

研究計画

DUMAND

—ハワイ沖深海におけるニュートリノ望遠鏡建設計画—

大橋 陽三

日・米・西独・スイスの4ヶ国から研究者が参加してDUMAND II計画(図1)を実施する為の準備作業を行っている。DUMANDはDeep Underwater Muon And Neutrino Detectorの略称である。この計画は、深い海の底に大型の宇宙線観測装置を設置して、宇宙線中のミュオン及びニュートリノを観測することを目的にしているが、中でも宇宙起源の超高エネルギー・ニュートリノを検出することが主目標である。つまり、ニュートリノ望遠鏡を作って天体をながめて見ようという訳である。日本で観測された大気圏外のニュートリノとしては神岡地下実験による超新星1987Aや太陽からのニュートリノが有名であり、スーパー神岡地下実験計画に期待が寄せられている。DUMAND計画ではこれらの現象より100万倍程エネルギーの高いニュートリノを放出する天体の観測を目指す。

ニュートリノは電荷を持たず、また周囲の物質とは弱い相互作用しかしない。ある天体で作られた

ニュートリノは宇宙空間に存在する磁場によって曲げられたり、また途中の物質によって遮られることなく地球までまっすぐに飛んで来る。従って、ニュートリノは天体を観測する良き探針になり得る。従来の天体観測は電波・光・X線といった電磁波

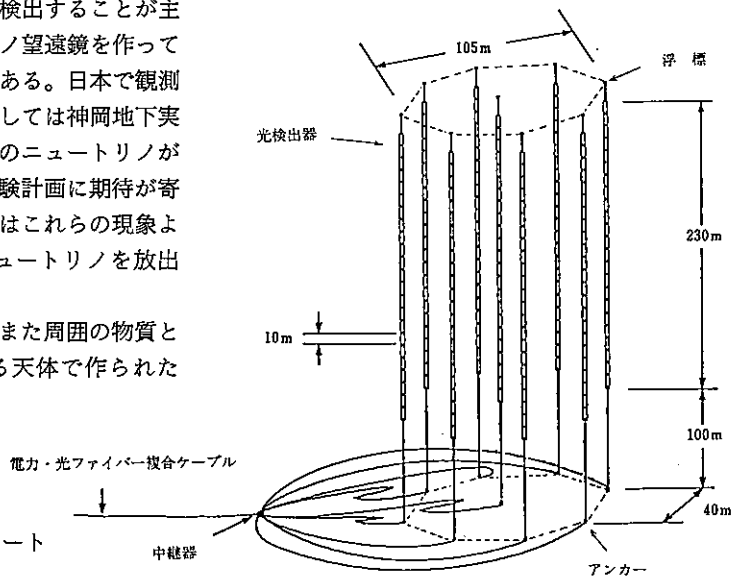


図1 第二期計画で建設するニュートリノ望遠鏡(DUMAND II)

によって行われている。これらの測定手段は電子が主役を果たす天体現象を観測している。他方、ニュートリノ望遠鏡は陽子が主役の現象を観測することにより、天体観測に新しい窓を開こうとしている。宇宙線はエネルギーが 10^{20} eVを越えるものまで観測されている世の中で最もエネルギーが高い素粒子または原子核であるが、これらの宇宙線が宇宙のどこで、又どのような機構によって加速されているのかまだ解明されていない。超高エネルギー宇宙ニュートリノの観測はこれら宇宙線のルーツ探しに役立つものと考えられる。又、銀河中心のような密度が高い領域での情報の担い手はニュートリノが唯一のものであり、高エネルギー天体現象に関する新しい知見が得られるものと期待される。

宇宙起源の超高エネルギー・ニュートリノを検出するには非常に大きな観測装置が必要である。そこで深い海の多量の水を利用することを考えている(図2)。ニュートリノは極まれに海水や周囲の岩石中の物質と相互作用して二次粒子を発生させる。電荷を持った二次粒子はチェレンコフ光を放射しながら海水中を走るの、この光を捕えることによりニュートリノを検出することが出来る。ここでは二

