

# 何をやったのか?

LHCのヒッグス崩壊分岐データ&S,TパラメータからUED模型にどのような制限がつか? → **mUEDと7種類の6次元UED**を比較

# どのようにやったのか?

紫外切断(cutoffのこと)をくりこみ群方程式から見積り  
紫外切断以下で4次元有効ラグランジアンを構築  
→ひたすらループ計算

# 結果はどうか

2σ exclusion limitとしてコンパクト化スケール  $M_{KK}$  に対し  
 ・ATLAS CMSにおけるヒッグス→ボソンの崩壊分岐による制限  
 → mUED  $M_{KK} > 600 GeV$   
 → 6次元UED: 模型毎に  $M_{KK} > 800 - 1300 GeV$   
 ・S, Tパラメータによる制限  
 → mUED  $M_{KK} > 700 GeV$   
 → 6次元UED: 模型毎に  $M_{KK} > 900 - 1500 GeV$

# ターゲットにする模型達と4次元有効理論

5D&6D  
セットアップ

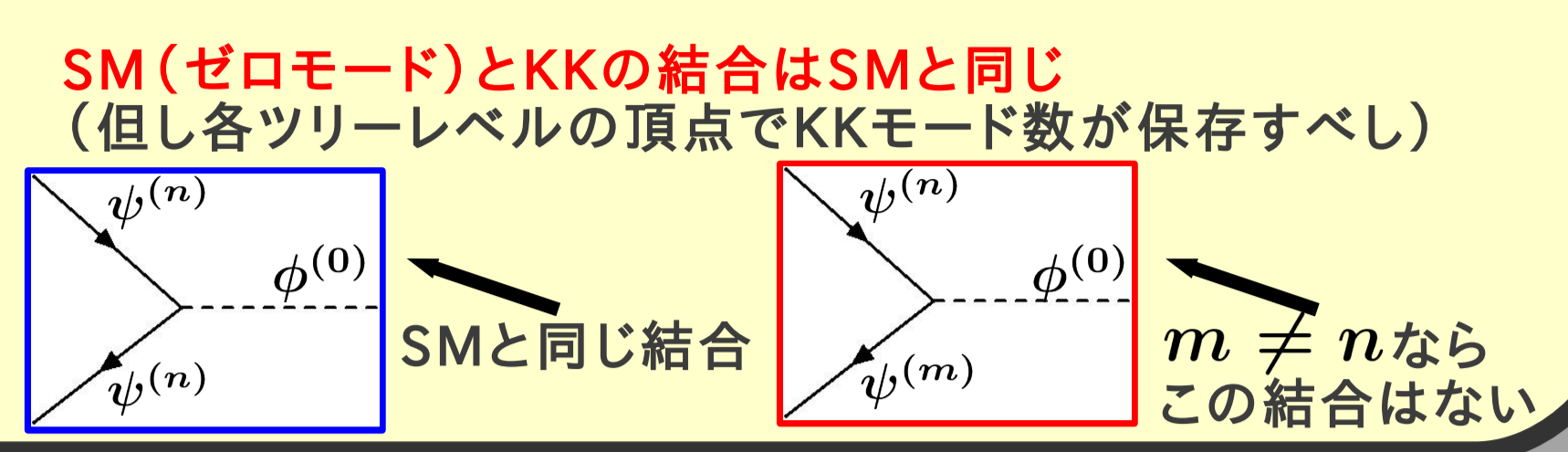
タイプ	mUED	トラス	プロジェクト系	スフィア
模型	$S^1/Z_2$	$T^2/Z_2$ $T^2/Z_2 \times Z'_2$ $T^2/Z'_4$	$RP^2$ $PS$	$S^2$ $S^2/Z_2$
KK質量	$\frac{n}{R}$	$\frac{\sqrt{n^2+m^2}}{R}$	$\frac{\sqrt{l(l+1)}}{R}$	各 $l$ にいくつかのstateが縮退

・SMは全てバルクに飛ぶ  
 ・バルク質量項は無い  
 ・膜相互作用も無い  
 ※6次元模型のコンパクト化半径はとりえず  $R_5 = R_6$  としておく  
 →後々  $R_5 \neq R_6$  の場合も見える

4D  
セットアップ

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{SM} + \sum_{KK} \mathcal{L}_{KK}(M_{KK})$$

