

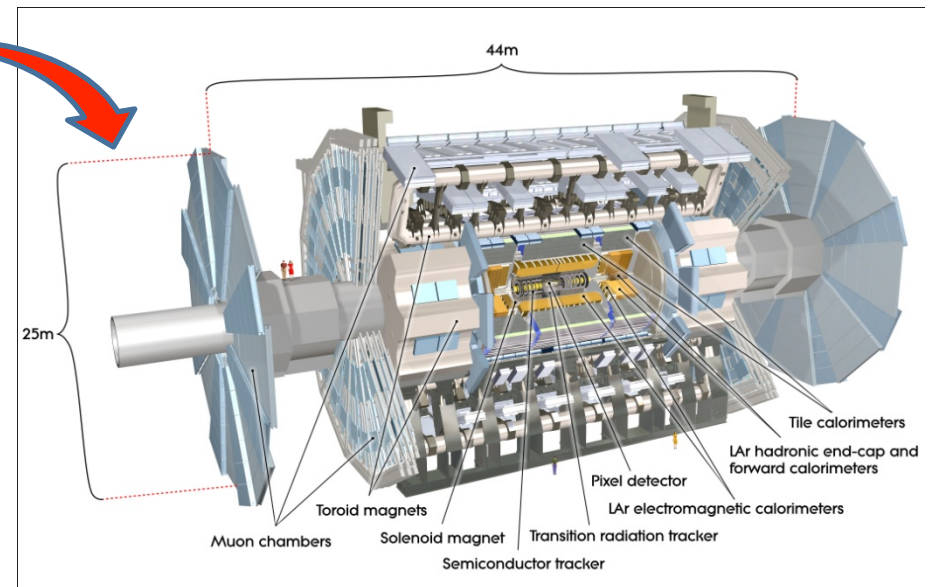
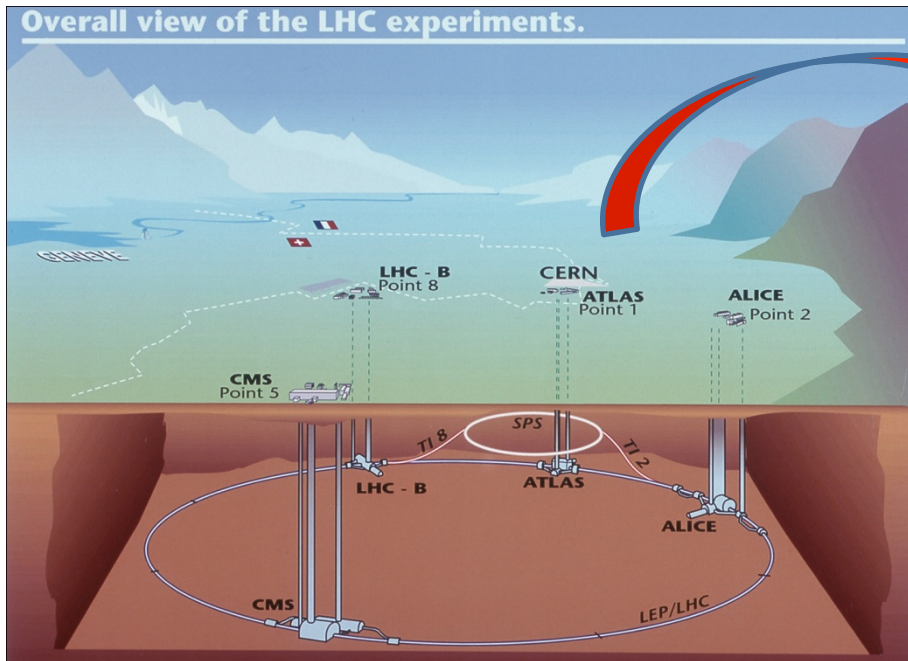
LHC、ATLAS 実験におけるTeV スケール重力事象の探索

