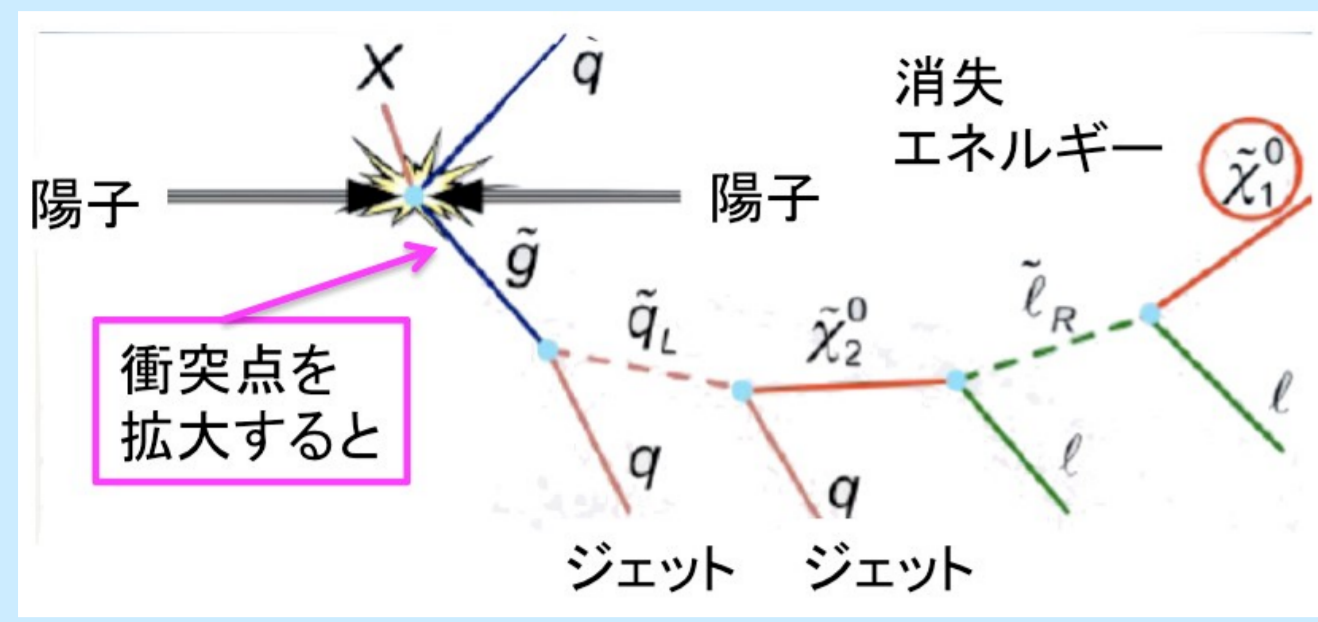
