



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

重心系エネルギー500GeVにおけるトップ 湯川結合の測定精度の評価

2015/7/21

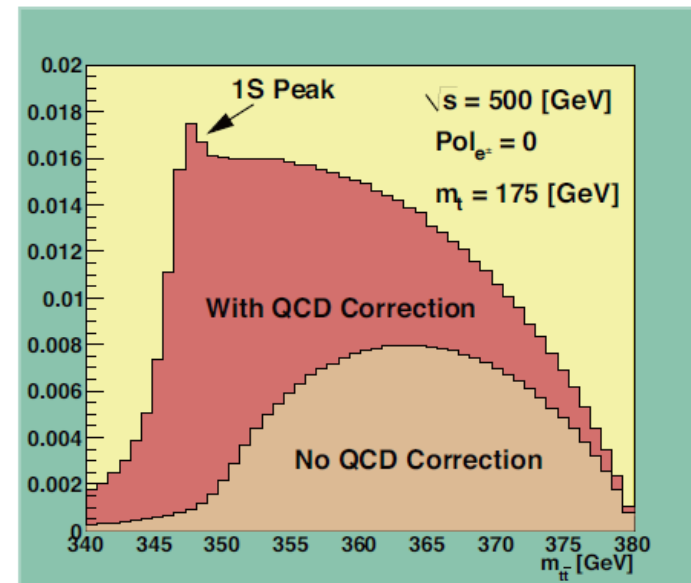
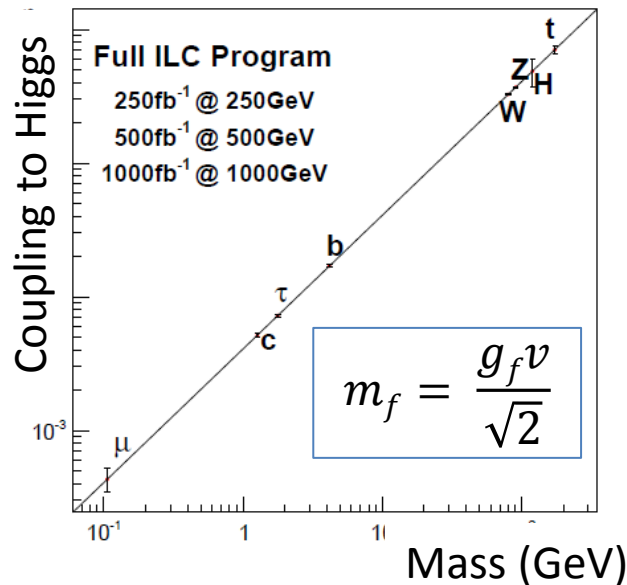
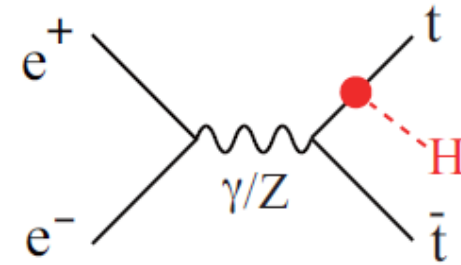
ILC夏の合宿2015@伊香保

須藤裕司

九州大学

Motivation

- LHC実験によるヒッグス質量の測定 $m_h = 125 \text{ GeV}$
- ILCでは重心系エネルギー500GeV以上での運転により、**tthチャンネル**による**トップ湯川結合の強さを直接測定**が可能。
 - ttbar bound-state effectにより閾値付近の断面積が増大
 - $\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$ でもtthを扱える
 - 背景事象の生成断面積も増大する
- **湯川結合の強さが標準模型からずれていれば、新しい物理の存在を直接示すことができる。**



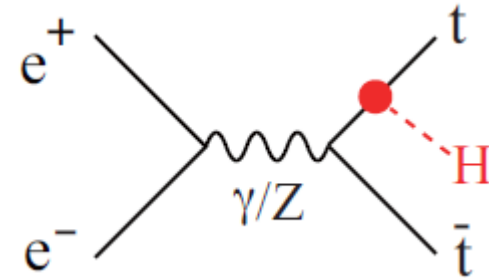
シグナルと背景事象

シグナル

- $t\bar{t}h \rightarrow 8\text{jets}$ ($h \rightarrow b\bar{b}$)
- $t\bar{t}h \rightarrow l\nu + 6\text{jets}$ ($h \rightarrow b\bar{b}$)
- $t\bar{t}h \rightarrow 2l2\nu + 4b\text{ jets}$ ($h \rightarrow b\bar{b}$)

