

Warped extra dimensionにおける
カルツァー・クライン・グルーオンに対する
コライダー実験からの制限

米山京子 (お茶の水女子大学)

余剰次元物理研究会@大阪大学 (2010年1月20日)

共同研究者

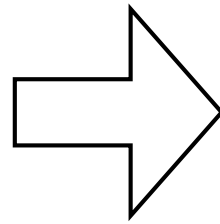
お茶の水女子大学 曹基哲 金畑喜美
中央大学 丸信人

Introduction

電弱精密測定(LEP実験等)

$$A_{FB}^b(\text{exp.}) = 0.0992 \pm 0.0016$$

$$A_{FB}^b(SM) = 0.1037$$



Randall Sundrum モデルの
枠組みで、この実験結果を
説明できるようなモデルを
考えた。

b-quarkの前方後方非対
称性 A_{FB}^b に 2.8σ のずれ

Model

fermion と gluon が bulk 中を伝播する Randall-Sundrum モデル

Randall and Sundrum
Phys.Rev.Lett.83,3307

フェルミオンの 5 次元作用

H.Davoudiasl, Hewett, Rizzo
PhysRevD.63.07500

$$S_f = \int d^4x \int d\phi \sqrt{G} [V_n^M (\frac{i}{2} \bar{\Psi} \gamma^n \partial_M \Psi + h.c) - \text{sgn}(\phi) m_\Psi \bar{\Psi} \Psi]$$

5次元質量は、AdS space の curvature k を用いて以下のように書ける

$$m_\Psi = \nu_\Psi k$$

このパラメータ ν は fermion の 5 次元方向の波動関数の広がりの特徴づける。

4次元 effective coupling

$$\frac{g^{f^0 f^0 g^n}}{g_{SM}} = \sqrt{2\pi k r_c} \frac{1 + 2\nu}{1 - \varepsilon^{2\nu+1}} \int_\varepsilon^1 dz z^{2\nu+1} \frac{J_1(x_n^A z) + \alpha_n^A Y_1(x_n^A z)}{|J_1(x_n^A) + \alpha_n^A Y_1(x_n^A)|}$$

