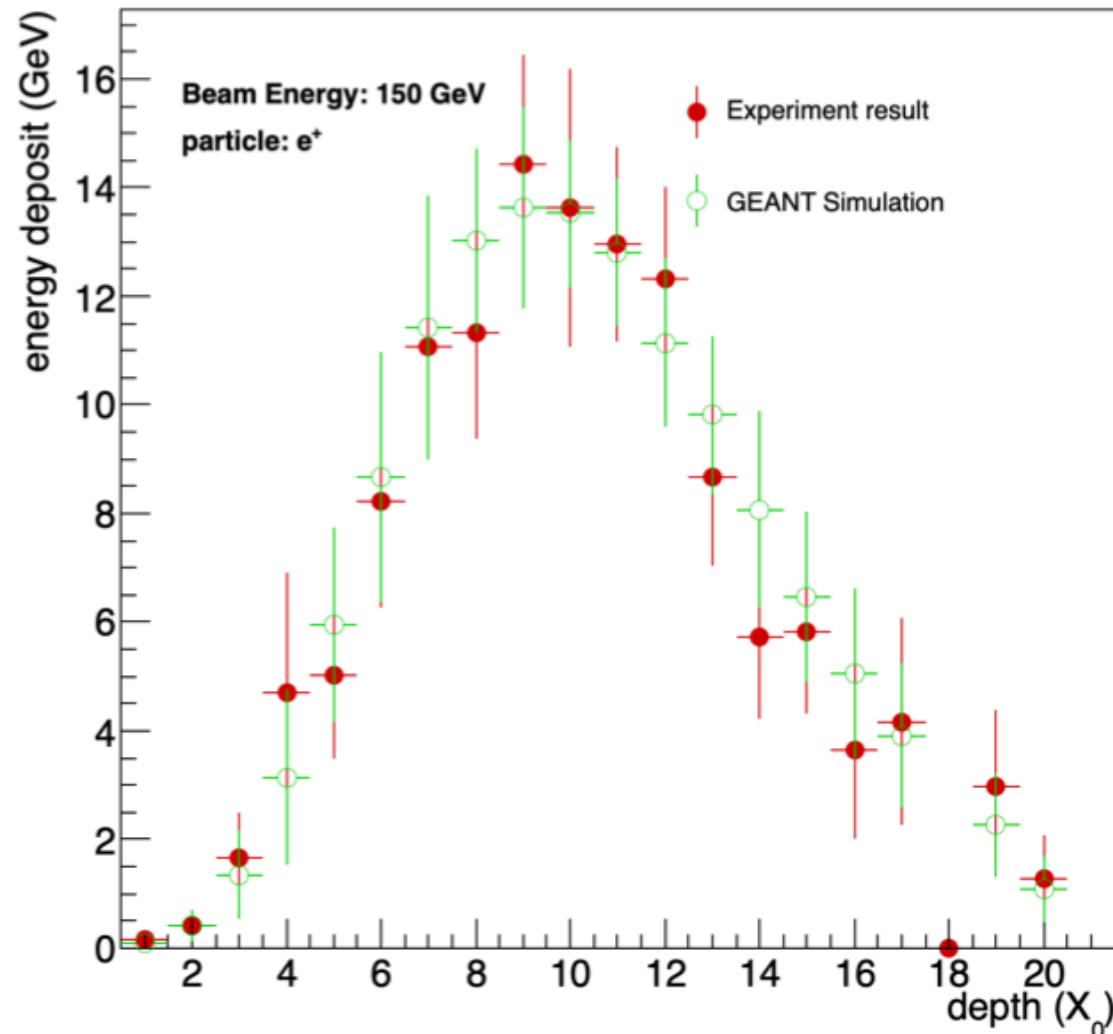
longitudinal profile



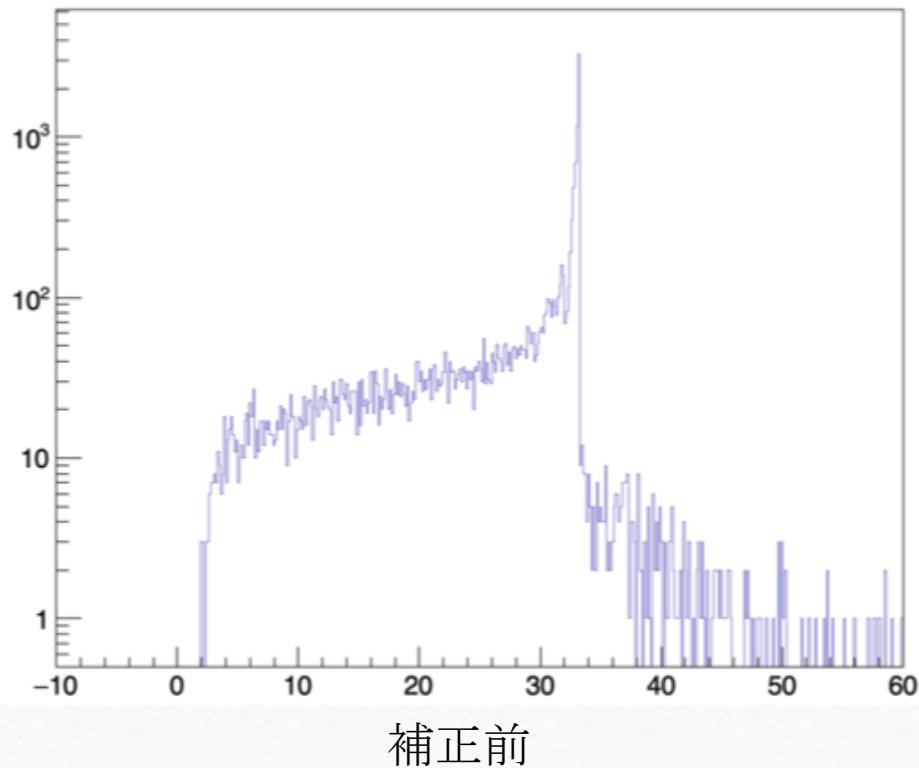
$p_{beam} = 250\text{GeV}/c, e^+$ shower profile



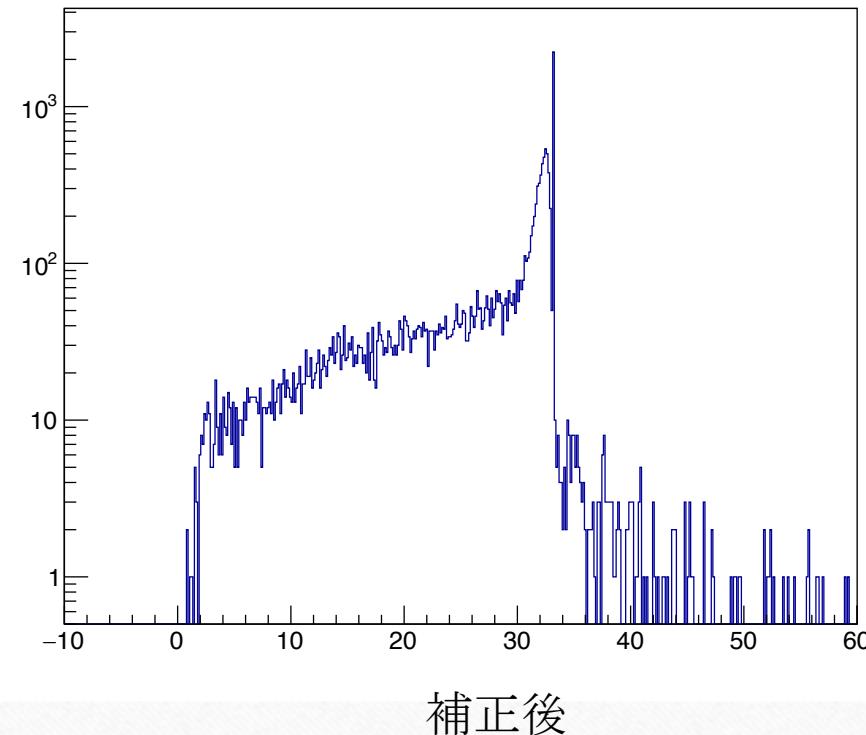
Corrected result (both 0.75 times at 9th and 10th layer)