無限モードのKKタワー:  
構造が模型毎に異なる

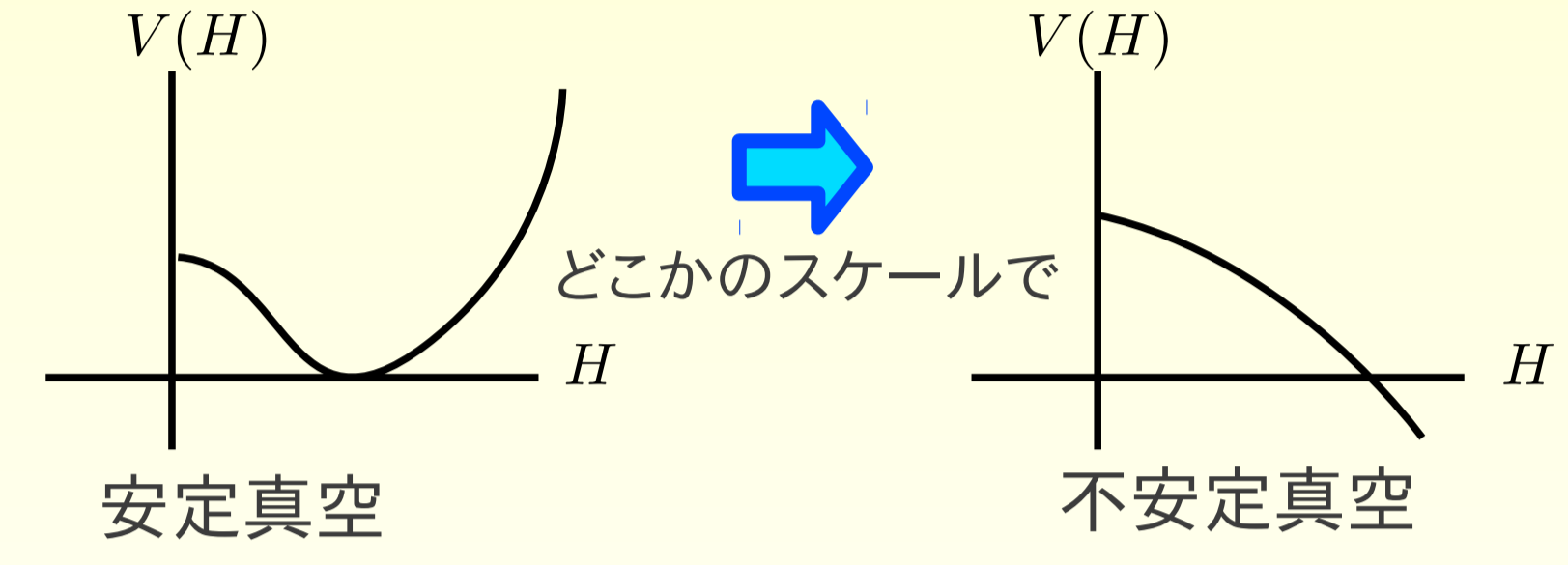


# 紫外切断を見積もる

# 紫外切断の上限を真空の不安定性(vacuum stability)から見積もる

## Vacuum stability

ヒッグスの有効自己相互作用  $\lambda$  が零になるスケール = vacuum stability bound



計算不能な領域がやってくる前に紫外切断  $\Lambda$  があると思ひましょう

我々の仮定:  
紫外切断はvacuum stability boundギリギリ手前にある  
(→ネタバレするとvacuum stability boundが低いスケールに出るのでやたら低い紫外切断を考えてもあまりうれしくない)

## UED模型におけるくりこみ群方程式

ヒッグス自己相互作用  $\lambda$  に対し

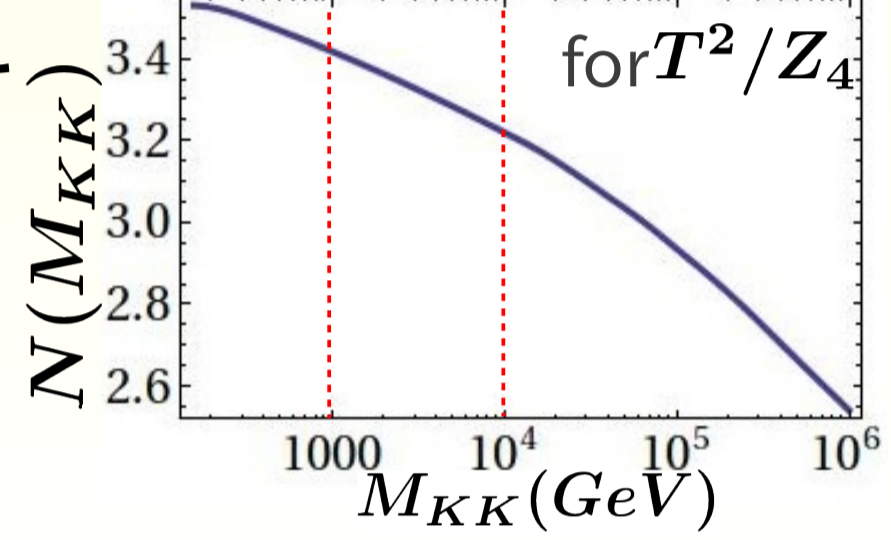
$$16\pi^2 \mu \frac{d}{d\mu} \lambda = \beta^{SM} + \sum_{KKstate} \theta(\mu - M_{KK}) \beta^{KK}$$

