



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。

研究紹介 1

超高エネルギーガンマ線研究の新しい展開：カンガルー共同研究の近況

超高エネルギーガンマ線研究拠点形成 CANGAROO

木 舟 正

1. はじめに

1991年にコンプトガンマ線衛星が打ち上げられ、これまで比較的緩やかであった天体ガンマ線観測の発展がにわかに急ピッチになった。一方、地上観測に基づく超高エネルギーガンマ線の検出は電磁波の他の波長帯と異なって宇宙線研究に根ざして発展してきた。1990年代に入って空気チェレンコフ光を検出する地上設置の望遠鏡によるTeV領域ガンマ線の観測、新しく観測の窓を開くブレークスルーにわれわれも寄与することができた。大型衛星が必要であることなどの理由のために、我が国では天体ガンマ線の観測研究が欠落してきたし、世界的にもガンマ線衛星の数はこれまで数個に限られてきた。地上観測の成功によって事情が一変しつつある。現在までに200個を超える1 GeV領域ガンマ線天体の発見がなされ、TeV領域の源も10個を越えようとしている。

オーストラリアとの国際共同実験カンガルーグループ：CANGAROO (Collaboration between Australia and Nippon for & GAMMA Ray Observatory in the Outback) は国立天文台から譲り受けた3.8m望遠鏡によって1992年から観測を実施してきた。平成7～10年の科研費重点領域「超高エネルギー天体」によるその第二期計画(CANGAROO)の7m口径望遠鏡の建設が完了し、観測が開始された

ところである。解像型空気チェレンコフ望遠鏡の成功は諸グループの新規参入を呼び、複数の大口径望遠鏡のシステムによるステレオ観測など次世代望遠鏡の建設の競争が激化している。われわれも第三期計画(CANGAROO)による10m口径望遠鏡4台によるステレオ観測の実現を目標として掲げてきたが、幸いにも、CANGAROOを直ちに実現できることになった。科研費「卓越した研究拠点COE形成プログラム」の研究課題「超高エネルギー断面から見た宇宙」によって「超高エネルギーガンマ線研究拠点」が宇宙線研究所に形成されることになった。まず拠点形成の概要を紹介し(木舟)について、観測が開始された(CANGAROO)の7m口径望遠鏡の最新の様子を報告する(谷森)。

この稿では拠点形成の概要を紹介し、その出発にあたり拠点の研究リーダーとしての立場からCOE拠点形成の意義と抱負について私見を述べたい。

2. 研究目的と内容の展望

電波から赤外線、可視光、紫外線、X線と電磁波の天体観測は既に約10桁にまたがっているが、その短波長側にさらに広くガンマ線の帯域がある。この広大な領域の単一の呼称ガンマ線は、この領域では高エネルギー相互作用が卓越し、いわば「素粒子的電磁波」とでも共通に呼ばれるべき領域であること

を意味している。これまで理論的な考察がなされているエネルギーの上限、プランク質量 $\sim 10^{28}$ eVまでの広大な未知の帯域を開拓するフロンティアとしての役割が本研究拠点の目的である。

上述した研究目的の方向と見かけ上逆の向きであるが、当面、これまでの観測の 10^{12} eVから一桁下の 10^{11} eV領域のガンマ線検出を目指す。超高エネルギーガンマ線の観測基盤をまず確立する。このエネルギー領域も衛星観測と地上観測の間で未開拓のまま残されており、豊富な成果が確実に期待される。エネルギー流量の検出感度について、X線観測などでの感度に迫る 10^{-13} erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ を達成して、ガンマ線放出過程についての定量的な考察、他の波長域との比較を行なう。また、現在10個程度の超高エネルギーガンマ線源が 10^{11} eV領域では100個程度に増大すると予想される。銀河系内天体では5 kpc以内、活動銀河については赤方偏移 $z = 1$ 近くまで検出可能となる。超高エネルギーガンマ線強度の、パルサー/星雲についてはパルサーの回転エネルギー損失率への依存性、活動銀河については距離依存性を通じての銀河系赤外線強度の推定、超新星残骸の年齢やタイプや環境条件等との関係の法則性を推定する。パルサー、超新星残骸、活動銀河などについての系統的観測から「法則性」を見い出す「天文学の常道的手法」が超高エネルギーガンマ線領域においても可能になる。検出感度、角度分解能、エネルギー分解能、雑音排除効率の向上から、新しいタイプの源の検出も充分期待でき重要な課題である。銀河系内外の広がったガンマ線源、降着物質による重力エネルギー解放型のコンパクトな天体や時間的に激変するガンマ線源など観測候補天体は多い。これらの開拓的冒険的課題にも臨機応変的に観測時間を振り当てていく必要がある。

ともかく、多様な方向への発展が予想される。

「素粒子的宇宙」の「ガンマ線描像」を観測結果の基盤の上にたって構築することを目指す。

3. 望遠鏡建設スケジュール

「超高エネルギーガンマ線研究拠点」の形成は平成11年度からの5か年計画として行なわれる。まず、現有の7m望遠鏡を平成11年度中に10m望遠鏡にグレードアップし平成12年度には観測を開始する。平成13年度から毎年1台ずつのペースで10m望遠鏡を観測に加え、15年度に4台のシステムによるステレオ観測を実現する。

年度	望遠鏡の口径×台数	観測条件	備考
1999	7m×1 10m×1	300GeVガンマ線	(CANGAROOの観測) 7m望遠鏡の増強による
2000	10m×1	100GeVガンマ線	CANGAROOの観測開始
2001	10m×2	ステレオ観測の開始	国際ワークショップの開催 COE中間評価
2002	10m×3	ステレオ観測増強	
2003	10m×4	ステレオ観測増強	

4. ガンマ線研究拠点の意義と宇宙線研究所の役割

これまでのCANGAROO共同研究ではガンマ線望遠鏡の建設・管理・維持を宇宙線研究所を基盤としとりまとめ役とすることで実現し、諸大学グループの努力を結集してきた。拠点の形成によってこの協力関係をさらに強力に且つ組織的計画的に推進していく。「天文学諸分野」との連携の開拓にこれまで科研費特定領域「超高エネルギー天体」などで努めてきた。電磁波であるガンマ線は天文学の諸分野と直接的な強い関係で結ばれている。20世紀天文学の特徴である「多波長観測の連携」をガンマ線領域に押し広げる。宇宙の超高エネルギー現象の典型例は宇宙線であり、高エネルギーガンマ線の研究がこれまで天文学の一分野というより宇宙線研究の一つの形態として発展してきた歴史の原因となっている。宇宙線研究所にCOEガンマ線研究拠点を形成することが実現した客観的背景を構成している。

宇宙線研究所の他のプロジェクト、ニュートリノや極高エネルギー宇宙線、重力波などとは、究極的には共通の目標、「素粒子的宇宙」の探求に於て相接している。21世紀に期待される「素粒子的宇宙像」の発展を支えるために電磁波であるガンマ線の役割は大きい。

このように物理学が天文学、「粒子天文学 (particle astrophysics)」と「電磁波天文学」のはざまに位置する超高エネルギーガンマ線観測は、同時にそれ自身の独自の多様な発展方向の可能性をはらんでいる。広い学際領域、宇宙線研究所外のグループと密接な連携を保ちつつ拠点を形成していく必要がある。

観測はオーストラリアで実施される。米国や欧州のグループと競争的ではあるが、天空のあらゆる方向と観測時間をできるだけカバーするための観測網を整える点から相補的である。拠点の役割の一つとして国際協力のセンターとしての機能は欠くことができない。拠点形成の5年の間に国際集會を少なく

とも1回開催することを予定している。

拠点形成で建設する望遠鏡システムの供給するデータは少なくとも10年以上の科学的競争的価値が継続する。データの解析、解釈等に並行して、さらに次の発展段階を模索する必要がある。拠点形成後に「センター」を設立できることが望ましいと考えられるが、その詳細な具体的内容等の提案は拠点形成による研究の発展を見極めつつ行ないたい。

5. おわりに

地上観測のチェレンコフ望遠鏡の建設は比較的小規模予算で実現できるため、各国による競争が激化している。米国のVERITAS計画は10m口径望遠鏡を7台、ドイツのHESS計画は16台を建設しようとしている。この世界的情勢の中でCANGAROO がこれら次世代望遠鏡のトップを切るデータを提供できる可能性が生じた。身の引き締まる思いである。競合する外国の計画がほぼ同時期に観測が開始されるスケジュールで進展しているためCANGAROO

の緊急的実現を訴えてきたが、本拠点形成の実現は周囲からの暖かい強い支援を頂けた結果である。この機会を借りて感謝したい。

硬X線からGeVガンマ線を含む「超高エネルギー光子」の観測全体を推進していく必要がある。この近接する波長領域の計画に、本拠点形成が非両立的な影響を及ぼしてしまった点の反省を述べておきたい。COE拠点形成申請と同時に並列的に科研費の他のプログラム（特定研究）への申請「高エネルギー光子」によって、計画の一部の早期実現の方法を目指していた。しかしながら、この過程において連携の協力関係にある方々への事前の了解の取りつけなど私どもの側からの意思の疎通に重大な欠如があった。そのため、拠点形成の実現と競合しない形で、「高エネルギー光子」の即時発足の道を探ることを閉ざすことになってしまった。衷心から御詫びしたい。私のこの不手際にも拘わらず、本拠点に隣接する、より広い領域が全体として推進され連携の基盤が今後強化されることを切に願っている。

研究紹介2

CANGAROO新望遠鏡建設奮闘記

東京工業大学大学院理工学研究科
谷 森 達

1. 荷を送り出すまで

今年2月のICRRニュースに河内氏によるCANGAROO 7m望遠鏡の国内での建設状況が報告されたばかりであるが、今年1月から3月にかけて、現地オーストラリア、南オーストラリア州ウーメラにおいてこの望遠鏡の組み上げ・調整を行い5月から観測に入ることが出来た。今回建設の様子および望遠鏡の性能の簡単な紹介を行う。

我々は科研費重点領域研究『高エネルギー天体』の計画研究Bを中心に宇宙線研からの諸経費、メンバーの各種の科研費を総動員し、全員一丸となってこの新しい望遠鏡の実現を目指して来た。この望遠鏡は最先端を目指す為口径10mの鏡として製作され、財源の関係から手始めに鏡面を半分の7m分だけ取り付けスタートすることにした。チェレンコフ望遠鏡は、広視野（4度程度）を必要とし主焦点にガンマ線カメラを持つ。さらに分解能を良くするために、焦点距離は長くとらなければならない。そのためよく知られている電波望遠鏡とは異なり、支柱が長く

