

2016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

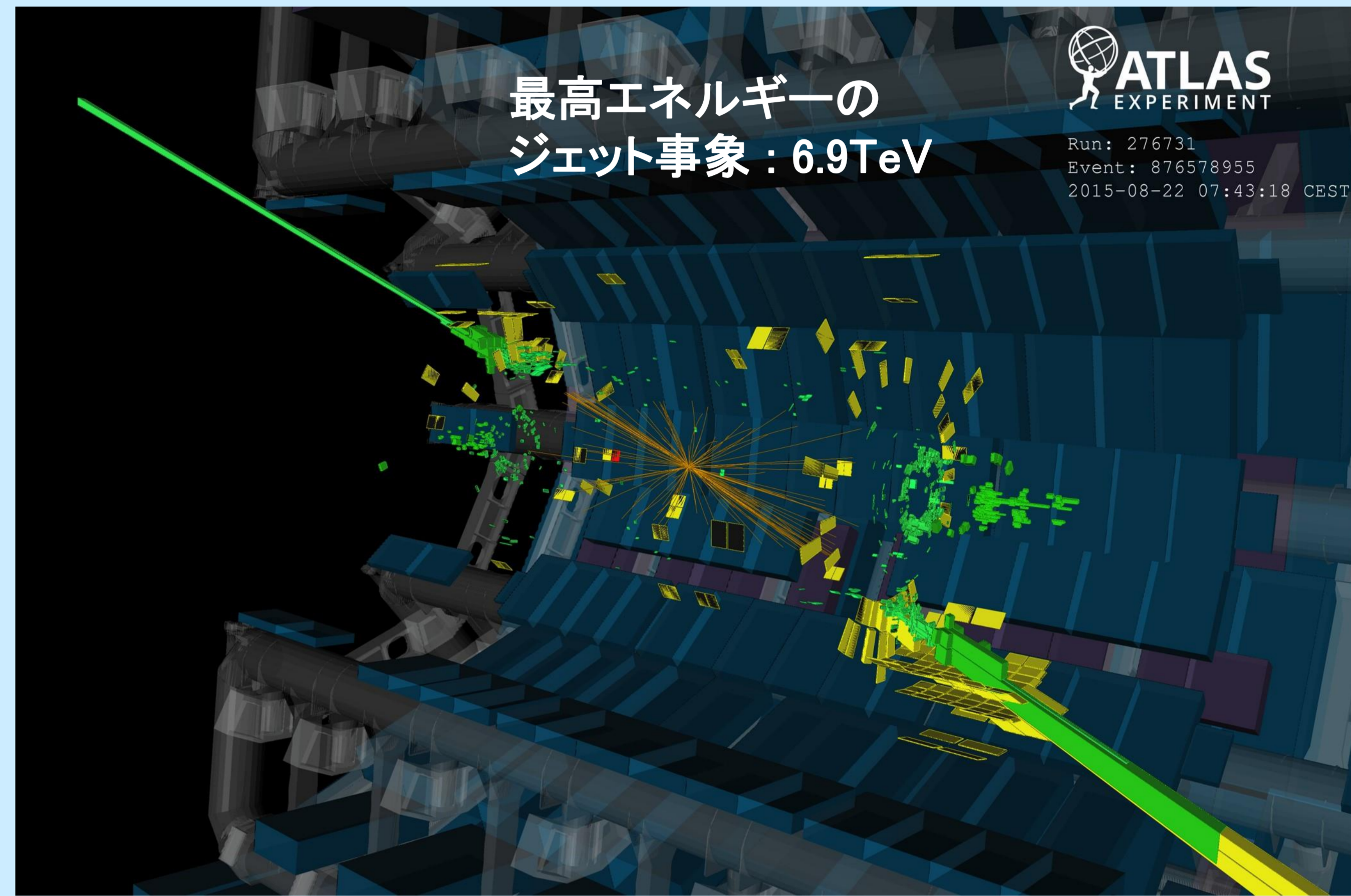
