



TOHOKU
UNIVERSITY

ILCにおける 荷電ヒッグスを用いた ヒッグス三重項模型の探索

日本物理学会第69回年次大会@東海大学湘南キャンパス

2014年3月27日

新崎ゆう子

石川明正 Jan Strube ^A藤井恵介

^B兼村晋哉 ^C柳生慶 山本均

東北大 A:KEK B:富山大 C:国立中央大

目次

- 導入
 - 研究概要
- 解析
 - 信号事象と背景事象
 - 3j 再構成
 - カットパラメータ
 - 結果
- モデル依存の少ない解析
- まとめ
 - 本日のまとめ
 - 今後の展望

導入

研究概要

- 2012年7月、標準模型最後の粒子であるヒッグス粒子が発見された

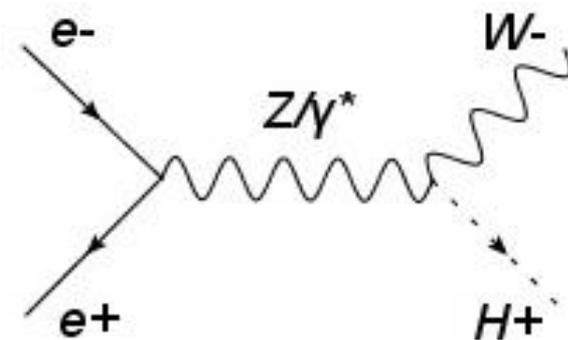
- 今後はヒッグスセクターの構造(一重項、二重項、三重項の追加)を決めるのが重要となる。

- ヒッグス三重項模型はニュートリノ質量を説明できるため有望な模型

- 複素三重項模型では新たに $H, A, H^\pm, H^{\pm\pm}$ が追加される
 - ~~新たなヒッグス粒子は縮退している~~
- ヒッグス三重項模型では、 $H^\pm W^\mp Z$ 結合がツリーレベルで可能

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = g m_W f_{HWV} H^\pm W_\mu^\mp V^\mu$$

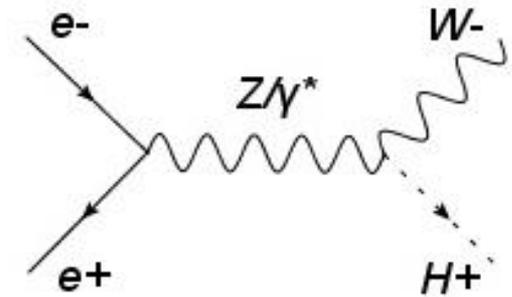
- 対生成($e^+e^- \rightarrow H^{++}H^{--}$)が不可能な重心系エネルギーの場合でも、 $e^+e^- \rightarrow W^\pm H^\mp$ 過程を用いてヒッグス三重項模型を探索することが可能
- この研究では、 W 粒子の反跳質量を測定することで、ヒッグス三重項模型での荷電ヒッグスの探索を行う



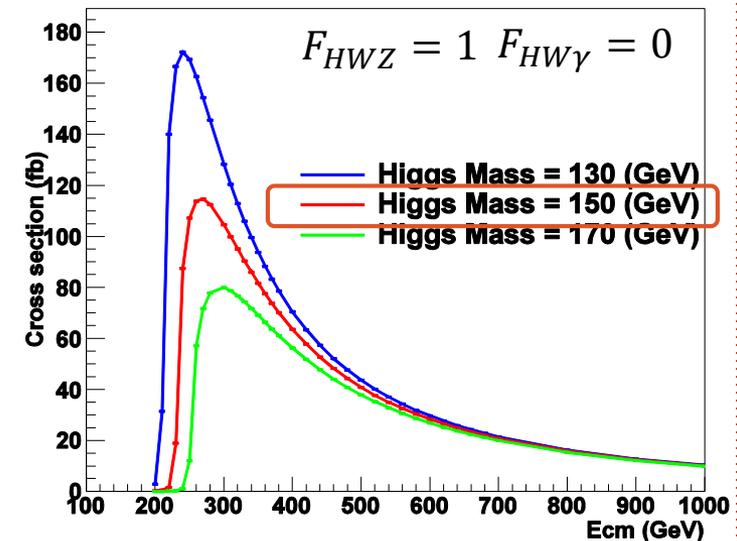
解析

信号事象と背景事象

- 重心エネルギー $E_{cm} = 250 \text{ GeV}$
- 積分ルミノシティ $= 250 \text{ fb}^{-1}$
- 偏極: $P(e^+, e^-) = (-30\%, +80\%)$
- 荷電ヒッグス質量 $m_{H^\pm} = 150 \text{ GeV}$
- 検出器: ILD_01_v05 (DBD ver.)
- $F_{HWZ}=1$, Georgi-Machacek model で可能



