

テレスコープアレイ実験における ハイブリッドトリガーシステムの開発

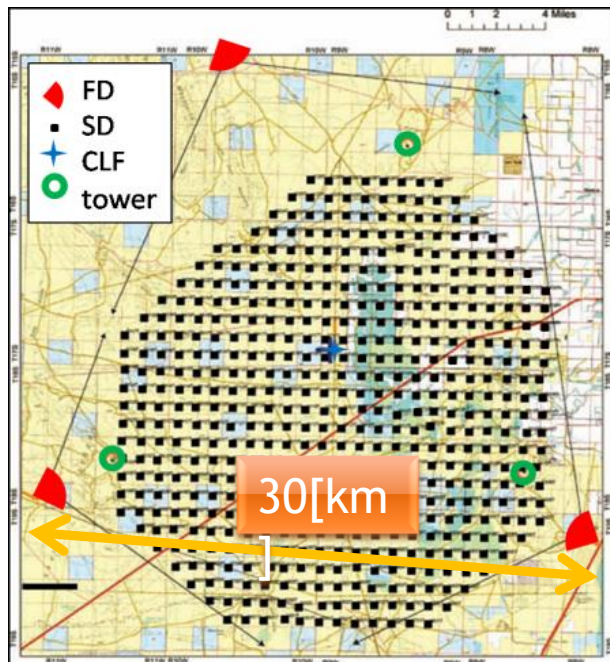
東京工業大学

石森 理愛

テレスコープアレイ実験

アメリカ ユタ州 砂漠地帯

目的：エネルギースペクトルの確定
宇宙線起源天体の特定



大気蛍光望遠鏡 (FD)

HiRes

地表検出器 (SD)

AGASA

同時観測
(Hybrid観測)

観測有効面積～AGASA×10

・・・統計量 約10倍

ターゲットのエネルギー : $10^{18} \sim 10^{20}$ [eV]



