

ILC実験における ヒッグス・ポータルモデルでの ヒッグス事象に関する測定精度の評価

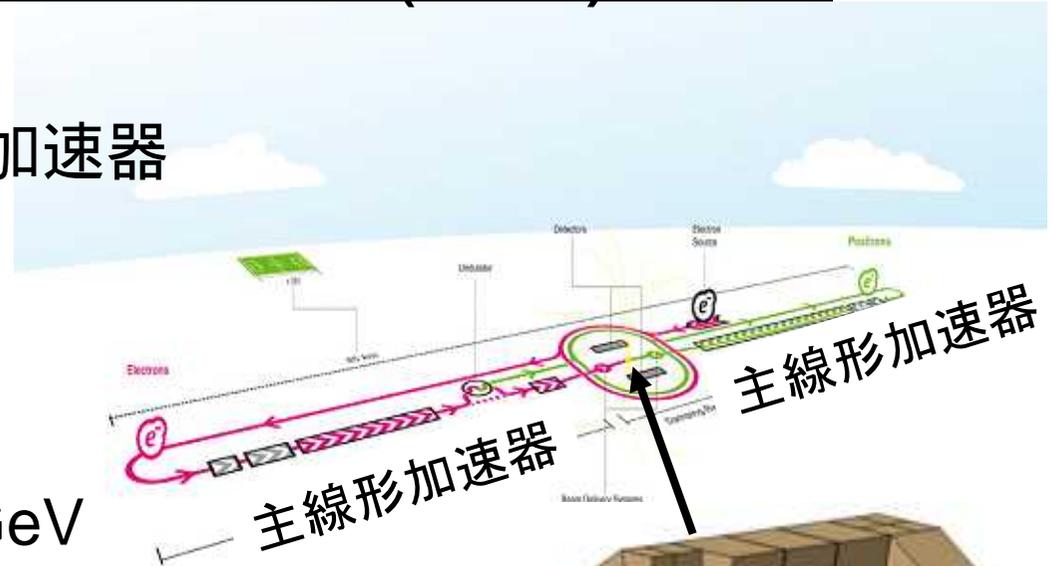
ILCとは
研究の動機
ヒッグス・ポータルモデル
解析
結果

東北大理 本田 喬大
岡田宣親 兼村晋哉 田窪洋介 鍋島偉宏
藤井恵介 松本重貴 山本均

国際リニアコライダー(ILC)計画

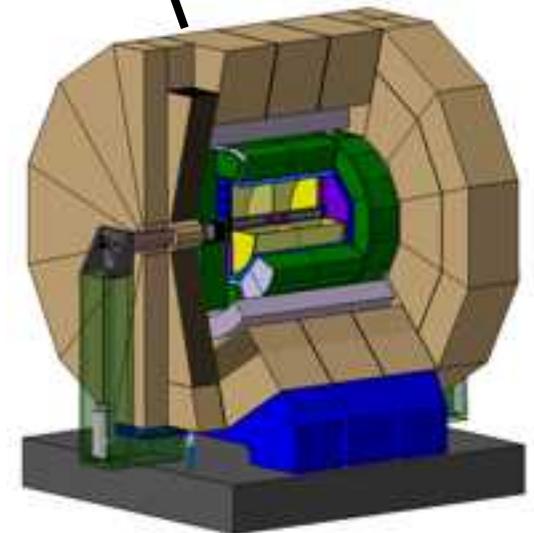
< 加速器 >

- 電子・陽電子衝突型線形加速器
- 全長 約30km
- ルミノシティ 500fb^{-1}
(4年間)
- 重心系エネルギー 500GeV



< 測定器 >

- 測定器案 **ILD**, SiD, 4th



ILD概念図

クリーンな環境でヒッグスの物理・新物理の探索を行う

本研究の動機

- 新しい物理が10TeVに存在する場合
 - 新粒子は重くなる。
→ ILCでは直接観測することができない
- ダークマターが新物理を解明する手掛かりとなる！
 - ダークマターによる物理現象の変化
 - ヒッグスの崩壊幅のずれ

< 本研究の目的 >

ダークマターの検出も困難なモデルでILCでのダークマターの検出感度を検証する

– ヒッグス・ポータルモデル

ヒッグス・ポータル模型

- ヒッグスポータル模型でのダークマター
 - 1 : 強い相互作用をしない
 - 2 : 電弱相互作用をしない
 - 3 : ヒッグスとのみ相互作用する
 - 4 : 3タイプが仮定される

スカラー、フェルミオン、ベクトル

スカラー

$$\mathcal{L}_S = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \frac{1}{2}(\partial\phi)^2 - \frac{M_S^2}{2}\phi^2 - \frac{c_S}{2}|H|^2\phi^2 - \frac{d_S}{4!}\phi^4,$$

フェルミオン

$$\mathcal{L}_F = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \frac{1}{2}\bar{\chi}(i\not{\partial} - M_F)\chi - \frac{c_F}{2\Lambda}|H|^2\bar{\chi}\chi - \frac{d_F}{2\Lambda}\bar{\chi}\sigma^{\mu\nu}\chi B_{\mu\nu},$$

ベクトル

$$\mathcal{L}_V = \mathcal{L}_{\text{SM}} - \frac{1}{4}V^{\mu\nu}V_{\mu\nu} + \frac{M_V^2}{2}V_\mu V^\mu + \frac{c_V}{2}|H|^2V_\mu V^\mu - \frac{d_V}{4!}(V_\mu V^\mu)^2,$$

(* 富山大 松本重貴氏による)

