

LHC-ATLAS実験におけるISR jetを用いた Universal Extra Dimension事象の探索

山口博史, ^A寺師弘二, 浅井祥仁

東京大学理学研究科

^A素粒子物理国際研究センター

Outline

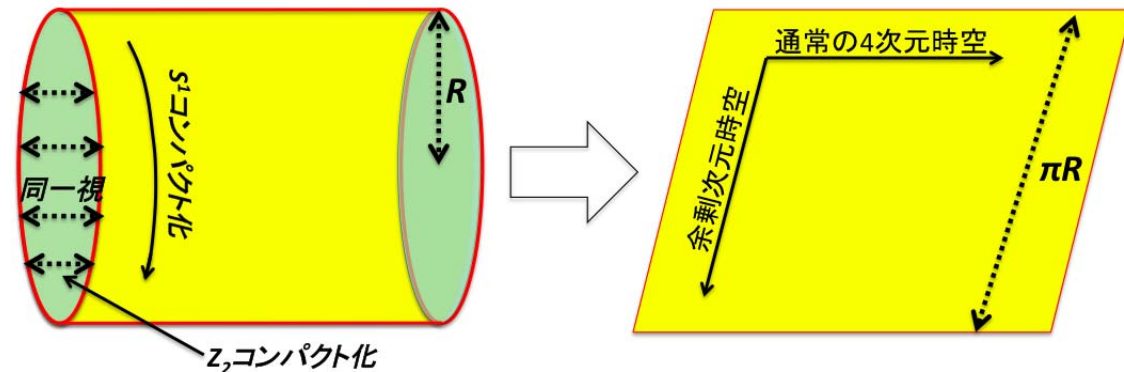
1. Introduction
2. One Lepton + ISR Jet 解析
3. Data と Montecarlo との比較
4. Systematic uncertainty と Observed Limit
5. Discovery potential

Universal Extra Dimensions

- $R^{-1} \sim 1\text{TeV}$ 程度のコンパクト化された余剰次元が存在
- 全ての標準模型粒子がこの余剰次元に伝搬できる

3 parameters:

- ▶ $1/R =$ コンパクト化スケール
- ▶ $\Lambda =$ カットオフパラメータ
- ▶ $m_H =$ Higgs mass (=120 GeV)



Kaluza-Klein (KK粒子)の存在

- ▶ 標準模型粒子と同じ量子数
- ▶ KK粒子の質量はコンパクト化スケールによって決まる
- ▶ KK-Parity の導入(終状態のKK光子は安定)
- ▶ 縮退している(粒子間の質量差が小さい)

$$m_n^2 = \frac{n^2}{R^2} + m_{SM}^2$$

(n: Excitation level)

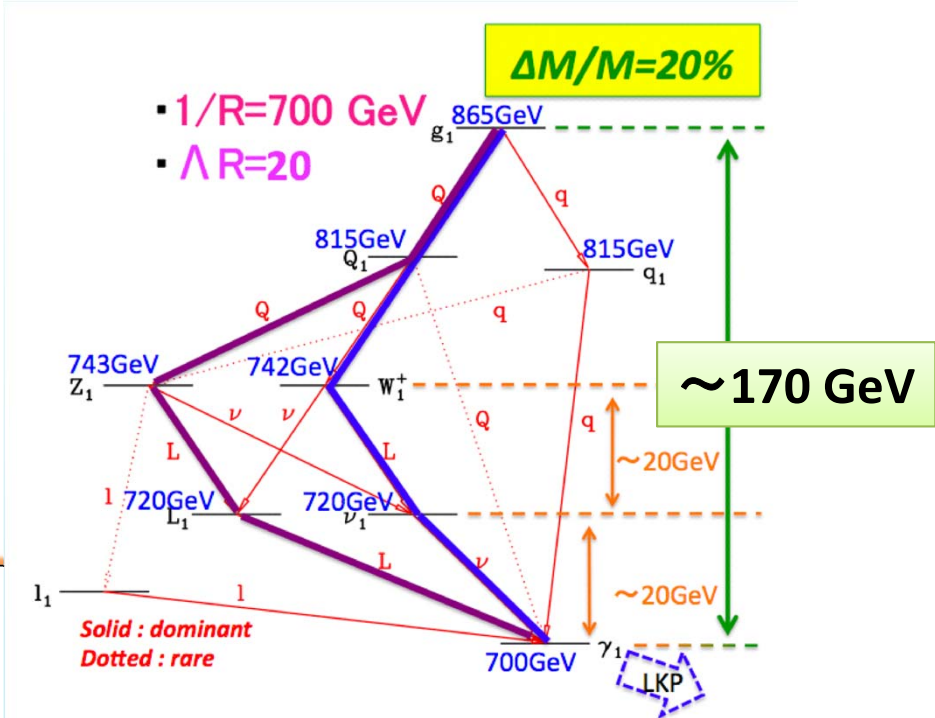
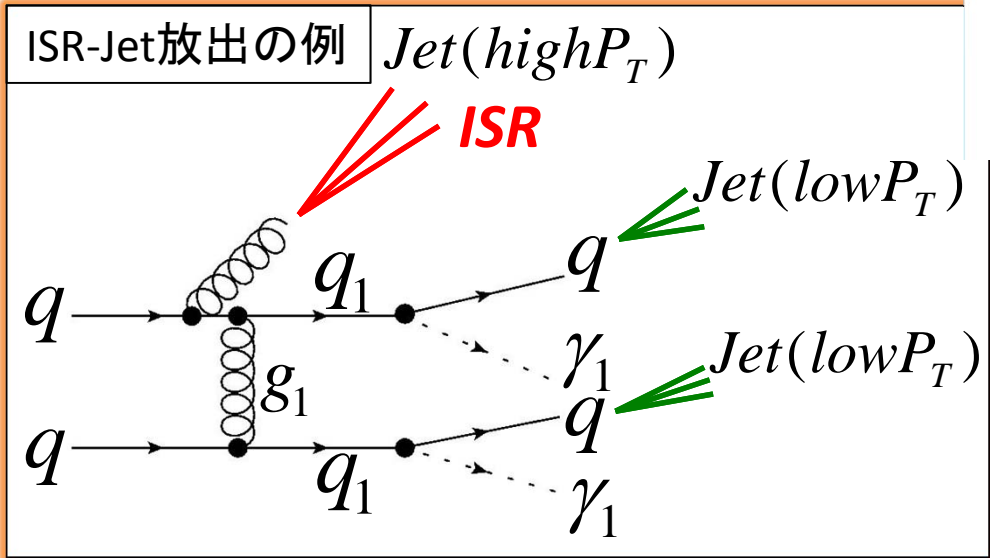
Universal Extra Dimensions

