ILCにおける トップクォーク対生成 閾値領域での運動量測定

東北大学
修士1年
江田優人

トップクォークについて①

- 質量(m_t)：172GeV (標準理論の中で最も重い)
- 崩壊幅(Γ_t)： $\Gamma_t \simeq \frac{\mathrm{G_F} m_t^3}{8\sqrt{2}\pi}|V_{tb}|^2 \sim 1.5\ \mathrm{GeV}$
- $\tau=1/\Gamma_t$からトップの寿命は約4×10^{-25}秒となり、この時間はハドロン化の時間より短いためトップはハドロン化する前にbとWに崩壊する

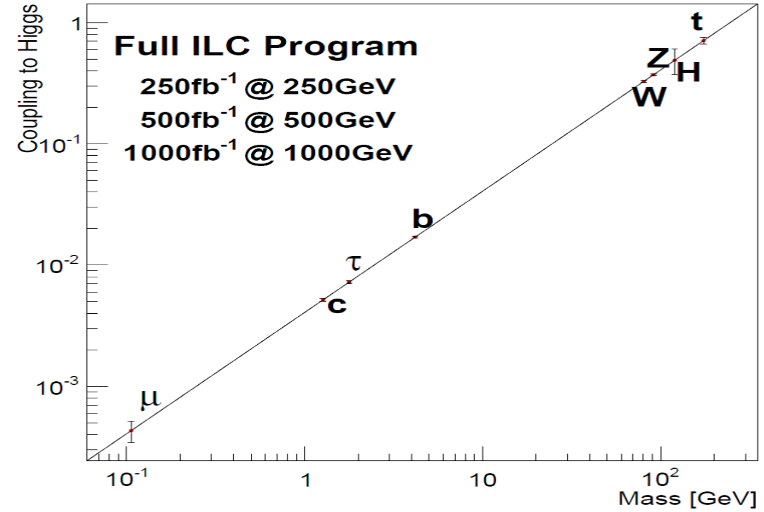
→**トップのスピンの情報が残るため**

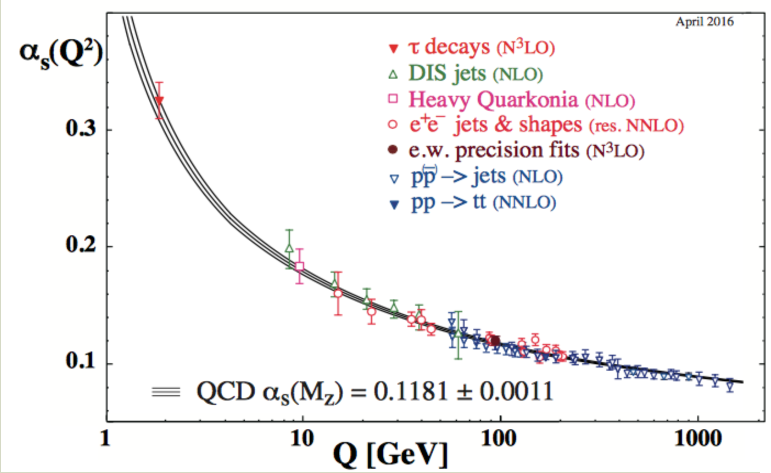
単体のクォークを調べるのに適している

トップクォークについて②

- トップ湯川結合：y_t~1 (SM)
  ヒッグス機構のテスト

- 強い相互作用の結合定数はエネルギーの依存性があり、トップの場合はQCDを用いた評価が可能なスケールにある
  $\boxed{\alpha_s \sim 0.118}$



