



国際リニアコライダーにおける トツクォーク対生成閾値領域の研究

27pSD-6

2014/03/27 @東海大学

堀口朋裕 (東北大理)

石川明正、清裕一郎¹、隅野行成、藤井恵介²、山本均

東北大理, ¹順天堂大, ²KEK

ILC@ $\sqrt{s}=350$ GeV($\sim 2m_t$)

ターゲット

- トップクォークの質量
 - \overline{MS} scheme
- **崩壊幅(Γ_t)**
 - 異常結合
- トップ湯川結合(y_t)
 - ヒッグス機構のテスト
- **強い相互作用の結合定数 α_s**
- QCD波動方程式(前後非対称+運動量測定)
 - クォーコニウム

測定項目

2013年秋季大会@高知
22aSD-5

断面積測定

本発表

前後非対称度測定

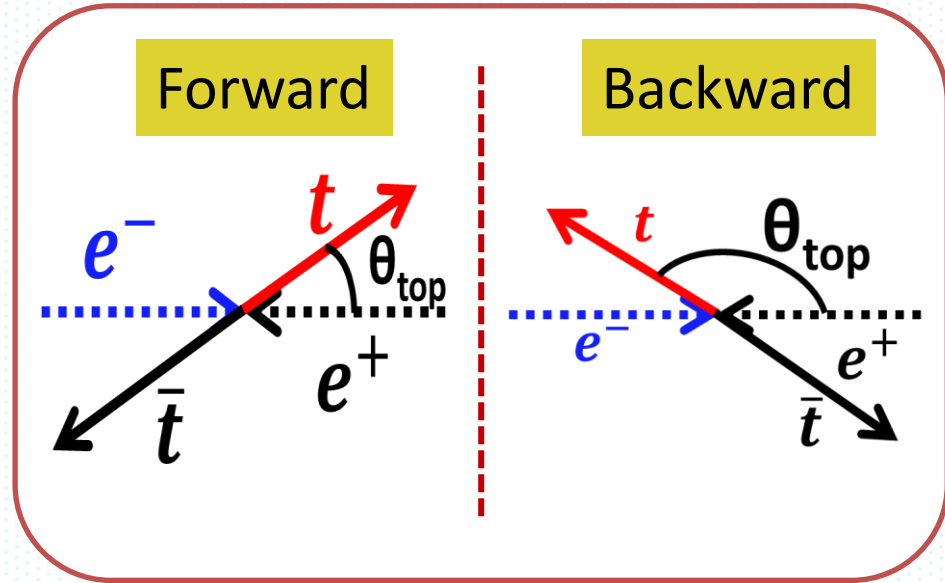
運動量測定

トップクォーク前後非対称度測定 A_{FB}

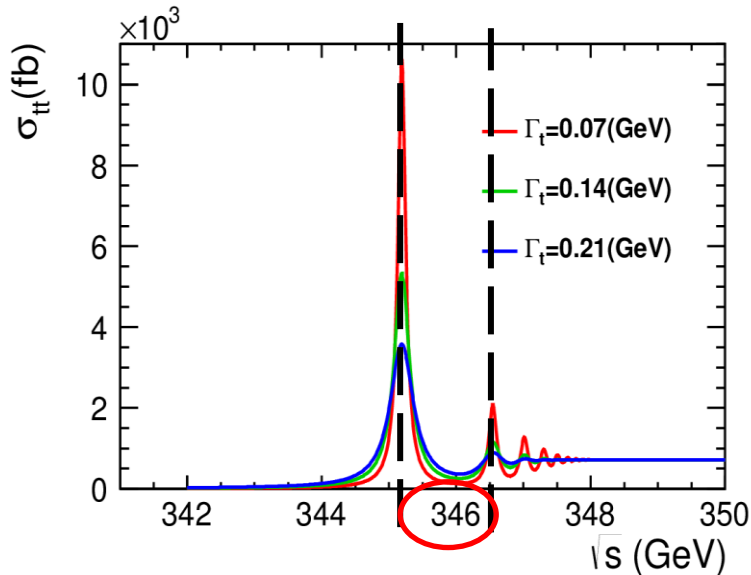
トップクォーク前後非対称度 (A_{FB})

$$A_{FB} \equiv \frac{N(\cos\theta_{top} > 0) - N(\cos\theta_{top} < 0)}{N(\cos\theta_{top} > 0) + N(\cos\theta_{top} < 0)}$$

