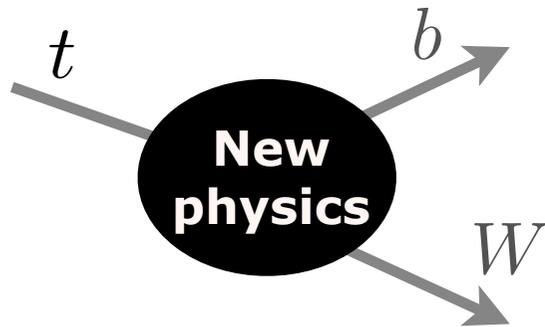


ATLAS 実験における
トックオーク崩壊事象中の
Wボソン偏極度測定

名古屋大学
長谷川慧, 戸本誠

トップクォークとWボゾンの偏極度

トップクォーク : mass 172 GeV -- 最大質量の素粒子
 -> 崩壊事象中に New physics の寄与を期待

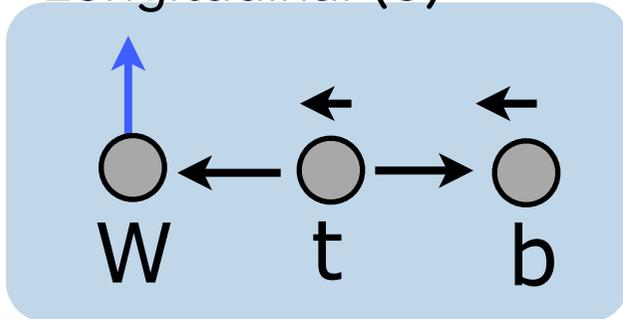


SM V-A interaction

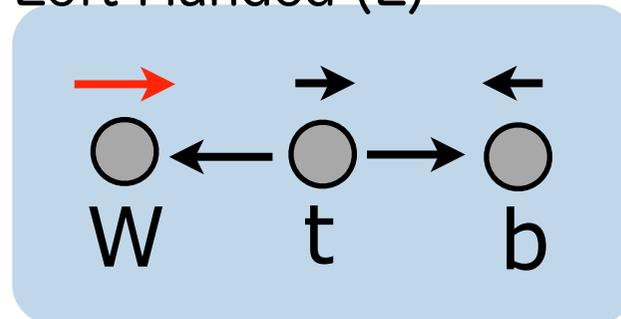
$$\mathcal{L} = -\frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \gamma^\mu (V_L P_L + V_R P_R) t W_\mu^- - \frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \frac{i\sigma^{\mu\nu} q_\nu}{m_W} (g_L P_L + g_R P_R) t W_\mu^- + \text{h.c.},$$

Contribution from new physics

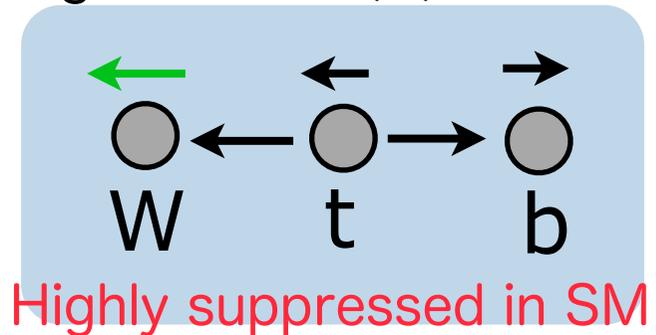
Longitudinal (0)



Left Handed (L)



Right Handed (R)



$$F_i = \frac{\Gamma_i}{\Gamma_{all}} \quad (i = L, R, 0)$$

SM LO : $F_0 = 0.703, F_L = 0.293, F_R = 3.6 \times 10^{-4}$

CDF II: $F_0 = 0.66 \pm 0.16 \text{ (stat)} \pm 0.05 \text{ (syst)}, F_R = -0.03 \pm 0.06 \text{ (stat)} \pm 0.03 \text{ (syst)}$.