主な背景事象

- $t\bar{t}Z$, $t\bar{t}g$ ($g \rightarrow b\bar{b}$), $t\bar{t}W$



ソフトウェアツール

- | | |
|---------------------------|------------------|
| • イベント生成 | whizard & pythia |
| • 測定器シミュレーション | Mokka/Geant4 |
| • 解析フレームワーク | LCIO/Marlin |
| • Particle Flow Algorithm | PandoraPFA |

積分輝度 500fb^{-1} で期待される事象数

- $\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$, $M_h = 125 \text{ GeV}$, $(P_{e^-}, P_{e^+}) = (-0.8, +0.3)$
- 生成断面積
- 崩壊分岐比

Process	σ (fb)
$e^-e^+ \rightarrow tth$	0.4088
$e^-e^+ \rightarrow ttZ$	1.974
$e^-e^+ \rightarrow ttg(bb)$	1.058
$e^-e^+ \rightarrow tbW$	912.5

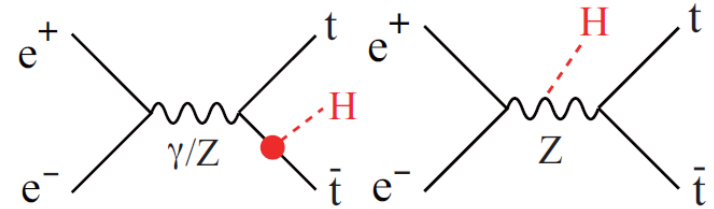
Decay mode	Branching ratio
$h \rightarrow bb$	0.577
$tt \rightarrow bqqbqq$	0.457
$tt \rightarrow blvbqq$	0.438
$tt \rightarrow blvblv$	0.105

- 期待されるシグナルと背景事象の数@ 500fb^{-1}

$tth(tt \rightarrow 6j, h \rightarrow bb)$	53.9		
$tth(tt \rightarrow lv4j, h \rightarrow bb)$	51.6	ttZ	987
$tth(tt \rightarrow lvlv2j, h \rightarrow bb)$	12.3	ttg(bb)	529
$tth(tt \rightarrow \text{all}, h(\text{nobb}))$	86.4	tbW	456278

tth ($h \rightarrow bb$) の解析概要

- 干渉項を無視できる
- 計数解析とカットによる事象選別



ヒッグス粒子が2つのbジェットに崩壊するものを信号事象とする

- 4~8 ジェット中に**4 b ジェット**

事象選別

- signal topology
 - ✓ **ジェット数**
 - ✓ **Isolated Leptonの数**
 - ✓ **b jet 候補の数 ≥ 4**
- detector acceptance
 - $|\text{Jet } \cos\theta| \leq 0.99$
- **ジェットのペア作り**
 - ✓ maximum likelihood method
- kinematics
 - ✓ energy cut of leading jets
 - ✓ energy cut of low energy jets
 - ✓ Missing momentum > 20 GeV (4, 6jtes mode)
- **再構成した質量**
 - ✓ top 候補の M_{jj}
 - ✓ ヒッグス粒子候補の M_{jj}

likelihood を使ったジェットペア作り

- tth \rightarrow 8jets, lv+6jets(2l2v+4jets)のジェットペアを再構成する
- テンプレートにはtthの各信号事象を使い、MCと再構成したジェット(レプトン)が $\cos\theta > 0.9$ の範囲で一致したイベントを使用
- log likelihood が最大になった組み合わせを採用する