兼田 充

CERN

2013年3月28日 日本物理学会第68回年次大会

LHC、ATLAS

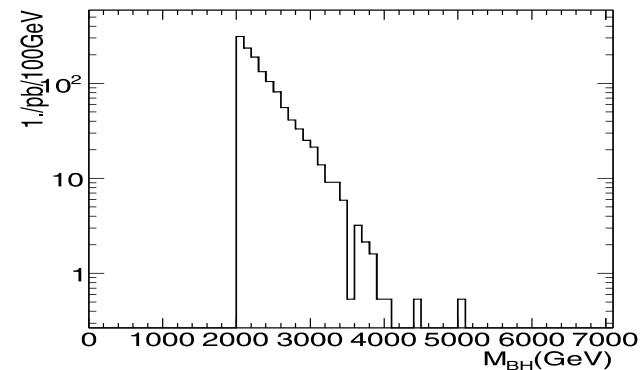
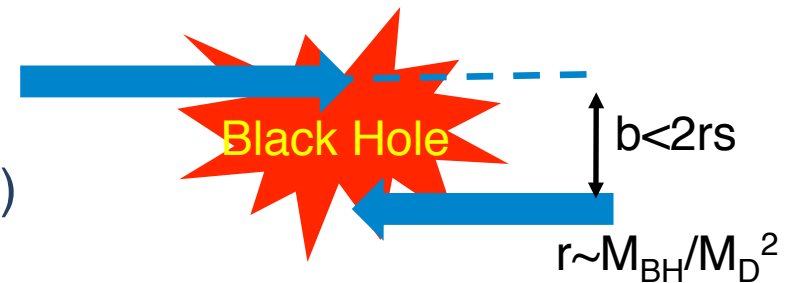


直径22m、長さ44m、総重量7000t

- LHC(Large Hadron Collider)
 - 陽子陽子衝突型加速器
 - 周長約27km
 - 2010, 2011年: $\sqrt{s}=7\text{TeV}$
 - 2012年: $\sqrt{s}=8\text{TeV}$
- ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)
 - LHC上に設置されている汎用検出器
 - 2011年: 5.25fb^{-1} recorded
 - 2012年: 21.7fb^{-1} recorded

TeVスケール重力

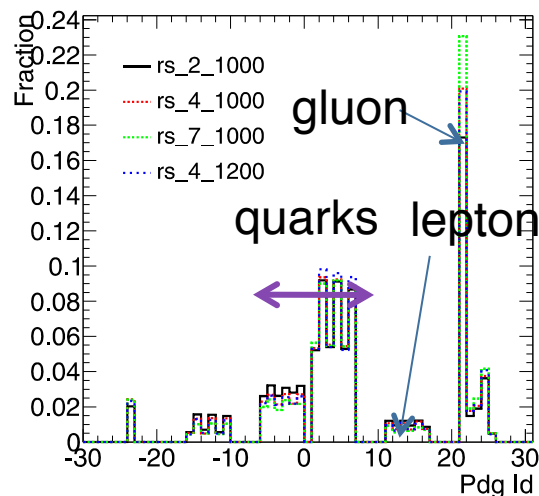
- 余剰次元を扱う理論では階層性問題をTeVスケールの重力(TeVスケールプランクスケール M_D)の存在により解決する方法を示唆している
 - Large Extra Dimension (ADD), Warped extra dimension (RS)
- LHCではTeVスケール重力事象の直接探索が可能: blackhole、string ball、重力散乱、など
(高エネルギー領域に連続的なEnhancement)
- Blackholeは非常に生成断面積が大きい
 - $\sigma \sim \pi r_s^2 \sim 100\text{pb}$ (for $M_D \sim M_{\text{BH}} \sim \text{TeV}$)
- TeVスケールのBlackholeはHawking radiationにより大量の高エネルギー粒子を放出し直ぐに崩壊する



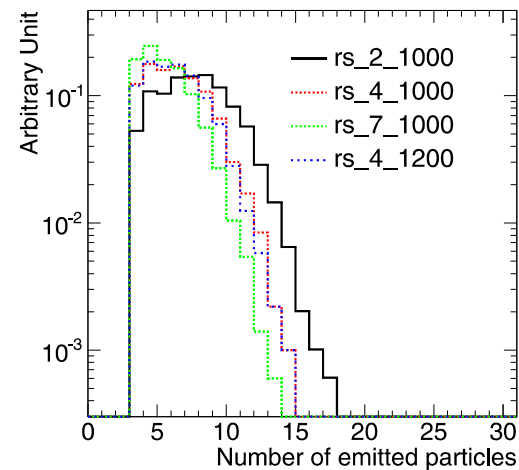
ブラックホール質量分布

Blackhole/String ball 探索

- ATLASでは3つの違う解析で探索を行なっている
 - Multijet/Multi-object final state
 - シグナルのアクセプタンスが大きい(~100%)
 - QCD multijetプロセスが大きなバックグラウンド
 - Multi-object at least one lepton
 - $p_T > 100\text{GeV}$ のleptonを要求, シグナルのアクセプタンス~10%
 - Z/W+jetsが主なバックグラウンド(QCDバックグラウンドを抑制出来る)
 - Same-sign di-muon
 - $p_T > 25, 15\text{GeV}$ の同電荷のmuonを要求, シグナルのアクセプタンス~10%
 - 主なバックグラウンド: $t\bar{t}$, b/c, μ -fake