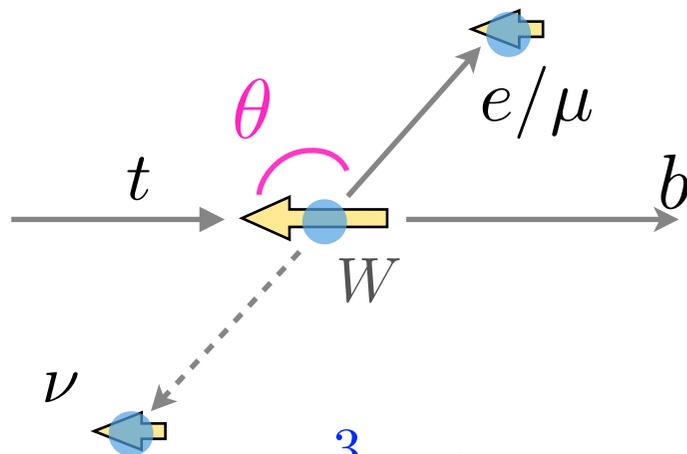
W ボソンヘリシティと Cos Theta分布

W ボソンヘリシティ → 荷電レプトンの放出角度分布に現れる

(Step 1) Top クォーク崩壊事象を再構成

bクォーク, レプトン, ニュートリノ

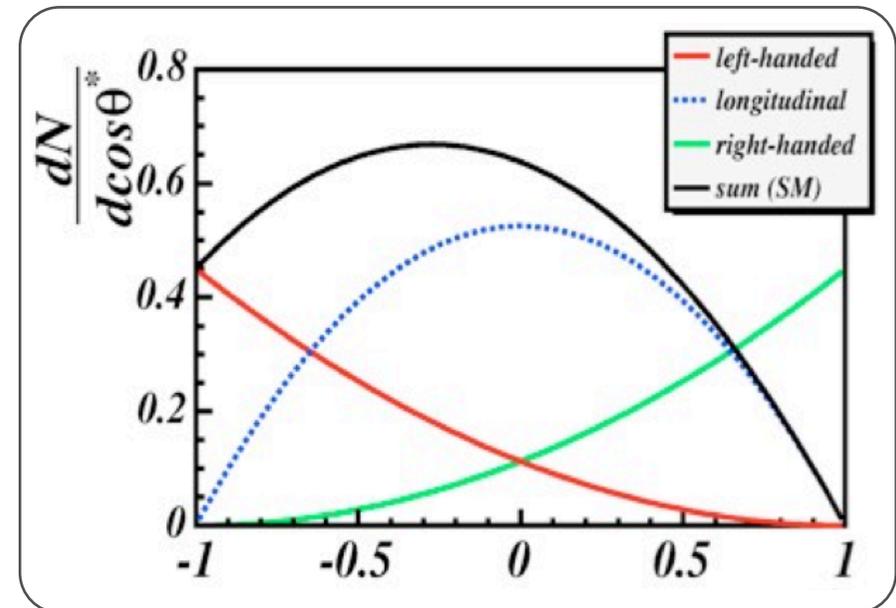
(Step 2) W ボソン静止系での荷電レプトンの放出角度”theta”分布



$$\frac{1}{N} \frac{dN}{d \cos \theta_l^*} = +\frac{3}{4} \sin^2 \theta_l^* F_0$$

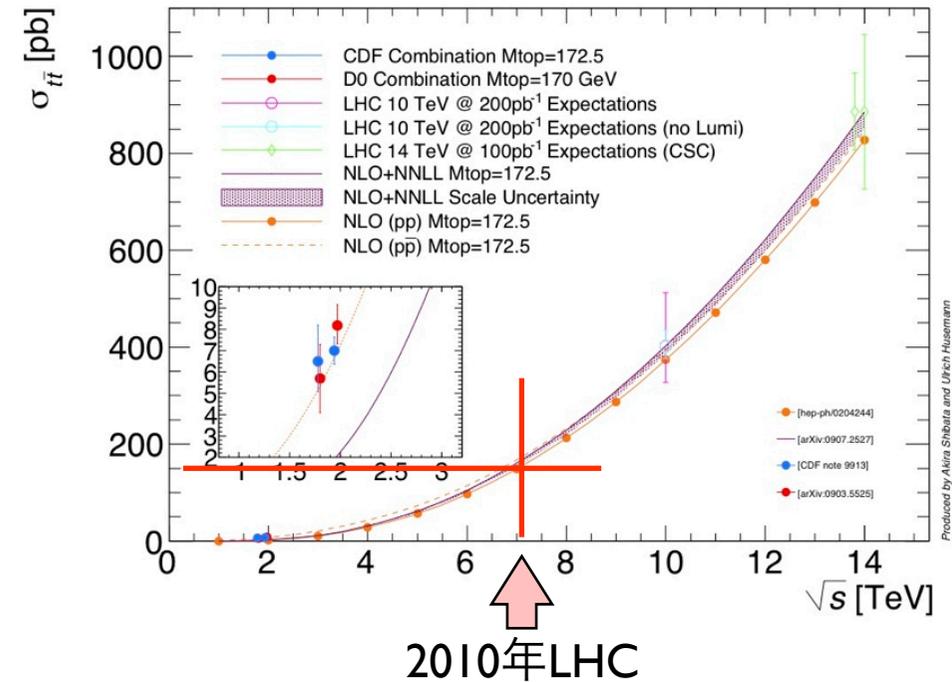
$$+ \frac{3}{8} (1 - \cos \theta_l^*)^2 F_L$$

