

高赤方偏移GRBからの  
pair echoと  
宇宙初期磁場の探索

高橋慶太郎

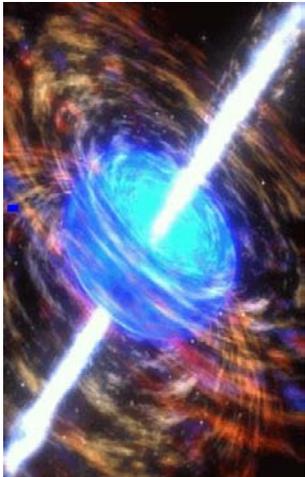
名古屋大学 (A t 研)

2009年9月15日

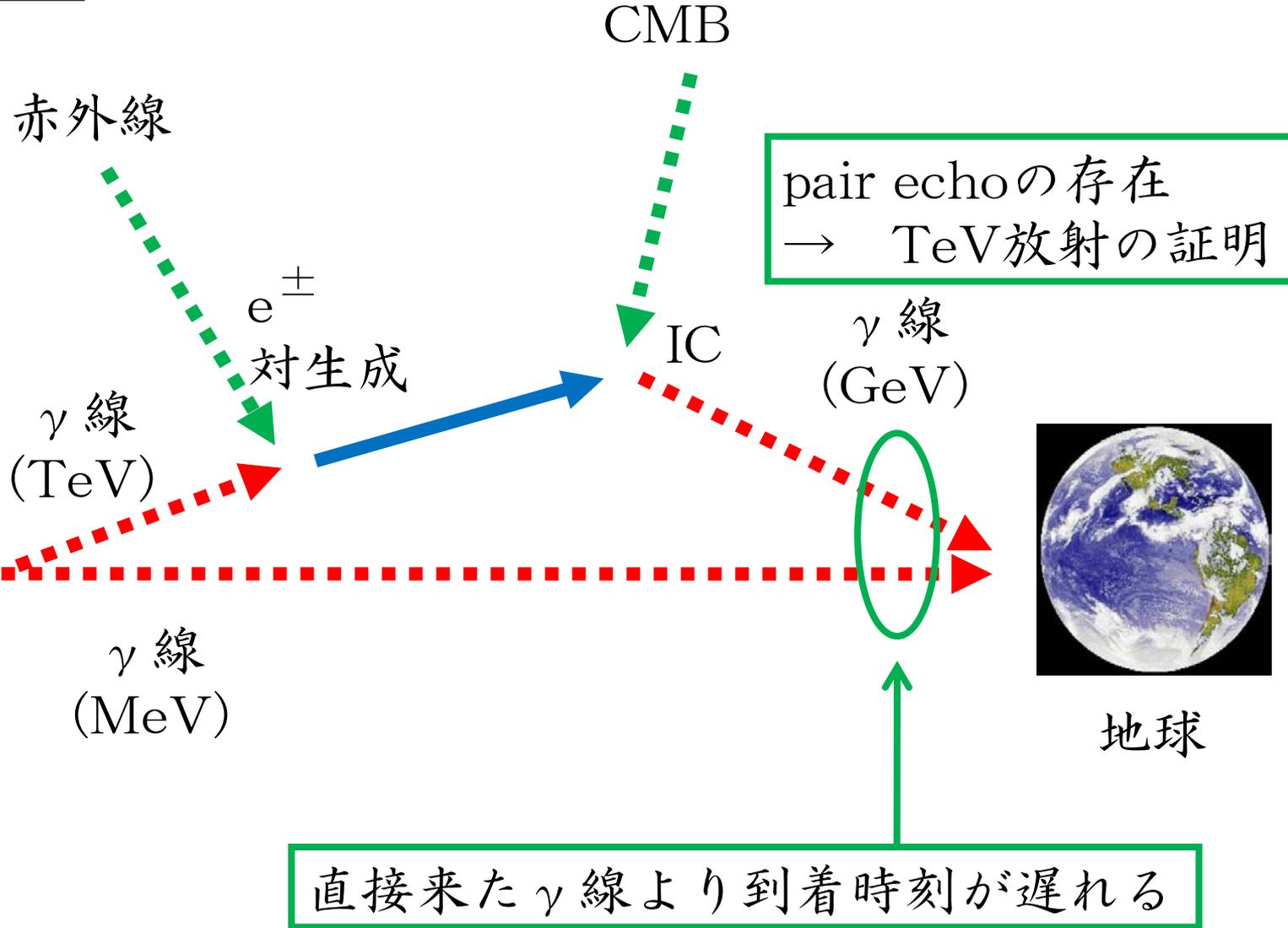
市來浄興・井上進・中村卓史

# pair echo

Plaga (1995)



