チベット水チェレンコフミューオン 観測装置1: 計画概要 瀧田正人 東京大学宇宙線研究所 「日本物理学会」@松山大学·愛媛大学 27/03/2006 (For the Tibet AS γ collaboration)

The Tibet ASγ Collaboration

M. Amenomori(1), S. Ayabe(2), S.W. Cui(3), Danzengluobu(4),

L.K. Ding(3), X.H. Ding(4), C.F. Feng(5), Z.Y. Feng(6), X.Y. Gao(7), Q.X. Geng(7),

H.W. Guo(4), H.H. He(3), M. He(5), K. Hibino(8), N. Hotta(9), Haibing Hu(4), H.B. Hu(3),

J. Huang(10), Q. Huang(6), H.Y. Jia(6), F. Kajino(11), K. Kasahara(12), Y. Katayose(13), C. Kato(14),

K. Kawata(10), Labaciren(4), G.M. Le(15), J.Y. Li(5), H. Lu(3), S.L. Lu(3), X.R. Meng(4), K. Mizutani(2),

J. Mu(7), K. Munakata(14), A. Nagai(16), H. Nanjo(1), M. Nishizawa(17), M. Ohnishi(10), I. Ohta(9),

H. Onuma(2), T. Ouchi(8), S. Ozawa(10), J.R. Ren(3), T.Sako(10), T. Saito(18), T.Y.Saito(10), M. Sakata(11),

T. Sasaki(8), M. Shibata(13), A. Shiomi(10), T. Shirai(8), H. Sugimoto(19), M. Takita(10), Y.H. Tan(3),

N. Tateyama(8), S. Torii(20), H. Tsuchiya(21), S. Udo(10), H. Wang(3), X. Wang(2), Y.G. Wang(5),

H.R. Wu(3), L. Xue(5), Y. Yamamoto(11), C.T. Yan(3), X.C. Yang(7), S. Yasue(14), Z.H. Ye(15),

G.C. Yu(6), A.F. Yuan(4), T. Yuda(10), H.M. Zhang(3), J.L. Zhang(3), N.J. Zhang(5),

X.Y. Zhang(5), Y. Zhang(3), Yi.Zhang(3), Zhaxisangzhu(4), X.X. Zhou(6)

(1) Dept. of Phys., Hirosaki Univ., Hirosaki, Japan, (2) Dept. of Phys., Saitama Univ., Saitama, Japan,
(3) Key Lab. of Particle Astrophysics, IHEP, CAS, Beijing, China, (4) Dept. of Math. and Phys., Tibet Univ., Lhasa, China,
(5) Dept. of Phys., Shandong Univ., Jinan, China, (6) Inst. of Modern Phys., SW Jiaotong Univ., Chengdu, China
(7) Dept. of Phys., Yunnan Univ., Kunming, China, (8) Faculty of Eng., Kanagawa Univ., Yokohama, Japan,
(9) Faculty of Ed., Utsunomiya Univ., Utsunomiya, Japan, (10) ICRR, Univ. of Tokyo, Kashiwa, Japan,
(11) Dept. of Phys., Konan Univ., Kobe, Japan, (12) Faculty of Systems Eng., Shibaura Inst. of Technology, Saitama, Japan,
(13) Dept. of Phys., Yokohama Natl. Univ., Yokohama, Japan, (14) Dept. of Phys., Shinshu Univ., Matsumoto, Japan,
(15) CSSAR, CAS, Beijing, China, (16) Adv. Media Network Center, Utsunomiya Univ., Utsunomiya, Japan,
(17) NII, Tokyo, Japan, (18) Tokyo Metropolitan Coll. of Aeronautical Eng., Tokyo, Japan,
(19) Shonan Inst. of Technology, Fujisawa, Japan, (20) Adv. Research Institute for Science and Technology, Waseda Univ., Tokyo, Japan