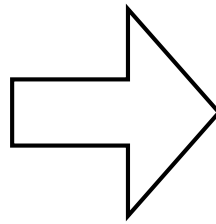
$$\varepsilon \equiv e^{-k r_c \pi}$$

Model

質量パラメータ

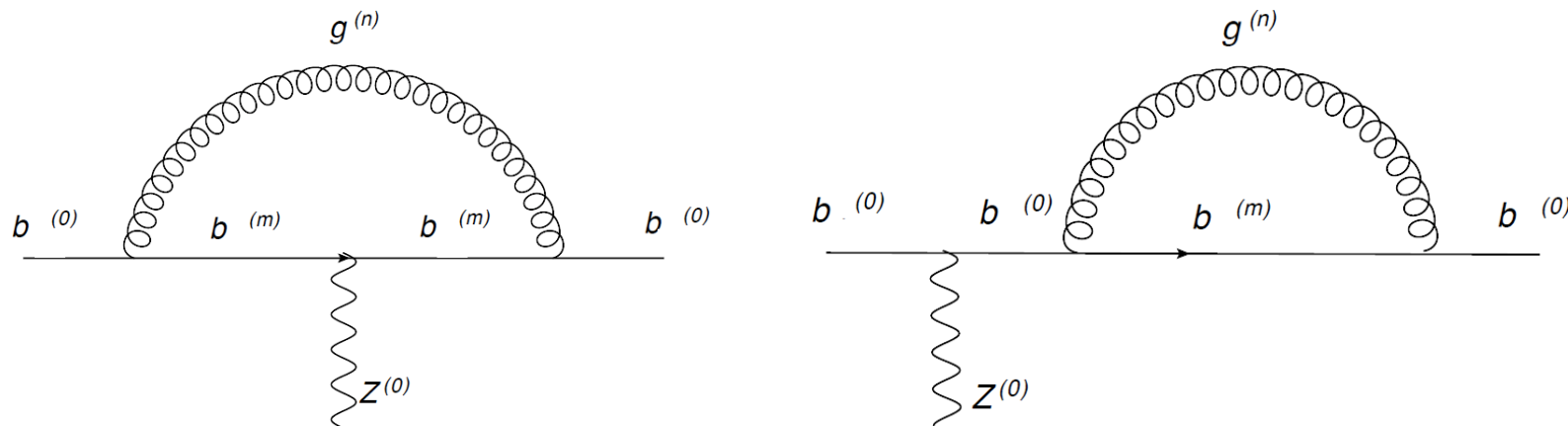
$$m_\Psi = \nu_\Psi k$$

$$\begin{aligned} \nu_{b_R} &\simeq 0.5 \\ \nu_{others} &< -0.5 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \frac{g^{b_R b_R g^1}}{g^{SM}} &= 6 \\ \frac{g^{q\bar{q}g^1}}{g^{SM}} &\simeq 0 \end{aligned}$$

KK-gluon, KK-bクォークの $Z \rightarrow b\bar{b}$ へ寄与から、実験値を説明するような1stKK-gluonの質量が調べられた。



Model

$$\delta A_{FB}^b \equiv (A_{FB}^b(NP) - A_{FB}^b(SM)) \times 10^4$$

KK gluon contribution to δA_{FB}^b

$A_{FB}^b(NP)$: A_{AB}^b of this model

$A_{FB}^b(SM)$: A_{AB}^b of Standard Model

モデルのまとめ

ν の値を

$$\nu_{b_R} \simeq 0.5$$

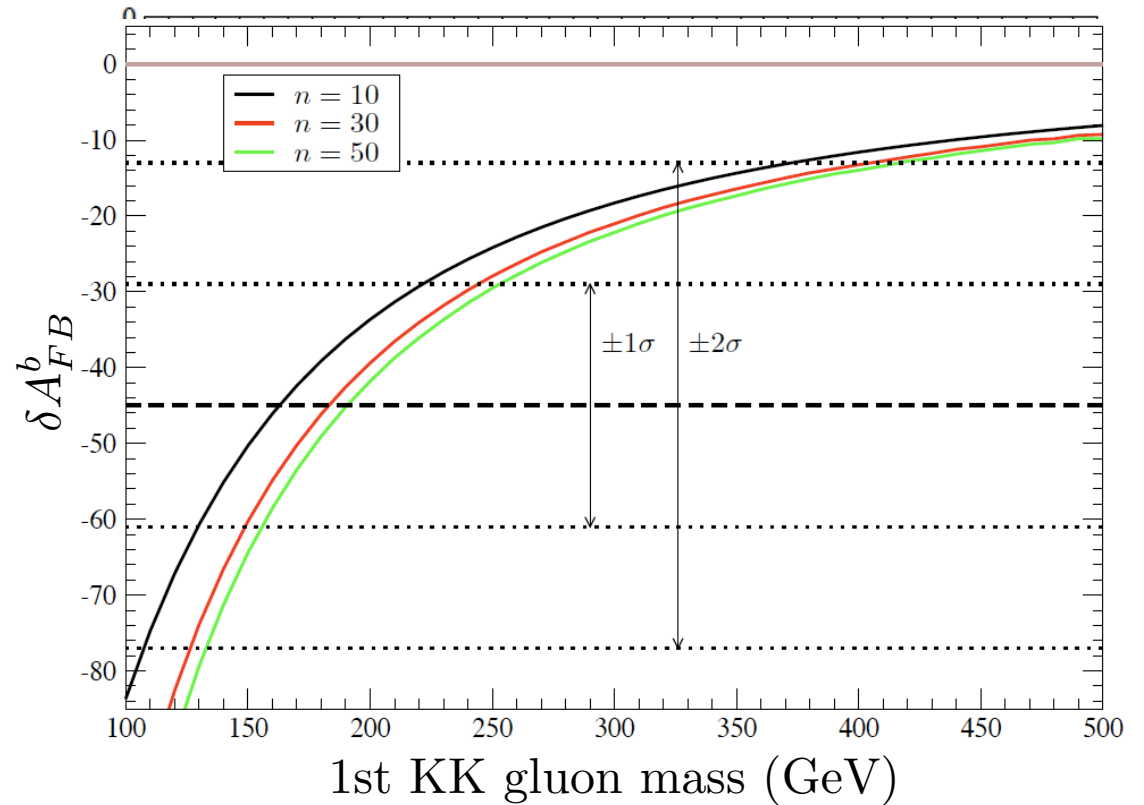
$$\nu_{others} < -0.5$$

とすると

1st gluonの質量が

$$150(\text{GeV}) < M < 250(\text{GeV})$$

のときこのモデルにおけるの前方後方非対称性の値と実験値とのずれは 1σ 以内であることが示された。



1st KK-gluon の質量に対する Collider実験からの制限

Collider 実験によるモデルの検証

モデル

fermion と gluon が bulk 中を伝播する RS model
1st KK gluon mass $150(\text{GeV}) < M < 250(\text{GeV})$