バランスの悪い構造となり、設計には注意を要する（図1参照）。今回の我々の鏡は、現在まですばる望遠鏡をはじめとして多くの大型電波、光学望遠鏡を製作した三菱電機と共同で開発し、10mクラスでは最も長い8mの焦点距離を持っている。さらに、鏡面を構成する小型鏡は、軽量化、耐久性の向上の為にプラスチック鏡を採用した。60枚の複合鏡を持つこのようなバランスが悪い光学望遠鏡を作るといふこと、さらに財源の制約から現地での組み上げ作業は研究者自身が中心に行うということは、三菱電機にとっても、前代未聞の仕事であったようである。そのため現地組み立て作業を安全かつ確実に短期間で行う為に、国内での調整、検討を慎重に行った。特に現地での60枚の小型鏡の位置を正しく決め、鏡全体の精度を出す作業に注意が払われた。それぞれの小型鏡をパラボラ枠に取り付けてから人間がアクセスして調整を行うと、10m程度の高さでの高所作業が必要となる。さらにこれは夜の作業となり危険すぎる。そのため安全性および精度要求を確実に達成する観点から遠隔で小型鏡の位置を移動するモー



図1：完成したCANGAROO 新7mチェレンコフ望遠鏡

タによる調整機構を取り付ける事を10年度に決め急拠その作業を行った。これらの作業で時間がかかり（詳しくは河内氏のレポート参照）、荷の搬出は11年3月望遠鏡完成のためのタイムリミットぎりぎりの12月となった。

2. 炎天下のなかの建設作業

現地での建設作業は今年1月中旬から始めることとなった。1月始めにはアデレード大のジョン先生（Prof. John Patterson）から荷の到着、および望遠鏡を載せる高さ4mのコンクリートベースの完成の知らせを受け、いよいよ望遠鏡を作る実感が沸き上がった。

ただ、我々建設部隊の出発2週間前にまだ三菱からの派遣人員が決まらず、現地での組み上げの最終打ち合せが出来ないでいた。三菱側から見るとオーストラリアの砂漠の中の、しかも40度を越える炎天下の中、素人の研究者を指示し3週間の短期間で10m鏡を組み上げ、調整し、使えるようにしなければならぬのである。かなりの熟練作業でないと行けない。さらにこの仕事は三菱にとって決して大きな仕事ではなく人を長期に割くことは大変である。しかし最後には海外でのアンテナ建設経験豊富な素晴らしい熟練者を4名派遣することを決定していただいた。

次々問題は出てくるもので、建設には不可欠な大型工具が全く手配されていなかったのに気付く。今まで我々と三菱の設計者サイドとの打ち合せばかりで実際に組み上げを担当する者が一度も参加しな

かったため誰も気付かなかった。特殊なものはなさそうなので、とにかく現地でクレーンや高所作業をお願いすることになっているDSCW（観測地はオーストラリア政府の管理地区にあり、そこを管理運営している部所）やアデレード大で調達をするということで、まず筆者、柳田（茨城大）が先発隊で1月中旬に出発した。アデレード大、DSCWで工具をなんとか調達し、手に入らない物は隣のレンタルから借り、まずほっとした（隣りといっても80kmはなれている）。つぎに望遠鏡建設サイトについて唖然とした。荷物はかなり重量物なので、梱包解体後すみやかにクレーンで組み上げられるようにベースの回りに配置するはずであった。しかし、実際にはベースまわりは自然の大地で傾斜地や地盤がゆるいなど悪条件が多く、結局は200m四方に40個程度の巨大な荷が点在していた。経費節約の為、荷の解体は研究者がやることを約束している。一週間で荷の梱包をとき配置を変える作業を二人でやるのかと思うと気が遠くなってしまった。しかしやるしかない。解体作業はオーストラリアで最も暑さが苛酷ななが行われた。湿度が低いので午前中はかなり過ごしやすいが、昼過ぎから6時までは40度を越える灼熱地獄、しかも強風で砂ボコリが舞う。一日4リットル以上水を飲まないといけない。おまけに八エがめちゃくちゃ多い。このような中でも体は慣れてくるもので、なんとか荷を解体することが出来た。

そのうち吉越、河内、木舟（ICRR）、櫛田（東工大）および三菱の方々が順次到着し建設工事が始まった。2月初めにはベースの上に水平、垂直回転駆動部が設置され、一番時間がかかると予想された7トンにもおよぶバランスの取り付け、および主鏡組み上げが平行して始まった。まず垂直回転部を水平に5トンチェーンブロック2個で固定する。バランスは当然主鏡の重さと釣り合うためのものなので、このときは主鏡のかわりに大型チェーンブロックでバランスを支える。バランスは500kg以上の鉄板10枚程度からなり、一枚ずつクレーンでつり上げ取り付けて行く。これを地上8mの高所の足場の悪いところで行う。当然我々がやれるのは鉄板の掃除ぐらいである。三菱の方々、クレーン作業を担当したDSCWの人々によって無事終了することが出来た。バランスを取り付けた後、チェーンブロックを手で緩めて安定な垂直状態に戻す作業が最後にあるが、これはバランスが一気に落ちる危険があり望遠鏡組み立てで最も危険な作業であり、三菱の人達でも冷汗をかいたそうである。

それと平行して始まった主鏡の組み立ては我々の



図2：組み上げ中の主鏡と地平線

仕事となった(図2)。これが想像以上にしんどい仕事であった。主鏡は約1600本のアルミビームを組み合わせて作って行く。これを一本につき4箇所16mm径の巨大なネジで締める必要がある。しかも同じネジを決まった強度で3回締め直すことが必要とされる。我々が日頃行っている適当なネジ締めは通用しない。特に最後のネジ締めは力が要求され、男性陣で行ったが腕が時々痙攣を起こした。炎天下での作業が続き我々はかなり悲鳴をあげたが、黙々としかも、確実に作業を進めて行く三菱の人々のプロ魂にはほんとうに脱帽した。

組み立て作業開始10日間ぐらいで回転駆動部、主鏡が組上がりよいよ小型鏡の主鏡への取り付けを開始した。この仕事は鏡面の精度を決める重要な作業である。鏡の構造は、小型鏡5～9枚が1枚の支持パネルに取り付けられ、その支持パネル9枚を主鏡骨組みに取り付けることで全体として7mパラボラ鏡が構成されている。まずパネルを付け、測量を行った。つぎに小型鏡をパネルに取り付ける作業が難航してしまった。日本では仮の架台に支持パネルを取り付け小型鏡の位置を調整ただけで実際的主鏡に取り付けは行わなかった。主鏡は当然ながら円形であり端が無いので小型鏡の取り付け誤差の逃げ場がないのである。支持パネル間をまたぐ幾つかの小型鏡が互いに接触してしまうのである。全員かなりあせったが、一部パネルをずらすことで何とか全部取り付けることが出来た。

この組み立て作業は我々の限られた財源内で行えるよう、日程もかなり三菱に無理を言って強行軍で行うようになっていた。特に三菱の組み立て担当者の帰国の日程が厳しく決まっており、それまでに主鏡を回転駆動部に取り付けて調整を終らせないと工事が途中で中断し、数カ月遅れとなってしまふ。



図3：クレーンでつり上げられた主鏡が回転駆動部に取り付けられるところ

これだけは絶対に避けなくてはならない。そのため組み上げ開始からは、ほぼ夜明けとともに働き、夜8時すぎの日没終了後は食事をして寝るだけという日々が続いた。この小型鏡取り付けのころは皆疲労困憊で最後の力をふり絞ってなんとか行った。さすがに三菱の人々はプロで淡々と仕事を続けられ帰国までに絶対仕上げると意志がこちらにもひしひし感じられた。感謝の言い様がない。なんとか主鏡に小型鏡が取り付けいた2月8日、晴天で風も弱く、夕方50トンクレーンで一気に主鏡を引き上げ回転駆動部に取り付けることが出来た(図3)。主鏡と回転部を固定するすべてのボルトを締め、手動で望遠鏡を水平位置に戻し作業が完了した時には、全員ほんとうにほっとした。筆者はこの計画研究責任者として望遠鏡を初めて設計し、グループメンバ、三菱の方々と共に作り上げてきた。その望遠鏡の美しい全容を見ることが出来、本当に安堵したのを覚えている。今まで幾つかの実験装置を組み上げてきたが、今回ほど“しんどい”と思った作業は無かった。工事現場の行き帰りに会うカンガルーやエミューが疲れを癒してくれたのが印象に残っている。理論家で日頃肉体労働の経験の乏しい柳田先生、そろそろ定年も近い木舟先生、吉越君のような若い男性にさえきつい環境の上に大嫌いなハエ、ゴキブリ、サソリ、日焼けに悩まされながらも奮闘してくれた河内さん、櫛田さんの女性陣、皆がんばりなんとか望遠鏡が出来た。

3. シャワーが見えた！

2月中旬、柳田、谷森、木舟と帰国し、鏡調整、カメラ組み上げのため森(ICRR)、窪(東工大)、西嶋、神保(東海大)が到着した。毎週末にはジョン先生が駆けつけてくれた。望遠鏡の位置出し、配

線、吉越君が製作した望遠鏡制御プログラムによる動作確認と順調に作業は進んだ。同時に電子回路、カメラ部品の組み上げ、信号ケーブル類の引きまわしを行った。この間筆者は帰国していたので詳細はわからないが作業は順調に進み2月末には望遠鏡のコントロールが可能となり、回路・カメラ関係の準備も整い鏡面調整、カメラの取り付け調整のみを残すところとなった。

3月初めからいよいよ60枚の小型鏡の位置を調整し、像のボケが0.1度程度の7mパラボラ鏡を作る最も重要な作業を開始した。方法は最もシンプルで確実な方法を採用した。6km東南にあるウーメラ空港管制塔にサーチライトを付け疑似平行光を作り、その各小型鏡による像を1枚ずつ焦点面に付けたスクリーンに映し、その像が焦点面センターに来るように位置を調整するのである。調整は各鏡に取り付けられた2つのモータで行われた。この作業はCCDの画面を見ながらコンピュータでモータを調整するだけなので簡単である。ただ調整を終えた鏡の光を遮るため鏡にカバーを取り付ける必要がある。このモータによる位置調整機構は前述のように急拠取り付けた為再現性に問題があり、一旦調整を終えた鏡の位置をずらし、最後にすべての鏡を正しい位置に戻すという方法が取れなかった。つまり一旦決めた位置から鏡を動かせないで、調整中以外の鏡にはすべてカバーをする必要があった。これが大変な作業となった。まず一旦反射鏡を真上に向け、中央から人が登り支持パネル上の小型鏡間の僅かな隙間をつたって目的の鏡に何とかアクセスすることが出来た。この作業は夜なので作業は慎重に行われた。この作業は約1週間で終了する事が出来た。筆者はこの間にウーメラに戻りこの作業を見る事が出来た。これで7mパラボラ鏡の完成である。

次に鏡面および追尾精度測定のため星の像を捕え追尾を試みた。まずは明るいシリウスの像を捕えようと望遠鏡を向け、焦点スクリーンのCCD画像を出て来るのを全員で見守った。当然星の明るいスポットが見えるものと全員期待していたのに真っ暗な像が出て来るだけ、CCDの露出を増やすと今度は六角形に広がったイメージが出て来た、良く見て見ると一枚一枚の小型鏡が見えている。鏡のシュミレーションで見慣れた焦点後方の像ではないか。焦点距離が変わってしまったのか?? 実は当日昼に焦点カメラサポートに取り付けてあったスクリーンを取り外しカメラを取り付けていたのである。スクリーンはカメラ前面のライトガイド前面に取り付けた。このカメラボックスの一部設計の勘違いから焦