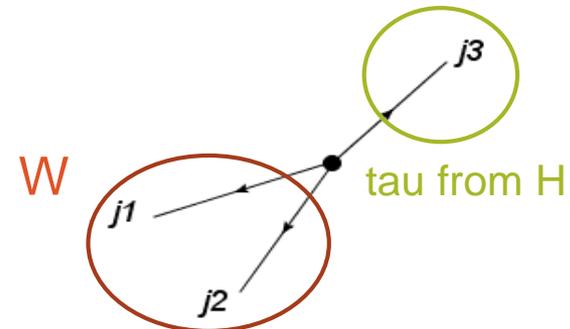
	イベントサンプル	断面積 fb	イベント数
Sig.	WH \rightarrow jjTV	83.4	21k
	Di-jet	46.2k	12M
SM BG	evW \rightarrow evjj	445	110k
	Zee \rightarrow jjee	300	74k
	WW \rightarrow jjlv	758	190k
	WW \rightarrow jjjj	600	150k
	ZZ \rightarrow jjll	467	120k
	ZZ \rightarrow jjjj	402	100k
	ZZorWW \rightarrow jjjj	565	140k
	Zh \rightarrow ffh	205	51k



WHイベントの生成断面積

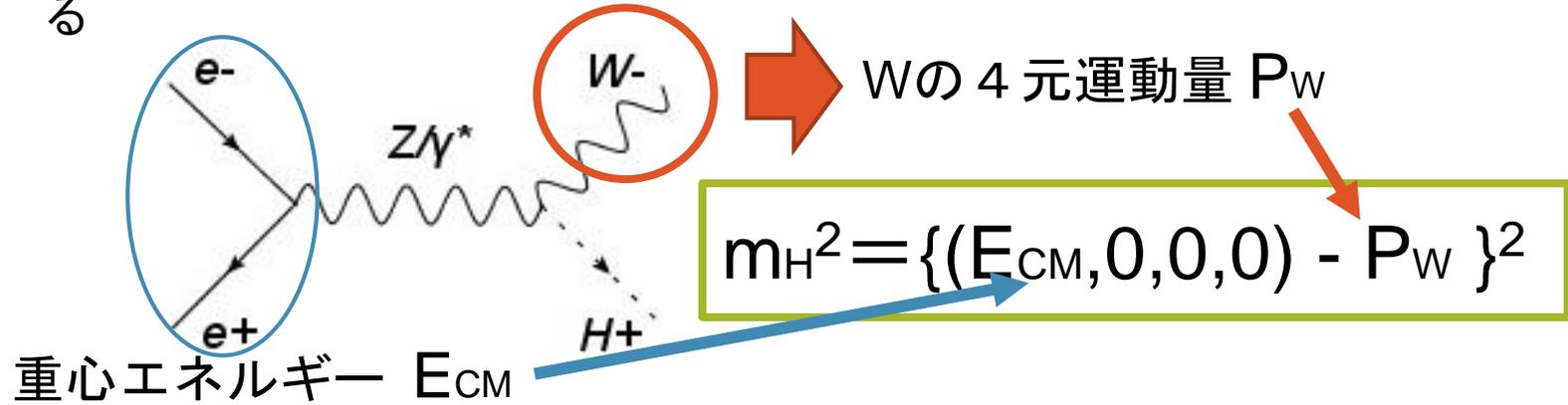
3j 再構成

- 本来ならInclusiveにWのみを再構成しWの反跳を見て模型依存が無い解析を行いたいが、今回は荷電ヒッグスが $\tau\nu$ に崩壊する場合を考える。
- Wがhadronicに崩壊する際の反跳を見ることで荷電ヒッグスの質量を計算し、荷電ヒッグスの生成断面積の精度を評価する
 - Durham algorithmを用いて、3本のジェットになるまで粒子を(強制的に)再構成する
 - 3本のジェットのうち χ^2 が最小になるように2つのジェットからWを再構成する
 - 荷電ヒッグスの質量 (Wの反跳質量) を計算する



