



LHC-ATLAS 実験の最新状況と 京都グループの活動

隅田 土詞 (高エネルギー物理学研究室)

12th March 2012

物理学第二教室 教室発表会



Outline

- LHC-ATLAS
 - 現状と今年の予定
- 京都 ATLAS グループ
 - メンバー構成
 - 活動内容/今後の予定
 - ▶ TGC : Endcap muon trigger
 - ▶ Level-1 trigger electronics
 - ▶ Jet calibration
- ATLAS の最新結果 @Moriond (少し)
 - Scaler boson search
 - MSSM Higgs searches
- まとめ

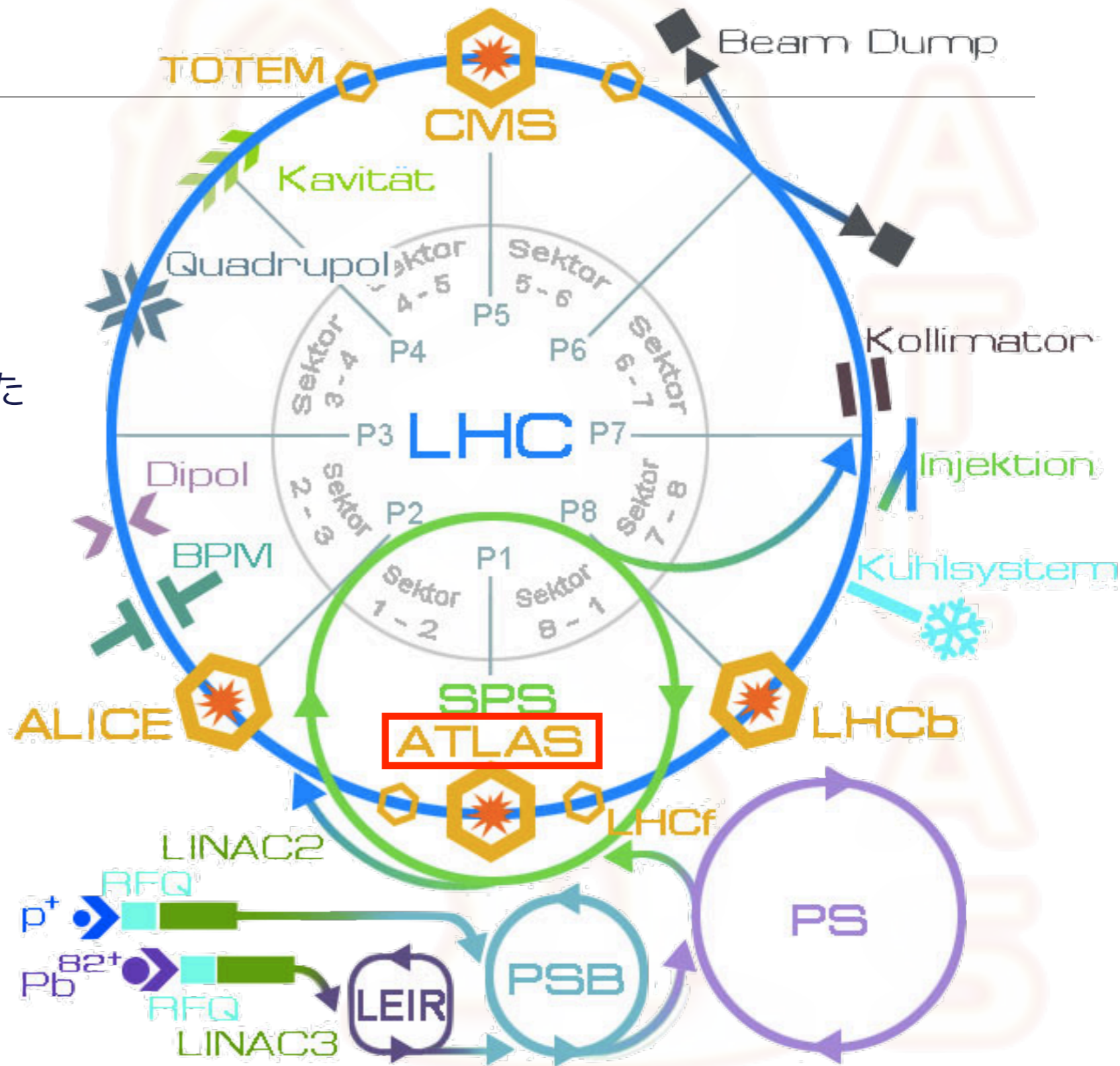
LHC 加速器

- Large Hadron Collider

- CERNにある世界最大の陽子陽子衝突型加速器
 - ▶ 全周: 27 km
 - スイスのジュネーブとフランスの国境に建設された
 - ▶ 最大衝突エネルギー
 - 7+7 TeV (陽子-陽子)

- 4+2 個の実験

- ATLAS, CMS
 - ▶ 汎用検出器
- LHC-B
 - ▶ Bの物理
- ALICE
 - ▶ 重イオン衝突実験
- LHCf, TOTEM
 - ▶ 超前方散乱、全断面積測定



