

Low Scale Gauge Mediation at Early LHC

東京大学 理学系研究科物理学専攻
素粒子論研究室

佐藤 亮介

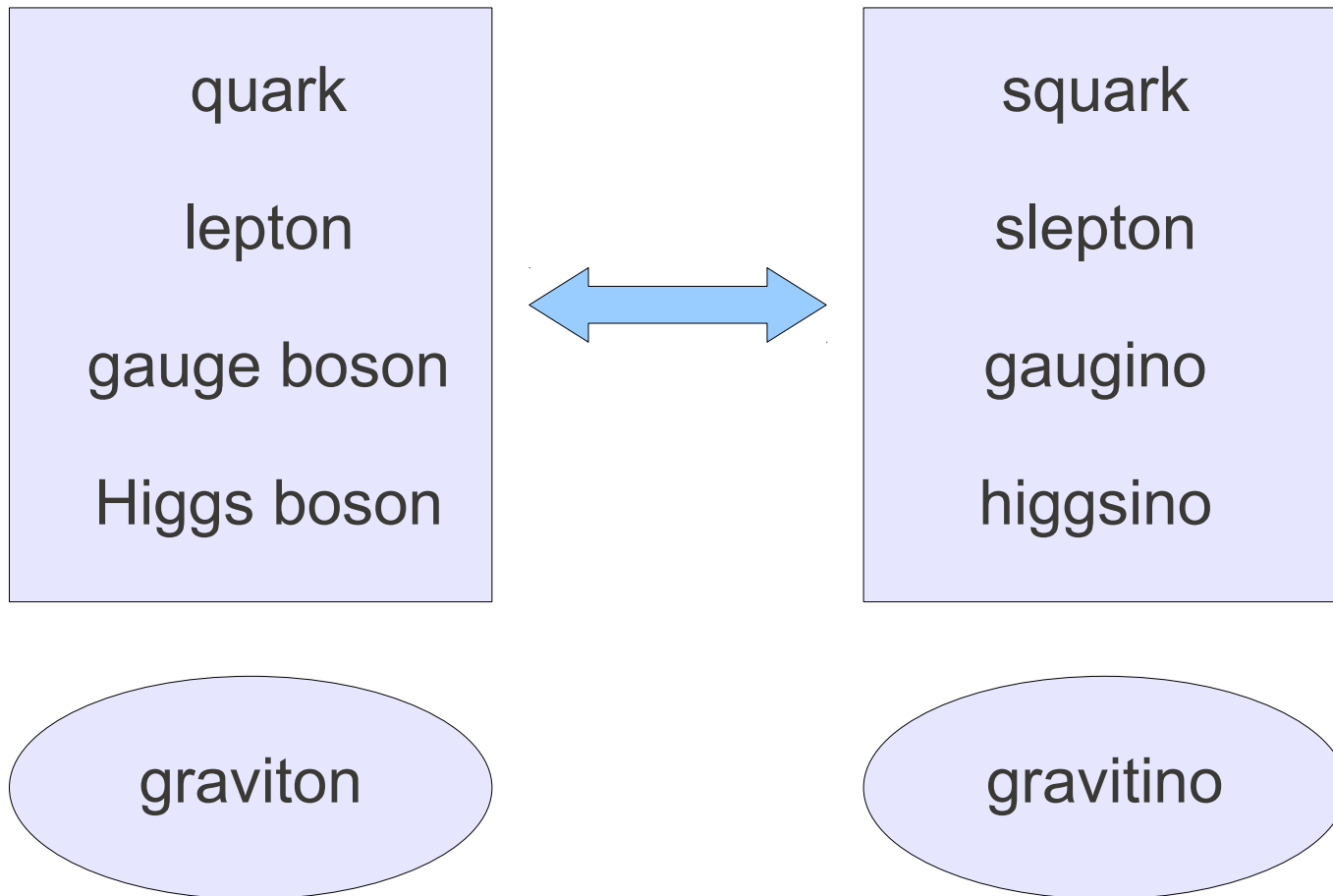
“Low Scale Direct Gauge Mediation with Perturbatively Stable Vacuum”
R.S. and K.Yonekura [hep-ph:0912.2802]

“LHC Reach of Low Scale Gauge Mediation with Perturbatively Stable Vacuum”
R.S. and S.Shirai [hep-ph:1005.1255]

