

宇宙史拠点実習 I

2007年6月19日
金 信弘

日時場所 6月26日～8月1日 米国フェルミ国立加速器研究所

受講者

素粒子実験1年(武政、須藤、秦野)3名、素粒子実験2年(望月、山崎)2名、
原子核実験1年(坂田)1名 宇宙観測1年(荒井)1名

実習期間の講義

1. 学部学生対象 (for summer students)

<http://sist.fnal.gov/2007/lectures.html>

2. 大学院生・スタッフ対象

<http://theory.fnal.gov/jetp/>

実習の内容

物理解析の基礎実習 あるいは 実験装置運転の基礎実習 (指導スタッフ)

チャームクォーク同定効率 (丸山)

$WW \rightarrow l\nu_j$ (佐藤)

$Z \rightarrow b\bar{b}$ (戸村)、

jet probability algorithm ボトムクォーク同定(中村)

データ記録システムCSL(三宅)

$t\bar{t}$ dilepton channelの N_{jet} scale factor(木村)

実習のまとめ

最後の週に成果報告会を行い、各受講者が30分程度の報告を行う。

チャームクォークジェットタグ効率
測定
(トップクォーク対事象における2
フレーバー認識 / 3フレーバー認
識比)

筑波大学講師
丸山 和純

序論（動機）

Q テバトロン（CDF・D0）において、シリコン検出器は非常に重要な役割を果たしているといわれている。何故か？

A それは、飛跡の情報を使ってボトム（やチャーム）から来た事象を他の事象を区別できるからである。

Q ボトム（チャーム）クォークの事象は他と何が違うのか？

A ボトムを含んだハドロン（中間子など）は寿命が非常に長い（例； B^0 や B^\pm の $c\tau$ は約0.5mm、しかもローレンツブーストしている。） よって、分解能が数 $10\mu\text{m}$ のシリコンで飛跡を見れば、何かしら痕跡が見える（次ページ参照）

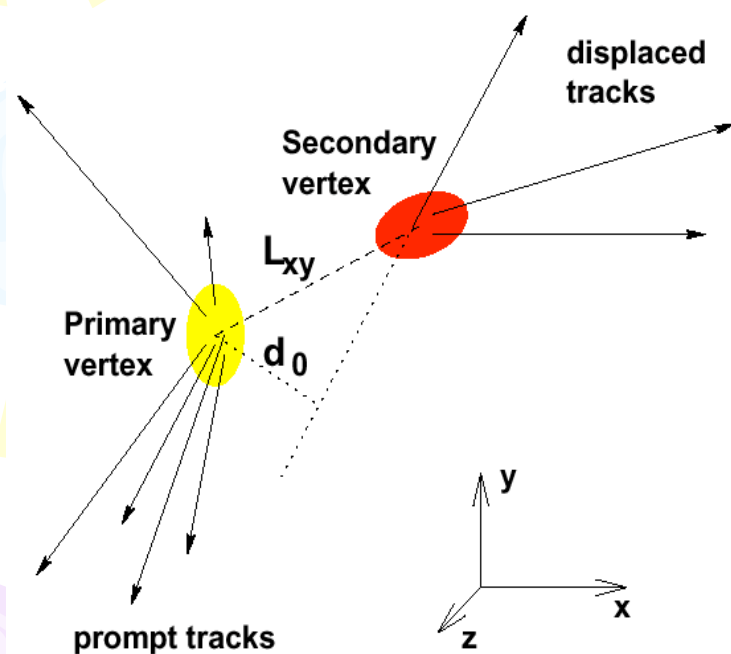
Q 何故、ボトムやチャームが重要なのか？

A 面白い物理はこれらのクォークを含んでいることが多い。CDFの2大発見、トップクォークと B_s 振動もボトムを含んでいたから（シリコンを使って）発見できた。

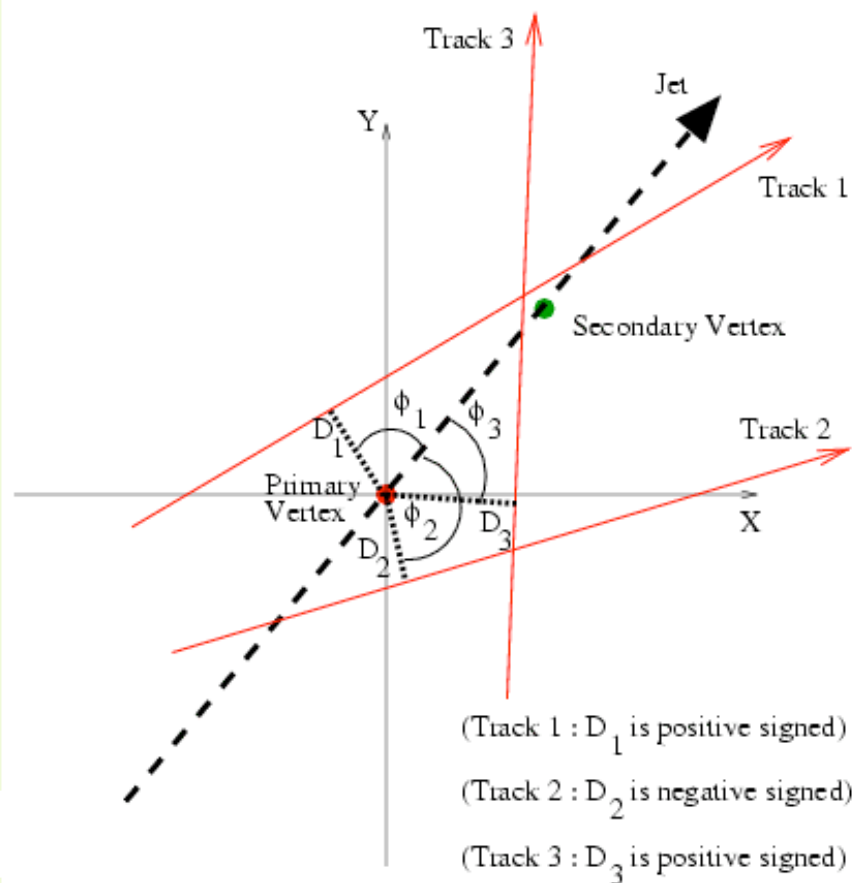
飛跡を使ったボトム・チャーム認識例 (2次崩壊点探索・インパクトパラメータ測定)

長寿命で質量が大きいので。。。

一次衝突点からずれた飛跡達でできた2次崩壊点



may decay semileptonically



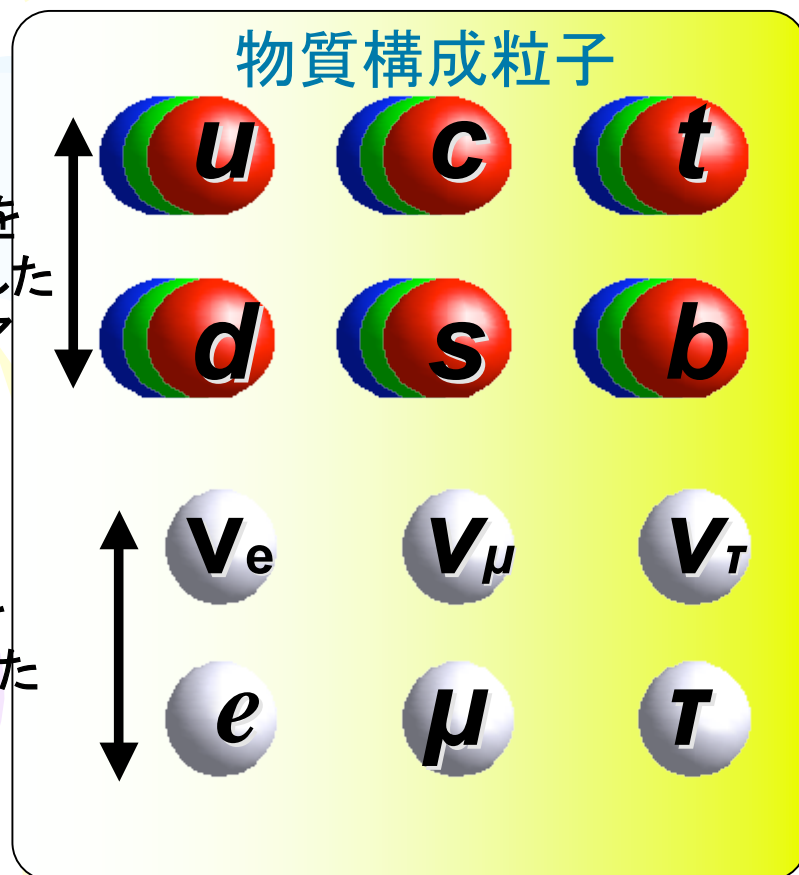
さて、宇宙史の1ヶ月で何をします？

- **トップ対生成事象を使って、チャームクォークから出来たジェットの認識効率がいくらか調べよう！**
- チャームクォークジェットの認識率は未だかつてCDF Run2ではちゃんとデータを使って測定されていない。(シミュレーションだけ) つまり、やればCDF RUN2初の測定
- ヒッグス探索 $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu CS$ 等でチャーム認識を使った場合、その認識率がシミュレーション通りなのか確かめるは重要。(FNAL佐藤チームがこの探索絡みをやるはず)
- 1ヶ月のうちに測定を行い、うまく行ったら発表やCDFノートを書いたりしてみる経験ができる。

(注)クォークは量子色力学的性質により我々の検出器ではハドロン(中間子・バリオン)群として観測される。

トップとは、Wとは？

- 弱い相互作用ではWボソンを介して、クォークとレプトンが2重項の上下に移動する。(厳密ではないが、始めとしては良い近似)
- ということは逆にトップ質量が重いので、Wとボトムを放出できる。
- そして放出されたWは更にクォーク対かレプトン対に崩壊できる。

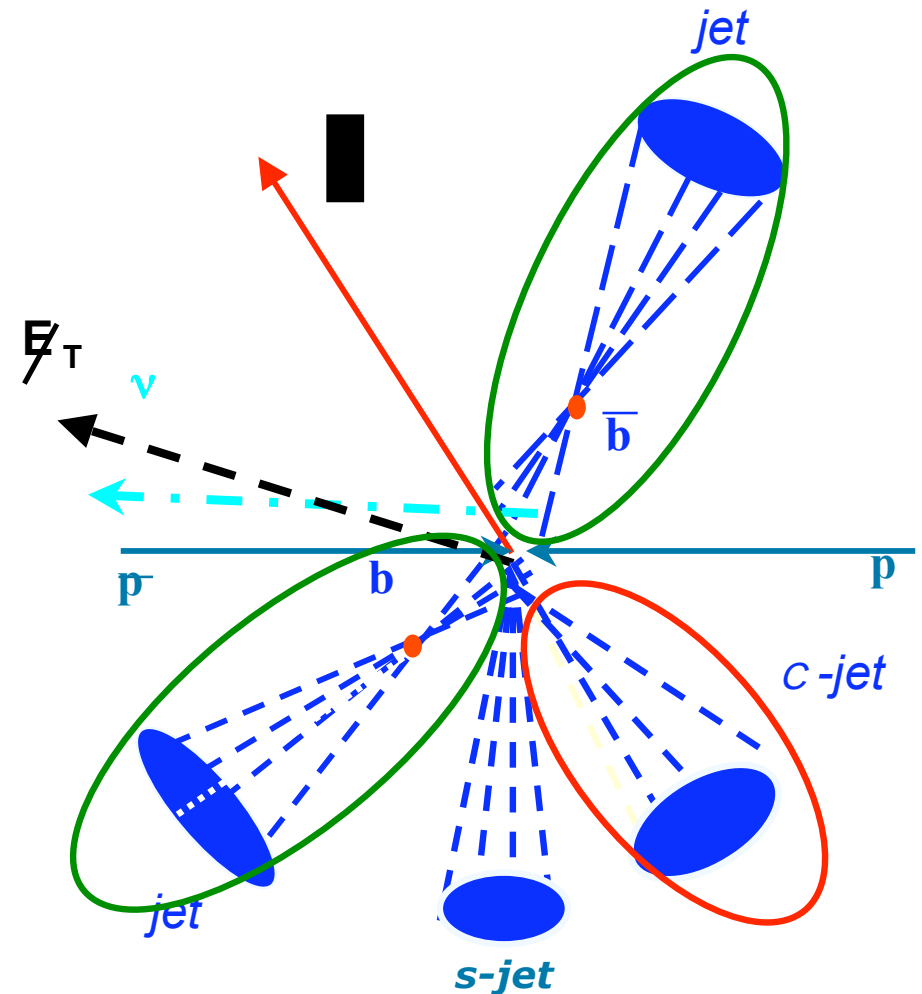


$$pp \rightarrow tt \rightarrow WbWb$$

$$\begin{aligned} WbWb &\rightarrow l\nu b l\nu b \\ &\rightarrow l\nu b qq' b \\ &\rightarrow qq' b qq'' b'' b \end{aligned}$$

lvb qq'bを使ったチャームジェット認識効率測定方法

- まずは1レプトン(e・μ)+4ジェット+1ν事象を選択
- 次に2つの2次崩壊点ジェットがある事象を選択する。この時点でだいたい90%ぐらいの純度のトップ対事象が選択される。この時点ではほとんどがトップからのbクォークがひっかかっているはず。
- Wがqq'に行くものの半分はチャームとストレンジクォーク。ということは3つの2次崩壊点ジェットをもつ事象はかなりの確率でチャームジェットを持つに違いない。

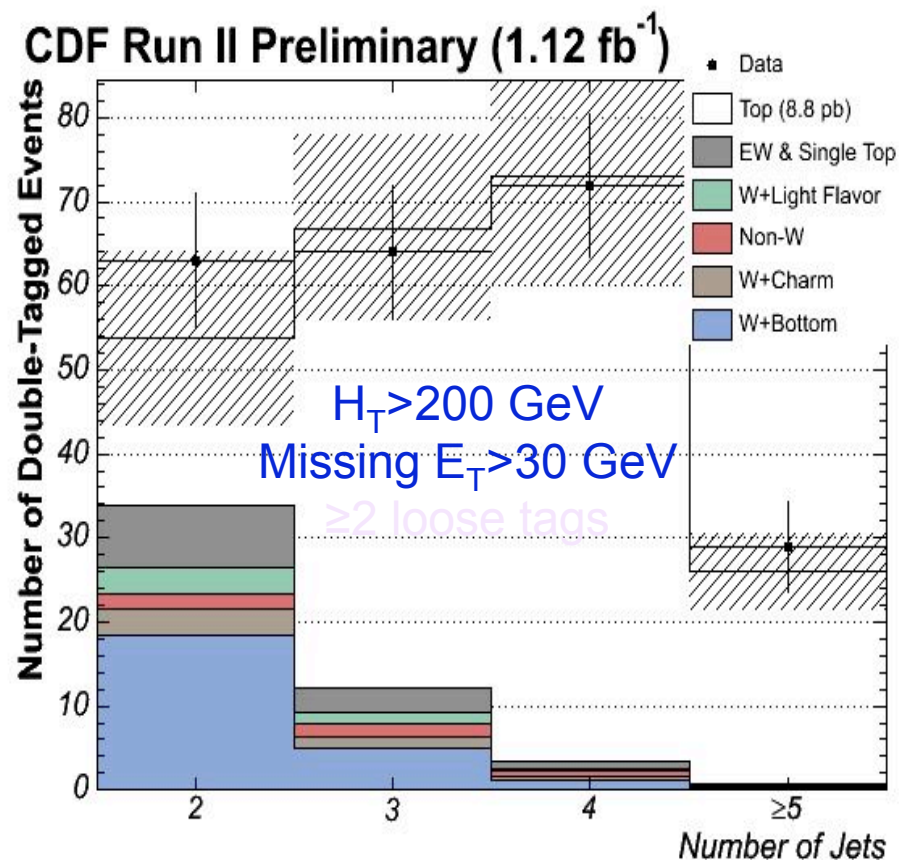
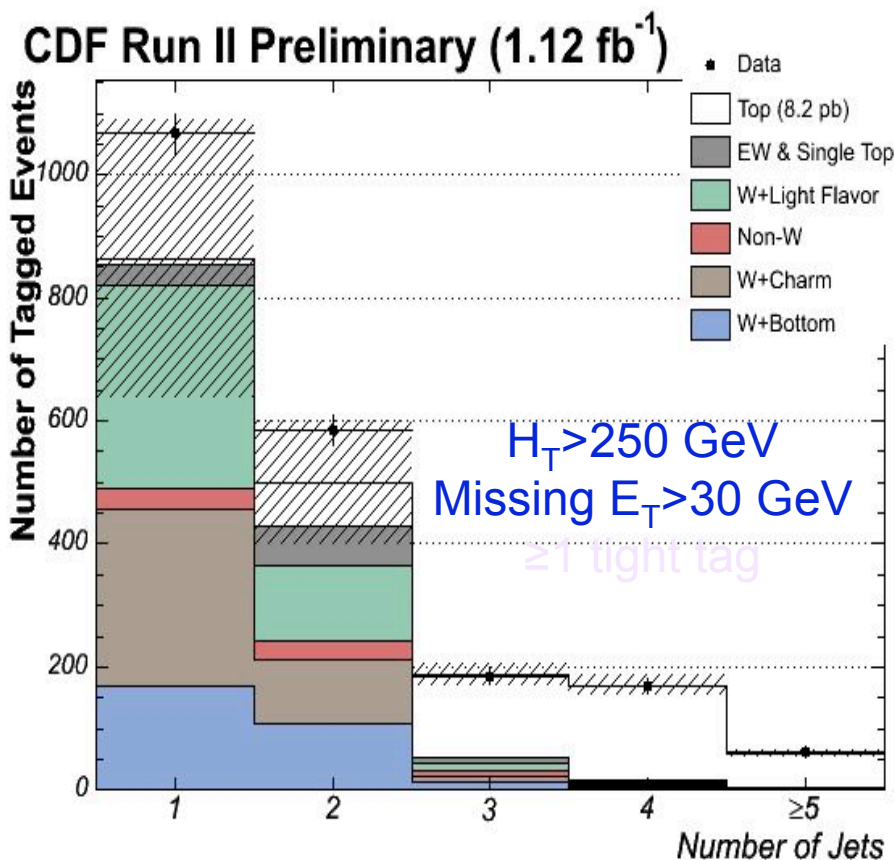