KKタワーの構造に応じてKKループが現れる

Vacuum stability bound  $\Lambda_{max}$  は  
 $\Lambda_{max} = N(M_{KK}) M_{KK}$   
 と書ける→模型毎に  $N(M_{KK})$  を調べなくては..

$M_{KK}$  がTeVスケールだと思えば  $N(M_{KK})$  はほぼ定数

以下  $\Lambda_{max} = N(1TeV) M_{KK}$  とする



## 模型毎の $N(1TeV)$ を見積もる

模型	$N(1TeV)$	KKモード数の上限
$S^2$	2.3	$\sqrt{l(l+1)} < 3.2$
$S^2/Z_2$	3.2	$\sqrt{l(l+1)} < 2.3$
$PS$	1.9	$\sqrt{l(l+1)} < 1.9$
$RP^2$	2.3	$m^2 + n^2 < 2.3^2$
$T^2/Z_2$	2.5	$m^2 + n^2 < 2.5^2$
$T^2/Z_4$	3.4	$m^2 + n^2 < 3.4^2$
$T^2/Z_2 \times Z'_2$	3.2	$m^2 + n^2 < 3.2^2$
mUED	5.0	$n < 5.0$

$\mathcal{L}_{SM} + \sum_{KK} \mathcal{L}_{KK}$  を使って解析すればよい

# Universal Extra Dimensions after Higgs discovery

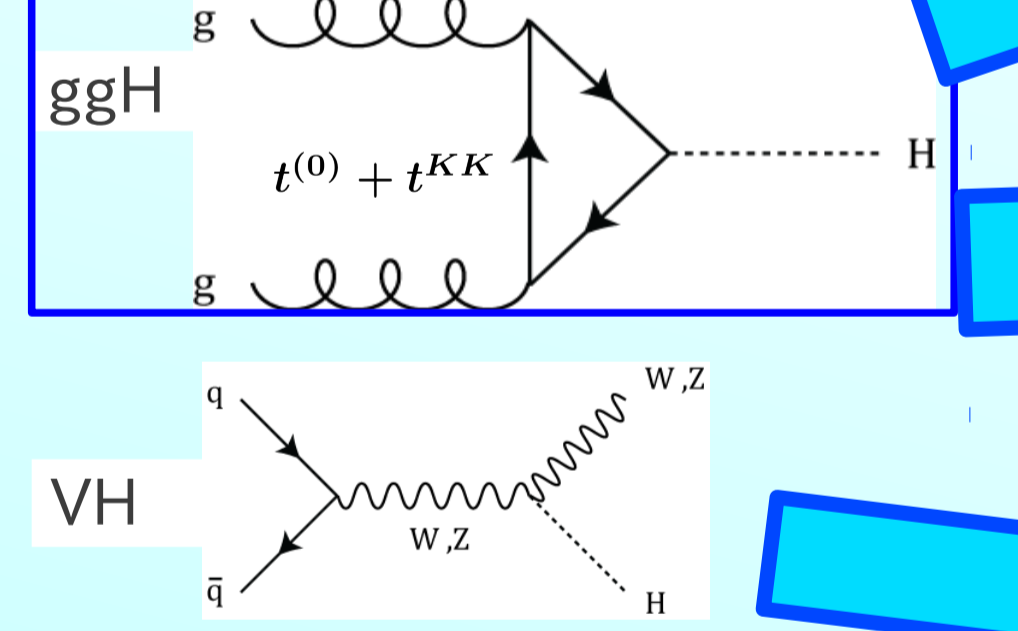
角田拓也 (新潟大) 素粒子物理学の進展2013 @京大基礎物理学研究所  
 尾田欣也(阪大)、西脇健二(ハリス=チャンドラ研究所:インド)、渡邊諒太郎(KEK)

