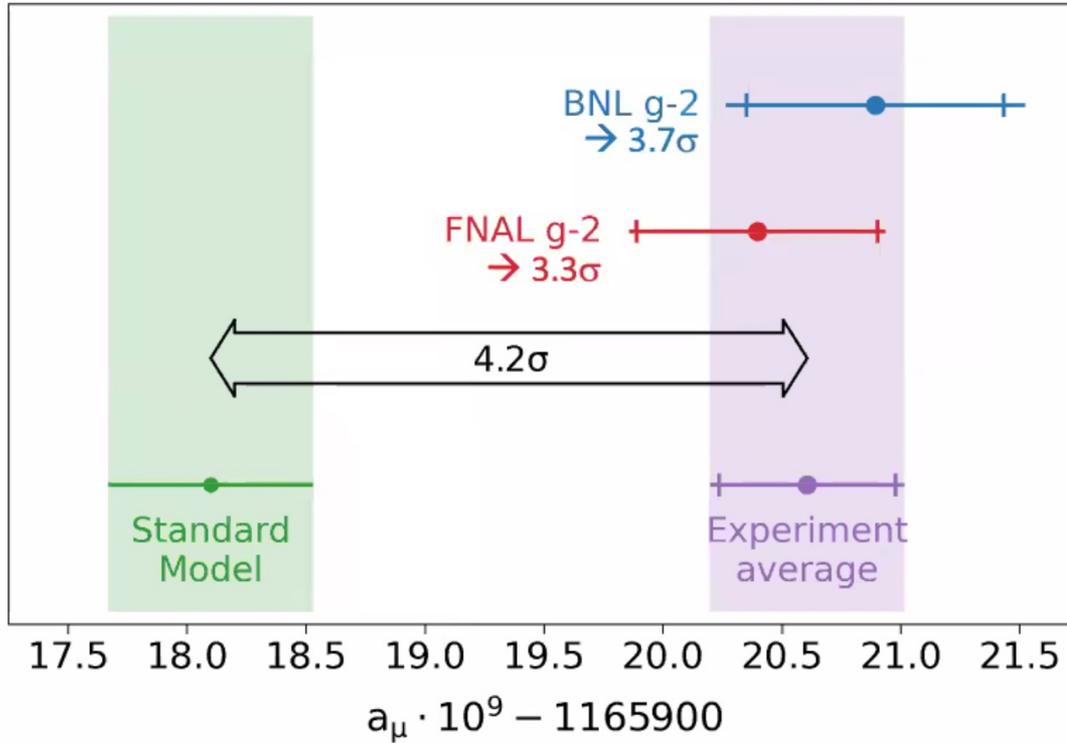


# LHCで何をやるべきか？

結合の形  
一意きまる g factor

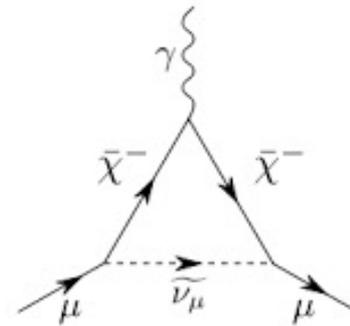
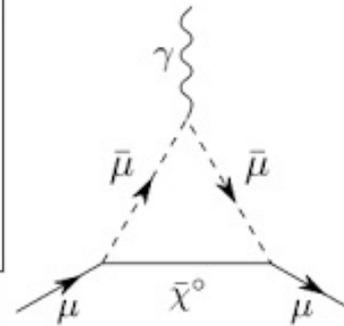


$$a_{\mu}(\text{SM}) = 0.00116591810(43) \rightarrow 368 \text{ ppb}$$



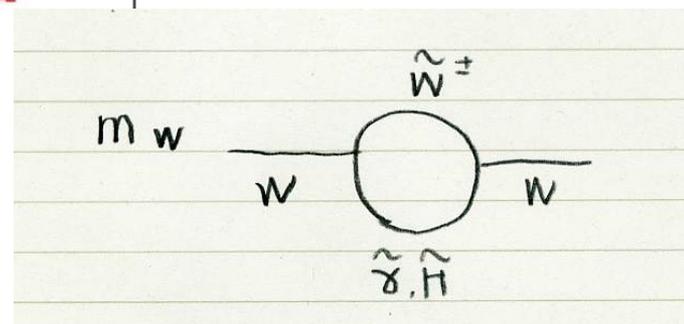
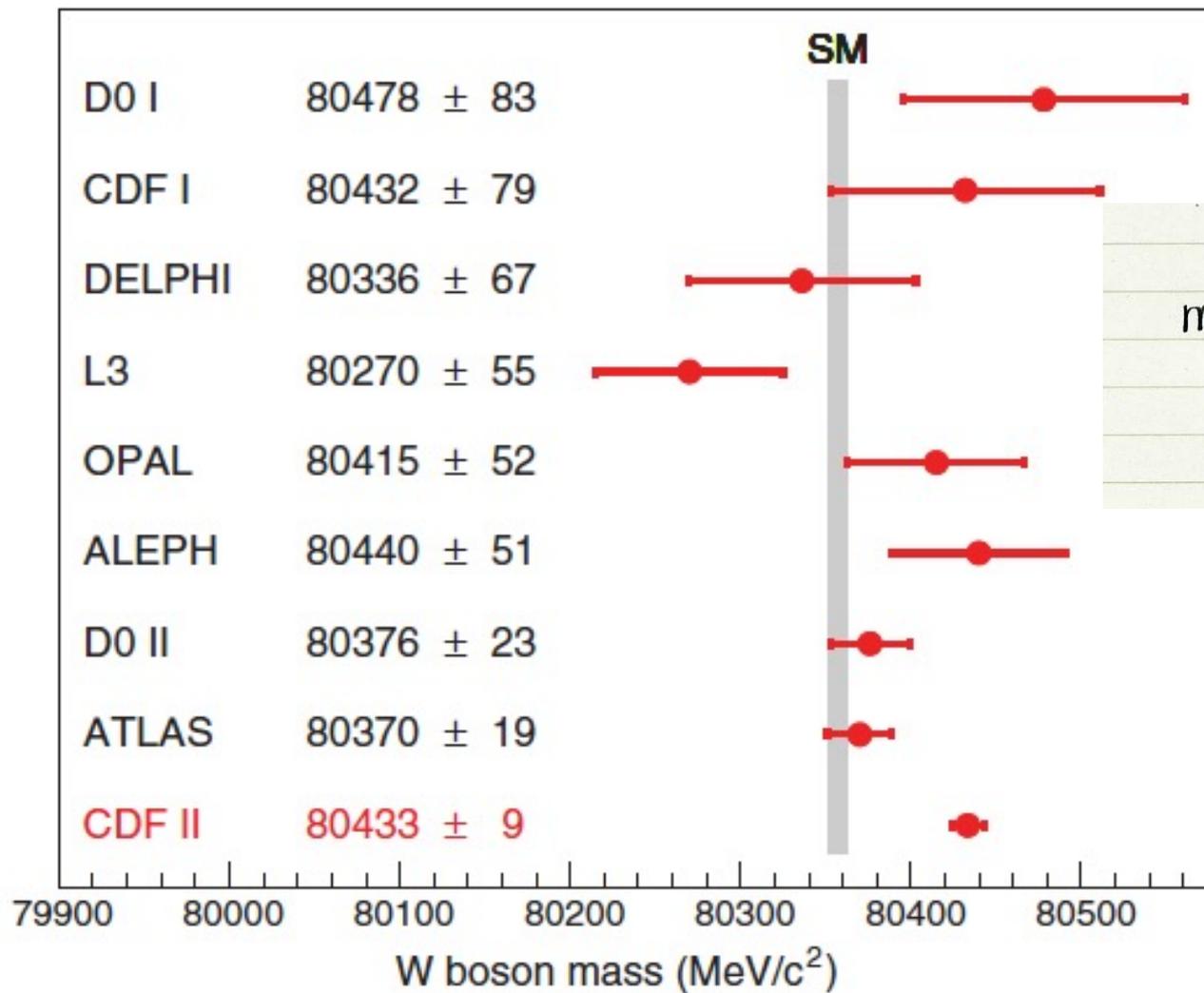
• Individual tension with SM