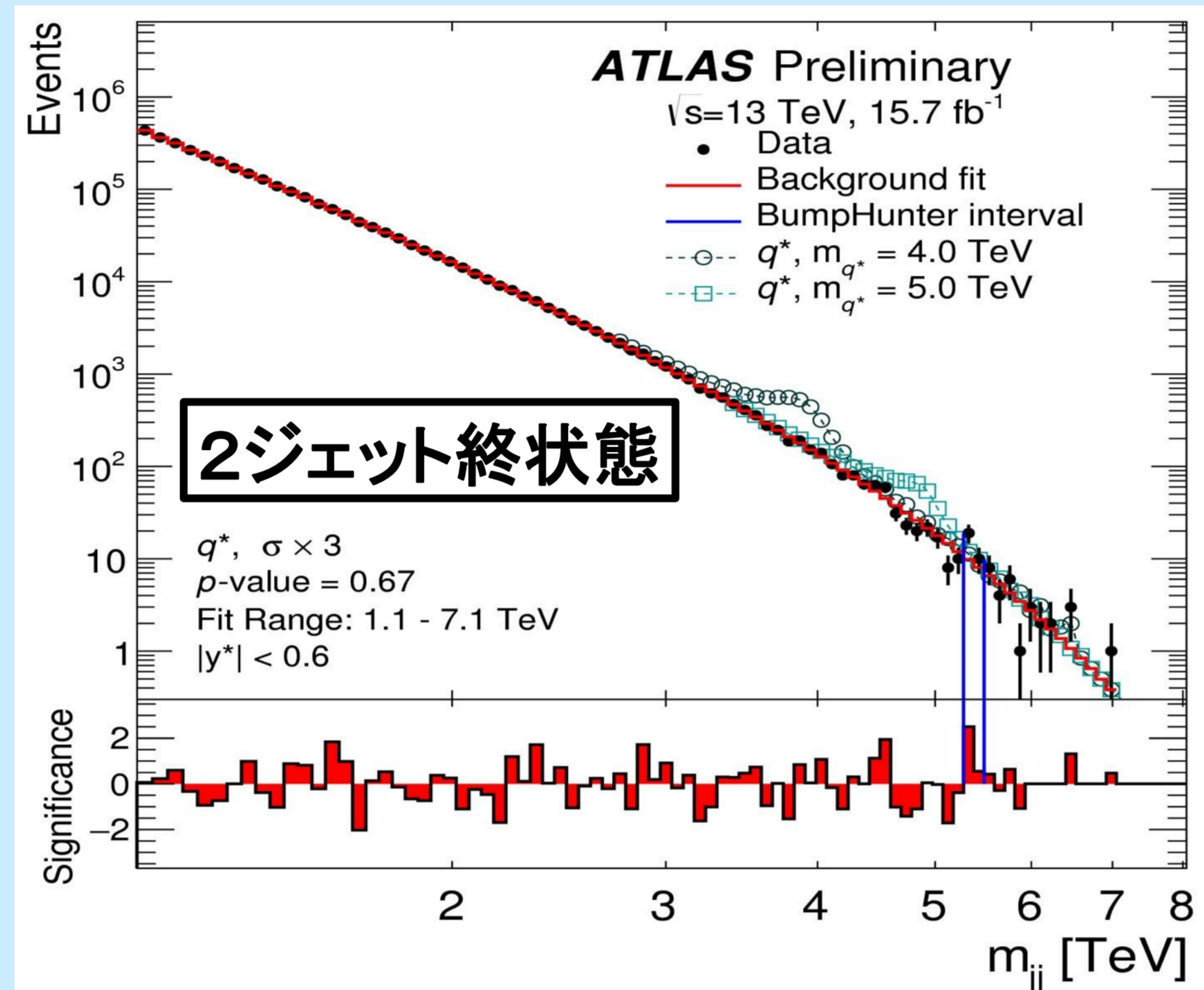
超対称性理論以外にも、標準模型の問題点を解決するための現象モデルが数多く提唱されている。その中で、余剰次元(Extra Dimension)に関するものが多い。

