

# LHC-ATLAS実験における 重心系エネルギー14TeV 陽子陽子衝突データ取得のための トリガーマニューアの設計 (30aTH06)

---

中浜 優 (CERN)

日本物理学会 第69回 年次大会 東海大学  
2014年3月30日

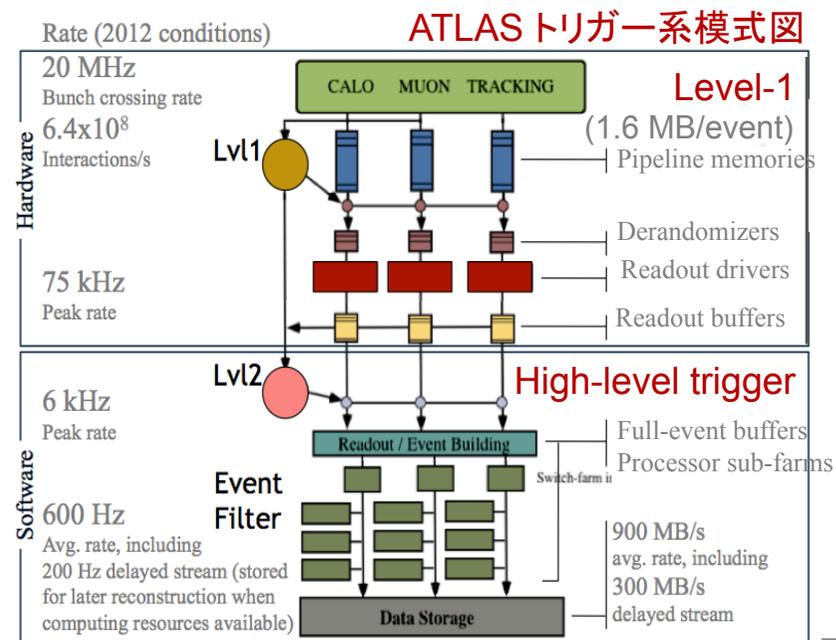
# 講演内容

---

- ATLASトリガー系
- トリガーマニューアの設計
- LHC重心系エネルギー14TeVでの陽子-陽子衝突  
“*Run2*”の準備
- トリガー出力レートの予測
- まとめと展望

# ATLASトリガー系の設計

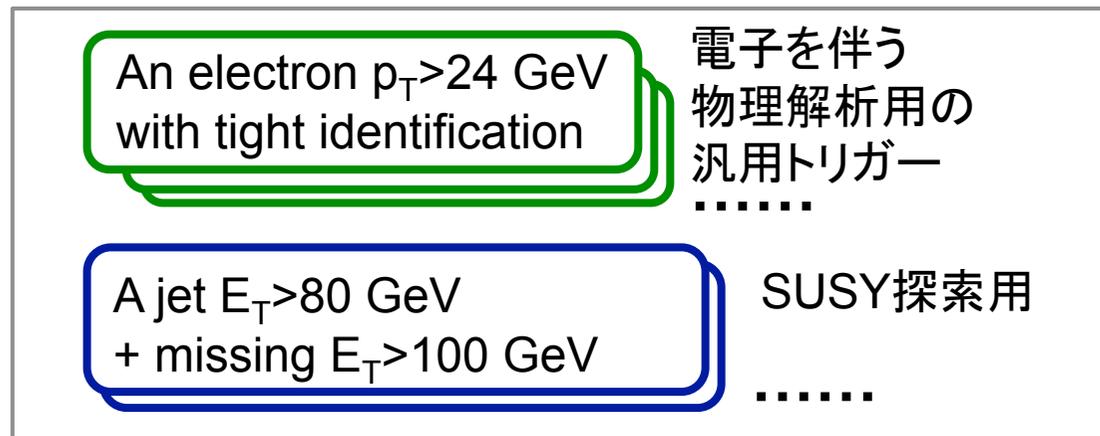
- 幅広い選別条件を網羅
  - ATLASの全物理:様々な終状態や広範囲の生成断面積を持つ  
例: Jets/WZ,  $B$ , Top, Higgs, SUSY, Exotics
- データ収集系(DAQ)からの制限内で動作
  - Bunch crossing rate 20 MHzからオフラインストレージに記録できる平均600 Hzまで事象レートを削減
- 2段階式のトリガーシステムを採用し、段階的にレートを削減
  - ハードウェアベース (Level1)
  - ソフトウェアベース (HLT)