Production : $g_1 g_1, g_1 q_1, q_1 q_1$
 カラー粒子のペアプロダクション

Decay : cascade decays
 e.g, $g_1 \rightarrow l + jj + MET$
 $ll + jj + MET$

Our signal :
leptons + jets + E_T^{miss}

Softなleptons, jetsが放出される



- Softなleptonとjetsを要求
- ISR(initial State Radiation) jetを利用してS/Nを上げる

Data, MonteCalro Sample

$E_{CM} = 7 \text{ TeV}$

■ Data

- $L=35\text{pb}^{-1}$
- Trigger : Jet $>75\text{GeV}$, MET $>25\text{GeV}$

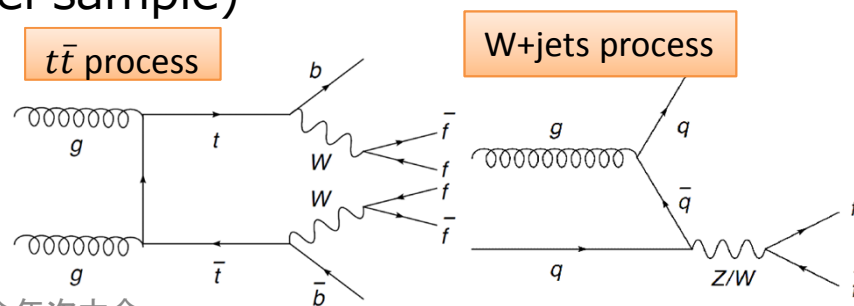
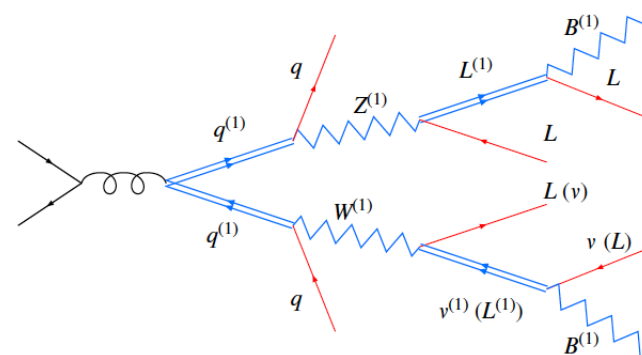
■ Signal sample

- Full Simulation (Herwig)
 - $1/R = 300 - 650 \text{ GeV}$
 - $\Delta R = 5 - 40$ ($dM/M = 5 - 25 \%$)
- Fast Simulation (Pythia)
 - $1/R = 300 - 900 \text{ GeV}$
 - $\Delta R = 2 - 50$ ($dM/M = 5 - 25 \%$)

■ Background sample (Standard Model sample)

- W+jets (Alpgen) [$2.6 \times 10^4 \text{ pb}$]
- Z+jets (Alpgen) [$2.4 \times 10^3 \text{ pb}$]
- $t\bar{t}$ (McAtNlo) [$1.5 \times 10^2 \text{ pb}$]
- QCD (Pythia) [$1.05 \times 10^{10} \text{ pb}$]