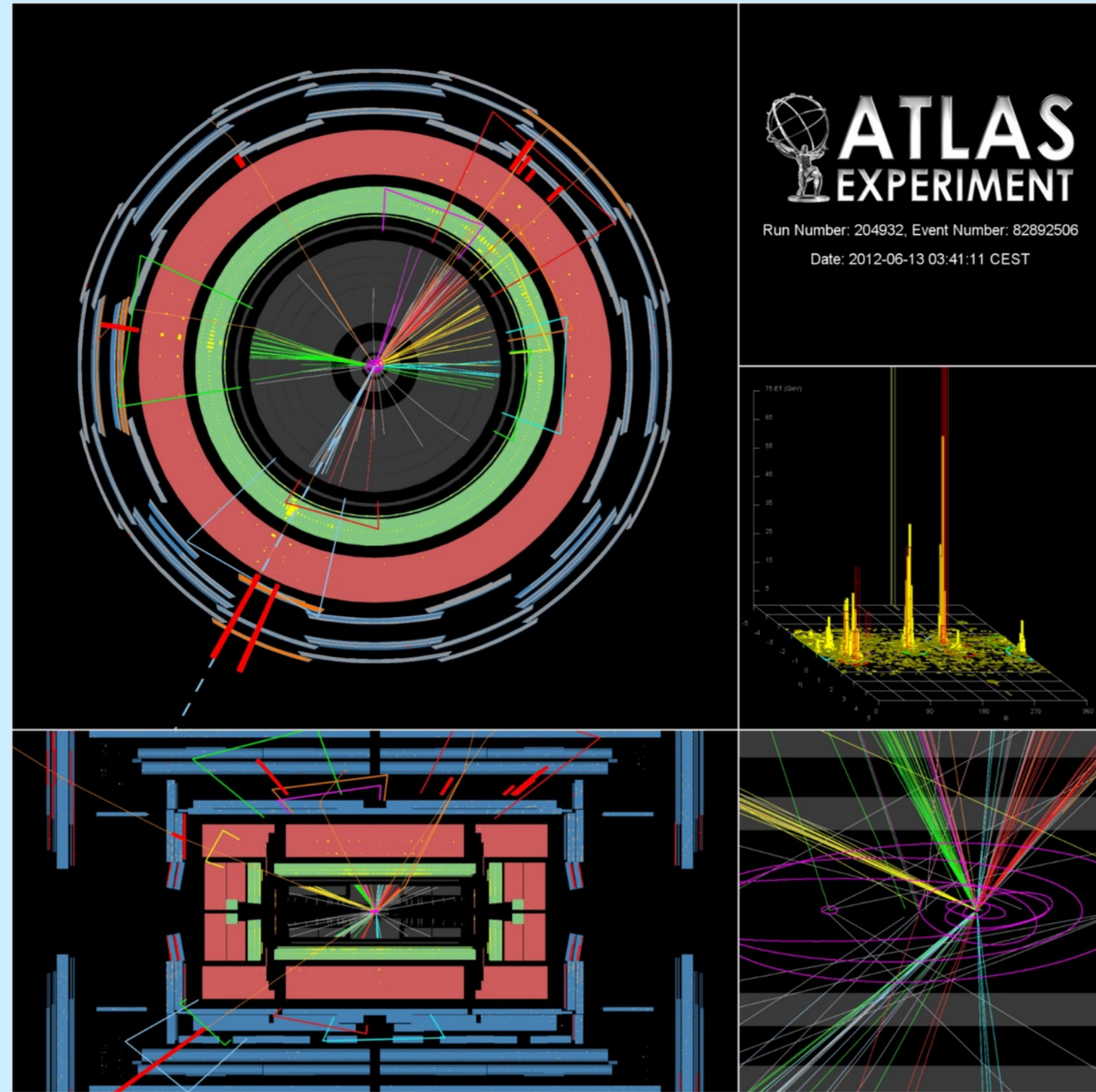


