



Ashra報告55: トリガー撮像

日本物理学会2010年年次大会
岡山大学津島キャンパス

Ashra共同研究者
東京大学宇宙線研究所
佐々木真人
(森元 祐介君の代理)

平成20 - 21年度目標



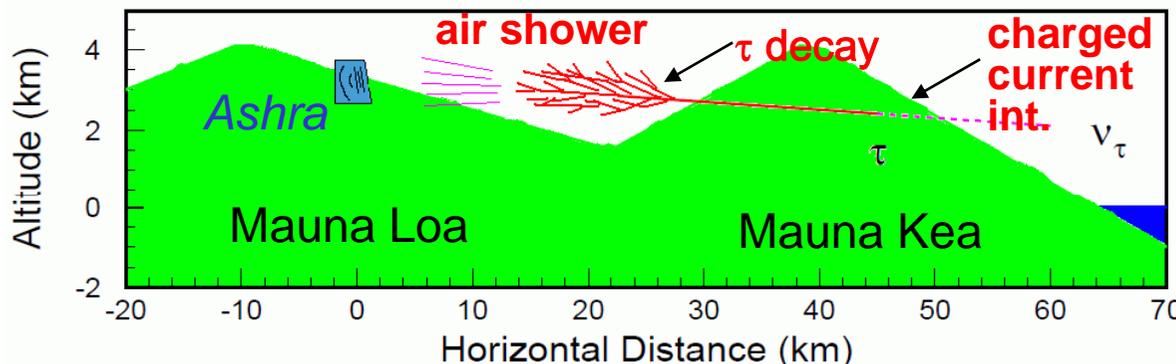
Ashra-1マウナロア観測地

- ・ 光学閃光の広視野監視を高効率で行う
 - ⇒衛星トリガー時含む、細かな光度変動を得る
 - ⇒GRBエネルギー放射モデルの検証

- ・ タウニュートリノのチェレンコフ観測を開始
 - ⇒「地殻かすりタウ」観測へ原理実証
 - ⇒チェレンコフ事例トリガー&DAQの実装⇒実観測
- ・ 広視野TeV γ 観測へ準備（低閾値・高頻度）



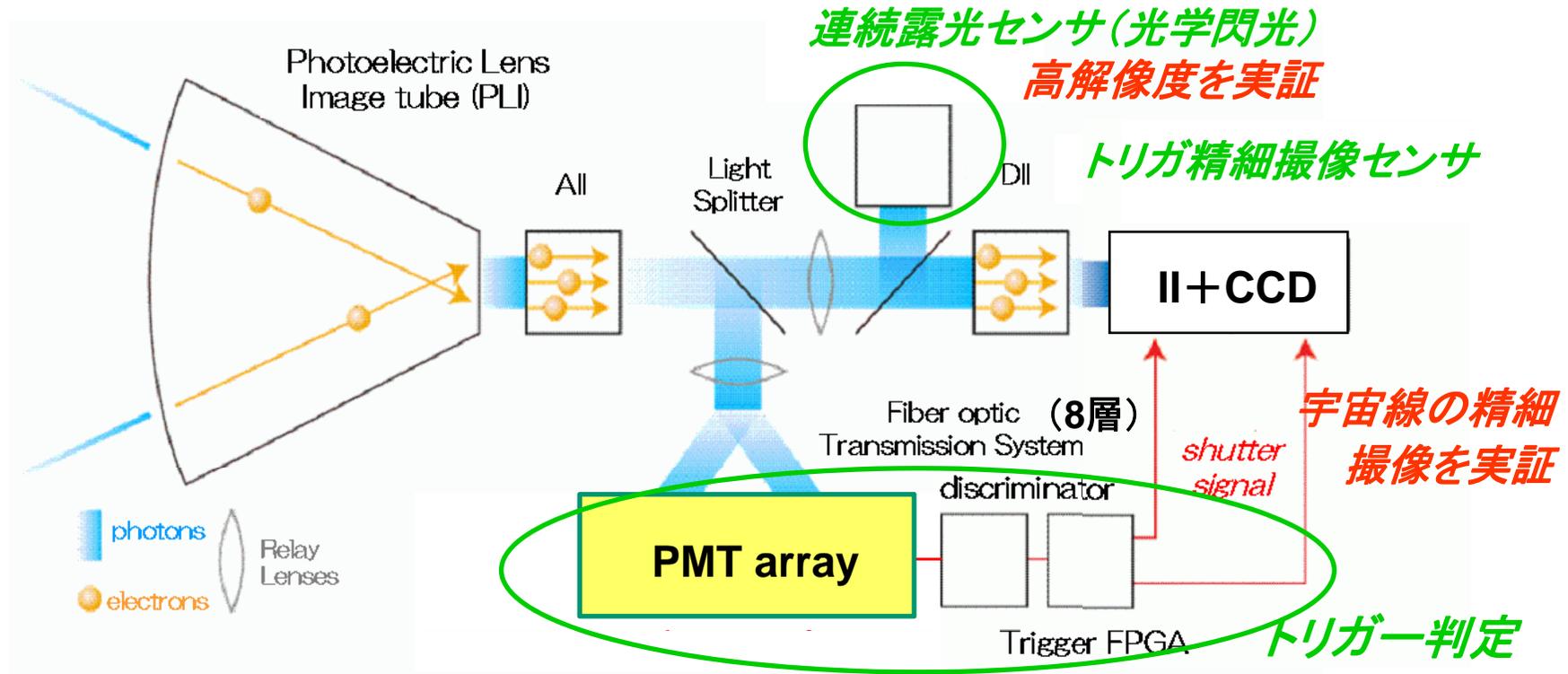
ニュートリノ狙い
集光器



トリガ撮像の本実装へ

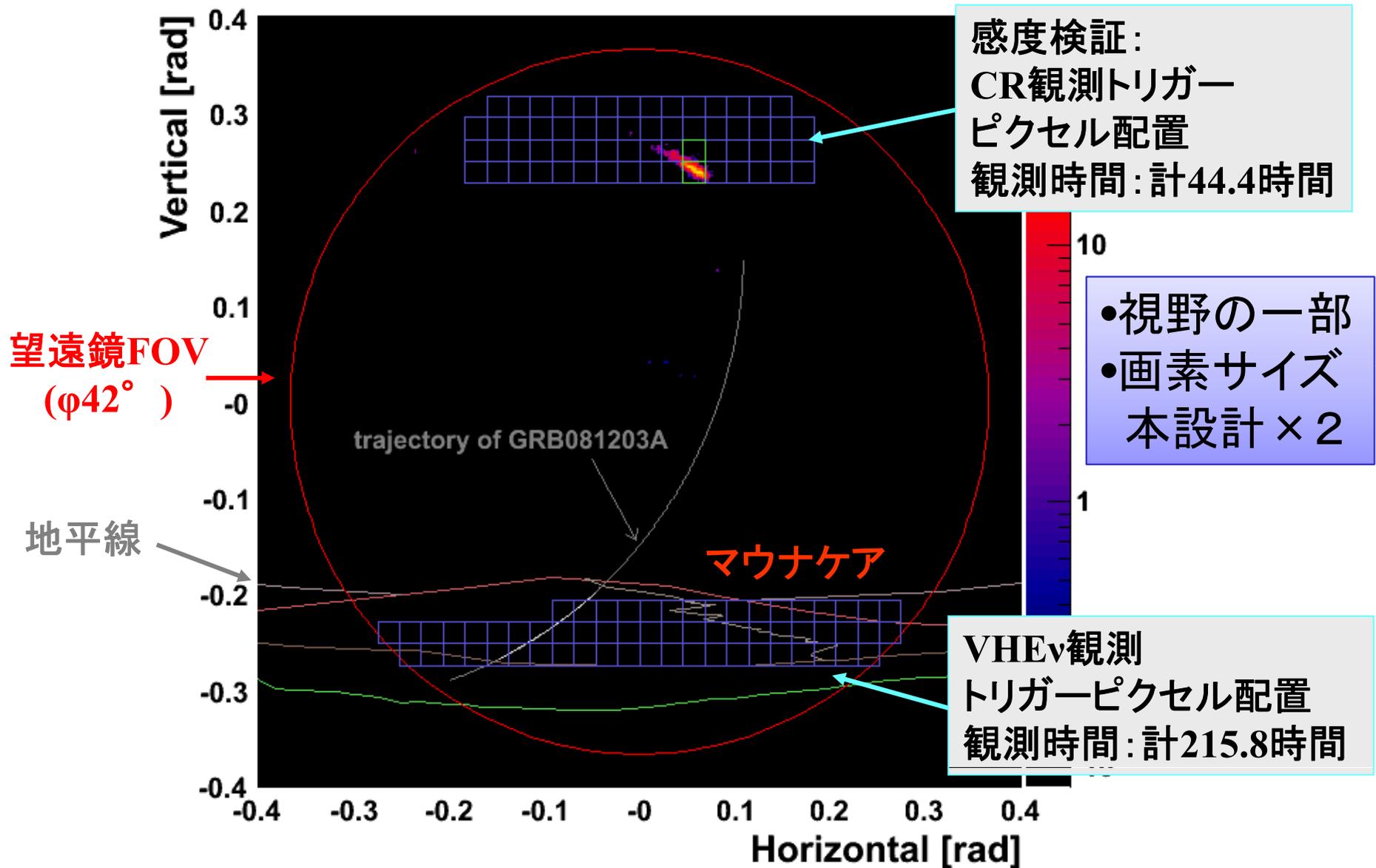
タウニュートリノ・チェレンコフ検出の原理

Ashraのトリガー撮像 (パイロット観測)