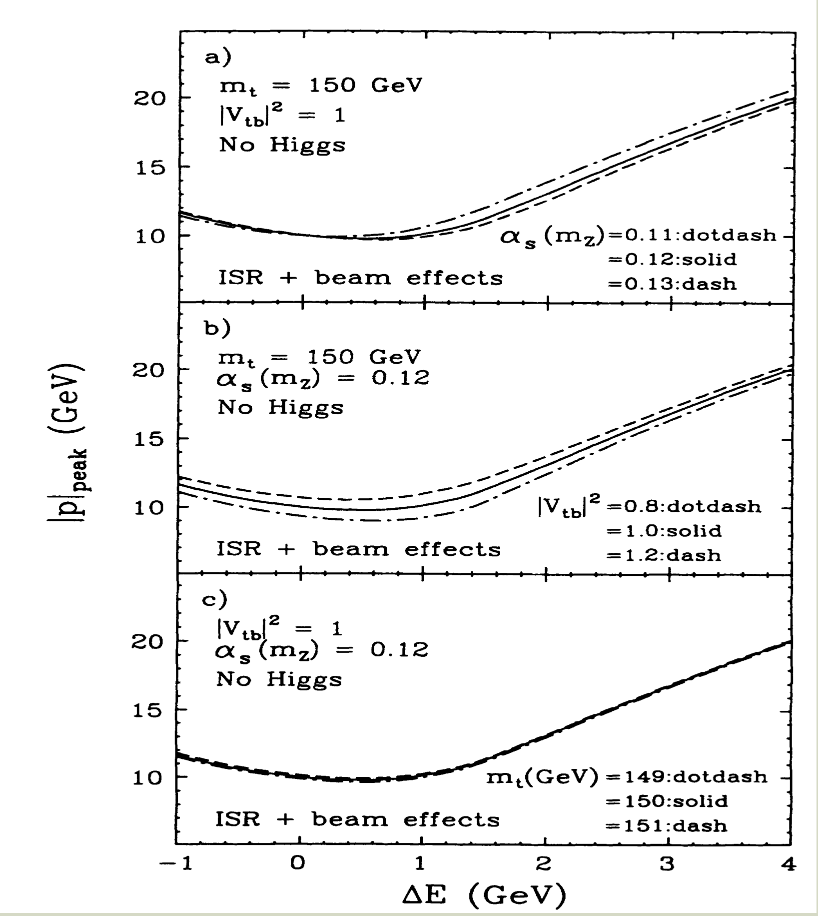


トップクォーク閾値領域での測定とそれにより調べられるパラメタ

①断面積測定→m_t、Γ_t、y_t

②前後非対称度測定→Γ_t、α_s

③運動量測定→Γ_t、α_s

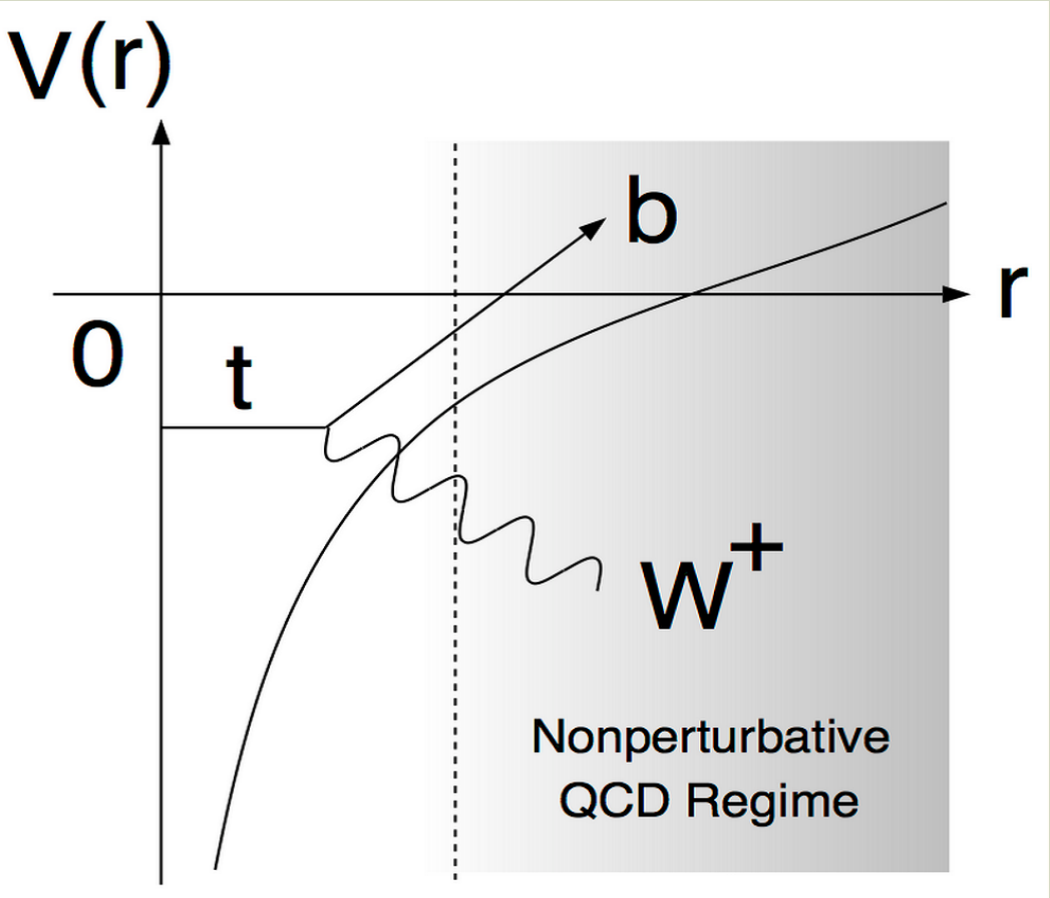


トップ対生成閾値領域での物理

- 重心系エネルギー350GeV付近ではトップクォークがギリギリ2つ作られ、トップクォークの運動量はとても小さくなる

- トップペアの間にはQCDポテンシャルがクーロン力のように働き、距離が離れるにつれて速度が遅くなる
- ゆっくり離れていくのでグルーオンが多重交換され共鳴状態が作られる

