

光子-陽子衝突におけるスピン1粒子 を媒介とした暗黒物質の探索について

米村美紀

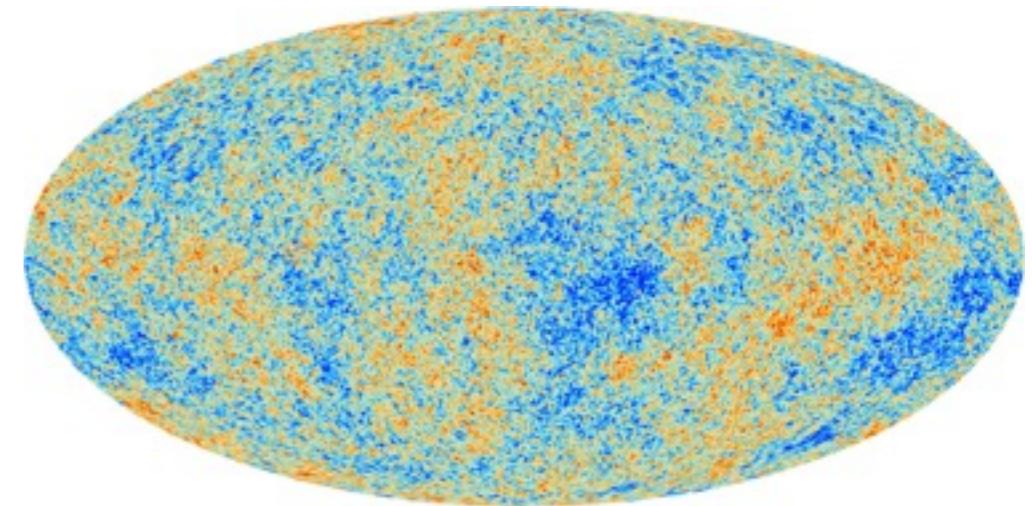
(お茶の水女子大学)

共同研究者：山下公子(国立清華大) 曹 基哲(お茶大)

Flavor Physics Workshop 2018

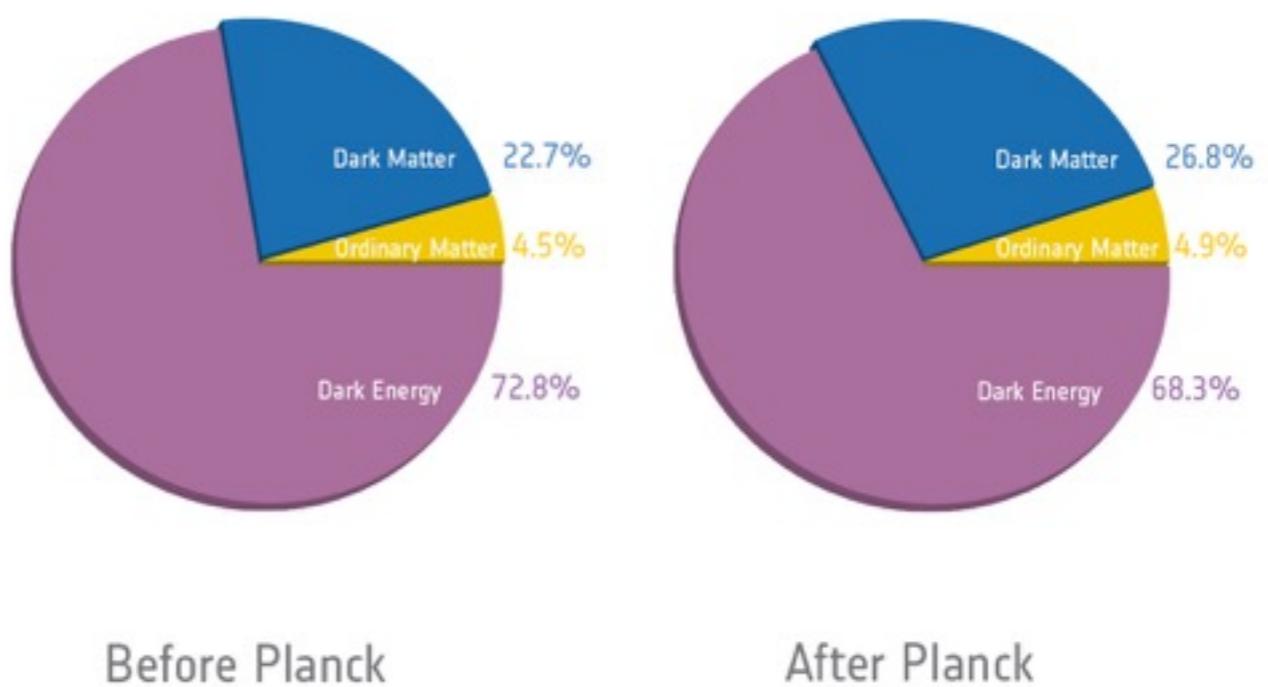
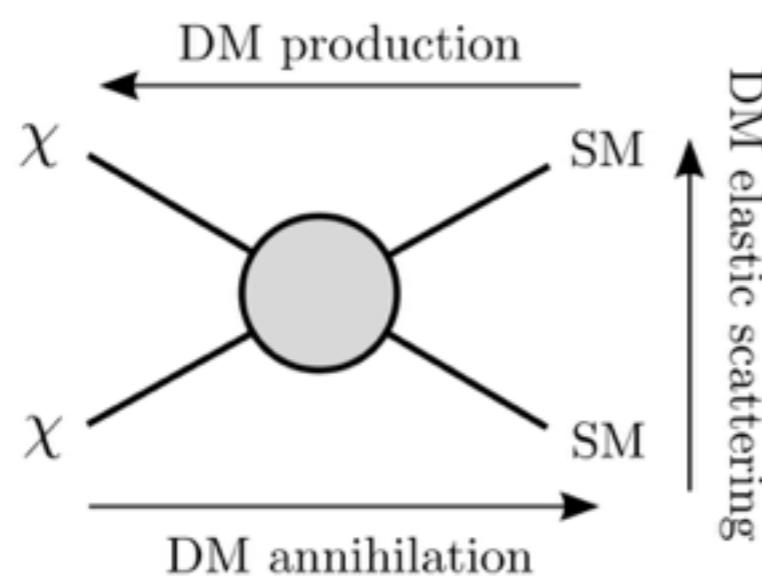
導入 : モチベーション

背景輻射などから暗黒物質(DM)の存在
→素粒子標準模型(SM)を越える物理の証拠



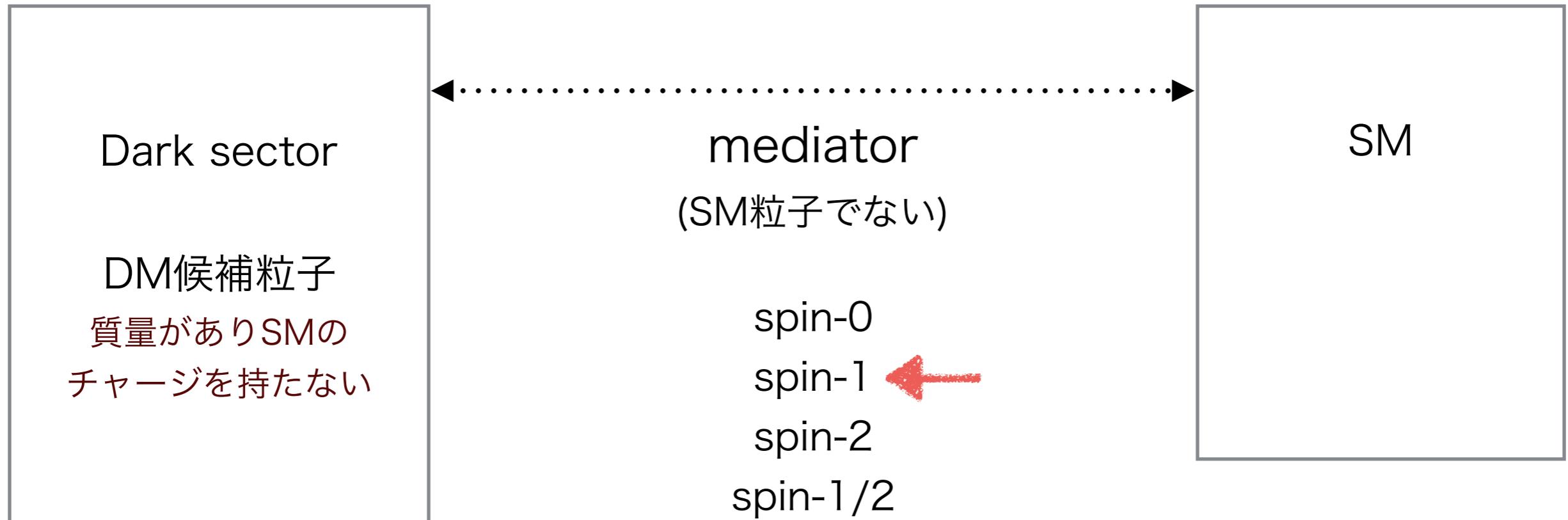
暗黒物質 → 長寿命、電気的に中性、SM粒子と相互作用しない（もしくはすごく弱い）

