



記載の記事は宇宙線研ホームページ (<http://icrsun.icrr.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>) からでも御覧になれます。

国際会議報告

1 . 宇宙線国際会議の印象とIUPAP/C 4 委員会

荒 船 次 郎

1 1 . 印象

第26回宇宙線国際会議は1999年8月17日 26日、Salt Lake Cityで開かれた。地の利を活かして多数が出席するかと思っていたが、出席者は約550人で、前々回のローマの700人よりもかなり少なく、前回の南ア連邦程度であったのは、アメリカは意外と後進国へは冷めたく援助が少なかったことや、開催場所が魅力に乏しかったことが影響したのか、理由はよくわからない。今回の会議で印象に残ったのは、

- (1) 最高エネルギー宇宙線の観測例が増えたこと (日本AGASA、米国High Res) 統計的には未だ十分とは言えないが異方性の徴候が見えたこと (日本、AGASA)。
- (2) 高エネルギーガンマ線の観測された天体が増え、超新星残骸や活動銀河での宇宙線加速の様子が一部にせよ明らかになりつつあること (日豪CAGAROO、日本TA、日中Tibet AS/Gamma、独HEGRA等々) 確からしさは不十分だがガンマ線バーストと時間的相関のある高エネルギーガンマ線が見えたという報告があったこと (米国、MILAGRO)。
- (3) 宇宙線反陽子の観測例が4桁のオーダーまで増

えたこと (日米、BESS) 宇宙線陽電子が電子より多い領域の存在がSpace Shuttleの高々度の観測で見えたこと (米国、Astromag)。

- (4) 大気ニュートリノの振動観測は、まだ統計が十分ではないが、sterile neutrino振動はtau neutrinoへの振動がsterile neutrinoへの振動より有利なこと。

などであった。全般に、日本の実験の大活躍が印象的であった。

1 2 . IUPAP/C 4 委員会の決定

同時にIUPAP/C 4 が3回開かれ、

- (1) 2003年宇宙線国際会議の日本開催
2003年夏の宇宙線国際会議の日本が開催決定した。

- (2) 新しい賞の発足

宇宙線国際会議で授与する賞は、従来あったDuggal賞に加え、今年からO'Ceallaigh Medalが始まり、2年後にYodh賞が始まることで、合計3つの賞となる。いずれも宇宙線コミッションから審査委員を推薦する。今年のO'Ceallaigh Medalは

- J. A. Simpson (米、シカゴ大学)
 - G. T. Zatsepin (露、科学アカデミー-INR)
- の二人に与えられた。

2 . 高エネルギーガンマ線

森 正 樹

宇宙線国際会議に先立ち、同じユタ州のSnowbirdでワークショップ“GeV TeV Gamma ray Astrophysics Workshop: Towards a Major Cherenkov Detector VI”が開かれたので、ガンマ線関連の話題はほとんどここで先に出されてしまうことになった。以下ではこのワークショップで報告された話題も含めて報告する。

ワークショップの冒頭で、Trevor WeekesはTeVで検出したと報告されている天体をClass A、B、Cに分類して見せた(表1参照)。Class Aは5以上の有意性で検出され、他のグループによる確認がなされているもので、Crab、PSR1706 44、Mrk421、Mrk501をこの範疇に入れた。Class Bは5以上の有意性で検出されており、他のグループの確認を待っているものとし、Class Cは5以上で検出されているが条件付としているものである。彼によるとTeVガンマ線カタログは13天体からなり、2年前に比べ5個が追加されたことになる。(2年前のリストから落ちているものもあるが。)そのいくつかについては以下で触れる。この分類の厳しさに関しては、「この基準ではEGRETの高エネルギーガンマ線天体カタログは二十数個に減ってしまうだろう」という声も聞こえていた。

前回(1997年)大きな話題となった活動銀河Mrk

501のフレア的な活動は1998年以降沈静化し、北半球のグループは解析を進めてエネルギースペクトルについて報告した。各グループでほぼ共通しているのはMrk421に比べMrk501はハードなスペクトルを持ち、しかも約10TeV以上でスペクトルにカットオフらしき証拠が見られていることである。宇宙論的距離にある活動銀河からのガンマ線は、銀河間の赤外線背景放射と衝突して電子陽電子対を創るため失われる。赤方偏移 z が0.1の天体ではこのカットオフが約10TeVに現れると予想されている。赤外線背景放射の量については確実な有限値が観測されておらず、逆にガンマ線のスペクトルからその量が推定できることになる。ただし、ガンマ線発生源におけるスペクトルが既に加速限界や周囲との相互作用によってカットオフを受けている可能性を分離するのは困難なので、実際にTeVの観測から得られるのは赤外線の量の上限值である。Mrk501でこのような可能性が示されたことで、他の z の異なる天体での観測の積み重ねに期待が持たれる。ただ、すべてのグループで矛盾のないスペクトルが得られているわけではなく、Mrk501がHigh stateにあるときとLow stateにあるときとで、CATはスペクトルの形が異なるとしているが、他のグループは変わらないとしているなど、まだ解決すべき問題点が残されている。