9,10layer 目を0.75倍した結果(250GeV)
 χ^2 がくつきりするようになった。 \approx

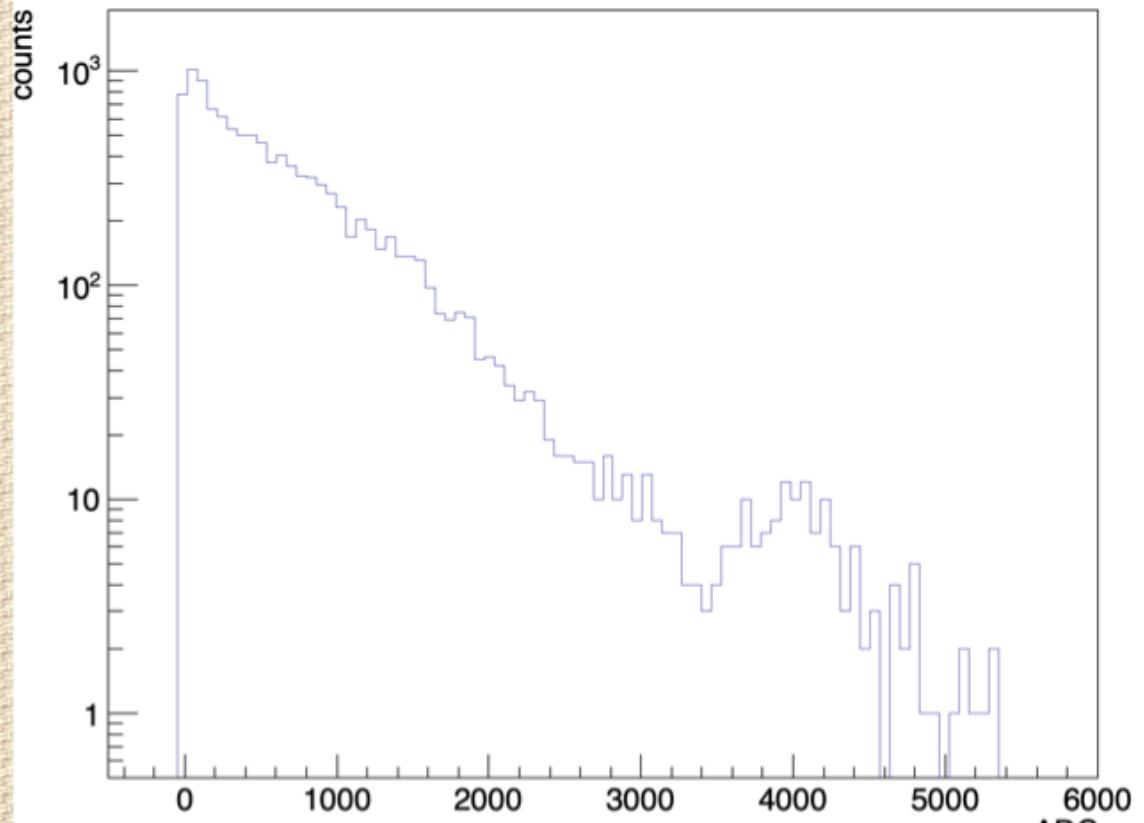


補正前

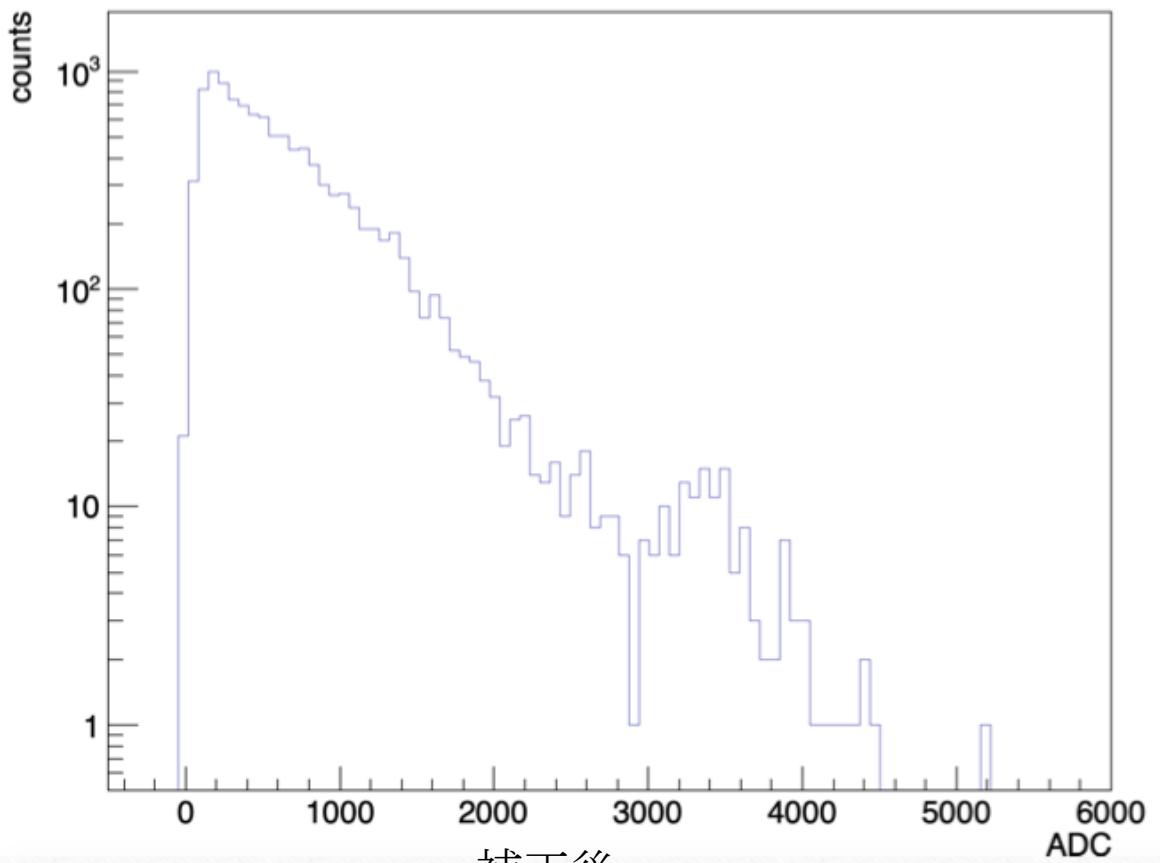


補正後

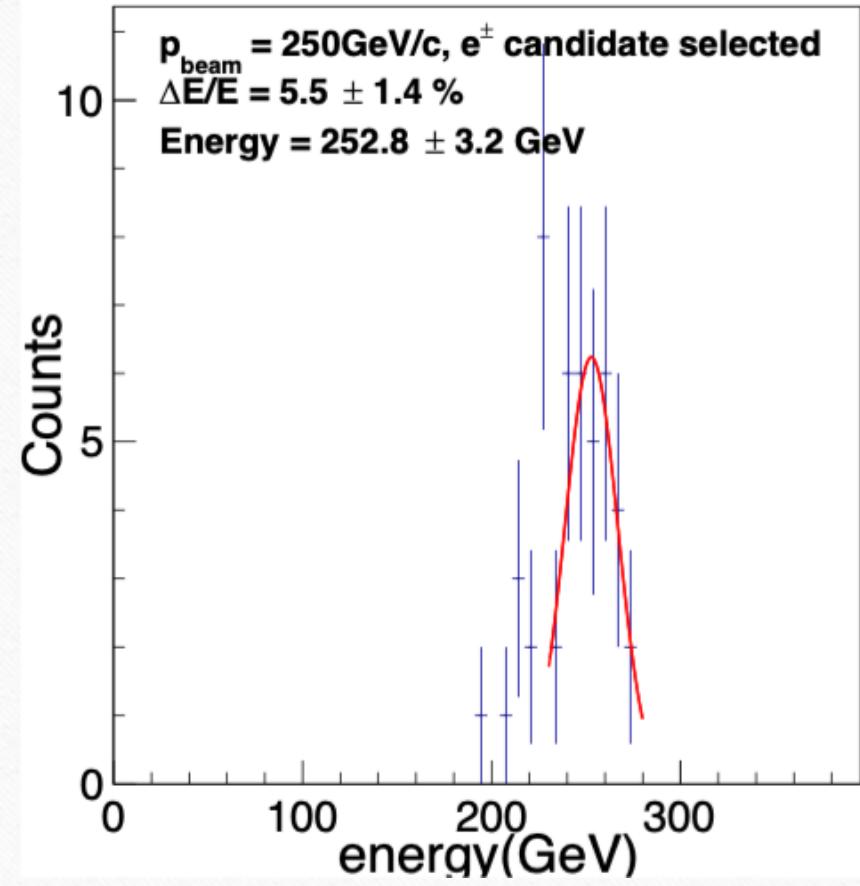