GRB, AGN

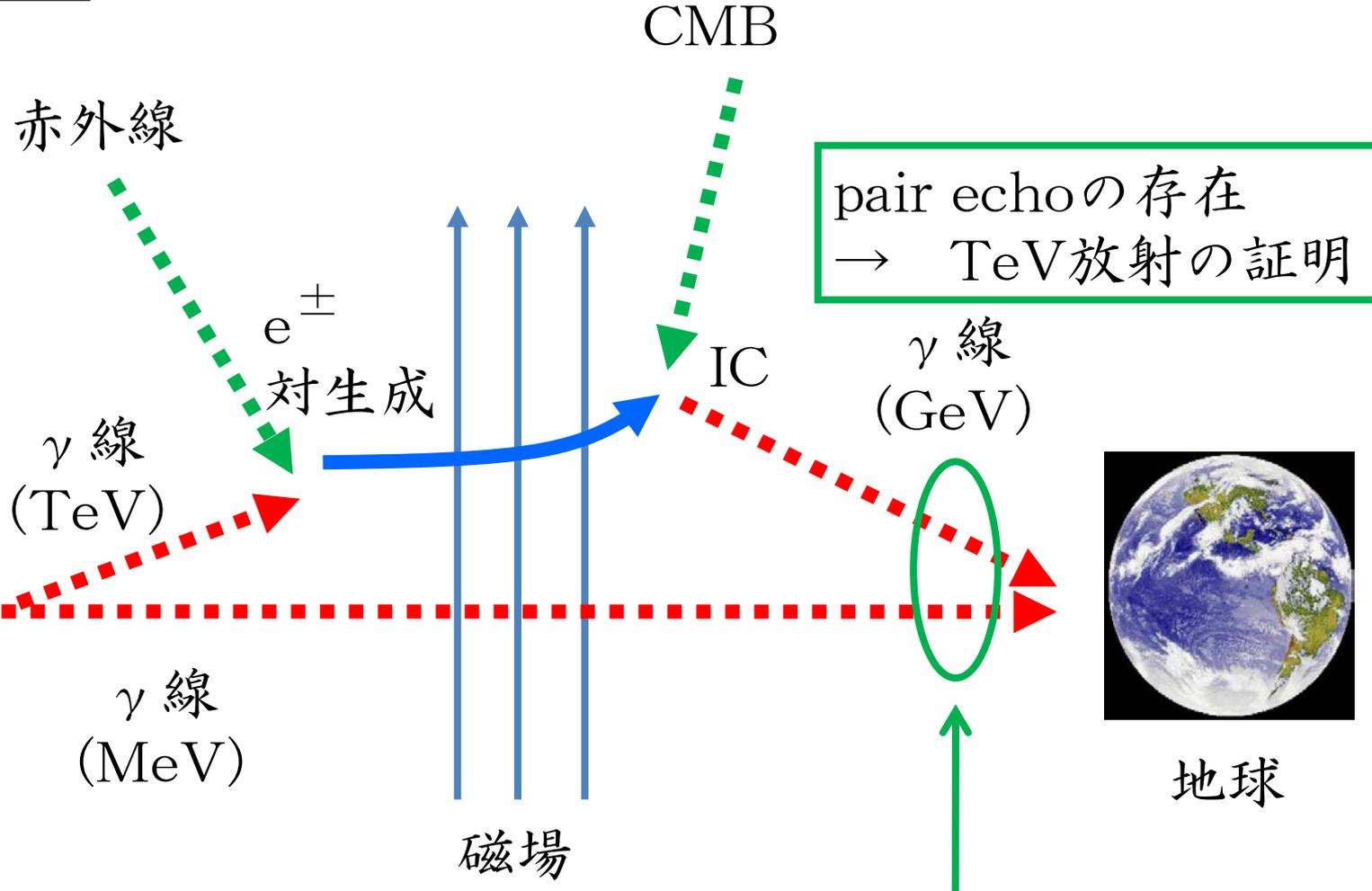


# pair echo

Plaga (1995)