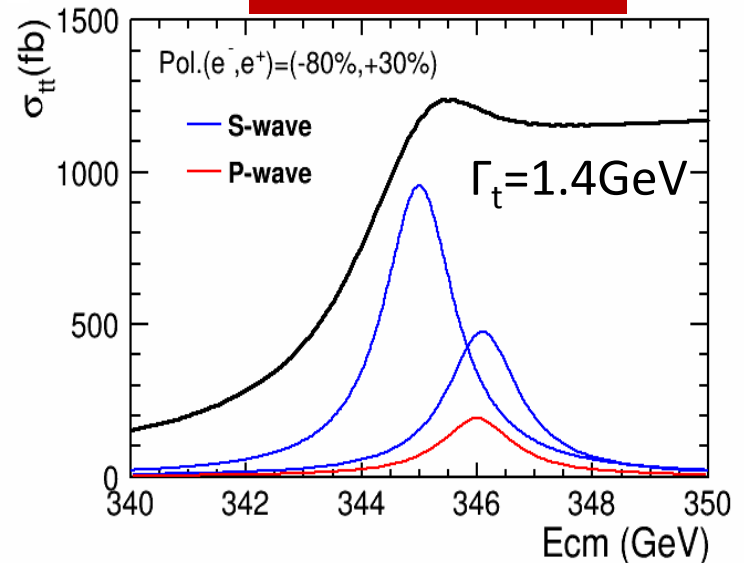
- Γ_t が大きいいため S、P 共鳴状態が干渉する。
- 共鳴の間隔: α_s
- 干渉の大きさ: Γ_t



Γ_t を小さくした時の断面積

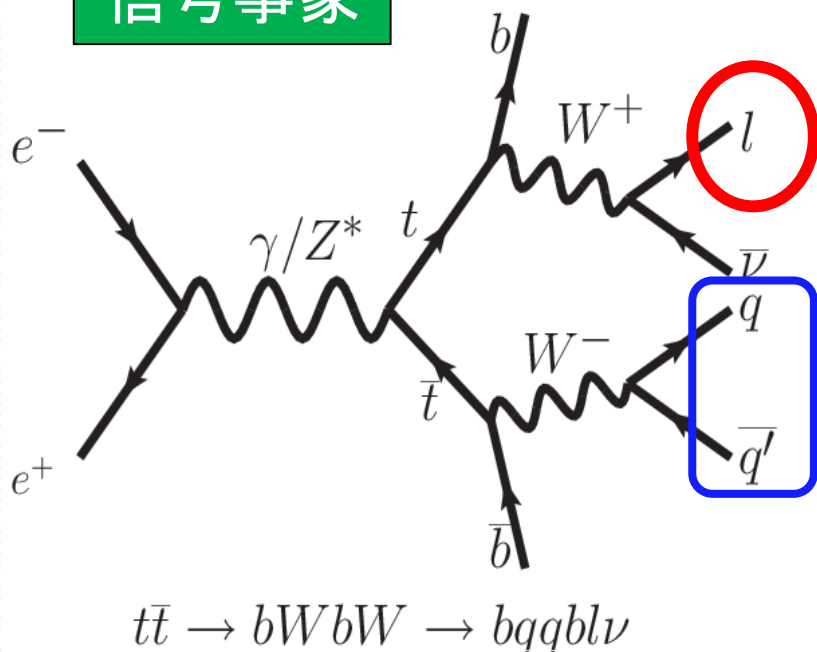


S-P 共鳴の干渉



解析手法

信号事象



○トップクォークの正確な識別が必要

⇒ ジェットの charge tag は困難。孤立レプトンの電荷を用いて、トップと反トップの識別。

○ジェットが出た側のトップの $\cos\theta$ 分布を用いる

⇒ レプトン側は損失4元運動量を用いて再構成するため角度分解能が落ちる。

シミュレーションセットアップ

トップ質量	174 GeV
背景事象	標準模型の崩壊過程
\sqrt{s}	<u>346, 350 GeV</u>
偏極率	$p(e^+, e^-) = (+0.3, -0.8), (-0.3, +0.8)$ ("Left", "Right")
積分ルミノシティ	各点90(Left), 10(Right) fb ⁻¹ (計 200fb ⁻¹) <u>※運転スケジュールは未定、公式ではない</u>
イベント生成	Physsim (ISR, beamstrahlung)
検出器モデル	ILD_01_v05 (詳細技術設計書モデル)