超新星残骸については新たに2つの天体の検出が報告された。一つはASCAによってX線領域で非熱的放射が観測され、「SN1006ジュニア」と称されるシェル型超新星残骸RXJ1713で、CANGAROO3 8m望遠鏡の結果はX線でのピークと同じ位置にexcessが見られ、広がっている可能性があるというものである。もう一つは電波領域において全天で最も明るいCas Aで、HEGRAのCherenkov望遠鏡の長い時間をかけた観測で5以上の有意性で検出された。しかし、WhippleやCATでは上限値のみ得られており、まだ報告されていないHEGRAのフラックスの値と矛盾するのかどうか注目される。

今回のワークショップで太陽光集光施設を利用した二つの観測装置が稼働を開始し、Crabの観測について報告された。フランスのCELESTE、アメリカのSTACEEという実験で、チェレンコフ光のイメージング能力はないものの、大集光面積によりガンマ

表1 : Trevor WeekesによるTeVガンマ線天体カタログ。
天体名に付された*は2年前の宇宙線国際会議以降に報告されたもの。

分類	天体名	グループ	備考
Class A	Crab	多数	Plerion
	PSR1706 44	CANGAROO, Durham	Plerion
	Mrk421	多数	AGN (BL Lac)
	Mrk501	多数	AGN (BL Lac)
Class B	SN1006	CANGAROO	SNR
	Vela	CANGAROO	Plerion
	RXJ1713 .7 3946*	CANGAROO	SNR
	PKS2155 304*	Durham	AGN (BL Lac)
	1ES1959 + 650*	Utah7TA	AGN (BL Lac)
Class C	Cas A*	HEGRA CT	SNR
	Cen X 3	Durham	X ray binary
	1ES2344 + 514	Whipple	AGN (BL Lac)
	3C66A*	Crimea	AGN

線エネルギーの閾値を下げることができ、衛星観測とのエネルギーギャップを埋めることができると期待されてきた。まだすべてのHeliostatが観測に使われているわけではなく、エネルギー閾値も十分下がっていないが、光の到来時間を利用したこのような方法が実際に通用できることは示された点で意義がある。

粒子検出器アレイでは、ロスアラモスの人工プールを用いた水チェレンコフ検出器Milagratoのグループが、Comptonガンマ線衛星のガンマ線バーストモニタBATSEのトリガーと同期したイベントを探したところ、GRB970417aについてバックグラウンド35個に対し18個のシャワーが観測され、これが偶然に起こる確率は0.15%であると報告した。たった1例であり、今後注目したい。また、Mrk501についての弱い証拠も報告された。今年からは光検出器が二層になったMilagroの稼動が始まり、粒子識別が可能になって感度が大幅に向上するとのことである。また、日中共同のTibetのシンチレーション検出器アレイが5以上の有意性でCrabの検出を報告し、Mrk501のフレアについても4ほどの有意性を得た。このアレイをさらに拡張する計画も進行中である。

次期大型ガンマ線望遠鏡計画も各地で進行中であり、多くの発表があった。CANGAROOグループは7m口径のCANGAROO望遠鏡が今年から稼動を始めており、これの拡張版を最初の1台とする10m望遠鏡4台のアレイ(CANGAROO)計画もス

タートした。Whippleグループの次期計画VERITASは10m望遠鏡7台を同じアリゾナHopkins山のやや低い地点に建設するというものである。HEGRAグループは、南アフリカ・ナミビアの高地に10m望遠鏡16台を建設するというH.E.S.S.計画と、同じCanary諸島La Palmaに17m望遠鏡を建設するというMAGIC計画の二つのグループに分かれて次期計画を進めている。CANGAROO以外は予算がすべて認められているわけではなく、今後の状況が注目される。また、Compton衛星の後を受け継ぐGLAST計画が2005年の打ち上げを目指して進められているが、その前に超軽量(検出器は60kg)のガンマ線天文台衛星としてイタリアでAGILEミッションが認められ、2002年または2003年の打ち上げを目指している。広いエネルギー領域での観測は天体ガンマ線の発生メカニズムを探る上で重要な情報であり、活動銀河などフレアを起こす天体を考えると継続した観測が必要なので、AGILEのようなミッションの存在意義は大きい。

Compton衛星のEGRET検出器がほぼ活動を停止した今、天体ガンマ線の観測は当面地上観測のみが可能である。衛星に比べ視野が狭く、天球の範囲も限られ、晴れた月のない夜間のみ観測可能なチェレンコフ望遠鏡であるが、エネルギー流量という点で優れた感度を生かし、世界各地で時間的・空間的に分業して協力体制を築いていくことがこの分野の発展につながっていくだろう。

