



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

スーパーカミオカンデ事故原因究明等委員会報告吉村太彦 1	平成13年度共同利用研究成果発表会瀧田正人 15
宇宙線研究所中長期将来構想吉村太彦 13	「高エネルギー宇宙の総合的理解」研究会木舟 正、梶田隆章、佐々木真人 18
シンポジウム「宇宙線物理学の明日を拓く」 14	自己紹介 21
	ICRR セミナー..... 22
	人事異動 23

スーパーカミオカンデ事故原因究明等委員会報告

宇宙線研究所長 吉村太彦

平成13年11月12日に、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設の宇宙素粒子観測装置「スーパーカミオカンデ」において、光電子増倍管の大量破損事故が発生した。同施設は世界中の研究者が注目する成果をあげ、社会的関心も極めて高いことに鑑み、東京大学では、総長のもとに小間篤副学長を委員長とする全学的な事故対策委員会を設置し、また、同委員会のもとに宇宙線研究所長を委員長とする事故原因究明等委員会を設置して、外部の識者の協力も得て事故原因の究明に努めてきた。

平成13年11月22日、平成14年1月5日、2月8日ならびに3月2日の事故原因等究明委員会での議論、ならびに現地事故対策班による再現実験を通じて、事故原因に関して一定の結論が得られたので、事故再発防止策とともにここに報告する。

なお、事故原因究明等委員会の構成は以下の通りであり、この報告は事故対策委員会に報告したものと同内容である。

事故原因究明等委員会の構成及び任務

委員長：吉村太彦宇宙線研究所長

委員：笹島孝夫(社)日本造船工業会顧問

鈴木厚人教授 (東北大学)

中村健蔵教授 (高エネルギー加速器研究機構)

藤原俊隆教授 (名古屋大学)

H.Sobel 教授 (カリフォルニア大学アーバイン校)

鈴木洋一郎教授 (宇宙線研究所)

戸塚洋二教授 (宇宙線研究所)

松本洋一郎教授 (工学部)

任 務：(1) 事故の原因究明

(2) 今後の対策の検討・実施

(3) 上記(1)、(2)に係る事故対策委員会への報告その他必要な事項及び連絡調整

平成14年4月30日

事故原因究明等委員会報告

平成14年2月18日

当該委員会は、今日まで平成13年11月22日、平成14年1月5日、2月8日の、計3回開催された。事故原因等で一応の結論が得られたので、事故原因の究明を中心としてここに報告する。

1. 事故発生の経緯

スーパーカミオカンデ（SK、図1参照）は、平成13年7月中旬より光電子増倍管（以下増倍管と呼ぶ、図2参照）交換作業を行ない、作業を9月中旬頃までに終了し、注水を9月18日から行なっていた。11月12日朝には、タンク底より31.7mの深さ（タンク全体の約3/4）まで、超純水が入っていた。この日、SKでは、順調にデータを取り続けていた。当日は、当番のための研究者1名が午前8時より入坑し、データ取得の監視を行なっていた。また研究支援推進員2名（以下推進員A、推進員Bと記す）が午前9時に入坑し、タンク上部、SK入口の清掃を行なった。

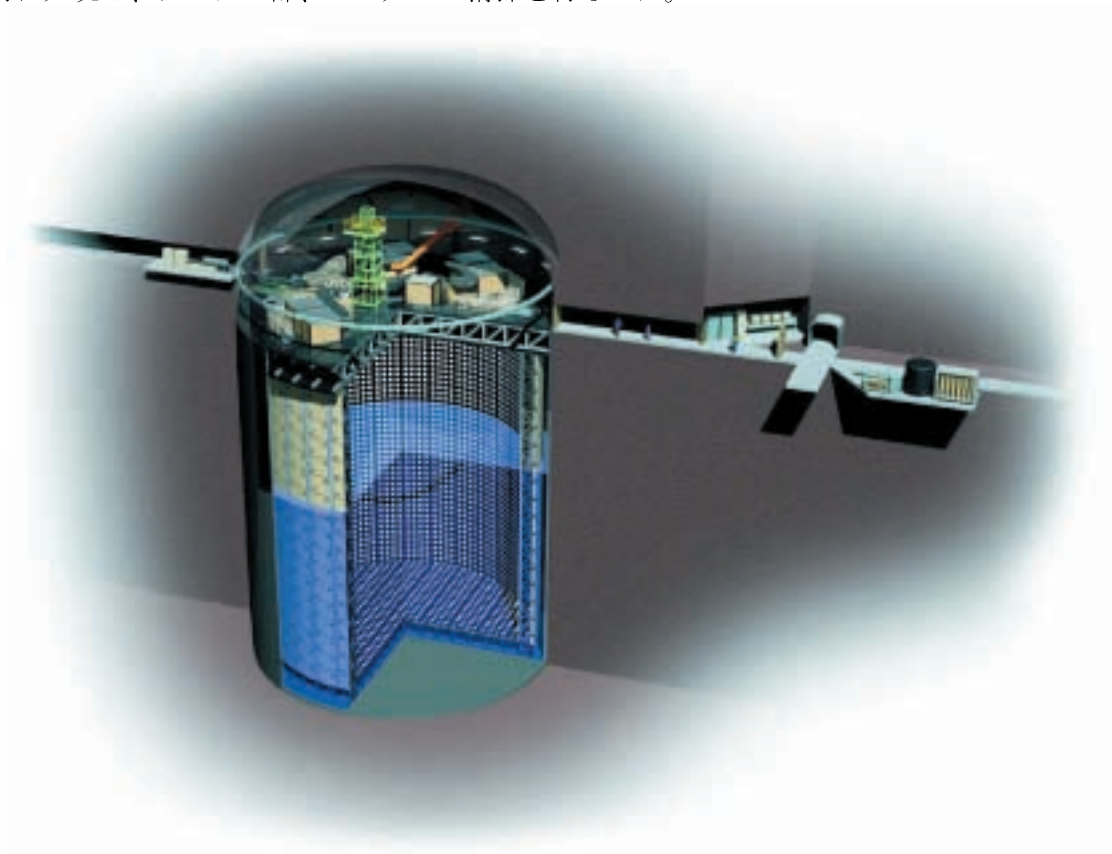
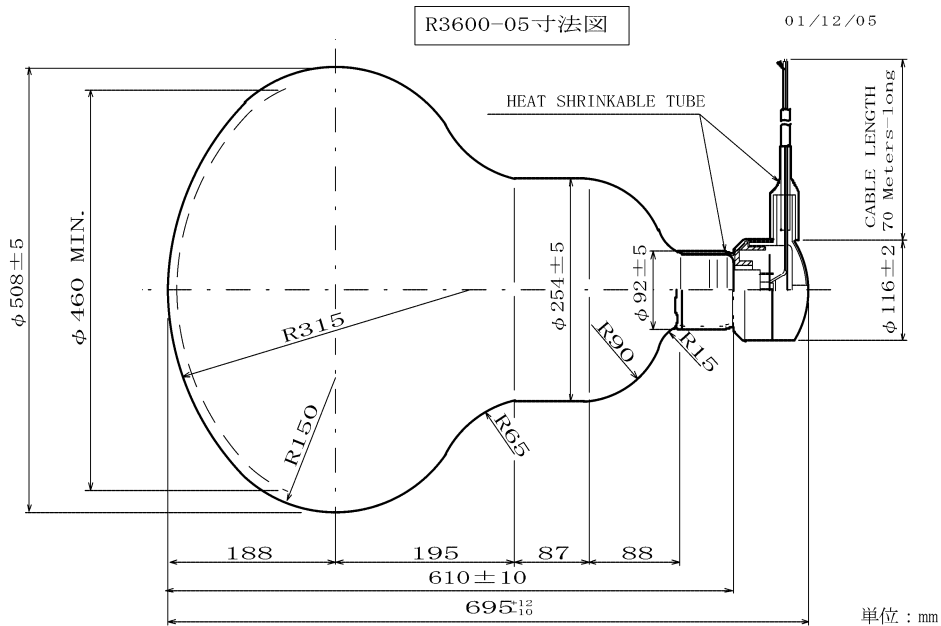