# 2018年夏までの成果:標準理論を超える新粒子の探索(その1)

## [1] 超対称性粒子の探索

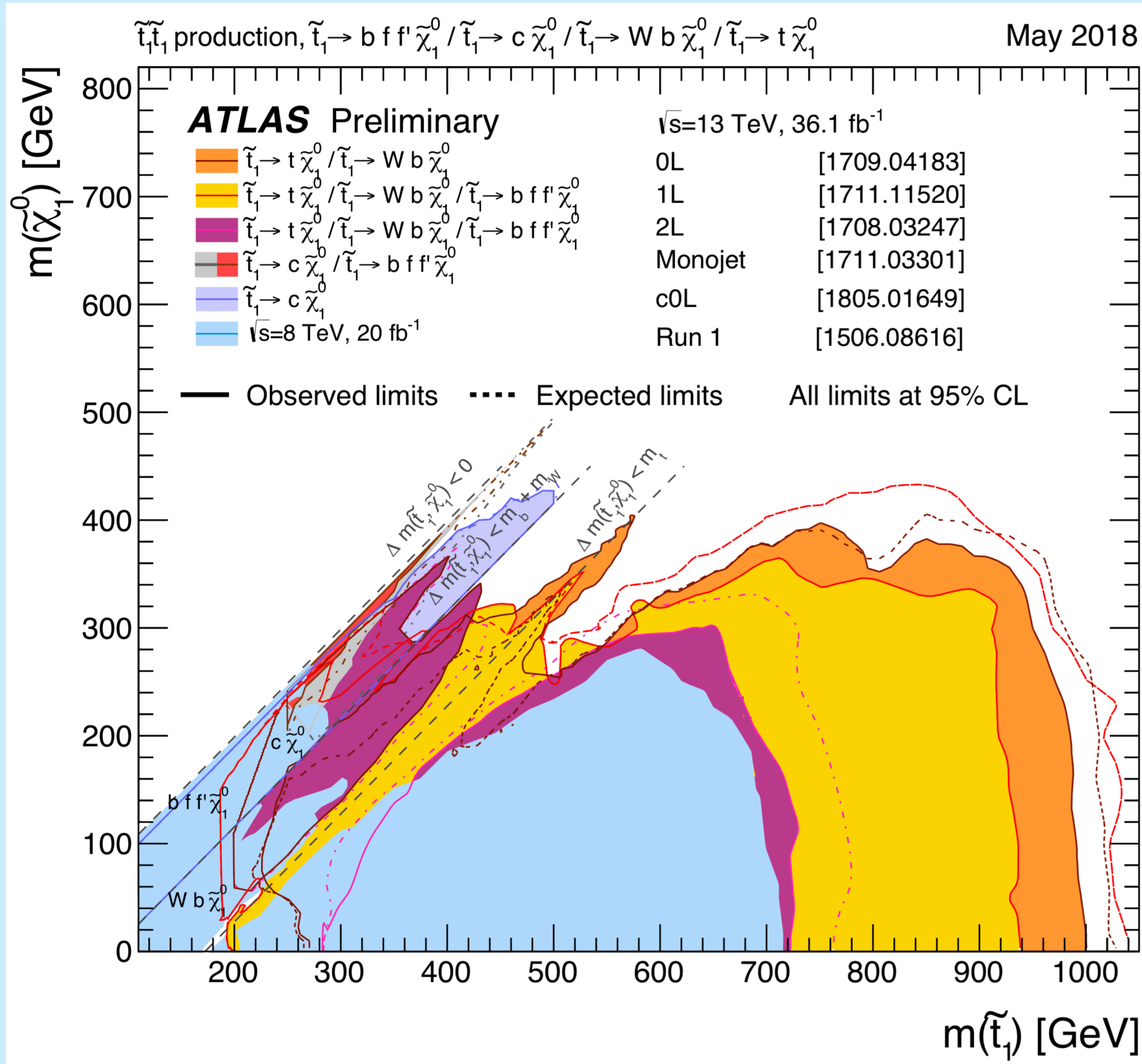


LHCにおける典型的な信号の例  
高エネルギーの複数ジェット及び  
消失エネルギーを伴う



(右図) 大きな消失エネルギー  
(413GeV)をもつ4b事象の例

(下図) 探索パラメータの棄却領域



超対称性粒子が存在すると標準理論の不完全な点を解決できる:

- ヒッグス粒子質量の不安定性の解決
- 3つの力(強・弱・電磁)の統一が可能になる
- 宇宙の暗黒物質(23%)の有力候補になる

これらの解決のためには、超対称性粒子は1 TeV付近に存在する可能性が高く、LHC実験で発見されると期待されている。

2015,2016年に行われた重心系エネルギー13 TeVでの陽子・陽子衝突実験では、約50種類におよぶSUSY粒子の特徴をもつ生成および崩壊モードを使ってSUSY粒子を探索したが、いまだ存在の兆候はない。

