

LHC-ATLASにおける $H \rightarrow WW \rightarrow l \nu qq$ 崩壊 モードによるヒッグス粒子の探索

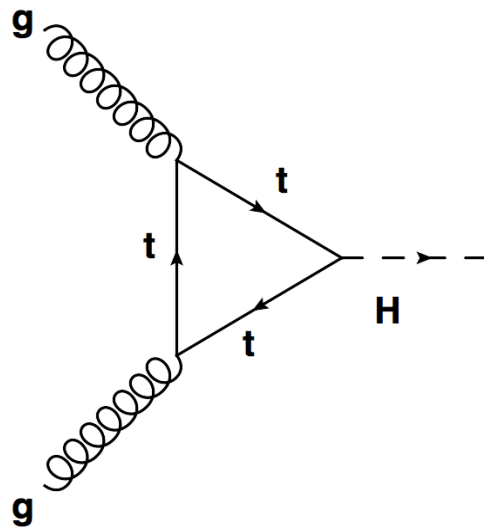
後藤嵩史、中村浩二^A、増淵達也^A
田中純一^A、浅井祥仁、小林富雄^A

東大理、^A東大素粒子センター

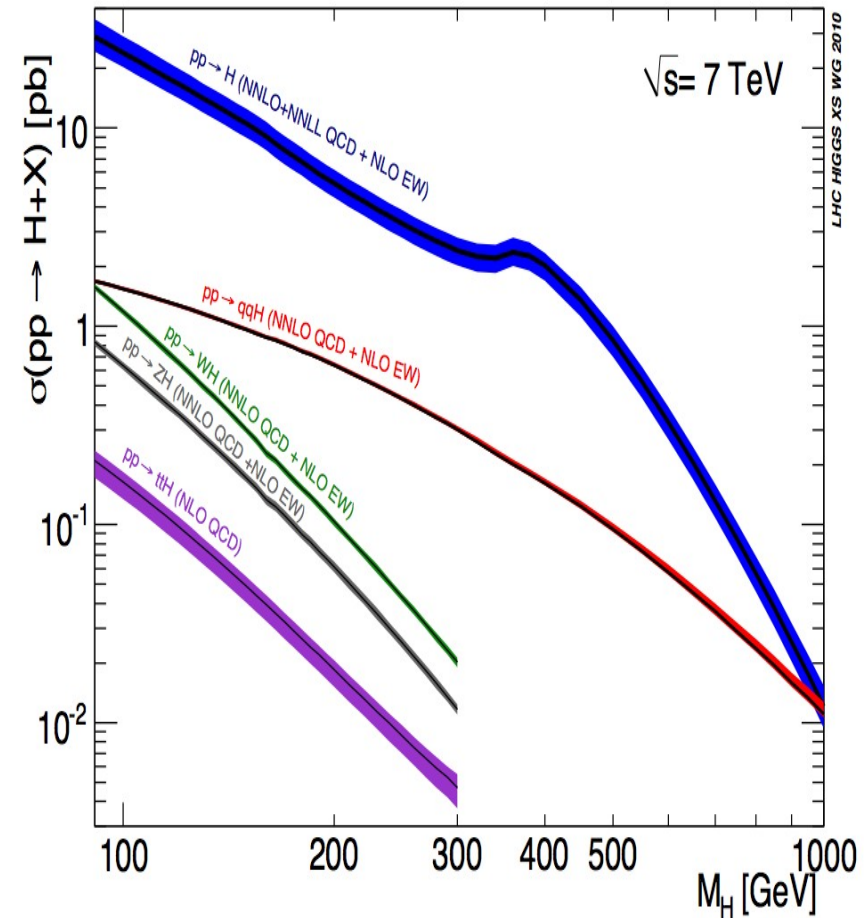
Introduction(ggF->H->WW->l ν qq)

H->WW->l ν qq 解析の特徴

Higgs 生成過程ではgluon-gluon Fusion (以下 ggF) が最も生成断面積が大きい (右図参照)。本研究はこのggFで生成されたHiggs粒子の解析を行う。



gluon-gluon Fusion process(ggF)