図1 スーパーカミオカンデ装置概念図。空洞は直径40m、高さ58m。水位は通常41.4mである。



HAMAMATSU

図2 光電子増倍管 R 3 6 0 0 - 5

午前11時1分30秒頃、研究者、推進員Aは、轟音を伴う激しい揺れを感じた。この時、研究者はコントロール室、推進員Aは、タンク端から1-2メートルの場所にいた。推進員Bは、坑内を移動中だった。轟音は、約5-10秒間と感じられた。推進員Aは、最初は小さな音だったが、だんだんと音が大きくなっていくのを感じた。また、音が大きくなった時には、風圧も感じ、タンク上のクリーンルーム（これはタンクへの入口の上に設けられている）を囲うビニールシートが膨れ上がるのを見た。後日、SKから8.8km離れた場所にある防災研究所の地震計がSKの事故を捕らえていたことがわかった。

2. 事故直後の処置

轟音を聞いた直後、スーパーカミオカンデのデータ取得頻度が極めて高くなった。通常、頻度が毎秒10回くらいであるところが、事故直後、毎秒100万回以上に上がっていた。研究者は、増倍管の高電圧を切るために各エレクトロニクスハットへ行き、高電圧発生装置の電源を切って行った。推進員Aは、タンクの周り、SKの入口周りの点検を行なったが、異常は見られなかった。推進員BがSKに到着したため、研究者は、「注意しながら、

斜坑を降り、SKからの大きな水漏がないかどうか調べるように」と命じた（斜坑とは、SKの底部に至るSKの周りに掘られた坑道のこと）。推進員Bは、点検に行き、斜坑に変化は見られないことを確認し、研究者に伝えた。

11時40分頃、研究者、推進員Aの2名は、タンク入口に被せてあった黒シートを開け、タンク内部を見たところ、水の濁りと水中にある側部増倍管に異常が見られた（図3）。研究者、推進員Aは、ゴンドラに乗ってタンク内に入り、水面下約6段以下の側部増倍管において、ガラスが割れて、増倍管内部の部品が飛び出していることを発見した。研究者は、12時頃、注水中だった純水装置の運転を停止した。研究棟にいる他の職員に連絡し、被害状況の把握のために、すぐ入坑するように命じた。13時頃、内水槽に水中カメラを降ろし、内水槽側面、底面増倍管の破損状況を調査した。14時頃、水位計をタンク内部に設置し、水位の計測を開始した。15時頃、外水槽にゴンドラで入り、破損状況を確認した。16時頃、水中カメラを外水槽に降ろし、増倍管の破損状況を調査した。19時頃、再び、内水槽に水中カメラを降ろし、残存増倍管の数をおおまかに数えた。



図3 タンク上面から見た被害状況

3. 被害状況

被害状況は以下の通りである。増倍管はすべて通電して信号の有無やノイズの状態を確認した。ケーブルはまだ水中にあるためその被害は不明であるが、ほとんどは再使用に耐えると思われる。

(1) 内水槽関係

破壊増倍管数：	6 7 7 7	(1 1 1 4 6 中、5 0 c m 径)
使用可能増倍管数：	4 3 6 9	
電子回路：	被害なし	
高電圧回路：	被害なし	
ケーブル：	不明	
増倍管取り付け金具：	多数	
黒プラスチックシート：	要全数取り替え (注 1)	

(2) 外水槽関係

破壊増倍管数：	1 1 0 0	(1 8 8 5 中、2 0 c m 径)
使用可能増倍管数：	7 8 5	
電子回路：	被害なし	
高電圧回路：	軽微な被害	
波長変換板：	7 0 0	(1 8 8 5 中) (注 2)
タイベックシート：	要全数取り替え (注 3)	
ケーブル：	不明	
増倍管取り付け金具	多数	

(注 1) 内外水槽を光学的に遮蔽するシート

(注 2) 2 0 c m 径増倍管の周りに置かれた波長変換剤をドープしたプラスチック板

(注 3) 外水槽全体に張った光乱反射用シート

(3) タンクライニングおよび岩盤に関する被害

水中カメラによる側壁及び底面の詳細な目視検査により、壁面にあるタイベックシートに損傷が認められなかったし、岩石等が水槽内に散乱していることも認められなかった。しかし、少量の漏水が認められた (毎時 4. 2 トン)。以上から、タンクライニングには小さな亀裂が入ったものの、ライニング及び岩盤は大規模な損傷を受けなかったと結論した。

4. 事故原因

今回の増倍管の大量破壊事故は、タンク底面の 1 個の増倍管が何らかの理由で破壊のち爆縮を引き起こし、その衝撃波が隣接増倍管を破壊する、さらにこれが次の連鎖破壊を

引き起こす、以上の繰り返しにより生じたことがほぼ確実である。原因特定に当たっては、最初の爆縮の原因と連鎖破壊のメカニズムの2要因がどれだけ確実に究明できるかが重要である。以上の観点から現在までに判明していることを確実性の高い事項から順に説明する。

4-1 連鎖破壊のメカニズムに関して

まず、増倍管を中空の球または実際の形状に置き換えた流体シミュレーションを行った。計算の例を資料4.1に添付する。シミュレーションによると、爆縮開始10ミリ秒後に隣接増倍管の位置で0.05ミリ秒幅、ピーク値100気圧ぐらい（詳細値はシミュレーションに依存する）のパルスが到達することが分かった。

パルス幅が短いのでこれが隣接増倍管を実際に破壊するかどうかは自明ではない。そこで排水前の、事故当時と同じ高水圧の、状態を利用して再現実験を行った。図4、図5のように、9個の増倍管ユニットを底面に沈めて中央位置の増倍管を人為的に瞬間的に破壊し、隣接球が破壊されるかどうかを調べた。（資料4.2を参照）

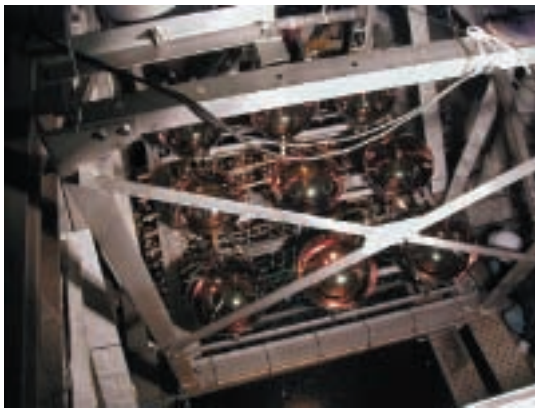


図4 誘爆実験用フレーム



図5 実装されたフレームを水中に降ろす

結果は、3回の実験ですべての増倍管が連鎖破壊した。圧力計、ひずみ計のデータはほぼシミュレーションと整合する。さらに、シミュレーションによると、衝撃圧は外圧の約2乗に比例するので、浅い水深で増倍管が破壊されなかったという、事故状況と整合する。その後に行った、水深10mと3mで行った実証実験では誘爆は起こらず、衝撃圧のデータも実験誤差範囲内でシミュレーションと一致した。

4-2 最初の爆縮球の特定について。

事故当時、データ取得中だったので、事故発生後30ミリ秒の間に限り、断片的な事象

データが存在する。(図6、図7参照) その後はデータ量がコンピュータの処理能力をこえたため、有用なデータはない。事故直後のこれらの事象を解析した。イベントディスプレイによる放電光のパターン、増倍管の信号頻度、信号の時間情報の解析から、改修作業時に交換した増倍管10850が疑わしいことがわかった。(資料4. 3を参照) 10850は大口径部のガラス厚が他の増倍管に比べて薄い特徴を持っているが、設計基準値の中に入っていて、特段異常な球ではない。