$$+ \frac{3}{8} (1 + \cos \theta_l^*)^2 F_R$$



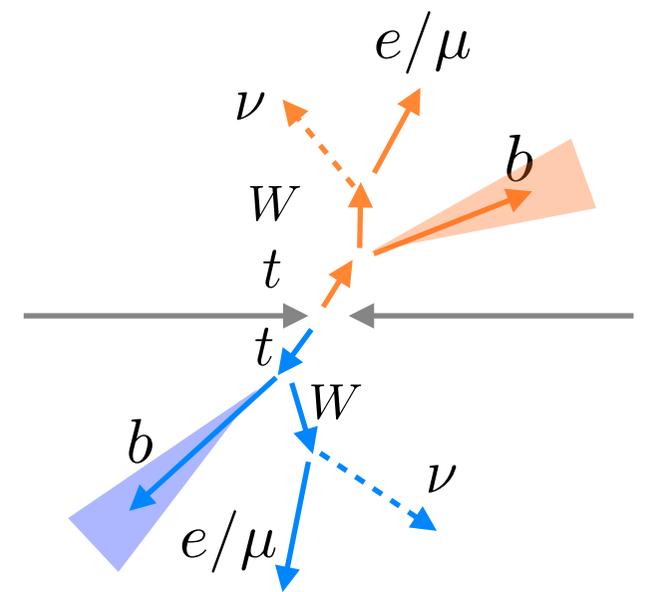
解析モード: トップクォーク対生成+“di-lepton”崩壊

トップクォーク対生成断面積



- トップクォーク対生成
 - LHC :重心系エネルギー 7TeV
 - $t\bar{t}$: 生成断面積160pb
 - 2010年収集データ 積分ルミノシティ $35.3\text{pb}^{-1} \rightarrow 5,600$ 対
- “Di lepton” mode : $t\bar{t} \rightarrow WbWb \rightarrow bl\nu bl\nu$ ($l/l = e/e, \mu/\mu, e/\mu$)
 - BR : $2/9 \times 2/9 \rightarrow 300$ pair
 - 2 個の High pt lepton 要求により高効率な背景事象排除
 - 残る主な背景事象: Z+jets, single top, di-boson.

Event selection



イベントトポロジーに即したカット

- [2本のレプトン]:

- $P_t > 20\text{GeV}$, 異符号の組,

- Wボゾン由来のため、周囲の energy deposit $< 4\text{GeV}$ (“isolate”,)

- [2本以上のジェット]: $P_t > 20\text{GeV}$, (統計的観点より、今回はb-tagを使わない)

- [ニュートリノ]: $\text{Miss}E_t (> 40\text{GeV})$ ee, mumu channel に適用

ジェットを伴う $Z \rightarrow \text{ll}$ 背景事象対策

- $|M_{ll} - Z_{\text{mass}}| > 10\text{GeV}$ (ee, mumuチャンネル)

- レプトン・ジェットの P_t , $\text{Miss}E_t$ のスカラー和 $> 130\text{GeV}$, (emuチャンネル)

