

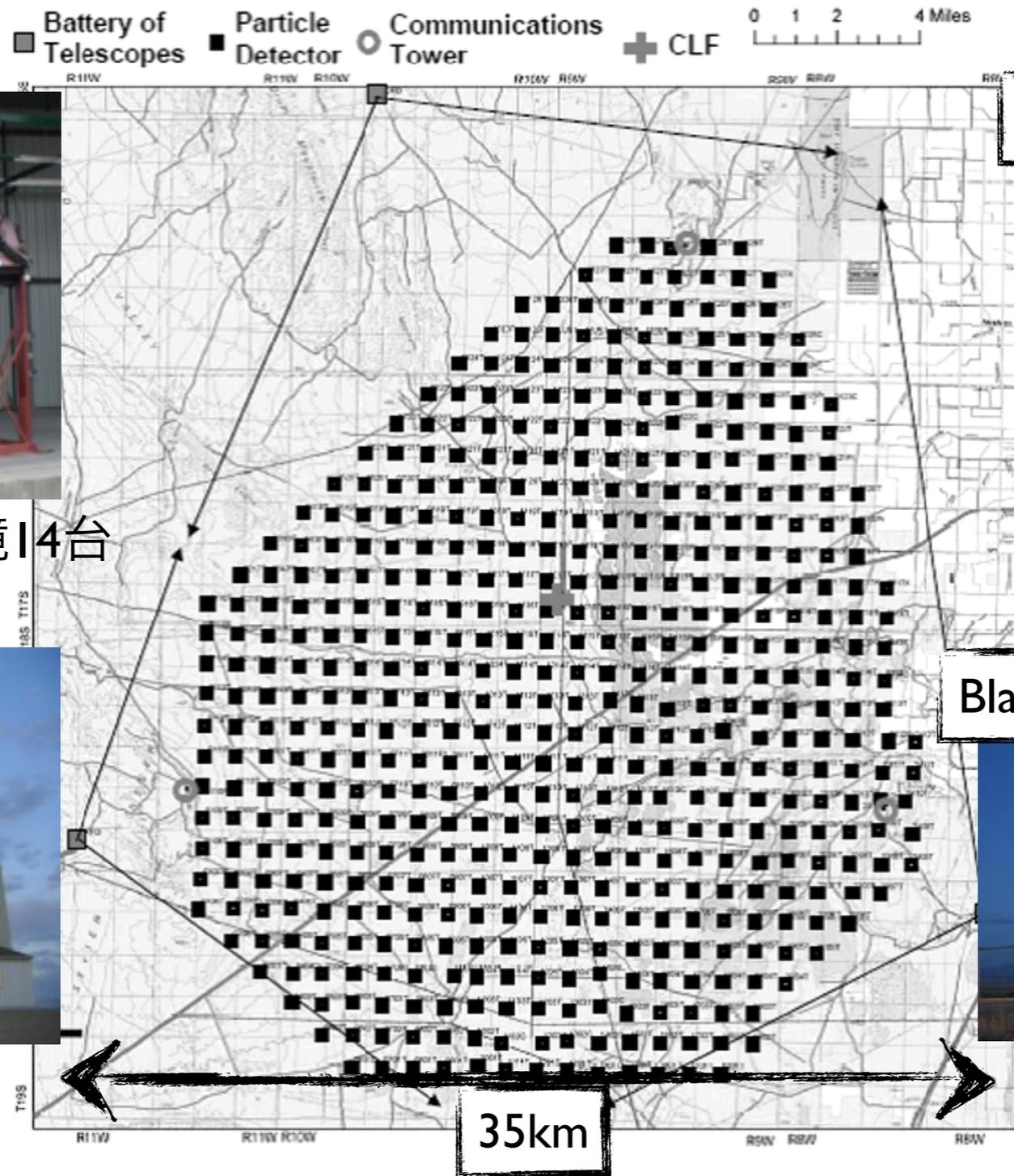


TA大気蛍光望遠鏡による 宇宙線観測



神奈川大学 工学部物理学教室 多米田裕一郎

テレスコープアレイ (TA) 実験



FD (MD)



HiRes-I を移設, 望遠鏡14台

SD



507台, 680km²

Long Ridge FD station



望遠鏡12台

Black rock FD station



望遠鏡12台

35km

TA FD (BR, LR)

FD

Black rock, Long ridge:

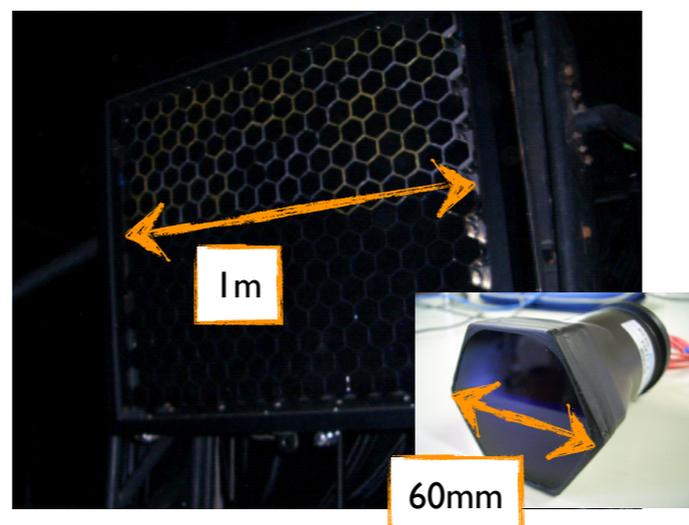
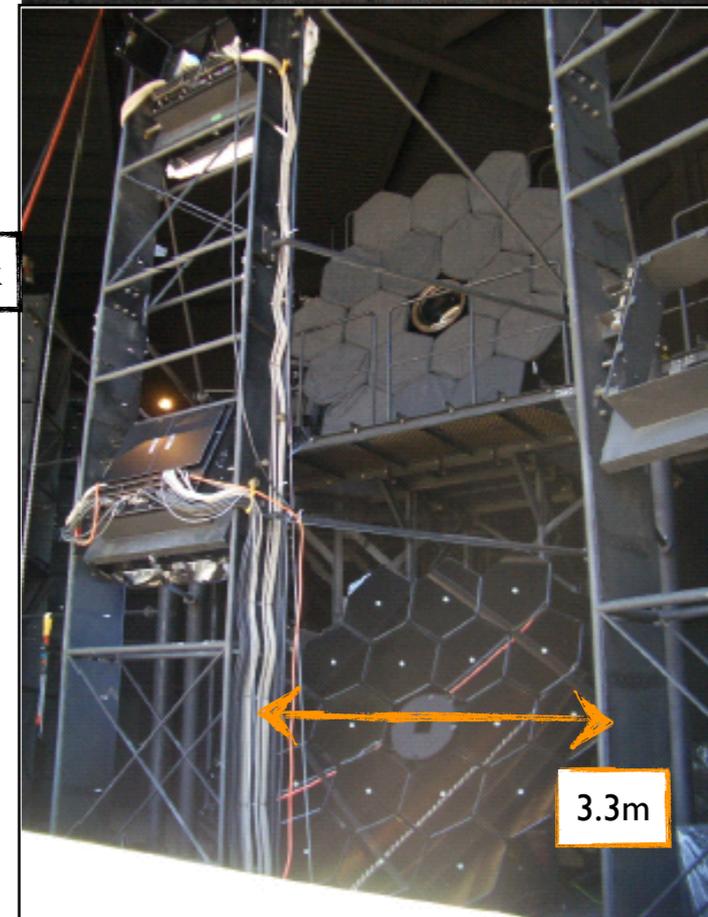
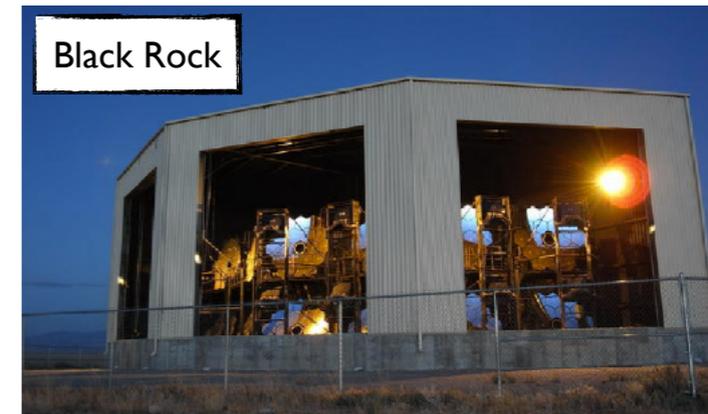
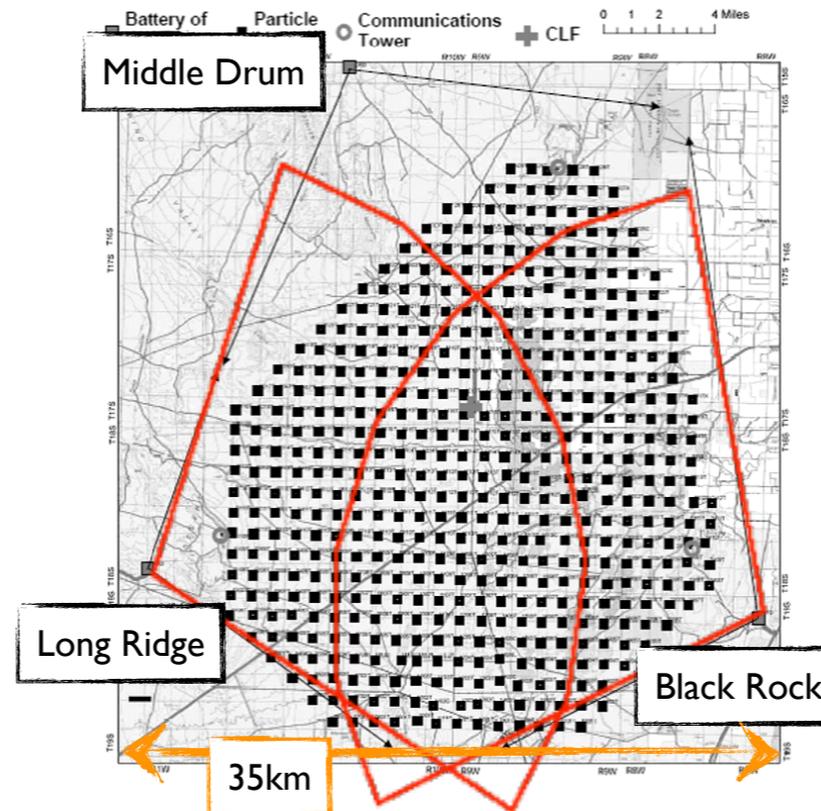
- 2 stations, 24 mirrors
- $3^\circ < \text{elev.} < 33^\circ$
- 100ns sampling FADC
- 6.8 m^2 spherical mirror
- 16 x 16 PMT cluster

