

# **ILC実験における余剰次元模型の 右巻きニュートリノに関する測定精度 の評価**

**東北大理 齋藤智之**

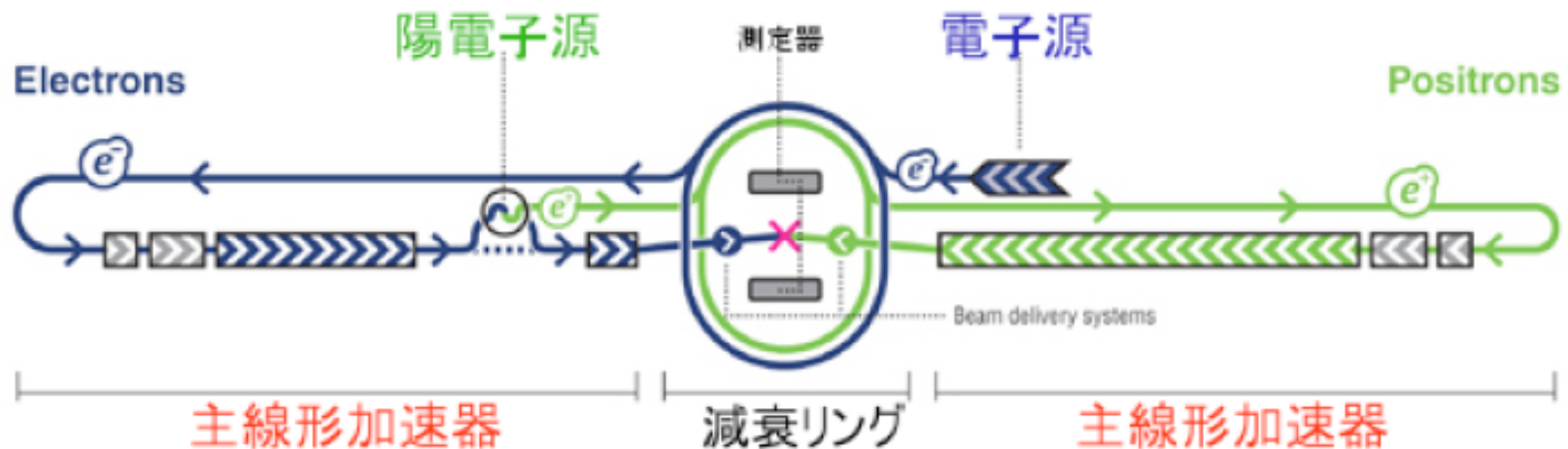
**東北大理、阪大理、京大理、KEK  
田窪洋介、鍋島偉宏、波場直之、藤井恵介、  
松本重貴、山本均、吉岡興一**

2009年日本物理学会

# ILC計画

## 電子・陽電子衝突器

- ▶ 全長 : 約 31 km
- ▶ 重心エネルギー : ~500 GeV
- ▶ 積分ルミノシティ(4年間) : 500 fb<sup>-1</sup>
- ▶ 測定器案 : ILD, SiD, 4th
- ▶ 2012年、工学設計書提出



クリーンな環境で精密な解析が行える

# 右巻きニュートリノ $N$ in 余剰次元モデル

なぜSMの  $\nu$  は軽いのか？

シーソー機構により説明可能

重すぎる！

SM の  $\nu$  に加えて右巻き  $N$  を導入

$N$  の質量：  $M$

$\nu$  の質量：  $\frac{v^2 y^2}{2M} \simeq 0.1 eV$

$\left[ \begin{array}{l} y : \text{湯川カップリング} \\ v : \text{真空期待値} \end{array} \right]$

