

2003年3月28日

日本物理学会第58回年次大会@東北学院大学

JLCカロリメータ ビームテスト報告 V ストリップファイバー型電磁カロリメータの 応答一様性とシャワー発達

山田豊、金信弘、松永浩之、
関口克巳、内田訓雄、松本偉史、山本澄江
永野あい^A、山内伸^A、他JLCカロリメータグループ^{B,C,D,E,F,G,H}

筑波大物理、筑波大自然^A、神戸大自然^B、
神戸大理^C、信州大理^D、高工研^E、
甲南大理^G、新潟大自然^H

1. 目的
2. 電磁シャワーの奥行き方向の発達
3. 電磁シャワーの横方向の発達
4. まとめ

目的

JLC電磁カロリメータ T517ビームテスト結果から
次の2点について詳細に調べる

1. 電磁シャワーの奥行き方向の発達

電磁シャワーの奥行き方向の発達を関数

$$\frac{1}{E_0} \frac{dE}{dt} = f \times \beta \times \frac{\{\beta(t-a)\}^{\alpha-1} e^{-\beta(t-a)}}{\Gamma(\alpha)}$$

でフィットし

シャワーの形状を特徴づける4パラメータ α, β, a, f を決定する

2. 電磁シャワーの横方向の発達

横方向に細かい分割を持つカロリメータテストモジュールの
特徴を生かし、電磁シャワーの横方向の発達を関数

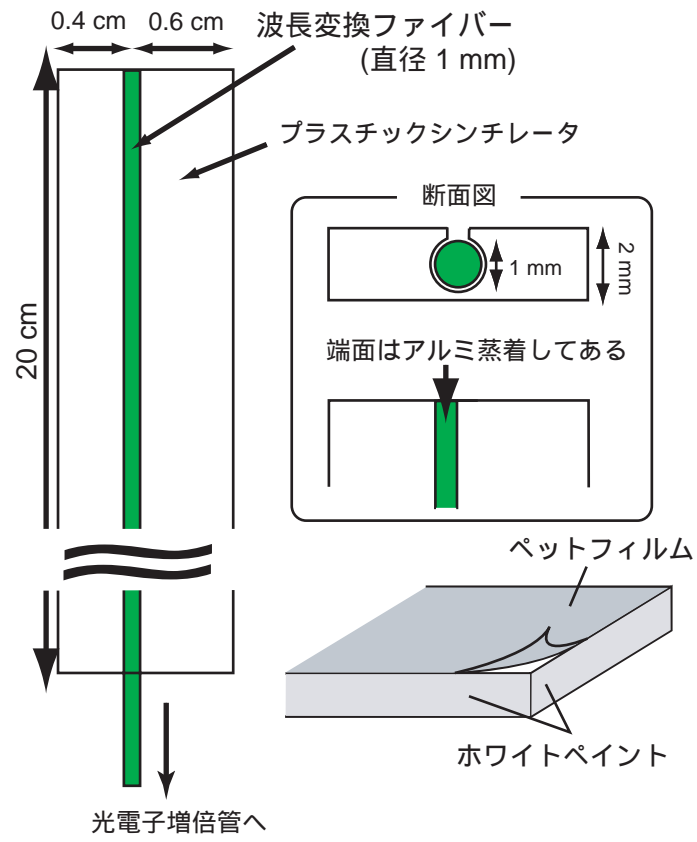
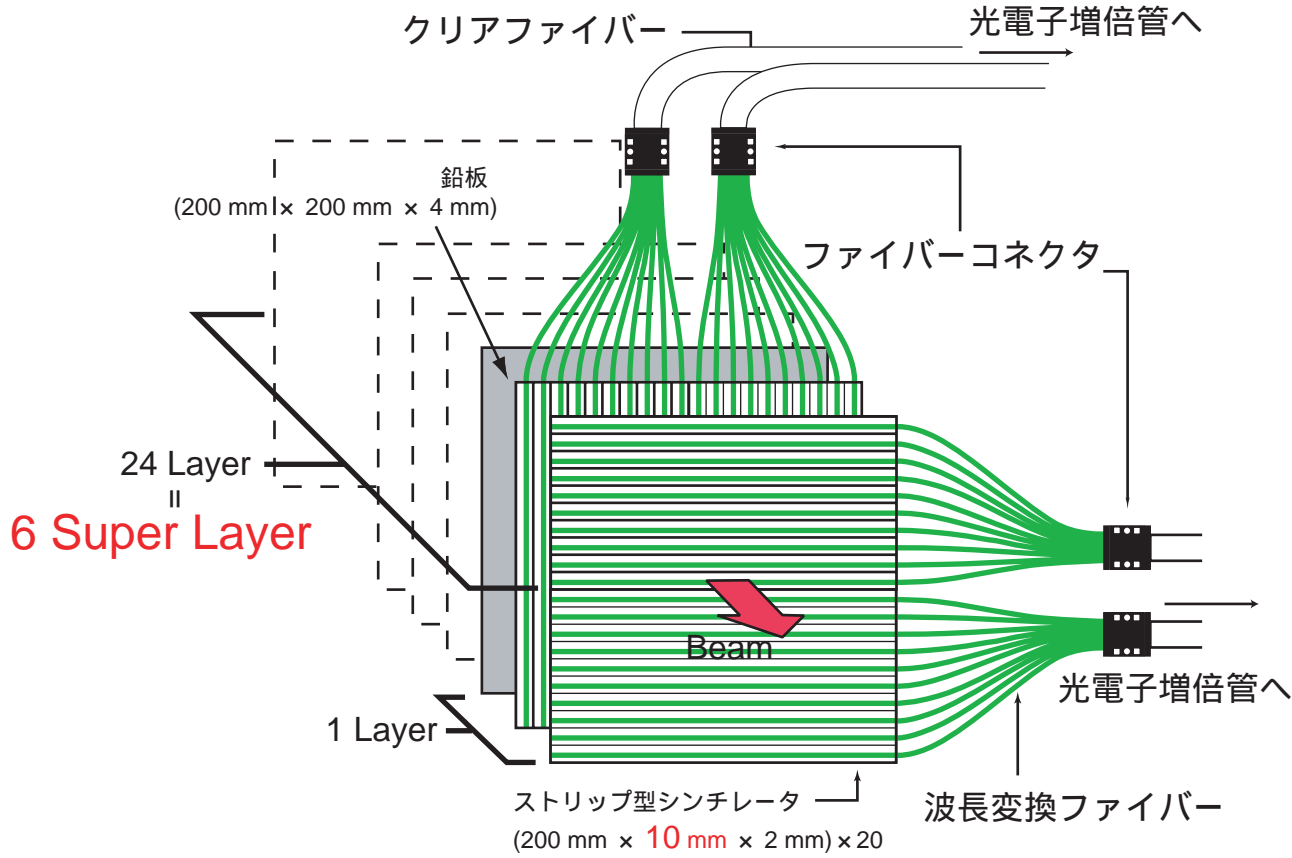
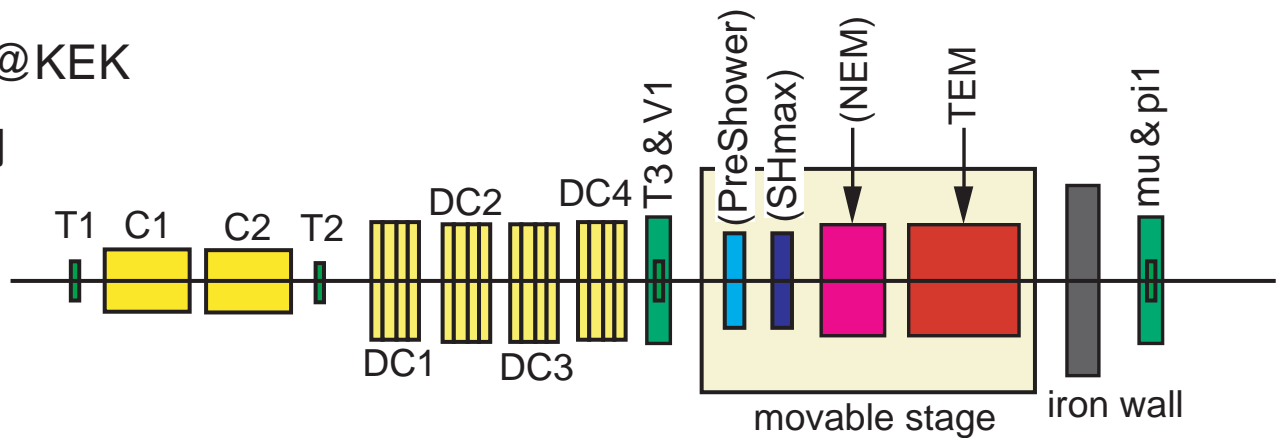
$$f(r) = \frac{1}{r} \frac{B}{r} \exp\left(-\frac{r}{B}\right)$$