トップ対生成閾値領域での物理

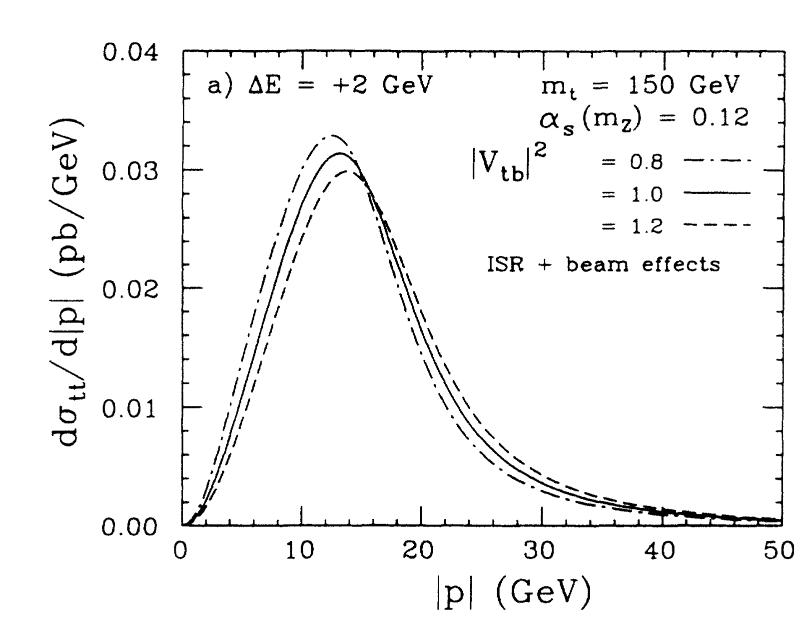


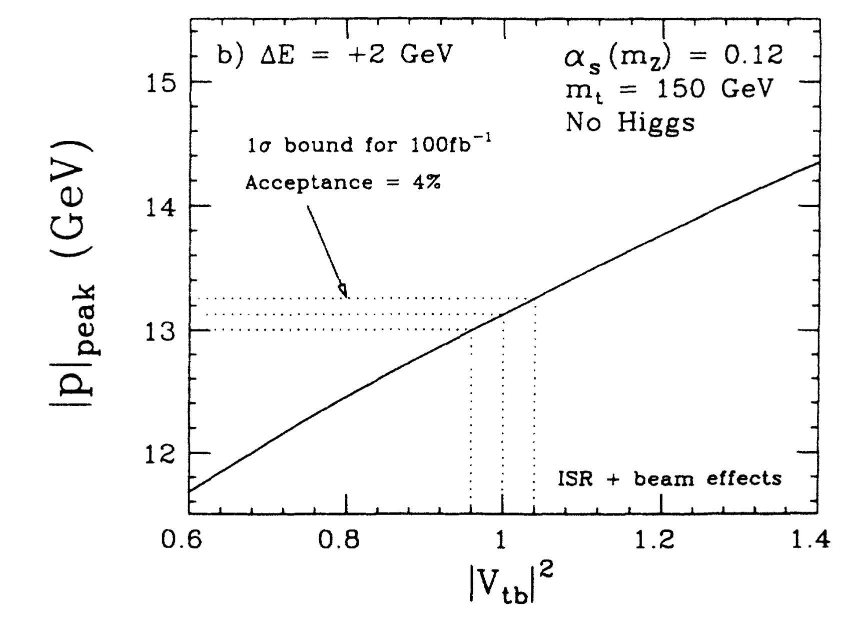
- QCDのポテンシャルによるトップの崩壊を左の図で示した
- トップは非摂動領域に達する前に崩壊するため、摂動QCDでの評価が可能になる
- QCDポテンシャルの式を示す

$$V(r) \sim -\frac{3}{4}\frac{\alpha_s(1/r)}{r}$$

トップクォークの閾値領域の物理