図4：焦点スクリーン上のシリウスの像のCCD画像（フレームは2度角）

点面後方にカメラ面が下がっていたのがわかり、急拠正しい位置にカメラ面をもどし像を取ると図4にあるようなきれいなシリウス像が映し出され全員安堵した。色々な星の像を使い、望遠鏡のボケは半値幅で0.15度程度、追尾の精度は0.01度以内とわかった。心配されたカメラ自重によるたわみの追尾への影響はなかった。またボケは予想値0.12度より少し悪いが、これは時間が無く10枚程調整が不十分または度質の悪い鏡を用いたためであり今年度交換することで改善出来る。

鏡が出来上がればいよいよカメラ、回路に火を入れ実際にシャワーイベントを捕える最終作業となる。こちらは我々、特に筆者に取っては得意分野であり、数々のシステムを作った経験を基に、砂漠などでも簡単に組み上げられノイズなどに強く簡単に調整・修理が行えるようシンプルな構造にしてある。カメラは世界で最も分解能が高い0.12度のピクセルサイズを採用し、視野3度を512本の16mm径光電子増倍管(PMT)で覆っている。前面にはライトガイドが取り付けられている。図5はGANGAROO および のカメラの比較である。両カメラが同程度の視野なので新しいカメラのピクセルが細かいのが良くわかる。まず電源を入れ適当にトリガーパラメータをセットしてから、すべてのPMTの信号のサミング信号を見ると、ノイズの影響も無くシャワーによる鋭いパルスが見えた。安心してイベントディスプレイを見ると10本以上のPMTがヒットしたクリアなシャワーイメージが次々見えて来た。装置は問題無く動作しているので、パラメータ特性を取りトリガー最適化を行おうと思ったら、それから天候が悪化し帰国の日が来てしまった。1月からほとんど毎日晴天で猛暑に悩まされたのに観測になった途端雨

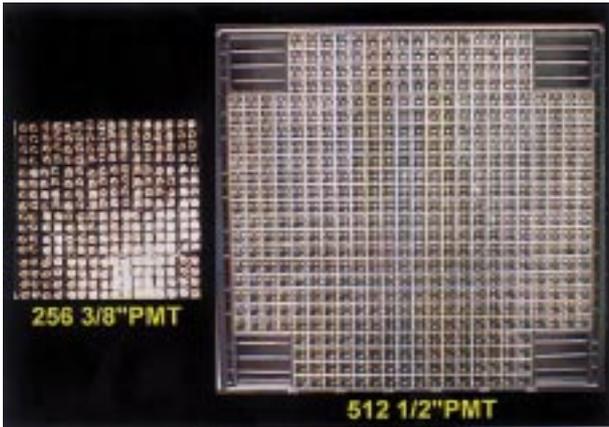


図5：左はCANGAROO のカメラ(256PMTs)、右はCANGAROO のカメラ(512PMTs)

が続く、まさしくマーフィーの法則である。5月に、筆者、窪、森が再びウーメラに向かいトリガー調整、オンライン環境整備および数日間観測を行い、6月からは以前と同じような観測モードとなった。

簡単に現在の装置の性能を述べておく。現在トリガーは効率的にガンマ線事象を取る為にカメラの中央2度の部分のみで行っている。トリガーは10Hz程度であり、その内の5～6Hzは明らかなハドロンシャワーで、残りは小さいハドロンシャワーまたはミューオン事象と考えられる。この装置は各PMTにTDCを持ち、チェレンコフ光の到来時間を1ns程度で測定している。Time walkなど各種のジッタを補正すると到来時間幅は半値で14ns以内と、ハドロンシャワーからの予想と一致している。この時間分布から夜光による単なるAccidentalはあまり無いこ

とがわかる。ハドロンシャワーのトリガー率から粗く計算してエネルギー閾値は300GeV以下と考えられる。我々のカメラは最もピクセルが小さく1TeV以下の低エネルギーハドロンシャワーはトリガーそのものでかなり取り除かれているはずでありこの数値は上限値である。現在閾値見積りのためシミュレーションを行っている。データ解析は始まったばかりであるが、幾つか典型的な事象のPMTヒットイメージを紹介しておく。図6aは典型的なミューオンリングである。CANGAROO ではあまり観測出来なかったがこの装置では数分に1個はきれいなリングが観測される。また図6bは小さなハドロンシャワーである。色はチェレンコフ光の到来時間を示している。ミューオン事象は5ns以内に集中している。またハドロンシャワーはシャワー発達と到来時間の相関が良くわかる。もちろん各PMTのパルス高からシャワーMAXもわかり、ガンマ線以外の物理が出来るかもしれない。現在観測、解析は順調に進行中で、秋の学会等で何らかの結果が発表できると考えている。

建設には旅費の制約からグループ全員が参加は出来なかったが日本からの支援等まさしく全員で作上げた望遠鏡である。現在観測、解析、COEによる新たな望遠鏡の建設とグループ全員非常に意気が上がっている。今後の成果に期待して頂きたい。最後にこの建設を最後まで支援していただいた三菱電機、DSCW、および各グループ構成機関に感謝を述べたい。

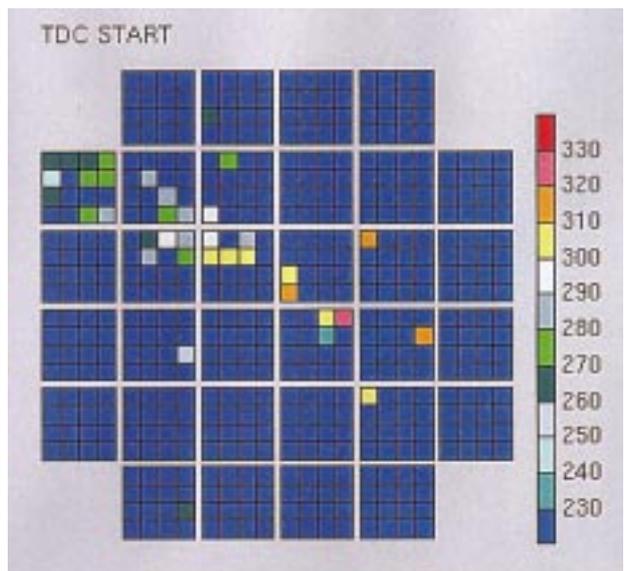
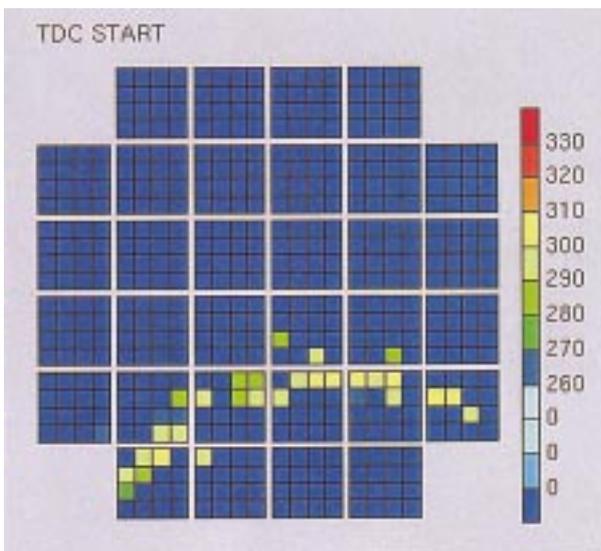


図6：左(a)はミューオンリングイメージ、右(b)はハドロンシャワーイメージ。数字はTDCカウントを意味し1カウントは0.5ns。

K2K実験が始まった！

伊藤好孝

1. はじめに

3月3日夕方、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の12GeV陽子シンクロトロンから引き出された陽子ビームがターゲットに当り、KEK 神岡長基線ニュートリノ振動実験（K2K）が始まった。

K2K実験はスーパーカミオカンデから250km離れたKEKから約1 GeVの μ ビームを打ち込み、大気ニュートリノの観測で発見されたニュートリノ振動を初めて人工的に起こそうという実験である。

スーパーカミオカンデのこれまでの結果では、大気ニュートリノにおいて、 μ と τ の間のほぼ2世代間の振動が、 $m^2 \sim 10^{-2} \sim 10^{-3} \text{eV}^2$ 、 $\sin^2 2\theta \sim 1$ のパラメータで起こっている事を示している。これまでの加速器による振動実験では、基線長としてはせいぜいkmオーダーで、 $m^2 \sim 0.1 \text{eV}^2$ の領域までしか感度がなかった。K2K実験では250kmという史上最大の基線長のため、 $3 \times 10^{-3} \text{eV}^2$ の領域まで探ることができる。もちろんこれほど離れてもニュートリノ反応が検出できるのは、巨大なスーパーカミオカンデという武器があるからである。

大気ニュートリノとは違い、加速器による振動実験では、ニュートリノの飛行距離が一意に決まる。ニュートリノ反応の総数は少ないため、 $\sin^2 2\theta$ については精度が出ないが、 m^2 については、大気ニュートリノより精度よく調べることが可能である。また純粋な μ ビームであるため、3世代混合による θ への振動も、もし起こっていれば検出がやりやすい。K2K実験ではおよそ3年間のビームタイムで、（振動が無い場合で）約300個の μ 荷電反応を検出し、ニュートリノのエネルギーを再構成することができる。もし μ 振動がおこっていれば、主に低エネルギー側の μ が減少し、我々は歪んだエネルギー分布を観測するはずである。

振動前の μ のフラックスを測定するために、KEK内のニュートリノ生成点から300m離れた場所に前置検出器が置かれている。前置検出器はファイングレインディテクターと、1 kt水チェレンコフ検出器からなっている。ファイングレインディテクターは、シンチレーティングファイバーを用いたトラッカーと水レイヤーのサンドイッチ構造になった

ターゲット部と、下流の鉛ガラスカロリメータ及びミュオン検出器からなり、ターゲット部でニュートリノ反応バーテックスを精度よく求め、荷電反応で出来たミュオンのエネルギーをミュオン検出器で測定する。ニュートリノ反応の起こった体積を数%の精度で求めることにより、準弾性反応事象を用いてニュートリノフラックスを精度よく測定することができる。また鉛ガラスを用いて成分を測定し、 μ 振動の検出に対し重要な情報を与える。図1にファイングレインディテクターでとらえられた典型的なニュートリノ反応のイベントディスプレイを載せる。

一方宇宙線研が担当している1 kt水チェレンコフ検出器は、直径、高さ約10mの水槽に680本の20インチ光電子増倍管をとりつけたスーパーカミオカンデのミニチュアである。スーパーカミオカンデと全く同じシステムを用いているので、ニュートリノ反応を直接比較し、水チェレンコフに起因するシステムティックスをおさえることができる。また、中性カレント ν 反応などの断面積を測定し、大気