- BNL:  $3.7\sigma$
- FNAL:  $3.3\sigma$



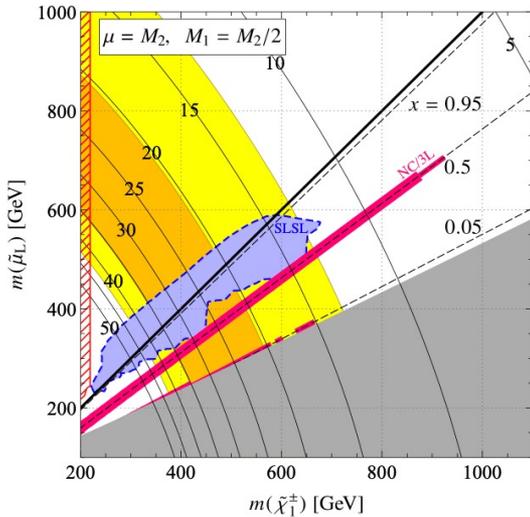
$$a_{\mu}(\text{Exp}) - a_{\mu}(\text{SM}) = 0.00000000251(59) \rightarrow 4.2\sigma$$

W粒子（弱い力を伝える光みたいな）がやっぱり重い

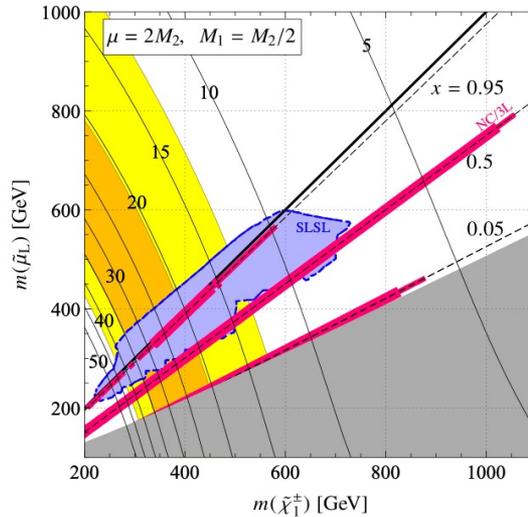


別のHiggs?

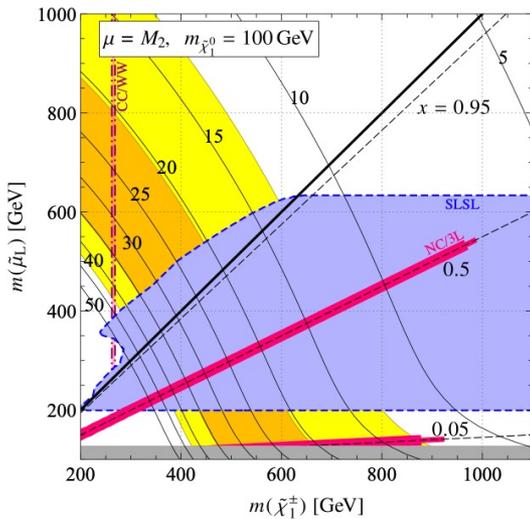
# pMSSM $\not\Leftarrow$ M3 decouple / Msquark Mslepton decouple



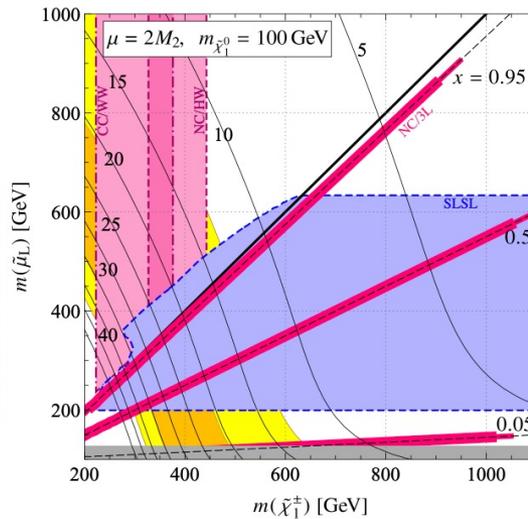
(A)  $\mu = M_2, M_1 = M_2/2$



(B)  $\mu = 2M_2, M_1 = M_2/2$



(C)  $\mu = M_2, m_{\tilde{\chi}_1^0} = 100 \text{ GeV}$



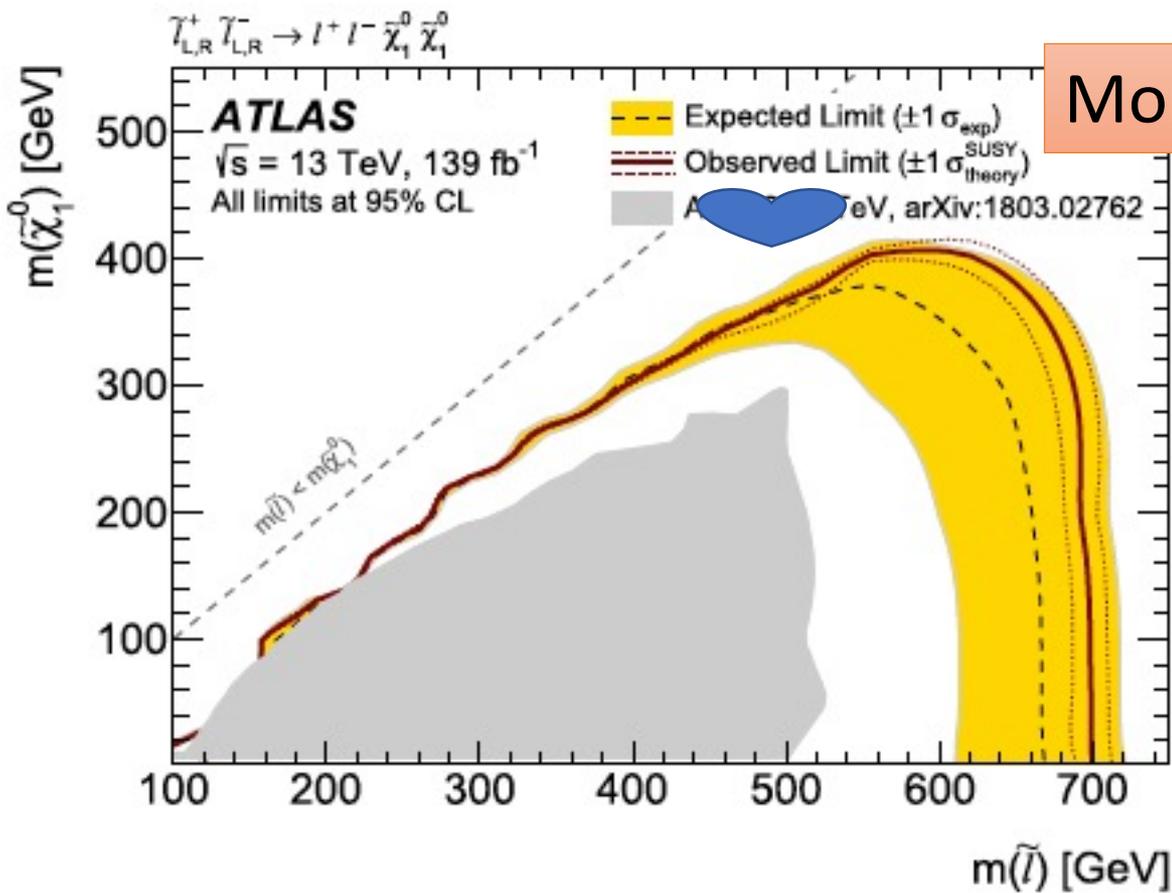
(D)  $\mu = 2M_2, m_{\tilde{\chi}_1^0} = 100 \text{ GeV}$