Fraction of Emitted Particles



Multiplicity of Decay Particles

Same-sign Dimuon Analysis

- Data: $\sqrt{s} = 7\text{TeV}$, 1.3 fb^{-1}
- イベントセレクション
 - Muon:
 - Leading muon: $p_T > 25\text{GeV}$, $|\eta| < 2.4$, isolated
 - Second muon: $p_T > 15\text{GeV}$, $|\eta| < 2.4$, same charge as leading muon
 - Track (Inner detector) multiplicity:
 - Inner detector tracks, $p_T > 10\text{ GeV}$, $|\eta| < 2.4$
 - $N_{\text{trk}} \geq 10$
- バックグラウンドの見積もり
 - ttbar: MC
 - b/c: Data driven, $N_{\text{trk}} < 10$ control region
 - μ -fake: Data driven, W control region

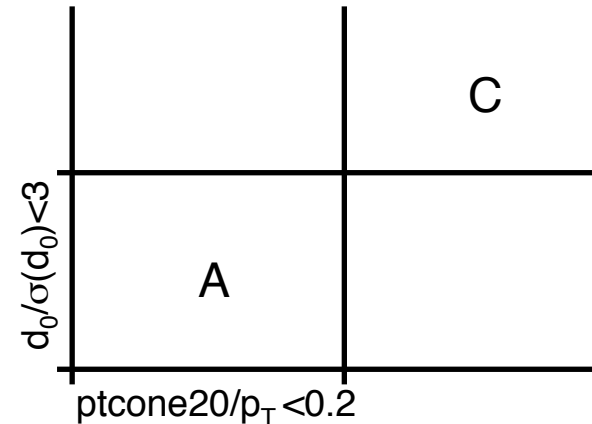
バックグラウンドの見積もり

b/cイベントの見積もり

- 最初に $N_{\text{trk}} < 10$ のイベントの中からシグナル領域の定義の μ のクォリティーカットを反転させた領域のイベントを選ぶ(C)