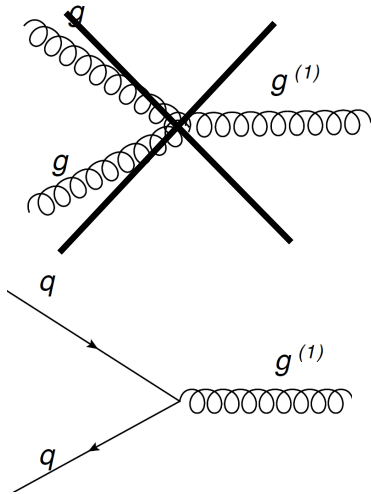
このモデルに対する
Tevatron 実験からの制限
を調べた。

SM 粒子が bulk 中を伝播する RS model
の現象論的研究

- M.Guchait, F.Mahmoudi and K.Sridhar
JHEP05(2007)103
- K.Agashe, A.Belyaev, T.Krupovnickas,
G.Perez and L.T.Wang
Phys.RevD.77.015003
- B.Lillie, L.Randall and L.T. Wang
Phys.RevD.77.015003

等

1st KK-gluonのCoupling



KK gluon 3点 coupling

$$A_\mu(x, \phi) = \sum_{n=0}^{\infty} A_\mu^{(n)}(x) \frac{\chi_A^{(n)}(\phi)}{\sqrt{r_c}} \quad \chi_A^{(0)} = 1/\sqrt{2\pi}$$

$$\frac{g^{g^l g^m g^n}}{g_{SM}} = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{d\phi}{\sqrt{k}} \frac{\chi_A^{(l)} \chi_A^{(m)} \chi_A^{(n)}}{\sqrt{r_c}}$$

直交性 $\int_{-\pi}^{\pi} d\phi \chi_A^{(m)} \chi_A^{(n)} = \delta^{mn}$ より

$$\frac{g^{g g g^1}}{g_{SM}} = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{d\phi}{\sqrt{k}} \frac{\chi_A^{(0)} \chi_A^{(0)} \chi_A^{(1)}}{\sqrt{r_c}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{k r_c}} \int_{-\pi}^{\pi} d\phi \chi_A^{(0)} \chi_A^{(1)} = 0$$