$$\chi^2 = \left(\frac{M_j - m_W}{\sigma_W} \right)^2$$

M_j : mass of jet pair
 m_W : mass of W (= 80.0 GeV)
 σ_W : mass resolution (= 4.8 GeV)



W質量と反跳質量のカット

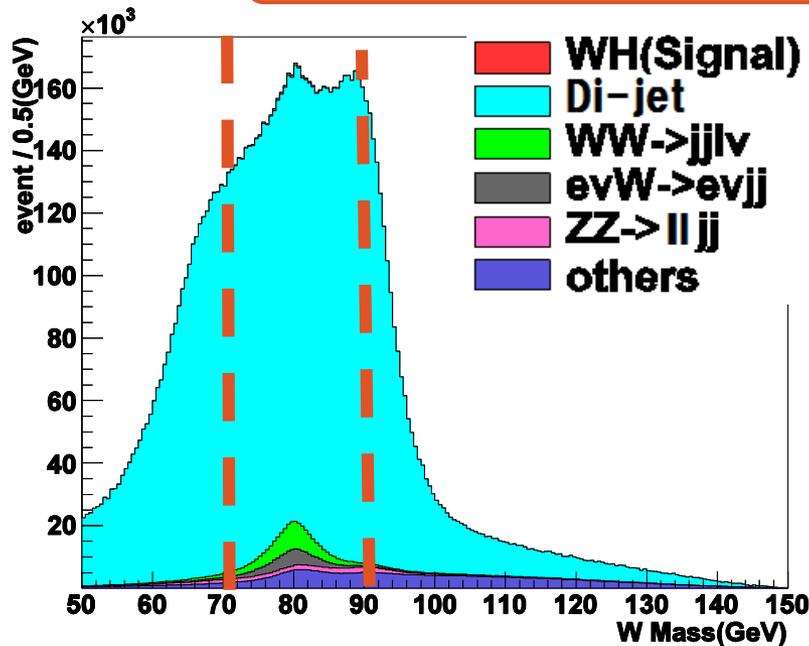
m_w

Wのhadronic崩壊事象と異なるイベントをカットする
 ◇主に $ZZ \rightarrow jjj$, Di-jet など

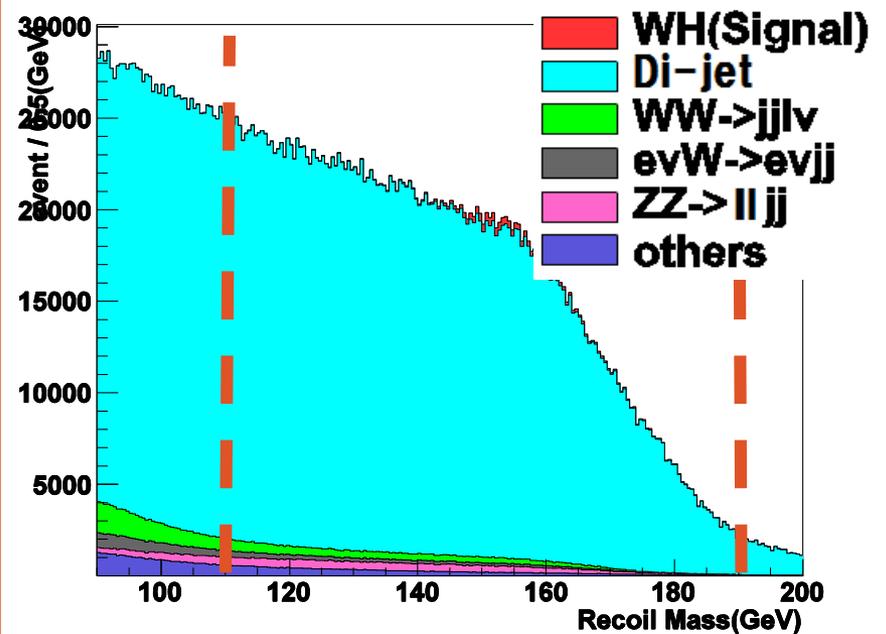
m_{rec}

緩い反跳質量カットで信号事象と異なるイベントを減らす
 ◇主に $WW \rightarrow jjj$, $WW \rightarrow jjlv$ など

$m_w < 70, 90 < m_w$ (GeV)