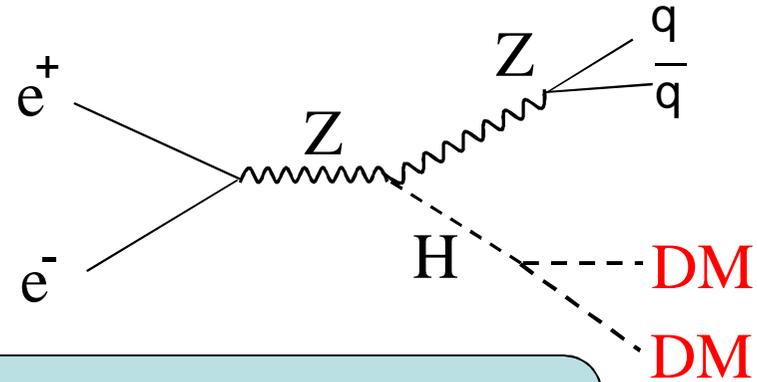
ダークマターはヒッグスとしか結合しない!

解析の対象

< シグナル事象 (スカラータイプ) >

- $ee \rightarrow ZH^* \rightarrow qqDMDM$

断面積を変えながら測定精度
の評価を行った

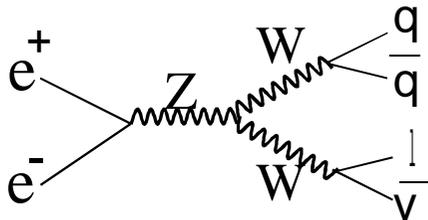


2ジェットを再構成した時の質量欠損の閾値は
→ダークマター質量の2倍の情報

< 背景事象 >

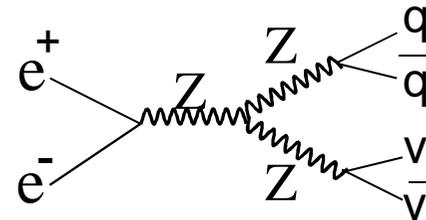
- $ee \rightarrow WW : 9024 \text{ fb}$

– $WW \rightarrow qq\ell\nu$



- $ee \rightarrow ZZ : 515 \text{ fb}$

– $ZZ \rightarrow qq\nu\nu$



本研究の手順

- 1 : イベントジェネレーターの作成 : Physsim
- 2 : 測定器シミュレーション : ILD Quick-sim
- 3 : 物理解析
 - 全ての事象を 2 ジェットとして再構成
 - 事象の選択
 - Likelihood解析サンプルの選択
 - Likelihood解析

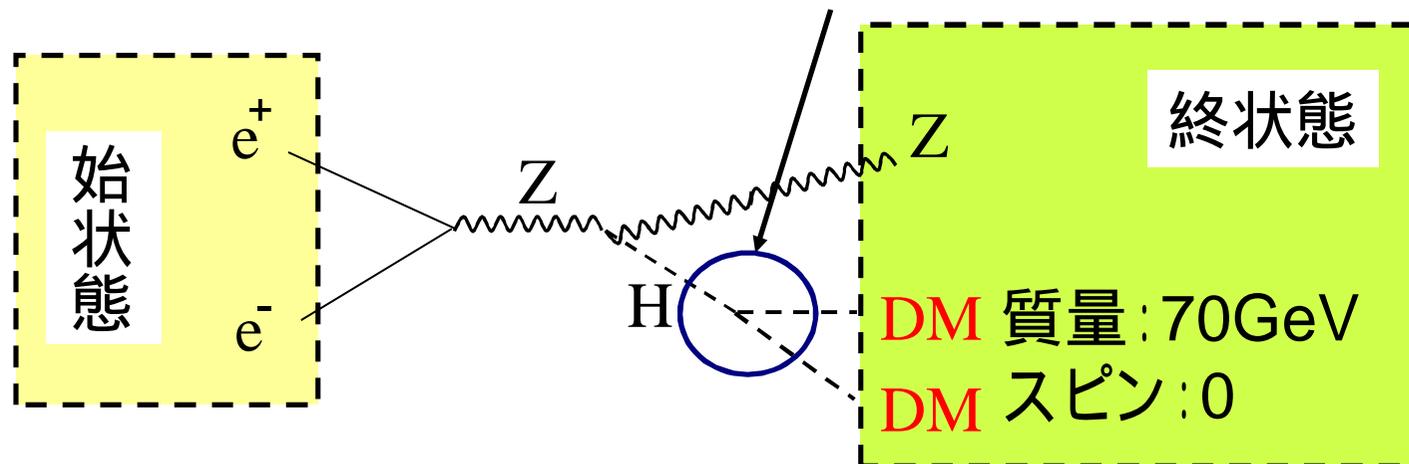
イベントジェネレーターの作成

Physsimにシグナルイベントを加えた

< 基本粒子の生成 : Physsim >

ヘリシティ振幅の計算 : HELAS

- 外線(始状態と終状態)の量子状態を指定
 - 4元運動量・質量・スピン
- 内線と頂点で、始状態と終状態をつなぐ
 - 相互作用に**ヒッグス・ダークマター結合**を追加