1) Smuon 400-600 GeV  
Bino-Like DM  
 $\Delta M \sim 50 \text{ GeV}$

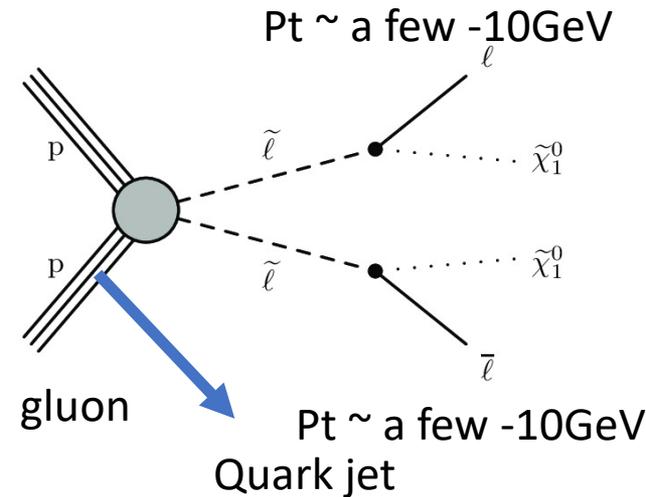
Co annihilation

2) Chargino 350-500 GeV  
Neutralino  $\Delta M \sim 100 \text{ GeV}$

Co annihilation

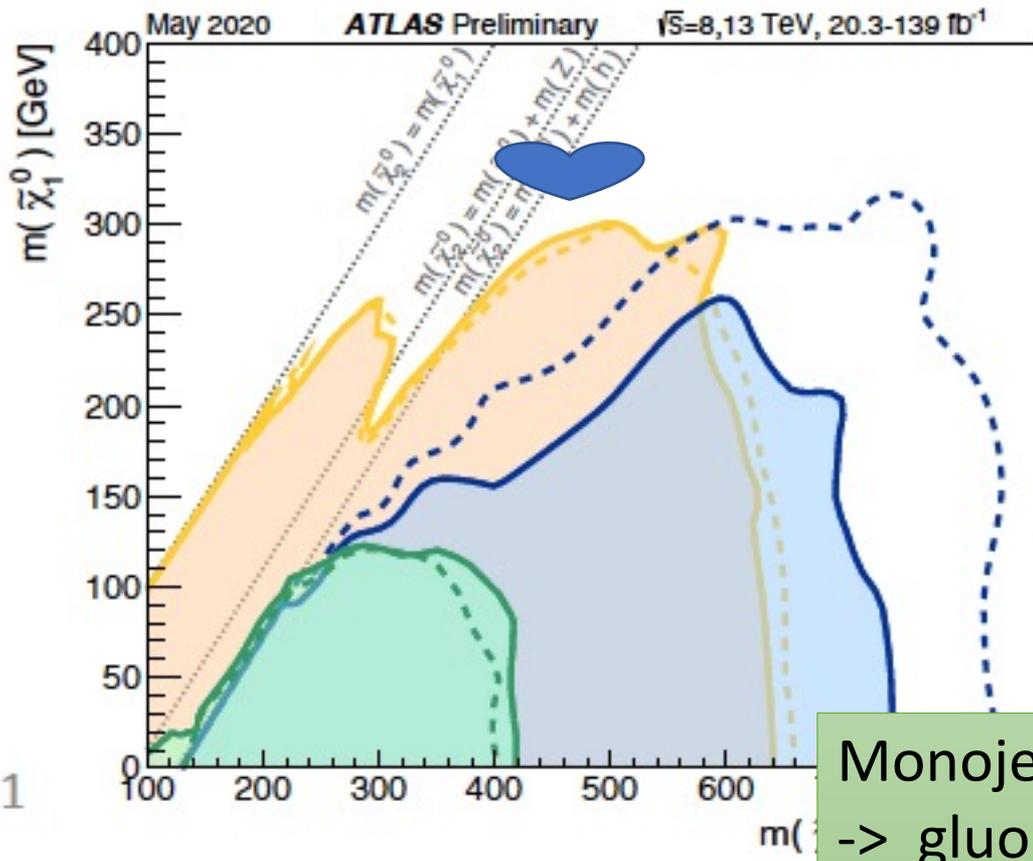


## Monojet + soft e/mu ?



(c)  $\tilde{l}\tilde{l}$  production

Monojet -> gluon でなくて quark jet (AI)  
 soft lepton / muon electron ID < 10GeV  
 soft track 再構成 → MET 配分 再構成



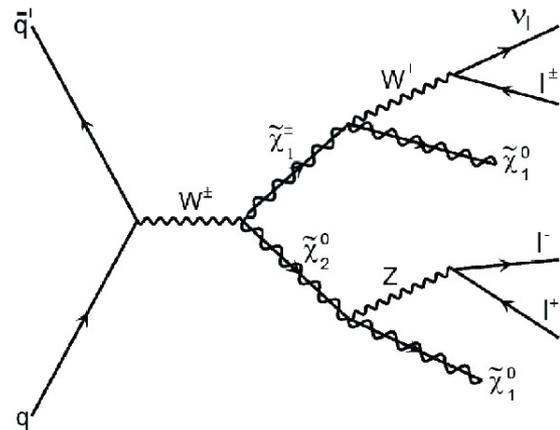
All limits at 95% CL

Monojet/Fdijet  
+ soft e/mu ?

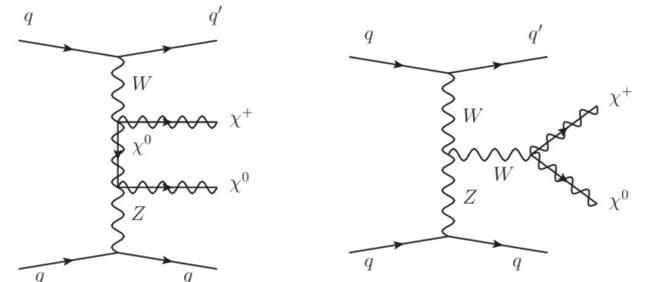
- $\tilde{\chi}_1^+ \tilde{\chi}_1^-$
- WZ** 2l, 3l  
arXiv:1806.02293  
arXiv:1911.12506  
ATLAS-CONF-2020-015
- Wh lbb,  $\gamma\gamma$ , 3l**  
arXiv:2004.10894  
arXiv:1909.09226  
ATLAS-CONF-2020-015
- $\tilde{\chi}_1^+ \tilde{\chi}_1^-$  via  
MM, 2l

