



# LHC-ATLAS実験における 多変量解析によるZ粒子 $\tau$ レプトン対崩壊の研究

日本物理学会第67回年次大会@関西学院大学  
27pFA-5  
2012 Mar 27<sup>th</sup> Tue. 14:30(JST) -



望月一也、金信弘，受川史彦，原和彦，埴慶太  
筑波大学数理物質科学研究科



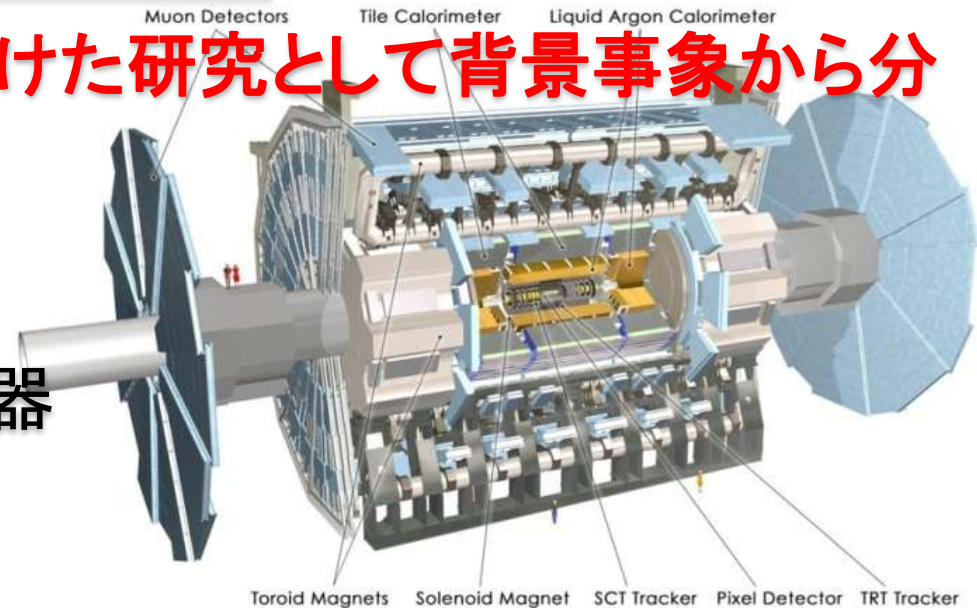
- ヒッグス粒子探索, BSM(SUSY, 余剰次元)
- 陽子・陽子衝突型円形加速器
- $\sqrt{s} = 7 (14) \text{ TeV}$
- $L = 3.6 \times 10^{33} (1.0 \times 10^{34}) \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$



## Contents

目的: ヒッグス粒子探索に向けた研究として背景事象から分離して、 $Z \rightarrow \tau_e \tau_\mu$  を観測する

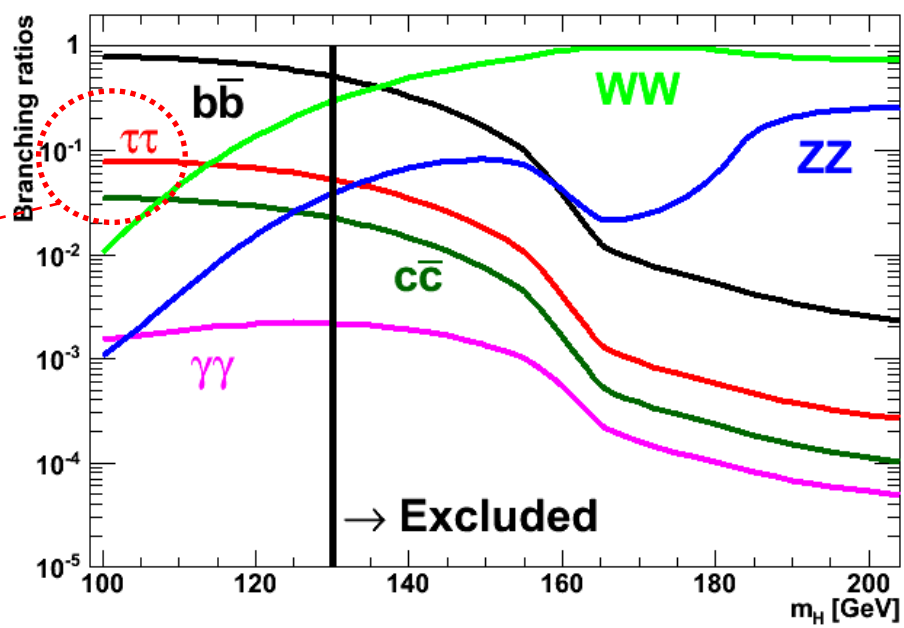
- ヒッグス粒子
- 横方向衝突径数  $d_0$
- 多変量解析 (MVA) と分類器
- 結果
- Summary



