

ILCにおけるトップクォーク電弱結合の研究

ILC夏の合宿2016



TOHOKU
UNIVERSITY

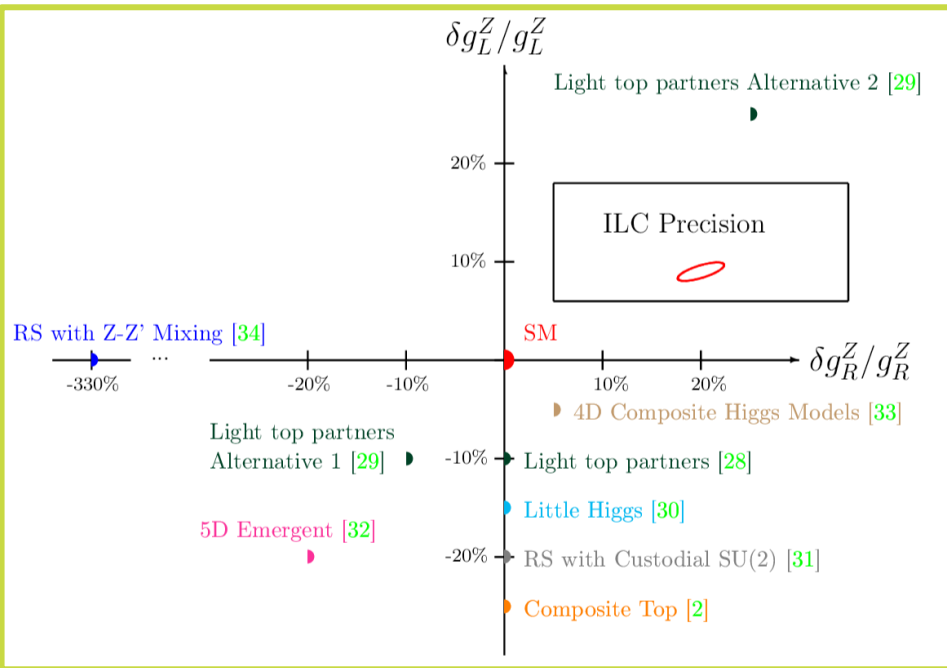
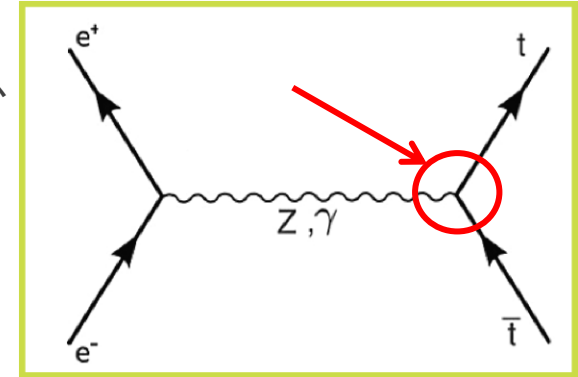
東北大学素粒子実験研究室

修士1年 佐藤 瑤



Introduction

トップクォークの質量は電弱対称性破れのスケールにあり、トップクォークはEWSBに関する新物理に関連していると考えられる。そういった理由から、トップクォークの電弱結合は新物理の手掛かりになると期待されている。



新物理モデルにおける、 Z と t_L, t_R の結合の標準模型からのずれと、ILCで予想される測定精度

→新物理モデルの選択が可能！

arXiv:1505.06020 [hep-ph]

□ Top quark pair production at the ILC

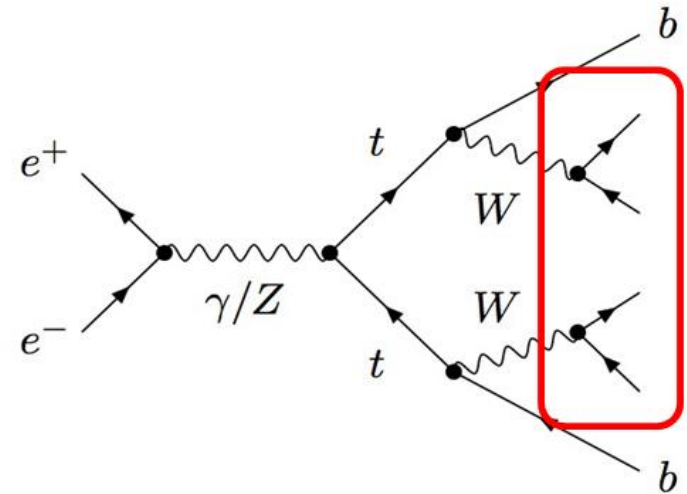
トップクォーク対生成はILCにおける重要なチャンネルの一つ

トップクォークはほぼbクォークとWボソンに崩壊するため、終状態はWボソンの崩壊先によって分類できる；

(1) *Fully hadronic* : $t\bar{t} \rightarrow bq\bar{q}bq\bar{q}$ (46.2%)