Middle Drum:

- HiRes-Iから移設
- 14 mirrors, 2rings

SD

- 507台
- 検出面積 : 680 km^2



TA MD & SD

FD

Black rock, Long ridge:

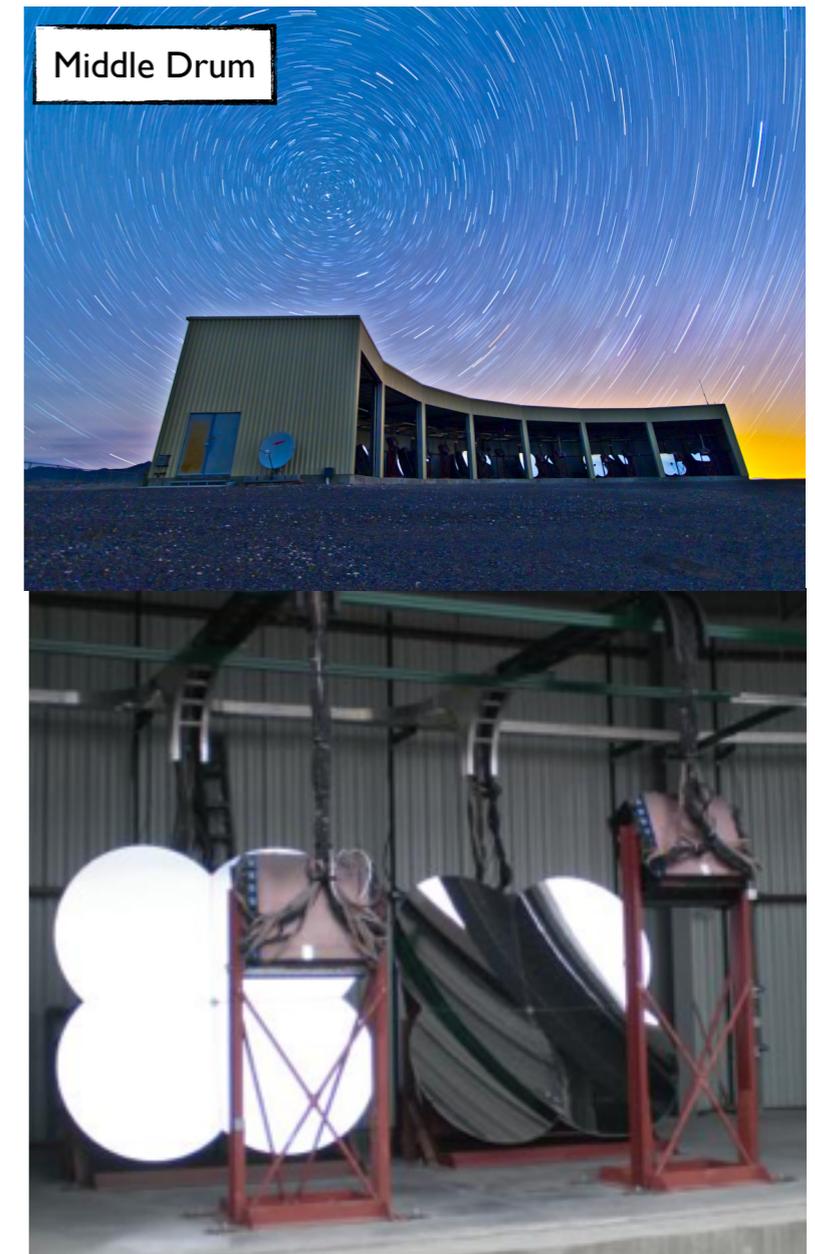
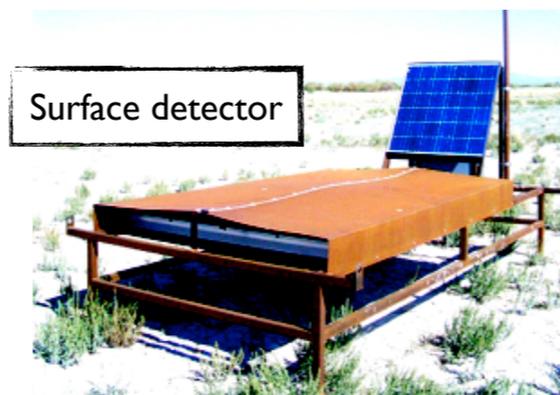
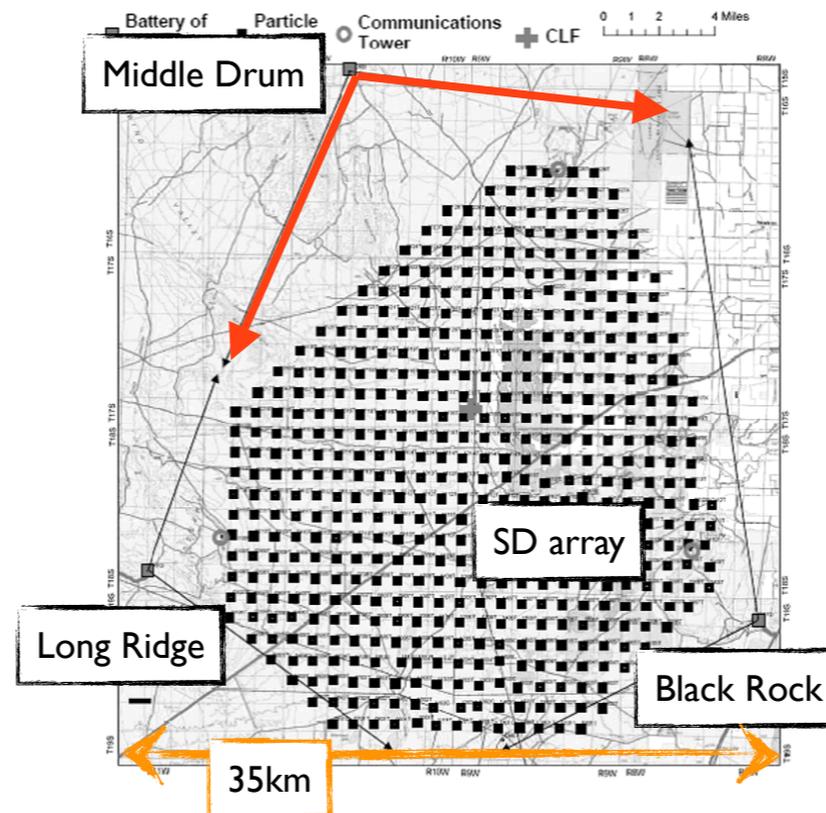
- 2 stations, 24 mirrors
- $3^\circ < \text{elev.} < 33^\circ$
- 100ns sampling FADC
- 6.8 m^2 spherical mirror
- 16 x 16 PMT cluster

