

ICRR 将来計画検討委員会からの報告書

日時：2007 年 8 月 31 日

(追加の議論を 11 月 26 日にテレビ会議で、またメールを通じた議論を行った。)

委員：荒船次郎（委員長）、吉田滋、井上邦雄、寺沢敏夫、三尾典克、手嶋政広、川崎雅裕、中畑雅行、森正樹（幹事）

オブザーバー：鈴木洋一郎 宇宙線研究所長、梶野文義 CRC 実行委員長

1. 全般

東京大学宇宙線研究所が共同利用研究者と協力してカミオカンデに参加し、スーパーカミオカンデを主導し、ニュートリノ物理学・天文学で世界的に研究をリードしたことはこれまでの大きな成功であった。しかし今後、さらに物理学・天文学の分野で世界的な研究をリードして行くことを期待するなら、常に、新しい魅力あるテーマを見出し、それを実行する適切な組織・研究体制を整えて行くことは、不可欠であり、大変な挑戦でもあることは当然である。

宇宙線研究所が現在関わっている幾つかの将来計画が、そのような期待に応える魅力を持ったものか、また、それを実行して行く組織・体制の状況はどうかを調べてまとめ、研究所が力を注ぐ方向を探るべく、当委員会はシンポジウムを開き、意見の交換を行った。

諸計画は、将来的な魅力、実行可能性について様々であり、検討が十分でない計画が多い現状で、研究の主機関として行うプロジェクトの数を宇宙線研究所の規模に見合った数に、今の段階でどこまで絞ることが適切かについては、現状ではグループが分散化しすぎており、実験が大型化・国際化している状況の下で、主要な貢献ができるような規模にグループをまとめる必要があるとする考えが強くある一方、小規模なグループによる機動性のある実験、R&D は将来への投資としても不可欠であり、統合化だけが必ずしも必然的な方向とは限らないのではないか、という意見もあった。さらに検討を行って欲しい課題も含め、以下に、シンポジウムで提案のあった諸計画について、現状をまとめる。以下、各提案は実施可能な「提案プログラム」と、R&D が必要な「R&D プログラム」に範疇を分けて扱った。

2. 個々のプロジェクトに関するコメント

2-1. IceCube++ with AURA

IceCube は完成すれば GZK neutrino の検出に必要な感度に到達する可能性がある。提案されている Outrigger は電波観測を伴わなくても GZK neutrino のエネルギー領域の有効体積を増やすという意義を認めるが、その見込みを定量的に示してほしい。電波検出 (IceRay) は最高エネルギーでのみ有効だが、まだ LPM 効果の問題など検出方法に不定性が残る。

「提案プログラム」の範疇だが R&D を要する部分もあり、研究所内に共同研究者がいない現状では所の計画として推薦するには無理があるが、最高エネルギー宇宙線分野の将来計画の一つの可能性として検討し、適切な時期に判断すべきである。

2-2. 高エネルギー分解能 GeV ガンマ線検出器の開発

超伝導磁石を用いた軽量型のガンマ線衛星実験としてアイディアは面白い点もあるが、GLAST の打ち上げが迫っている現在、感度がその 10 倍程度は得られるよう設計変更の検討が必要であろう (たとえば制動放射観測を捨てても軽量化して大型化する可能性等もあるかもしれない)。また、冷凍機や冷媒などを含めたシステムとしてのデザイン、実験を担うマンパワーの検討、などの点も不十分であると言わざるをえない。

「R&D プログラム」の範疇であるが、宇宙線研をホストとして予算要求をするプログラムとしては推薦できない。

2-3. メガトンクラス水チェレンコフ測定器のための開発研究

陽子崩壊が観測されればその物理的意義は計り知れないほど大きいですが、寿命の理論的予測は不確定性を伴っており、上限が得られるだけであっても十分な物理的意義を持つ実験であることが望ましい。ニュートリノ観測については、もしニュートリノ振動の混合角 θ_{13} がある程度大きいことが分かれば、メガトンサイズの測定器をつくる意義は確実に広がる。光電面の被覆率は予算規模と直結する。陽子崩壊の νK モードや超新星ニュートリノなど、中性カレント事象の 6 MeV γ を見るためには光電面の大きな被覆率を確保する必要がある一方、それほど被覆率を要しない現象もありうる。予算規模を大きくできない場合の優先度を検討しておく必要があるだろう。また、中性カレント事象の効率を上げるために Gd を添加する可能性については、透過率、放射性同位体の低減方法などが示されればオプションになりうる。

