

ICRR

ニュース

No. 18
1993. 9. 15

東京大学宇宙線研究所

将来計画検討小委員会中間報告特集号

研究所の将来計画について（検討小委員会の中間答申）

所長 荒船次郎

宇宙と素粒子の近年の研究はともに緊密に絡んで発展して来ました。進展著しい二つの基礎科学分野にまたがる「広い意味の宇宙線物理学」をさらに発展させるため、全国の関連分野の第一線の研究者に検討小委員会を構成して頂き、2年にわたる検討の結果、中間答申が発表されました。広く読んでいただくため、ここに掲載します。

吉村委員長はじめ各委員の方々には御多忙の中を何度も検討を頂き、どうも有り難うございました。

今から7年前にもこのような検討小委員会が作られ、翌年「スーパー神岡地下実験計画」の推進が提言されました。そのスーパー神岡計画は皆様の御支援により2年半後に完成すべく建設が進んでいます。

今回の検討では、計画は2つに絞られ、「重力波望遠鏡」と「宇宙線望遠鏡」の計画が提案されています。皆様の御意見を伺い、最終答申作成の参考にさせて頂ければ幸いです。

将来計画検討小委員会中間報告について

将来計画検討小委員会委員長 吉村太彦

共同利用運営委員会で将来計画検討小委員会の委員を命ぜられてから約2年随分長い時間が経ちました。生来私はなまけもので、とりまとめ役に不向きなのですが、戸塚委員と荒船所長の熱心な勧めで委員長を引き受けたのは不覚の誤りでした。以下の報告にもありますように、この2年間、度重なる委員会、将来計画シンポジウムなど、委員の方々にはお忙しい中、最大限の御協力を頂きました。ここに深く感謝したいと思います。とりわけ戸塚幹事には、報告の草稿を書いて頂くことを含めてなまけものの委員長に代って委員会の実質的なきりもりをやって頂きました。戸塚さんの力なくしてはこの委員会は

機能しなかったと思われまます。

この報告は中間報告であり、今後ここで推薦されている二計画について再度検討をする予定ですが、委員会の仕事としては峠を越したのではないかという印象をもっています。前回の将来計画検討小委員会の時と較べて、今回は宇宙線研究所をとりまく環境も随分変わりました。スーパー神岡以後の大型計画ということで、目標ははっきりしていますが、将来計画の具体化という面で前回の神岡計画に並ぶものはなかったように思います。推薦されている二計画の推進者の今後の奮闘を期待しています。

大型計画実行の人的組織化ということでは随分考

えさせられることがありました。高エネルギー実験ではもともと巨大な計画を動かしてきたこともあって、組織づくりに実績があります。一方、宇宙線、重力波の分野は小規模プロジェクトでやってきたこともあって、大型計画の立案もなかなか簡単でないようです。しかし、非加速器素粒子物理、天体・宇

宙物理実験に対する期待は大きく、宇宙線研究所がその期待に答える時代が来ています。過去のいきさつに捕らわれない大胆な発想の転換が求められています。そのためにも、宇宙線研究者の不断の努力をお願いします。

中間報告書

平成3年6月 将来計画検討小委員会

1. 将来計画検討小委員会の概要
2. 中間答申
3. 中間答申に至った理由
 - 3-1. 研究すべきテーマ
 - 3-2. 研究装置の技術的妥当性、立地条件、組織及び経費の規模
4. 終わりに

1. 将来計画検討小委員会の概要

構成メンバー

東北大理	教授	吉村太彦 (委員長)
国立天文台	教授	海部宣男
神奈川大工	教授	笠原克昌
京大理	教授	小山勝二
東大理	教授	佐藤勝彦
高エネルギー研	教授	高崎史彦
神戸大理	教授	武田 廣
宇宙線研	教授	戸塚洋二 (幹事)
宇宙線研	助教授	手嶋政廣 (書記)

オブザーバー

宇宙線研所長	教授	荒船次郎
--------	----	------

委員会召集の目的

宇宙線研究所は1986年、広い基礎物理分野をサーベイして、同研究所が将来遂行するのに最も適した研究計画を検討すべく、第一回将来計画検討小委員会を設けた。長島順清氏の委員長のもとで翌年結論を出し、第一にスーパー神岡実験計画を推進し、陽子崩壊・太陽ニュートリノ・天体ニュートリノ等の研究を行うこと、第二に高エネルギーガンマ線天文学等の非加速器・高エネルギー天文学を推進する、第三にその他物理的に興味深いもので、独創的、萌芽的な研究課題を機動的に取り上げていくべきであるとの答申を与えた。

現在、スーパー神岡実験用大型水チェレンコフ装置の建設が軌道にのりだし、次期将来計画を検討する上で良い時期であること、また前委員会から既に5年を経過しており、新しい検討を行う必要がでてきたこと等の理由により、1991年、共同利用運営委員会において本将来計画検討小委員会を設ける事が決められたものである。