でフィットし、シャワーの拡がりを表す2パラメータ B, β を求める

T517 ビームテスト

2002年 T517 Beamtest@KEK

1 ~ 4 GeV の e^- , μ^- を使用



1. 電磁シャワーの奥行き方向の発達

フィット関数

電磁シャワーの奥行き方向の発達は次の式に従うことが知られている

$$\frac{1}{E_0} \frac{dE}{dt} = f \times \beta \times \frac{(\beta t)^{\alpha-1} e^{-\beta t}}{\Gamma(\alpha)}$$

E : カロリメータにおとしたエネルギー

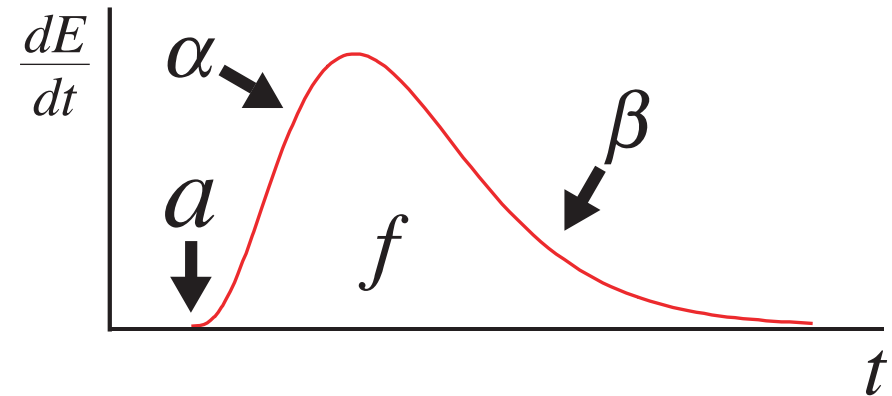
E_0 : 入射粒子のエネルギー

t : カロリメータの深さ (X_0)

α : シャワーの立ち上がりを決めるパラメータ

β : シャワーのテールを決めるパラメータ (X_0^{-1})

f : 規格化のためのパラメータ



シャワーの立ち上がりの情報を詳しく知りたい



EMシャワーの開始位置を示すパラメータ a を追加

$$\frac{1}{E_0} \frac{dE}{dt} = f \times \beta \times \frac{\{\beta(t-a)\}^{\alpha-1} e^{-\beta(t-a)}}{\Gamma(\alpha)}$$

フィットの方法

$$\frac{1}{E_0} \frac{dE}{dt} = f \times \beta \times \frac{\{\beta(t-a)\}^{\alpha-1} e^{-\beta(t-a)}}{\Gamma(\alpha)} \equiv g(t)$$

4パラメータでフィットはできない
(自由度が小さすぎるため)