PRD XXX(2013)XXX  
 arXiv:1305.1686

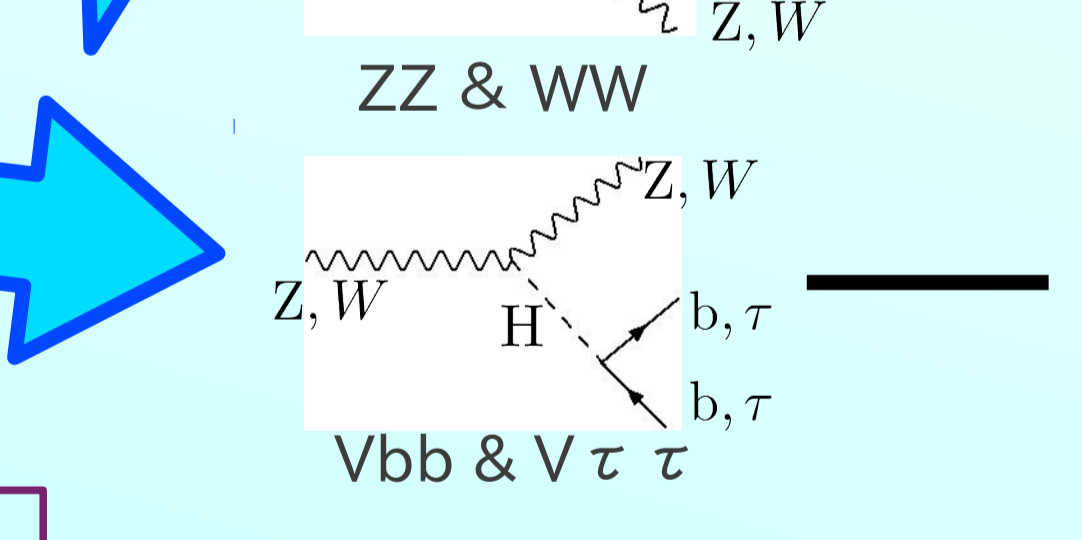
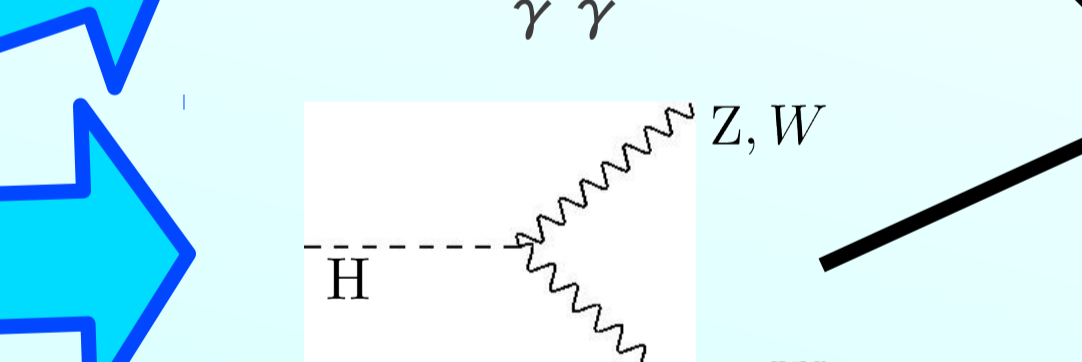
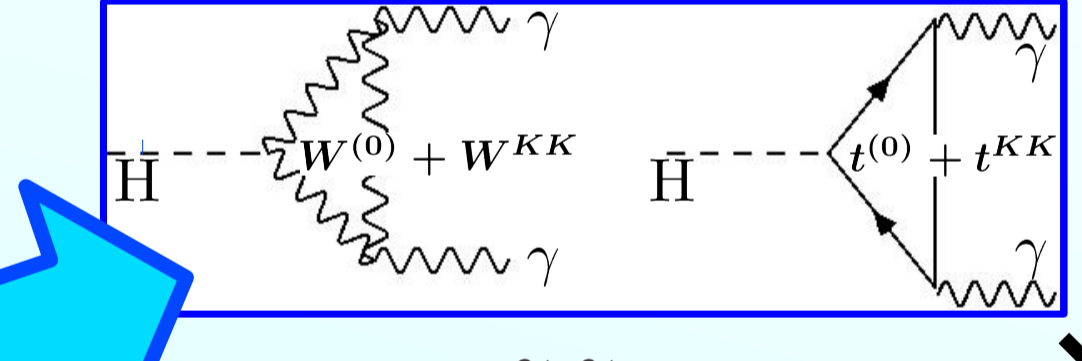
## ヒッグス崩壊分岐@LHC