「R&D プログラム」の範疇として、優先して推進すべきである。特に、光センサーを安価に製造できるようになれば物理の可能性が広がる。特任教員を採用するなどによりマンパワーの確保が必要である。

2-4. ガンマ線観測用大規模チェレンコフ望遠鏡アレイによる国際観測

南天でのガンマ線天文学を開拓したことは CANGAROO グループの初期の大きな功績であるが、国際情勢は変化しており、日本が力を発揮して高い成果が上げられるような国際協力実験をどう実現するか、早期に示すべきである。

「R&D プログラム」の範疇と考えられるが、提案された計画は再検討が必要である。グループを再編成し、拡充して、地上ガンマ線天文学の将来計画である国際協力実験 CTA に参加し CTA のサブシステムを担当する計画であるなら、その中で、CANGAROO 施設はどのようにするのか、何を分担し、日本チームの存在意義とリーダーシップをどう発揮して研究成果を上げるか、プロトタイプの開発などの R&D をどう行うのか、明確に提示する必要がある。

2-5. 液体キセノン宇宙素粒子実験 (XMASS 実験)

これまでの R&D の努力は評価できるものであり、将来計画検討委員会は研究所の事業の一つとして認めることが適切であると判断する。暗黒物質を探索する Phase-1 実験の着実な進行を期待している。Phase-2 で目指す 0ν 二重ベータ崩壊と pp 太陽ニュートリノの研究はともに重要な課題であると認識している。

Phase-2 は「R&D プログラム」の範疇として、Phase-1 と同時進行で、優先して推進すべきである。また、安全管理については徹底を図ってほしい。

2-6. チベット AS γ 実験の次期計画(Tibet AS+MD+YAC) : 「100TeV 領域(10-1000TeV)」ガンマ線天文学と Knee エネルギー領域の一次宇宙線化学組成の研究

Knee 領域の宇宙線化学組成を知ることは、宇宙線の起源・加速・伝播の問題を考える上で重要であるので、それが確実に測定できるなら意義は大きい。しかしモンテカルロ計算依存の部分はさらに詰めていく必要があると思われる。

また、ガンマ線観測プロジェクトとしては、MAGIC・HESS あるいは将来の CTA (3km \times 3km) など、チェレンコフ望遠鏡アレイとの厳しい国際競争が予想されるが、北半球の全天探索や広がったガンマ線源の探索が可能という特色、予算規模は中程度であり早期に実行可能という利点がある。北天のソースは少ないと予想され、またその少数の天体に対して得られる 100 TeV 領域のスペクトルの範囲は統計的に限られるが、早期に実現できるなら、期待される結果に対する費用対効果は、他の大型国際協力プロジェクトに参加する場合の費用と比較して必ずしも悪いとは言えない。

「提案プログラム」の範疇として、中国側の予算獲得努力をサポートしつつ、科研費などを獲得して短期間に進めていくことを期待する。

2-7. 最高エネルギー宇宙線の研究

完成をみた Telescope Array による北半球で AGASA・HiRes を超える統計を備えた最初のデータに将来計画検討委員会は期待している。Auger と同じ水タンクを設置して（あるいは TA の地上検出器を Auger に設置して）の相互キャリブレーションの提案は面白いものの、委員会では明瞭な意見が出なかった。また、電波観測によるシャワーの検出については、自己トリガーができない、横分布が狭いなどの問題点について更なる検討が必要である。

「提案プログラム」として、建設されたばかりの TA 装置の運転はサポートされるべきであり、TALE 計画については米側の早期予算獲得に期待しているが、「R&D プログラム」の範疇である電波観測等他の提案に対しては検討が不十分な点が多い。それらを見直すと共に、北 Auger への参加の可能性も含め、具体性のある将来計画の検討を進める必要がある。

2-8. 重力波の総合的研究

重力波を最初に直接的に検出できれば、その意義は大変に大きいことはもちろんである。LCGT 計画の概算要求は、国立大学法人化後の大型研究予算の枠組みができていなかったため遅れているのは残念である。Advanced LIGO の予算が通った場合、最初の発見を競争できる期限までにはあと 1~2 年しかない。しかし、重力波は国際観測網を作って同時に観測することによってその検出に対する信憑性が大きく増すので、たとえ最初でなくてもほぼ同時期であれば、LCGT を建設して共同観測を行う意義は大きい。