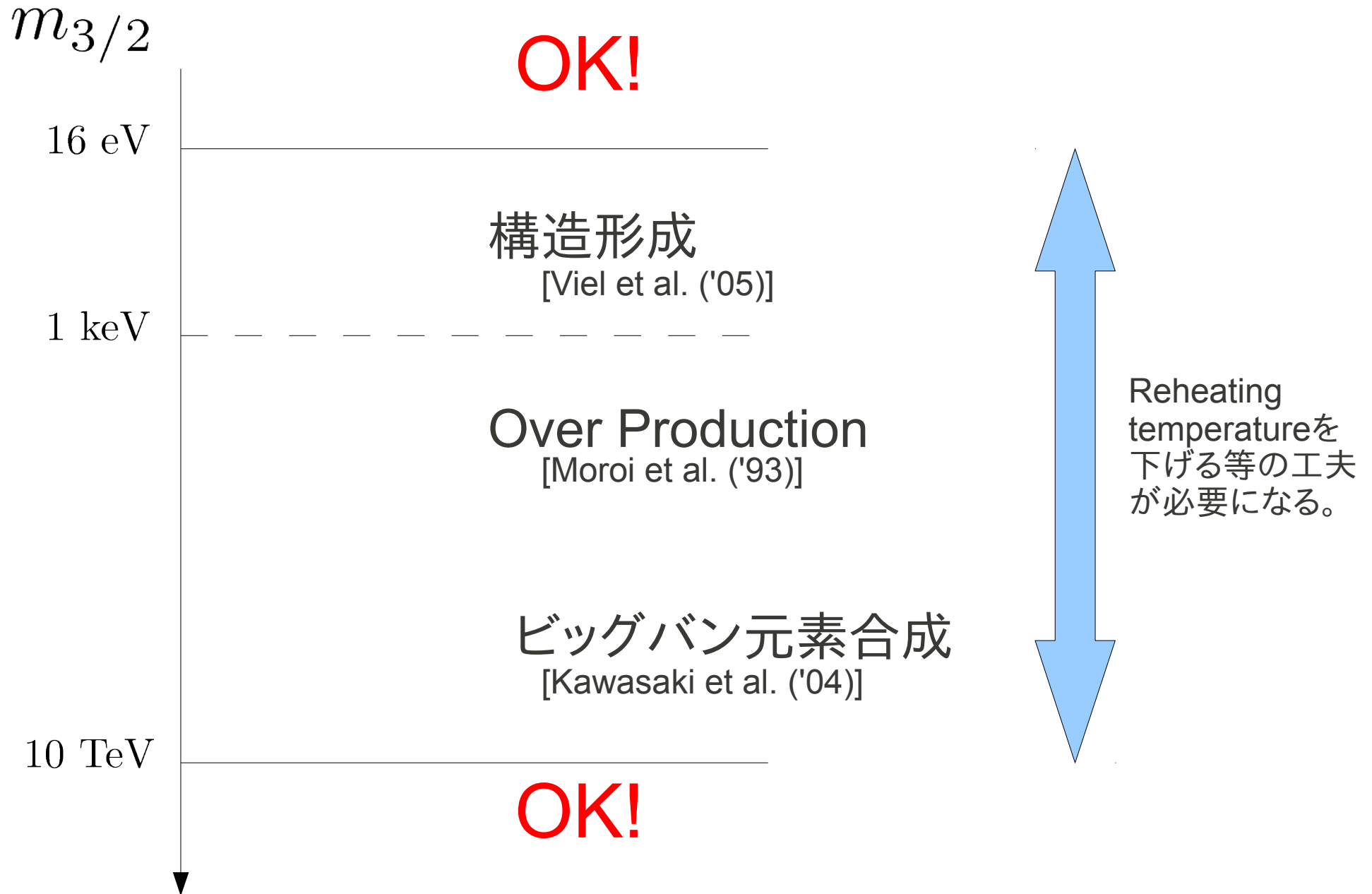
1. Introduction

Supersymmetry

Higgs粒子の質量に関するnaturalness
標準模型のゲージ結合定数の統一 etc.



gravitinoは、しばしば宇宙論において問題を引き起こす。



gravitinoは、しばしば宇宙論において問題を引き起こす。

$m_{3/2}$

16 eV

OK!