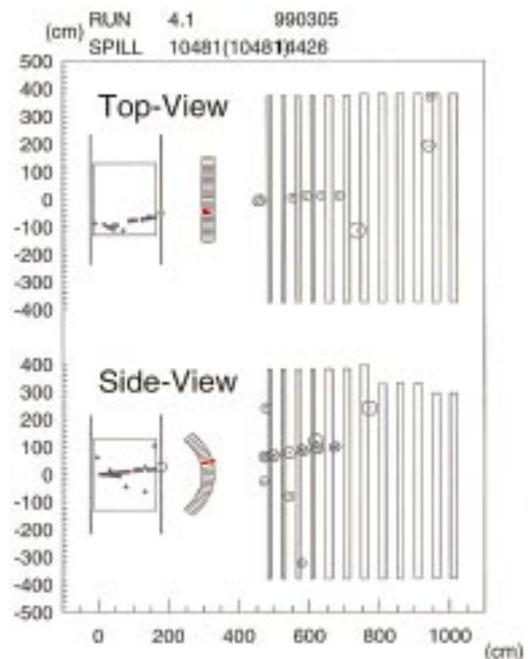


図1：ファイングレインディテクターで検出されたニュートリノ反応。ファイバー+水ターゲット部で荷電反応がおこり、ミュオンが鉛ガラスをつき抜けてミュオン検出器内でとまっている。

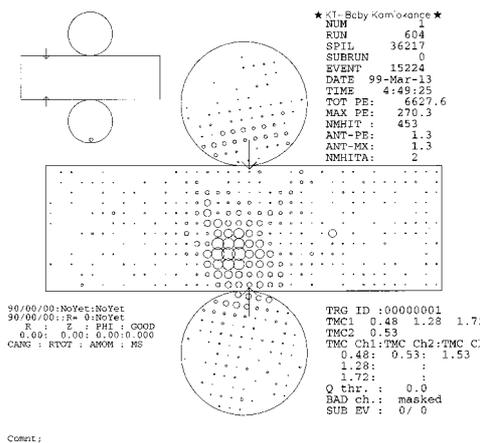


図2：1ktチェレンコフ装置で検出されたニュートリノ反応。2つのチェレンコフリングがはっきりとわかる。

ニュートリノのデータにおける中性カレント反応の測定結果のエラーを少なくするという役目もある。図2に1ktチェレンコフ装置でとらえられた典型的なニュートリノ反応のイベントディスプレイを載せる。

2. K2K実験がニュートリノビーム検出に成功!

3月から始めたビームラインの調整もほぼ終わり、6月から定常的に神岡に向けて打ち出されだしたKEKのニュートリノビームが、ついに明らかな

ニュートリノ反応の痕跡をスーパーカミオカンデに残したのは、6月19日の土曜日の晩、18時42分のことであった。スーパーカミオカンデではリアルタイムの解析体制が取られており、このイベントが起こってからわずか50分後には、その出現を告知する自動メールが届いていた。その後このイベントはくわしく吟味され、9日後正式な記者会見が行われた。

KEKのビーム時間とイベントとの同期はGPS（精度は100ns）を用いて行われているが、このイベントの発生時刻は、ビームのスーパーカミオカンデ到達予想時刻に対して約500ns後であり、一つのビームバンチの時間的長さ1μsのちょうど真ん中あたりで起こったことになる。そのディスプレイを図3に載せる。

イベントの起こった場所は内水槽の壁から2.4mの場所で（十字で記されている）黄色で記された二つのリングがニュートリノ反応で発生した粒子のチェレンコフリングであり、KEKからSKを見た方向（ピンクのダイヤモンドで記されている）の向きにほぼ向いている。赤色で記された下向きのリングは黄色のリングの起こった時刻よりさらに500ns後に起こっており、ミューオン崩壊からの電子である。

3. おわりに

今回はじめてニュートリノビームからの反応を捕

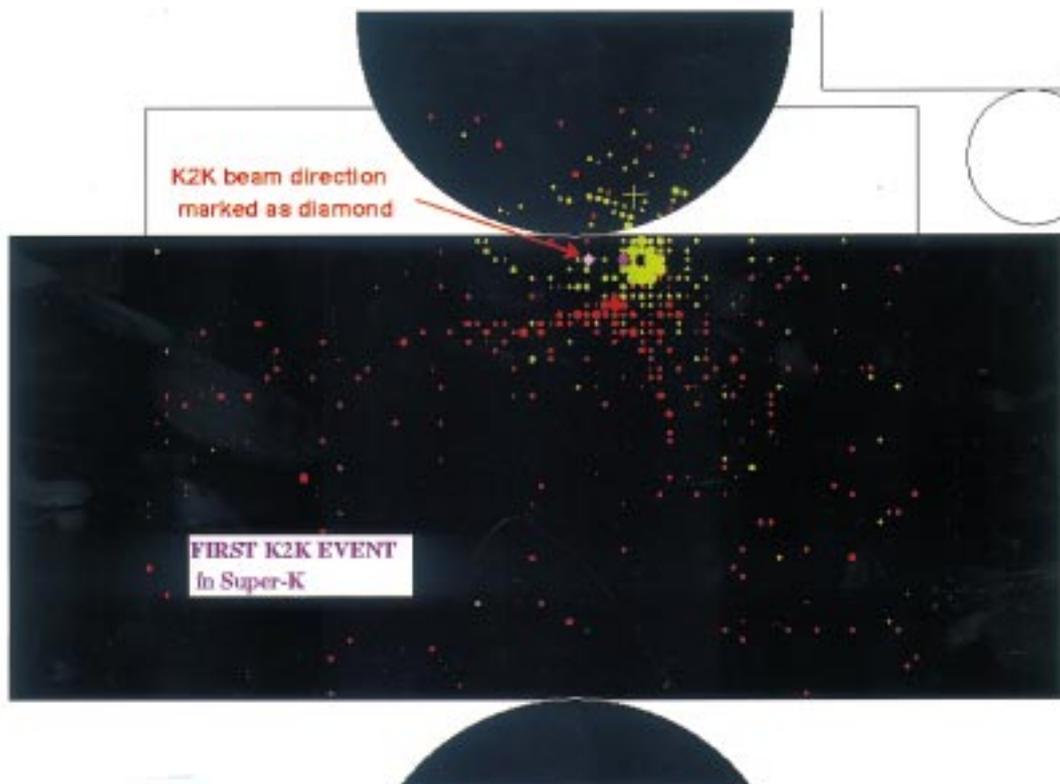


図3

らえたことで、K2K実験はついにスタート地点から1歩前進し、関係者もほっとひと息ついた。今回のビームタイムは6月末で終了し、次回は11月から再

開する予定である。さらにたくさんのイベントが（あまり多くないほうが望ましいが）が集まることを楽しみにしている。

共同利用研究紹介

気球による高エネルギー電子、ガンマ線観測

神奈川大学
鳥居 祥二

1. はじめに

高エネルギー電子の観測は、その重要性のゆえに1960年代以降から多くの観測が試みられてきたが、信頼に足るデータは少なく、統計的にもまだまだ十分とはいえないのが現状である。その原因は、電子自身のフラックスが少ないだけでなく、100倍を超える陽子雑音の中から電子の選別を正確に行うことが困難であることによる。つまり、電子の正確な観測には高性能でかつ大型の検出器による長期間にわたる観測が必要である。最近、大型装置を搭載して年単位の観測ができるスペースステーションを用いた観測の可能性が出てきたため、電子観測について国際的にも関心が高まってきている。

日本のグループは、長年にわたるエマルジョン・チェンバーを用いた電子観測の経験を有し、唯一TeV領域におよぶ高エネルギー領域での観測に成功している。そして、この分野では実験的にだけでなく、理論的にも世界をリードしてきている。しかし、エマルジョン・チェンバーには長期間の観測に利用することができないなどの欠点があるため、我々はそれにかわる新たな観測装置の開発を行った。そして、宇宙線研究所（エマルジョン部）の共同利用研究として、気球による高エネルギー電子、ガンマ線観測を実施している。

この報告では、電子観測について観測の意義、観測の方法、装置の概要、観測結果と今後の展望の順に解説する。ガンマ線観測については、本年に最初の気球観測を行う予定であるが、その準備として行った宇宙線研究所乗鞍観測所での大気ガンマ線の観測と、今後の計画について簡単に報告する。

2. 電子観測の意義

高エネルギー電子は、星間光子との逆コンプトン散乱と銀河磁場によるシンクロトロン放射という、純粋に電磁的な過程のみでエネルギーを失う。この

ため、複雑な核反応を経て生成される原子核成分と異なり、観測データが直接的に加速や伝播の様子を反映していると考えられる。これらの電磁的過程におけるエネルギー損失の割合は、いずれもエネルギーの2乗に比例する。したがって、電子はエネルギーが高くなるほど寿命が短くなり、ソースが近くなるという特徴がある。例えば1TeV以上のエネルギーの電子は約10万年以内に、約1kpc以内の距離にあるソースで加速されている必要がある。その結果、図1の計算結果に示されているように、数100GeV以上の領域ではむしろスペクトルは単純な巾型ではなく、個々のソースの影響を受けて複雑な構造を持つことが予測される。上のような条件をみたく

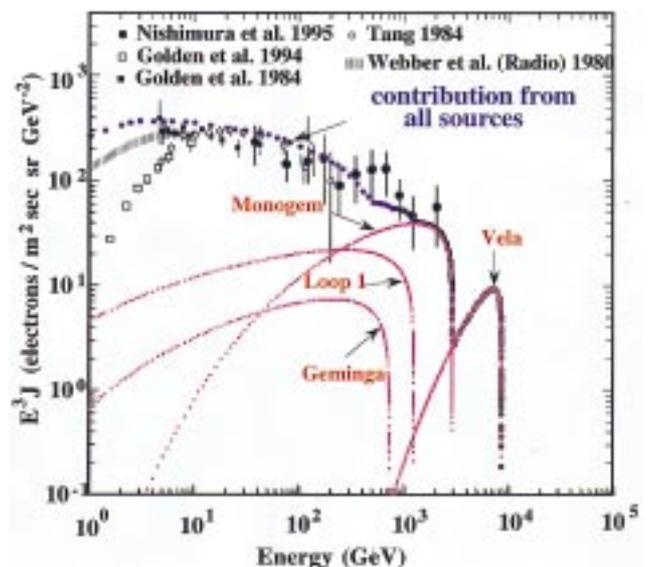


図1：電子が超新星で加速され拡散過程で銀河内を伝播するモデル（拡散モデル）によって計算されたエネルギースペクトルと、これまでの主な観測結果（1995年以前）の比較。図中Vela、Monogem、Loop 1、Gemingaとあるのは、それぞれの超新星からの寄与を示し、all sourcesはその他のソースからの寄与も足した計算結果である。10GeV以下のWebber et al.のデータは、太陽変動の寄与を受けない電波強度から計算されたスペクトルである。