→ SMの拡張模型が提唱されている



導入 : simplified dark matter model

mediatorを通してSMとDark Sectorが
相互作用する模型を考える

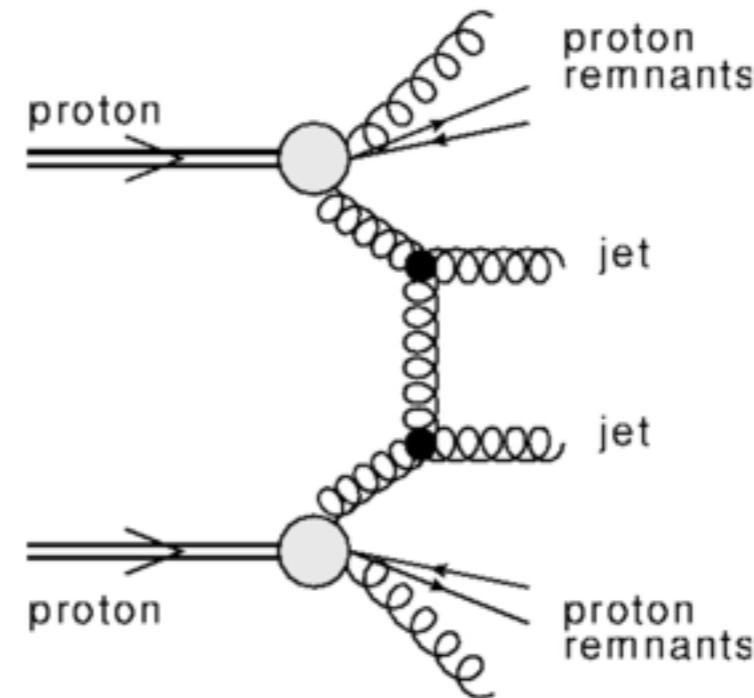
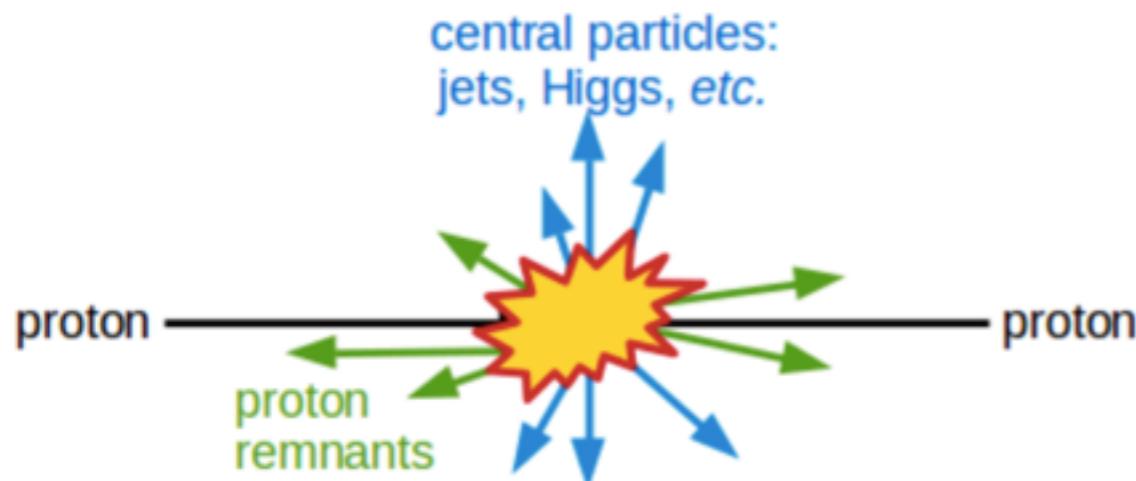


Simplified dark matter models with a spin-2 mediator at the LHC (arXiv:1701.07008v2)

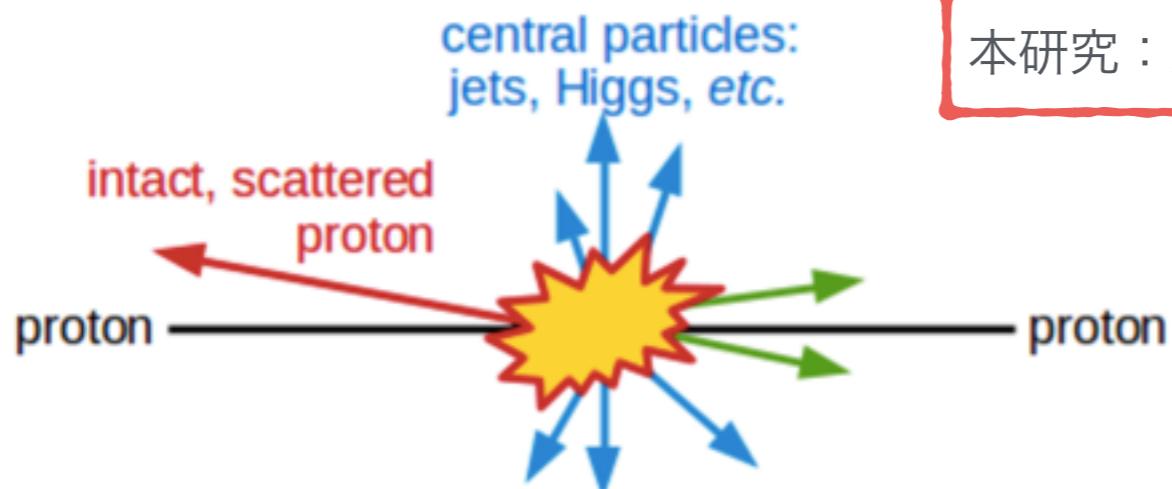
Simplified models for dark matter searches at the LHC (arXiv:1506.03116v3)....

導入 : 前方検出器

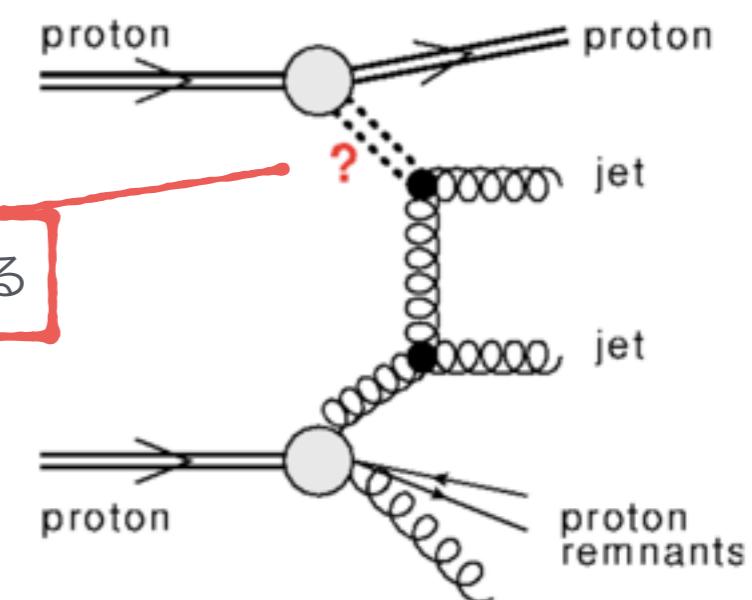
LHC実験



前方陽子検出器が用いられる過程

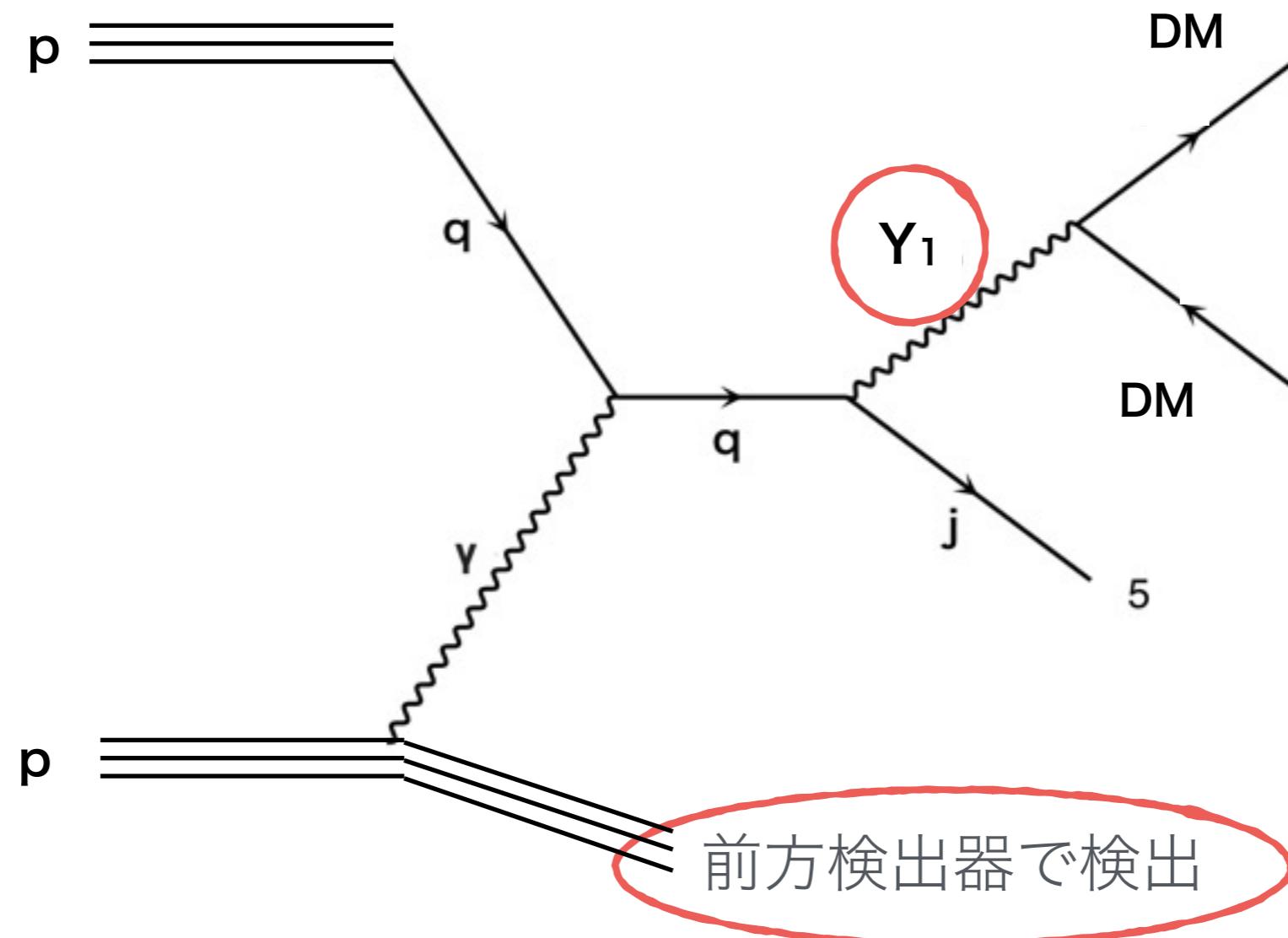


本研究：光子を出す過程を考える



導入 : 本研究

光子・陽子衝突過程における
spin-1 mediatorがDM対に崩壊する過程について調べる
→ 前方検出器を用いた探索の感度を知る



目次

- 1 導入
- 2 spin-1 mediator model
- 3 前方検出器を用いたDM対生成過程の評価
- 4 モデルパラメータに関する制限
- 5 まとめ

spin-1 mediator model

- スピン1の媒介粒子 (Y_1)とDM粒子(X_D)の相互作用ラグランジアン

$$L_{X_D}^{Y_1} = \bar{X}_D \gamma_\mu (g_{X_D}^V + g_{X_D}^A \gamma_5) X_D Y_1^\mu$$