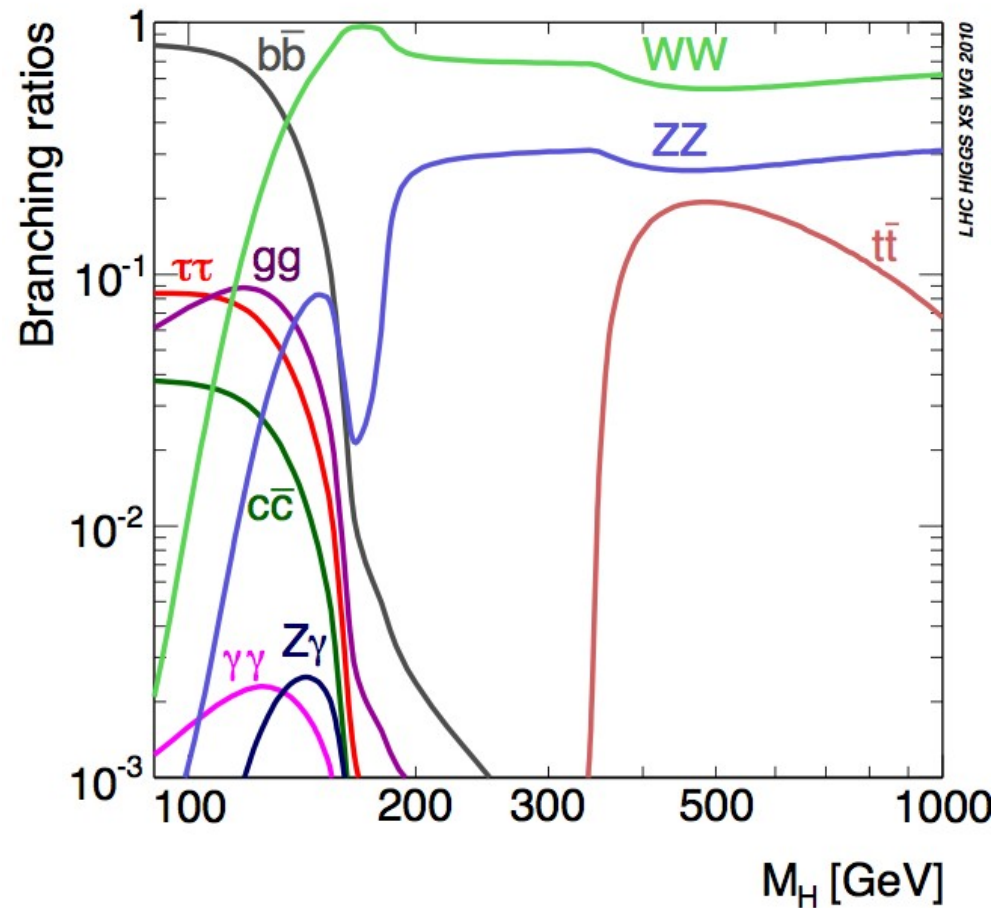
Introduction($ggFH \rightarrow WW \rightarrow l \nu qq$)

$ggF \rightarrow H \rightarrow WW$ の特徴

1. 質量の大きいHiggsの分岐比(以下BR)はWWへの崩壊率が最も大きい(左図参照)。

2. WのBRは約70%で2jetに崩壊する。従って $WW \rightarrow l \nu l \nu$ の4倍以上崩壊確率が大きい。

本研究ではグルーオンフュージョンで生成された、質量の重いヒッグス粒子(質量200GeV以上)に焦点を当て、ヒッグスの質量の再構成方法とBGの見積もり方法について議論する。