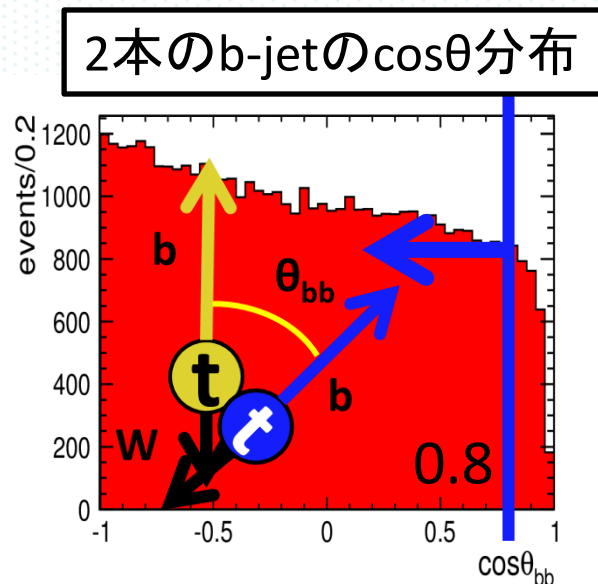
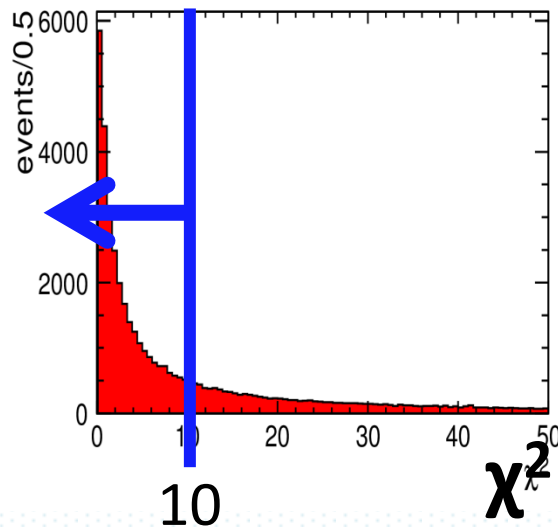
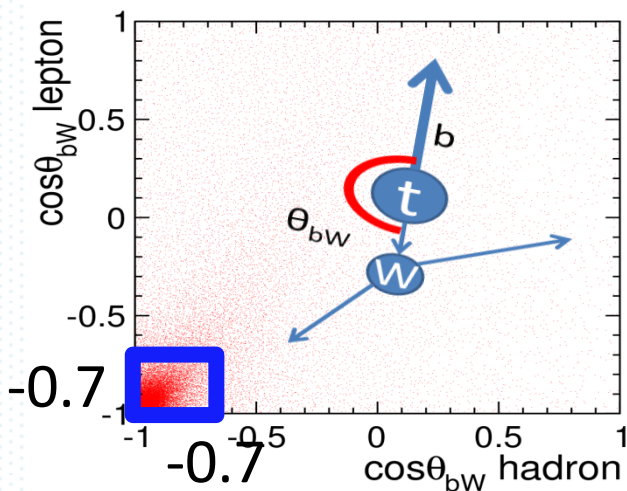
トップクォーク対の再構成

再構成	要求
孤立レプトン(l_{iso})の抽出 (コーンカット) ($P_{track} > 15\text{GeV} + \cos\theta_{cone} > 0.96$)	1本
ジェットの再構成 (ダーラムアルゴリズム)	4本
Btag(LCFIPlus)	2本
Wを2つ再構成	$j_1 + j_2$ & $l_{iso} + \nu$
トップを2つ再構成	$2 \times (\text{b-jet} + W)$
χ^2 を用いて最適化	χ^2

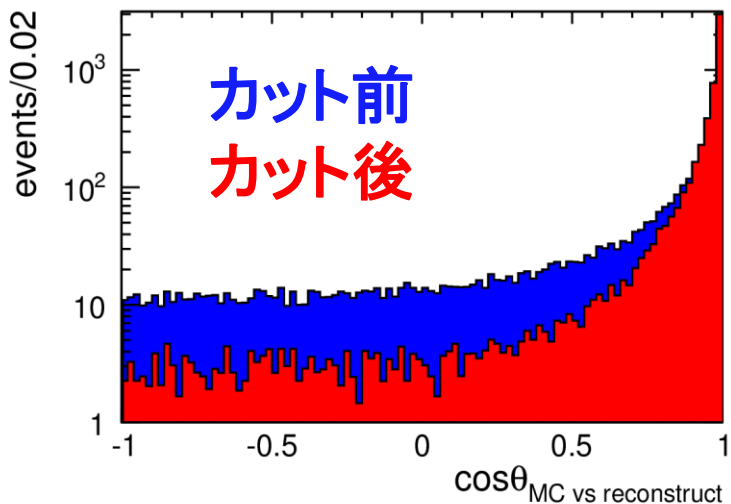
$$\chi^2 = \frac{(m_t - m_{3j})^2}{\sigma_t^2} + \frac{(m_t - m_{jl\nu})^2}{\sigma_t^2} + \frac{(m_w - m_{2j})^2}{\sigma_w^2}$$