トップ対 vs 背景事象 (ビジュアル版)

横軸はレプトンとニュートリノ以外に何個のジェットを持つつかという数

1つ以上の2次崩壊点ジェットを持つ事象。

2つ以上の2次崩壊点ジェットを持つ事象。背景事象が少ない。



まとめ

- 丸山班ではトップクォーク対事象の性質を学び(使い)ながら、最終的にはチャームクォークジェットの見識率を何らかの形でまとめるくらいまでスタディする。(CDF Run2で初)
- トップ事象はCDF実験の花形の物理の1つであり、最先端の現場の雰囲気を感じながら、新しいアイデアを遂行していく楽しさを感じられるはず。
- うまく行けば、この結果が他の論文に使われたりすることも、もしかしたらあるかもしれません。(佐藤君がやるヒッグス探索とかで)

CDFでのヒッグス粒子探索

$H \rightarrow WW \rightarrow l\nu jj$

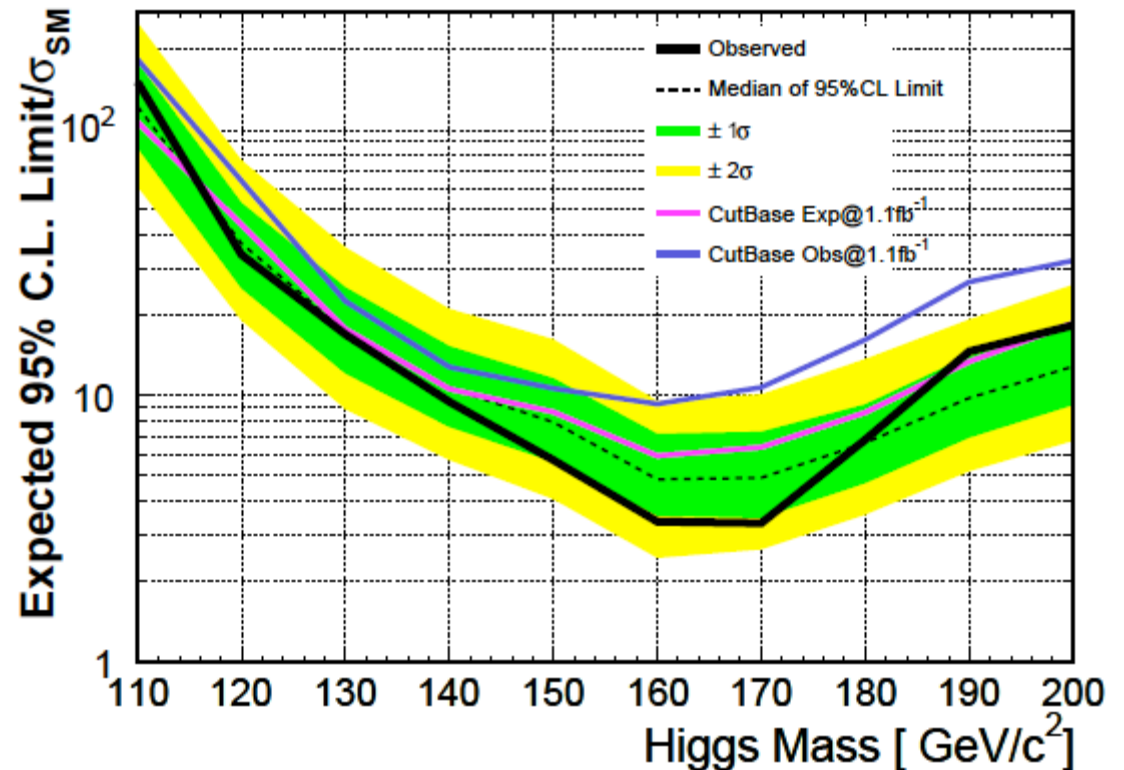
佐藤構二

CDF JAPAN ミーティング
宇宙史拠点実習説明会
6月18日

H \rightarrow WW \rightarrow lvjj 解析の動機

- WW \rightarrow lvjj崩壊モードでは、WW \rightarrow lvlvモードと比べてイベント数が3倍。
- ヒッグスの普遍質量がくめる(vlvでは難)。
- ただし、QCDのW+2jetバックグラウンドが非常に多い。
 - どう落とすか？
 - ジェットのいる系は工夫しがいがある。
- WW \rightarrow lvlvモードだけでなく、WW \rightarrow lvjj崩壊モードでよい結果を出してコンバインすべき。
- まずは、電弱生成過程のWW \rightarrow lvjjを発見・測定する。

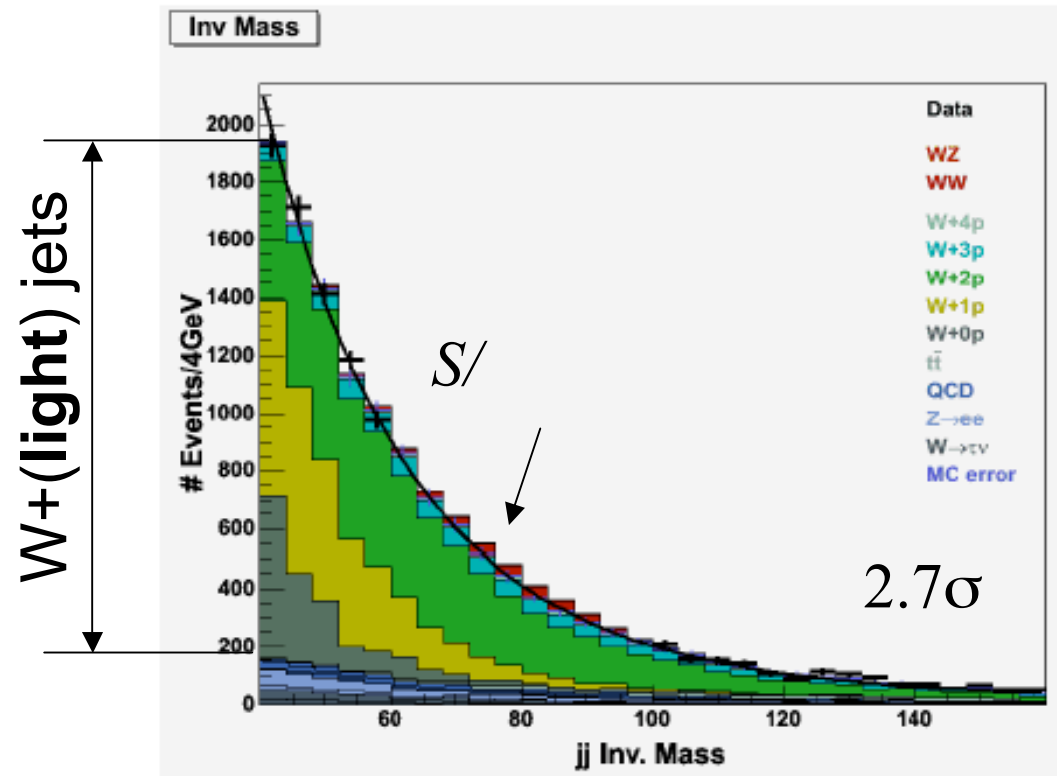
H \rightarrow WW ダイレプトン・チャンネル
(cdf8774, CDF II, 1.1fb $^{-1}$)



Run II でのいままでの解析

- いまのところ、普通に再構成したレプトンとジェットを持ってきて、キネマティックスでニューラルネットを組んでいる。
- S/N ($\sim 1/20$ くらい) があまり良くない。

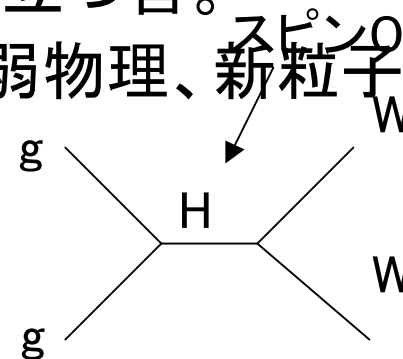
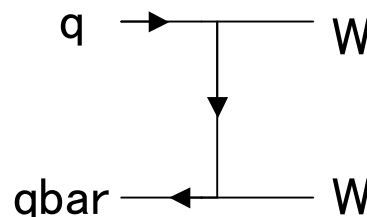
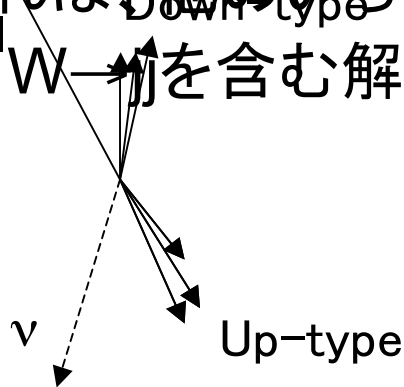
電弱 $WW \rightarrow l\nu jj$ 過程
(cdf8740, CDF II, 1.3fb^{-1})



チャーム・ジェット・タグ

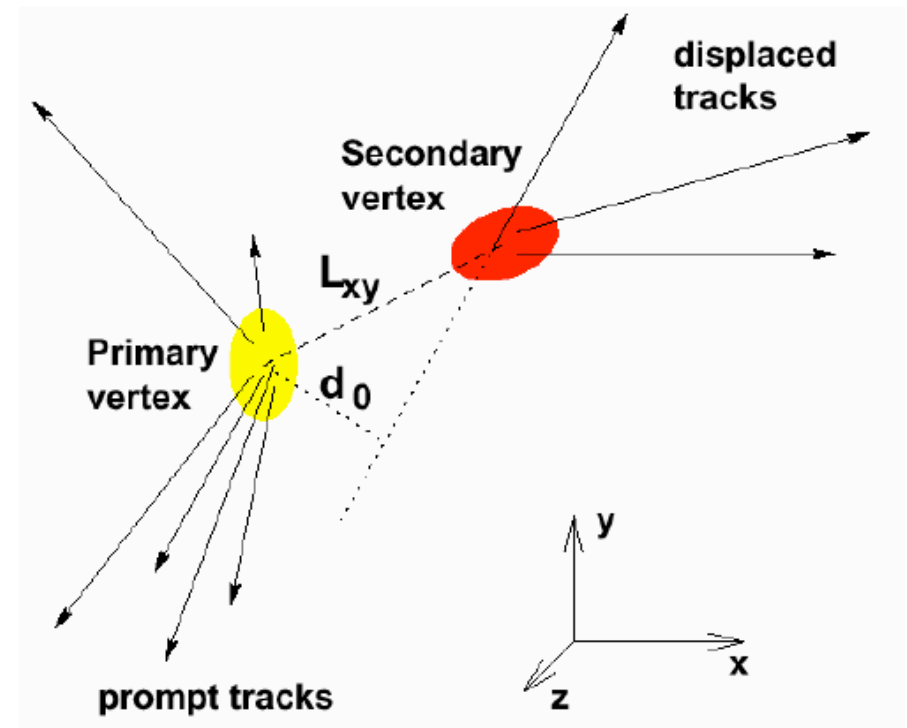
- 解析チャンネルを $W \rightarrow cs/ud$ でわけるて、 cs チャンネルを改善する。
- チャーム・ジェットをタグできればもっとよくなるはず。
 - $W + \text{light jet}$ が効率よく落とせるはず。
 - 2 ジェットのうちどちらかが $up/down$ -typeかわかる。
 - ◆ 角度相関を積極的に利用してバックグラウンドをカットできる。
 - ◆ ヒッグスを探すときに電弱過程の WW をカットするのにとても役立つはず。
- この解析でチャーム・タグが上手く出来ること (RunII初) が確立すれば、他のいろいろな解析にもとても役立つ筈。

- $W \rightarrow \text{jet}$ を含む解析 (トップ、ヒッグス、電弱物理、^{スピノ}新粒子探し)