(21)RIKEN, Wako, Japan

チベット空気シャワー観測装置の研究目的

大気チェレンコフ望遠鏡と相補的な 広視野(約2sr)連続観測高エネルギー宇宙線望遠鏡

3~100TeVの高エネルギーガンマ線放射天体の 探索、10¹⁴~10¹⁷の一次宇宙線の観測から、 宇宙線の起源、加速機構の研究を行う。

太陽活動期における"太陽の影" (太陽による宇宙線の遮蔽効果)を観測し、 <mark>太陽近傍および惑星間磁場</mark>の大局的構造を知る。

Our site : Tibet



Yangbajing , Tibet, China 90°53**E**, 30°11**N**, 4,300 m a.s.l. (606g/cm²)

Tibet Airshower Array

Tibet III (37000m²)



Yangbajing (4300a.s.l.=606g/cm²), Tibet, China



~3 TeV Angular Resolution ~0.9 deg @3TeV Trigger Rate ~1700 Hz



観測された月の影

影の南北のスレ

影の西へのズレ



北天TeVガンマ線 90%フラックス上限値

ApJ, 633, 1005-1012, (2005)



Search for PeV signal from Monogem Ring



ApJ, 635, L53-L56, (2005)

<u>銀河面数TeVγ線探査</u>



3 TeV: Tibet-III (22,050m²) 517.3 days (1999 Nov.~2001 Oct.) 10TeV: Tibet-II (36,900m²) 551.2 days (1997 Feb.~1999 Sep.)



恒星時日周変動と宇宙線異方性 Multi-TeV宇宙線の全天強度分布



銀河宇宙線異方性のモデル

ApJ, 626,L29-L32, (2005) Tail-in 10TeV領域までアリ → 加速モデル? Loss cone 何処で消えるか?



Milagro Paper

PHYSICAL



Primary Cosmic Ray Energy Spectrum CORSIKA_QGSJET CORSIKA_SIBYLL





Proton

モデル依 存性小 (30 %)



What we have found out:

No new steady TeV γ point source like the Crab found between 0°~60° declination. UL 0.3~0.6 Crab (90%C.L.) Possible diffuse γ signal from Cygnus region?

P, He, all-particle E-spectrum (Galactic cosmic rays accelerated to the knee region)

What we should do next:

- 1. 100 TeV (10 1000 TeV) region γ astronomy Where do galactic cosmic rays under knee come from?
- 2. E-spectrum of heavy component around 'knee' All-particle knee = Fe knee? (今回は特に触れない)

<u>ここから先はvery very preliminary</u>

Let's see 100 TeV region gamma rays by Tibet-III + a large underground muon detector array (8640m² in total)!

Origin of cosmic rays, and acceleration mechanism and limit at SNRs.

Diffuse gamma rays could be detected.

チベットで成功したら南天にも?!

更に光物の導入?!

Tibet III Air Shower Array



One Idea

Air Shower Array Experiment in the World

Group	Array	No.	Energy	mu Det.	Event	Years
Cite	area(m ²)	det.	(TeV)	area(m ²)	rate(Hz)	operational
CASA-MIA	230,400	1089	110	2,500	20	<u> 1991~1996</u>
Dugway, Utah, 870g/cr	m ² , (40.2N,1	12.8W)				
CYGNUS	86,000	204	50	120	5	<u> 1986~1996</u>
Los Alamos, New Mexico, 800g/cm ² , (35.9N,106.3W)						
HEGRA(EASPDA)	41,000	257	50	150	12	<u> 1992~ ?</u>
La Palma, Canary Islands, 800g/cm ² , (28.8N,17.7W)						
Milagrito	1,500	225	1	0	300	<u> 1997~1998</u>
Jamez Mts., New Mexi	ico, 750g/cm	n ² , (35.9N,1	106.7W)			
Milagro	~4,800	175	1	4,800	1700	2000~
Jamez Mts., New Mexi	ico, 750?g/ci	m^2 , (35.9?)	N,106.7?W)	(450+273))	
SPACE	10,000	24	100		1	<u> 1987~1992</u>
South Pole 760g/cm ² (9	90S)					
Tibet I	5,625	49	8	0	5	<u> 1990~1993</u>
Yangbajing, Tibet, 600	g/cm ² (30.11	N,90.5E)				
Tibet II ''	36,900	221	8	0	230	<u> 1995~1999</u>
Tibet II/HD ''	5,175	109	2	0	120	<u> 1996~1999</u>
Tibet III(22050) "	22,050	533	2	0	680	<u> 1999~2003</u>
Tibet III(36900) ''	36,900	789	2	0	1700	2003~