$m_{3/2} \leq 16 \text{ eV}$

を実現するモデルは
7TeV LHCで見えるか?

(05)]

roduction
al. ('93)]

ビッグバン元素合成
[Kawasaki et al. ('04)]

10 TeV

OK!

Reheating
temperatureを
下げる等の工夫
が必要になる。

$$m_{3/2} = \frac{F}{\sqrt{3}M_{\text{Pl}}} \leq 16 \text{ eV} \quad \longrightarrow \quad \sqrt{F} \leq 260 \text{ TeV}$$

gauginoやsfermionの質量の上限を大雑把に見積もると、

$$m_{\text{SUSY}} < \frac{\alpha}{4\pi} \sqrt{F} \sim \mathcal{O}(1) \text{ TeV}$$

具体的なモデルでは、
gauginoの質量がさらにsuppressされる。(後述)

7TeV LHC(1fb⁻¹)で十分検証できる!

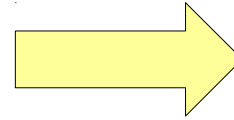
1. Introduction
2. Low Scale GMSB Model
3. Results
4. Summary

2. Low Scale Gauge Mediation Model

Minimal gauge mediation ではどうだろうか？

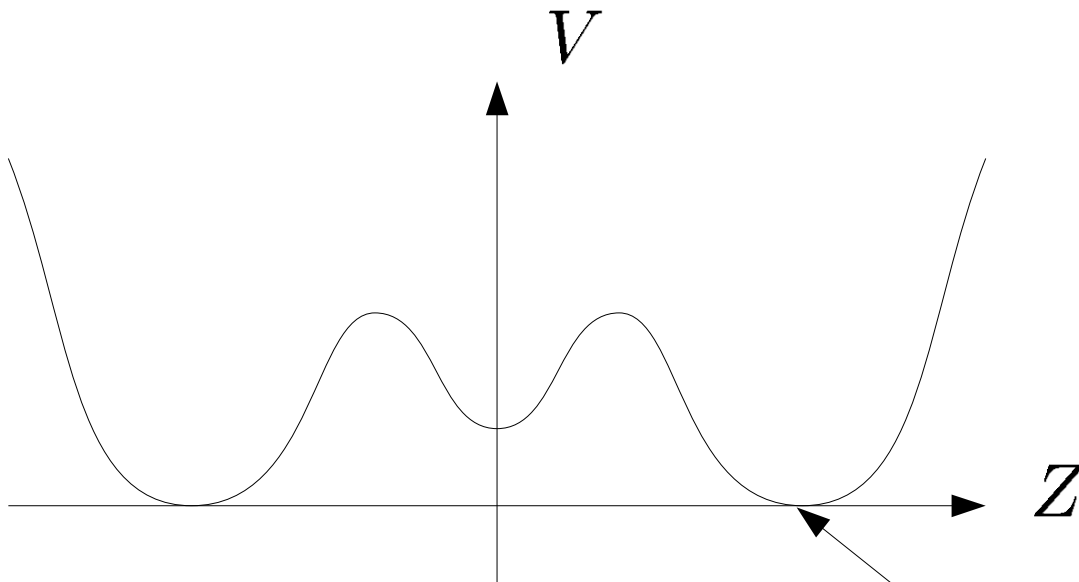
$$W = -FZ + kZ\tilde{\Psi}\Psi - M_{\text{mes}}\tilde{\Psi}\Psi$$

[Dine et al. ('93)]



$$m_{3/2} = \frac{F}{\sqrt{3}M_{\text{Pl}}}$$

$$m_{\text{SUSY}} \sim \frac{\alpha}{4\pi} \frac{kF}{M_{\text{mes}}}$$



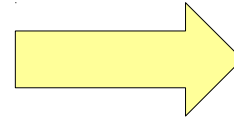
$$\frac{M_{\text{mes}}}{k} \sim \frac{M_{\text{Pl}}}{\alpha} \frac{m_{3/2}}{m_{\text{SUSY}}}$$

2. Low Scale Gauge Mediation Model

Minimal gauge mediation ではどうだろうか？

$$W = -FZ + kZ\tilde{\Psi}\Psi - M_{\text{mes}}\tilde{\Psi}\Psi$$

[Dine et al. ('93)]