$m_{rec} < 110, 190 < m_{rec}$ (GeV)



Pt, Visible Energy のカット

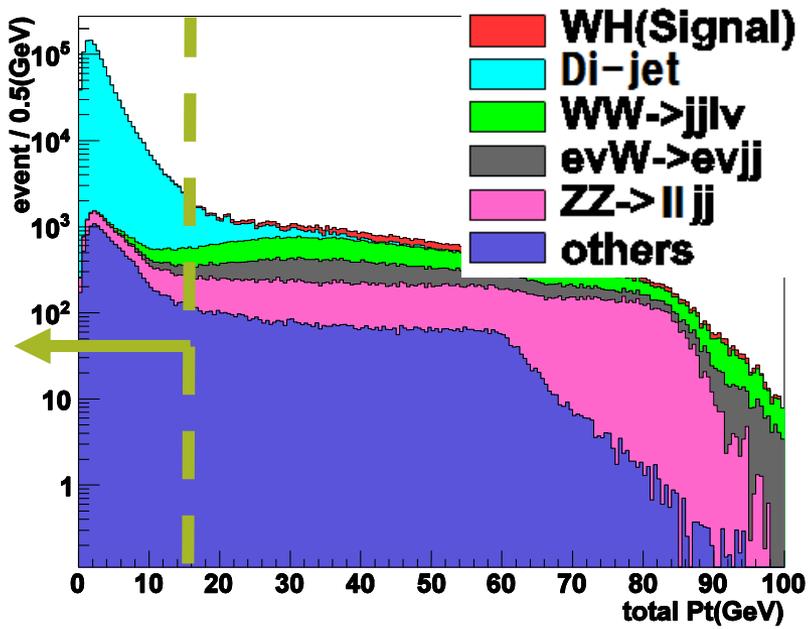
total
Pt

ニュートリノを含まないBGをカットする
◇主に Di-jet,
Zh→ffh, ZZorWW→jjjj など