3. 極高エネルギー宇宙線

吉田 滋

今回のコンファレンスでは、Knee領域($10^{15} \sim 10^{16}$ eV)での化学組成の測定で新たな実験結果が数多く発表され、かなりの賑わいであった。この領域では本来超高エネルギー線検出器として設計、建設された装置が転用可能であることがプラスに働き、既存の検出器に別の検出器を組み合わせて実現されたハイブリッド測定の結果が初めて報告され、その潜在性の高さが認識されつつある。その反面、Knee領域の物理は結論が明白でないまま太古から脈々と続く宇宙線の「伝統的」テーマであり、測定自身及びデータの物理的解釈が複雑であることも手伝って、多くの、特に新しくこの分野に参入した物理屋の興味を強く引いたとは言い難い。対照的に、より単純

とも言える最高エネルギー領域($\sim 10^{20}$ eV)での宇宙線観測分野では、日本及びアメリカの計2グループの口頭発表しかなかったにもかかわらずrapporteur講演などで活発な質疑応答があり、参加者の興味の高さを窺わせた。特に銀河系内起源の 10^{18} eV宇宙線の存在を、初めて到来方向の測定から直接実証した日本のAGASAの結果は特筆すべきである。以下、各エネルギー領域で報告された結果をまとめてみる。

気球実験による直接測定が可能な ≤ 100 TeV領域では、日露共同実験であるRUNJOBグループのほぼ独壇場であった。陽子とヘリウムのスペクトルの巾は、ほぼ同じであること、100 TeV近辺までの測定

では化学組成の変化は見られないこと、1993年のCalgaryでのICRCでJACEEグループから報告された陽子のカットオフはRUNJOBで否定されたことなどが主な結果である。しかし、残念ながらこれだけでは銀河宇宙線の起源に迫る足掛かりは得られない。やはり何らかの物理量の変化が検出されないと物理モデルに対するフィードバックに乏しいのは明らかである。未解析のデータが大量に存在しているとのことなので、PeV (10^{15}) eV領域に観測点が届くことを期待している。おなじことはJACEEグループにも言えよう。

百花争鳴状態のKnee領域での今回の大きな光明は伝統的な空気シャワーアレイとチェレンコフもしくはシンチレーション光を測定する望遠鏡を組み合わせさせて高精度の測定を目指した、CASA BLANCA、HiRes MIA、DICE等によってもたらされた。4年前のローマカンファレンス報告としてICRRニュース上で湯田氏が提起した、「(ミューオン成分を用いた)この種の研究は古い歴史を持っている割合には、パットした結果が得られていない。今回報告された計画も殆どこの延長上にあり、新しい結果を得るにはもうひと工夫が必要であろう。」に対する一つの答えである。中でも注目したのはCASA BLANCA (ネーミングに対するアメリカ人のユーモア感覚も素晴らしいが)で、超高エネルギー線検出器であったCASAアレイを利用し安価なチェレンコフ光測定用ウinstonコーン検出器を付け加えることで、シャワーの最大発達の大気深さである X_{max} の精密測定に成功した。陽子は鉄核に比べ突っ込んでからシャワーを引き起こすので X_{max} に直して平均で100g程の違いがでる。したがって、この X_{max} のエネルギーに対する変化を見てやれば化学組成に変化があるかどうかを推定できるという原理である。 X_{max} はチェレンコフ光の横方向分布の傾きから実験的に推定される。結果を図1に示す。3 PeVあたりでelongation rateが急に変化していることがわかる。すなわち、主要組成が鉄核などの重粒子に移っていることになる。データの統計量は十分であり、高密度アレイであるCASAがシャワーコアの位置を数メートルの精度で決定しているため測定の精度は高いと思われる。折れ曲がりが見られたエネルギー3 PeVはCASAのトリガー効率が100%である領域で、トリガーバイアスを被っていることもない。

Knee Regionで主組成が鉄に移行している結果は、ミューオン成分を用いた伝統的な手法で解析したCASA MIAグループやハドロン成分も観測したドイツのKASCADEグループ等も発表している。しか

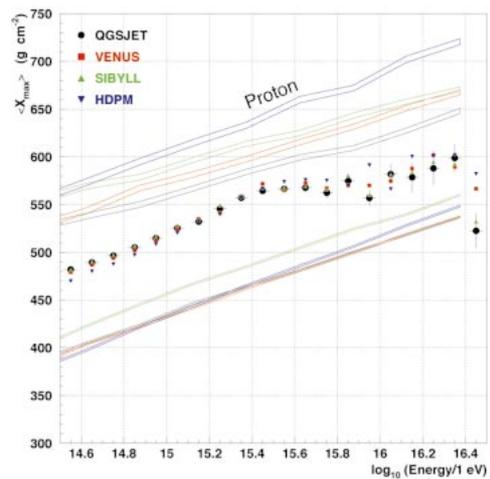


図1：CASA BLANCA実験で測定された X_{max} と宇宙線エネルギーとの相関。3 PeVあたりで急速に化学組成が重くなってきていることを示している。シカゴ大のJoe Folwerの好意により掲載。

