

宇宙線研究所2019年外部評価委員会報告書の和訳¹

本委員会（2019年度東京大学宇宙線研究所外部評価委員会）は、東京大学宇宙線研究所（以下、単に宇宙線研究所とする）の研究・教育・アウトリーチ活動、および所がホストする共同研究の科学的成果の強化に向けた努力に関する評価を行った。評価に関わるヒアリングは2019年5月15～17日の3日間に渡って東京大学柏キャンパス内の宇宙線研究所において行われた。本委員会はヒアリング後直ちに印象を暫定的評価報告としてまとめた。その暫定的評価報告に基づき、またメールによる外部評価委員の意見交換により、ここに外部評価委員会による最終的な評価をまとめるものである。

I. 報告概要

Ia. 研究活動全般に関する概要

前回2013年の外部評価以降、素晴らしい研究成果および建設プロジェクトの進展、国際共同利用研究拠点の立ち上げなどの成果を挙げていることは喜ばしいことである。以下の素晴らしい進展、科学的業績は特筆に値する。

- ・ 本委員会はスーパーカミオカンデ (SK) が重要な成果を出し続けていることを賞賛する。とくに重要な成果として、ニュートリノ質量の階層性が normal hierarchy であることを 90% 以上の信頼度で観測したこと、Dirac CP 位相が $3\pi/2$ 付近に存在する示唆が得られたことなどが挙げられる。
- ・ T2K 実験では、それぞれ 1.51×10^{21} 個、および 1.65×10^{21} 個の陽子を標的に照射し、ニュートリノ、および反ニュートリノビームを生成した。それにより、 7.3σ で ν_e 出現現象を観測し、さらに90%以上の信頼度で δ_{CP} が 0 でない有限の値を取ることの示唆を得た。
- ・ テレスコープアレイ (TA) における観測結果は、宇宙線の発生する点源あるいは発生領域（赤緯に依存する流量、およびホットスポット）に関連する異方性を示唆している。
- ・ 前回の外部評価委員会後、KAGRAは重力波検出器の建設に関していくつかの重要な節目を乗り越えた。KAGRAは2019年末から2020年始めに、LIGO (LL)、Virgo (V) の両検出器とともに、“O3” (third observing run, 第3回国際観測) に参加することを計画している。
- ・ 観測的宇宙論グループと理論グループの研究活動はたいへん活発で、前回の外部評価委員会後も質の高い論文を出版し続けている。
- ・ 日本のCTA計画では4つの大口径望遠鏡 (Large Sized Telescope, LST) をスペインのラパルマ (Northern Site) に2021年までに、さらに4基のLSTを南半球のチリ、パラナル (Southern Site) に

¹ 外部評価委員会の報告書原文は英語で書かれており、この和訳は宇宙線研究所の責任において作成され、外部評価委員会委員長の了解を得て公表するものである。訳文において不明確な点は原本を参照されたい。

建設予定である。グループは前者のための資金を2016年に獲得し、建設が順調に進められている。宇宙線研究所の主導のもとにラパルマ建設が進められたLSTの1号機の完成は、本分野の特筆すべき業績である。

本委員会は、梶田教授によるノーベル賞受賞やSKチームとT2Kチームのブレークスルー賞受賞につながった、世界を牽引するニュートリノ振動の業績を祝福する。

本委員会は今後10年スケールの将来計画であるハイパーカミオカンデ (Hyper-K) の重要性を認める。Hyper-K はニュートリノセクターの CP非保存について解き明かし、ひいては宇宙における物質・反物質の非対称性という重要な問いに答えるための洞察を与え、世界をリードする可能性を秘めている。また、陽子崩壊の探索や超新星ニュートリノの検出も重要な目標である。技術的な観点からすると、Hyper-K計画は予算を得て実行される準備ができています。本委員会は、Hyper-K計画がこれらの重要な物理の分野で世界をリードするという点において手遅れとならないよう、迅速に実行に移されることを強く支持する。

Hyper-Kのように、多くの研究者が参加し、複数の財源からの資金で運営される大規模プロジェクトを進めるために、宇宙線研究所はプロジェクトマネジメント (システムエンジニアリングを含む) を行う強固なシステムを構築し続けるべきである。

KAGRAは建設から運用の段階に移行しつつある。成功への鍵は集中したコミッショニングの継続と安定した長期運用モデルの構築にある。本委員会は、KAGRA (とその他すべての重力波検出器) がその科学的目標を達成するために、KAGRAとその他の重力波観測実験との間での人的交流が進められることを奨励する。

本委員会は宇宙線研究所が南CTAサイトに4基のLSTを建設するための資金獲得に向け努力することを支持する。

本委員会は宇宙線研究所の若手研究者に対するインタビューを行った。若手研究者は宇宙線研究所の研究環境に概して満足しているようであるが、より頻繁な他分野との交流を求める声も聞かれた。

本委員会は、宇宙線研究所が多様性を促進させるようなプログラム (例えば海外からのポスドク応募者が応募しやすいように夏に公募するなど) を構築することを推奨する。

Ib. 研究プロジェクト/プログラムの概要

1. ニュートリノと宇宙素粒子

1-1) Super-K

Super-Kはニュートリノ質量の階層性が normal hierarchy であることを 90% 以上の信頼度で観測した。また、Dirac CP 位相が $3\pi/2$ 付近に存在する示唆を得た。太陽ニュートリノ解析に関しては、エネルギーしきい値がさらに下げられ、昼夜非対称性が 2.9σ の有意度で観測された。 Δm^2_{21} の観測で得られた他の観測とのずれは注目に値する。ニュートリノ振動の観測以外にも、WIMPの自己消滅、核子崩壊、超新星爆発起源の残存ニュートリノの探索が行われ、世界をリードしている。検出器は改装され、水漏れも無事補

修された。SK-Gdへ向けた重要なステップである。

1-2) T2K

T2K実験では、それぞれ 1.51×10^{21} 個、および 1.65×10^{21} 個の陽子を標的に照射し、ニュートリノ、および反ニュートリノビームを生成し、解析を改善し続けている。T2Kは 7.3σ で ν_e 出現現象を示し、90%以上の信頼度で δ_{CP} が0でない有限の値を取ることの示唆を得た。Super-Kにガドリニウムを加える計画により、反ニュートリノ解析のさらなる向上が見込まれる。また、加速器と前置検出器のアップグレードにより統計誤差、系統誤差の改善も見込まれる。系統誤差のさらなる理解のため、T2KとNO ν Aによる合同解析も進行中である。

1-3) XMASS

XMASS検出器はそのデータ取得を終え、キセノン検出器による暗黒物質探索のための最大観測データ(1330トン日)を達成した。XMASSはキセノン検出器としては最高の単位エネルギーあたりの光電子数を記録した。その結果得られた低エネルギー電子への感度を活用し、DAMAが報告した年周期変化を高感度で探索したが、DAMAが報告した季節変動はまだ確認されていない。最終的な解析が継続されている。XMASSグループは今後XENONnT計画に重点を移す。