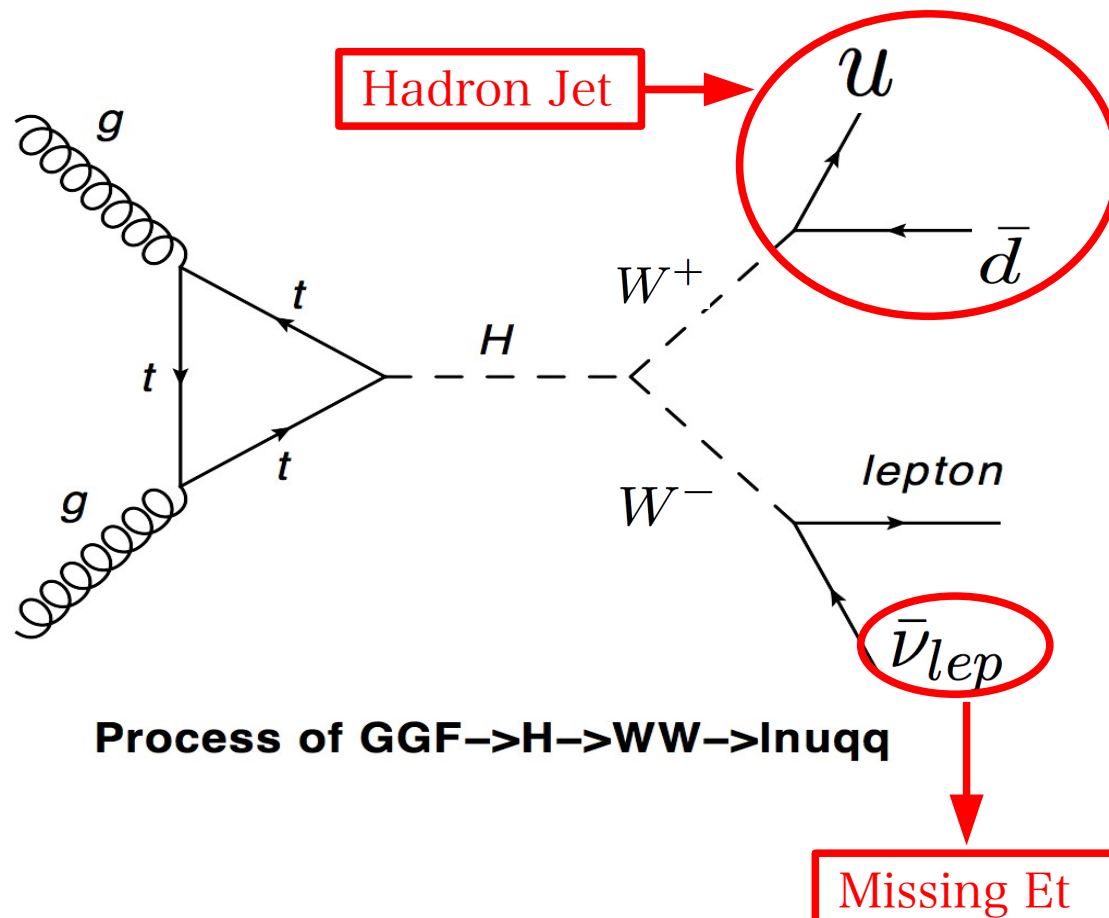
GGFH->WW->lnuqq イベントの特徴

H->WW->lnuqq イベントの特徴

1.最終的に放出される粒子は、二つのHadron jetと1レプトン、1ニュートリノ。

2.ニュートリノはATLAS検出器では直接は観測できないが、ニュートリノが1つしか放出されないトポロジーであるため、2成分(xとy成分)はMissing Et (以下MET)として検出することができる。但し、この段階ではz成分は測定できない。

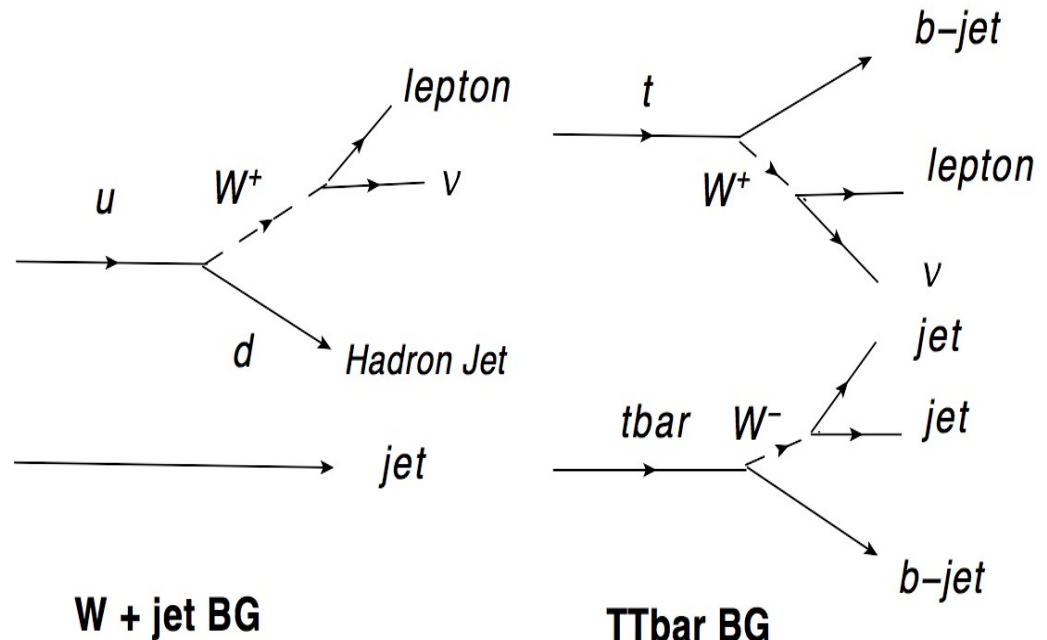
3.更にエネルギー-運動量保存則の方程式を解く事によって、ニュートリノの運動量のz方向成分も見積もる事ができ、最終的にヒッグスの質量を構成できる (後述)。



The Main Background of $l \nu qq$

$l \nu qq$ Backgroundの特徴

- 1.最も数の多いBGはW + jet、次いでTTbar BGが多い（右図）。
- 2.TTbar BGではトップクォークがbクォークへ崩壊する。この為b-jetの性質を利用して除去する事ができる (bjet-veto)。
- 3.W+jetのBGでは生成される粒子はSignalと同じなので、2jetからWBosonを再構成して、Wの質量でカットを掛けて落とす。