- 8jets, lv+6jets

* 2D likelihood template

$\cos(tt), \cos(bb(\text{higgs}))$
 $\cos(bW(\text{anti-top})), \cos(bW(\text{top}))$
 $\cos(be^-(\text{top}, \text{beam})), \cos(be^-(\text{anti-top}, \text{beam}))$
 $\cos(q2(t)e^-), \cos(q1(t)e^-)$
 $\cos(q2(\text{anti-t})e^-), \cos(q1(\text{anti-t})e^-)$

q1: up type, q2: down type

* 1D likelihood template

top/anti-top mass
W+/W- mass

- 2l2v+4jets

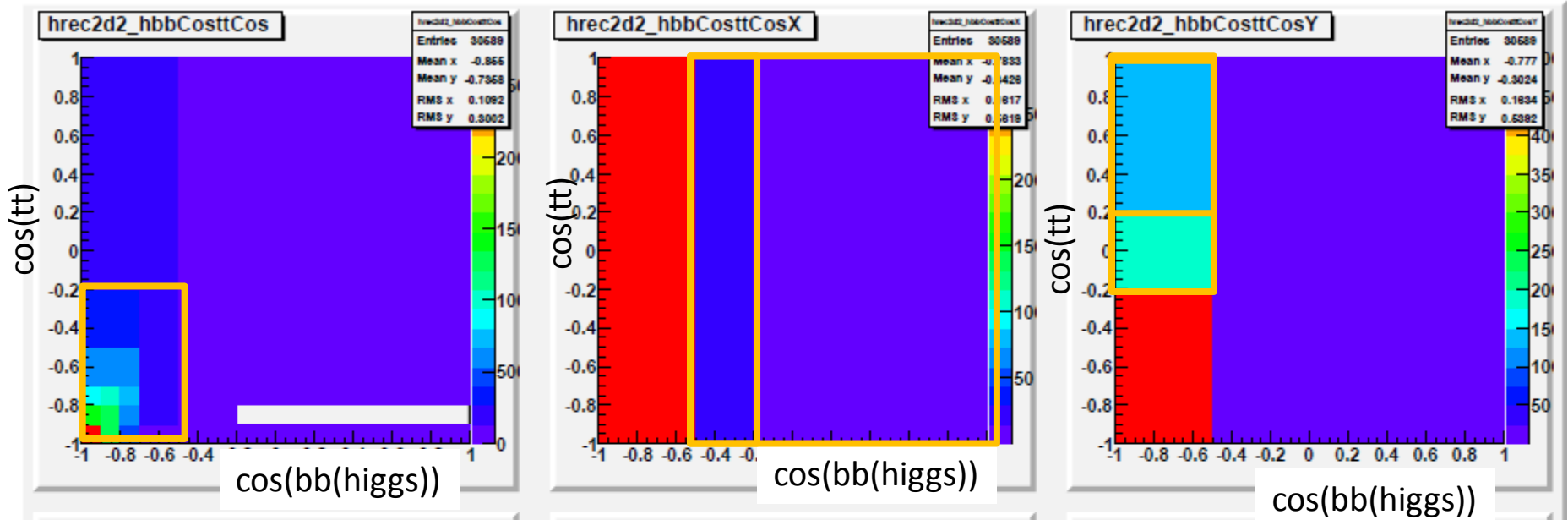
* 2D likelihood template

$\cos(tt), \cos(bb(\text{higgs}))$
 $\cos(bl(\text{anti-top})), \cos(bl(\text{top}))$
 $\cos(be^-(\text{top}, \text{beam})), \cos(be^-(\text{anti-top}, \text{beam}))$

* 1D likelihood template

bl mass

Log likelihood templates1 (8jets)