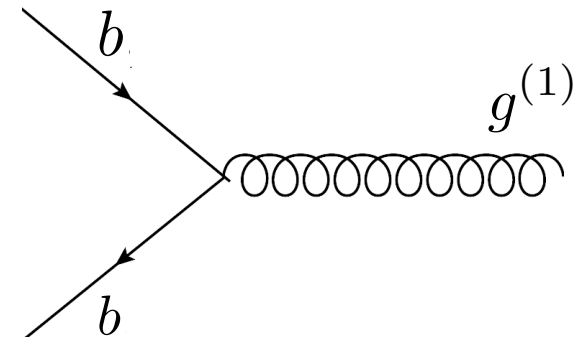
$$\frac{g^{g g g^1}}{g_{SM}} = 0$$

$$\frac{g^{b_R b_R g^1}}{g^{SM}} = 6$$

$$\frac{g^{q \bar{q} g^1}}{g_{SM}} \simeq 0$$

$$(\nu_{b_R} \simeq 0.5)$$

$$(\nu_{others} < -0.5)$$



Constraint from Tevatron

1st KK-gluon production cross-section

$$\sqrt{s} = 1.96 \text{TeV}$$

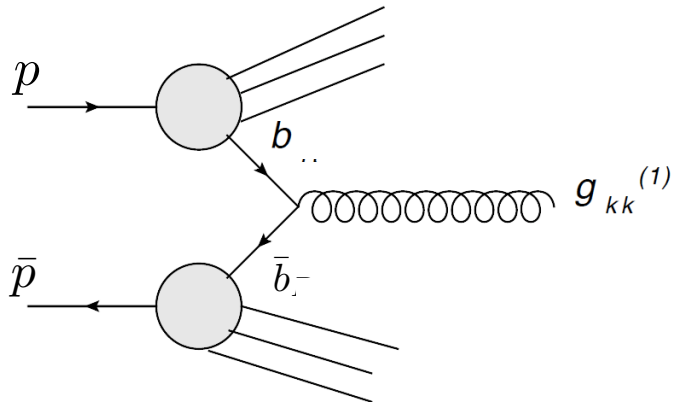
$$\sigma_{(p\bar{p} \rightarrow g^1 + X)} = \int dx_1 \int dx_2 [x_1 f_b^p(x_1, M) x_2 f_{\bar{b}}^{\bar{p}}(x_2, M) + x_1 f_{\bar{b}}^{\bar{p}}(x_1, M) x_2 f_b^p(x_2, M)] \hat{\sigma}(b\bar{b} \rightarrow g^1)$$