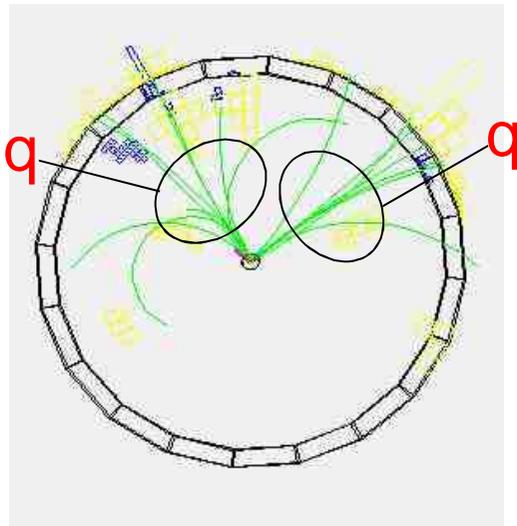


生成した粒子の情報を検出器シミュレーションで確認した 7

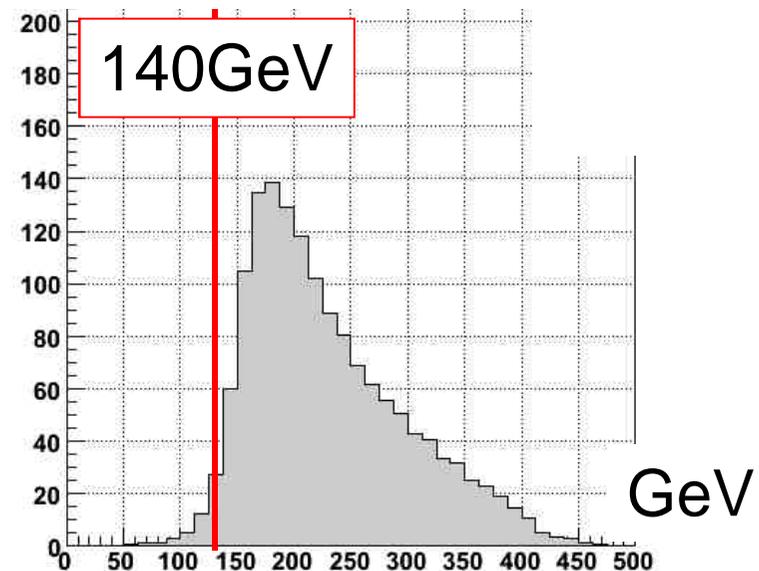
検出器シミュレーション

シグナル事象を検出器シミュレーションの情報で再構成した

検出器でのシグナルの様子



< シグナルの質量欠損分布 >



- ・Zが崩壊した2ジェットが見える
- ・ダークマターは見えない

- ・140GeV(ダークマター質量の2倍)を境に分布

イベントジェネレーター作成に成功

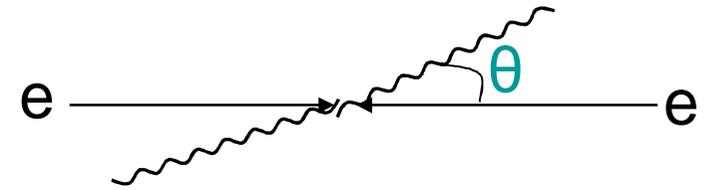
解析条件

- ダークマター
 - タイプ : スカラー
 - 質量 : 70 GeV
- ヒッグス粒子
 - 質量 : 120 GeV
- 重心エネルギー
 - 500 GeV

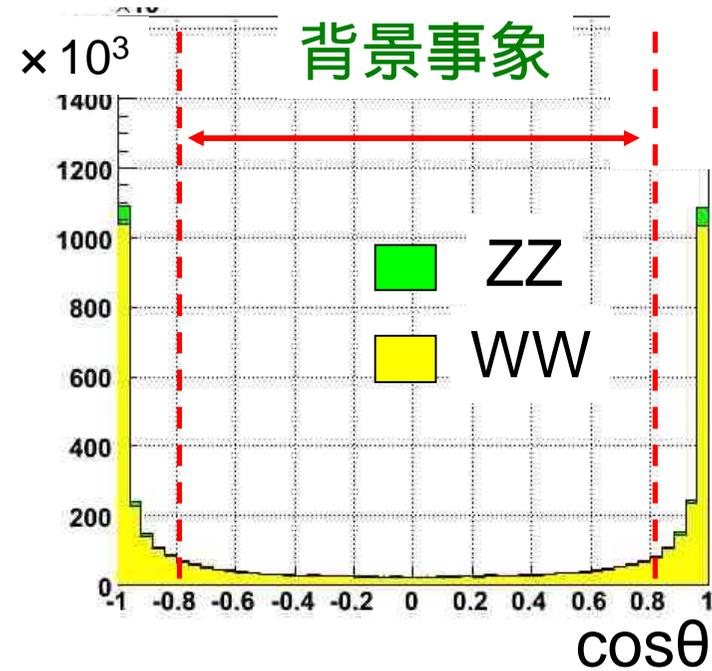
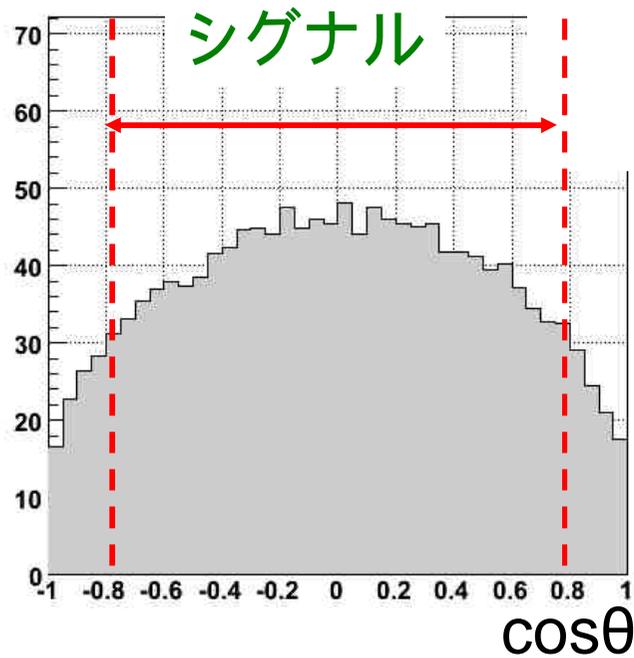
	ルミノシティ	反応断面積	生成した イベント数
シグナル	500fb^{-1}	3fb	30000
ZZ	500fb^{-1}	515fb	480000
WW	500fb^{-1}	9024fb	1950000