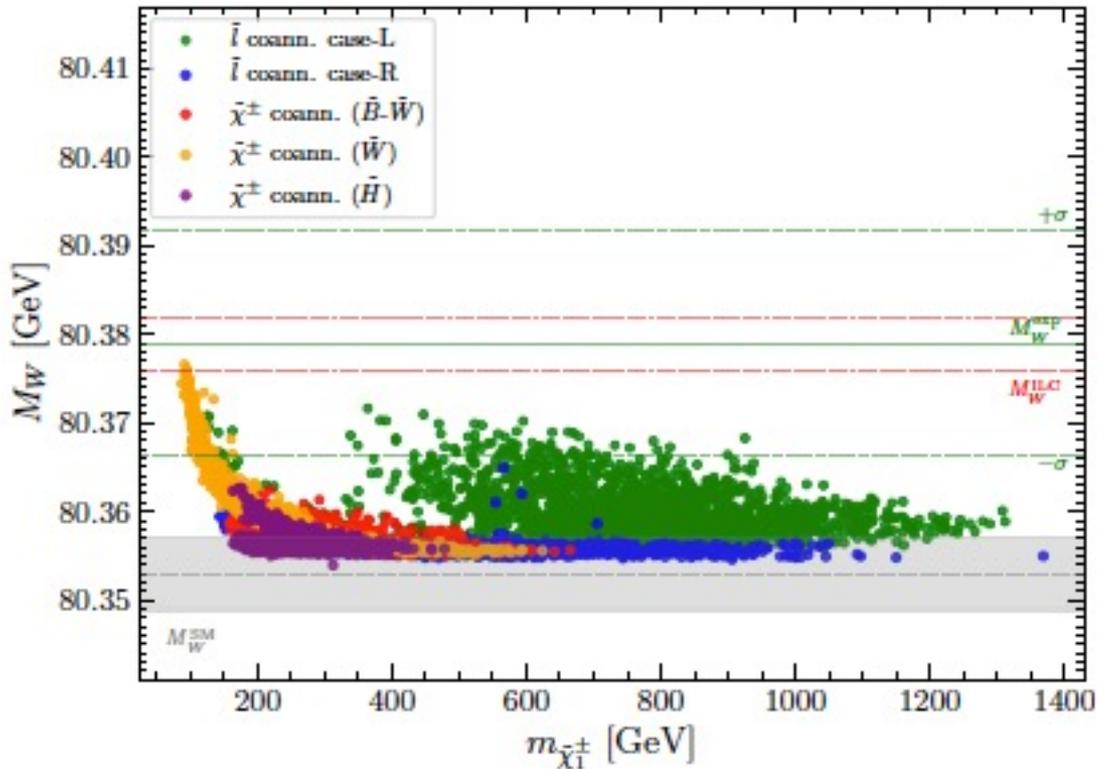
Monojet / VBF

-> gluon ではなくて quark jet (AI)  
soft lepton / muon electron ID < 10GeV



Full MEで出来ない?  
OFF-Shell まで全部  
いれて





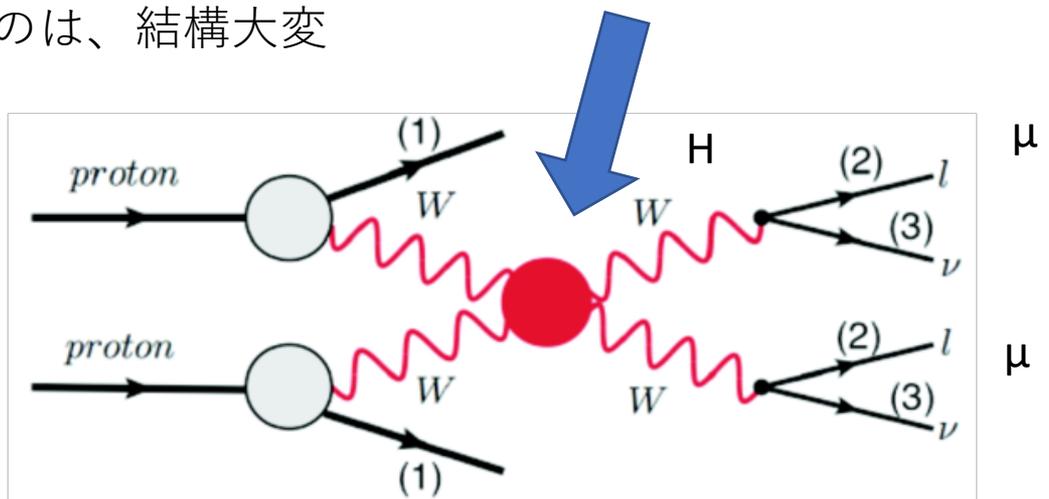
- 1) NMSSM
- 2) VBF +  $\mu\mu X$

Wを重くするのは、結構大変

## 2HD+SUSY(SUSYは2HD)

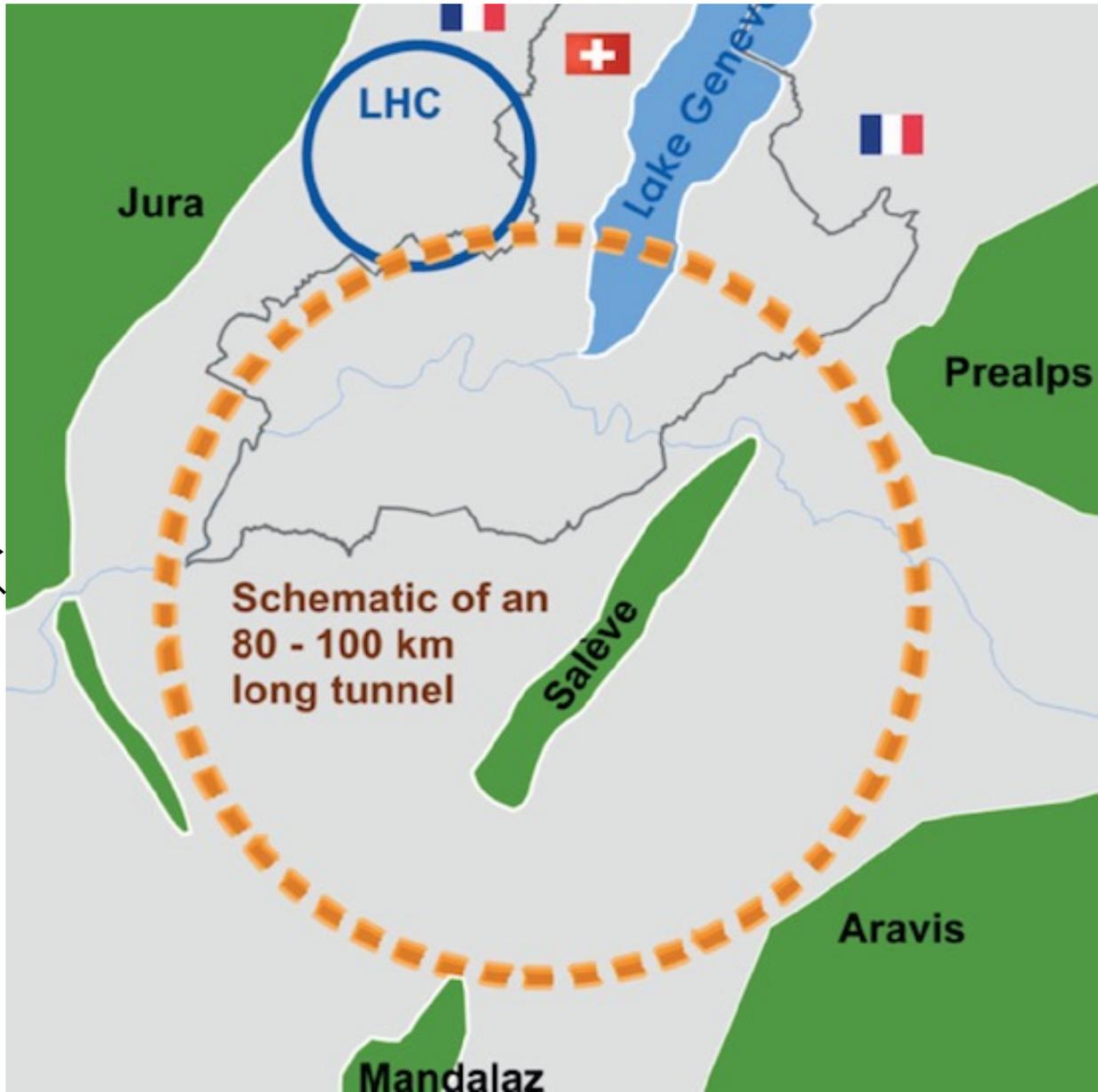
簡単な2HDでなくて  
→ muon との結合  
の強さ

NMSSM



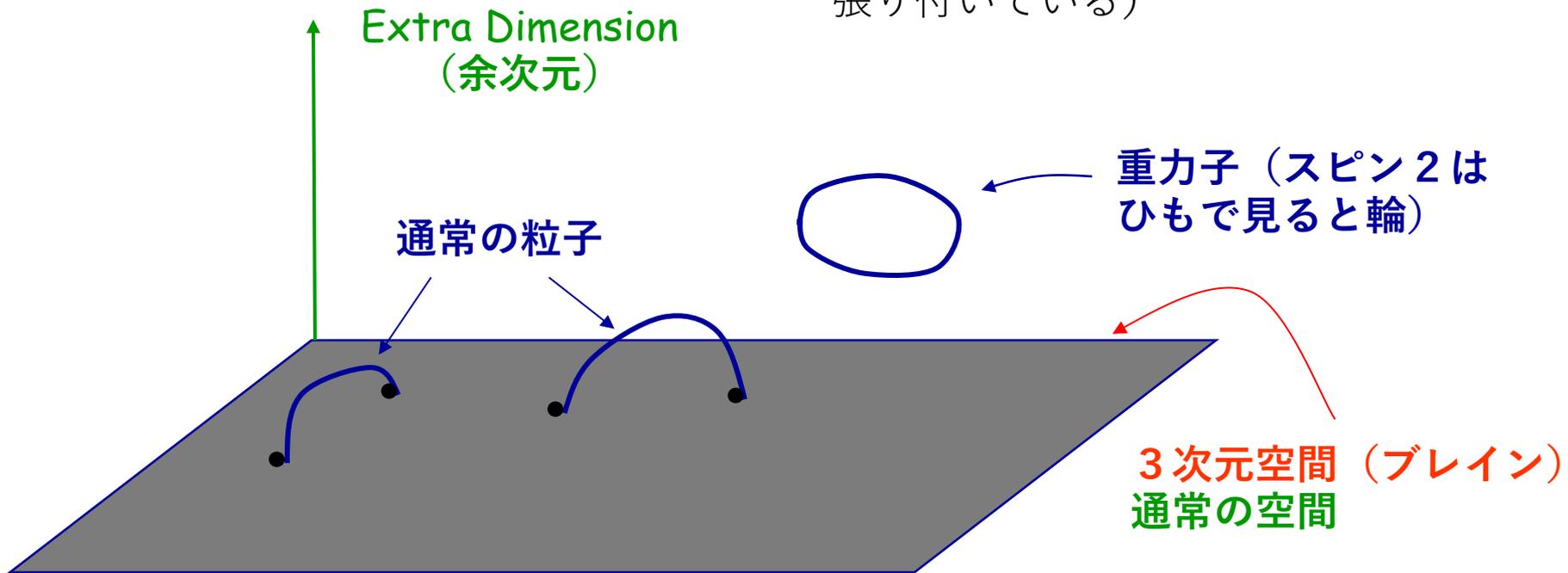
# FCC

アイデア  
論文を書く



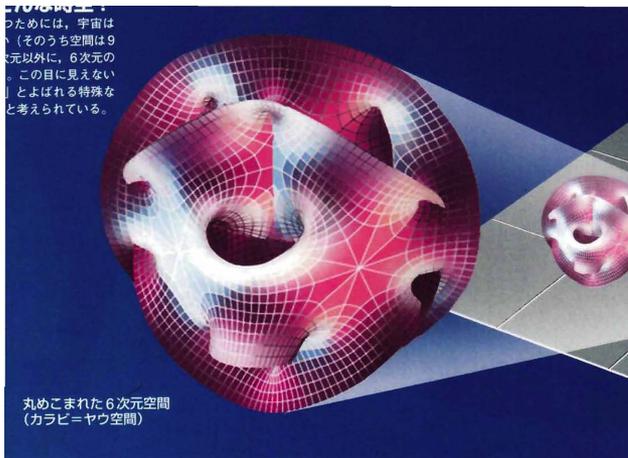
# 「余剰次元とブレイン理論」

膜に張り付いた人生 (空間は9次元 (ヒモ理論)  
我々はその中の3次元の膜に  
張り付いている)



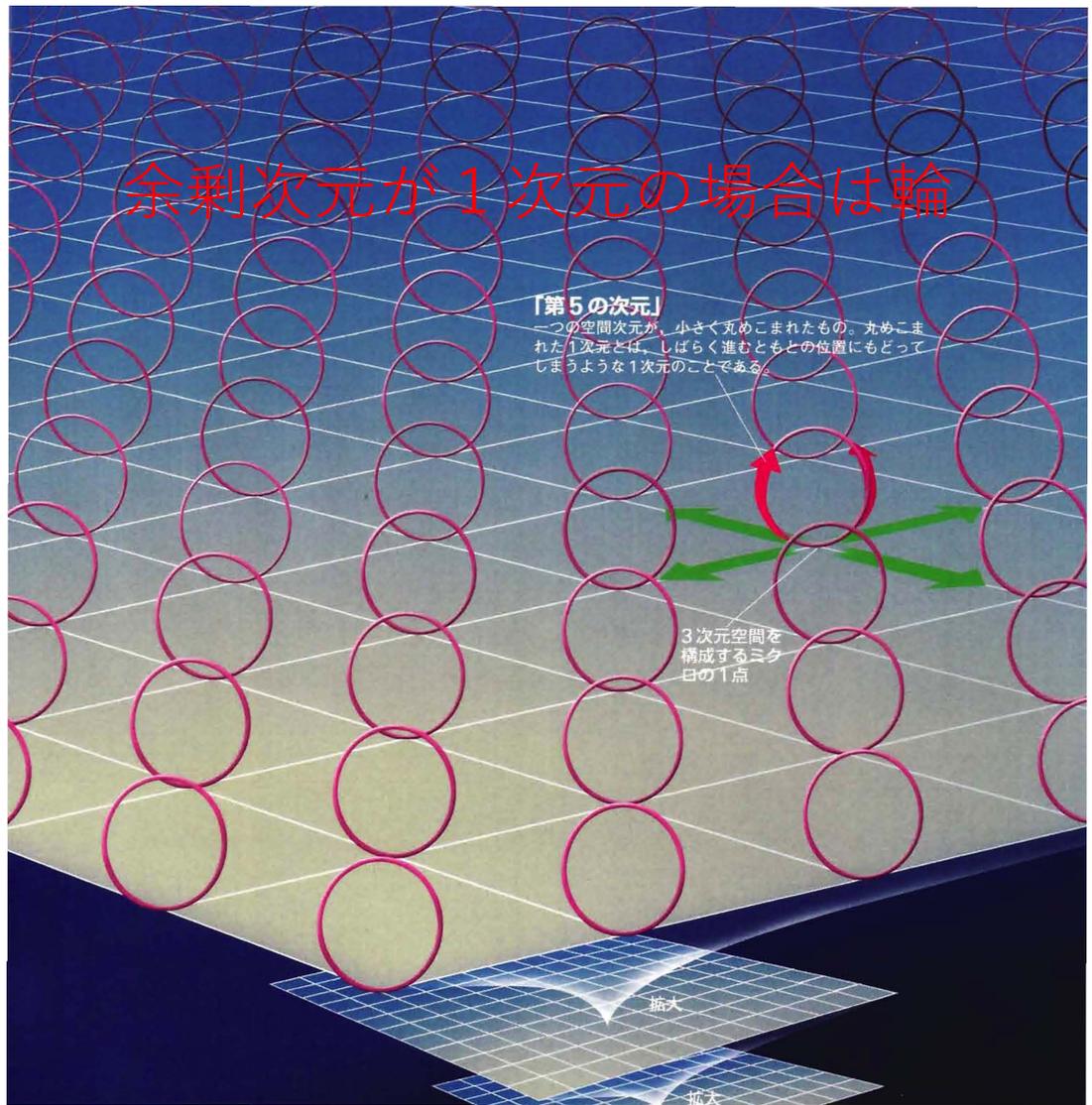