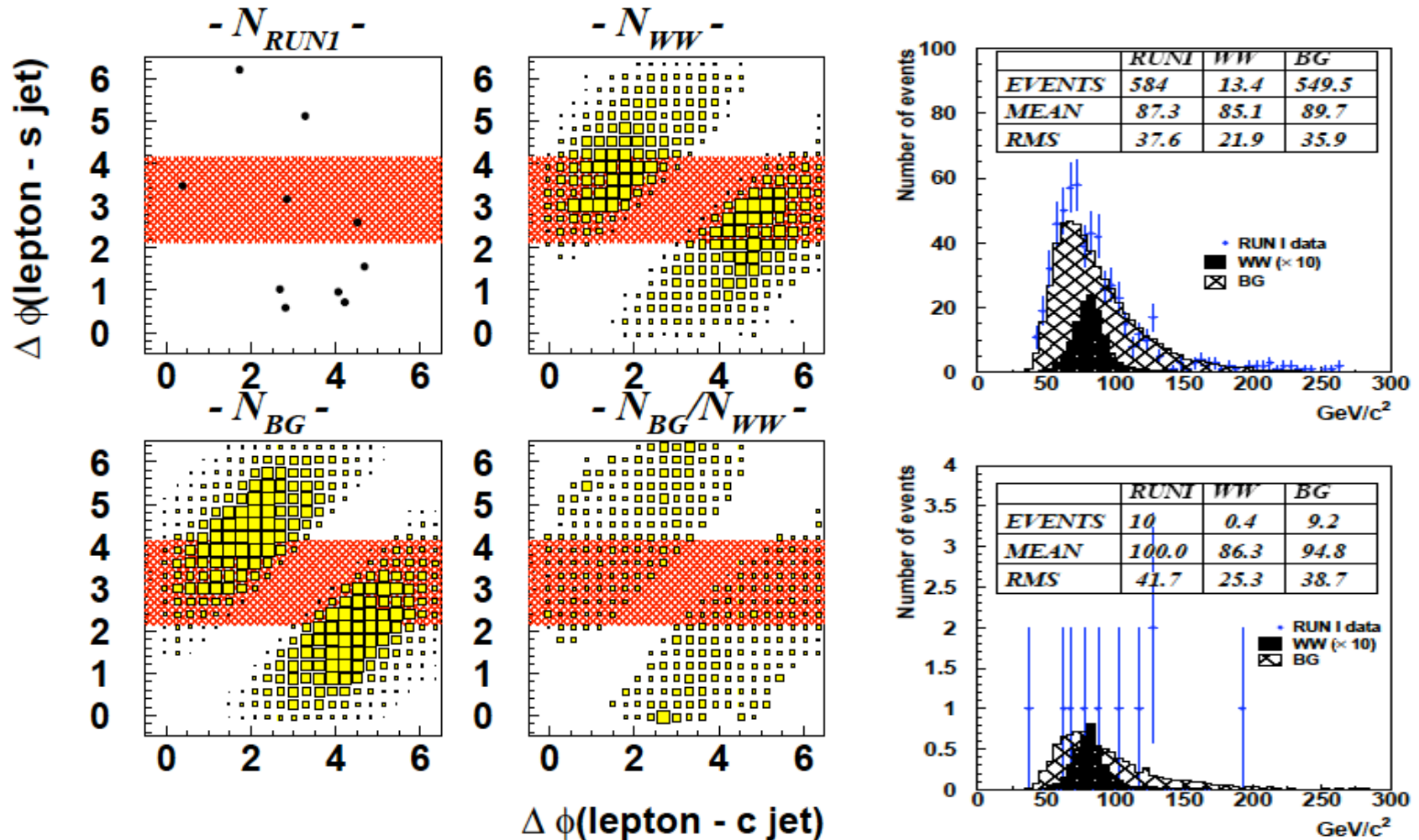
チャーム・タグの仕方

- チャーム・クォークが生成されると、いったんDメソンが出来、このDメソンが少し飛んでから崩壊する(ボトム・クォークの場合はBメソン)。
- 軽いクォーク(u/d/s)はこのような崩壊点を作らない。
- Dメソンが、ビーム衝突点から離れていることを利用してチャームをタグする。
 - 崩壊点を再構成する。
 - ジェット中のトラックのインパクト・パラメタをみる。



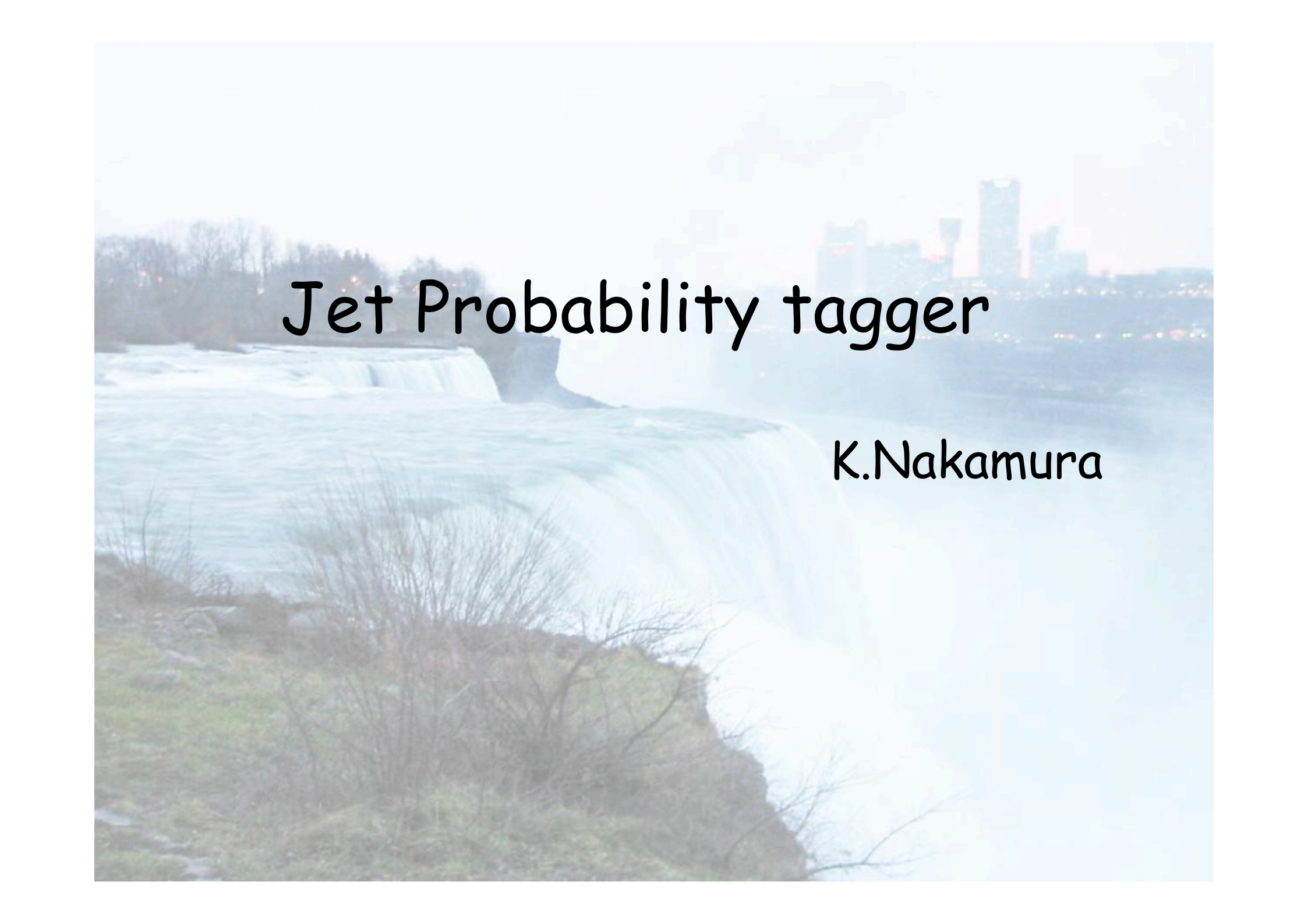
Run I で行われた解析の例

- チャーム・タグのほかにもジェット・チャージやトラック・マルチプリシティに対してカットを最適化して高いS/N、シグニフィカンスを達成した (cdf6461、高野さん、金先生)。



予定

- 既存のアルゴリズムを使ってみて、u/d/s、チャーム、ボトムに対する検出効率の違いを見る。
- ヒッグス解析でどのくらいの性能がでるか、カットの最適化をしながら研究する。
- その他、新しいアイデアが出たらどんどん試みましょう（ジェット・クラスタリング、新しいカット等）。



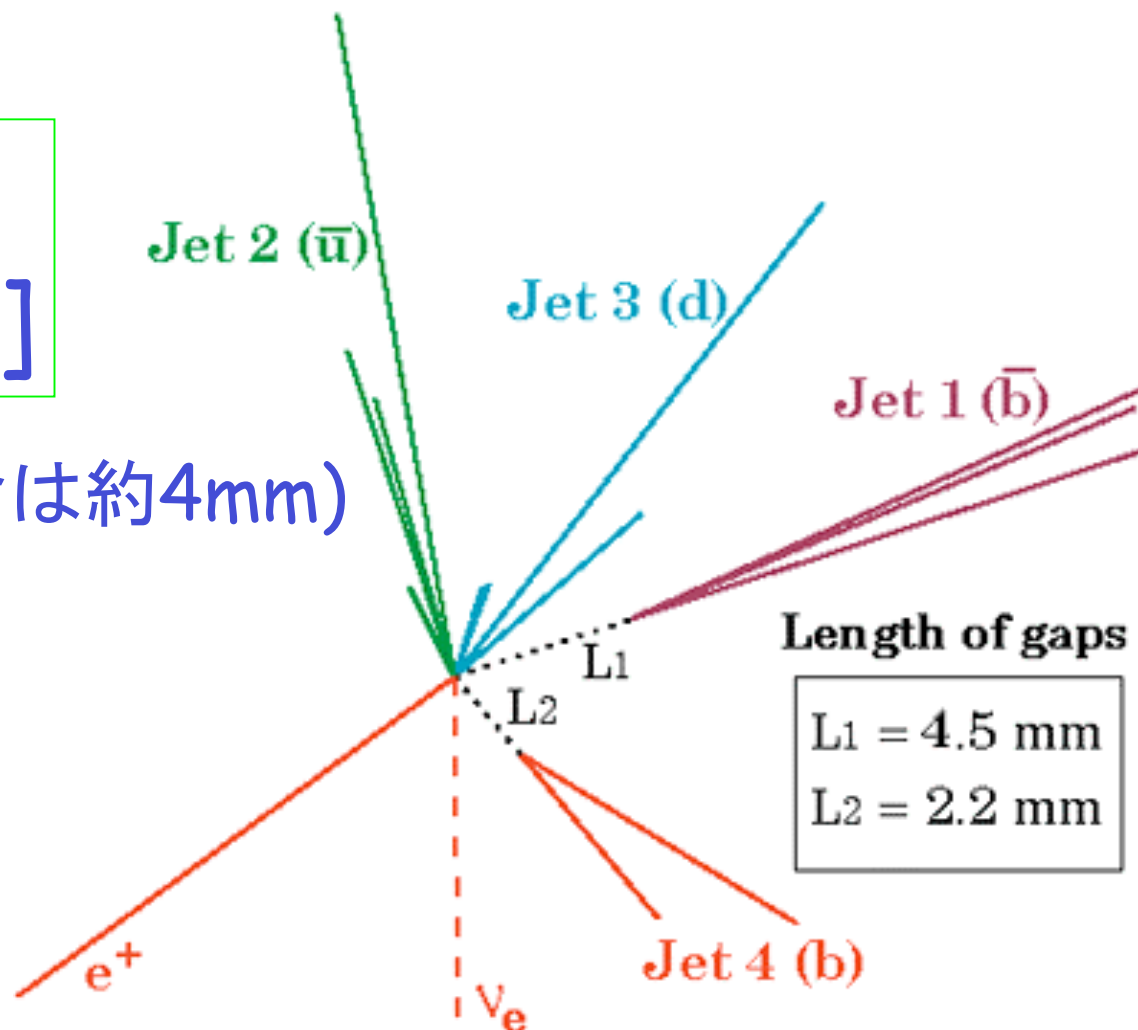
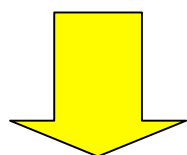
Jet Probability tagger

K.Nakamura

What is the b-tagging?

bメソンの寿命:
 $\tau_{B0} \sim 1.53 [\text{ps}]$

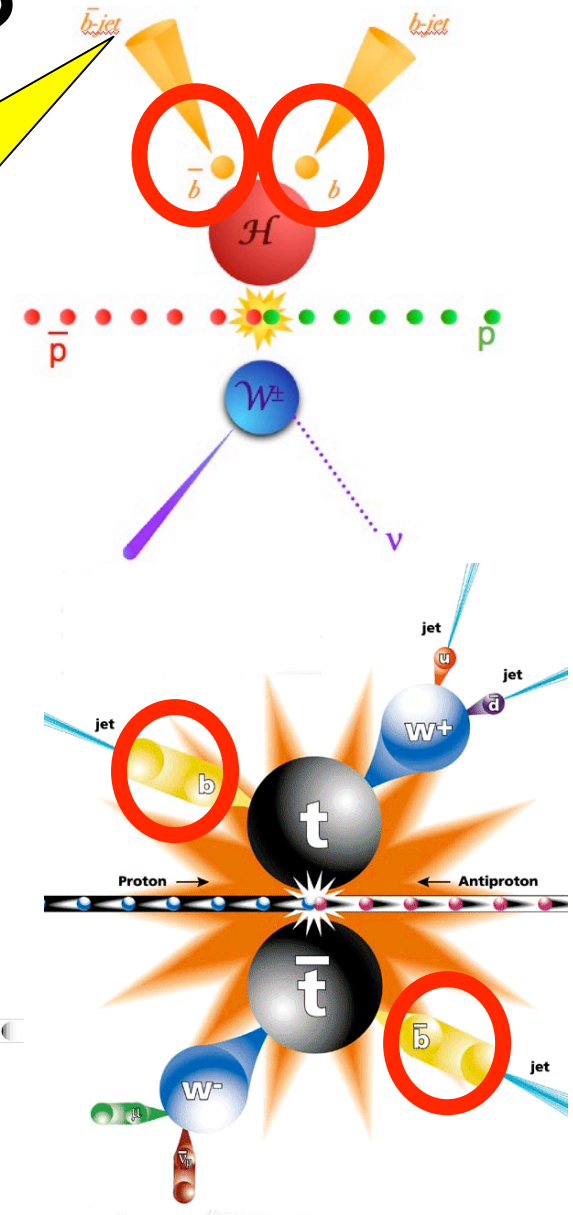
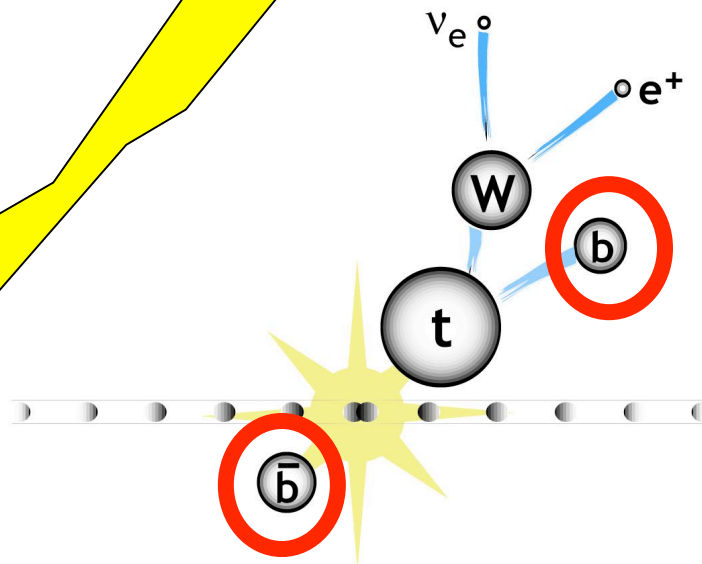
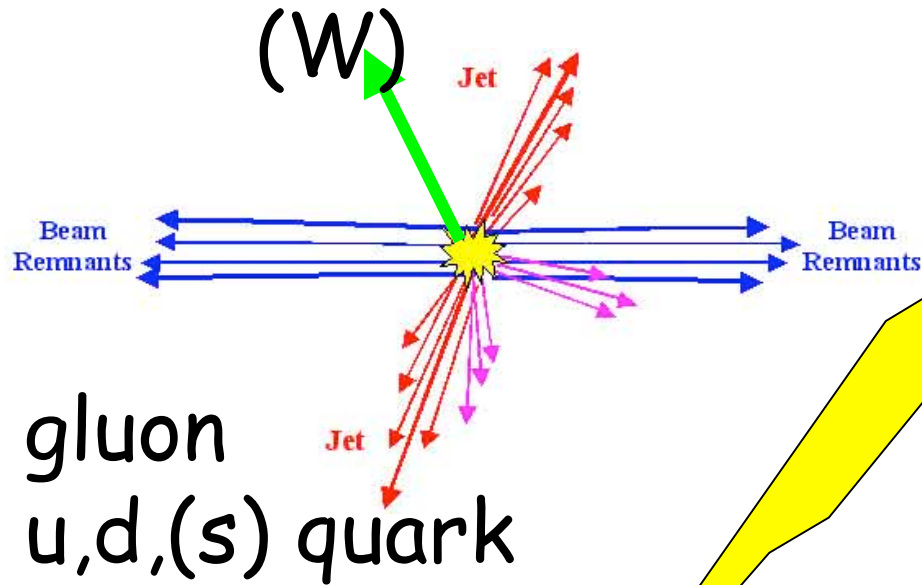
(40GeV bメソンの寿命は約4mm)