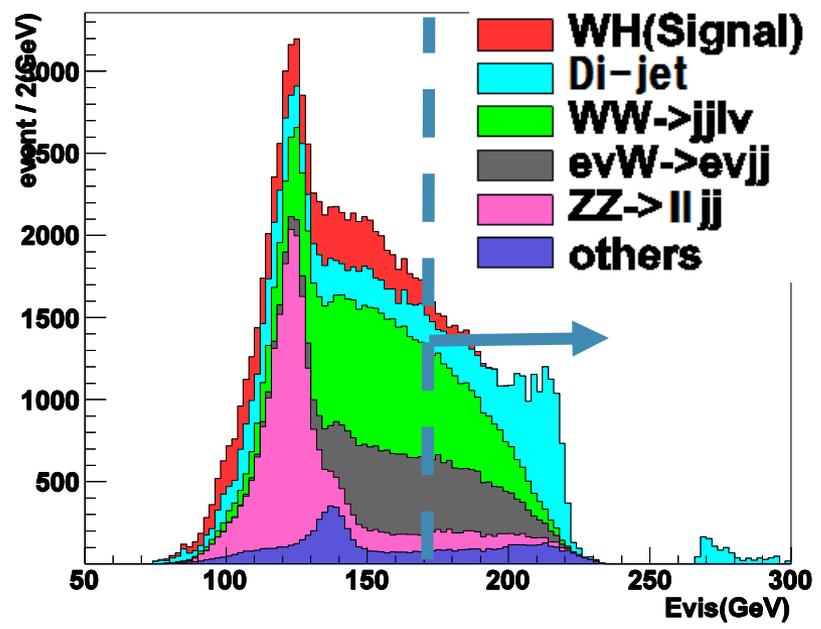
E_{vis}

ニュートリノを含まないBGをカットする
◇主に WW → jjlv, Di-jet,
evW→evjj など

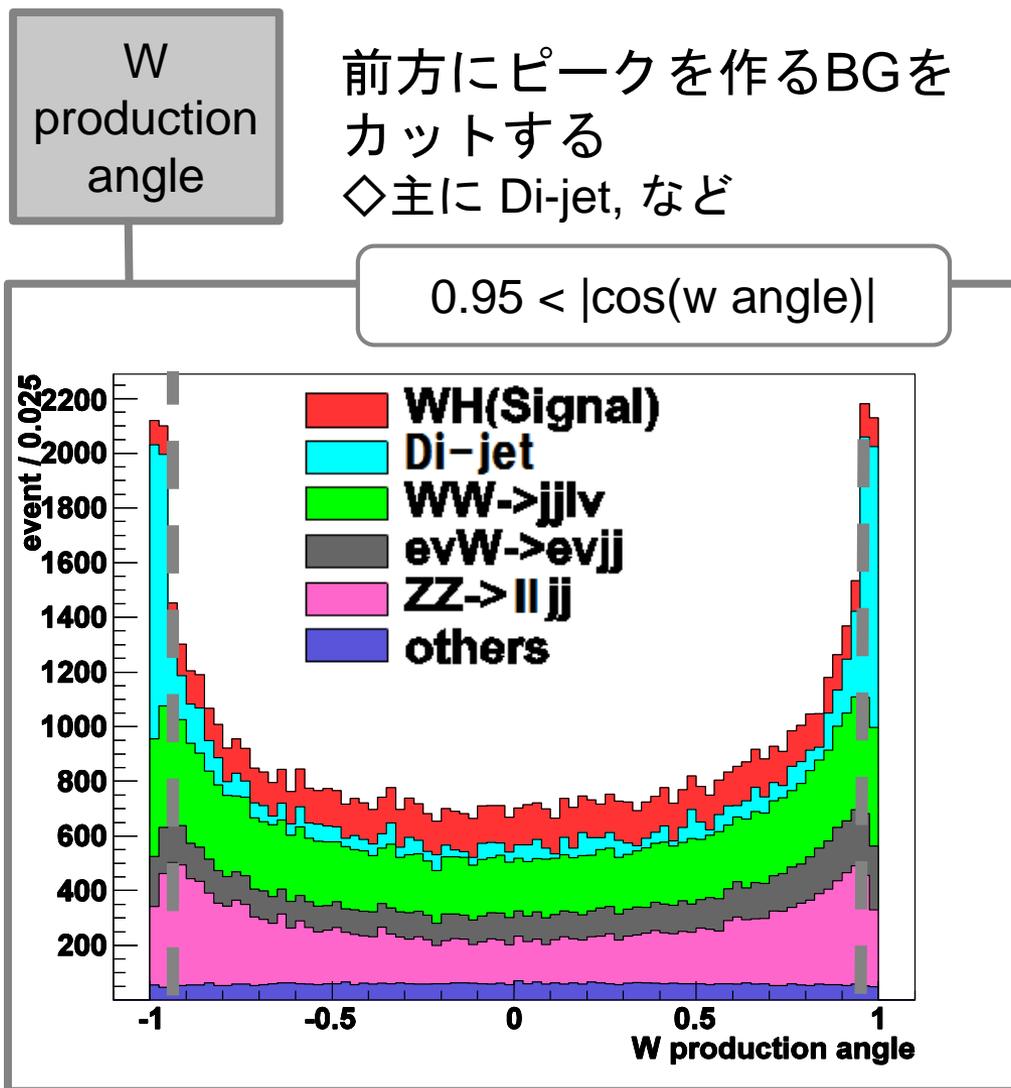
Pt < 15 (GeV)