# Higgs & Leptonic $\tau$ ID

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow XX$	BR	notes
$hh$	4/9	QCD BG dominant
$lh$	4/9	High stat, less BG than $hh$
$ll$	1/9	The most clean channel

Branching ratio of the SM Higgs boson

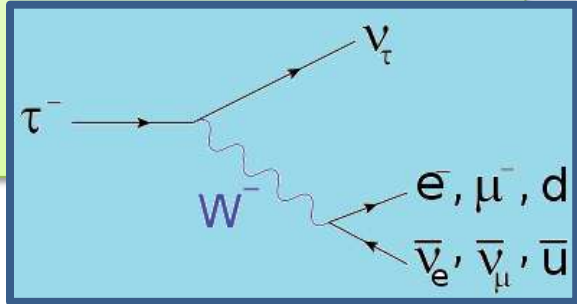


## $\tau$ 粒子

- $m_\tau = 1.777$  GeV
- Branching Ratio
  - ✓ 1/6  $\rightarrow \nu_\tau \nu_e e$
  - ✓ 1/6  $\rightarrow \nu_\tau \nu_\mu \mu$
  - 2/3  $\rightarrow$  hadronic decay

Lifetime:  $c\tau = 87.11 \mu\text{m}$  boost  $\sim 2$  mm ( $p_T^\tau \sim 50$  GeV)

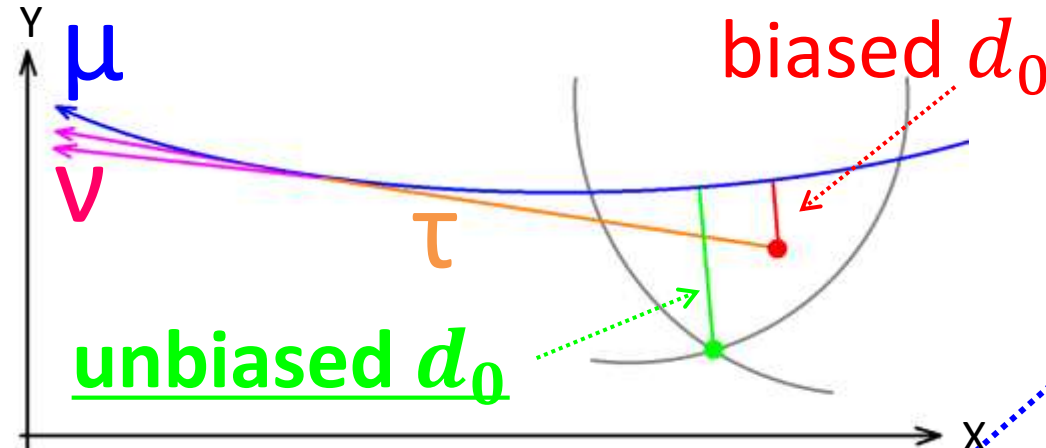
これを用いて prompt lepton と判別できないか!?



ATLASではカットベースの  $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll$  が評価されており、多変量解析 (MVA) を用いた方法も検討されているが  $\tau$  の lifetime 情報は使われていない。lifetime 情報を入れた多変量解析で S/B 向上を目指す。