GRB, AGN



pair echoの存在  
→ TeV放射の証明

磁場により曲がり、到着時刻が遅れる  
遅延時刻 → 磁場の強さ

## 宇宙初期の磁場

宇宙初期における磁場生成

- ・インフレーション
- ・密度ゆらぎ
- ・再イオン化
- ・構造形成

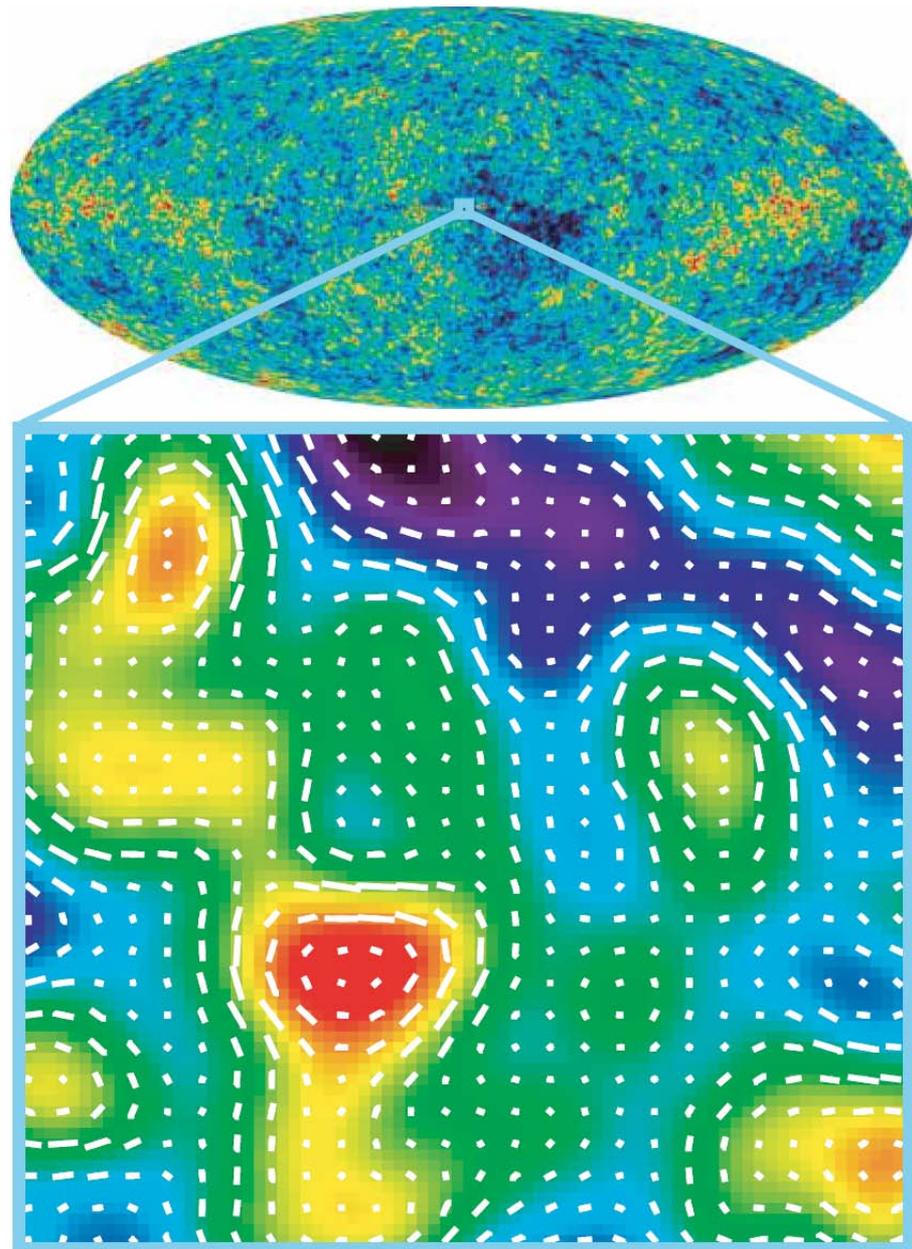


$10^{-15} \sim 10^{-25}$  Gauss程度の  
微弱な宇宙論的磁場

pair echoは従来の

- ・ファラデー回転
- ・宇宙背景放射

では探索できない微弱な  
磁場を探索できる



KT et al. (2006)