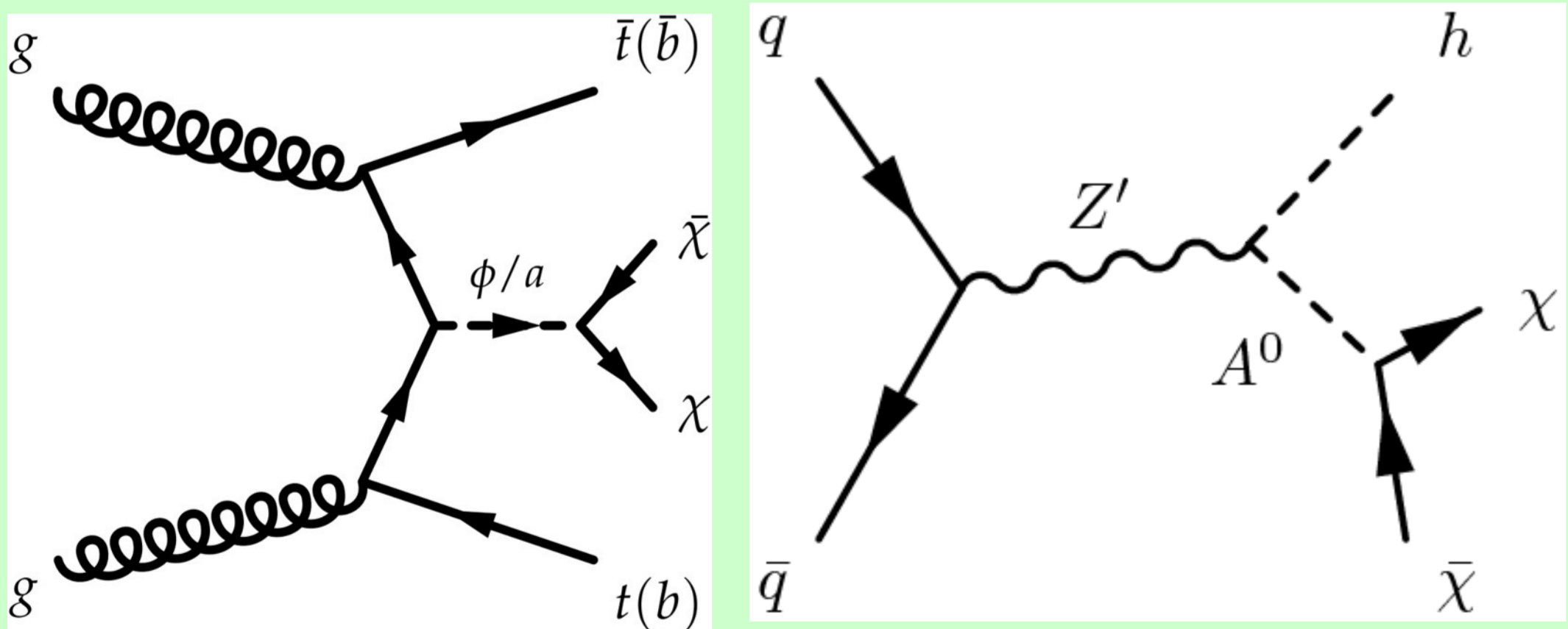
## SUSY粒子探索のまとめ(2018.7現在)