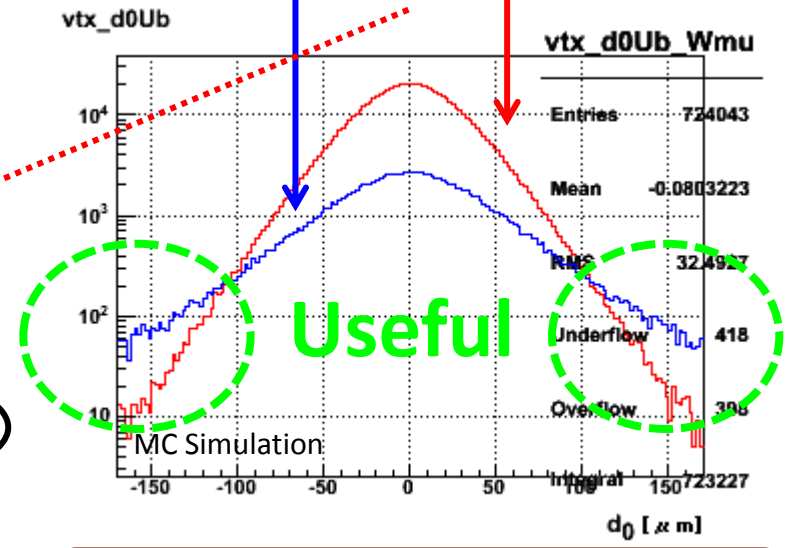
# Transverse impact parameter $d_0$

定義：横平面上での飛跡と衝突点の最近接距離

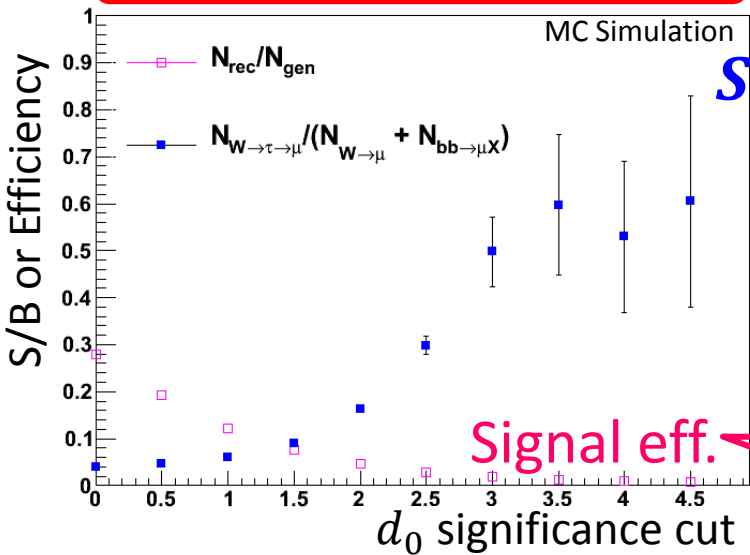


$W \rightarrow \tau\nu \rightarrow \mu\nu\nu$

$W \rightarrow \mu\nu$



カット変数としての  $d_0$



improved

too low

unbiased  $d_0$  significance をカット変数として用いる

# Analysis Flow

1. 2011 full dataset (4.66 fb-1)
  2.  $N_e = N_\mu = 1$
  3. MVA分類器のトレーニング(6つのBGを仮定)  
次ページに示す  $E_T^{miss}$ ,  $m_{e\mu}$  など様々なKinematic variablesを使用
  4. Isolation requirements
  5.  $Q_\mu \times Q_e = -1$
  6. MVAの出力値を全イベントに持たせる
  7. MVA出力値によるセレクション
- MVAに $d_0$ を用いる前後での結果を比較

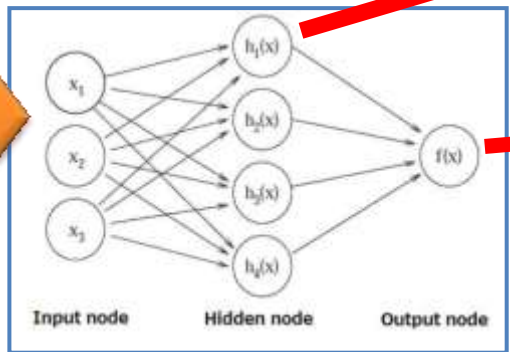
分類器はMLP、TMLP、BDTを比較検討中

# MLP と入力変数

## Multi-Layer Perceptron ∈ Artificial Neural Networks

### 入力変数

- $E_T^{miss}$
- $p_T^\mu$
- $p_T^e$
- $m_{e,\mu}$
- $\Delta\phi_{e,\mu}$
- $\Delta\phi_{\mu,E_T^{miss}}$
- $\Delta\phi_{e,E_T^{miss}}$
- $m_T(\mu, E_T^{miss})$
- $m_T(e, E_T^{miss})$
- Isolation
- $d_0^\mu$