↓
2段階フィット

(1) α, β を次の値に固定して
 f, a の2パラメータでフィット

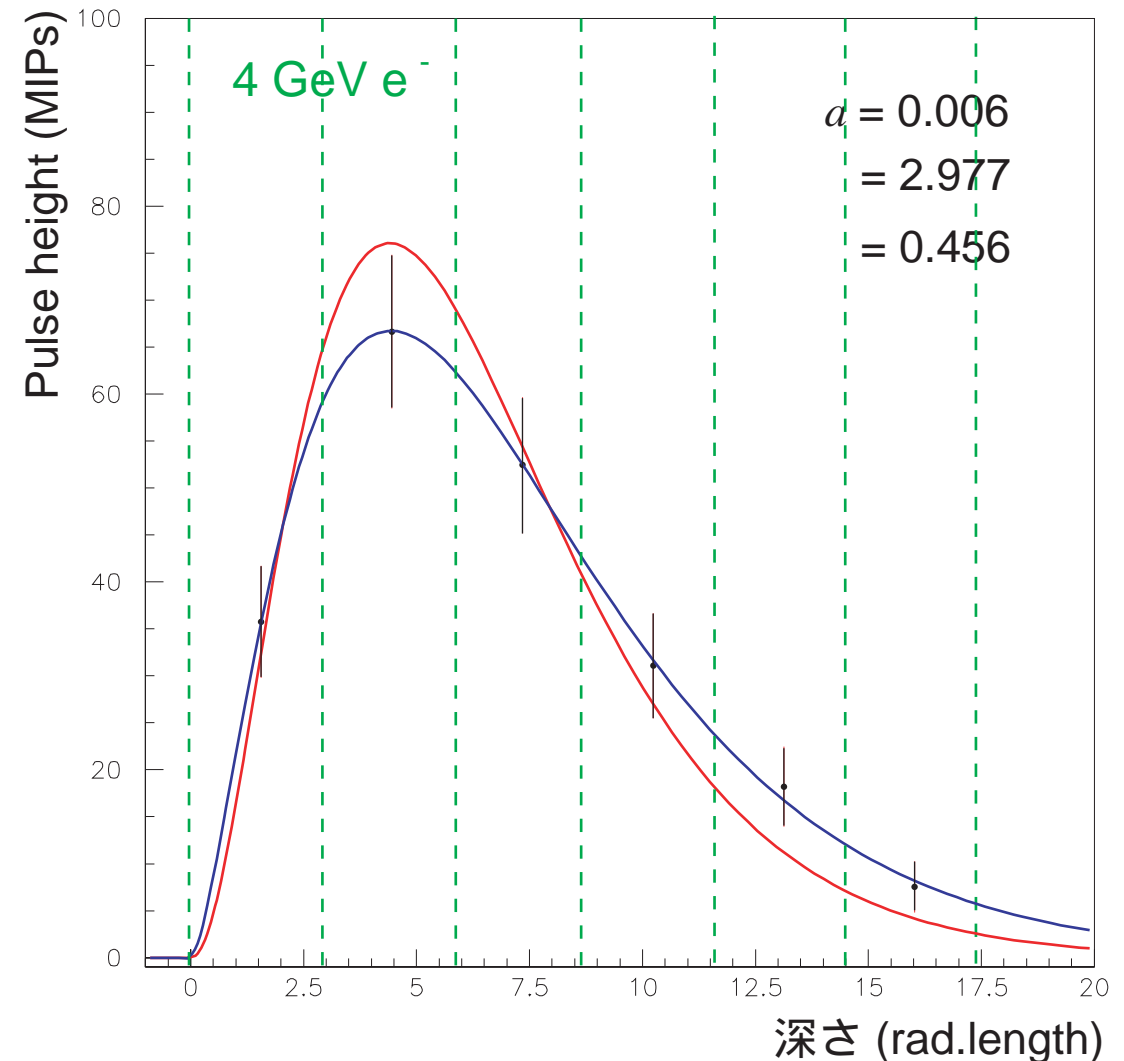
$$\alpha = 2.2 + 0.69 \ln E_0 \quad (3.16 @ 4\text{GeV})$$

$$\beta = 0.47 + 0.014 \ln E_0 \quad (0.49 @ 4\text{GeV})$$

(CDF 実験用カロリメータの
ビームテスト結果より)

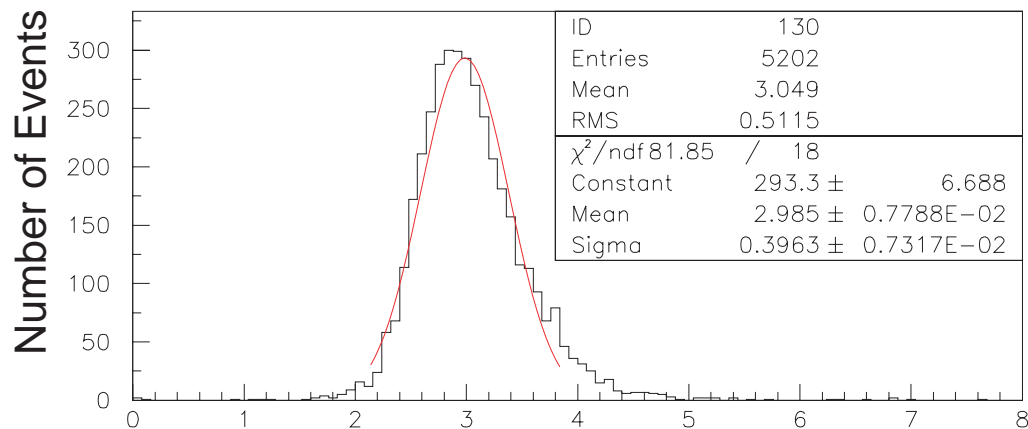
(2) (1)で得られた a を固定して
 f, β の3パラメータでフィット

赤 : (1) の結果
青 : (2) の結果

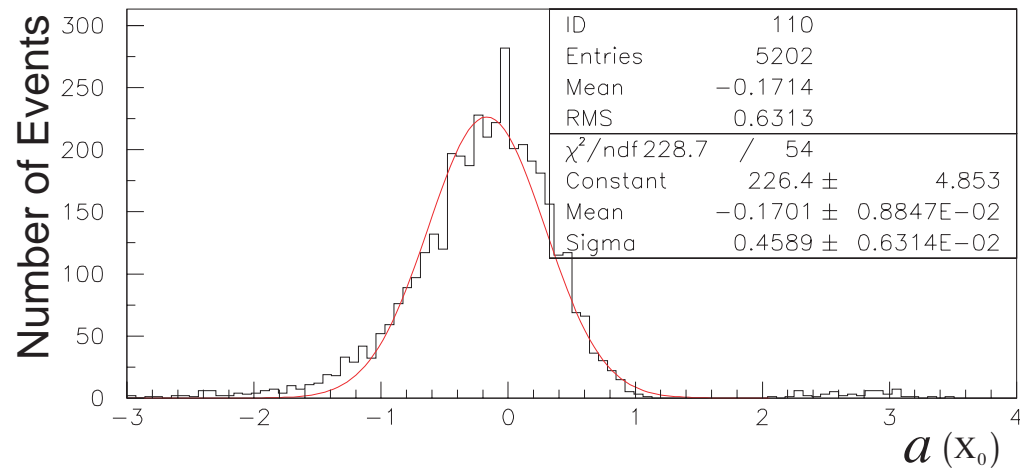


フィットパラメータ (4GeV e⁻)