次粒子としてミュオンを発生させるミュオン・ニュートリノを検出対象としている。ミュオンは強い相互作用をしないし、また電子より約200倍も重いので海水中での吸収が少ないからである。ニュートリノはエネルギーが高いほど相互作用によってミュオンを発生する確率が高くなり、又発生したミュオンによるニュートリノの到来方向の決定精度は良くなる。逆に、エネルギーが高くなると天体で発生するニュートリノの流量が少なくなる。観測装置のパラメータは対象とするニュートリノのエネルギー領域に適した値を選ぶことになる。

宇宙の彼方から地球に到来した宇宙線は大気頂上で空気中の原子核と衝突して沢山の二次粒子を発生させる。その結果、地表には多数の宇宙線粒子が降ってきて、宇宙起源のニュートリノを検出する上でノイズになり妨げとなる。そこでニュートリノ望遠鏡は深い海の底に設置する。深海は太陽光も届かないので、微弱なチェレンコフ光を検出するにも都合の良い場所である。望遠鏡はハワイ島にあるケアホレ岬の沖あい35km・水深4,800mの地点に設置する予定である。岬の近くにはハワイ州立の自然エネルギー研究所があり諸施設が利用できること、この陸上の基地から比較的近い距離で適度な水深が得られること、又緯度が低い為(北緯20度)ニュートリノ望遠鏡としての視野が広く取れること、その他海水の透明度、温暖な気候・交通の便などを考慮してこの地点を選んだ。ハワイ島には天文銀座と呼ばれるマウナケア山がある。

深海に大型の宇宙線観測装置を建設するには周的な準備研究が必要である。まず、深海環境が目的に適している場所であるか良く調べなければならない。同時に深海環境で使用できる測定機器の開発、作業をする上での技術的な検討が必要である。これらの準備研究は主として日米の共同作業によって行われた。その結果、観測装置を設置する候補地点は600m以上の堆積層で平坦な海盆になっており、深海水の透明度は非常に良く(波長380~460nmの光に対して減衰長は40m)、海底近くの環境は非常に穏やかであり(海底の10m及び150m上での流速は4~5cm/sec)、又海底に1年半係留して回収した観測器を分析した結果沈着物や生物による汚濁が少ないこと、等が分かった。他方、深海に於けるバックグラウンド光については、光電子増倍管を使用して詳しい測定を行った。深海には放射性同位元素(主としてカリウム40)によるバックグラウンド光以外に生物起

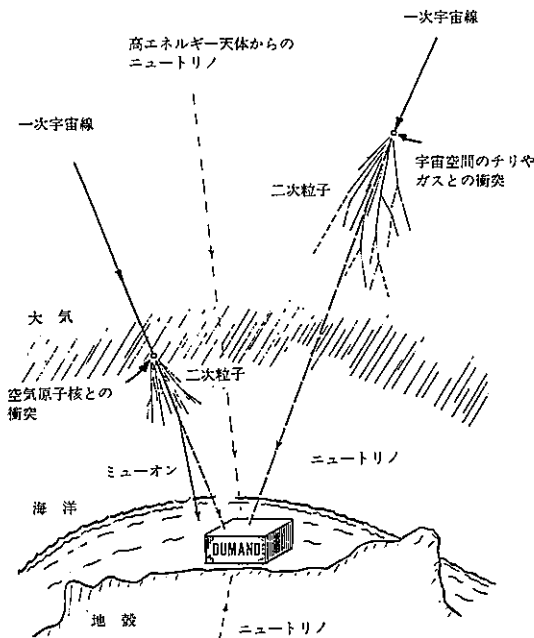


図2 DUMAND実験計画の概念図

源の光が観測されている。後者についてはその強度が深さと共に指数関数的に減少すること、機械的な刺激に反応すること、観測装置への本質的な影響は少ないこと、等が分っている。