トップ、反トップ識別

➤ トップ、反トップを正確に選ぶ。



MCと再構成したトップの $\cos\theta$ 分布



トップの識別カット

$$\cos\theta_{bW} < -0.7, X^2 < 10, \cos\theta_{bb} < 0.8$$

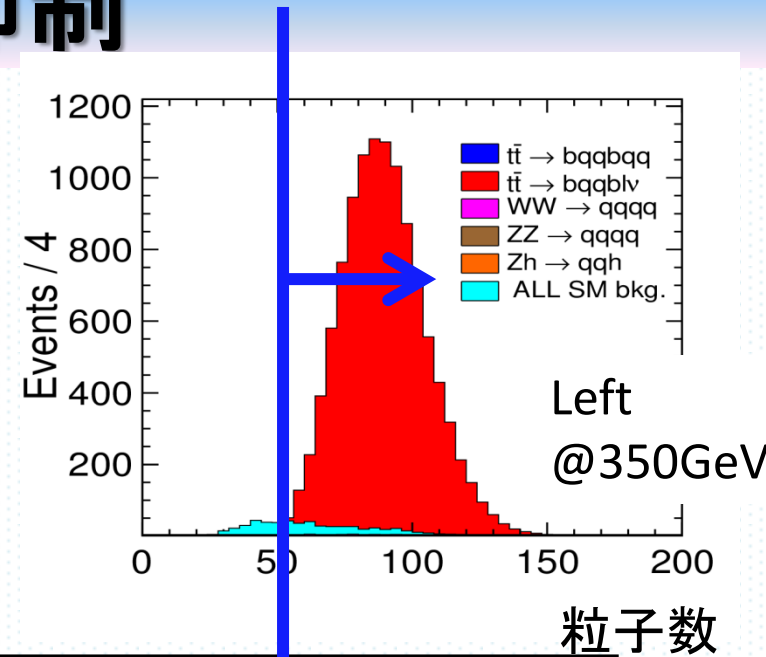
トップは静止系で生成されるので
b jetとWがback-to-backの崩壊する
というセレクション。
トップのミスタグ率

11% ⇒ 2.7%

背景事象抑制

- 信号有意度(S_{top})が最大化されるように背景事象を除去。
- トップの識別のカットのほかに粒子数を適用。

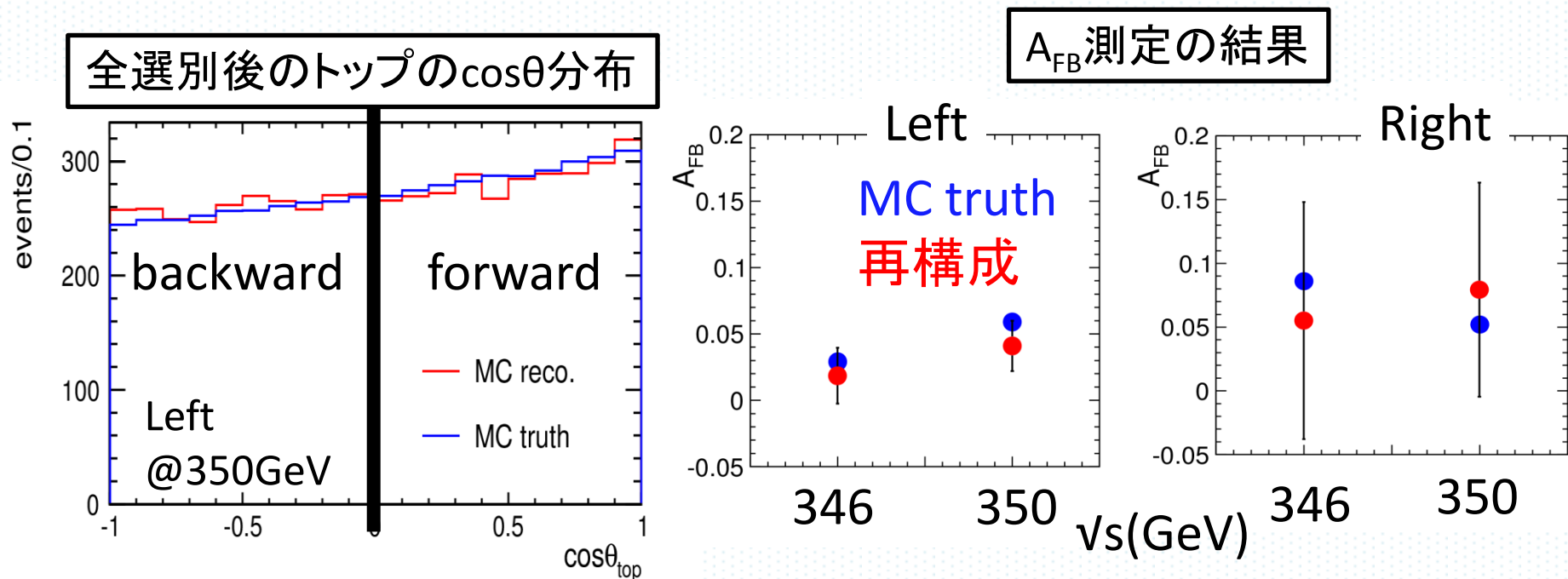
$$S_{top} = \frac{N_{signal}}{\sqrt{N_{signal} + N_{bkg.}}}$$