1-4) Hyper-Kamiokande

宇宙線研究所は大型国際計画としてHyper-K計画を開始し、このエキサイティングな計画に対して科学的、技術的リーダーシップを取ってきた。Hyper-K計画は以下に列挙するような物理学の重要な分野で世界をリードする：

- ニュートリノセクターにおけるCP対称性の破れを、最大 8σ (δ_{CP} の値がもっとも観測しやすい値だった場合)
- ニュートリノセクターの質量階層性の決定
- 陽子崩壊の感度を一桁向上
- 現在、および過去の超新星爆発といった天文現象に対する検出感度の向上

また、大気ニュートリノや太陽ニュートリノの振動現象のさらなる研究も可能にする。

2. 高エネルギー宇宙線

2-1) テレスコープアレイ

テレスコープアレイ (Telescope Array, TA) は超高エネルギー宇宙線 (ultra-high energy cosmic rays, UHECR) の検出器としては北半球で最大規模である。日本グループは宇宙線研究所の主導のもと、TAの建設と拡張および運営の原動力となっている。TAで取得されるデータは、最高エネルギー宇宙線の全天観測にとって必要不可欠で重要な役割を果たす。最近のTAの成果で特筆されるべき点は、数桁にわたる

エネルギースペクトル観測と、異なる角度スケールでの異方性の示唆である。TAの物理探索の限界はおもに最高エネルギー領域のデータの統計量で決定される。ゆえに、進行中であるTAをTAx4に拡張する計画は極めて重要で妥当なアップグレードである。検出器面積を拡張することに加え、質量組成研究のためのデータ収集も極めて重要である。

2-2) チベットAS γ

チベットAS γ 実験は、チベットの高地に建設された空気シャワー観測装置である。超高エネルギー(very high-energy, VHE)ガンマ線天文学および宇宙線天体物理学にフォーカスし、AS γ 実験は近年数回のアップグレードを行ってきた。最近の科学的成果としては、天の川銀河起源の100TeV以上のVHEガンマ線の検出と、コロナ磁場や惑星間磁場の研究が挙げられる。チベットAS γ 実験は、中規模の予算で運用されている実験である。太陽の影よる太陽磁場の研究や太陽活動の詳細研究には、長年にわたるデータの蓄積が必要である。

2-3) チェレンコフ望遠鏡アレイ (CTA)

CTAはスペインのカナリー諸島(CTA-N)とチリのパラナル(CTA-S)の2つの場所で超高エネルギー(very high-energy, VHE)ガンマ線を観測する計画である。宇宙線研究所が指導的役割を果たしている日本のCTA collaborationは、4基の大口径望遠鏡(Large Sized Telescope, LST)をそれぞれのサイトで、国際サブコンソーシアムとともに建設する責務を負っている。CTA-NにおけるLST建設の資金は2016年に獲得され、1基目のLSTが建設されて現在コミッショニングを開始している。CTA-Sにおける建設はより長期的な計画であり、CTA-SにおけるLST建設予算を要求する宇宙線研究所の計画を支持する。日本のCTAグループにより成し遂げられた進展は非常に印象的である。一方で、今後科学的成果を上げる期間が長期にわたること、さらにこれら二つのサイトが日本から離れていることが、中心的研究者らの任期も含めてグループの新たな課題となるであろう。

2-4) 高エネルギー天体グループ

高エネルギー天体グループにはリーダーである准教授と一人の助教、一人のポスドク研究員と二人の大学院生が所属している。宇宙線研究所の理論グループとして、宇宙空間における粒子加速や宇宙線源に関する物理の研究において重要な貢献をするのみでなく、様々なテーマの研究会や学生向けの教育的なセミナーの開催も行なっている。

2-5) Ashra (R&D)

Ashraは光学波長域で様々な突発的現象を広視野で検出する革新的な望遠鏡である。15年以上前に開発が始まったが、いまだ研究開発段階である。2013年の前回の外部評価委員会以降に査読論文の発表はなく、業績は芳しくない。競合相手が既に結果を公表しているのに対し、プロジェクトの初期目標の達成にはまだ遠い状況である。

2-6) ALPACA (R&D)

ALPACAはボリビアの高地に建設することが提案されている宇宙線・ガンマ線実験である。構想では、

ALPACA実験は中規模の空気シャワー観測装置と地下ミュオン観測装置で構成される。PeVatron等の点源からのガンマ線に対する感度や性能評価に関する研究が行われてきた。

3. 宇宙物理学・重力波

3-1) KAGRA

低温地下干渉計であるKAGRAはその建設が完了し、性能向上のために検出器ノイズの特定とその低減を行う重要なコミッションングの段階に入った。建設段階で大きな問題となったKAGRAトンネル内での湧き水は、防水処理を施すことにより軽減された。KAGRAはLIGO-Virgoの第3回国際観測(O3)に2019年終盤または2020年序盤に加わることを目標としている。現在の設定目標を超えるためのKAGRAのアップグレード計画は現在検討中であり、海外からの貢献が必要となるだろう。

3-2) 観測的宇宙論

観測的宇宙論グループは、宇宙再電離や銀河形成および銀河構造を観測的に探る研究を通じ、宇宙線研究所内で多くの研究成果を輩出しているグループである。観測的宇宙論グループは、高赤方偏移銀河を調査するすばるHyper Suprime-Cam (HSC) Collaborationをリードするグループである。

3-3) 理論

理論グループは素粒子標準模型を超える物理に関連した素粒子現象論や素粒子宇宙物理学の研究を行っている。暗黒物質、アクシオン、超対称性理論やヒッグス現象論、初期宇宙におけるインフレーション、バリオン生成、原始ブラックホールの起源などが主な研究対象である。

II. 研究プロジェクト/プログラムの個別評価

1. ニュートリノと宇宙素粒子

1-1) Super-K

本委員会はSuper-Kが継続的に輩出する重要な業績を賞賛する。ニュートリノ振動の解析は新しい重要な示唆を生み、ガドリニウムを加える計画はニュートリノ研究の最前線を開拓する。

Super-Kはニュートリノ振動パラメーターの測定精度を着実に向上させ続けている。とくに重要な成果として、ニュートリノ質量の階層性が normal hierarchy であることを 90% 以上の信頼度で観測したこと、Dirac CP 位相が $3\pi/2$ 付近に存在する示唆が得られたことなどが挙げられる。これらはPMNSの理論的枠組みの、残された主要な問いである。大気ニュートリノの振動における ν_τ の出現現象の有意度は、ニュートリノネットワークに基づいた解析を取り入れることにより 4.6σ に向上した。太陽ニュートリノ解析に関しては、純水装置やデータ収集システム、ソフトウェアなどの様々な改良により、エネルギーしきい値が 3.49MeVまで下げられた。昼夜非対称性は2.9シグマレベルで観測された。ニュートリノ振動の解析に加え、WIMP暗黒物質の自己消滅、核子崩壊、天の川銀河内超新星探索で世界をリードし続けている。主要な崩壊