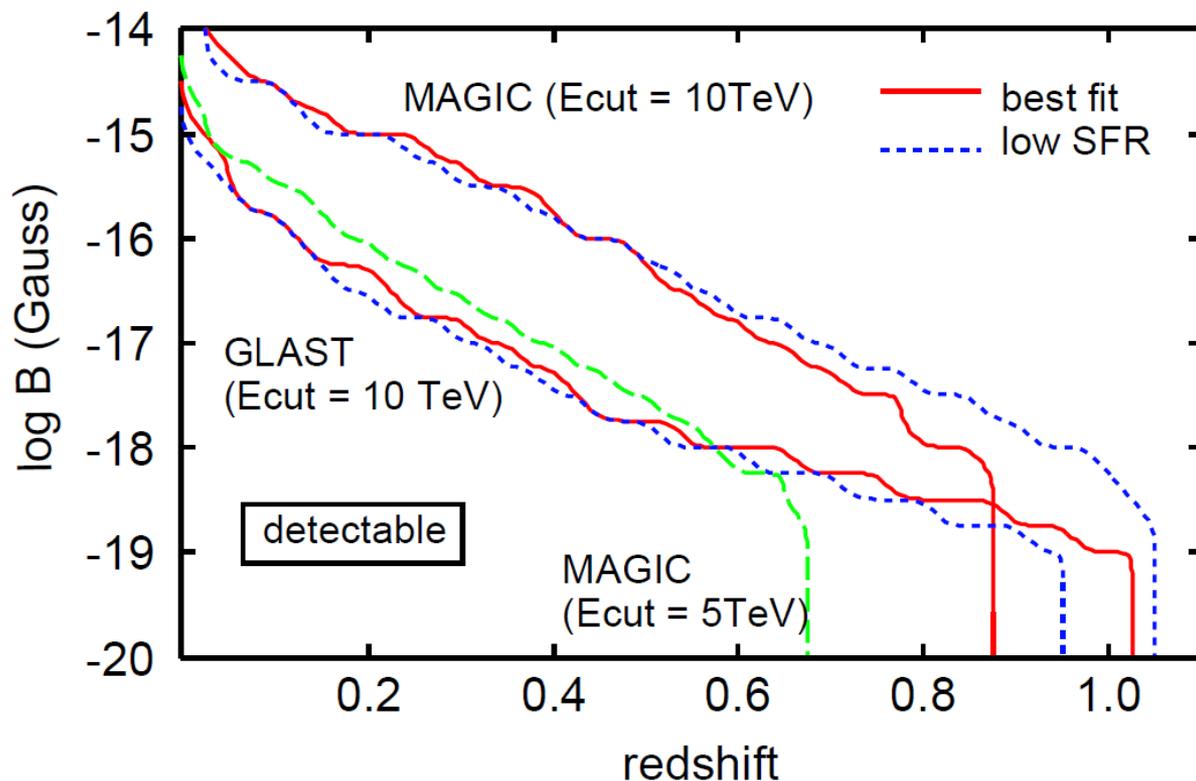
## これまでの研究

KT, Ichiki, Murase, Inoue, Nagataki, 2008, 2009

典型的な遅延時間  $\Delta t_B = 0.5 \text{ day} \left( \frac{E_{\text{pair echo}}}{1 \text{ GeV}} \right)^{-2} \left( \frac{B}{10^{-20} \text{ G}} \right)^2$