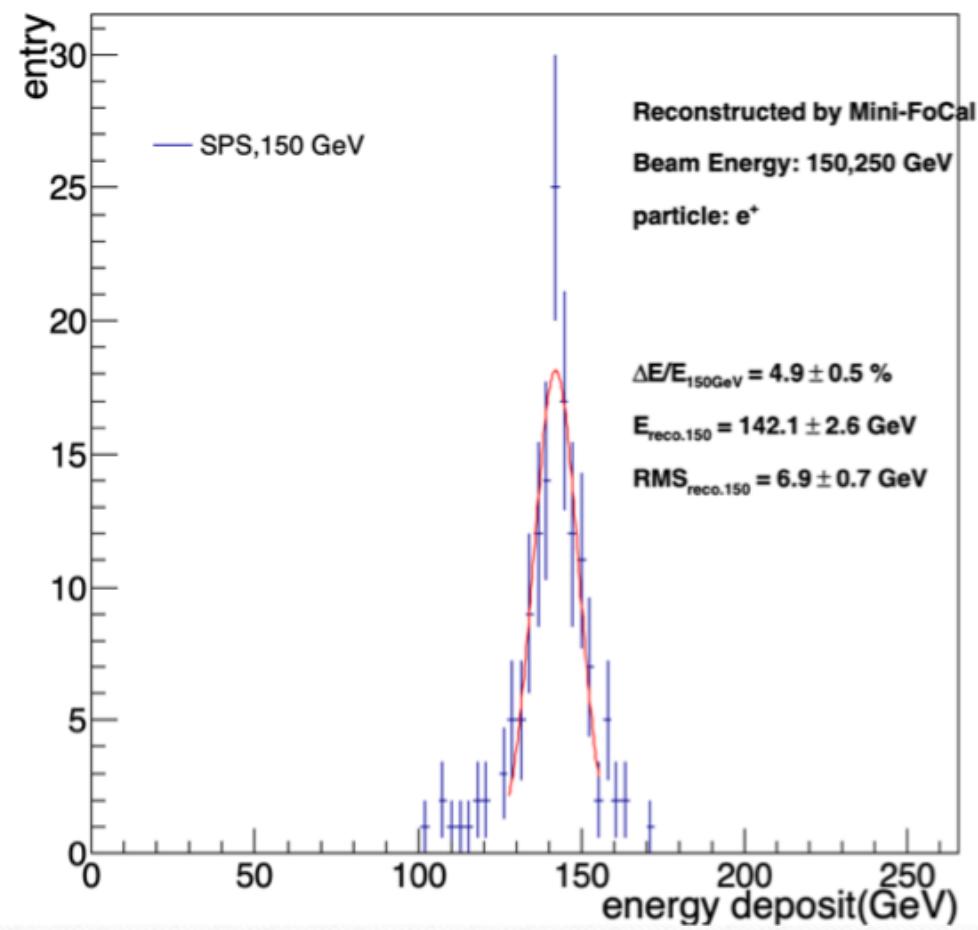
9,10layer 目を0.75倍した結果(150GeV)

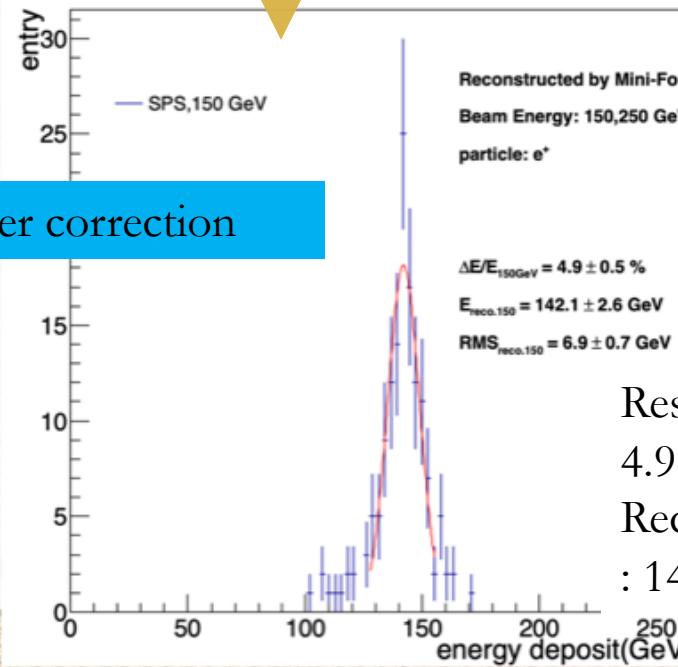
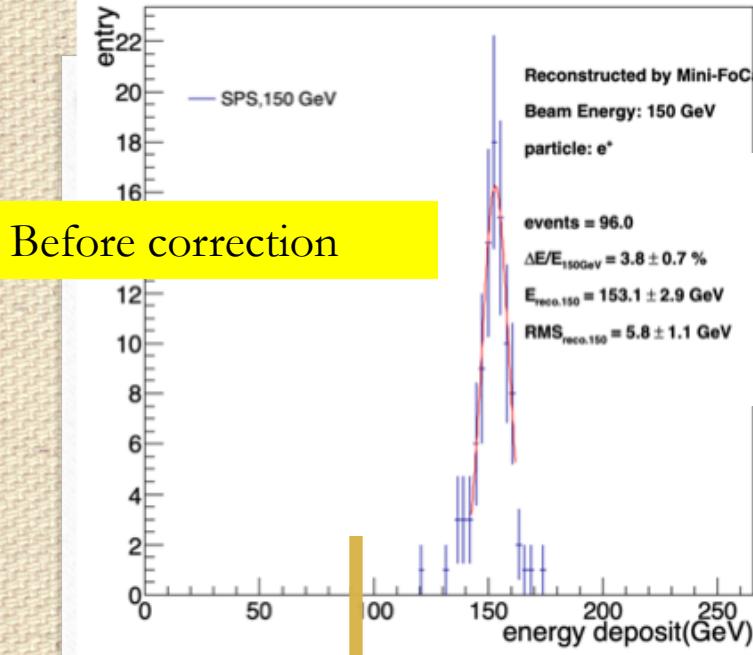