事象選択：Zの角度

再構成したZの角度分布で事象選択した



< $\cos\theta$ 分布 >

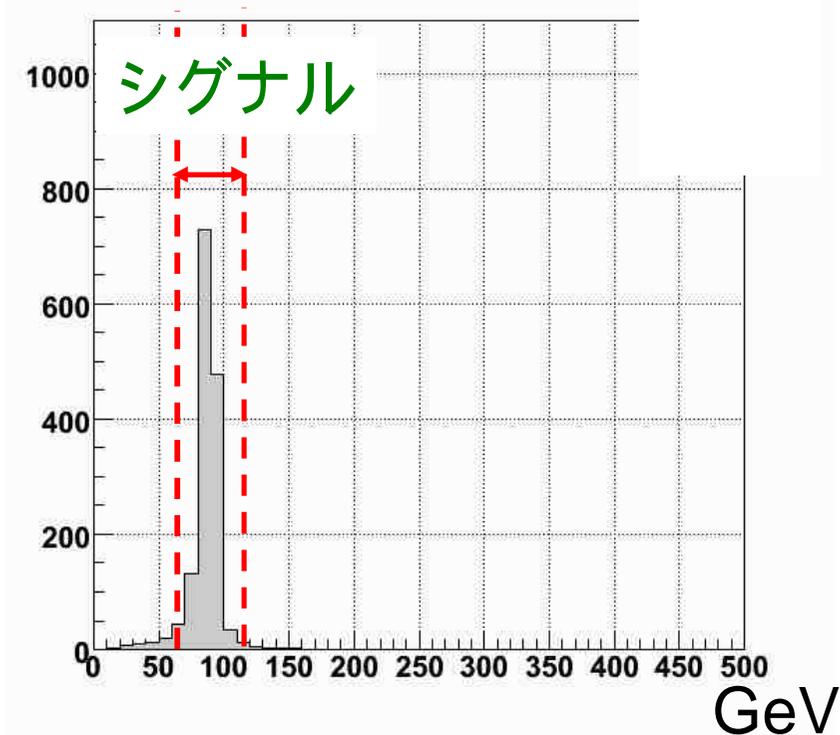


$-0.8 < \cos\theta < 0.8$ の範囲を選択

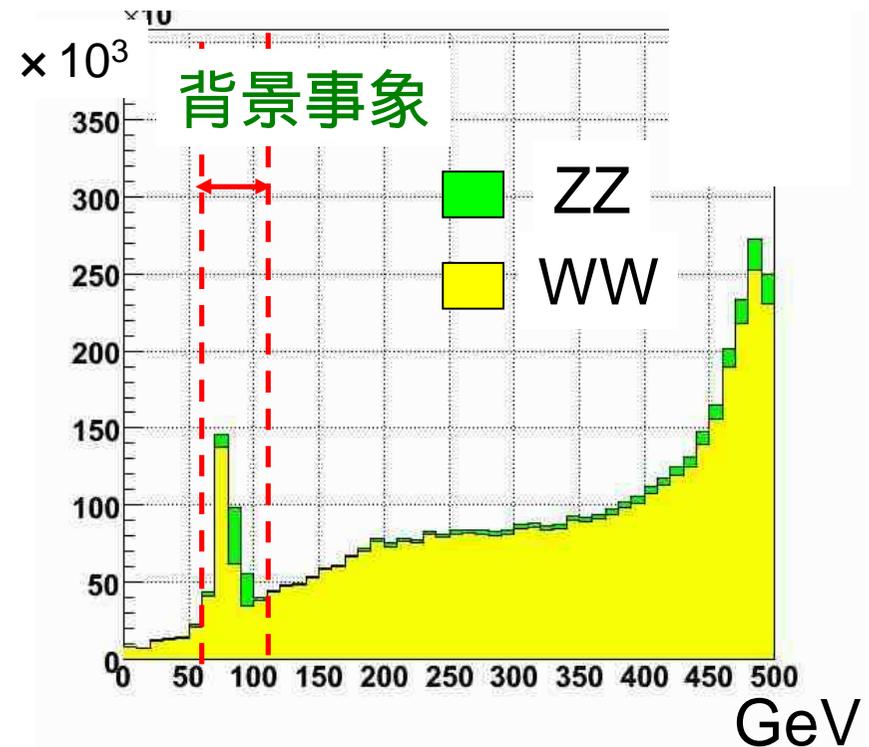
事象選択：Z質量

再構成したZの質量を用いて事象選択した

< 再構成したZの質量分布 >



90GeVにピーク



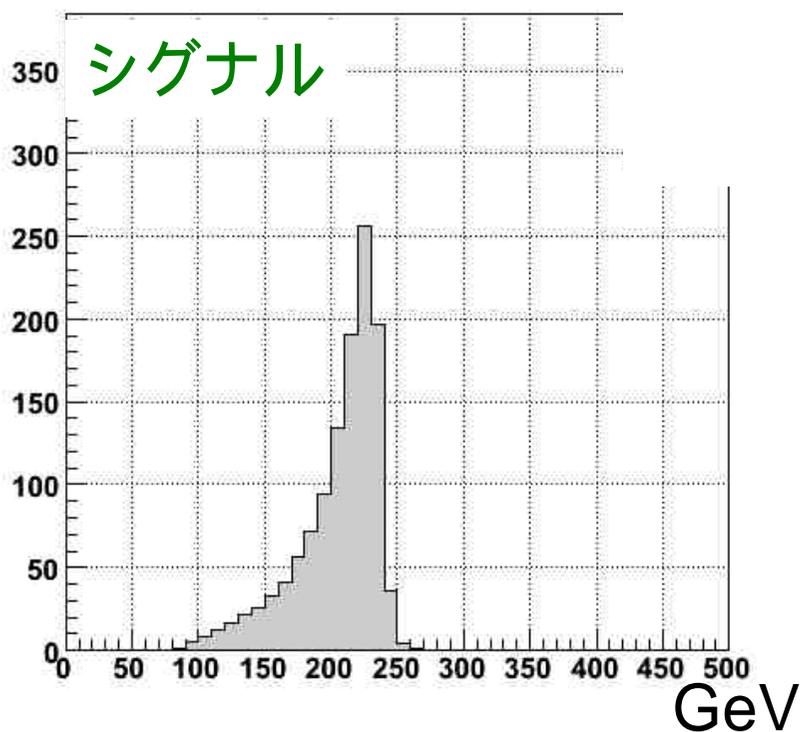