# トリガーマニューとは

- ATLASトリガー系では事象パターンごとにDAQの帯域幅を配分

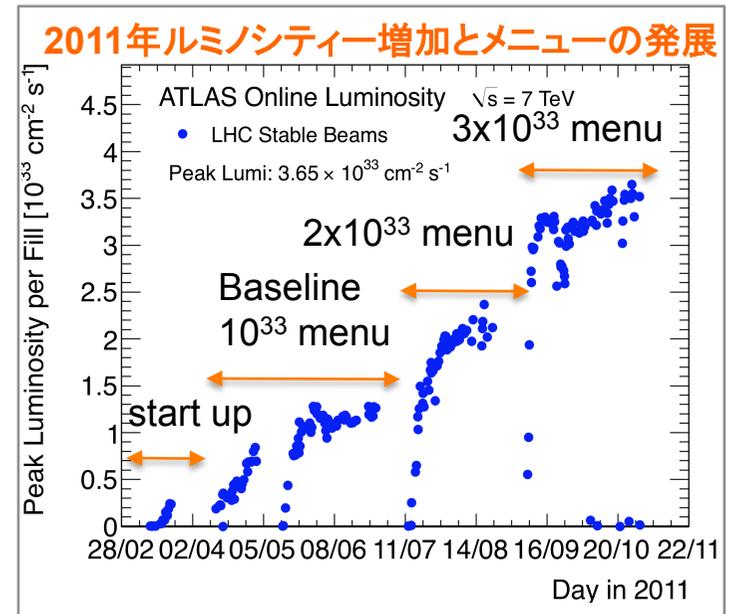
- 事象パターンの例



- 「トリガーマニュー」とは 事象パターン選別条件の集まり
  - 事象パターン選別条件は 2~10個のアルゴリズムを使用
    - 例: 電子トリガーの場合、カロリメータークラスタリングやトラックキングなどの再構成や閾値の判別など
  - 多くの場合、Level1で選別した興味がある領域のみ再構成

# トリガーマニューアの発展

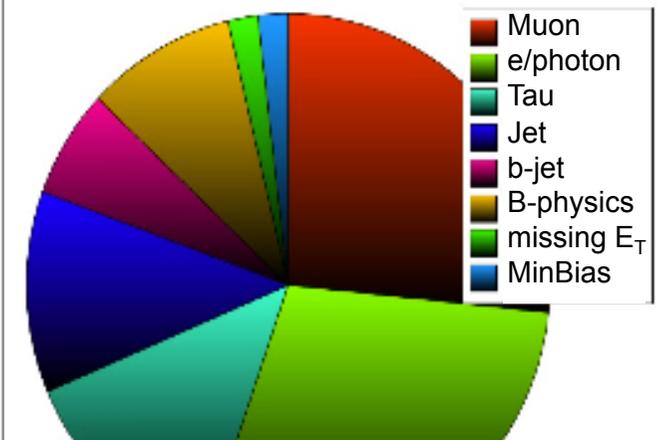
- ピークルミノシティ増加に伴い、数段階で大幅更新
  - レートはルミノシティにおおよそ比例
  - 一方、より幅広い物理網羅のためには選別条件を緩めたいが、DAQの制約とのせめぎ合い
  - 7 TeV運転では300 typesで開始し  
8 TeV運転では700 types
  - 物理解析のためには、煩雑さを防ぐためその期間は安定動作させる



# トリガーマニューアの設計

- 事象パターンごとに帯域幅を配分
  - Collaborationで合意の上、決定
  - 必要に応じ、物理の優先度を考慮  
Higgs (2011~),  $B_{s/d} \rightarrow \mu\mu$  (2011)  
Run2に関しては議論中
- トリガーレートの予測に基づき決定
  - トリガーレート総計が制限内

7/8 TeV運転での事象パターンごとの帯域幅の配分



Single leptons (e/ $\mu$ ): ~50 Hz each  
汎用 triggers: 5-15 Hz each,  
e.g.: jet+missing ET, di-muon  
特別なtriggers: ~1 Hz, e.g.: long-lived particles  
プリスケールされた補助triggers: 20%