ATLAS実験

- A Toroidal LHC ApparatuS

- 100GeV~TeVスケールでの様々な物理に対応した汎用検出器

44m

- コラボレーション

- ~ 3000人の研究者

- ▶ 1000人以上の
PhD students

- ~180 機関

- 38 ヶ国

- ATLAS検出器

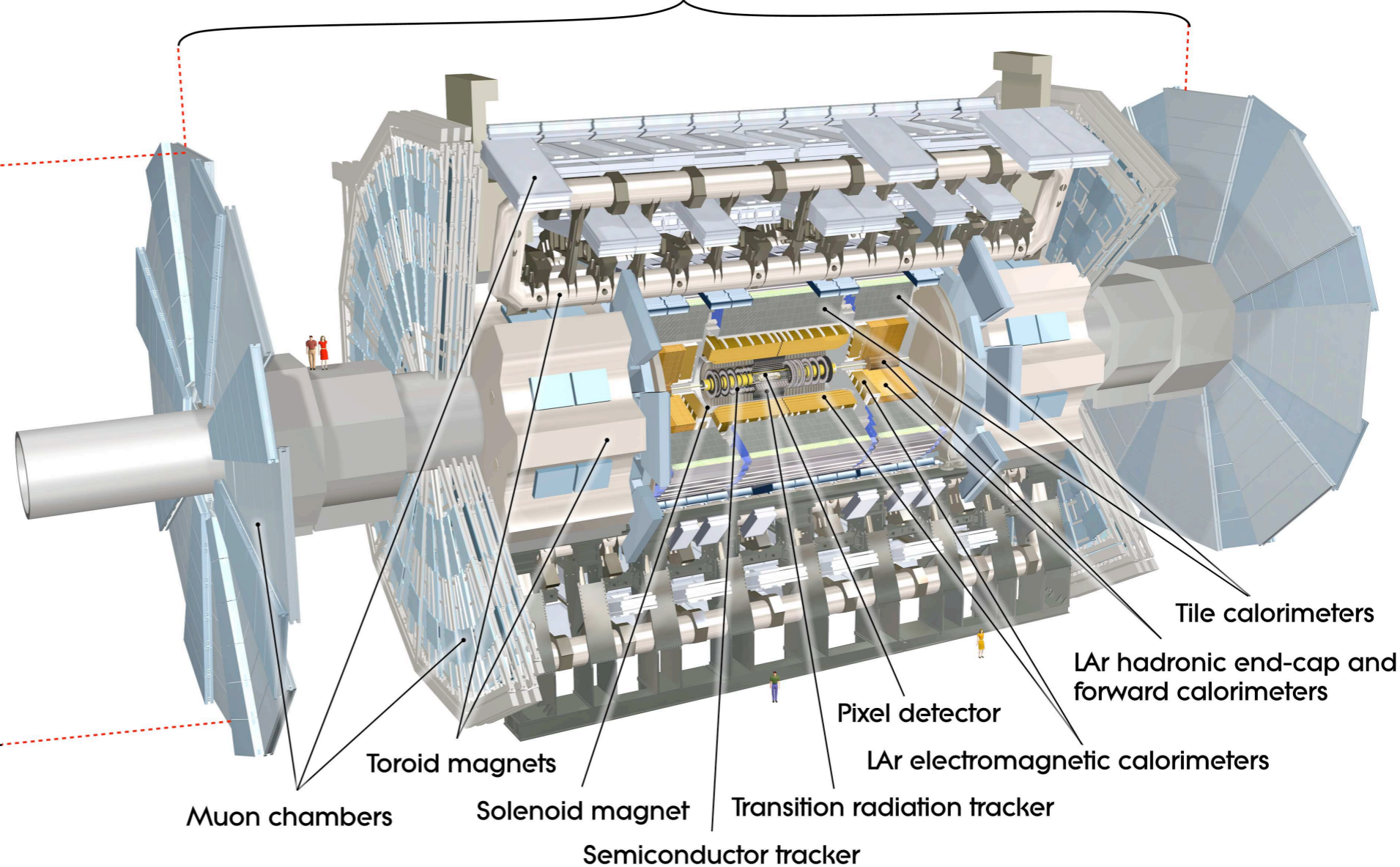
- 重量: ~ 7000 tons

- 高さ: 25m

- 全長: 45m

- センサー数: ~ 10^8

25m



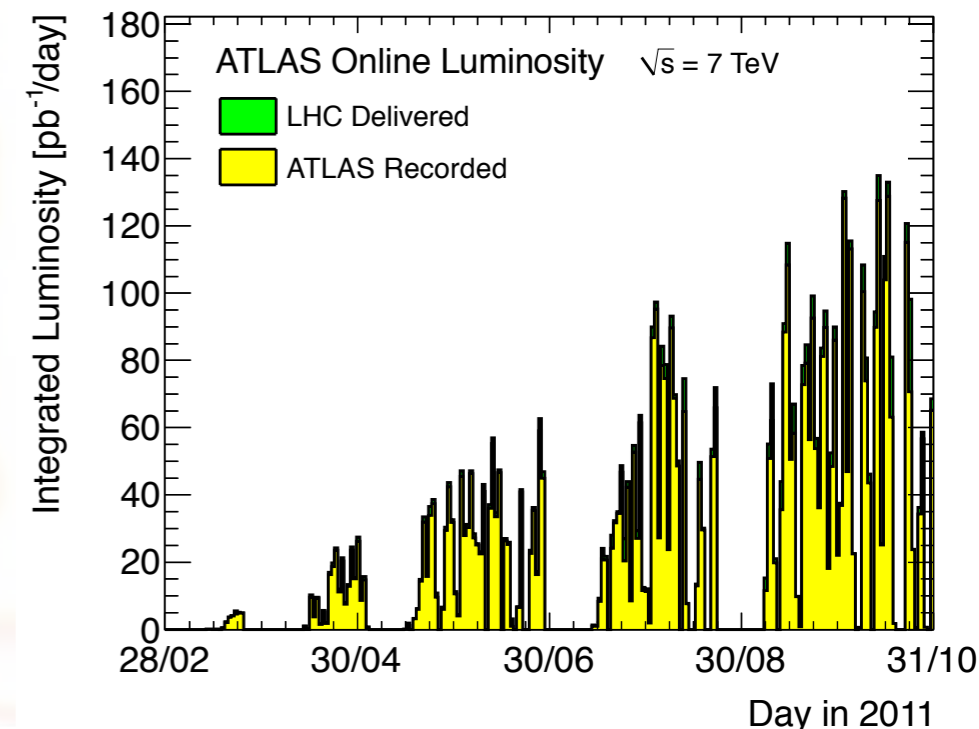
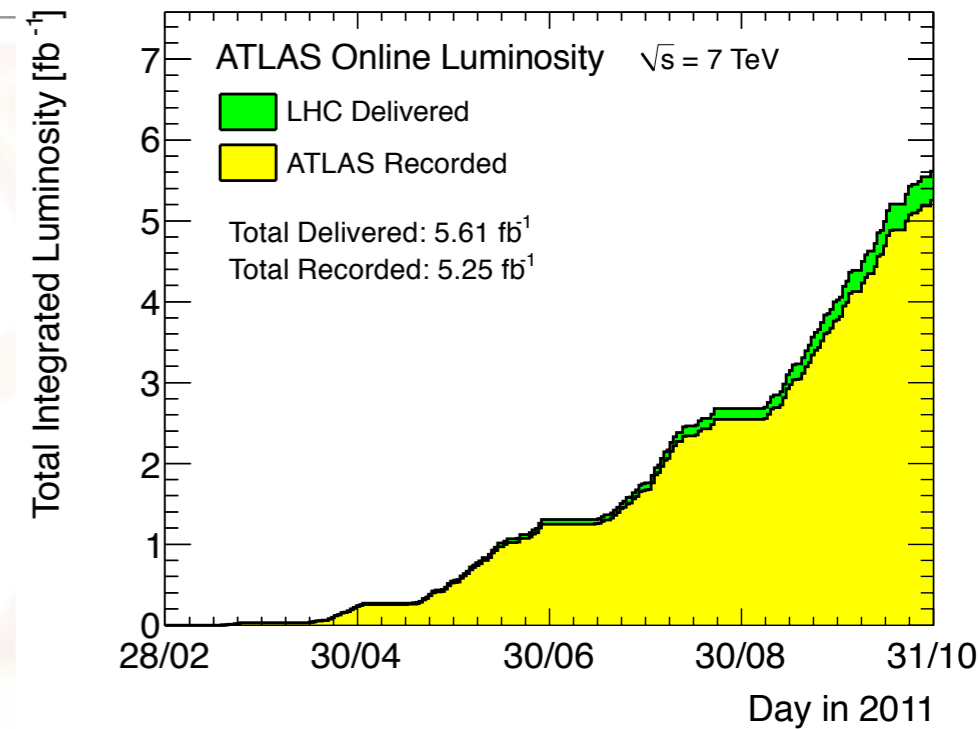
LHC/ATLAS の現状

- 2010/2011 の運転

- $\sqrt{s} : 3.5+3.5 = 7\text{TeV}$
- peak luminosity
 - ▶ $2.1 \times 10^{32} / 3.3 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- integrated luminosity
 - ▶ $45 / 5000 \text{ pb}^{-1}$

- ✓ 2011年、LHC は良いパフォーマンスを見せた。
- ✓ ATLAS 検出器も約 93 %の稼働率で非常に良く動いた。

Parameter	2010	2011	Nominal
Beam energy	3.5 TeV	3.5TeV	7 TeV
Beam squeeze (β^*)	3.5 m	1.0m	0.55 m
Transverse emittance	2-3 $\mu\text{m rad}$	2.5 $\mu\text{m rad}$	3.75 $\mu\text{m rad}$
Protons per bunch	1.2×10^{11}	1.6×10^{11}	1.15×10^{11}
Bunch separation	150 ns	50 ns	25 ns
Number of bunches	368	1380	2808
max peak luminosity ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2.1×10^{32}	3.3×10^{33}	$>10^{34}$



LHC運転 in 2012

2012年の運転

- パラメータ

▶ energy

- \sqrt{s} : 4+4 = **8 TeV**

✓ Higgs はそんなに得をしないが、
重たい粒子を作る物理には結構効く

▶ beam squeeze (β^*)

- 1.0 \rightarrow 0.6 m

- 期待されるデータ

▶ peak luminosity

- **6.8×10^{33} cm⁻²s⁻¹**

▶ integrated luminosity

- **15 fb⁻¹**

同時複数衝突 (pile-up)