(2) *Semi leptonic* : $t\bar{t} \rightarrow bq\bar{q}bl\nu_l$ (43.5%)

(3) *Di leptonic* : $t\bar{t} \rightarrow bl\nu_lbl\nu_l$ (10.3%)



解析に適した状態を選択をする

e.g.) 前後非対称性 \rightarrow semi-leptonic

Matrix element method \rightarrow di-leptonic

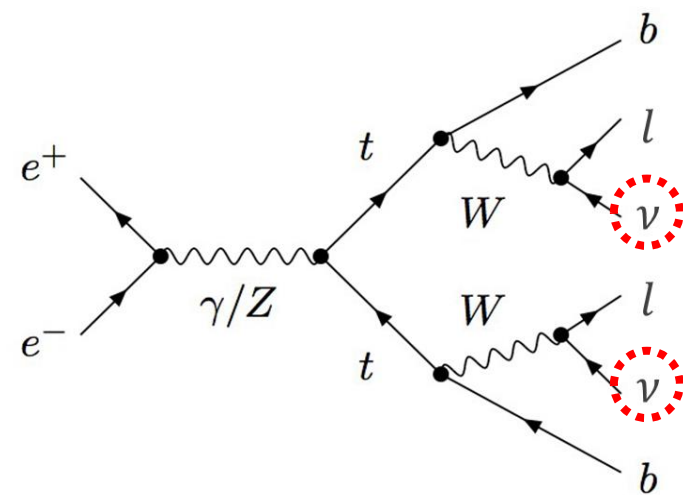
\rightarrow 究極の精度を見積もるために、最終的には全ての終状態を用いる

□ Matrix element methodについて

Matrix element method

全ての物理量が再構成できる場合に最も効果的な解析方法

マルチパラメータフィットによってフォームファクターを包括的に測定



測定の精度

クォーク (ジェット) : 方向○、エネルギー△

レプトン (e, μ) : 方向○、エネルギー○

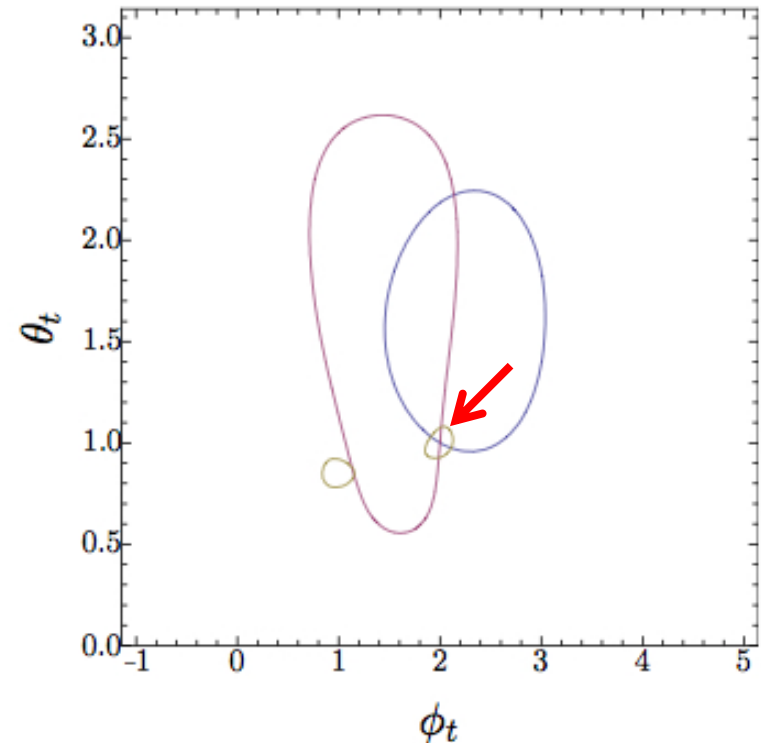
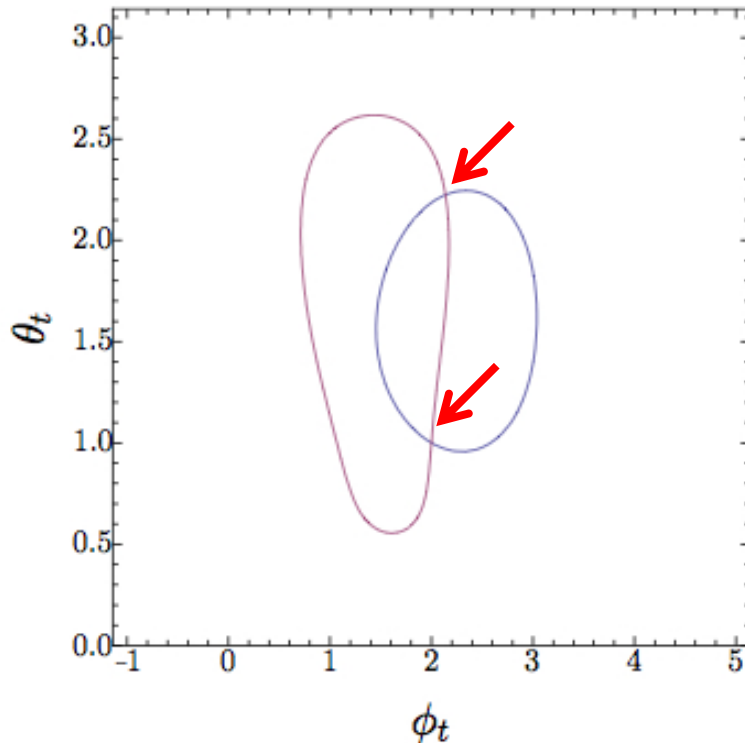
(ニュートリノ : 方向×、エネルギー×)