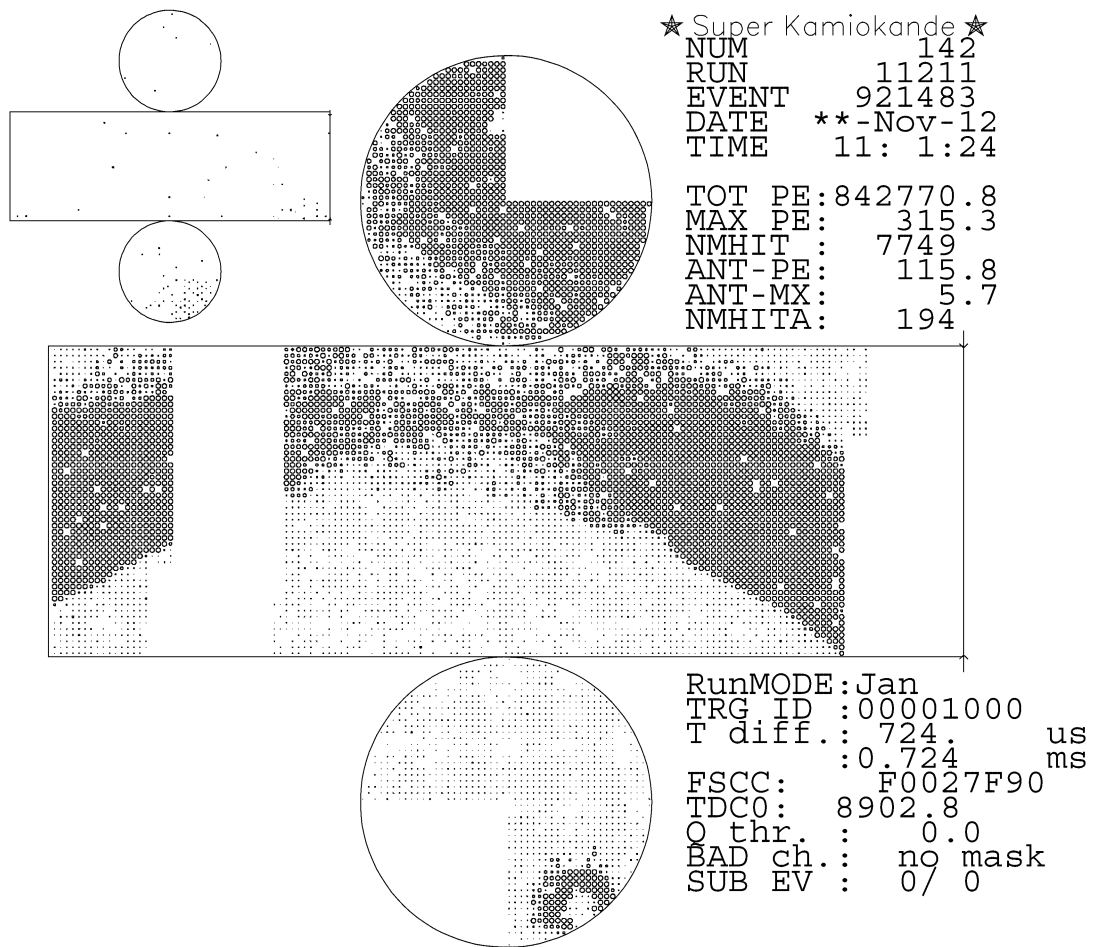


図6 事故発生5. 26ミリ秒後のイベントディスプレイ。円筒形装置の展開図で、天井部、側部、底部からなる。黒い小円がその位置にある増倍管が受けた光量を表す。底面隅から光が発せられたことがわかる。ディスプレイ中空白部分はコンピュータの容量を超えたためデータ収集のできなかった領域

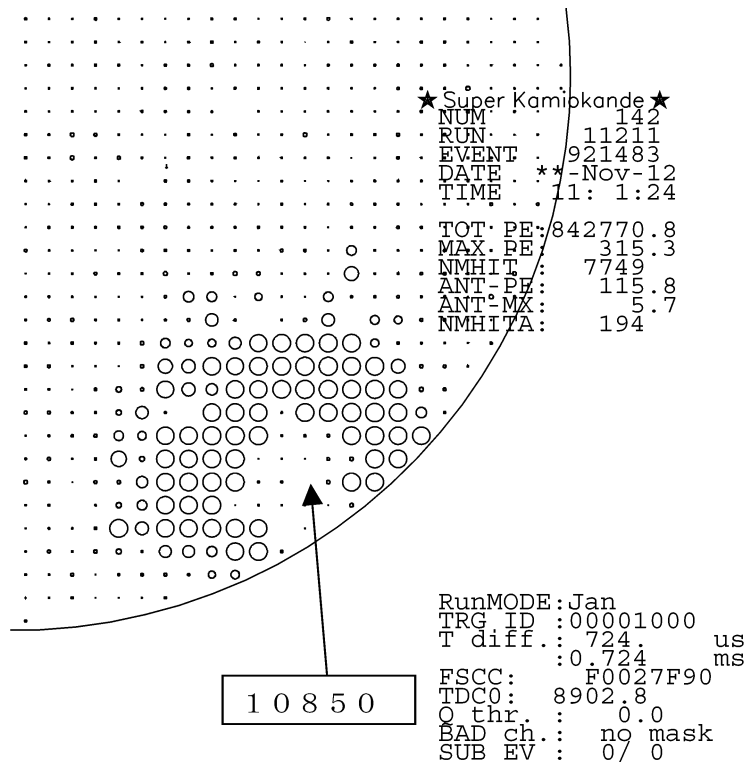


図7 上のイベントディスプレイの底面拡大図

一方、爆縮球はノイズ信号の増加等何らかの前兆現象を出しているかもしれないので、データ取得開始日の9月28日から11月11日の事故直前までに取得された観測データを解析したところ、改修時に交換されなかった10810（増倍管10850の斜めとなり）が、10月10日頃から事故直前までバースト状のノイズを発生していることがわかった。このノイズはいわゆる光球と比べると大変弱いものであるが、近傍にある他の増倍管にはそのような振る舞いは観測されなかった。（資料4.4を参照）

最初の爆縮球に関する結論として、タンク底面隅近くにある隣り合う2つの増倍管の何れかが最初に破壊した可能性が高い。このうちの1つは改修作業時に交換した球、他は5年前から使用していた球である。

4-3 最初の増倍管破壊原因

外的要因、増倍管に起因する原因のそれぞれにつきいくつかの可能性を列挙して詳細に調査した結果、多くの原因は消去された。（資料4.5を参照）残る2つの可能性につき説明する。

4-3-1 改修作業時に底面の故障増倍管を取り替える必要があった。底面増倍管はタンク底から2.5mの位置にあるが、ケーブルが密集している等の理由から下からの取り替えが難しく、図8のように、底面上に発泡スチロールのボード（約20cmの厚さ）

を敷きその上を歩くなどして上から取り替え作業を行った。

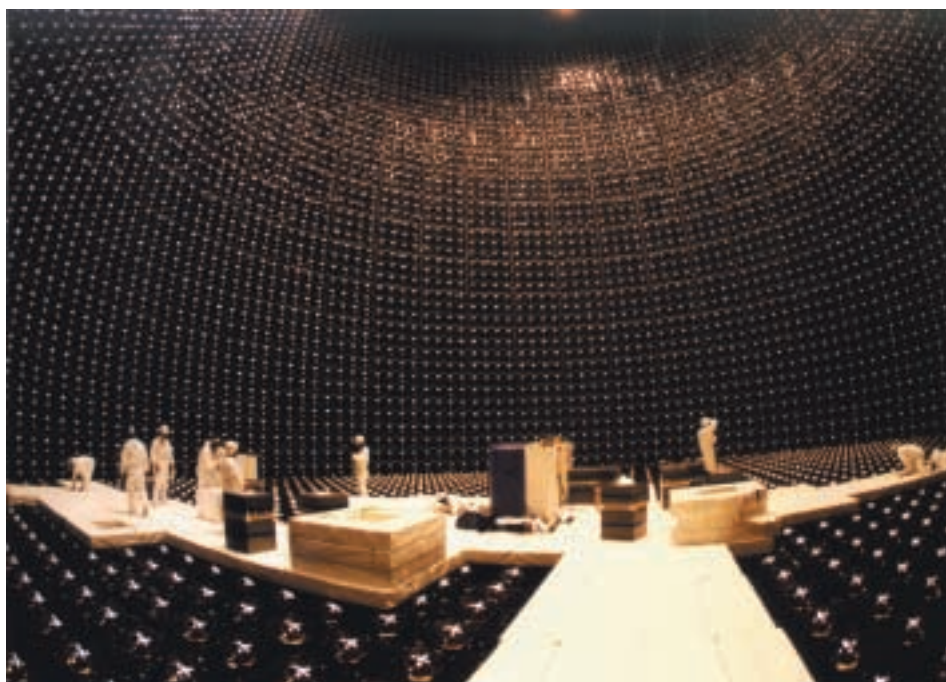


図8 底面作業風景

このとき増倍管にかかった加重はモックアップテスト後の目視検査により増倍管に新たなクラック等を引き起こすことはないことが確かめられていた。しかし、今回の事故に鑑みて、目に見えないストレスを増倍管に残す可能性があるかもしれないと考え、今回の調査で新たに加圧テストを行った。発砲スチロールボード上で実際の8倍程度の積算加重をかけた後、6.5気圧の水圧下に24時間おいて調べたところ、図9のように、12個の球のうち1個が増倍管ネック部から発生した亀裂で破壊した。(資料4.6を参照)