Y1とDMの結合定数

$$\begin{aligned} g_{X_d}^V &= 1.0 \\ g_u^V &= g_d^V = 0.25 \end{aligned}$$

- スピン1の媒介粒子 (Y_1)とSMクォーク(d,u)

$$L_{SM}^{Y_1} = \sum_{i,j} [\bar{d}_i \gamma_\mu (g_{d_i j}^V + g_{d_i j}^A \gamma_5) d_j + \bar{u}_i \gamma_\mu (g_{u_i j}^V + g_{u_i j}^A \gamma_5) u_j] Y_1^\mu$$

Y1とdクォークの
結合定数

Y1とuクォークの
結合定数

$$\begin{aligned} g_{X_d}^A &= 1.0 \\ g_u^A &= g_d^A = 0.25 \end{aligned}$$

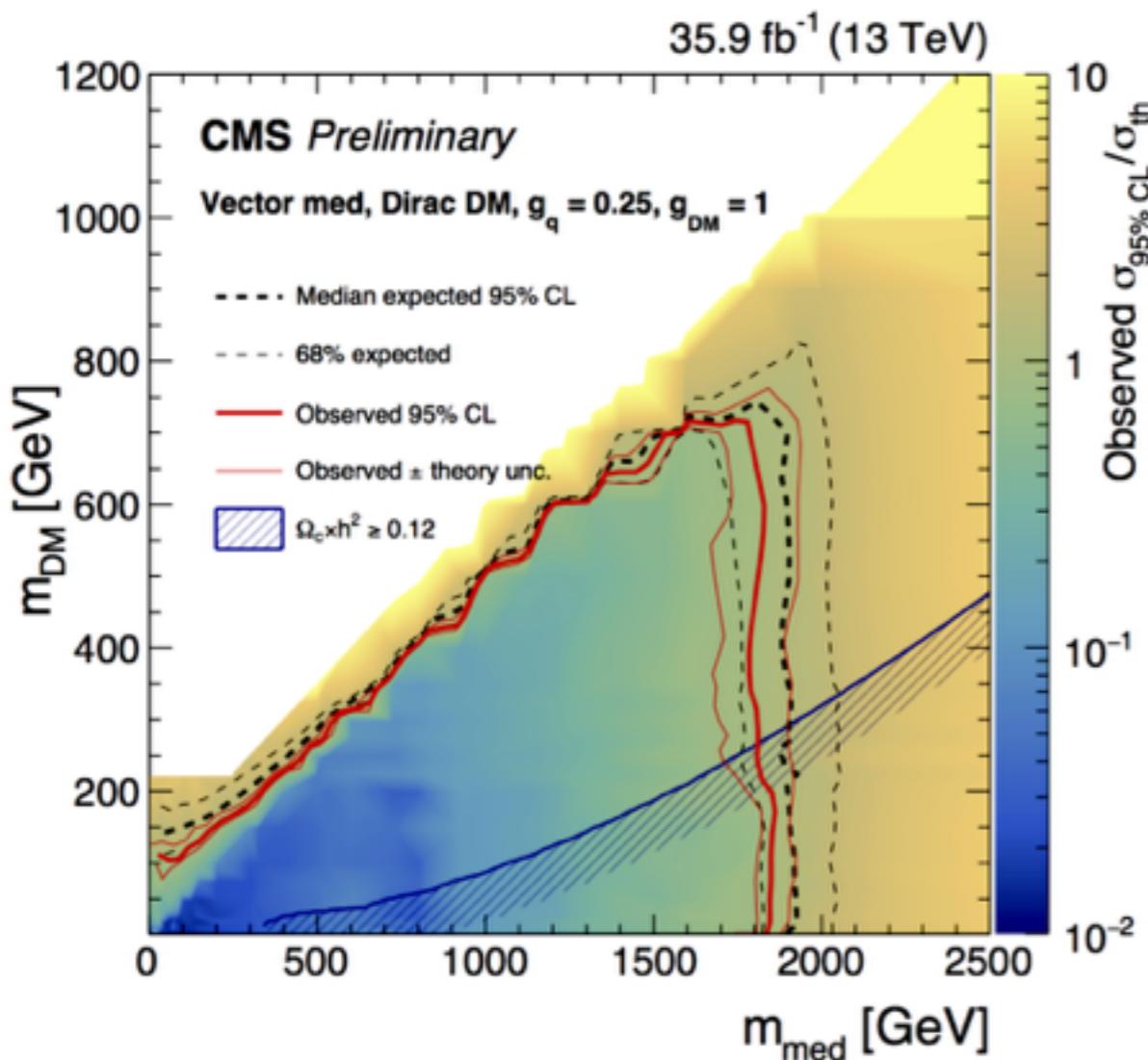
d、u : down type quarks、 up type quarks
(i、j = 1,2,3 : 世代)

Recommendations of the LHC Dark Matter Working Group(arXiv:1703.05703v2)

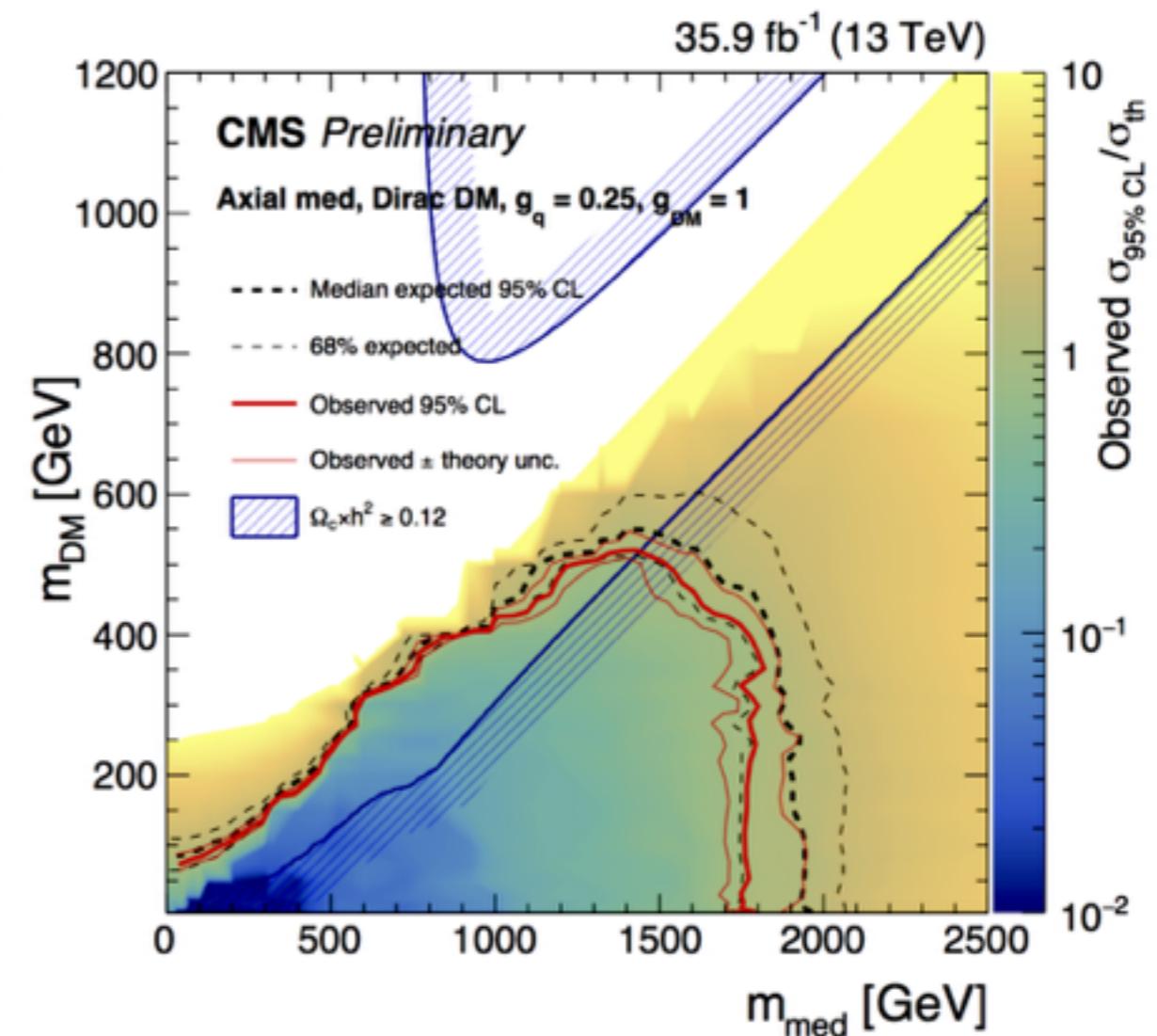
(arXiv:1508.05327)