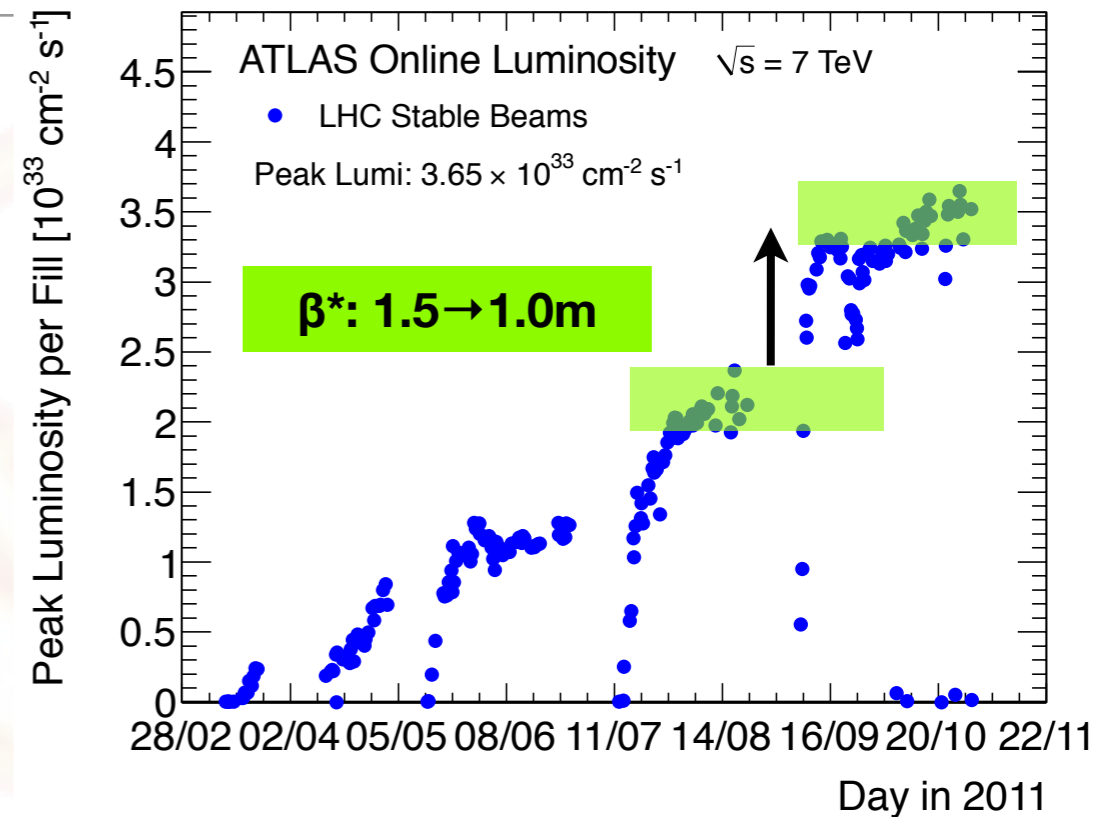
- 2011年後半の運転

▶ 1バンチ交差での平均衝突数 $\langle \mu \rangle \sim$ **12**

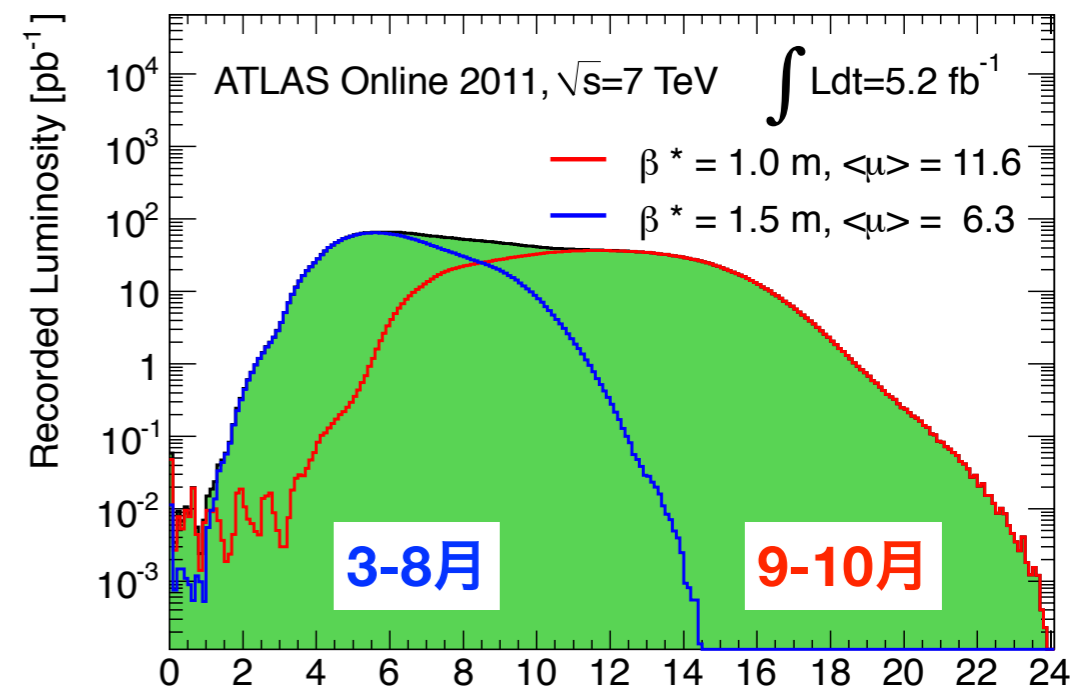
- 2012年の予想

▶ $\langle \mu \rangle \sim$ **35 !!**

2011年のpeak luminosity の上昇

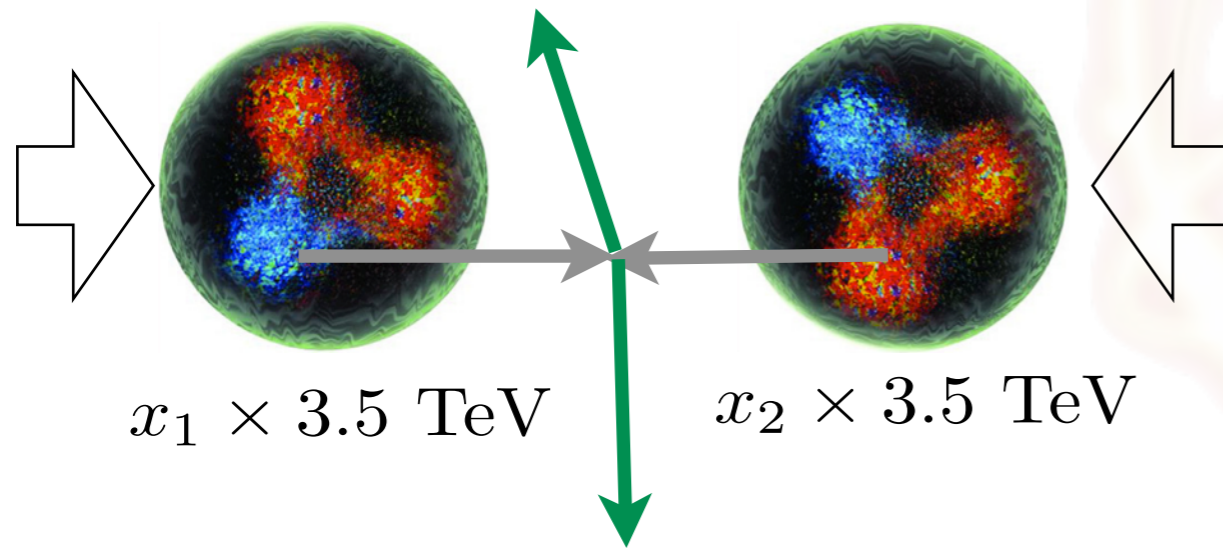


2011年の衝突数分布



LHC での物理

- 陽子陽子衝突で起こる事



- 陽子陽子衝突
= パartonパートon衝突
- ▶ 実際の中心エネルギー:

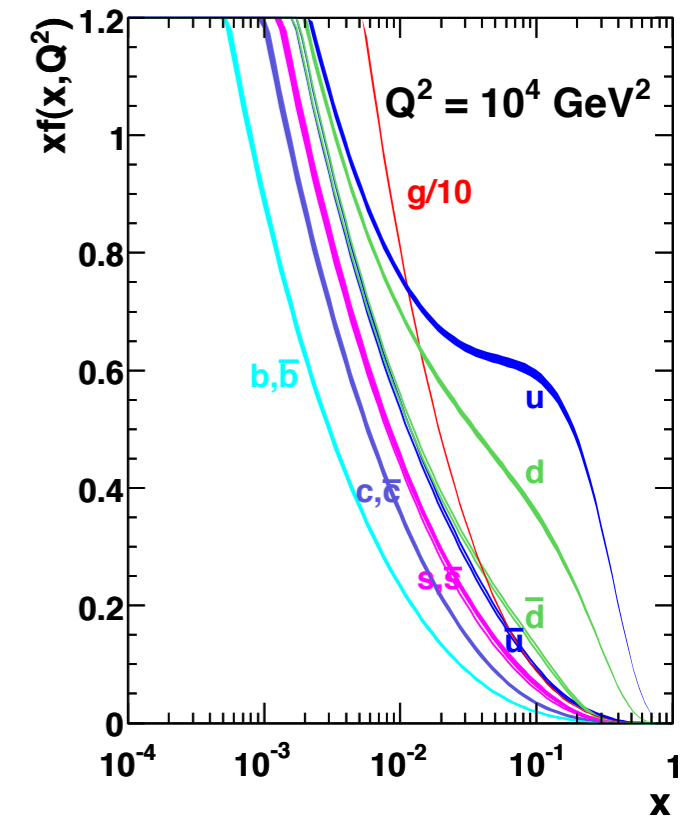
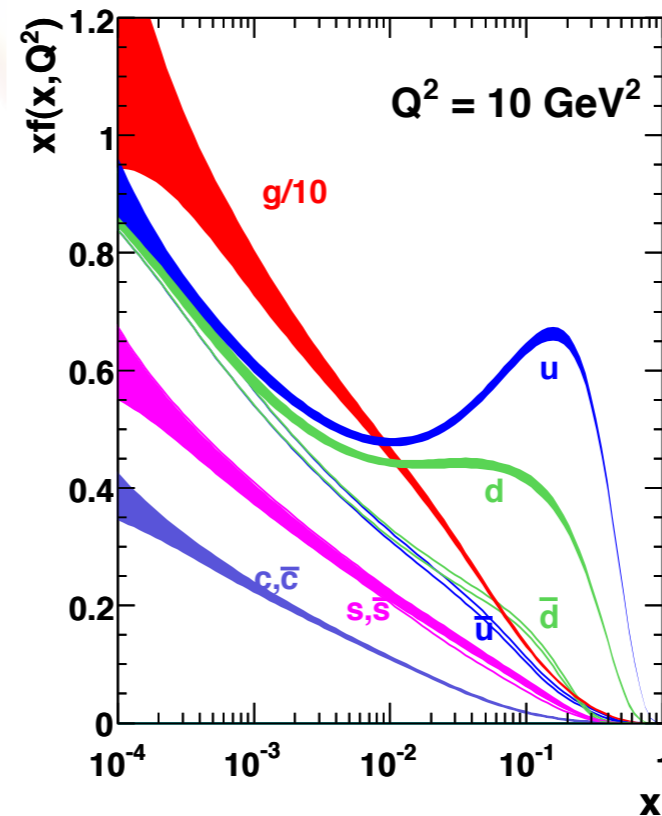
$$\sqrt{\hat{s}} = \sqrt{x_1 x_2} \times 7 \text{ TeV}$$