したがって、このような作業に起因する残留ストレスをもった増倍管が30mの水深下で破壊した可能性を排除できない。

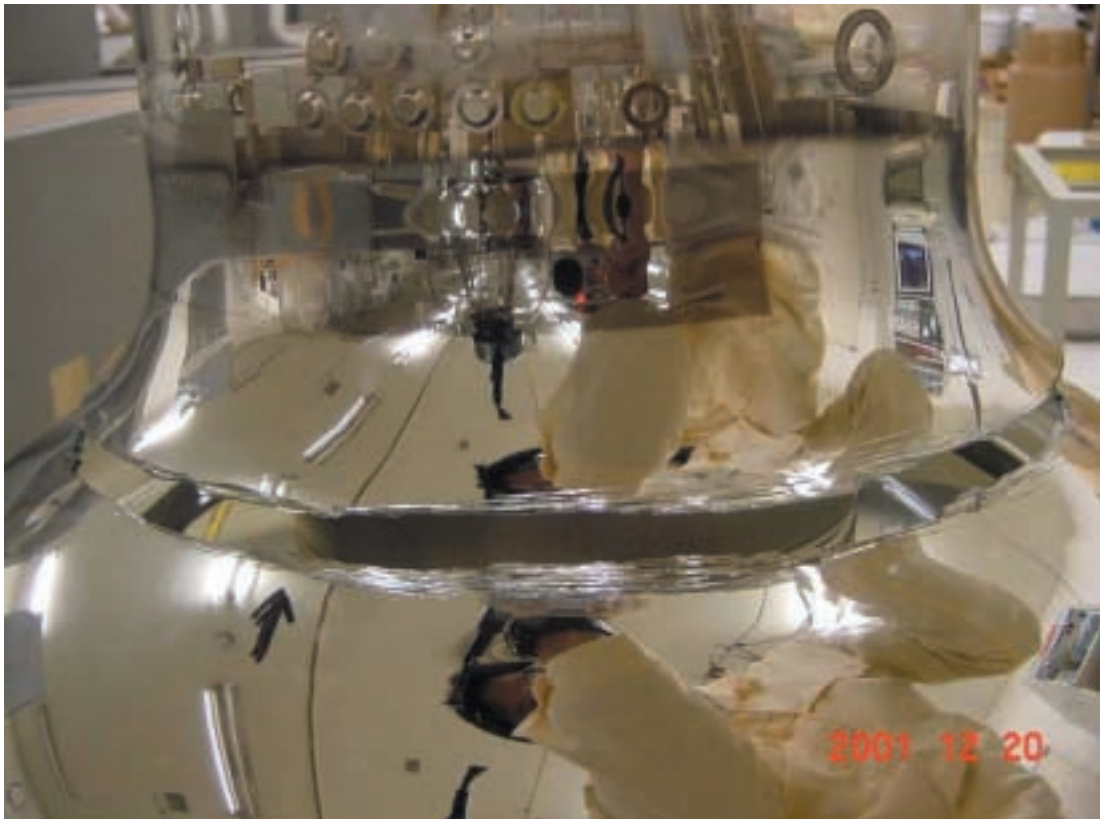


図9 増倍管G J 4 2 1 5がネック部で破断した

4-3-2 昨年7-9月の改修で取り替えた増倍管のうち約200個の詳しい目視検査を行った。その結果、側面に取り付けられていた1個の球の電極部付近に小さな打撃痕が見つかった。(資料4.7を参照)

また、この球の履歴を調べたところ、スーパーカミオカンデ建設時において、取り付け以前は正常作動、取り付け後に異常信号を出していて注水前から故障していた球であることが分かった。

1万本の球のうちこのような球が存在していたことから、増倍管取り付けに伴う運搬時

や取り付け時に増倍管電極部付近に軽微なクラックが生じ、約3気圧の水圧によって爆縮を起こした可能性を排除できない。

以上の2つの可能性が増倍管破壊の原因として残った。

5. 再発防止対策案

スーパーカミオカンデ実験の再開に向けて、今後2度とこのような事故を起こさないよう、以下の対策を取ることにした。

- (1) 増倍管取り付け時にストレスを与えないよう作業手順を改良するとともに作業監督要員を置く。また底面作業において、増倍管上を作業に使用することは一切やめて下方からアクセスを行う。
- (2) 万が一増倍管が爆縮を起こしても連鎖が起きないように、増倍管を衝撃波防止ケース内に格納する。

衝撃波防止ケースは、前面がプラスチックでできたケースで、その中に増倍管を格納する。ケースには、外部の純水を流入させる穴が存在していて、ケース・増倍管間の隙間に水を充填させる。すなわち、水圧はケースにはかからず、従来通り増倍管にかかる構造とする。ただし穴の大きさ（開口率）を調節して、内部の増倍管ガラス球が万一爆縮したとしても、水流が制限されているため衝撃波の発生を押しえるようにする。以上の構造では、ケースは、長期間の耐圧性能を持たせる必要がなく、材質、構造上の問題を大きく軽減することができる。そこで、3種類のケースを立案して、そのサンプルを至急製造し、水深30m下で実証実験を行った。その結果、前面がアクリル、後部がFRP（ガラス繊維強化プラスチック）でできたケース（図10、11）で、厚みがそれぞれ15mm、5mmのケースが増倍管の爆縮に耐え、衝撃波を発生せず、隣接増倍管への影響もなかった。6mm厚全アクリルケースのサンプルは強度不足で、内部増倍管の爆縮に伴い破壊されたが、強度計算によると厚み10～15mmにすれば破壊を免れるはずである。（資料5.1参照）今後、水深40mでの実証試験を行った後、ケースの最終仕様を決定する。



図10 衝撃波防止ケースFRP部

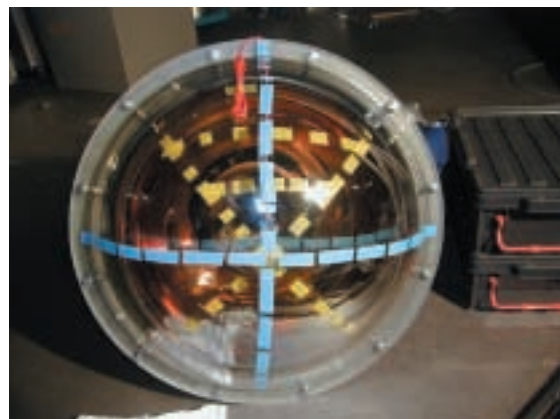


図11 アクリル部

添付資料

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/~totsuka/nov-12/>内の以下のファイルである。

- 4. 1 /report-2/シミュレーション2.doc、及び
/report-2/シミュレーション3.doc
- 4. 2 /report-2/衝撃波実験セットアップ.doc、及び
/report-2/誘爆実験データ.doc
- 4. 3 /report-2/10850.doc
- 4. 4 /report-2/10810.doc
- 4. 5 /report-2/フロー.ppt
- 4. 6 /report-2/底面シミュレーション.doc、及び
/report-2/圧力等.doc
- 4. 7 /report-2/割れ球.pdf
- 5. 1 /report-3/防爆実験セットアップ.doc、及び
/report-3/実験結果.doc

宇宙線研究所の中長期将来構想

吉村 太彦

本年3月に東京大学において、総長補佐による部局の中長期将来構想ヒアリングが行われました。

総長補佐は総長からヒアリング報告を求められていましたので、その作成の参考のために、研究所の中長期将来構想の文書による提示を求めました。

宇宙線研究所教授会では、添付のような中長期将来構想を提出しました。

読んでいただければ分かる通り、この中長期将来構想は研究所将来計画検討委員会、研究所外部評

価などの公に認められた将来計画に沿って書かれており、むしろ、これらの方針を堅持しつつ法人化に対処したいとするものです。

大学法人にとどまる、大学附置の全国共同利用研究所の扱いに関しては、まだ十分な議論が進んでおりませんが、当面、宇宙線研究所では従来の将来計画の方針に沿って法人化に対処する希望を表明しておりますので、ご理解のほどをお願いします。

1. 研究所の実績

宇宙線研究所は、宇宙線分野に特化した他に類例のない、世界的に極めてユニークな研究機関である。日本全国および世界の研究者と協力して、大型・中型の観測装置を用いた宇宙線研究において世界をリードしてきた。これまでの研究業績によって素粒子物理学のフロンティアを加速器とは異なる新しい手段により開拓し、非加速器素粒子物理学分野の創生に大きな貢献をした。