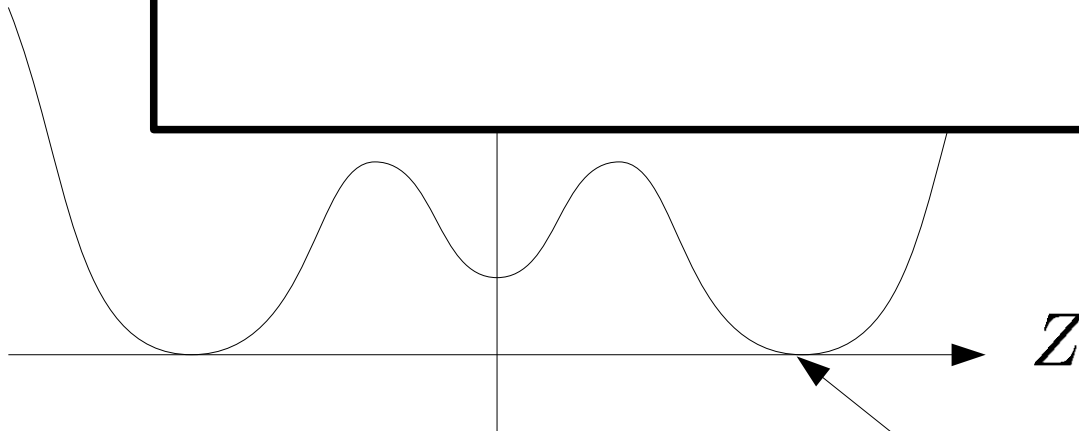


$$m_{3/2} = \frac{F}{\sqrt{3}M_{\text{Pl}}}$$

$$\propto \frac{kF}{M_{\text{mes}}}$$

Minimal gauge mediation では、
gravitinoを軽くすると、真空の寿命が短くなってしまふ。

[Hisano et al. ('07)]



$$\frac{M_{\text{mes}}}{k} \sim \frac{M_{\text{Pl}}}{\alpha} \frac{m_{3/2}}{m_{\text{SUSY}}}$$

真空の寿命を気にせずに、
gravitinoを軽くしたい。

解決策

- (1) SUSY breaking vacuum が完全に安定であればよい。
- (2) SUSY breaking vacuum は *meta stable* だが、
その寿命が *gravitino* の質量と関係しなければよい。

具体的に実現できるモデルは次の2つが知られている。

(1) SUSY breaking vacuum が完全に安定であるモデル

$$W = fZ + \begin{pmatrix} \tilde{\Psi}_1 & \tilde{\Psi}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} kZ & m \\ m' & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Psi_1 \\ \Psi_2 \end{pmatrix}$$

[Izawa et al.(1997)]

(2) SUSY breaking vacuum はmeta stableだが、その寿命がgravitinoの質量と関係しないモデル

Intriligator-Seiberg-Shih model

[Intriligator et al. (2006)]

$$W = k\Phi_{ai}M_j^i\tilde{\Phi}^{aj} + \mu^2\text{tr}M$$

この2つのモデルでは、sfermionに比べて、gauginoが軽くなる。

$$m_{\tilde{g}} = \frac{\alpha}{4\pi} \frac{F}{m} \left(\cancel{k_0} + k_1 \frac{F}{m^2} + k_2 \left(\frac{F}{m^2} \right)^2 + \dots \right) \sim \frac{\alpha}{4\pi} \frac{F^2}{m^3}$$