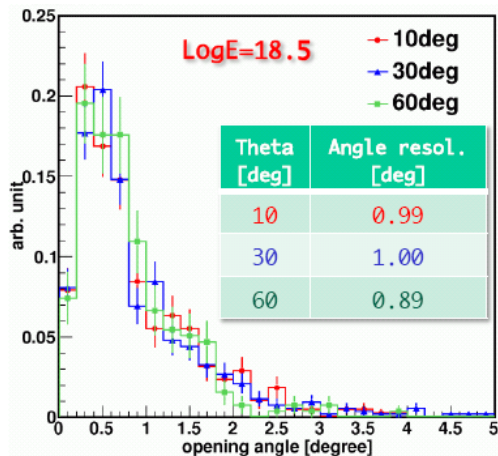
FD

低エネルギー ($<10^{18.5}$ eV) の空気シャワーの単眼解析の角度分解能は3-4度。



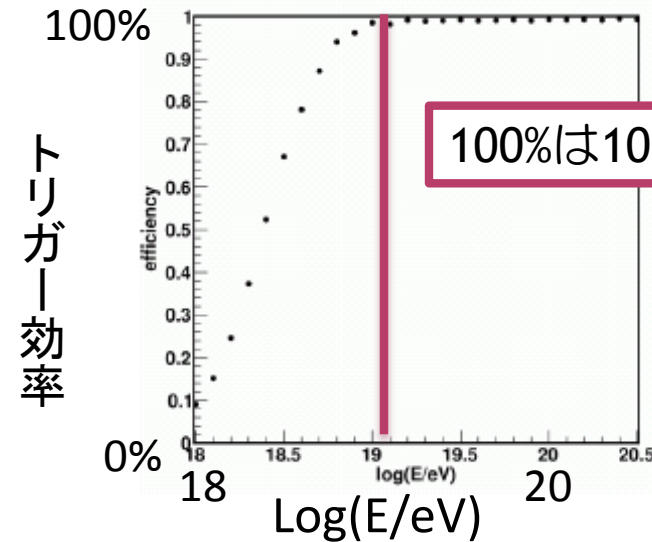
SD1台の情報を合わせたハイブリッド解析を用いれば、解析の精度は向上。

ハイブリッド解析による角度分解能



SD

低エネルギーのシャワーはSDアレイのトリガー条件3mip隣接3台に満たないため、波形が収集されないものが多い。



トリガー効率

100%は 10^{19} eV以上

→ ハイブリッドトリガー

ハイブリッドトリガー

- FD-SDを**連動**させたトリガー
- FDのトリガー発生時に、SDの0.3mip**1台**以上の波形を収集。



①トリガー発生

②波形収集命令

波形収集の中心時刻
探索時間幅

通信塔



0.3mip以上

③波形要求

④波形収集
0.3mip以上の波形



今までSDアレイのトリガー条件を満たなかったSD1台以上の小さな波形を収集出来る。

→ ハイブリッド解析対象のイベントが大幅に増加

ハイブリッドトリガー導入による効果