崩壊点が粒子衝突点からはなれている。
=> これを利用してb-jetに“tag”をつける

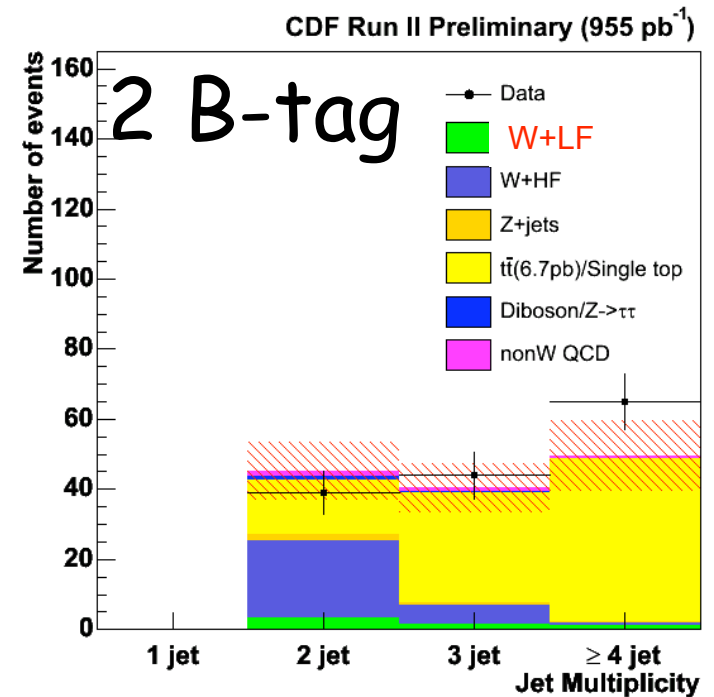
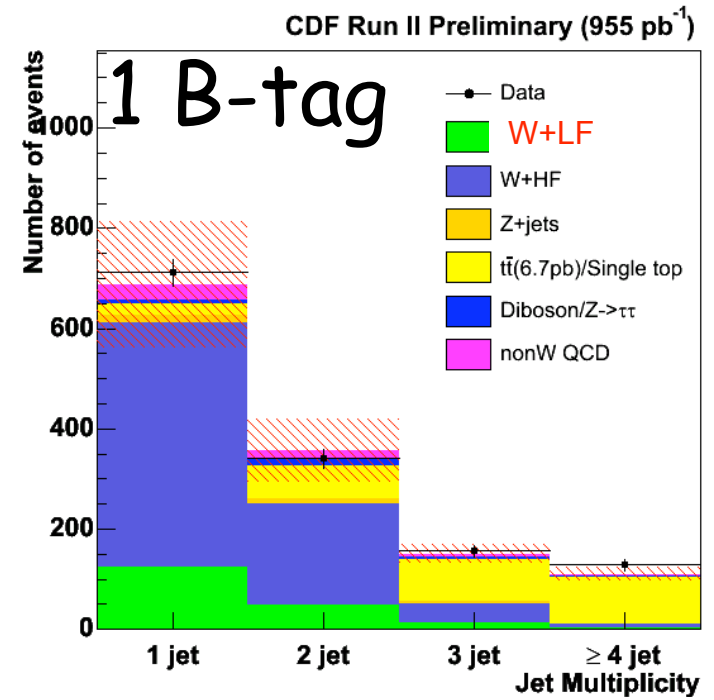
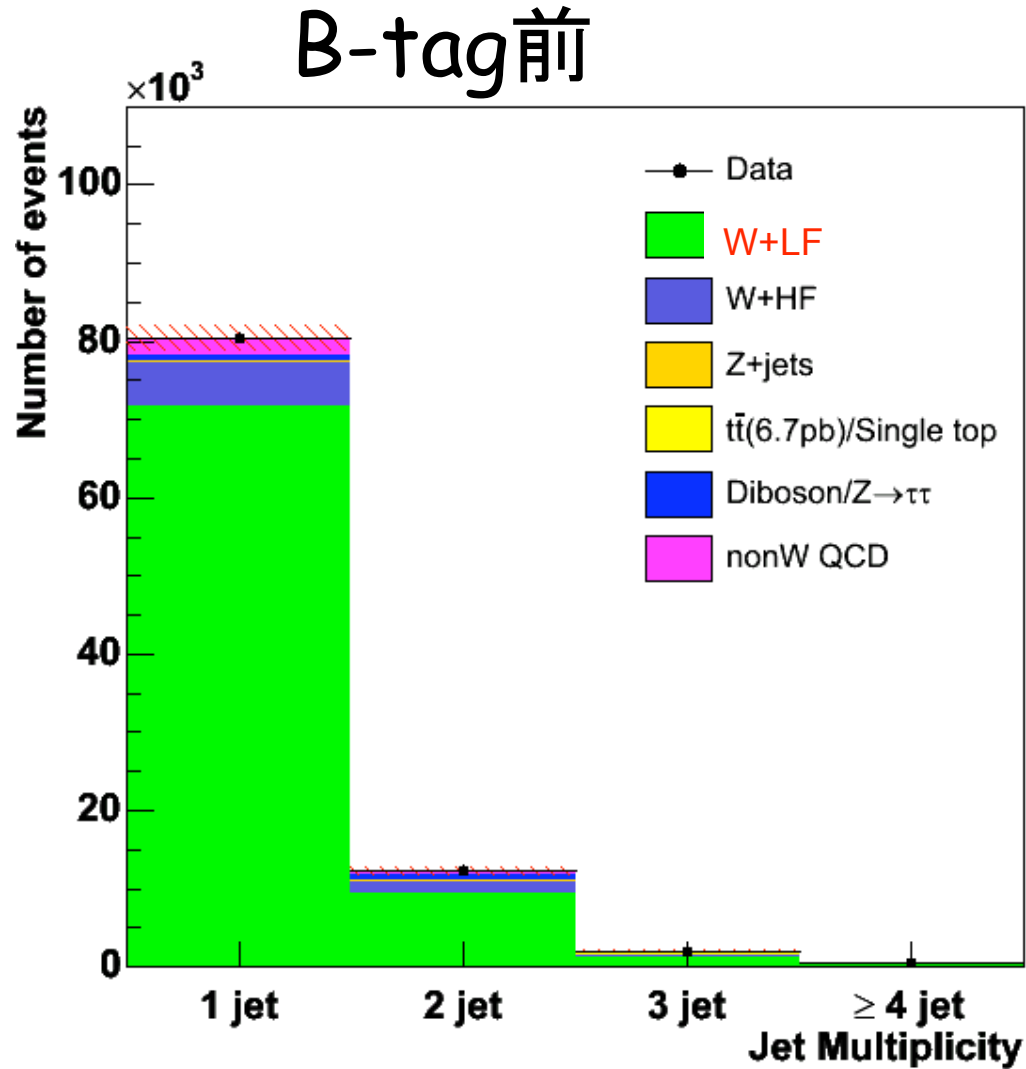
Why are we using B-tag?