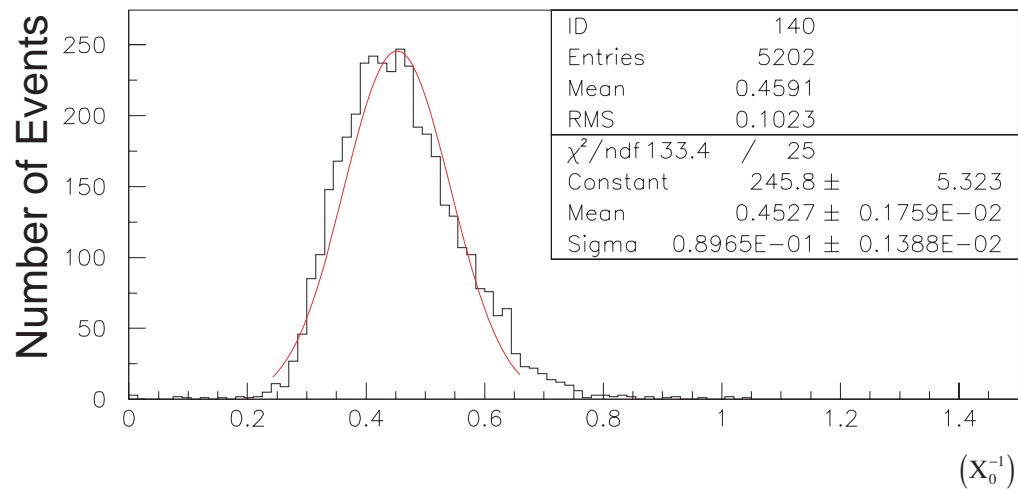
: 立ち上がり



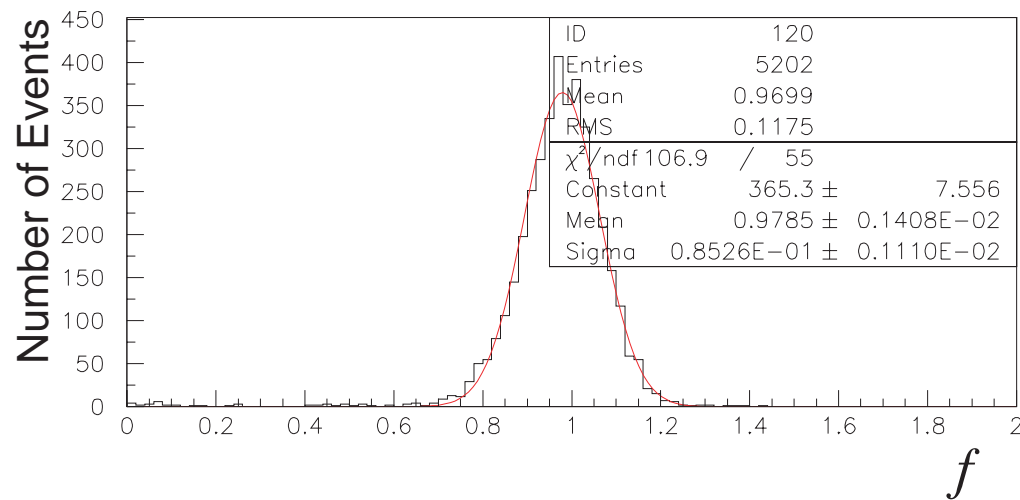
a : シャワー開始の位置



: テール

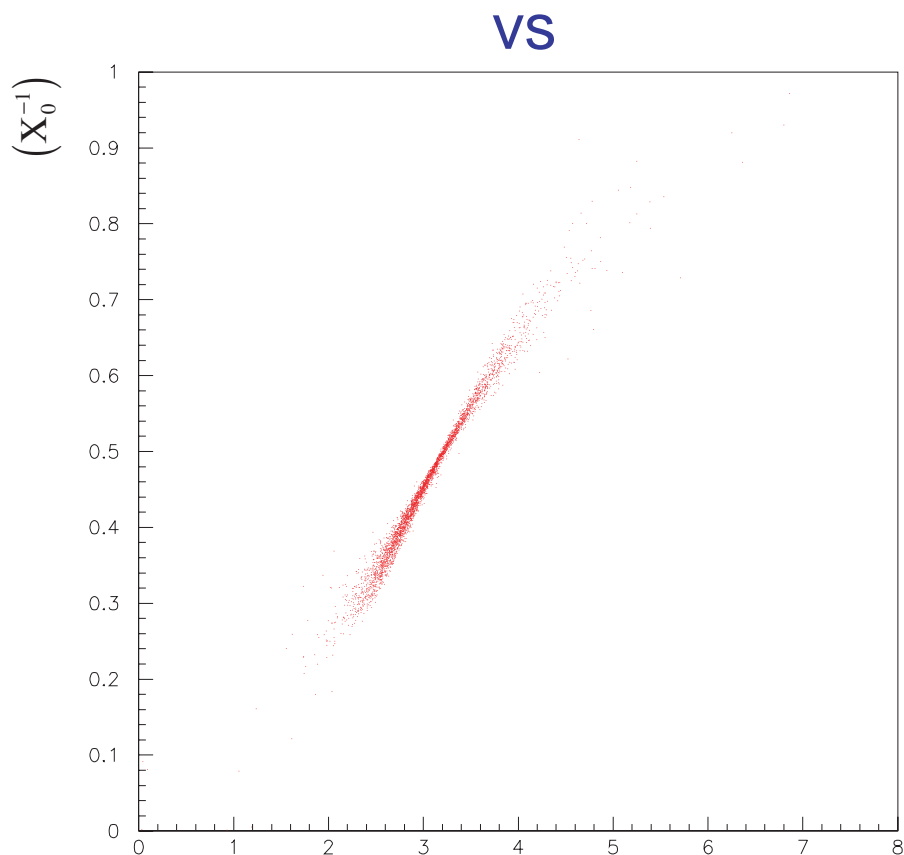


f : 規格化定数



パラメータ間の相関 < T517 >

と の間に強い正の相関が確認できる

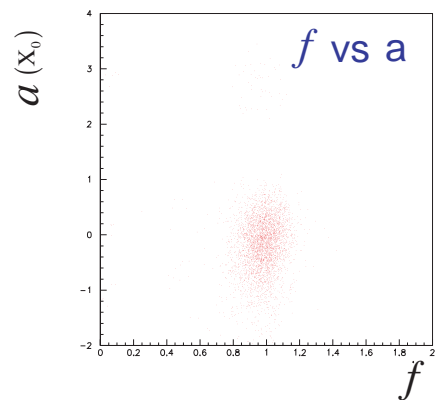
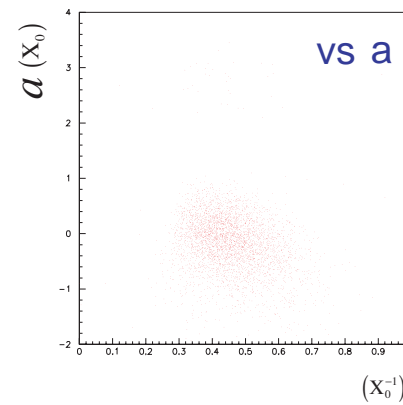
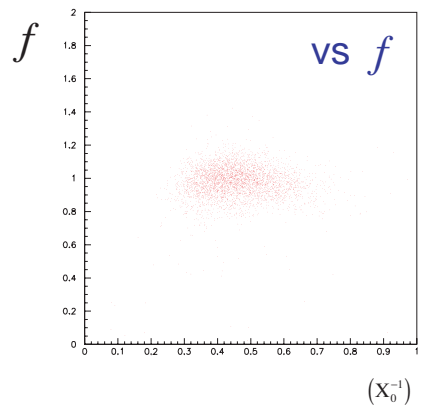
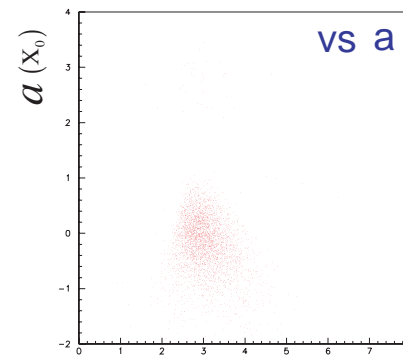
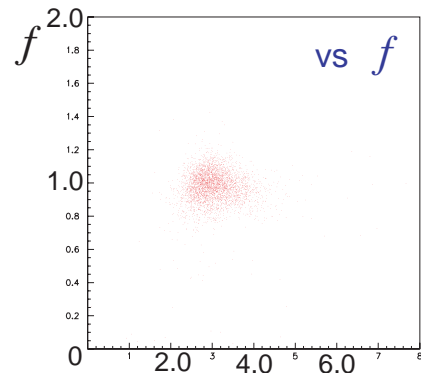


パラメータの対角化

今後の予定

他のパラメータ間

特に強い相関は確認できない



2. 電磁シャワーの横方向の発達

フィット関数

電磁シャワーの横方向の広がりを次の関数で近似する

$$f(r) = \frac{1}{r} \frac{B}{r} \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right)$$

r : 粒子入射位置からの距離
(ドリフトチェンバーを用いて決定)

$f(r)$: 位置 r での電磁シャワーのエネルギー損失

B : 電磁シャワーのエネルギー損失の大きさ

λ : 電磁シャワーの減衰長

実験で得られた測定値

$$= \left\{ \begin{array}{l} \text{ストリップ形状の範囲} \\ \text{(200 mm} \times \text{10 mm)} \\ \text{でのエネルギー損失の和} \end{array} \right.$$



