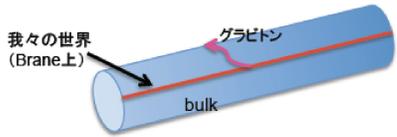


# 2015年夏までの成果:標準理論を超える新粒子の探索(その2)

## 余剰次元の探索

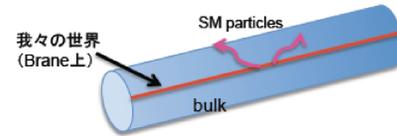
### Large extra dimension (ADD)

- n次元のコンパクト化したフラットな余剰次元
- SM粒子は4次元プレーン上のみ存在
- グラビトンだけバルクにとべる



### Universal extra dimension (UED)

- 全てのSM粒子が小さな余剰次元バルクに伝搬できる
- 全ての粒子にKK粒子→SUSYlikeなsignature



### RS (Randall-Sundrum) model

- 歪曲した1つの余剰次元が2つのプレーンに挟まれている
- SM粒子はTeVプレーンに束縛、グラビトンがバルクにとべる



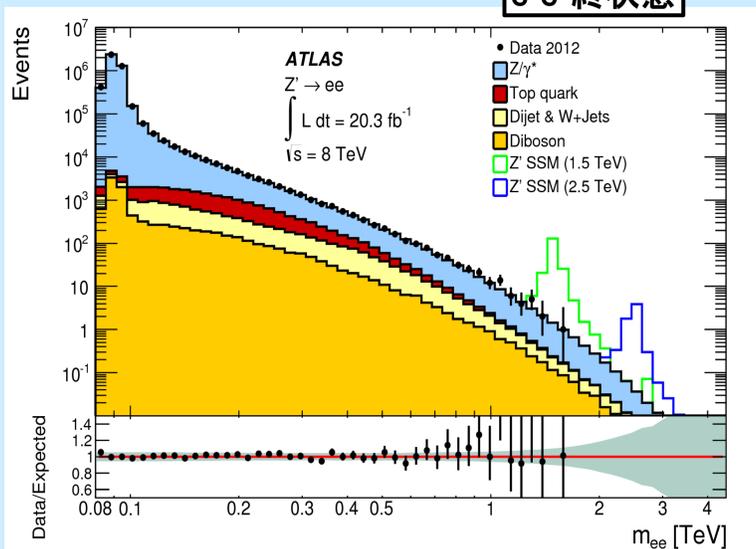
超対称性理論以外にも、標準模型の問題点を解決するための現象モデルが数多く提唱されている。その中で、余剰次元(Extra Dimension)に関するものが多くある。

余剰次元モデルでは、超対称性理論とは別のアプローチで、標準模型の各問題点を解決する。また、余剰次元での強力な重力相互作用により、ミニブラックホールを予言する。

余剰次元モデルには大まかにわけて左記の3つのカテゴリーがあり、LHCでの探索では異なる信号を示す。実際の探索は余剰次元にモデルを限定せず終状態の信号形態別に進めている。

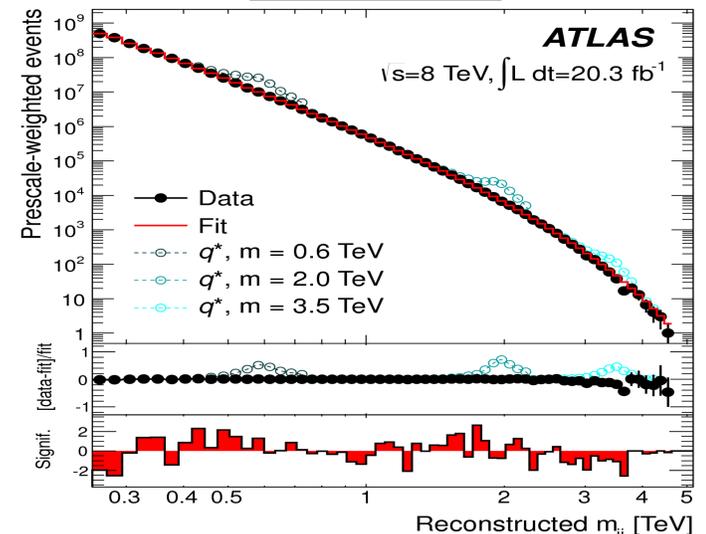
主に、高運動量2体粒子の終状態(共鳴、非共鳴)、高運動量単体・複数粒子の終状態を想定する。

