

低質量ヒッグス粒子探索の解析

DLM の較正と性能評価、データ解析

倉田 正和

筑波大学

宇宙史拠点実習Iオリエンテーション

2008年6月19日

イントロダクション

▶ **ヒッグス粒子は現在の素粒子標準模型の中で、唯一見つかっていない粒子である。**

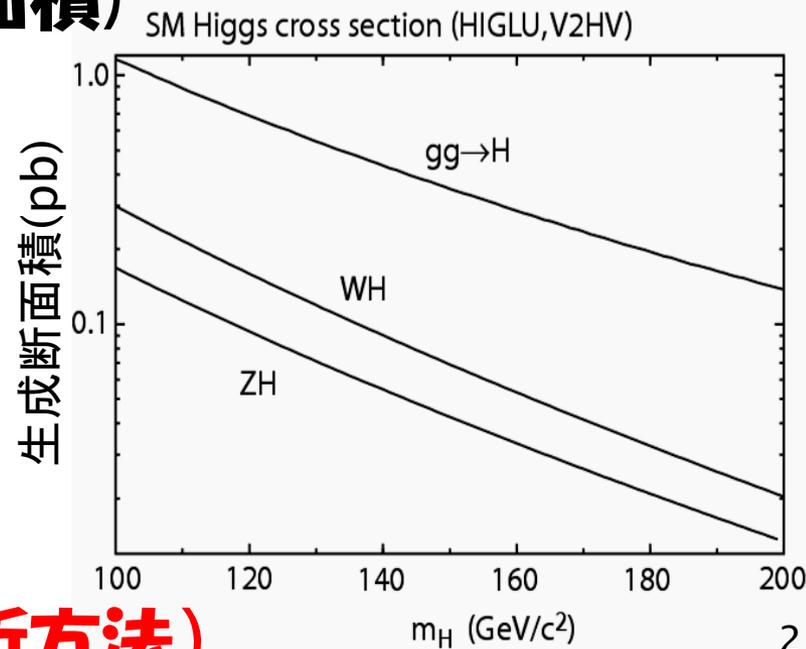
- ヒッグス粒子は素粒子に質量を与える元となる粒子として理論の中で重要な位置を占めている。

▶ **現在、盛んにヒッグス粒子の探索が行われている。**

- ヒッグスの生成過程、崩壊過程を予想し、条件に合う終状態になっているイベントを集めて証拠を探す。

▶ **ヒッグスの生成過程 (右図: 断面積)**

- **グルーオン融合($gg \rightarrow H$)**
 - 長所: 理論的にたくさんできる。
 - 短所: 終状態の似た別のものが多い。
- **ヒッグス放射($W \rightarrow WH, Z \rightarrow ZH$)**
 - 長所: 比較的似たものが少ない。
(似たものを扱いやすい)
 - 短所: 理論的に少しできにくい。



▶ **どれで探すか? ⇒ 戦略 (解析方法)**

イントロダクション

▶ ヒッグス粒子の崩壊

- ヒッグスは質量の大きい粒子と結びつきが強い
⇒ 自分より軽い、もっとも重い粒子に崩壊しやすい
- $H < 2m_W$ のとき、 $H \rightarrow b\bar{b}$ (Low mass Higgs) $\Rightarrow 110 \sim 150 \text{ GeV}$
- $H > 2m_W$ のとき、 $H \rightarrow WW$ (High mass Higgs) $\Rightarrow 160 \sim 200 \text{ GeV}$ へ崩壊しやすい