100GeV以降に大きく分布

70GeV < Zエネルギー < 110GeVの範囲を選択した

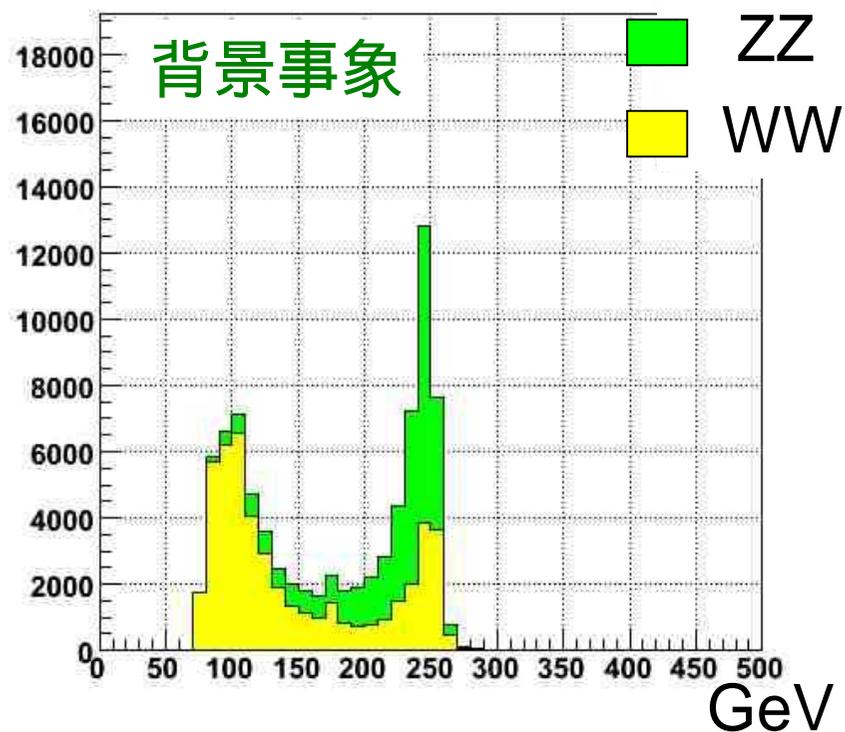
Likelihood用変数の選択：Zエネルギー

再構成したZのエネルギー分布を比較した

< 再構成したZのエネルギー分布 >



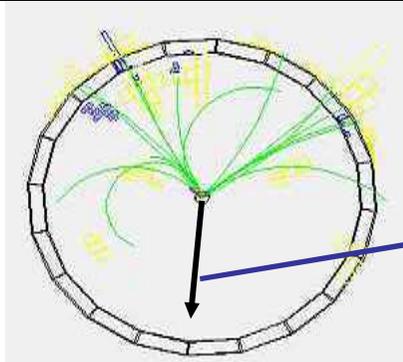
220GeVにピーク



100GeVと250GeVにピーク

シグナルと背景事象の分布が異なる
→Likelihood変数に採用

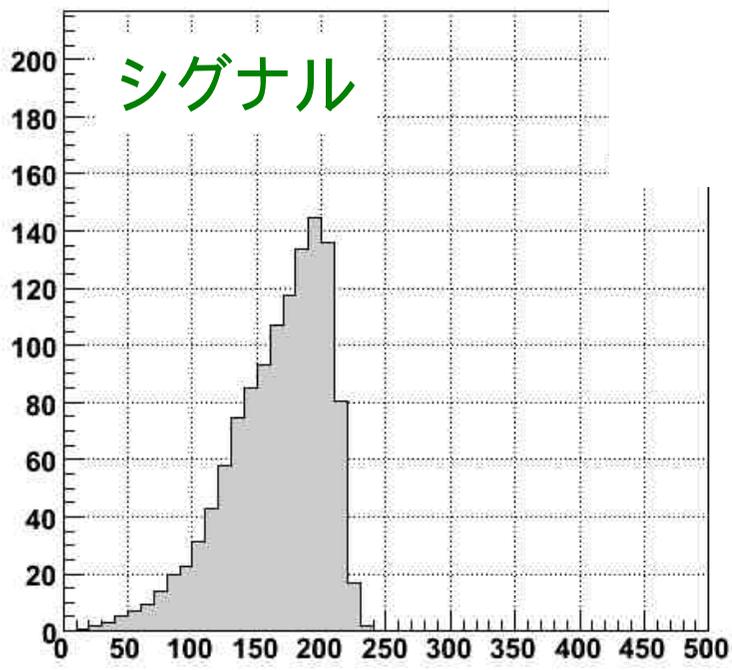