・  $y = 1$  のとき  
→  $M = 10^{14} \text{ GeV}$

・  $M = 10^2 \text{ GeV}$  のとき  
→  $y = 10^{-6}$

反応弱すぎる！

**$N$  は観測できない!** <sup>3</sup>

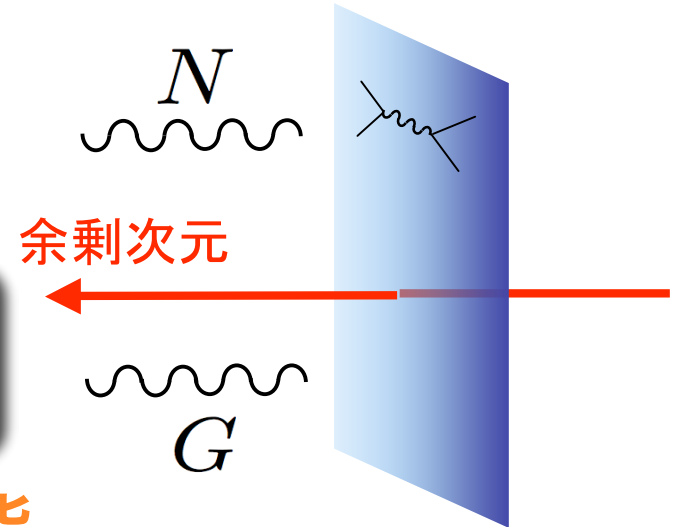
# 右巻きニュートリノ in 余剰次元モデル

余剰次元を1つ導入すると

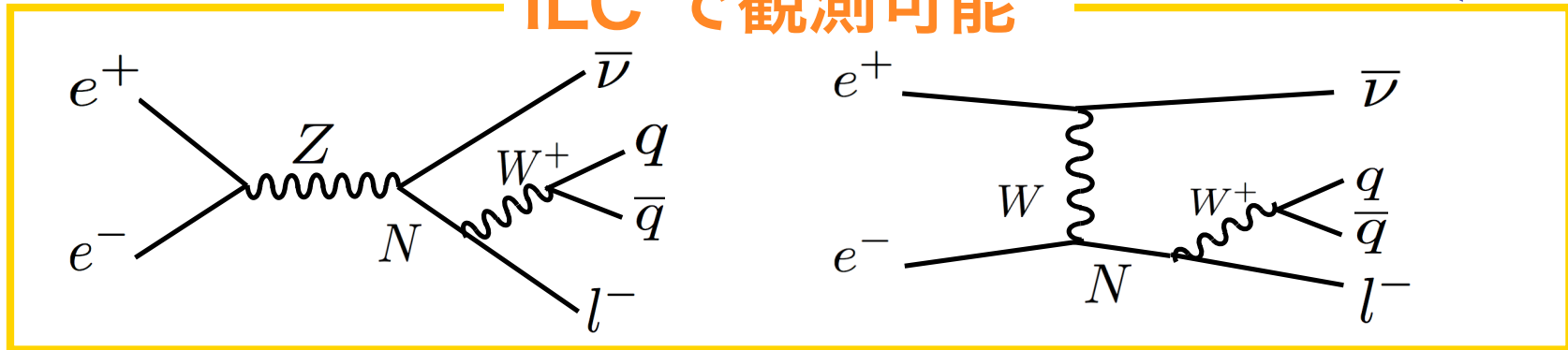
$$\begin{cases} y \simeq 0.1 \\ M \simeq 100\text{GeV} \end{cases}$$