モードによる核子の寿命の下限は新しい中性子タグの技術を採用することにより 10^{34} 年近くか、あるいはそれ以上に達している。

超新星残存ニュートリノ (supernova relic neutrino, SRN) のフラックスの上限はすでにモデルによる計算の予言の数倍のところまで達している。水素原子による中性子捕獲をタグとして使うSRNの新しい探索がSK-IVのデータで実行され、解析閾値が下げられて16MeV以上で世界最高の制限が得られた。これに関して、2020年初頭に予定しているSuper-Kへのガドリニウムの添加は重要な検出器アップグレードである。そのための、水の透過度や放射性純度の改善といった必要不可欠な開発に成功している。期待されるSRNの検出は星の形成過程を探る上で新しい道を開く。本委員会はSuper-Kの水漏れ問題が解決され、SK-Gd計画の実現に向けて一歩前進したことを喜ばしく思う。HKの開始までに、迅速にガドリニウム濃度を向上させ、十分な観測統計を得ることが必要である。本委員会はSuper-Kチームが不具合のあるPMTの入念な調査を行うことを推奨する。不具合を起こすPMTの数は少ないかもしれないが、将来の巨大検出器に同様の技術が用いられることを考慮すると重要なことである。

1-2) T2K

T2Kは12か国、470人の研究者からなる共同研究実験で、宇宙線研究所のチームは主検出器とニュートリノ-核子相互作用のモデリングにおいて重要な役割を果たしている。大気ニュートリノの解析で得られた経験がT2Kにおける解析に十分に生かされている。T2K実験では、それぞれ 1.51×10^{21} 個、および 1.65×10^{21} 個の陽子を標的に照射し、ニュートリノ、および反ニュートリノを生成し、 7.3σ で ν_e 出現現象を観測し、90%以上の信頼度で δ_{CP} が0でない有限の値を取ることを示唆を得た。T2Kチームは新しいイベント再構成法とCC1 π サンプルを用い、より大きな有効体積の利用を可能とし、解析を改善させ続けている。本委員会はこれらの素晴らしい業績を称賛する。Super-Kにガドリニウムを加える計画により、反ニュートリノ解析のさらなる向上が見込まれる。また、T2K自体も2021年までに加速器と前置検出器のアップグレードを予定している。前置検出器に対し、宇宙線研究所のより積極的な参加があれば系統誤差の改善に大いに貢献するであろう。NO ν Aは異なるエネルギーと異なる系統的誤差をもって、T2Kと同じ目標にアプローチしている。本委員会は、現在進められているT2KとNO ν Aの合同解析は大変健全であると考えている。本委員会は δ_{CP} の有限値の検出とニュートリノの質量階層性の決定に向け、合同解析に大気ニュートリノデータも取り込むことを推奨する。それが宇宙線研究所の重要性と知名度を上げることにつながるだろう。

1-3) XMASS

XMASS検出器はそのデータ取得を終え、最終的な解析を行う段階に入っている。PMTサポートシステムからのバックグラウンドはほぼ一桁削減され、興味深い物理探索を可能とした。重要な技術的業績として、暗黒物質探索のキセノン検出器として最大の観測データ量(1330トン日)を達成したことが挙げられる。また、XMASSはキセノン検出器としては最高の光電子数収率を記録した。その結果、低エネルギーの電子反跳の感度の高い検出が可能となった。中でも大きなインパクトを与えたのは、DAMAがその発見を主張している年周期変化の探索である。観測データ量と統計的精度はDAMAを上回っているにもかかわらず、このようなシグナルを支持する結果は得られなかった。前回外部評価委員会後、17本の論文が主要論文誌に掲載された。

XMASSはキセノン検出器としては最も低いラドンバックグラウンドを達成した。しかしXMASSプロジェクトは、一相キセノン検出器の全バックグラウンドが二相のそれよりも大きいことを示し、それが実験の主要なターゲットであるWIMP暗黒物質の検出感度に制限を与えていることを示した。それゆえ、グループは一相キセノン計画を停止し、既存のXENONnT計画に加わることを決定し、トン規模の二相検出器による暗黒物質検出を目指す。本委員会はこの決定を支持する。XMASSチームはXENONnTに提供できる明確な専門性を有しており、この参加により日本のコミュニティの世界最先端の暗黒物質探索実験へのアクセスが可能となる。

1-4) Hyper-K

Hyper-K計画はニュートリノセクターのCP非保存について解き明かし、ひいては宇宙における物質・反物質の非対称性という重要な問いに答えるための洞察を与え、世界をリードする可能性を秘めている。また、この宇宙の基本的な力の統一理論の予言である陽子崩壊の探索においても世界を牽引する。これらは基礎科学の将来を形作る極めて重要なテーマである。Hyper-K計画は、宇宙線研究所が30~40年かけて築き上げてきた巨大水チェレンコフ検出器の技術に立脚した計画である。この技術はこれまで重要な科学的発見を続けてきており、その業績の重要性は2つのノーベル賞という形となってあらわれている。宇宙線研究所はこのすばらしいプロジェクトにおいて科学的、技術的に強力なリーダーシップを発揮し続けている。本委員会は、Hyper-K計画がこれらの重要な物理の分野で世界をリードするという点において手遅れとならないよう、迅速に実行に移すことを強く支持する。加えて、Hyper-K計画により、超新星探索、大気ニュートリノの物理や太陽ニュートリノに関する詳細な研究においても世界をリードし、開拓を続けることができる。

前回の外部評価委員会後、宇宙線研チームは詳細な開発設計に尽力し、その設計計画は外部評価を受けている。設計の基本概念はSuper-Kと類似しているが、一桁大きな体積と近年開発された技術を取り入れるためには多くの変更が必要である。掘削計画や巨大空洞の安定性に関する調査は入念に行われている。光感度と電荷・時間分解能が大きく向上した新型光電子増倍管が開発された。新物理探索に対する感度調査のための多くのシミュレーションがなされた。技術的にHyper-K計画は予算配分を受ける準備ができてい

る。規模の大きさを考慮すると、Hyper-K計画は強力な科学チームとマネジメントチームを必要とする。このような体制を迅速に整えることが重要である。本委員会は東大が中心となって研究機関のコンソーシアムを設立する動きがあることを喜ばしく思う。本委員会は提出されたマネジメント組織の計画が、Hyper-Kのような巨大で複雑な計画にとって十分なものであると判断する。

2. 高エネルギー宇宙線

2-1) テレスコープアレイ

テレスコープアレイ計画は福島正己教授を中心とする宇宙線研究所の研究者により10年以上前に着手された。科学的にたいへん成功した宇宙線観測所であり、北半球では他の追随を許さない。宇宙線研究所と