The main background of $l \nu qq$

Contents

- 本研究ではこの崩壊モードにおける二つの解析手法とその信頼性における議論を行う。
 - 解析アルゴリズム1 ニュートリノ運動量のz成分の決定
 - 解析アルゴリズム2 SignalとBGの見積もり

以上の結果を報告する。

解析アルゴリズム 1

ニュートリノのPzの決定

解析アルゴリズム1 (Neutrino P_z の決定)

- 1イベントにニュートリノ1つだけ生成される事を利用して、ニュートリノの運動量のz成分 (P_z^ν) の構成を図る。

その際に以下の仮定を用いる。

- 仮定1 ニュートリノの P_x 、 P_y はMETに現れているものとする。
- 仮定2 ニュートリノはon-shellのWボソンから崩壊したものとする。

$$E_\nu^2 = (P_T^\nu)^2 + (P_z^\nu)^2$$
$$M_W^2 = (E^{\text{lep}} + E^\nu)^2 - (P_T^{\text{lep}} + P_T^\nu)^2 - (P_z^{\text{lep}} + P_z^\nu)^2$$

未知数

→最終的に方程式は二次方程式となる。

解析アルゴリズム1 (Neutrino P_z の決定)

- 方程式から得られた解は、一般的に二種類存在する。
- 方程式の二つ解の内、絶対値を比較して

大きい方 Pz_large

小さい方 Pz_small

と定義する。

二次方程式なので解は二種類存在する。

$$P_z = \frac{(M_W^2 - M_l^2 + 2P_T^l \cdot P_T^{\text{miss}})P_z^l \pm \sqrt{D}}{2(E^{l2} - P_z^{l2})}$$

$$D = E^{l2} \{ (M_W^2 - M_l^2 + 2P_T^l \cdot P_T^{\text{miss}})^2 - 4(E_T^{\text{miss}})^2 (E^{l2} - P_z^{l2}) \}$$

- Pz_large と Pz_small の内、Monte Carlo (以下MC) の結果 (Truth情報) と比較して、MCに近い方の結果を採用する

Pz_large, Pz_small どちらが信頼できるか。

	H165GeV	H200GeV	H300GeV	H400GeV	H600GeV	H700GeV	H1000GeV
EventNumber	8701(100%)	9961(100%)	12369(100%)	13297(100%)	14087(100%)	14076(100%)	14007(100%)
解有り	6044(69%)	6921(69%)	9169(74%)	10144(76%)	10958(78%)	11065(79%)	10932(78%)
Large	2106(35%)	2555(37%)	3614(39%)	4095(40%)	4691(43%)	4723(43%)	4827(44%)
Small	3938(65%)	4366(63%)	5555(61%)	6049(60%)	6267(57%)	6342(57%)	6105(56%)
解無し	2657(31%)	3040(31%)	3200(26%)	3153(24%)	3129(22%)	3011(21%)	3075(22%)

解有り -> 二次方程式の解が存在したイベント数

Large -> 解が存在した場合、Pz_LargeがPz_SmallよりもTruthに近いPzのイベント数

Small -> 解が存在した場合、Pz_SmallがPz_LargeよりもTruthに近いPzのイベント数

Pz SmallがよりTruthのPzに近い値を再現している。

解析アルゴリズム1 (Neutrino P_z の決定)