Likelihood用変数の選択：横運動量欠損



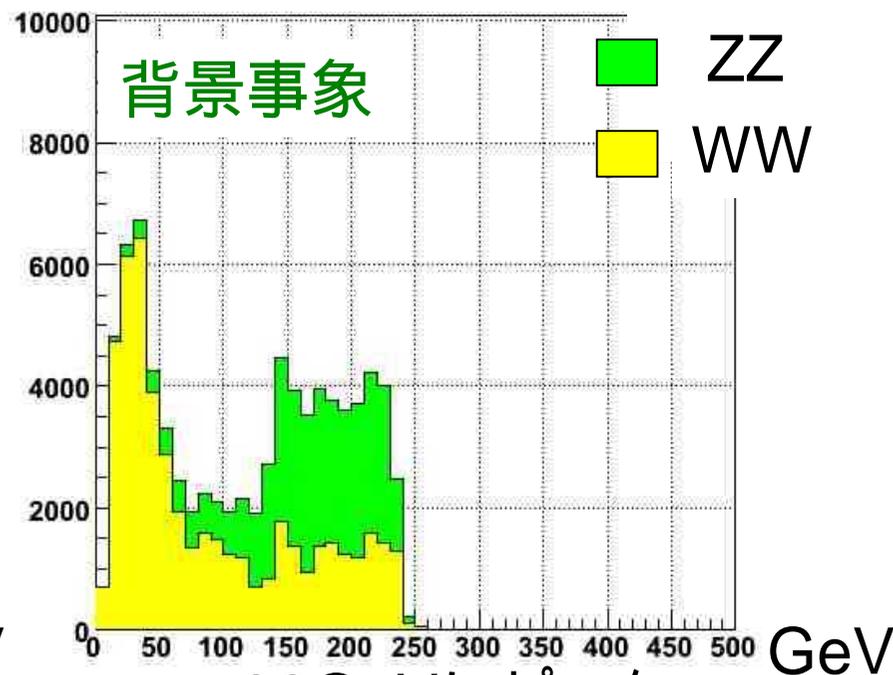
横運動量欠損の分布を比較した

横運動量欠損

< 横運動量欠損の分布 >



200GeVにピーク



30GeVにピーク

シグナルと背景事象の分布が異なる
→Likelihood変数に採用

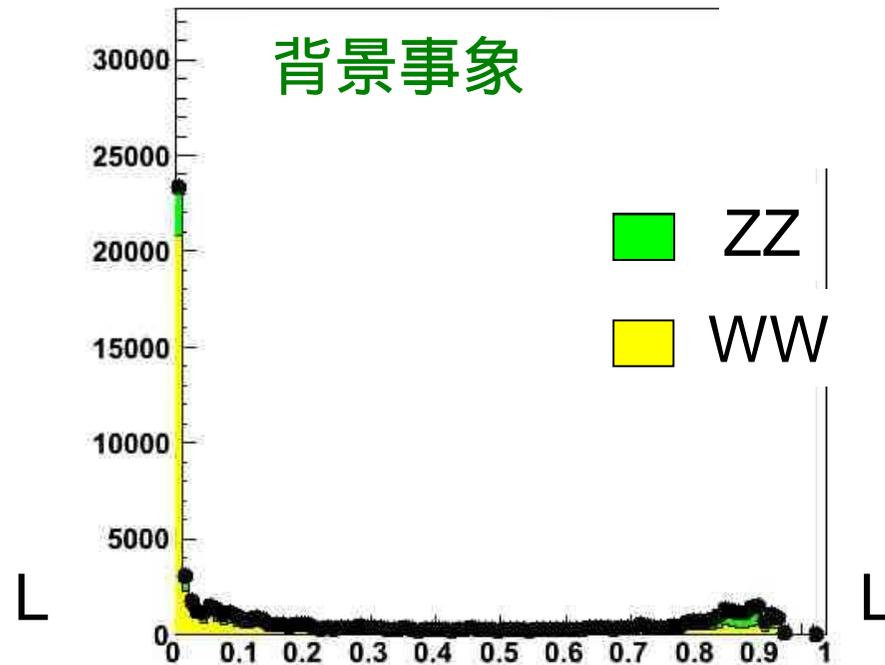
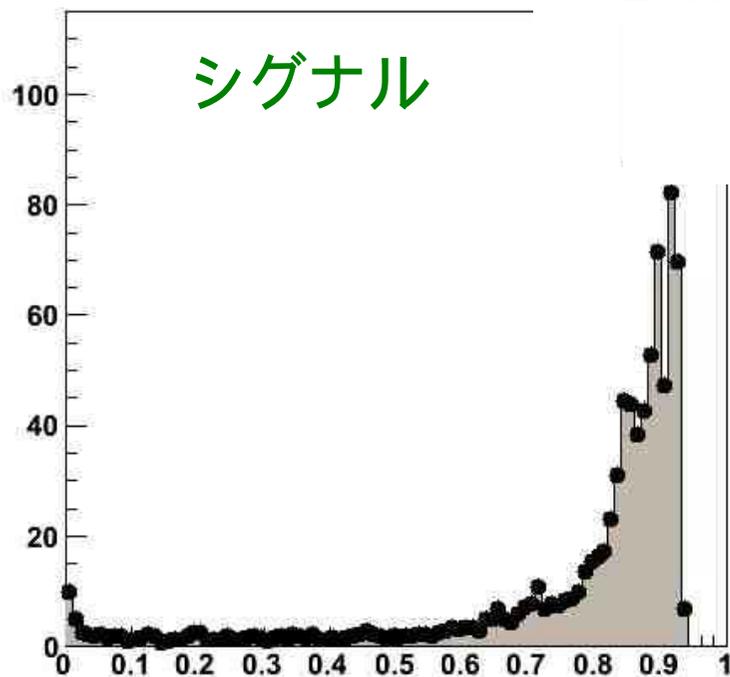
Likelihood解析