ストリップ毎に次の積分を実行

$$F(i) = \int f(r) dS \quad (i = 1, 2, \dots, 20)$$

i : ストリップ番号



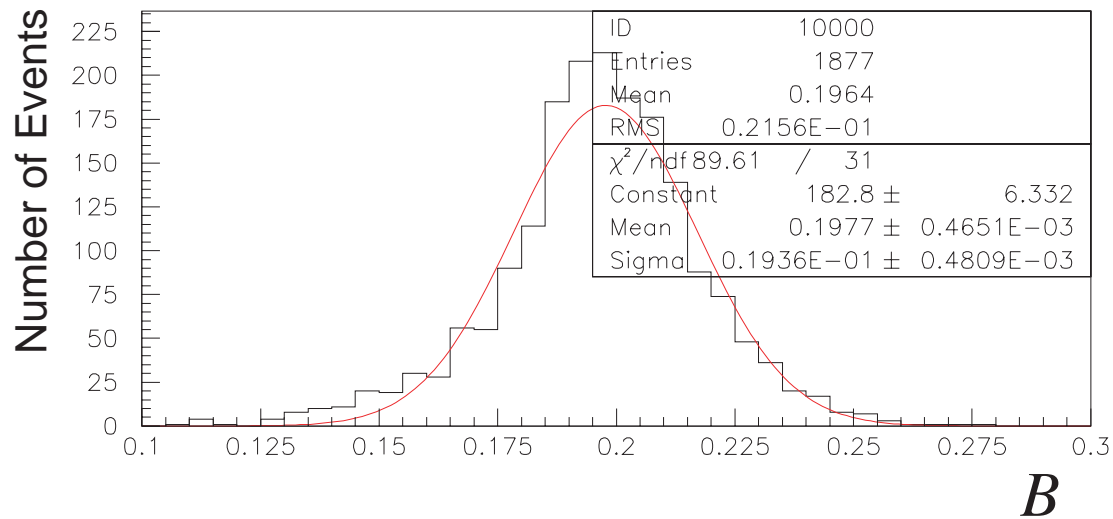
実験値 $F(i)$

となるように B , λ の最適値を探す

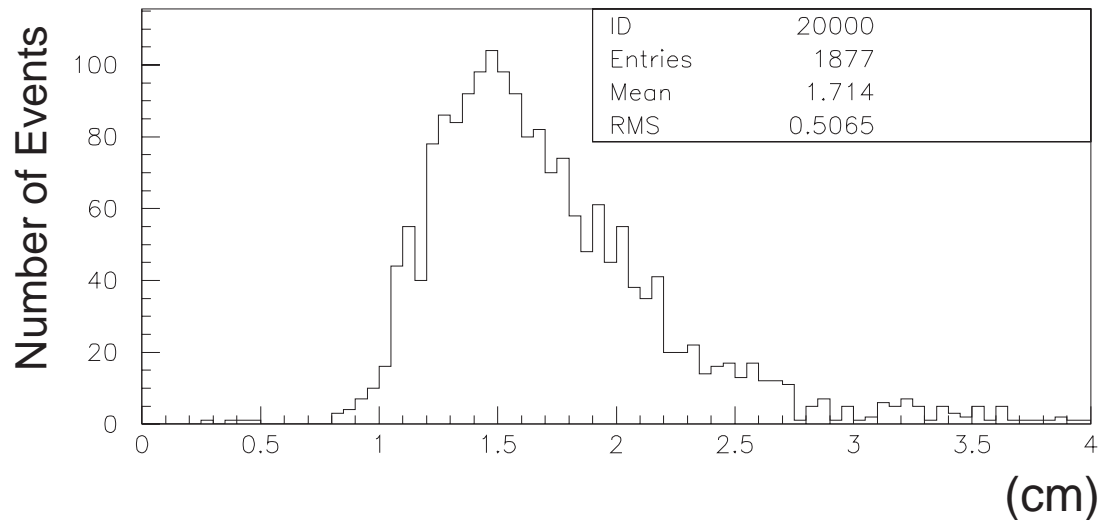
フィットパラメータ (4GeV e^-)