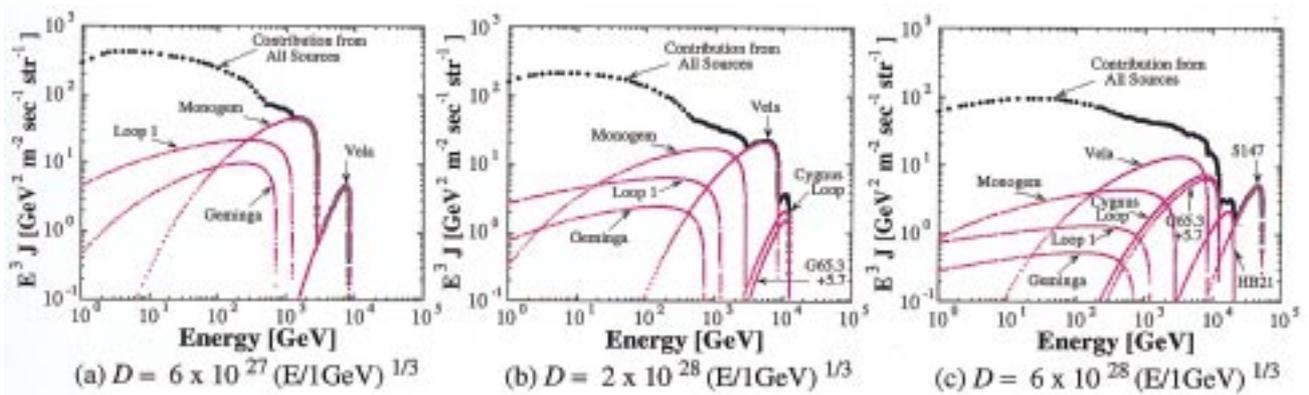


図2：拡散係数の値を変えた場合に予想される電子のエネルギースペクトルの計算結果。図中には、図1と同様に個々のソースの寄与と全体の値が分けて示されている。拡散係数の違いによって、高エネルギー側でのエネルギースペクトルのカットオフの様子が大きく変わることがわかる。

ソースの候補である超新星（残骸）は数が限られ、図に示されているVela、Monogem、Loop 1、Gemingaが主な電子のソースになると考えられる。

しかしながら、これまでの観測データからは、図からもわかるとおり、このような構造が果たして本当に存在するかどうかをまだ決めることはできない。この領域での十分な観測によってソースの同定を行い、その超新星爆発における宇宙線加速の詳細を明らかにすることが強く望まれている。数100GeV以上でのエネルギースペクトルの形は、電子の銀河内での拡散過程にも強く依存する。図2に、拡散係数によってエネルギースペクトルがどのように変化するか、各ソースからの寄与とともに示されている。このように、TeV領域のエネルギースペクトルの測定によって、ソースと銀河内の伝播について直接的な情報が得られる。

10GeVから100GeVのエネルギースペクトルは、電子の銀河内やソース近傍での閉じ込め時間によって変化する。したがって、その詳細な観測によりこれらの閉じ込めに関する情報（例えばソースでの平均的磁場や銀河のディスク構造）が得られる。フラックスの絶対値は、超新星爆発の頻度や空間分布、宇宙線の加速に必要なエネルギー量に依存する。例えば、図1では1個の超新星が放出する宇宙線電子成分（ $> 1 \text{ GeV}$ ）のエネルギー量は $1 \times 10^{48} \text{ erg}$ で、その出現確率が銀河内で30年に1回という仮定にもとずいて計算されている。この計算値と観測データがほぼ一致していることから、最近のASCAのX線観測とCANGAROOによるTeV線観測から得られた、SN1006における電子加速のエネルギーの推定値 10^{48} erg は、電子のフラックスから得られる平均的な超新星での値とほぼ一致していることがわかる。

10GeV以下の領域では、太陽変動の影響によって

地球近傍の電子のフラックスは、銀河系内の値よりかなり少なくなる。図1には、電波の拡散成分の強度から求められた（太陽変動によらない）電子のフラックスが示されている。この値は10GeV近辺での電子観測データとスムーズにつながっているが、これがほぼ銀河系内でのフラックスと考えられる。太陽変動は電荷による違いがあることが知られており、電子のフラックスを年毎に観測して、太陽変動による変化が正確に求めれば、陽子などの正電荷の粒子の変化との比較により、太陽変動のより詳細な機構が明らかになる。

3. 電子観測の方法

電子を陽子などから選別する装置としては、数GeVまでのエネルギーで有効なTOF測定器やチェレンコフ検出器、数100GeVまで有効な遷移放射検出器（TRD）がある。最近では、これらと強磁場（数テスラ）を発生できる超伝導磁石を併用して反陽子の観測と同時に陽電子、電子の観測が行われている。この場合には、電子と陽電子の区別が可能になるなど、観測の精度そのものは極めて優れている。しかし、欠点としては装置が大型化し重量の割に有効面積が減少することがあげられる。したがって、たとえ100GeV以上の電子を選別する能力があっても、気球で搭載可能な重量と観測期間の期限内では、このような電子の観測は難しいのが現状である。いずれにしても、これらの装置には、TeV領域の電子を観測することは原理的にできないという欠点がある。

このような現状を打破するために、我々はBETS（Balloon Borne Electron Telescope with Scintillating Fibers）と呼ばれる、気球に搭載が可能な飛跡検出型カロリメータの開発を行った。この装置は、カロリメータ内でのシャワー発達の形状を詳細に測

定することにより電子の選別を行うことを原理としている。このため、宇宙線が鉛中で起こすシャワーを直径が1mmのシンチレーション・ファイバーを用いて観測し、電子選別とエネルギー測定を同時に行う。このような原理による気球搭載用の電子観測装置は、世界でも初めてである。(磁石を用いないかぎり電子と陽電子の区別はできないが、陽電子は宇宙空間で二次的につくられるため、そのフラックスは電子の数%に過ぎないことがこれまでの観測で示されている。)

この装置は、気球観測の制限のもとで、1万本以上のファイバーからのシグナルを、地上でモニターしながら機上で記録するという性能を実現することによって電子観測に成功している。その結果、エマルジョン・チェンバーの長所である。重量の割に大きな有効面積を持つ点と、エレクトロニクスを用いた装置の長所である機上でのイベント選別と時間情報の取得が可能である点を、合わせ持つことに成功している。さらに、電子観測と同時に、GeV領域のガンマ線の観測にも優れた性能を持つことができるという特徴もある。

4 . BETS装置の概要

BETSのユニークな点は、カロリメータでエネルギーの測定を行うだけでなく、その高性能なイメージング機能により電子の選別が可能であることにある。そのため、BETSは、1) 飛跡検出型カロリメータ、2) 画像処理システム、3) トリガーシステム、4) データ取得システム、5) テレメトリー

装置から構成されている。気球のような飛翔体による観測では、観測中の装置の状態や観測データを地上でモニターし、場合によってはコマンドで装置の調整を行う必要があるため、テレメトリー機能を備えている。

BETSの概要を図3に示す。図の左側で模式的に拡大図を示した飛跡検出型カロリメータは、有効面積が28×28cmで、36層の幅28cmのシンチレーション・ファイバーのベルト(図の赤色の部分)と5mm厚の鉛板8枚から構成されている。ファイバーベルトは、シャワー発達初期段階を詳細に調べることが可能なように、その配置が工夫されている。また、原子核乾板を同時に用いることによって、必要ならファイバーの位置検出機能と電子選別の性能チェックも行えるように設計されている。イベントのトリガーは、3枚のプラスチック・シンチレータ(暑さ1cm)を各々の深さに図のように配置して、シャワーの発達に応じて各シンチレータに発生するシグナルの同期信号を用いて行われる。このトリガー条件は、シミュレーションによって、10GeV以上の電子シャワーを最も効率よく取得できるよう最適化されている。

シャワーのイメージ画像を得るためには、各ファイバー内で発生したシャワー粒子による微弱なシンチレーション光を約100万倍に増幅して、CCDカメラで撮像する。この光の増幅は、2段のマルチチャンネルプレート(MCP)を内蔵した、イメージ・インテンシファイヤーを用いて行われている。シャワーの形状を、3次的に再構成するため、ファイ

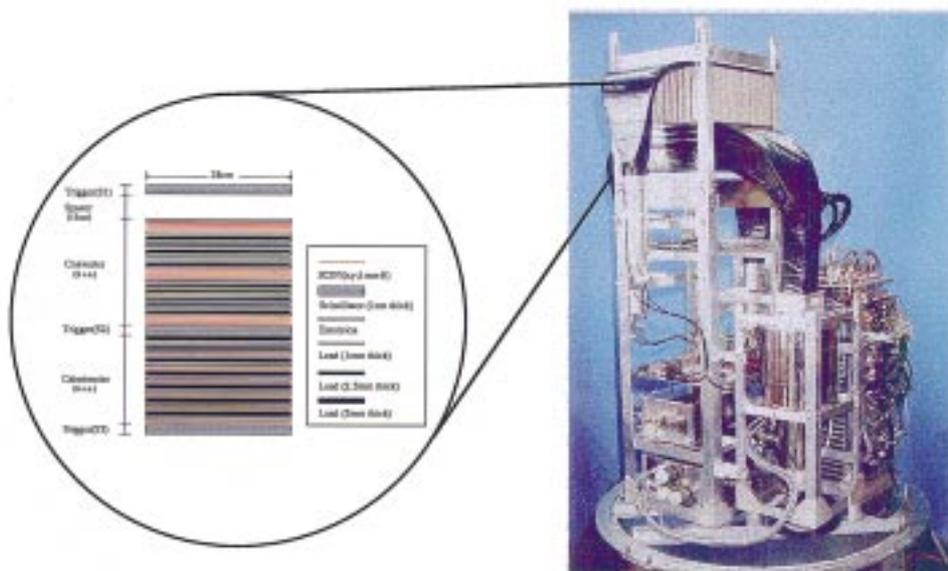


図3 : BETSの概要と検出器(カロリメータ)の構成をしめす模式図。装置全体は、直径1m、高さ1.7mの圧力容器に入る。

バーは各層にお互いに直角方向に設置されている（18層×2）。そして、各方向を各1台のイメージ・インテンシファイヤーで記録している。トリガーシグナルによって、2台のイメージ・インテンシファイヤーとCCDカメラが同時に作動し、画像処理ボードでデジタル化してイメージを記録する。電子シャワーの観測例のCCD画像と、それを測定器での幾何学配置に再構成した画像を図4に示す。装置内では幅が28cmのファイバーを、直径10cmのイメージ・インテンシファイヤーの入力窓に光学的に接続するため、幅7cmのベルト（4枚）に分割して束ねている（図4右側）。

このようなシャワー画像による電子選別は、電子と陽子のシャワーイメージの違いを用いて行うことができる。図5には、この性能を確認するために欧州共同原子核研究所（CERN）の陽子加速器（SPS）用いて行ったビームテストの様子を、電子

と陽子のシャワーの代表例とともに示す。この図からもわかるとおり、電子によるシャワーは中心にエネルギーが集中し、中心軸に対称的な単純な構造を持っている。一方、陽子によるシャワーは、原子核反応による二次粒子の発生のためシャワーの構造が複雑になっている。これらの加速器で得られたデータとシミュレーション計算の比較から、BETSでは同じエネルギーの陽子とくらべて電子の検出性能が3000倍高いことが確かめられている。