この領域の分布を使いA領域の分布を見積もる

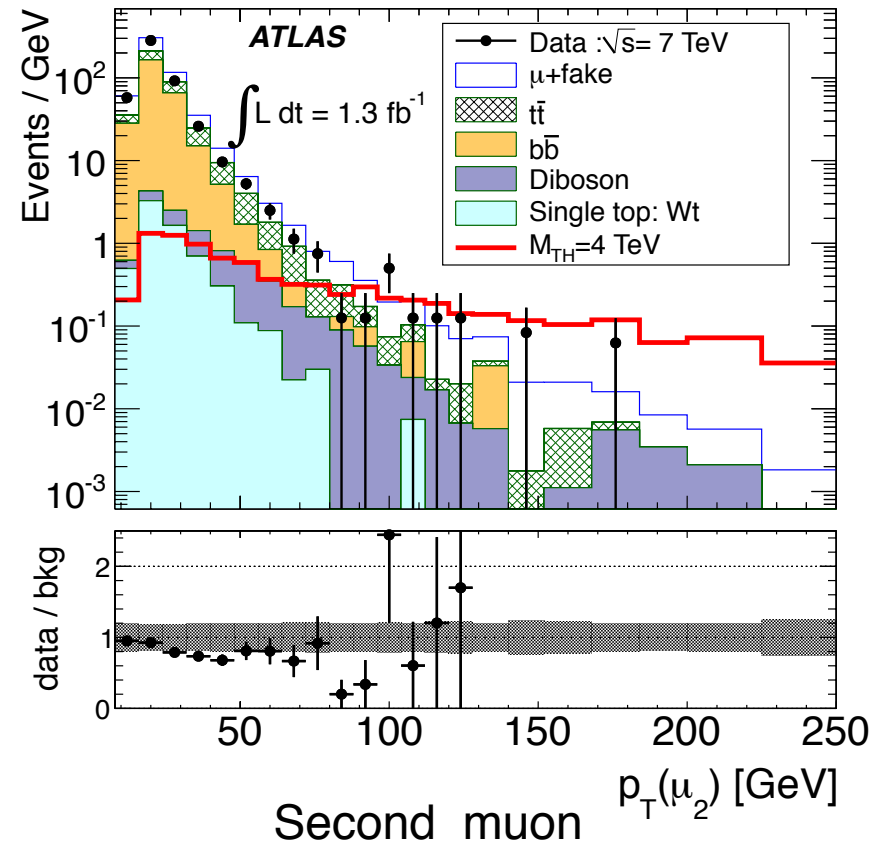
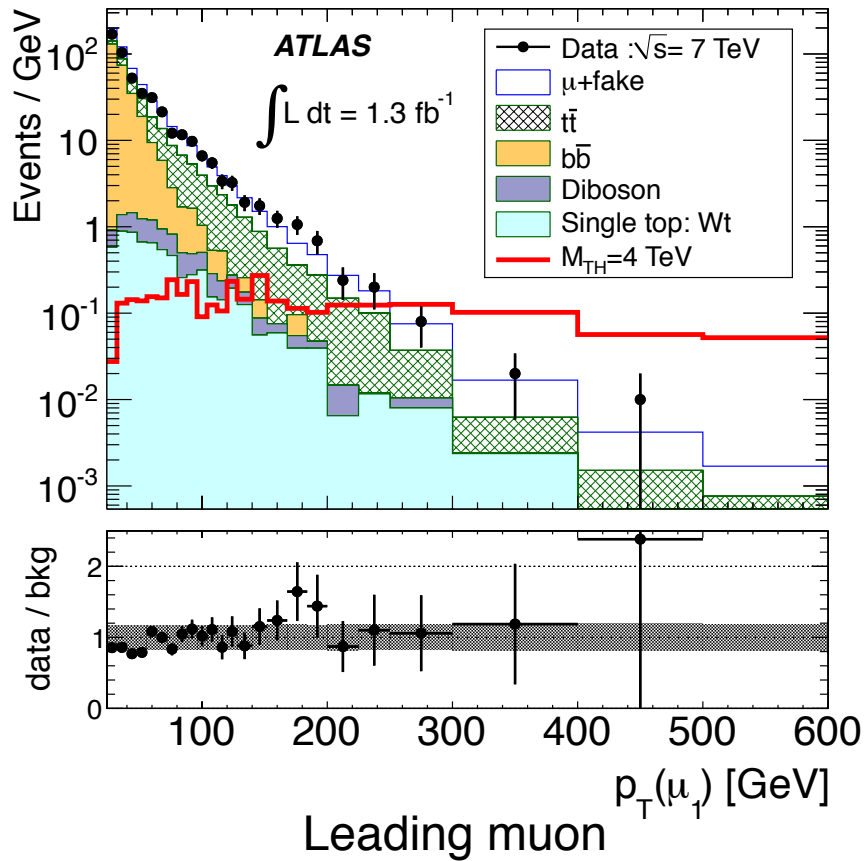
- ここで求めた N_{trk} 分布をexp関数でフィットし $N_{\text{trk}} \geq 10$ へ外挿する