模型にかかる制限

Vector



Axial

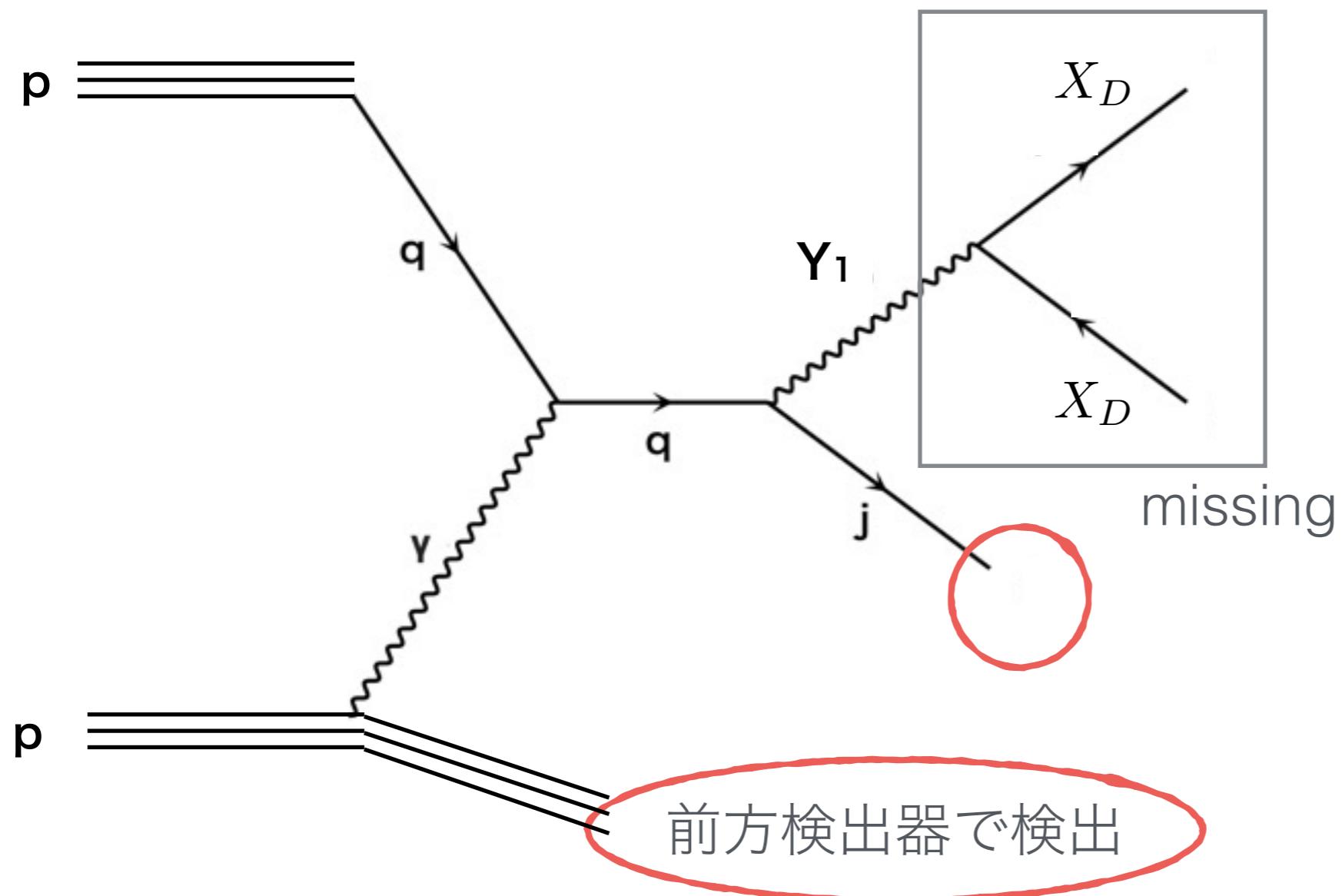


CMS Physics Analysis Summary (EXO-16-048)

本研究でのシグナル過程

$$p\gamma \rightarrow X_D \bar{X}_D + jet$$

ダイアグラムは56通り

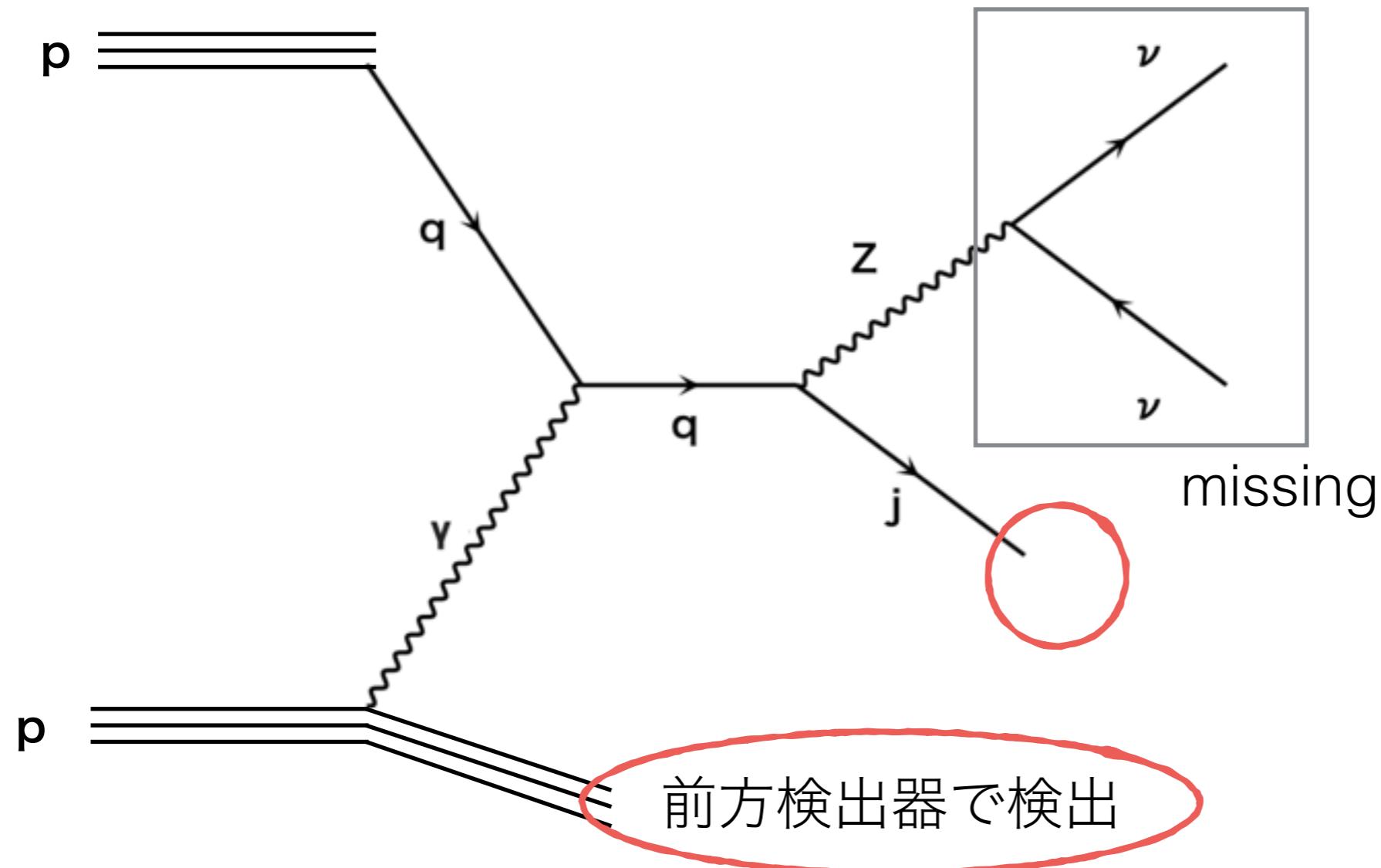


イベント生成: MadGraph5_aMC@NLO
解析 : Madanalysis5

SMでの背景過程

$$p\gamma \rightarrow \nu_\ell \bar{\nu}_\ell + jet$$
$$p\gamma \rightarrow \nu_\ell \bar{\nu}_\ell \nu_\ell \bar{\nu}_\ell + jet$$

ダイアグラムは2640通り



イベント生成: MadGraph5_aMC@NLO

解析 : Madanalysis5

数値計算

始状態に対するカット

CMS-TOTEM: $0.0015 < \xi < 0.5$

前方検出器に入る（光子放出後の）陽子のエネルギーロス
= 放出光子が持ち去ったエネルギー

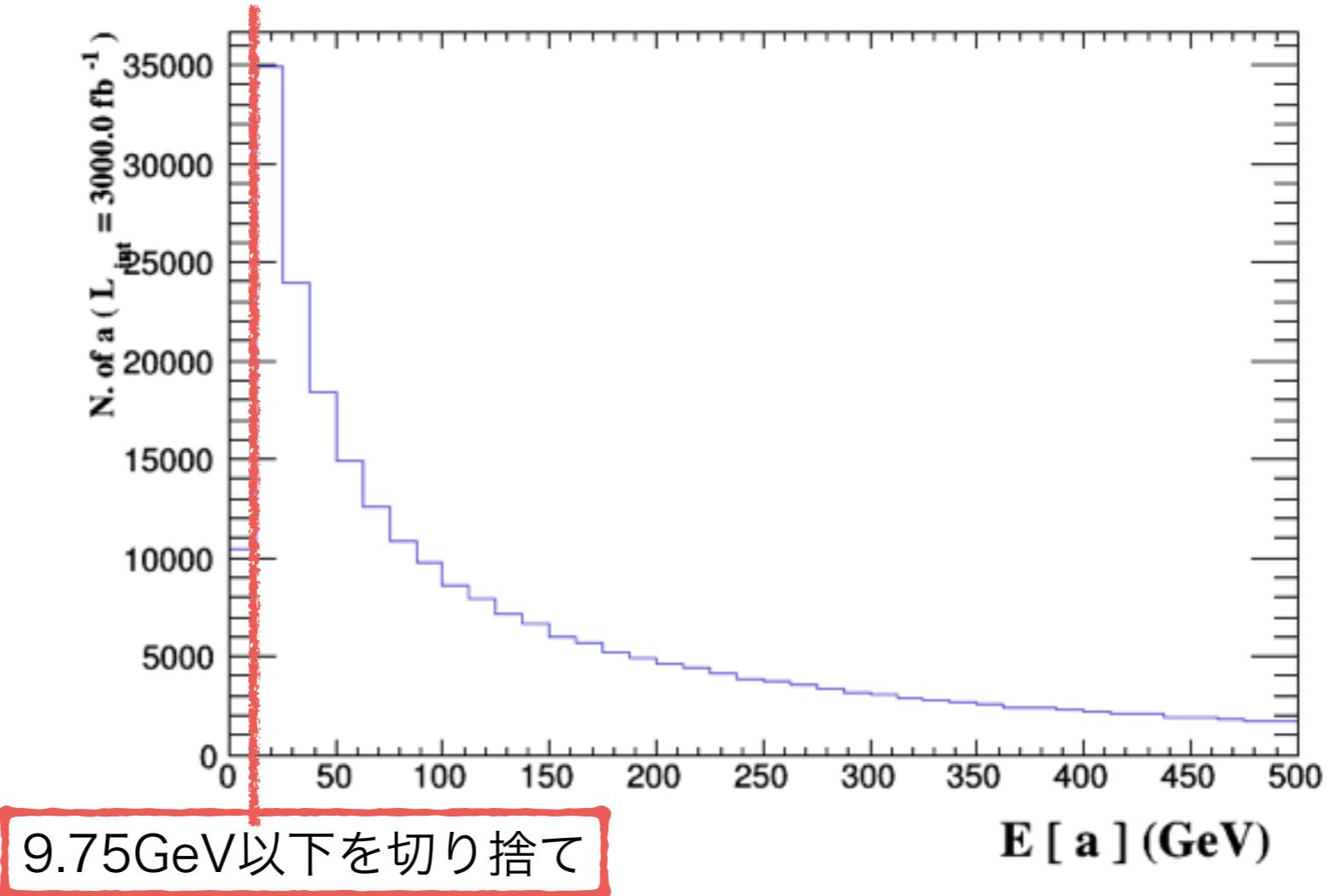
$$\xi \equiv \frac{|\mathbf{p}| - |\mathbf{p}'|}{|\mathbf{p}|} = \frac{E_\gamma}{E_p}$$