し、これで長年の懸案に決着がついたかと言えばそれは楽観的にすぎよう。第一に、CASA BLANCAで示されたような3 PeVでの急激な組成の変化は他のグループでは観測されていない。それどころか、DICEグループは、組成が逆に軽くなっているとする結果を公表している。第二に、 X_{max} の決定とエネルギーの決定は、実は相互に相関があり、さらにこの相関は化学組成依存性を持っているという厄介な事情があって系統誤差の源となっている。細かな技術的議論はここでは省くが、この系統的不定性が測定結果に最終的にどのように効いてくるかについての注意深い解析が不可欠である。DICEグループは、CASAで決定したシャワーの電子サイズとDICEで決定したシャワーの一次エネルギーと X_{max} とを比較してそれらの相関がシャワーカスケードの縦方向発達曲線 (Gaisser Hillas Formula) と一致するかを調べるなど、ハイブリッド測定の長所を生かしてこの系統誤差の有無を明らかにしていた。1 PeV以下では理論曲線とよく合っているが10PeV付近では明らかに差異が見られるなど注目すべき結果が得られている。こうした方向の解析が今後進むことを期待すると同時に、このエネルギー領域の将来計画を立てるのであれば、ハイブリッドな測定を十分な統計精度で10PeV以上まで行える大型の装置が望ましいと思える。10PeVでは現在どのグループもデータ量が不足しており系統誤差を突き詰めるには能力不足で、しかもCASA等は元は線検出器であったので、高エネルギー領域では電子密度、ミューオン密度が測定ダイナミックレンジを越えてしまう等の問題点を抱えている。

EeV (10^{18} eV) を越える最高エネルギー領域では、日本のAGASAグループからの結果と米豪共同のHigh Resolution Fly's Eye (HiRes) からの初の予備的結果が発表された。AGASAは、 10^{18} eV領域で、 $k = 12.6$ という非常に大きな異方性を観測した。Chance Probabilityは 2.5×10^{-6} である。この異方性は $1 \leq E \leq 2$ EeVという非常に狭いエネルギー幅でのみ観測されており、しかも到来方向分布を調べると、銀河中心と白鳥座領域で事象数が期待値より多く(3~4)、銀河反中心では逆に事象数が少ないことが判明した(図2)。約3万事象に基づいた結果であり、データ収集開始直後から装置の改良を経た現在に至るまで、一貫した傾向を見せていることから信頼すべき結果であると断言できる。この結果は到来方向から銀河系内起源の宇宙線の存在を確定し、しかも統計を上げて有意性が強まった、宇宙線測定史上初の快挙と言えよう(Haverah Park実験を率いたAlan Watsonのコメントの引用)。この結果の意味するところは、EeV領域宇宙線の30%程度は銀河系内起源の陽子または中性子であるということだ。我々の銀河系は少なくともこの程度のエネルギーまで粒子を加速できる能力があることが実験的に検証されたことになる。旧Fly's Eyeのデータも、統計は劣るものの同様の傾向を示していることがユタ大グループからも発表されている。

$4 \times 10^{19} \sim 10^{20}$ eV領域では、大域的には宇宙線は等方的に飛来しているが、より小さなスケールで調べると、同じ到来方向にいくつかの事象がかたまっているように見えるというAGASAの結果が統計数を倍に増やしたデータで発表された。Sky Mapを図3に示す。角度にして2.5度以内に3事象が集中しているtripletがあり(図中C2で示されている) Chance Probabilityは 4×10^{-3} である。他にPairが3つ観測されており(C1、C3、C4)いずれも銀河面との相関は見られない。結論を得るには統計を更に上げる必要があるが、極高エネルギー領域では宇宙線は銀河系外起源であり、しかも線成分が存在している可能性を示唆している。しかし銀河系外起源であるならば、当然期待されるGZK cutoffは観測されず、 10^{20} eV以上の領域にAGASAでは7事象観測されたことが報告された。フィジカルレビューラターズ出版時よりも1例増えている。今回は、そのうちの1事象について、エネルギー推定における χ^2 分布を初めて公開し、エネルギー決定の信頼度を説明したことは、多くの主席者に好評であった。さらに米豪共同実験のHiResも単眼データであるが、初の予備的結果を報告し、 10^{20} eV以上に7事象ある