第一回将来計画検討小委員会が出した結論の第三の点に強調されているように、独創的、萌芽的研究を機動的に行なうことの重要性は言うまでもないが、本検討小委員会は大型の長期的将来計画のみを検討の対象としたことをお断りしておく。

委員会の経緯

- ・第一回 (1991. 7. 20)
 - 一委員長、幹事選出。
 - 一フリーディスカッション、意見交換。
 - 一今後、宇宙線の将来計画について、関連分野の将来計画について聞くこととする。
- ・第二回 (1991. 11. 15)
 - 一宇宙線研究所の研究活動の現状。
 - 一関連分野(天文台、宇宙研、高エネルギー研)の研究活動の現状と将来計画。
 - 一新しい研究提案の紹介(重力波天文台)
- ・第三回 (1991. 12. 26)
 - 一新しい研究提案の紹介(衛星GeV領域ガンマ線計画)
 - 一新しい研究提案の紹介(衛星による一次宇宙線化学組成の研究)
 - 一新しい研究提案の紹介(宇宙線望遠鏡計画)
- ・第四回 (1992. 3. 31)
 - 一ニュートリノ天文学のreview
 - 一研究会を開催し、広く研究計画について聞く方針とする。

〔宇宙線研究の具体的将来計画に関するアンケート配布〕(1992. 4. 13)

〔宇宙線将来計画シンポジウム〕(1992. 6. 30-1992. 7. 1)

・第五回 (1992. 7. 24)

一宇宙線将来計画シンポを踏まえてフリーディスカッション。

一いくつかの絞った研究計画についてヒアリングを重ねる方針とする。

一また、いくつかの研究計画の責任者に質問状を送ることとする。

〔質問状作成、送付〕(1992. 9. 21)

〔解答受領〕(1992. 12. 1)

・第六回 (1993. 1. 9)

一重点領域(重力波)の現状についての説明をうける。

・第七回 (1993. 3. 12)

一宇宙線望遠鏡計画(Telescope Array)についての説明をうける。

・第八回 (1993. 5. 22)

一中間報告書案が提案され、まとめ方について議論。

2. 中間答申

(1) 本小委員会の中間答申は以下の通りである。

① 宇宙線研究所がスーパー神岡計画完成後にこなうべき大型研究計画の候補として以下の2つの研究計画を推薦する；

「重力波望遠鏡」を国内に建設し、地球外からくる重力波を検出する事によりまったく新しい研究分野「重力波宇宙物理学」の開拓を目指す研究計画、及び「宇宙線望遠鏡」を建設し、最高エネルギー宇宙線観測と超高エネルギーガンマ線観測による「超高エネルギー宇宙物理学」の飛躍的發展を目指す研究計画。

② 当面の方策として、

両研究計画が実現できるよう、関係者はあらゆる機会を捕らえて努力する。また両研究の担当グループは、必要な技術開発・コストダウン・推進体制の強化・実証型装置の建設などに、さらに積極的にとりくむことが望まれる。

(2) 本小委員会は両計画を対象として、さらに議論を継続するが、今後以下の活動を予定している。

① 宇宙線研究所で研究計画を実施する場合を想定し、短期的計画等も含めたより具体的な研究

計画を本小委員会に提出することを、両グループに対し要請する。

② 両グループの報告をもとに、2つの研究計画について再び議論し、今後数カ月をメドに宇宙線研究所の大型研究計画に関する最終報告をまとめる。

3. 中間答申に至った理由

宇宙線研究所の大型将来計画の推進に関して留意すべき事項は、①研究目的に大きな意義があり斬新さがあること、②その研究の成果が当該研究分野に新しい展望を開くこと、③計画の実現性があること、であろう。

本小委員会はそのためにアンケート調査やシンポジウムの開催等により、種々の計画案を得た。それをもとにして本小委員会は適宜関係者からヒアリングを行い、上記中間答申に至ったものである。以下に、研究すべきテーマ、研究の実現性、研究の進め方について記述する。

3-1. 研究すべきテーマ

まず、宇宙線研究所が進めるべき研究は、広い意味での「宇宙線」を使って宇宙に関する知見を得る「粒子線宇宙物理学(Particle Astrophysics)」、及び宇宙線が地球に到達するまでに経験する極限の高密度物質や天文学的飛行距離さらには大量の自然に存在する物質を利用して素粒子物理学の研究を行う「宇宙素粒子物理学(Astro-Particle Physics)」である。広い意味の宇宙線とは、地球外から飛来する陽子や原子核、及びそれらが大気中で作る中間子やレプトン(電子、ミューオンやニュートリノ)等の2次粒子、地球外から飛来するニュートリノ、ガンマ線や電子、さらには地球外から伝播して来る重力波などである。