μ -fakeイベントの見積もり

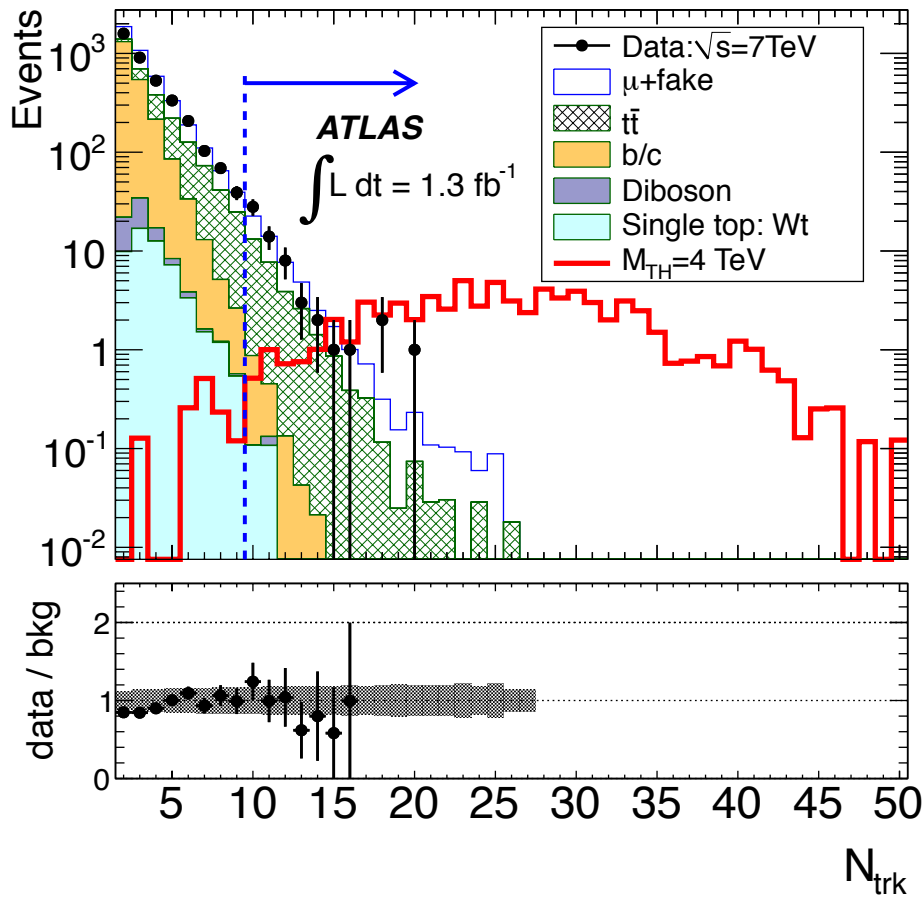
- W+jetsイベントをControlサンプルとして使う
 - 1 μ + 1 same chager track
 - $25 < \text{Missing}E_T < 80 \text{ GeV}$, $50 < \text{TransMass} < 120 \text{ GeV}$
- この内2 μ イベントを抽出しrateを見積もる
 - ttbar等、他のバックグラウンドはMCを用いて除く
 - trackの p_T bin毎で分ける
 - $\sim 10^{-3}$
- シグナル領域を1 μ に変えて集めたイベントにrateを適用し見積もる

Muon p_T Distribution



Before N_{trk} cut

N_{trk} 分布



- b/cの分布はFitで求めたもの

イベント数と誤差

Process	Events
b/c	$0.77 \pm 0.77(\text{syst})$
ttbar	$29.2 \pm 4.1(\text{syst}) \pm 1.1(\text{lumi})$
+fake	$25.6 \pm 0.3(\text{stat}) \pm 5.2(\text{syst})$
Other backgrounds	$0.25 \pm 0.11(\text{syst})$
Predicted	$55.8 \pm 0.3(\text{stat}) \pm 6.7(\text{syst}) \pm 1.1(\text{lumi})$
Observed	60