Middle Drum:

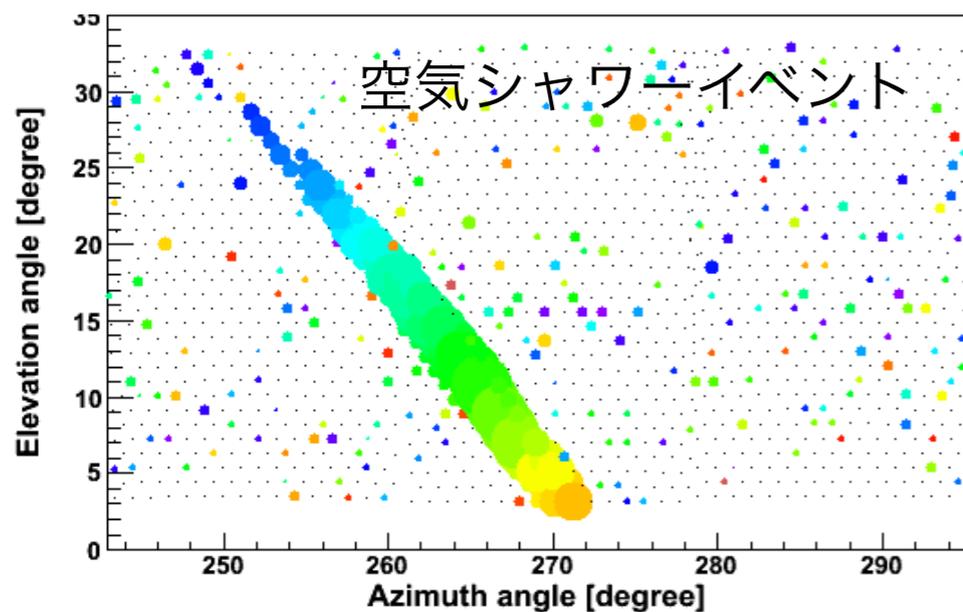
- HiRes-Iから移設
- 14 mirrors, 2rings

SD

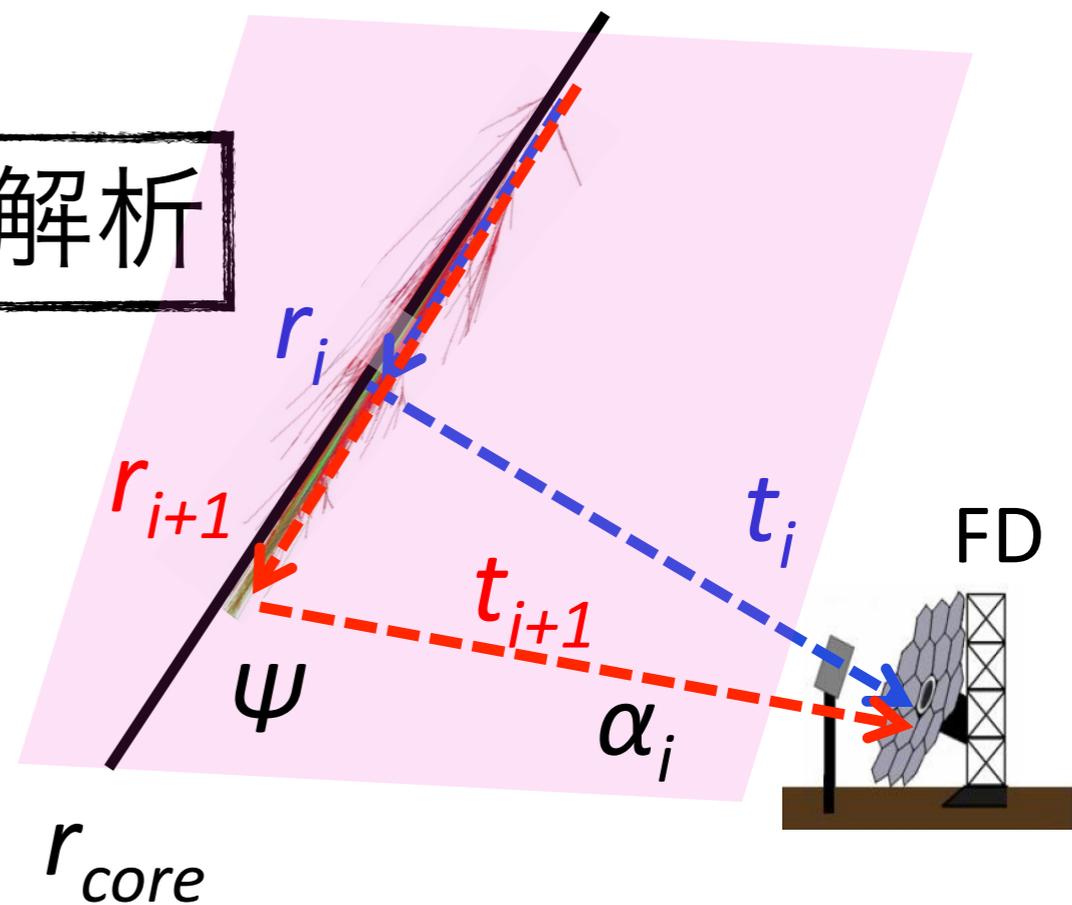
- 507台
- 検出面積 : 680 km^2



FD 解析手法 (I)



モノ解析



シャワー検出平面(SDP)

$$\chi^2 = \sum_i w^i (\mathbf{n} \cdot \mathbf{k}^i)^2$$

n: vector of SDP
kⁱ: direction vector of ith PMT

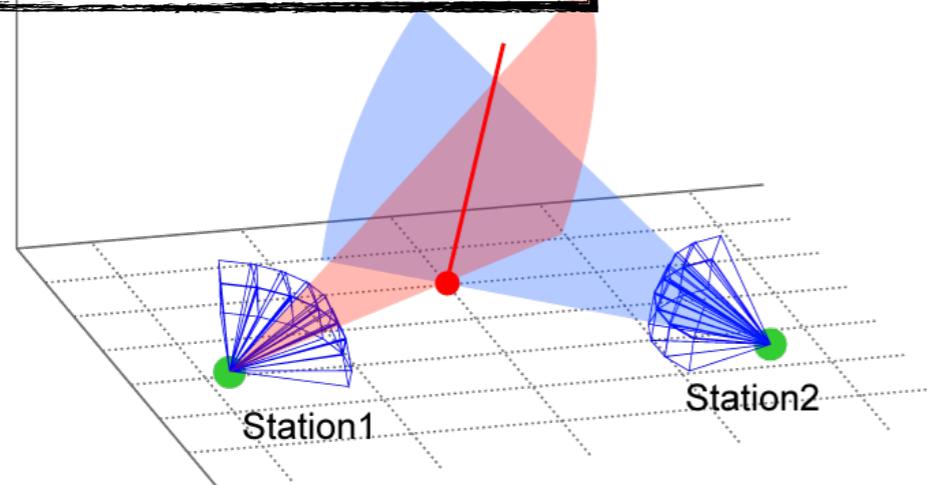
SDPでのシャワー軸の決定

$$t_i = t_{core} + \frac{1}{c} \frac{\sin \psi - \sin \alpha_i}{\sin(\psi + \alpha_i)} r_{core}$$

到来方向決定精度：7.4度

FD 解析手法 (2)