Left 90fb ⁻¹	tt4j	tt6j	tt2j	SM bkg.	S_{top}	検出効率
生成数	28501	29588	6864	18 M	20.5	100
孤立レプトン = 1	21723	939	2037	0.5 M	28.4	76.2
$\cos\theta_{bw} < -0.7$	20275	897	1871	12187	31.4	71.1
$X^2 < 10$	15222	148	346	2158	76.9	53.4
$\cos\theta_{bb} < 0.8$	10913	12	14	485	102.1	38.3
粒子数 > 50	10889	12	11	328	102.7	38.2

前後非対称度の測定精度

▶ 前後非対称度測定結果



\sqrt{s} (GeV)	346	350
Left(90fb^{-1})	0.018 ± 0.021	0.041 ± 0.019
Right(10fb^{-1})	0.055 ± 0.093	0.079 ± 0.084

まとめ・今後の予定

- トップクォークが閾値で対生成された時の前後非対称度を測定することにより、崩壊幅、 α_s の決定に感度がある。
- 本解析では $tt \rightarrow 4j + 1\nu$ を信号事象として、 $\sqrt{s} = 346, 350 \text{ GeV}$ をLeftで 90 fb^{-1} 、Rightで 10 fb^{-1} 、合計 200 fb^{-1} のシミュレーションした。このときトップの前後非対称度を測定した。

\sqrt{s} (GeV)	346	350
Left(90 fb^{-1})	0.018 ± 0.021	0.041 ± 0.019
Right(10 fb^{-1})	0.055 ± 0.093	0.079 ± 0.084