FDでトリガーされたイベントの内
SDで波形がある確率

シミュレーション

COSMOS

ハドロン相互作用モデル: QGSjet- II

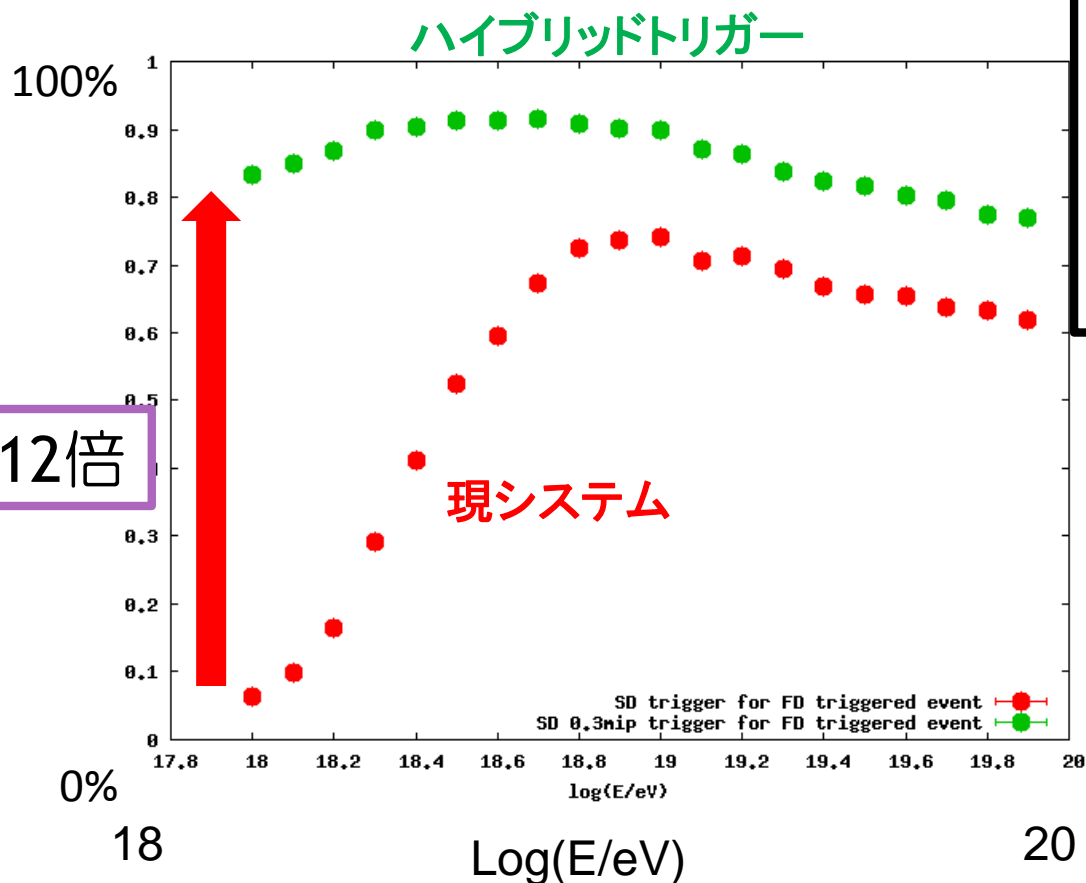
核種: 陽子

$\log(E/eV)$: 18, 18.1, ..., 19.9

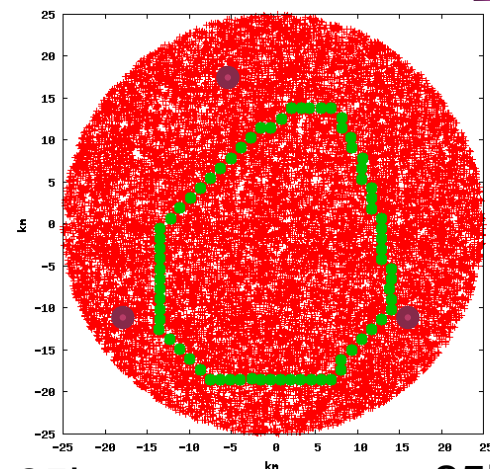
zenith: 0-50deg

Core: TAsiteの中心から25km

各15000event



コア位置の分布

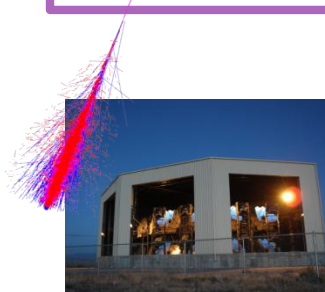


-25km

+25km

ハイブリッドトリガーに求められること

•ハイブリッドトリガーの限界頻度



2~3Hz

ノイズが含まれる

- ミューオン
- 町の光

>

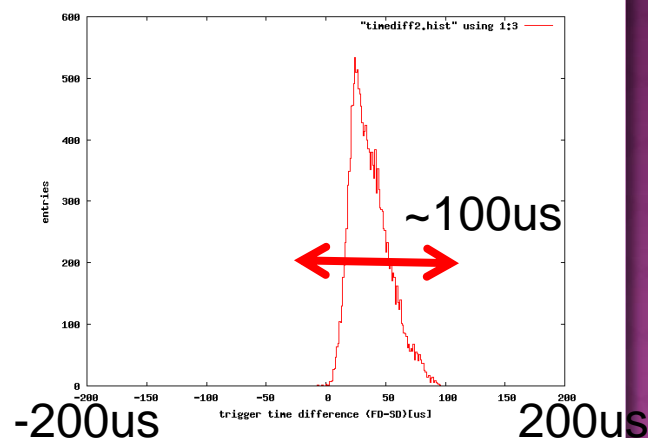


波形収集限界~0.16Hz



- 0.16Hz以下の頻度にする必要性
- FD側でノイズの除去

•FDとSDのトリガー時刻差



現在、
FD-SDのトリガー時間差
> 波形探索の時間幅
(現システム: ±32usで固定)