 $>10 \text{TeV} \gamma$ ray observation device

= How to separate? =

Number of muons (>1GeV) induced around 100m from a shower core at the altitude of Tibet is:

0.1 particles / 10 TeV @gamma-rays (roughly)

10 particles / 10 TeV @Proton (roughly)

< 1 random μ BG

< 1? μ equivalent contamination by 100 TeV gamma signal (2-2.5m UG)

If we set muon detectors a few meter underground soil equivalent and choose muon poor events, gamma-rays!?

Study the possibility of a muon detector using water Cherenkov technique with 10000m² water pool.

A few meter underground soil equivalent, A few meter water, $36 (6 \times 6) \text{ m}^2$ water tank 1 PMT $20'' \phi \text{ PMT} \times 240 \rightarrow 4 \text{ million \$ }?$



10-1000 TeV candidates in the Northern Sky

Detection Sensitivity of Tibet-III+WC (3 years 5σ)



Tibet-III+WC ability will be close to HESS.

How many sources can we detect in the 100 TeV Northern Sky?

	Tibet-III+WC	H.E.S.S.	
	~100 TeV	~200 GeV	
Location	30N-90E	23S-16E	
F.O.V	~1.5 sr	~0.02 sr	
Duty cycle	~90%	~10%	
Angular	~0.2°	~0.1°	
Eporav			
Resolution	~40%	~20%	
Background Rejection	~99%	~99%	
Sensitivity (RX J1713 Unit Index = -2.19)	~5% RXJ1713 (3 year 5 <i>σ</i>)	~1% RXJ1713 (50 hours 5 σ)	
Detected Sources	?	~20	

TeV Source Catalog in the Northern Sky

Object Name	Class C a	Culmination Zenith t Tibet (deg.)
Crab Nebula	PWN	8
Cas A	SNR	29
TeV J2032+4130	SNR? (vicinity of Cyg X-3)	11
Milagro Region	Diffuse γ	~10
HESS J1837-069	SNR? (G25.5+0.0?, AX J1838-0655?) 37
HESS J1834-089	SNR? (G23.3-0.3 / W41?)	39
M87	AGN (z=0.00436)	18
Mrk 421	AGN (z=0.031)	8
Mrk 501	AGN (z=0.034)	10
1ES 1959+650	AGN (z=0.047)	35
H 1426+428	AGN (z=0.129)	13

Tibet-III+WC can detect in the 100 TeV region?

Diffuse gamma rays from Milagro IG region



. م'

Integral Flux (cm⁻² s⁻¹



FIG. 3. Profiles of the fractional excess in latitude for the *R*1 longitude band $l \in (40^\circ, 100^\circ)$, and in longitude for the latitude band $|b| < 5^\circ$ of *R*1 and *R*2. The dashed lines show the EGRET source shape.

Atkins et al, Phys. Rev. Let., 95, 251103 (2005)



Cas A

Brightest shell-type SNR in radio Distance ~3.4 kpc Age 1680 years HEGRA live time ~232 hours Flux ~3.3% Crabs IC+bremsstrahlung? π⁰ decay? *Aharonian et al, A&A, 370, 112 (2001)*

TeV J2032+4130

Unidentified TeV source Located near Cyg X-3 in Cyg OB2 HEGRA live time ~158 hours Extended source ~6.2' π^0 decay?

Aharonian et al, A&A, 431, 197 (2005)





Aharonian et al, A&A, 370, 112 (2001)



Lang et al. Astrophys. & Space Sci., 297, 345 (2005) A NEW TeV SOURCE CONFIRMED IN WHIPPLE ARCHIVAL DATA: TeV J2032+41

Abstract. A re-analysis of data near Cygnus X-3 in 1989–1990 using the Whipple Observatory atmospheric Cherenkov imaging telescope confirms the existence of the TeV J2032 + 4130 source first reported at a conference by the Crimean Astrophysical Observatory and confirmed independently by the HEGRA Collaboration in a referred publication. The significance of the Whipple observations at the a priori HEGRA position is 3.3σ . The peak signal was found at RA = 20 h 32 m, Dec = +41°33'. This is 0.6° north of Cygnus X-3. The flux level (12% of the level of the Crab Nebula) is intermediate between that reported by the Crimean (100%) and HEGRA (3%) groups.