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。

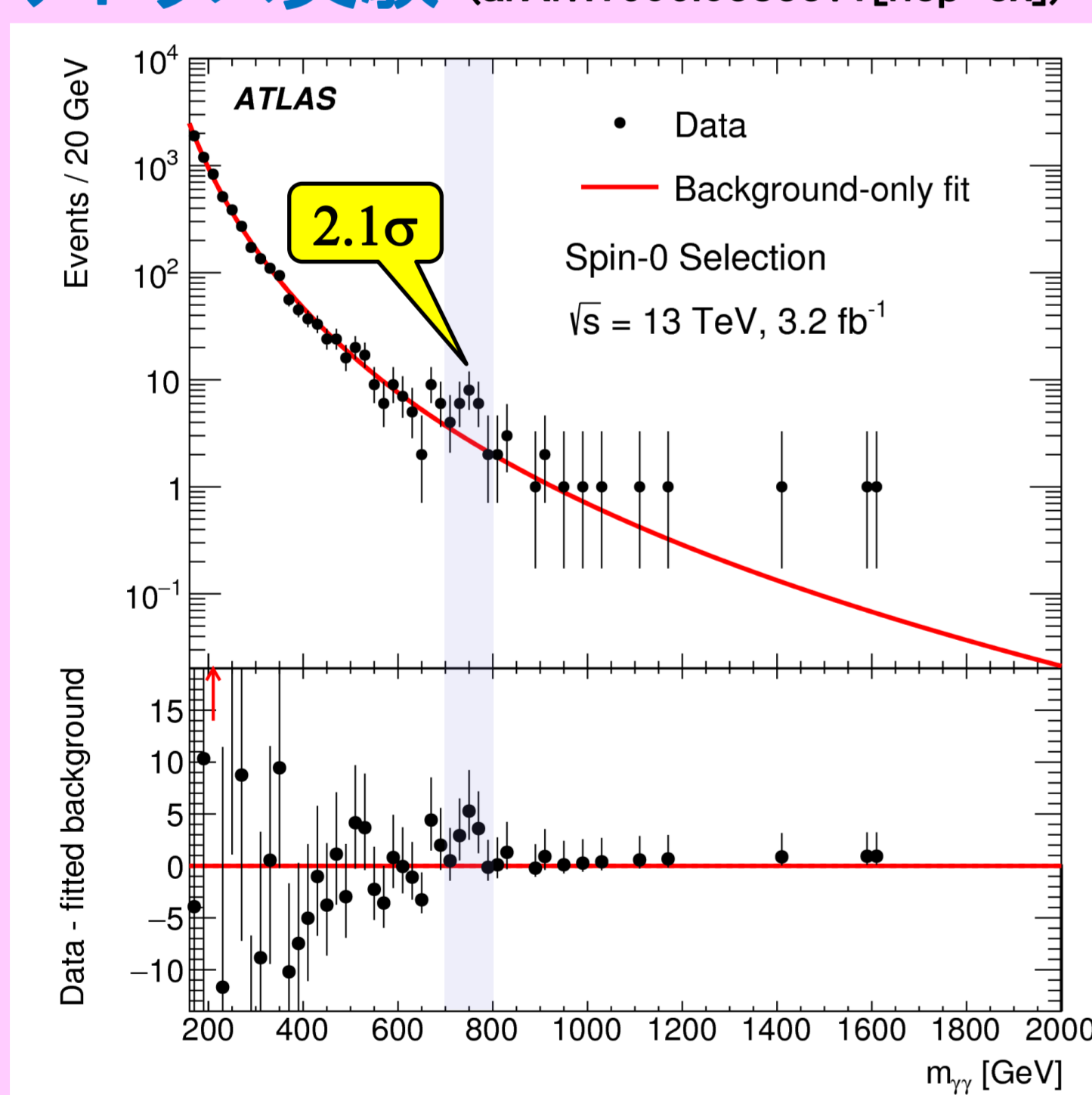
[1] 2粒子共鳴探索



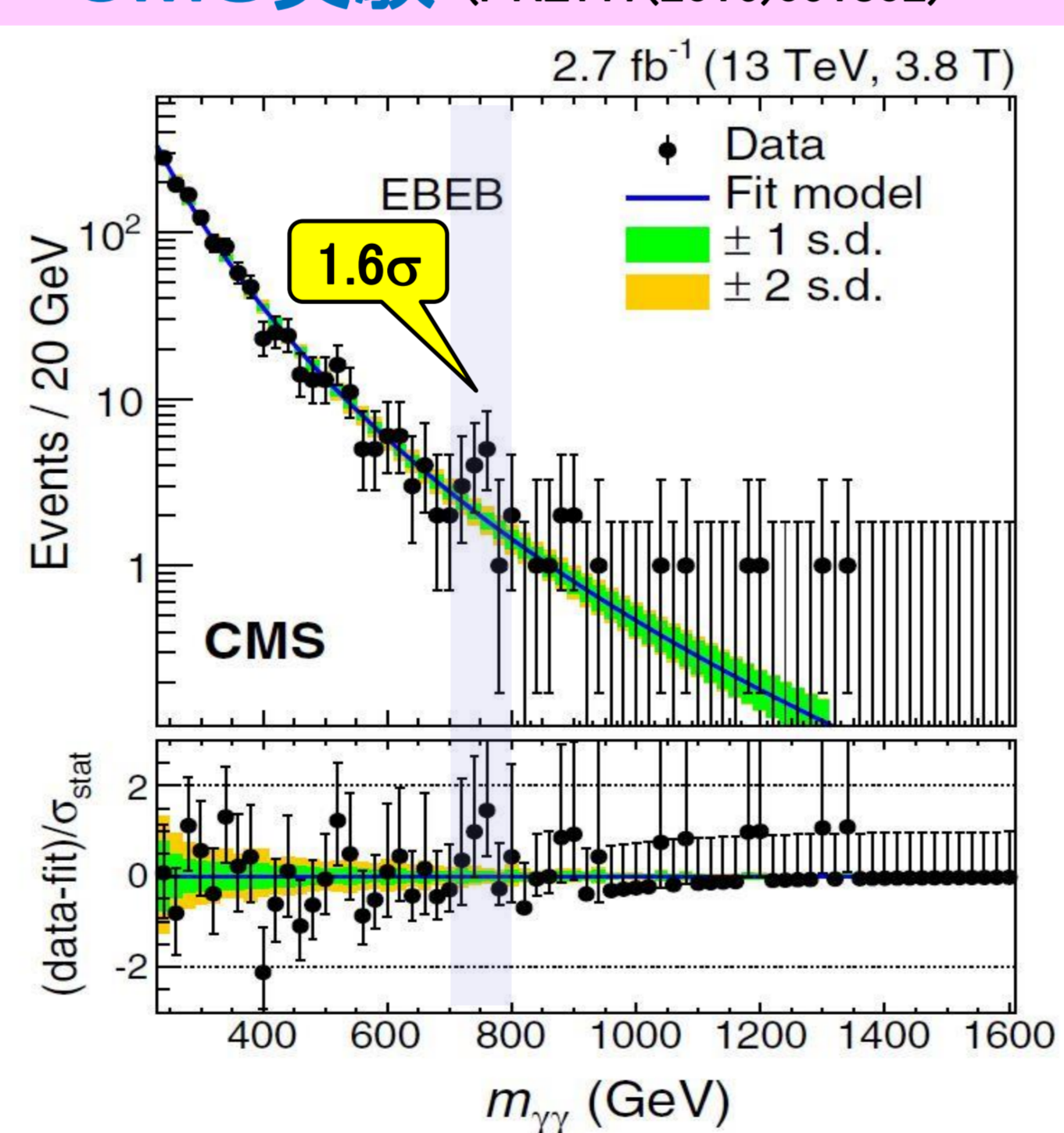
[2] 2光子共鳴探索

2015年12月16日にCERNは「質量約750GeVの重い粒子が2つの光子に崩壊したことを示唆するほんの少しの事象数の過剰がATLASとCMSで観測された」と発表した。この発表直後から世界中の理論屋が数多くのモデルを提案し、標準理論を超える新物理の初めての兆候ではないかと騒がれたが、2016年のデータを加えたところ、2015年の結果は統計のゆらぎのようであった。

アトラス実験 (arXiv:1606.03833v1[hep-ex])