- 更に方程式の解が存在しない場合、方程式の解の実部のみを採用する。

方程式の解の実部のみ (以下 Pz_real) を採用する。

検出器の分解能 (Resolution) から根号内が負になる事がある。

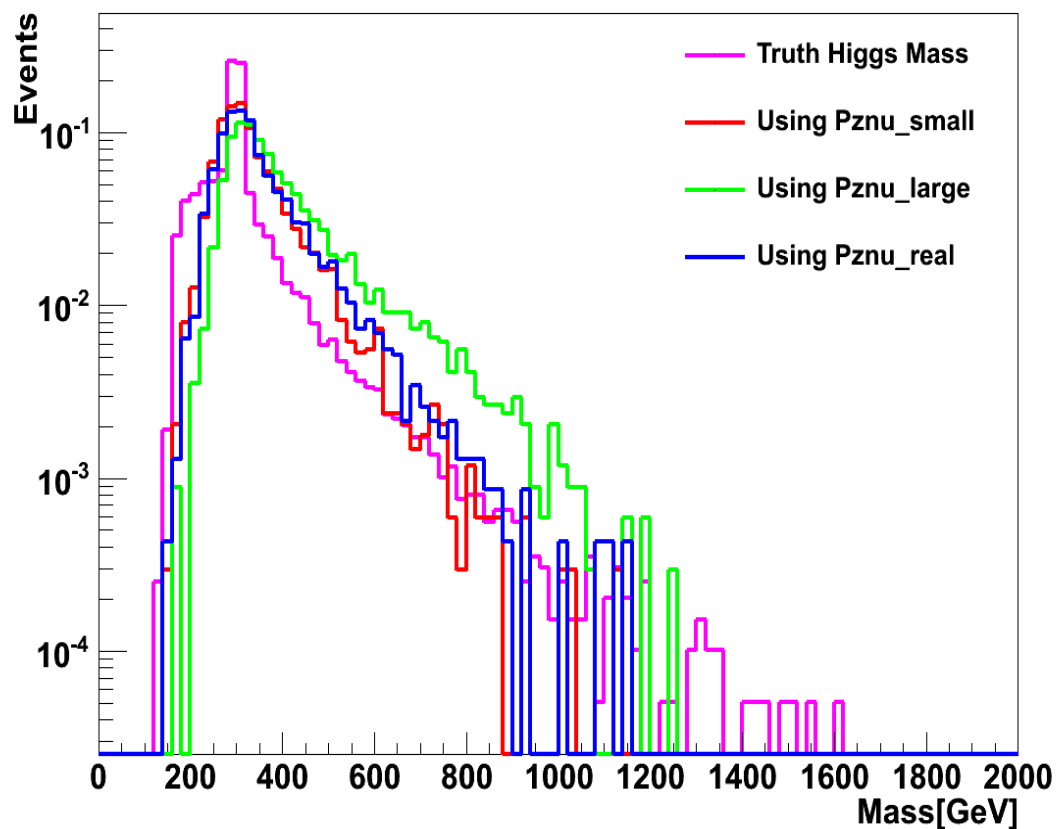
$$P_z = \frac{(M_W^2 - M_l^2 + 2P_T^l \cdot P_T^{\text{miss}})P_z^l \pm \sqrt{D}}{2(E^{l2} - P_z^{l2})}$$

最終的に方程式を解くと、ニュートリノの P_z の候補として Pz_small 、 Pz_large 、 Pz_real の三種類が存在する。
→MCの P_z に最も近い値の P_z を採用する

Higgs Mass の再現性

- 方程式から求めたニュートリノのPzはHiggs Massの構成にどう影響するか。

H300GeV



方程式を解くと、
1. 解が有る場合
Pznu_small
Pznu_large
2. 解が無い場合
Pz_real

の三通りのPzを用いてHiggs Massを構成できる。

→それぞれでどの様な違いがあるかを調べる。

分布をガウス関数でフィットし、そのMeanを比較

Mass of Higgs

- サンプル毎に、Pznu_small、large, real-partから構成したHiggs Massを比較

Sample	Mean(Truth)	Mean(Small)	Mean(Large)	Mean(Real)
Higgs165GeV	172.1	177.3	185.1	178.8
Higgs200GeV	198.3	204.4	215.5	211.6
Higgs300GeV	298.8	299.6	319.3	303.8
Higgs400GeV	396.2	399	422.4	401.5
Higgs600GeV	564.4	569	603.7	562.4

Fit MeanはHiggs Massをガウス関数でFitして得られたMean。

比較的Pz_smallとPz_real partから構成されたHiggs MassはうまくHiggsの質量を再現している。

→今回の解析では、
Pz_smallとPz_real-partの二種類を解析に使用した。

解析アルゴリズム 2

Signal と BackGround の見積もり

Event Selection($H \rightarrow WW \rightarrow l \nu qq$)

- Trigger, Vertex Requirement($n_{\text{Tracks}} \geq 3$), Event Cleaning
- One high-pt isolated lepton
- Missing $E_t > 30\text{GeV}$ (QCD Cut)
- Number of Jets ≥ 2
- Jet Pt Cut (Jet1 Pt $> 30\text{GeV}$ && Jet2 Pt $> 30\text{GeV}$)
- bjet-veto (TTbarのbjet-veto)
- $|W_{jj-80}| < 20\text{GeV}$ (W_{jj} のセレクション)

Monte Carlo Sample and Cross Section

- 本研究では以下のサンプルを使用した.