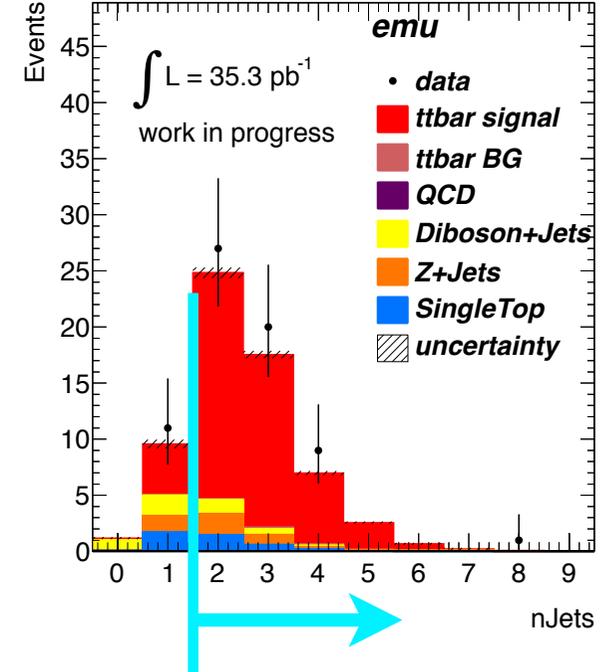
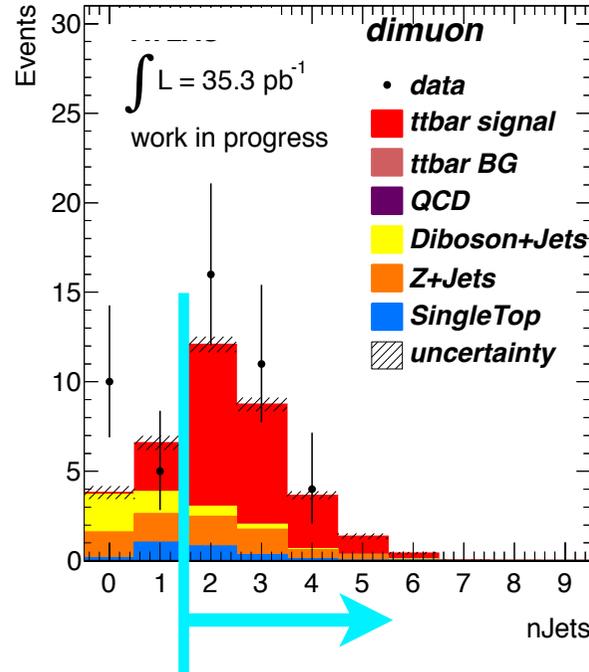
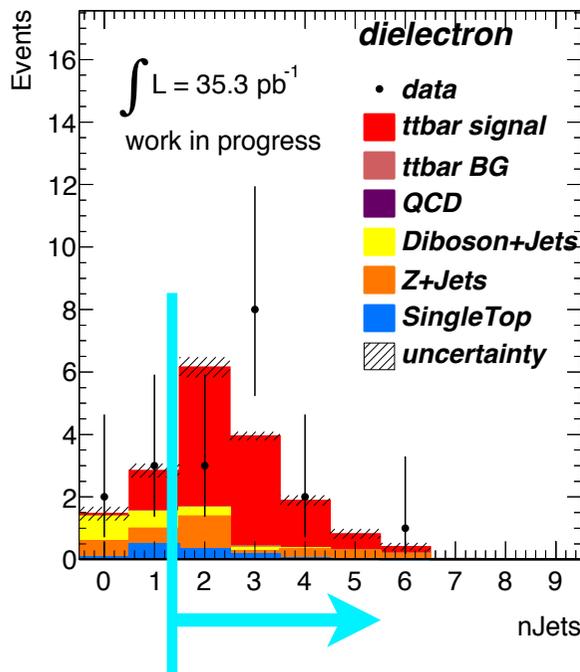
トリガー

- 事象選別より十分に低い P_t を要求したレプトン・トリガー

- muon : $P_t > 10$ or 13GeV , electron : $P_t > 15\text{GeV}$

Event Selection

ジェット以外の全ての選別の適用後



全ての選別 適応後	data	MC					selection efficiency
		MC all	signal	Z+jets	single top	di-boson	
ee	14	14.1	10.6	2.3	0.6	0.5	0.11
mumu	31	27.1	20.1	4.8	1.3	0.9	0.20
e/mu	57	54.1	45.8	3.4	2.4	2.0	0.23

ee, mumu channel の差は lepton ID efficiency (electron:~75%, Muon:~100%)