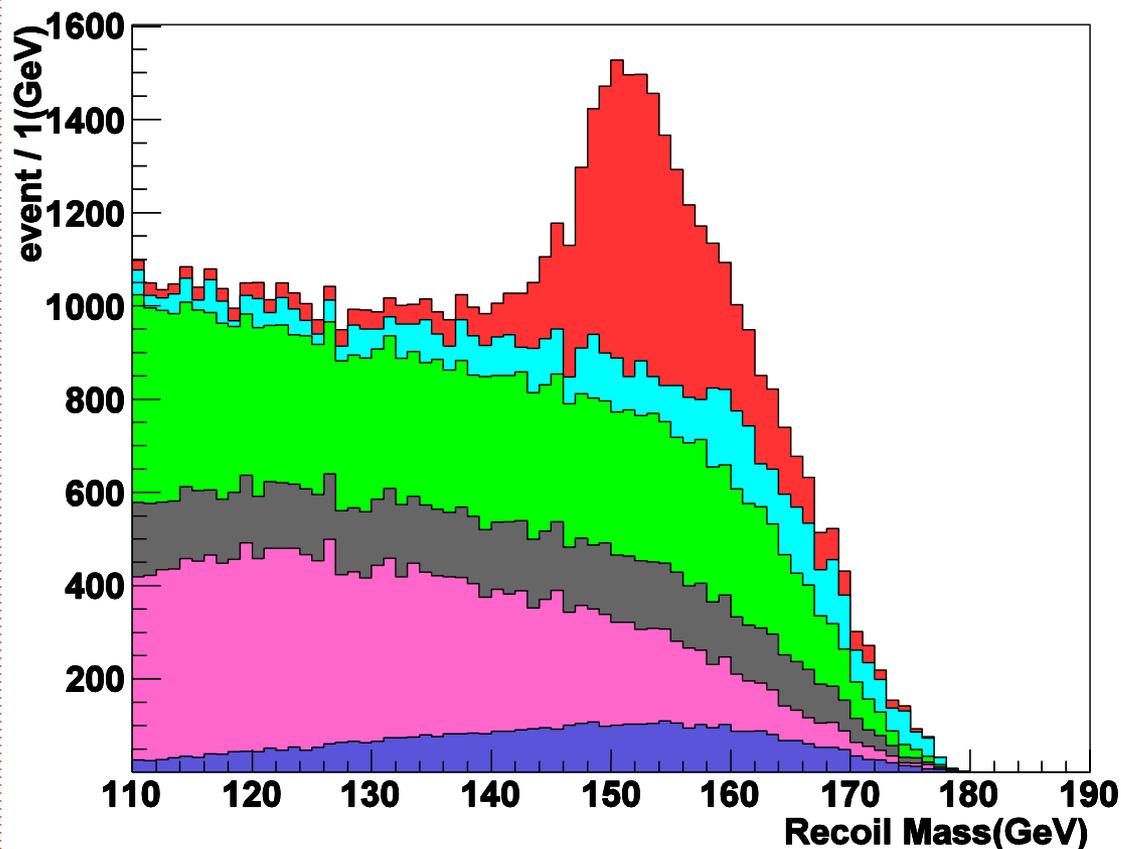
E_{vis} > 170 (GeV)



W生成角のカット



カット後の反跳質量分布図



- WH(Signal)
- Di-jet
- WW->jjlv
- evW->evjj
- ZZ->lljj
- others

最後に、反跳質量のカットをかけることによって、 $WW \rightarrow jjlv$ などのイベントを減らす

$$m_{rec} < 140, 160 < m_{rec} \text{ (GeV)}$$

→測定精度を見積もる

カットテーブル

	WH	Di-jet	evW→evjj	WW→jjlv	ZZ→jjll	others
no cut	20366	6759925	65567	150352	89793	252065
mw&mrec	12046	1154647	17299	32663	27146	20908
pt	11125	20870	16079	29478	20478	7405
Evis	10388	9209	9204	20572	18451	4703
Wangle	9970	5233	8394	18837	17063	4500
mrec	7424	1993	2876	6154	4535	1980

S/N=0.00278→0.423

efficiency = 36.5%

significance = 46.99 → 統計誤差 **2.13%**

($E_{cm}250 \text{ GeV}, 250\text{fb}^{-1}$)

$$Significance = \frac{N_{signal}}{\sqrt{N_{signal}+N_{bg}}}$$

others :