- 今後は今回の測定結果を用いて、崩壊幅、 α_s の測定精度を見積もる。

バックアップ

Jetの再構成と孤立レプトンの抽出

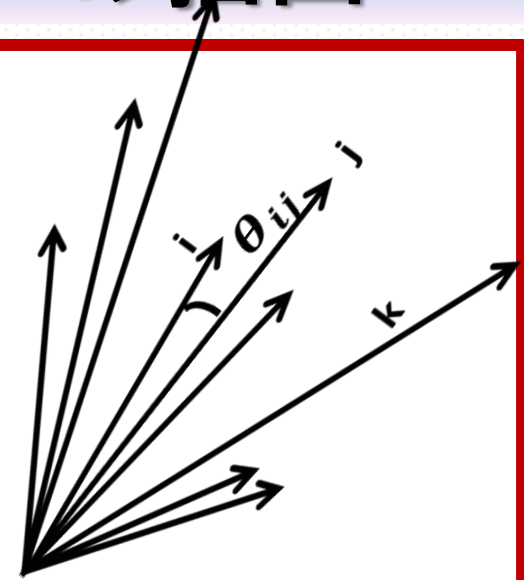
◎Durham アルゴリズムで粒子群をjetに再構成

○Y値の最小化

$$Y_{ij} = \frac{2\min(E_i^2, E_j^2)(1 - \cos \theta_{ij})}{E_{vis}^2}$$

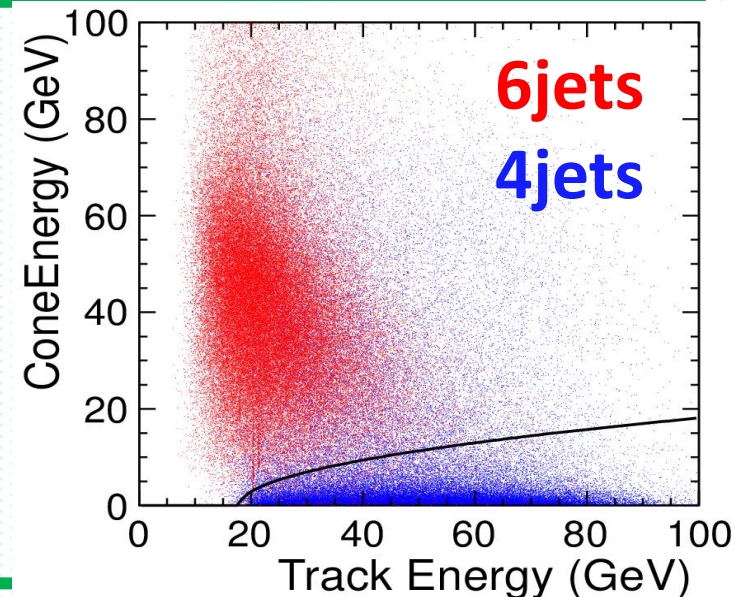
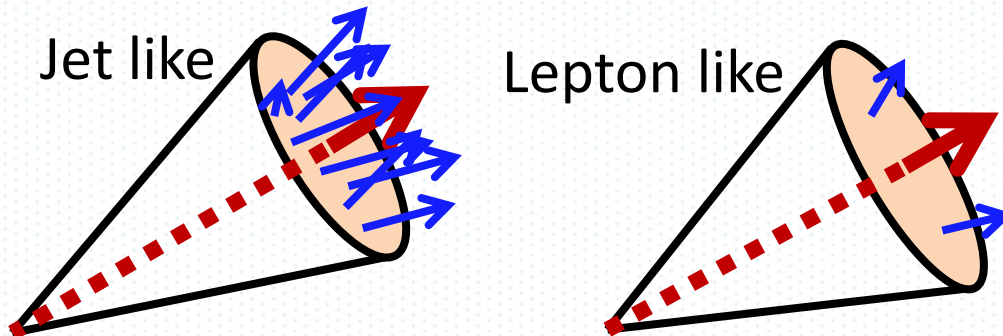
Y_{ij} が最小になる*i,j*を見つけ出し強制的に一つにまとめる

$p_1 p_2 \dots p_i p_j p_k \dots p_{n-1} p_n$ \longrightarrow $p_1 p_2 \dots p_{i'} p_k \dots p_{n-2} p_{n-1}$



◎孤立レプトンの抽出

高い運動量を持つトラックを中心にコーンを作る。
コーン内のエネルギーが小さいものを選び出す。

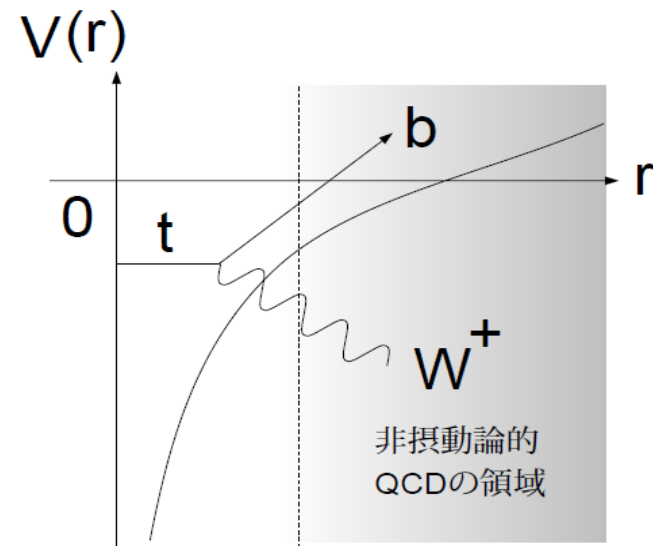


トップクォーク

- 1995年にTevatronで発見
- 質量がほかのクォークに比べ非常に重い。
 - 約173GeV \Rightarrow EWSBスケールに関係??
- 崩壊幅が大きく寿命が短い。

$$\Gamma_t \simeq \frac{G_F m_t^3}{8\sqrt{2}\pi} |V_{tb}|^2 \sim 1.5 [\text{GeV}] \gg \Lambda_{\text{QCD}}$$