✓ x: Bjorken scale

- 例えば:

$$\sqrt{\hat{s}} \sim 125 \text{ GeV} \rightarrow \sqrt{x_1 x_2} \sim 0.02$$

MSTW 2008 NLO PDFs (68% C.L.)



LHC での物理(続)

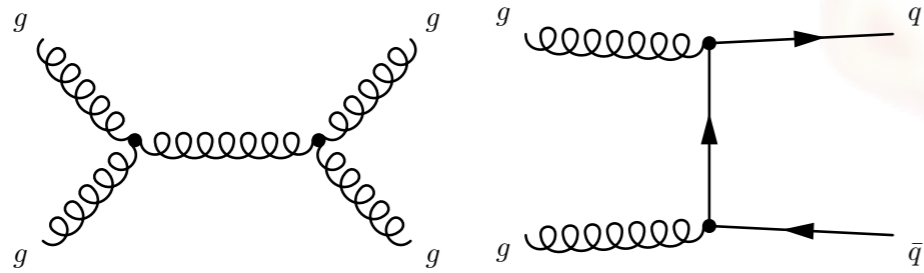
反応断面積

- QCD 反応

▶ 総断面積

- $\sim 50\text{mb} = 3 \times 10^8 \text{ Hz}$ (@ 6×10^{33})

▶ Hard process (Jet):



- $\sim 300\text{nb} = 10^3 \text{ Hz}$ (e.g. $E_T^{\text{jet}} > 100\text{GeV}$)

✓ perturbative QCD

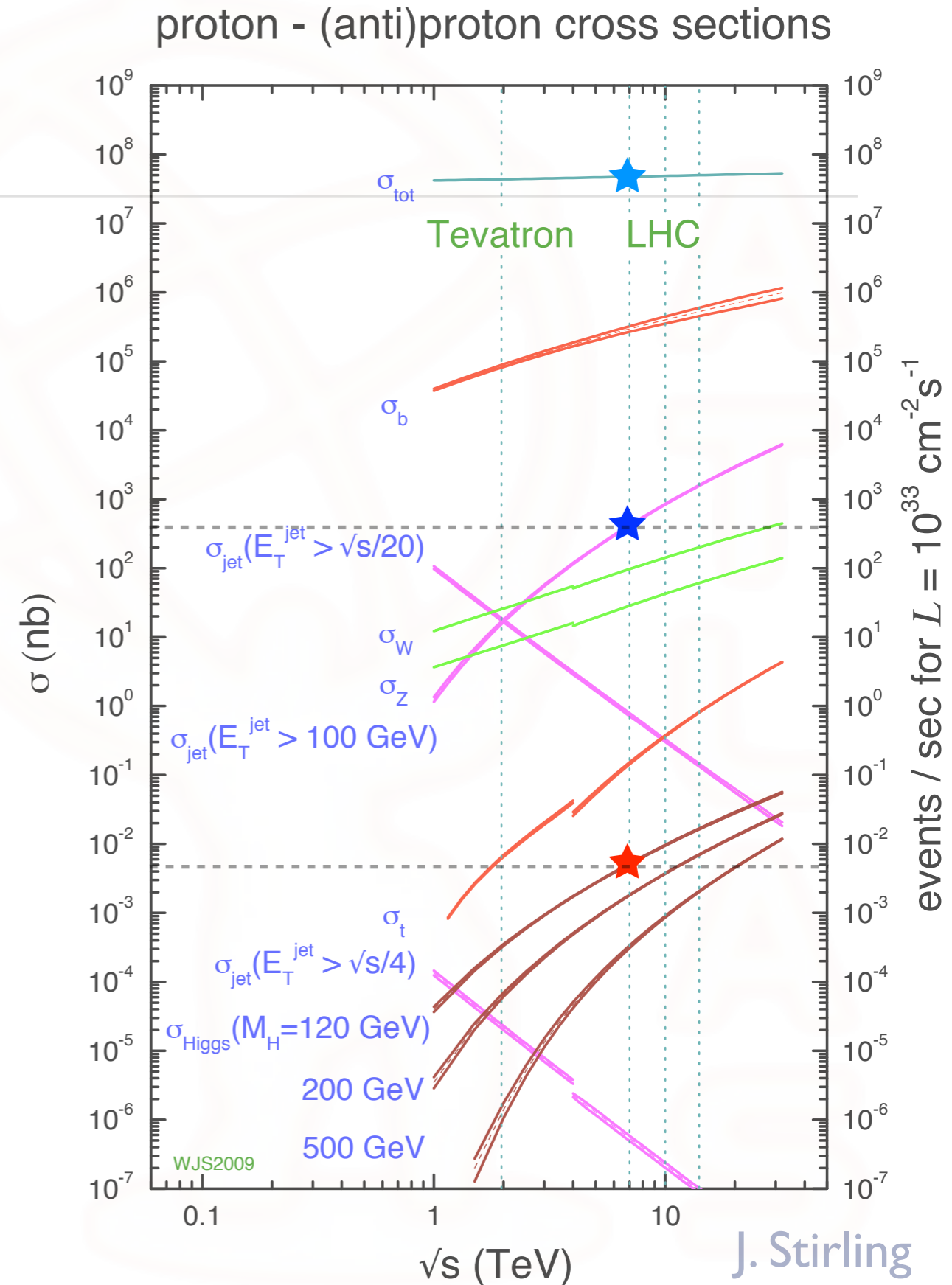
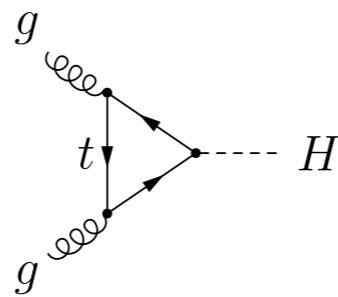
✓ 全ての物理解析のバックグラウンド

- Higgs生成 (120GeV):