CDFで起こるほとんどのイベント



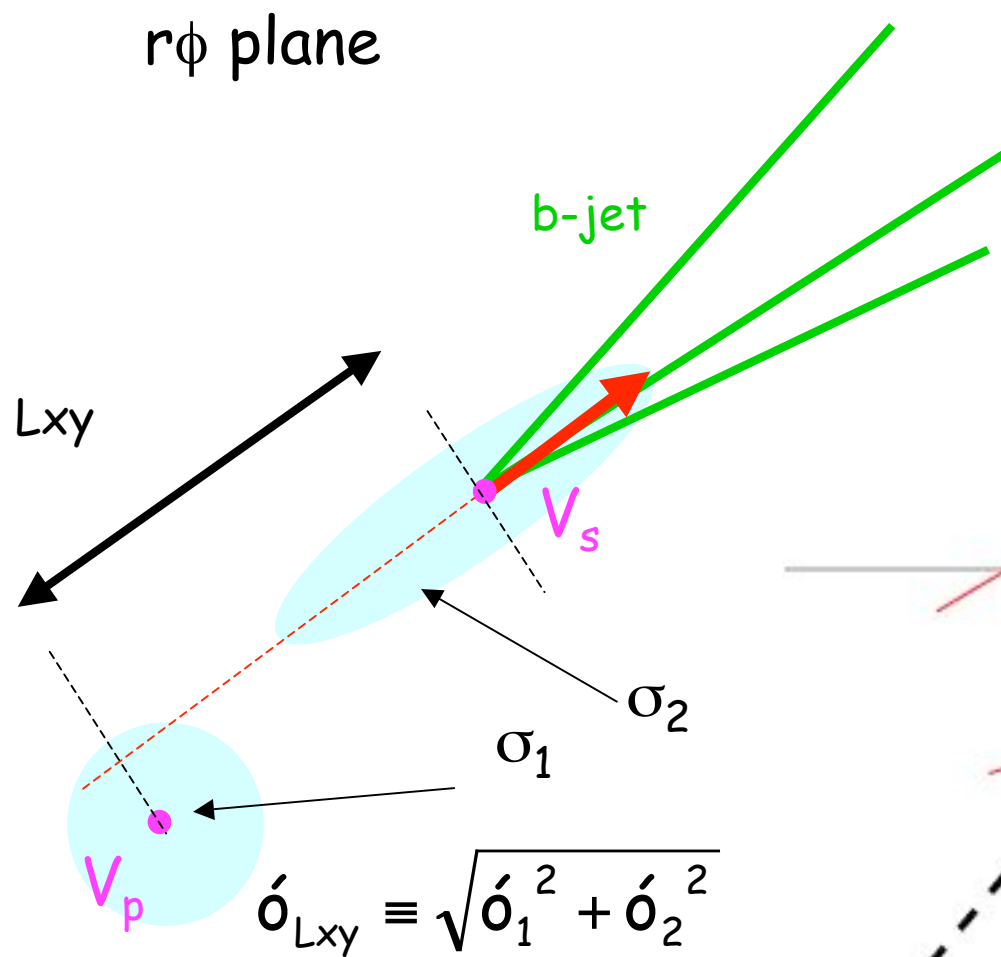
TOP quark や Higgsのイベント

B-tag すると？

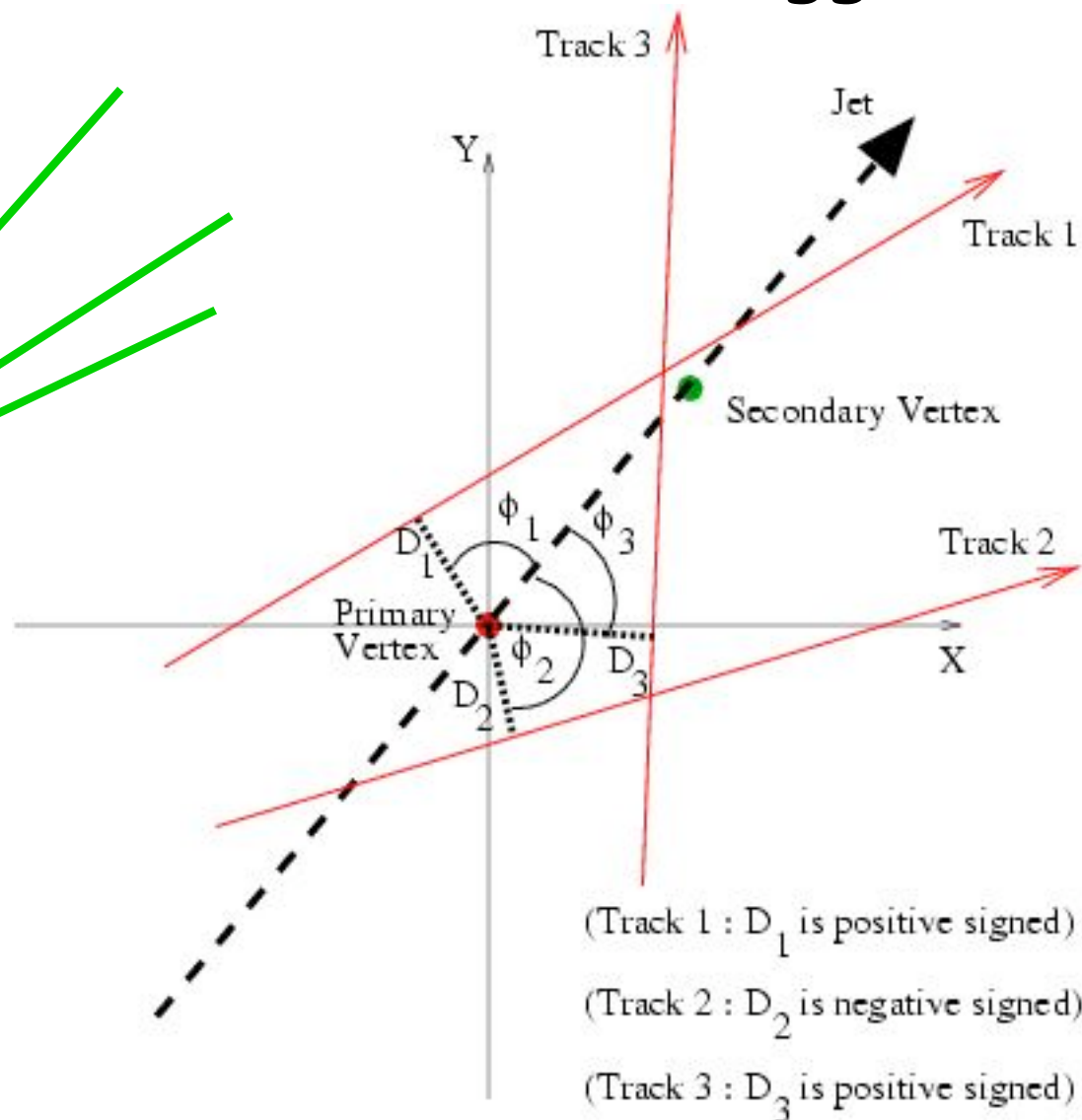


2種類の b-tagging

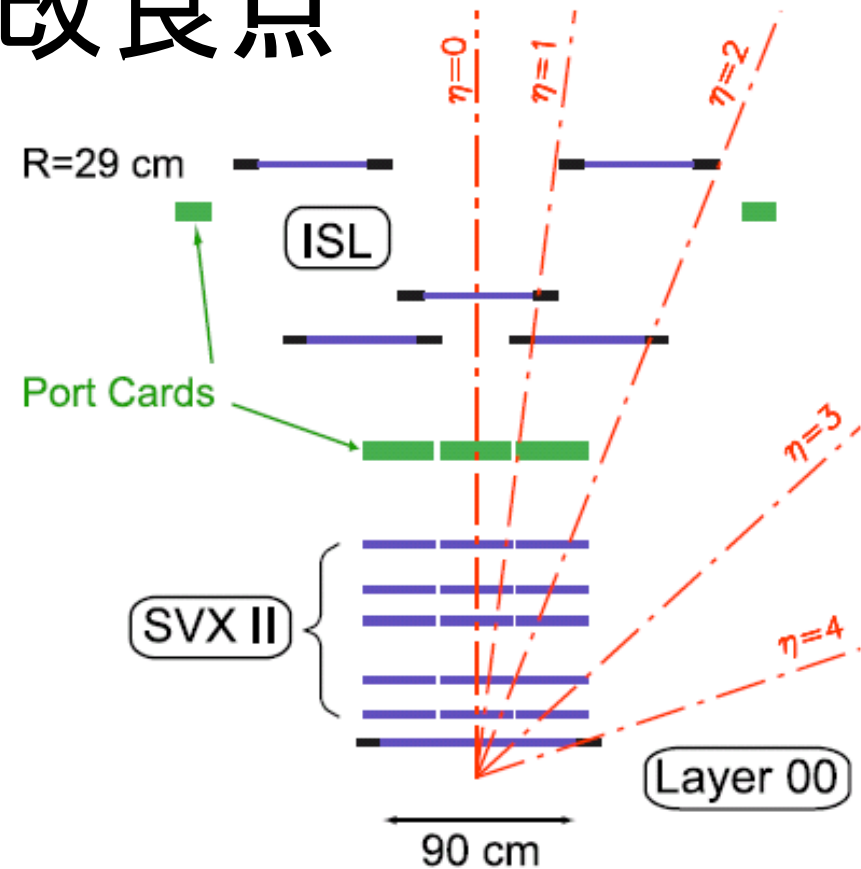
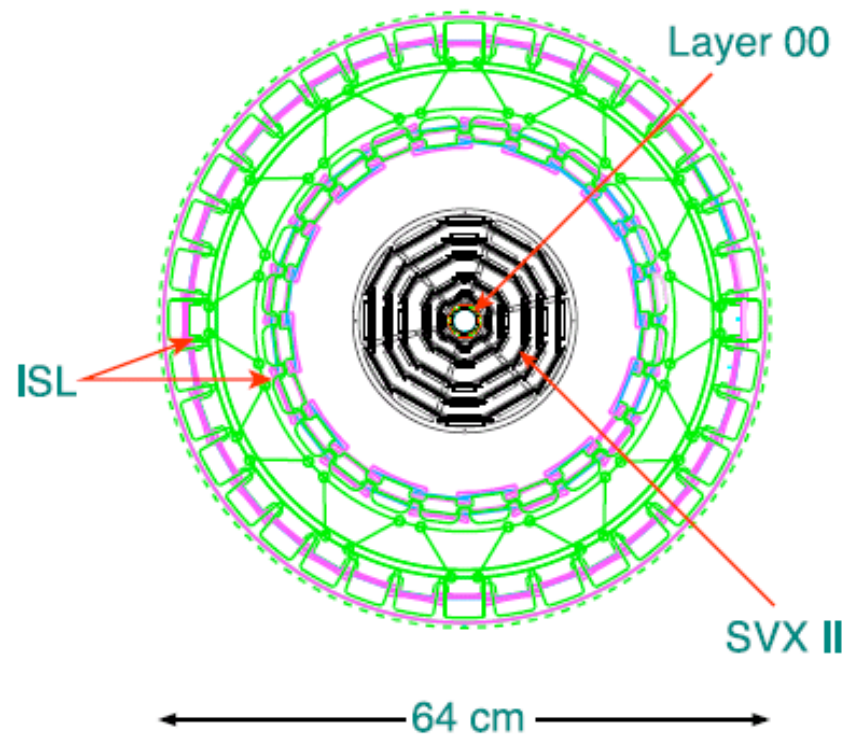
1) SecVTX tagger



2) JetProb tagger



JetProb tagger の改良点



現在のtagger: SVXのみからD0を求めている。
今回の改良点: L00, ISLも加える。新しい場合分け。

<D0 Significance> # 10 : $2.0 < Pt < 5.0$, $0 < \eta < 0.6$, w/ ISL

Jet50_gjt20h6

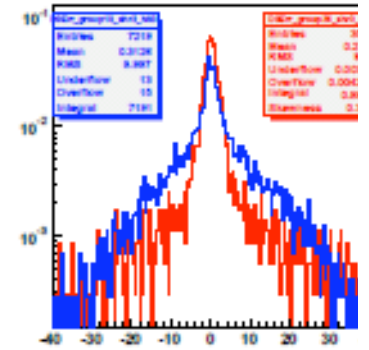
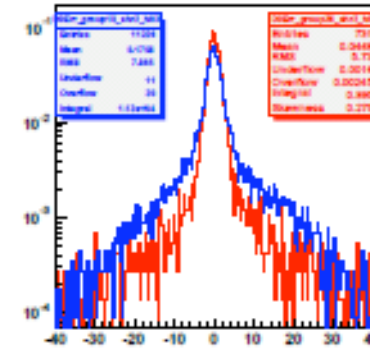
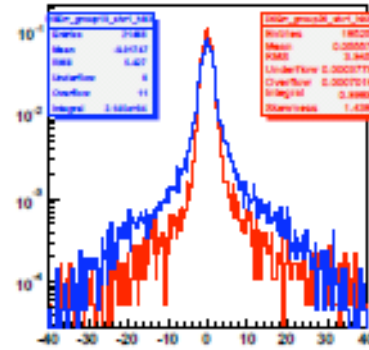
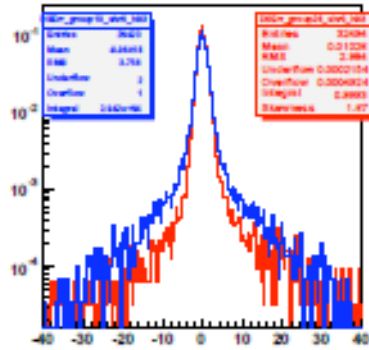
shr=0

shr=1

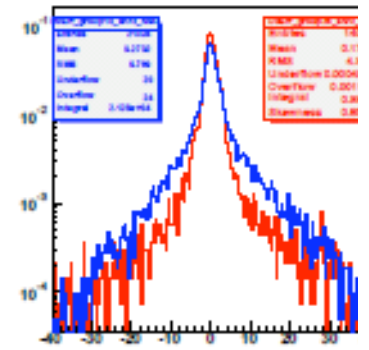
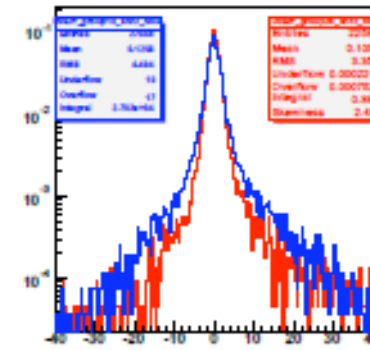
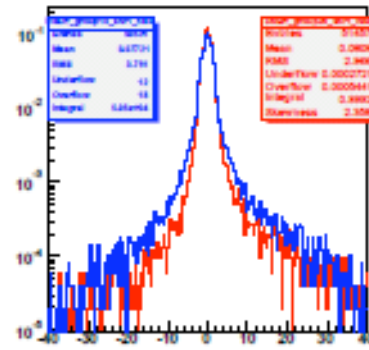
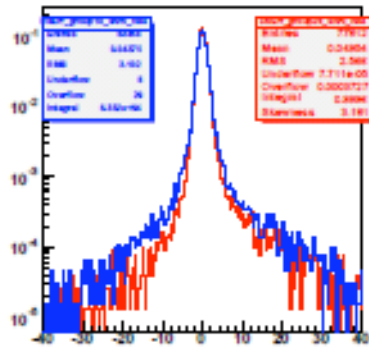
shr=2

shr=3

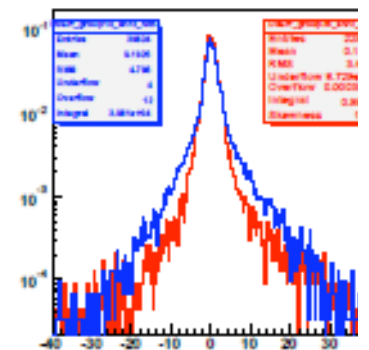
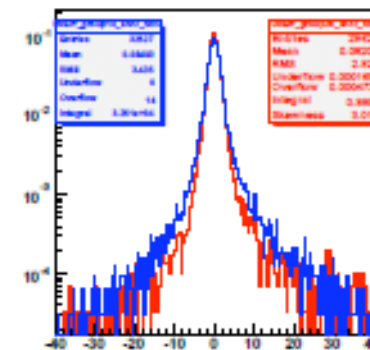
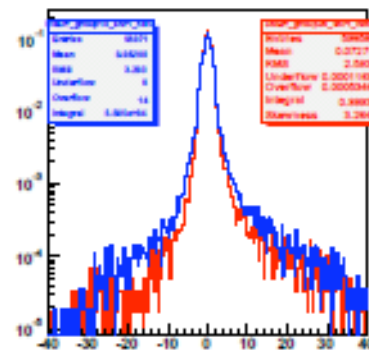
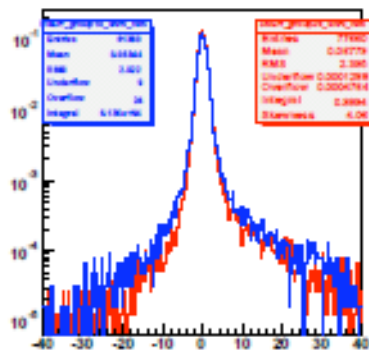
svx=3



svx=4



svx=5

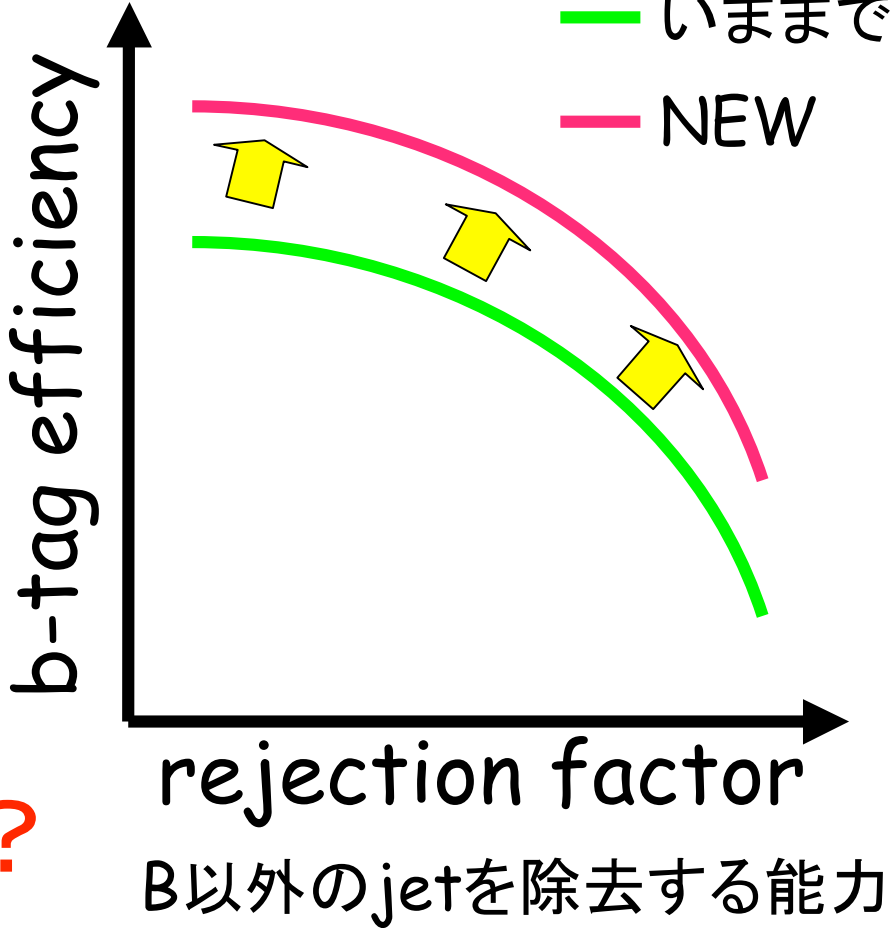




一ヶ月で何が出来るの？

目標は、

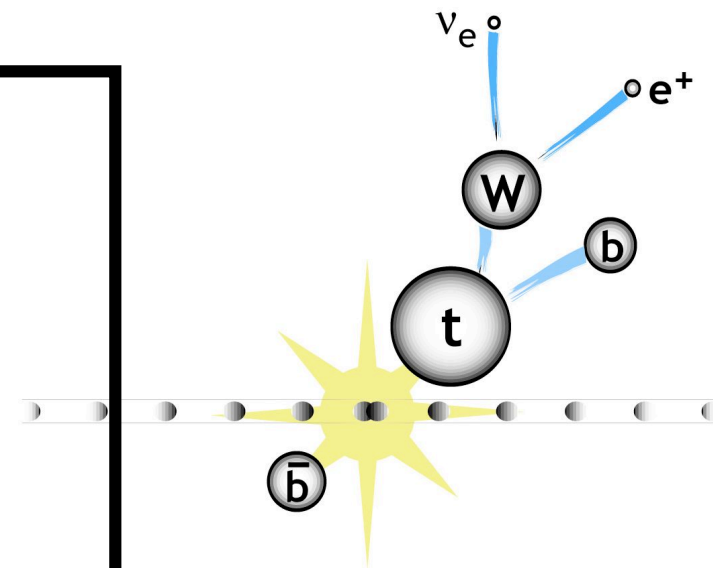
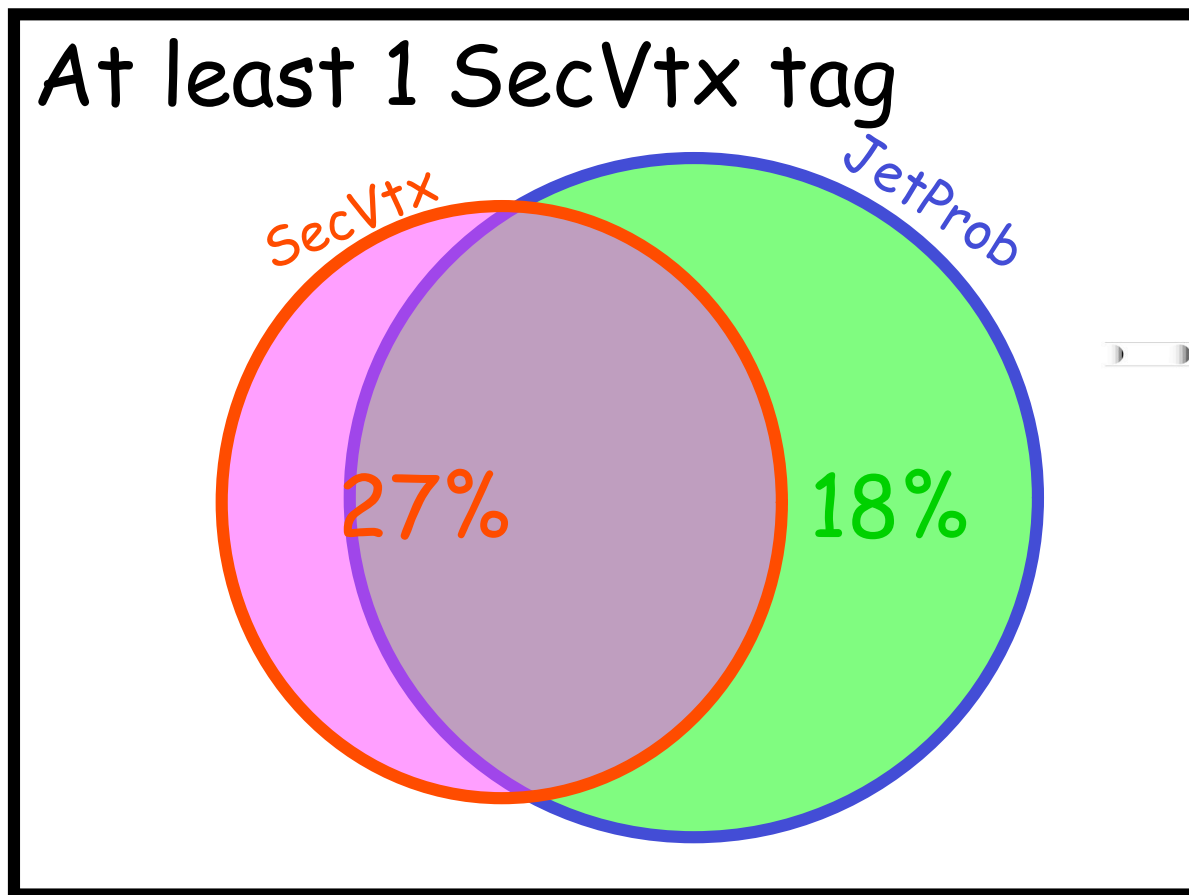
b-jet がb-tagされる確率