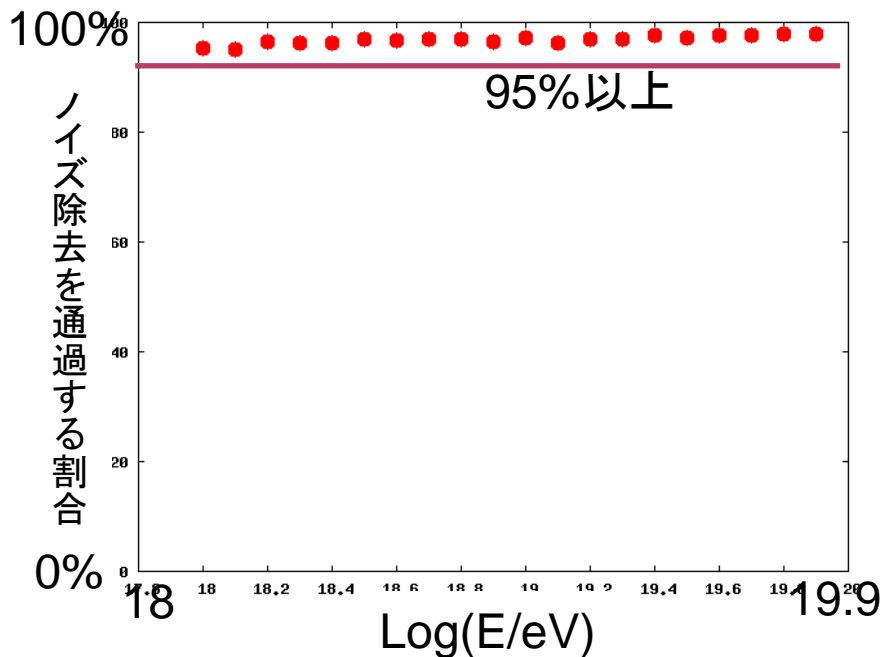
- 波形探索時間幅の変更が必要

ノイズ除去判定

| | Xe | 人工光 | 大気ミュオン |
|------|--|------------------|----------------|
| | PMT較正に用いるXe光源 | 町の光など低周波の光 | ミュオンがカメラ面を直接通過 |
| 特徴 | <pre> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 a b c d e f f * * * * * e * * * * * d * * * * * c * * * * * b * * * * * a * * * * * 9 * * * * * 8 * * * * * 7 * * * * * 6 * * * * * 5 * * * * * 4 * * * * * 3 * * * * * 2 * * * * * 1 * * * * * 0 * * * * * </pre> | 継続的に同じ方向のPMTが反応 | |
| 判定基準 | PMT250以上にシグナル | ヒットするPMTに時間変化が無い | ピーク時刻差が0.8μs以内 |

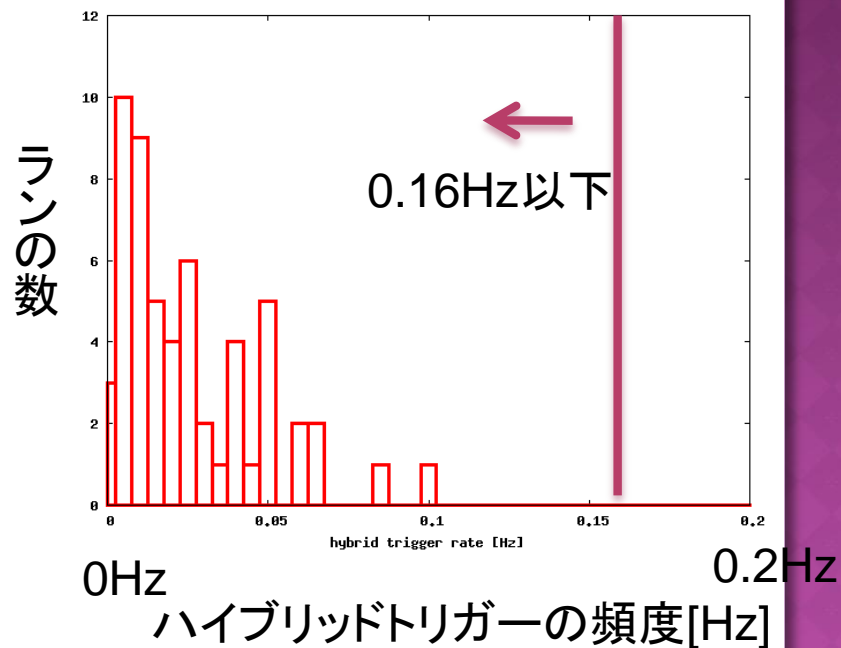
ノイズ除去判定の結果

シミュレーションの
空気シャワーイベントに適用



18乗以上のエネルギーでノイズとして
除去されるのはわずか5%以下

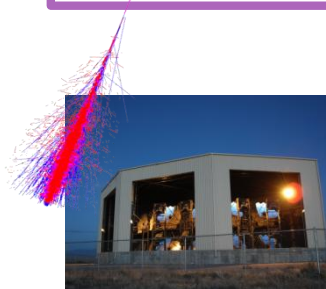
実イベントに適用
2009/08の各ラン(30-60分)に適用
し、ハイブリッドトリガーを生じるイベ
ントの頻度を求めた