### UED模型のヒッグス崩壊

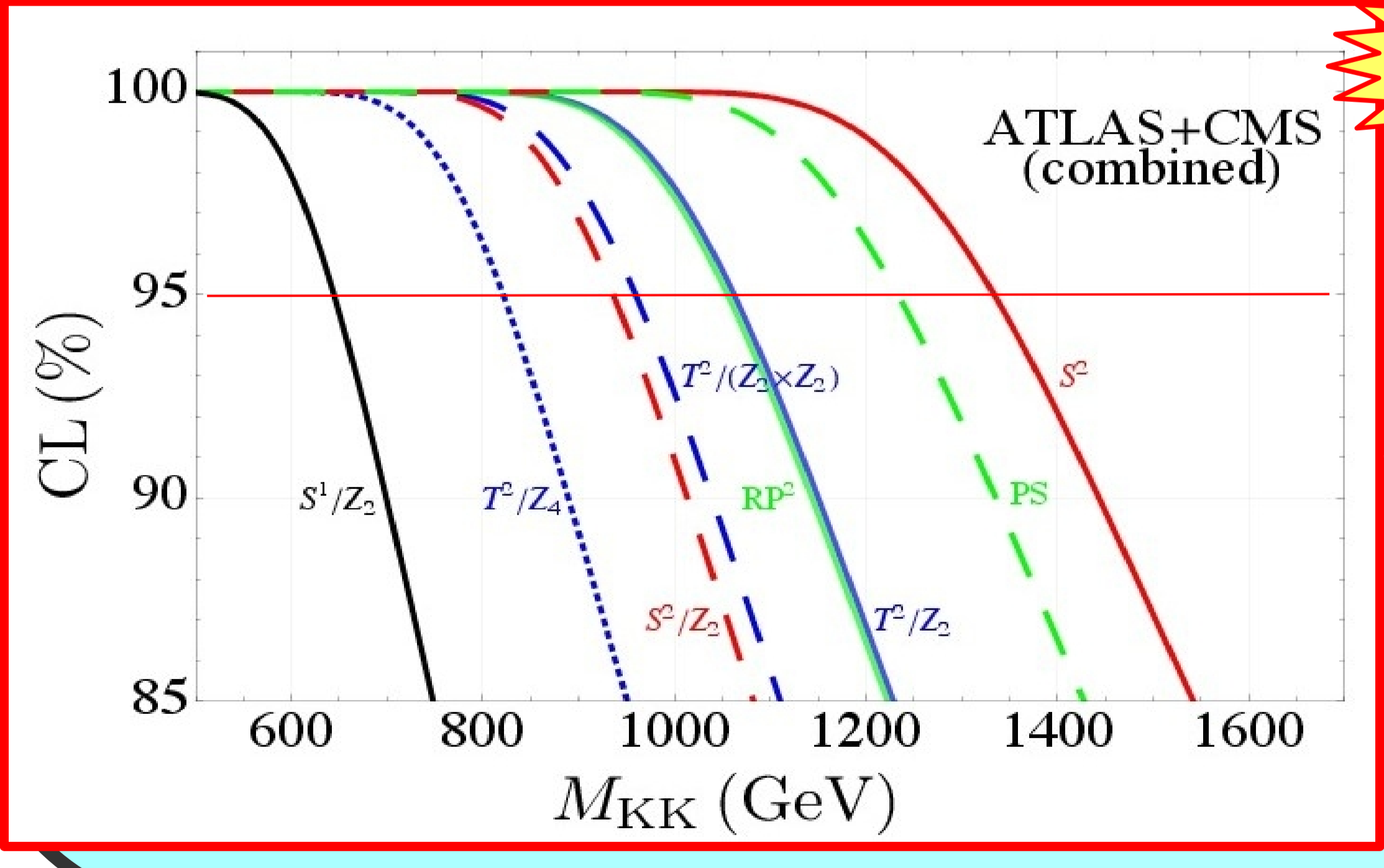
グルーオン融合ヒッグス生成はKKループにより増加



ツリーでのヒッグス生成、崩壊はSMと変わらず



### Exclusion confidence level



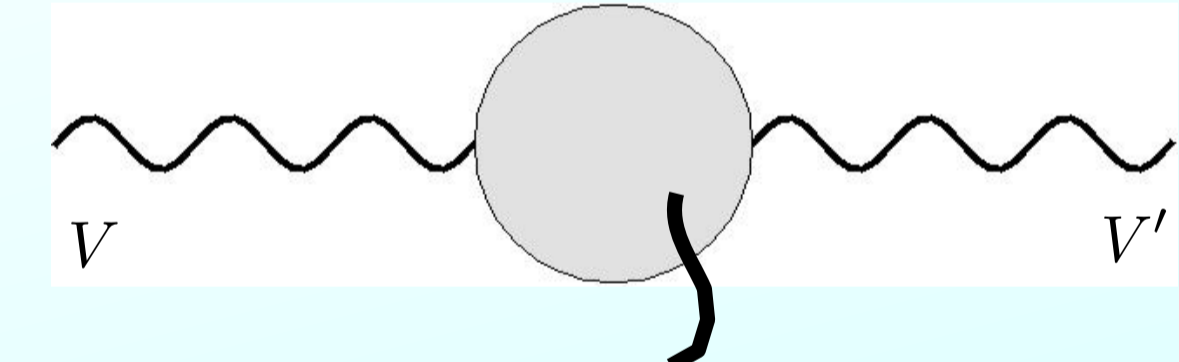