補正前



補正後

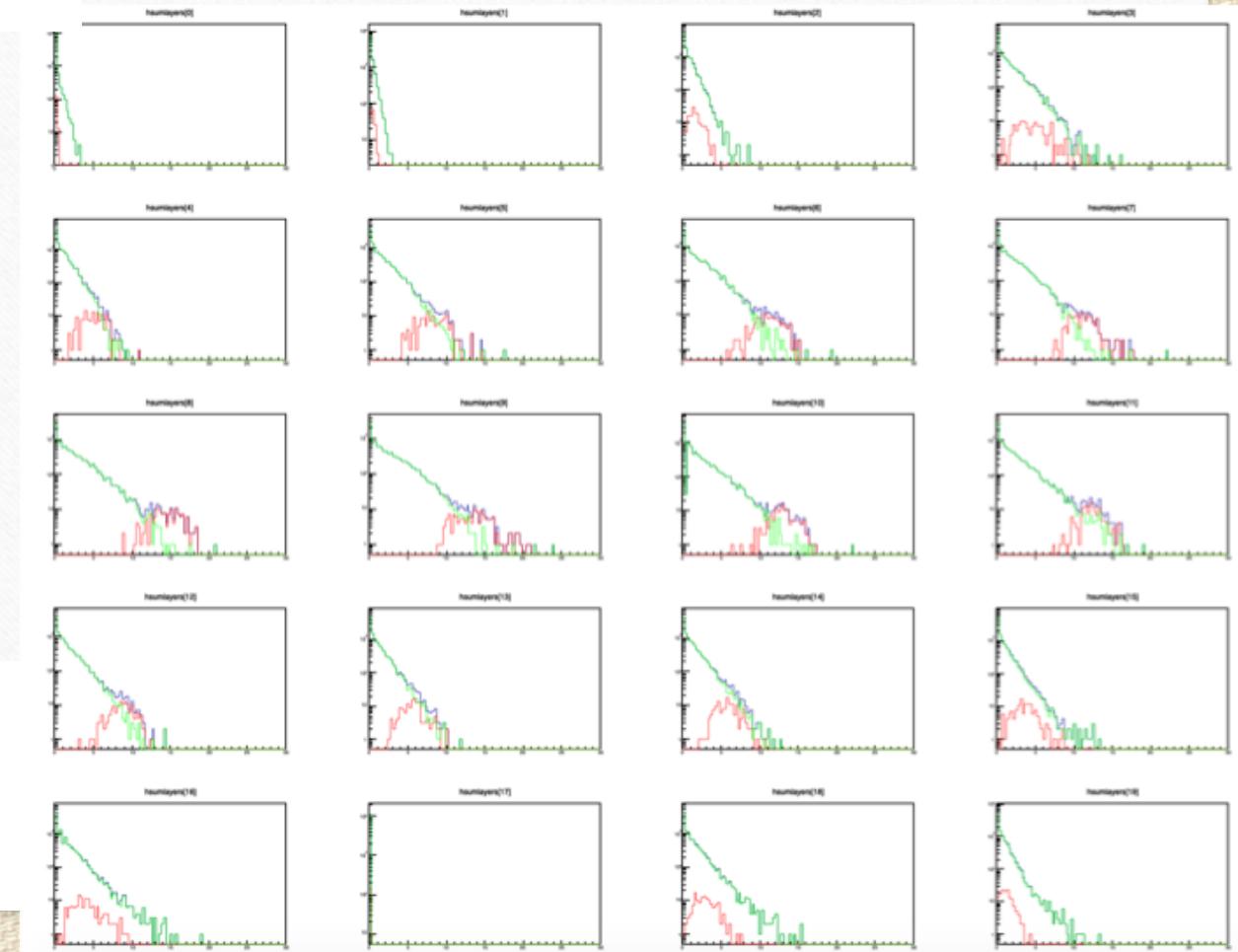


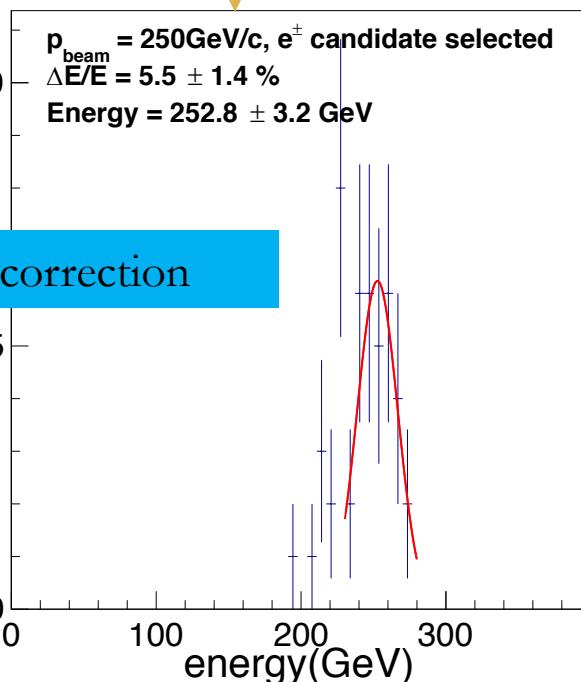
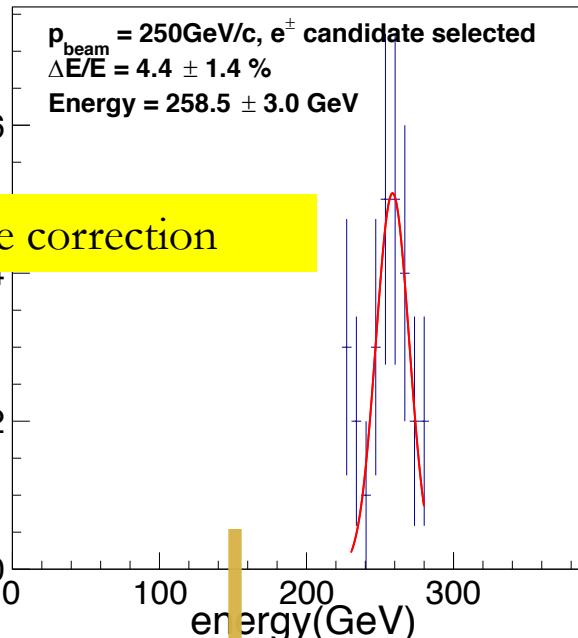


Resolution:
 $3.8 \pm 0.7 \%$
 Reconstruct energy :
 $: 153.1 \pm 2.9 \text{ GeV}$