Zee → jjee

WW → jjjj

ZZ → jjjj

ZZorWW → jjjj

Zh → ffh

モデル依存の少ない解析

モデル依存の少ない解析

前ページまでの解析で用いた

- Wの質量
- 反跳質量
- W production angle

のみで解析を行うことで、完全にWの情報のみから荷電ヒッグスを測定できないか検証した。

カット領域

$$m_w < 70, 90 < m_w \text{ (GeV)}$$

$$0.85 < |\cos(w \text{ angle})|$$

$$m_{\text{rec}} < 140, 160 < m_{\text{rec}} \text{ (GeV)}$$

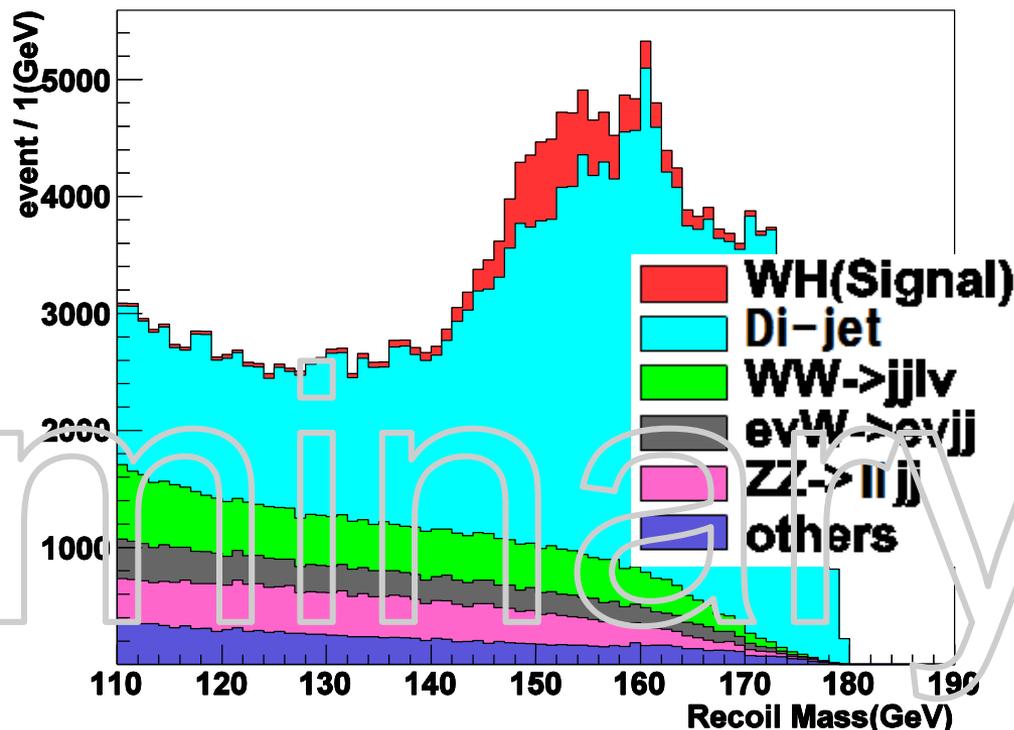
efficiency = 38.2%

significance = 19.44 → 統計誤差 **5.14%** ($E_{\text{cm}}=250\text{GeV}, 250\text{fb}^{-1}$)

2014/3/27

日本物理学会第69回年次大会 @東海大学湘南キャンパス

14



Di-jet が 160GeV 付近に peak を作るが、ほぼ静止したW候補が $E_{\text{CM}} - M_W \sim 170\text{GeV}$ の条件を満たすことによる。

E_{CM} を上げることにより peak位置が荷電ヒッグスの peak と被らないようにすることが可能。

まとめ

本日のまとめ

ILCにおいてW粒子の反跳から荷電ヒッグスの質量を測定することにより、ヒッグス三重項模型の探索を行う可能性を検討した。

- $E_{cm}=250\text{GeV}$, 積分ルミノシティ= 250fb^{-1} を想定
- 荷電ヒッグス質量= 150GeV , 形状因子 $F_{HWZ} = 1$, 荷電ヒッグスがTVに崩壊すると仮定
 - モデル依存→統計誤差 **2.13%** で測定可能
 - モデル依存少ない→統計誤差 **5.14%** で測定可能
 - Di-jet の peak は E_{CM} を変更することですらすことが可能