重力子は、広い空間を自由に行き来して、我々は3次元の膜にはりついている。  
重力子がこの膜に来たときだけ感じる → 重力が弱くみえる。

余剰次元は  
コンパクトに縮まっていて  
みえない。



余剰次元が6次元の  
場合はふしぎな形

これの大きさが不明  
 $10^{-35}\text{m}$  くらいかもしれないし  
 $10^{-19}\text{m}$  と大きいかもしれない



$10^{-35}\text{m}$ だと ヒッグス粒子が不安定  
 $10^{-19}\text{m}$ 程度だと 安定

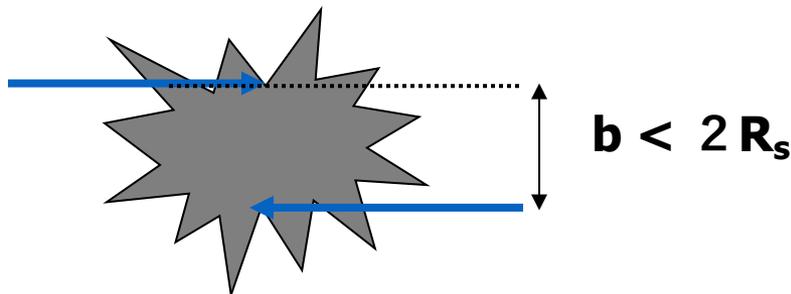
# (1)生成過程

余剰次元nまで含めた重力定数  $G_D$   
DLでの定義:

$M_P = 1/G_D$  (Fundamental Planck scale  
~ TeV)

このとき シュバルツシルド半  
径

$$R_S = \frac{1}{\sqrt{\pi} M_P} \left[ \frac{M_{BH}}{M_P} \left( \frac{8\Gamma(\frac{n+3}{2})}{n+2} \right) \right]^{\frac{1}{1+n}}$$