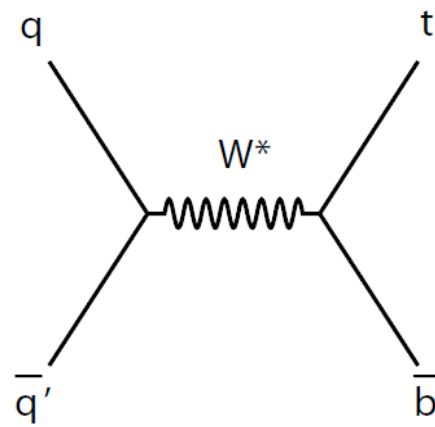
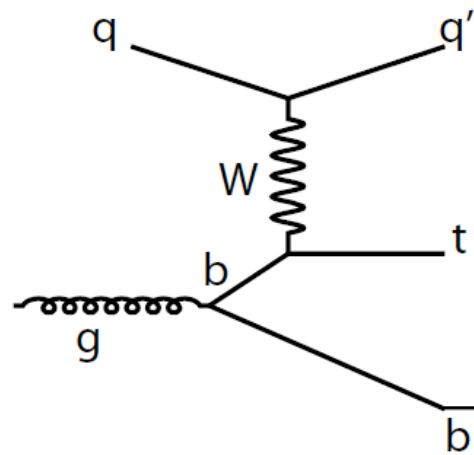
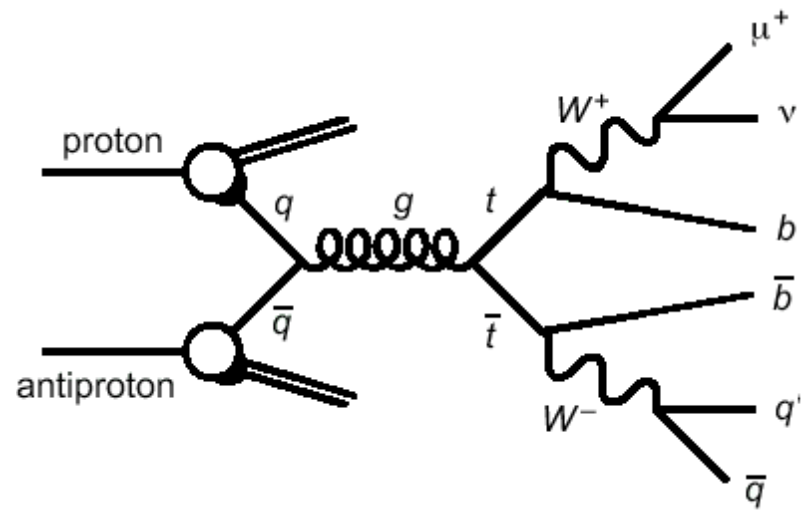
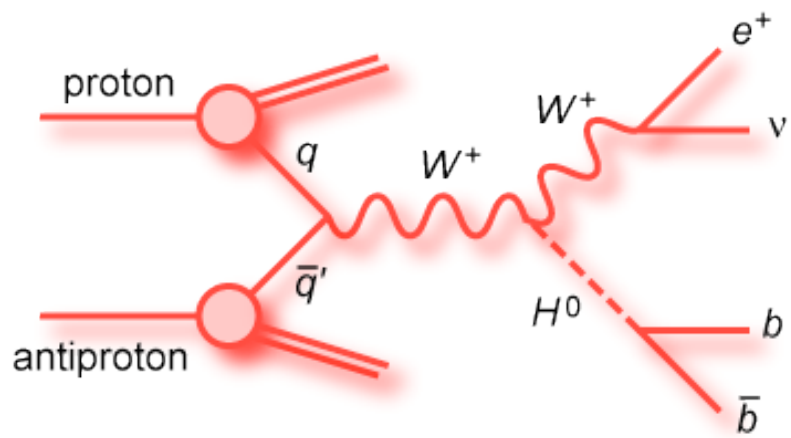
どのくらい良くなる？

Backup

2種類の tagger の overlap



2つの tagger を使うと improve する可能性がある！



b-jet Energy Scale Using $Z \rightarrow bb$

宇宙史拠点実習I 説明会 – 06/18/07

戸村 友宣





Introduction

A large sized $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$ signal can in principle be used as a tool to:

▶ **measure specific energy scale of b-quark jets:**

→ Reduction of uncertainty in b-JES helps all precision measurement of **top quark mass**

▶ **improve b-jet energy resolution**

→ **develop and test algorithm to improve b-jet energy resolution:** important for low mass **Higgs** searches.

Analysis objective: extract a signal, measure data/MC b-JES

The applicability of the extracted scale will be subject of additional studies



Unbinned Likelihood Fit

We use an unbinned likelihood procedure to measure the number of signal events and the b-JES scale factor in our data.

$$\mathcal{L}(SF) = \mathcal{L}_{shape}(SF) \times \mathcal{L}_{(n_s+n_b)}, \text{ with}$$
$$\mathcal{L}_{shape}(SF) = \prod_{i=1}^N \frac{n_s P_s(m_i; SF) + n_b P_b(m_i)}{n_s + n_b}, \text{ and}$$
$$\mathcal{L}_{(n_s+n_b)} = \frac{e^{-(n_s+n_b)} (n_s + n_b)^N}{N!}$$

n_s and n_b : numbers of signal and background events,

$P_s(m_i, SF)$ and $P_b(m_i)$: signal and background p.d.f's.

We minimise $-\ln(L)$ to find best SF hypothesis. Statistical error is given by the difference between this SF and the SF at $-\ln(L_{\max}) + 0.5$.

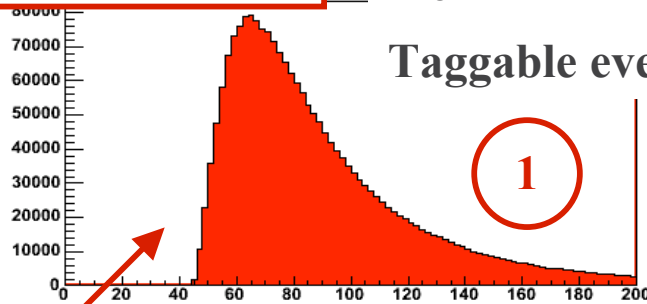


Data-driven BG Modeling

Signal Region

Dijets mass

Taggable events



$\Delta\Phi_{12}$

3.0

$[\Delta\Phi_{12}]_{BG}$

15

$[E_t^3]_{BG}$

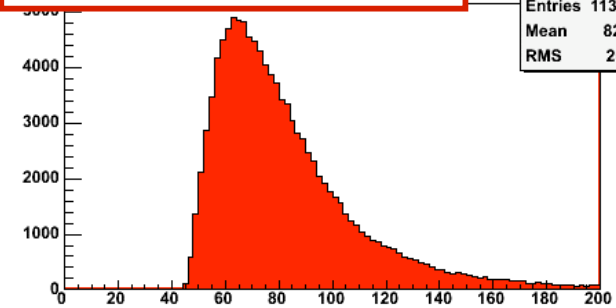
E_T^3

1

\times

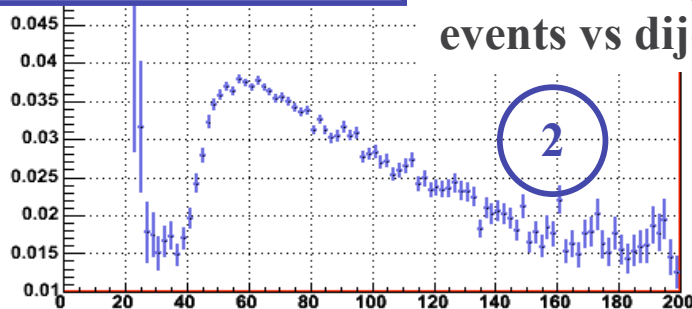
2

BG Template



Tag ratio: BG Region

Fraction of (++) events vs dijet mass



Distribution is then parameterized with a p.d.f.

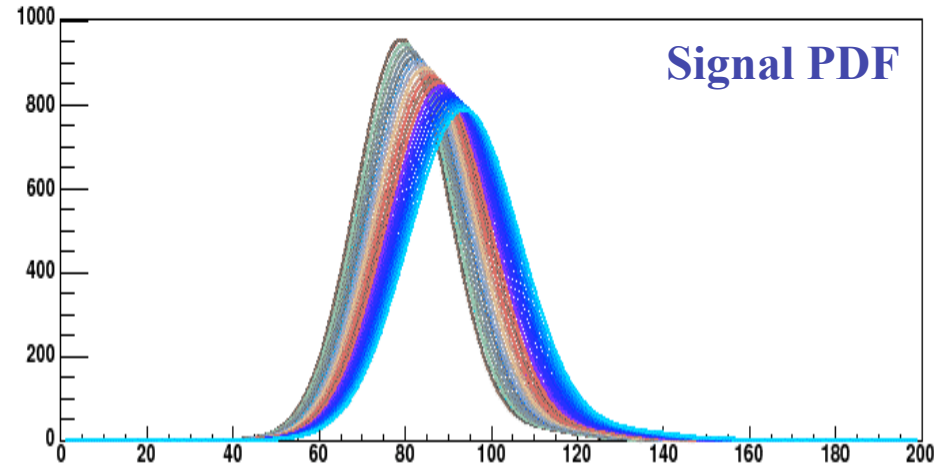


Probability Density Functions

Signal PDF

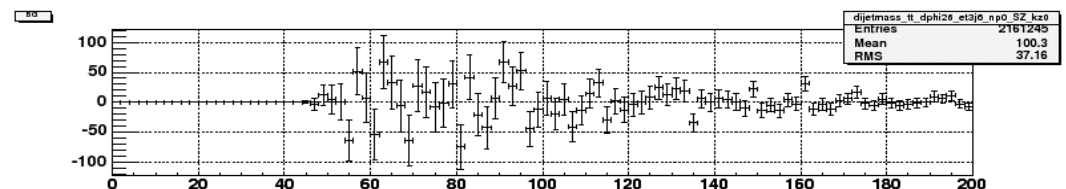
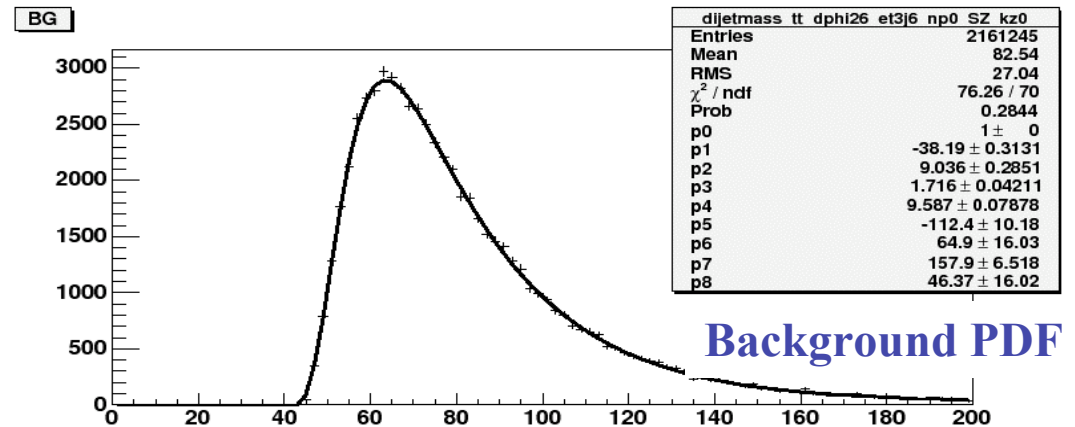
Dijet invariant mass shape is obtained from MC (pythia, $Z \rightarrow bb + MB$ events).

We construct one single signal PDF which has **b-jet energy scale factor (SF)** as a parameter: $P_s(m_{jj}, SF)$.



Parameterization of data-driven BG model

BG model is constructed from data and then parameterized.





Systematic Uncertainties

Systematic Source	b-JES factor	N signal events	
Background choice	+0.012 -0.006	+1391 -301	Sideband fit choice
Background statistics	0.0105	445	BG template shape (*)
Background correction	0.0050	36	BG correction method (*)
MC template	0.0027	177	Fit of original mass templates with signal PDF (*)
MC statistics	0.0020	62	Stat. of original template (*)
Total	+0.0170 - 0.0135	+1473 -570	

(*) pseudo-exp, assuming signal fraction of 2%, b-JES: 0.96, 0.97 and 0.98

(*) pseudo-exp, assuming signal fraction of 2%, b-JES: 0.974



Other MC Uncertainties

These uncertainties are related to the choice made in the MC generation and they are not to be included in our b-JES factor measurement.

Their effect is interesting to be measured though.

Source	b-JES factor	N signal events
Monte-Carlo ISR	0.0040	263
Monte-Carlo FSR	0.0116	111
Monte-Carlo PDF's	+0.0052 -0.0054	+617 -574

Source	b-JES syst.	N_{sig} syst.
CTEQ6Mx	+0.0039 -0.0041	+358 -277
MRST72/CTEQ5L	+0.0034	-414
MRST72/MRST75	-0.0034	+286
Total	+0.0052 -0.0054	+617 -574



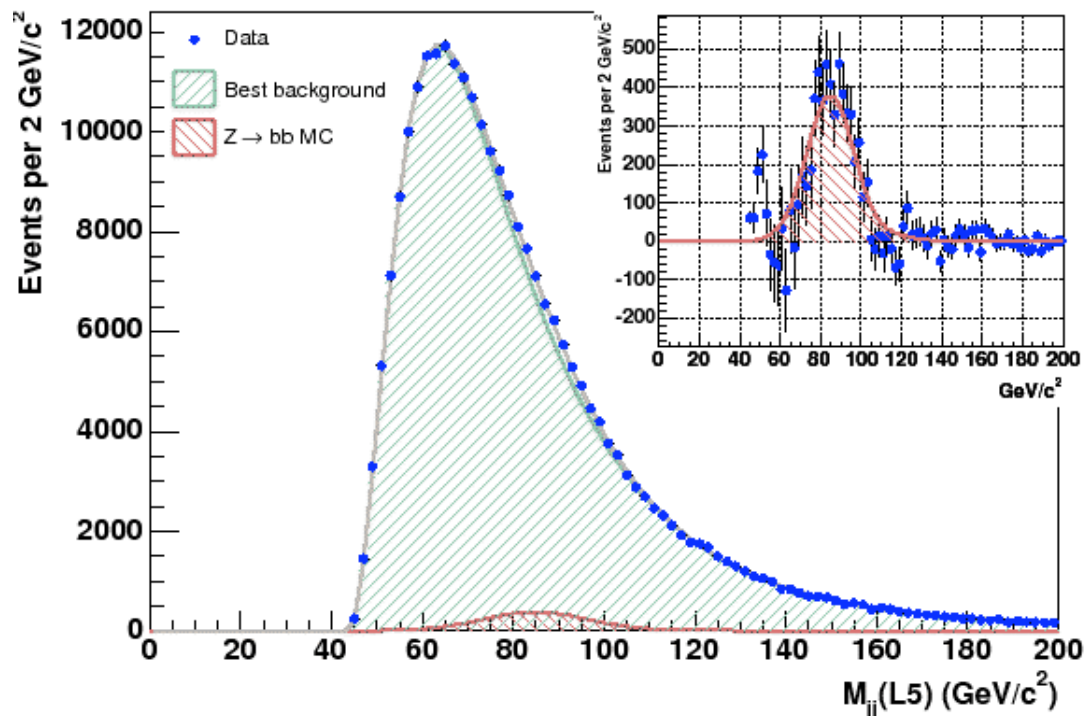
Result

We measured **data/MC b-jet energy scale factor** using **Z→bb** reconstructed signal

Preliminary measurement gives:

$$\mathbf{b\text{-JES} = 0.974 \pm 0.011(\text{stat.})_{-0.014}^{+0.017} \quad (\text{syst.}) = 0.974_{-0.018}^{+0.020}}$$
$$\mathbf{N_{\text{sig}} = 5674 \pm 448(\text{stat.})_{-570}^{+1473} \quad (\text{syst.}) = 5674_{-725}^{+1540} \quad \text{events}}$$

CDF Run II Preliminary L=584 pb⁻¹



N_{exp} = 4630 ± 727 events.

Reasonable agreement.