Likelihoodの分布をシグナルと背景事象で比較

- Likelihoodに用いた変数
 - 再構成されたZのエネルギー
 - 横運動量欠損

$$L = \frac{L_{signal}}{L_{signal} + L_{background}}$$

< Likelihood分布 >



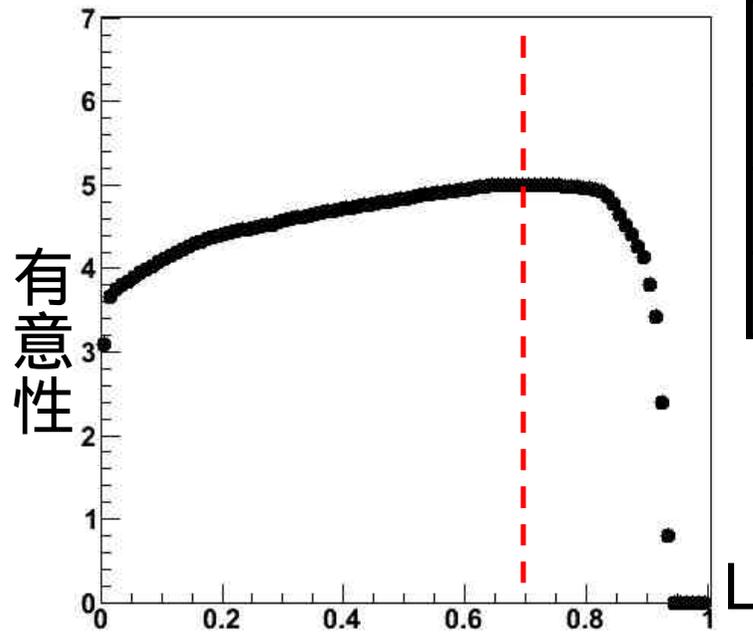
シグナルと背景事象がきれいに分離できている

シグナルの有意性

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

検出感度の評価として有意性を用いた

<L 対 有意性>



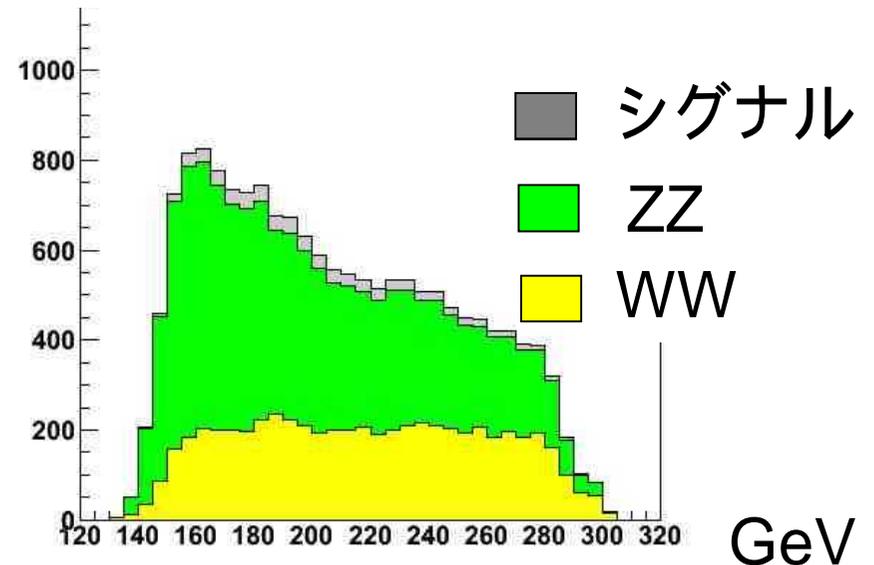
Likelihood が0.7以上のところを選択



有意性 : 5.0

	ZH*→Z DMDM	ZZ	WW
カットなし	1065	235436	4117740
事象選択	853	29920	44581
Likelihood	682	11365	6580
カット効率	64%	4.8%	0.16%