Model	$e, \mu, \tau, \gamma$	Jets	$E_{miss}$	$\int \mathcal{L} dt [fb^{-1}]$	Mass limit	Reference
Inclusive Searches						
$\tilde{q}\tilde{q} \rightarrow q\tilde{q}^0$	0	2-6 jets	Yes	36.1	0.43, 0.71, 0.9, 1.55	$m(\tilde{q}) < 100$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow q\tilde{q}^0$	0	2-6 jets	Yes	36.1	0.95-1.6, 2.0	$m(\tilde{g}) < 200$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow q\tilde{q}^0(\chi^0)$	$3 e, \mu$	4 jets	-	36.1	1.2, 1.85	$m(\tilde{g}) < 800$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow q\tilde{q}^0 W Z^0$	0	7-11 jets	Yes	36.1	0.98	$m(\tilde{g}) < 200$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow t\tilde{t}^0$	$3 e, \mu$	4 jets	-	36.1	2.0	$m(\tilde{g}) < 200$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow b\tilde{b}^0$	$3 e, \mu$	4 jets	Yes	36.1	1.25	$m(\tilde{g}) < 300$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	Forbidden	$m(\tilde{b}_1) < 300$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	0.58-0.82, 0.7	$m(\tilde{b}_1) < 300$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	0.7, 0.9	$m(\tilde{b}_1) < 60$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	0-2 $e, \mu$	0-2 jets/1-2 b	Yes	36.1	1.0	$m(\tilde{b}_1) < 1$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	0.4-0.9, 0.6-0.8	$m(\tilde{b}_1) < 150$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	0.48-0.84	$m(\tilde{b}_1) < 300$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	0	2c	Yes	36.1	0.46, 0.85	$m(\tilde{b}_1) < 150$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{q}^0 \tilde{q}^0$	0	mono-jet	Yes	36.1	0.43	$m(\tilde{b}_1) < 0$ GeV
$\tilde{b}_1\tilde{b}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow h$	1-2 $e, \mu$	4 b	Yes	36.1	0.32-0.88	$m(\tilde{b}_1) < 180$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ via WZ	2-3 $e, \mu$	-	Yes	36.1	0.6	$m(\tilde{t}_1) < 100$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ via Wh	$ee, \mu\mu$	$\geq 1$	Yes	36.1	0.17	$m(\tilde{t}_1) < 0$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ via Wh	$ll(\gamma\gamma)(bb)$	-	Yes	20.3	0.26	$m(\tilde{t}_1) < 0$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow t\tilde{q}^0$	2 $\tau$	-	Yes	36.1	0.22	$m(\tilde{t}_1) < 0, m(\tilde{t}_1) < 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{t}_1))$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow t\tilde{q}^0$	2 $e, \mu$	0	Yes	36.1	0.18	$m(\tilde{t}_1) < 0$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow t\tilde{q}^0$	2 $e, \mu$	$\geq 1$	Yes	36.1	0.13-0.23	$m(\tilde{t}_1) < 100$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow hZ/\tilde{q}\tilde{q}^0$	0	$\geq 3b$	Yes	36.1	0.3, 0.29-0.88	$m(\tilde{t}_1) < 5$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow hZ/\tilde{q}\tilde{q}^0$	4 $e, \mu$	0	Yes	36.1	0.4	$m(\tilde{t}_1) < 0$ GeV
Direct $\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ prod., long-lived $\tilde{t}_1^{\pm}$	Disapp. trk	1 jet	Yes	36.1	0.15, 0.46	Pure Wino
Stable $\tilde{g}$ R-hadron	SMP	-	-	3.2	1.6	ATL-PHYS-PUB-2017-019
Metastable $\tilde{g}$ R-hadron, $\tilde{g} \rightarrow q\tilde{q}^0$	Multiple	Multiple	-	32.8	1.6, 2.4	1605.0529
GMSB, $\tilde{t}_1^{\pm} \rightarrow G, \text{long-lived } \tilde{t}_1^{\pm}$	2 $\gamma$	Yes	20.3	0.44	1.6	$m(\tilde{t}_1) < 100$ GeV
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g} \rightarrow qq(\gamma)\mu\nu$	displ. $ee(\mu\mu)$	-	20.3	1.3	1.3	1-c $\tau$ ( $\tilde{g}$ ) < 3 ns, SPSS model
LFV $pp \rightarrow \tilde{t}_1 + X, X \rightarrow q\tilde{q}^0/\mu\tau$	$ee, \mu\mu$	-	3.2	0.82, 1.33, 1.9	1.9	$\tilde{g}_{11} < 0.11, \tilde{g}_{21} < 0.07$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	4 $e, \mu$	0	Yes	36.1	1.05, 1.3, 1.9	$m(\tilde{t}_1) < 100$ GeV
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	4 $e, \mu$	4-5 large-R jets	Yes	36.1	1.05, 1.3, 1.9	Large $\tilde{t}_1$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	1.05, 1.3, 1.9	$m(\tilde{t}_1) < 200$ GeV, bino-like
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	Multiple	Multiple	Multiple	36.1	0.42, 0.61	$m(\tilde{t}_1) < 200$ GeV, bino-like
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	0	2 jets + 2 b	-	36.7	0.4-1.45	ATLAS-CONF-2018-003
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1 \rightarrow WZ(\ell\ell\nu)$	2 $e, \mu$	2 b	-	36.1	0.4-1.45	ATLAS-CONF-2018-003

## [2] 暗黒物質探索

宇宙の暗黒粒子をLHC実験で直接、生成し、検証する。(未発見)