磁場が強すぎると遅延時間が長すぎて観測できない  
磁場が弱すぎると磁場の情報が入ってこない

常識的な  
パラメータで  
 $B < 10^{-17} \text{ G}$   
 $z < 1.0$   
だと観測可能。

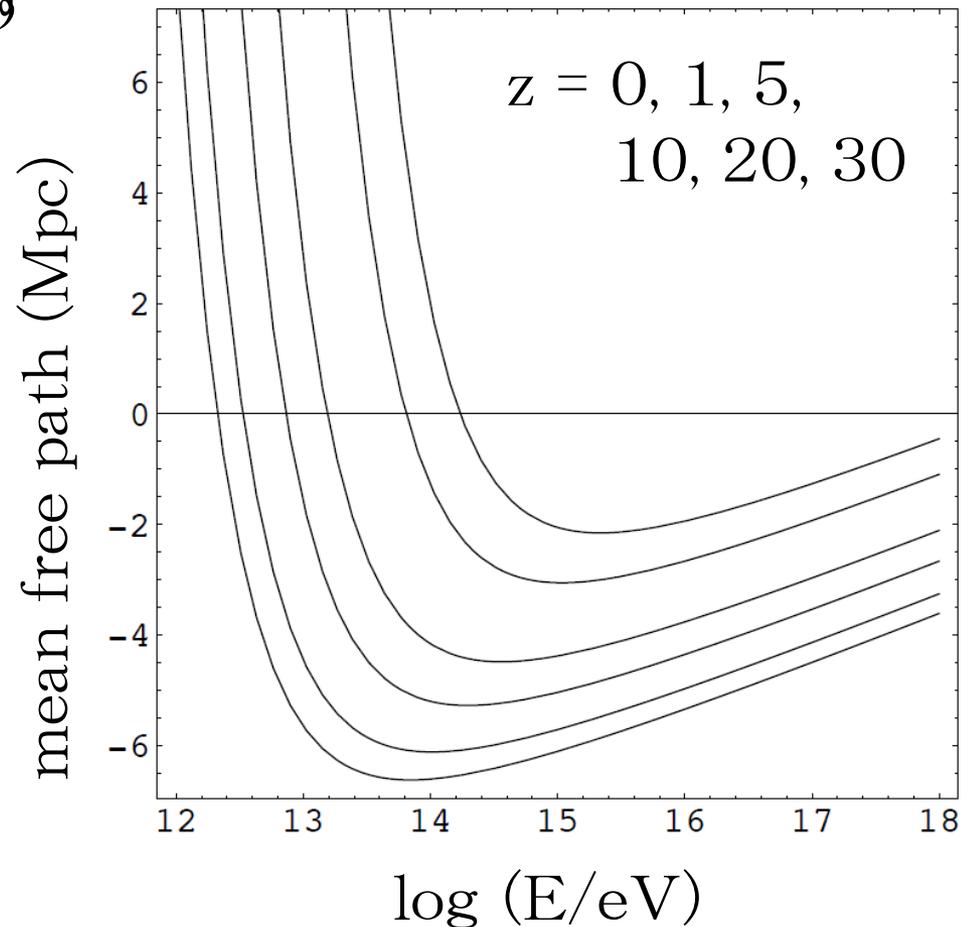


# high-z pair echo

high-z pair echoの観測可能性 ( $z > 10$ )

- high-z GRB
- 背景赤外線があまり存在せず  
不定性が少ない
  - 吸収  $\rightarrow$  CMB