# LHC 14TeVでの陽子陽子衝突の準備

- LHCでは、2015年重心系エネルギー14 TeVでの陽子陽子衝突”Run2”が開始予定
- ATLASトリガー系への影響は深刻

出力レートへの厳しい制限: 100 kHz at Level1 and 1k Hz at HLT

困難

トリガーレートは、2-3 x 3 倍に急増

- LHC  $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV} \rightarrow 14 \text{ TeV}$
- ルミノシティ =  $(0.8 \rightarrow 2) \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 単純なscalingでシングルレプトントリガーのみで、L1: 150 kHz, HLT: 770 Hz なので不可能
- トリガーマニューアの設計し直しが必要

解決策

- ATLASでの物理の信号の損失を最小限にするように物理を優先順位をつける
- トリガー選別条件の閾値や粒子同定を調整

**Run2用トリガーマニューアの設計はchallenging**

**→物理の要請を満たしながらいかにレートをコントロールするかが鍵**

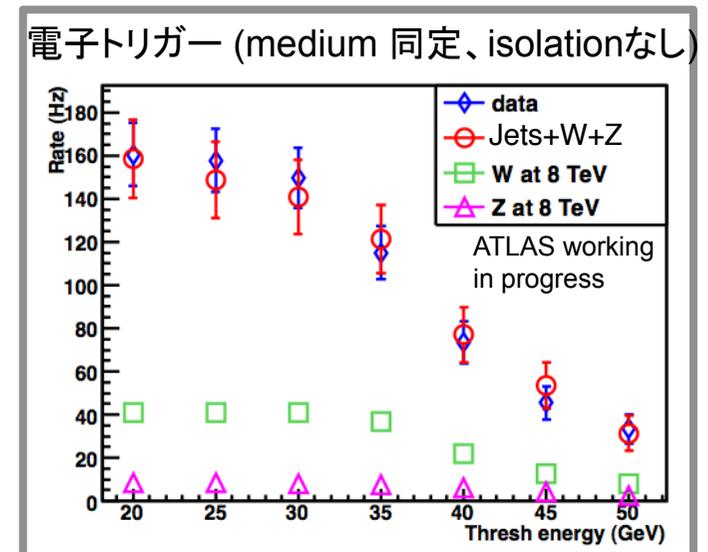
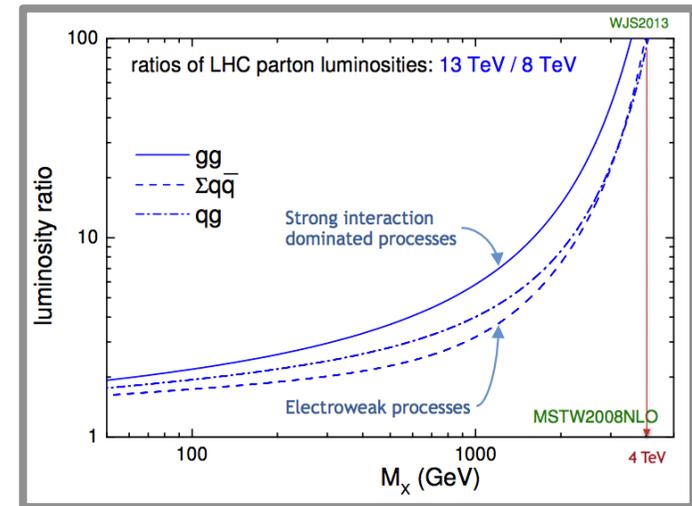
# 8 TeVから14 TeVへのトリガーレートの外挿

- 多くの選別条件では、QCD生成過程が支配的なので、パートンルミノシティの比に基づき14 TeVへ外挿が大体可能 (特に、Level1)