—————▶ 7TeV LHCで十分見える

gauginoの質量の上限



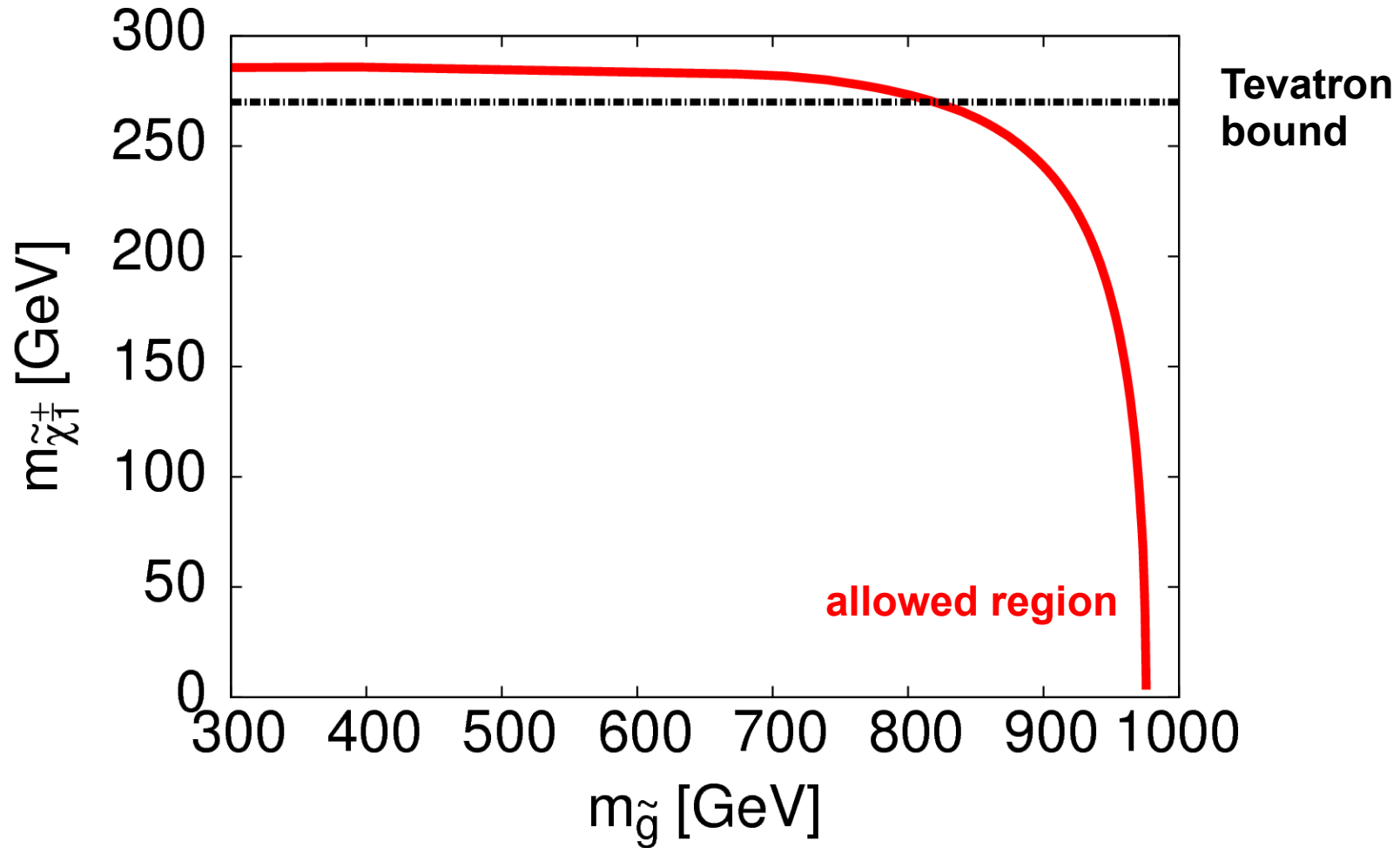
湯川結合定数の発散

標準模型のゲージ結合定数の発散

3. Results

gauginoの質量のとりうる範囲

$$(m_{3/2} = 16 \text{ eV})$$



Event Selection

今のモデルで、Tevatronでexcludeされていない領域では、NLSPはBino。

→ 2 photon with missing energy

Cut A

At least 2 isolated photons with $p_T > 20$ GeV

At least 4 jets with $p_T > 50$ GeV

The leading jet with $p_T > 100$ GeV

$E_{T,\text{miss}} > \max(100 \text{ GeV}, 0.2M_{\text{eff}})$

$$M_{\text{eff}} \equiv \sum_{4 \text{ leading jets}} p_{T,j} + E_{T,\text{miss}} + \sum_{\text{lepton}} p_{T,l}$$

Cut B

At least 2 isolated photons with $p_{T,\gamma 1} > 60$ GeV, $p_{T,\gamma 2} > 20$ GeV