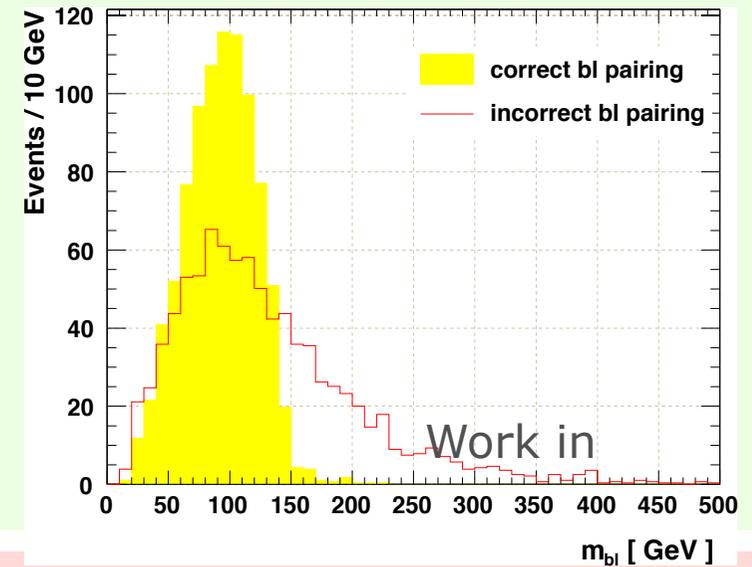
崩壊事象の再構成

(Step1) トップクォーク由来の2本のJet の決定

- 2つの High Pt jets を候補とする
- Lepton とのペア :

正しいペアの M_{lb} は小さい傾向を持つ事を利用

$$\rightarrow m_{l_1, b_1} + m_{l_2, b_2} \text{ vs } m_{l_1, b_2} + m_{l_2, b_1}$$



(Step2) Neutrino 2 本の運動量 6 パラメータ

トップクォーク, W ボゾン崩壊時のエネルギー保存則 4式

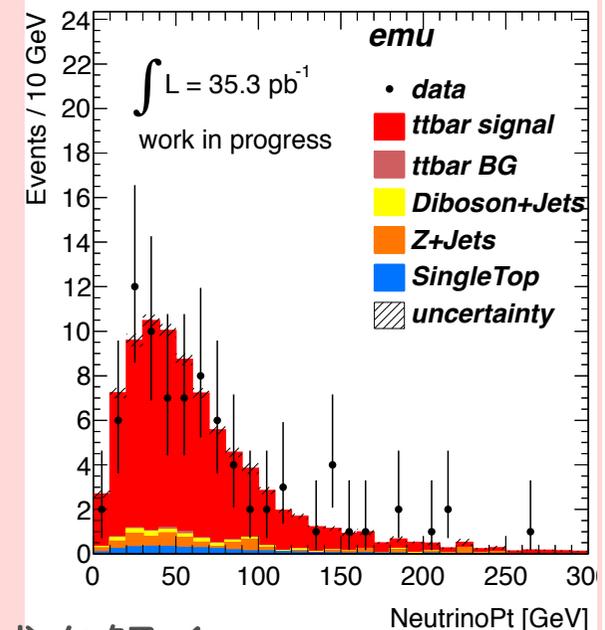
$$(E_{l^+} + E_\nu + E_b)^2 - (p_x^{l^+} + p_x^\nu + p_x^b)^2 - (p_y^{l^+} + p_y^\nu + p_y^b)^2 - (p_z^{l^+} + p_z^\nu + p_z^b)^2 - M_t^2 = 0$$

$$(E_{l^+} + E_\nu)^2 - (p_x^{l^+} + p_x^\nu)^2 - (p_y^{l^+} + p_y^\nu)^2 - (p_z^{l^+} + p_z^\nu)^2 - M_{W^+}^2 = 0$$

Transverse plane での運動量保存則 2式

$$p_x^b + p_x^{\bar{b}} + p_x^\nu + p_x^{\bar{\nu}} + p_x^l + p_x^{\bar{l}} = 0$$