次に、技術的な開発やデータ処理上の問題を検討する為に観測装置の雛型を作ってハワイ島沖合で洋上実験を行った(図3)。これはDUMAND計画にとって初めての本格的な準備実験である(DUMAND第一期計画)。観測装置は光検出器7個(間隔5m)、光検出器較正用発光器2個、その他海洋観測器及び信号前処理装置とから構成された。観測装置全体の長さは約60mあり、船よりケーブルで吊下げて所定の深さに沈め宇宙線ミュオンの観測を行った。生物による刺激発光の影響を少なくする為、洋上で揺れが少なく作業性のよい半没水型双胴船を使用した。光検出器は口径15吋の光電子増倍管を付属電子機器(高電圧電源・低電圧電源・信号回路・モニター回路・制御回路)と共に17吋径の耐圧硝子容器に収めたものである。各光検出器からの信号は他の測定器からのデータと共に信号前処理装置に送られ、ここでデジタル変換(分解能5ns)・シリーズ変換されて船上のデータ処理装置に送られる(データ転送速度50Mbaud)。観測装置への電力の供給及びデータ通信には電力・光ファイバー複合ケーブルを使用した。

この実験では水深2,000~4,000mにわたって500m毎に測定を行った。光検出器の波高閾値を0.8p.e.に、又同時計数の時間巾を160nsにセットし、4重及び5重以上の同時計数を記録した。水深が浅い所では(2,000及び2,500m)バックグラウンドが多くなる為、光電子増倍管に供給する高電圧を低くして感度を下げた。トリガー条件を満たすイベントについて時間及び波高値の情報を使って飛跡のフィッティング検定を行い、宇宙線ミュオンの信号を取出した。4,000m深さでのミュオンの天頂角分布はシミュレーションの結果と良く一致し、また深さと強度との関係についても他の実験結果と矛盾のないデータが得られた。

DUMAND第一期計画の成功によってDUMAND計画を推進する上で基本的な問題が解決された。1988年よりニュートリノ望遠鏡を建設する為の作業にとりかかっている。最近、ニュートリノ望遠鏡を設計する上で考慮すべき二つの事柄があった。一つは海洋技術の進歩であり、一つは宇宙線空気シャワー観測手段による超高エネルギー・ガンマ線源の

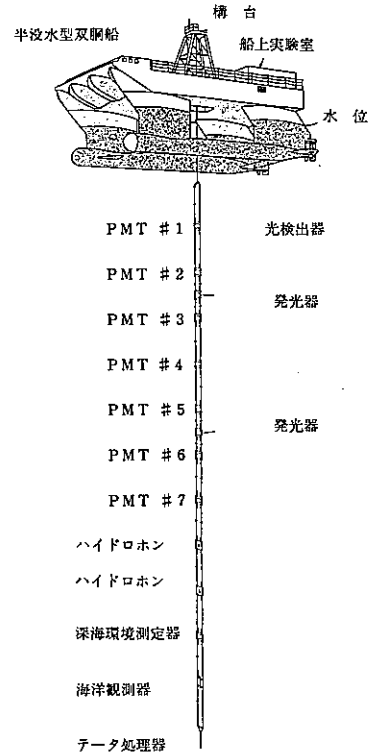


図3 第一期計画で使用した観測装置の構成図

観測である。人類が月に初の足跡を残して以来すでに10年が経過しているが、この地上にはまだ未知の世界がある。深海がそれであり、興味ある研究の対象として注目が集まっている。また、深海は熱水鉱床やマンガンノジュールなど資源開発の面でも脚光を浴びている。これらに関連してここ数年間の深海技術関係での進展は目覚ましいものがあり、特に深海ロボットの技術はニュートリノ望遠鏡を建設する手順を簡略化し、且深海での作業の信頼性を向上させる。