()内はMCのGenerator

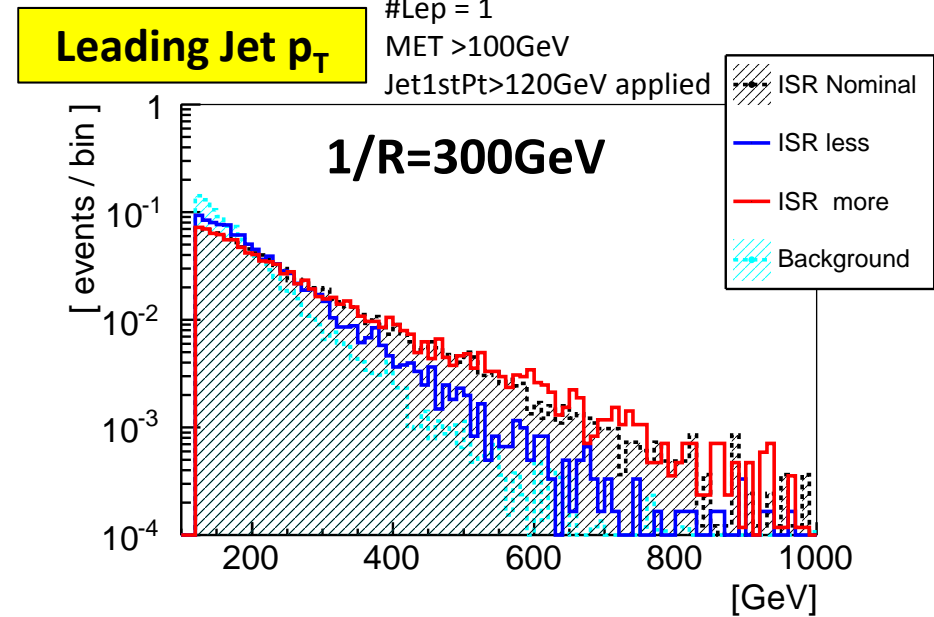
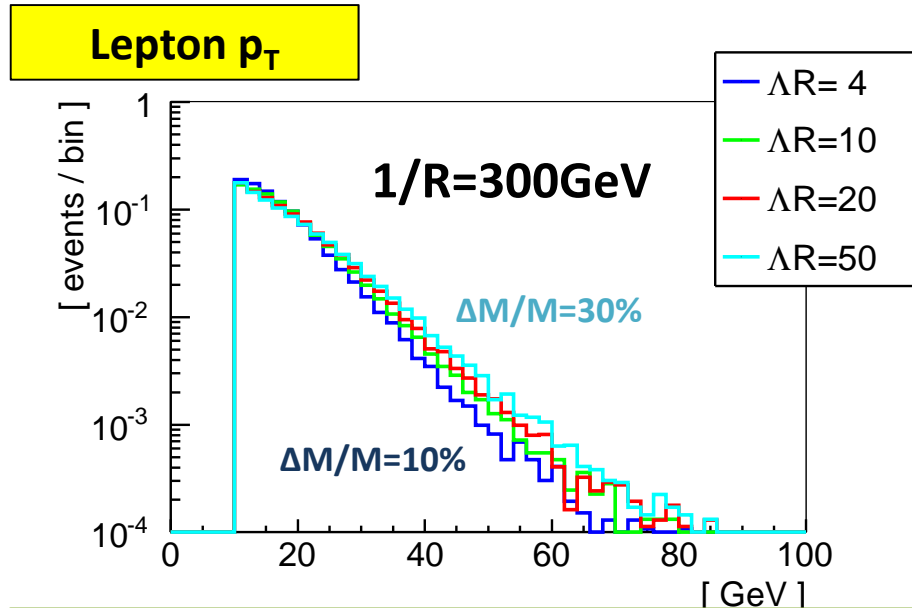


1-Lepton ISR-Jet Analysis

Selection criteria

1. $N_{\text{Lep}} == 1$ ($p_T > 10$ GeV)
2. MET > 100 GeV
3. $p_T^{\text{Jet1st}} > 120$ GeV
4. $N_{\text{Jet}} \geq 3$ ($p_T > 30$ GeV)
5. $M_T > 100$ GeV

- ☑ Lepton (electron, muon) を要求する
- ☑ ISRの効果によるHigh- p_T のleading jetを要求する
- ☑ Lepton に efficiency, energy (momentum) の補正をかける

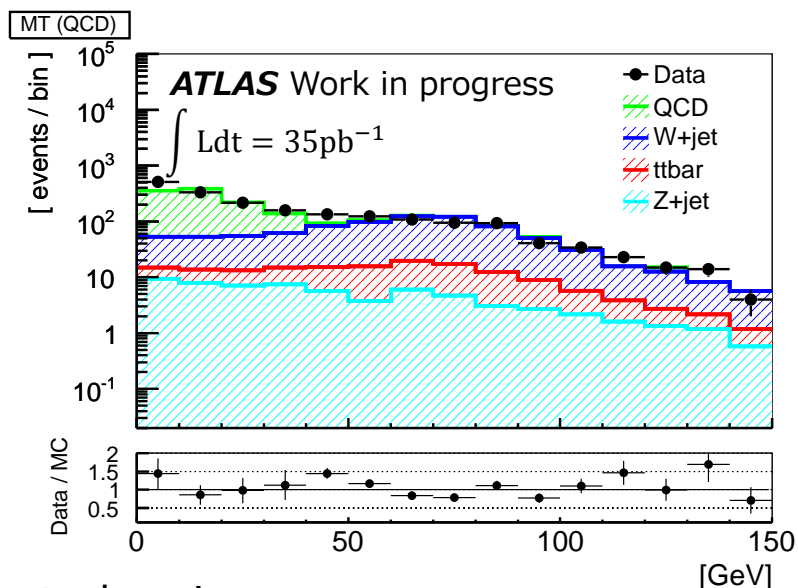


- $\Delta M/M$ が小さいため softなleptonが放出
- signal efficiencyを上げるためlepton $p_T > 10$ GeVを要求