- 運動量分布のピーク位置と、CKM行列の成分のV_{tb}に相関があり、崩壊幅はV_{tb}の関数であるので、運動量測定により崩壊幅について評価できる





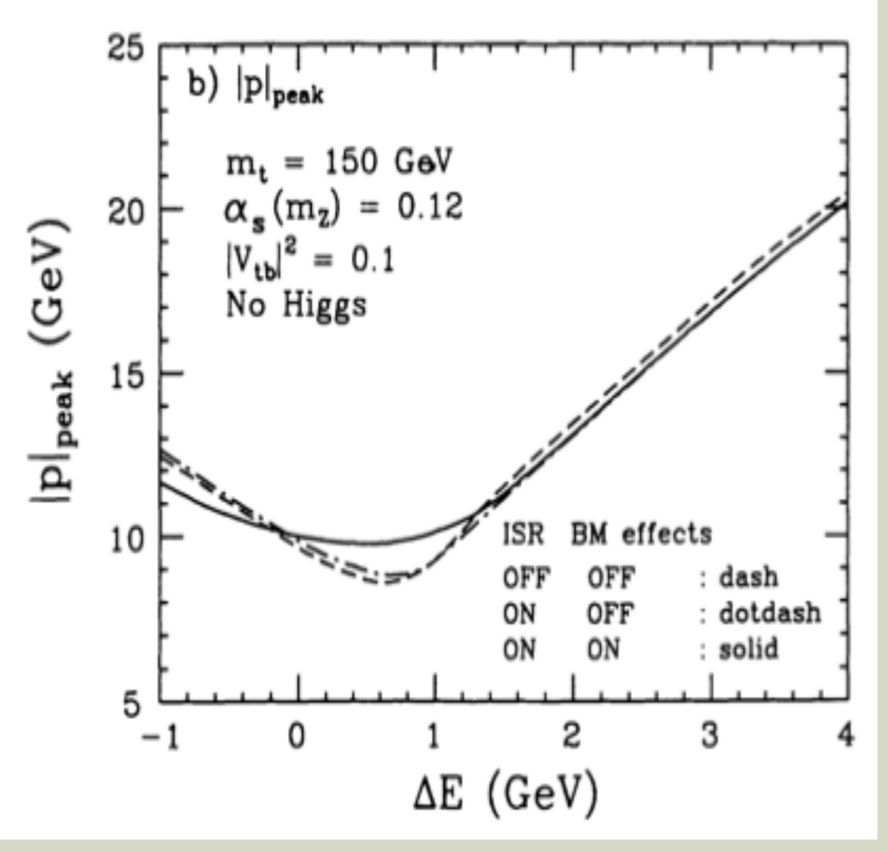
シミュレーションでの解析

- トップ対生成の終状態

1. 2-jet(ee->tt->bWbW->blvblv)　：11%
2. 4-jet(ee->tt->bWbW->blvbqq)　：44%
3. 6-jet(ee->tt->bWbW->bqqbqq)　：45%