粒子線宇宙物理学・宇宙素粒子物理学はこれらの宇宙線を観測することにより、光、電波やX線による天文学とは質的に異なる宇宙の情報を得ることを目的とする。以下に、大型研究によって成果が期待される研究テーマを列挙する。

① ニュートリノ宇宙物理学：光や電波による太陽観測はいわゆる太陽光球面(半径70万km)までの情報をきわめて詳細に得ることが出来る。光球内の物質は熱的平衡状態にあるため、温度、圧力、密度等の簡単な物理量のみによってその状態を記述することができ、そのために太陽内部の、例えばエネルギー発生機構の直接的検証

は原理的に不可能である（ただし、近年太陽震の研究から太陽内部の構造研究にある程度の進歩があった）。そのためには、太陽中心部（半径4万km以内）より熱平衡からはずれて飛び出して来る粒子、即ちニュートリノを観測する以外にない。また、超新星爆発の観測においても、光や電波は超巨星の表面（半径1千万km～数億km）の観測に限られる。しかしニュートリノ観測は爆発の中心部約10kmの部分（光球に対応するニュートリノ球表面）を観測することが出来るのである。この「ニュートリノ宇宙物理学」はParticle Astrophysicsの典型的な例であり、電磁波の観測に基づく伝統的天文学とは相補的な役割を担っている。

上に述べたニュートリノは発生源の環境温度で決まる1 MeV～数10MeVのエネルギーを持っている。ニュートリノによる宇宙の観測はこのエネルギー領域に限定されていないことは無論である。 10^{-4} eV近辺（温度にして2 K）には宇宙誕生後約1秒に作られた宇宙背景ニュートリノが宇宙に満ち満ちているはずである。超高エネルギーのニュートリノが地球外から飛来していることが分かれば、その発生源で超高エネルギー素粒子反応が起こっている証拠となり、いまもって謎に満ちた宇宙線の起源に関する直接的情報を得ることが出来る。このように、ニュートリノ宇宙物理学に関しても電磁波観測とまったく同様に研究すべき広大なエネルギー（波長）領域があり、またその研究はようやく緒についたばかりである。

ニュートリノは依然として謎に満ちた素粒子である。素粒子（クォークとレプトン）の中で唯一電氣的に中性であり、他の素粒子と比べてその質量が極端に小さいかまたは光子のように正確にゼロなのかも知れない。もし、ニュートリノが有限な質量を持てば、クォークと同様に3種類のニュートリノ間で量子力学的混合が当然起こっていると考えるのが自然である。ニュートリノの質量を恒等的にゼロと仮定した素粒子の標準模型は18個以上の理論的に決められないパラメータを持っている。もし、ニュートリノの有限質量と世代間の混合が発見されれば、理論で決められないパラメータの数は更に7個またはそれ以上に増える。このような理論は到底究極の素粒子理論とは考えられず、本質

的な改良または拡張が必要である。ニュートリノの質量や混合角の実験的決定は素粒子理論の発展に本質的な寄与をすると期待されている。ニュートリノ宇宙物理学は、ニュートリノの特性の研究を通して素粒子物理学にも直接に大きな寄与をすることが出来るAstro-particle Physicsの典型的な例である。

- ② 重力波宇宙物理学：ニュートリノ球内部では、素粒子中で最も反応の弱いニュートリノでさえも熱平衡状態にあり、ニュートリノ球内部の情報を得ることはもはやニュートリノでは不可能である。その内部を更に研究することは重力波によってのみ可能となる。重力はニュートリノの作用力よりも更に何十倍も弱く、ブラックホールの地平線外であれば何物も重力波を遮ることはできず、重力子（重力を伝える仮想的素粒子）が熱平衡状態になることは決してない。重力波により、ニュートリノでは観測不可能な超新星爆発の本当の中心を研究することが可能である。従って、重力波観測によるまったく新しい研究分野「重力波宇宙物理学」は電磁波、ニュートリノの観測を更に質的に発展させた、新しい知見をもたらすことが期待されているのである。

重力波観測はニュートリノ観測と比べて非常に遠方まで観測可能であるという、大変大きな利点を持っている。活動銀河核の中心に存在すると思われている巨大ブラックホールの成長や中性子星同士の合体など、宇宙最大の破壊的ダイナミクスの研究、さらに波長領域は多様だが、始原重力波観測によるビッグバン宇宙初期のダイナミクスの研究などは、重力波観測によってのみその本質を直接みることが出来ると考えられ、将来必ず重要となるであろう研究分野である。

重力波はよく知られているように一般相対性理論の直接的予言であり、重力波の観測それ自体が強重力場における一般相対性理論の検証実験になっていることも注目すべき点である。これもAstro-particle Physicsの一例と考えてよいであろう。