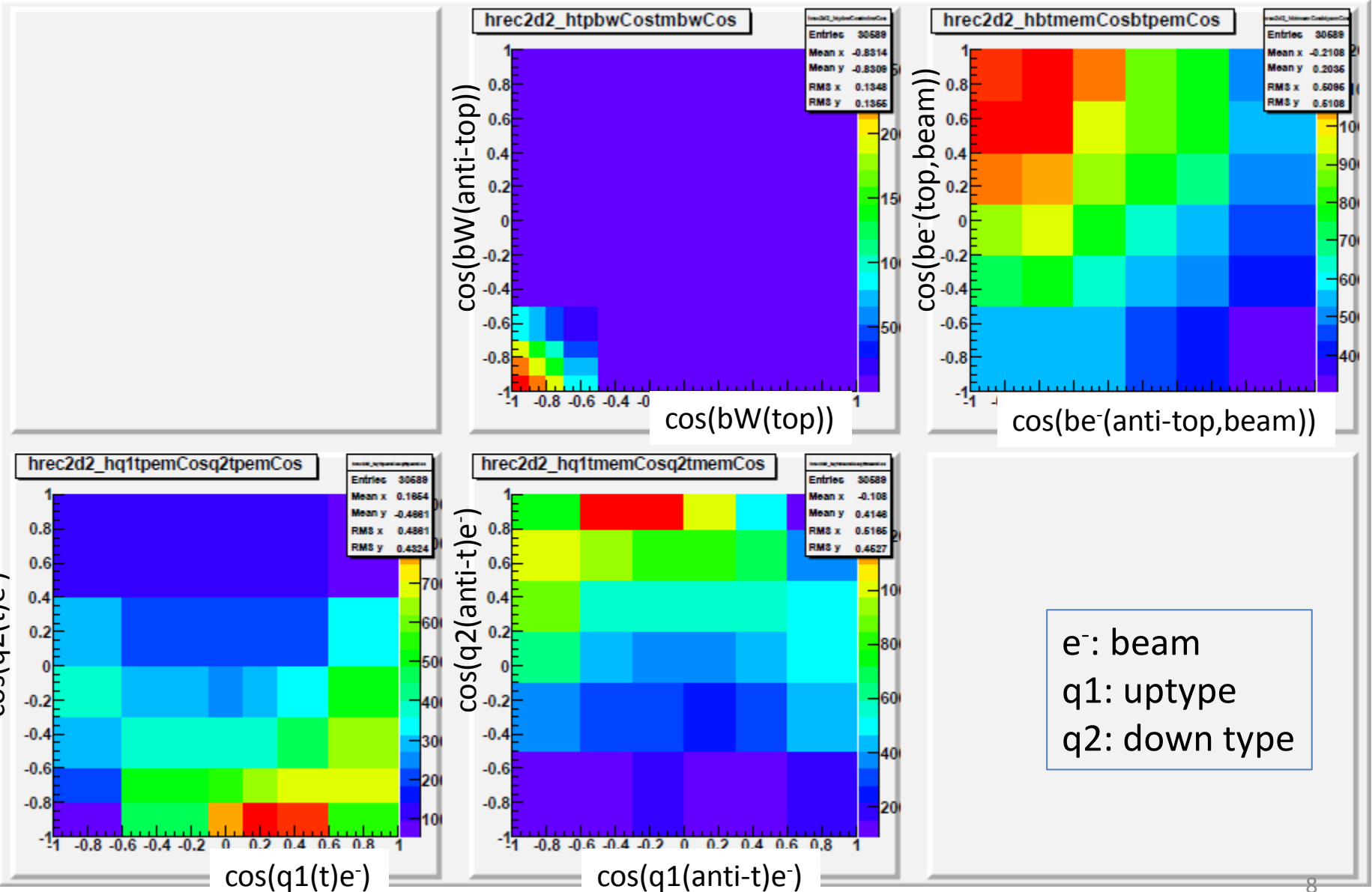


region 1
 $x < -0.5$
 $y < -0.2$

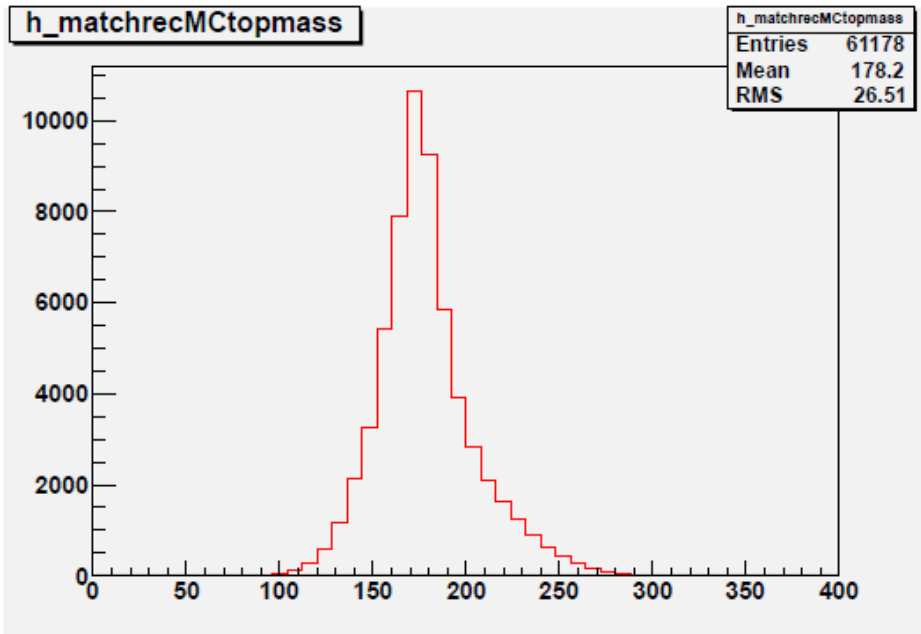
region 2
 $x \geq -0.5$
 $-0.2 \leq y \leq 1$