研究所がホスト機関としてこれまでに建設と運用に責任を持ってきた装置として、Super-Kamiokande 大型水チェレンコフ検出器、AGASA 広域空気シャワー観測装置、CANGAROO ガンマ線望遠鏡、チベット空気シャワー観測装置などがある。近年これらの観測装置から得られた重要な成果の例をあげると、超新星1987Aからのニュートリノバーストの観測、大気ニュートリノ振動の発見、太陽ニュートリノの実時間観測及びニュートリノ振動の発見、理論的限界を超えた超高エネルギー宇宙線の観測、超新星残骸におけるガンマ線の観測と宇宙線加速の確認などがある。なかでもニュートリノ振動によってニュートリノに有限質量があることを発見したことは、素粒子の標準理論を越える自然現象を初めて確定し、今後の素粒子物理学が進むべき一つの道を定めた輝かしい業績である。

また、宇宙線研究所では天文学・宇宙物理学や高エネルギー加速器実験との境界分野を積極的に開拓し、いくつかの野心的なプロジェクトを誕生させてきた。ニュートリノ物理学に新境地を開いた地下実験施設を始めとして、世界に先駆けて定常的な重力

波観測を始めたTAMA300レーザー干渉計型重力波望遠鏡（天文台などとの共同）、100万個を超える銀河データベースの製作を開始したスローンデジタルスカイサーベイ（日米の天文研究者と協力）、加速器からのニュートリノビームでニュートリノ振動の検証を行うK2K実験（高エネルギー加速器研究機構との共同）などを挙げることができる。

これらの研究はいずれも全国の宇宙線研究者の参加を得て企画・実行されてきた。全国各大学との積極的な人事交流、専門分野を超えた研究者の協力、技術開発における産業界との連携、全世界的な研究グループの編成などに見られるように、学際領域での先端的研究に特有な開かれた研究形態が研究所の大きな特徴である。

2. 中長期将来構想の基本的指針

宇宙線研究においては、地上の実験室では不可能な超長基線が利用でき、超高エネルギーの素粒子実験が宇宙スケールを利用して実現できるなどの利点がある。宇宙線研究所は、今後とも宇宙線物理学における世界の中核研究機関として、中・大規模プロジェクトの建設と運用の責任を一貫して引き受け、素粒子及び宇宙物理のフロンティアを拡大するとともに、大型の光学望遠鏡やX線衛星では観測できない天体の深部における物理現象を、高エネルギー宇宙線、ニュートリノ、重力波などによって解明していきたい。

このような目的に向かって宇宙線研究所が今まで以上に活発な研究活動を展開してゆく為には、大学院学生や若い研究者を世界一流の装置を用いた研究に携わらせて、次世代の研究者として育成する必要

がある。また、多くの外国人研究者を含む共同研究に参画させることにより、国際化の時代にふさわしい人材育成に寄与したい。

3. 今後の研究計画の概要

研究所は CANGAROO ガンマ線望遠鏡並びにチベット空気シャワー観測装置の高感度化を実現する拡張計画を遂行中である。この望遠鏡を用いた超新星残骸からのガンマ線の観測等によって、長い間謎であった宇宙線の起源の問題が解決できると期待される。またその他にも様々なガンマ線天体を観測することによって、宇宙における非熱的現象の解明に本質的な貢献ができる。

また研究所の将来計画として、想像を絶するような超高エネルギー宇宙線を観測して、深宇宙・初期宇宙での物理法則を探る、あるいは最高エネルギー宇宙線を生成する特異天体の解明をめざす宇宙線望遠鏡計画がある。また、2つの中性子星合体のような宇宙での激しい爆発現象から発生する重力波を世界に先駆けて検出し、超強重力場において一般相対論を検証することを目指す低温長基線重力波望遠鏡の計画がある。それぞれ AGASA と TAMA300 の成果を継承する次期計画として組織的な開発研究を行っている。

世界的に最高級の業績をあげたニュートリノ研究においては、Super-Kamiokande 装置の全面復旧を完成させ、大気、太陽、超新星ニュートリノなどの宇宙ニュートリノ研究で世界をリードして行くと

もに、より高性能な人工ニュートリノビームを使ったニュートリノ振動研究で新たな研究の地平線を切り開く。更に、宇宙物理学、非加速器素粒子物理学で残された重要な問題である宇宙暗黒物質の探索や陽子崩壊の探索などにも積極的にチャレンジしていく。

4. 研究組織の整備

現在、研究部の改編を検討している。6 研究部門を 3 つ程度の研究部にして大部門化を進める。研究所の研究活動を高いレベルに保つために、研究の発展により新たに発見される問題や、技術的発展によって解決が可能になる問題にも広く目を向け、研究の新たな展開に対応できる柔軟な組織を構築することが重要である。また、CANGAROO 望遠鏡は 2 台目が完成間近であり、今後効率的な観測を長期に渡って行うためにセンターをつくりたい。更に、現在ある 4 つのセンター・観測所・施設を改編整備する検討も始めている。

宇宙線研究所は今後も海外研究グループの参加のもとに、プロジェクト研究を進めるつもりである。研究所は現在でも海外の複数の拠点で大型装置を展開しており、今後ますます外国との国際共同研究が発展すると予想されることから、将来的にはセンターをつくって国際共同研究を効率的に進めていくことが不可欠であると考えられる。また、これまでと同様に国内研究者との共同研究を積極的に進める。

シンポジウム

宇宙線研究所シンポジウム「宇宙線物理学の明日を拓く」

平成14年2月5日東葛テクノプラザ多目的ホールにおいて、宇宙線研究所シンポジウム「宇宙線物理学の明日を拓く」が開催された。本シンポジウムは、宇宙線研究所が行なっているプロジェクトについて、これまでの成果と将来への見通しを報告し、宇宙線物理学と近隣分野の研究者各位から、ご批判と一層のご支援を頂くために企画したものである。吉村所長の開会の言葉に続き、CANGAROO 超高エネルギーガンマ線望遠鏡（榎本良治）、チベット空気シャワーアレイ（瀧田正人）、AGASA 空気シャワーアレイ（手嶋政廣）、宇宙線望遠鏡（TA）計画

（福島正己）、スーパーカミオカンデと K2K 実験（戸塚洋二）、Sloan Digital Sky Survey（福来正孝）、TAMA300 レーザー干渉計型重力波検出器（大橋正健）、大型低温重力波望遠鏡（LCGT）計画（黒田和明）の講演が行なわれた。多忙な時期に行なわれたにもかかわらず100名を越す参加者があり、各プロジェクトに関して活発な議論と意見交換があった。なお、当日の講演資料は以下のサイトから入手可能である。

<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/info>

[/ICRR-sympo-rep.html](#)

平成13年度東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

東京大学宇宙線研究所 瀧田 正人

1. はじめに

平成13年12月10、11日の2日間に渡り、東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会が開催された。平成11年度に現在のスタイルの第1回研究成果発表会が始まって以来、今年度で3回目である。開催を支持して頂いた方々に感謝すると共にこの場を借りて研究会の報告をさせて頂きたいと思えます。本研究会は平成7年度まで各研究部の専門委員会が個々に開催していた発表会をまとめ、研究所の共同利用全般にわたる発表会を開くという試みのもとに発足したものです。発表会の開催については共同利用実施専門委員会決定され、同委員会主催のもとで開催されます。平成13年度に関しては、82件の共同利用研究が採択されており、限られた時間の範囲でなるべく多くの研究を盛り込むようにとの配慮からプログラムが組まれました。発表会には平成14年度の査定委員会の委員の方々にも参加して頂き、来年度の査定の参考にして頂きました。発表会にはたくさんの方々に参加して頂き、大変盛況でした。12月11日に行われた懇親会では、異分野の方々の間で活発な意見交換が行われたことと思われます。

今年度の発表会は「神岡関連」、「太陽、モジュレーション関係」、「環境」、「宇宙物質」、「空気シャワー」、「重力波」、「海外特別事業」、「ガンマ線、一次電子線」の各セッションからなり、総計26名の方々に講演して頂きました。発表会の冒頭で村木実施専門委員会委員長より開会のお言葉があり、続いて吉村宇宙線研究所長より、スーパー神岡実験で11月12日に起きた誠に遺憾な事故についての簡単な報告がありました。以下、各セッションごとに発表の概要を報告いたしますが、詳細をお知りになりたい方はトランスペアーレンシー等のコピーが宇宙線研究所図書室に保管してありますのでそちらをご覧ください。

2. 神岡関連

金行健治氏より、スーパー神岡実験の研究成果の報告があった。太陽ニュートリノに関しては、 ${}^8\text{B}$ 太陽ニュートリノ flux の測定値は $(2.35 \pm 0.02 \pm 0.08) \times 10^6/\text{cm}^2/\text{s}$ (1496日) となった。エネルギー

