

川村パネル

・中間評価（ステージゲート審査）の実施時期

2023年11月26日、27日

・評価者

創発PO

川村 光 大阪大学 名誉教授

創発AD

有馬 孝尚 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

磯 暁 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 教授

井田 茂 東京工業大学 地球生命研究所 教授

小原 一成 東京大学 地震研究所 教授

金子 昌信 九州大学 数理学研究院 教授

國府 寛司 京都大学 大学院理学研究科 教授

佐藤 薫 東京大学 大学院理学系研究科 教授

田島 節子 大阪大学 名誉教授

中野 貴志 大阪大学 核物理研究センター センター長・教授

長谷川 剛 早稲田大学 理工学術院 教授

肥山 詠美子 東北大学 大学院理学研究科 教授

吉田 善章 核融合科学研究所 所長

所属・役職は評価時点のもの
五十音順

・研究課題別中間評価（ステージゲート審査）結果

1. 研究課題名： 小型レーザー装置による高指向性スピン偏極熱中性子の直接発生と産業応用研究

研究代表者： 有川 安信（大阪大学 レーザー科学研究所 准教授）

中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、小型レーザー装置を用いて、超高指向性・単色低エネルギー・スピン偏極中性子発生を目指す研究である。産業応用を目指すためコンパクトな装置による高効率な中性子発生の実証を目指す。フェーズ1では、当初のレーザーを用いた中性子生成からは方向転換したが、応用に必要な強度を得るためにマイクロトロンによるX線を使う計画に方向転換した。大きな方向転換だが、原理実証については一定の結果を得ている。スピン偏極中性子の観測に成功したことは評価できる。フェーズ2では、実現可能性のある方向を目指して、計画変更等も柔軟かつ適切に行いながら研究を進めることを期待する。計画がかなりアグレッシブなので、地道に要素技術の切り分けを行いつつ、その実現に努めていただきたい。

2. 研究課題名： 反物質量子凝縮体によるガンマ線レーザーの実現
研究代表者： 石田 明（東京大学 大学院理学系研究科 助教）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、電子とその反粒子である陽電子の束縛状態にある反物質系であるポジトロニウム（Ps）によるボース・アインシュタイン凝縮（BEC）を実現し、これを Ps-BEC を光源とした量子もつれ状態にあるガンマ線レーザー発生に応用し、さらに新奇研究領域の創出を目指す。フェーズ1では、世界初の Ps レーザー冷却ができたことはすばらしい成果である。予定外の問題も発生しているが、果敢に挑戦を続けており、その挑戦性について高く評価できる。フェーズ2では、BEC の高密度化という挑戦的な目標を掲げており、何らかのブレイクスルーが必要と思われるが、目標達成のための方策がいくつか提案されており、良い成果が挙げられることを期待する。

3. 研究課題名： 散乱光を用いた新しい観測的宇宙論への挑戦
研究代表者： 市來 淨與（名古屋大学 素粒子宇宙起源研究所 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、宇宙に存在する天体を鏡のように用いることにより我々の光円錐の内側の情報を得て空間的に同じ場所を異なる時刻で直接比較することを可能とし、質的に新しい宇宙論を開拓することを目指している。フェーズ1では、CMB の銀河団での散乱光の偏光を見ることにより過去の宇宙を直接見るというアイデアで、概念を実証するシミュレーション結果を論文発表した。課題1が完了し、新しい着想も得られるなどの成果が上がっていると評価される。フェーズ2では、残された課題への見通しもあり、新たな着想も得られているので、研究目標に向けて良い成果が挙げられると期待する。後年における科学の進展にも寄与できるよう、しっかりとした研究を進めていただきたい。

4. 研究課題名： 宇宙放射線による月の水資源探査から月面天文台への挑戦
研究代表者： 榎戸 輝揚（京都大学 大学院理学研究科 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、宇宙放射線の測定技術を活用し、月面ローバーに搭載可能な非接触の中性子水モニタを開発し、これを利用した月の水資源探査法を確立する。加えて、月面での宇宙放射線の測定から宇宙遠方のガンマ線バーストを観測し、地球低軌道の衛星データと組み合わせることで到来方向を決定するといった天文学分野への展開、さらには、月周回機により月表面からの熱中性子を測定することで、素粒子物理学分野で大きな課題になっている中性子の寿命測定を行う等、月での水探査に留まらず、史上初の月面天文台への展開を目指している。フェーズ1では、中性子・ガンマ線の同時測定を可能にする小型検出器を開発して性能実証を行い、大きな進捗がみられた。雷や雷雲の観測等の応用研究も展開しており、ISS への搭載への準備を着実に進めている。フェーズ2では、中性子の寿命測定や月面天文台の計画等、開発した検出器を多岐に渡る応用に展開しようとしている。素粒子から地球科学、宇宙物理にまたがる幅広い計画であり、大いに期待する。