< 各ストリップの 6 S L の応答の和をフィットした場合 >

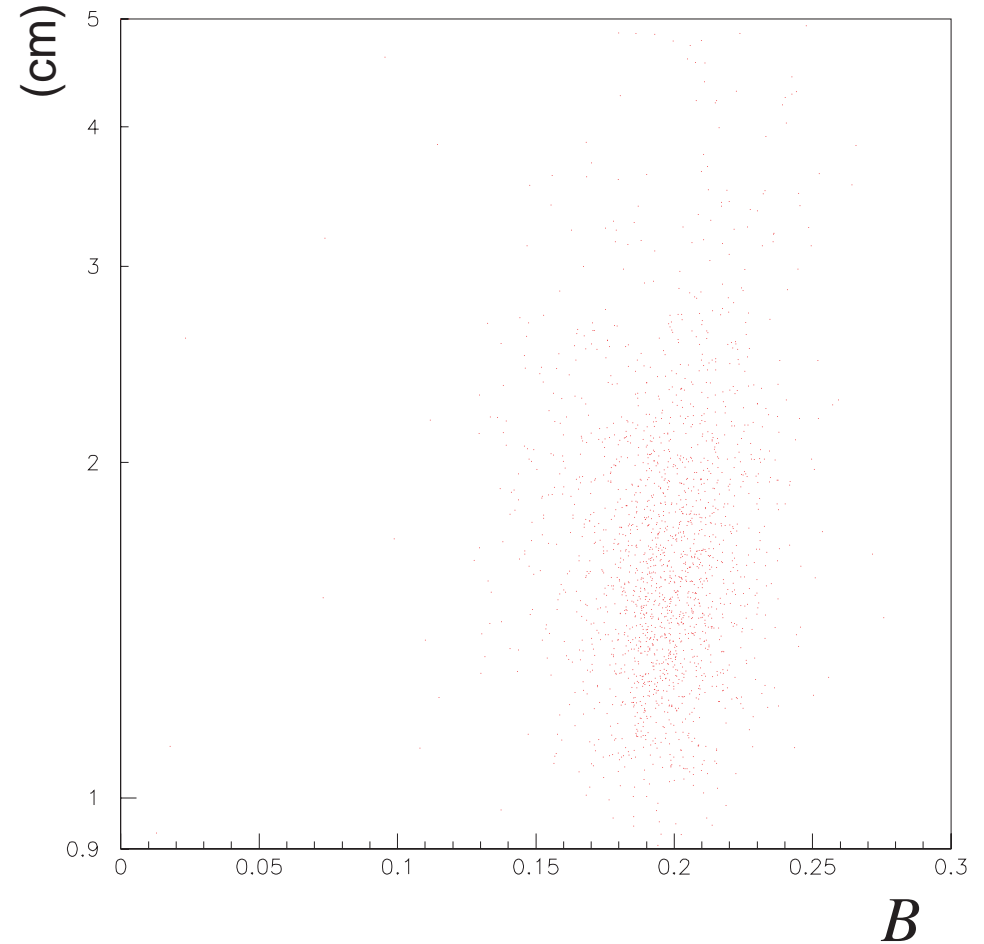
B : エネルギー損失の大きさ



: 電磁シャワーの減衰長



< パラメータ B , 間の相関 >