▶ $\sim 5\text{pb} = 0.03 \text{ Hz}$

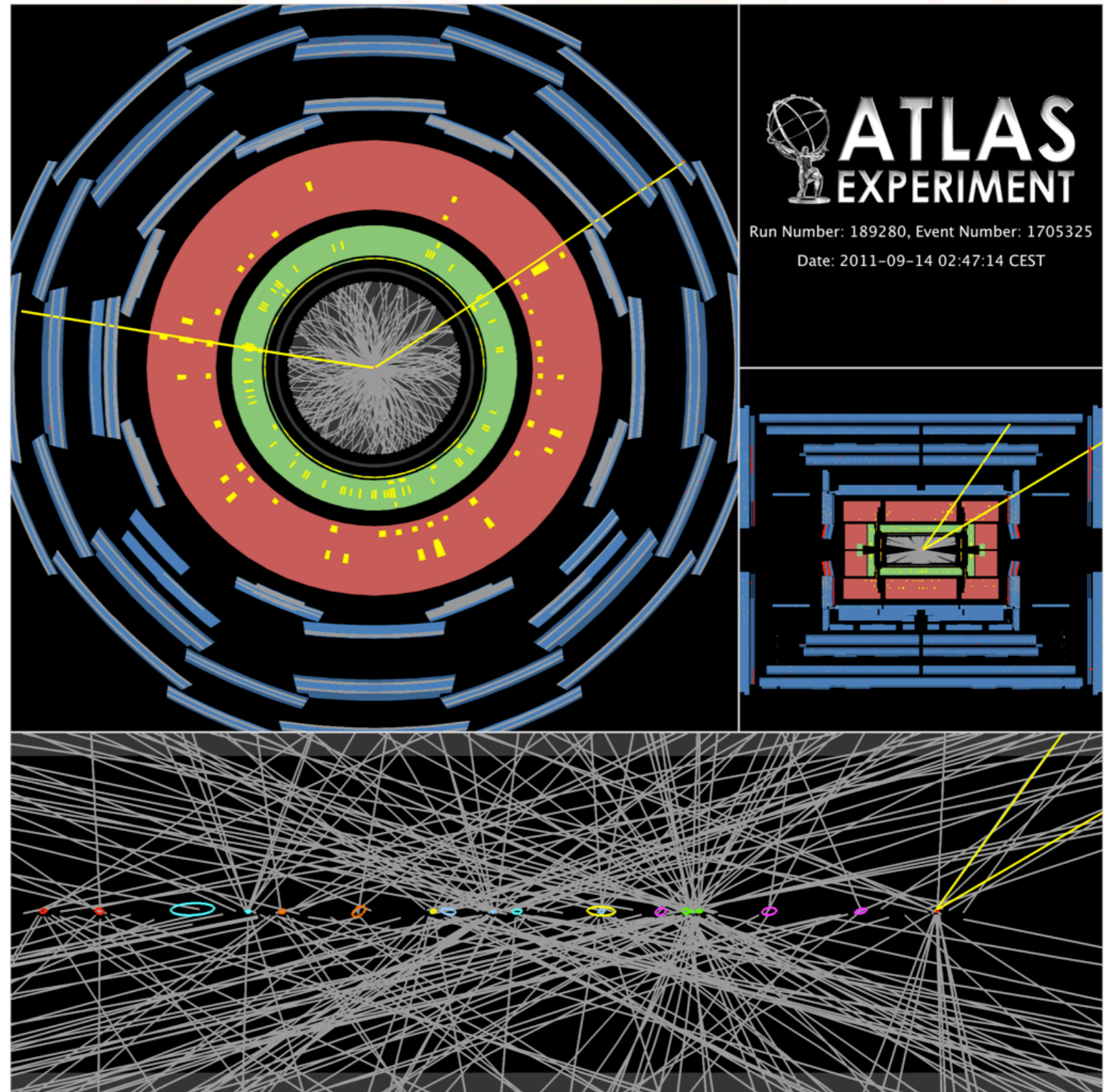
✓ $\sigma(H)/\sigma(\text{total}) \sim 10$ 桁!!

- トリガー(どういうデータを取るか)が非常に重要



Pile-up

- $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ の
イベントディスプレイ
 - with **20** vertices
 - ▶ $p_T > 400 \text{ MeV}$ の
トラックのみを表示
 - ▶ 楕円の大きさは
primary vertex再構成
の不定性を20倍にして
表している
- カロリメータ(特にハドロン)での
エネルギー測定や、
横方向消失運動量(missing E_T)の
測定に大きく影響する



京都 ATLAS グループ

- 2001-2002年度
 - スタッフ: 笹尾、坂本 (→東大素粒子国際センターへ異動)
 - 学生: 溝内(M2)、隅田(M1、→K中間子実験へ逃亡)、辻(M1)
 - ✓ その後瓦解
- 2003-2010年度
 - スタッフ: 笹尾 (??)
- 2011年度
 - スタッフ: 石野 (6月着任)、隅田(10月着任)
 - 学生: 田代 (M1)
 - ▶ 本年度より活動を再開した。

ATLAS trigger system

- トリガーレベル

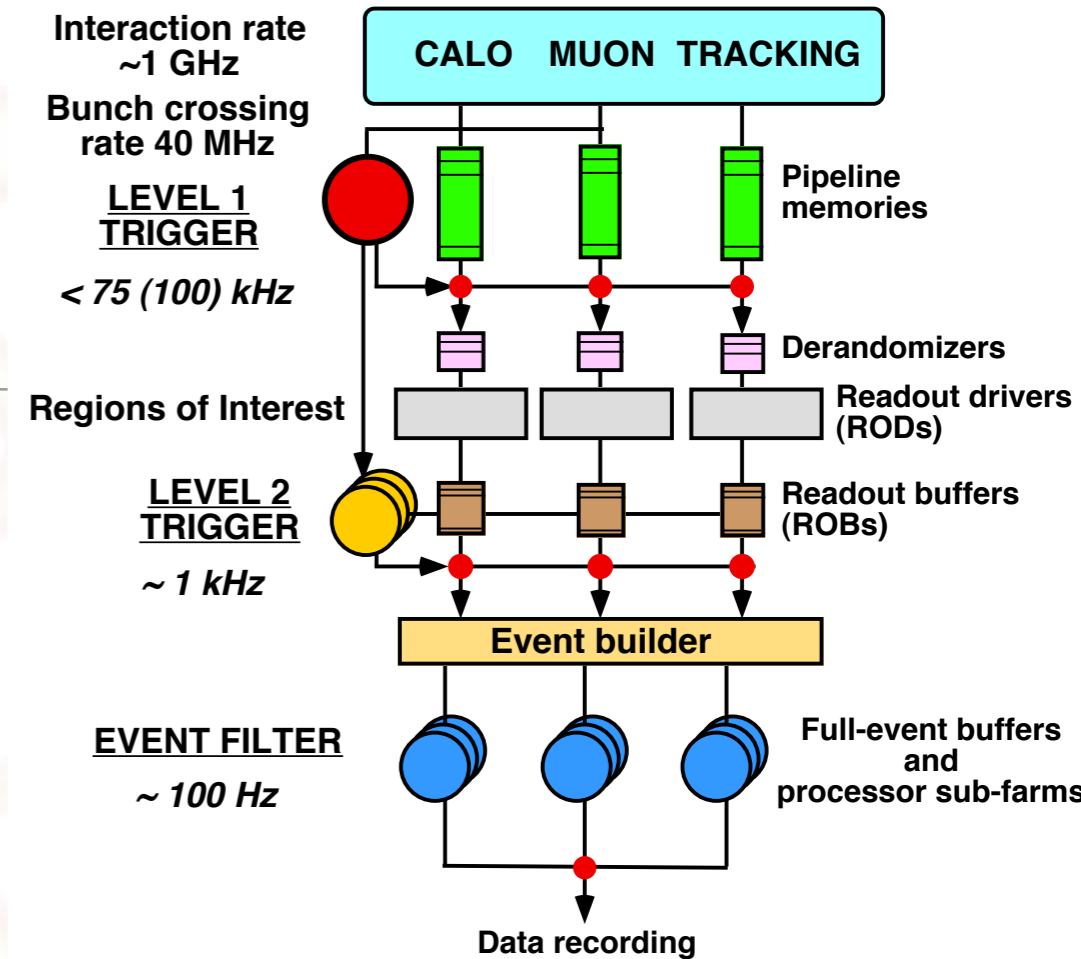
- L1 : hardware
 - ▶ Calo, Muon, Tracking
- L2 : consumer PC
- EF : full reconstruction
 - ▶ この3つのレベルで、~1GHzから~400Hzまでレートを落とし、ちゃんとデータ取得ができています。

- L1 EndCap Muon Trigger

- Thin Gap Chamber (TGC)
 - ▶ 日本グループ全体で、検出器の建設(大体やった)からエレクトロニクスの構築(全部やった)まで大きく貢献
- トリガーチェーンのうち、特に Muon L2 以降も日本の貢献が大きい

- これまでのLHC運転中の検出器のオペレーション、トラブル時のメンテナンス等を石野が主導している

石野 (, 隅田)