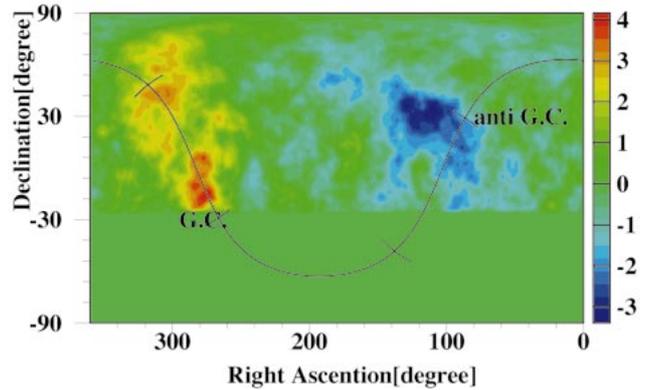


図2：AGASAで観測された $10^{18} \sim 10^{18.5}$ eV領域の宇宙線強度分布。単位は。銀河面は黒の曲線で示した。

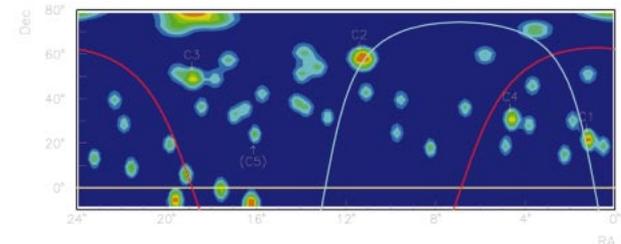


図3：AGASAで観測された 4×10^{19} eV以上の極高エネルギー宇宙線の到来方向分布。一樣等方仮説からのdeviationを色別に表示している。銀河面が赤線で示されている。青の曲線は近傍の電波銀河で構成される「超銀河面」。

ことを公表した。エネルギー決定精度の考慮がなされていないので即断は禁物であるが、Fluxの絶対値なども含めてAGASAの結果と矛盾ないようである。更なる解析とともに、高精度の複眼データの公表が待ち望まれる。

存在するはずがない 10^{20} eV以上のエネルギーの宇宙線の存在は、カンファレンスでは「GZK危機」と表現され、その正体をめぐって活発な議論があった。最も「経済的」なモデルは、M87など、近傍の「ありふれた」電波銀河と $\sim \mu$ Gauss程度の強い銀河系外磁場との組み合わせで説明するもので、Gustavo Tanco、Glennys FarrarやPeter Biermannらが提案していた。難点は、本当に $\sim \mu$ Gaussの磁場が銀河系外空間で広域に可能なのが明白でないこと、AGASAのTriplet/Pairの説明が困難なことである。このAGASAの結果を信じるか否かはキーポイントで、これを無視すれば、銀河系内中性子星での鉄核の加速というAngela Orintoの提案も否定することはできない。より挑戦的なモデルとしては銀河ハローからの冷たい暗黒物質(Gustavo Tanco)や超高エネルギーニュートリノと背景輻射ニュートリノの衝突(Daniele Fargion、Tom Weiler、筆者)などが提案

された。どのモデルも現在決定打には至っていない。GZK危機を解決するには現在より格段に優れた角度分解能と線やニュートリノ、化学組成を同定する能力を持った検出器が必要である。運転を開始したHiResからの本格的データ、及びそれに続くべく努力を重ねている宇宙線望遠鏡計画の稼働が待たれる。

最後にまとめとして、筆者がRapporteur Talkで使用了サマリーの図を紹介して終りとしていたい(図4)。銀河系内起源の宇宙線が $\leq 10^{19}$ eVまで主成分であり、加速効率またはRigidityでKneeが形成される、 10^{19} eV以上では銀河系外起源成分が優勢となるとい一般的な予想を、口頭発表のあった各観測結果が支持するか否定的かをよくおおよざっぱに分類した。人により見方は異なると思うが、これを面々眺めながら将来の予想を立てるのも秋の夜長の過ごし方として悪くはないだろう。

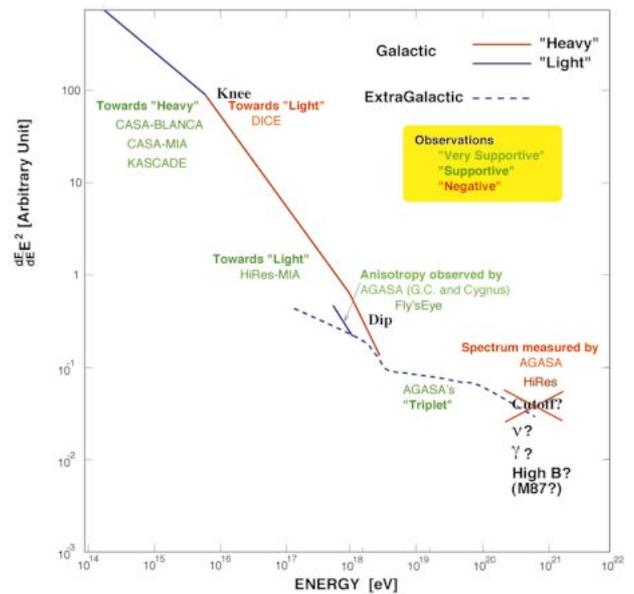


図4：各観測グループの結果が、「標準仮説」にたいしてどのような位置付けとなるかを示した。

4. ニュートリノ、ミュオンセッション報告

金 行 健 治

ユタで開かれた宇宙線国際会議におけるニュートリノ、ミュオンセッションの報告をします。

セッションの全てのトークを聞いていないので、ニュートリノにかたよった報告になっている事を御容赦ください。

まず全体の感想として、宇宙線国際会議に参加するのは初めてで非常に面白い会議だったが、発表の当日になってもスピーカーがいなくてキャンセルになっていく講演がある等、かなり大雑把な所に驚かされた。このセッションでは、大気、太陽ニュートリノ、南極等での高エネルギーニュートリノ実験、最高エネルギー宇宙線実験でのニュートリノの検出の可能性等の非常に興味深い報告が行われた。