ステレオ解析



Stereo観測によるジオメトリ再構成

各ステーションのSDP交線として
シャワー軸を決定

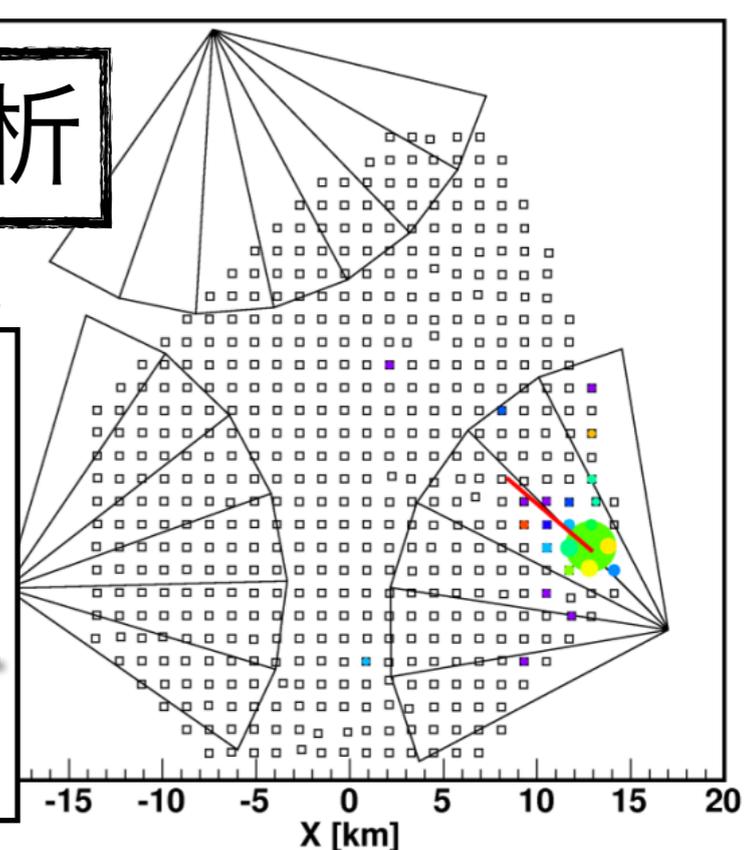
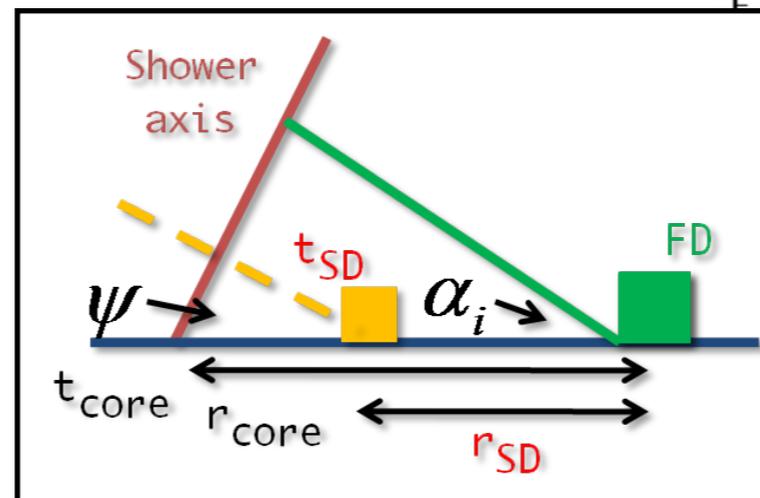
$$\mathbf{s} = \mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2$$

n_i : vector of SDP

到来方向決定精度: 1.8°

ハイブリッド解析

SDの到来時間情報を使用

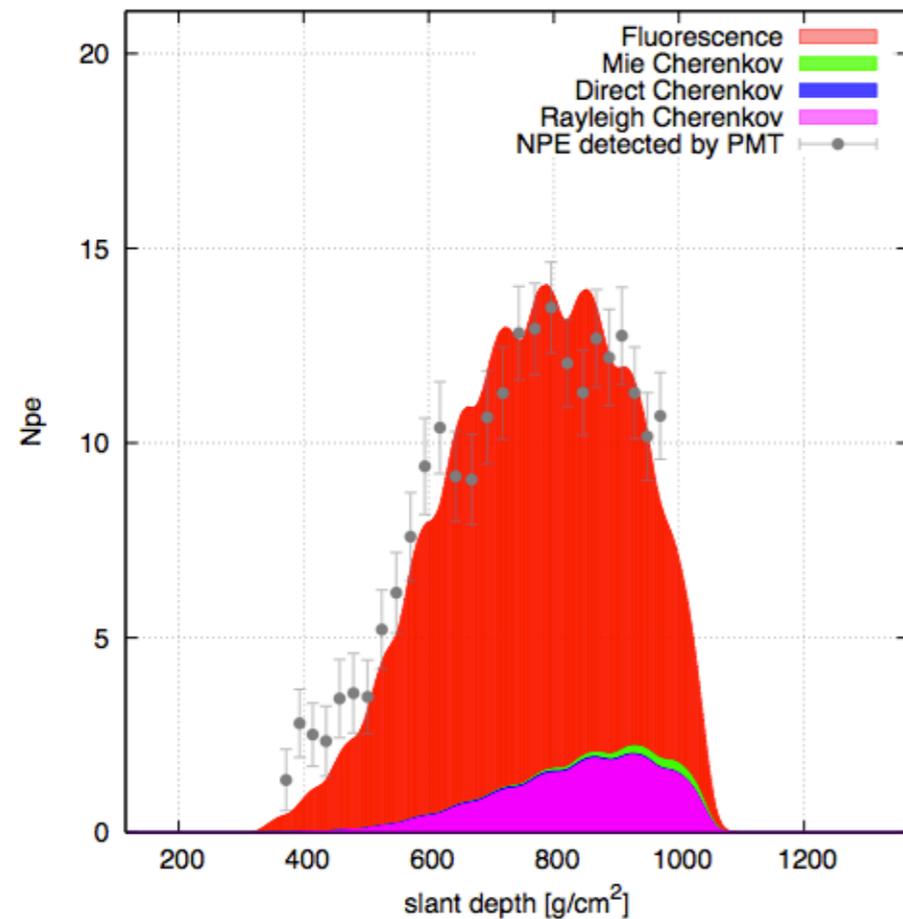


$$t_i = t_{core} + \frac{1}{c} \frac{\sin \psi - \sin \alpha_i}{\sin(\psi + \alpha_i)} r_{core}$$