- 光+電子によって、42度径の視野を1インチ径にまで縮小する超広角光学系
- 光電撮像パイプラインとCMOSセンサによる、光遅延を利用した**高精度トリガ撮像**

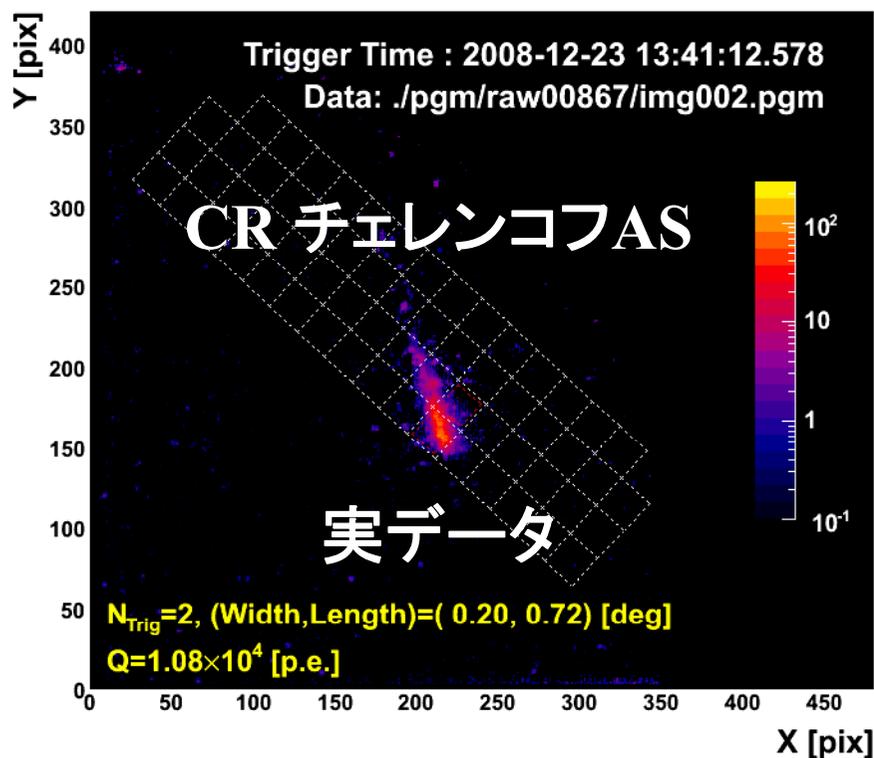
VHEニュートリノパイロット観測



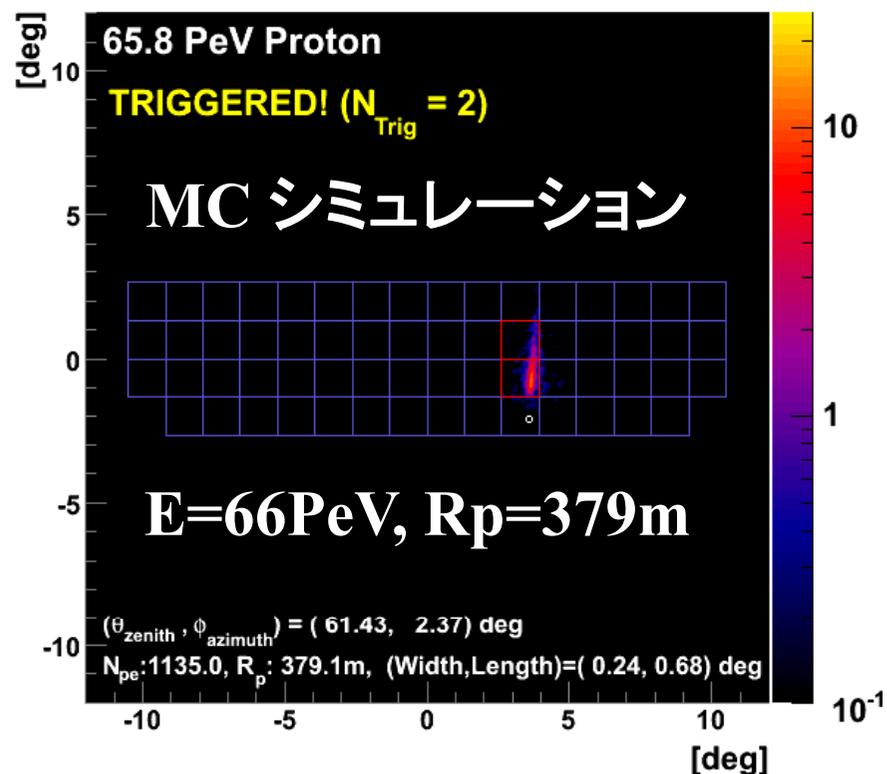
傾斜宇宙線チェレンコフ観測

- 性能評価のために宇宙線観測を実施
 - 視野以外は ν 観測と同じ条件 (天頂角 65°)
 - 観測時間 44.4時間

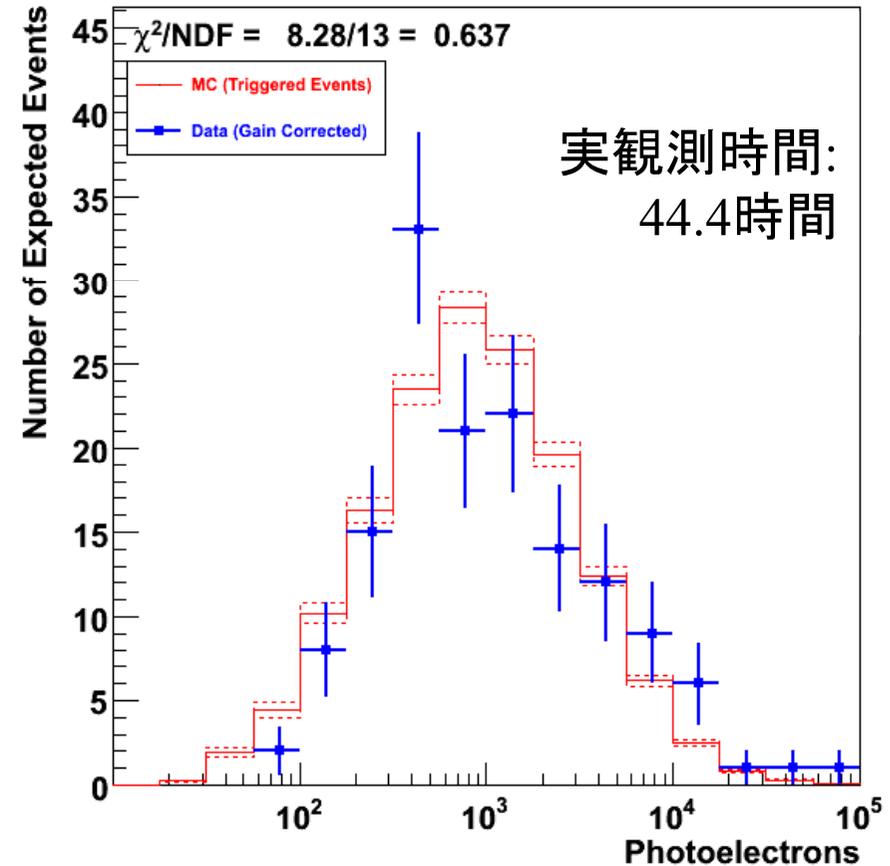
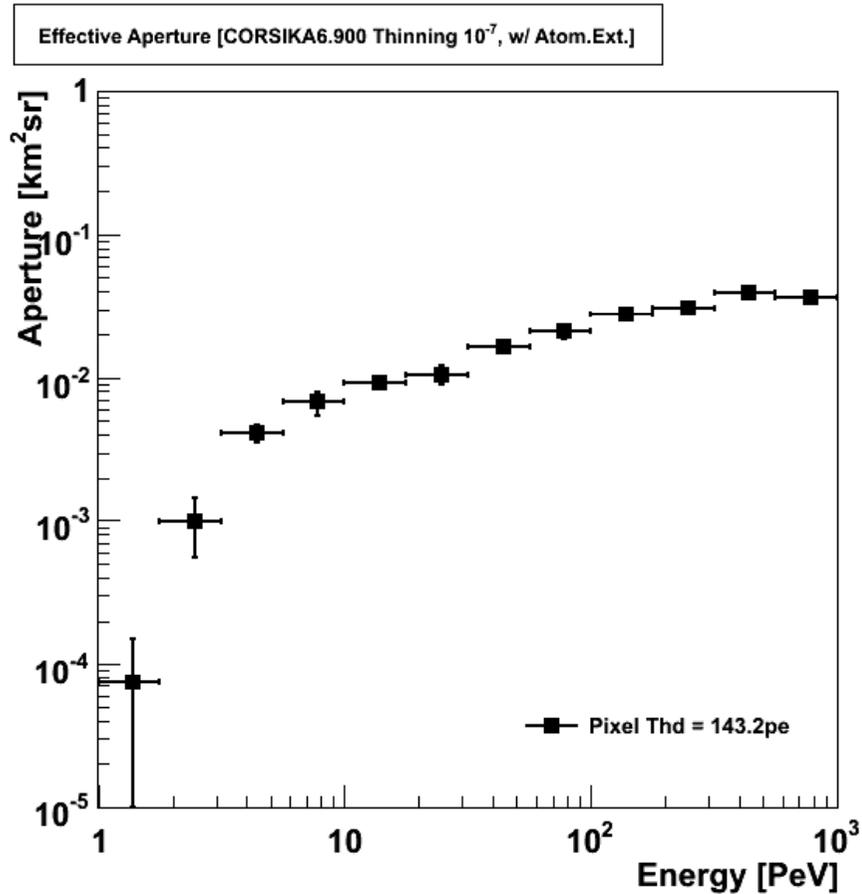
CR Observation Data