**Goodness of fit:
 $\chi^2/\text{NDF} = 104/75$**



To Do

Redo the analysis with jet cone size 0.4

- ▶ The previous results were obtained using cone size 0.7.
- ▶ Many analyses (top, higgs, etc.) are using cone size 0.4.
- ▶ To apply $Z \rightarrow b\bar{b}$ result to other analyses, we need **b-jet energy scale with cone size 0.4**.

All the tools are ready. We just need remake/recalculate:

- ▶ Ntuples
- ▶ MC Templates
- ▶ BG Modeling
- ▶ Acceptance Study
- ▶ Systematics

CSL

CSLj group

M.Shimajima

T.Masubuchi

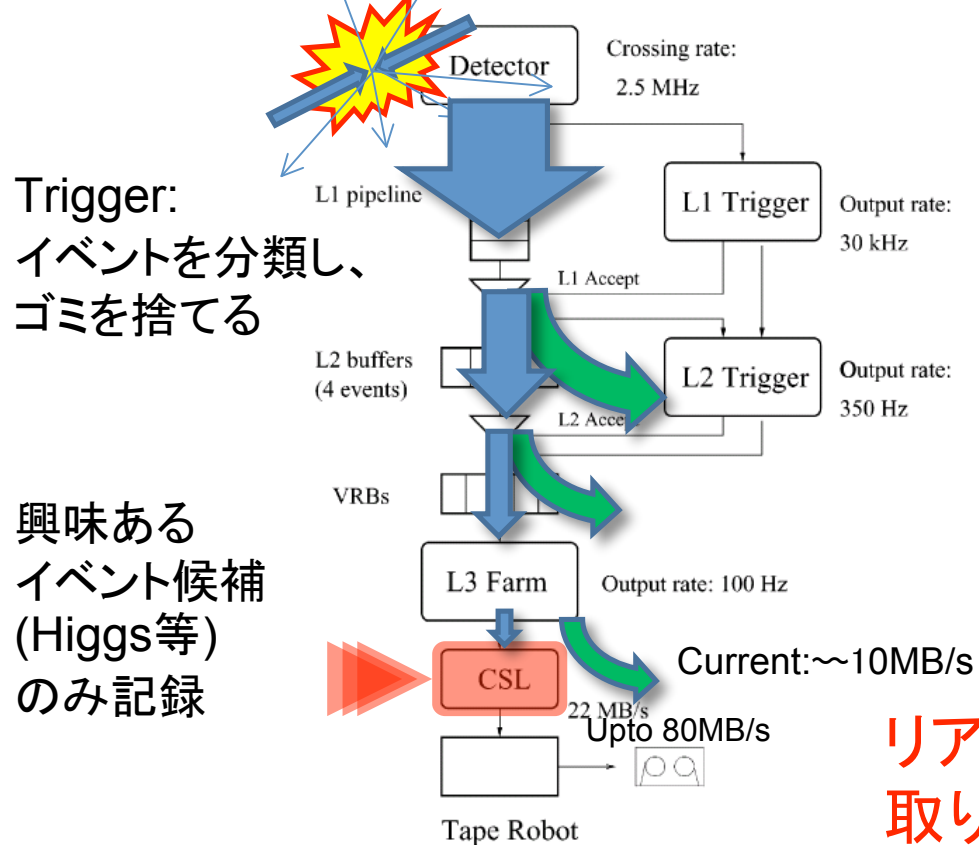
H.Miyake

06/19/07 宇宙史拠点実習I説明会

What is CSL?

- Consumer-Server/Logger
- CDFデータ取得系のオンライン最終段

データの仕分け&記録係



Trigger:
イベントを分類し、
ゴミを捨てる

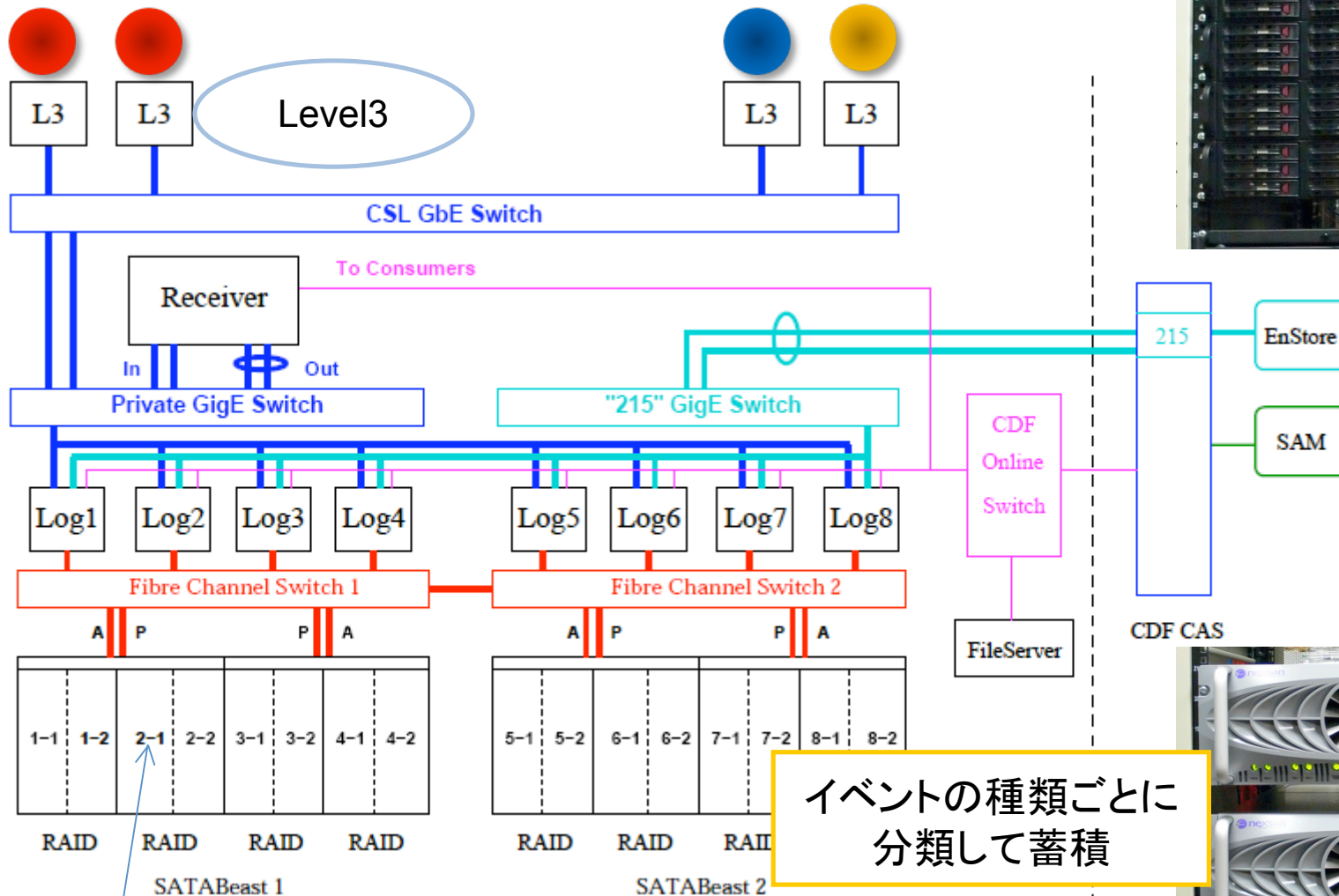
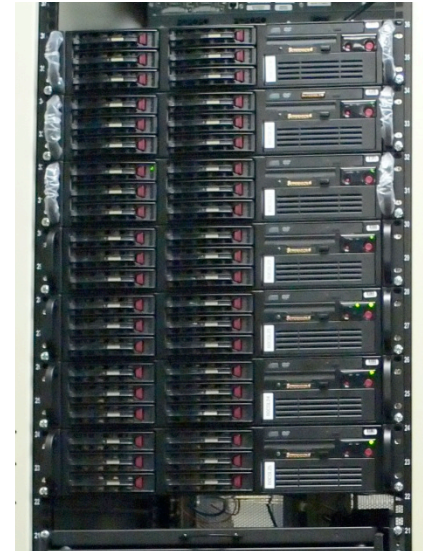
興味ある
イベント候補
(Higgs等)
のみ記録

- Level3トリガーの決定に従ってイベントを分類、蓄積
- データファイルカタログの作成
- 一部をオンラインモニター (consumer)へ配送

リアルタイムに取得されるデータを取りこぼすことなく記録する

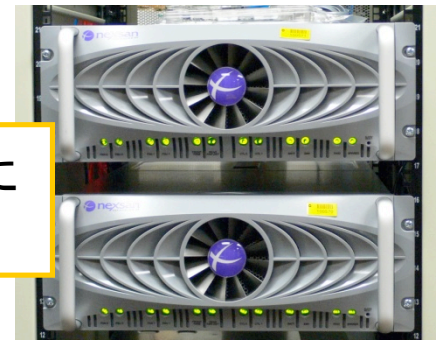
CSL system layout

多数のサーバー、ネットワークスイッチ、記録装置より構成される、高い冗長性を持つ処理系



イベントの種類ごとに分類して蓄積

Electron, muons, MET, W



CSL experts

- **Tsukuba**

Makoto Shimojima, (Hiroyuki Matsunaga),
Tatsuya Masubuchi

- **Rochester**

Willis Sakumoto, Kevin McFarland, (Jedong Lee),
Geumbong Yu, Richard Emile Sarkis

- **UCL**

Iliya Bizjak

- **FNAL**

- **Upgrade project leader**

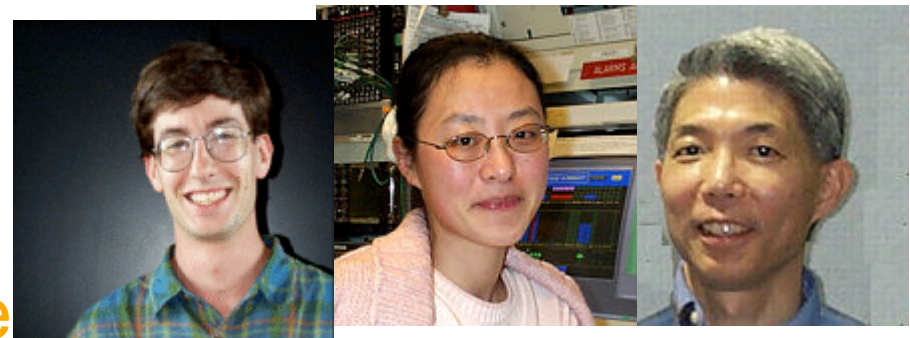
Frank Chlebana, (Radu marginean)

- **Data handling group**

Dehong Zhang

- **Hardware support**

Jason Hedden



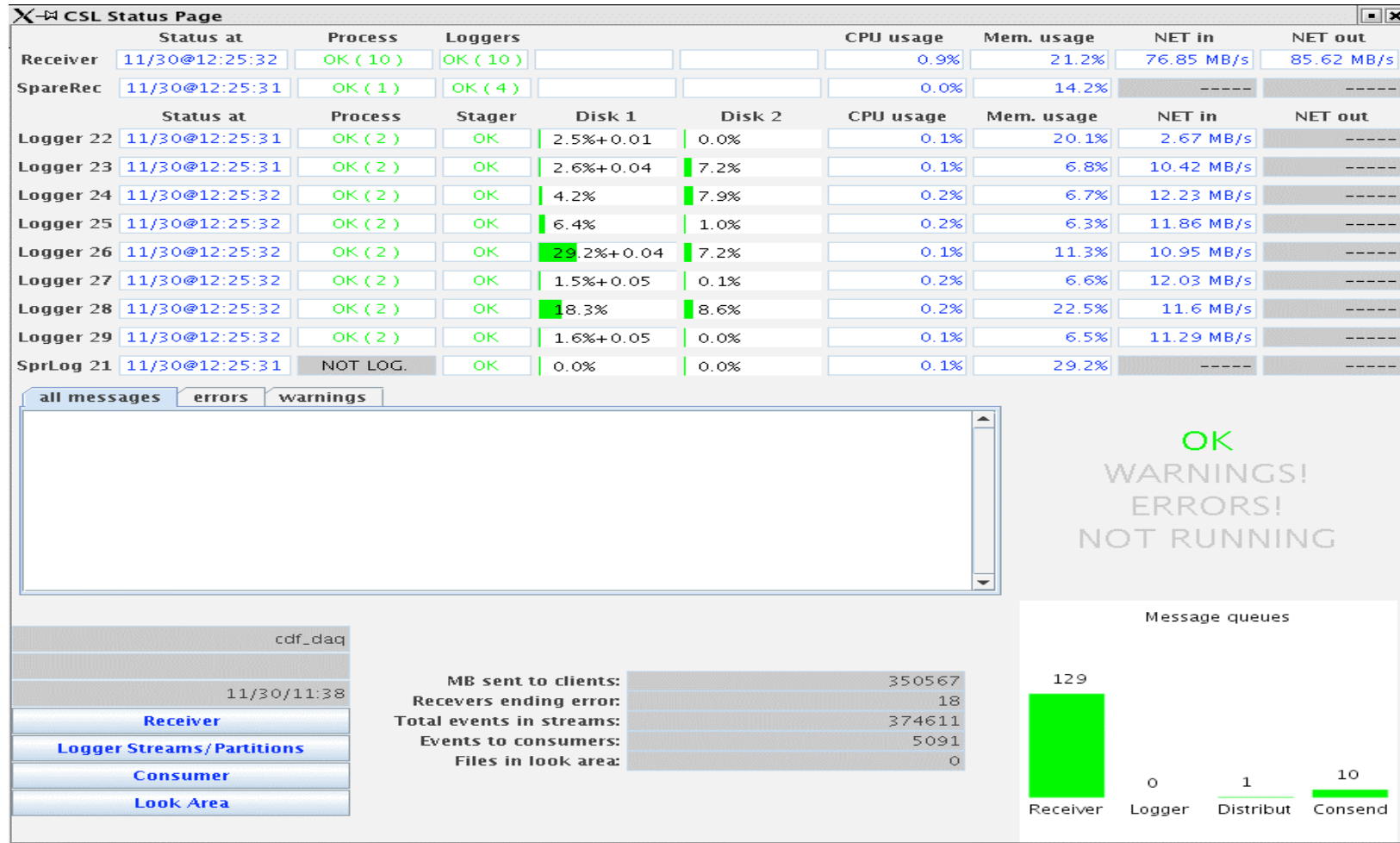
CSLの現況

- 増強されつつあるルミノシティに備え、
2006年にシステムアップグレード
 - 下島先生、増渕さんらの尽力により無事完了
 - 順調に稼働中
- 安定運用の為、継続的な監視が重要
 - CSLを構成する各マシン、及び上流、下流にあるデータ取得系/記録系の動作状況(Freeze, Memory leak and Disk full...)
 - 異常データ(collapsed/truncated...)発生の監視
 - いち早い発見とtrouble shootが大事

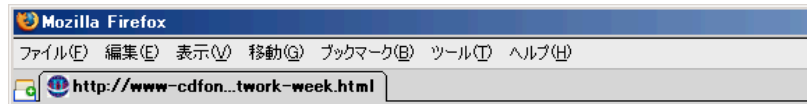
モニタリング

主にリアルタイム更新されるGUIモニタ (cslmon)と、webブラウザを用いたhistory plotを用いて監視を行う

CSLモニタ (コントロールルームにて実際に使用中)



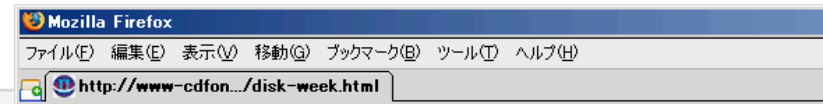
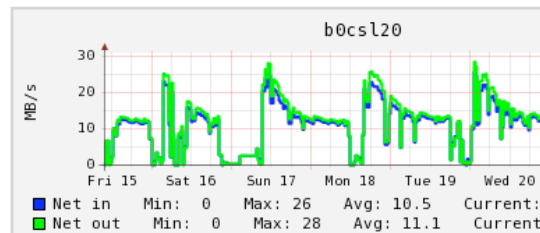
History Plots on the Web