1982年に西独のキールグループが白鳥座X-3方向にエネルギーの高いガンマ線が観測されたと報告して以来、世界各国でガンマ線源探索が精力的に行われている。キールグループのデータは 10^{15} eVとエネルギーの高いガンマ線であること、その流量が多いこと、又ガンマ線にしてはシャワー中に含まれるミュオンの量が少なくないこと、等により話題を集めた。このような高いエネルギーを持つガンマ線はハドロンが関与する強い相互作用の過程でのみ作られるものと考えられる。強い相互作用で作られるガンマ線とニュートリノは相互に密接な関連があり、

観測されたガンマ線の流量からニュートリノのそれを推定し、ニュートリノ望遠鏡の感度の見当をつけることが出来る。

DUMANDの第二期計画(表紙の図1参照)は第一期計画の成果、最近の深海技術の進歩、超高エネルギー・ガンマ線源観測の情報、等を取入れて作製された。この計画では有効面積20,000m²、角度分解能1°の性能を持つニュートリノ望遠鏡を建設する。具体的には10m間隔で24個の光センサーを取付けた索を9本用意し、中心とその周りに40m間隔で八角形状に配置する。各々の索はアンカーと浮標を使って垂直に保持し、各索毎のデータは海底に置く前処理装置によって1nsの精度でデジタル化し、40km長さの電力・光ファイバー複合ケーブルで陸上の基地に転送する。観測装置の海底への設置は次のような手順で行う。先ず、40km長さのケーブルを基地より深海の現場まで敷設し、次に予め用意したトランスポンダー・ネットワークを頼りに索を一本づつ海

底に降ろし、最後に深海ロボットを駆使して索とケーブルとの接続を行う。

DUMAND第二期計画で建設する望遠鏡は5×10⁻¹⁰/cm²・sの流量で10¹²eV以上のニュートリノを放出している天体があれば、一年間の観測によってその信号を検出することが出来る。これは空気シャワーで観測されているガンマ線とほぼ同程度の流量である。このような超高エネルギー・ニュートリノを放出している天体の候補としては連星系を構成する中性子星、超新星残骸を伴うパルサー、活動的な銀河中心核、準星、などが考えられている。ニュートリノはガンマ線に比べて吸収が少ない分だけより多くの流量が期待され、又高エネルギー天体はバースト的に活動することが知られているので、ニュートリノ望遠鏡の広い視野と常時観測できる特徴は他の観測手段にはない強みと言える。建設期間に3ケ年を見込み、5ケ年間の観測を行う予定である。

(ミュー・ニュー部)

国際会議報告

第21回宇宙線国際会議 —高エネルギーγ線関連—

手 嶋 政 廣

1990年1月8日～19日にオーストラリア・阿德レードにて、宇宙線国際会議が開かれた。会議の報告は物理学会誌にもなされるようなので、ここではこの会議で報告されたγ線関係の話題を私見をまじえながら紹介する。

Cyg X-3 Durham (英) グループはCyg X-3からの12.59msecパルス成分を1988年の観測で再び確認した。しかし、Haleakala(ハワイのマウイ島)およびWhipple(米アリゾナ)のグループは、同様のテストを行い否定的な結果を得ている。さらにクリミアのグループが9.22msecのパルサーの存在を主張していること等考えると、12.59msecパルサーの存在も未だに確立したものではない。また、γシャワー中のミューオンに関して、大谷グループは、ゆるいミューオンカット(50%カット)を入れた時に4.8時間周期の位相0.3でのexcessが最大になることを示した。表1に示されるHEGRA(カナリア諸島のラ

バルマ山)、Haleakala、Woomera(豪)、GREX(英)のバースト検出の報告は1989年6月および7月に起きた大電波バーストと関係がありそうだが、はっきりした電波バーストとの相関を示す結果は報告されなかった。