→ **3) Di leptonic : $t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}l\bar{l}\nu\bar{\nu}$ (10.3%)** を採用

力学的再構成によって全ての物理量を再構成する

□ 力学的再構成の結果

arXiv:1503.04247v1 [hep-ph]
P.H. Kiem



非線形な方程式のため解は複数
存在する（上図では2つ）

bのエネルギー測定値を使った場合
→ 正しい解の選択が可能!

(ISR, Bremsstrahlung, 検出器の効果等を含んでいないサンプルを使用)

□ Matrix element methodによる数値解析

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = \sum_{v=\gamma,Z} g^v \left[V_l^v \bar{t} \gamma^l (F_{1V}^v + F_{1A}^v \gamma_5) t + \frac{i}{2m_t} \partial_\nu V_l^v \bar{t} \sigma^{l\nu} (F_{2V}^v + F_{2A}^v \gamma_5) t \right]$$

$$N(\alpha) = \mathcal{L} \int |\mathcal{M}|^2(\alpha) d\text{Lips} \quad N: \text{イベント数}, L: \text{ルミノシティ}$$

$$\alpha = \{Re[F_{1V}^v, F_{1A}^v, F_{2V}^v, F_{2A}^v], Im[F_{2A}^v]\}, (v = Z, \gamma)$$

$$d\text{Lips} \propto d \cos \theta_t d \cos \theta_b d \phi_b d \cos \theta_{\bar{b}} d \phi_{\bar{b}} d \cos \theta_{l^+} d \phi_{l^+} d \cos \theta_{l^-} d \phi_{l^-} dq_t^2 dq_{\bar{t}}^2 dq_W^2 dq_{\bar{W}}^2$$

9次元位相空間での分布から、10個のフォームファクターをフィットする

分散共分散行列

停留点 α_0 を標準模型(LO)の値として、分散共分散行列を計算

$$V_{ij}^{(-1)} \equiv \Lambda_{ij} = N \langle \omega_i \omega_j \rangle_0$$

$$N = N(\alpha_0)$$

$$\omega_i = \frac{\partial |\mathcal{M}|^2(\alpha)}{\partial \alpha_i} \Big|_{\alpha^0} \frac{1}{|\mathcal{M}|^2(\alpha^0)}$$

□ Matrix element methodによる数値解析

P.H. Kiem *arXiv:1503.04247v1 [hep-ph]*

Matrix element methodによる、統計誤差と共分散の値 (at generator with SM LO)

$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{1V}^\gamma$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{1V}^Z$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{1A}^\gamma$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{1A}^Z$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{2V}^\gamma$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{2V}^Z$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{2A}^\gamma$	$\mathcal{R}e \delta\tilde{F}_{2A}^Z$	$\mathcal{I}m \delta\tilde{F}_{2A}^\gamma$	$\mathcal{I}m \delta\tilde{F}_{2A}^Z$
0.0037	-0.18	-0.09	+0.14	+0.62	-0.15	0	0	0	0
	0.0063	+0.14	-0.06	-0.13	+0.61	0	0	0	0
		0.0053	-0.15	-0.05	+0.09	0	0	0	0
			0.0083	+0.06	-0.04	0	0	0	0
				0.0105	-0.19	0	0	0	0
					0.0169	0	0	0	0
						0.0068	-0.15	0	0
							0.0118	0	0
								0.0069	-0.17
									0.0100