Signal Sample	Cross Section[pb]
ggF->H200->WW->lvqq(Pythia)	1.29
ggF->H300->WW->lvqq(Pythia)	0.59
ggF->H400->WW->lvqq(Pythia)	0.5
ggF->H600->WW->lvqq(Pythia)	0.08

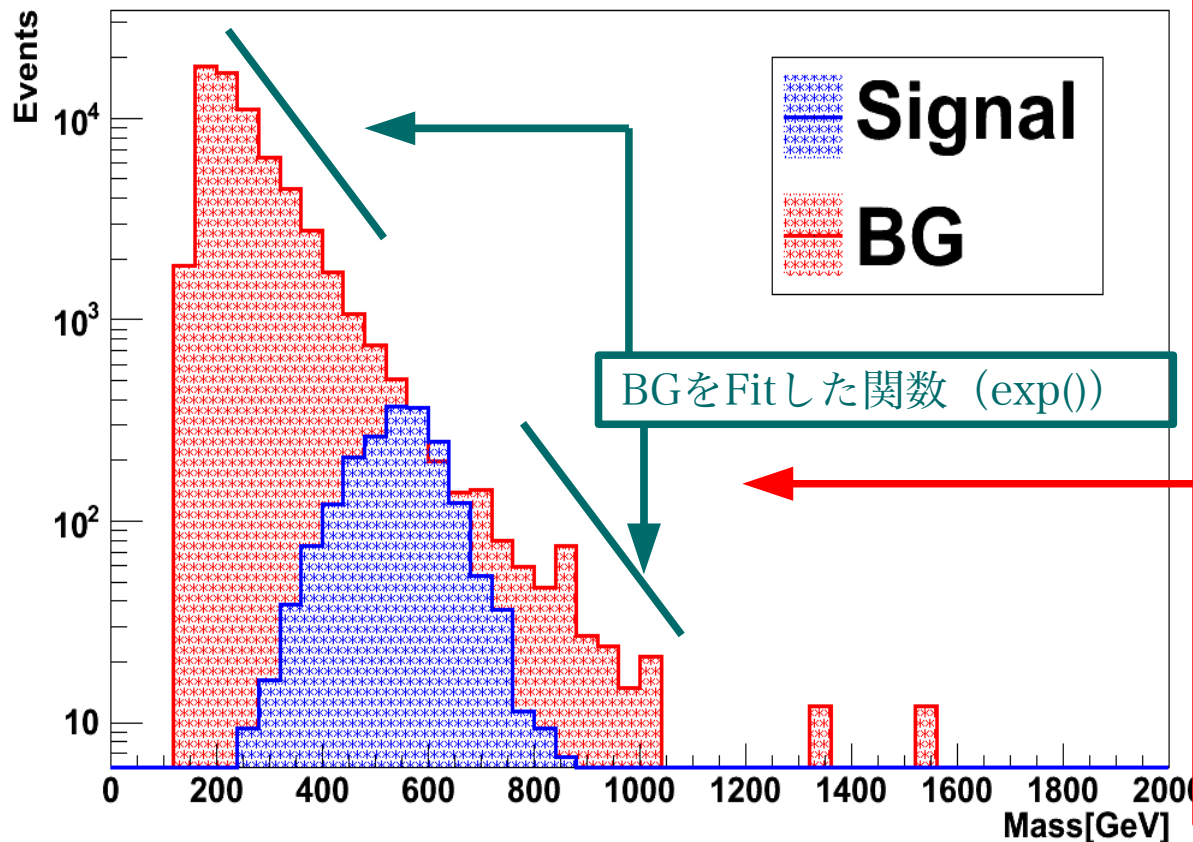
Background Sample	Cross Section[pb]
Ttbar(MC@ NLO)	86.62
W->ev + jet (Alpgen)	10459.8
W-> $\mu\nu$ + jet (Alpgen)	10470.95