  - IC  $\rightarrow$  CMB
  - 再吸収  $\rightarrow$  CIB
- 磁場のcontaminationが少ない
  - 銀河からの浸み出し
  - AGNのジェット

かなり optimistic に考える  
 $E_{\text{tot}} = 10^{55}$  erg,  $B = 10^{-15}$  G  
CTA : 次世代望遠鏡



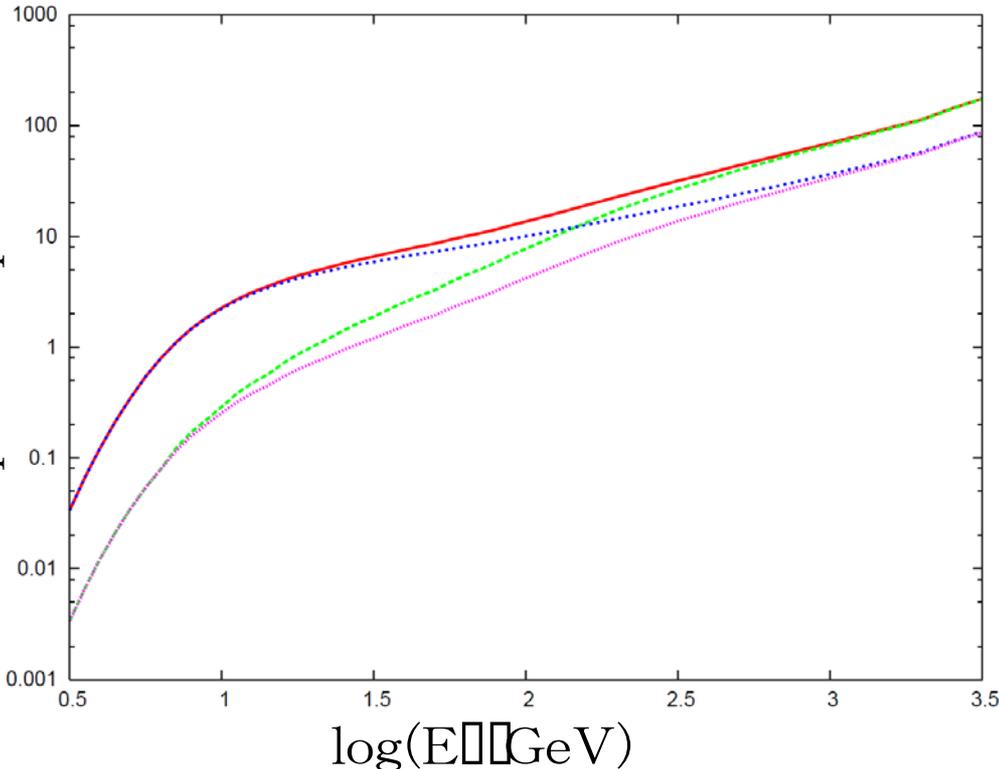
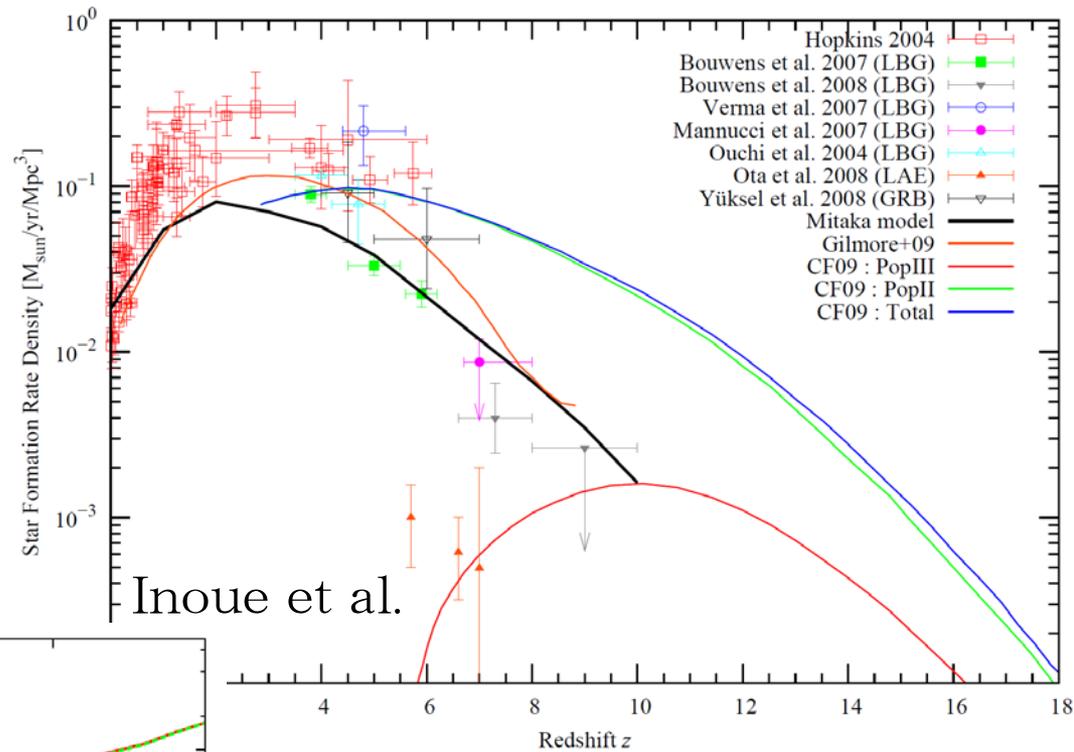
# gamma-ray opacity