$$t_{core} = t_{SD} + \frac{1}{c} (r_{core} - r_{SD}) \cos \psi$$

到来方向決定精度: 0.9°

シャワー発達再構成



逆モンテカルロ法による縦方向
発達の決定
Gaisser-Hillas関数を仮定

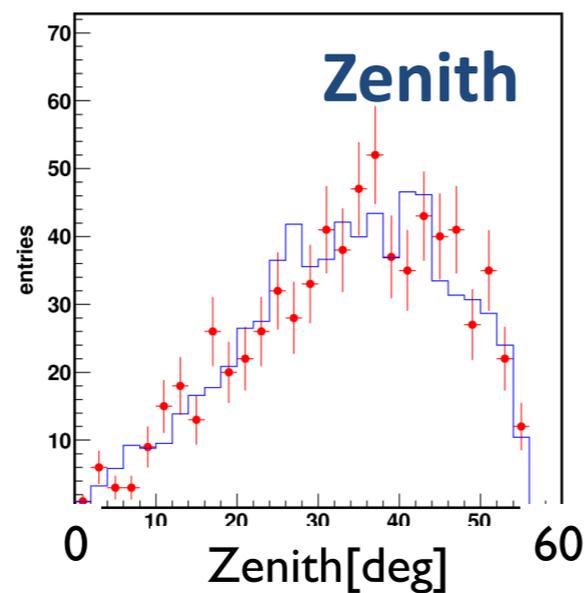
TA FD解析結果

1) エネルギースペクトル

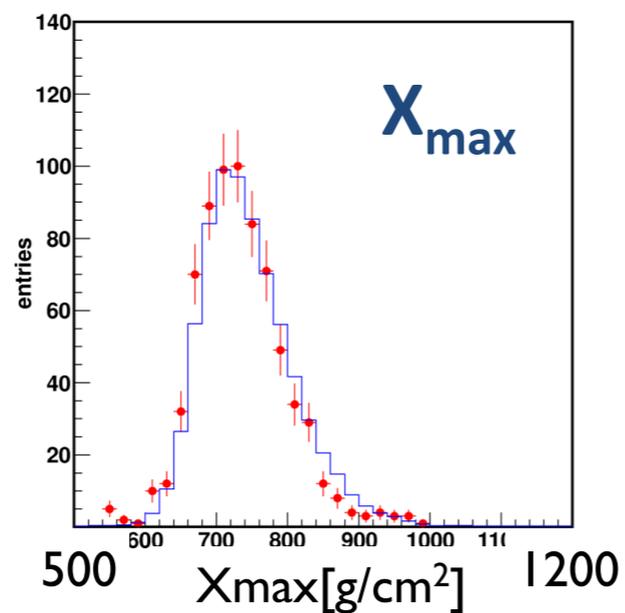
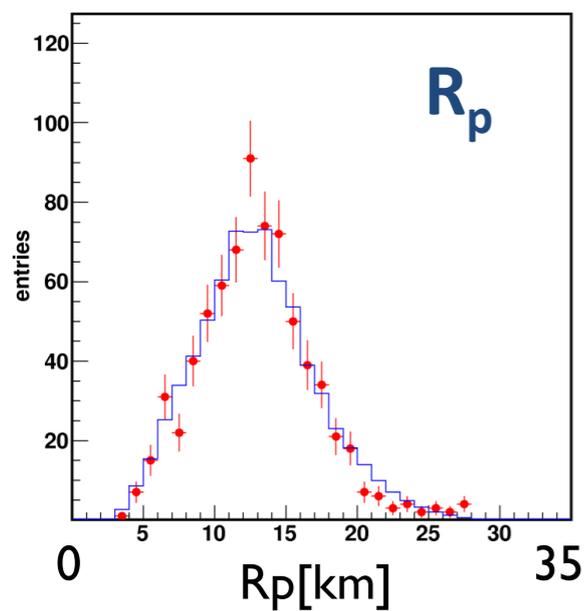
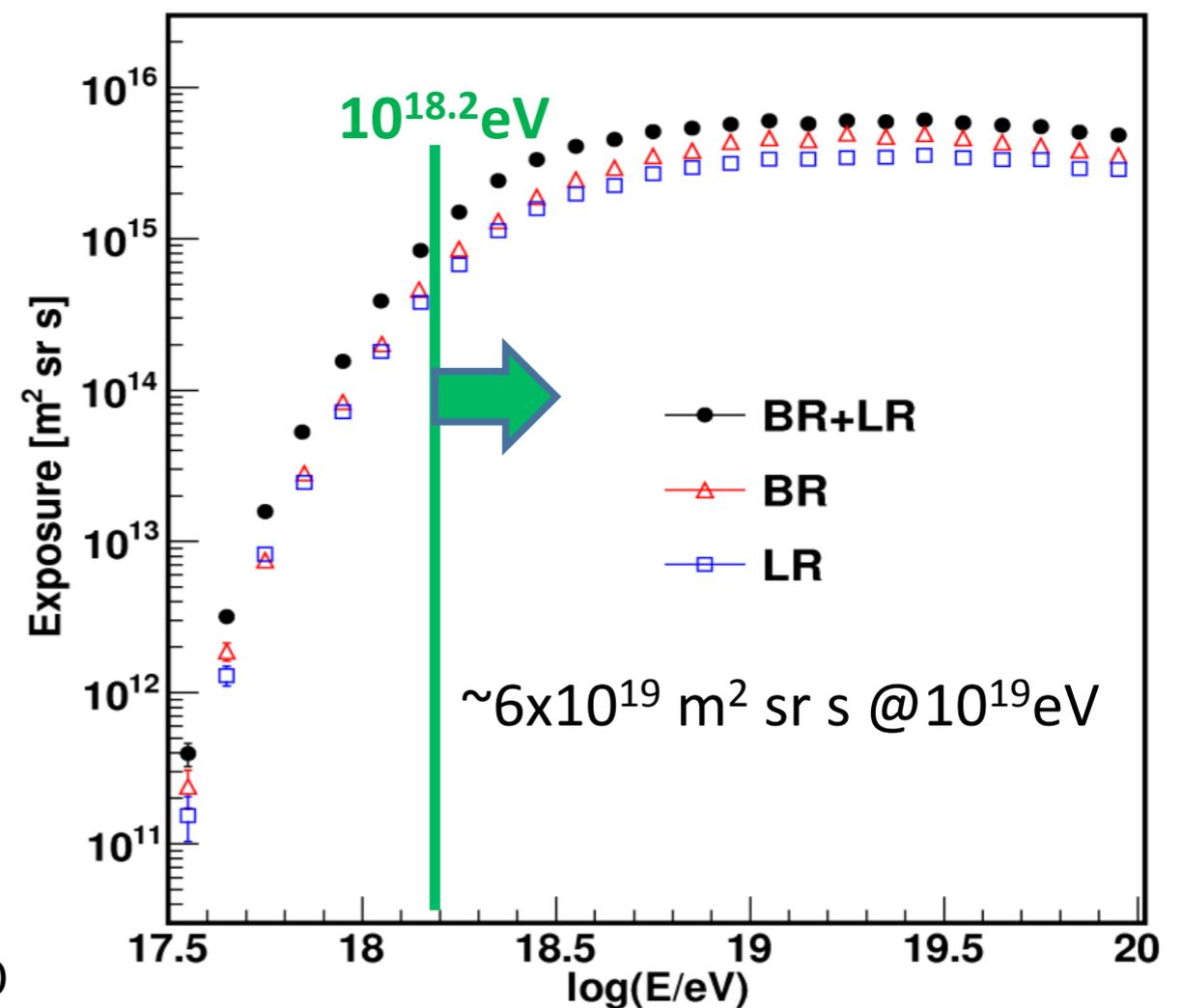
2) 質量組成

FD(BR/LR) Hybrid 解析

Data/MC
(Hybrid)



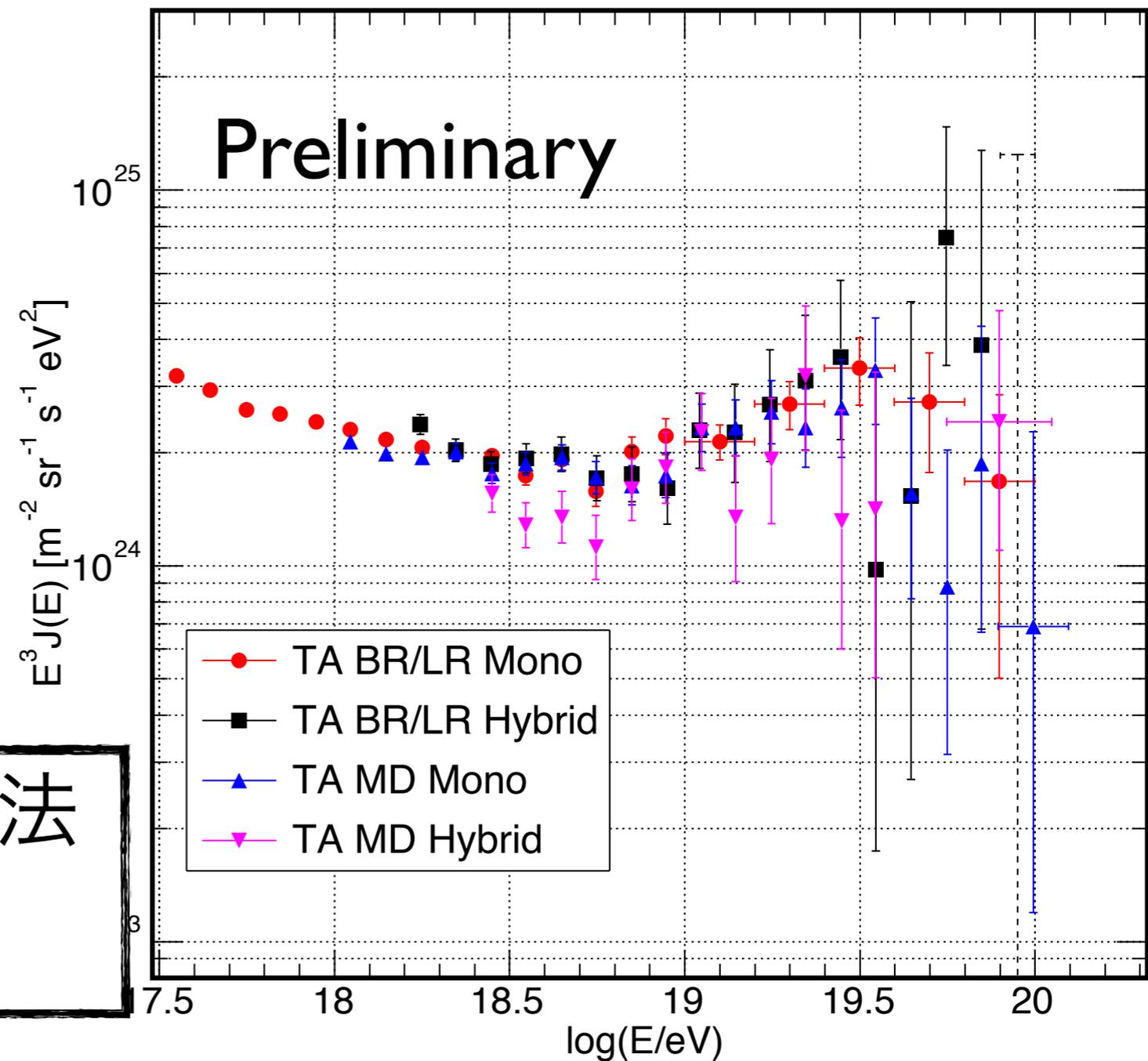
Exposure (Hybrid)