$$h_j(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_i u_{ij} x_i)}$$

Training によって決定される Weight

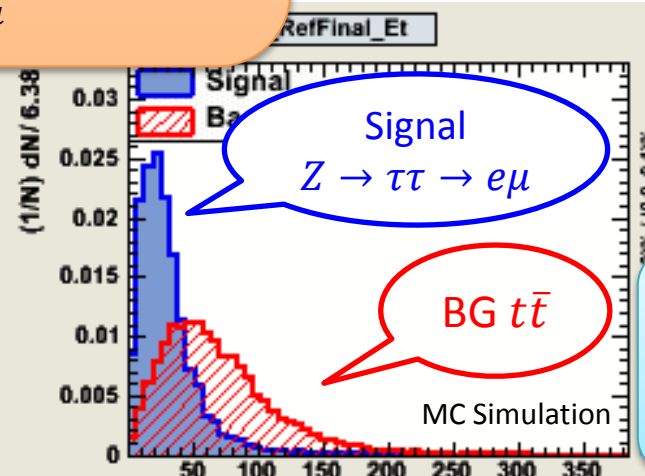
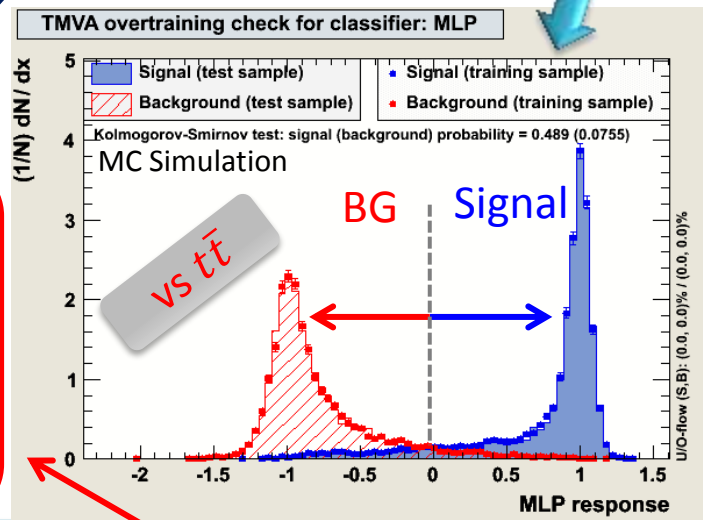
$$f(x) = \sum_j v_j h_j(x)$$

$$E = \frac{1}{2} (f(x) - t)^2$$

実際 の 出力 値

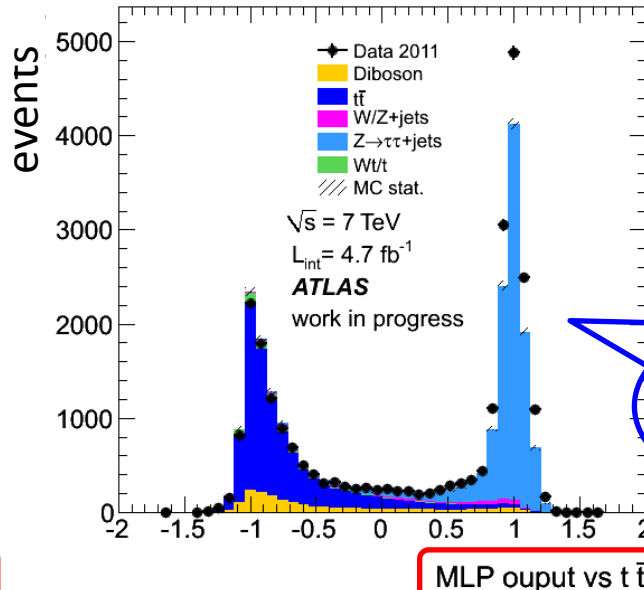
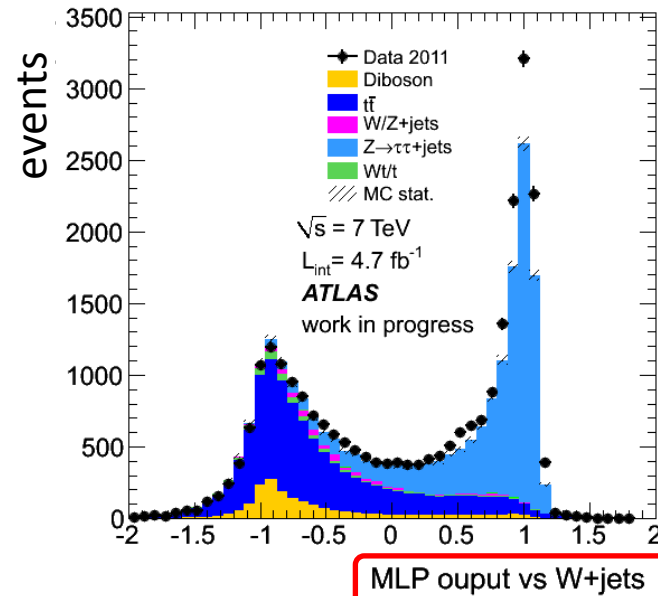
E を 最小 化 する よう に t が 決定