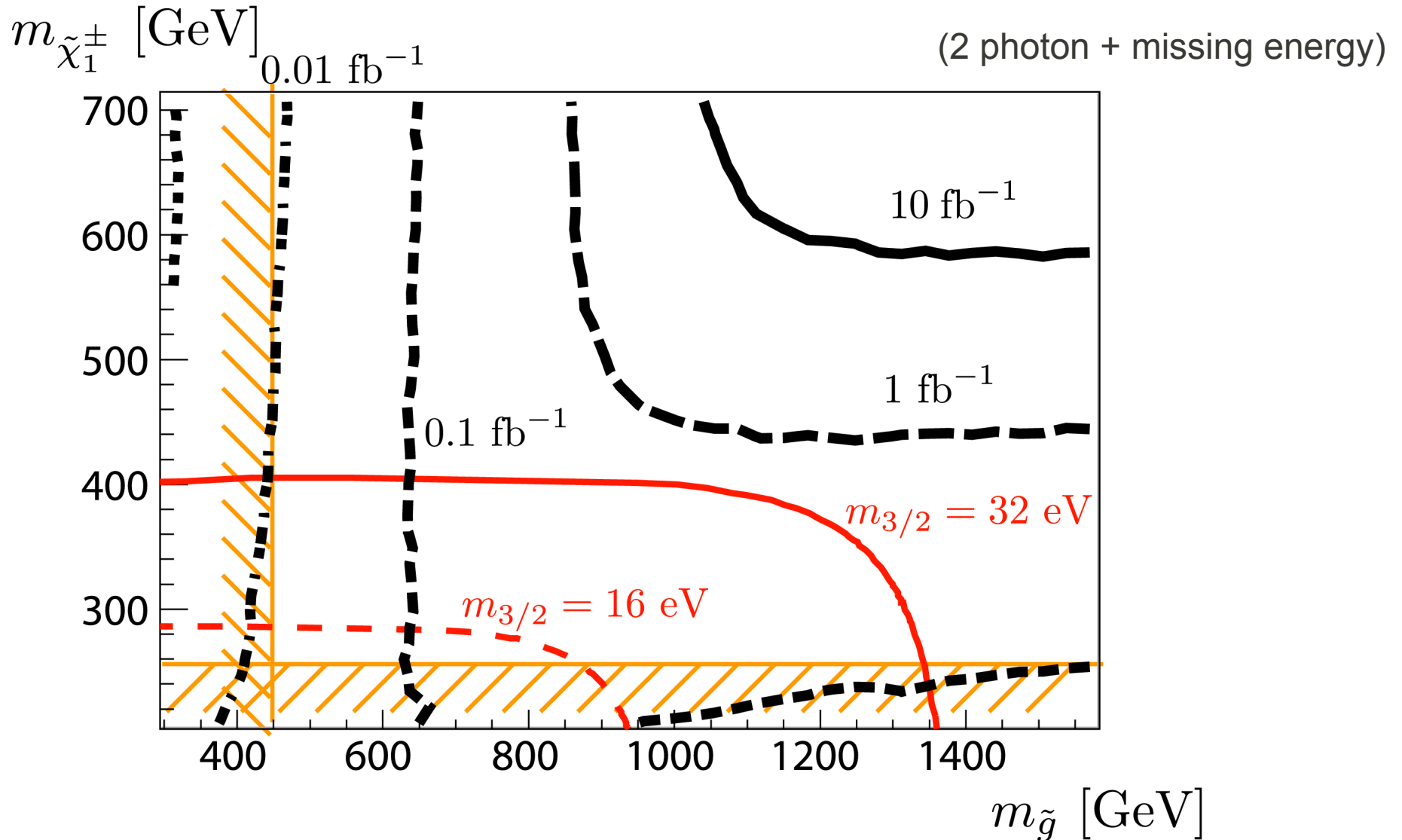
$E_{T,\text{miss}} > 80$ GeV

$m_{\gamma 1 \gamma 2} > 100$ GeV

$$\text{significance} = \frac{\# \text{ of signals}}{\max(1, \# \text{ of BG})}$$

LHCにおけるdiscovery region @ 7TeV

Significance が 5 に達する integrated luminosity



4. Summary

質量が16 eVより小さいgravitinoは宇宙論的な制限をクリアできる。

質量が16 eVより小さいgravitinoを実現する、具体的に知られたモデルでは、gauginoの質量が小さく抑えられてしまう。

このようなモデルは、7TeV LHC@1fb⁽⁻¹⁾で discover / exclude できる。