$2R_S$ より小さい距離(インパクトパラメータ  
で2つのpartonが衝突すると  
ミニブラックホールができる。

衝突するpartonの重心系

$E/2$ のエネルギーのparton:

このpartonのドブロイ波長( $2\pi/(E/2)$ )  
これが $2R_S$ の半径の中に入ると、  
“点としてのparton”がぶつかるという  
古典的な近似が駄目になる。

ブラックホールの質量  $M_{BH} \sim E$  として、  
(全部のenergyが中に入った)

$$4\pi/M_{BH} < 2R_S$$

$$M_{BH} > (4-5.5) M_P \quad (n=2-6) \quad !!!! \quad 14\text{TeV}??$$

この最低値は、LHCではfix  
不連続な閾値:

free parameterとして研究している。

古典的な近似:

$$\sigma = \pi R_S^2 \sim M_P^{-2} (M_{BH}/M_P)^{2/(n+1)}$$

## 古典断面積からのずれはどのくらい？

Yoshino-Nambu-Rychkov (2つの重力場がぶつかる Aichelburg近似) :  
BHが出来る。 古典からのズレ : Formation factor

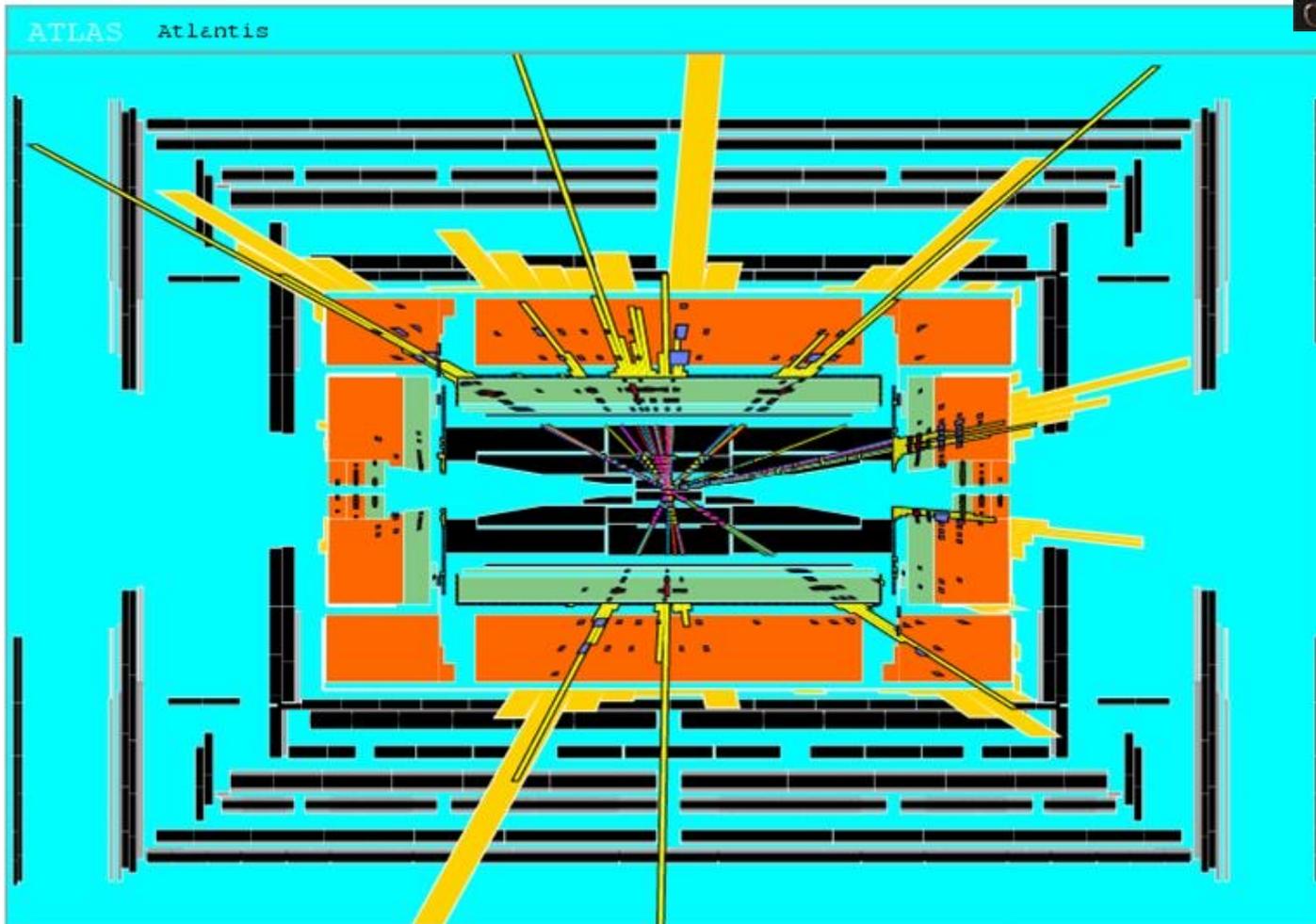
$D$	4	5	6	7	8	9	10	11
$\sigma_{\text{production}}/(\pi r_H^2)$	0.71	1.54	2.15	2.52	2.77	2.95	3.09	3.20

高次元ほど : 出来やすくなる。2次元surfaceでなく  $2+n$ 次元surfaceにtrapされる。  
でも  $O(1)$

そんなに悪くはない近似

新しい charybdis 2 にはもう取り込まれている。 (look at table 形式)

ブラックホールはすぐにホーキング輻射（蒸発）する。  
地球を飲み込む心配はない。  
蒸発で出てきた粒子が下の様に発見される。



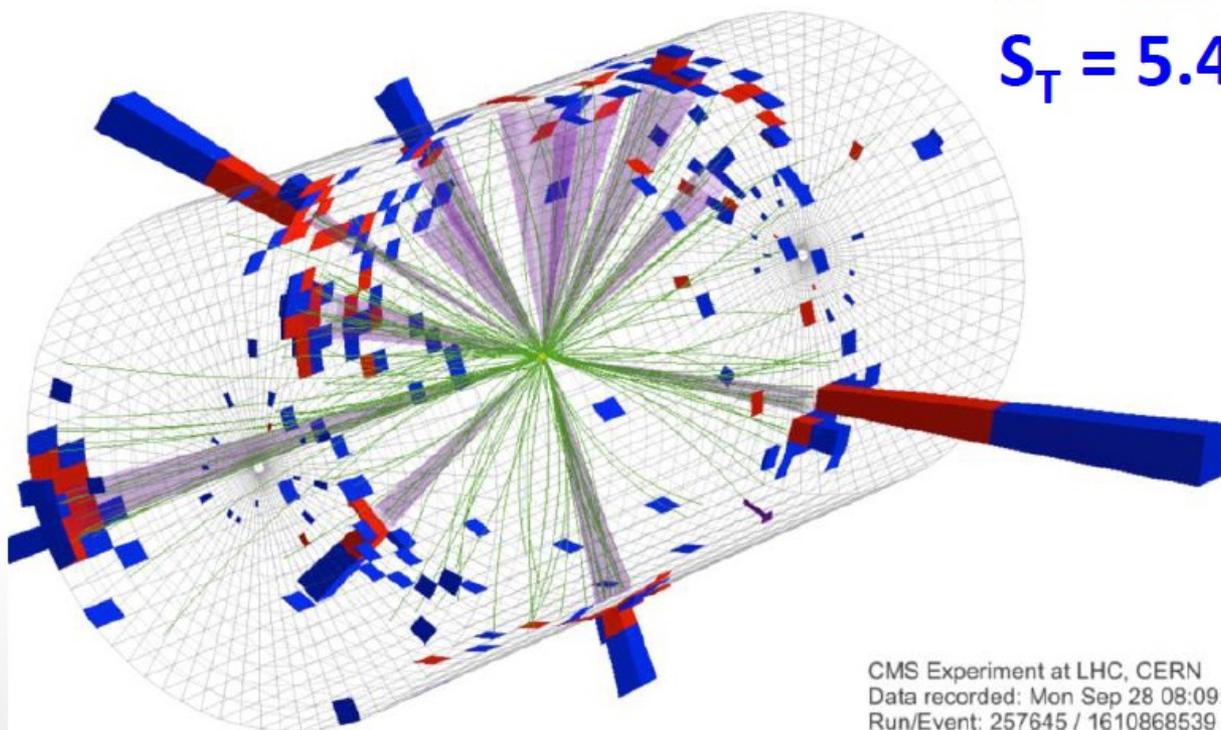
エネルギー  
の高い粒子  
がいっぱい  
発生する事象  
(計算機で予想  
したもの)