他の日本の研究者により、TAを低エネルギー側に拡張するTALEを含むTAの建設と運転資金、さらに進行中のTAx4の資金が確保された。国際共同研究であるTAにおいて、日本グループは宇宙線研究所の研究者の主導のもと、地表検出器やふたつの大気蛍光望遠鏡、キャリブレーションのために擬似空気シャワーを発生させる電子線形加速器（Electron Light Source, ELS）を担当している。これには韓国グループも貢献している。ホスト国である米国グループは3つ目のTA大気蛍光望遠鏡、TALE望遠鏡、また進行中のTAx4における二つの大気蛍光望遠鏡に貢献している。

本委員会は宇宙線研究所がTAの着想と建設および運用を行ってきたことを、またそのTAx4への拡張を適切な時期に率先して行ってきたことを称賛する。TAx4が建設されれば、北半球のTAと南半球のAuger観測所、2つの超高エネルギー宇宙線観測所により世界で初めてほぼ均一の感度で全天をカバーする観測を行うことが可能となる。超高エネルギー宇宙線の発生源と発生領域は、粒子の到達方向の異方性を通じて検出することができるため、全天を均一な感度で観測することは今後の進展のための重要な鍵となる。

本委員会は、TAにおける管理責任やリーダーシップの役割が若手研究者に順調に移行されたことを評価する。

TAの成果で特筆されるべき点は、数桁にわたるエネルギースペクトル観測と、様々な観点での異方性の研究である。最高エネルギー領域において、赤緯依存性を持つエネルギースペクトルの抑制の強い示唆が得られたことは極めて重要で、これがより高統計で確認されればこの分野において革新的な結果となる。これに関連して、特にいわゆるホットスポットの方向から飛来する超高エネルギー宇宙線の方向分布の異方性は極めて興味深い。現在 3σ 程度の有意度で観測されているこの兆候を確立することが、この分野における大きな目標である。

TAは、世界をリードする超高エネルギー宇宙線観測施設であるのみならず、開発研究プロジェクトや新しい検出技術、次世代検出器のプロトタイプ開発のためのテスト施設として幅広く利用されている。本委員会は、宇宙線研究所がこのような分野の将来のための礎を築く活動を支持していることを、極めて高く評価する。

2-2) チベットAS γ

チベット空気シャワー実験は、中国の研究機関との共同研究として30年近く前に小規模な予算（科研費）で始まった。実験は定期的なアップグレードを行い、着実に研究成果を挙げ、いくつかの重要な発見もあった。チベットAS γ は円滑な運用を続け、定期的に結果を出し続けている。

最近の顕著な研究成果として、宇宙線の日周異方性や、宇宙線が太陽に遮られる現象「太陽の影」を利用したコロナ磁場や惑星間磁場、および地磁気といった磁場の測定などが挙げられる。宇宙線強度の欠損の、太陽の周期活動に伴う変動の明確な証拠が観測されており、コロナ磁場の2つの要因（potential field source surfaceとcurrent sheet source surface）について研究されている。惑星間磁場の間接観測も可能である。

地下ミューオン検出器を建設するアップグレードは6年前に完了している。これら、水チェレンコフ型の検出器はすでに数年稼働されており、ガンマ線発生源となる天体の研究における γ /ハドロン分離の鍵とな

っている。これによりチベットAS γ は極めて高いエネルギー（10-1000 TeV）のガンマ線源を、空気チェレンコフ望遠鏡とは相補的なアプローチで検出することが可能となっている。さらに、高密度に配置された空気シャワーコア観測装置により、knee領域付近の宇宙線の組成の研究を行うことが可能となっている。

ガンマ線天文学の分野におけるハイライトは、既知の天の川銀河ガンマ線源（かに星雲、MGRO J1908等）の観測範囲が100TeVを超えるエネルギーにまで拡張されたことである。HAWCによる同様の結果と併せて、これらは天体起源の100 TeV以上のガンマ線の初めての観測であることを意味する。

本委員会は、宇宙線研究所のグループが多年にわたってチベットAS γ 実験の重要な参加グループであり続けていること、そして超高エネルギーガンマ線天文学、宇宙線物理学、太陽物理学において、良質の結果を出し続けていることを称賛する。

我々はチベットAS γ グループにより遂行されている科学的解析は大変重要で、今後も継続することを奨励する。宇宙線組成の観測に向けて特に重要なのは、銀河ガンマ線源のスペクトル観測における最高到達エネルギーを追求することと、宇宙線組成観測に向けて鉄起源のシャワーと陽子起源のシャワーを分離することである。

2-3) CTA

日本のCTAグループは4基の大口径望遠鏡（Large Sized Telescope, LST）の大部分の資金の獲得と建設、そして設置について責務を果たしてきた。そしてスペイン、カナリー諸島ラパルマのロケ・デ・ロス・ムチャチョスのCTA北サイト（CTA-N）における運用と物理解析において先導的役割を担うことが期待されている。その責任は、LST サブコンソーシアムに属する、ブラジル、ドイツ、スペイン、フランス、インド、ポーランド、クロアチア、スウェーデンからの研究者や研究機関との間で分担される。宇宙線研究所の手嶋政廣教授はサブコンソーシアムの共同PIとなっている。

グループは4基のLST建設の資金を2016年に獲得し、建設作業は順調に進んでいる。実際のところ、最初の1基はすでに完成し、コミッショニングが開始されており、世界中のどの望遠鏡と比較しても進んでいる。CTA-Nは2021から2022までに最初の運用を開始する予定である。グループはさらに4基のLSTをチリ、パラナルの南CTAサイト（CTA-S）に建設、設置する計画である。設置は長いタイムスケールで完了する計画である。

本委員会は、宇宙線研究所の手嶋政廣教授のリーダーシップの元 LSTグループが達成した進捗を高く評価する。手嶋教授は LST サブコンソーシアムの共同PIとして、鍵となる役割を国際的に果たしている。

CTA-N の LSTアレイは、MAGIC、HESS、VERITAS、HAWCといった、同程度のエネルギー範囲で観測を行っている宇宙ガンマ線観測実験と比べ、検出感度や線源の位置の角度分解能の向上、また、エネルギーの範囲の拡大が可能であると期待されている。CTAの科学的な目標は、宇宙線の起源の解明や、ブラックホール周辺で起こる高エネルギー現象（ブラックホールそのもの、ブラックホールと中性子星の合体、また中性子星同士の合体を含む）の研究であり、また、ダークマター対消滅由来のガンマ線の高感度探索である。

これらの研究課題の多くは長い歴史を有しており、ゆえにCTAグループはデータ解析、あるいは理論的解釈において新たな手法を開拓する必要がある。このためにはプロジェクトに専従する経験豊富な多くの研究者を必要とする。