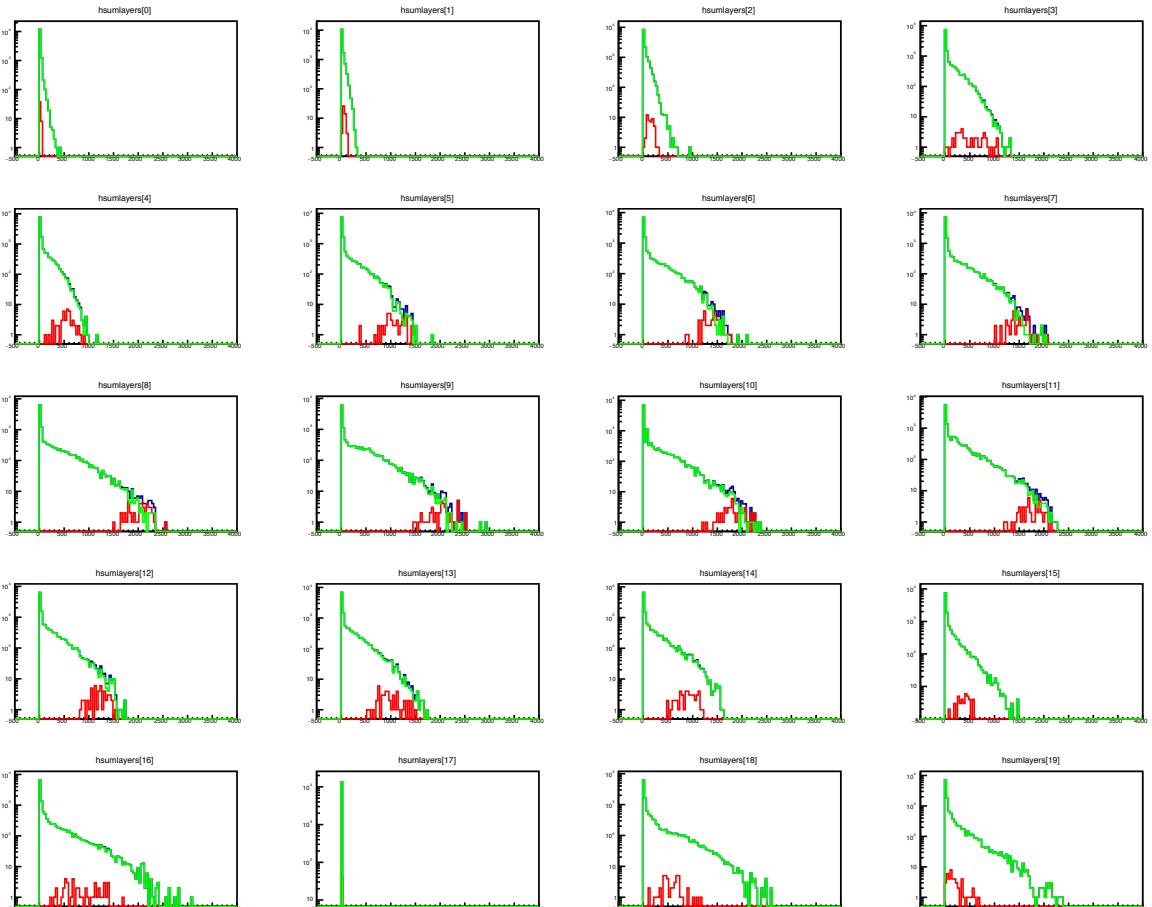
Resolution:
 $4.9 \pm 0.5 \%$
 Reconstruct energy :
 $: 142.1 \pm 2.6 \text{ GeV}$

- ✓ 9,10 layer *0.75
- ✓ 3-layer cut 2600, LikelyHood 4.
- Noise cut 2sigma





9,10 layer * 0.75
3-layer cut 5000, LikelyHood 4.
Noise cut 2sigma

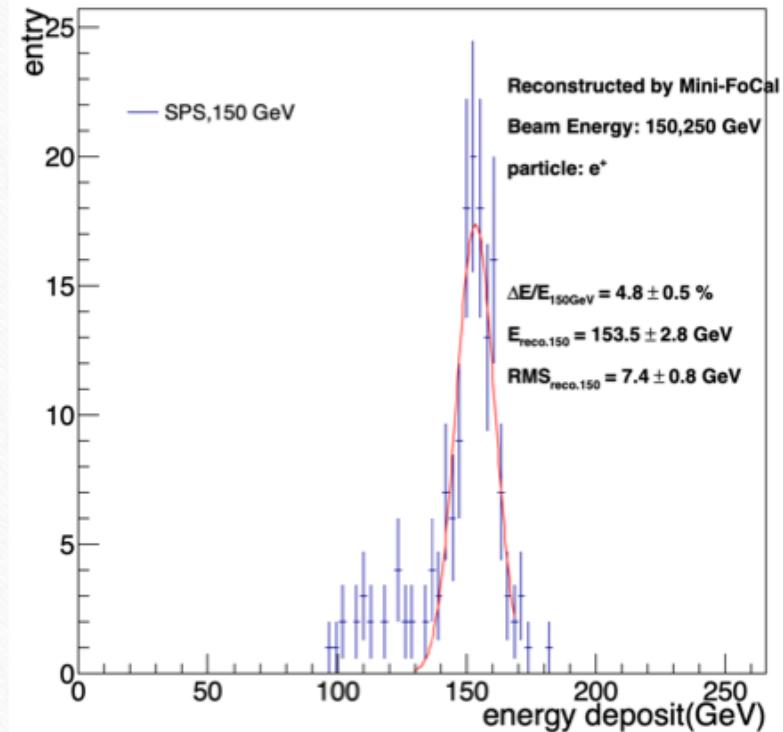
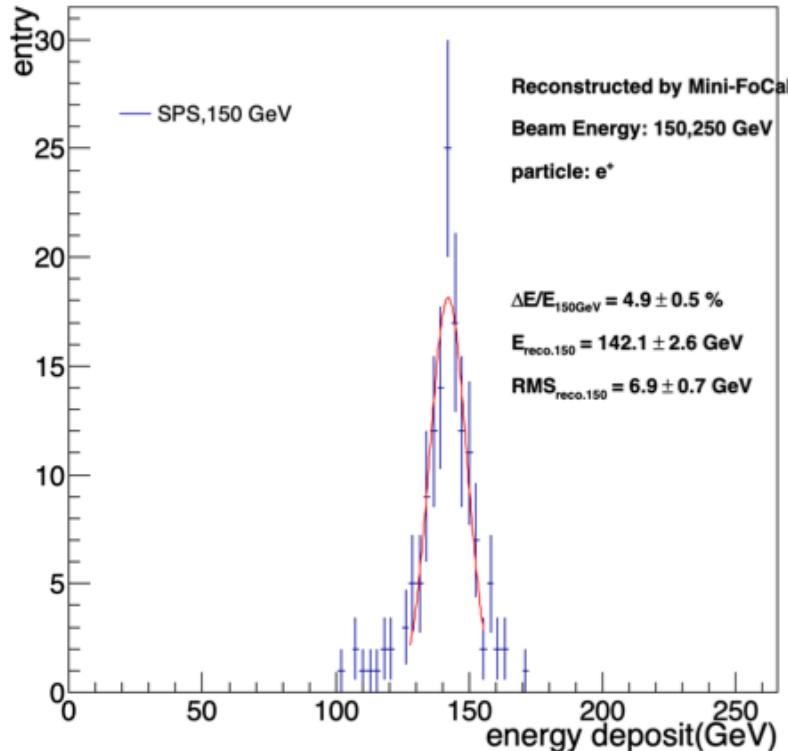


- ✓ Resolution becomes worse at both of energy (150 GeV and 250 GeV)
- ✓ reconstructed energy became low.