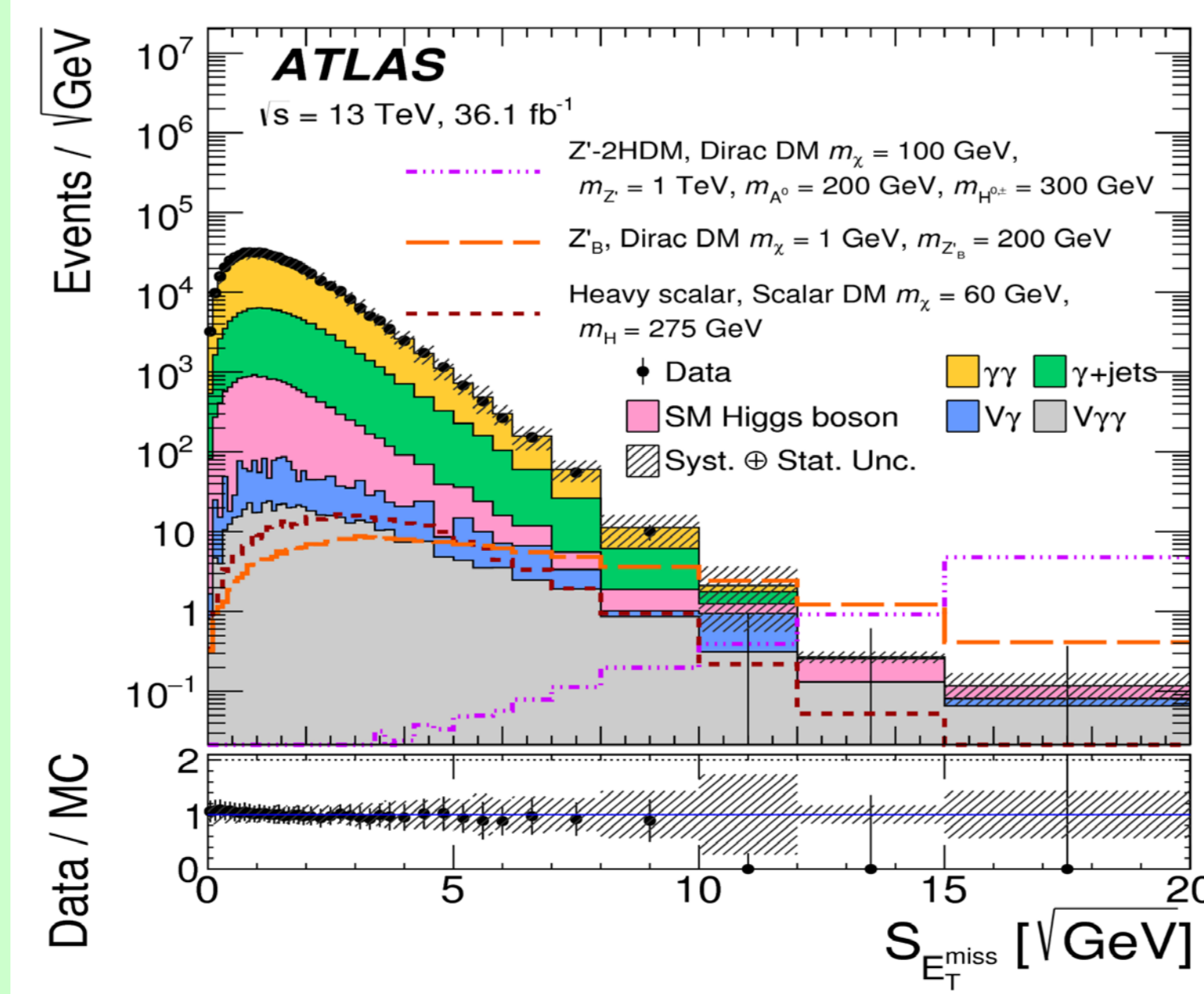
超対称性粒子は、暗黒粒子 WIMP( $\chi$ ) (Weakly Interacting Massive Particle)の有力候補である。  
他には、余剰次元モデルなどでも、暗黒粒子を预言する。



実験的には観測されない。  
(消失エネルギー)

$\chi$  は、実験的には観測されないが、運動量保存則を利用して、見えない粒子の運動量(消失エネルギー)を推定する。

既存の良く分った物理事象を用いて、分布の正しさを証明する。



(右図) 上記右側の物理事象探索に於ける横消失運動量の検証。