$N$  は標準理論のレプトン、ゲージボソンと相互作用する

$N$  は余剰次元を移動可



ILC で観測可能



余剰次元の存在、シーソー機構の解明

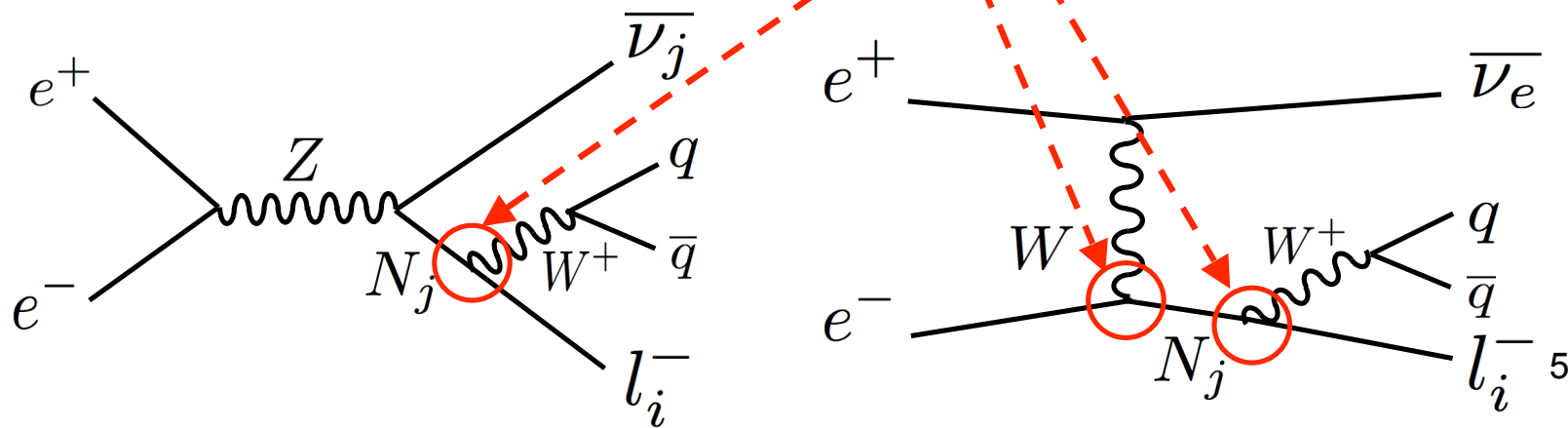
# 本研究の目的

## 本研究の目的

ILCにおける余剰次元模型の  
右巻きニュートリノの測定精度の評価

## 解析過程

$N \rightarrow$  マヨラナ 粒子, フレーバー 3 種類  
質量 100 GeV  
MNS行列によりフレーバ変換可能

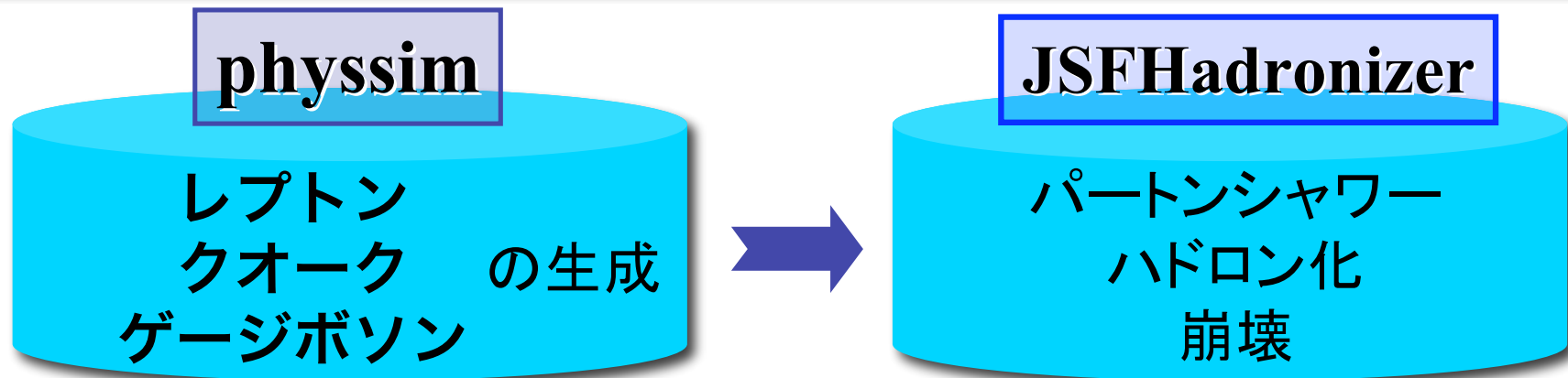


# 解析

## 解析の流れ

- 1、イベントジェネレータの作成
- 2、シミュレーション
- 3、物理事象の再構成
- 4、バックグラウンドの除去
- 5、信号有意度の評価

# イベントジェネレータ



## ▶ 計算の流れ

ヘリシティ振幅の計算

$$M_{fi} = \langle p_f, s_f | \hat{M} | p_+, s_+; p_-, s_- \rangle$$

微分反応断面積を計算

$$d\sigma = \frac{1}{2s\beta_e} \sum_{s_+, s_-, s_f} w_s^+ w_s^- |M_{fi}|^2 d\Phi_n$$