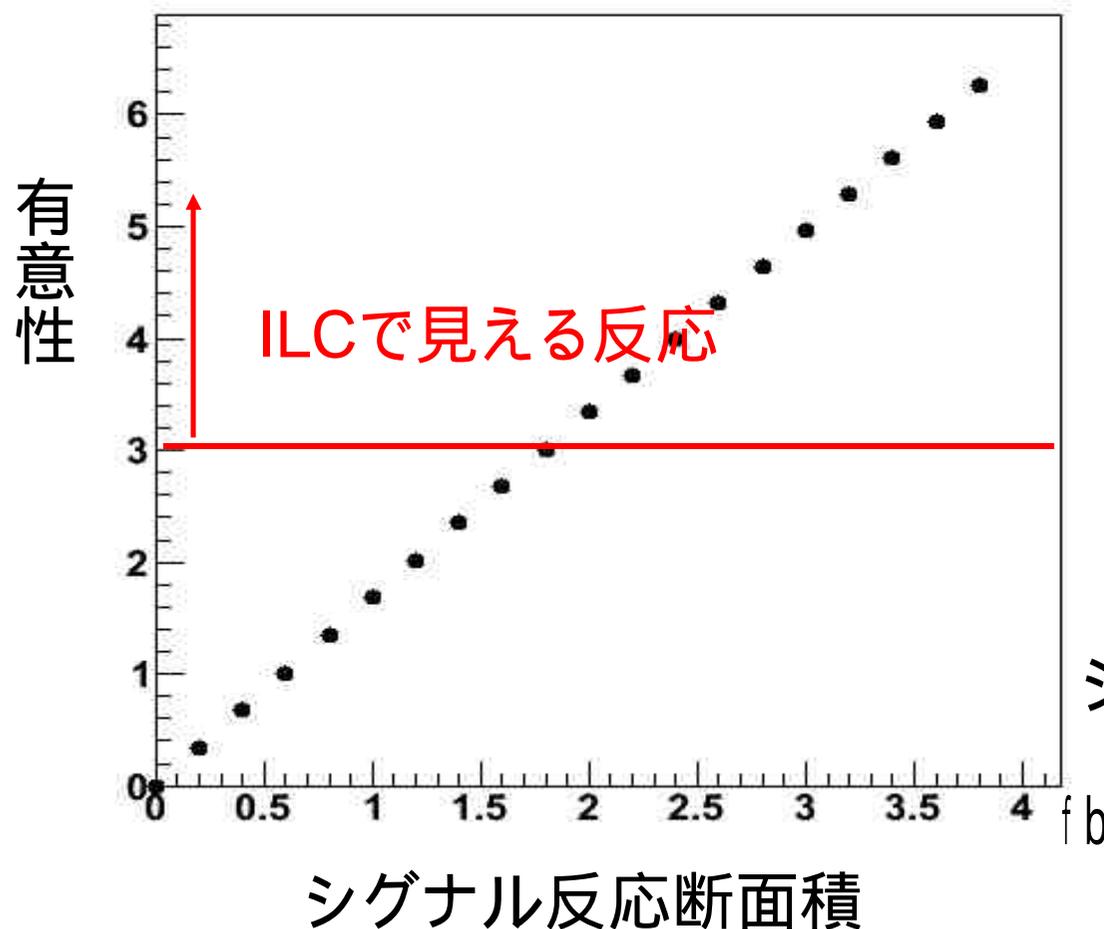
<カット後の質量欠損分布>



ILCでのヒッグス・ダークマター結合の 観測に対する感度

ILCで見えるシグナル反応断面積を求めた

<シグナル反応断面積 対 有意性>



有意性 > 3 を要求すると



シグナル反応断面積 > 1.8fb

まとめ

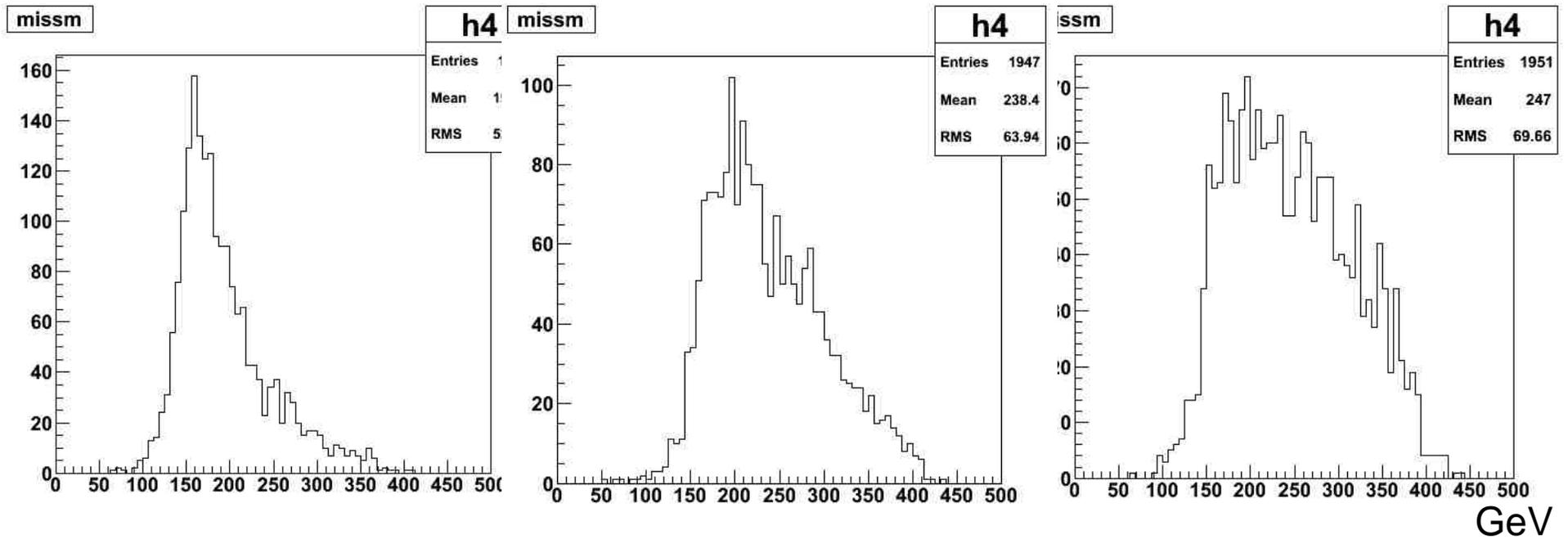
- ダークマターを発見することは新物理解明の手掛かりとなる。

- 本研究ではヒッグス・ポータル模型のスカラーダークマターについて解析を行った。
- 本解析ではヒッグス事象の測定精度をクイック・シミュレーションで評価した。
- Likelihoodを用いた解析では、有意性が3以上となる最小のシグナル反応断面積は 1.8fb となった。

プラン

- フェルミオン、ベクトルタイプのダークマターについて解析を進める。

タイプ別の質量欠損分布



スカラー

フェルミオン

ベクトル