$$\hat{\sigma}(b\bar{b} \rightarrow g^1) = \frac{2\pi}{9} (g^{b_R b_R g^1})^2$$

$$g^{b_R b_R g^1} = 6g_{SM} = 6\sqrt{4\pi\alpha_s}$$

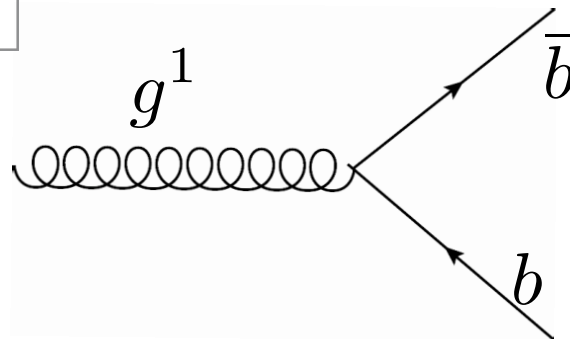
M : 1st gluonの質量

f_b^p : parton distribution function



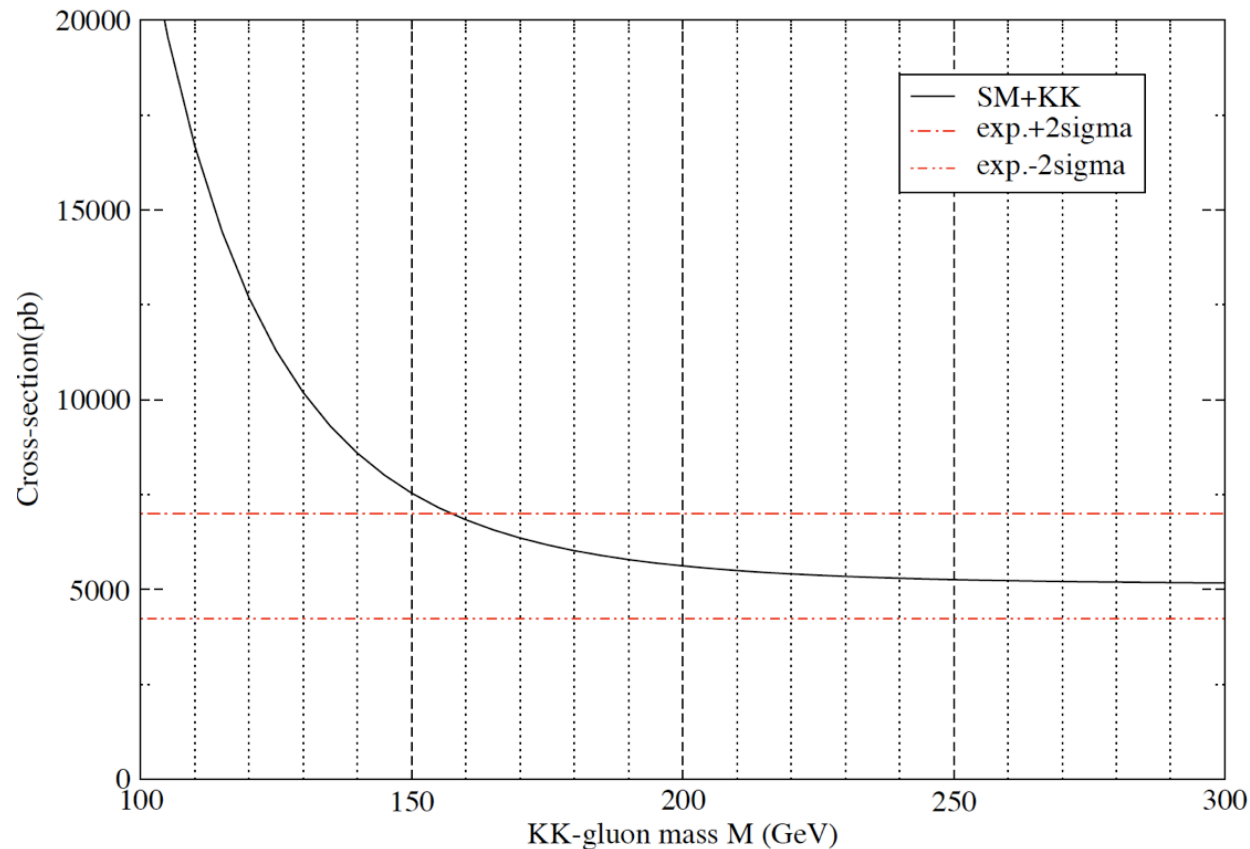
1st KK-gluon decay mode

$$g^{(1)} \rightarrow b\bar{b}$$



Constraint from Tevatron

$b\bar{b}$ production cross-section



Data $\sigma_{exp} = 5664 \pm 168(stat.) \pm 1270(syst.)$ [pb]
Standard Model $\sigma_{SM} = 5136 \pm 52$ [pb]

CDF and D0 collaboration, S. Cabrera,
FERMILAB-CONF-06-228-E

禁止される質量の範囲は $M < 157$ GeV

まとめ

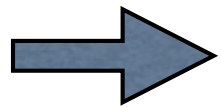
考えているモデル

b-quarkの前方後方非対称性の実験値を説明できるモデル

- fermion、gluonが余剰次元方向に伝播しているRS model
- KK-gluonは b_R とのみ強く相互作用する
- 1st KK-gluonの質量は150~250GeV