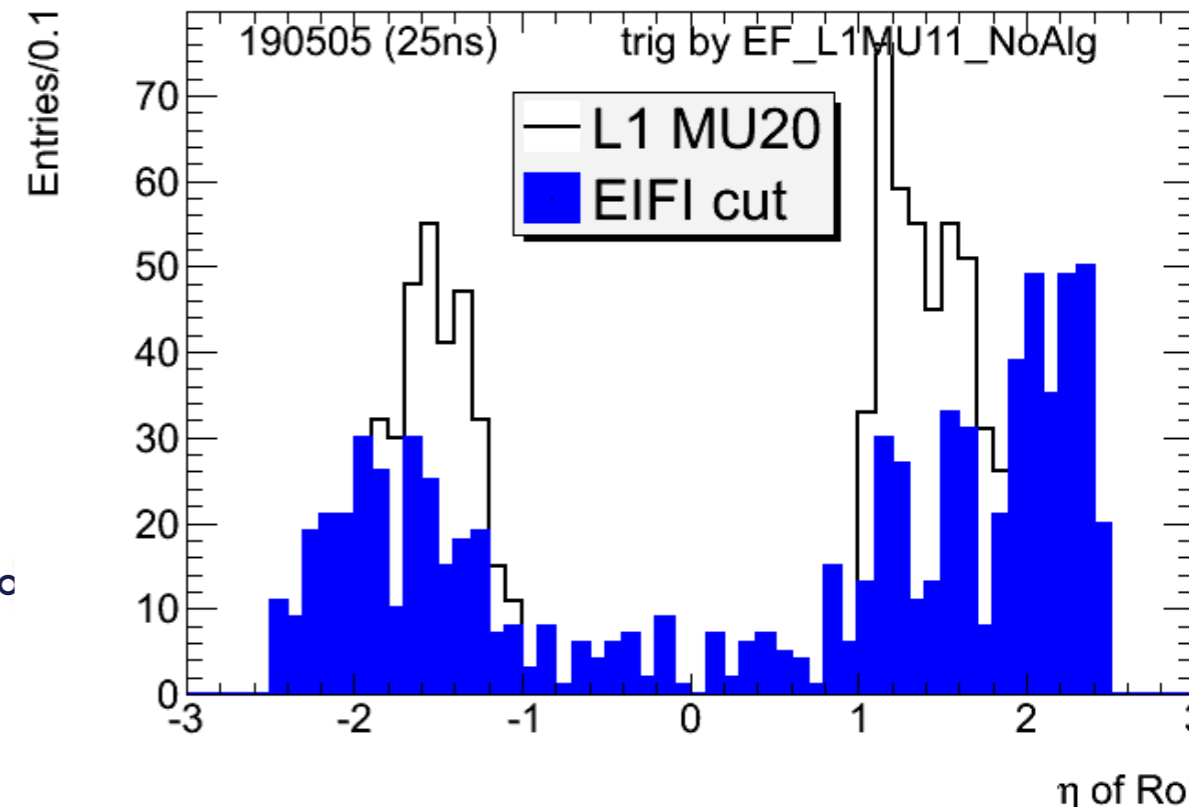
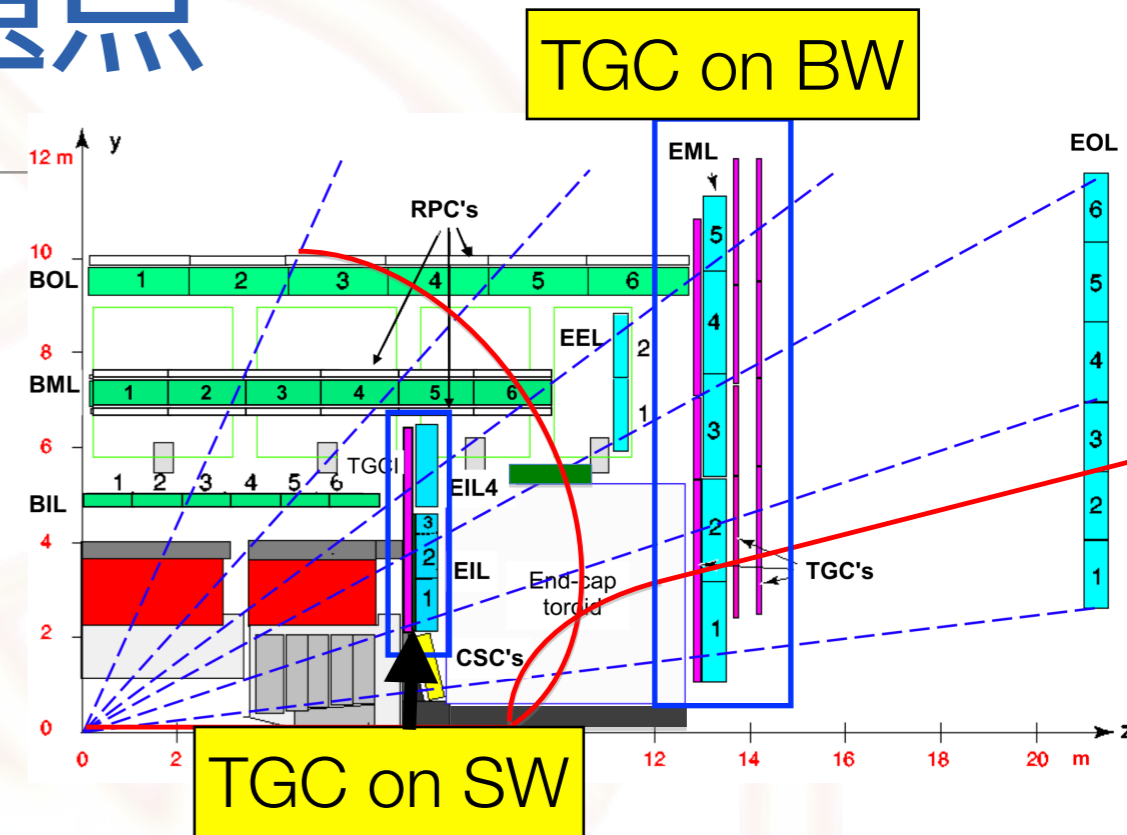


TGC on BigWheel



Muon Trigger の問題点

- (本物の muon だけでも大変なのに)
右図の赤い線の様に、ビームハローが
ビームパイプで散乱された低運動量の陽子が存在し、
high p_T の muon としてトリガーされてしまう。
- 現在は Endcap Toroid Magnet の
外側の三層(on BW)のみのコインシデンスで
トリガーをにかけているため。
- さらに内側に設置したもう一層 (on SW)との
コインシデンスを取る事で、
このバックグラウンドを排除する事ができる。
 - ▶ MC で効果を確認。
 - ✓ 約30%までレートを低減(@95% eff.)
 - ▶ 実際のロジックは、VMEモジュールに
載ったFPGAに書き込む必要がある。
 - ▶ 現在、LHCが停止するタイミングを狙って
早期にこの新ロジックを導入すべく、
ハードウェアでの実装、テストを行っている。