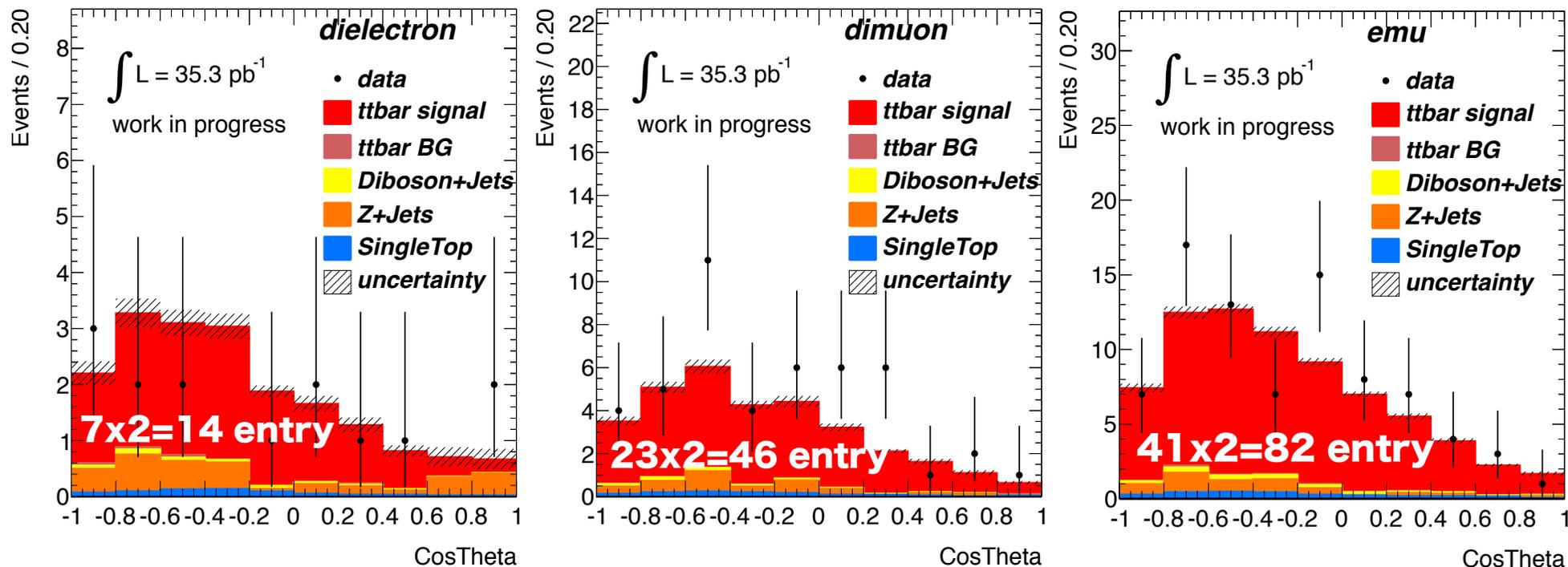
トップクォーク質量 $172.5 \pm 15 \text{ GeV}$ を仮定し、連立方程式を解く