- $t\bar{t}$
- $b\bar{b}$
- Diboson
- W+jets
- Z+jets
- QCD dijet



- 10,000 事象の訓練を6種類のBGそれぞれに行う
- 訓練で得られた結果をすべての事象に適用
- すべての事象が6つの出力値を持つ

# MLP 出力値

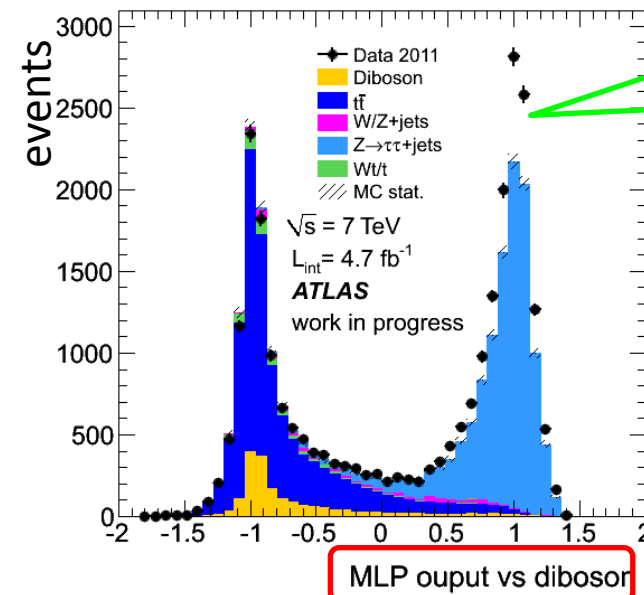
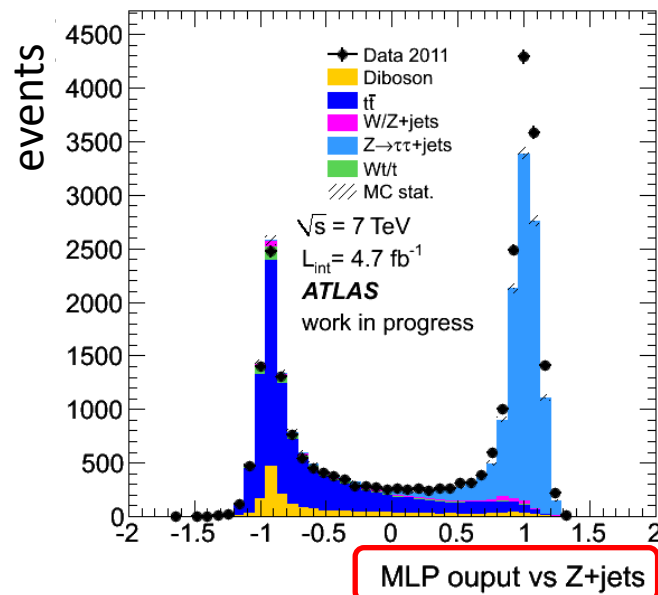