- 8 TeV → 14 TeVで、2~3倍
- 但し、パートンの重心系エネルギーと選別条件の閾値との関係を仮定する必要あり

- 実際はそれぞれのトリガー選別される事象は、W/Zにも由来

- Rates (data) = Rates (QCD/fakes) + Rates (W/Z)
- 特に、電子トリガーで顕著



# 14 TeVでのトリガーレートの予測

- 8 TeVデータおよび8/14 TeV MC(QCD/W/Z)を使用し、14 TeVでのトリガーレートを初めて精度よく予測

8 TeV データを用い任意の選別条件のemulation

8 TeV MCを用いレートの由来ごとに分類

由来ごとに8 TeV → 14 TeVへ外挿

14 TeVでのトリガーレートを予測 (~20%精度)

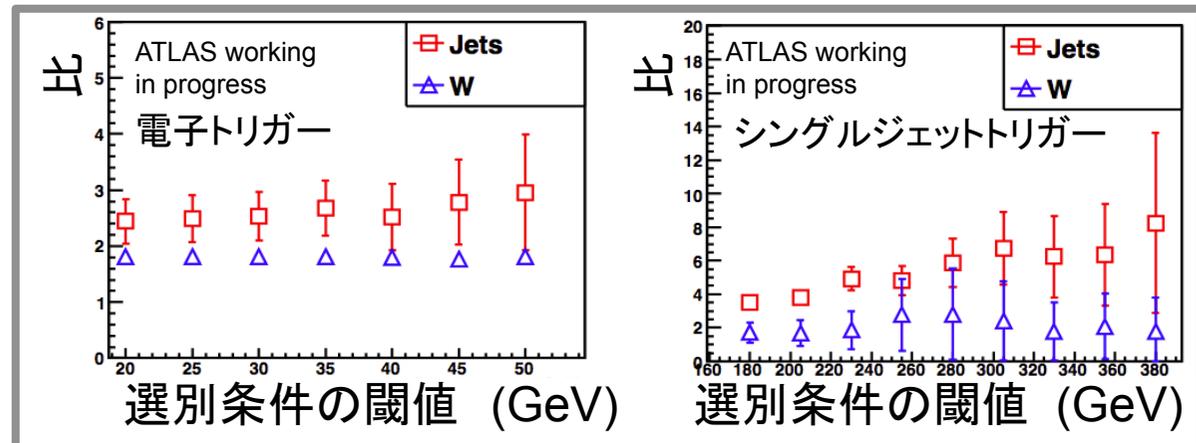
– 8 TeVデータを用い、任意の選別条件をemulation

- 低い閾値のLevel1のみで取得した特別なデータに対し、オフラインで選別条件を適用

– 由来ごとに、8 TeV から14 TeVへの外挿し、14 TeVでのレートを予測

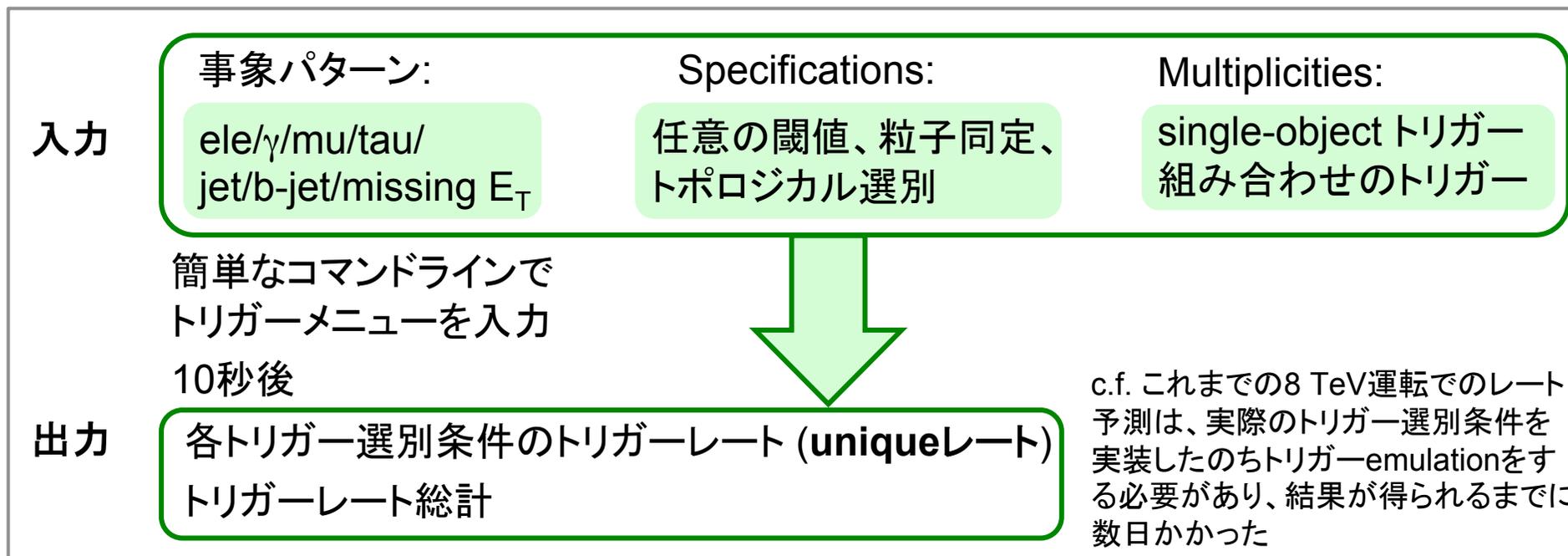
(例)