ISRの効果でsignalのleading jet はenhanceされる

→ leading jet > 120 GeV を要求

Normalization Factor



QCD, W+jet はCross-sectionの不定性が大きい
 ため、DataとMCの比を評価してCorrectionする

Control region

QCD

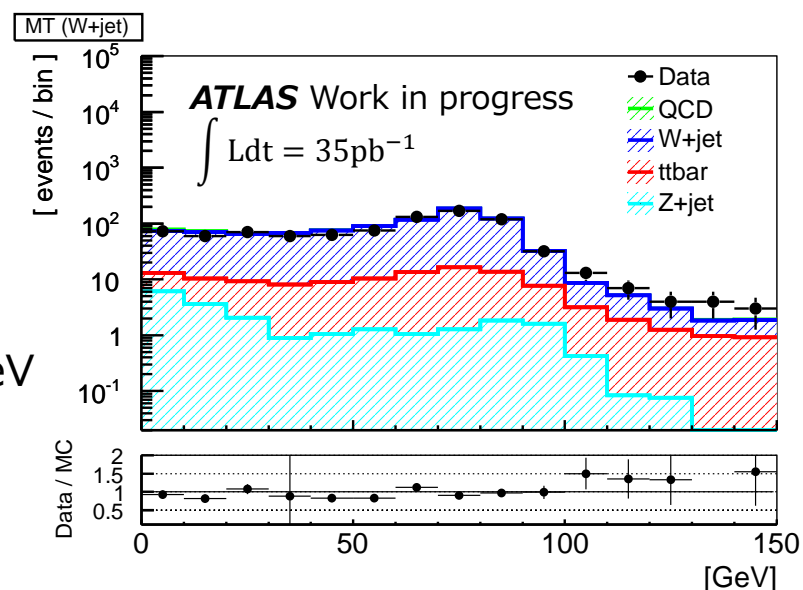
- ▶ LepNo=1
- ▶ $20\text{GeV} < \text{MET} < 40\text{GeV}$
- ▶ Jet1stPt > 120GeV
- ▶ $\text{MT} < 40\text{GeV}$

W+jet

- ▶ LepNo=1
- ▶ $\text{MET} > 100\text{GeV}$
- ▶ Jet1stPt > 120GeV
- ▶ $60\text{GeV} < \text{MT} < 100\text{GeV}$

Normalization factor

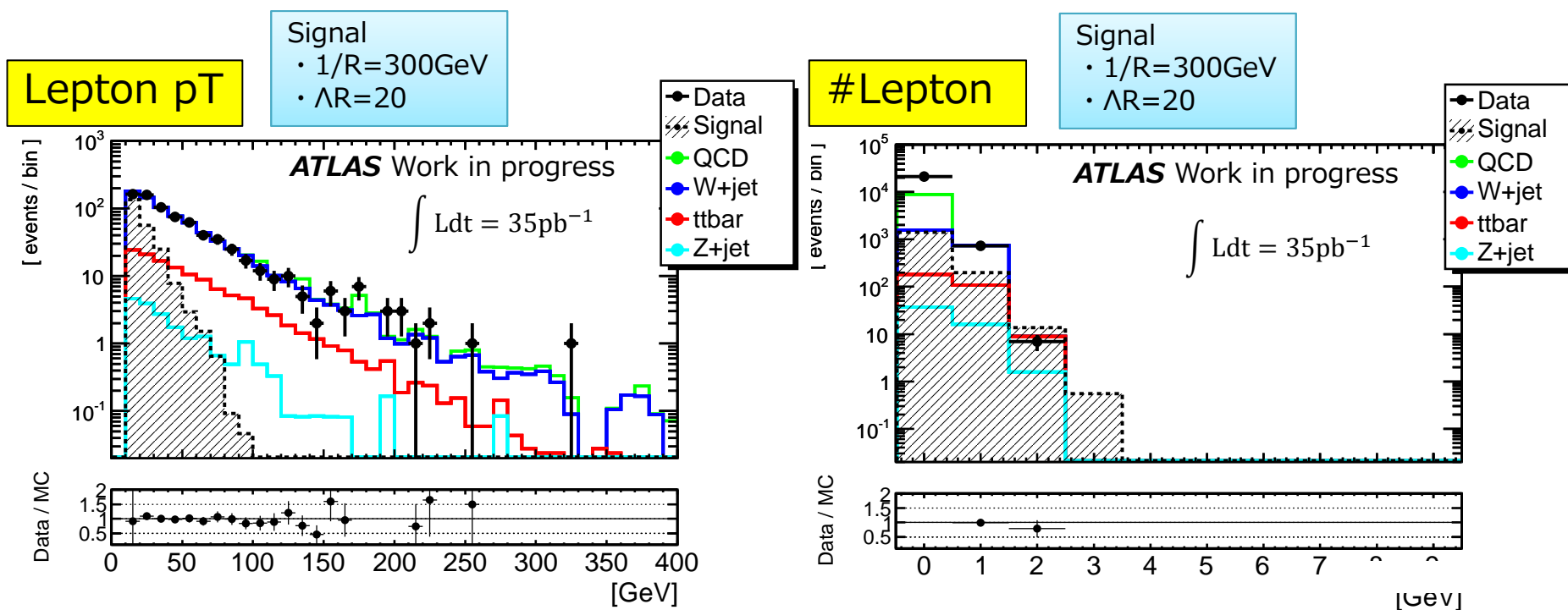
- QCD : $1.16 \pm 0.32(\text{stat.})$
- W : $0.96 \pm 0.06(\text{stat.})$