▶ この解析では低質量ヒッグスを探索する。

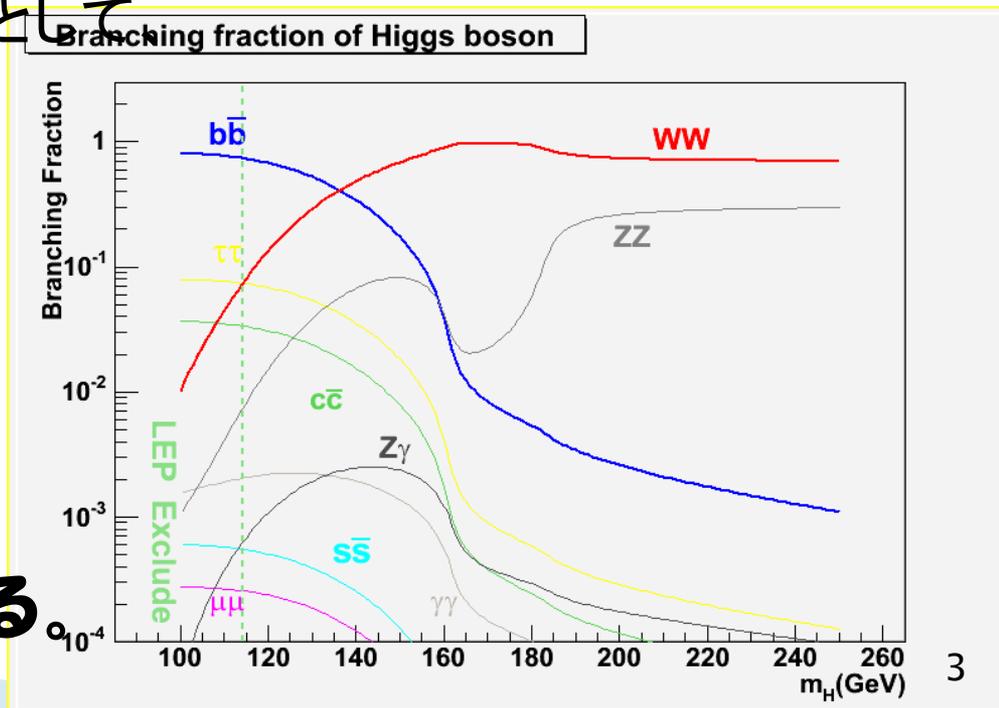
- 生成過程 $pp \rightarrow W, Z \rightarrow WH, ZH$ として

- $W \rightarrow \text{レプトン} + \text{ニュートリノ}$
- $Z \rightarrow \text{クォーク} \cdot \text{反クォーク対}$ に崩壊するものを扱う。

▶ 従って、

- $WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$
- $ZH \rightarrow qq b\bar{b}$

となるイベントを解析する。



テバトロン・CDF検出器

▶ **テバトロン**: 陽子 (p) ・ 反陽子 (\bar{p}) 衝突型加速器

重心系エネルギー $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$



▶ CDF検出器

○ シリコン飛跡検出器

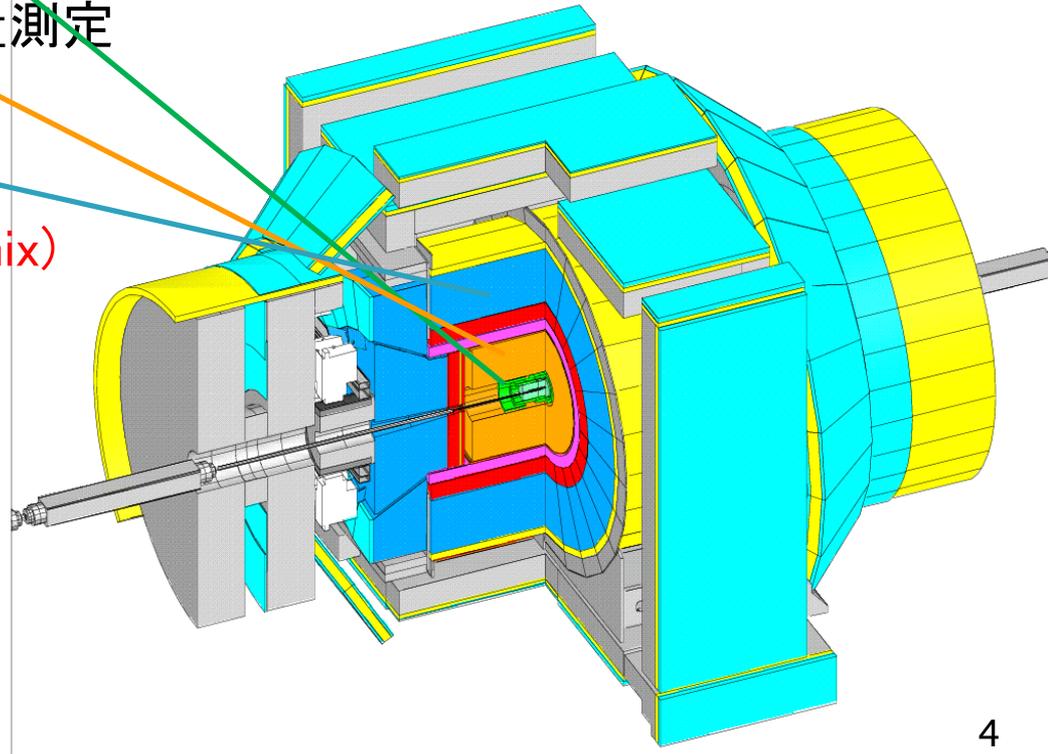
- ・ 重いクォークが出来た証拠を捕まえる(b-tag)