Cos Theta 分布

各トップクォーク対事象

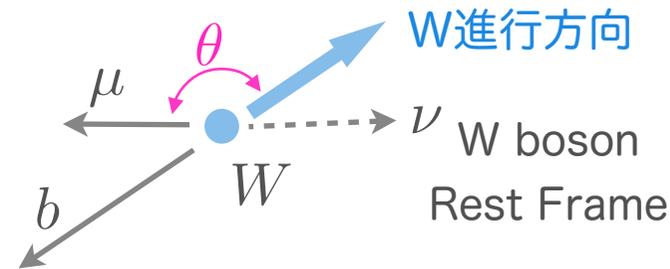
→2個のWボゾンにおける荷電レプトン放出角度分布測定



# of ttbar events	e/e	mu/mu	e/mu
data	7	23	41
MC all	10.5	19.5	43.3
Signal MC	8.4	16.5	37.8
Z+Jets BG	1.4	1.8	2.6

CosThetaに掛かるバイアス

Cos Theta 分布はトリガー/事象選別/
事象再構成のバイアスを受ける。



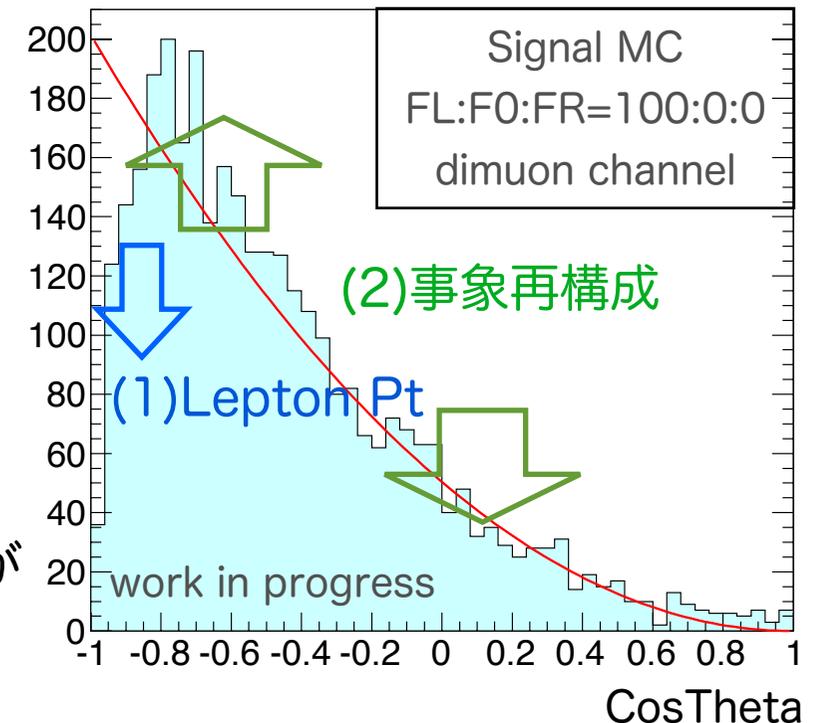
[主な寄与1 : レプトンPtのCosTheta依存性]

レプトン運動量は Wボゾンのブーストと
Wボゾンからの放出角度のベクトル和。

→放出角度が浅い(CosTheta=1)方が Pt 高く、
高いトリガー/事象選別効率

[主な寄与2 : M_{lb} を用いた事象再構成手法の”くせ”]

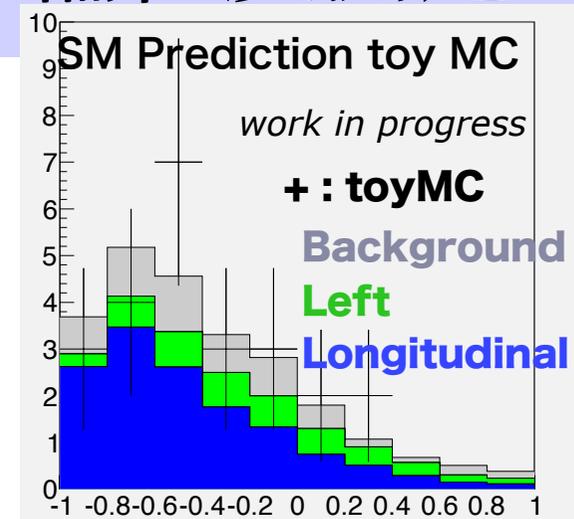
小さな M_{lb} のレプトン-ジェットペアを選択する規則が
CosTheta 分布にてマイナス側をエンハンスする