CR Simulation: Event# 085870-10



傾斜CR-AS観測スペクトル



有効面積立体角:

陽子, CORSIKA6.9,
Thinning 10^{-7} , 大気減衰考慮

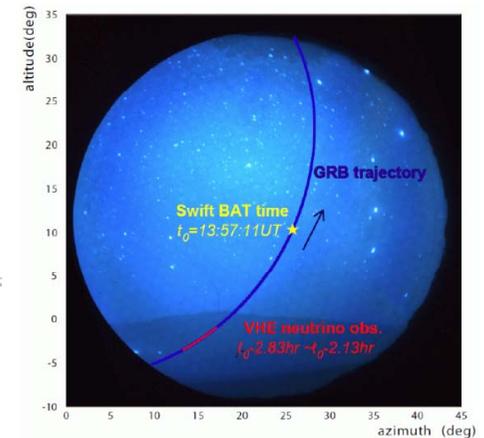
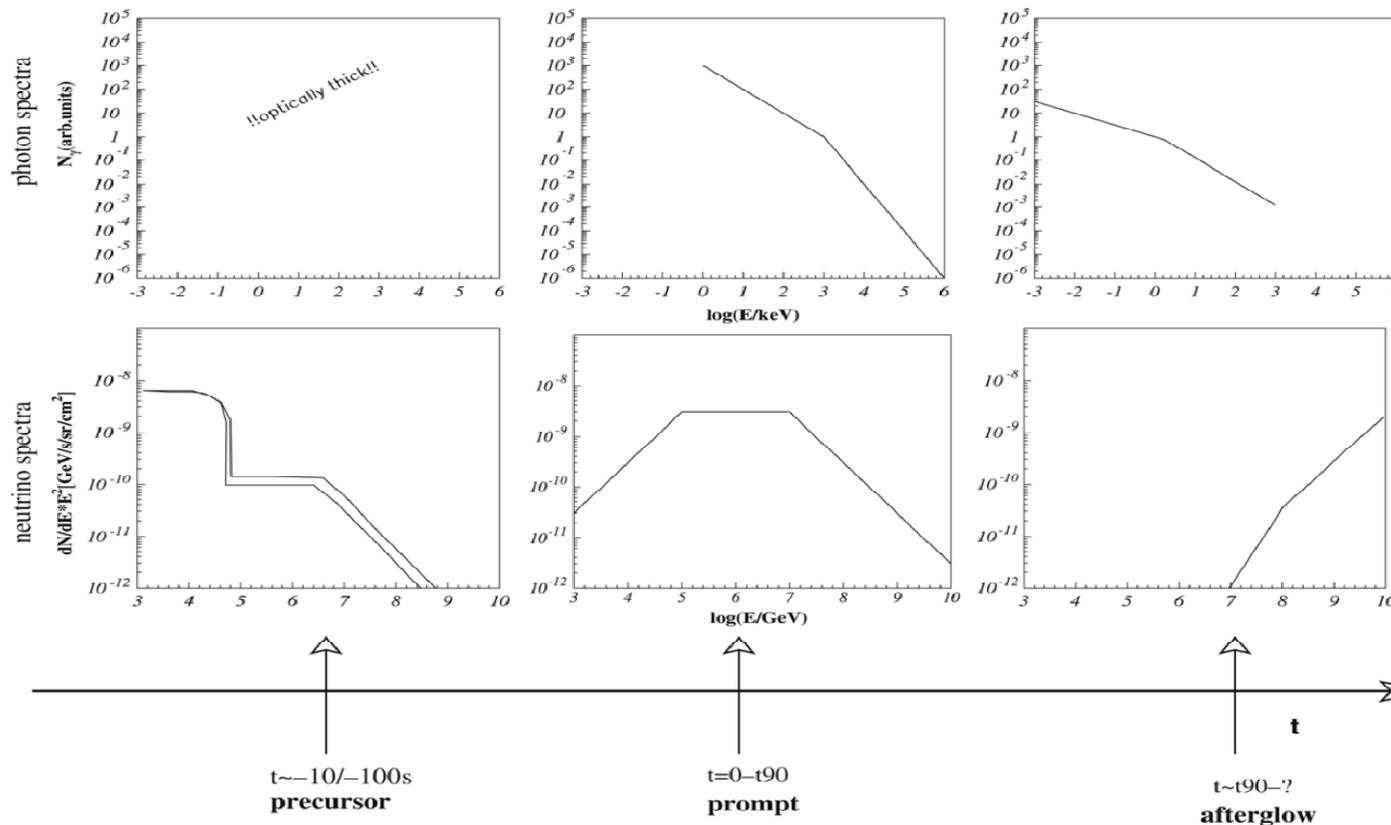
光電子数分布:

MCは陽子スペクトラム, 観測時間,
左の有効面積立体角等から計算

GRB081203A 観測

J.K. Becker / Physics Reports 458 (2008) 173–246

221



多時間域における
多粒子天文
チェレンコフVHE γ 、
蛍光VHE ν の光度
曲線を加えていく



VHE ν 観測

光学閃光観測

VHE ν 観測

Precursor

T0 (Prompt)

Afterglow

T-T0 = -2.83 ~ -1.78 hr

T-T0 = -0.33 ~ 1.56 hr

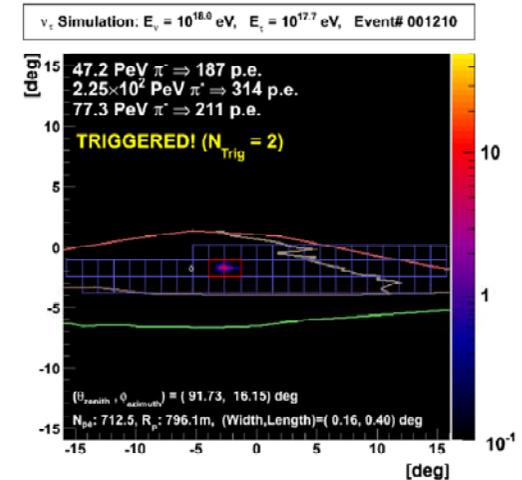
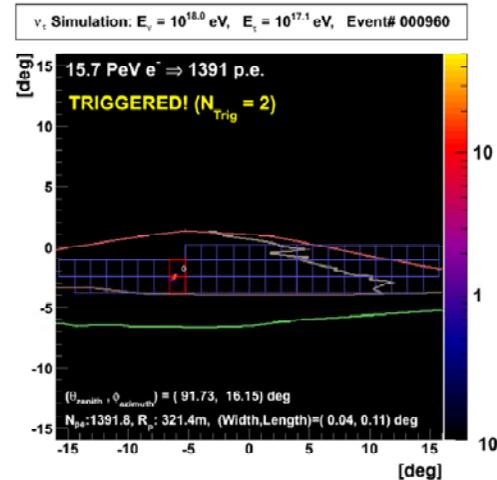
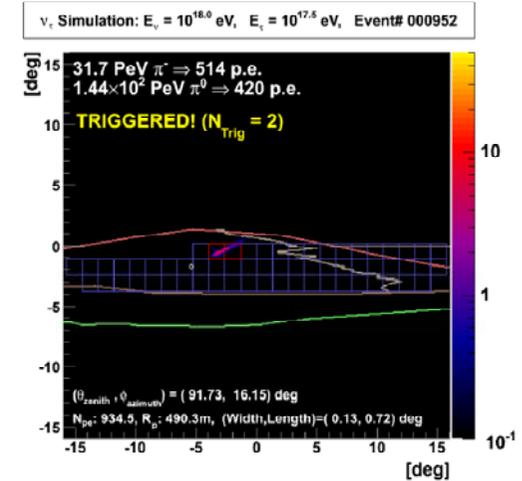
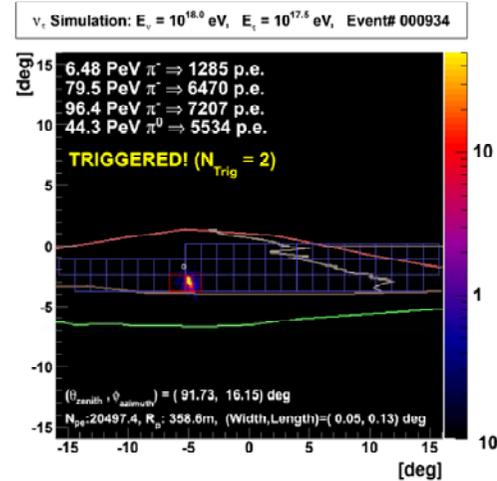
T-T0 = 21.1 ~ 22.2 hr

VHE ν_τ 検出過程

系統的なMC研究必要

1. ν_τ 相互作用
 - CTEQ3、PYTHIA
2. τ 地中伝播
 - S.I.Dutta et al, 2001
PRD63,090420
3. τ 崩壊
 - TAUOLA
4. 空気シャワー
 - CORSIKA
5. 検出
 - トリガー
 - 再構成