- ③ 超高エネルギーガンマ線宇宙物理学：コンパクト星（中性子やブラックホール）や活動銀河核がいかんして膨大な量のエネルギーを生産し放出しているかは、近年活発に研究されている

分野である。観測は電波からX線まで殆どすべての電磁波の波長領域にわたって行われている。人工衛星による新技術は、電磁波による観測を更に短波長側に、即ち20GeV ($\text{GeV}=10^9\text{eV}$)までの高エネルギーガンマ線にまで拡張した。残念ながら全ての波長にわたった観測データのある天体は数少なく、今後の系統的観測が期待されている。中心にパルサーを持つカニ星雲は観測データが最も揃っている天体であるが、それが放出する電磁フラックスは全波長域にわたって滑らかに変化しており、全波長域で類似した電磁波の発生機構が働いていることを窺わせる。最近、超高エネルギーガンマ線 ($0.5\sim 5\text{ TeV}$ ($\text{TeV}=10^{12}\text{eV}$)) によりカニ星雲の観測が行われ、この領域では低エネルギーのガンマ線とは異なった発生機構が働いている可能性が指摘されている、即ち、電波から高エネルギーガンマ線におよぶ波長領域の電磁波は(超)高エネルギー電子のシンクロトロン放射で作られ、また超高エネルギーガンマ線はシンクロトロン放射で作られた電磁波と超高エネルギー電子との逆コンプトン散乱によって作られたとする興味ある理論模型が提出されている。

このような「超高エネルギーガンマ線宇宙物理学」がまず対象とするコンパクト星の近傍は、他の波長領域でも研究が進められてはいるが、星のエネルギー放出機構に新しい知見を加えると言う観点から、注目されている。

また、遠方の活動銀河Mkn421からも超高エネルギーガンマ線が飛来していることが観測されている。そのスペクトル型は1 GeV近辺の高エネルギーガンマ線領域と類似しているようであるが、さらに精密な観測は無論、新しい対象をもっと多く探ることが緊急の課題である。

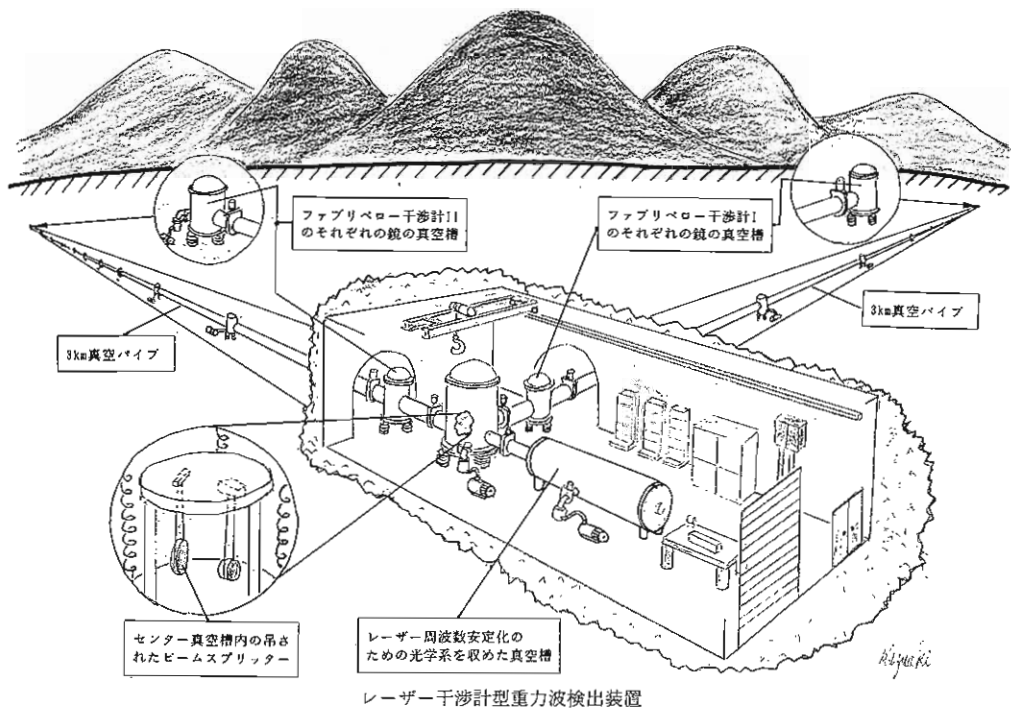
1 MeV近辺のガンマ線観測も大変興味もたれている。そのエネルギー領域に原子核の励起状態からの核ガンマ線が存在し、核ガンマ線の観測から当該天体の化学組成に関する情報を得ることが出来るからである。しかし、MeV領域のガンマ線観測は宇宙科学研究所を中心として計画が進められており、宇宙線研究所の大型計画としてとりあげる必要はないと考える。