- 4-jetはトップと反トップの区別がしやすく統計量も比較的多いので、まずは4-jetの解析を行う

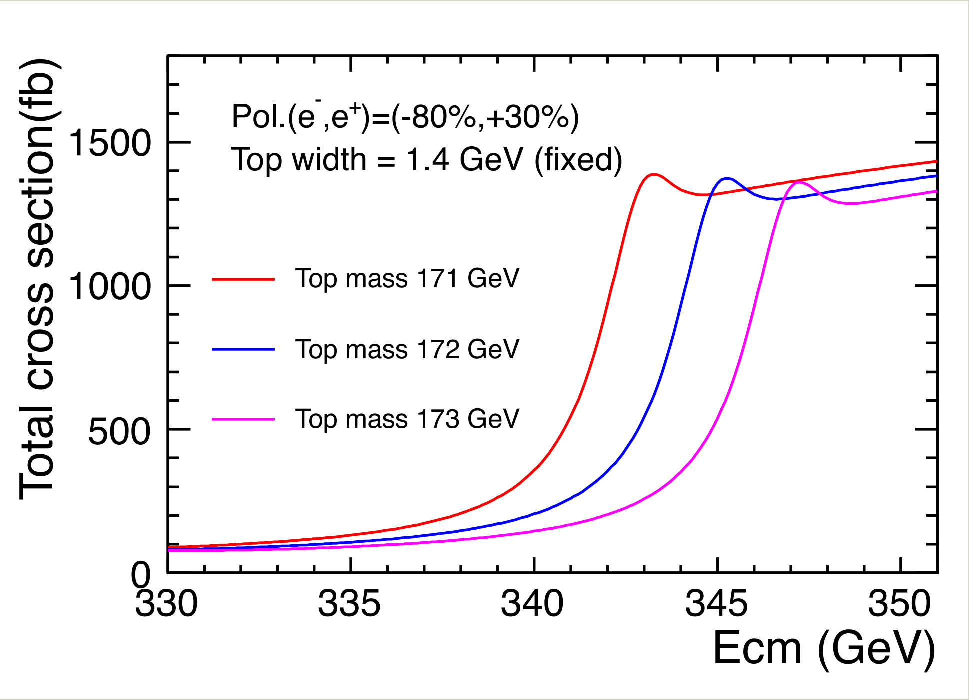
シミュレーションの条件



◯重心系エネルギーについて
$\Delta E=\sqrt{S}-\sqrt{S_{1s}}$
ΔE>1.5であればISRとBM effectsによるピーク位置への感度が低いことがわかる

ΔE=2GeVと考える

重心系エネルギー(√S)の選択



トップの質量を変化させた時の断面積のグラフ

トッポニウムの1S共鳴のピークが見える

$\sqrt{S}_{1s}=2m_t+1$という関係が見れる

$\Delta E=\sqrt{S}-\sqrt{S}_{1s}=2$より、
$m_t=172\mathrm{GeV}$を用いて
$\sqrt{S}=2m_t+1\mathrm{GeV}+2\mathrm{GeV}$
$=347\mathrm{GeV}$と指定した