5. 電子の気球観測

BETSによる気球観測は、1993年に第1回の観測を行って以来昨年までにほぼ毎年、計5回の観測を行っている。宇宙科学研究所の三陸大気球観測所から気球を飛ばし、ほとんど大気の影響を受けない135 km以上の高度で観測が行われる。気球実験の様子を図6に紹介する。この図では、発泡スチロールで

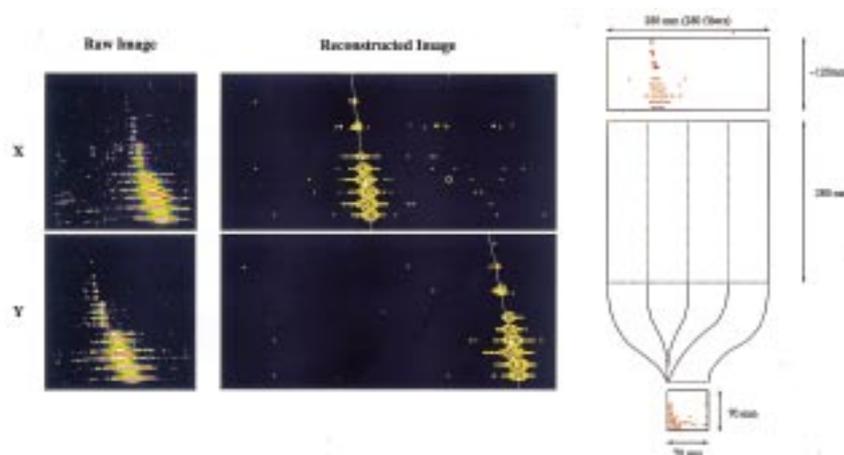


図4：気球実験で観測された電子シャワーのCCDイメージ（左）とその画像をもとに検出器での幾何学的配置に再構成されたイメージ（右）の例。CCDイメージでは各ピクセルの輝度が色で、再構成のイメージは各ファイバーからのシグナル強度（光子数）が円の大きさに示されている。同じイベントを、お互いに直角な方向（xおよびy）から見たイメージが上下に示されている。右側の図は、CCDイメージと再構成イメージの幾何学的対応関係を模式的に示している。

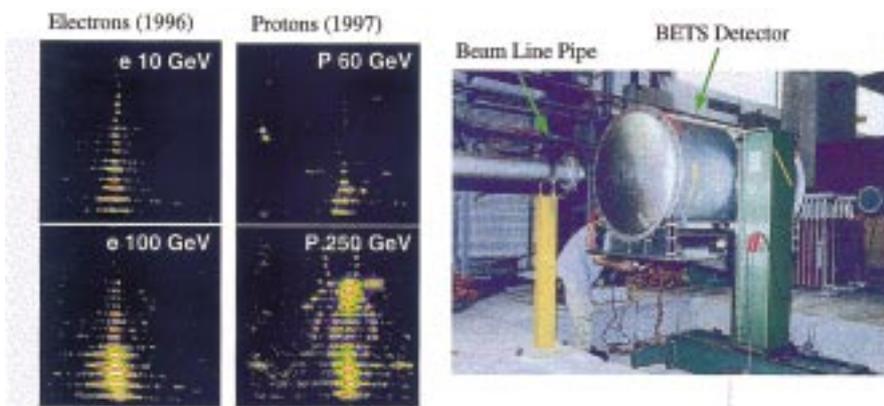


図5：CERNでのビームテストの様子と、各々のエネルギーをもつ電子、陽子のシャワーのCCDイメージの例。



図6：放球直前の外装を施されたBETSの様子。後ろにはヘリウムを充填中の気球が見える。

覆われた観測装置の向こうに、ガスをつめている最中の気球が見えている。装置は、通常は海上で回収されるため、装置には観測に必要な装備だけでなく、十分な防水対策や落下時の衝撃対策が必要である。

BETSはこれまでに観測の例がない新しい装置であったため、最初の段階では、観測しながら装置の特性をテストし、その結果をもとに装置の改良を行った。そして、CERNでの装置性能テストを経て、十分な性能を備えた装置（BETS 2）による観測を行うことに成功した。その観測データから得られた電子のエネルギースペクトルの結果を、これまでの観測データとともに図7に示す。この1997年と1998年の2回の観測で、10GeV以上で780例の電子候補イベントが得られている。観測時間が合計でまだ13時間程度のため、エネルギーは100GeV近辺までであるが、エレクトロニクスを用いた装置としては、最も高いエネルギー領域に達している。まだ統計精度が不十分で確定的ではないが、数10GeVの領域ではこれまでのデータに比べて約30%ほどフラックスの絶対値が少ない。この結果は、超伝導磁石とTRDを組み合わせた装置（HEAT）の最新の結果とは良く一致していて、これまでのデータが変更される可

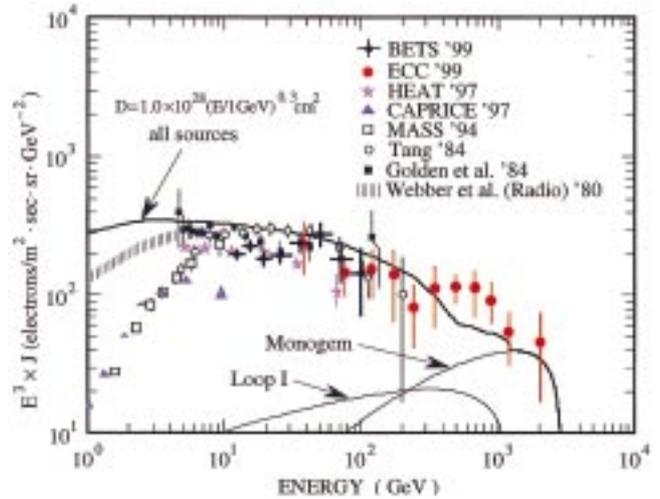


図7：我々の結果（BETS）を含む、これまでの電子のエネルギースペクトルの最新の観測結果。実線で示されている計算値については図1を参照。

能性が大きい。

6．大気ガンマ線の観測

BETSの電子選別の機能は、ガンマ線の選別にも極めて有効である。ガンマ線は電荷を持たないが、電子、陽電子の対に崩壊して電子によるシャワーと同じような構造のシャワーをつくる。したがって、電子と同じようにシャワーの形状の違いを用いて陽子からの選別が可能である。さらに、ガンマ線は電荷を持たないため、入射粒子の電荷の有無を調べるにより、ガンマ線であることが確認される。BETSでは、イメージング機能を用いて入射粒子の電荷の有無の確認がほぼ完全にできるので、ガンマ線の観測装置としても十分な機能を有しているといえる。

今年度の気球観測では、これまでの電子に加えて、ガンマ線も同時に観測できるようにトリガーシステムの改良を行っている。高度を変えながら大気中のガンマ線成分を観測して、そのフラックスの絶対値の高度変化を調べることを計画している。この観測結果から、神岡におけるニュートリノ実験の解釈に必要な、シミュレーション計算における大気ニュートリノフラックスのcalibrationが可能になることが期待できる。

その予備実験として、宇宙線研究所の乗鞍観測所において、昨年8、9月に約20日間にわたって大気ガンマ線の観測を行った。図8にガンマ線の観測例を示すが、電荷のない粒子（したがってファイバーが光らない）が入射して、電子と同じようなシャワーを起こしていることから、ガンマ線であると判

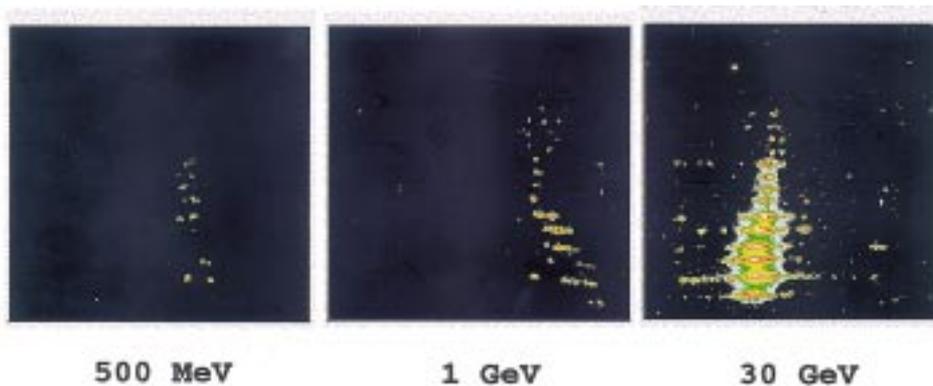


図8：乗鞍宇宙線観測所で観測された、大気ガンマ線によるシャワーのCCDイメージの例と、そのおおよそのエネルギー値。入射粒子が電荷を持たないことと、シャワーの形状からガンマ線と判定される。

定できる。ガンマ線に関する装置の詳しい性能については省略するが、スペースでのガンマ線観測にも十分に利用が可能であると考えている。

7. 将来の展望

電子観測における観測時間を飛躍的に増大させ、数100GeVの領域まで十分な統計精度の観測を行うために、南極における周回気球による観測を計画している。この観測は、宇宙科学研究所と国立極地研究所との共同で実施が検討されているもので、約30日間の観測が可能である。観測装置の規模は、重量の制限から現在のBETSを上回ることはできないが、観測量は現在の50倍近くに増える。

さらに、電子加速の直接的検証のために最も重要なTeV領域での観測を完全に行うために、さきにも述べたスペースステーションにおける観測計画を検

討している。この計画では、日本が建設するJapanese Experiment Module (JEM) の暴露部に装置を約3年間にわたって設置し、1 TeV以上の電子を約1000例観測することを目指している。この結果、観測の意義で述べたように、電子の加速機構と銀河内伝播について明確な結論が得られることをはじめ、多くの宇宙線に関する重要な成果が得られることが期待できる。ガンマ線については、電子加速と関係の深い銀河面からの拡散成分、パルサーや銀河系外の活動銀河核 (AGN) などの点源、ガンマ線バーストなどの観測を、100GeV領域まで行うことができると考えている。

この報告を終わるにあたって、ここで紹介した研究はBETSメンバー全員の成果であることを申し添えておきます。

宇宙ニュートリノ観測情報融合センター発足

梶田 隆 章

標記のセンターが本年4月から宇宙線研究所に発足しました。このセンターは、いろいろな宇宙ニュートリノの観測データからニュートリノの研究と関連する研究を行うことを目的としています。御存じのように宇宙線研究所にはスーパーカミオカンデが稼動しており、いろいろと重要なデータを提供しています。我々は、スーパーカミオカンデとも協力してニュートリノの研究をすると共に、例えば

ニュートリノ関連の研究者がニュートリノに関する情報をできるだけ共有できるように研究会その他を積極的に開催したいとも考えています。

まだ発足したばかりで、どのようにこのセンターの仕事の方向付けをすれば最もニュートリノ研究にとって、あるいは宇宙線研究所にとって最適なのかなど、試行錯誤の状態ですが、頑張っていきますので御支援よろしく申し上げます。

新人紹介



大橋 正健 (助教授、重力波グループ)