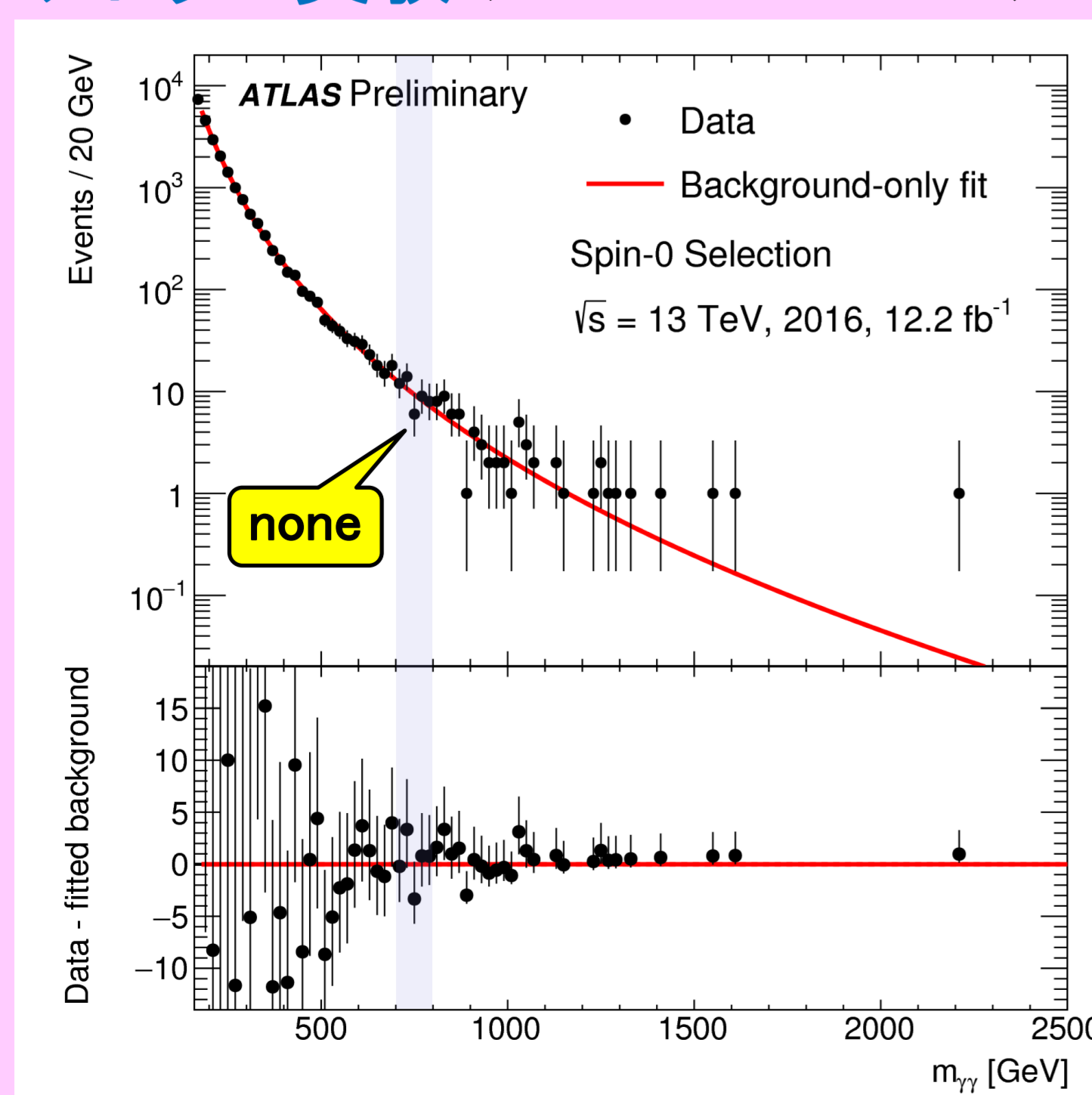


CMS実験 (PRL117(2016)051802)