Fly's Eye(米)および明野グループによりCyg X-3からEeV(10¹⁸eV)領域で信号検出が報告された。これらの信号は、γ線ではなくニュートロンである可能性もあり、非常に興味深い。Fly's EyeはP.R.L.にすでにこの結果を発表していたが、1989年までのデータを加え、新しい解析結果を報告した。0.5EeV以上ではCyg X-3方向のDC excessは3.8σであるが、エネルギーを2EeV以上、シャワー最大発達の高さをその平均値745g/cm²より下空というカットを加えると、DC Excessは5.8σとなる。また2EeV以上の最もシグナルらしい10イベントは、Cyg X-3の4.8時間軌道周期の位相0.0～0.3に集中している。一方、

表1 Cyg X-3の1989年電波バーストと関係が
ありそうな γ 線検出報告。

Group	σ	period	energy
HEGRA	4 σ	2~24 Jun. 1989	≥ 0.2 PeV
Haleakala	3.8 σ	29 Jun. 1989	≥ 0.2 TeV
Woomera	5.3 σ	27 Jul. 1989 (15min)	~ 0.1 PeV
GREX	$\sim 3\sigma?$	27 Jul. 1989	~ 0.5 PeV

明野グループは20km²アレイにより観測された4年半のデータから、Cyg X-3方向に3.5 σ のDC-excessを得た。これらのexcessイベントは観測期間にわたって一様ではなく、1986年の4月中旬から5月、および1989年3月から4月に集中している。特に最初の期間はLos Alamos (米)、BAKSAN (ソ連)で観測された ~ 100 TeV γ 線バーストの時期とまさに一致している。しかし、Haverah Park (英)はexcessを観測しておらず、そのフラックスの上限値はFly's Eye及び明野の結果より小さい(中性粒子がニュートロンの場合と γ 線の場合とについて、Fly's Eye、明野のフラックスのそれぞれ20%、40%)。Cyg X-3が 10^{18} eV中性粒子源である可能性が示唆されているが、確定的な結果を得るには100km²の有効面積をもつ明野のAGASA待ちといえる。

Her X-1 1986年にWhipple、Haleakala、Los Alamosの3つのグループが、Her X-1のパルサー周期(X線で観測されている周期)より1.6%短い周期の γ 線pulsationを観測した(異常周期)。Haleakalaグループは1987年再びHer X-1のこの異常周期を観測した。また、GREXにより1989年5月20日/21日に、異常周期を伴ったバーストが観測されたとの報告があった(≥ 0.3 PeV)。しかし、Gulmarg(インド)及びDurhamのグループは1988年にX線のパルサー周期に一致する γ 線pulsationを観測している。

Crab Whippleグループは、37本の光電子増倍管からなるカメラを備えた直径10mチェレンコフ望遠鏡で、イメージによるハドロンシャワーと γ 線シャワーの識別を行いCrabから9 σ のDC excessを得ていたが、109本の光電子増倍管からなる高分解能カメラに増強し(1本あたり0.25 ϕ の視野)、1988年から1989年の観測で再び18.3 σ のDC excessを得た。彼らはこの結果に非常に自信を持っており、すでに確立したと思われていた彼らのHer X-1のデータをCrabの場合と同じ手法で再解析をおこなった。しかし、イメージ処理を加えるとS/Nが上がるどころか、今まで得られていた信号(パルサー周期でモジュレーションを受けた成分)が消えてしまった。その解釈

表2 Crabからの γ 線バースト(1989年2月23日)

Group	σ	obs/exp	time	energy
KGF	4.1 σ	(35/17.8)	13-16 UT	~ 1 PeV
BAKSAN	4.6 σ	(57/31)	15-18 UT	≥ 0.1 PeV
EASTOP	2.3 σ	(38/25.5)	18-21 UT	≥ 0.1 PeV