ハイブリッドトリガーの限界頻度
0.16Hzを十分下回っている。

ハイブリッドトリガーに求められること

•ハイブリッドトリガーの限界頻度



2~3Hz

ノイズが含まれる

- ミューオン
- 町の光

>

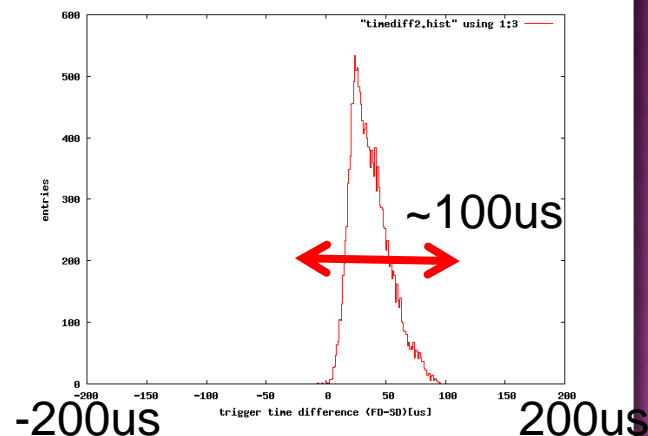


波形収集限界~0.16 Hz



- 0.16Hz以下の頻度にする必要性
- FD側でノイズの除去

•FDとSDのトリガー時刻差



現在、
FD-SDのトリガー時間差
> 波形探索の時間幅
(現システム: ±32usで固定)



- 波形探索時間幅の変更が必要

ハイブリッドトリガーの動作試験

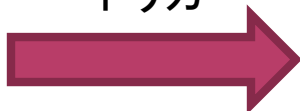
- FD(BRMステーション)