## [1] 2粒子共鳴探索



### e<sup>+</sup>e<sup>-</sup>終状態

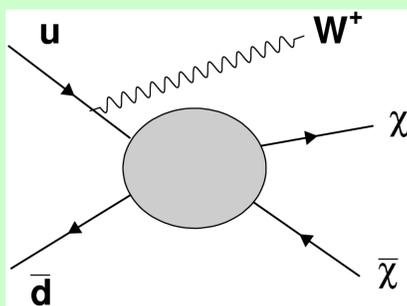
### 2ジェット終状態



## [2] 暗黒物質探索(単体粒子探索)

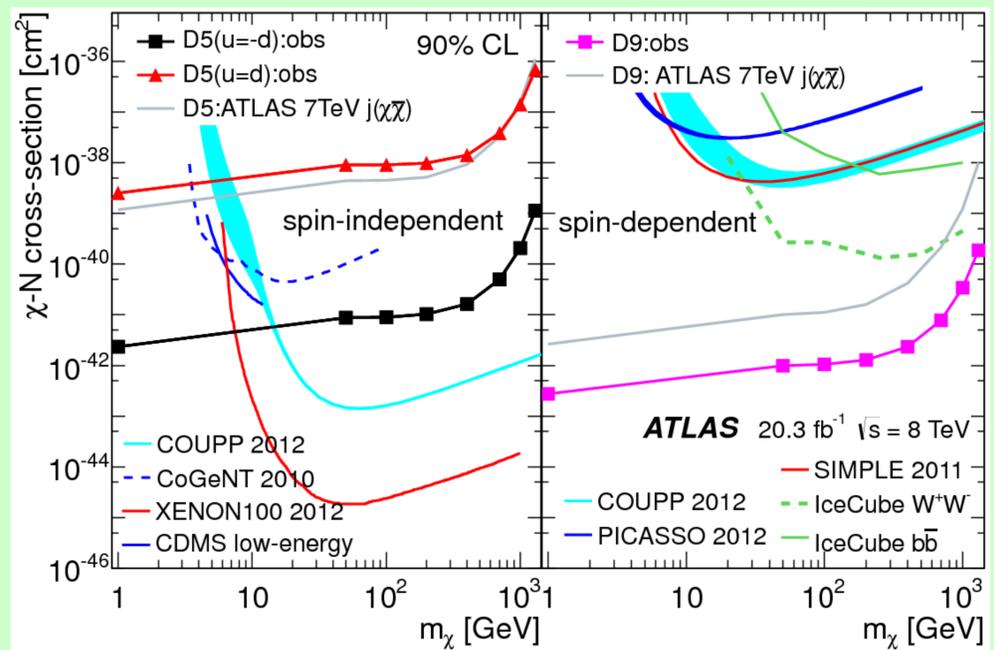
余剰次元モデルでは、グラビトンが直接生成された場合、通常の信号とは考えられない Mono-粒子(ジェット、W等)が生成される。この場合、ジェットとは反対側の方向に消失エネルギーが出てくる。