5. 研究課題名： 超稠密海陸測地観測によるジオハザード連続監視
研究代表者： 太田 雄策（東北大学 大学院理学研究科 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、超稠密な海陸の測地観測網によるジオハザードの連続監視を実現し、地震による津波、火山噴火、集中豪雨等のジオハザードをリアルタイムで監視するとともに、その推移を即時的に、かつ誤差とともに予測する技術の獲得を目指す。フェーズ1では、当初計画のGNSS廉価版の開発のみならず、GNSSの稠密化のためにソフトバンクの観測網を活用するコンソーシアムを立ち上げてデータ活用の環境整備に取り組むなど、創発に限らず地球科学分野に大きく貢献している。フェーズ2では、観測から予測に向けて計算方法の改良にも取り組み、新しい観測システムの社会実装に取り組もうとしている。継続的、かつ、より精度・信頼性の高い予測ができる技術開発にも向けた研究の進展にも期待する。

6. 研究課題名： 真空場の積極活用による量子技術の開拓
研究代表者： 鈴木 はるか(丹治 はるか)電気通信大学 レーザー新世代研究センター 准教授)
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、真空場を通常の光子と同じように活用するための基盤技術を開拓し、真空場による光や物質の制御の可能性を探り、これらを通じて、産業や医療などの様々な分野で多くの波及効果をもたらしたレーザーに続く、社会において有用な新たな“光”としての真空場の活用を目指している。フェーズ1では、コロナ禍による真空チャンバの導入遅れで実証実験が完了していないが、要素技術の開発を試行錯誤しながら進めており、概ね当初の予定通り計画が進んでいる。フェーズ2に向けて最低限の準備が整ったと言える。他の創発研究者との共同研究がいくつか行われているのも評価できる。挑戦性の高い研究であるが、技術的な課題はよく理解しており、フェーズ2では、世界初の結果が創出されることに期待する。

7. 研究課題名： 精度保証付きニューラルネットワーク数値計算理論の確立
研究代表者： 田中 一成（早稲田大学 理工学術院国際理工学センター 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、反応拡散モデルと呼ばれる微分方程式を主な対象として、その効率的な精度保証法の開発にニューラルネットワーク（NN）をベースとした手法で挑み、これを通じて Learn and Verify という新スタンダードを創出し、精度保証付き NN 数値計算としての普及を目指す。フェーズ1では、NNに適合する単独のODE・PDEの精度評価手法やソフトウェアの初期版を得られたことは十分評価できる。ODEに対して Learn and Verify を実装することができ、また今後の研究を進める上での方針が立ちつつある。活発に機械学習についての知識やネットワークを広げる活動をされたのは、評価できる。フェーズ2では、多次元や連立といった拡張が数学的にどこまで可能か、未知数の部分も多いように思われるが、異分野共同等を通し良い成果が挙げられることを期待する。

8. 研究課題名： テンソルネットワーク法と量子シミュレータで切り拓く新奇量子多体現象
研究代表者： 段下 一平（近畿大学 理工学部 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、量子多体系の理論解析時の指数関数的に増大する計算コストに対し、テンソルネットワーク法と量子シミュレータを用いた独自技術を活かして乗り越え、新奇な量子多体現象を開拓することを目指す。フェーズ1では、量子シミュレーション実験と強い連携を取りつつ、新しい実験の提案もしている。また、研究会の主催等で研究分野を活性化しようとしている。要素研究・開発のみならず、量子計算の普及や人材育成にも取り組み、成果を上げつつあると評価する。フェーズ2では、やりたい方向性に向かって着実に研究を進める計画が立てられている。量子シミュレータの新しい応用例を複数提案しており、分野を理論面で牽引していくことを期待する。

9. 研究課題名： トポロジーを用いたグラフの変形過程の解析と応用
研究代表者： 中村 伊南沙（佐賀大学 理工学部 教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、グラフなどの変形過程を解析する新たな手法を、4次元空間のトポロジーや曲面結び目の理論を用いて開発することを目指す。さらに数理科学の分野を超え、情報科学、工学、生命科学、芸術などの幅広い分野における応用を模索する。フェーズ1では、Dotted グラフとその応用という独自のアイデアを展開しており、予想以上の進捗がみられる。数学以外の分野の研究者との交流に対しても積極的で、時間発展を含む結び目理論の応用の探索に取り組んでいる。フェーズ2では、数学的には、新しい不変量の構成などができていけば相当な成果であると推測する。加えて、数学の他分野、場の理論・弦理論・統計物理等の物理学、生物科学についても展開可能性があると思われるので、前向きに検討して欲しい。

10. 研究課題名： 新しい偏極中性子散乱による次世代デバイスの微視的理解
研究代表者： 南部 雄亮（東北大学 金属材料研究所 准教授、
東北大学ディスティングイッシュトリサーチャー）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、研究者自らが新たに考案したさまざまな偏極中性子散乱手法により、次世代デバイスに資するスピントロニクスと超伝導を対象とした研究を展開する。フェーズ1では、偏極中性子散乱によってスピン流の伝搬機構やトポロジカル渦構造の計測に成功するなど、計画は順調に進行している。多数の論文が出版され、成果は期待以上のものがあつたと判断できる。フェーズ2では、偏極中性子計測によって解明されるミクロな現象が、スピントロニクスとしてのマクロな効果にどのようなインパクトを与えるかに重点をおいて探求することを期待する。