微分反応断面積を位相空間で積分し反応断面積を求める



# シミュレーション

ILDのファストシミュレータ使用

重心エネルギー : 500 GeV

$N$ の質量 : 100 GeV

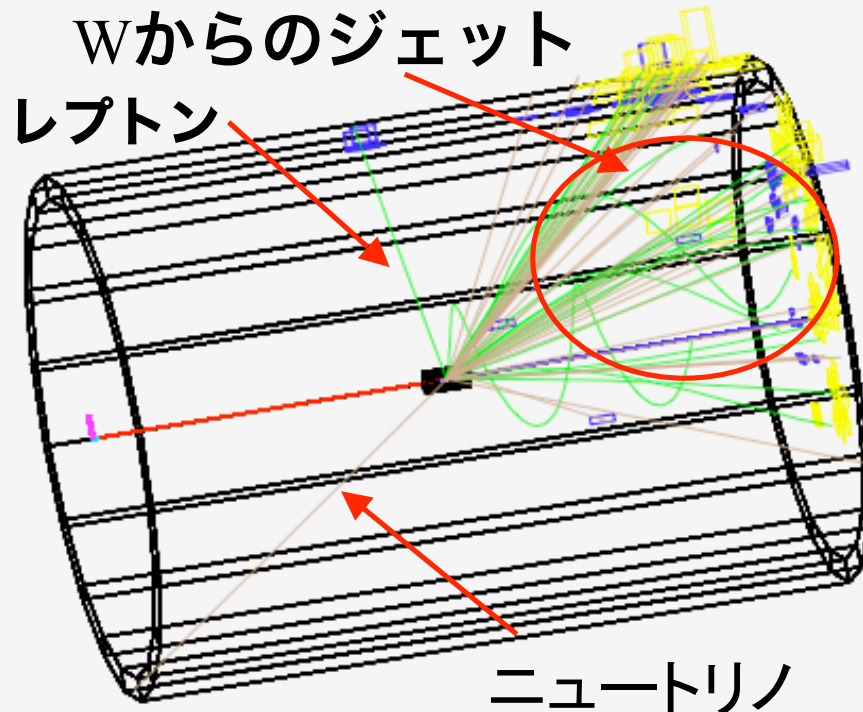
ルミノシティ : 500 fb<sup>-1</sup>

beamstrahlung & ISR : あり

$$e^+ e^- \rightarrow \bar{\nu}_i N$$

$$N \rightarrow W l_j$$

$$i, j = (e, \mu, \tau)$$



$\bar{\nu}_i$	$l_j^-$	反応断面積 (fb)	物理事象の数
$e$	$e$	13.45	6745
	$\mu$	9.57	4784
	$\tau$	21.44	10720
$\mu$	$e$	0.01	6
	$\mu$	0.07	33
	$\tau$	0.01	6
$\tau$	$e$	0.08	57
	$\mu$	0.43	216
	$\tau$	0.08	40

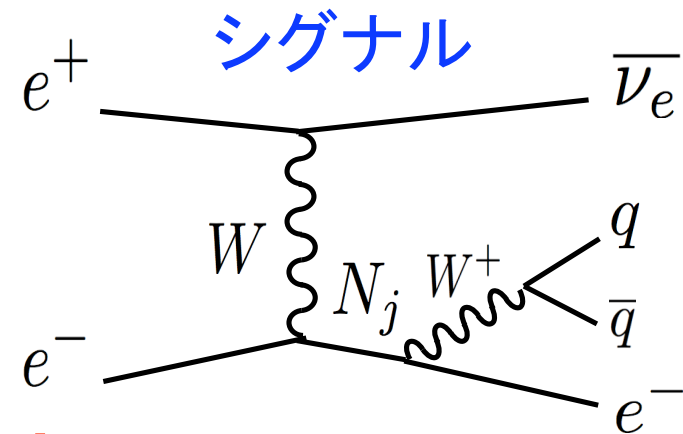
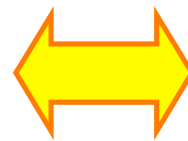
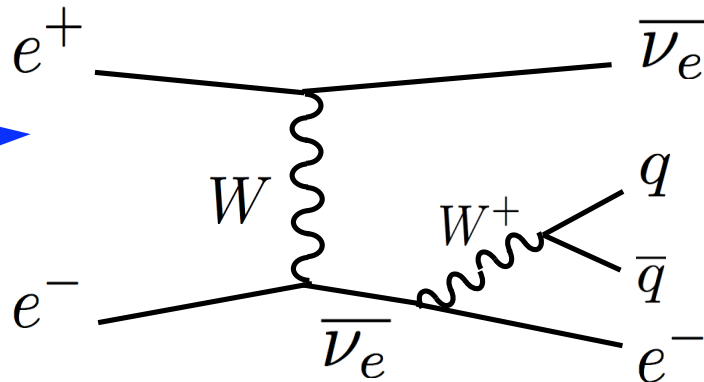


# バックグラウンド

## 主なバックグラウンド

	反応断面積 (fb)	物理事象の数
$e\nu W \rightarrow e\nu qq$	4462	2231000
$WW \rightarrow l\nu qq$	660	330000