2-4) 高エネルギー天体グループ

グループは大変活発に活動しており、宇宙線研究所の高エネルギー天体物理学実験プログラムに対し、理論グループとして相補的な役割を果たすことにより重要な寄与をしている。委員会は、宇宙線研究所の研究プログラムと、直接的には関係しないプロジェクトの双方を研究対象とすることを推奨する。グループの主要な構成員は、観測されているガンマ線や荷電粒子について、高エネルギー天体起源宇宙線として解釈する研究を行っている。グループは、従来の理論ではよく理解されていない陽子や原子核スペクトルの観測結果（例えば、400GeVでのスペクトルの折れ曲がり）を含む、宇宙線分野により大きな貢献をすることが期待されている。グループが定期的に様々なテーマの研究会や、宇宙線研究所の学生向けの教育的なセミナーを開催していることは、若手研究者が新しい知識を得る素晴らしい機会を与えるという意味で高く評価されるべきことである。教員数が限られているという事実はあるにせよ、宇宙線直接観測のデータ解析を含むグループの寄与を拡大させるために、大学院生やポストドク研究員をより多く受け入れる努力をすべきである。

2-5) Ashra

Ashra 広角望遠鏡は、イメージインテンシファイアの革新的な技術開発により、高エネルギーの突発的現象やタウニュートリノ起源の空気シャワーを観測する興味深い構想である。ハワイに建設された最初のAshra望遠鏡は、この構想の基本的な部分は機能することを実証した。しかし、観測については計画目標より遅れており、従来の検出器と同程度のレベルにとどまっている。前回、2013年の外部評価委員会開催時以来、大きな進展は見られない。この計画を支える共同研究者は限られ、対応するマンパワーや資金が限定的であることを考慮すると、NTAと呼ばれる継続プロジェクトを新規計画として推進することは困難である。このような状況をふまえ、宇宙線研究所は前回の委員会で出された意見に従い、さらなる研究開発・建設の努力を継続すべきではない。

2-6) ALPACA (R&D)

ALPACAはボリビア、ラパス近郊の高地に宇宙線・ガンマ線実験施設を建設することを目指している。ALPACA実験は中規模の空気シャワー観測装置と水チェレンコフ型の地下ミューオン観測装置で構成される。

ALPACAの主要な科学的目標は10 TeVから1000 TeV領域のガンマ線天文学と、宇宙線の組成や非等方性の研究である。そのなかでも特に関心の高いものは、宇宙線粒子をPeV、あるいはそれ以上のエネルギーまで加速させることができる天体 – PeVatron であり、高エネルギー宇宙線の起源を説明することを目指している。

ALPACAの初期デザインは約400のプラスチックシンチレーター検出器からなる空気シャワーアレイを想定しており、およそ 83,000 m²の面積をカバーする。ミューオン検出器は約 5,400 m²の面積に広がる。

チベットAS γ の技術的なノウハウの多くがALPACA実験に継承される。プロトタイプとして、最終的な計画のおよそ20から25%程度の規模の空気シャワーアレイを、2019から2020年の期間に配備することを検討している。

超新星爆発残骸や銀河系中心方向からの拡散放射といった様々な既知の線源の検出感度について、ALPACAの性能評価のためのシミュレーションが行われた。点源に対するガンマ線積分フラックスという観点では、評価された感度は現存する大気チェレンコフ望遠鏡（HESS、MAGIC、VERITASなど）よりいくらか低いが、ALPACAはより高エネルギー領域でその性能を発揮し、100TeV近くで最も良い感度を持つだろう。

委員会は、MilagroやチベットAS γ 、HAWCといった北半球における観測の成功に続き、空気シャワー型の広視野観測実験で南天を開拓することに強い科学的動機づけがあることに同意する。大規模な新しい空気シャワー施設、LHAASOが近い将来中国で運用を開始することも注記しておく。南半球における同様の施設は（南天を観測できるという点において）強い科学的意義があり、空気チェレンコフイメージングの技術を用いるlarge-CTA南アレイに対し相補的役割を果たし、かつCTAをより生かすことになる。

国際的で巨大な科学者コミュニティーは、空気シャワーの技術を使い、南天を観測する大規模な広視野ガンマ線観測実験の開発、高地における運用を目指して尽力している。たとえば Southern Gamma-ray Survey Observatory (SGSO; 参考文献 <https://arxiv.org/abs/1902.08429>) と呼ばれる共同研究の推進に関する会合が数回行われた。SOGO collaboration は現在まだ形成されつつある段階であるが、その科学的意義と現実的な予算規模のため、実験の開発は順調に進展していくだろう。このような意味において、ALPACAグループは国際的な将来計画を理解し、ALPACAの特徴が生かされるような計画を練る必要があると委員会は考える。また、国際コミュニティーに常に計画を示し、ALPACA実験に興味を持つ海外の研究者の参加を促すことも必要である。

3. 天体物理学・重力波

3-1) KAGRA:

KAGRAは世界で初めて地下に建設された低温鏡を用いた重力波干渉計である。2010年に資金を得て、Super-Kニュートリノ検出器と同じ神岡に建設されたKAGRA検出器は、3kmのアーム長を持ち、連星中性子星（Binary neutron star, BNS）に対して153 Mpc（平均的な観測可能距離）の感度に到達するよう設計されている。

2013年の外部評価委員会以来、KAGRAは地下施設の建設（トンネルと真空システム）や全ての検出機器の設置を完了し、2016年にはマイケルソン型干渉計（シリカミラーを使用）の常温運用“iKAGRA”を1ヶ月間行った。さらに最近、2018年の4月から5月にかけて最初の“bKAGRA-1”が開始され、サファイアミラーを用いて20Kの温度で運用された。キロメートル規模のアーム長をもつ低温サファイア鏡干渉計としては、世界で初めての運用となる。

KAGRAグループはこれまで 1) 全ての鏡の低温運用と 2) 2019年終盤か2020年初めまでに LIGO-Virgo の第3回国際観測 ‘O3’ に加わるべく、bKAGRA干渉計のコミッショニングに集中してきた。KAGRA collaboration はO3参加までに、BNS距離で8–25 Mpc に到達するという目標を持っている。25Mpc以下の感度でも、特に LIGO-Virgo干渉計のうち二つのみが観測運転しているという状況下においては、KAGRAはBNS合体について定量的により良い位置決定に寄与する。

KAGRAは現在の設計目標である153Mpcを超えるアップグレードを見据え、将来計画委員会 (Future Planning Committee, FPC) を立ち上げた。現在のところ、段階的なアップグレードプログラムを構想している。このアップグレード計画を実行に移すには、予算および要素開発・製作における海外からの貢献が必要となるだろう。

KAGRAチームは前回の外部評価委員会以来めざましい進展を遂げており、委員会として、KAGRA観測運用に向けた発展を成し遂げた宇宙線研究所とKAGRAチームを祝福する。