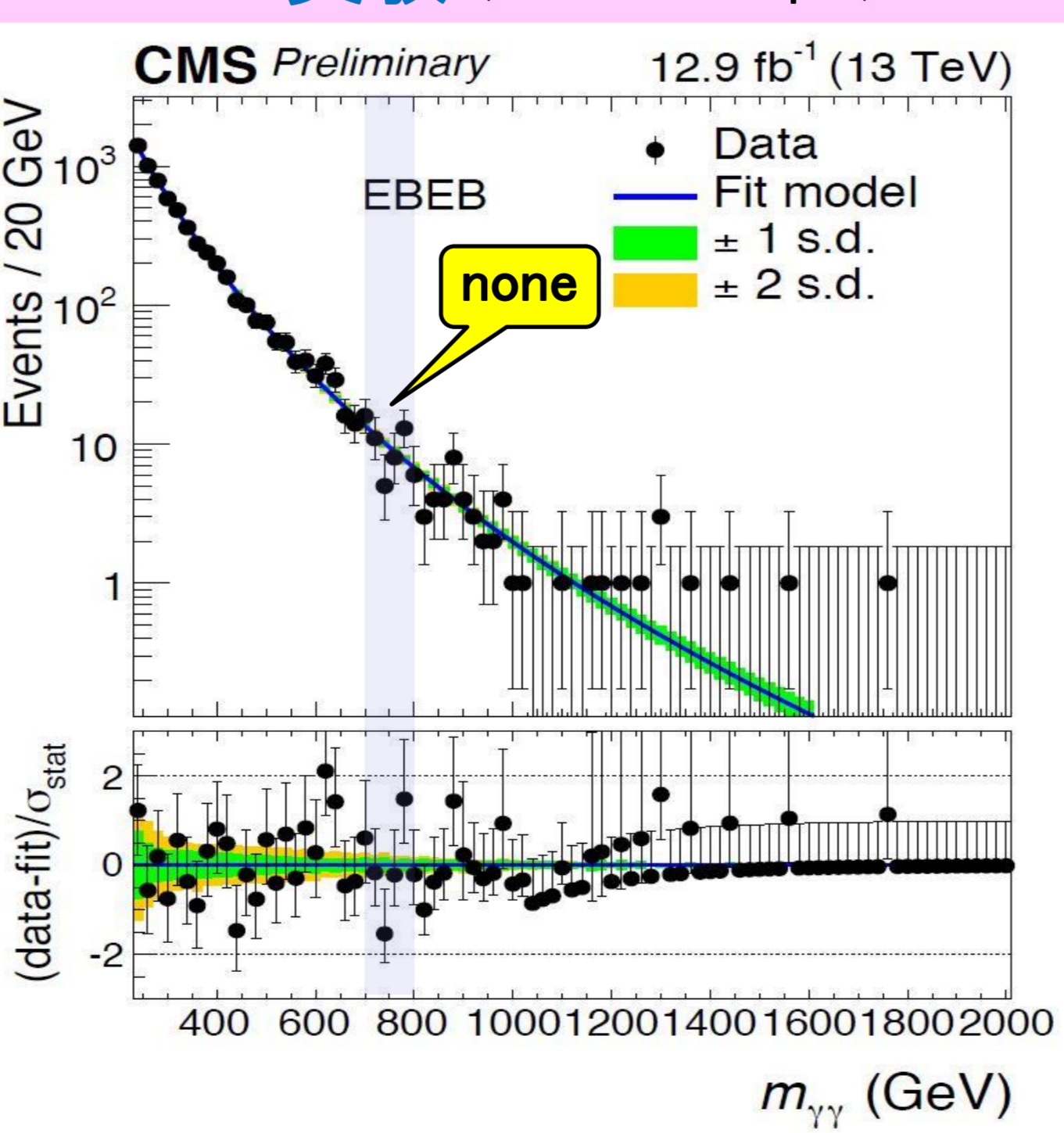


(注: 図はEBEBのみを示し、1.6σは8TeVも込みの値)

アトラス実験 (ATLAS-CONF-2016-059)



CMS実験 (EXO-16-027-pas)