○ 中央飛跡検出器

- ・ 粒子の飛跡をとらえる、運動量測定

○ カロリメータ

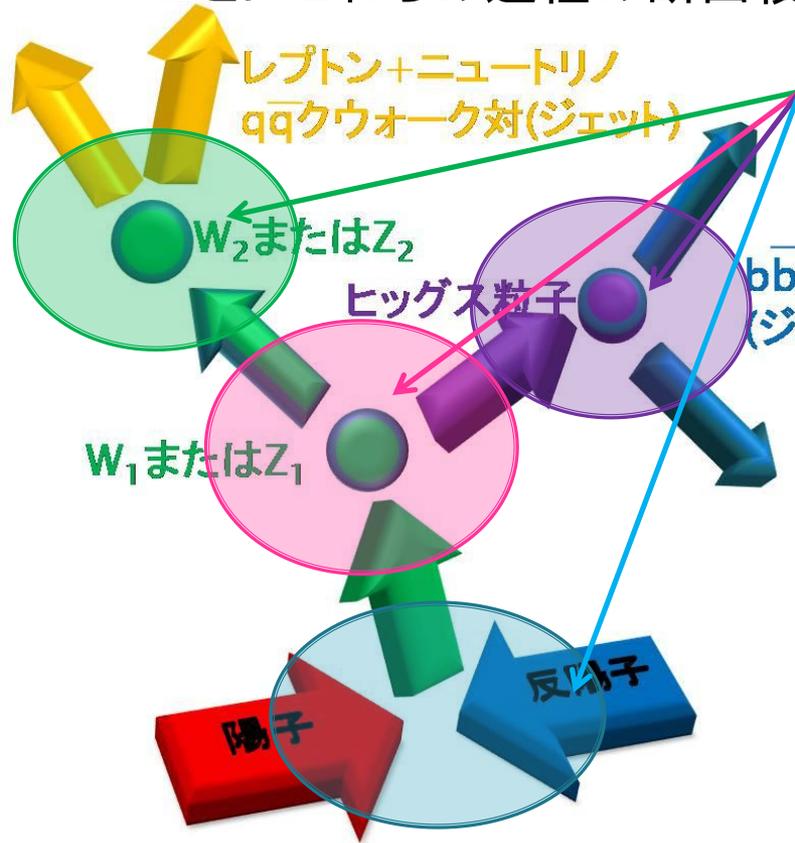
- ・ 電子・光子のエネルギー
中央:CEM 前後方:Plug(Phoenix)
- ・ クォーク群(jet)のエネルギー
ハドロンカロリメータ



DLM (Dynamical likelihood method)

▶ DLMとは理論的に計算できる崩壊行列を用いて、シグナルとバックグラウンドを識別しようとする解析手法である。

- シグナルイベントの場合、理論的に計算できる断面積(イベントが起こる確率のようなもの)はそうでないイベントに比べて大きくなるはずである。
- $WH \rightarrow lvbb$, $ZH \rightarrow qqbb$ はすべての過程が理論的に計算可能なので、イベントごとにこれらの過程の断面積がどうなるか調べる。