10GeV \sim 500GeV間のエネルギー領域のガンマ線観測も興味をもたれている。その理由は端的に言ってエネルギー領域をGeV領域からさ

らに連続的に拡張したいという希望からきている。もう一つの理由として、銀河ハローに存在が確認されている暗黒物質が未知の重い素粒子で出来ており、それらが互いに衝突・消滅して数10GeVの単色ガンマ線を発生している可能性を検証することである。しかし、その議論はMeV領域ガンマ線観測の根拠の具体性と比べて、いささか説得力に欠けると思われる。数10 GeVガンマ線観測は技術的に難しいこと(大重量検出器を搭載した人工衛星)、また暗黒物質由来のガンマ線以外には、その先の超高エネルギーガンマ線観測と本質的に変わらない研究になることから考えると、宇宙線研究所の大型計画としては、超高エネルギーガンマ線観測をより優先させるのが順当であると考えられる。

- ④ 最高エネルギー宇宙物理学：宇宙を粒子加速器と見立てたとき、その加速最高エネルギーがどのくらいか、またどのような粒子(陽子が重い原子核か)がそのエネルギーまで加速されているのかは興味ある研究テーマである。最近の空気シャワーによる観測(AGASA)は 10^{20}eV 近くの1次宇宙線を観測することに成功しているが、そこまでの観測を単純に外挿すると 10^{20}eV 以上に5 \sim 7例観測が期待されるにも関わらず現在のところ1例も観測されていない。われわれはついに宇宙加速器の最高エネルギーにまで観測を伸ばしてしまったのだろうか。あるいは、最高エネルギー宇宙線の発生源が銀河系外にあり、それらと3 K光子との反応によるカットオフが 10^{20}eV 付近にあることを意味するのだろうか。この問題は更に研究する価値があることは明かである。

10^{20}eV は素粒子の大統一理論が要求するエネルギースケール $10^{24}\sim 10^{25}\text{eV}$ に近いことに驚かされる。 10^{20}eV に宇宙加速器の限界があるとすると、もしそのエネルギーを越えたところに宇宙線が発見されたとすれば、その起源は通常の粒子加速ではありえず、宇宙誕生の時に作られ最近になって超超高エネルギー宇宙線に崩壊した新しいエネルギースケールを持つ何物かに求めざるを得ない。これはまさに他の手段ではまったく研究不可能な新しい分野であり、宇宙加速器の最高エネルギー探索の延長として推進すべき「最高エネルギー宇宙物理学」なる新しい研究対象であろう。



レーザー干渉計型重力波検出装置

この装置は、2組の3km共振器長ファブリペロー干渉計I、IIからなるレーザー干渉計で、光路を真空に保つための真空パイプと鏡などの光学部品を取める真空槽が示されている。中央の真空槽にはビームスプリッターが、地面の振動を避けるため振り状に吊され、ファブリペロー干渉計のそれぞれの鏡は3km真空パイプ両端の真空槽に吊されている。装置全体は、低周波の振動の少ない地下に設置される予定である。(参考図。編集部挿入)

他にも 10^{16} eV領域で1次宇宙線がどのような化学組成を持っているかという興味ある研究テーマがあるが、それらは現在進行している研究の延長で可能と思われるので、上の議論に加えなかった。

以上が、本小委員会が宇宙線研究所の大型研究計画の候補として議論した研究テーマである。これらの研究テーマに順位をつけるのは大変困難であるが、研究の成功失敗を考慮せず、また技術的困難さの比較を無視して、あえて純粋に学術上の重要性・波及効果から順位付けをするとすれば、