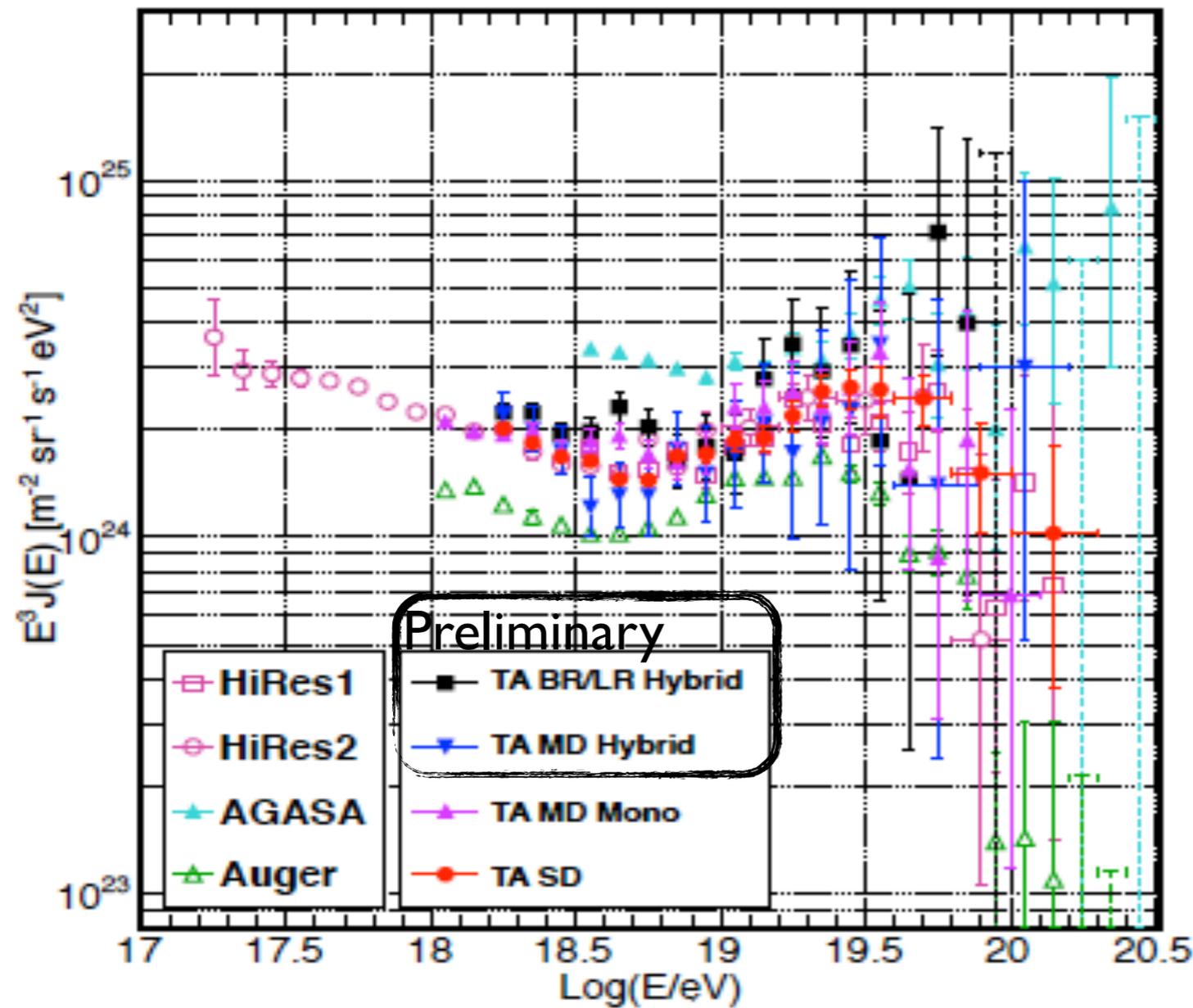
エネルギースペクトル

- BR/LR FD Mono
(2008Jan-2011Sep)
- BR/LR FD Hybrid
(2008May-2010Sep)
- MD FD Mono
(2007Dec-2010Dec)
- MD Hybrid
(2008May-2010Sep)