「提案プログラム」として、早期に予算化されることを期待する。また、Collaboration の国際化をさらに進めてほしい。

2-9. 宇宙線生成核種の高精度分析による宇宙・地球環境の過去・現在・未来の解明

加速器を用いた質量分析の重要性は、自然科学から人文科学にまで及ぶ非常に多様な分野にわたる有用なものとして理解できる。しかし、現時点でこの「提案プログラム」を ICRR から概算要求し、施設として加速器を建設するのは難しい。実際の加速器建設には他の共同利用機関等との協議も必要であろう。それ以外の形で実験グループとどのような協力の形がありうるのかを検討していただきたい。たとえば、宇宙線研の共同利用研究としてシンポジウムの開催を申請されるような場合は宇宙線研がサポートすることが望ましい。

2-10. Ashra プロジェクト

観測装置のアイデアは面白く、広角と高分解能が効率よく構想通りに実現すればその将来性があると思われるが、要素技術の開発結果の詳細について、将来計画検討委員会の質問に対して提案者からなされた回答では、開発要素の課題がクリアされていると納得できるものではなかった。また、第1期計画のガンマ線と高エネルギー宇宙線ニュートリノ検出に関しても、参加研究者のマンパワーのさらなる投入や、感度を裏付けるシミュレーションが必要であろう。将来計画検討委員会では、現段階で研究所がミッションとして行う研究として認められるという議論にはならなかった。

3. 将来の研究所の柱となる研究の方向性についての提言

重力波の計画は予算が大きいため、その早期実現には組織のありかたも含め柔軟に多様な可能性を含めて追求して欲しい。進行中のプロジェクト以外に、将来の練られた計画で当委員会として是非実現を望むものは、現在、この重力波の観測計画のみであり、しかも、その実現が容易でないことから、研究所は将来に向けて大いなる奮闘が必要である。超高エネルギー宇宙線の観測は、ほぼ完成した Telescope Array 実験が出す成果を見て、国際動向を見据えてその後を判断するべきである。チベットにおける宇宙線化学組成の研究は simulation の精密化と共に早期に観測できることが望まれる。

XMASS 及びメガトンクラス水チェレンコフ測定器の研究は、研究所として引き続き R&D を行って欲しい。

宇宙ガンマ線観測については、主として、(i) CANGAROO グループの CTA 参加計画と (ii) チベットにおける水チェレンコフ光観測を併用した地上アレイによる観測計画、及び (iii) 独特の観測装置を用いた Ashra 第1期計画、および (iv) 超伝導磁石を用いた実験、が提案された。(i)の提案は最も大規模なもので、しかし検討すべき課題が多く残っている。(ii)は世界的にチェレンコフ望遠鏡が主流の中で独特のもので、予算があれば実行可能な中規模計画である。(iii)は計画通りの成果が上げられかどうかについて当委員会は十分納得することが出来なかった。(iv)は検討が未だ不十分なものと判断した。

高エネルギー宇宙ニュートリノに関して IceCube++ with Aura が提案されているが、共同研究者の体制や R&D 研究の成果を検討する必要がある。

ICRR の規模でサポートできるプロジェクトの数にはおのずと限界があるため、物理目的が共通するならプロジェクトの整理統合を行っていくことが望ましいだろう。中でも、ガンマ線分野は本研究所に関心の高い実験家が多いが、計画の中身をさらに魅力あるものとし、グループを再編・統合して国際協力をする可能性など、研究所として、ガンマ線分野は引き続き、検討して行くこと

も必要かもしれない。

宇宙線研究所の将来計画は、今回提案があったプロジェクトに限られるものではなく、これまでの範疇を超えた野心的なプロジェクトの芽を育てていくことも必要であろう。たとえば、今回正式の提案にはなかったが、宇宙線研究所内一部で検討されている課題として、21cm 電波の $z=10\sim 100$ に及ぶ赤方変移観測による宇宙水素史の研究があるが、この電波観測の物理的意義に素粒子物理が関係するか否か、費用の概算、新しい技術を出せる人材が得られる可能性などの検討も期待したい。

今後の宇宙線研究所の将来計画は、大型国際共同実験となる可能性が高く、その中で、日本グループが重要な貢献とリーダーシップを発揮できるよう計画を練り上げることが必要である。