Distribution (Lepton)

Applied 1) Jet1stPt > 120 GeV
2) MET > 100 GeV

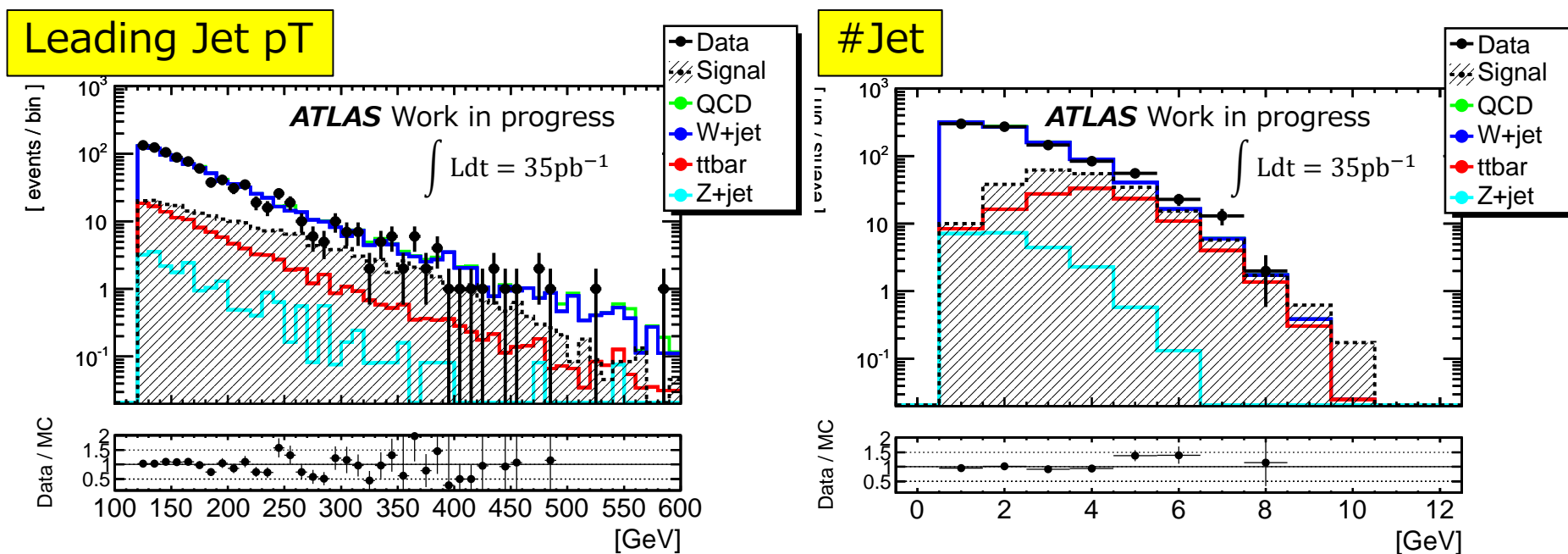
← Trigger bias を除くためのカット



Signal の lepton pT はバックグラウンドに対してかなりソフト

Distribution (Jet)