- ① 重力波宇宙物理学、
- ② 最高エネルギー宇宙物理学、
- ③ 超高エネルギーガンマ線宇宙物理学、

となろう。ただし、ニュートリノ宇宙物理学は既に現在宇宙線研究所において大型研究が進行中であるのでこの対象から外した。

3-2. 研究装置の技術的妥当性、立地条件、組織及び経費の規模

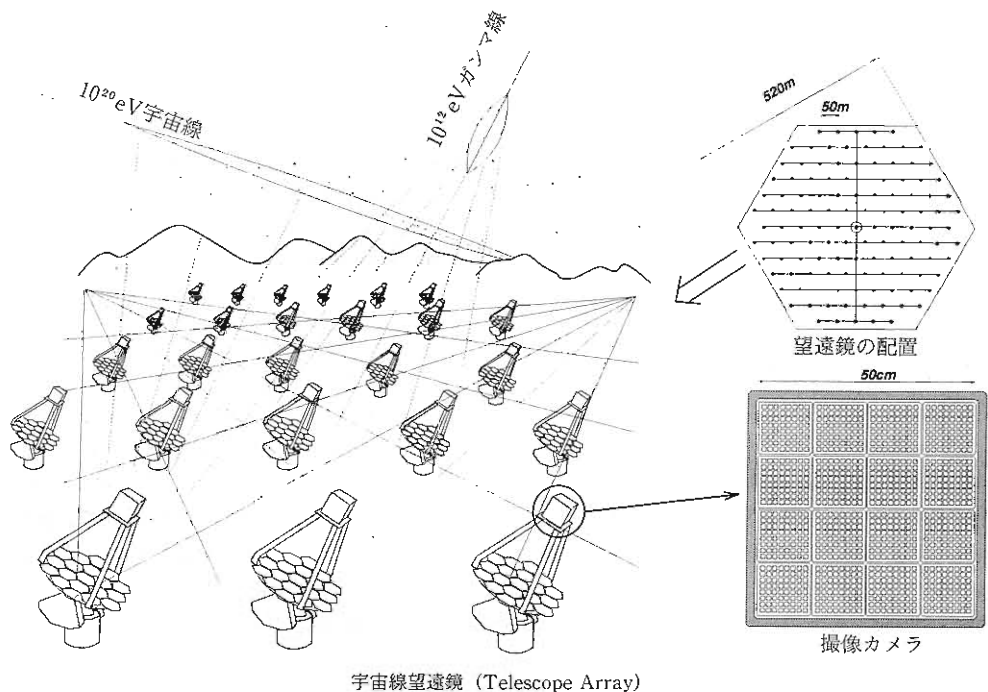
アンケート及びシンポジウムで提出された研究テーマの中に、前節で3つ上げた最重要研究テーマに関するものがあった。それらは、

- ① 長基線レーザー干渉計を用いた重力波観測；代表者、黒田和明；予算、約10億円（第1期）、約100億円（第2期）；建設年次計画、第1期、3年計画、第2期、5年計画、
- ② Telescope Array for Advanced Studies of Cosmic Rays at the Highest and TeV Energies；代表者、永野元彦；予算、約150億円；建設年次計画、5年、

である。これらはまさにわれわれが期待していた将来のテーマを目標においた計画である。その他興味ある研究テーマが多くあったが、特に

- 100MeV-200GeV宇宙ガンマ線の直接測定計画；代表者、鳥居祥二；予算、約40億円（ただし人工衛星打ち上げ費用を含まず）；建設年次計画、7年、

があり、本小委員会で議論したが、衛星計画を宇宙線研究所が主体的に行なうのは困難があることなどから、最終的に考慮の対象からはずしたことをここに記しておく。上の2研究が考えている装置の仕様を次に示す。



この装置は、40km離れた2箇所のステーションに設置された127台（駆動型）+127台（固定型）の3m口径の反射望遠鏡からなる。ステーションの想像図、望遠鏡配置図、イメージカメラを示す。この装置により、 $\geq 100\text{GeV}$ ガンマ線からのチェレンコフ光と $\geq 10^{17}\text{eV}$ 空気シャワーからのシンチレーション光を高精度で測定し、従来にない精度と統計で高エネルギーガンマ線と最高エネルギー宇宙線による天文学を行なう。装置は、アメリカまたはオーストラリアの砂漠地帯に設置される予定。（参考図。編集部挿入）

① 重力波望遠鏡

第1期：

検出感度 $h < 10^{-20}$;
 ファブリペロー (FP) 型干渉計、基線長300
 m、フィネス1000 ;
 1ワットNd : YAGレーザー ;
 真空度 10^{-7} トル、

第2期：

検出感度 $h < 10^{-22}$;
 ファブリペロー (FP) 型干渉計、基線長3000
 m、フィネス80 ;
 100ワットレーザー、リサイクリング(ゲイ
 ン10倍) ;
 真空度 10^{-8} トル。

② 宇宙線望遠鏡

最低検出エネルギー ;
 100GeV (チェレンコフモード)、
 10^{17}eV (シンチレーションモード)、
 シンチレーションモード ;
 有効アクセプタンス、 $20,000\text{km}^2\text{sr}$ 、
 チェレンコフモード ;

角度精度、0.02度、

第1ステーション ;

127台反射鏡 (3m直径) ;

駆動式 ;

鏡間距離、50m ;

シンチレーション及びチェレンコフモード

第2ステーション ;

127台反射鏡 (3m直径) ;

固定式 ;

鏡間距離、50m ;

シンチレーションモードのみ : 受光、各反
 射鏡につきマルチアノード光電子
 増倍管16本づつ

第1・第2ステーション間距離、40km。

3-2-1 技術的妥当性

次に現在の試験開発の現状であるが、

① 重力波望遠鏡

科研費重点領域研究 (H 3-6) による20
 mFP干渉計、100mDelay-line (DL) 干渉計の建
 設と性能評価、防振系、光学系、レーザー系の
 試験開発。宇宙科学研の10m干渉計 (DL)、