大気ニュートリノデータに関しては、スーパーカミオカンデが質、量共に他の実験を圧倒している。1998年のニュートリノ国際会議からさらに統計量が上がり、コンテインド事象(848日、52ktyr)、上向きミュオン(突き抜け923日、ストップ902日)のすべてのデータが $\mu - \tau$ 振動を強く示している。

他の大気ニュートリノ実験としては、MACROとSoudan 2の報告があった。MACROの上向きミュオンの結果は同様に $\mu - \tau$ 振動を示唆している。

また、上向きのストップミュオン等(彼らに

とっての)低エネルギーデータは、統計量は十分でないが大気ニュートリノモンテカルロの予想値からずれており、 $\mu - \tau$ 振動を仮定するとうまく説明できる事が報告された。一方、Soudan 2は4.6ktyrのコンテインド事象から、1より有意に小さい $(\mu - \tau)_{DATA} / (\mu - \tau)_{MC}$ を得た。そして、MACROの上向きミュオン、Soudan 2のhigh resolutionデータから $\mu - \tau$ 振動に対してスーパーカミオカンデと矛盾しないパラメータ領域が許される事が報告された。

これらに関連して、BESS、CAPRICE等の高精度の宇宙線フラックス測定は大気ニュートリノのフラックス計算とも結び付いており非常に重要といえる。

また、地上および上空でのミュオンフラックスの測定も報告された。これらの新しい測定結果を取り入れた大気ニュートリノフラックスの計算が早急に必要と思われる。

太陽ニュートリノに関しては、SNOの報告がキャンセルされたため、スーパーカミオカンデの報告のみであった。解析のエネルギー閾値を5.5MeVまで下げ、825日のデータをもとにしたエネルギー分布、昼夜のフラックス差等の結果が報告された。

この結果もニュートリノオシレーションを強く指

し示しているが、複数の解がまだ許されているという意味で太陽ニュートリノ問題の解決にはもう少し時間がかかりそうだ。2年後の宇宙線国際会ではスーパーカミオカンデのエネルギーの閾値を下げ、さらに統計をあげた結果と、SNOの新しい結果が太陽ニュートリノ問題にどのような答えをだすか楽しみに思われる。

高エネルギーニュートリノについては、AMANDAとBAIKALが面白い結果を出しはじめた。AMANDA B10は97年の観測で16事象の大気ニュートリノ事象が検出し、その天頂角分布は統計の範囲内で大気ニュートリノの期待値とあっていた。すでに点源等に対する解析が始まっていて、それぞれに対するリミットを求めている。一方BAIKALは、NT 96の70日の観測結果として9事象の上向きミューオン事象（期待値は8.7事象）を得た。

研究報告

世界初！ 空気シャワー観測装置によるカニ星雲からの数TeVガンマ線の観測

塩見昌司

この秋、チベット高原（標高4300m）の空気シャワー観測装置を拡張するべく、総勢8名の若き!?日本人メンバーが現地へと向かいました。写真は私が観測所を後にする直前に設置完了した、シンチレーション検出器群（Tibet）を撮ったものです。これによりTibet アレイ（検出器間隔15m）の一部であった高密度領域（HDアレイ：7.5m間隔）が約5倍の面積に広がりました。

シンチレーション検出器は、装置内に飛び込んでくる荷電粒子の粒子数と時間を精度良く測定することが出来ます。宇宙から飛来してくる高エネルギー宇宙線は、地上に届くまでに大気と相互作用し、大量の粒子（空気シャワー）を作ります。この増殖した粒子中の荷電粒子をサンプリングすることで、その宇宙線のエネルギー、到来方向を測定できます。

また、現在NT 200が観測を開始している。その他、Antares、NESTOR等、同様の実験がいくつか計画されている。AMANDA、BAIKALの結果は着実にニュートリノ天文学がはじまりつつある事を示し、これからが非常に楽しみである。

また、最高エネルギー宇宙線および超高エネルギーニュートリノ検出について、宇宙線国際会議の通常のセッションの後にミーティングが開かれ、理論、実験の両方にわたり夜遅くまで活発な議論が行われた。特に、Telescope Array、Auger、さらにその後計画されているOWL/Airwatch等における超高エネルギーニュートリノ検出の可能性についての議論は非常に面白かった。

以上、宇宙線を使ったニュートリノ実験が面白い結果をだしつつあり、またこれからも面白いものになるであろう事が感じられた。

この装置の特徴の一つは、解像型空気チェレンコフ装置と較べて誤差が小さいことです。そして我々のグループは、このタイプの装置で初めてカニ星雲からのTeV領域ガンマ線を捕えました。