$\sqrt{s} = 13\text{TeV}$

$E_p = 6500\text{GeV}$

E_γ に制限をつけることができる

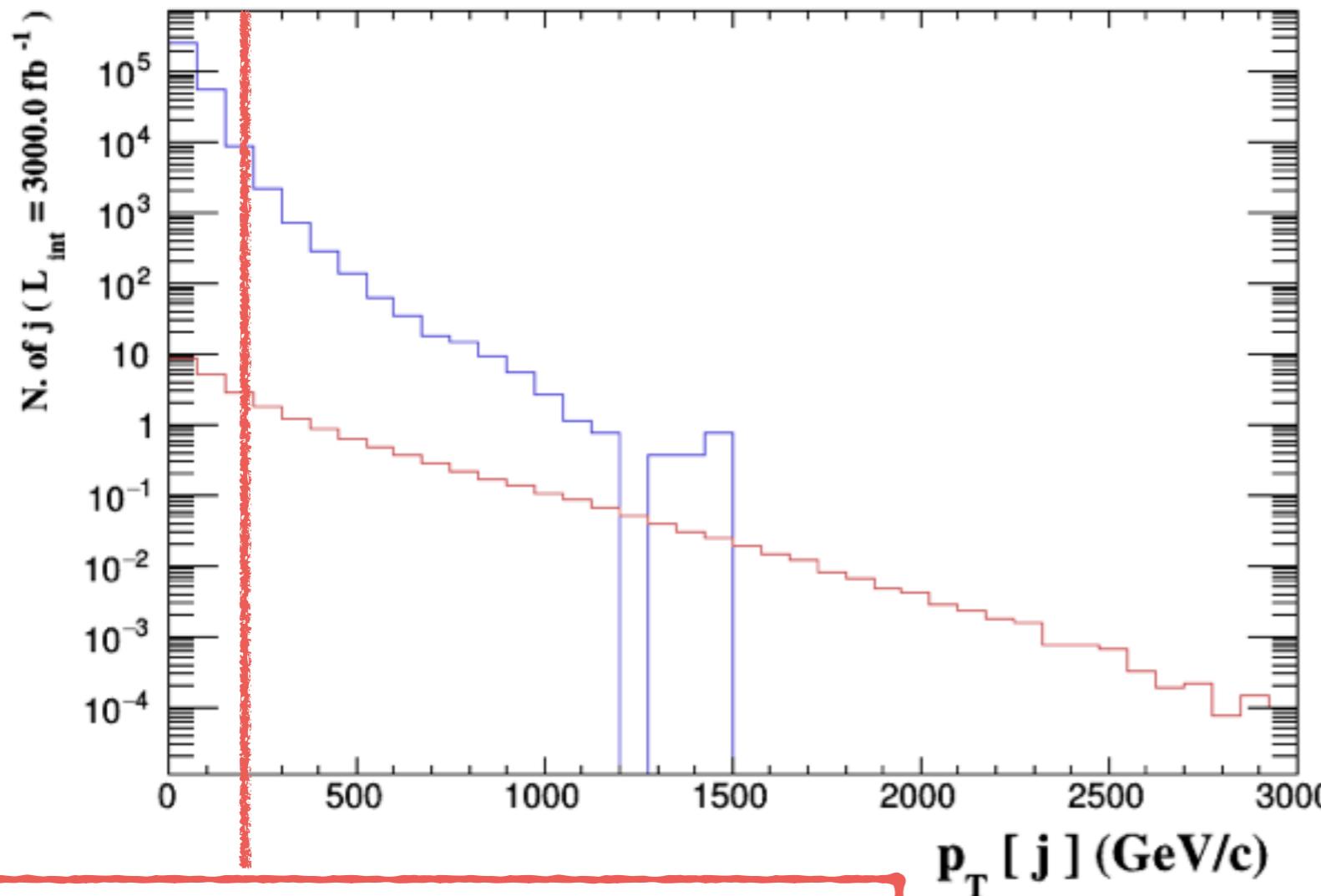
$9.75 < E_\gamma < 3250\text{ GeV}$



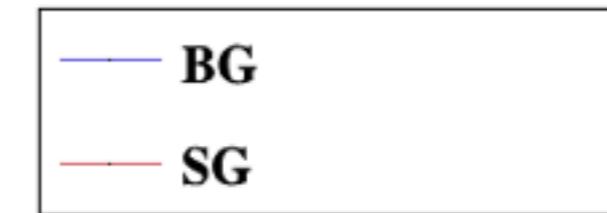
数値計算

終状態に対するカット

- mono-jetの横運動量(P_T)に対するカット



200GeV以下を切り捨て



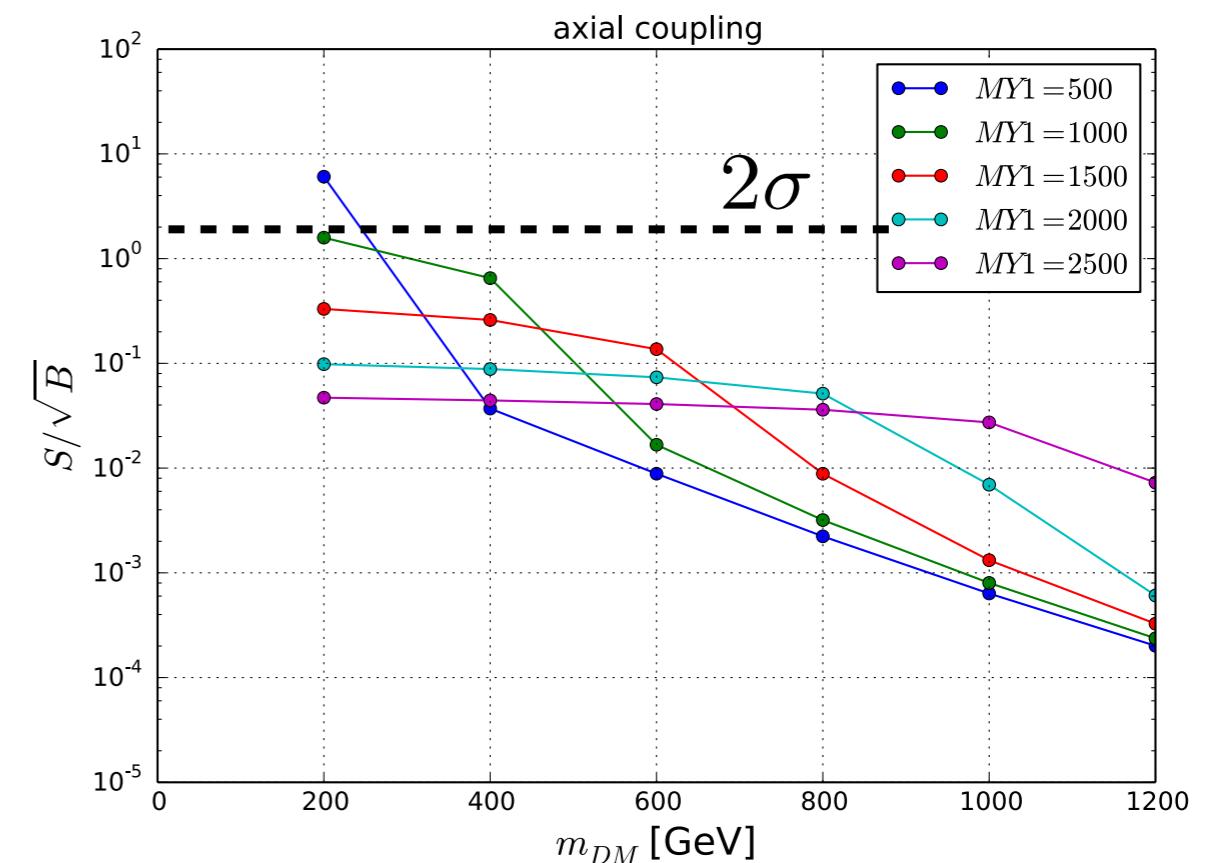
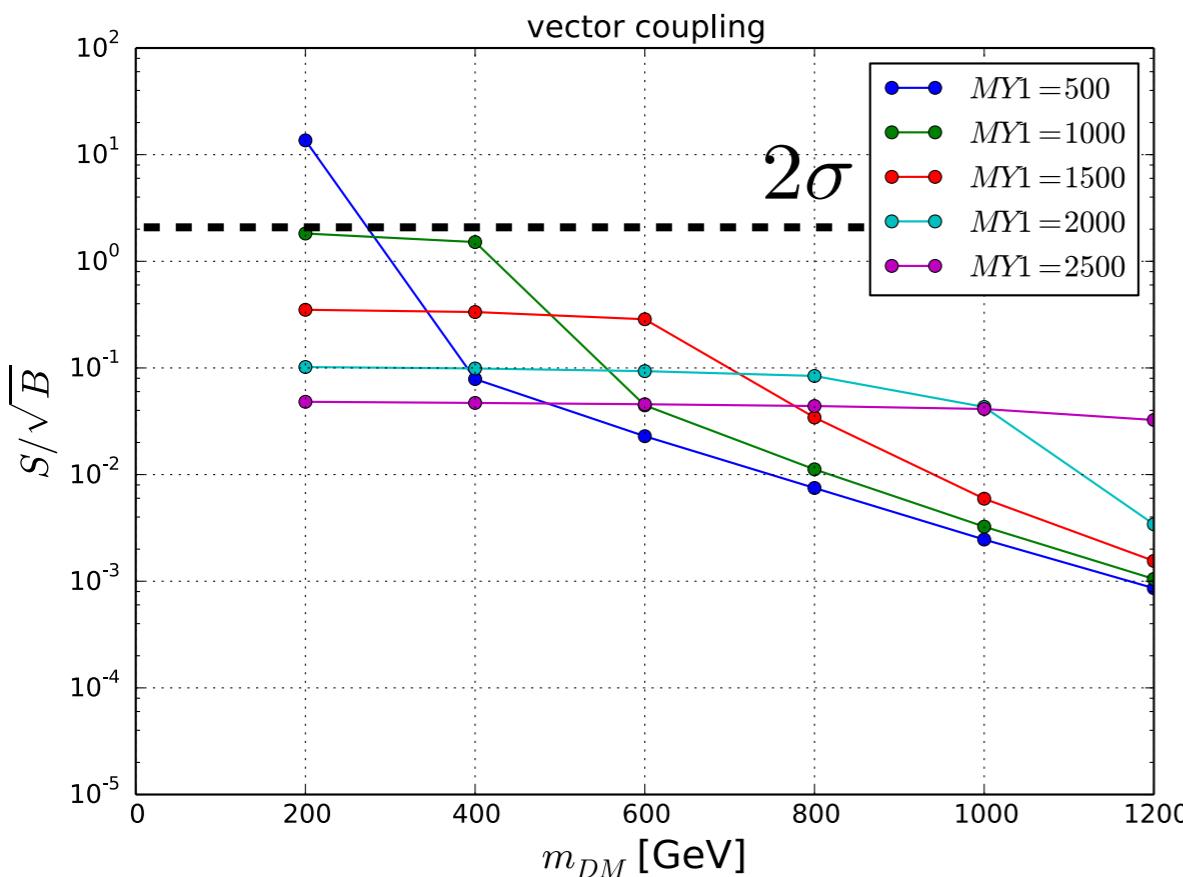
イベント数	lumi = 3000fb^{-1}	
	before	after
BG	328376	20302
Signal	23.699	10.87