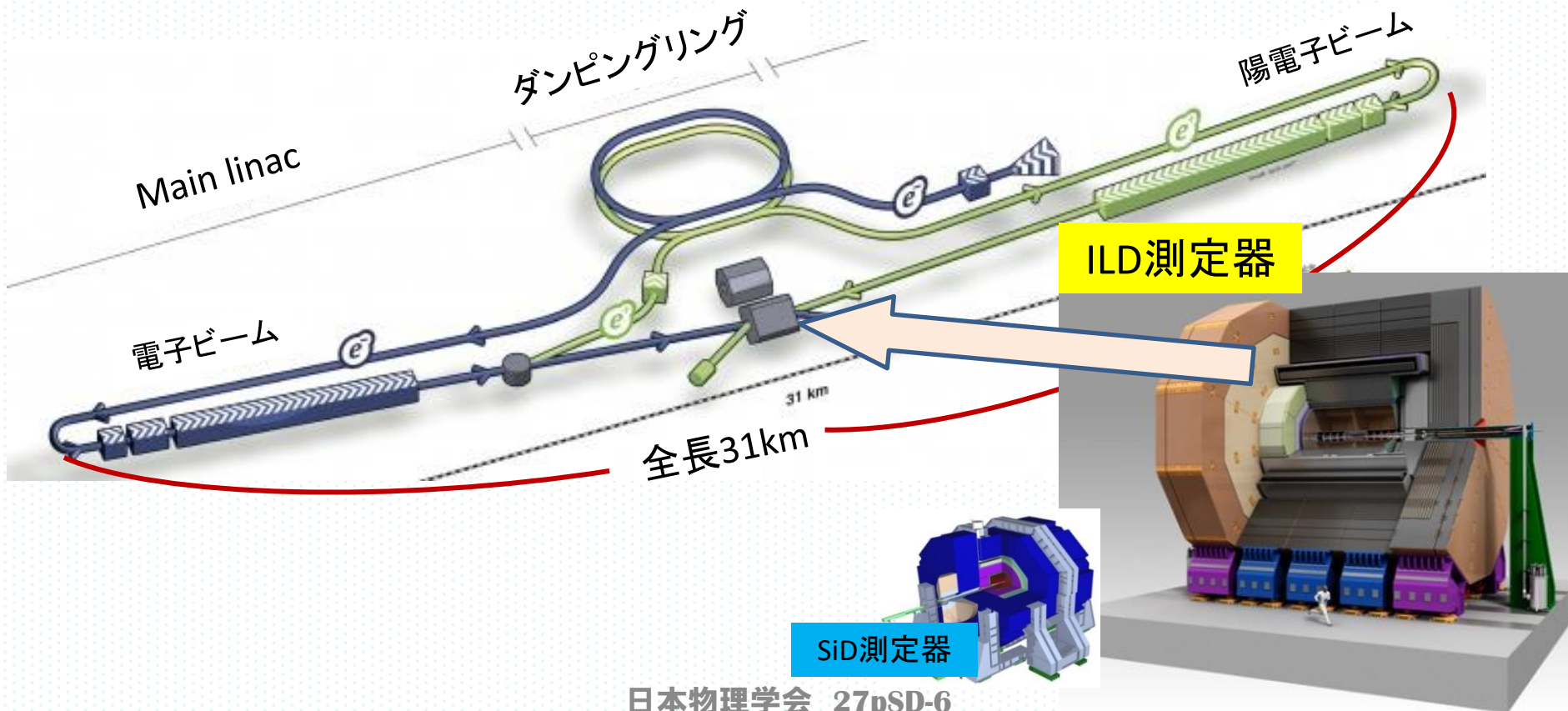
- ハドロン化前 & 非摂動領域になる前に崩壊
- クォークの性質を見るのに最適
- ハドロンコライダーで測定した質量はよくわからない質量
 - $173.5 \pm 0.6 \pm 0.8 \text{ GeV}$ (PDG)
 - ジェットの再構成をした不変質量分布ではカラーを持った粒子を厳密に知ることはできない。
 - 明確な理論の定義のある質量がほしい。
 - ex) M_{sbar} mass $160 \pm 5 \text{ GeV}$ (PDG)
 - ILCで高精度の断面積測定により質量の決定



閾値付近のトップ対共鳴状態の振舞

国際リニアコライダー

- 全長31kmの電子陽電子衝突型の線形加速器
 - 距離を伸ばしてup grade可能
- 重心系エネルギー: 250 - 500 GeV ⇒ 1 TeV
- クリーンな環境、**エネルギー**と**偏極**を設定可
 - 閾値スキャン測定が可能