KAGRAの重要な成果、マイルストーンは以下のとおりである：

- ・アームトンネルと検出器ホールの掘削
- ・真空システムの完成
- ・神岡の山に積もった雪が溶けることによる季節的な水量増加により起こるトンネルや実験スペースの湧き水の抑制
- ・すべての検出機器の設置の完了
- ・マイケルソン型 iKAGRAの運用
- ・4つのサファイヤ鏡を20K程度の低温に冷却

KAGRA が上記のマイルストーンを達成したのは、熱心な研究スタッフと産業界との強固なパートナーシップにより、鍵となるサブシステムを作成・設置したからである。齊藤芳男氏をプロジェクトマネージャーとして KAGRAシステムエンジニアリングオフィスに迎えたことは、KAGRAプロジェクトにとって大変有意義である。

今年はKAGRAにとって、低温干渉計として総合運転におけるコミッショニング、ノイズ探索や感度の向上、これらをO3観測に加わるまでに達成させるという意味で極めて重要な年になるだろう。ここ数ヶ月も良い進展が見られている。この報告書執筆時点（6月下旬）で、KAGRA 干渉計は各サブパートに分割して、その全ての制御に成功している。

3-2) 観測的宇宙論

宇宙線研究所の観測的宇宙論グループは、すばるHSCやHubble、ALMA望遠鏡を用いて、宇宙再電離や銀河形成といった初期宇宙の研究を行っている。過去6年間における主な成果は以下のとおりである：

- i) 高赤方偏移銀河の紫外輝度関数の精密測定

- ii) 星生成率密度の発展の理解
- iii) 高赤方偏移銀河が再電離の主な源であることを示唆する観測
- iv) 銀河塵起源の宇宙赤外線背景放射

前回の外部評価委員会後、観測的宇宙論グループはSDSSとの提携を終了し、現在は HSC collaboration のメンバーとなっている。

グループは過去9年間の間に雇用された二人の教員（准教授一人、助教一人）に率いられている。そのエキサイティングな研究により、東京大学の学生からの人気も高くなっている。教員はその研究により国内外の賞を受賞していることでも知られている。2015年以降4人の学生が東京大学理学系研究科研究奨励賞を受賞している。

グループは初期銀河形成の理解に関して、高赤方偏移銀河の探査、特に紫外輝度関数の測定を通じて大変大きな貢献をしている

観測的宇宙論グループはその構成、規模から期待される以上に大変生産的なグループである。グループは高赤方偏移銀河探索に関して HSC collaboration をリードしている。特筆すべきは、教員、学生の双方がその研究成果により様々な賞を受けていることである。このグループに対する予算配分がなされることは非常に適切であると考えられる。

3-3) 理論

グループは2名の常勤職員、ポスドク数名、および大学院生数名で構成されている。グループの研究成果は素晴らしいものがある。グループは世界的にも評価を受けており、いくつかの研究分野、例えばアクシオン宇宙論、インフレーション模型の構築や超対称性現象論といった分野で世界をリードしている。

グループはアクシオン宇宙論、とくにアクシオンストリングやドメインウォールといった位相欠陥により生成されるアクシオン暗黒物質の研究において世界をリードしている。このことはアクシオン宇宙論に関するレビュー論文 (Ann. Rev. Nucl. Part. Sci (2013)) の執筆を依頼されていることからわかる。関連するトピックで、世界的に大きなインパクトを与えている研究もいくつか存在する。それらは、中性ウィーノと荷電ウィーノの質量差の2ループ計算や pure-gravity mediation 模型による超対称性の破れの現象論的帰結の研究、ダークマター検出におけるミグダル効果、小さなテンソル・スカラー比を実現するインフレーション模型、ダブルインフレーション模型や axion curvaton 模型による原始ブラックホールの研究、ビッグバン元素合成からの長寿命粒子に対する制限の改善された解析などである。

まとめると、理論グループの研究成果は大変素晴らしく、印象的である。委員会は、理論グループへの継続的なサポートを推奨する。

過去6年間において、理論グループは199本の査読付き学術誌論文を出版しているが、これは印象的な数字である。これらの多くは質が高く、上でも述べたとおり、関連する研究分野において世界的に大きなインパクトを与えている。

III. 大学院教育、大学との関係、およびアウトリーチ活動の評価

2012年以来開催している大学生向けスプリングスクールは、若い学生に宇宙線研究所の活動内容に関して教育する良い機会であるし、参加者が大学院生として宇宙線研究所に進むことを動機づける良い機会である。宇宙線研究所の学生は修士1年生の間は一つの部屋で学び、学生間で適切なコミュニケーションを持つ機会が与えられている。委員会は宇宙線研究所における学部、および大学院教育が活発で適切であると認識している。

委員会は、宇宙線研究所の修士課程、博士課程の学生数について、満足している。委員会は大学院生が企業に職を見つけることが好ましいと考えている。そのような場合でも、修士号や博士号を取得して社会に出ることが適切であると委員会は考えている。

宇宙線研究所は共同利用研究拠点として適切な共同利用、共同研究の活動を継続している。2012年以来、宇宙線研究所が年間100件以上の共同利用課題を遂行し続けていることを、委員会は高く評価する。それに加え、宇宙線研究所は神岡施設やKAGRA施設で多くの研究者を外国から受け入れている。この活動は2019年から始まった国際共同利用・共同研究拠点としてふさわしいものである。委員会は、研究者の意見がシステムに反映されるような研究所運営が将来にわたって実現されることを期待する。

宇宙線研究所はいくつかの観測施設を有している。それら観測施設は宇宙線研究所の研究プロジェクトに参加し、研究成果をあげることに貢献している。委員会はそれらの活動を評価する。さらに、それらの観測施設は宇宙線研究所の研究プロジェクトに貢献するのみならず、国内の他大学のグループにも共同利用拠点として利用されて研究成果を上げていることは高く評価されるべきである。特に、明野観測所は東京工業大学や中部大学の研究プロジェクトの観測施設として、乗鞍観測所は様々な大学の研究者に、宇宙線研究以外の研究活動も含め、高地環境を提供し、それらの研究を促進している。これらの活動は評価されるべきである。委員会はこれらの研究施設が興味深い結果を生み出すことを望む。

委員会は宇宙線研究所の広報活動が良好であると考えている。多くの市民が宇宙線研究所の研究活動に強い興味を持っており、梶田氏がノーベル賞を受賞して以来、様々なイベントに対する一般の人々からの注目度も高い。宇宙線研究所の広報活動は一般市民の期待に応える、適切なものであると委員会は考える。

IV. 勧告

A. 予算要求と資源管理に関する評価

いくつかのプロジェクトは一人か二人の教員と少数のポスドクにより、限られた予算でスタートしたものである。少数のプロジェクトは甚大なる努力により大きく成長し、数億円（数百万USD）の予算を獲得するに至った。共同研究が国際化し、研究者数が50人を超えるような組織になっても、明確なマネージメント体制が構築されないまま運営されているプロジェクトが見受けられる。Hyper-K計画の予算規模、スケジュール、共同研究者数を鑑みると、このような“慣習”は見直されるべきであると委員会は感じてい