數值計算

統計的有意性

$$\frac{S}{\sqrt{B}} = \frac{L_{int} \cdot \sigma_{sig}}{\sqrt{L_{int} \cdot \sigma_{BG}}}$$

(lumi = 3000fb^{-1})

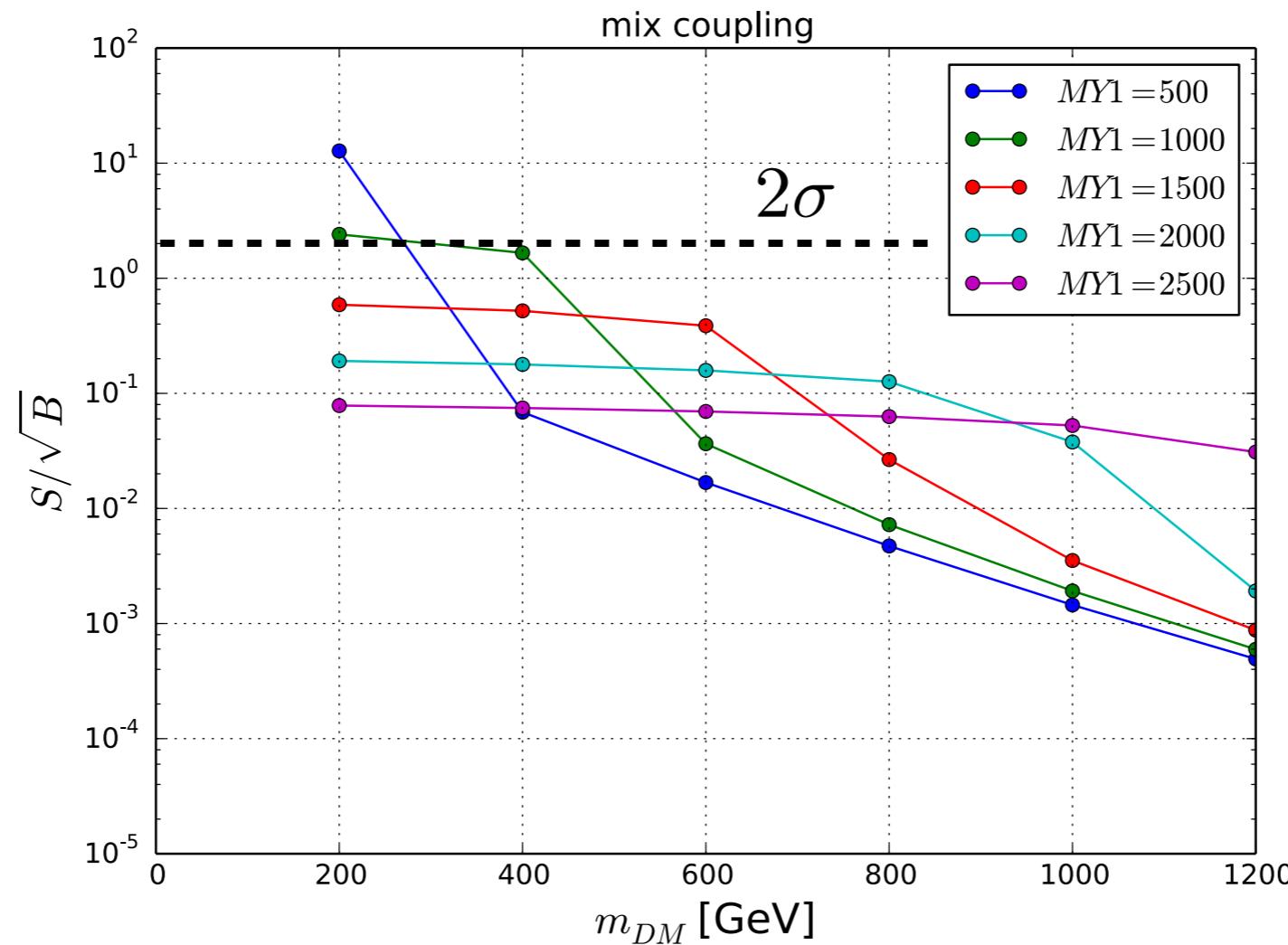


$9.75 < E_\gamma < 3250 \text{ GeV}$ かつ $P_T(\text{jet}) > 200 \text{ GeV}$

数值計算

統計的有意性

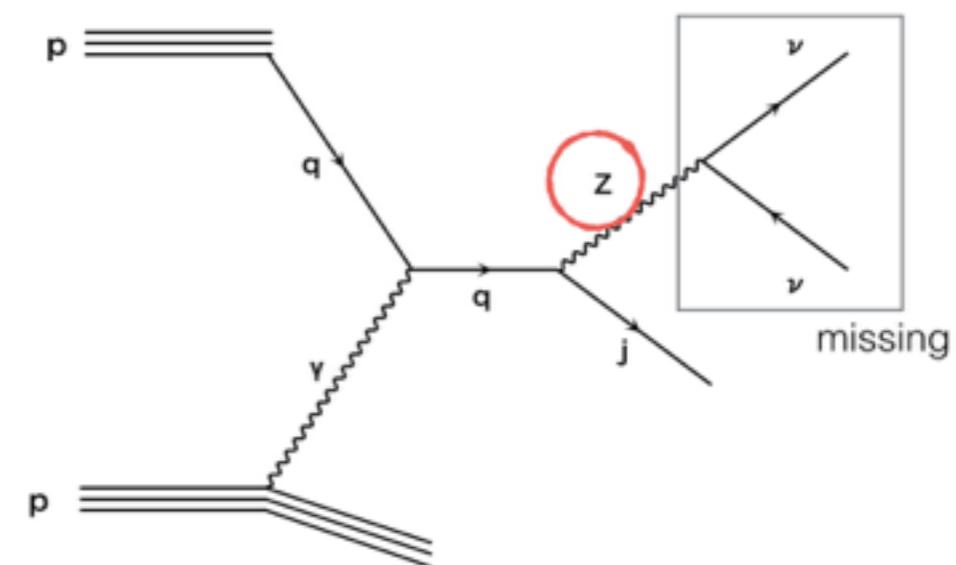
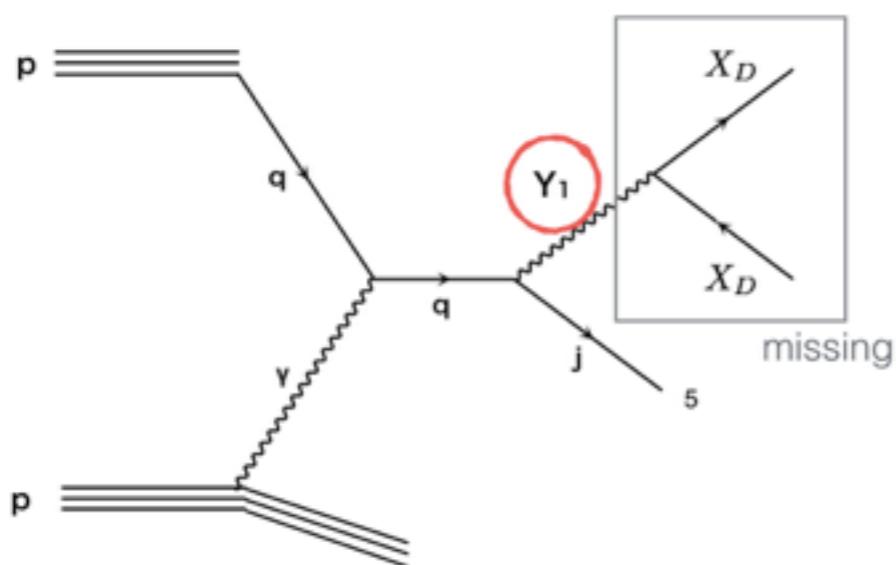
$$\frac{S}{\sqrt{B}} = \frac{L_{int} \cdot \sigma_{sig}}{\sqrt{L_{int} \cdot \sigma_{BG}}} \quad (\text{lumi} = 3000 \text{fb}^{-1})$$



$9.75 < E_\gamma < 3250 \text{ GeV}$ かつ $P_T(\text{jet}) > 200 \text{ GeV}$

まとめ

- spin-1 mediator modelにおけるDM生成過程
- 前方陽子検出器での感度
- BGとsignal過程での媒介粒子に優位な特性差がなく、既存の制限を強めない
- couplingをmixした場合について、p-p始状態の過程をみると強い制限がつく可能性