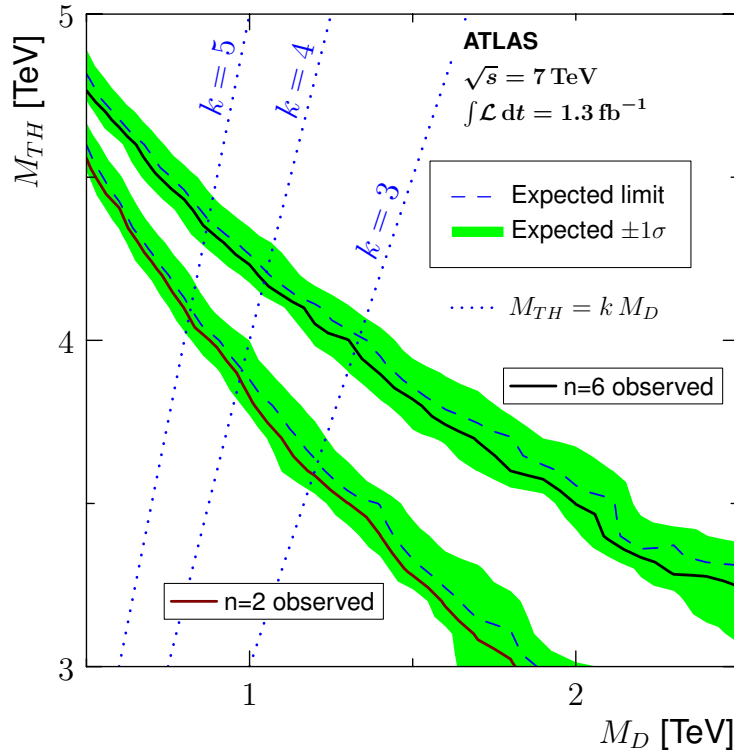
全てのイベントセレクション後のイベント数

-> Background Onlyの見積りに比べて有意な違いは得られなかった

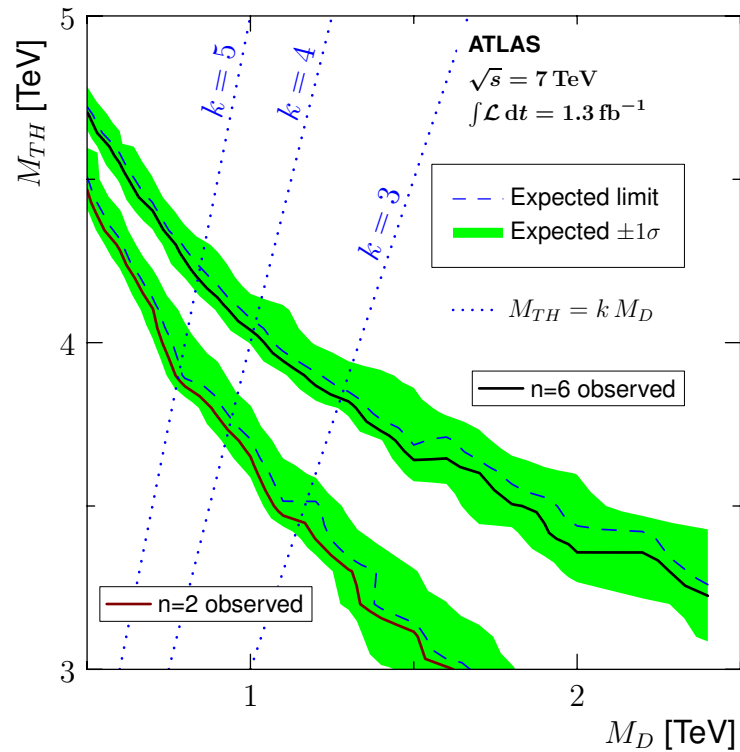
-> **Observed limit: $\sigma \times \text{BR} \times A < 0.018 \text{ pb}$**

Expected limit: $\sigma \times \text{BR} \times A < 0.016 \text{ pb}$ (with 0.012-0.022 1σ error band)

Interpretation



Non-rotating blackhole



Rotating blackhole

- Blackhole生成時に回転運動量を持つケースと持たないケースそれぞれに対して生成断面積に対して M_D - M_{TH} でのリミットを付けた
- 回転運動量を持つ場合は初期に放出粒子のエネルギーが大きくなる
 -> 結果放出粒子数が少なくなりアクセプタンスが落ちる
- **Non-rotating: $M_{TH} > 3.8, (4.2) \text{ TeV}$ at $M_D = 1 \text{ TeV}$ for $n= 2 (6)$
 $M_{TH} > 3.4, (3.8) \text{ TeV}$ at $M_D = 1.5 \text{ TeV}$ for $n= 2 (6)$**

まとめ

- 2011年にATLAS実験で取得した 1.3fb^{-1} の重心系エネルギー 7TeV の陽子陽子衝突データを用いて TeV スケール重力の探索を行った。
- 本講演ではsame-sign dimuonイベントを用いた結果を発表した
 - バックグラウンドクリーンなシグナル領域を得られる。
- データはSMプロセスと比べ有意な違いは見られなかった
 - Prediction: $55.8 \pm 0.3(\text{stat}) \pm 6.7(\text{syst}) \pm 1.1(\text{lumi})$
 - Data : 60
 - Observed limit: $\sigma \times \text{BR} \times A < 0.018 \text{ pb}$
- この結果を用いRotating, Non-rotating2つのケースについてBlackhole生成へリミットをつけた
 - Non-rotating: $M_{\text{TH}} > 3.4, (3.8) \text{ TeV}$ at $M_{\text{D}} = 1.5\text{TeV}$ for $n=2 (6)$
- 8TeV データを用いた結果も準備中である
 - 非常にエネルギーの高い領域を使っているので、重心系エネルギーの増加により非常に大きな改善が期待できる