- Applied
- 1) Jet1stPt > 120 GeV
 - 2) MET > 100 GeV
 - 3) Number of Lepton = 1



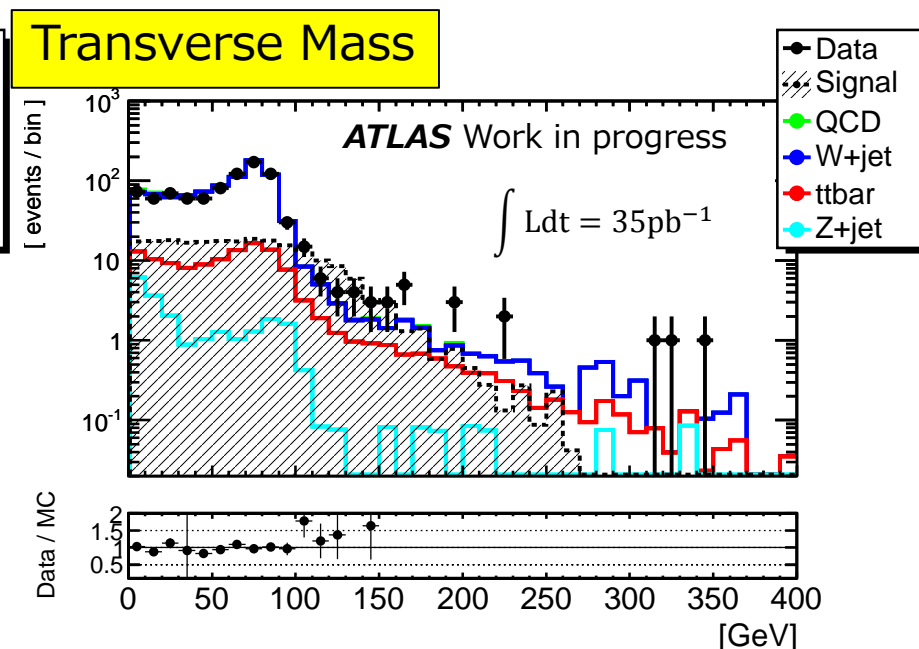
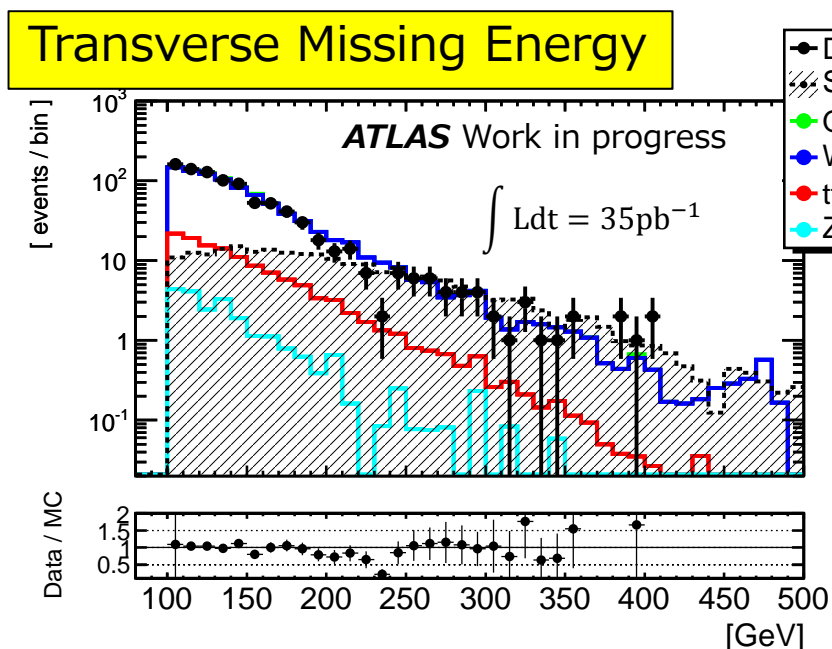
High multiplicity の領域でDataとMCに多少ズレが見られる
 →MCのmultiplicityが小さくなっている。
 pT分布はData と MC はよく一致している

Distribution (MET, MT)

- Applied
- 1) Jet1stPt > 120 GeV
 - 2) MET > 100 GeV
 - 3) Number of Lepton = 1

$$M_T = \sqrt{2E_T P_T^\ell (1 - \cos\phi)} \quad (\ell = e, \mu)$$

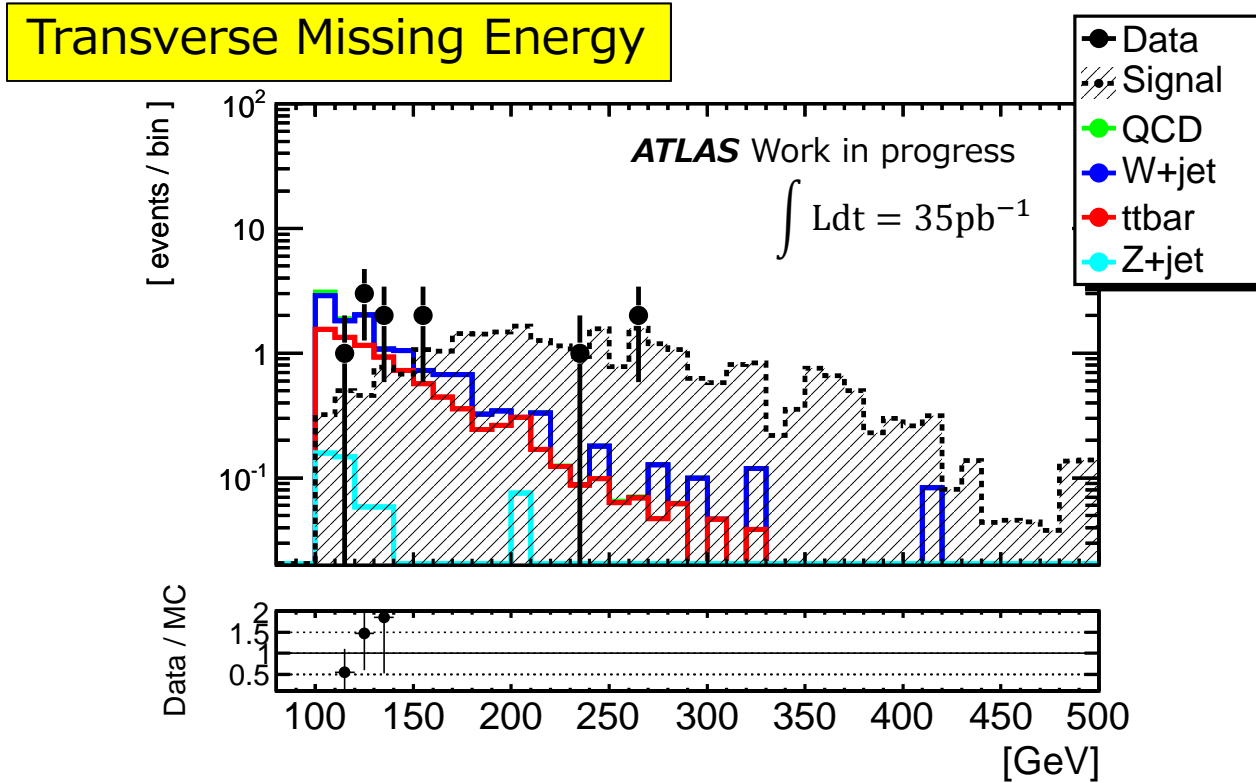
$$\cos\phi = \frac{P_X^\ell E_X + P_Y^\ell E_Y}{E_T P_T^\ell}$$