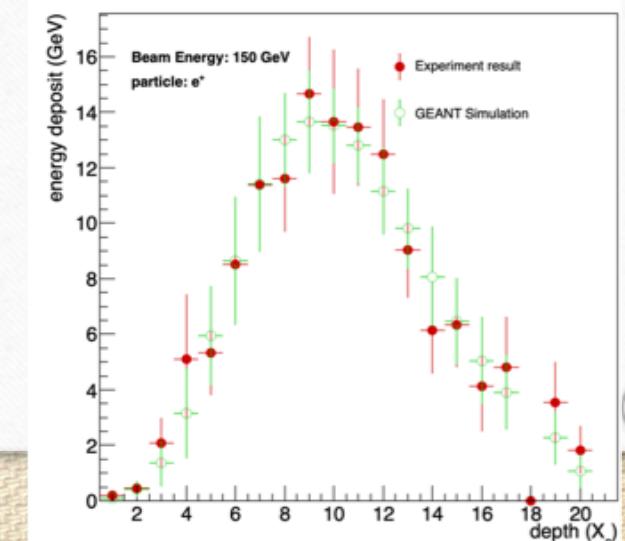
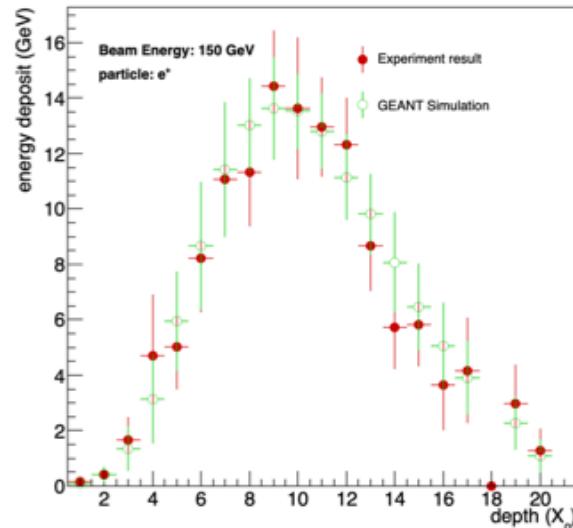
Reasons for low reconstruction values

- ✓ changed the Noise cut

Pedestal Sigma * 2 → Pedestal Sigma * 1



- ✓ When I set high threshold for cut Noise, the reconstruct energy change.
-> I didn't know how to set threshold correctly