デルタ市内の拠点
試験用SDアレイ:6台



ハイブリッド
トリガー



- 仮想FD

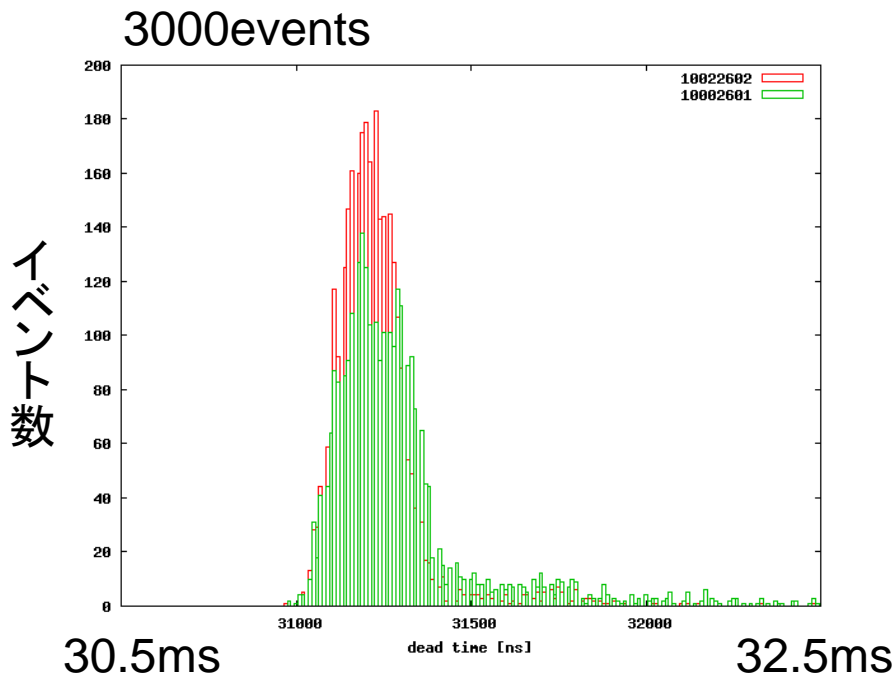
動作試験期間: 2009/12~2010/1

| | FD | SD |
|-----------|-----------------------|------------------------------|
| プログラムの追加点 | ノイズ除去 SDに波形収集命令を送る | 波形探索時間幅の変更 FDから波形収集命令を受ける |

ハイブリッドトリガーによって生じるデッドタイムの測定も行った。

動作試験結果

1イベントに対するデッドタイム



赤ー現システム～31ms

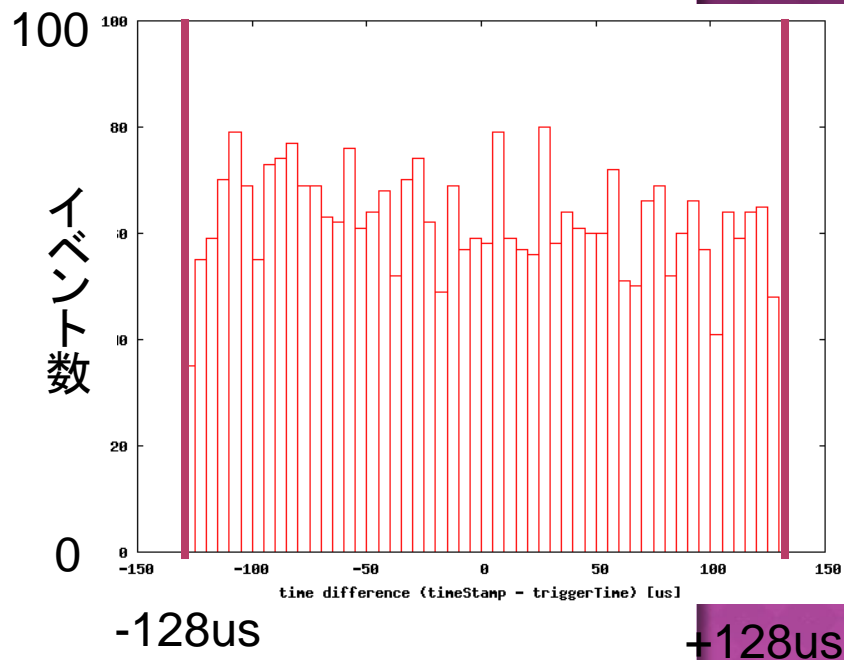
緑ーハイブリッドトリガー～31ms



デッドタイムの増加は無視できる

FDから指定した時刻とSDで収集された波形の時刻差

波形探索時間幅: $\pm 128\mu\text{s}$ を指定



指定した時間内の波形が収集された

まとめ

- ◎ TAで $10^{18.5}\text{eV}$ より低エネルギーのイベント解析を精度良くする
為にはハイブリッドトリガーが必要。
- ◎ ハイブリッドトリガー導入による効果
 - ハイブリッド解析出来るイベントは 10^{18}eV で現システムの12倍
- ◎ ハイブリッドトリガーに求められること
 - ハイブリッドトリガーの頻度：0.16Hz以下
 - SDの波形探索時間幅：変更
- ◎ 動作試験
 - ハイブリッドトリガーによるデッドタイムの増加は無視できる程度
 - SDの波形探索時間幅の変更は正しく反映されていた
 - ノイズ除去後のイベント頻度はハイブリッドトリガーの限界頻度
0.16Hzを下回る
- ◎ 今後の予定
 - ハイブリッドトリガーの導入（2010年、秋）