る。プロジェクトのマネージメントとシステムエンジニアリングを担う、科学的バックグラウンドを持った候補者を見つけ、それらの人々の地位を確保することが必要であると委員会は考える。

Super-K、Hyper-K、KAGRAは現在、宇宙線研究所の3つの主要なプロジェクトとなっている。他の計画も競争的資金や様々な財源により遂行されているが、この3つのプロジェクトが多額な建設・運用資金を必要とすることを考えると、宇宙線研究所は大規模な予算を直接政府に要求することが必要である。

Hyper-K計画は宇宙線研究所のニュートリノ物理学研究の輝かしい業績に基づく自然な拡張で、委員会はその実現を支持する。Hyper-K計画実現に向けた準備は順調である。しかしながら予算に関していうと、これまでの宇宙線研究所全体の予算と比較したとしても、(一桁大きな)大規模な予算要求が必要である。このため、より広い分野の研究者に対してHyper-Kの計画の科学的意義をアピールする必要があり、また、一般市民からのより広い理解を得る必要がある。

特にSuper-Kに関していうと、少なくともHyper-Kが運用を開始するまでの間は、T2KやSK-Gdといった重要なプロジェクトが遂行できるよう、政府がSuper-Kをサポートし続けることを委員会は強く主張する。

委員会はSuper-K collaboration のプロジェクトマネージメントを高く評価している。この成功はSuper-K collaboration のために人力を尽くした一個人に負うところがあるかもしれない。Hyper-Kは全ての面においてSuper-Kより規模が大きく、国際機関との様々な資金協定を必要とする。宇宙線研究所長が現段階においてこのようなマネージメントを行う役職を設け、適切な候補者を選出することを、委員会は推奨する。

KAGRAは最初の低温運用 (bKAGRA) を開始しようとしているところである。2019年後半か2020年初頭には観測運用を開始するだろう。共同研究自体は宇宙線研究所が中心となっているが、重要なメンバーは宇宙線研究所、KEK、国立天文台、神岡、さらには国外にも分散している。近い将来、KAGRAは建設から運用の段階に入る。それに伴い、各研究機関の役割を再調整し、そのうえでより緊密な協力体制を構築することが必要となるだろう。

B. 若手研究者

本委員会で設けられた若手研究者との会談の場で、委員会から宇宙線研究所に勧告しておいた方がよいと思われるいくつかの点があった。宇宙線研究所内にはいくつかのプロジェクトがあるが、所内の各グループに所属する大学院生や若手研究者にとって、自身の所属するグループ以外のグループの研究者たちとの相互作用が少ないかもしれない。研究グループが各地に散らばっているという事実はあるが、若いうちに様々な分野の研究に触れることは重要である。このような理由から、宇宙線研究所や他大学から参加できるようなセミナーをいくつかの場所で継続的に開催することが必要だろう。加えて、1年に1、2回、宇宙線研究所で分野全体にわたる議論の場を設ける必要があり、そのような機会に大学院生や若手研究者が参加することを推奨する。

海外からの若手研究者受け入れのために、10月採用のポストドク雇用の可能性も考慮すべきである。加えて、数名の若手研究者からは、他大学からの学生の受入に関して、正式な手続きがどのように取られるかが正しく発信されていない印象があるという意見が聞かれた。他の大学からの学生の受け入れは宇宙線

研究所にとっても有益であるし、学生にとっても宇宙線研究所以外では経験することができない環境で教育を受けることができる良い機会である。委員会は、大学院生の受け入れに関する情報が適切に公表されることが好ましいと考える。

宇宙線研究所における女性研究者の数はまだ少ない。宇宙線研究所はこの点における先進的な機関となり、ジェンダー問題に対する取り組みを公表するべきだと委員会は考える。

C. 技術サポート

前回の委員会で技術サポートに関して勧告がなされた。2回目のインタビューの際に、梶田所長よりいくつかの回答がなされたが、委員会は引き続き宇宙線研究所が優秀なエンジニア、技術職員の雇用に務めることを推奨する。とくに、Hyper-KやKAGRAなどにおける国際協力を円滑に推進するために、英語でコミュニケーションが取れ、かつ創造的な技術の開発、運用ができる職員を雇用することが不可欠であると委員会は考える。そのためには、給与面で高待遇の技術職の雇用枠を設けることが重要だろう。

D. 個別プロジェクト/プログラム

Super-K & T2K:

本委員会はSuper-KとT2KがHyper-Kの建設中も運用を継続することを推奨する。これにより、新しい前置、および中間検出器により測定される系統誤差に関するタイムリーな研究が実現でき、T2K実験の結果をさらに改善し、そしてより重要なこととして、Hyper-Kの稼働に向けて検出器の運用と解析に関する専門技術を維持することができる。このような専門技術が失われればHyper-K計画を遅れさせる要因となってしまうだろう。

TA:

本委員会は宇宙線研究所の指導的立場の方が高い優先度でTAの研究活動をサポートし、TAx4の完成と継続的な運用を確実にすることを推奨する。

今後数年の主な目的は、異方性に関する研究のための独立な高統計データを得るために、最高エネルギーの宇宙線シャワーのデータ (TAx4) を蓄積することである。

エネルギーキャリブレーションと質量組成測定のため、蛍光望遠鏡の継続運用とデータ解析が高い優先度でなされるべきである。(エネルギースケールのアップデートを含む。)

異等方性に関する様々な発見の系統的な誤差と有意度との関係に関する徹底的な調査も高い優先度でなされるべきである。

Pierre Auger Collaboration との対話と相互キャリブレーションを継続、拡大し、お互いのデータの比較とその解釈を信頼できるものにするべきである。

データ解析に関わる人員増加のために、また宇宙線研究の次世代の研究者を育むために、修士課程、博

士課程の学生を惹きつけるために尽力するべきである。

Tibet AS γ :

我々はTibet AS γ の運転経費は高価でないと理解しており、ゆえに、たいへんな努力がすでになされていて全般的に順調な運用がなされていることを考えると、宇宙線研究所が実験への関与を継続し成果を出し続けることを奨励する。しかしながら、最近のメキシコのHAWC実験のアップグレードや、運用の開始が予定されている中国のLHAASO実験を踏まえ、LHAASOの感度がTibet AS γ の感度を大幅に上回る際には、AS γ 実験の将来計画について実験停止も含めて慎重に考慮するべきであろう。

CTA:

委員会は、宇宙線研究所が指導的立場で、文部科学省および日本のCTAコンソーシアムと協力し、大学の研究者や大学院生がCTAのような長期間にわたる国際共同研究に参加できるような枠組みまたは管理構造を構築するために、リーダーシップを取ることを推奨する。ヨーロッパでは大学、あるいはその近郊にこのような枠組みが存在する（MPI、CNRS、INFNなど）。アメリカの大学ではリサーチプロフェッサーシップや、限られた期間においてFaculty memberの教育職務を最小化する枠組みが構築されている。

現在の日本のCTAコンソーシアムの熱意を次世代に引き継ぐ必要がある。委員会メンバーの以下のような考えが実現可能かもしれない：

- ・（彼らの）国際的な知名度を高めることで、将来のリーダーを養成する
- ・すべての大学で有能な学生を募るよう尽力する

ALPACA:

予算規模は中程度（約500万ドル）であり、Tibet AS γ で蓄積された多くのノウハウを駆使しているが、巨大な空気シャワー実験を南半球に建設することが国際的な科学者グループによって検討されているこの時代において、宇宙線研究所執行部や関連グループはALPACAの将来計画について慎重に考慮すべきである。ALPACAグループは宇宙線研究所の将来計画委員会からの報告も考慮しなければならない。ゆえに、前にも述べたとおり、ALPACAグループは国際的な将来計画を理解し、ALPACAの特徴が生かされるような計画を練る必要があると委員会は考える。それらの計画を国際コミュニティに向けて定期的に発信していく必要もある。

KAGRA:

今後5年間において、KAGRAの順調なコミッショニングと運用は、宇宙線研究所のもっとも優先度の高いプロジェクトの一つとして遂行し続けられなければならない。過去数年でKAGRAは職員数を増やしてきたが、KAGRAの科学的成功が確実と言えるためにはまだ不十分であると本委員会は考えている。研究者数は十分かもしれないが、さらなる数の職員（とくに専属のエンジニアや技術職員）がKAGRAのコミッショニング計画を遂行するには必要だろう。

O3参加に向けた感度目標の達成に向け、LIGO、Virgoと交流プログラムを継続、発展させ、3つのプロ

ジェクト間で実験立ち上げの知見の伝達を可能とすることを強く推奨する。O3開始までの期間が限られていることを考えると、これはできる限り早急になされるべきである。

宇宙線研究所はKAGRA施設の運用についてまだしっかりとした計画を示していない。短期間であるO3の間には現在KAGRAで採用されている体制（研究者による観測シフト）が継続されるだろうが、将来より長期間の観測に入るとそれでは持続できないだろう。

理論：

IPMUの理論グループとの活発な共同研究を継続することを委員会は奨励する。委員会は、理論グループが実験グループ、特に Hyper-K グループと KAGRAグループとのコミュニケーションを強化することを推奨する。

謝辞

2019年外部評価本委員会は、所長の梶田隆章教授、塩澤真人教授、宇宙線研究所のスタッフと学生に、この委員会のために多大な時間と労を費やして下さったことに心より感謝申し上げます。彼らの協力がなければ、評価の過程はより困難となったであろう。とくに若手研究者との会談は宇宙線研究所の自由で活動的な研究環境を物語るものであった。委員会の議論に加わってくれたことに感謝を申し上げます。委員会は、この報告書が宇宙線研究所にとって、予算獲得の戦略を練り上げ、世界レベルの研究プロジェクトを実行するための資源を措置する上で有益なものとなることを望む。

補遺 I: 外部評価委員会構成員

Kiwoon Choi : 基礎科学研究院 (Institute for Basic Science) ・教授

Ralph Engel : カールスルーエ工科大学 ・教授

井上 邦雄 : 東北大学 ・教授

釜江常好 : 東京大学 ・名誉教授

観山正見 (議長) : 広島大学 ・特任教授

Rene Ong : カリフォルニア大学ロサンゼルス校 ・教授

David Reitze : LIGO Executive Director;

David Sinclair : カールトン大学 ・教授

鳥居祥二 : 早稲田大学 ・名誉教授、招聘研究教授

補遺 II: 2019年外部評価本委員会日程

• 2019年5月15日 (水)

- 09:15-09:30 宿泊先出発
- 09:30-10:00 コーヒー休憩
- 10:00-10:30 評価委員会：議論（非公開）
- 10:30-11:00 宇宙線研究所の紹介 梶田隆章
- 11:00-11:30 Super-K 中畑雅行
- 11:30-12:00 T2K 早戸良成
- 12:00-13:30 昼食
- 13:30-14:10 Hyper-K 塩澤真人
- 14:10-14:30 XMASS 森山茂栄
- 14:30-15:00 コーヒー休憩
- 15:00-15:40 KAGRA 大橋正健
- 15:40-16:10 観測的宇宙論 大内正己
- 16:10-16:40 理論 川崎雅裕
- 16:40-17:10 評価委員会：議論（非公開）
- 17:30-19:30 夕食（評価委員、および宇宙線研究所教授会メンバーが参加）
- 19:30-20:00 宿泊先到着

• 2019年5月16日 (木)

- 09:15-09:30 宿泊先出発
- 09:30-10:00 コーヒー休憩
- 10:00-10:30 テレスコープアレイ 佐川宏行
- 10:30-10:50 チベットAS γ 滝田正人
- 10:50-11:00 ALPACA (R&D) 滝田正人
- 11:00-11:40 CTA 手嶋政廣

- ・ 11:40-12:00 Ashra (R&D) 佐々木真人
- ・ 12:00-13:00 若手研究者と昼食
- ・ 13:00-14:00 評価委員会：「若手研究者との面談」
- ・ 14:00-14:30 高エネルギー天体物理学（理論） 浅野勝晃
- ・ 14:30-14:50 宇宙線研究者会議（CRC）による日本の天体素粒子物理学の将来計画中間報告 荻尾彰
- 一
- ・ 14:50-15:10 宇宙線研究所将来計画検討委員会からの報告 中畑雅行
- ・ 15:10-15:40 評価委員会：議論、コーヒー休憩（非公開）
- ・ 15:40-17:30 評価委員会：「SK、HK、KAGRA、TA、チベットAS γ 代表者との面談」
 - 所長との面談 梶田隆章
 - SK計画面談 中畑雅行
 - HK計画面談 塩澤真人
 - KAGRA計画面談 大橋、田越、内山
 - TA計画面談 佐川宏行
 - チベットAS γ 面談 滝田正人
- ・ 17:30-18:00 評価委員会：議論（非公開）
- ・ 18:30-20:00 夕食（外部評価委員、および拡大主任会メンバーが参加）
- ・ 20:00-20:30 宿泊先到着

• 2019年5月17日（金）

- ・ 09:15-09:30 宿泊先出発
- ・ 09:30-10:00 コーヒー休憩
- ・ 10:00-11:00 評価委員会：議論（非公開）
- ・ 11:00-12:00 評価委員会：暫定的評価報告
- ・ 12:00-13:30 昼食
- ・ 13:30-14:00 宿泊先到着