Figure 1. Sky map of the excess significance (σ) in a $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ region centred on Cygnus X-3 (marked with a +). The HEGRA position for TeV J2032 + 4130 is marked with an \times .

Fig. 3. Spectrum of TeV J2032+4130 (this work – HEGRA) compared with purely hadronic (Protons E < 100 TeV) and leptonic (Electrons E < 40 TeV) models. Upper limits, constraining the synchrotron emission (leptonic models), are from the VLA and *Chandra* (Butt et al. 2003) and ASCA (Aharonian et al. 2002). In the model a minimum electron energy $\gamma_{min} \sim 10^4$ is chosen to meet the VLA upper limit. EGRET data points are from the 3rd EGRET catalogue (Hartman et al. 1999).



HESS J1834-087

Counterpart G23.3-0.3 Shell-type SNR Distance ~4.8 kpc

Zenith at Tibet ~39°

Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)

HESS J1837-069 Counterpart AX J1838 ? (UID) G25.5+0.0? (SNR)

Zenith at Tibet ~ 37°

Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)

Large Zenith Angle - Efficiency (Normalized to Dec 20 deg Efficiency)





Mrk421 Mrk501

Averaged spectrum for a few month AGN (BL Lac) z=0.031 (Mrk 421) z=0.034 (Mrk 501) SSC or ERC or PIC model

Aharonian et al, A&A, 349, 11 (1999)

M87 AGN (FR-I) z=0.00436 ~16 Mpc I = 122.4, b = -50.5

Zenith at Tibet ~18°

Beilicke et al, New Astro. Rev., 48, 407 (2004)

The HEGRA survey of the Galactic plane



HEGRA survey gave upper limits 10%-100% Crabs

Aharonian et al, A&A, 395, 803 (2002)

Not enough!

The H.E.S.S. survey of the Inner Galaxy



Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)

|*I* | < ~30° |*b*| < ~2° ~2% Crabs survey

17 sources 3known + 14known

Angular Resolution HESS $\rightarrow \sim 0.1^{\circ}$ (>100GeV) Tibet $\rightarrow \sim 0.2^{\circ}$ (>100TeV)



Fig. 6.—Significance map of the H.E.S.S. Galactic plane survey in 2004, including data from reobservations of source candidates detected in the original scan and observations of the known gamma-ray emitter RX J1713.7–3946 and the Galactic center region. The typical energy threshold for this map is 250 GeV. The on-source counts for each grid point are integrated in a circle of radius $\theta = 0^{\circ}22$. The background for each grid point has been derived using a ring of mean radius 0?6 and an area 7 times that of the on-source circle. The labels indicate the gamma-ray sources described in this work, along with the known gamma-ray sources RX J1713.7–3946 (HESS J1745–290). The numbers in the map give the post-trial significances of the gamma-ray sources. The significance scale is truncated at 18 σ ; the signals from the Galactic center rand RX J1713.7–3946 exceed this level.

The H.E.S.S. survey of the Inner Galaxy Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)