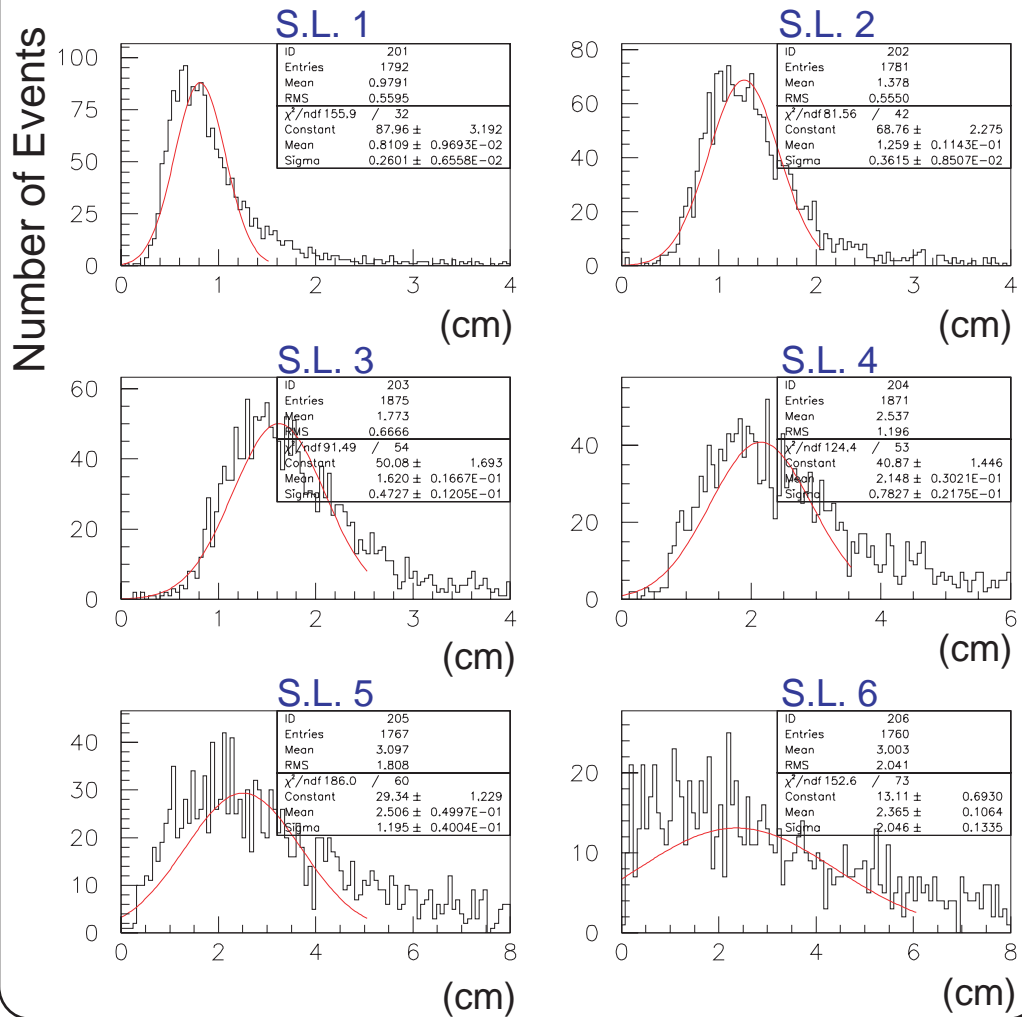


B , 間に相関は見られない

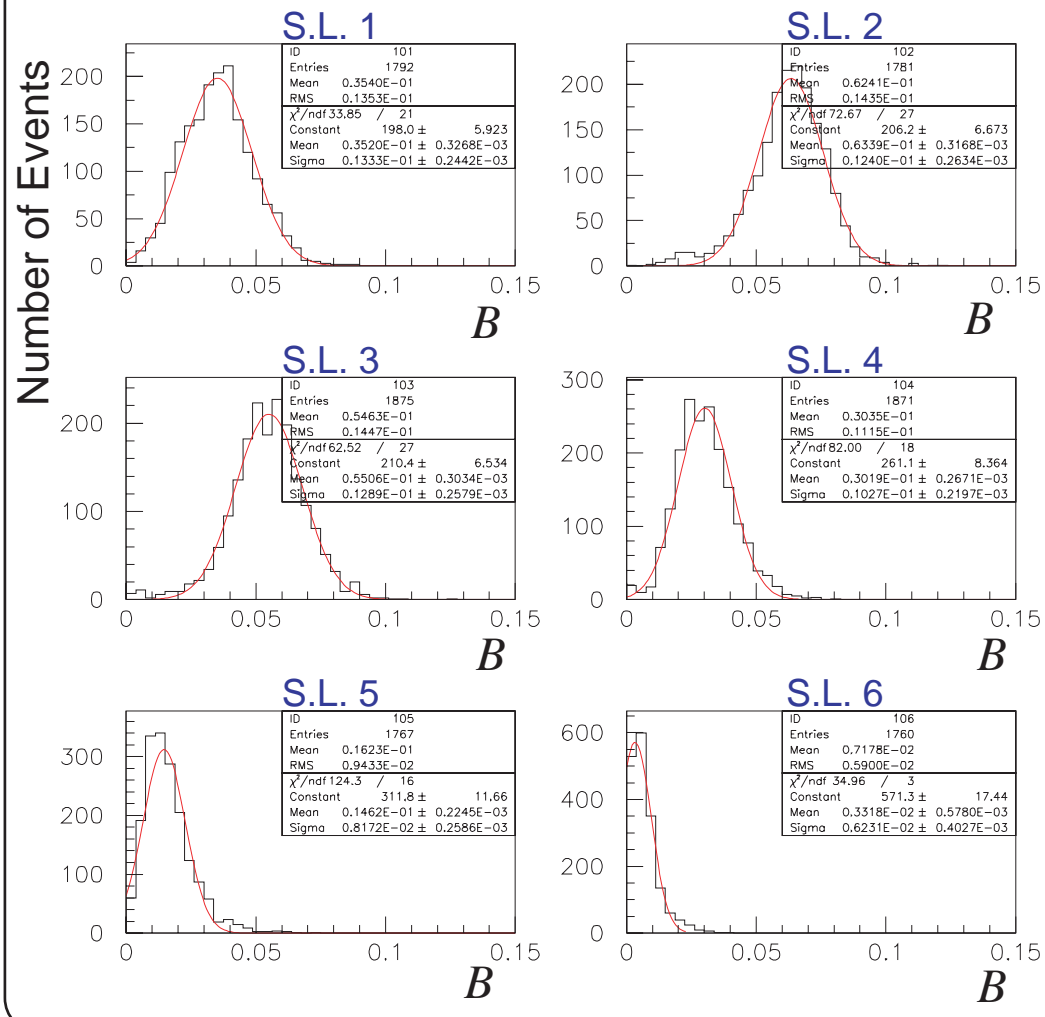
フィットパラメータ (4GeV e^-)