**NEW!!**

mUED  $M_{KK} > 600 GeV$   
 6D UEDs  $M_{KK} > 800 - 1300 GeV$

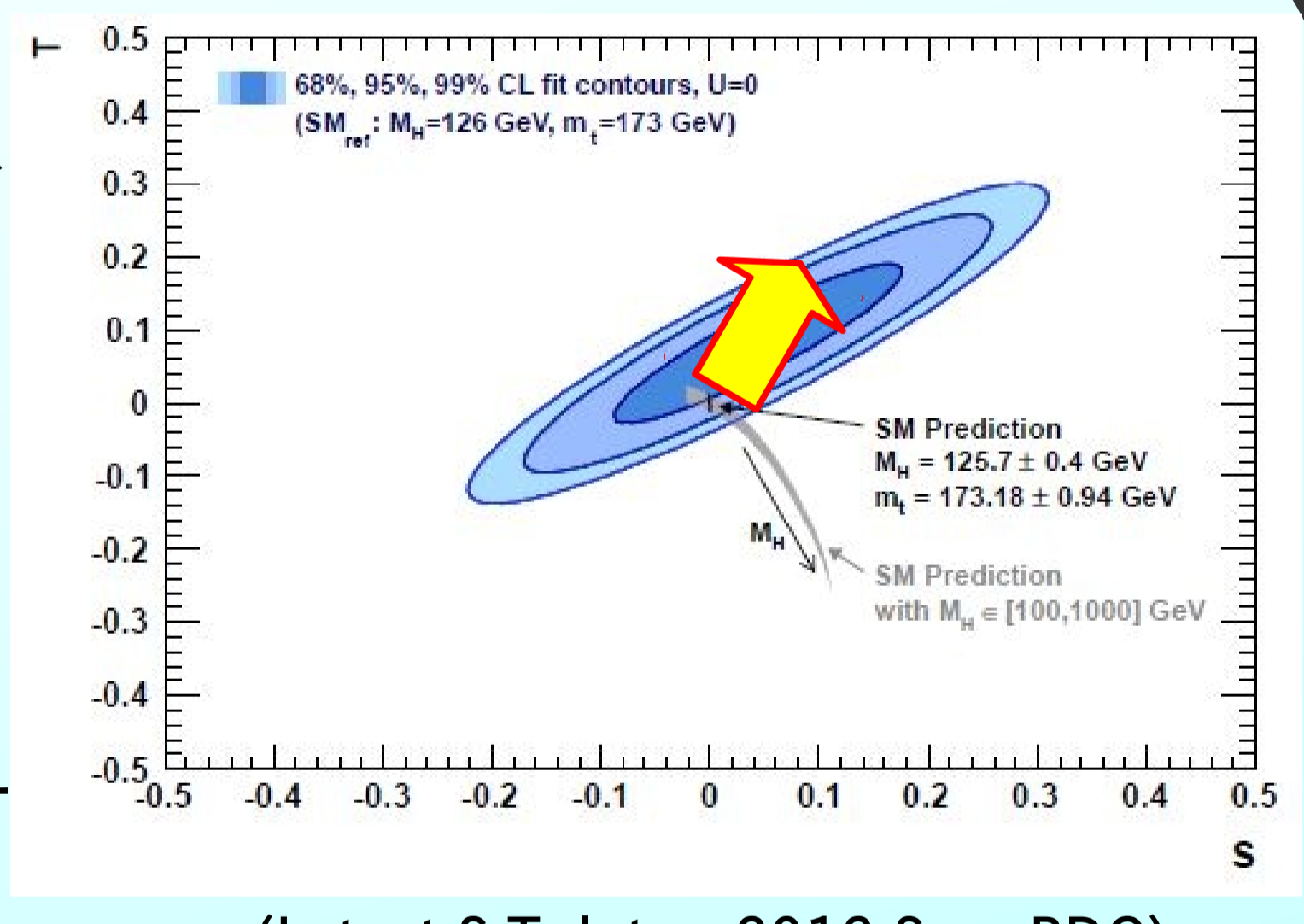
## S, T パラメータ

### UED模型におけるS, Tパラメータ

ゲージボソンの二点関数に対する補正がS, Tパラメータを与える