MET, MT共にDataとMCはよく一致している
 MT > 100 GeVを課すことによって、Wのイベントをカットする

Signal Region

カット後に残ったイベントの消失横方向エネルギーの分布



Observed : 11 イベント
 Expected : 14.0 イベント
 Signal (@1/R=300GeV) : 27.7 イベント

Cut flow (One lepton)

各カット後に残ったイベント数

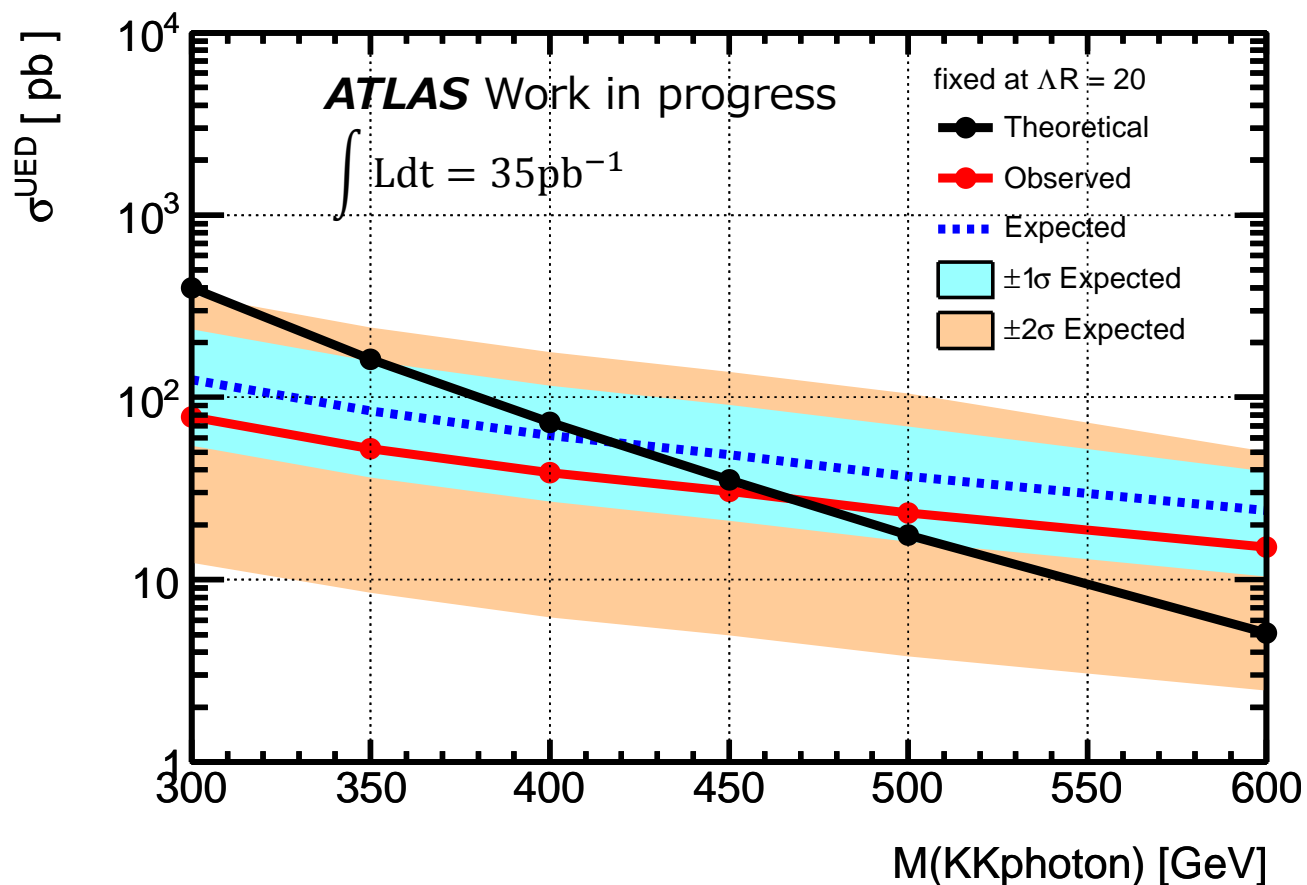
	UED 1/R=300GeV	Data	MC Total	QCD	ttbar	W+jet	Z+jet
LepNo=1	354	10784	12737 ±590	6253	542	5417	443
MET >100GeV	273	1243	1268 ±13	16.8	145	1065	27.8
Jet1stPt >100GeV	224	901	924 ±11	11.7	104	777	22.0
JetNo≥3	116	214	215 ±3	1.9	80.7	125	4.3
MT >100GeV	27.7	11	14.0 ±0.7	0.3	8.3	4.6	0.5

- MC Total のエラーは MC の統計のみ考慮
- トリガーバイアスが取り除かれるMET>100GeVのカット後で、DataとMCは統計誤差の範囲でよく一致している