スペクトルや季節変動は flat と consistent であり、day/night flux difference も誤差の範囲でない。しかし、SNO の結果と合わせるにより、太陽からの電子ニュートリノ振動が起きているという極めて重要な実験的証拠を得た。様々な太陽ニュートリノ実験からの情報を総合すると、太陽ニュートリノ振動の解として、large mixing angle solution の可能性が高い。また、大気ニュートリノに関してはミューニュートリノから不感ニュートリノへの振動のシナリオは99%の信頼度で否定された。また、タウニュートリノの appearance を調べたところ、 2σ 程度の tau-like event excess が観測された。陽子崩壊寿命に関して、 $p^- \rightarrow e + \pi^0$ に対して $> 5 \times 10^{33}\text{yr}$ 、 $p^- \rightarrow \nu \text{bar}K^+$ に対しては、 $> 1.9 \times 10^{33}\text{yr}$ の lower limit (90%CL) を得た。

石井孝信氏が K2K 実験の報告をした。2001年7月までに目標値である 10^{20} protons on target の $1/3$ 程度 (5.6×10^{19} pot) のデータを蓄積した。予想値 $80.6 + 7.3 - 8.0$ 事例に対して、56事例をスーパー神岡観測装置で検出した。ニュートリノ振動が起っていない確率3%の以下である。鈴木聡氏が Gas-Liquid double phase Xenon detector (XMASS) 実験の1kgプロトタイプのR&Dの進行状況とテストランについて報告をした。まだ光電子増倍管からのバックグラウンドが多いようであるが、低バックグラウンドの光電子増倍管に変更し、さらにガンマ線識別除去が予定の99%で行えれば、ダークマター探索で面白い結果が出そうである。井上邦雄氏がガドリニウムを溶解した低エネルギーニュートリノ観測用液体シンチレーターの開発とカムランドの現状報告をした。液体シンチレーターに関しては、ガドリニウム重量比5%で5000photons/MeV、8%で2800photons/MeVの発光量を達成した。またその発光時定数は1.7nsecである。従って、バックグラウンドを十分に除去できれば、太陽 pp 及び ${}^7\text{Be}$ ニュートリノを観測する可能性が出てきた。また、カムランドはほぼ完成し、残りの20インチ光電子増倍管を接続する等の作業が残っているだけで、平成14年初頭には物理観測データを取得し始める予定である。宇宙線ミューオンや低エネルギー事例の観測で、測定器が期待以上の性能で動作していることが確認され

た。現在のバックグラウンドレベルは、 $U < (1.7 \pm 1.1) \times 10^{-14} \text{g/g}$ 、 $\text{Th} < (1.6 \pm 1.9) \times 10^{-15} \text{g/g}$ 、 $^{40}\text{K} < 1.3 \times 10^{-13} \text{g/g}$ である。太陽ニュートリノ振動解が large mixing angle solution であることを確定するであろう太陽ニュートリノ観測結果が待ち遠しい。

3. 太陽、モジュレーション関係

さこ隆志氏より太陽中性子観測に関する発表があった。乗鞍に於ける太陽光発電、低消費電力回路の R & D を行い、将来の運転継続に向けた準備研究が進んでいる。また、2001年9月24日にチベットに設置された中性子望遠鏡で太陽フレアに伴う中性子が観測された。さらに、乗鞍では雷電場における粒子加速の証拠が得られた。藤井善次郎氏より乗鞍岳における空気シャワーの連続観測およびミューオン強度の高精度測定に関する発表があった。2001年に起きたフォープッシュ現象と宇宙線プロトン強度の相関について調べた。岡田淳氏が、乗鞍岳に設置された狭角ミューオン望遠鏡を用いてフォープッシュ現象前後の宇宙線強度を観測した結果を発表した。この観測により、太陽磁気雲の壁による宇宙線の遮断の様子や、宇宙線の流れの時間変化を2次元的に表すことに成功した。

4. 環境

長田和雄氏より乗鞍岳におけるオゾン・水蒸気・Rn をトレーサーにした成層圏/対流物質輸送と大気エアロゾルに関する研究の発表があった。航空機観測に比べて、山岳観測のメリットは長期時系列データがとれること、電力の供給、設置及び観測方法の自由度が高い点である。鈴木款氏より、乗鞍岳における黒色炭素粒子と炭素循環の観測に関する発表があった。Biomass Burning からの放出と化石燃料消費からの寄与の定量化、霧または雨による除去機構、大気中の滞留時間、降水量、サイズ分布等の測定のために山岳地帯での観測は有効である。大森博雄氏より、乗鞍岳での気候変動に対する地生態系の応答に関する発表があった。乗鞍岳で製作したいくつかの箱庭を用いて、植物等が気候変動に対してどのように応答するのかを長期間に渡り研究したい。

5. 宇宙物質

福岡孝昭氏より、微小宇宙物質の高感度元素定量法の確立に関する発表があった。中性子照射により、宇宙塵の化学組成を調べる方法を確立しようとしている。今年、中性子照射容器を従来の高純度石英管から高純度石英容器に変更し、資料の出入を容易

にし、開封時の被爆を減らすように工夫した。今後は親鉄元素用の標準試料の改良と井戸型ガンマ線検出器を利用することにより、高感度なガンマ線測定の実現をめざす。田澤雄二氏より、奄美大島赤尾木湾周辺地形及び特異試料の衝突成因説の検証に関する発表があった。赤尾木地域で採取された特異試料カネクス等の種々の溶解微粒子が、非火山かつ非人工起源であることを、 ^{14}C 年代測定や中性子放射化により化学組成を調べることにより明らかにしたい。予備測定の結果、試料の年代は1500-1600AD であり、化学組成測定については柏微弱放射能測定施設で計測待機準備中である。大橋英雄氏より、柏微弱放射能測定施設に関する現状報告があった。簡易クリーンルームとクリーンベンチの整備を行った。柏地下の実験施設で現在、3台のゲルマニウム検出器が稼働している。2台は室生杉等の試料測定を開始しているが、残りの1台はエネルギー分解能が悪いためにバックグラウンド計測に使用している。バックグラウンドレベルは低エネルギー側では柏と田無では同等だが、高エネルギー側では改善している。また、地下ラドンモニターが稼働開始した。柏では 6.1bq/m^3 、鋸山では 8.3bq/m^3 、田無では 6.9bq/m^3 である。櫻井敬久氏より、古木の年輪中の ^{14}C 及び、浮遊塵中の ^7Be 、 ^{22}Na についての研究に関する発表があった。研究目的は宇宙線強度の永年変化の探索と太陽系環境の永年変化の探索である。 ^7Be (半減期53日) で年変動、季節変化、日変化を追い、 ^{22}Na (半減期2.6年) で滞在時間の見積もりを行う。一例として、2000年7、8月で ^7Be 、 ^{22}Na 濃度はそれぞれ、 $0.6 \pm 0.06 \text{mbq/m}^3$ 、 $(1.9 \pm 0.5) \times 10^{-4} \text{mbq/m}^3$ だった。またその滞在時間は数百日であった。

6. 空気シャワー

福島正己氏より、宇宙線望遠鏡計画の状況概略についての報告があった。最高エネルギー事例に関する AGASA と Hires のエネルギースケールの誤差は quadrature で足しあげるとそれぞれ、+20、-13%、26% である。GZK cutoff に関しては YES/NO である。現在、概算要求と平行して、3ステーションの TA phase-1 を科学研究費で申請中であり、首尾よく通れば2002-2005年にユタに建設したい。佐々木真人氏より、宇宙線望遠鏡計画の技術開発及び試験研究の進捗状態の報告があった1例として、1ステーション当たり、 10^{20}eV の陽子に対して $30 \times \text{AGASA}$ 、 10^{19}eV のニュートリノに対して $2 \times \text{Auger}$ という高いトリガー感度を達成する目処がついた。256ch 信号波形処理や読み出し較正方法、オンライン同時大

気較正法の確立等が開発最終段階に入っている。今後は、長期安定性、スローコントロール、様々な要素の実機デモを行う予定である。荻尾彰一氏より、宇宙線望遠鏡で用いる光電子増倍管の前面反射板の開発状況に関する報告があった。6角のデザインと12角のデザインの両方を試作してみたが、12角の試作品の方が uniformity が優れていることがわかった。次のステップとして12角のデザインの試作品の改良と曲面反射板の検討に進みたい。田中義人氏より、宇宙線望遠鏡用逐次積分 LSI の量産化の目処がついたとの発表があった。山本常夏氏より、宇宙線望遠鏡のオンライン較正のための移動式簡易大気測定装置の開発に関する発表があった。明野観測所で開発した LIDAR system により、10km 遠方まで測定可能である。更に大口径高出力 LIDAR を計画している。竹田成宏氏より、最高エネルギー宇宙線の研究に関する報告があった。統計誤差と系統誤差の範囲内で AGASA と Hires のデータに矛盾はなさそうである。