Rate(14 TeV) / Rate(8 TeV)



# トリガー予測ツールの開発

- 任意のトリガーマニューのトリガーレートを瞬時に予測できる手軽なツールを新たに開発



ATLASトリガーグループのみならず、物理グループでも共通で使用され、この1年間の議論およびRun2でのトリガーマニュー決定に大きく役立った

# まとめと展望

- トリガーマニューは事象パターン選別条件の集まり
  - ATLASの全物理を網羅
  - 物理の要請を満たしながらいかにレートをDAQからの要請内にコントロールするかが鍵
- 2015年開始の14 TeV運転 Run2に向け、トリガーマニューを設計中
  - レートが6~10倍に急上昇するので、challenging
  - レートを精度よく予測し、この1年間のcollaborationの議論およびRun2でのトリガーマニュー決定に大きく役立った
- 今後、実際にトリガーマニューを実装し、最終決定
  - 2014年内を目処に最終決定する
  - LHCのルミノシティ計画に基づき、トリガーマニューをどう更新・運転するかを決定する

# 8 TeV 運転時のトリガーマニュー

- 主な事象パターンの選別条件

Signature	Offline selection	Trigger Selection		L1 Peak Rate (kHz) $L_{\text{peak}}=7e33/\text{cm}^2\text{s}$	EF Avg. Rate (Hz) $L_{\text{avg.}}=5e33/\text{cm}^2\text{s}$
		L1	EF		
Single leptons	Isolated $\mu$ , $p_T > 25$ GeV	15 GeV	24 GeV	8	45
	Isolated $e$ , $p_T > 25$ GeV	18 GeV	25 GeV	17	70
Two leptons	Two $\mu$ 's, each $p_T > 15$ GeV	2×10 GeV	2×13 GeV	1	5
	Two $\mu$ 's, $p_T > 20, 10$ GeV	15 GeV	18, 8 GeV	8	8
	Two $e$ 's, each $p_T > 15$ GeV	2×10 GeV	2×12 GeV	6	8
	Two $e$ 's, $p_T > 25, 10$ GeV	18 GeV	25, 7 GeV	17	5
	Two $\tau$ 's, $p_T > 45, 30$ GeV	15, 11 GeV	29, 20 GeV	12	12
Two photons	Two $\gamma$ 's, each $p_T > 25$ GeV	2×10 GeV	2×20 GeV	6	10
	Two $\gamma$ 's, $p_T > 40, 30$ GeV	16, 12 GeV	35, 25 GeV	6	7
Single jet	Jet ( $R = 0.4$ ), $p_T > 370$ GeV	75 GeV	360 GeV	2	5
	Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 470$ GeV		460 GeV		2
$E_T^{\text{miss}}$	$E_T^{\text{miss}} > 150$ GeV	40 GeV	80 GeV	2	17
Multi-jets	4 jets, each $p_T > 85$ GeV	4×15 GeV	4×80 GeV	1	8
	5 jets, each $p_T > 60$ GeV		5×55 GeV		2
	6 jets, each $p_T > 50$ GeV		6×45 GeV		4
$b$ -jets	4 jets, each $p_T > 50$ GeV out of which one is $b$ -tagged	4×15 GeV	4×45 GeV plus $b$ -tag	1	4
Total				< 75	400