region 3
 $x < -0.5$
 $-0.2 \leq y$

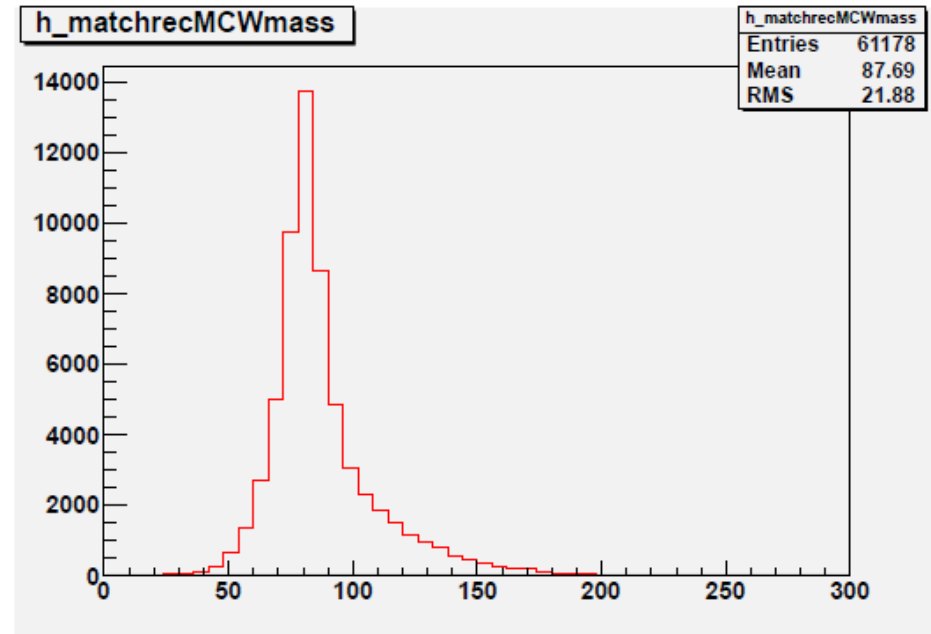
Log likelihood templates2 (8jets)



Log likelihood templates3 (8jets)



top mass (GeV)