MC事象例



VHE ν_τ 検出過程

系統的なMC研究必要

1. ν_τ 相互作用

– CTEQ3、PYTHIA

2. τ 地中伝播

– S.I.Dutta et al, 2001
PRD63,090420

3. τ 崩壊

– TAUOLA

4. 空気シャワー

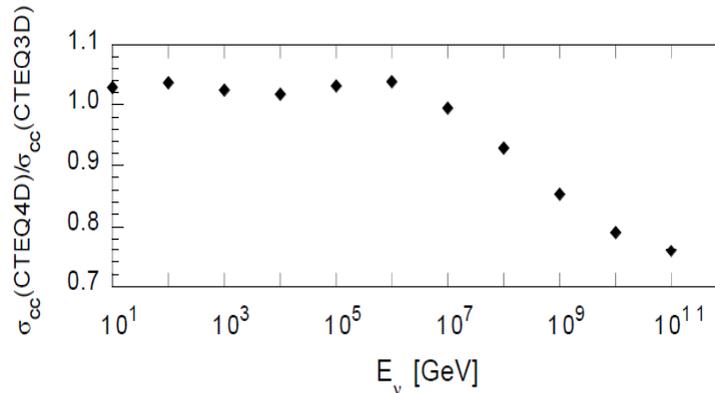
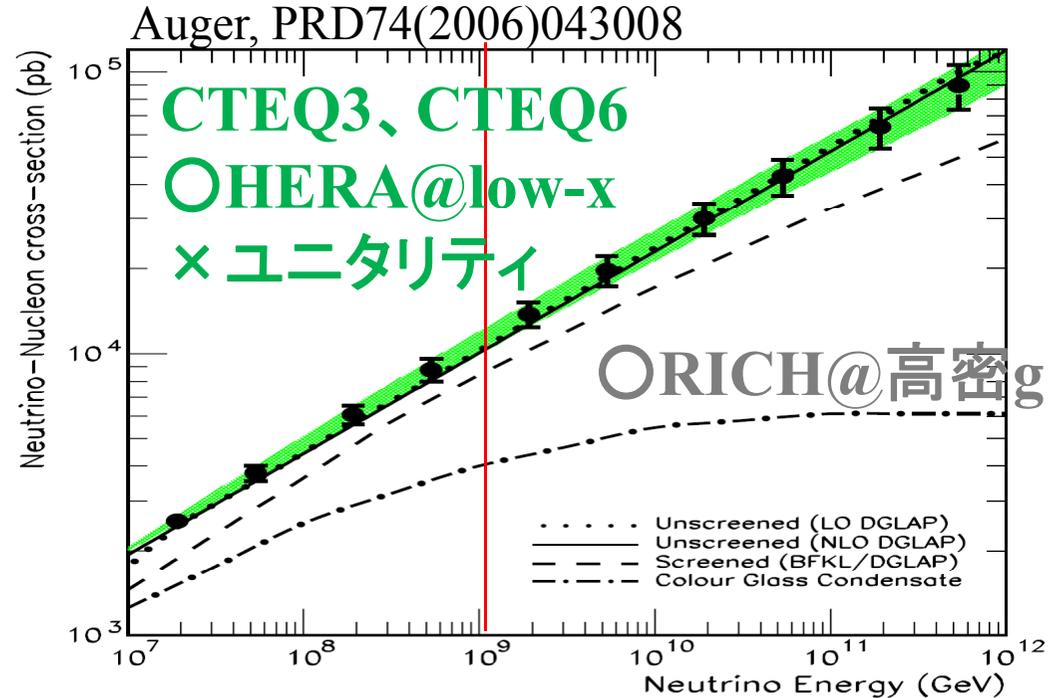
– CORSIKA

5. 検出

– トリガー

– 再構成

ν_τ N 散乱断面積



⇒ 系統誤差:

+5%, -43%

感度評価における
主たる誤差

VHE ν_τ 検出過程

系統的なMC研究必要

1. ν_τ 相互作用

– CTEQ3、PYTHIA

2. τ 地中伝播

– S.I.Dutta et al, 2001
PRD63,090420

3. τ 崩壊

– TAUOLA

4. 空気シャワー

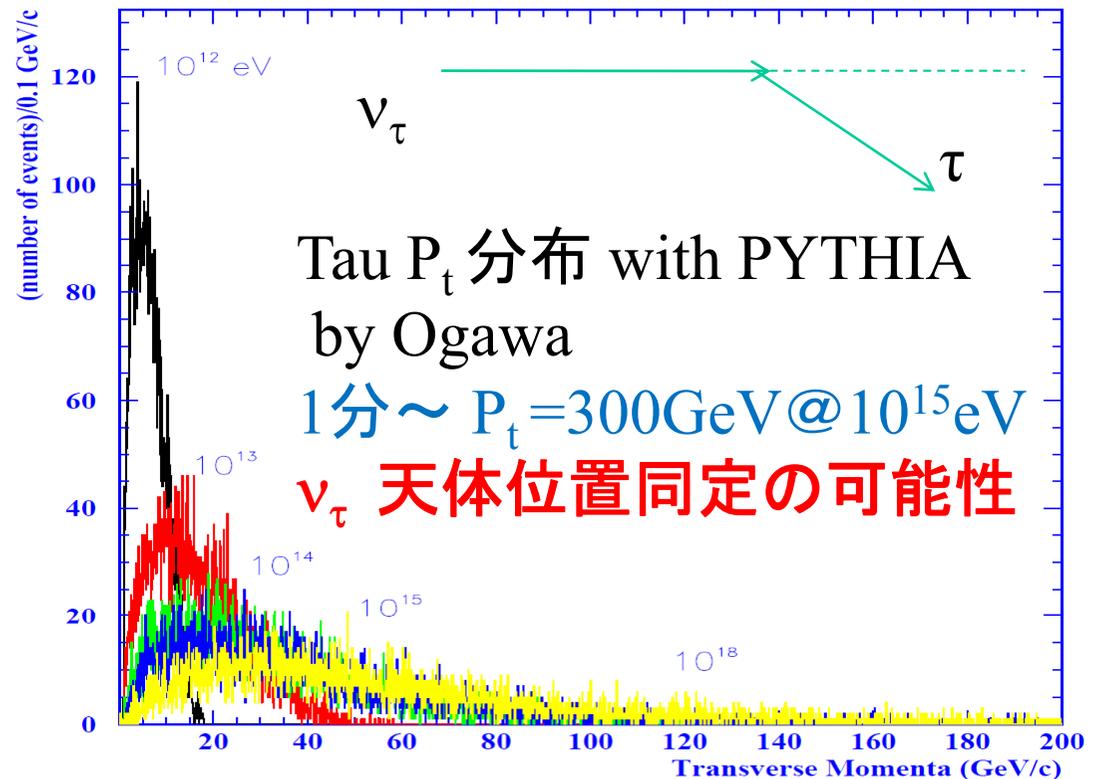
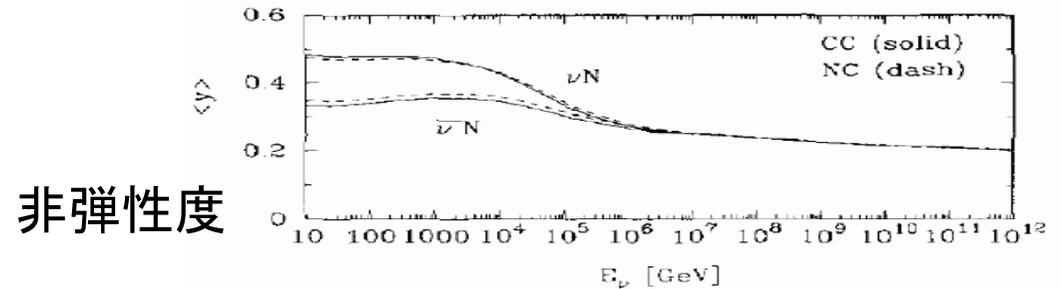
– CORSIKA

5. 検出

– トリガー

– 再構成

ν_τ N 散乱 \Rightarrow 偏角?