Source	Flux	Index	Size	Counterpart / other names
(HESS J)	(C.U.)	(<i>E</i> -Γ)	(arcmin)	
1614-518	25%	2.46	12	
1616-508	19%	2.35	8	PSR J1617-5055 ? (PWN)
1632-478	12%	2.12	8	IGR J16320-4751, AX J163252-4746 ? (XRB/UID)
1634-472	6%	2.38	7	G337.2+0.1 ?,IGR J16358-4726 (SNR/XRB)
1640-465	9%	2.42	2	G338.3-0.0 ? 3EG J1639-4702 ? (SNR/UID)
1702-420	7%	2.31	5	
1708-410	4%	2.34	3	
1713-381	2%	2.27	4	G348.7+0.3 ? (SNR)
1713-397	66%	2.19	15	RX J1713.7-3946, G347.3-0.5 (SNR)
1745-290	5%	2.20	<3	Sgr A* / Sgr A East ? (SNR/BH)
1745-303	5%	1.82	9	3EG J1744-3011 ? (UID)
1747-281	2%	2.40	<1.3	G0.9+0.1 (PWN)
1804-216	25%	2.72	12	G8.7-0.1, PSR J1803-2137 ? (SNR/PWN)
1813-178	6%	2.09	2	G12.82-0.02, AX J1813-178 ? (SNR)
1825-137	17%	2.46	10	PSR J1826-1334 / 3EG J1826-1302 ? (PWN/UID)
1834-087	8%	2.45	5	G23.3-0.3 / W41 ? (SNR)
1837-069	13%	2.27	5	G25.5+0.0 ?, AX J1838-0655 ? (SNR/UID)

SNR ~8 PWN ~3 XRB ~2 UID ~1 Unknown ~3

Energy Spectrum of HESS sources



Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)



FIG. 8.—Distributions of the photon index of the new sources. The mean photon index is 2.32 with an rms of 0.2.

Indices are harder

(If it is constructed in the southern hemisphere) Most of HESS sources detectable by Tibet III+WC!



Aharonian et al, ApJ, 636, 777 (2006)

1GHz Flux Distribution of SNRs



Green, arXiv:astro-ph/0411083

Summary

100 TeV candidates in the northern sky:

Promising sources: Crab, TeV J2032+4130, Diffuse γ from Milagro region HESS J1837-069, Mrk 421, Mrk 501

Interesting: Cas A, M87, HESS J1834-089

Expected unknown sources from HESS data: ~8 SNRs

+Some others?
End



チベット水チェレンコフ ミューオン観測装置2:装置

<u>塩見 昌司(東大宇宙線研)</u> 他 The Tibet AS γ Collaboration

- 装置概要
- 装置予想感度図
- コスト

2006.03.27 日本物理学会 in 松山大学·愛媛大学

共同研究者

雨森道紘^A, 綾部俊二^B, 陳鼎^c, 伏下哲^D, 日比野欣也^E, 堀田直己^F, 黄晶, 伊藤陽介^c, 梶野文義^H, 笠原克昌^I, 片寄祐作^c, 加藤千尋^D, 川田和正, 木村圭太^c, 水谷興平^B, 宗像一起^D, 永井明^J, 南條宏肇^A, 西澤正己^K, 沼陽平^c, 大西宗博, 太田周^F, 大沼宙系^B, 大内達美^E, 大浦勇人^H, 小澤俊介, 齋藤隆之, 齋藤敏治^L, 坂田通徳^H, 佐古崇志, 佐々木孝雄^E, 佐藤孝明^B, 柴田槇雄^c, <u>塩見昌司</u>, 白井達也^E, 杉本久彦^M, 瀧田正人, 田中英希^B, 立山暢人^E, 鳥居祥二^N, 土屋晴文^o, 有働慈治, 牛田慧^H, Wang Xiao^B, 山本嘉昭^H, 閻志涛, 安江新一^D, 湯田利典^E, 他 The Tibet AS γ Collaboration

弘前大理^A, 埼玉大理^B, 横浜国大工^c, 信州大理^D, 神奈川大工^E, 宇都宮大教^F, 東大宇宙線研, 甲南大理工^H, 芝浦工大システム工^I, 宇都宮大総合情報処理セ^J, 国立情報学研^K, 都立航空高専^L, 湘南工大^M, 理研^O, 早稲田大理工総研セ^N, 中国科学院高能物理研、チベット大、山東大、西南交通大、雲南大、 中国科学院空間科学与応用研



これにより、

宇宙線の起源、SNRs の加速機構、加速限界 の研究が可能、Diffuse γ線も検出が予想される 原理:

Tibet 高度でシャワーコア 100m 以内に作られるμ数 0.1 個 / 10 TeV γ線

10 個 / 10 TeV Proton 程度

 μ 検出器を作り、 μ poorイベントを選べば γ 線!?