Tevatron実験からの制限

Tevatron実験から禁止されるKK-gluon の質量の範囲は $M < 157 \text{ GeV}$



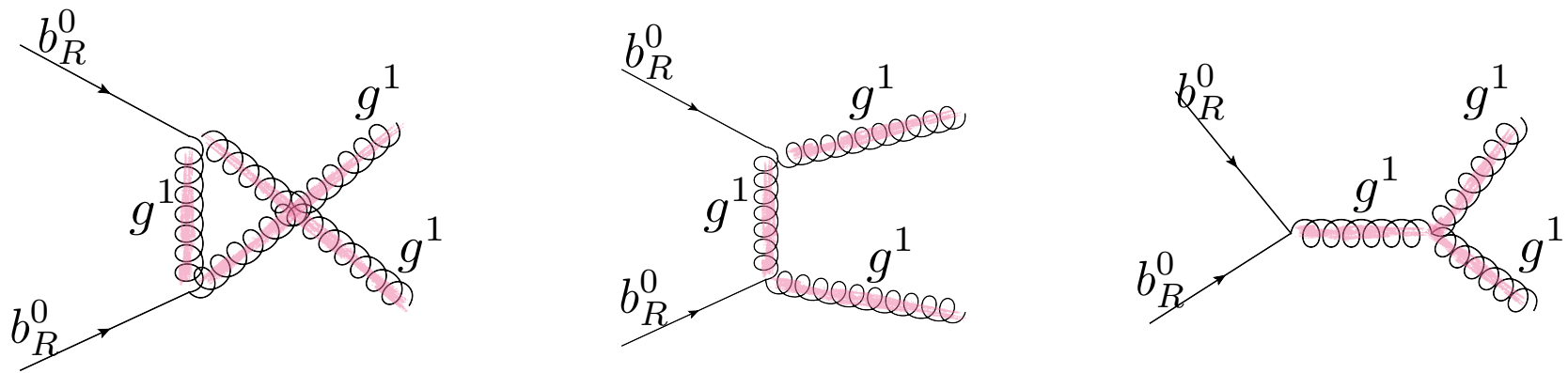
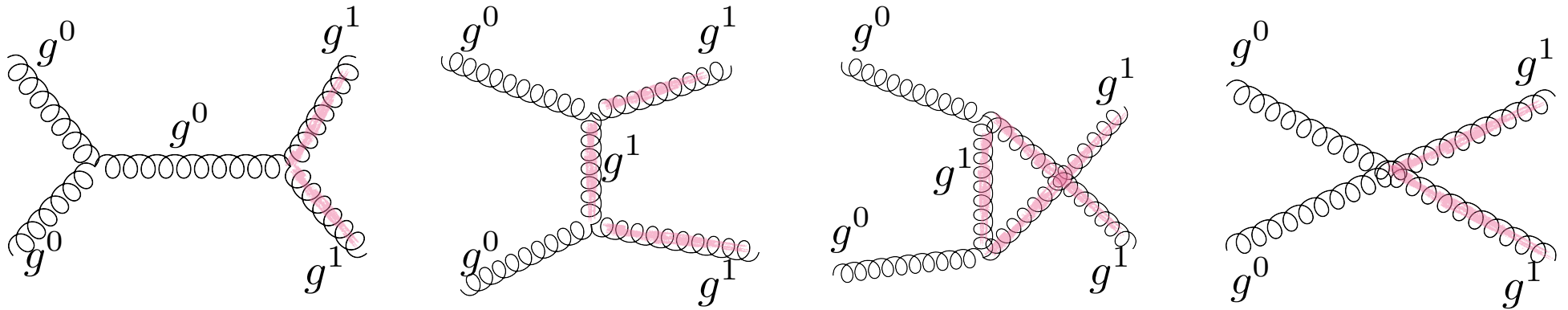
このモデルで許される1st KK gluonの質量範囲は

$$157\text{GeV} < M < 250\text{GeV}$$

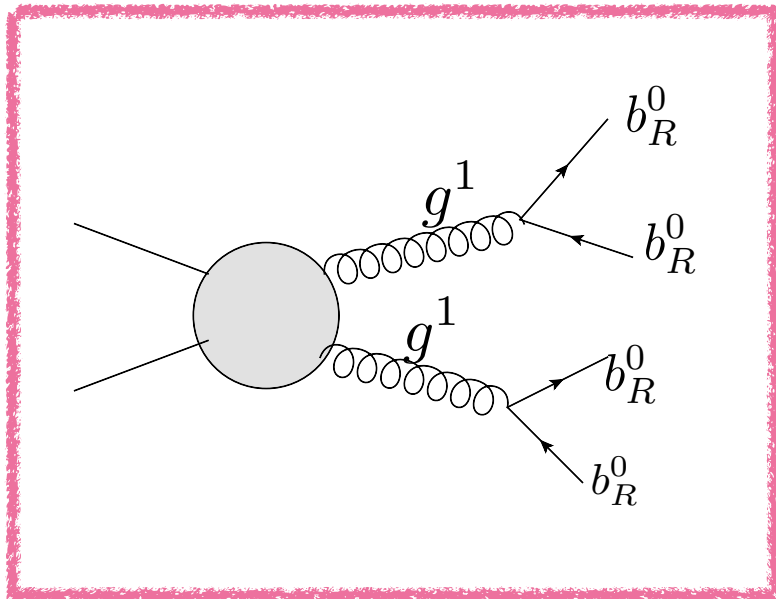
今後の課題

- KKグルーオンのpair production によるモデルの検証を行う。
- 他のモデルとのシグナルの違いを議論する。

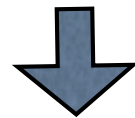
KK-gluon pair production



KK-gluon pair production シグナル



生成されたKKグルーオンペアはb-quark対に崩壊するので、detectorでは4 b-jet として測定される。



- KK-gluonからの4 b-jetのcross-sectionを計算し、SMにおける4 b-jet cross-sectionと比較する。
- 実験で得られる4b-jetsのデータから、bクォーク、反bクォークのinvariant mass分布が示すピークの位置を調べる。

SMにおけるbクォーク生成