これらの過程は全て理論的には分かっている。

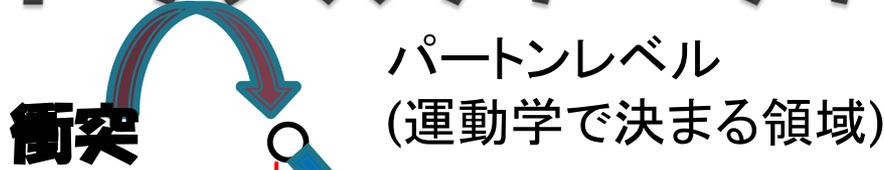
$$L_{\text{path}}(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \boldsymbol{\alpha}) = N \frac{d\sigma}{d\Phi} w(\mathbf{x} | \mathbf{y})$$

N : 重要でない定数

$\frac{d\sigma}{d\Phi}$: 断面積 (cross section)

$w(\mathbf{x} | \mathbf{y})$: トランスファーファンクショナル

トランスファーファンクション



測定器の性能、特性
物質との相互作用 etc.

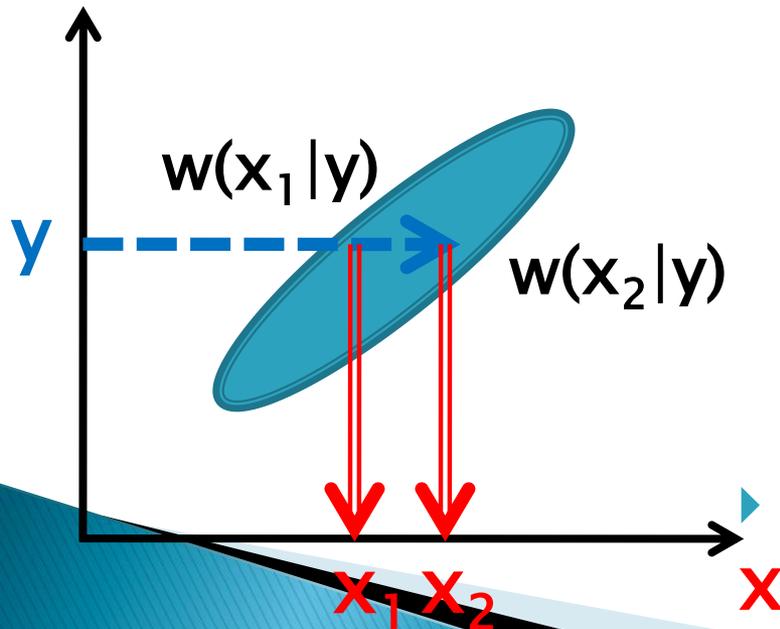
物理量