※ttbarはall hadronic channelを除いたもの

解析アルゴリズム2 Signal と BGの見積もり

- Background (以下BG) をexpでフィットする。

Higgs Candidate Signal(600GeV) and BG



1. Higgsが存在すると仮定する領域(シグナル領域)をはずして、観測した分布をexponentialでフィットする。

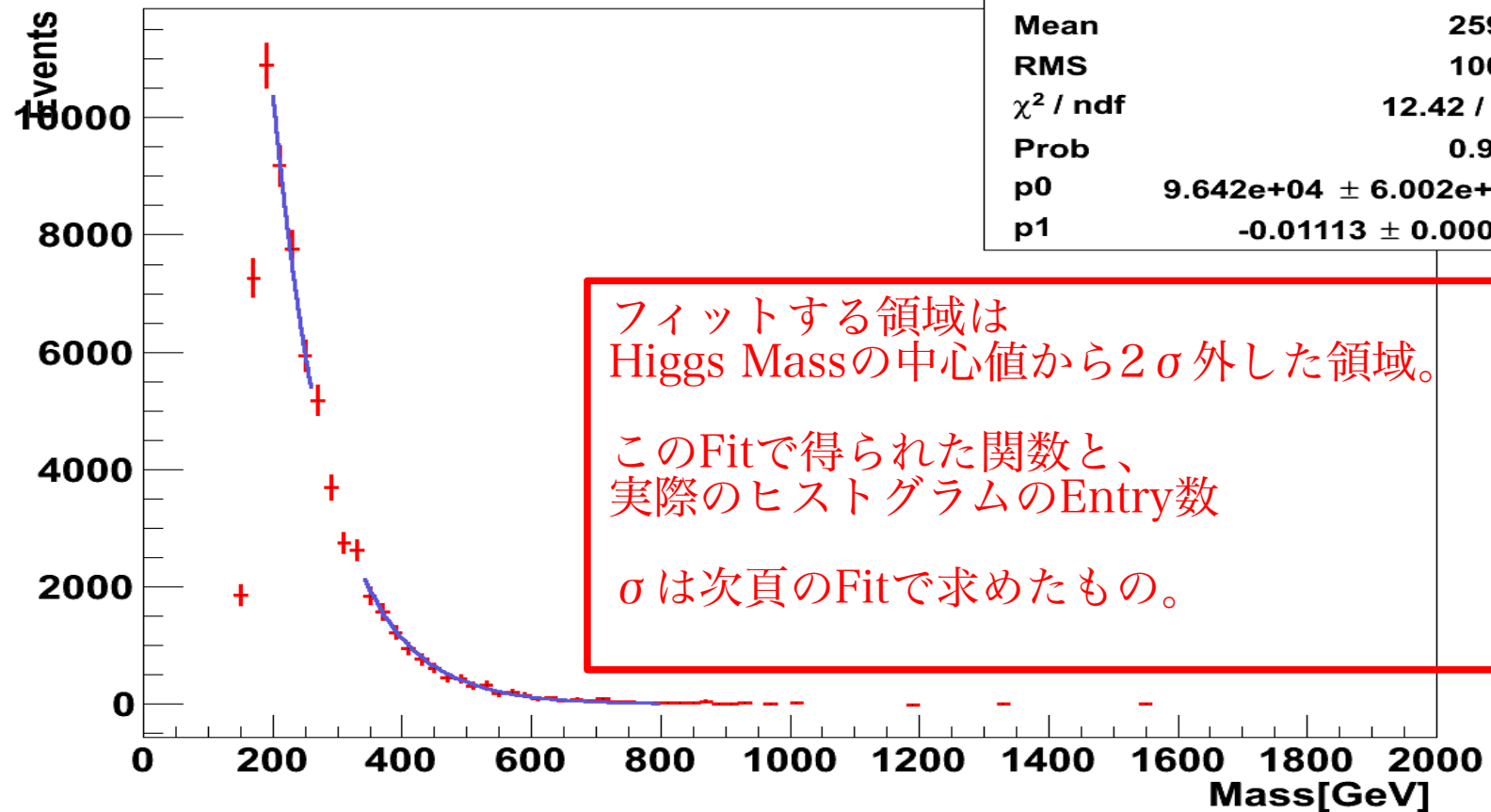
2. フィットして得られた関数からシグナル領域でのBG量を見積もる。
→ "シグナル領域の全数-見積ったBG数"がシグナル数に相当する。

今回はMCのみで、見積ったシグナル数と実際のシグナル数を比較して、この手法の正当性をチェックした。

※Signalは誇張して描かれています

Higgs Mass Fit (実際のFit)

Higgs Candidate SB Fit(300GeV)



Higgs_Mass_Final

Entries	8098
Mean	259.8
RMS	100.5
χ^2 / ndf	12.42 / 22
Prob	0.948
p0	$9.642\text{e}+04 \pm 6.002\text{e}+03$
p1	-0.01113 ± 0.00019