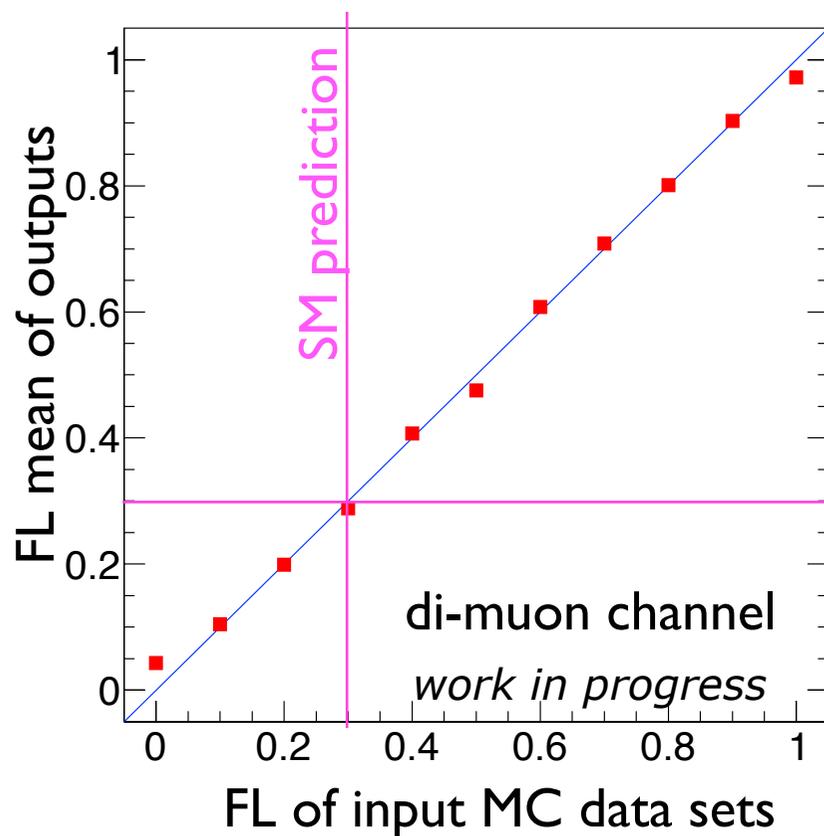
Wボゾン各偏極 MCのCosTheta分布をテンプレートとして
実験データに Fit し、W ボゾンの偏極度情報を取り出す

テンプレート手法でのW ボゾン偏極度測定

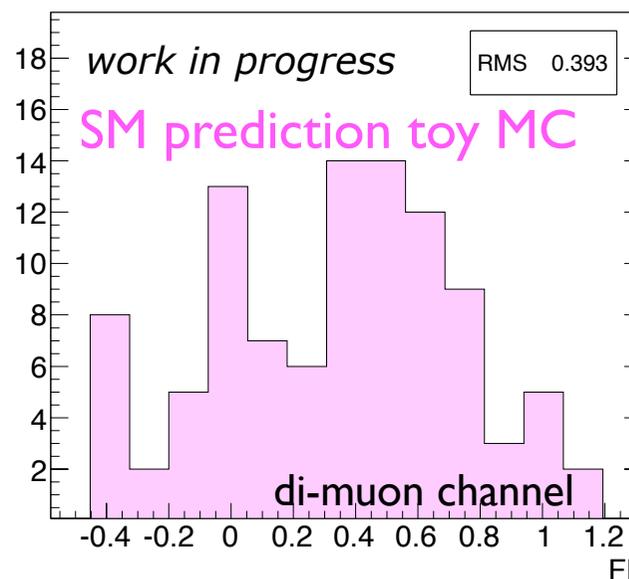
- MC で作成した”Left”, “Longitudinal”, Background の CosTheta 分布をデータにフィット(FR=0 fix)
- 35pb^{-1} 相当の100 個の toy MC
- W ボゾン偏極度を変化させた時の解析結果を検証



CosTheta



measured FL distribution



統計誤差
~0.4

→ 500pb^{-1} (2011年夏) で統計誤差は 0.1 に到達、
単独チャンネルでも今のTevatron をこえる精度

まとめ

トップクォーク崩壊事象中のWボゾン偏極度測定

Wボゾンからの荷電レプトン放出角度($\cos \theta$)分布が偏極に感度を持つ

LHC-ATLASにて160pbの生成断面積を持つトップクォーク対生成事象に注目

35pb^{-1} のデータ中に期待できる 300対の di-lepton モードを利用

イベントトポロジーにもとづいた事象選別／再構成の結果、 71事象を再構成

バイアスを受けた $\cos \theta$ 分布に MC にもとづいたテンプレートを用いて

Wボゾン偏極度の情報を抜き出す手法を構築中

本手法に測定能力がある事を確認

500pb^{-1} (今年夏頃) にて 0.1 の統計誤差 (単独チャンネル) で測定可能

2011年の大統計での解析に向けて、その礎を確立した。