シグナルの  
400倍



区別できない

解析はシグナルの終状態を  $\mu\nu qq$  にしぼって行う

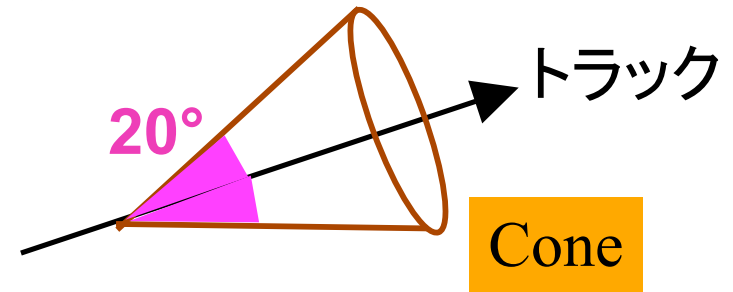
# イベント再構成

終状態の情報から右巻きニュートリノの質量を再構成

1、終状態のトラックからレプトンを識別

① トラックの周りの  
エネルギー損失 < 5 GeV

② その内最も高いエネルギーを持つトラックを  
レプトン候補とする

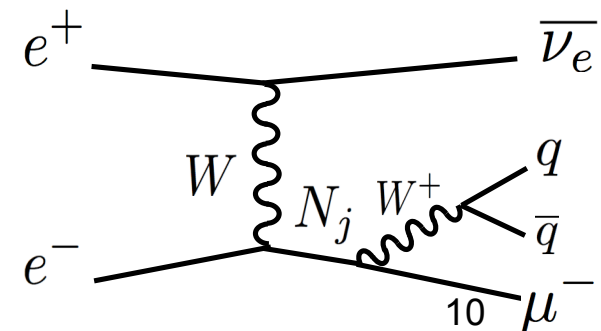


2、レプトン候補をのぞき、2ジェット事象として再構成

3、Wの質量を再構成

4、右巻きニュートリノの質量を再構成

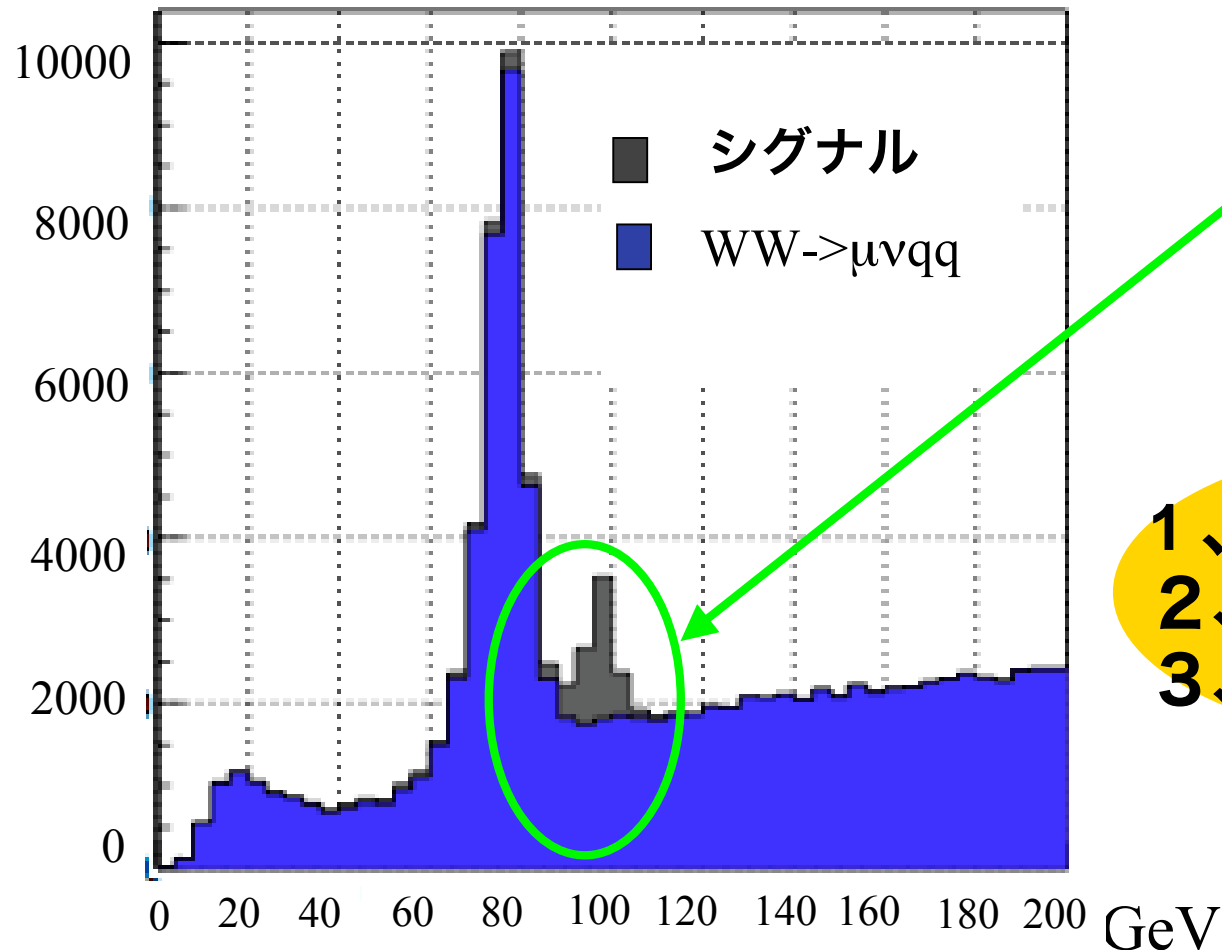
$$P_N = P_W + P_l$$