宇宙線が星間物質との相互作用により作るガンマ線、 >10 TeV, 100 TeV領域のγ線観測が鍵

Tibet III の感度をさらに上げるために、 大型水チェレンコフ型 μ 検出器を用い バックグラウンドノイズを落とし、S/N を上げて > 10 TeV γ 線を見よう!





Tibet III Air Shower Array

装置概要 41

=ミューオン検出器= 地下 2~2.5m (物質厚 400~500g/cm²) 6mx6m 貯水槽 水深 1~2m 20 PMT 1本 12室 x 20 台 貯水槽材質: コンクリート 白色エポキシ樹脂塗装 合計 8640m²

検出器構造と性能の 研究は次の講演で、







Tibet III Air Shower Array







チェレンコフ型 μ 検出器の利点:

シンチレーション検出器より安価

チェレンコフ閾値 (水中電子 750keV)+厚型検出器で、 低エネルギーバックグラウンドの e,gamma は見えない



各実験の装置概要

	Milagro	SK(アンチ)	Tibet WC
大気の厚さ	750 g/cm²		606 g/cm²
使用PMT	8ϕ PMT	8ϕ PMT	20ϕ PMT
サイズ	80mx60m 深さ8m (上4800m²/下2000m²)		ex.) 8640m²
グリッド or	2.8mx2.8m		
1 Unit		6m ² @2PMT	36m² @1PMT
受光面積率	0.4%	0.52%	0.54%
PMT本数	Top: 水深 1.4m、450本 Bot.: 水深 6.0m、273本	1885本	240 本

装置予想感度図 (Simulation)

Tibet III Air Shower Array



= Air Shower Sim. =
 CORSIKA 6.204 (QGS-Jet01c)
 Crab Orbit
 BG: 宇宙線組成、スペクトルを考慮
 0.3 TeV ~ 10 PeV
 Gamma: β = -2.6
 0.3 TeV ~ 10 PeV
 半径 300mにランダム入射
 →チベット高度での二次粒子生成

- = Detector Sim. =
 Tibet III: Epics v8.00
 既存のシミュレーションコード使用 各検出器粒子数[/m²]の総和 Σ ρ_{FT} μ検出器:
 Tibet III 中心から122m< r < 132m (7900m²) の地表でのμ粒子総数 Nμ(>1GeV)をカウント
 1ev.分解能: 100%誤差とする
 チャンスコインシデンスμ 200 出マ(m² + 2640 m² × 200 m²)
 - ~300 Hz/m² x 8640 m² x 200 ns 平均 0.5 ev.のポアソン分布ノイズ

シャワーコア付近の電磁成分の寄与無視

シャワーサイズとミューオン数の相関

(μ数=0 → 0.12 と表示)



シャワーサイズとミューオン数の相関

47

粒子数分解能 100% 誤差 + 平均値 0.5 イベントのノイズを考慮

高エネルギー電磁成分の寄与は無視 (コア付近のデータを使用しないことで解決可能)

(μ数=0 → 0.12 と表示)



シャワーサイズとミューオン数の相関



シャワーサイズとミューオン数の相関



Detection Sensitivity of Tibet-III+WC (3 years 5σ)



50

建設費用

品目	詳細	単価	数	金額
РМТ	20 Ø PMT	60万	240本	14400万
エレキ		2万	240本	480万
HV		2万	240本	480万
ケーブル		2万	480本	960万
プール	432m ²	60万元x14.5	20台	17400万
防水	水性エポキシ(材)	0. 3万/m²	1440m ² x20	4800万
浄水器室	地下コンクリ室			300万
浄水器	MFフィルター (材)	1500万		1500万
配管	100¢硬質塩ビ管(材)	0.6万@4m	2km	1200万
その他				+α
合計				(41520+α)万円

まとめ

□ 装置:

地表シンチレーション検出器: 783台 37000 m² (Tibet III) +地下ミューオン検出器: 36 m² x 240 台 8640 m² (本計画)

□ ミューオン弁別による予想感度向上量

微分で 10 TeV 領域でBGを95%(γ線 40%)カット、 感度 3.5 倍アップ 微分で 100 TeV 領域でBGを99%以上(γ線 10%)カット、感度 10倍アップ