また、暗黒粒子候補であるWINP( $\chi$ )がLHCでも生成可能な質量領域にある場合、同様の信号を生み出す。

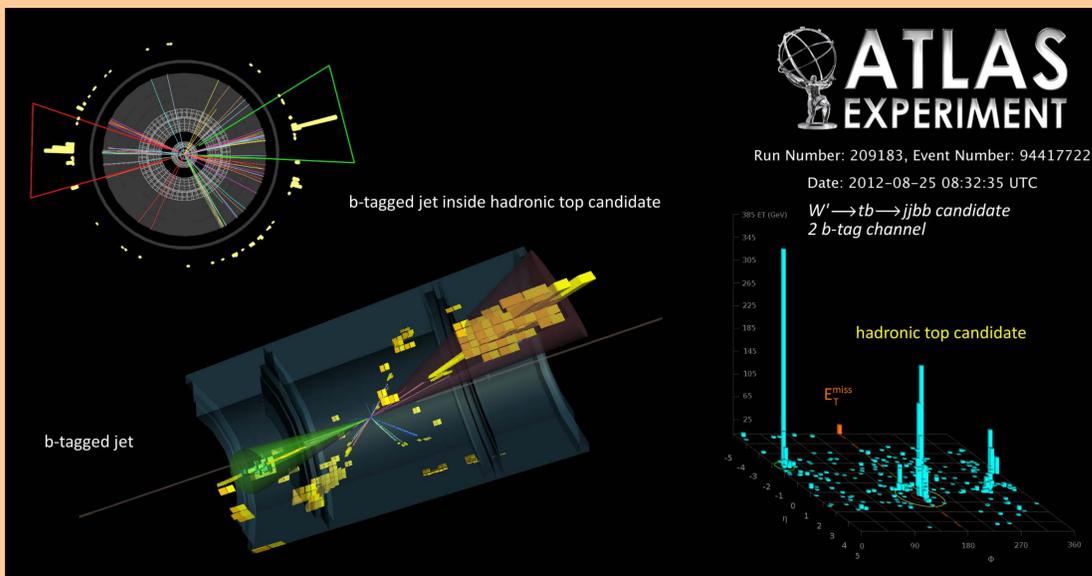


### Mono-ジェット探索

### Mono-W探索



## [3] 高エネルギージェットの構造



トップクォーク(質量172GeV)がジェットとして観測される場合、ジェット内部に特徴的な構造を持つ。高エネルギー・トップクォークジェットは、新しい物理に感度が良い。