< 各S.L.毎にシャワーの横方向の拡がりをフィットした場合 >

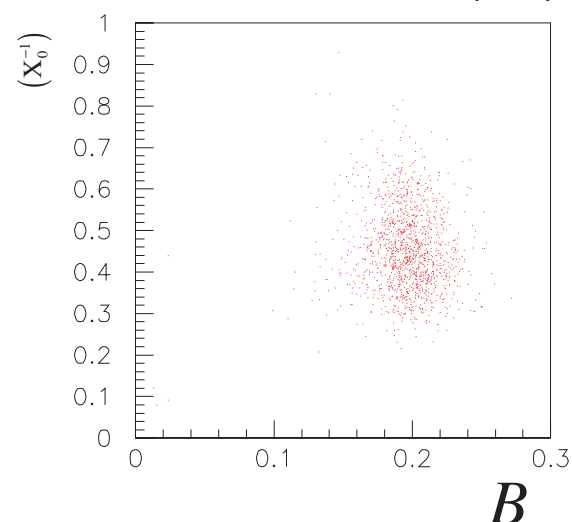
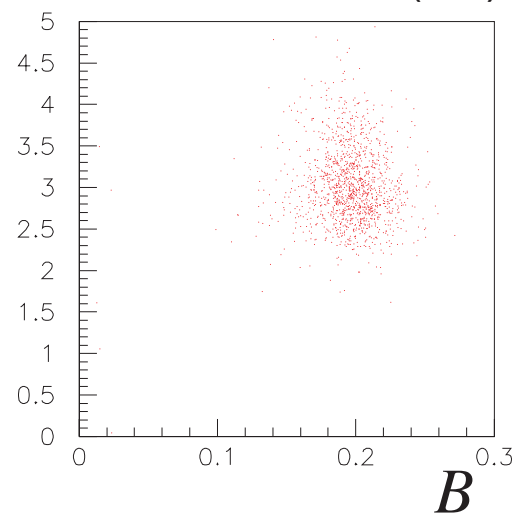
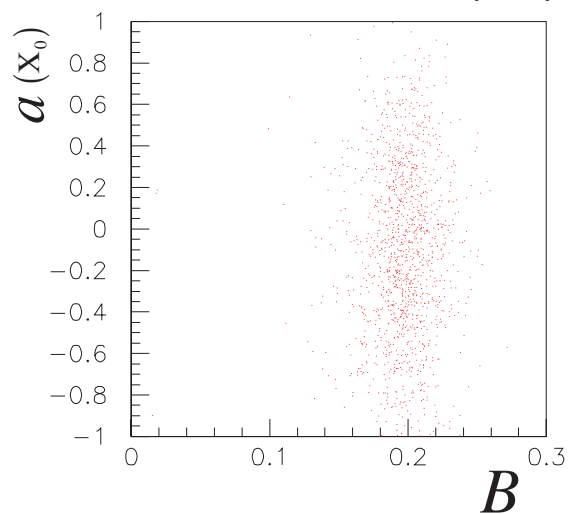
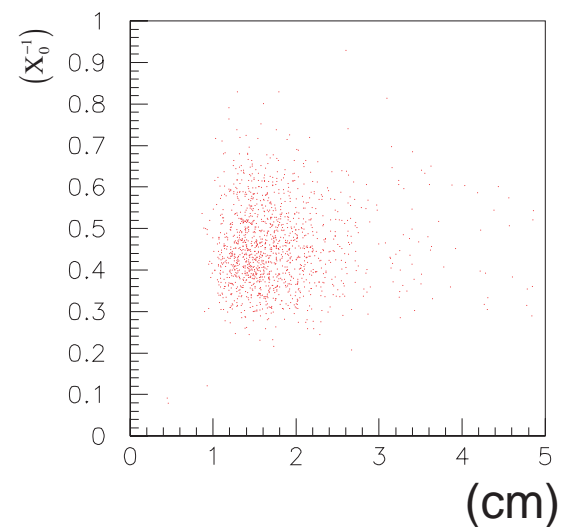
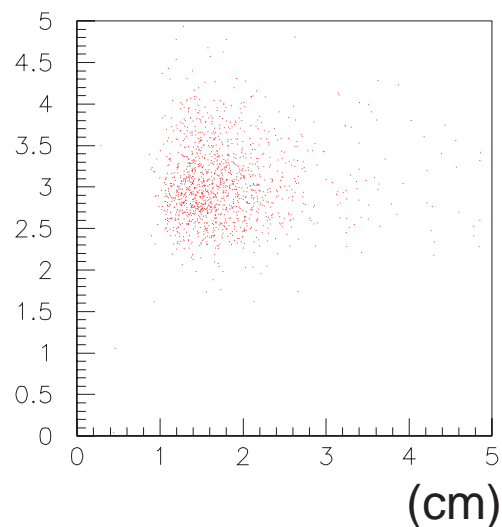
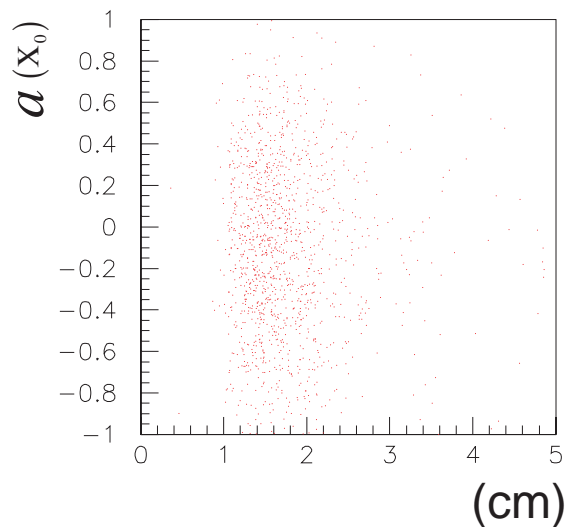
： 電磁シャワーの減衰長



B : エネルギー損失の大きさ



奥行き方向と横方向のパラメータ相関



どのパラメータ間にも相関関係は確認できない



電磁シャワーの発達は奥行き方向、横方向、それぞれ独立に考えられる

まとめ

1. 電磁シャワーの奥行き方向の発達

電磁シャワーの奥行き方向の発達をフィットし
シャワーの形状を特徴づける 4 パラメータ α, β, a, f を決定した

$$\frac{1}{E_0} \frac{dE}{dt} = f \times \beta \times \frac{\{\beta(t-a)\}^{\alpha-1} e^{-\beta(t-a)}}{\Gamma(\alpha)}$$

$$\begin{aligned} &= 2.985 \pm 0.008 & f &= 0.979 \pm 0.001 \\ &= 0.453 \pm 0.002 (X_0^{-1}) & a &= -0.170 \pm 0.009 (X_0) \end{aligned} \quad (4 \text{ GeV } e^-)$$

2. 電磁シャワーの横方向の発達

電磁シャワーの横方向の発達をフィットして
シャワーの拡がりを表す 2 パラメータ B, C を求めた

$$f(r) = \frac{1}{r} \frac{B}{C} \exp\left(-\frac{r}{C}\right)$$

$$B = 0.1977 \pm 0.0005 \quad C = 1.714 \text{ (cm)} \quad (4 \text{ GeV } e^-)$$

* 各ストリップの6S.L.の応答の和をフィットしたときのもの

3. パラメータ間の相関

電磁シャワーの奥行き方向と横方向の発達を表すパラメータ間に
相関は見られない それぞれ独立に考えることができる