7. 重力波

黒田和明氏より、LCGT 計画の現状と課題に関する発表があった。まず、TAMA300は前人未踏の1000時間連続観測を行った。そのデータ解析は今年度中に終了予定である。我々の銀河の連星中性子星合体に対して、TAMA300の S/N比は10程度である。LCGT のための低温鏡技術の R & D は順調な成果を上げている。特定領域「重力波研究の新しい展開」(2002-2005年)が通り、神岡に100m×100m の実質的な低温レーザー干渉計 CLIO の建設を行なう。2005年をめどとして、LCGT 建設に着手したい。

8. 海外特別事業

荻尾彰一氏より、ボリビア空気シャワー共同実験 (BASJE) に関する発表があった。モードエネルギー30TeVで10HzのBASJE MASアレイをチェレンコフ光観測装置と連動させてデータを取っている。

等頻度解析で一次宇宙線化学組成を 10^{16} eV 近辺で求めた。チェレンコフ光解析、異方性解析、点源探索を進めている。今後は、アレイ配置を変更(大面積化)して、原子核組成の測定にシフトしていく。玉田雅宣氏より、チャカルタヤ山宇宙線共同実験に関する発表があった。X線フィルムチェンバーを用いて全エネルギー 10^{14} - 10^{15} eVの penetrating shower を解析したところ、期待値より $0.8 \pm 0.38/\text{event}$ の excess が観測された。これらの penetrating shower はしばしば、近傍にもう一つの shower を伴っている。Hadron + (e, γ) の bundle (strange quark matter?) として解釈できるそうである。

9. ガンマ線、一次線

筆者(瀧田正人)より、Tibet-III 実験の現状報告があった。平成11年度に拡張された2万2千平方メートルのTibet-III 観測装置を用いて、カニ星雲やMrk421からのTeVガンマ線を検出した。2002年度の秋に3万7千平方メートルに拡張し、Tibet-III 観測装置を完成予定である。榎本良治氏より、カンガルー実験の現状報告があった。2000年3月に完成した10メートル望遠鏡を用いて、順調に観測を行っている。PSR1706-44、Mrk421、SN1006、PSR1259-53、RXJ1713-39等多数のソースからガンマ線の観測に成功している。Mrk421からは20TeV以上の信号をとらえることに成功した。また、RXJ1713-39からのガンマ線スペクトルを解析したところ陽子加速以外では説明できないとの結論に達した。望遠鏡2号機のためのエレクトロニクスやライトガイド等の開発も順調である。2002年3月に2号機の建設を完了予定である。鳥居祥二氏より、南極周回気球による電子観測装置 (PPB-BETS) のトリガーシステム開発製作に関する報告があった。2001年9月に三陸でトリガーシステムのテストフライトを行い、10月にCERNでビームテストを行った。今後必要な開発は Gondola 設計の見直し、温度真空対策、衛星通信、太陽電池、オートバラスト等である。

「高エネルギー宇宙の総合的理解」研究会

信州大学工学部 木 舟 正
 東京大学宇宙線研究所 梶 田 隆
 佐々木 真 章
 人

「高エネルギー宇宙の総合的理解」というタイトルを冠した本研究会も昨年度に引き続き2回目となった。いささか面はゆい感をおぼえるような、いわば大上段に振りかぶったタイトルであるが、是非とも「総合的理解」が必要であると痛感しているからである。「宇宙線研究」の現状を、大学をとりまく研究環境の変化や近隣分野のみならず広く物理学全体を包括した視野からながめ、将来の発展を模索するとき、このような「ambitious」な視点が、今、必要だと考える。

昨年度は、宇宙線現象を「宇宙の歴史」の中で理解すること、および、ニュートリノ、ガンマ線あるいは重力波と「伝統的な」宇宙線を越えて多様化・発展する「宇宙線研究の意義」をガンマ線バーストなどを一例としながら考察することを試みたつもりである。

当然のことながら、「全体」と「個」はうらはらの持ちつ持たれつの関係にある。個々の「計画」の研究意義、有効・適切性を支えるものとしての「総合的理解」が必要であり、逆にまた、「総合的理解」のためには個々の特定の研究課題をより深く発展させ新しい知見を重ね合わせ追加することを欠くことができない。多様な領域でのより深い知見、すなわち諸プロジェクト実現をわれわれが渴望するゆえんである。しかし、「将来計画」の推進・実現のためには、「総合的理解」以外の別の要素が必要である。すなわち、その一つの重要な要因として「技術」がある。本年度は、「技術」を切り口とすることにした。

銀河系内から銀河系外へ、さらに、ニュートリノ・ガンマ線等々の観測の開拓など、これまでもまして多様な側面への拡大・発展が宇宙線研究にもたらされつつある。「技術」は、それらの多様な研究計画を実現するための鍵の役割を果たす。「実験技術」の検討には研究会の議論を瑣末なものにする恐れがある。しかし、理論的研究者にとっても関心を惹くに違いない重要な側面もある。実現可能性を探ることは、われわれの抱える諸問題を整理しどのような成果が解答可能な道筋にあるか、将来の展望

を探ることに深く関係しているからである。また、技術には分野を越えて適用できる学際的性格がある。

「広い意味での」宇宙線研究のさまざまな課題の発展可能性を「技術」の関数として考察することにより、諸計画を推進する力の大きさと方向を適切に計量できると目論んでいる。宇宙と素粒子との間で多様な側面を持つ「宇宙線物理学」を「高エネルギー宇宙の総合的理解」によって推し進め、来年度の研究会も幅広く領域を横断するものにしたい。次にあるべき研究会の輪郭が、「技術」が駆動する発展方向の模索から浮かび上がってくれば幸甚である。

本研究会は2002年3月8日、9日の2日間に渡り、宇宙線研究所にて行われた。年度末の忙しい時期にもかかわらず、宇宙線はもとより、理論、高エネルギー実験、天文などの幅広い分野の方が50名以上も来て下さった。プログラムを以下に示す。各講演についてコメントすることは、本稿の域を超えるが、どの講演も、宇宙と素粒子との間で多様な側面を持つ「宇宙線物理学」を彷彿とさせ、諸計画を推進する力の大きさと方向を指し示す力強い「技術開発」の中核が明確に提示されていた。二日目はいささか冒険的なパネルディスカッションを設けたが、「技術」が駆動する発展の方向が宇宙線観測の「高精度化」と「総合化」にあること、さらに、その具体化が精力的に進められていることが強く印象付けられた。

講演者（敬称略）・講演タイトル

3月8日（金）9：00—17：45

午前 Part1：座長 梶 田 隆 章

木舟 正（信州大） イントロダクション

蓑輪 真（東大理） 暗黒物質の直接観測

—休憩—

午前 Part2：座長 佐々木 真 人

長谷部信行（早大理工） 宇宙線中の超鉄核成分の高精度観測計画 (Heavy Nuclei Explorer)

鳥居 祥二（神奈川大） 高精度イメージングカロリメータによる電子、ガンマ線観測

(CALET)

—昼食—

午後 Part1：座長 鳥居 祥二

吉田 哲也 (KEK 素核研) BESS-Polar 南極周回
気球実験計画

清水 裕彦 (理研) 広角屈折光学系を用いた宇宙
線観測 (EUSO)

杉山 直 (国立天文台) 観測的宇宙論の動向

—休憩—

午後 Part2：座長 寺沢 敏夫

佐々木真人 (宇宙線研) 1分角精度の広視野宇宙
線望遠鏡

川村 静児 (国立天文台) スペース重力波アンテナ
DECIGO

梶田 隆章 (宇宙線研) JHFでのニュートリノ物
理

木舟 正 (信州大) サブ PeV-EeV 領域のガン
マ線天文学：意義・現実性・必要条件？

—懇親会パーティー—

3月9日 (土) 9:00—12:00

討論会 座長 木舟 正

パネラー：寺沢敏夫 (東大理)、佐々木真人 (宇宙
線研)、鳥居祥二 (神奈川大)、福島正己
(宇宙線研)