BR/LRとMD, 各解析手法
良く一致している



エネルギースペクトル



TA SD とも一致
 他実験では, HiResと一致

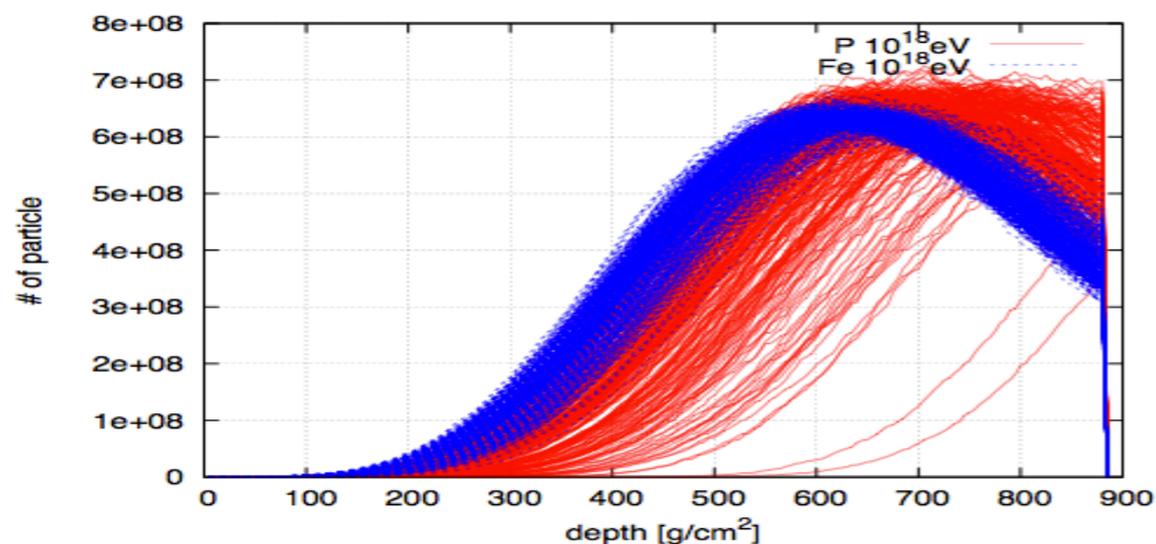
TA FD解析結果

1) エネルギースペクトル

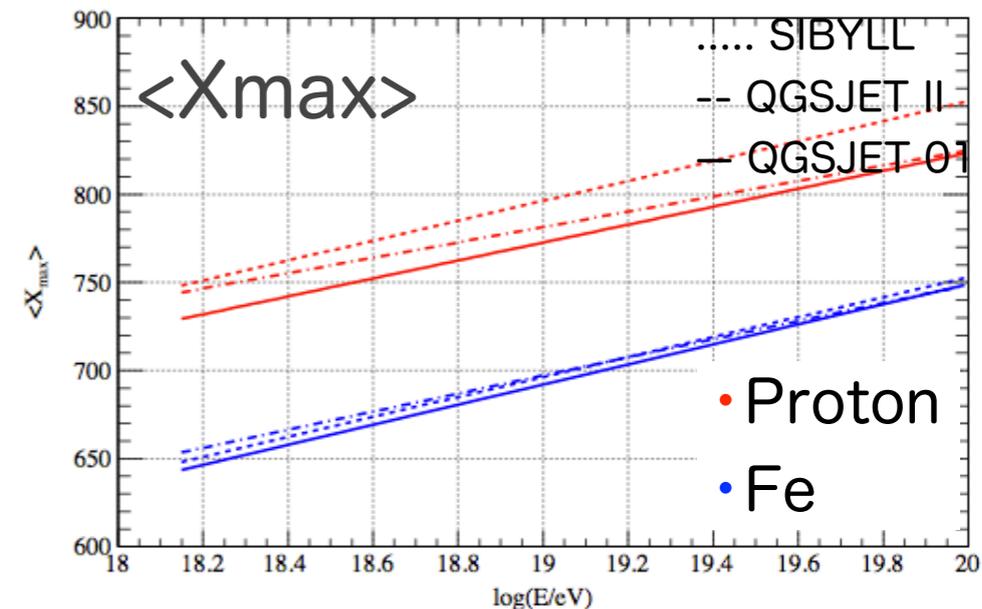
2) 質量組成

質量組成解析

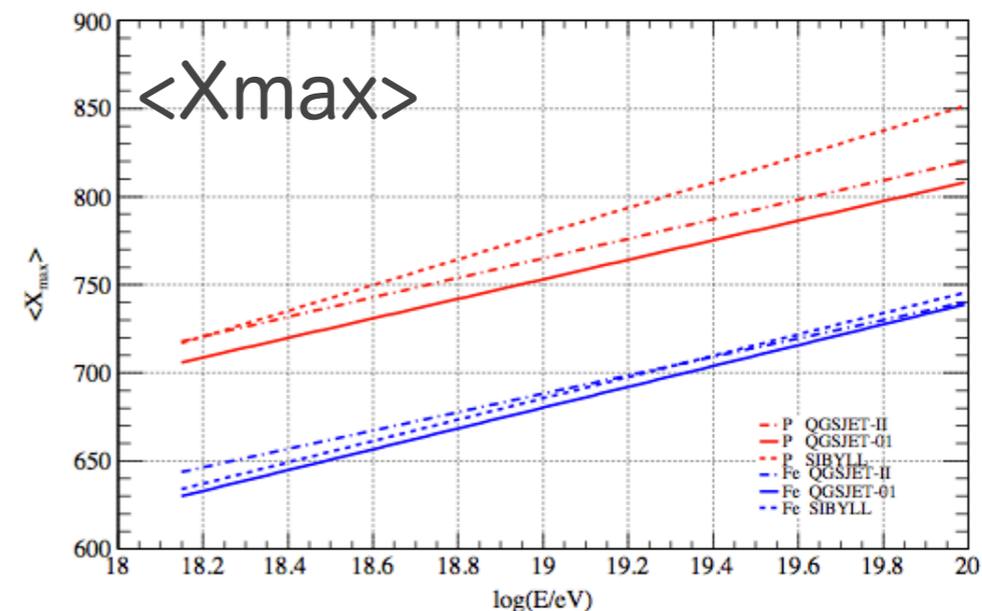
- X_{max} の平均値を用いた解析
 - X_{max} : シャワー最大発達大気深さ
- シミュレーションと比較
 - シャワーシミュレーション: CORSIKA
- 検出器シミュレーション
 - 検出器応答, 大気データと同じ解析
- バイアスの評価
 - 再構成バイアス, アクセプタンスバイアス



核種によるシャワー発達の違い



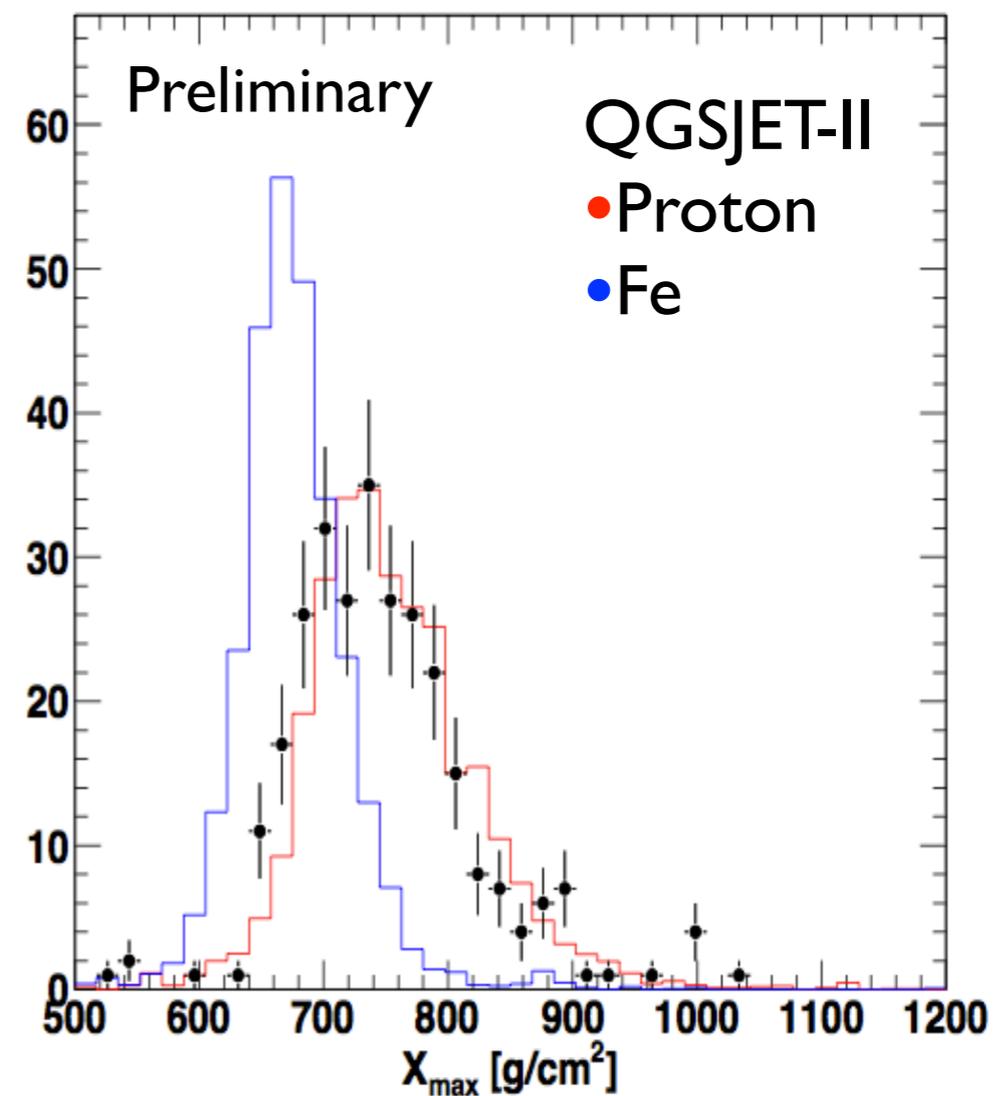
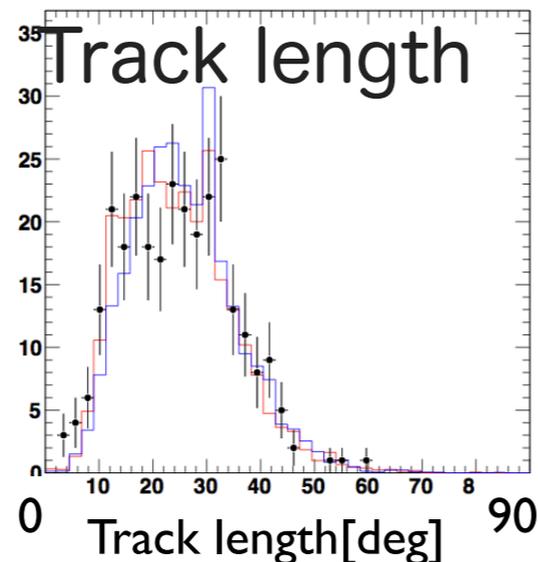
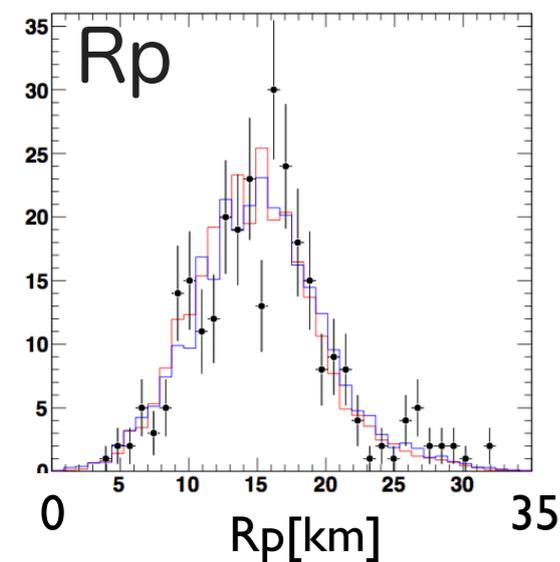
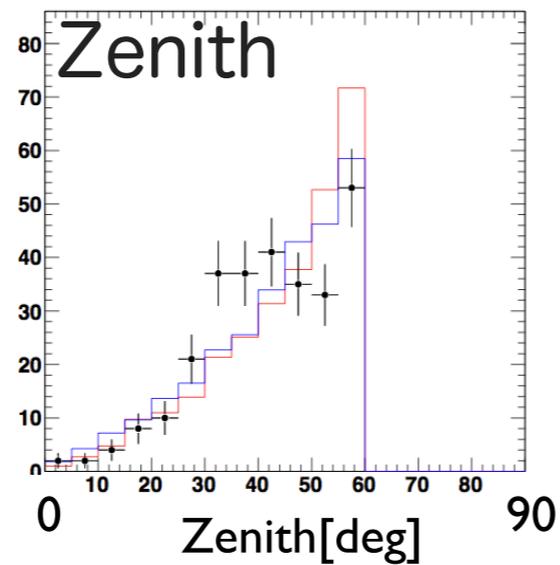
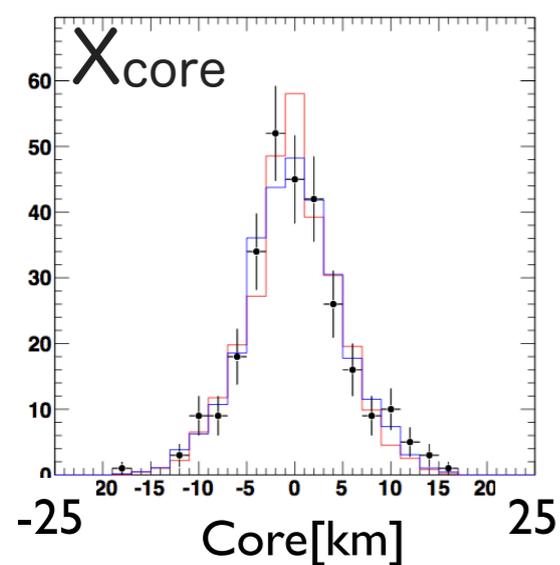
Thrown X_{max}