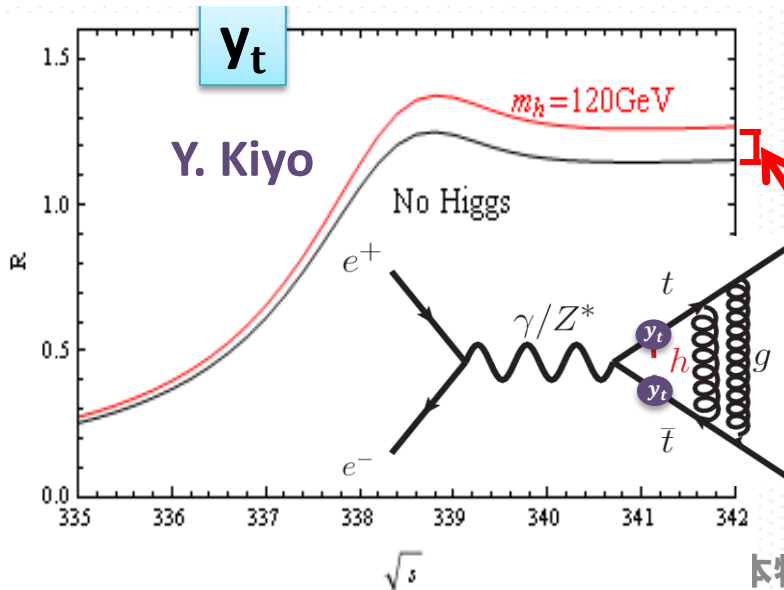
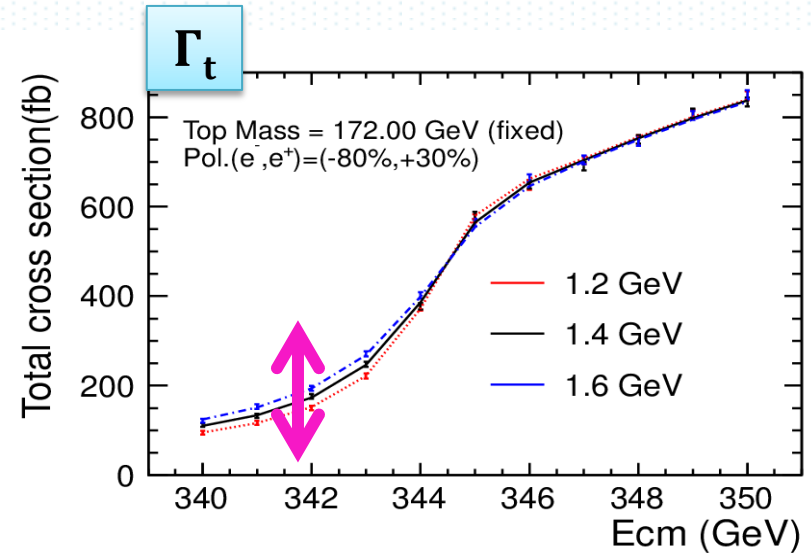
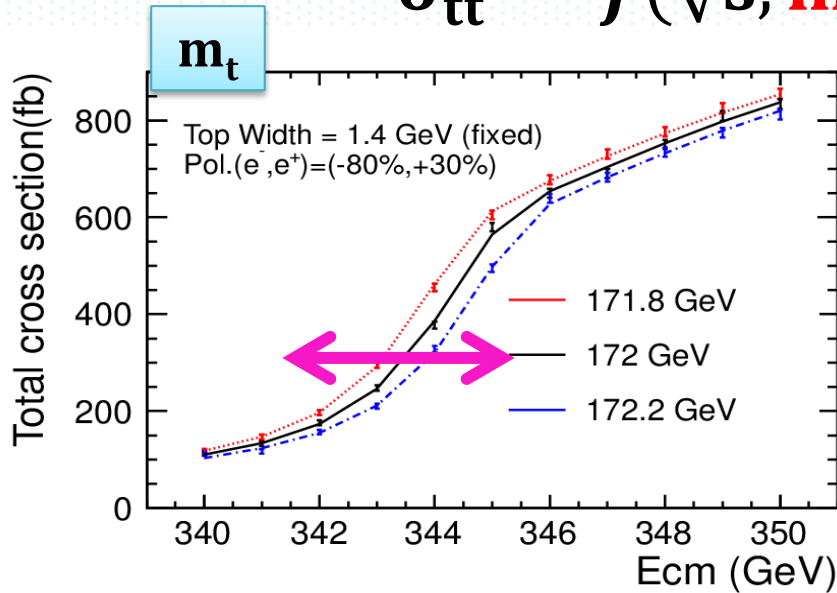
m_t , Γ_t and y_t の測定

$$\sigma_{tt} = f(\sqrt{s}, m_t, \Gamma_t, \alpha_s, m_h, y_t)$$

理論誤差:

現在 4% @NNLO

将来 3-2.5% @NNNLO



ヒッグス交換による断面積上昇は**9%**
500GeVの直接測定の前にトップ湯川を見積もる!!