VHE ν_τ 検出過程

系統的なMC研究必要

1. ν_τ 相互作用

– CTEQ3

2. τ 地中伝播

– S.I.Dutta et al, 2001
PRD63,090420他

3. τ 崩壊

– TAUOLA

4. 空気シャワー

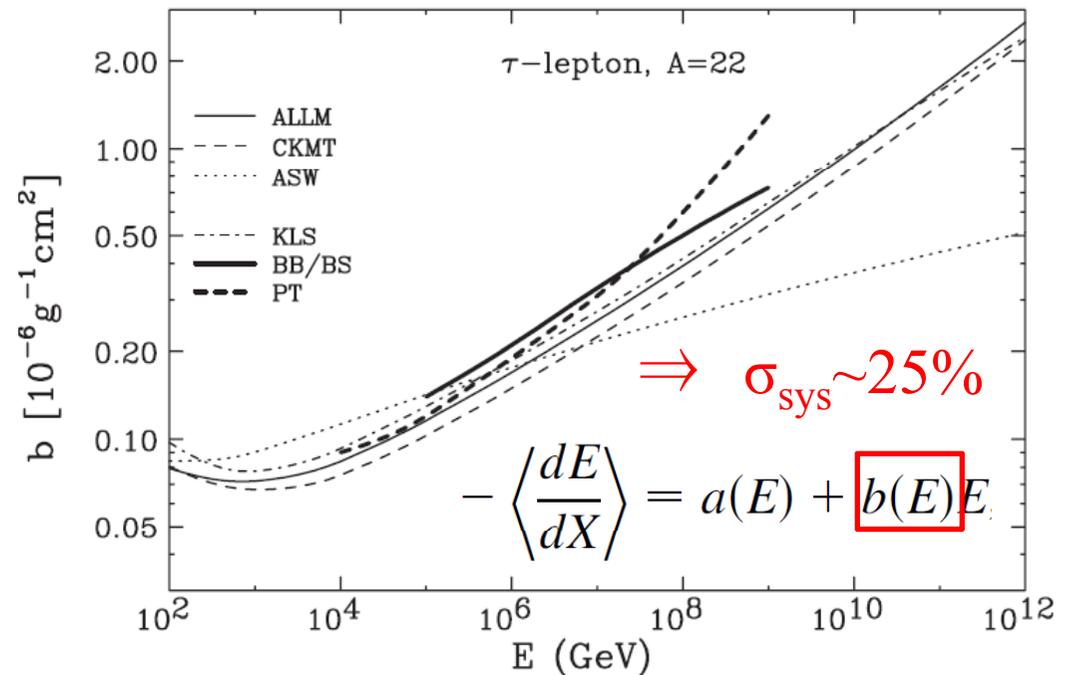
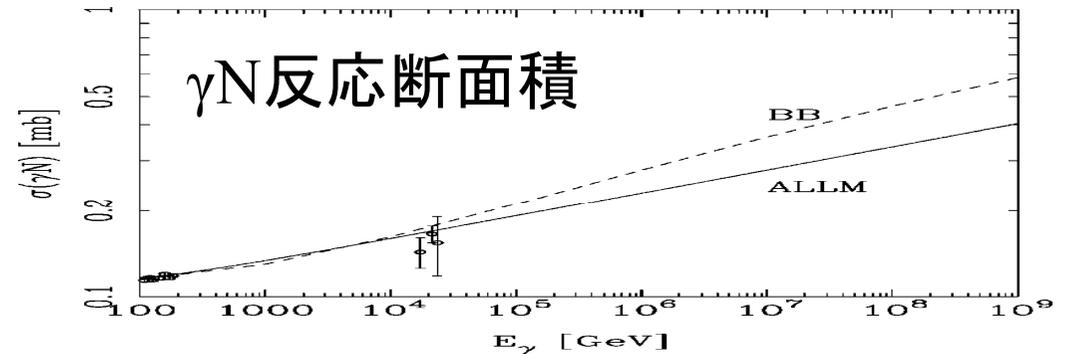
– CORSIKA

5. 検出

– トリガー

– 再構成

Tau エネルギー損失

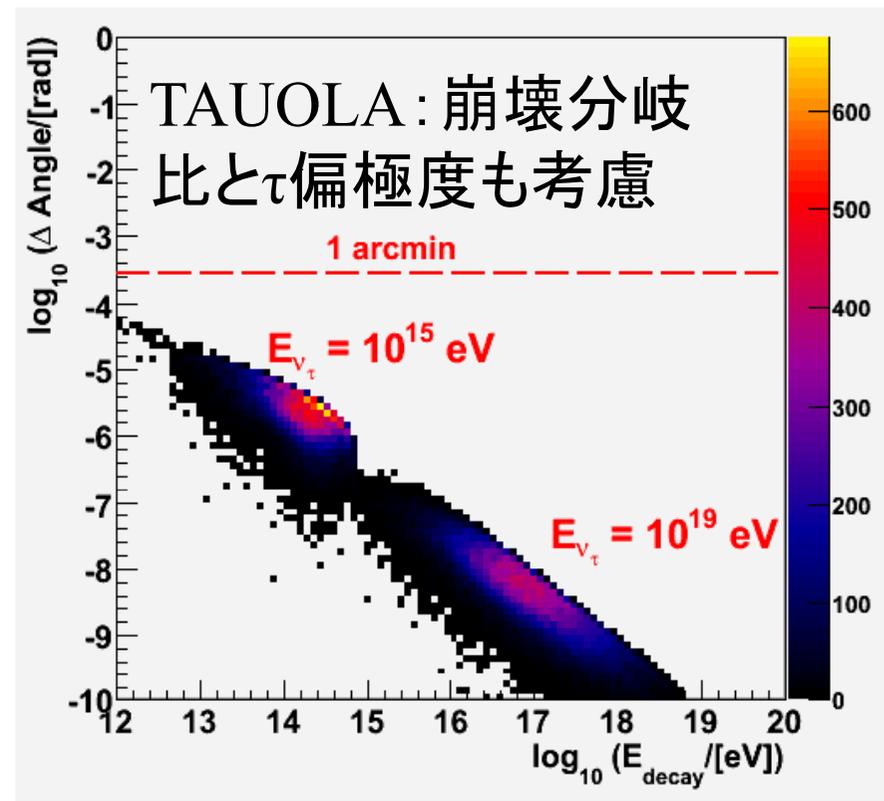


VHE ν_τ 検出過程

系統的なMC研究必要

1. ν_τ 相互作用
 - CTEQ3
2. τ 地中伝播
 - S.I.Dutta et al, 2001
PRD63,090420他
3. τ 崩壊
 - TAUOLA
4. 空気シャワー
 - CORSIKA
5. 検出
 - トリガー
 - 再構成

Tau 崩壊粒子
エネルギーと角度



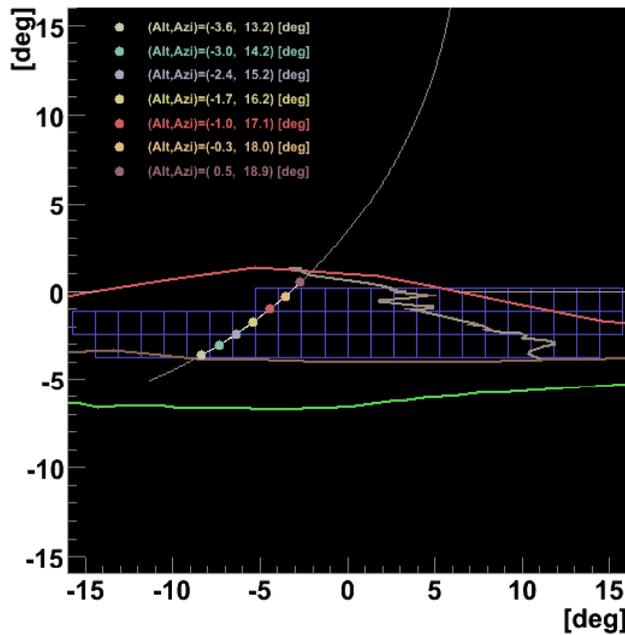
再構成さえできれば、
VHE ν で分角度の位置同定可能

GRB081203Aの軌跡に沿った有効面積

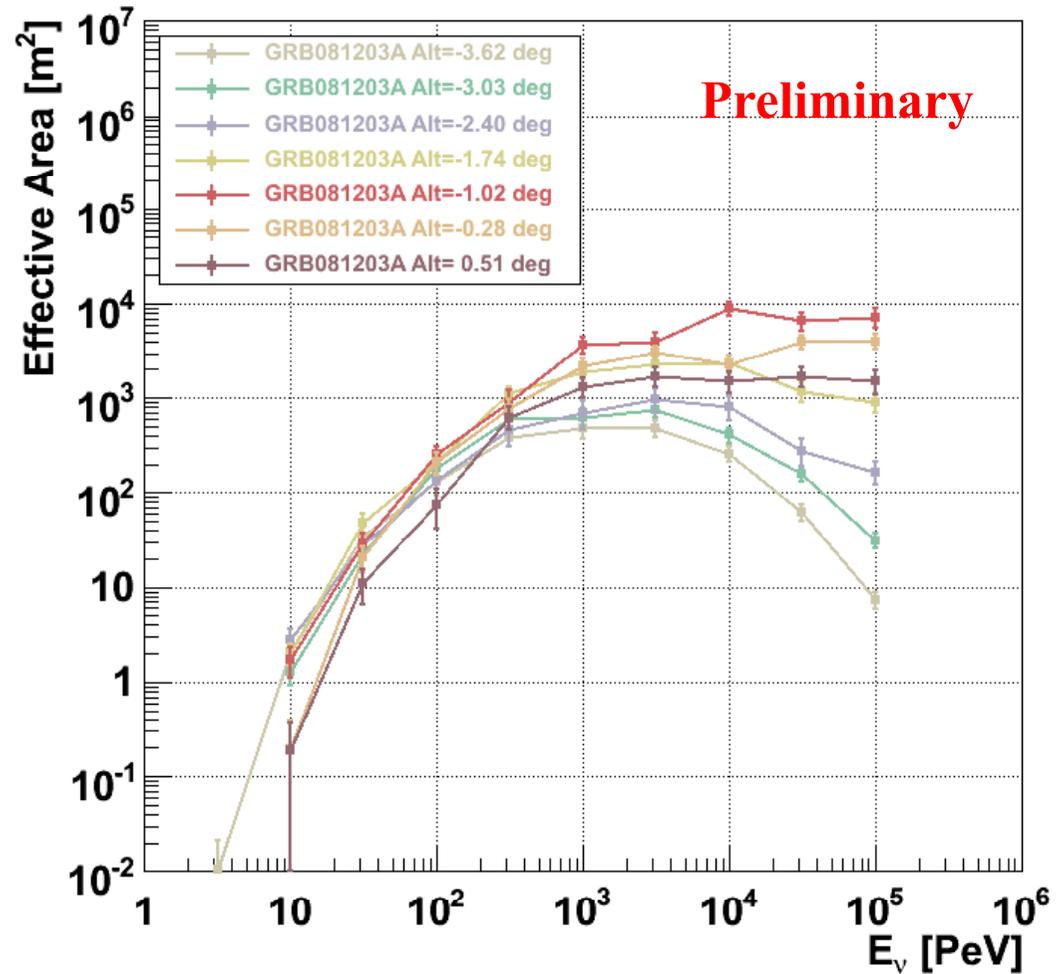
KEY FACTORS:

1. 地殻の厚さ
⇒低高度: 厚い
2. トリガーピクセル充足率

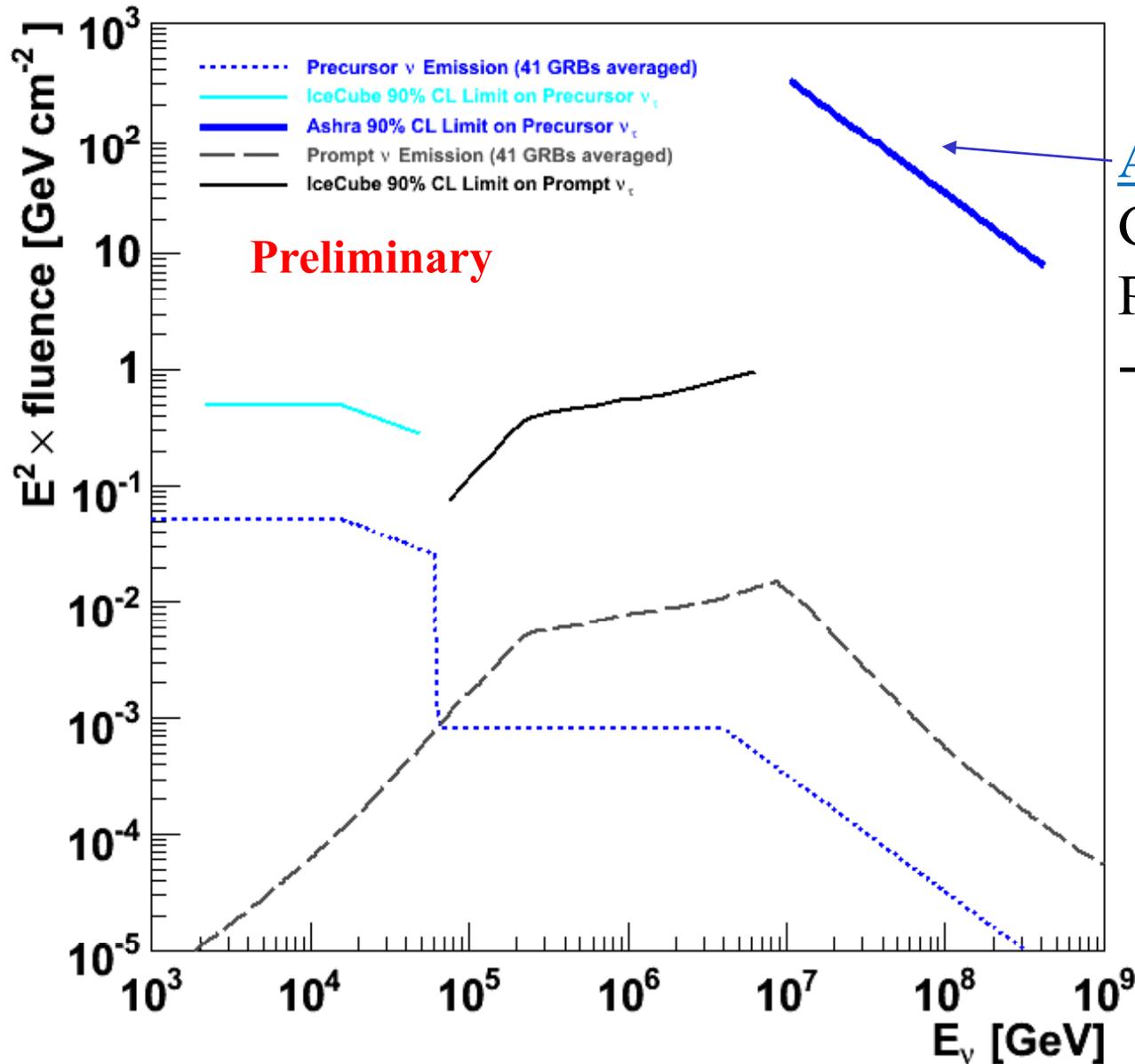
Trajectory of GRB081203A



Ashra Pilot Observation



GRB081203Aからの ν_τ 流量制限



Ashra Pilot観測の制限:

GRB081203A

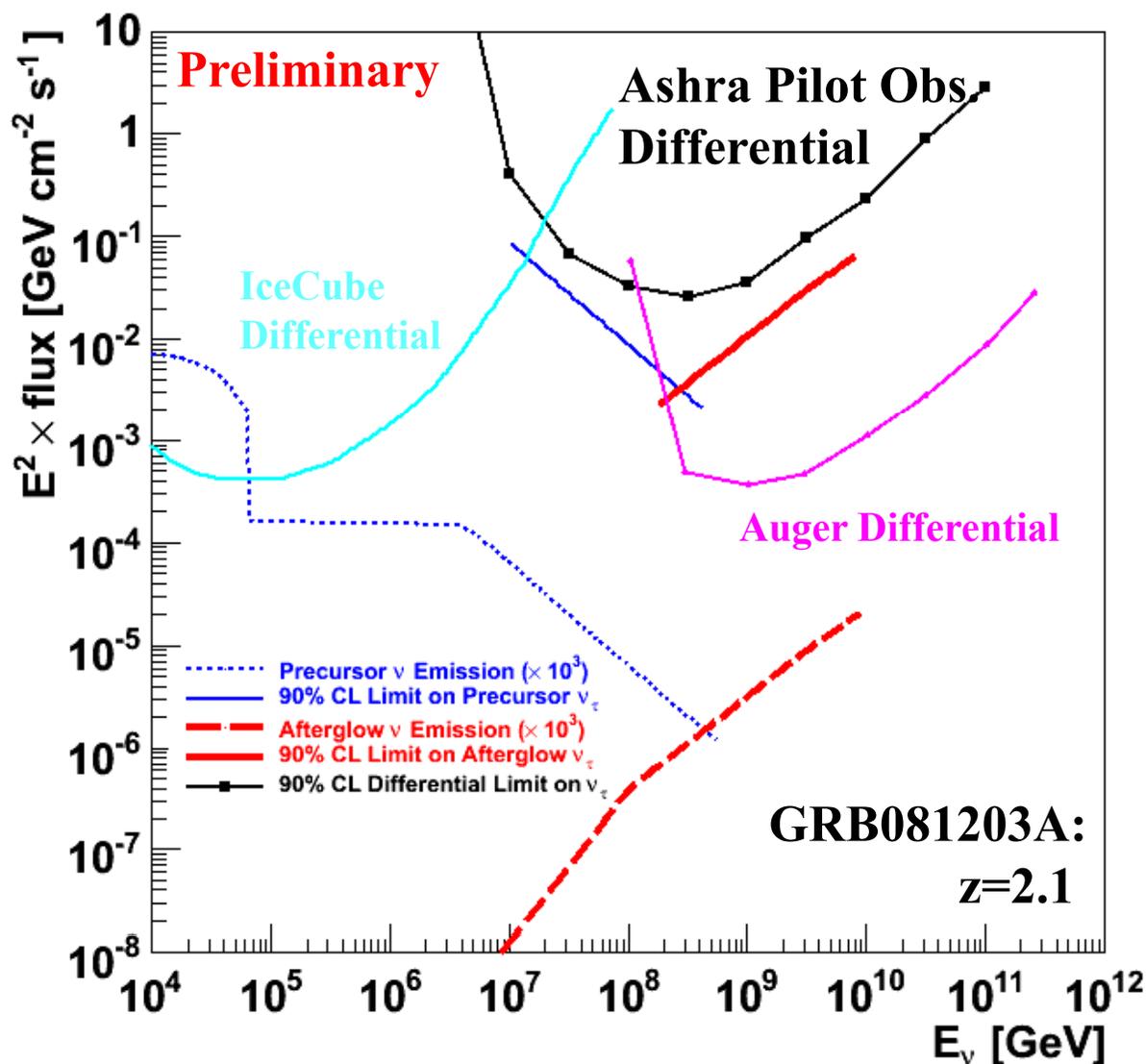
Precursor 放射

$-2.78 < T-T_0 < -1.78$ hr

IceCube 制限 &
理論曲線:

ApJ710 (2010) 346

GRB081203Aからの ν_τ 流束制限



Ashra Pilot観測時間:

- Precursor, Afterglow
共、各3780秒

Ashra積分感度:

- 有効面積の場所依存性を考慮して積分

微分感度定義:

$$2.3/A_{\text{eff}} \times E_\nu / T$$

(90%CL differential format)

多実験との比較:

... 以下のRef.より算出
観測時間3780秒
(条件一致)