CSL Monitor - Network

[Enstore](#) / [Load](#) / [Network](#) / [Disk](#)

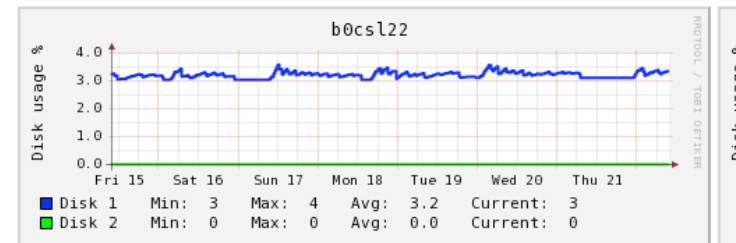
[Day](#) / [Week](#) / [Month](#) / [Year](#)



CSL Monitor - Disk Usage

[Enstore](#) / [Load](#) / [Network](#) / [Disk](#)

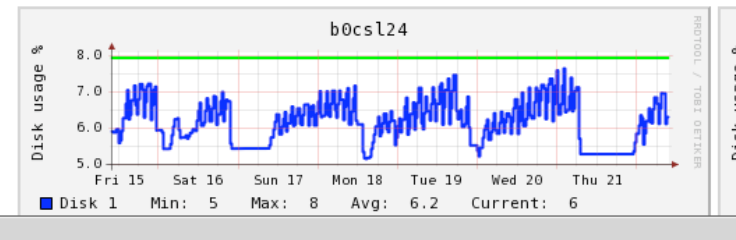
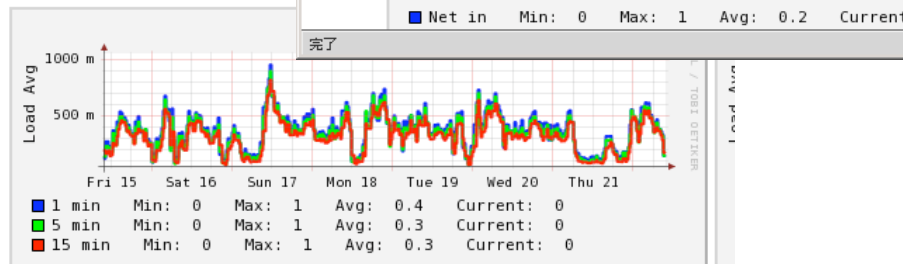
[Day](#) / [Week](#) / [Month](#) / [Year](#)



CSL Monitor - Load

[Enstore](#) / [Load](#) / [Network](#) / [Disk](#)

[Day](#) / [Week](#) / [Month](#) / [Year](#)



完了

What you can do (1)

- CDFデータ取得システムの整備を通じた実験データ収集への参加

• オンラインモニタの改良

- 監視項目の増強
 - 現在監視できていない異常メッセージの取得、表示 (CSLモニタ)
 - ステータスメッセージの流量に対するhistory plot (web)
 - 異常発生時刻を特定できるので、異常の発見トラブルシュートに有効

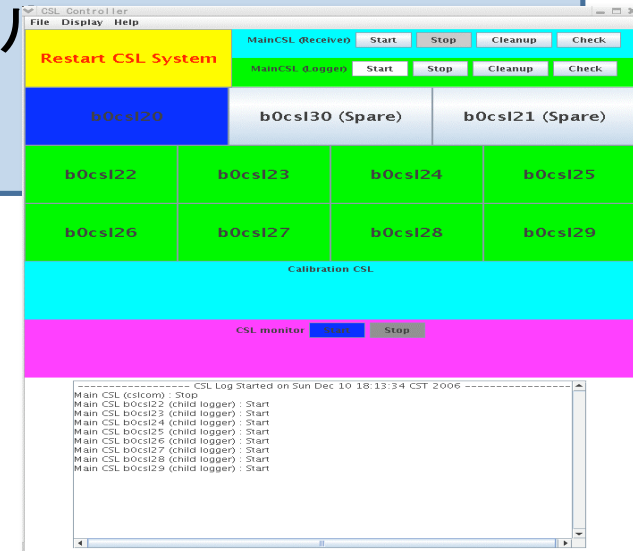
- 一生使えます (ますぶち氏談)
- 基本的にJava+shellスクリプト
- 当方は素人@勉強中ですが、増渕さんやIlija、他日本人グループにもエキスパート多数

What you can do (2)

- プラスアルファ (やる気次第)

- GUIフロントエンド...増淵先生の野望

- JavaでCSLシステムをコントロール
(うまくやれば本番で採用)



- CalibCSL (calibration用CSL)改良への参加? w/永井さん?

まとめ

- CSL (Consumer-Server/Logger)は
毎秒数十MBにのぼるオンラインデータを
分類し記録する、CDFデータ収集系における
重要コンポーネントの一つである
- 高いデータ収集効率を得る為には、モニタリングに
よる的確な異常発見(予知)と原因究明が大事
- オンラインモニタの改良を通して、
CDFで遂行中の実験データ収集に参加できる

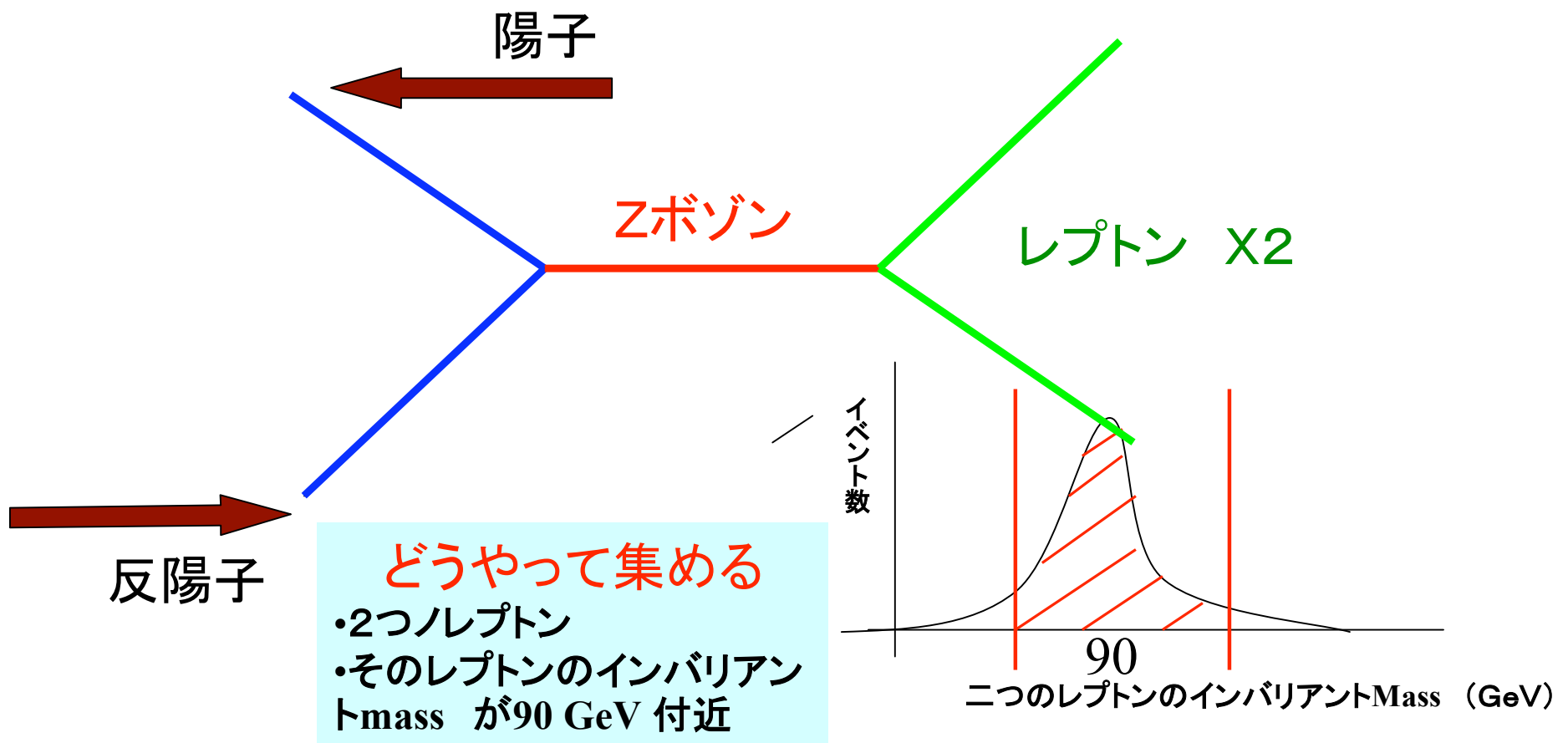
Number of Jet Scale Factor Estimation

Naoki Kimura

どれだけ Jet の^{目的}数が実験と理論で違

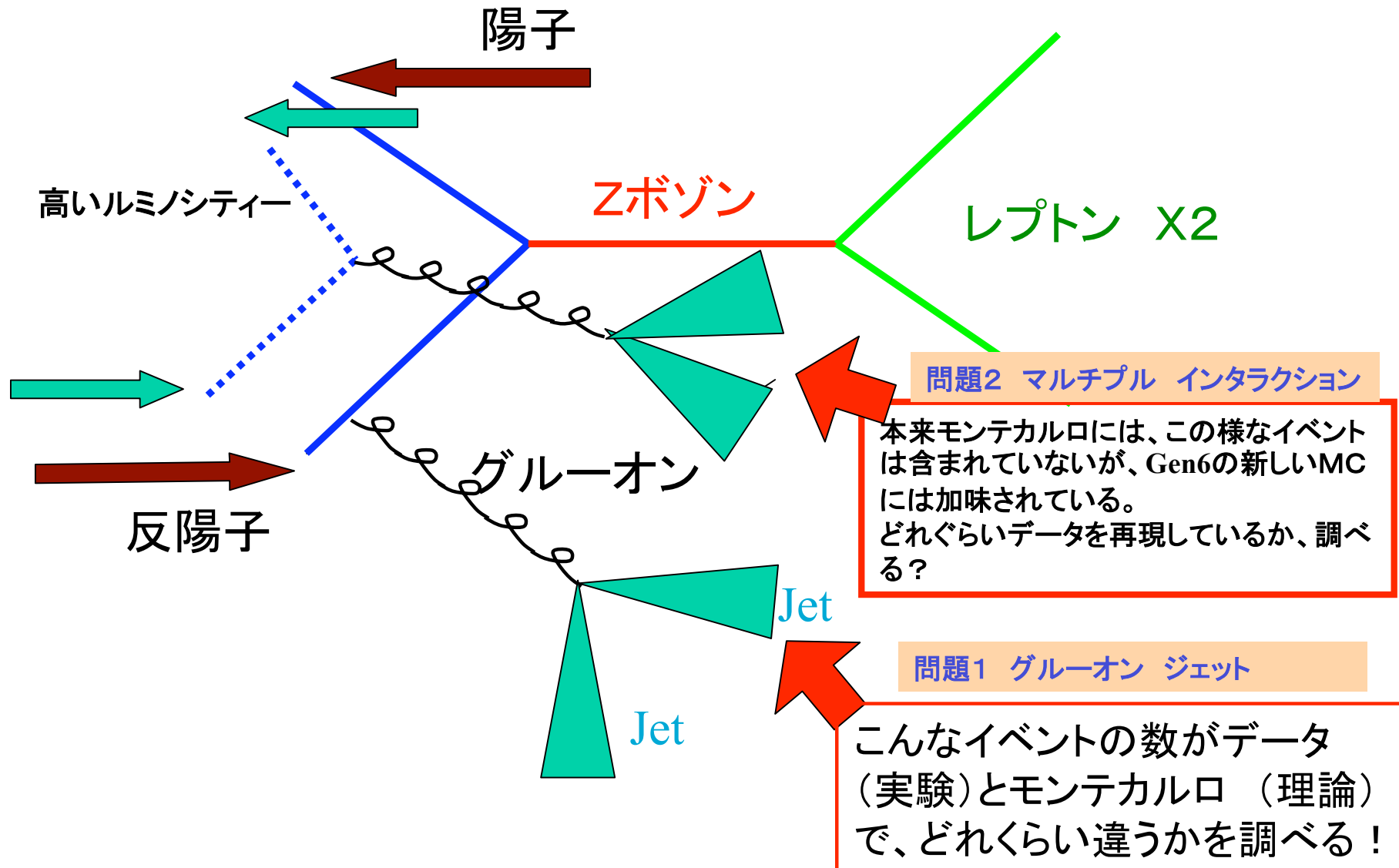
余分な **どうやって?**

本来 Jet を持たないイベントを使う → (Zボソンのイベント)



どうやって? 2

そもそも 余分な Jet はどこからくるのか



今までの測定

DATA / MC (実験 / 理論)

	0JET	1JET	>=2JET
Gen5 350pb-1	1.012 ± 0.010	1.012 ± 0.055	1.051 ± 0.037
Gen6 750pb-1	1.001 ± 0.009	0.949 ± 0.021	1.215 ± 0.038
Gen6 1200pb-1	1.000 ± 0.007	0.937 ± 0.015	1.122 ± 0.035
Gen6 New 1700 or 2000 pb-1 period 9, 10, 11	?	?	??

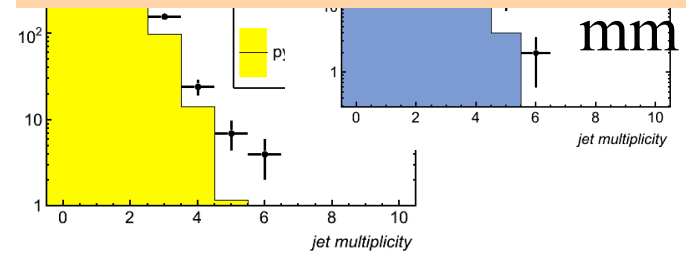
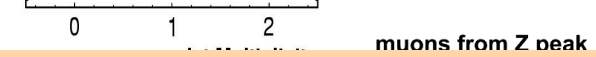
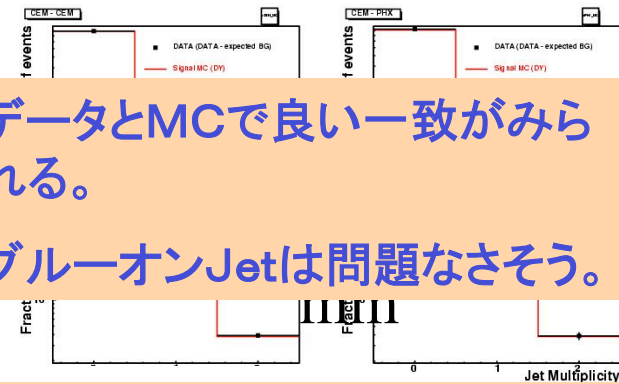
データを増やしただけ
(ハイ ルミノシティー)

MCにミニマムバイアス
イベント追加

データとMCで良い一致がみられる。
グルーオンJetは問題なさそう。

ルミノシティーの増加に伴い2jet
領域でデータのJetが増えた！？
マルチプル インタラクション？
(ミニマムバイアス 無し MC)

ミニマムバイアスイベント あり
のおかげで、多少データとMC
の差がちいさくなったが、まだ違いがある。



これからの課題

- **新しいデータ (period 9, 10, 11 {2fb-1}) でのNjetのスケールファクターを求める。**
この新しいランレンジに対する、新しいMCを作る予定はないので、よりハイルミのデータに対するマルチプルインタラクションが問題になるかもしれない。
- **マルチプルインタラクションの検証 など**
例) ルミノシティー VS Jet の数の平均,
プライマリー バーツテクス の数 VS Jet の数の平均,

まとめ

データを使っただけの見積もりになるので、色々見れて楽しいと思います。

少なくとも、DILグループでスケールファクターは全員使用することになるので、やりがいもあると思います。