w/ TA rec. & acceptance biases

FD(BR/LR) ステレオ解析

Data/MC (stereo)

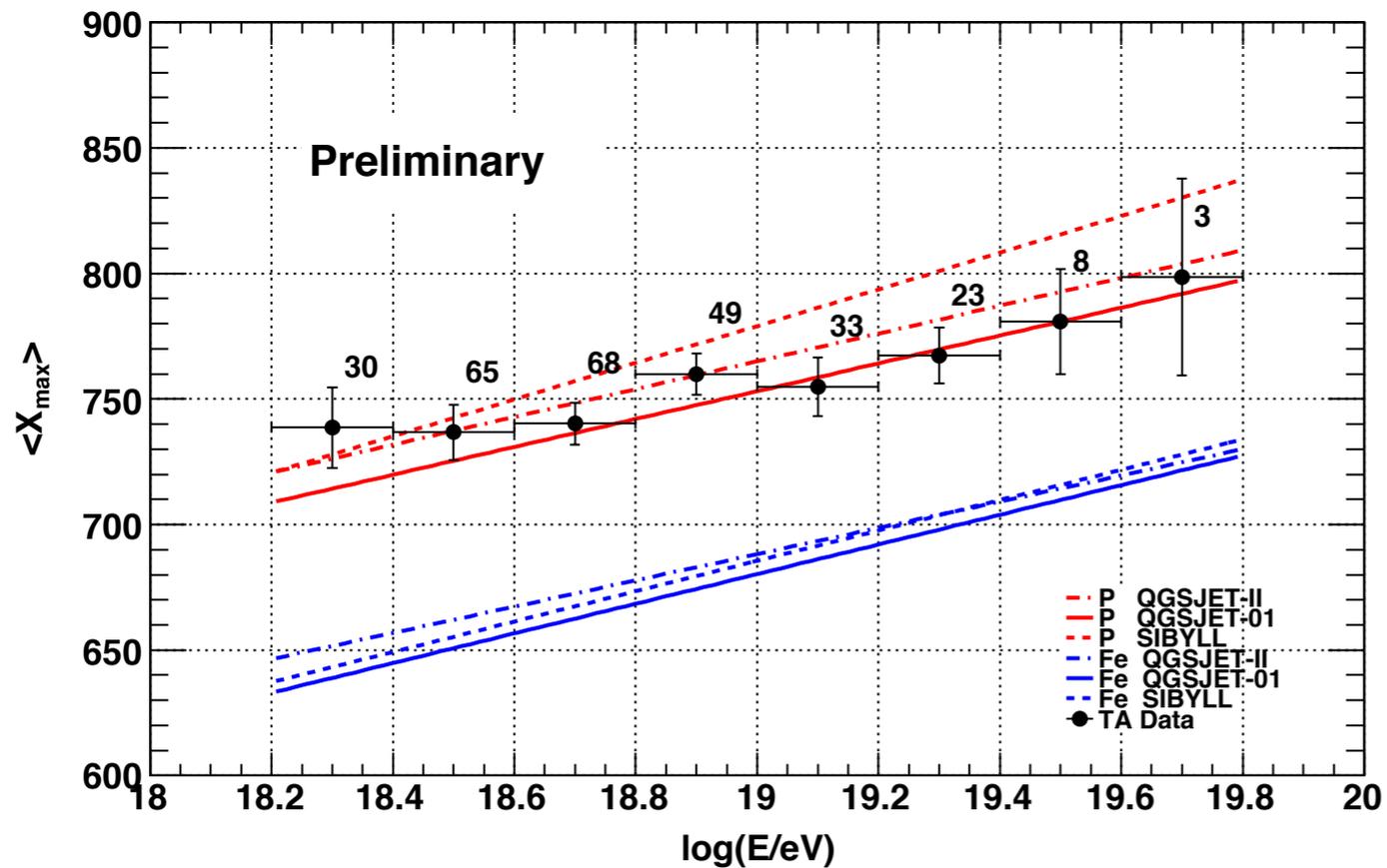


平均 X_{max}

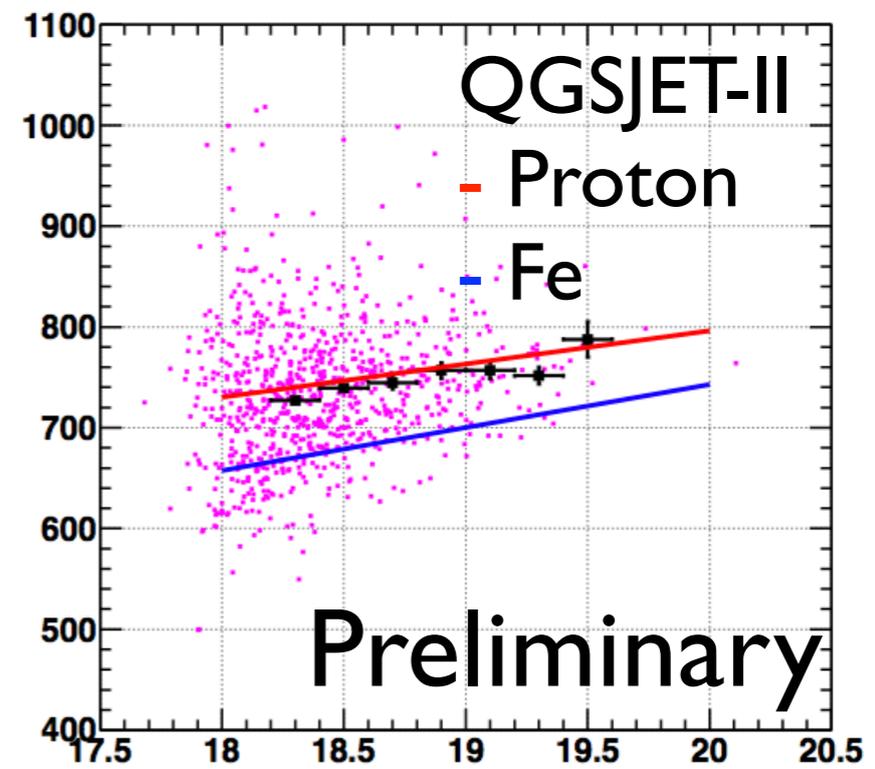
- BR, LR Stereo
- MD FD Hybrid

BR/LR, MD 共に

Proton, QGSJET-II とコンシステント



2007Nov-2010Sep



2008May - 2011May

まとめ

- エネルギースペクトル
 - FD(BR,LR) Mono, FD(BR, LR) Hybrid
 - FD(MD) Mono, FD(MD) Hybrid
 - それぞれの解析の結果が良く一致
 - TA SD, HiResと良く一致
- 質量組成
 - FD(BR, LR) Stereo, FD(MD) Hybrid
 - 両解析共に, Proton, QGSJET-IIとコンシステント