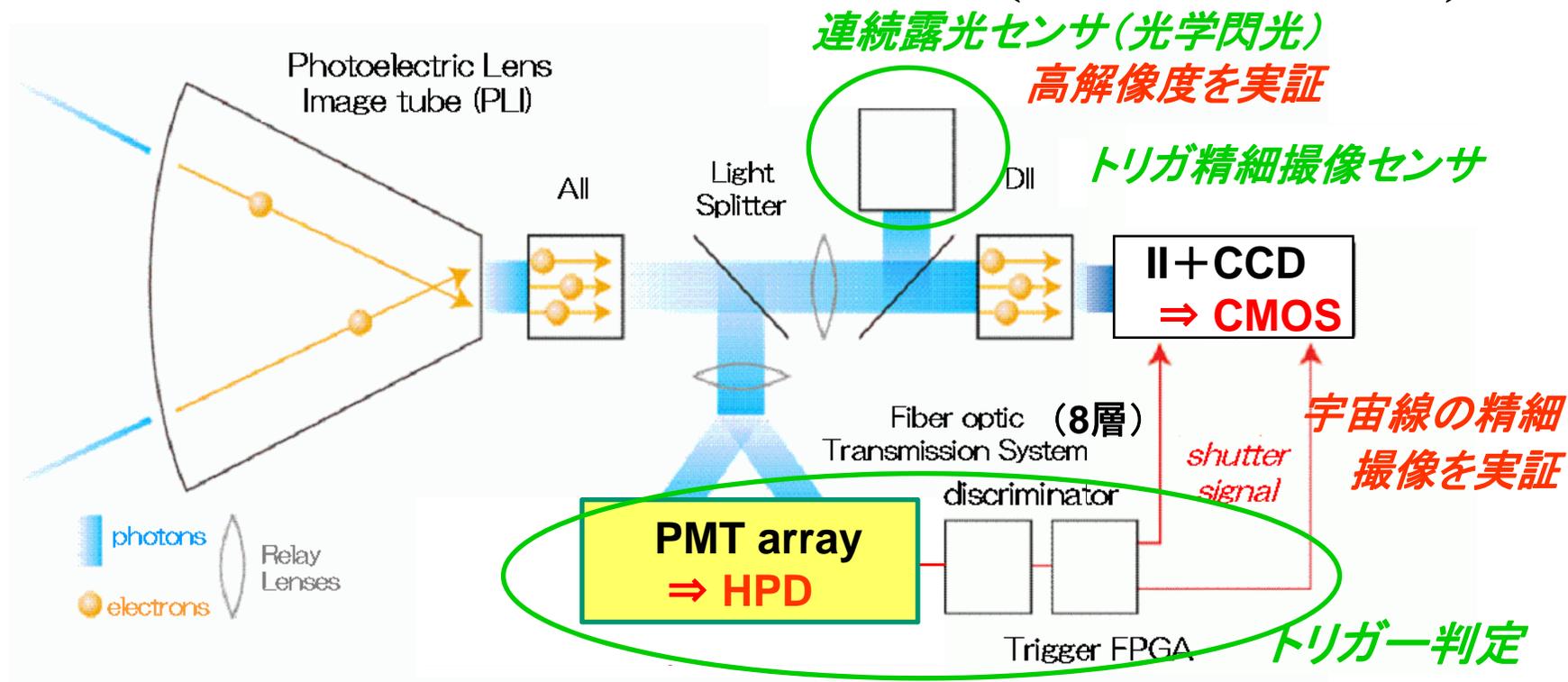
Auger:

PRD79,102001(2009) Fig.9

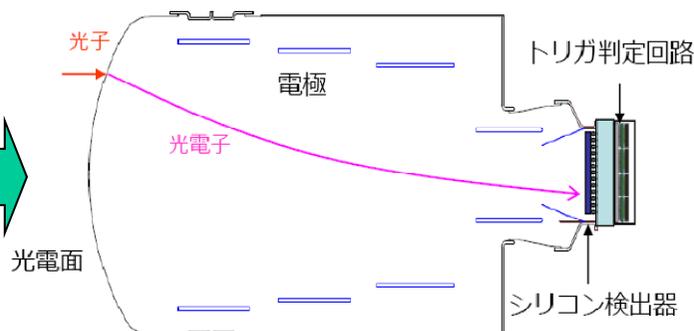
IceCube:

ApJ701,1721(2009) Fig.5 (a)

Ashraのトリガー撮像 (本観測へ)



使用したPMTアレイ



Ashra HPD概念図

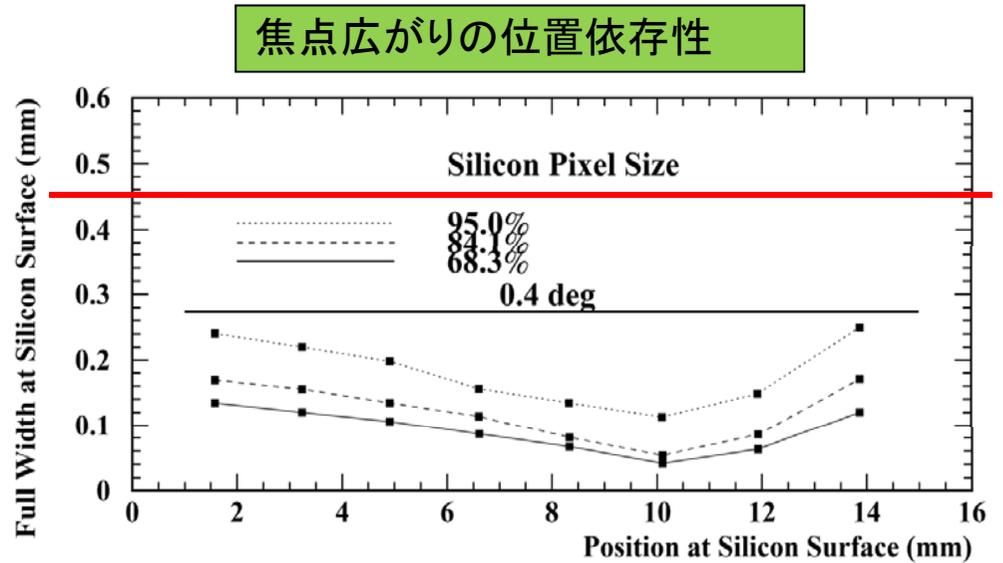
• 最重要のHPD
実装・性能評価中

トリガーセンサ



トリガーセンサ
電子管とシリコン画素検出器 からの
複合型検出器(HPD)である。

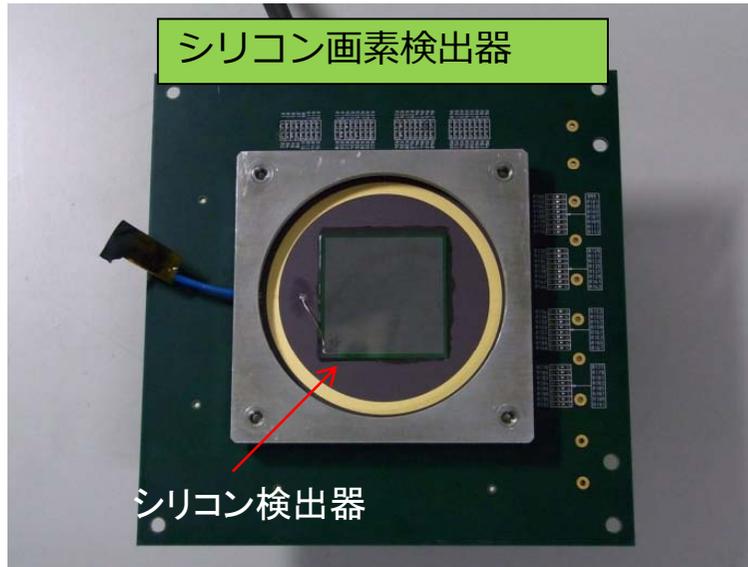
信号かノイズかを素早く判定し、
信号の座標及びタイミングをCMOS
センサに送る。



焦点広がり(電子軌道シミュレーション)
68%点広がり : 最大0.13 mm
95%点広がり : 最大0.27 mm

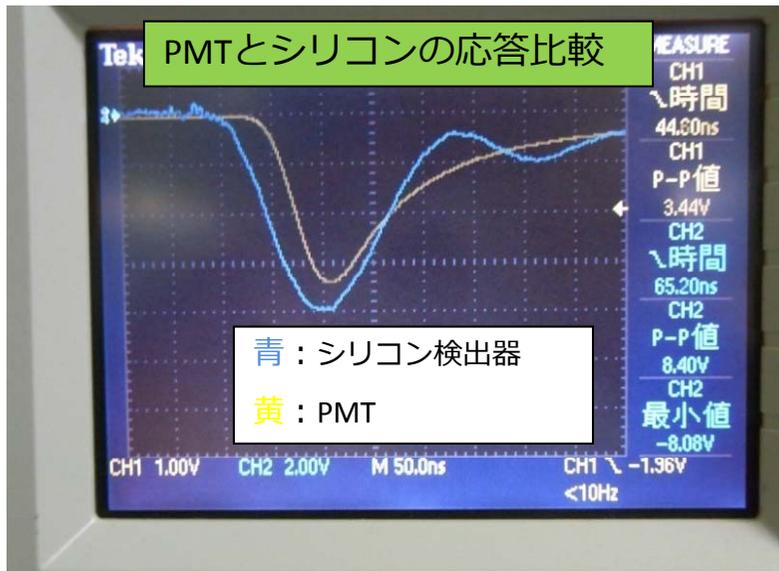
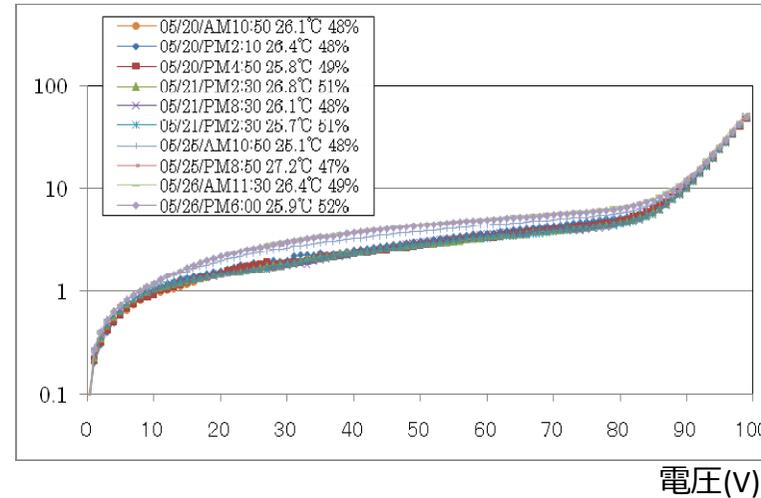
シリコン検出器の画素サイズ0.45mm
よりも十分小さい。