high z

SFRの観測に合わせる  
WMAPの観測に合わせる

low z

銀河モデルによる計算  
銀河のnumber count

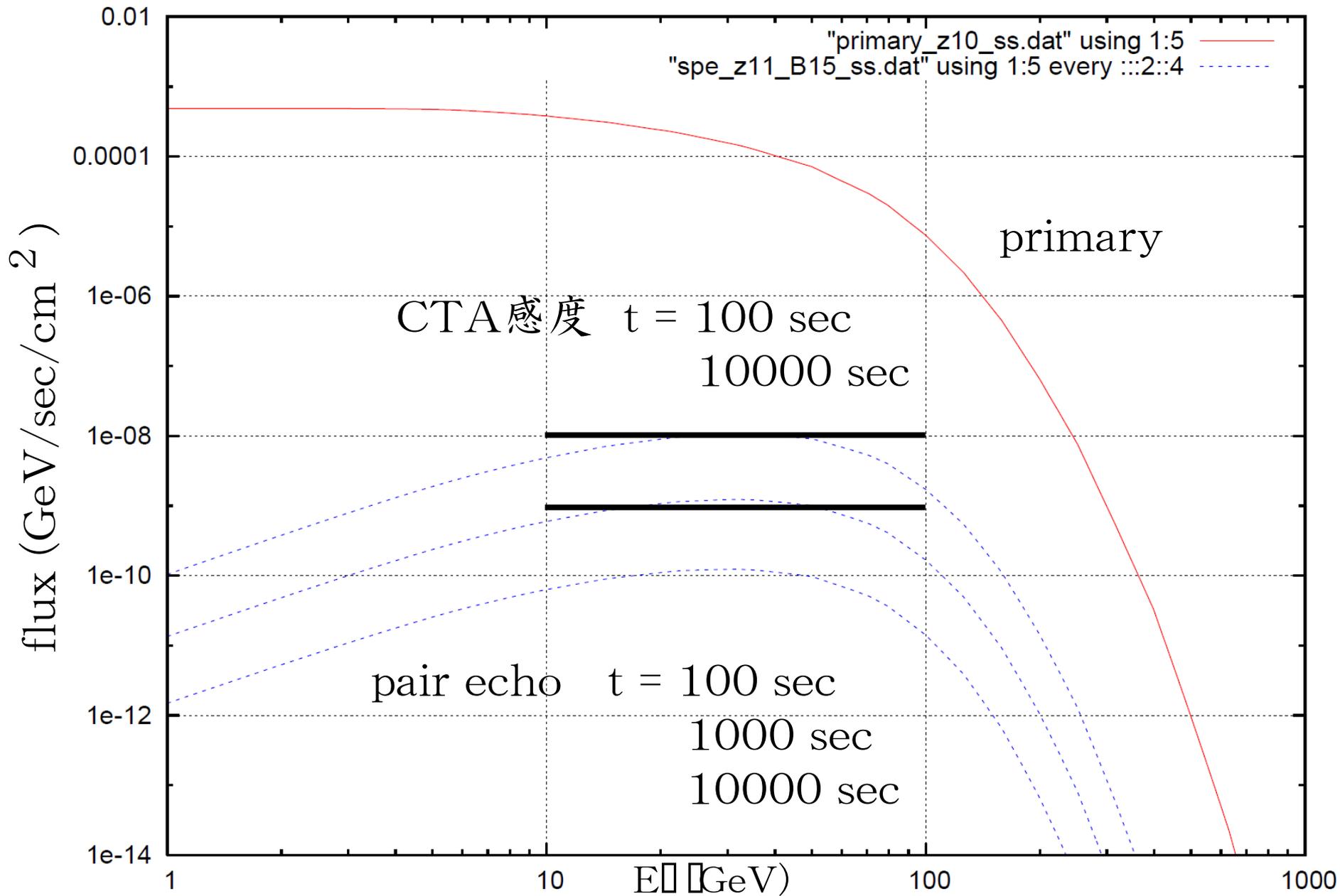


high z: Inoue et al.  
or (Inoue et al.)/10  
low z: Kneiske et al.  
best fit or (best fit)/2