# 右巻きニュートリノの質量分布

W->qqとレプトンの情報を用いて、 $N$ を再構成

右巻きニュートリノの質量分布



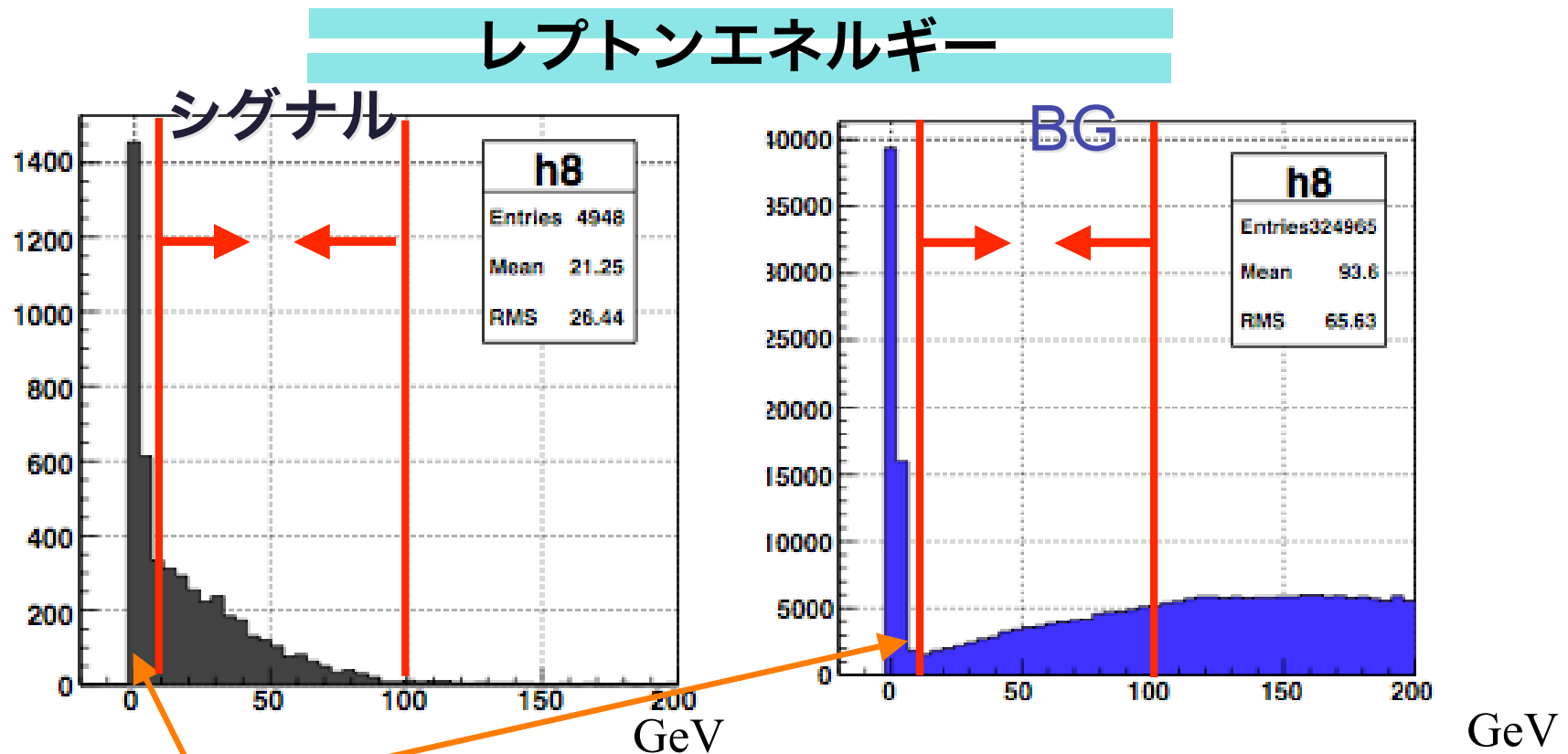
この領域の  
BGを落としたい

カット条件

- 1、レプトンエネルギー
- 2、Wの質量
- 3、Wのエネルギー

# バックグラウンド除去 (1)

- ▶ レプトンエネルギーカット：レプトンIDミスを取り除く



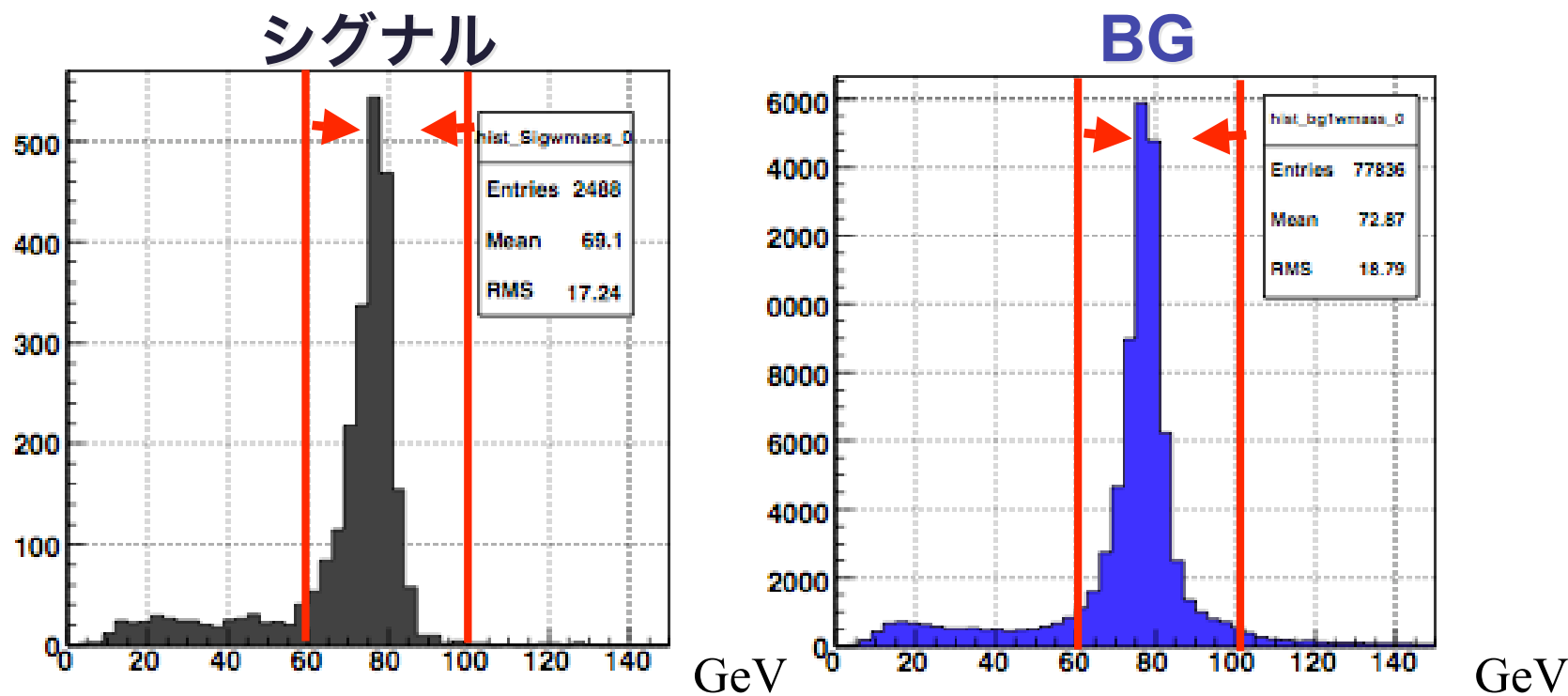
判別ミス = jet のレプトンを終状態のレプトンと識別

**10 GeV < レプトンエネルギー < 100 GeV を取る**

# バックグラウンド除去 (2)

- ▶ W 質量カット : 正しくWの質量を再構成できているイベントを選択