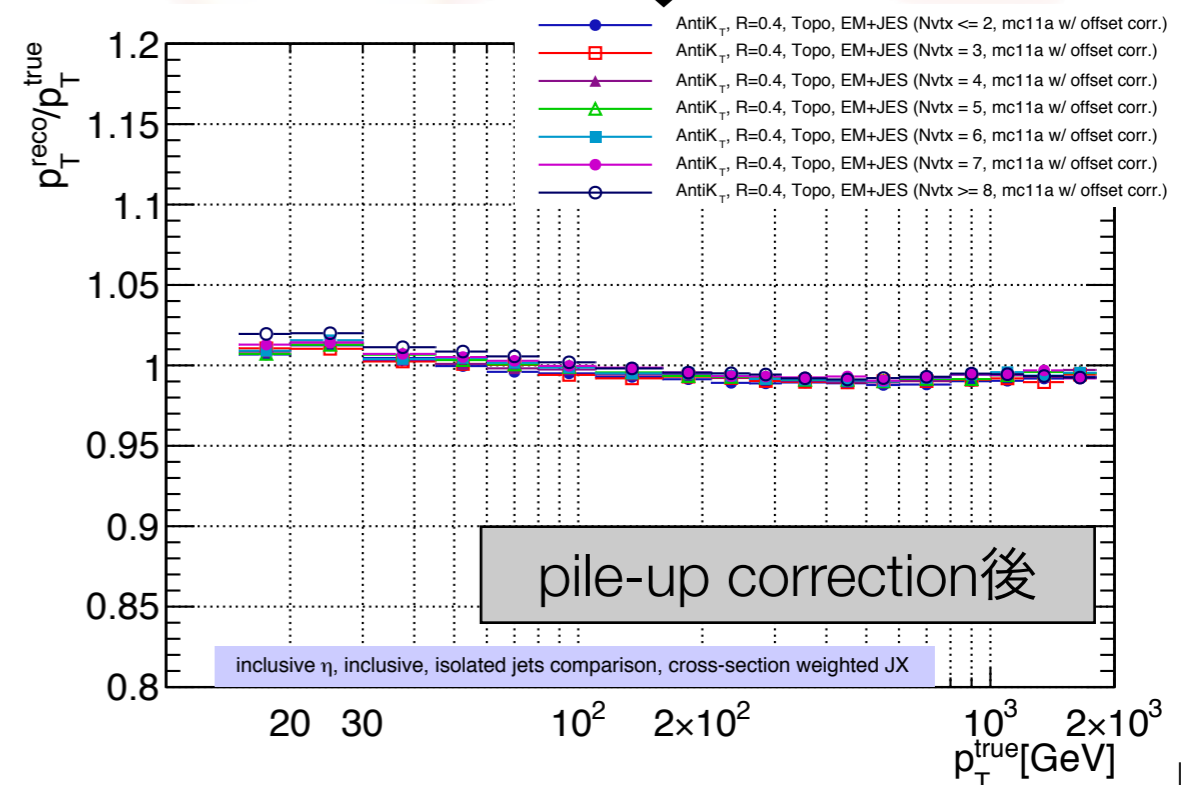
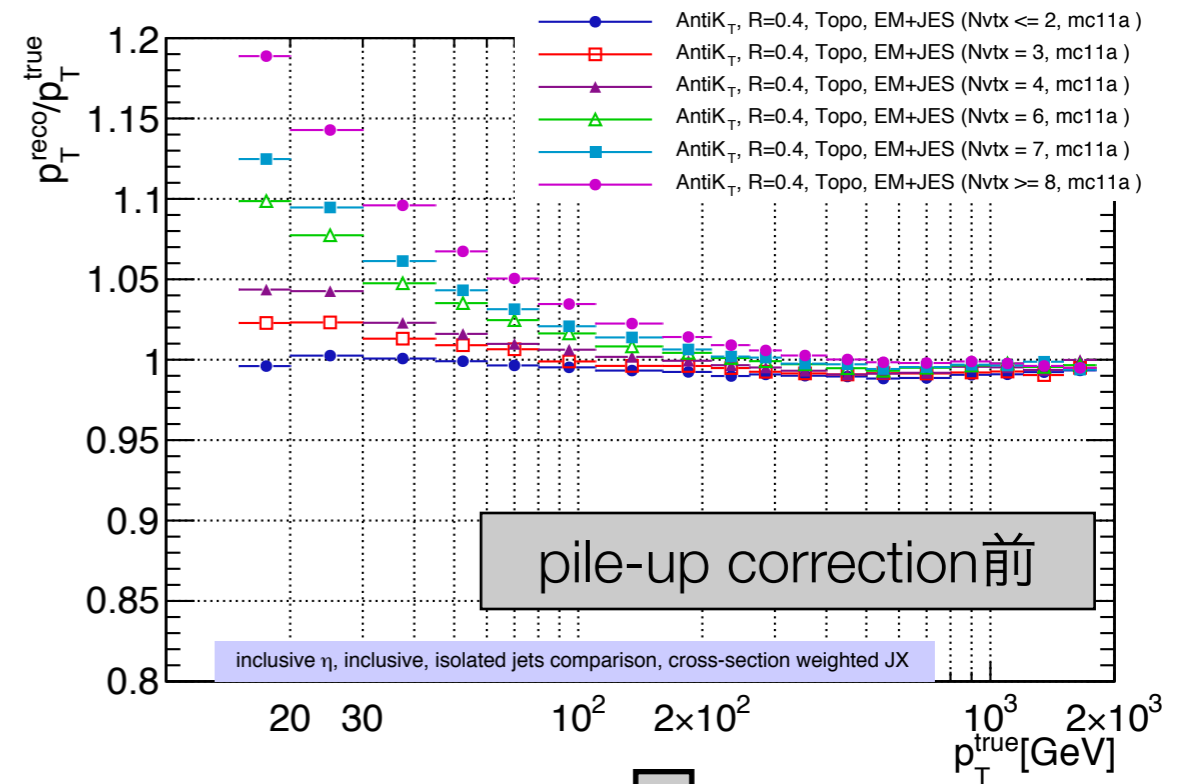
田代, 石野, 隅田

Jet calibration

- Jet の横方向運動量 (p_T) を正しく測る事は、あらゆる物理解析において最重要項目の一つ
 - この測定自体が、
 - ▶ パarton分布
 - ▶ 高エネルギーpartonのハドロン化
 - ▶ 検出器中の物質質量
 - ▶ カロリーメータのノイズ
 - における不定性を含むので非常に難しい
 - しかも、pile-upの影響を大きく受ける
 - ▶ 2011/2012年の解析において早期に解決しなければならない問題
 - ✓ pile-upからのエネルギーの補正関数を作成、MCを使った検証を行った。

隅田

Jet の $p_T(\text{測定})/p_T(\text{MC truth})$



最新結果 from ATLAS

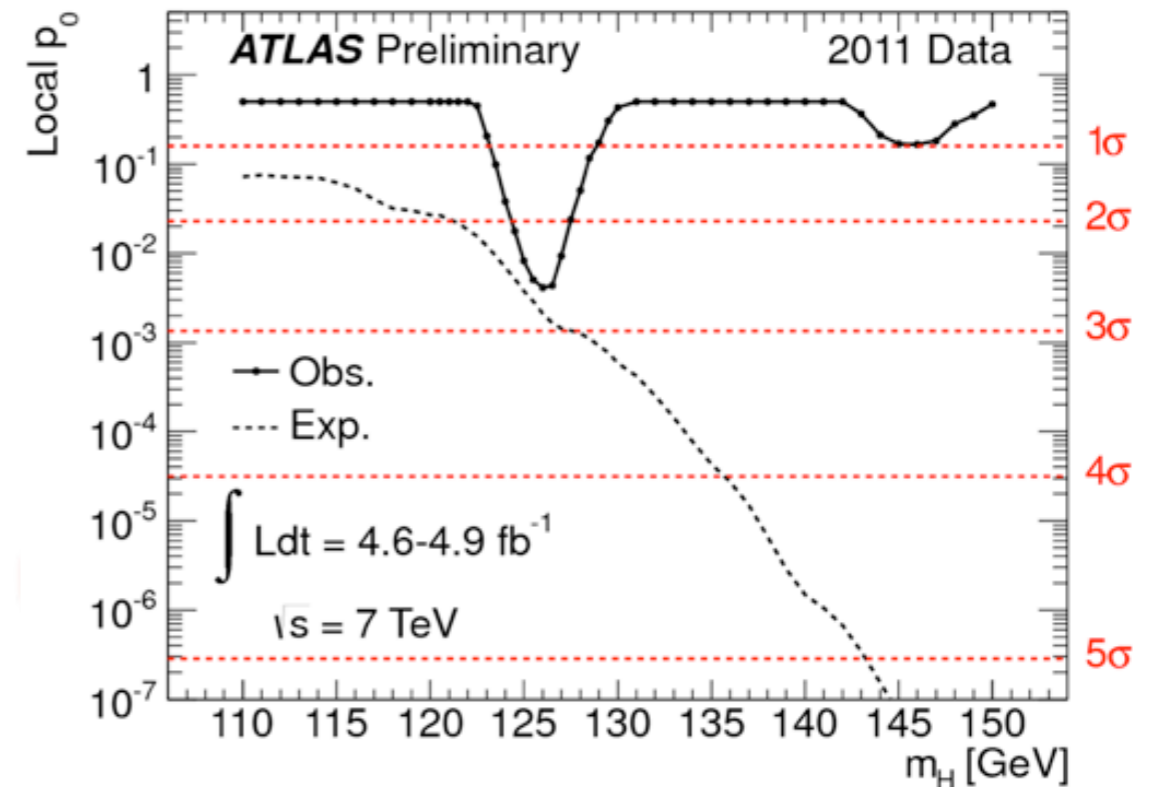
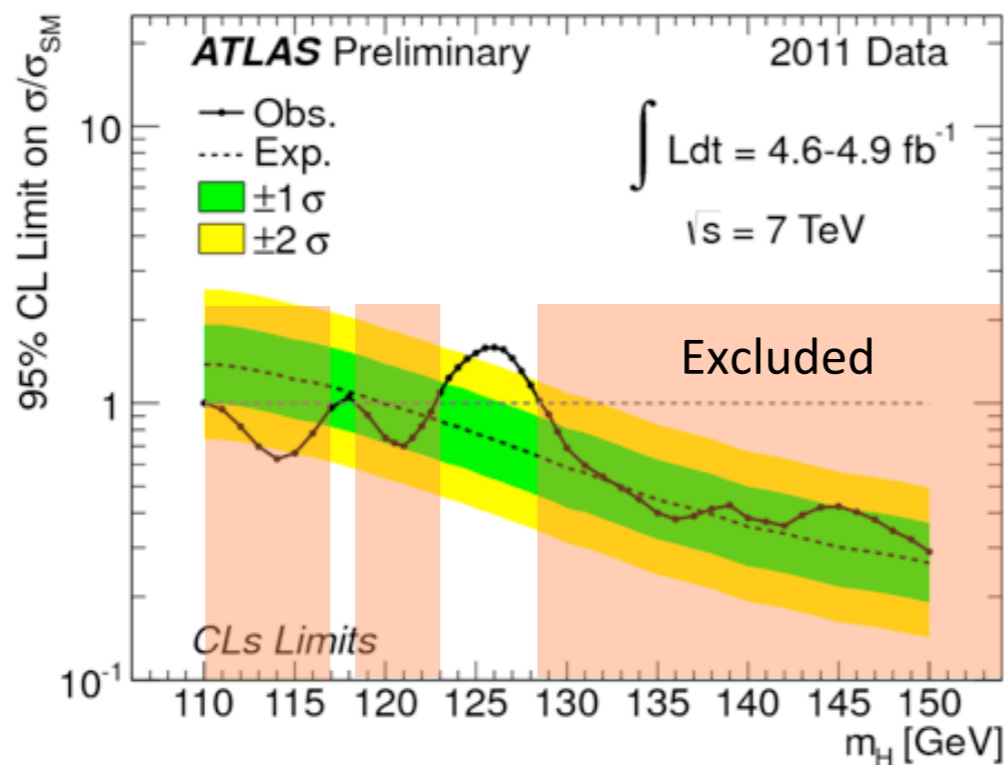
• Higgs