Uncertainty

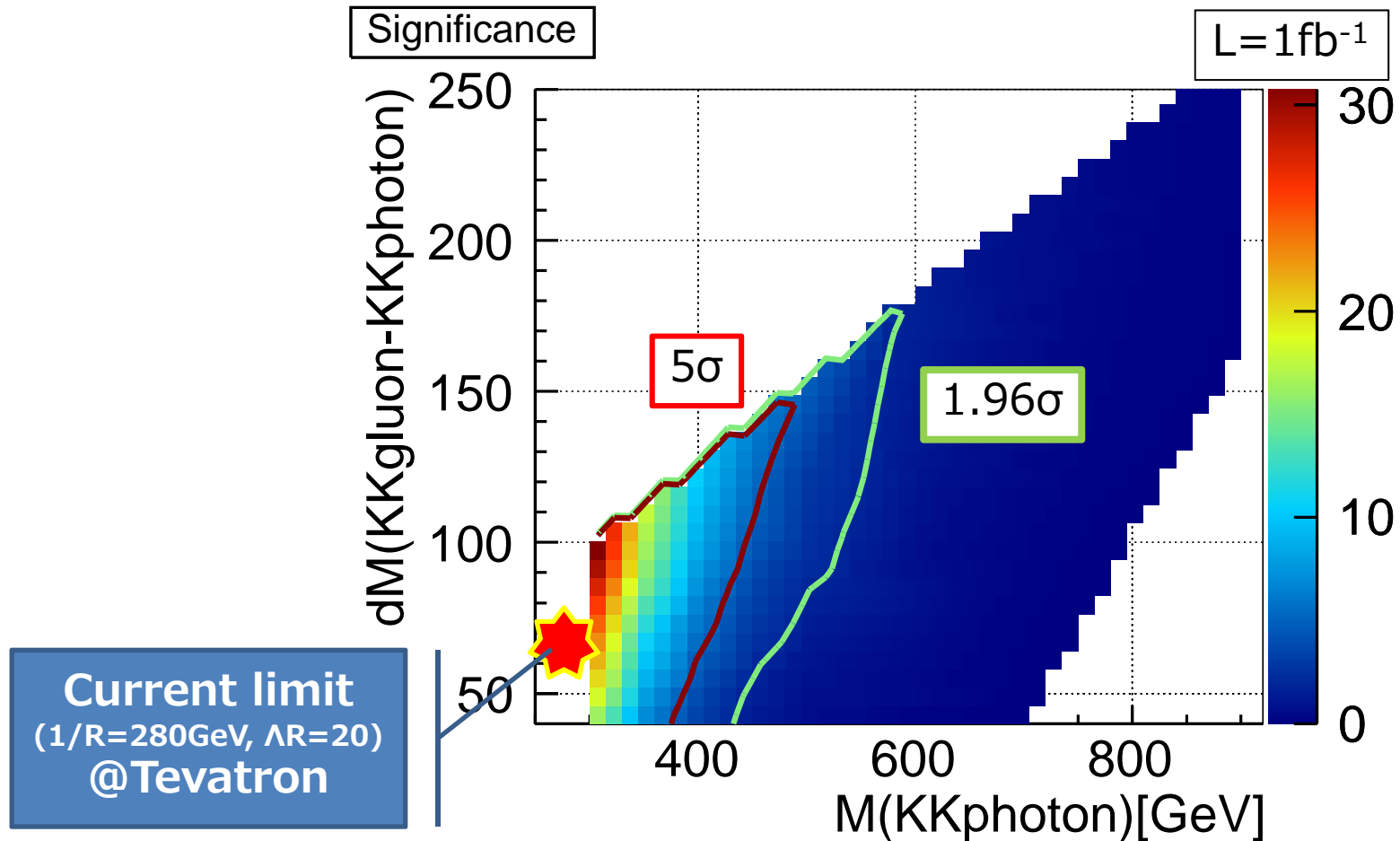
		Background	Signal
Normalization factor		$\pm 2\%$	—
Electron	Energy scale	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
	Energy Resolution	$< 1\%$	$< 1\%$
muon	Momentum scale	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
	Momentum Resolution	$\pm 2\%$	$< 1\%$
Jet	Energy Scale	-18% / +22%	-13% / +14%
	Energy Resolution	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$
ISR		—	-32% / +17%
PDF		—	$\pm 12\%$
Luminosity		$\pm 3\%$	$\pm 3\%$
Total		-20% / +25%	-40% / +25%

Limit



1/R ≤ 460 GeV (at ΔR=20)の領域において、95%CLでUEDモデルをexcludeした。

Discovery Potential



今年のデータで

$1/R=400\text{GeV}$ ($\Lambda R=10-50$) - 500GeV ($\Lambda R=50$)の領域で発見

$1/R=500\text{GeV}$ ($\Lambda R=10-50$) - 600GeV ($\Lambda R=50$)の領域を排除できると見積られる

Conclusion

- $\sqrt{s}=7\text{TeV}$, 35pb^{-1} のデータを使ってUED粒子を探索した
- $1/R \leq 460\text{GeV}$ の領域でUED模型をexcludeした
- 今後、Soft leptonの識別能力、エネルギースケールの系統誤差を精密に評価することが必要
- 今年のデータ($\sim 1\text{fb}^{-1}$)で $1/R \sim 600\text{GeV}$ 付近までexculdeが可能と見積もられる