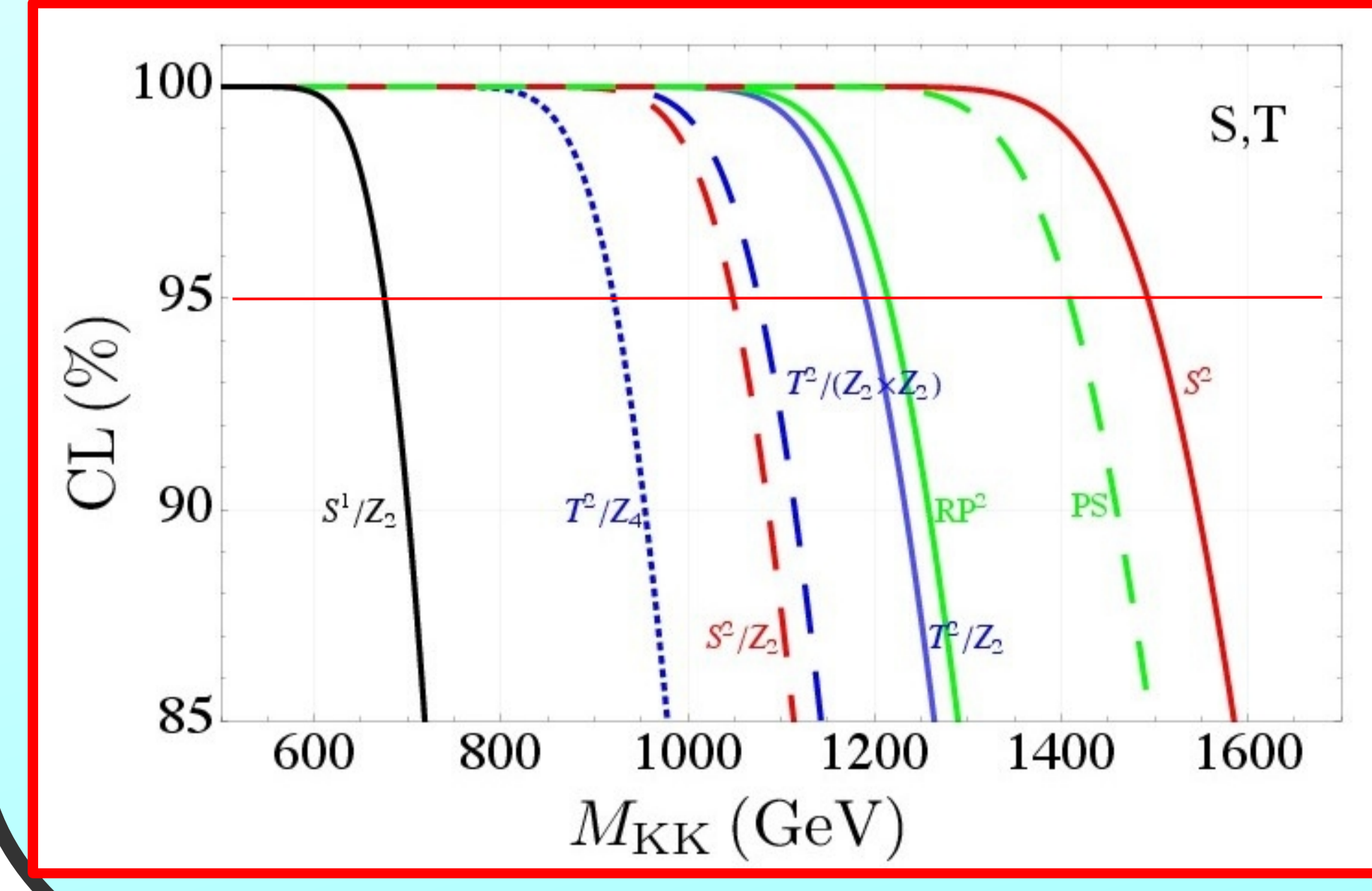


・KK topがS, Tを大きく増加させる  
 ・KKヒッグス, KKボソンがS, Tを若干減らす  
 ・topと比べて質量が極めて小さい → top以外の世代の寄与を無視



$S=0.05 \pm 0.09, T=0.08 \pm 0.07$   
 $\rho = +0.91$  (correlation matrix)