x : パartonレベルの物理量
 y : 測定された物理量

トランスファーファンクションとは

- パartonレベルの物理量と測定された物理量の関係を表す。
- 測定器の性能、特性、その他の効果を含んでいる。
- 確率として最尤関数に含まれる。

▶ **DLMの性能を決めるため重要**



トランスファーファンクション

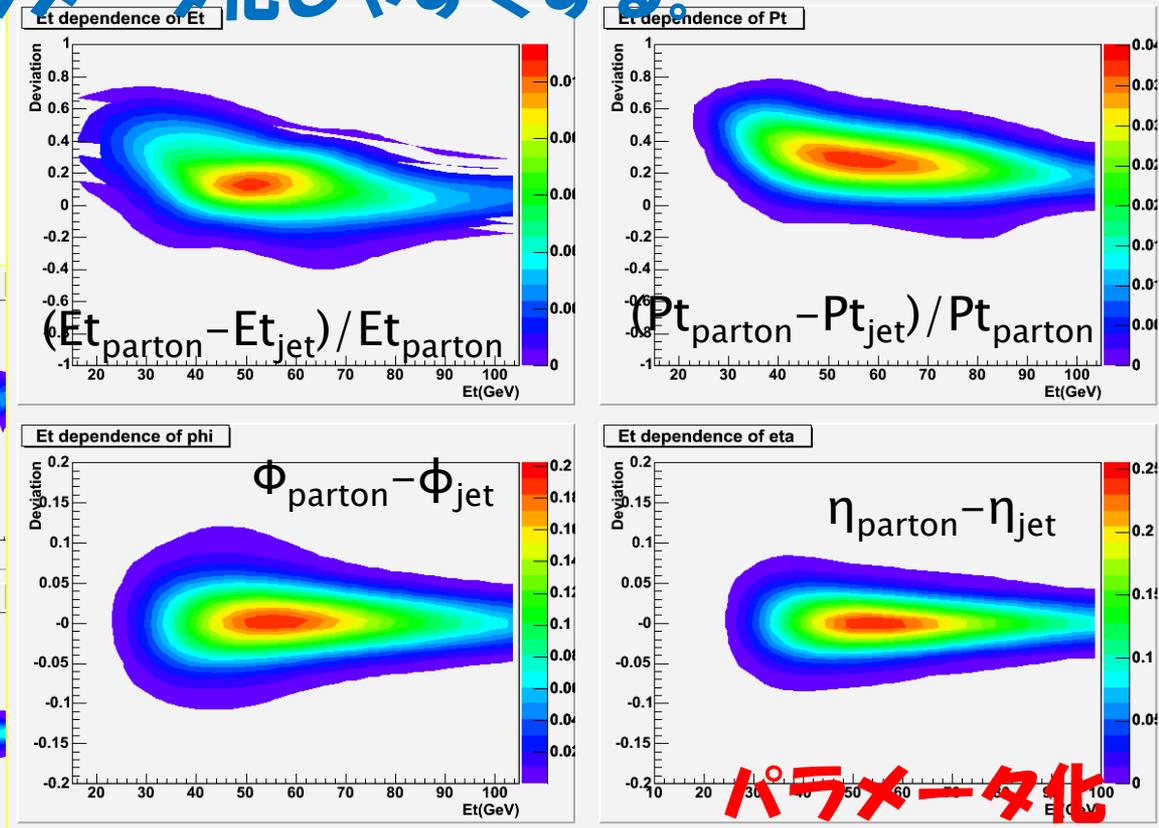
- トランスファーファンクションはエネルギー依存性、角度依存性を持つ

- よってビーム軸垂直方向のエネルギー、ビーム軸となす角度(η)をパラメータとして記述する。

- 適当な変数変換でパラメータ化しやすくする。

cf.

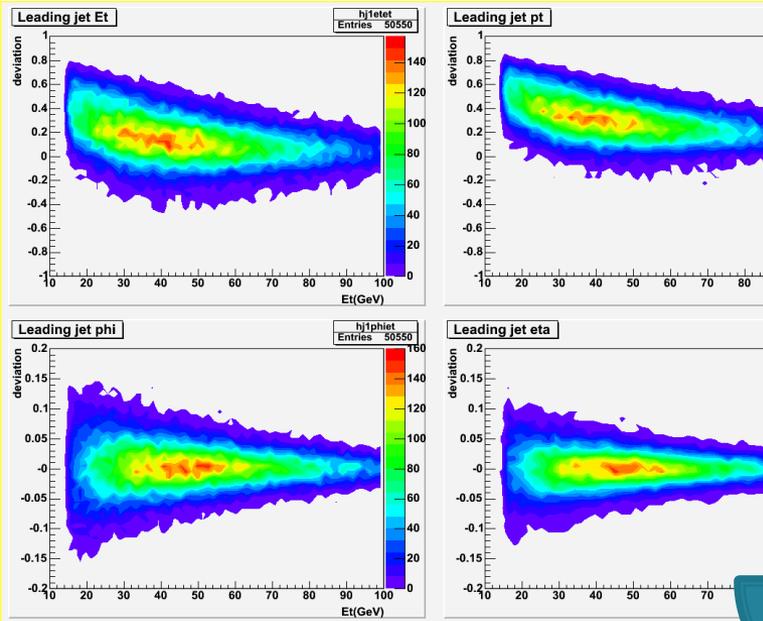
$$Et = \frac{E_{parton} - E_{jet}}{E_{parton}}$$