全部で4通りある。

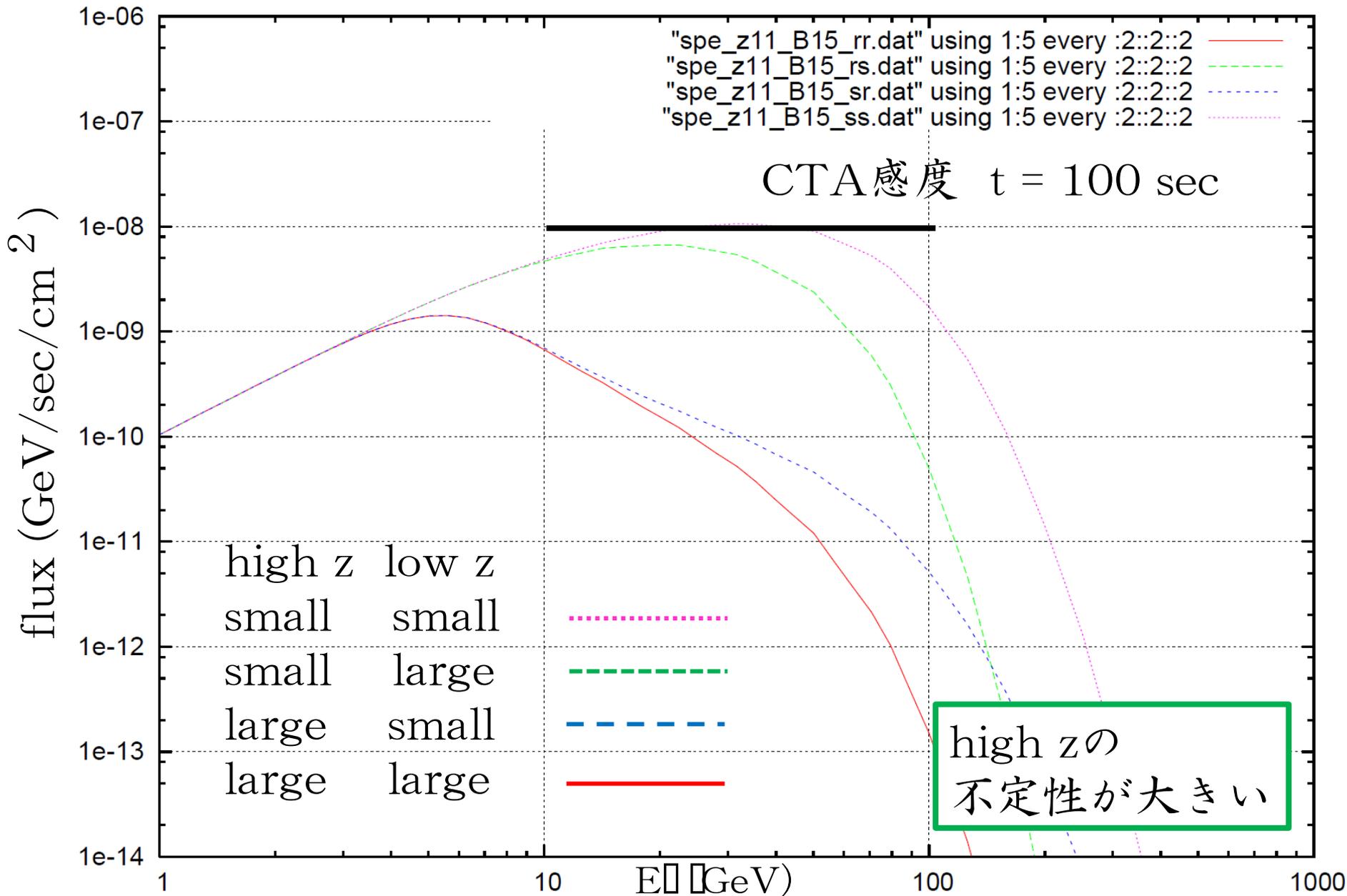
# 結果①

opacity: high  $z \rightarrow$  small, low  $z \rightarrow$  small



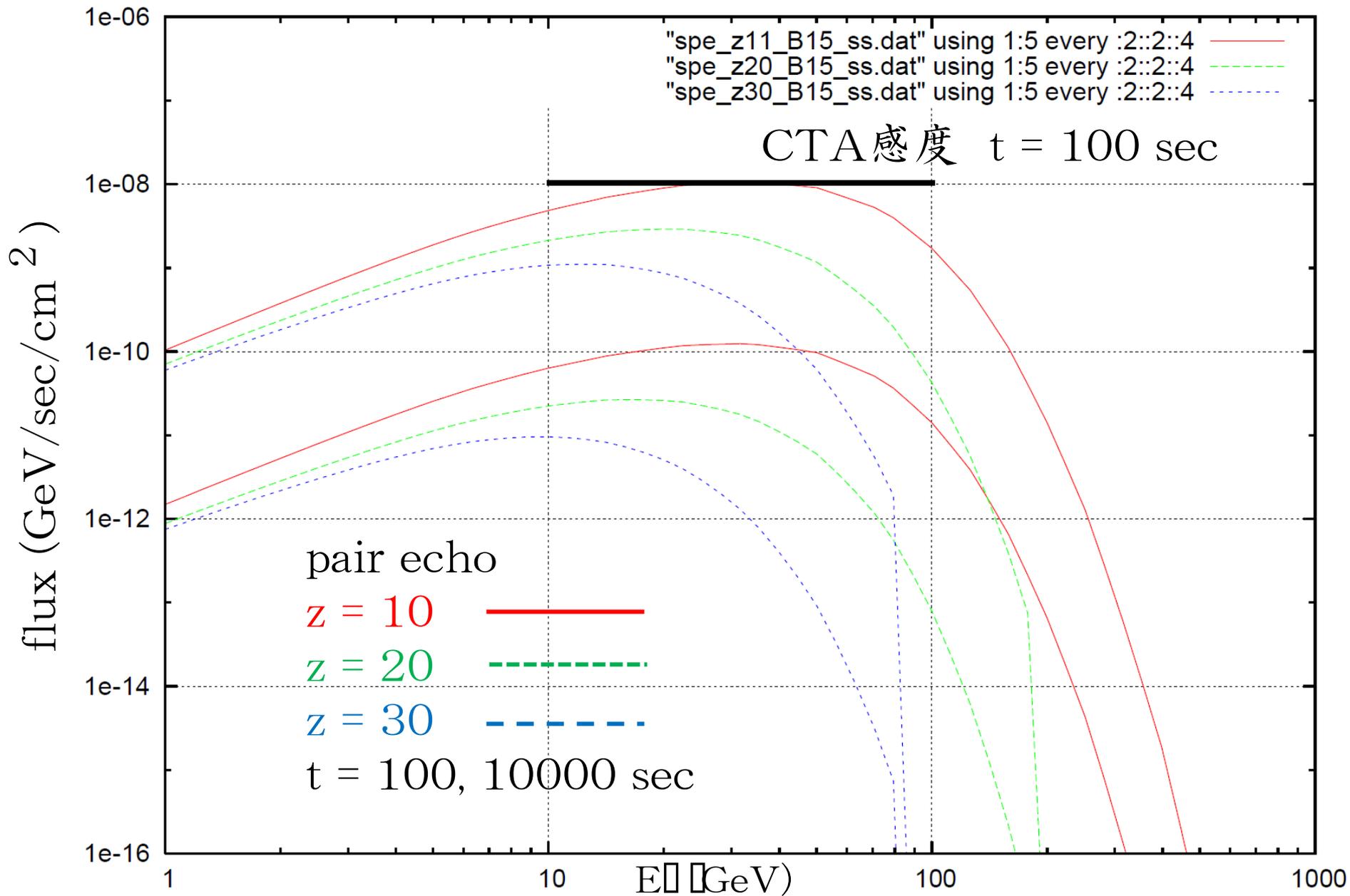
# 結果②：opacity依存性

$z = 10, t = 100 \text{ sec}$



# 結果③：redshift依存性

opacity  $\rightarrow$  small small



## まとめ

high z GRBのpair echo

- ・ high-z GRB
- ・ 背景赤外線があまり存在せず不定性が少ない
- ・ 磁場のcontaminationが少ない

## 結果

とてもoptimisticに考えるとCTAで観測可能  
1発でも観測できればそれでいい