車海老が好きです。
コーヒーが好きです。
蒸気機関車が好きです。
千鳥が淵の桜が好きです。
高橋真梨子の歌が好きです。

ヨーヨーマの演奏が好きです。
クローズアップ現代が好きです。
最近では中田英寿に注目しています。
セクハラしないように気をつけます。
重力波グループに属しています。
宜しく御願います。



森山 茂栄 (助手、神岡宇宙素粒子研究施設)

4月から神岡の助手になりました森山です。これまで太陽アクシオンや宇宙暗黒物質の探索実験を行ってきました。素粒子実験ですがいずれも宇宙線でした。これからの宇宙線研究に出来る限りの寄与を行いたいと考えております。

4月から神岡の助手になりました森山です。これまで太陽アクシオンや宇宙暗黒物質の探索実験を行ってきました。素粒子実験ですがいずれも宇宙線でした。これからの宇宙線研究に出来る限りの寄与を行いたいと考えております。



片寄 祐作 (COE研究員、エマルション部)

2年前から研究所研究員としてエマルション部に所属していました。4月からCOE研究員に新たに採用され、もう暫く宇宙線研究所にお世話になることになりました。

宇宙線研に来てからは、チベットの空気シャワーアレイによるガンマ線源の観測実験やチベットでの太陽中性子の観測による宇宙線の加速機構の研究を行っています。特に太陽中性子観測では計画段階から実験に参加することができ、観測装置の開発や設計、機材等の見積もり、発注、現地での建設など実験からそれに必要な事務処理や雑務まで今まで未経験だった多くのことを学んでいます。忙しい毎日ですが充実した研究生活を送れ、また漢民族やチベット人との交流、チベット羊八井

高原での厳しい食生活など、研究以外でも貴重な経験を得られました。今回の太陽活動期に運よくチベットでの大きなフレアが起こるかどうかわかりませんが、観測をより確実にするため今後、装置の改良や性能評価のためのシミュレーションやデータ解析をしていくつもりです。また今年の秋には、チベット空気シャワーアレイの拡張作業もあり、やらなければいけない仕事は多いですが、やりがいのある事なので楽しみながら頑張るつもりです。これからもよろしくお願います。



佐藤 修一 (COE研究員、重力波グループ)

宇宙線研究所重力波グループで初めてのレーザー干渉計を立ち上げる仕事を仰せつかって着任しました。国立天文台三鷹で20m干渉計を使

った光学デザインの研究を行い学位を取った後に、この干渉計を神岡に移転して重力波観測を行う計画(LISM)がスタートしました。都会の喧騒から離れて、心静かに重力波天文学の扉を叩きたいと思



奥村 公宏 (研究所研究員、空気シャワー部)

この4月から、研究所研究員として空気シャワー部に来ました奥村です。

今までも神岡実験推進部に

おりましたので、宇宙線研究所には引き続きお世話になることとなります。

大学院ではカミオカンデ及びスーパーカミオカンデとわたって、大気ニュートリノの研究に携わっておりました。その間、スーパーカミオカンデ検出器の建設、そしてニュートリノ質量の発見と、貴重な経験をさせていただきました。

空気シャワー部ではCANGAROO実験に従事し、高エネルギー天体からの線の研究をする予定です。今、新しい口径7mのチェレンコフ望遠鏡が動き出しつつあり、また望遠鏡4台のステレオ観測によるCANGAROO計画と、いろいろ面白い研究がで

きればと思っています。今までとは違う分野ということもあり、御迷惑をおかけすることもあると思いますが、どうかよろしくお願いします。



篠野 雅彦 (研究所研究員、空気シャワー部)

はじめまして。篠野雅彦(ささのまさひこ)と申します。この春に大阪市立大学を出て、宇宙線研にやってきました。今はテレスコープアレイ

グループで大気モニターをやっており、なれない手つきでレーザーなどを触っています。

最近、体脂肪率が20%を突破していることが発覚し、大あわてでダイエット計画を立てたり、今年はプールは掃除しないのかななどと考えたりしています。よろしくお願ひ致します。



塩見 昌司 (研究所研究員、エマルション部)

4月からエマルション部の研究員になりました。宇宙線研にはチベット実験の共同実験者として埼玉大学院生のころから田無市民となって毎日

通い、4年間居候生活してました。チベット実験は今年さらに拡張し、これまで以上の成果が短期間に出来る事が期待されます。私自身まだまだ力不足ですが、我々にしか出来ない研究成果を出すべくがんばるつもりです。どうぞよろしくお願いします。



歳藤 利行 (協力研究員、神岡実験推進部)

はじめまして。4月から神岡に常駐して、大気ニュートリノの解析をやることになりました。愛知県出身で、これまでは名古屋大学でCHO-

RUS実験のエマルション解析をやっていました。研究はもちろんですが、山に囲まれた環境での生活も大いに楽しみたいと思っています。よろしくお願いします。



福島 正己 (教授、空気シャワー部)

高工機構のBファクトリー実験でガンマー線測定用の43トン結晶カロリメーターを作っていましたが、宇宙線研では1兆トンの空気カロリメーター(テレスコープアレイ計画)に挑戦します。ビッグバンのも迫る、夢に溢れた実験です。皆さんと協力して素晴らしい検出器を作って行きたいと思ひますので、よろしくお願ひします。

ICRR Seminar 1998年度

*11月13日(金) 山本 博章 (CALTECH)
“LIGOの現状と干渉計シミュレーション”

*11月24日(火) Bruce Peterson (The Australian National University)
“Determining the Cosmological Parameters Using Supernova and Galaxy Number Counts”

*12月17日(木) 栗木 雅夫 (高エネルギー加速器研究機構)
“Search for the Rare decay $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$ ”

*12月18日(金) 森山 茂栄 (東京大学理学部)
“ ^{57}Fe を用いた太陽アクシオン探索実験”

1999年1月29日(金) 松本 重貴 (東北大学理学部)
“Relic Abundance due to Cosmic Pair Annihilation”

2月8日(月) Per Carlson (Physics Department, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)
“The CAPRICE Balloon Experiments”

*2月24日(火) 成田 晋也 (東北大学ニュートリノ科学研究センター)
“BELLE KLM検出器Resistive Plate Counter”

3月17日(水) H. Rebel (Kernphysik Forschungszentrum Karlsruhe, Germany)
“What do We Learn about Hadronic Interactions at Ultrahigh Energies from Extensive Air Shower

Observations?”

3月17日(水) I.M. Brancus (Inst. Phys. Bucharest, Romania)

“Time Structure of the Eas Muon Component Measured in Cascade Experiment”

* 3月23日(火) 歳藤 利行(名古屋大学理学部)
“Recent Results from CHORUS”

* 神岡研究施設におけるセミナー

ICRR Seminar 1999年度

* 4月19日(月) Ryoichi Seki(カリフォルニア工科大学)

“Effective Field Theory and Lattice Formulation in Nuclear Physics”

* 4月23日(金) 森山 茂栄(東京大学宇宙線研究所)

“Experimental search for solar axion”

4月27日(火) 井上 進(東京大学宇宙線研究所)

“Radiative Acceleration of Relativistic Jets in AGNs”

* 5月13日(木) Yoshiyuki Takahashi (University of Alabama)

“Possible neutrino astrophysics research with the Orbiting Wide angle Light collector (OWL) satellite”

5月18日(火) 山中 卓(大阪大学理学部)

“New results on CP violation from Fermilab KTeV experiment”

* 6月2日(水) Francois Vannucci (Paris 7 University)

“Exotic Neutrino Physics and the Super Kamiokande Results”

6月8日(火) 岡田 安弘(高エネルギー加速器研究機構、素粒子原子核研究所)

“Lepton Flavor Violation with Polarized Muons”

6月29日(火) 小暮 兼三(東京大学宇宙線研究所)

“標準理論の電弱相転移のend point”

* 神岡研究施設におけるセミナー

ICRR Report 1998年度

ICRR Report 438 98 34 (November 1998)

“Cosmological Moduli Problem in Gauge mediated Supersymmetry Breaking Theories”

T. Asaka, J. Hashiba, M. Kawasaki and T. Yanagida

ICRR Report 439 98 35 (December 1998)

“Superalgebras in Many Types of M Brane Backgrounds and Various Supersymmetric Brane Configurations”

Takeshi Sato

ICRR Report 440 98 36 (December 1998)

“Measurement of the flux and zenith angle distribution of upward throughgoing muons by Super Kamiokande”

The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 441 98 37 (December 1998)

“Constraints on neutrino oscillation parameters from the measurement of day night solar neutrino fluxes at Super Kamiokande”

The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 442 98 38 (December 1998)

“Measurement of the solar Neutrino Energy Spectrum Using Neutron Electron Scattering”

The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 443 99 1 (January 1999)

“Observation of the east west anisotropy of the atmospheric neutrino flux”

The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 444 99 2 (February 1999)

“Measurement of mechanical Q factors of a cryogenic sapphire test mass for laser interferometric gravitational wave detectors”

T. Uchiyama, T. Tomaru, M.E. Tobar, D. Tatsumi, S. Miyoki, K. Kuroda, T. Suzuki, N. Sato, T. Haruyama, A. Yamamoto, T. Shintomi

ICRR Report 445 99 3 (December 1998)
“Nonlocally Correlated Disorder and Delocalization
in One Dimension”
Masaomi Kimura

ICRR Report 446 99 4 (December 1998)
“Superalgebras in Many Kinds of Brane Back-
grounds and Various Supersymmetric Brane Config-
urations”
Takeshi Sato

ICRR Report 447 99 5 (January 1999)
“Measurement of the solar neutrino energy spec-
trum at Super Kamiokande”
Hirokazu Ishino

ICRR Report 448 99 6 (February 1999)
“CP odd WWZ couplings induced by vector like
quarks”
Eri Asakawa, Miho Marui, Noriyuki Oshimo, To-
momi Saito, and Akio Sugamoto

ICRR Report 449 99 7 (March 1999)
“Measurement of radon concentrations at Super
Kamiokande”
The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 450 99 8 (March 1999)
“Observation of Atmospheric Neutrinos in Super
Kamiokande and a Neutrino Oscillation Analysis”
Kimihiro Okumura

ICRR Report 451 99 9 (March 1999)
“CP asymmetry for radiative meson decay in

the supersymmetric standard model”
Mayumi Aoki, Gi Chol Cho, and Noriyuki
Oshimo

ICRR Report 452 99 10 (March 1999)
“Localized and Extended States in One Dimen-
sional Disordered System: Random Mass Dirac
Fermions”
Koujin Takeda, Toyohiro Tsurumaru, Ikuo Ichinose
and Masaomi Kimura

ICRR報告 119 99 1 (1999年1月)
「 $10^{14} \sim 10^{16}$ eV領域のハドロン相互作用」研究会
(1998年3月22日) 報告

ICRR報告 120 99 2 (1999年2月)
「超冷中性子と宇宙物理」研究会 (1996年9月6
日) 報告
世話人 川崎 雅裕、戎 健男

ICRR Report 1999年度

ICRR Report 453 99 11 (February 23, 1999)
“Search for proton decay through $P \rightarrow \bar{\nu} K^+$ in a
large water Cherenkov detector”
The Super Kamiokande Collaboration