各パネラーによる15分の問題提起・質問が一巡後、
再度、登壇し議論。

以下、講演者の方々の写真です。講演者の方々、
どうも有り難うございました。



長谷部伸行氏



鳥居祥二氏



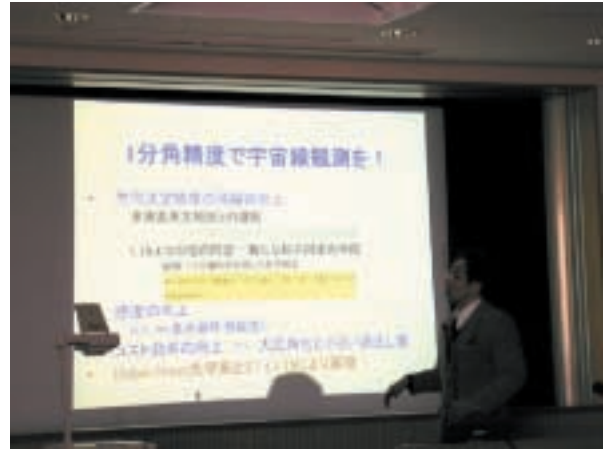
吉田哲也氏



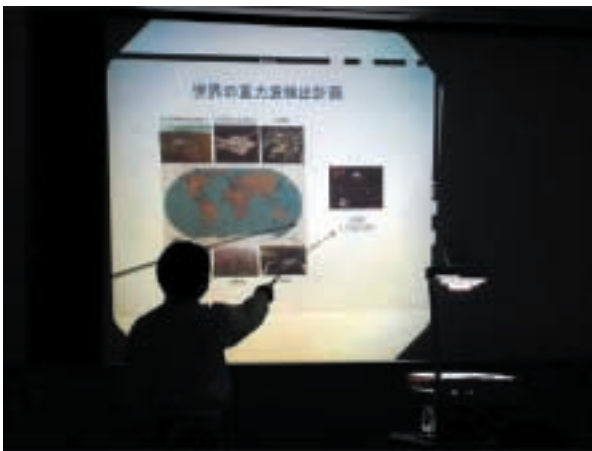
清水裕彦氏



杉山 直氏



佐々木真人



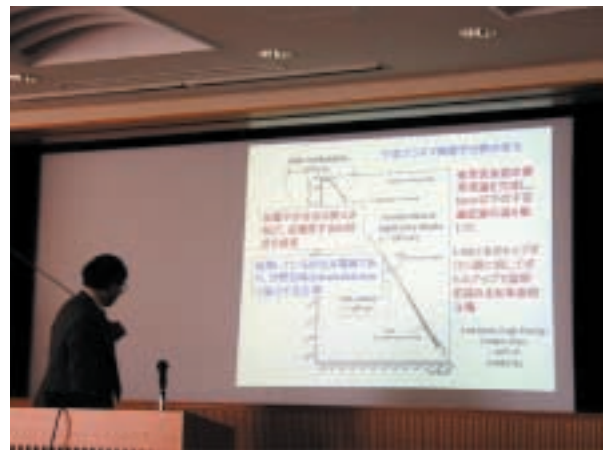
川村清見氏



梶田隆章



木舟 正



寺沢敏夫氏

自己紹介



大林由尚 (神岡グループ、助手)

2002年3月1日より神岡グループの助手に着任しました大林由尚です。

1年だけ高エネ研に在籍していましたがそれまで3年間神岡で研究員をしていましたので住み慣れた町に戻ってきた気分です。ご存知の

通り昨年末来スーパーカミオカンデは大変なことになっていまして、着任早々再建作業の最前線でバリバリ働いております。

今年中にスーパーカミオカンデの再建を終え、早速つくば-神岡間長基線ニュートリノ実験(K2K)やそれに続く東海村-神岡ニュートリノ実験に向けてがんばってゆきたいと思います。時々神岡の山奥から柏にも足を運びたいと思いますのでお見掛けの際には声をおかけください。よろしくお願ひします。



久野純治 (理論グループ、助教授)

3月16日付で理論グループに所属しています。今までは、素粒子の標準模型を越える理論の研究、特に超対称性のある模型の現象論を主に研究してきました。宇宙線研究所に

来る前はKEKに所属していました。私の研究内容

が実験、観測に直結しており、KEKの次に宇宙線研究所へと、世界に情報を発信している研究所に移れたことをとても幸せと思っています。せっかく宇宙線研究所にきたのだから、今度は研究対象を宇宙へと広げていきたいと思っています。まずは手始めにダークマター観測の研究を開始したところです。大学院を出て以来3年以上同じ場所で研究を続けたことがないのですが、今度は腰を落ち着けてじっくりと宇宙線研究所の方々と付き合っていけたらと考えています。



浅岡陽一 (TAグループ、助手)

2002年4月1日よりTAグループの助手になりました浅岡陽一です。

これまではBESS気球実験に参加し、宇宙線反陽子流束の測定等に携わってきました。

同じ宇宙線といえども、BESSとTAでは実験の手法等が全く異なり、毎日が新鮮です。

Telescope Array計画の目指す、 γ 線、ニュートリノまで含めた最高エネルギー宇宙線の物理には非常に大きな可能性があると感じています。「♪思い込んだら試練の道を……」ということで、猪突猛進でがんばっていきたくと思っていますので、宜しくお願ひします。

ICRR-Seminar 2001年度

- 12月20日(木) Prof. Vladimir A. Dogiel 氏 (ISAS and P.N. Lebedev Institute, Moscow)
“Hard X-ray emission from the galactic disk and spectrum of subrelativistic cosmic rays”
- 12月21日(金) Dr. Jim Hill 氏 (ICRR/State University of New York at Stony Brook)
“New Results from K2K”
- 1月24日(木) Dr. Roger Clay 氏 (Department of Physics and Mathematical Physics, Adelaide University, Australia)
“Cosmic Ray Propagation and the Cosmic Ray Source Spectrum”
- 2月13日(水) 谷畑 千春氏 (東京大学理学研究科・物理)
“ブレーザー天体の多波長観測によるジェットの活動性の研究”
- 2月15日(金) 身内賢太郎氏 (東京大学理学研究科・物理)
“フッ化リチウムボロメータを用いた大深度地下実験室における暗黒物質探索実験”
- 2月18日(月) Dr. Ricardo Vazquez 氏 (Univ. Santiago, Spain)
“Horizontal Showers from Haverah Park and Auger observatory”
- 3月4日(月) Prof. Jnanadeva Maharana 氏 (KEK/Institute of Physics, Bhubaneswar)
“From Big Crunch to Big Bang”
- 3月18日(月) 岩下 大器氏 (神戸大学理学研究科)
“K2K 実験における SciFi 検出器と現在までの成果”
- 3月19日(火) Prof. Anatoly V. Butkevich 氏 (Institute for Nuclear Research Russian Academy of Science, and ICRR)
“Baksan Neutrino experiments :data and analysis”

人事異動

発令日	氏名	異動内容	現(旧)官職
平14. 3. 1	大林由尚	新規採用	神岡助手
平14. 3. 16	久野純治	(KEK) 転入	理論助教授
平14. 4. 1	浅岡陽一	新規採用	TA 助手
平13. 10. 1	平澤敏之		共同利用掛長(医学部附属病院)
平14. 4. 1	田中新太郎		事務部長(工学部)
〃	小林仁		経理課長(経理部経理課)
〃	大木利治		経理課長補佐(国立教育政策研究所)
〃	西永岩文		用度第二掛長(国立西洋美術館)
〃	吉澤亮		経理主任(海洋研究所)
〃	松崎弘		経理第二掛長・総務掛長(経済学部)
〃	長野國明		施設第一掛長(農学部)
〃	吉田滋	転出	千葉大理学部助教授(TA 助手)
〃	木村憲	〃	医科学研究所事務部長(事務部長)
〃	安田道義	〃	生産技術研究所経理課長(経理課長)
〃	渡部利昭	定年退職	(経理課長補佐)
〃	吉村悦子	転出	附属図書館会計主任・会計掛長(専門職員)
〃	関辰男	〃	附属病院管理課研究協力主任・研究協力掛長(用度第二掛長・経理第二掛長)
〃	中村弘	〃	研究協力部国際交流課専門職員・駒場ロッジ(総務掛長)
〃	浅野耕二	〃	東京国立博物館会計課施設・設備掛長(施設第一掛長)

No.48

2002年5月31日

東京大学宇宙線研究所

〒277-8582 千葉県柏市柏の葉5-1-5
TEL (04) 7136-5106又は5137
編集委員 大橋正健 大西宗博