## 事象選別

- $N_{\mu} = N_e = 1$
- Isolation for e,  $\mu$
- $Q_{\mu} \times Q_e = -1$

Signal  $\rightarrow +1$   
BG  $\rightarrow -1$   
よく分離されている

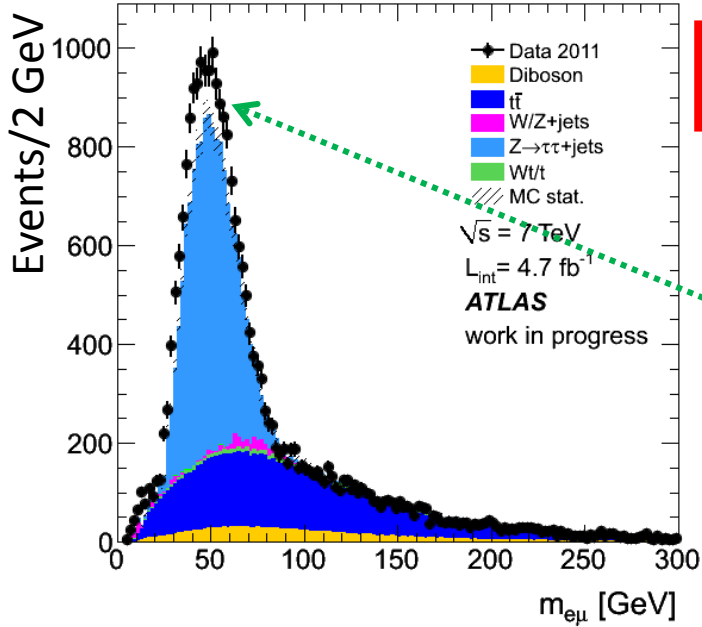
MCで見積もりきれないBGが存在



仮定した背景事象に対する出力値が正となるイベントのみ選択する

# 結果

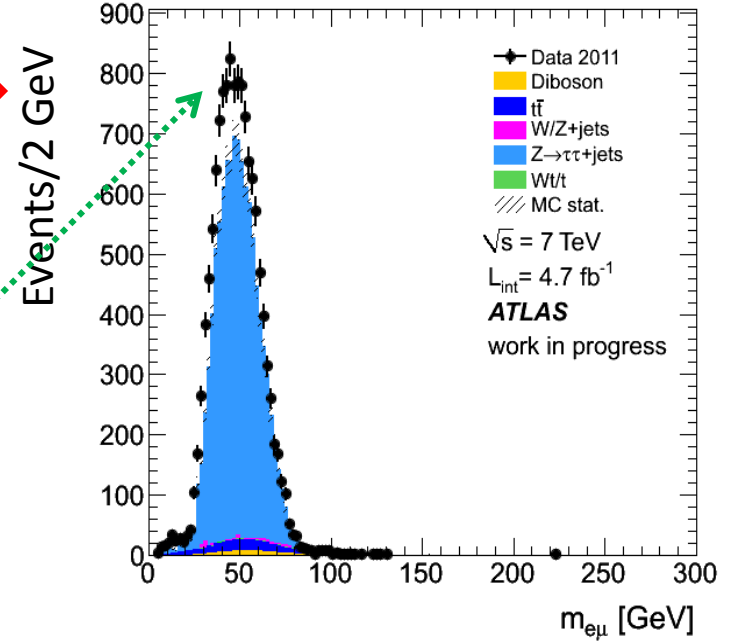
Before MLP coincidence



MLP( $d_0$ あり) > 0

Multijet やその他から  
来るfakeはEstimateさ  
れていない

After MLP coincidence



Number of events	Before MVA	MLP w/o $d_0$	MLP w/ $d_0$
MC Ztautau expectation	11218	9729	9836
MC other BG expectation*	11846	768	732
S/B	0.946	12.7	13.4