# LHCでの見え方 ブラックホール

ブラックホールはすぐにホーキング輻射（蒸発）する。  
地球を飲み込む心配はない。  
蒸発で出てきた粒子が、高いエネルギーで無数にでる。

**$N = 12$**   
 **$S_T = 5.4 \text{ TeV}$**

これは  
13TeVで  
観測された  
候補の一つ



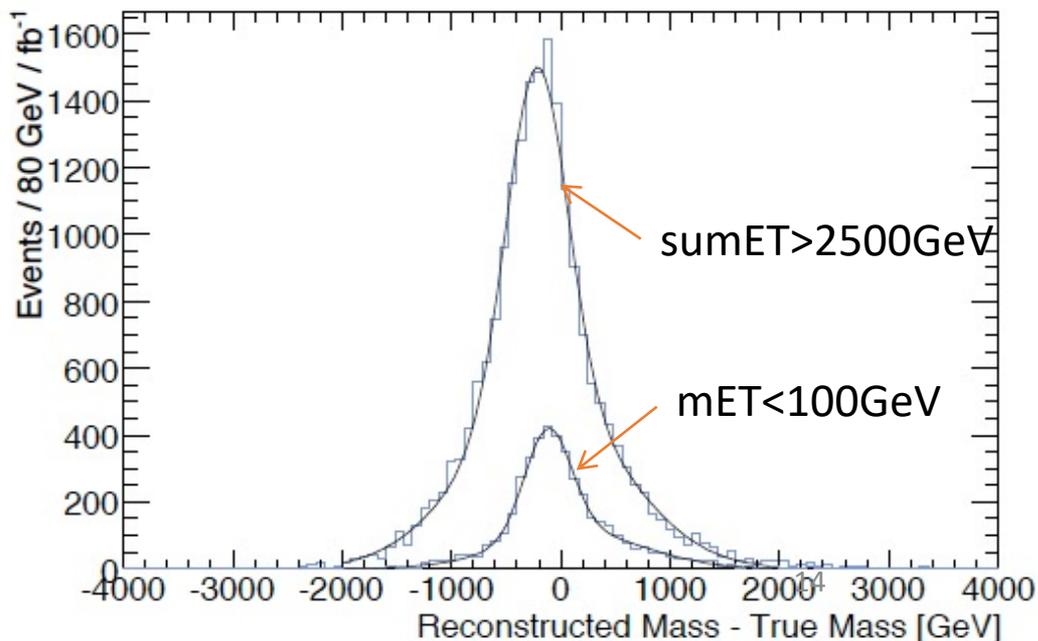
CMS Experiment at LHC, CERN  
Data recorded: Mon Sep 28 08:09:43 2015 CEST  
Run/Event: 257645 / 1610868539  
Lumi section: 1073

**BHのmassの決定**： 崩壊で出てきた全粒子のエネルギー・運動量 不変質量  
事象ごとにちがうが、PDFの効果で閾値付近がおおくなる。

高い方の分布からPDFの効果を除くと 断面積  $\sigma \sim \text{Mass}$ で増えていくことをcheck  
-> BHの有効な傍証？

ただ組むだけでは、 $\nu$ の効果で低くなる。(Gravitonまで考慮すればもっと低くなる)：  
 $mET < 100\text{GeV}$ で効果を抑えることができる。

立ち上がり、THS付近の研究は、古典的でないBHを探ることができるが、



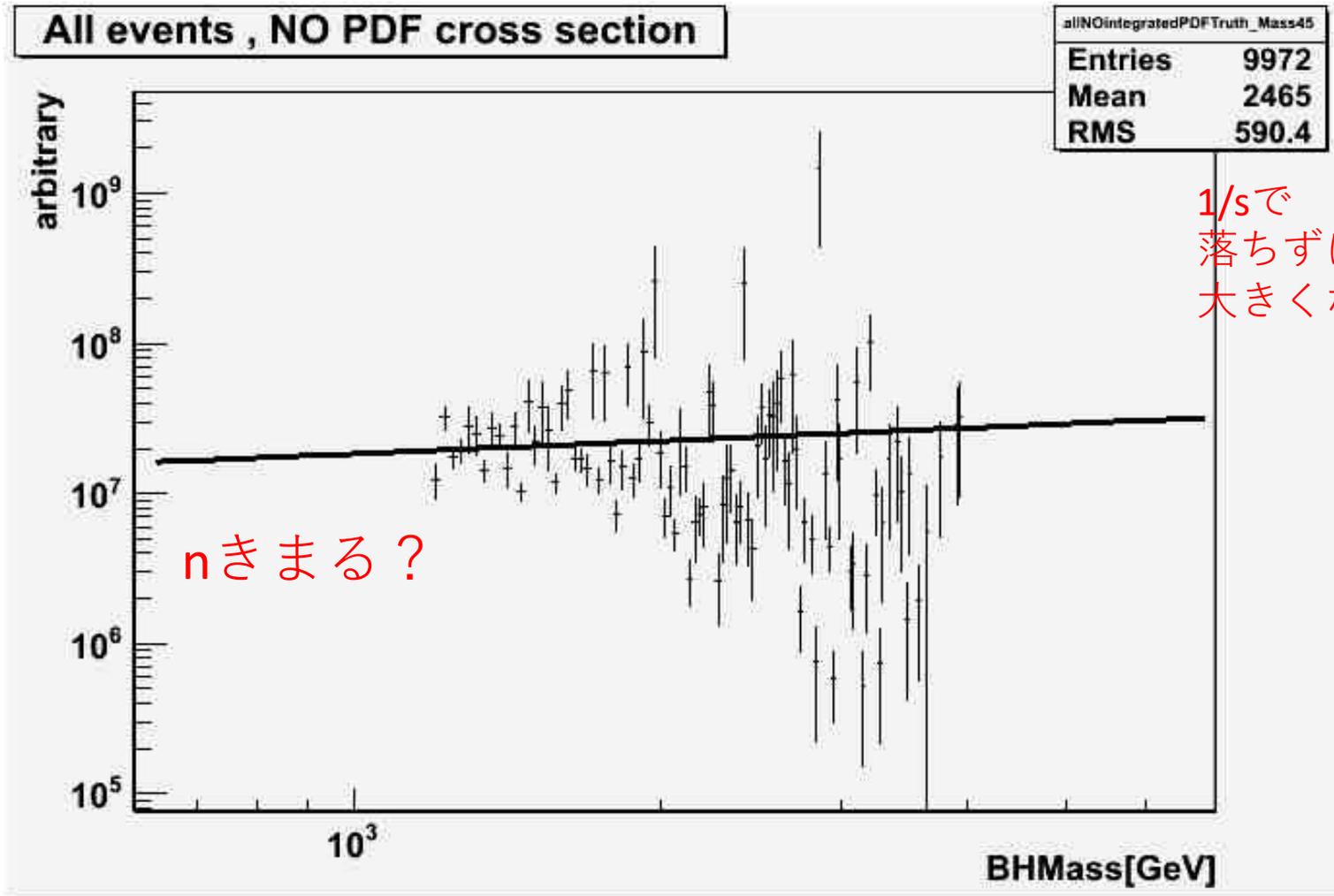
ズレは  $-100\text{GeV}$   
分解能は  $200\text{GeV}$ 程度  
事象ごとに