(注) 図はEBEBのみだがEBEEも同様。

[3] 探索のまとめ 多くのモデルが検証されている。

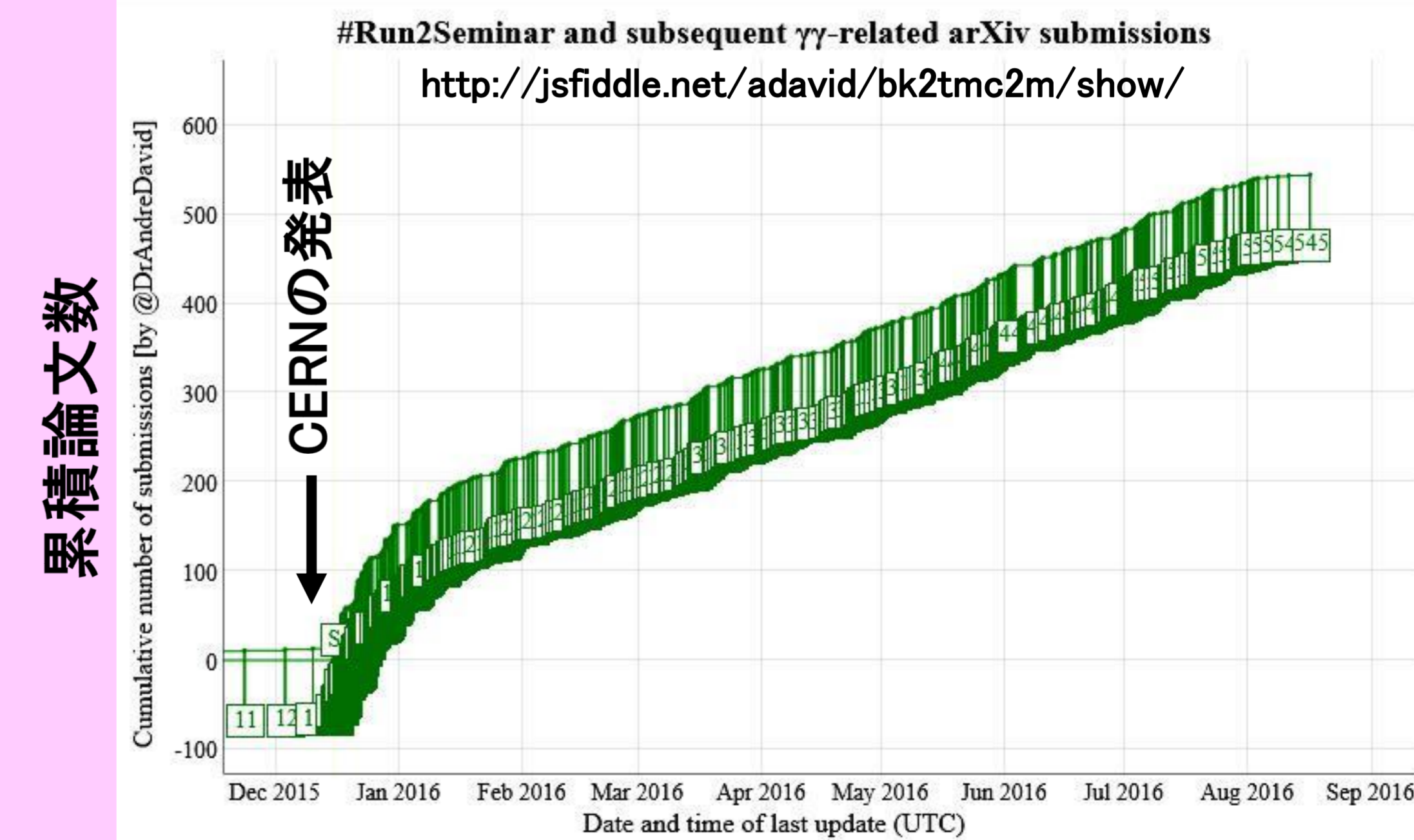
ATLAS Exotics Searches - 95% CL Exclusion				ATLAS Preliminary		
Model	ℓ, γ	Jets $^{\pm}$	E_{miss}	Limit	Reference	
ADD $G_{KK} + g/\bar{q}$	–	≥ 1	Yes	M_{KK}	1604.0773	
ADD non-resonant $\ell\ell$	$2 e, \mu$	–	–	M_{KK}	1407.2416	
ADD OBH $\rightarrow g$	$1 e, \mu$	1	–	M_{KK}	1311.2096	
ADD OBH $\rightarrow \ell\bar{\ell}$	–	2	–	M_{KK}	1512.0258	
ADD BH high Σp_T	$\geq 1 e, \mu$	≥ 2	–	M_{KK}	1506.02265	
ADD BH multijet	–	≥ 3	–	M_{KK}	1512.0258	
RST $G_{KK} \rightarrow \ell\ell$	$2 e, \mu$	–	–	M_{KK}	1405.4121	
RST $G_{KK} \rightarrow \ell\bar{\ell}$	2γ	–	–	M_{KK}	1506.02933	
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow WW \rightarrow q\bar{q}\nu$	$1 e, \mu$	1, J	Yes	M_{KK}	1405.4121	
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$	$1 e, \mu$	4, J	Yes	M_{KK}	1505.07018	
Bulk RS $G_{KK} \rightarrow \ell\bar{\ell}$	$1 e, \mu$	$\geq 2, \geq 4$	Yes	M_{KK}	1405.0886	
ZUED / RPP	$2 e, \mu$	–	–	M_{KK}	1405.0886	
SM $Z' \rightarrow \ell\ell$	$2 e, \mu$	–	–	$M_{Z'}$	1607.0369	
SM $Z' \rightarrow \ell\bar{\nu}$	2ℓ	–	–	$M_{Z'}$	1502.07177	
Leptoquark $Z' \rightarrow b\bar{b}$	2ℓ	2 b	–	$M_{Z'}$	1603.08791	
SM $W' \rightarrow \ell\nu$	$1 e, \mu$	–	Yes	$M_{W'}$	1405.04121	
HVT $W' \rightarrow WZ \rightarrow q\bar{q}\nu$ model A	$0 e, \mu$	1, J	Yes	$M_{W'}$	1405.04121	
HVT $W' \rightarrow WZ \rightarrow q\bar{q}\nu$ model B	$1 e, \mu$	$2 b, \geq 3$	Yes	$M_{W'}$	1405.04121	
HVT $V' \rightarrow WH/ZH$ model B multi-channel	$1 e, \mu$	$2 b, \geq 1$	Yes	$M_{V'}$	1607.05621	
LRSM $W_2 \rightarrow \ell\nu$	$1 e, \mu$	$2 b, \geq 1$	Yes	M_{W_2}	1413.4110	
LRSM $W_2 \rightarrow \ell\bar{\nu}$	$0 e, \mu$	$\geq 1 b, \geq 1$	–	M_{W_2}	1405.0886	
CI $e\bar{e}$	$2 e, \mu$	–	–	M_{CI}	1607.0369	
CI $\ell\ell$	$2 e, \mu$	–	–	M_{CI}	1607.0369	
CI $W\ell$	$2 \ell, 2 \mu$	$\geq 1 b, \geq 1$	Yes	M_{CI}	1504.00995	
Dirac DM	Scalar-vector mediator (Dirac DM)	$0 e, \mu$	≥ 1	Yes	M_{DM}	1604.01306
Dirac DM	Scalar-vector mediator (Dirac DM)	$0 e, \mu$	$1, \geq 1$	Yes	M_{DM}	1604.01306
Dirac DM	$ZZ\gamma$ EFT (Dirac DM)	$0 e, \mu$	$1, \geq 1$	Yes	M_{DM}	1604.01306