としてHer X-1からの検出は誤りであった。Her X-1からの信号は γ 線ではなく特殊なものである、相互作用が変わっている等の可能性があるとしている。

BAKSAN、KGF(インド)、EASTOP(グランサッソー山上)の3つのグループにより1989年2月23日にCrabからの100TeV γ 線バーストを検出したとする報告がなされた(まさにあの超新星爆発からちょうど2年後)。表2にそれぞれのデータの詳細を示す。BAKSANの結果はexcessの量以外データの詳細については不明。KGFは4.1 σ のexcessだけでなく、33msecのパルサー周期も観測している(5.7 σ)。しかし、excessシャワーの到来方向がCrabの周囲3.9 $^{\circ}$ にひろがっており、装置の角度分解能1.5 $^{\circ}$ と比べかなり大きく、結果自身に内部矛盾がある。EASTOPの結果は2.3 σ と統計的に有意といえないが、excessシャワーは平均バックグラウンドシャワーと比較して、より大きなシャワーサイズ、シャワーエッジを示しており、 γ 線シャワーらしい特性を示している。各グループの観測装置は経度が異なるため、それぞれのグループがCrabの方向からイベントの増加を検出した時間はおよそ2時間づつずれている。一方、Utah-Michigan、明野、GREX、HEGRAでは、2月23日にCrabの方向からexcessは見られなかったとコメントされた。全てこれらの実験が事実であると、 γ 線バーストが6~8時間続いたことになる。

他の γ 線源 Cyg X-3、Her X-1、Crab以外の γ 線源に関しても多くの報告がなされたが、その中で重要なものを挙げる。Cen X-3はDurhamグループによりTeV γ 線源と報告されていたが、再びDurham、Potchefstroom(南アフリカ)によりpulsationが確認された。またSPASE(南極点)でもCen X-3方向に4.9 σ のDC excessが観測され、PeV領域まで γ 線スペクトルが延びている可能性もある。1.6msecのバイナリーパルサーPSR1957+20からの γ 線を検出したとする報告が、Durham、KGF、Ooty(インド)によってなされた。興味深い結果なので他の多くのグループによる確認が持たれる。またKEKグループは、飛

行機を使った実験で $\sim 40\text{GeV}\gamma$ 線源候補($\sim 4\sigma$)を銀河中心近傍の銀河面に沿って多数見つけ出した。超新星SN1987Aに関して、JANZOS、SPASEから新しい上限値が報告された。

全体を通しての印象を最後に述べる。大規模にPeV γ 線観測を行っているLos AlamosおよびUtah-Michiganグループの実験では、新たな γ 線検出はなく、かなり厳しいフラックスの上限値を各点源にたいしてあたえている。すなわちCyg X-3、Her X-1等の天体から今まで思われていたほど定常的にPeV γ 線が来ていないことを意味する(バースト現象は別)。Los Alamosは、いかげんに上限値を与えていない事の証明として、宇宙線の月による遮蔽を観測している(-2.5σ)。また大規模実験としては

研究部近況報告

一次線部

飛翔体を用いた高エネルギー一次粒子線の観測と、宇宙空間で宇宙粒子線の標的となる宇宙物質の研究という二つのサブ・グループで運営されてきた。前者は宇宙研の大気球を用いて、核子あたり数十GeV \sim 数百GeVの高エネルギーの一次線重粒子スペクトルを観測する実験をおこなってきたが、89年9月27日の放球では、 $[\text{H}/^2\text{H}]$ 、 $[\text{He}/^4\text{He}]$ 比の観測をおこなった。この実験の目的は、原子番号3以上の原子核の観測では、その伝播距離が数 g/cm^2 であり、一応の標準モデルが考えられている。しかしHとHeについては、著しく伝播距離が長く出してしまうため標準モデルで説明できず、伝播とか、閉じ込め過程が違うか、元来宇宙線源に存在していたと考える他は無い。この点に着目してCUT-OFF RIGIDITYで10GVぐらいの地点での観測を行うものである。観測装置にも新しい工夫が施されており、観測では最高到達高度33km、フライト時間約34時間に成功し、現在データを解析中である。結果の一部はアデレイド宇宙線国際会議で報告された。