Backup

Backup

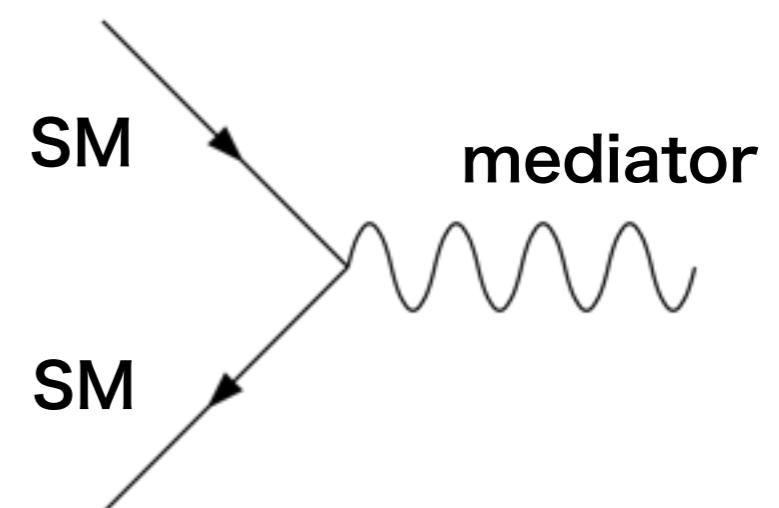
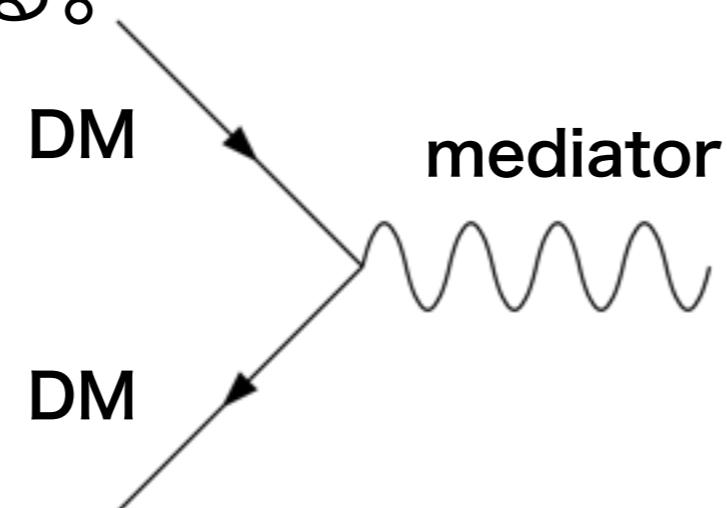
- 模型

- simplified dark matter models

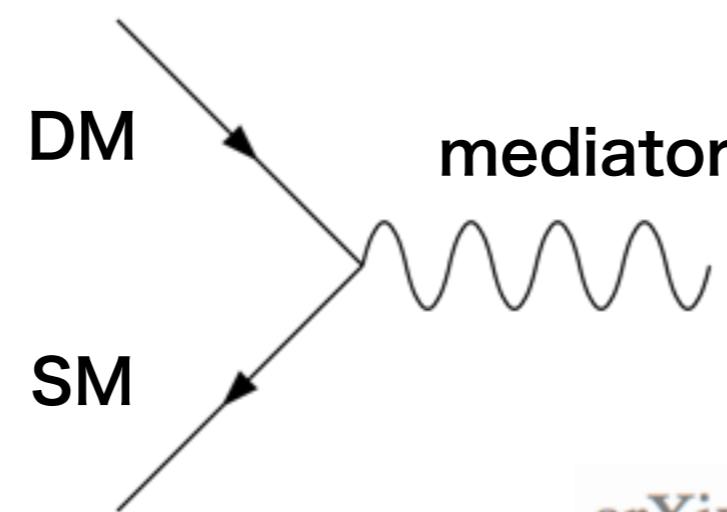
mediator(SM粒子ではない)を通してSM粒子と相互作用するDM粒子(singleでmassiveなweakly interacting particle)を仮定する。

- s-channel

(
spin-1 mediator
spin-0 mediator



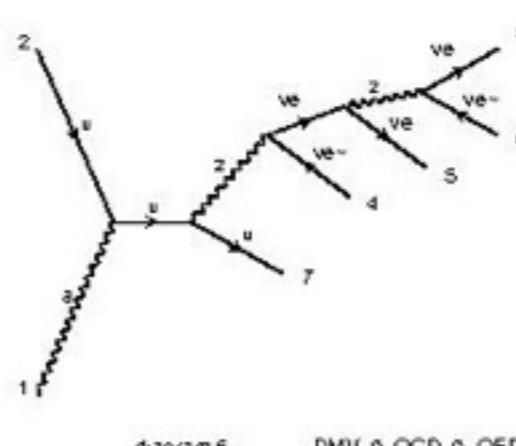
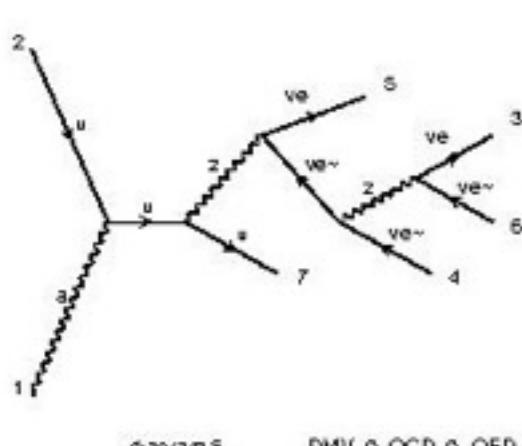
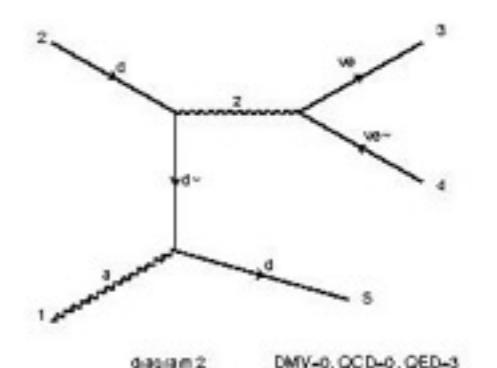
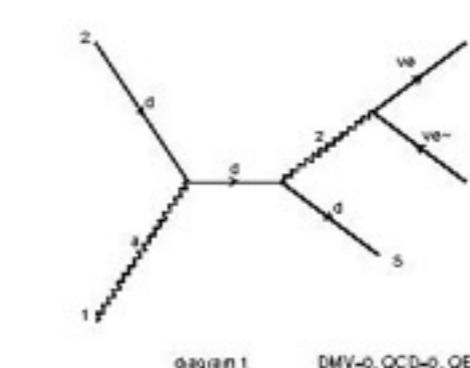
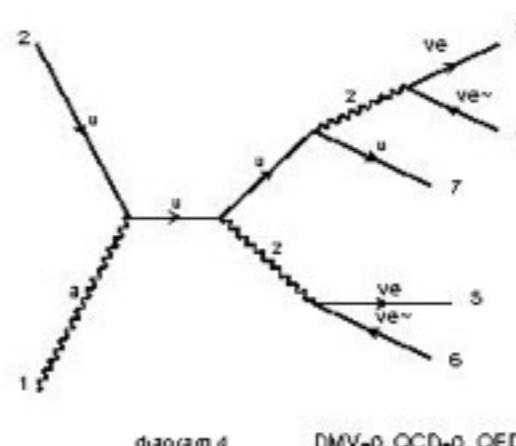
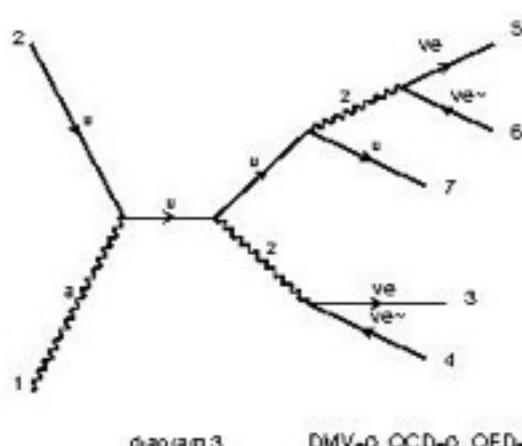
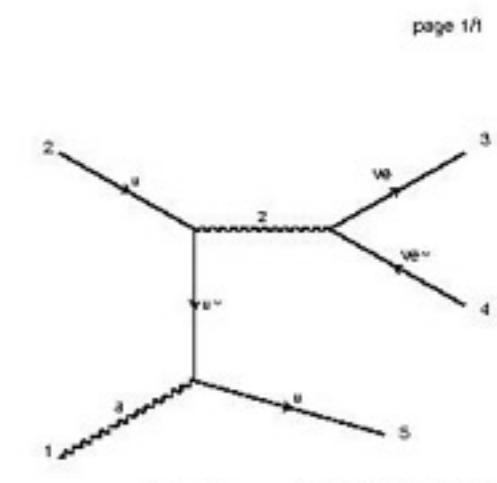
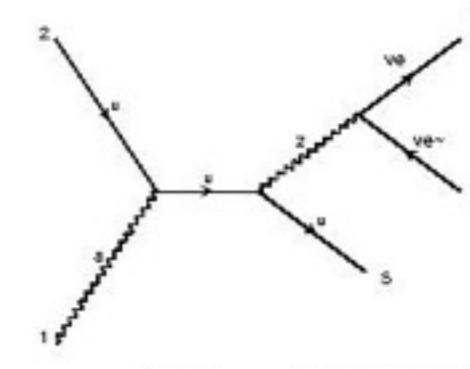
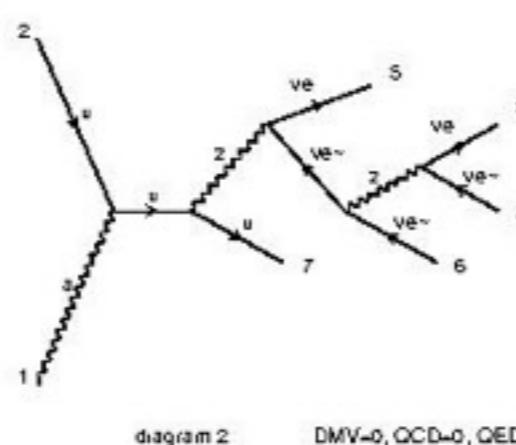
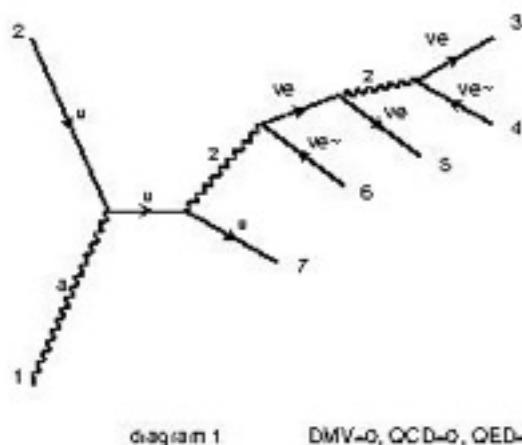
- t-channel