LO	Scalar LQ 1 st gen	$2 e$	≥ 2	–	M_{LQ}	1505.04306
LO	Scalar LQ 2 nd gen	$1 e, \mu$	$\geq 1 b, \geq 3$	–	M_{LQ}	1505.04306
LO	Scalar LQ 3 rd gen	$1 e, \mu$	$\geq 1 b, \geq 3$	–	M_{LQ}	1505.04306
Heavy States	VLO $TT \rightarrow H + X$	$1 e, \mu$	$\geq 2 b, \geq 3$	Yes	M_{H}	1505.04306
Heavy States	VLO $YY \rightarrow W + X$	$1 e, \mu$	$\geq 1 b, \geq 3$	Yes	M_{H}	1505.04306
Heavy States	VLO $BB \rightarrow H + X$	$1 e, \mu$	$\geq 2 b, \geq 3$	Yes	M_{H}	1505.04306
Heavy States	VLO $BB \rightarrow Z + X$	$2/3 e, \mu$	$\geq 2 b, \geq 1$	Yes	M_{H}	1409.5000
Heavy States	VLO $QQ \rightarrow W + W\nu$	$1 e, \mu$	≥ 4	Yes	M_{H}	1509.0428
Heavy States	VLO $T_{3/2} T_{3/2} \rightarrow WW\nu$	$2/3 e, \mu$	$\geq 1 b, \geq 1$	Yes	M_{H}	1509.0428
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow q\gamma$	1γ	1	–	M_{q^*}	1512.05910
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow qg$	2μ	–	–	M_{q^*}	1512.05910
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow \ell\nu$	$1 \text{ or } 2 e, \mu$	$1 b, \geq 1$	Yes	M_{q^*}	1512.05910
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow \ell\bar{\nu}$	$3 e, \mu$	–	–	M_{q^*}	1411.2921
Excited fermions	Excited lepton ℓ^*	$3 e, \mu, \tau$	–	–	M_{ℓ^*}	1411.2921
Excited fermions	Excited lepton ν^*	$3 e, \mu, \tau$	–	–	M_{ν^*}	1411.2921
Other	LSTC $\gamma\gamma \rightarrow W\gamma$	$1 e, \mu, 1 \gamma$	–	–	M_{LSTC}	1407.8150
Other	LRSM Majorana ν	2μ	–	–	M_{LRSM}	1506.06020
Other	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow e\bar{e}$	$2 e$ (SS)	–	–	$M_{H^{\pm\pm}}$	1411.2921
Other	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow \mu\bar{\mu}$	$2 e$ (SS)	–	–	$M_{H^{\pm\pm}}$	1411.2921
Other	Monopole (non-res proof)	$1 e, \mu$	1 b	–	$M_{monopole}$	1516.0664
Other	Multi-charged particles	$1 e, \mu$	–	–	M_{multi}	1504.04188
Other	Magnetic monopoles	$2 e, \mu$	–	–	$M_{monopoles}$	1509.08059

2016年8月の時点で新物理の兆候は確認されていない。

2015年のデータ

2016年のデータ

2015年12月のCERNによる発表直後から750GeVの2光子共鳴の解釈を試みる夥しい数の理論論文が出版された。



一着: K. Harigaya, Y. Nomura [arXiv:1512.04850].
 二着: Y. Mambrini, G. Arcadi, A. Djouadi [arXiv:1512.04913].
 これらの理論論文のサマリーはarXiv:1605.09401[hep-ph]にある。