パラメータ化

エネルギー依存性

MCの結果



今のところの結果をいくつか

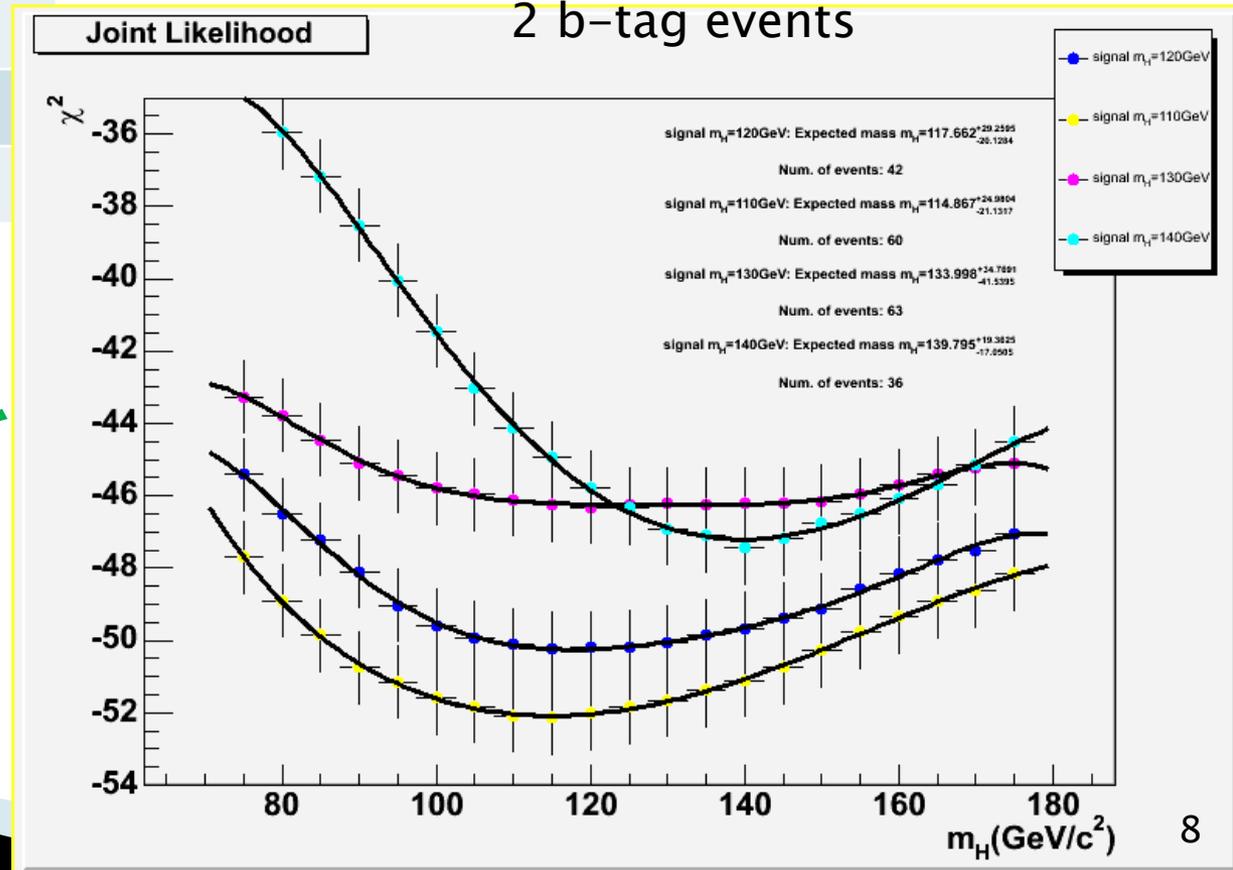
▶ $WH \rightarrow l \nu bb$ の解析

- ヒッグスの質量に対してどのようなふるまいをするのか？

ヒッグス質量 MC (GeV)	DLM期待値 (GeV)
110	114.8
120	117.6
130	133.9
140	139.8

▶ ヒッグス質量に対してかなり相関をもっている

Muon detected by CMUP
2 b-tag events

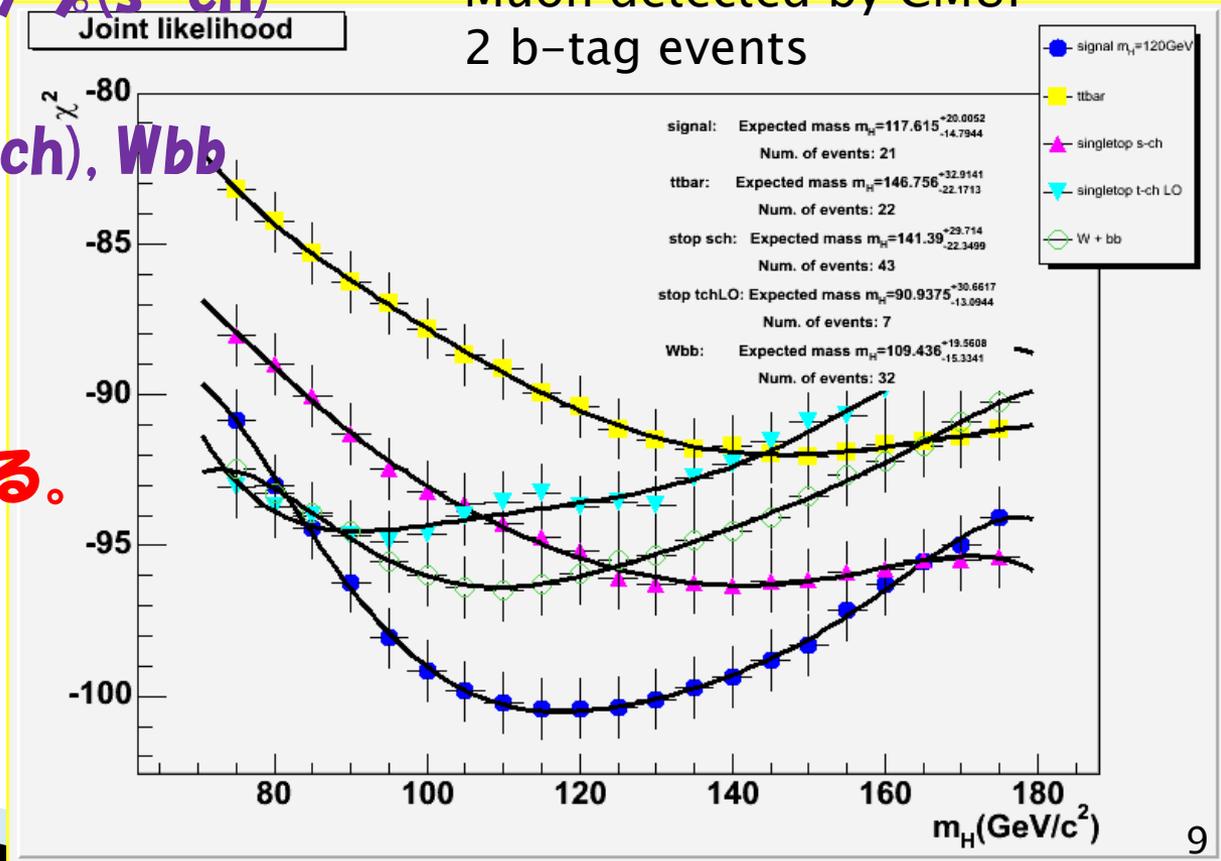


今のところの結果をいくつか

シグナルイベント、および主なバックグラウンドイベントのパフォーマンス

- シグナルモンテカルロ: $m_H = 120 \text{ GeV}$
- シグナルイベントの結果: 期待値 $m_H = 117.6 \text{ GeV}$ (21 イベント)
- ttbar, シングルトップ(s-ch) \Rightarrow 高い方へシフト
- シングルトップ(t-ch), Wbb \Rightarrow 低い方へシフト

Muon detected by CMUP
2 b-tag events



※うまく機能している。

拠点実習で何をやるか？

▶ $WH \rightarrow l \nu bb$

◦ $Plug\ region$ で測定された電子を持つイベントの解析

- 電子・ミッシング E_t のトランスファー関クションの作成
- シグナルイベント、バックグラウンドに対する性能評価
- データを用いて解析を行う

▶ $ZH \rightarrow qqbb$

◦ $ZH \rightarrow bbbb$ の解析

- Zから来るbジェット,Hから来るbジェットのトランスファー関クションの作成
- シグナルイベント、バックグラウンドに対する性能評価
- データ解析

◦ $ZH \rightarrow ccbb$ の解析

- Zから来るcジェットのトランスファー関クションの作成
- シグナルイベント、バックグラウンドに対する性能評価
- データ解析