## 再構成したWの質量

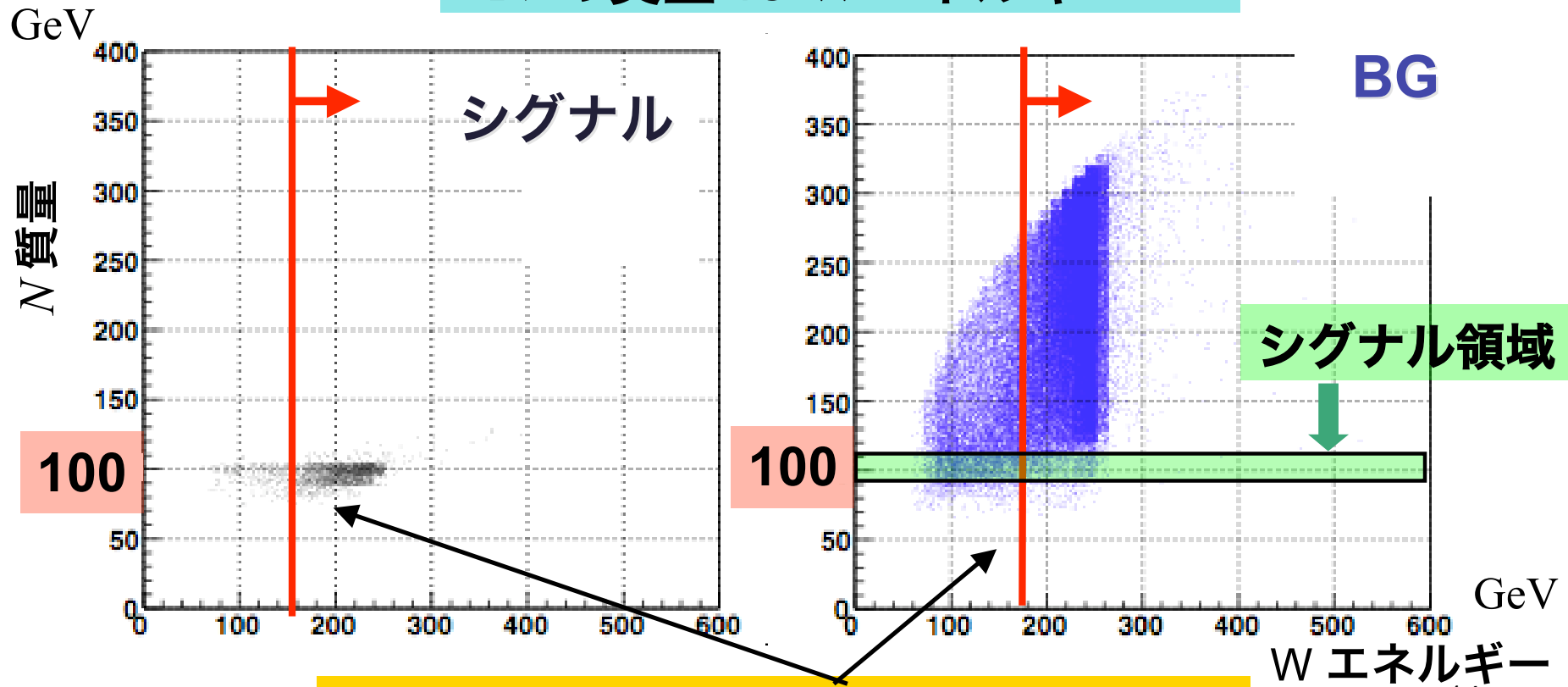


60 GeV < Wの質量 < 100 GeV をとる

# バックグラウンド除去 (3)

- ▶ Wのエネルギーカット：低エネルギーのWをカット

**Nの質量 vs Wエネルギー**



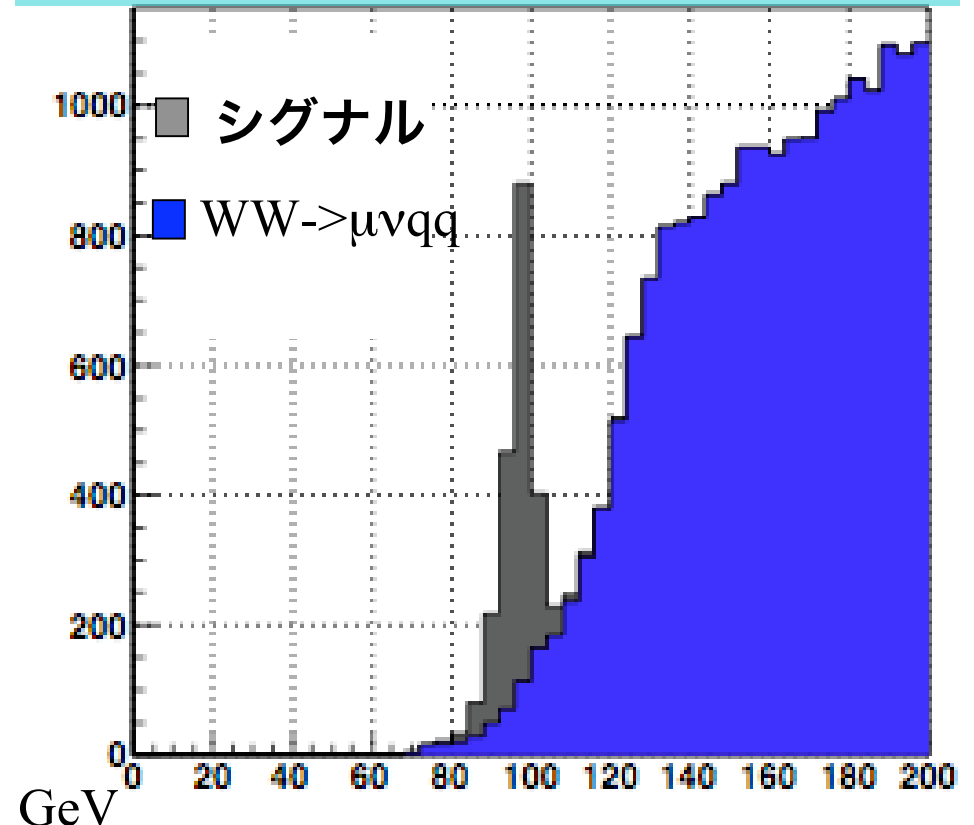
Wのエネルギー > 170 GeV をとる

# 解析結果

## カットによるイベント数の変化

	シグナル	WW
カット前	5040	330000
10 < lepE lepE < 90	2488	77836
60 < W mass < 100	2060	62538
W energy > 170	1703	53084
90 < N mass < 110	1546	681
効率	<u>44%</u>	<u>8%</u>

## 右巻きニュートリノの質量分布



$$\text{Significance} : \frac{N_{sig}}{\sqrt{N_{sig} + N_{bg}}} = 32.8$$

ILCでは、**32.8σ**の信号有意度  
でシグナルを観測可能



# まとめ

ILCにおいて余剰次元モデルの右巻きニュートリノが観測できるかを検証した。

## 条件

重心エネルギー : 500 GeV  
 $N$  の質量 : 100 GeV  
ルミノシティ : 500 fb<sup>-1</sup>

## 結果

32.8 $\sigma$  で右巻きニュートリノの質量のシグナルが見えることを確認

## 今後

KKモードの2つ目がILCで見えるかを検証