## [4] 探索のまとめ 多くのモデルが検証されている。

ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Exclusion						ATLAS Preliminary	
Status: July 2015						$\int L dt = (4.7 - 20.3) \text{ fb}^{-1}$	
						$\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$	
Model	$\epsilon, \gamma$	Jets	$E_{miss}^{\text{min}}$ [GeV]	Limit	Reference		
ADD non-resonant $tt$	$2\epsilon, \mu$	$\geq 1$	Yes	20.3	ADD mass	$n=2$	1502.01518
ADD OBH $\rightarrow f\bar{f}$	$1\epsilon, \mu$	1	Yes	20.3	ADD mass	$n=2$	1407.2410
ADD OBH $\rightarrow f\bar{f}$	$1\epsilon, \mu$	1	Yes	20.3	ADD mass	$n=6$	1311.2006
ADD BH High $\Sigma, pr$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	2	Yes	20.3	ADD mass	$n=6, M_0 = 3 \text{ TeV}$	1427.1376
ADD BH High $\Sigma, pr$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	$\geq 2$	Yes	20.3	ADD mass	$n=6, M_0 = 3 \text{ TeV}$	1508.6075
ADD BH High $\Sigma, pr$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	$\geq 2$	Yes	20.3	ADD mass	$n=6, M_0 = 3 \text{ TeV}$	1465.4254
ADD BH High $\Sigma, pr$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	$\geq 2$	Yes	20.3	ADD mass	$n=6, M_0 = 3 \text{ TeV}$	1500.0988
RS1 $G_{KK} \rightarrow f\bar{f}$	$2\epsilon, \mu$	—	Yes	20.3	RS mass	$k/M_{pl} = 0.1$	1455.4123
RS1 $G_{KK} \rightarrow \gamma\gamma$	$2\epsilon, \mu$	—	Yes	20.3	RS mass	$k/M_{pl} = 0.1$	1504.0511
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow ZZ \rightarrow q\bar{q}l\bar{l}$	$2\epsilon, \mu$	2/1/1	Yes	20.3	RS mass	$k/M_{pl} = 1.0$	1407.6190
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow WW \rightarrow q\bar{q}l\bar{l}$	$1\epsilon, \mu$	2/1/1	Yes	20.3	RS mass	$k/M_{pl} = 1.0$	1503.04877
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow WW \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$	$1\epsilon, \mu$	4b	Yes	18.5	RS mass	$k/M_{pl} = 1.0$	1508.00585
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow f\bar{f}$	$1\epsilon, \mu$	$\geq 1b, \geq 1l, \geq 1j$	Yes	20.3	RS mass	BH = 0.925	1505.0718
2UED RPP	$2\epsilon, \mu$ (SS)	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	RS mass		1504.04025
SSM $Z' \rightarrow f\bar{f}$	$2\epsilon, \mu$	—	Yes	20.3	Z' mass		1465.4123
SSM $Z' \rightarrow \nu\bar{\nu}$	$2\epsilon, \mu$	—	Yes	19.9	Z' mass		1502.0177
SSM $W' \rightarrow f\bar{f}$	$1\epsilon, \mu$	—	Yes	20.3	W' mass		1427.7494
EGM $W' \rightarrow WZ \rightarrow f\bar{f}l\bar{l}$	$3\epsilon, \mu$	—	Yes	20.3	W' mass		1426.4466
EGM $W' \rightarrow WZ \rightarrow q\bar{q}l\bar{l}$	$2\epsilon, \mu$	2/1/1	Yes	20.3	W' mass		1426.4466
EGM $W' \rightarrow WZ \rightarrow q\bar{q}q\bar{q}$	$1\epsilon, \mu$	2d	Yes	20.3	W' mass		1506.0962
HW' $W' \rightarrow WW \rightarrow q\bar{q}l\bar{l}$	$1\epsilon, \mu$	2b	Yes	20.3	W' mass		1500.0988
LRSM $W_2' \rightarrow t\bar{t}$	$1\epsilon, \mu$	2b, 0-1j	Yes	20.3	W' mass		1410.4103
LRSM $W_2' \rightarrow t\bar{t}$	$0\epsilon, \mu$	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	W' mass		1426.0886
CI $q\bar{q}q\bar{q}$	$2\epsilon, \mu$	2j	Yes	17.3	A		1504.02029
CI $q\bar{q}l\bar{l}$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	—	Yes	20.3	A		1407.2410
CI $l\bar{l}l\bar{l}$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	A		1504.04025
EFT DS operator (Dirac)	$0\epsilon, \mu$	$\geq 1j$	Yes	20.3	DS mass		1502.01518
EFT DS operator (Dirac)	$0\epsilon, \mu$	1, 1, 1, 1	Yes	20.3	DS mass		1502.01518
Scalar LQ 1 <sup>st</sup> gen	$2\epsilon$	$\geq 2j$	Yes	20.3	LQ mass		Preliminary
Scalar LQ 2 <sup>nd</sup> gen	$2\epsilon$	$\geq 2j$	Yes	20.3	LQ mass		Preliminary
Scalar LQ 3 <sup>rd</sup> gen	$1\epsilon, \mu$	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	LQ mass		Preliminary
VLD $Y' \rightarrow H\bar{H} + X$	$1\epsilon, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	20.3	Y' mass		1505.04206
VLD $Y' \rightarrow W\bar{W} + X$	$1\epsilon, \mu$	$\geq 1b, \geq 3j$	Yes	20.3	Y' mass		1505.04206
VLD $BB \rightarrow H\bar{H} + X$	$1\epsilon, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	20.3	BB mass		1505.04206
VLD $BB \rightarrow Z\bar{b} + X$	$2\epsilon, \mu$	$\geq 2b, 1b$	Yes	20.3	BB mass		1405.0500
$T_{1,2} \rightarrow W\bar{W}$	$1\epsilon, \mu$	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	T mass		1503.05245
Excited quark $q^* \rightarrow q\bar{q}$	$1\gamma$	1j	Yes	20.3	q* mass		1309.3230
Excited quark $q^* \rightarrow qg$	$1\gamma$	—	Yes	20.3	q* mass		1427.1376
Excited quark $q^* \rightarrow W\bar{W}$	1 or 2 $\epsilon, \mu$	1b, 2j or 1j	Yes	4.7	q* mass		1303.1583
Excited lepton $l^* \rightarrow l\bar{l}$	$2\epsilon, \mu, 1\gamma$	—	Yes	13.0	l* mass		1308.1364
Excited lepton $l^* \rightarrow lW, \nu Z$	$3\epsilon, \mu, 1\gamma$	—	Yes	20.3	l* mass		1411.2261
LSTC $\mu\bar{\mu} \rightarrow W\bar{W}$	$1\epsilon, \mu, 1\gamma$	—	Yes	20.3	l* mass		1427.8150
LRSM Majorana $\nu\bar{\nu}$	$2\epsilon, \mu$	2j	Yes	20.3	l* mass		1506.0620
Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow f\bar{f}$	$2\epsilon, \mu$ (SS)	—	Yes	20.3	H mass		1427.1376
Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow f\bar{f}$	$3\epsilon, \mu, 1\gamma$	—	Yes	20.3	H mass		1411.2261
Monotop (non-res prod)	$1\epsilon, \mu$	1b	Yes	20.3	Monotop mass		1410.5404
Multi-charged particles	—	—	Yes	20.3	Multi-charged mass		1504.04188
Magnetic monopoles	—	—	Yes	7.0	Monopole mass		Preliminary

2015年7月の時点で兆候は確認されていない。