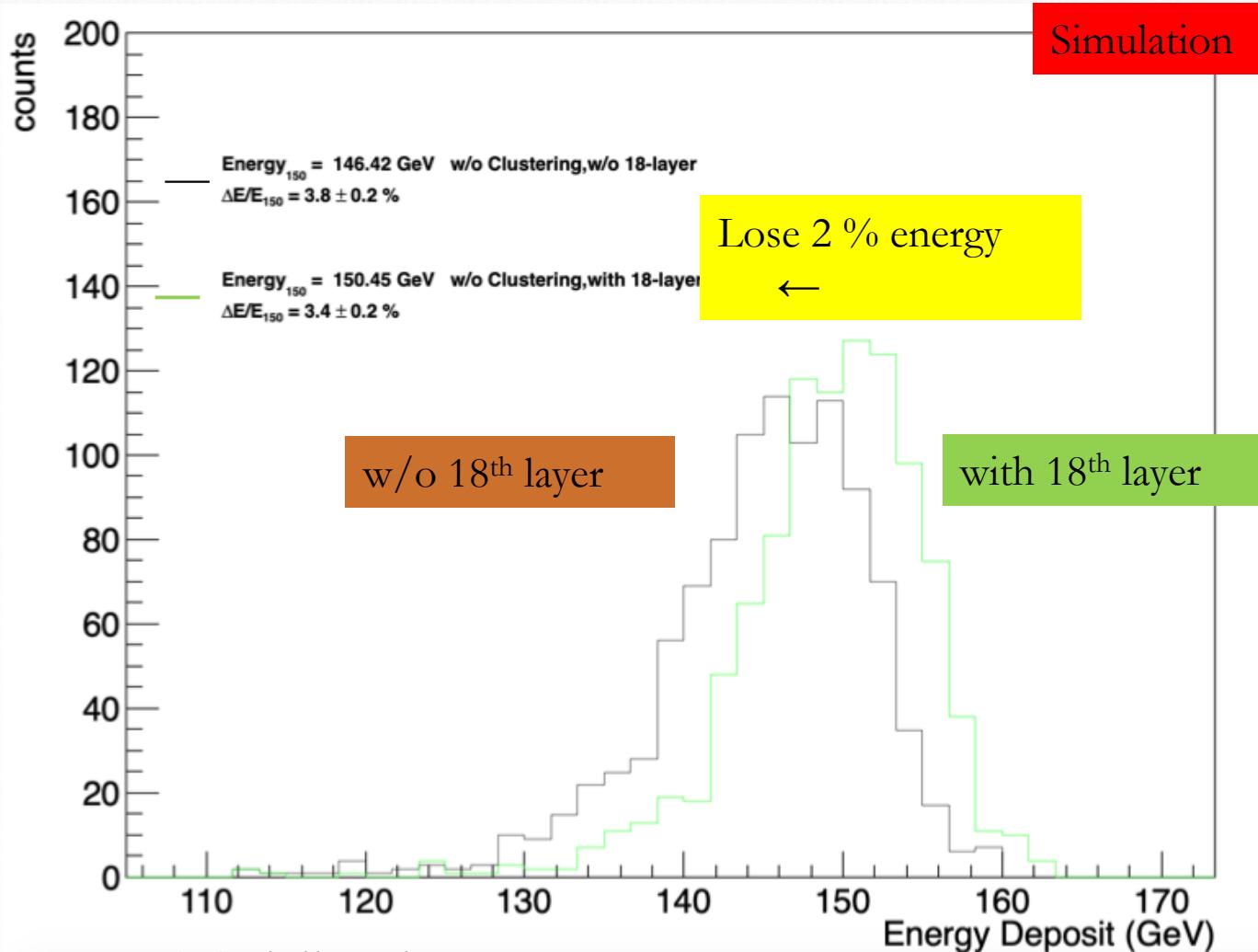


補正係数について

20200123 港 陽子

Simulation3 : mis-reconstruction due to clustering

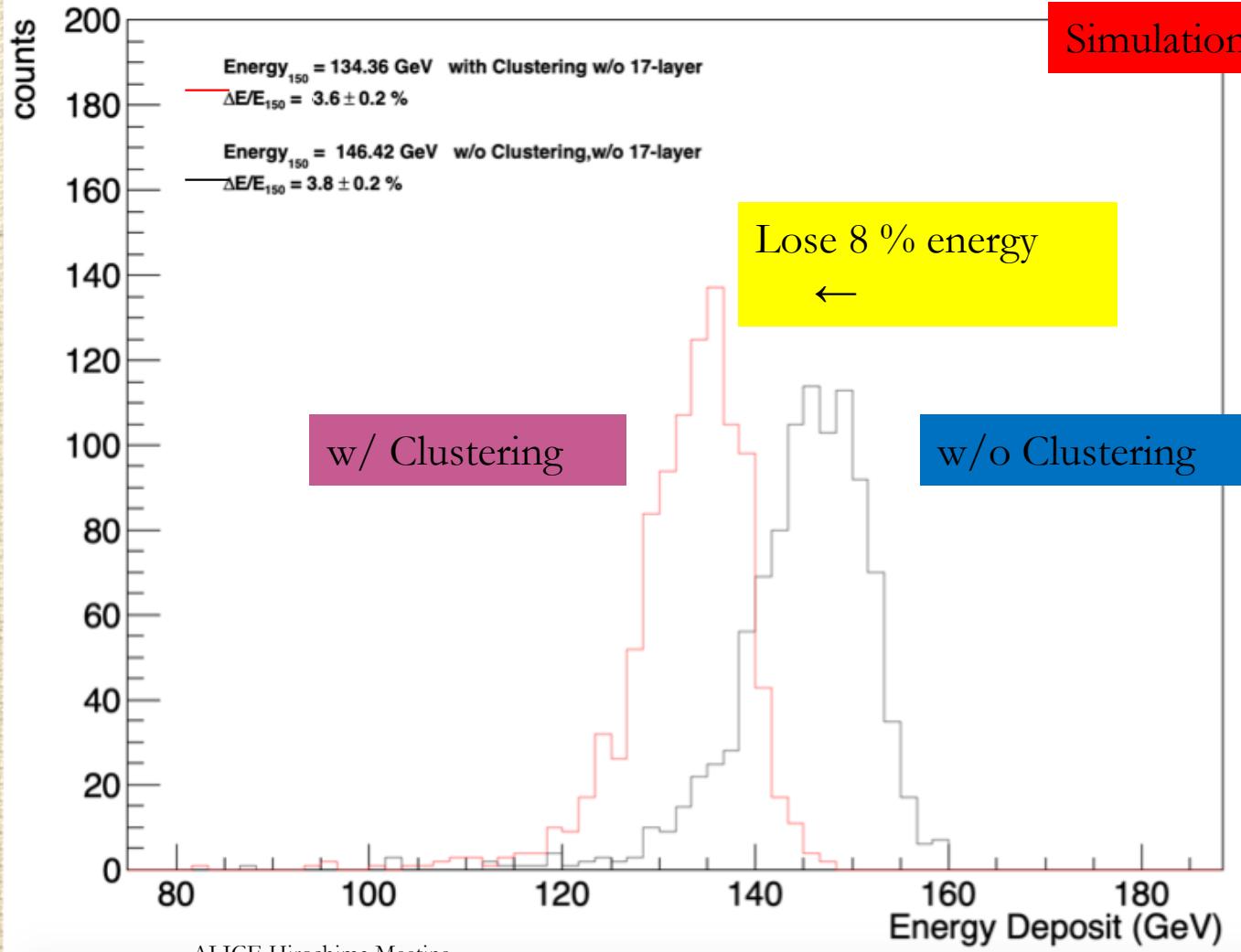
Percentage of energy loss due to clustering at 150GeV



- Due to lack of energy at 18th layer (from **Green** to **Black**)
->Lose 2 % energy (250 GeV 3%)

Simulation3 : mis-reconstruction due to clustering

Percentage of energy loss due to clustering at 150GeV



Simulation

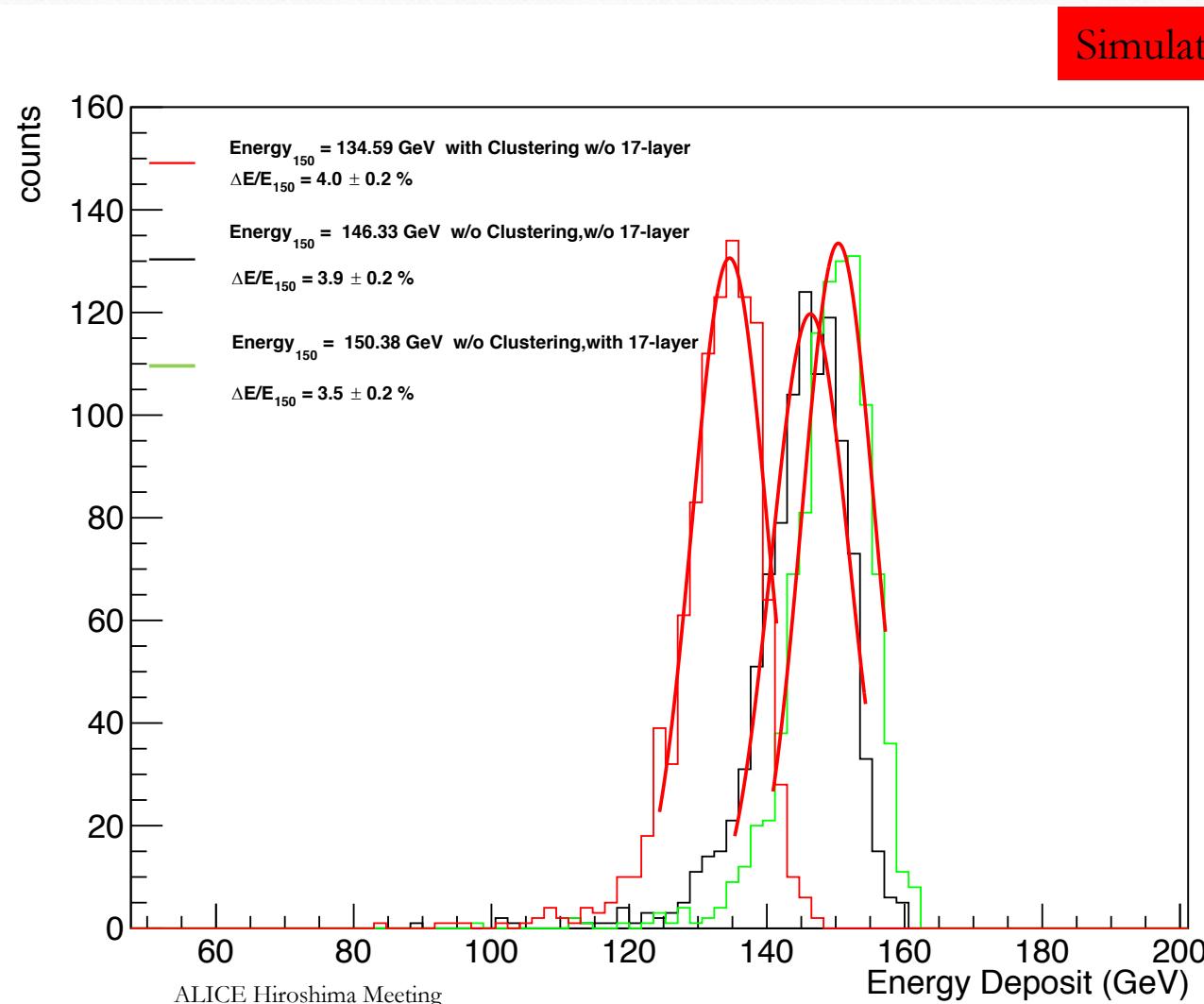
- Due to lack of energy at 18th layer (from **Green** to **Black**)
->Lose 2 % energy (250 GeV 3%)

- Due to Clustering (from **Black** to **Red**)
->Lose 8 % energy

Realistic Simulation:
(With Noise, w/o 18th layer, with Clustering)
Less 10 % energy than ideal Simulation

Simulation3 : Clustering

Percentage of energy loss due to clustering at 150GeV



■ Due to lack of energy at 17th layer
(from **Green** to **Black**)
->Lose 2 % energy