フィットする領域は
Higgs Massの中心値から 2σ 外した領域。

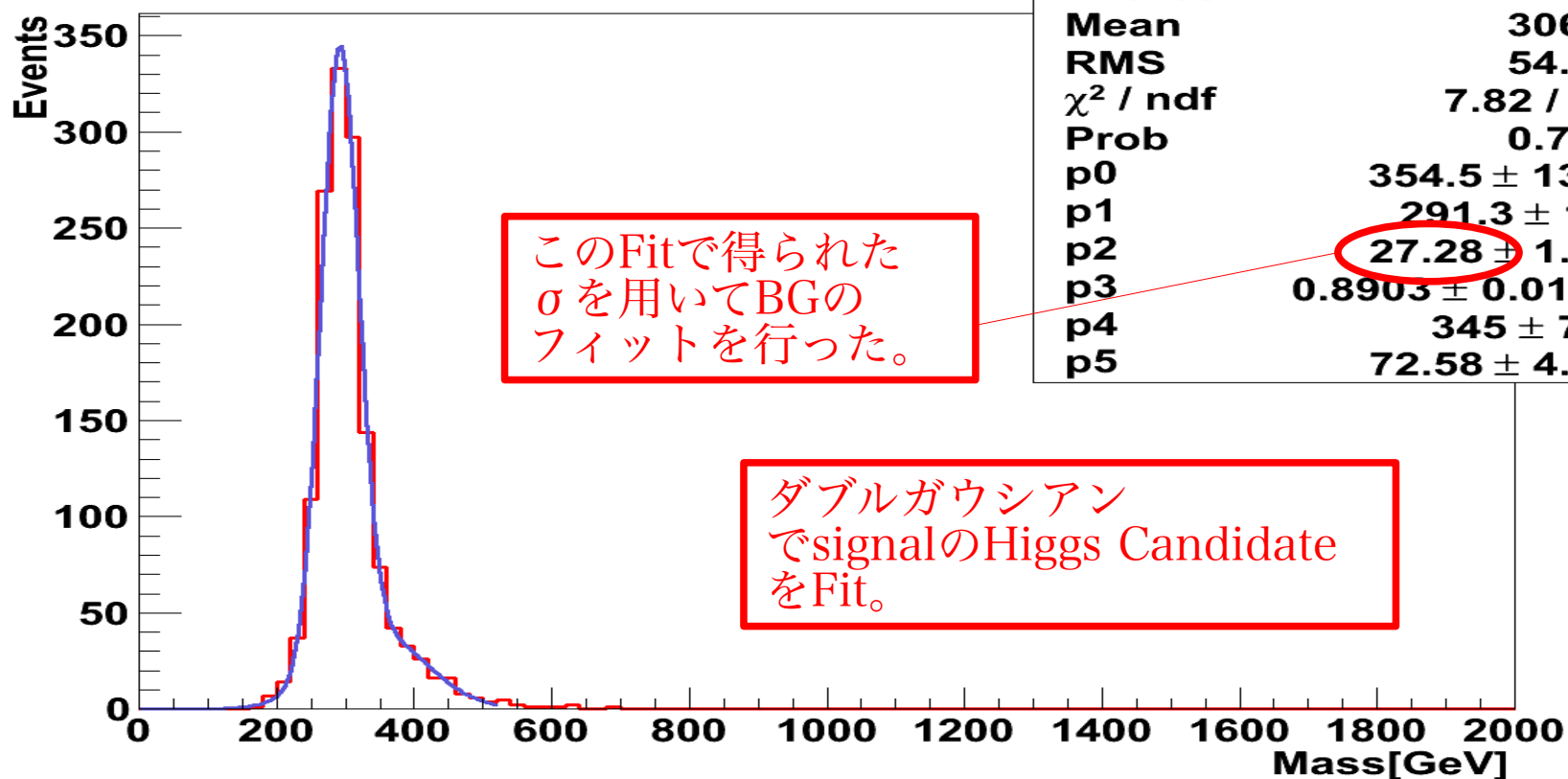
このFitで得られた関数と、
実際のヒストグラムのEntry数

σ は次頁のFitで求めたもの。

Higgs σ の決定 (実際のFit)

- 構成されたHiggsはTailを引いているのでダブルガウシアンでフィット。

H300GeV Final(Fit 0-520)



このFitで得られた
 σ を用いてBGの
フィットを行った。

ダブルガウシアン
でsignalのHiggs Candidate
をFit。

Higgs Mass Fit

Signal=1*Cross Section

Mass	Bin	Func	Bin - Func	Signal	Prob
H200	80559.9	81895.8	-1335.86	296.15	0.82
H300	57025.9	56620.3	405.55	413.79	0.95
H400	18485.1	18816.1	-331.03	466.53	0.67
H600	3242.75	3117.46	125.29	70.5	0.72

Signal=5*Cross Section

Mass	Bin	Func	Bin - Func	Signal	Prob
H200	81744.5	82197.2	-452.68	1480.77	0.81
H300	58681.1	56823.3	1857.75	2068.96	0.95
H400	20351.2	19095.5	1255.74	2332.63	0.7
H600	3524.74	3184.39	340.35	352.5	0.66

Bin-Funcから出した値と実際のシグナルの個数は比較的近い値を算出している。
-> 今後、観測数、期待数(BG, sig)からLimitを算出する予定。

※積分ルミノシティ 1fb^{-1} で規格化した値。

Conclusion and Plans

- 結論

- ggF- \rightarrow H- \rightarrow WW- \rightarrow l ν qqの解析において Higgs Massの再構成アルゴリズムとその有用性を研究した。
- BGの見積もりから、Higgsの発見のアルゴリズムを研究した。

- 今後

- この手法を詳細にチェックして、系統誤差を評価する。
- 今回の解析手法を2010年のデータへ適用する。
- DataとMCの比較を行う。
- Higgs粒子発見のSensitivityの算出。