シリコン画素検出器



電流(μA)

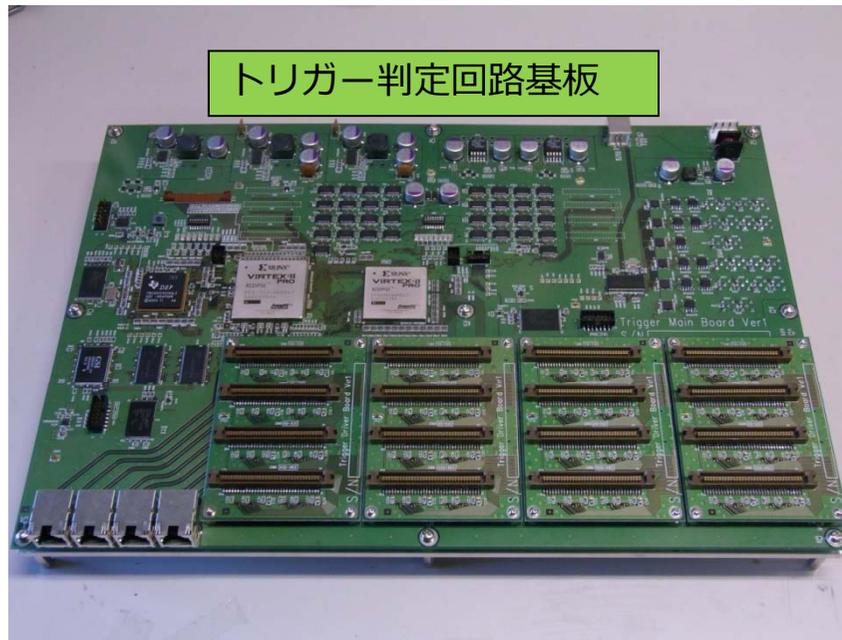
シリコン検出器のIV特性



シリコン画素検出器

- ・64 × 64=4096画素からなる画素検出器
- ・ゲインG~6000 (30kVの電子入射時)
- ・安定したIV特性
- ・非常に暗電流が小さい。1.5nA/画素(80V bias)
- ・逆バイアス電圧により高速応答(立下り~20ns)

トリガー判定回路



トリガー判定回路基板 主な機能

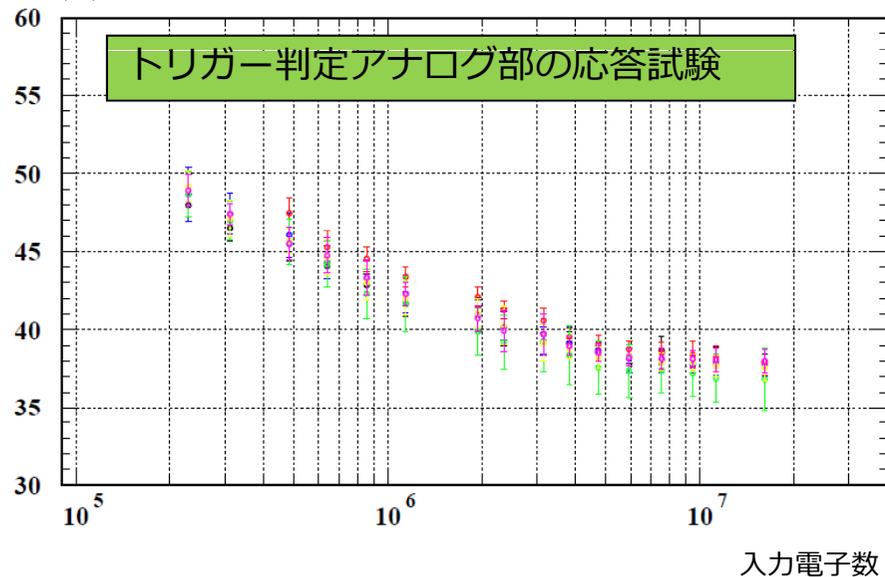
- ・アナログ信号処理用LSI

HPDからの4096chのアナログ信号を波形整形し、閾値判定を行い、デジタル信号を生成する。

- ・FPGA

LSIからの信号を元にCMOSセンサの露光制御信号及びデータ読み出し制御信号を生成する。

応答時間(ns)

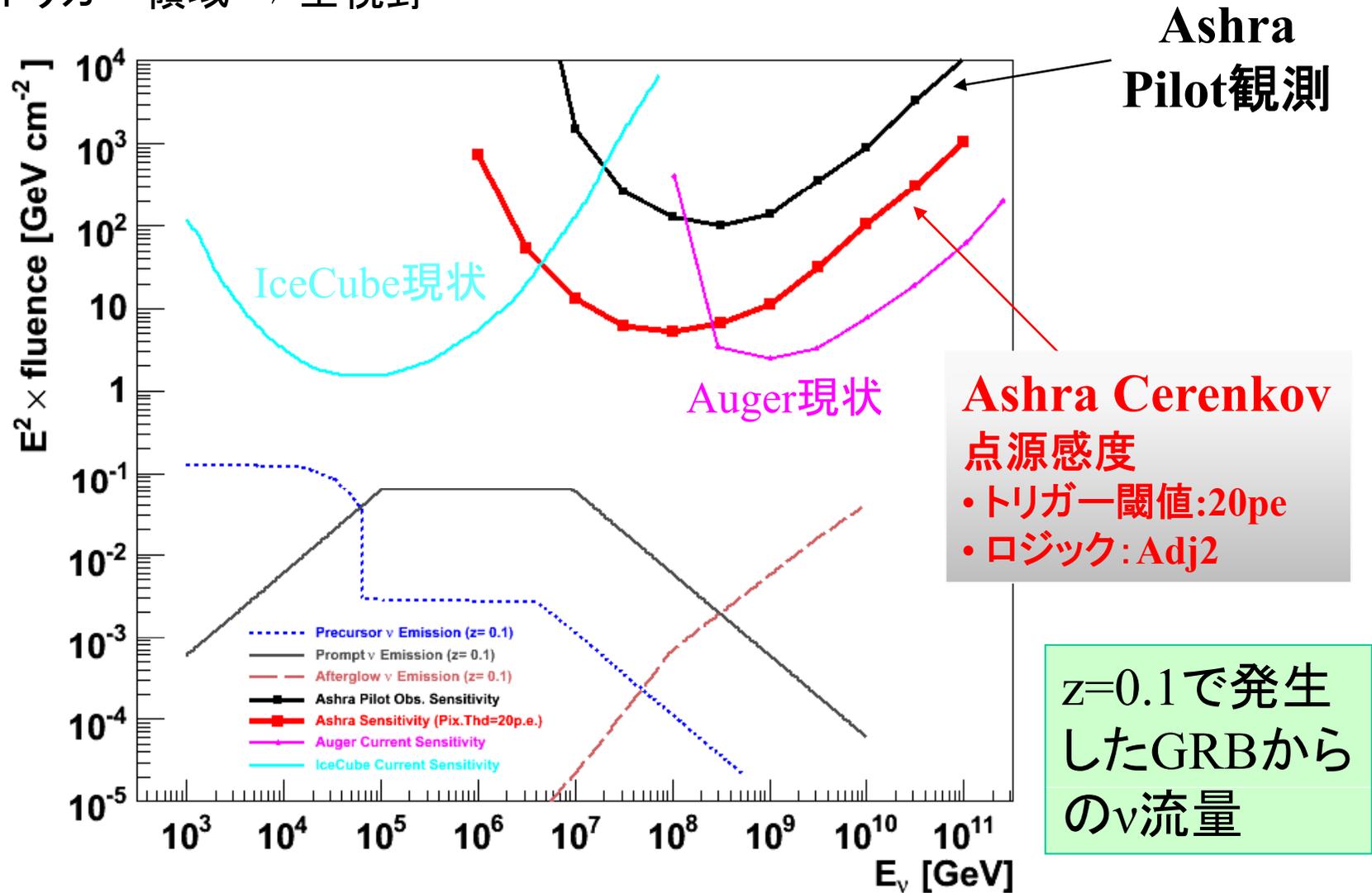


アナログ信号処理用LSI応答試験

LSIに入射される電子数と応答時間の関係を測定した。この高速応答性を用いることで、約100nsという短い時間でレーザーによる信号かノイズかを判定し、露光制御信号を出力する事が出来る。

Ashra チェレンコフ ν_τ 本観測点源感度

- トリガーピクセル面積 $\Rightarrow 1/4$
- トリガー領域 \Rightarrow 全視野



結語

- ・ 着実な予備観測と開発の実績
 - ・ 高分解能チェレンコフシャワー像のトリガ観測を開始
 - ・ 本設計トリガー撮像系の実装開発
- ・ 100 PeV 点源に対して最高感度
 - 山かすり ν_τ からのチェレンコフ発光を探查
 - Auger & IceCube の感度の谷をカバー
 - 多実験と相補的⇒エネルギーと位置同定能力
- ・ H22: 本設計トリガー撮像系を現地実装
 - ⇒ VHE ν (Ceren): 感度向上+低E化
 - ⇒ 死時間のない高頻度 (kHz) 高感度トリガの実現
 - ⇒ VHE γ (Ceren): 観測開始

基盤的なリソースが要