11. 研究課題名： 革新的分光技術による宇宙生命探査
研究代表者： 松尾 太郎（名古屋大学 大学院理学研究科 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、2040年代に本格化すると予想される宇宙生命探査に向け、革新的なアイデアに基づく新たな光学的探査手法を提案し実現化することで、宇宙における生命の普遍性や多様性の理解に繋げることを目指している。フェーズ1では、宇宙生命探査に向けて、回析限界コロナグラフ、編隊飛行実証実験、高安定高分散分光器の3つの基盤技術開発において大きな進捗があり、順調に成果を積み重ねている。精力的に論文も出版されており、評価できる。フェーズ2では、適切な研究体制を構築しつつ、将来の宇宙生命探査に向け必須となる技術開拓を期待する。

12. 研究課題名： 大質量機械振動子を用いた巨視的量子力学分野の創発

研究代表者： 松本 伸之（学習院大学 理学部物理学科 准教授）

中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、世界最小のエネルギー散逸を実現した懸架鏡を光共振器の一端に設置したオプトメカニクス系を開発し、質量ミリグラム程度の巨視的な機械振動子の量子計測・制御の実現を目指して研究を進めている。フェーズ1では、新しい光共振器に対し量子フィルタを使った制御を行うことに成功、世界最高のスクイーズレベルを達成したのは素晴らしい成果であり、重力の量子性を実証するための準備が整いつつある。フェーズ2では、フェーズ1の成果に基づいて設定された目標が、挑戦的なものから実現可能性の高いものまで明確に設定されており、良い成果が挙げられることを期待する。

13. 研究課題名： 超高分解能アダプティブX線顕微鏡の実現

研究代表者： 松山 智至（名古屋大学 大学院工学研究科 准教授）

中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、形状可変ミラーに基づいたアダプティブ反射レンズと、それを制御するためのX線波面計測法の開発を行い、超高分解能な結像型X線顕微鏡の実現を目指す。フェーズ1では、LiNbO₃のアダプティブミラー開発は非常にうまくいっており、大変素晴らしい進捗である。波面の計測も計画通り順調に進んでいる。フェーズ2では、超解像による更なる分解能の改善を目指す等、世界最高精度のX線顕微鏡を目指している。半導体産業にとって大きな意味を持つため、4nm解像度の実現を期待する。

14. 研究課題名： 宇宙物理輻射輸送計算で拓く新しい生体医用光学

研究代表者： 矢島 秀伸（筑波大学 計算科学研究センター 准教授）

中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、理論天文学の研究で培った大規模輻射輸送計算技術を医学へと応用し、新たな医療診断法である生体光イメージング技術の確立をし、天文学、ビッグデータサイエンス、機械学習、医用光学の最先端技術を結集し、国際的なデータバンク、新たな構造解析システムの構築までを目指している。フェーズ1では、世界初の医学用3次元大規模並列輻射輸送計算コードを開発し、実験データとシミュレーションの比較において良い一致を得ており、高く評価できる。フェーズ2では、医療関係者との議論をもとに甲状腺がん、脳出血のビッグデータを構築し、さらに、医療データセンターの構築まで目指しており、将来が楽しみな研究である。一方で、腫瘍に関しては果たしてPETを凌駕できるのかという懸念もあり、脳内出血の診断により重点を置くというような方向性も考えられよう。フェーズ2では、将来的な実用化に繋がっていくような発展を期待する。

15. 研究課題名： 物質の新たなトポロジーへの数理的アプローチ
研究代表者： 米倉 和也（東北大学 大学院理学研究科 准教授）
中間評価（ステージゲート審査）コメント

本課題は、豊富な数理構造を持つ場の理論の枠組みをトポロジーの観点から追求し、そこから普遍的法則を抽出、それによって素粒子から宇宙に至る物質の未知の性質に関する理論的可能性を探索する。フェーズ1では、NANOgravでの重力波観測を説明する候補として宇宙ヒモの可能性を示した。トポロジーに着目したアプローチにより超弦理論等においても多くの成果を上げている。当初の計画を超えた初期宇宙理論に関する成果が出ており、多数の論文も出版している。物理現象に応用できるような数学的定理を証明し、理論を裏付けつつ研究を進めているのも特徴的である。数理物理から宇宙物理学、物性物理学、素粒子現象論まで幅を広げようとしている点も評価できる。フェーズ2では、フェーズ1で発見した超弦理論で新しいタイプのブレーンに着目した発展的研究にもつなげようとしており、良い成果が挙げられることを期待する。

所属・役職は評価時点のもの
五十音順