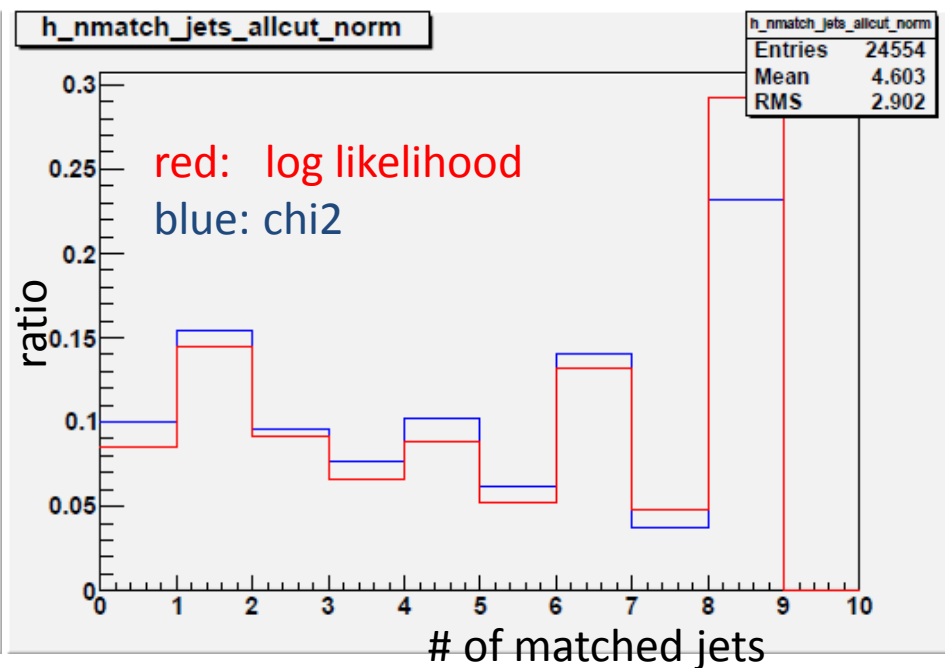
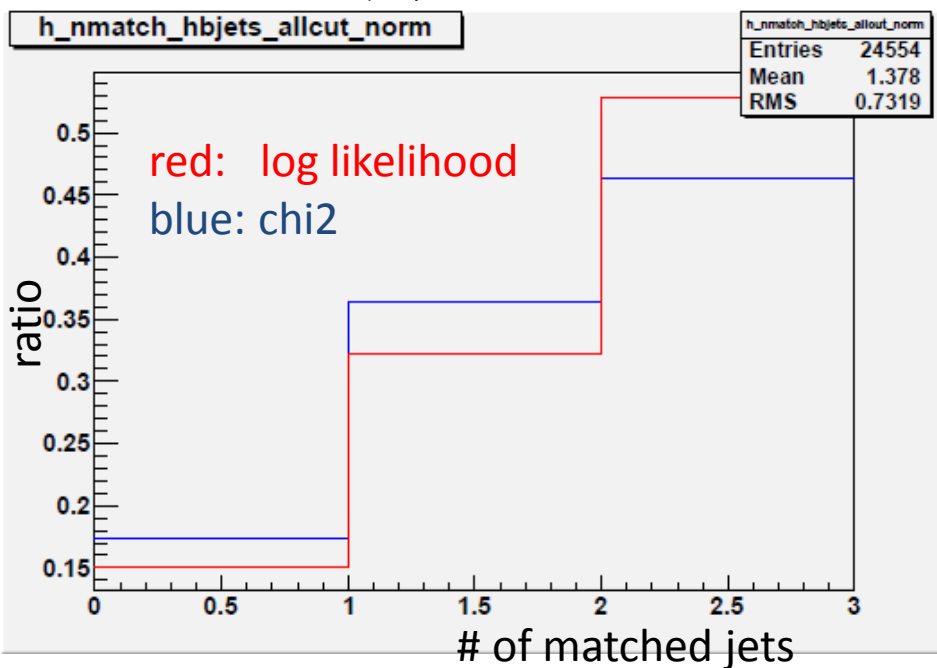


W mass (GeV)

どのくらい正しくジェットのペアを再構成できたか？ (8jets)