Caltecの40m干渉計(FP)、Max-Planckの30m干渉計(DL)等のデータが基礎となる。ただしCaltecのFP干渉計は光ダイオードの信号を足し合わせており、光の合成出力を見ているのではないことに注意。

② 宇宙線望遠鏡

科研費試験研究、一般研究(H5-7)によるマルチアノード光電子増倍管の開発、プロトタイプ反射鏡を製作してユタ州に移動、現地テスト。AGASAアレー、Cangaroo望遠鏡、Whipple望遠鏡、Fly's Eye装置等のデータが基礎となる。

今後の課題はどうであろうか。

① 重力波望遠鏡

- (1) FP干渉計で、直角に配置された数10mの長さを持つ2軸の光を光学的に合成させることは現在まで行なわれていない。これは重力波検出への欠かせないステップであり、重点領域研究の重要なテーマの一つである。
- (2) 大強度、高安定度レーザーも今後開発されなければならない課題である。ただし、第1期計画のためのレーザー(1W)はそれほど難しくない。第2期計画の10Wクラスレーザーは実用に供するにはまだ多くの開発が必要であるが、製造の見通しはつきつつあるとのことである。また、レーザーパワーを約10倍有効に使うためのリサイクリングの技術も本格的な大きさのものは実用になっておらず、今後の開発が必要である。

いずれにせよ、各パートについてマイルストーンを設定して着実に試験開発を行なう必要がある。第2期のための試験開発は当面する第1期計画を確実なステップとなるよう充分吟味して立案し、その経験を蓄積しつつ行なうのがベストであろう。

② 宇宙線望遠鏡

- (1) 各コンポーネントともに技術的困難さは少ない。
- (2) むしろ、反射鏡の直径(Whippleのように10m径でなくなぜ3mなのか)や駆動型反射鏡の数(なぜ127個必要なのか)についての最適化がなされているかどうかを示して欲しい。
- (3) 大気の状態による系統誤差の評価及びそのための較正装置の開発が必要であるが、大した問題ではない。

いくつか列挙したが、その困難さは重力波望遠鏡

と比較してずっと少ないことは明かであり、頑張れば宇宙線望遠鏡の建設はすぐにでも可能であろう。

総合技術評価として、

- ① 重力波望遠鏡の第1期計画は現在の技術努力によって可能である(ただし、充分な吟味を前提とする)。第2期計画は第1期計画の運転とともにレーザー系の開発を行なう必要がある。
- ② 宇宙線望遠鏡の建設は技術的に十分可能である。コストダウンが必要である。

3-2-2 立地条件

① 重力波望遠鏡

正確に直角で3kmの長さを持った2本の直線状の安定な場所が必要である。シンポジウムで提案された第1案では必要な長さは300mとされているが、当然第2期を考えて計画を立てるべきである。日本で建設を行なう場合には地下にトンネルを掘るのが最適であろうが、慎重に候補地を選ぶ必要がある。

重力波の情報を完全に捕らえるには最低4台の望遠鏡が必要である。それぞれの望遠鏡は重力波の到来方向決定のためには相互にできるだけ離れていなければならない。このため、重力波宇宙物理学は必然的に国際共同研究となる。日本が重力波望遠鏡を1台担当することは地勢学的にみてもたいへん望ましい。

② 宇宙線望遠鏡

広大な敷地(相互に40km離れた2箇所に500m×500mの土地を確保)と良好な晴天率が必須である。国内では無理で、海外の標高の高い砂漠地帯等を探す必要がある。もう一つ考慮すべき点は宇宙線望遠鏡によって全天を覆う必要があるかどうかである(超高エネルギーガンマ線源のカタログ作り、最高エネルギー宇宙線の異方性の研究)。もし全天探索が必要であれば、南北両半球に最低2台建設する必要がある。

海外に装置を建設する場合の種々の困難を予め研究しておかねばならない。

最高エネルギー・超高エネルギーガンマ線宇宙物理学も必然的に国際共同研究となるが、日本グループの経験を生かして大きな貢献ができるであろう。

3-2-3 研究組織

両研究計画ともに、研究組織は(少なくとも高エネルギー物理学のセンスでは)弱体である。両計画の規模ならば、担当すべき装置のパートの数は5以

上になろう。それらの担当責任者は当然100%の力をその計画遂行に注ぐ心構えが必要である。即ちコアとなる5名以上の専属研究者プラス研究代表者1名を確保する必要がある。