ICRR Report 454 99 12 (June 1999)
“Contribution to 26th ICRC (Utah, USA, 17 25
August, 1999) from Chacaltaya Cosmic Ray Collabo-
ration
Contribution to 1st Arctic Workshop on cosmic
Ray Muons (Sodankyl, Finland, 24 29 April, 1999)”
Edited by A. Ohsawa

平成11年度宇宙線研究所共同利用、共同研究一覧

	研究代表者	所属機関	課題名
μ部	三代木 伸二 米田 仁 黒田 和 神田 展 佐々木 行 田 節	宇宙線研 電通大レーザー 宇宙線研 宮城教育大 阪大大学院理	低温レーザー干渉計重力波アンテナ用低温鏡の熱雑音の測定 高出力レーザーを用いた低温鏡用サファイヤ材料の分光学的研究 km scale重力波レーザー干渉計の設計・開発() 共鳴型重力波アンテナの連続運転() 重力波検出器からのデータ解析
空気シャワー部	林 嘉夫 井上 直也 森谷 正樹 松原 豊司 西郡 恭司 吉原 龍生 内橋 忠生 手川 統勝 手嶋 政三 手嶋 政真 J. W. Cronin 千川 幸道 石川 文正 小田 義明 新井 康夫 本井 健 佐々木 史博	大阪市大理 埼玉大理 宇宙線研 東工大理工 名大STE研 東海大理 山形大理 茨城大理 山梨学院大 国立天文台 山梨大教育 宇宙線研 大阪市大理 宇宙線研 宇宙線研 シカゴ大 近畿大 宇宙線研 KEK 長崎総合大 KEK 山梨大工 東工大理工 明星大理工	比例計数管による太陽フレア粒子、バースト、一次宇宙線のモジュレーションの観測のFeasibility Study 超大空気シャワーに伴う空気シンチレーション光シミュレーションの研究 カンガルー7m望遠鏡による南天ガンマ線天体の観測 7mチェレンコフ望遠鏡による銀河内ガンマ線天体のスペクトル観測 CCDカメラによる7mガンマ線望遠鏡の較正 7mチェレンコフガンマ線望遠鏡による活動銀河核の探索 広視野高エネルギーガンマ線望遠鏡の基礎研究 超新星残骸からの超高エネルギーガンマ線観測の理論的解釈 バルサー星雲からの超高エネルギーガンマ線放射の理論的解釈 銀河面からの超高エネルギーガンマ線の探索 蛍光検出器用、温度補償機能付き高直線性高精度前置増幅回路の開発研究 最高エネルギー領域宇宙線の研究 (AGASA Project) レッドパーガー検出器による超大空気シャワーの観測 宇宙線望遠鏡計画R&D (サイト調査、CB会議) ユタ7素子望遠鏡による超高エネルギー宇宙物理 テレスコープアレイ計画開発研究、オンライン総合観測試験 Performance of Water Cherenkov Tanks for the Pierre Auger Observatories 宇宙線望遠鏡計画R&D (大気モニター) 高コスト効率、高圧電源供給、監視、制御システムの開発研究 大気蛍光検出器のオンライン制御読み出し系較正法の開発研究 明野観測所における電荷積分集積回路の宇宙線実験への応用研究 宇宙線望遠鏡用高速ADC・DSPモジュールの開発研究 宇宙線望遠鏡計画トリガー用DSPソフトウェアの開発 宇宙線望遠鏡 (TA) 実験で用いる光電子増倍管 (PMT) 選定に関わるPMT特性の測定 10 ¹⁶ eV以上の空気シャワー観測
エマルション部	湯柴 田利 仲 田和 鳥宗 居祥 村安 像一 藤原 木二 折野 志津 大盛 彦 鈴木 治 鈴木 晴 丸田 隆 大澤 款 田 美 澤 昭	宇宙線研 青山学院大 岐阜大教育 神奈川大工 信州大理 名大STE研 愛知淑徳大文 名大STE研 東大理 高知大理 国立天文台 静岡大理 東邦大理 宇宙線研	TIBET AS EXPERIMENT チベット高原での高エネルギー宇宙線の研究 日露共同気球実験による一次宇宙線の観測 ハイブリッドエマルション法によるダブルハイパー核研究のための現象実験 気球による高エネルギー電子、ガンマ線観測 Siderial daily variation of 10~TeV galactic cosmic intensity observed by the Tibet air shower array 新方式による太陽太陽中性子の観測 乗鞍岳における空気シャワーの連続観測およびミュオン強度の高精度測定 乗鞍岳に於けるミュオン-オンの精密観測 乗鞍観測所に於ける超伝導スペクトロメーターを用いた宇宙線観測実験 乗鞍山上での大広域空気シャワーの観測 太陽フレアと高エネルギー粒子加速 宇宙線起源の放射性短寿命核種をトレーサー的実験研究 高山植生の生理生態機能の環境形成作用 研究会「10 ¹⁵ ~10 ¹⁷ eV領域のハドロン相互作用」
一次線部	櫻井 敬久 福孝 久昭 福孝 昭久 小田 久雄 大田 英雄 斎藤 英雄 野齋 謙一 藤上 威	山形大理 山形大理 立正大地球環境 立正大地球環境 金沢大理 東京水産大 京大理 宇宙線研 宇宙線研 獨協医科大 宇宙線研	⁷ Be、 ²² Naなどによる宇宙線強度時間変化の検出 2500年前の古木年輪の放射性炭素測定による古代宇宙線強度変動の研究 少量南極隕石の ²⁶ Al放射能測定 微小宇宙物質の高感度元素定量法の確立 地下空間を利用した極低バックグラウンド放射能測定 地下実験室ラドン濃度の連続測定 地質境界層における宇宙物質濃度の探査 宇宙放射線と光学異性体片手構造の起源 宇宙線エネルギー及び電子・陽子弁別測定器の開発 (新規) 宇宙物質研究会 宇宙放射線と化学進化・生命の起源 (第4回)
神岡実験推進部	鈴木 洋一 中井 雅行 井藤 雄 梶原 隆 伊藤 好章 渡辺 靖志 長島 清 三浦 真 福田 善 竹内 康 塩川 真 小澤 雄 鈴野 真 鈴野 真 西川 一郎 西川 一郎 箕輪 正 大井 邦 田 茂	宇宙線研 宇宙線研 東北大理 宇宙線研 宇宙線研 東工大理工 阪大理 宇宙線研 宇宙線研 宇宙線研 宇宙線研 宇宙線研 宇宙線研 信州大理 京大理 東大理 宇宙線研 東北大理 岐阜大教育	太陽ニュートリノ流量の研究 太陽ニュートリノエネルギースペクトルの研究 太陽ニュートリノ流量の日夜変化の研究 大気ニュートリノフラックスとニュートリノ振動の研究 大気ニュートリノ中の2成分 (e型、μ型) 同定の研究 ニュートリノ振動の詳細研究 スーパー神岡実験における上向きstop μ事例の研究 大気ニュートリノのシミュレーション計算の研究 過去の超新星由来ニュートリノの研究 超新星爆発モニターの研究 e+ 崩壊モードの研究 陽子崩壊 p - K+の研究 カドリウムを用いたpp太陽ニュートリノ実験の基礎研究 Sidereal daily variation of ~10TeV galactic cosmic ray intensity observed by Supe Kamiokande 長基線ニュートリノの振動実験 ポロメータによる暗黒物質の探索 MACHOブラックホールを重力波で観測する 低エネルギーニュートリノ観測用地下低放射線環境構築のための開発研究 岐阜県における地下予知に関わる地下水中のラドン濃度連続観測
海外特別事業	木吉 舟 本井 田 大澤 昭	宇宙線研 愛媛大理 山梨大工 宇宙線研	超高エネルギーガンマ線のオーストラリアにおける観測 ポリヴィア空気シャワー共同実験 (BASJE) チャカルタヤ山における国際共同空気シャワー実験 チャカルタヤ山宇宙線共同実験

人事異動

(平成11年7月1日現在)

発令日	氏名	異動内容	現(旧)官職
平10.12.16	井上 邦雄	東北大学大学院理学研究科助教授(昇任)	助手(神岡宇宙素粒子研究施設)
平11.3.1	大橋 正健	助教授(昇任)(ミュー・ニュー)	国立天文台助手
平11.3.31	大橋 陽三	停年退職	助教授(ミュー・ニュー)
平11.3.31	浅賀 岳彦	任用期間終了	COE研究員(理論)
平11.3.31	片寄 祐作	任用期間終了	研究所研究員(エマルジョン)
平11.3.31	大林 由尚	任用期間終了	研究所研究員(神岡宇宙素粒子研究施設)
平11.4.1	梶田 隆章	附属ニュートリノ観測情報融合センター長(併任)	
平11.4.1	櫻井 敬久	客員部門(神岡宇宙素粒子研究施設助教授)(併任)	山形大学理学部教授
平11.4.1	神田 展行	客員部門(神岡宇宙素粒子研究施設助教授)(併任)	宮城教育大学教育学部助教授
平11.4.1	福島 正己	宇宙線研究所助教授(空気シャワー)(併任)	高エネルギー加速器研究機構助教授
平11.4.1	森山 茂栄	宇宙線研究所助手(神岡宇宙素粒子研究施設)(採用)	
平11.4.1	片寄 祐作	COE研究員(採用)(エマルジョン)	
平11.4.1	佐藤 修一	COE研究員(採用)(ミュー・ニュー)	
平11.4.1	大林 由尚	COE研究員(採用)(神岡宇宙素粒子研究施設)	
平11.4.1	佐藤 健	COE研究員(採用)(理論)	
平11.4.1	篠野 雅彦	研究所研究員(採用)(空気シャワー)	
平11.4.1	塩見 昌司	研究所研究員(採用)(エマルジョン)	
平11.4.1	奥村 公宏	研究所研究員(採用)(空気シャワー)	
平11.4.1	村田 和男	医科学研究所管理課施設第二掛長(配置換)	宇宙線研究所施設掛長
平11.4.1	木村 保	大学院理学系研究科用度掛主任(昇任)	宇宙線研究所共同利用掛員
平11.4.1	大野 善啓	低温センター業務掛(配置換)	宇宙線研究所技官(空気シャワー)
平11.4.1	松山 宏行	宇宙線研究所施設掛長(配置換)	医科学研究所管理課施設第二掛長
平11.4.1	高山 賢洋	宇宙線研究所共同利用掛員(転任)	鶴岡工業高等専門学校庶務課庶務係
平11.4.16	川崎 雅裕	大学院理学系研究科附属ピックバン宇宙国際研究センター教授(昇任)	宇宙線研究所助教授(理論)
平11.5.1	南方 久和	客員部門教授(非常勤講師)(宇宙ニュートリノ観測情報融合センター)	東京都立大学大学院理学研究科教授
平11.5.1	井上 直也	客員部門助教授(宇宙ニュートリノ観測情報融合センター)(併任)	埼玉大学理学部助教授
平11.6.1	福島 正己	宇宙線研究所教授(空気シャワー)(昇任)	高エネルギー加速器研究機構助教授

No.38

1999年9月1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