宇宙線というビームに曝されてきた宇宙物質の研究では、宇宙線生成核種の定量を手掛かりにして、逆に、宇宙線と宇宙の情報をfeed backするのが本務

ChicagoグループによるCASAはほぼ半分の領域(300m \times 300m)が1989年12月に設置を完了しており、完成(480m \times 480m)は今年末のようである。HEGRAも今年中に185m \times 195mの検出面積に拡張される。またドイツKarlsruhe大のグループによりKASCADEという新しいプロジェクトがスタートした。200m \times 200mの領域に316ヶ所(1ヶ所4台、計1264台)の e/γ 検出器、316台のミュオン検出器が設置され、中央部にはさらに18m \times 18mのカロリメーターが設置される。世界的に見れば、 γ 線観測装置は急速に巨大化、精密化しつつあり、日本の立ち後れが目立つ。国内での新しい巨大プロジェクトの早急な立案・実現が望まれる。

(空気シャワー部)

山越和雄

である。しかし、実際に手をとって扱う宇宙物質試料には、過去数千万年に(最も長い半減期を持つ生成核種が ^{55}Mn で、3.7My、 ^{10}Be で1.5Myであるから、半減期の数倍の時間スケールが守備範囲となる)太陽系で起きた事件以外にも太陽系生成時の混乱ぶりをしらせてくれる痕跡が色々と残っている。従って宇宙物質部門での研究領域を一言で言うならば、[物質面から見た太陽系の進化]と言えるだろう。始原的隕石に見られる内包物やコンドルールで、普通隕石や、宇宙塵で、また探査機によるコメットや、ダストの直接探査(軌道解析、組成、同位体分析)などのプロジェクトが並行して走っている。

89年10月には、特別研究員の三沢啓司氏が、日本地球化学会から奨励賞を受賞した。

また、90年8月には、国際天文学連合主催の「惑星間塵の起源と進化」の国際会議が京都で開催されるので、研究と運営の両面で忙しい毎日を送っている。

鋸山測定施設では、宇宙物質をはじめ、様々な材料試料中の放射性不純物の定量が休む暇もなく続けられている。

委員会報告

☆第3回共同利用運営委員会

平成元年12月9日(土)

審議事項

- (1) 平成3年度概算要求について
- (2) 教官公募について
- (3) 研究員公募について
- (4) 平成3年度共同利用研究予算査定委員について
- (5) 専門委員会について
- (6) 乗鞍観測所について

☆第4回共同利用運営委員会

平成2年2月17日(土)

審議事項

- (1) 平成3年度概算要求について
- (2) 平成2年度予算について
- (3) 平成2年度特殊装置維持費について
- (4) 平成2年度共同利用研究について
- (5) 乗鞍観測所研究活動報告について
- (6) 平成2年度客員教官について
- (7) 教官公募について
- (8) 専門委員会について

◎第2回一次線専門委員会

平成元年12月2日(土)

審議事項

- (1) 平成3年度概算要求について
- (2) 専門委員会について

◎第2回エマルション専門委員会

平成元年12月4日(月)

審議事項

- (1) 研究経過報告
- (2) 平成3年度概算要求について
- (3) 専門委員会のありかたについて

◎第2回空気シャワー専門委員会

平成元年12月23日(土)