ヒッグスからのbb

全てのジェット



- これまでの χ^2 を使った場合に比べて~20%改善

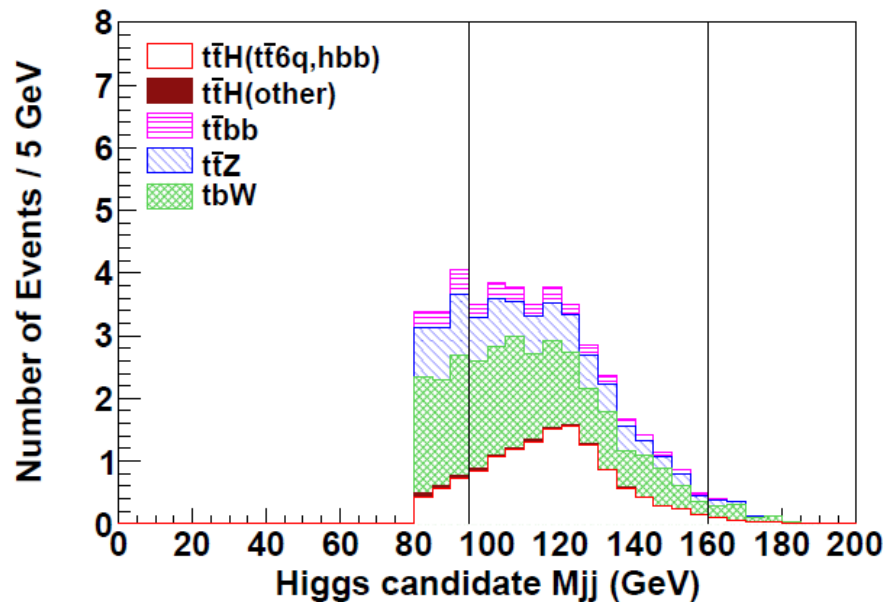
Significance

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

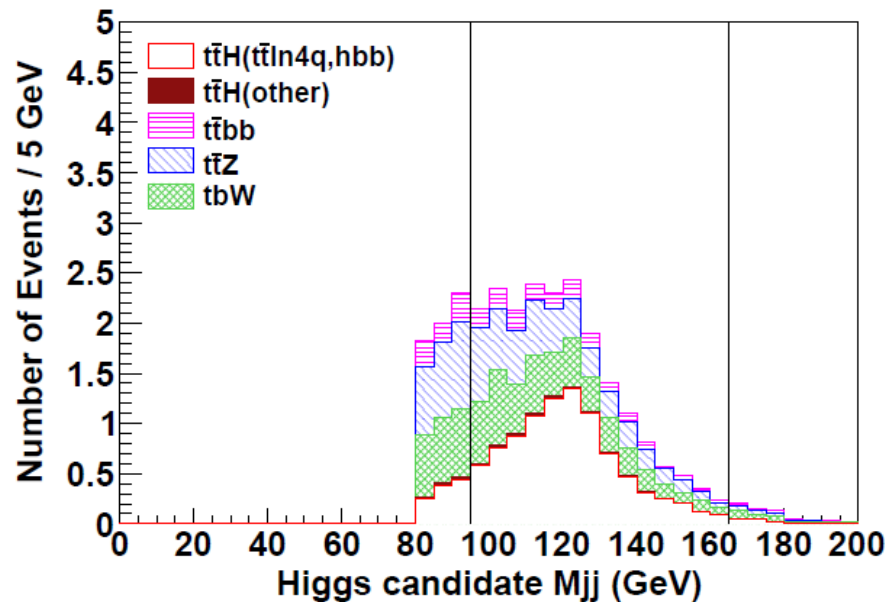
Process	ttH→8jet	ttH→lv6jet	ttH→2l2v4jet
ttH (not Signal)	0.29	0.18	0.05
ttZ	5.86	4.70	1.29
ttbb	2.00	1.60	0.49
6f	13.3	4.96	1.70
bkgd total	21.49	11.45	3.54
Signal	11.21	9.11	2.09
MH rang (GeV)	(95,160)	(95,165)	(105,155)
$S/\sqrt{S+B}$	1.96	2.01	0.88
Δ_{gt}/gt (%)	26.3	25.8	59.0

Reconstructed 2 jet mass of higgs candidates

$ttH \rightarrow 8\text{jet}$



$ttH \rightarrow l\nu + 6\text{jet}$



まとめ

- ILCではトップ湯川結合の強さを直接測定できる。
- $ttH \rightarrow 8\text{jets}$, $lv+6\text{jets}$, $2l2v+4b\text{jets}$ について解析を行った
- $\sqrt{s} = 500\text{ GeV}$ における $ttH \rightarrow 8\text{jets}$, $lv+6\text{jets}$, $2l2v+4b\text{jets}$ チャンネルの信号有意性は(統計的不確かさのみ)

$$ttH (H \rightarrow bb) \quad S/\sqrt{S+B} \quad (|\Delta y_t/y_t|)$$

$$500\text{ fb}^{-1} : 2.94 \quad (17.6\%)$$

$\sqrt{s} = 500\text{ GeV}$	500		500 lumi up	
(Pe-,Pe+)	(-,+)	(+,-)	(-,+)	(+,-)
積分輝度	200	200	1400	1400

\sqrt{s}	fraction with $\text{sgn}(P(e^-), P(e^+)) =$			
	(-,+)	(+,-)	(-,-)	(+,+)
	[%]	[%]	[%]	[%]
250 GeV	67.5	22.5	5	5
350 GeV	67.5	22.5	5	5
500 GeV	40	40	10	10

H-20	$\int \mathcal{L} dt$ [fb^{-1}]	500	200	500	3500	-	1500
	time [years]	3.7	1.3	3.1	7.5	-	3.1