500GeV, 500fb⁻¹, P(e⁻:e⁺)=(-0,8:+0.3),(+0.8:-0.3)

Parton level の解析で1%以下の精度が得られている

→ ISR, 検出器の効果等を取り入れて研究することが目標

□ Selection study for Di-leptonic channel

最初の取り組みとしてDi-leptonic channelのセレクションを行った

- 孤立レプトンを見つける (cone cut: #iso_lep =2)
- Overlay backgroundを除去 (k_T algorithm)
- 2-Jets clustering (Durham algorithm)
- b-taggingによってb-jetらしさを求める (LCFIPlus package)

(Reconstruction events from their kinematics. → Not yet)

→ Selection study for di-leptonic final state

Samples : DBD samples, ILCSoft: v01-16-p05

□ Current results of cut study of di-leptonic analysis

$$\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}, 500 \text{ fb}^{-1}, P(e^-, e^+) = (-0.8, +0.3)$$

500 fb ⁻¹ (-0.8, +0.3)	ttbar di-leptonic (Signal)	ttbar Semi-leptonic	ZZ semi-leptonic	Single Z ee
Generated	53289 (100%)	208505 (100%)	183053 (100%)	941270 (100%)
# of lepton = 2	25482 (47.8%)	2716 (1.30%)	28343 (15.5%)	97536 (10.362%)
b-tag1 > 0.8 or b-tag2 > 0.8	22278 (41.8%)	2029 (0.973%)	5110 (2.79%)	13942 (1.48%)
Thrust < 0.9	21612 (40.6%)	2022 (0.970%)	1524 (0.833%)	5727 (0.608%)
Evis < 420	20958 (39.3%)	1252 (0.600%)	502 (0.274)	1114 (0.118%)

Efficiency = 39.3%, Significance ($N_{sig.} / \sqrt{N_{sig.} + N_{bkg.}}$) = 135.8

□ まとめと今後の予定

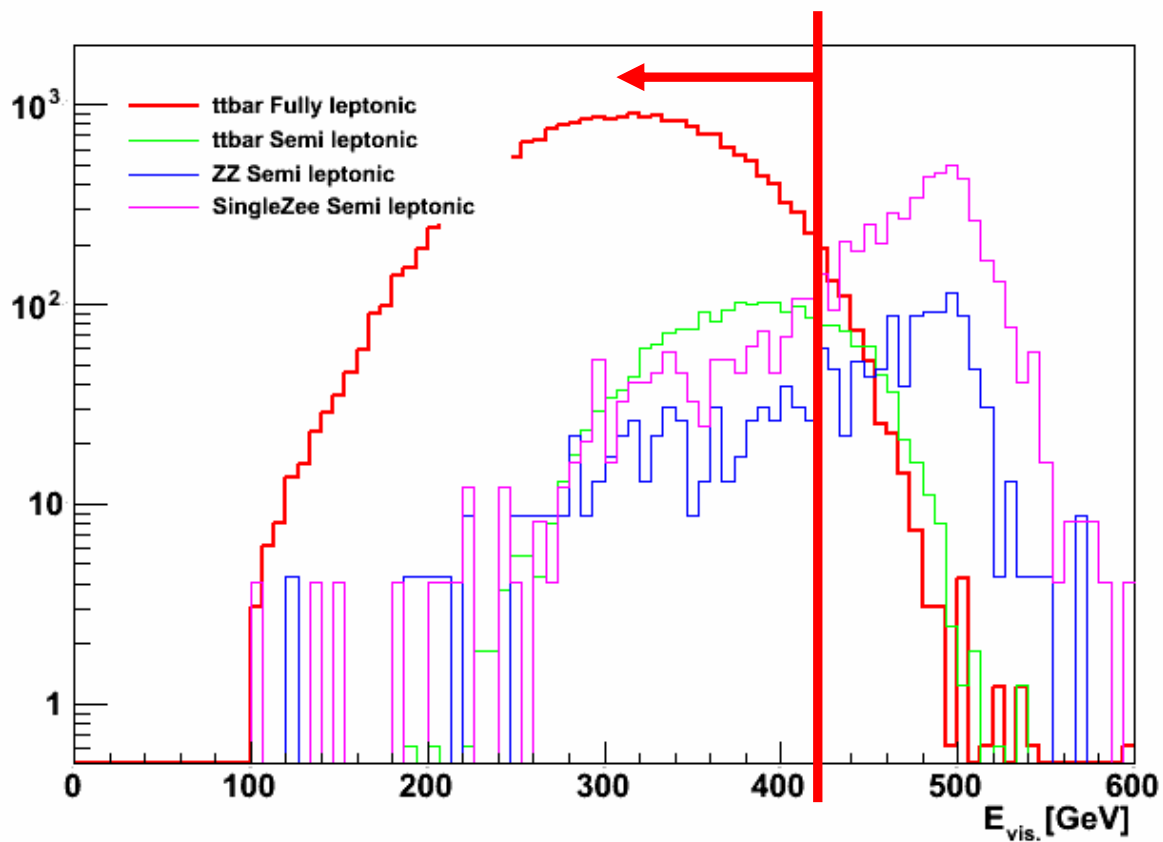
- Matrix element methodは物理量が全て得られている場合に、パラメータを包括的に求めることが出来る手法
- ISR,検出器の効果等を含め実験的な精度を見積もるのが目標
- 大学の夏季休業の間、フランス(LAL)に留学してこの手法について勉強する予定