\*QCD BGの評価は含まない

$d_0$ によりS/Bは約6%向上した



## Conclusion

$d_0$ を用いた多変量解析を新たに導入し $Z \rightarrow \tau_e \tau_\mu$ と背景事象の分離を評価した

- $d_0$ を組み込まない場合よりS/Bが約6%向上し、また期待できる背景事象分離能力が得られた(QCDは未評価)。

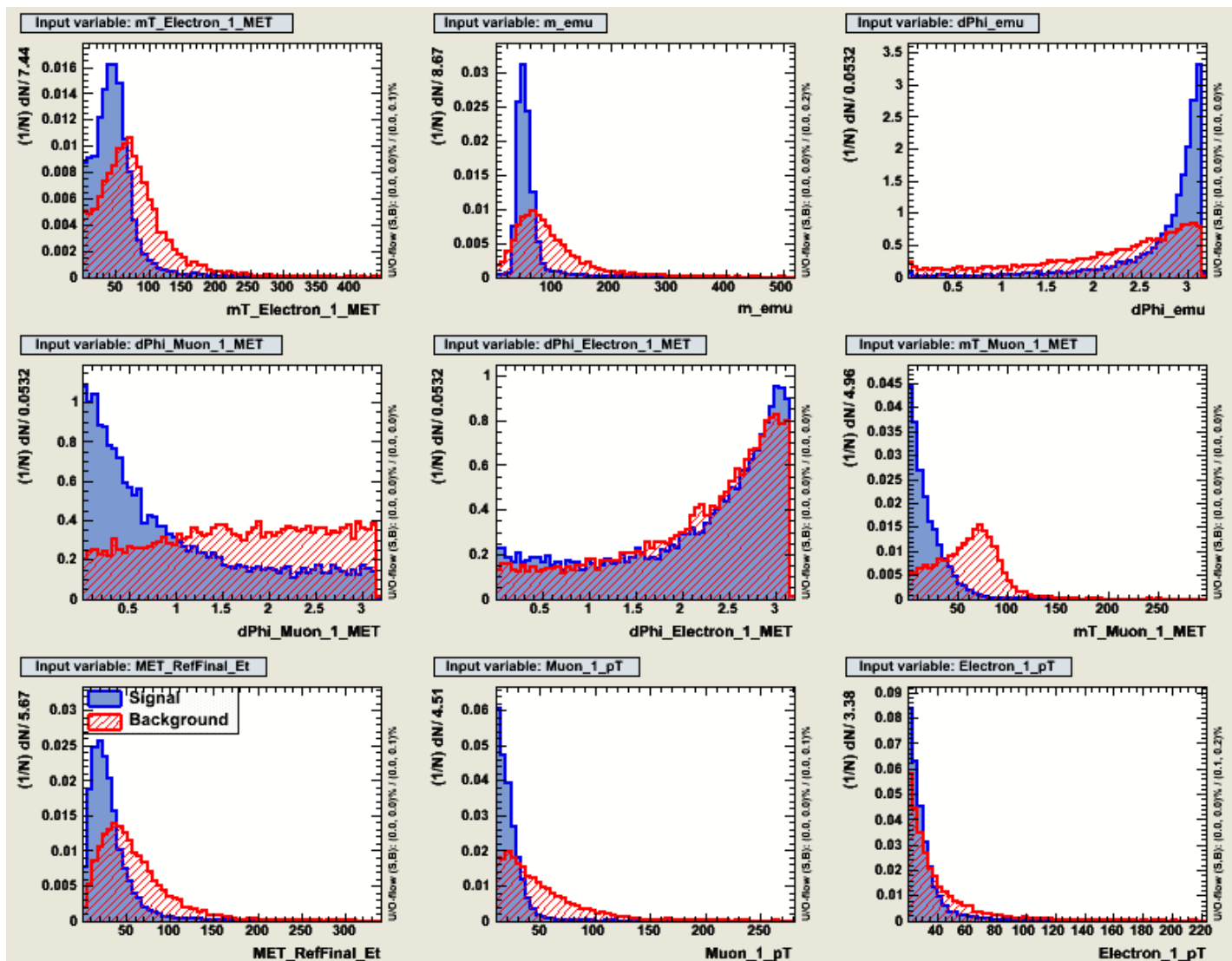
## Plan

- Dataを用い、QCDから来るBG Expectationを進行中
- 本解析をHiggs粒子探索に適用
  - Higgs MCをsignalとしてトレーニング→カット解析との比較
- 最終判別を最適化
- 過訓練など、解析条件の最適化

ありがとうございました

**BACKUP SLIDES**

# MVA input variables distribution



vs  $W+jets$

Input variable distributions except  $d_0$  and isolation.