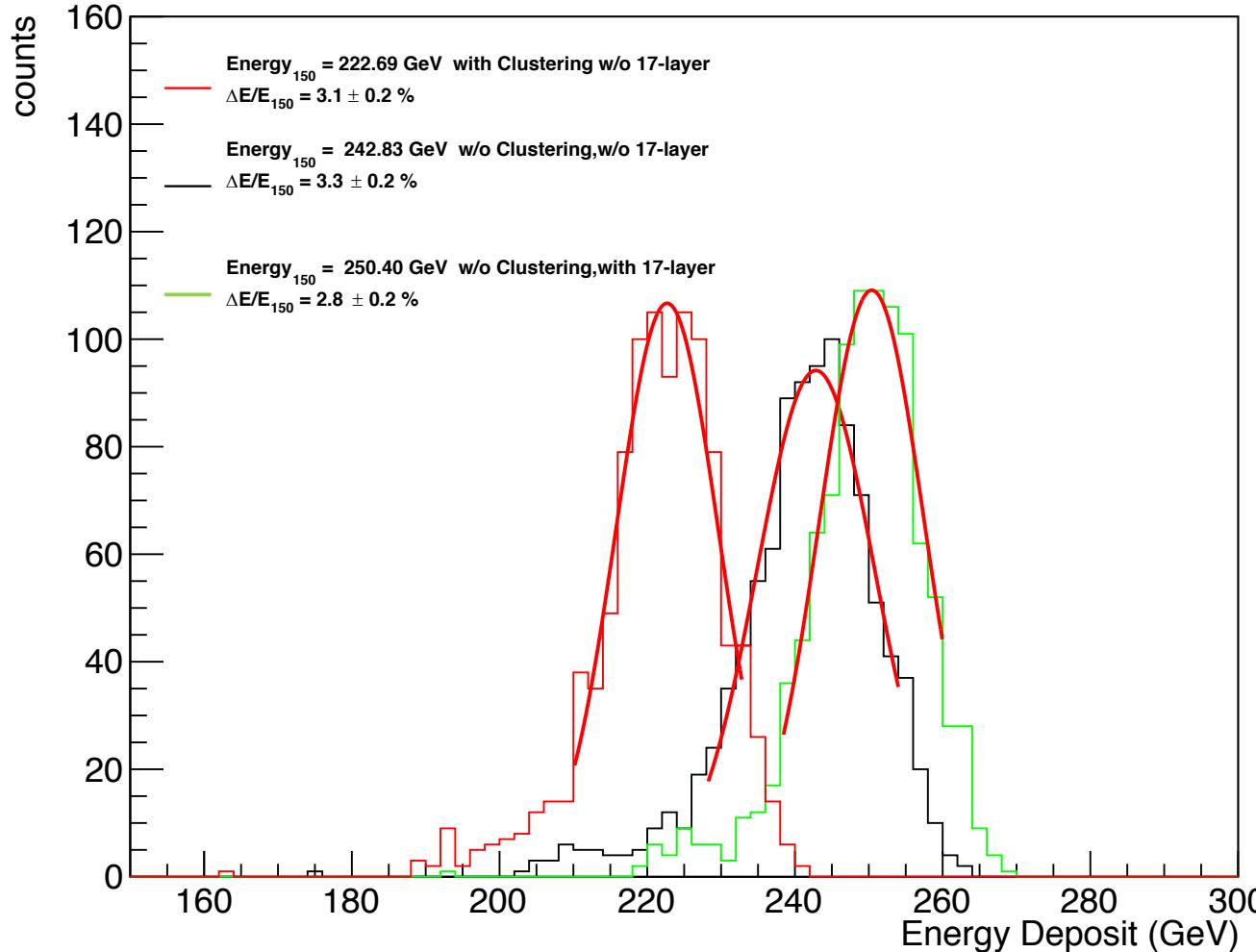
■ Due to Clustering
(from **Black** to **Red**)
->Lose 8 % energy

Realistic Simulation:
(With Noise, w/o 17th layer, with Clustering)
Less 10 % energy than ideal Simulation

Correct positron energy reconstruction function
Reco.E= ADC × CF × SF × 180 × 1.1

Simulation: Clustering

Percentage of energy loss due to clustering at 250GeV



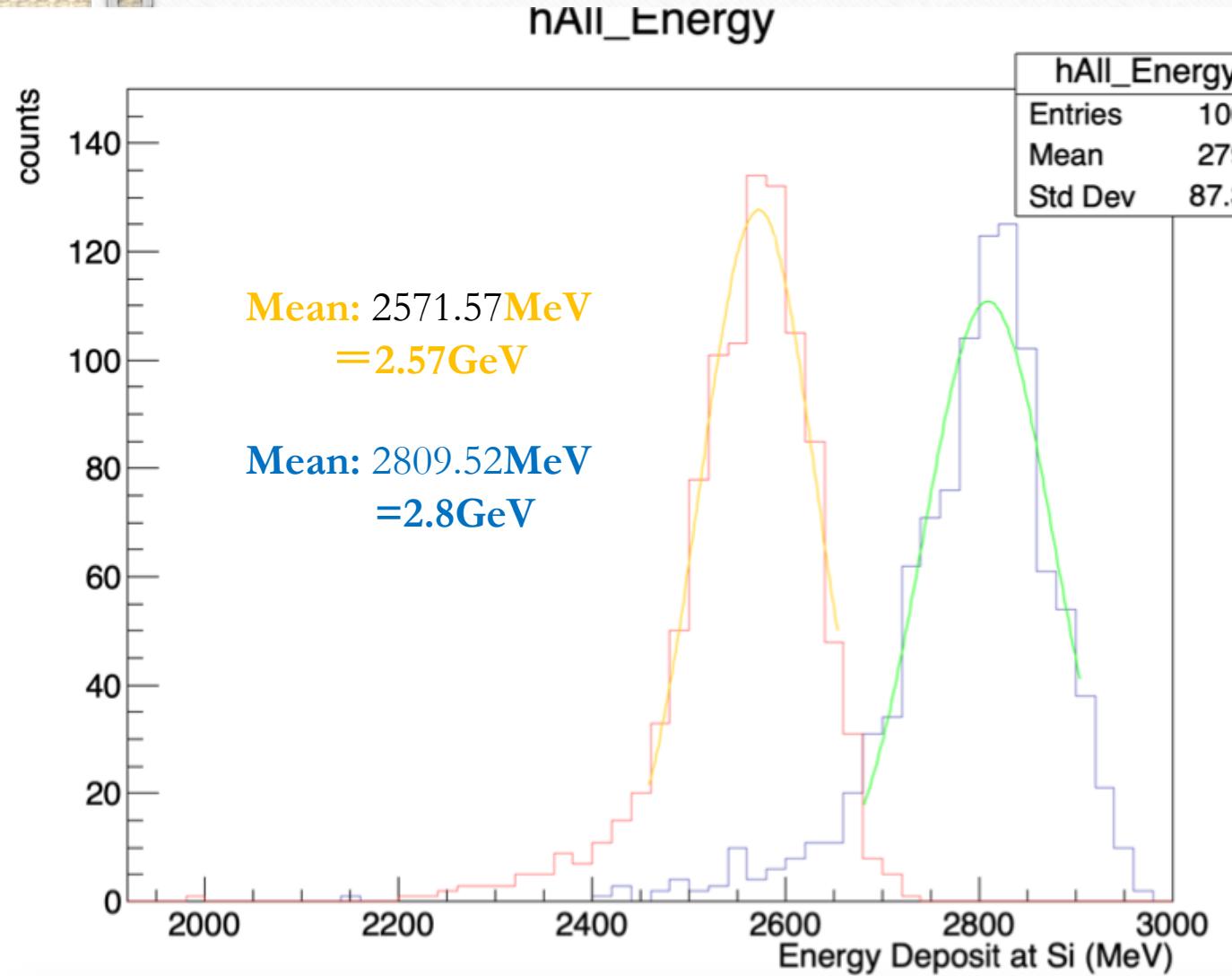
Simulated Energy Deposit of Mini-FoCal at 150 GeV

■ Due to lack of energy at 17th layer
(from **Green** to **Black**)
->Lose 3 % energy

■ Due to Clustering
(from **Black** to **Red**)
->Lose 8 % energy

Realistic Simulation:
(With Noise, w/o 17th layer, with Clustering)
Lose 11 % energy than ideal Simulation

クラスタリングについて 250GeV



オレンジ:
クラスタリングあり (9Pad)

青:
クラスタリングなし

$$250/2.8 = 89.28 \text{ (今まで88を使用)}$$