今後の予定

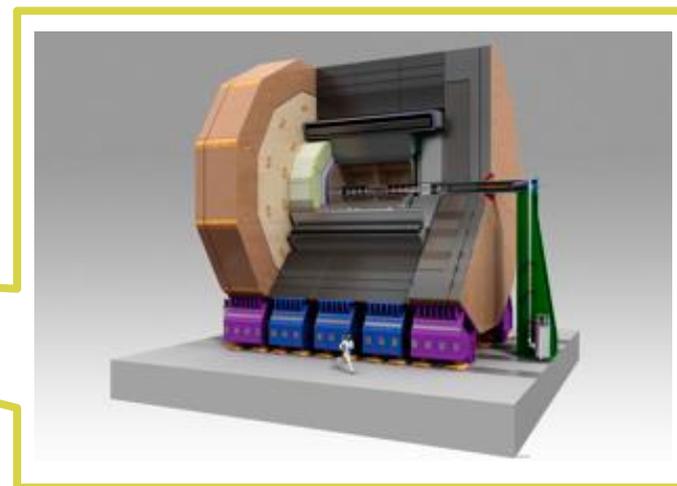
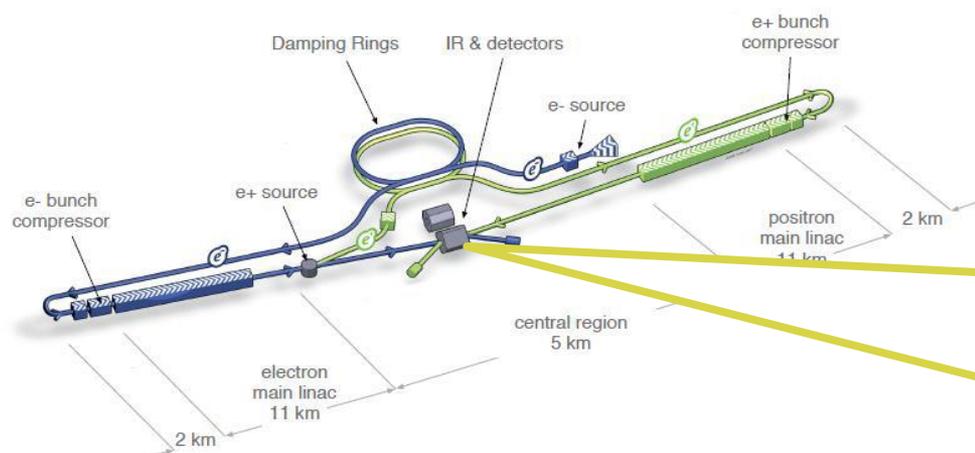
- 解析の最適化
- 崩壊分岐比が大きいと期待される $H^+ \rightarrow W^*Z, WZ^*$ の解析
- m_H VS F_{HWZ} への制限
- 二重荷電ヒッグス対生成の解析

Back Up

ILC概要



- ILC (International Linear Collider) 実験
 - 電子陽電子衝突型 線形加速器
 - 全長約 30 km(のちに50 km)
 - 重心エネルギー $\sqrt{s} = 250, 500 \dots$ GeVで稼働
 - 偏極度を変更することができる
 - lepton – lepton 衝突 → 初期エネルギーが正確にわかる
 - ヒッグス粒子の性質の精密測定、新物理の探索



ILC加速器とILD検出器

モデル非依存の解析

前ページまでの解析で用いた

- Wの質量
- 反跳質量
- W production angle

のみで解析を行うことで、完全にWの情報のみから荷電ヒッグスを測定できないか検証した。

	WH	di-jet	evW→evjj	WW→jjlv	ZZ→jjlv	others
no cut	20366	6759925	65567	150352	89793	252065
m _w &m _{rec}	12046	1154647	17299	32663	27146	20908
Wangle	10273	130848	12642	17917	14942	4708
m _{rec}	7782	130848	3762	7599	5503	1980



efficiency = 38.2%

significance = 19.44 → 統計誤差 **5.14%**