カニ星雲は多波長にわたり強い放射をしている稀な天体であるため、常に観測・研究の対象になっています。カニ星雲の電波、可視光、X線のスペクトルは、高速電子のシンクロトロン光で説明でき、この高速電子が周りの光子を逆コンプトン散乱することによりTeVガンマ線が作られると推定されています。初めてカニ星雲からのTeVガンマ線を観測したのは、解像型空気チェレンコフ装置を用いたWhippleグループです。この装置は、空気シャワーの作る大気チェレンコフ光を地上の反射鏡で集光し、像を捕えます。その像の形を解析することによりガン



写真1：チベット空気シャワー観測装置（白い箱がシンチレーション検出器。残念ながら撮影した日は曇りであった。）

マ線の観測に成功しました。今ではカニ星雲は定常TeVガンマ線源の標準光源としてこのタイプの装置を用いた多くの実験グループにより観測されています。そのエネルギースペクトルが数10TeVに及ぶ観測結果もでており、高エネルギー陽子起源のガンマ線の存在の可能性もいわれています。本当に陽子起源であれば、宇宙線の大半をしめる陽子の加速場所の発見となります。

解像型空気チェレンコフ装置は、TeVガンマ線点源観測に大いに威力を発揮しています。しかし、およそ10kmほど先の光を観測しているため大気・夜光等の観測状況に左右されやすく、エネルギーや頻度の誤差を押さえるのが難しいという問題もあります。陽子が加速されているかを議論するには数TeV以上のスペクトルの形やその伸びを正確に測ることが必要であり、系統誤差の小さい空気シャワー観測装置による観測が期待されていました。

チベットの空気シャワー観測装置は、高高度に装置を設置したことや装置の最適化により数TeV領域の宇宙線を観測でき、短期間で宇宙線による月の影が観測できる高いトリガー頻度、角度分解能1.0度以下の唯一の装置です [35号 速報1]。この装置で得られた502.1日の観測データを用いて、カニ星雲からの数TeV領域ガンマ線を探索したところ、3TeVで5.5の統計的超過がみられました。空気シャワー観測装置による初めてのカニ星雲からのガンマ線の検出です。ガンマ線頻度を見積もった結果は、他の観測結果に比べ約2倍ほど多い結果が得られました。この結果は星雲の磁場強度や構造に対して新たな情報を与えるでしょう。また数10TeV領域からスペクトルが折れ曲がっているようにも思えます。

今回の結果だけでは陽子加速の有無は言えませんが、今年の拡張によりカニ星雲のスペクトルの構造をさらに詳しく、より高いエネルギーまで観測出来ることが期待されますので、はたしてどうなるか。乞うご期待！

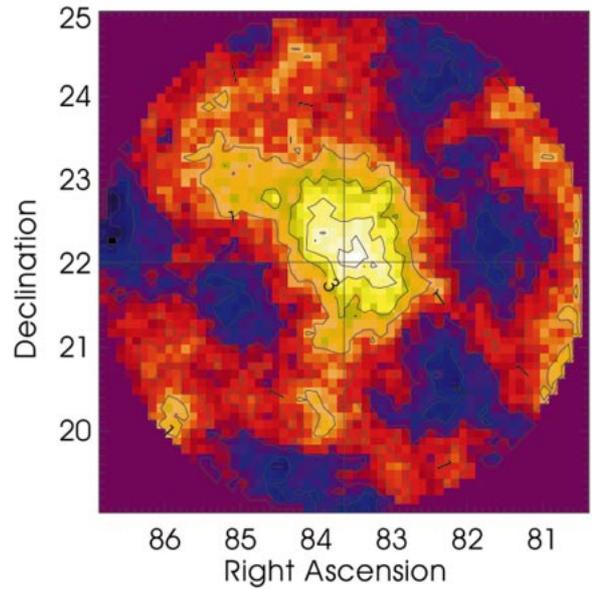


図1：カニ星雲からの3TeVガンマ線の頻度分布
Tibet 3ヶ月分のデータで同様の結果が得られるであろう。

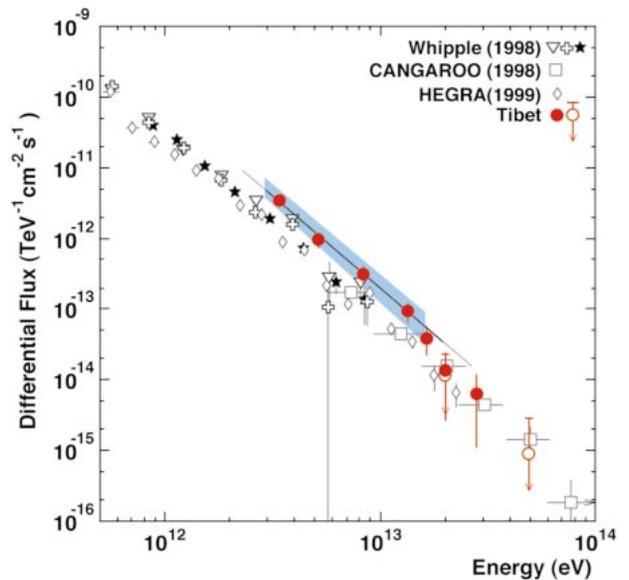


図2：微分スペクトル
我々の結果を赤で表示。赤丸はHDアレイによる結果。低エネルギー側4点は3以上。直線はこの4点によるフィッティングの結果。青帯は系統誤差の範囲を示す。Tibet アレイの結果は1 - 2 であるため、90%上限値と仮にシグナルとした場合の頻度を白抜き赤丸で示した。Tibet で加速機構の謎が説き明かされる!?