- 全てのモードで 4.6-4.9 fb⁻¹ を使った解析結果に update
 - ▶ H → WW^(*), H → ττ を含む

• 結果

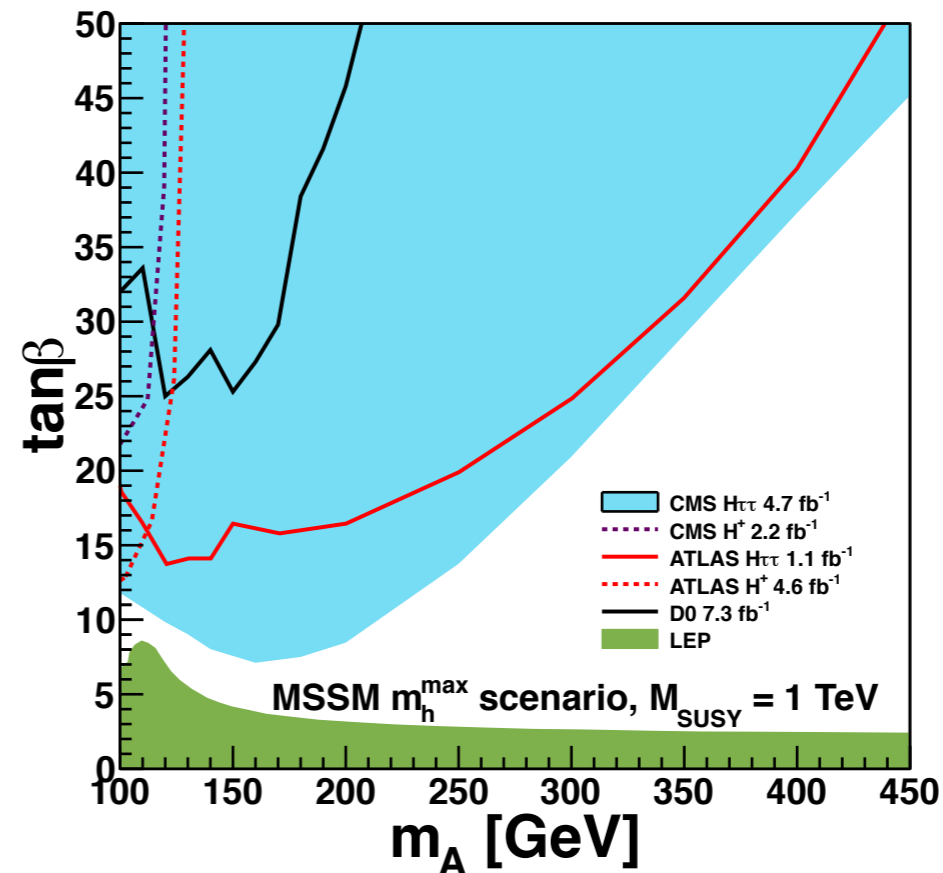
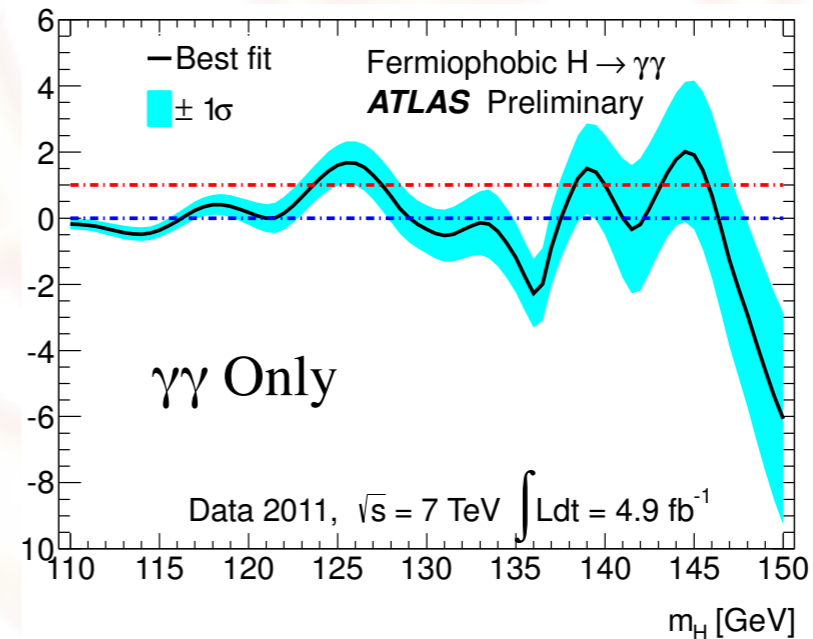
- not excluded
 - ▶ 117.5 < m_H < 118.5 GeV
 - ▶ 122.5 < m_H < 129 GeV
- Best fit
 - ▶ m_H = 126 GeV with 2.5 σ (local significance)
 - signal strength (SM らしさ) ~ 1

Higgs Decay channel	m _H Range	L [fb ⁻¹]
low-m _H , good mass resolution		
H → γγ	110-150	4.9
H → ZZ → ll'l'l'	110-600	4.8
low-m _H , limited mass resolution		
H → WW → lνlν	110-200-300-600	4.7
VH → b bar	110-130	4.6
H → τ ⁺ τ ⁻ → ll4ν	110-150	4.7
H → τ ⁺ τ ⁻ → lτ _{had} 3ν	110-150	4.7
H → τ ⁺ τ ⁻ → τ _{had} τ _{had} 2ν	110-150	4.7
high-m _H		
H → ZZ → llν bar	200-280-600	4.7
H → ZZ → llq bar q	200-300-600	4.7
H → WW → lνqq'	300-600	4.7



最新結果 from ATLAS/CMS

- Fermiophobic Higgs
 - excess in $\gamma\gamma$?
 - ▶ Result: SM like
- MSSM Higgs search updates
 - $\Phi(h, H, A) \rightarrow \tau\tau$
 - ▶ ATLAS: 1.1 fb^{-1}
 - ▶ CMS: 4.7 fb^{-1}
 - $H^+ \rightarrow \tau j, e\tau, \mu\tau$
 - ▶ ATLAS : 4.6 fb^{-1}
 - ▶ CMS: 2.2 fb^{-1}
- Result
 - No evidence...
- cf.) 普通の jet を伴う SUSY search
 - ((ほぼ) update なし (すみません))



まとめ

- 2011年、LHCは非常に順調に稼働。
ATLAS検出器は $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ において約 5 fb^{-1} の陽子陽子衝突データを取得した。
 - 2012年は $4+4 \text{ TeV}$ 衝突、最大強度が約2倍になる。
予想取得データは 15 fb^{-1} 。
 - ▶ Higgs boson の発見、または全質量領域での棄却が期待される。
- LHCの強度増大に伴い、トリガーレートや pile-up から来るカロリメータへ影響が問題となっている。
- 京都グループは、2011年より本格活動再開。
L1ミューオントリガーの構築とそのアップグレード、
ジェットのキャリブレーションにおいて大きな貢献をしている。