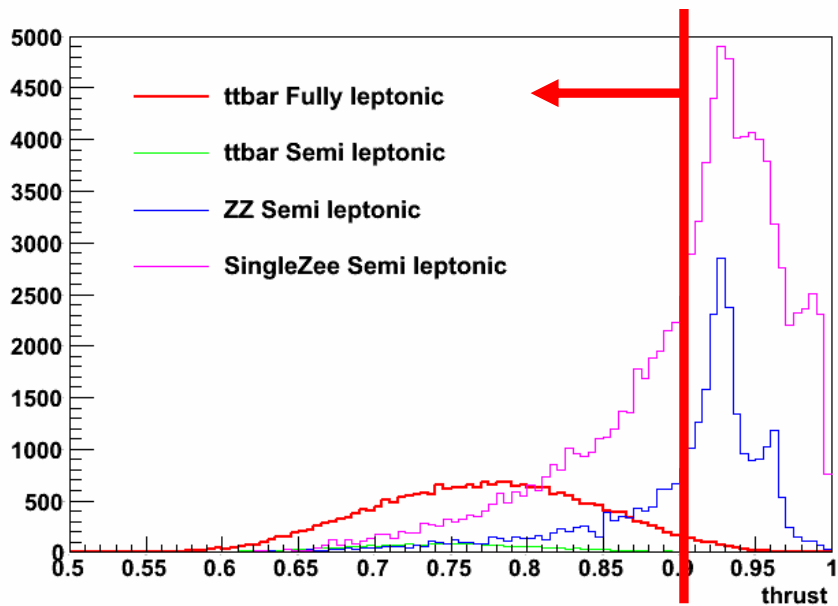
□ backup

□ Cut on the visible energy

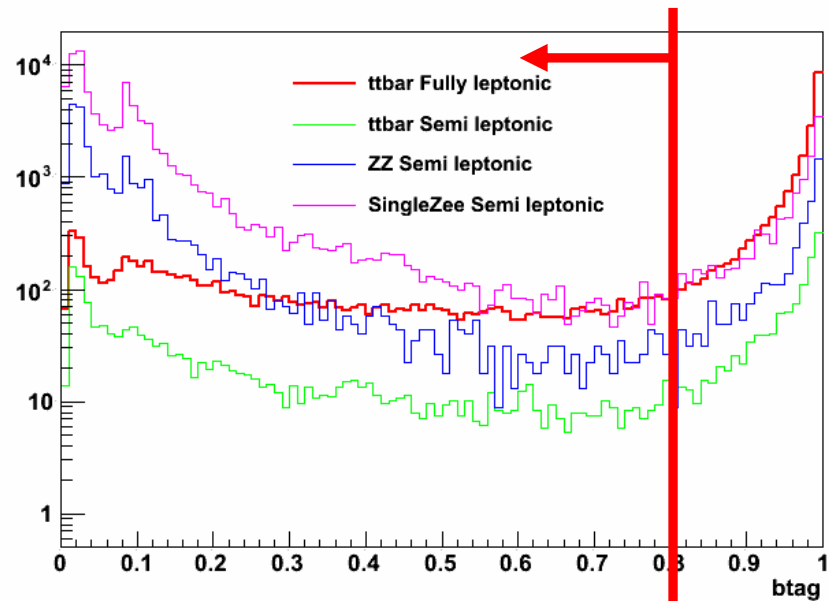
The visible energy of the signal is smaller because of two missing neutrinos

$$E_{vis} < 420 \text{ GeV}$$





Thrust < 0.9



b-tag1 < 0.8