審議事項

- (1) 明野観測所土地契約の更新について
- (2) 明野観測所共同利用装置の一部借用使用の継続について
- (3) 来年度一般設備費申請について

- (4) 平成3年度空気シャワー一部関係概算要求について
- (5) 専門委員会の統合について
- (6) 乗鞍観測所について

研究報告出版状況

*ICR-Report

- 17) ICR-Report-200-89-17
"A Proposal of a Cold Fusion Experiment at Kamioka"
Y. Totsuka (December 1989)
- 18) ICR-Report-201-89-18
"Search for Neutrino Events in the KAMIOKANDE-II detector in Correlation with the Solar-Flare Activity in March 1989"
K.S. Hirata et al. (December 1989)
- 19) ICR-Report-202-89-19
"Neutral Particles from Cygnus X-3 above $5 \times 10^{17} \text{eV}$ "
M. Teshima et al. (December 1989)
- 20) ICR-Report-203-89-20
"Highly Fractionated Rare-earth Elements in the Hedjaz (L) Chondrite: Implications for Nebular and Planetary Processes"
N. Nakamura et al. (December 1989)
- 21) ICR-Report-204-89-21
"Fast Data Processing Programme for Neutron Activation Analyses on Personal Computer System"
Ma Jianguo (December 1989)
- 22) ICR-Report-205-89-22
"Cosmic Ray Muons in the Deep Ocean"
(DUMAND Collaboration) J. Babson et al. (December 1989)
- 23) ICR-Report-206-89-23
"A 5-inch Si(Li)/Pb Sampling Calorimeter Telescope for Observation of Cosmic Gamma-Rays in the GeV Region."
T. Kashiwagi et al. (December 1989)
- 24) ICR-Report-207-89-24
"O(3)-invariant Processes at False Vacuum Decay in General Relativity"
V.A. Berezin et al. (December 1989)

お知らせ

国際シンポジウム「地下における物理学実験」

1. 主催 以下の共同主催 日本学術会議物理研究連絡委員会 東京大学原子核研究所
東京大学宇宙線研究所 高エネルギー物理学研究所
2. 日時 平成2年4月25日(水) 10:00~17:30
3. 場所 日本学術会議 講堂。(地下鉄千代田線乃木坂下車徒歩1分)
4. プログラム
久保亮五(物研連委員長):開会の辞 中村健藏(宇宙線研教授):世界の地下実験の現状と将来
吉村太彦(東北大理教授):非加速器物理……理論的側面 江尻宏泰(阪大理教授):二重 β 崩壊と
ニュートリノ 伊藤信夫(大阪市大理教授):インドのKGF実験 G.T. Zatsepin (INR教授、
USSR):Gran Sasso実験 戸塚洋二(宇宙線研教授):スーパー神岡実験計画 E. Beier (ペンシ
ルヴァニア大教授、USA):SNO計画 J. Learned(ハワイ大教授、USA):DUMAND計画 佐
藤文隆(京大理教授):まとめ 西川哲治(核専委員長)閉会の辞
5. 連絡先 東京大学宇宙線研究所 荒船次郎

89年度宇宙線研セミナー

- 36) 1月31日(水) 早坂秀雄 (東北大工、放射線工学)
重力場の対称性の破れについて
- 37) 2月19日(月) 村上一昭 (名古屋大理)
Solar particle eventsの諸問題
- 38) 2月27日(火) 山本 明 (KEK)
Astromagと宇宙での宇宙線観測
- 39) 3月2日(金) 佐藤文隆 (京大理)
量子宇宙と時間
- 40) 3月23日(金) V.V. Akimov (ソ連科学アカデミー宇宙科学研究所)
Gamma-1計画

外国人滞在研究者

- D.D. Weeks (米) 1989. 1.16~1990. 8.31
P. Edwards (豪) 1989. 6. 1~1990. 6.30
E. April (Columbia U.) 1990. 1.10~ 5. 9
任敬儒(北京高能研) 1990. 2. 9~4.10

シンポジウム及び研究会

- ① 研究会『Cosmic Quark Matter 89

(宇宙からのQuark物質の物理とその検出II)

1989年12月10~11日

場所 静雲荘(箱根)

- ② 研究会『空気シャワー現象による γ 線天体検出の現状と将来』

1989年12月22日

場所 ICRR

- ③ DUMAND研究会

1989年12月25日~26日

場所 ICRR

- ④ 研究会『天体における粒子加速』

1990年2月19日~20日

場所 ICRR

- ⑤ 研究会『飛翔体を利用した宇宙線観測』

1990年3月19日~20日

場所 ICRR

No. 4

1990年3月22日

東京大学宇宙線研究所

〒188 東京都田無市緑町3-2-1

TEL (0424) 61-4131

編集委員 永野、鈴木(洋)