3年の観測での積分感度曲線を求める 北天 100 TeV gamma 線候補 (~0.2Crab@100TeV 3years) 検出可能予想天体: Crab, TeV J2032+4130, Diffuse γ from Milagro region HESS J1837-069, Mrk 421, Mrk 501 できるかも: Cas A, M87, HESS J1834-089 Expected unknown sources from HESS data: ~8 SNRs (先の講演より)

□ 予算 5 億円

チベット水チェレンコフ観測装置 3 シミュレーション

東京大学 宇宙線研究所 佐古 崇志 2006.3.27

共同研究者

雨森道紘^A, 綾部俊二^B, 陳鼎^c, 伏下哲^D, 日比野欣也^E, 堀田直己^F, 黄晶, 伊藤陽介^c, 梶野文義^H, 笠原克昌^I, 片寄祐作^c, 加藤千尋^D, 川田和正, 木村圭太^c, 水谷興平^B, 宗像一起^D, 永井明^J, 南條宏肇^A, 西澤正己^K, 沼陽平^c, 大西宗博, 太田周^F, 大沼宙系^B, 大内達美^E, 大浦勇人^H, 小澤俊介, 齋藤隆之, 齋藤敏治^L, 坂田通徳^H, 佐古崇志, 佐々木孝雄^E, 佐藤孝明^B, 柴田槇雄^c, 塩見昌司, 白井達也^E, 杉本久彦^M, 瀧田正人, 田中英希^B, 立山暢人^E, 鳥居祥二^N, 土屋晴文^o, 有働慈治, 牛田慧^H, Wang Xiao^B, 山本嘉昭^H, 閻志涛, 安江新一^D, 湯田利典^E, 他 The Tibet AS γ Collaboration

弘前大理^A, 埼玉大理^B, 横浜国大工^c, 信州大理^D, 神奈川大工^E, 宇都宮大教^F, 東大宇宙線研, 甲南大理工^H, 芝浦工大システム工^I, 宇都宮大総合情報処理セ^J, 国立情報学研^K, 都立航空高専^L, 湘南工大^M, 理研^O, 早稲田大理工総研セ^N, 中国科学院高能物理研、チベット大、山東大、西南交通大、雲南大、 中国科学院空間科学与応用研



・シミュレーション1(水タンク)

・シミュレーション2(装置全体)

•まとめ

シミュレーション1(水タンク)

目的

シミュレーションにより、水タンクを貫通する 1 μに相当する光電子数を求め、 光量、分解能が十分かどうか調べる。



壁面 : 反射率 70 % 完全乱反射 水と空気の境界 : 透過または正反射













<u>シミュレーション結果($\theta = 0$)</u>



<u>シミュレーション結果(θ=30)</u>



シミュレーション2(装置全体)

目的

e、γ成分の混入も考慮してγ/pの区別が できるか調べる。

μ 観測装置の真上に シャワー中心が落ちた場合 どうすればよいか調べる。







<u>シミュレーション結果 A (γ 10 TeV、p 15 TeV)</u>

シャワーコア:アレイ中心

primary: theta=25,phi=0 deg, G2.5M, W1.5M



<u>シミュレーション結果 A(γ 100 TeV、p 140 TeV)</u>

シャワーコア:アレイ中心






まとめ

コア

プールト

- •GEANT4を用いてµ観測装置(土 2.5 m 水 1.5 m) の性能を評価した。
- $\theta = 0$: 1 $\mu = 26 \times (1 \pm 0.24)$ p.e.
- $\theta = 30$: 1 $\mu = 30 \times (1 \pm 0.33)$ p.e.

		S/N(倍)	S/√N
コア アレイ中心	γ10 TeV、p 15 TeV	12	(倍)
	γ100 TeV、p 140TeV	99	10

	S/N(倍)	S/√N
γ 10 TeV、p 15 TeV	120	(倍)
γ100 TeV、p 140TeV	580	24



前講演の空気シャワーシミュレーションと 土から下の検出器シミュレーション(本講演) を統合し、統計量を増やして最終確認を行う。