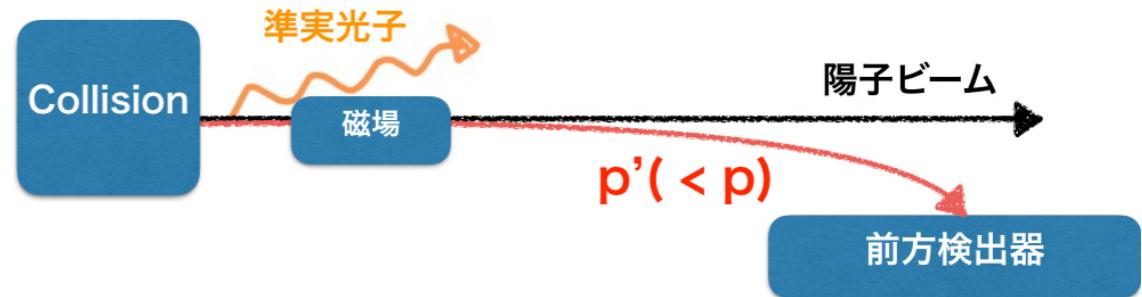
大枠の絵を入れる
別のspinに関する先行研究を紹介しておく
t-channelは一般的なのか?
チャンネルの表現

BGダイアグラムの例

page 1/6



数値計算



光子@始状態に対するカット

前方検出器に入る（光子放出後の）陽子のエネルギーロス = 放出光子が持ち去ったエネルギー

$$\xi \equiv \frac{|\mathbf{p}| - |\mathbf{p}'|}{|\mathbf{p}|} = \frac{E_\gamma}{E_p}$$

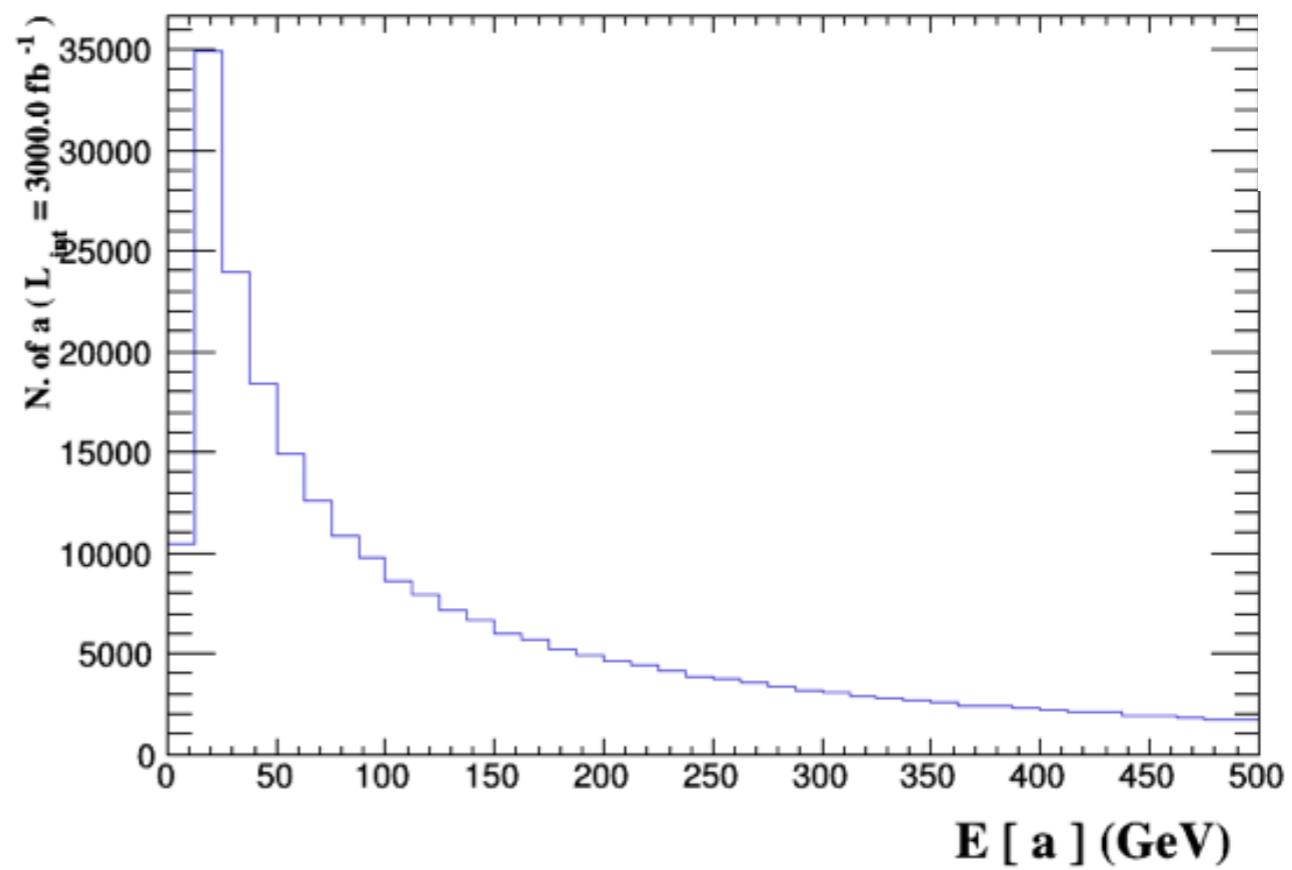
AFP: $0.0015 < \xi < 0.15$

CMS-TOTEM: $0.0015 < \xi < 0.5$

cutによるイベント数の変化 (BG)

$\sqrt{s} = 13\text{TeV}$, lumi = 3000fb^{-1}

before	after
367393	328376



AFP (ATLAS Forward Physics)

forward

from the

photonのEについての記述

CMS-TOTEM

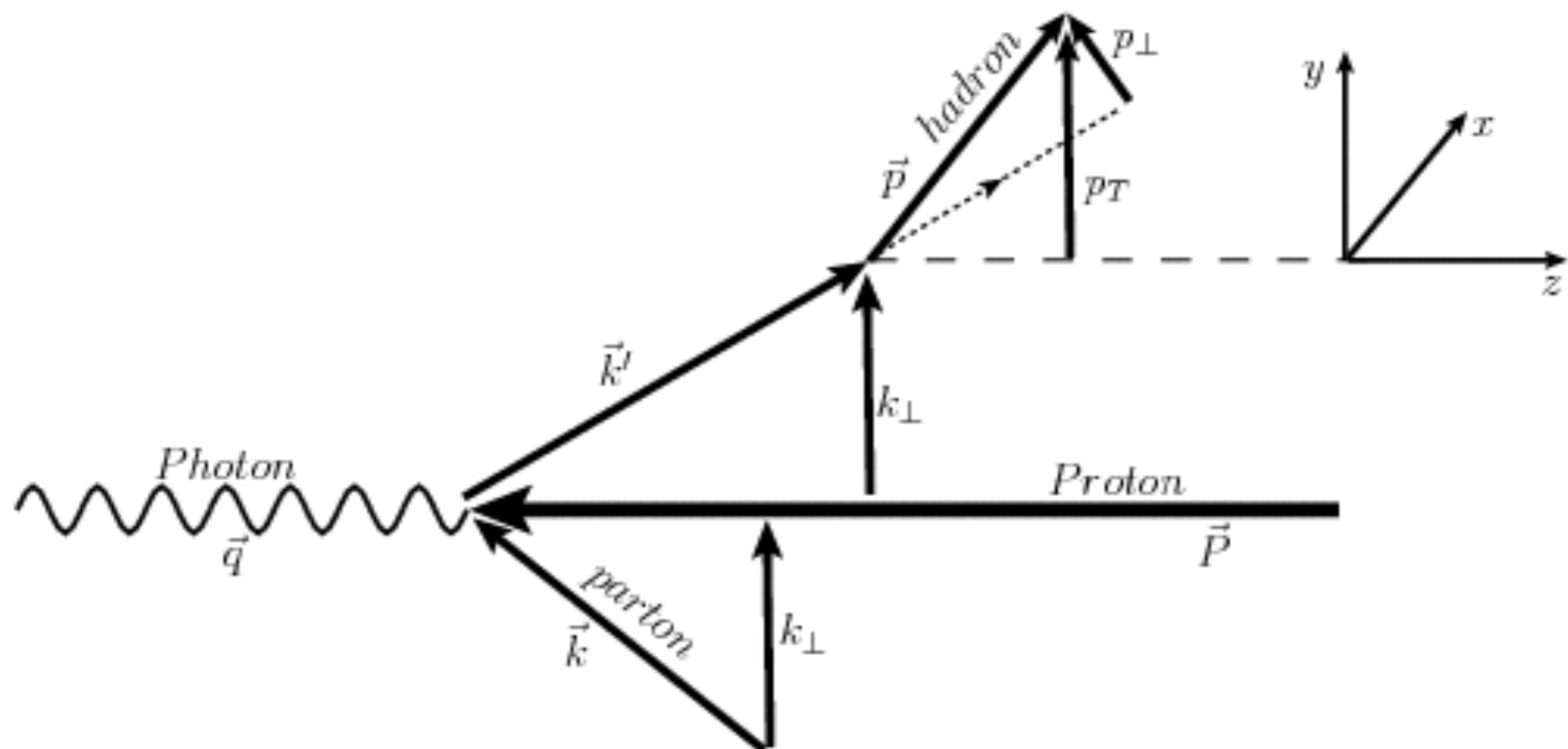
forward

from the

前方検出器の図を統一する

イベント数の変化についてはなう必要なし。

jetのtransverse-momentum



Cuts	Signal (S)	Background (B)	S vs B
Initial (no cut)	24.20882 +/- 0.00495	367393 +/- 145	3.99e-02 +/- 2.93e-08
REJ: E (a) < 9.75	24.20882 +/- 0.00495	329309 +/- 225	4.22e-02 +/- 5.26e-08
REJ: E (a) > 3250.0	23.699 +/- 0.707	328376 +/- 227	4.14e-02 +/- 2.15e-06
REJ: PT (j) < 200.0	10.87 +/- 2.45	20302 +/- 138	0.07630 +/- 0.00012

数值計算

$9.75 < E_\gamma < 975 \text{ GeV}$

统计的有意性

$$\frac{S}{\sqrt{B}} = \frac{L_{int} \cdot \sigma_{sig}}{\sqrt{L_{int} \cdot \sigma_{BG}}}$$