10%ほどで $M_{\text{BH}}$ が決まる。

電荷も観測可能？  
jet: jet-charge あと  
で

古典物理であることの証明できるか？

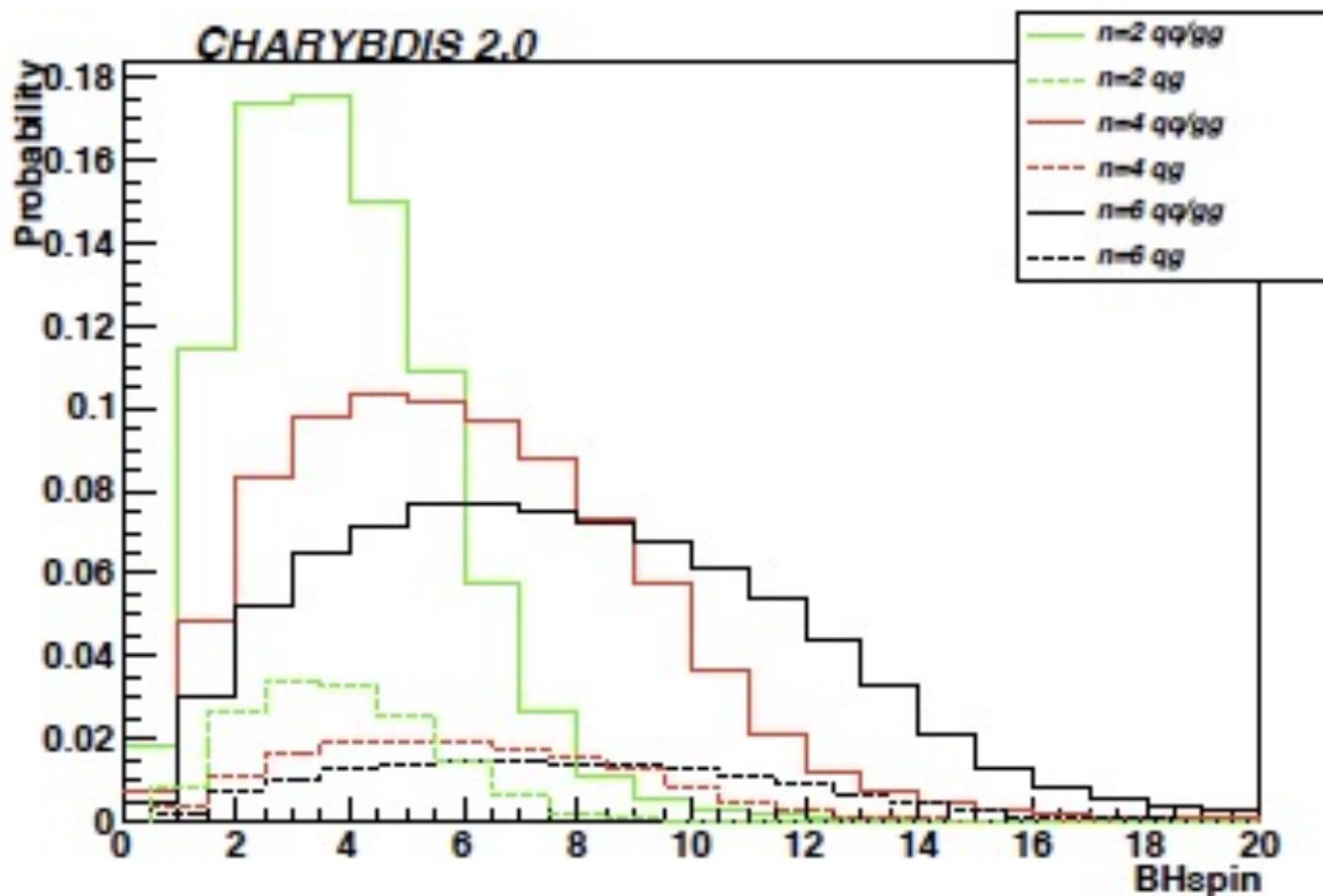
微分断面積測定をPDFの weight を解く



7TeV  
 $L=100\text{fb}^{-1}$   
MD=1TeV  
を仮定して

Mth=1TeV  
から生成

断面積の多くがhead-on collisionでなく、角運動量  
 $J_{\max} = R_s M_{\text{BH}}/2 \sim 3\text{-}10$ 程度( $n=2\text{-}7$ )をもっている。  
 $E=M_{\text{BH}}/2$  最大  $R_s$ のimpact parameter 断面積は $R_s$ の大きい方が効くので  
 大部分のBHは、角運動量をもつことになる：廻るといろいろ面白いことがおきる



スピンをもった  
BHができる

# (2)崩壊過程

$10^{-26}$ 秒程度の短い寿命

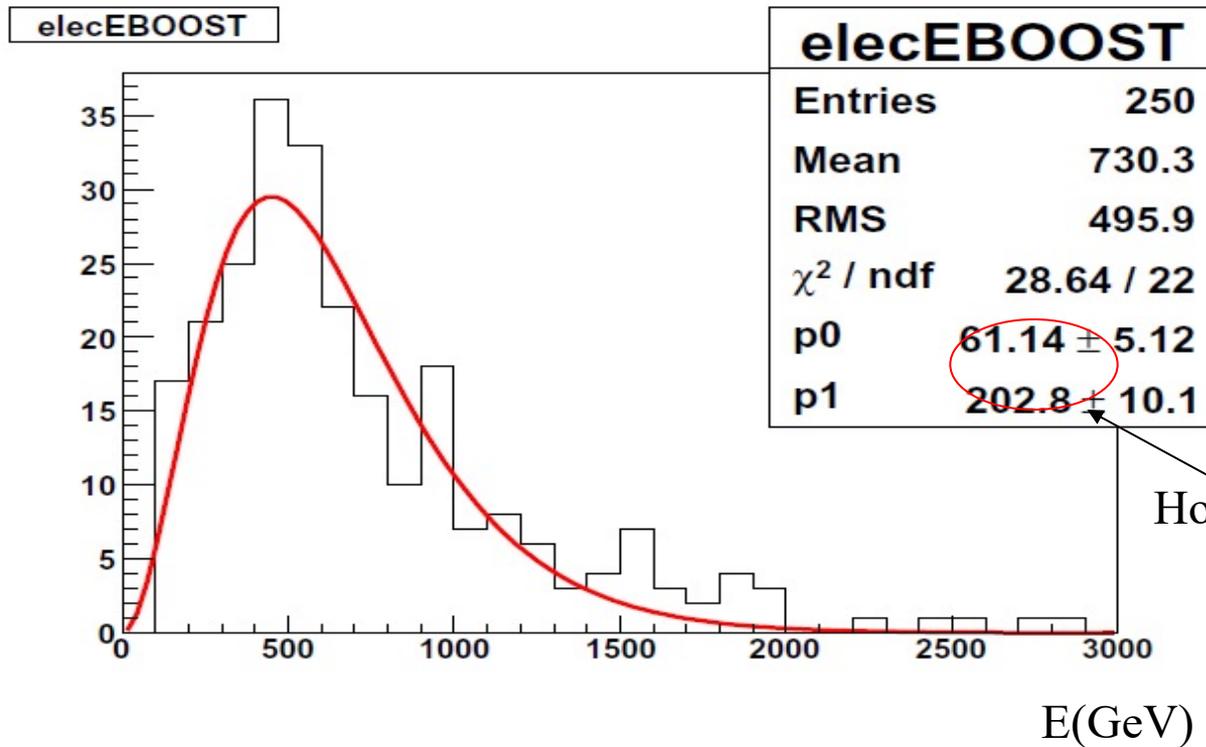


- (1) Balding phase  
BHには毛が4本（mass, 電荷、角運動量、QCD色）しかない。  
多重極、その他の量子数を失う過程（主に Gravity）
- (2) Spin-Down phase スピンをうしなっていく（ホーキング輻射に従う）  
角運動量より beam pipeに垂直な成分にゲージ粒子がたくさんで
- (3) Schwarzschild phase spin=0 (2)と同時進行だが(2)の方が早い  
丸いBlackholeが質量を失う（ホーキング輻射）

軽く熱く (4)  $M_{BH} \sim M_P$  量子重力の効果が重要で扱いにこまる  
なっていく

# 電子を使って (high E で良くなる) 温度測定

BH param::  $M_p=1\text{TeV}$ ,  $d=6$ ,  $M_{\text{BHmin}}=5\text{TeV}$



180度  
蒸発の過程  
で  
温度が上  
がっていく。

Howking Temperature

Energy after Boosted to rest frame of BH  
Fitting function::  $p_0 * (E/p_1)^2 / (\exp(E/p_1) + 1)$

あと、charge計れるかな～

jet charge charge of jet  $\Sigma qP^{(1/3)}$