解析の流れ

generatorでイベントを作成する

↓

ILD測定器のシミュレーションを行う

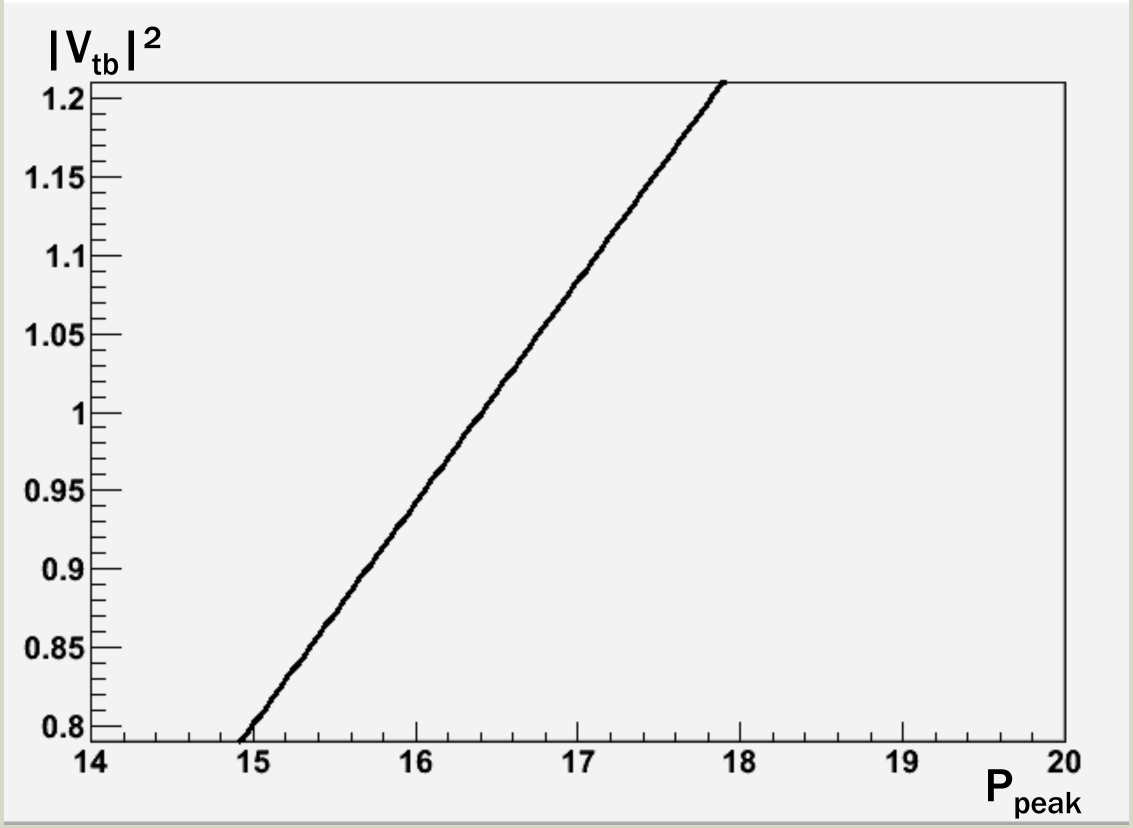
↓

イベントを再構成し、トップクォークを再現する

↓

再構成したトップの運動量分布を作成し評価する

ピーク位置と$|V_{tb}|^2$

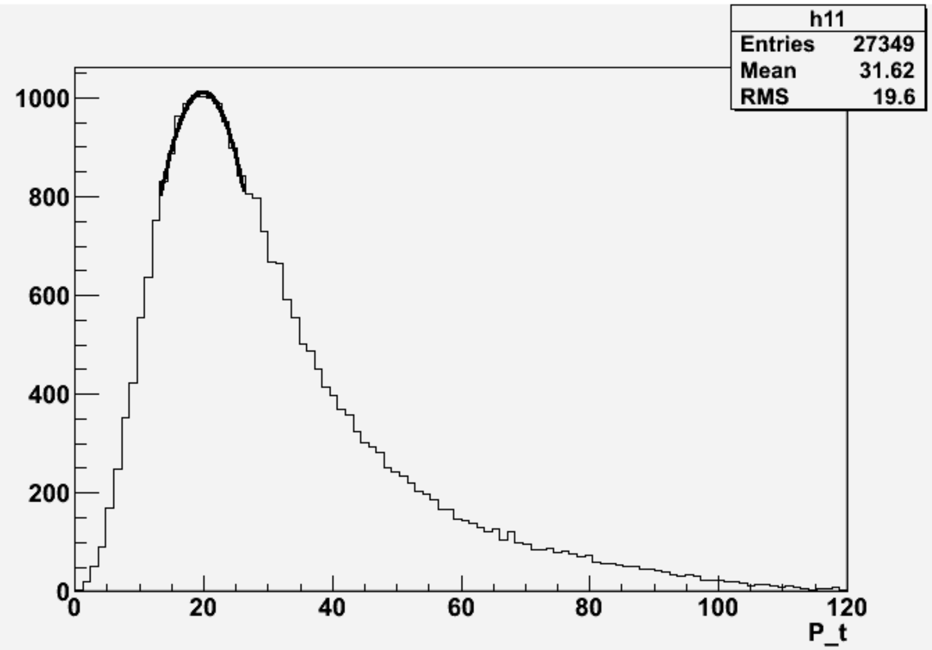


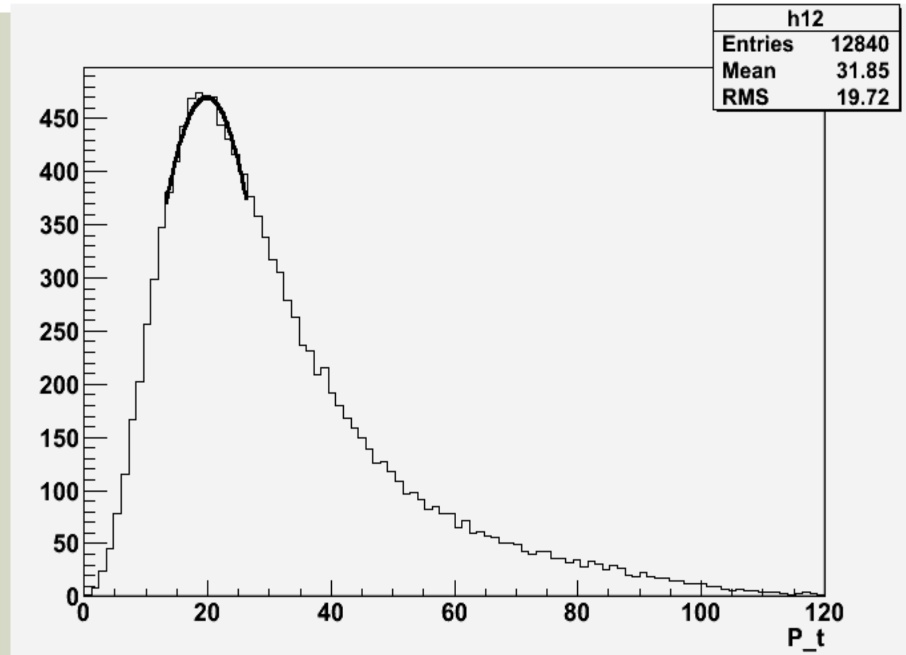
V_{tb}の値を変えた時の運動量のピーク位置を求め、一次関数でfitした。

この直線の傾きは7.06×10^{-2}であった

この直線を用いて統計誤差を調べる

運動量分布





左巻き：P_{peak}=19.9±0.243GeV

右巻き：P_{peak}=19.9±0.347GeV

よって$|V_{tb}|^2$の誤差は
左巻き:0.243(GeV)×7.06×10^{-2}=17.2MeV
右巻き:0.347(GeV)×7.06×10^{-2}=24.5MeV

×1.5 →
($\Gamma_t \approx 1.5|V_{tb}|^2$GeV)

Γ_tの統計誤差は
左巻き:$\delta\Gamma_t$=26MeV
右巻き:$\delta\Gamma_t$=37MeV

今後

- V_{tb}と運動量のピークの位置の関係は理論的に考えられるものを用いていた。実験的にどうなるかシミュレーションの結果を用いて評価する必要がある。
- 背景事象の研究
- 4-jetのイベントを選択していたが、別の終状態の評価も必要
- 幅に関しては断面積測定と前後非対称度測定でも評価が可能なので、全てを同時に測定し評価することでより良い評価が可能になる。

- 他に重要なターゲットがないか調べる