速報

田無地区一般公開報告

7月24、25日の柏工業祭につづき、10月3日（日）午前10時から午後4時まで開催された、田無地区一般公開に参加した。当日は天気があまり良くなく、付近の運動会行事と重なってしまったわりには、参加者は昨年より若干少ない程度であったようである。

田無地区で行われてきた一般公開も、高エネルギー加速器研究機構田無分室と物性研究所および宇宙線研究所が移転する今年度が最終である。既に加速器などはシャットダウンされ、移転作業を行って

いるので、例年行われてきた施設公開というのは無くて、公開講座とパネル展示が主であった。公開講座では、原子核研究所の所長経験者が高エネルギー加速器研究機構田無分室の歴史を紹介した。宇宙線研究所からは福島正巳教授がミニ講座で講演し、テレスコープアレイ計画を平易に紹介した。宇宙線研究所はパネル展示を主体にしたが、柏工業祭にも出展したスーパーカミオカンデの紹介ビデオやパソコンソフト、宇宙線を可視化するスパークチェンバー等も用いて、研究内容を紹介した。



新人紹介



榎本 良治（助教授、空気シャワー部）

これまで高エネルギー物理学実験を高工研にて行なってきました。未熟者ですがよろしくをお願いします。

こちらではカンガルー実験

に専念しております。

趣味はスポーツ全般です。



金行 健治（助教授、ニュートリノ観測情報融合センター）

10月に宇宙ニュートリノ観測情報融合センターに着任しました。

阪大で大学院からカミオカンデに参加させてもらい、博士課程の時に宇宙線研に1年間お世話になった事があります。

その後、東工大の助手を経て、ふたたび宇宙線研

に戻って来ました。

その間、カミオカンデ、スーパーカミオカンデで、おもに核子崩壊と大気ニュートリノの研究をやってきました。

どうぞよろしくお願いします。



⌚ 橋 明子 (事務補佐員、図書室)

8月より宇宙線研究所図書室に非常勤として採用されました。二人だけの小さな図書室ですが柏移転を控えその準備に追われています。移転後

は蔵書数も増えますので今よりも一層皆さまに使いやすい図書室にしていきたいと思っています。どうぞよろしくお願ひいたします。

ICRR Seminar 1999年度

7月2日(金) 川合 光 (京都大学大学院理学研究科)

“弦理論の現状”

8月31日(火) 伊藤 公紀 (横浜国立大学環境科学研究センター)

“太陽の気候影響について”

* 9月2日(木) 長滝 重博 (東京大学理学部)

“重力崩壊型超新星に於けるジェット状爆発の効果”

10月12日(火) 二瓶 武史 (高エネルギー加速器研究機構)

“Inflationary solutions in a theory with an orbifold extra dimension”

10月14日(木) Athar Husain (東京都立大学)

“High Energy Cosmic Tau Neutrinos”

10月19日(火) 野村 康紀 (東京大学理学部)

“Long Lived Superheavy Particles and Ultra High Energy Cosmic Rays”

* 神岡研究施設におけるセミナー

ICRR Report 1999年度

ICRR Report 455 99 13 (September 1999)

“Neutrino induced upward stopping muons in Super Kamiokande”

The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 456 99 14 (August 1999)

“OBSERVATION OF MULTI TeV GAMMA RAYS FROM THE CRAB NEBULA USING THE TIBET AIR SHOWER ARRAY”

The Tibet AS Collaboration

人事異動

(平成11年12月1日現在)

発令日	氏名	異動内容	現(旧)官職
平11.9.1	梶田 隆章	教授(昇任)(ニュートリノ観測 情報融合センター)	助教授(神岡宇宙素粒子研究施設)
平11.9.1	榎本 良治	助教授(昇任)(空気シャワー)	高エネルギー加速器研究機構助手
平11.10.1	金行 健治	助教授(昇任)(ニュートリノ観 測情報融合センター)	東京工業大学助手
平11.11.15	片寄 祐作	辞職	COE研究員(エマルジョン)
平11.12.1	篠野 雅彦	COE研究員(採用) 空気シャワー)	研究所研究員

No.39

1999年12月24日

東京大学宇宙線研究所

〒188-0002 東京都田無市緑町3 - 2 - 1
TEL (0424) 69 - 9593又は0578 - 5 - 9602
編集委員 佐々木 梶田