従って両研究グループともに今後さらに組織の強化をはかることが望まれる。

3-2-4 経費の規模

① 重力波望遠鏡

経費の積算の根拠が薄い。各パートの経費積算と施設整備費の検討が必要である。今後の試験開発の経費の算定もほしい。

②宇宙線望遠鏡

コストダウンをはかるべきである。特にマルチアノード光電子増倍管と電子回路は高エネルギー物理グループと共同でコストダウンの努力をすべきである。反射鏡の駆動装置も大きな経費となっているので、駆動型反射鏡の数の最適化をもう一度行なう。

4. 終わりに

本小委員会は以上のような議論を通して、2章に掲げた中間報告を結論として提出する。二つの研究計画を併記したが、いずれも宇宙線研究所の将来計画として十分な成果をあげ得るものと確信する。3章に記したように、両研究計画は将来の実現に向けてさらなる試験・開発研究を大に行なって欲しい。

これらの大型研究計画の実施を考えるにあたって、多くの興味ある中小規模の計画を阻害することがあってはならないことは無論である。また、試験・開発を含む大型研究計画には多少の危険が伴うが、もっぱら安全を旨とする研究には画期的発見も期待できないのであるから、Particle Astrophysics/Astro-particle Physicsのような新しい分野には、危険を恐れず勇敢に立ち向かっていくことも必要であらう。

受賞

手嶋政広氏(空気シャワー部)は、カルガリー(カナダ)で開催された第23回宇宙線国際会議でShakti P. Duggal賞を受賞しました。この賞は、これまで宇宙線物理学、宇宙物理学の分野の研究で功績があり、かつ今後指導的役割をはたすことが期待される36才以下の研究者に授与されるものです。



人事異動

発令年月日	氏名	異動内容	現(旧)官職
5. 7. 31	大原真理子	退職	事務補佐員
5. 8. 1	土屋直子	採用	
5. 8. 16	鈴木厚人	事務補佐員 併任 東京大学宇宙線研究所教授(併任)	東京大学宇宙線研究所客員助教授

委員会報告

- 平成5年度第2回共同利用運営委員会
平成5年6月29日(火)
議題
1. 諸報告
2. 将来計画検討小委員会中間答申(案)について
3. 共同研究実施専門委員会(仮称)内規(案)について
4. 乗鞍観測所創立40周年記念祝賀会について
5. その他
- 平成5年度第1回協議会
平成5年7月8日(木)
議題
1. 報告
2. 研究所の将来計画について
3. 研究所の運営について
4. その他

研究報告出版状況

ICRR-Report

- (6) ICRR-Report-294-93-6
"Kamiokande Results on Solar Neutrinos and a Supernova Search"
Y. Suzuki
- (7) ICRR-Report-295-93-7
"Contributions to 23rd ICRC (Calgary, 19-30 July, 1993) from Emulsion Chamber Experiments at Mt. Chacaltaya and Pamirs"
Chacaltaya and Pamir Collaborations
- (8) ICRR-Report-296-93-8
"Direct Evidence of the Interplanetary Magnetic Field Effect on the Cosmic-Ray Shadow by the Sun"
M. Amenomori et al.
- (9) ICRR-Report-297-93-9
"Technical Feasibility Study of the Neutrino Beam at KEK"
K. Nishikawa, T. Kawakubo, H. Sato and T. Kajita
- (10) ICRR-Report-298-93-10
"Search for Neutralino Dark Matter in Kamiokande"

M. Mori et al.

- (11) ICRR-Report-299-93-11
"Study of Invisible Nucleon Decay, $N \rightarrow \nu \bar{\nu}$, and a Forbidden Nuclear Transition in the Kamiokande Detector"
Kamiokande Collaboration

ICRR-報告

- (3) ICRR-報告-107-93-3
"ミュオン・ニュー部 平成四年度共同利用研究成果報告書"

宇宙線研セミナー

- 7. 7月15日(木) 深尾 良夫(東京大学 地震研)
地球中心核の自動運動の検出(高感度重力波検出器の応用)
- 8. 8月13日(金) 永嶺 謙忠(東京大学 理学部)
宇宙線ミュオンを用いた巨大物質の内部探査

国際ワークショップのお知らせ

「超高エネルギー宇宙線観測技術」に関する東京ワークショップ

日時 平成5年9月27日(月)～30日(木)

場所 東京大学原子核研究所会議室

超高エネルギー宇宙線観測についての次期計画は、規模が大きく、かつ観測場所は地球上での最適地を選択する必要がある、国際共同研究として推進することが望ましい。これまでパリ(仏)、アデレード(豪)と開催してきたが、今回は日本グループが提唱している「宇宙線望遠鏡計画」及び米国ユタ大学が推進している「高分解能蠅の目望遠鏡計画」等光学観測の技術的問題点を中心に検討し、今後国際共同研究として推進していく作業を行なう。

問い合わせ：永野又は手嶋

No.18

1993年9月15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) 69-9592又は 69-2289

編集委員 永野、梶田