### Exclusion confidence level



**NEW!!**

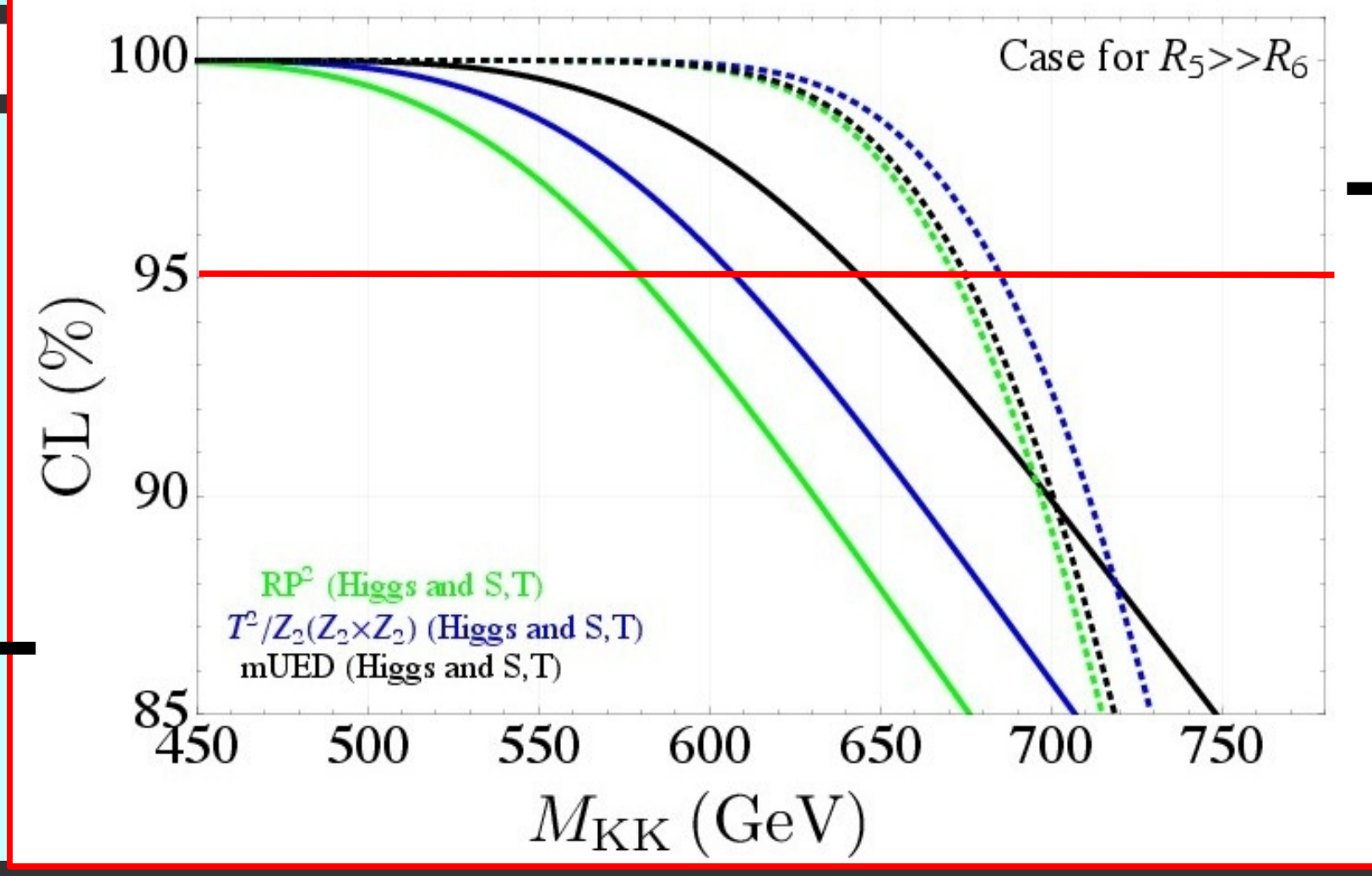
mUED  $M_{KK} > 700 GeV$   
 6D UEDs  $M_{KK} > 900 - 1500 GeV$

## おまけ

$R_5 \gg R_6$  の場合..

$T^2/Z_2$   
 $T^2/Z_2 \times Z'_2$  の3模型に関しては  $R_5 \neq R_6$  が考えられる  
 $RP^2$  → 極端な場合  $R_5 \gg R_6$  を仮定して解析してみる

点線・S, Tの結果  
 実践・ヒッグス崩壊分岐の結果



$T^2/Z_2$  と  $T^2/Z_2 \times Z'_2$  は  $R_5 \gg R_6$  の極限では同じ振る舞いをする

Type of orbifolding	Range of (m, n)
$T^2/Z_2$	$m+n \geq 1, \text{ or } m=-n \geq 1$
$T^2/(Z_2 \times Z'_2)$	$0 \leq m < \infty, 0 \leq n < \infty; (m, n) \neq (0, 0)$
$T^2/Z_4$	$1 \leq m < \infty, 0 \leq n < \infty$

$RP^2$ のみ若干違う振る舞い ← KKタワーの歯抜け構造による