

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

平成29年度拠点構想進捗状況報告書

ホスト機関名	東京大学	ホスト機関長名	五神真
拠点名	カブリ数物連携宇宙研究機構	拠点長名	村山斉

全様式共通の注意事項：

※特に指定のない限り、平成30年3月31日現在の内容で作成すること。

※本年度のフォローアップは最新の拠点構想に基づいて行うため、本報告書は最新の拠点構想の観点から記述すること。

※文中で金額を記載する際は円表記とすること。この際、外貨を円に換算する必要がある場合は、使用したレートを併記すること。

・本報告書（添付様式を除く）は10ページ～20ページ（拠点構想進捗状況の概要（2ページ以内）も含む）の範囲で作成すること。

拠点構想進捗状況の概要（2ページ以内に収めること）

研究ハイライト

本報告書はWPIの支援による5年延長期間における最初のものである。我々はさらに後述する9つの新しい目標を掲げている。そのうち最初の4つは研究に直接関わるものであり、それに関する成果を最初に報告する。

(1) 統計学の新しい分野と手法を創出し、数学を観測および実験と融合する

吉田直紀がリードする科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(CREST)のプロジェクト「統計計算宇宙物理学」は、すばるハイパー・シュプリーム・カム(HSC)サーベイにおける画像データを高速に解析する手法の開発を目指している。2017年に、プロジェクトメンバーらは、超新星のマルチラベル分類を行うディープ畳み込みニューラルネットワークを開発し、赤方偏移が1を超える遠方のIa型超新星を多数見つけることに成功した。メンバーらは、機械学習による強い重力レンズ効果を見積もるプログラムを開発し、重力レンズ天体の質量や楕円率の見積もりの性能を調査した。またHSCサーベイで実際に観測された強い重力レンズ画像を使い、プログラムの検証を行う。

(2) 発足当時想像されなかった分野間の新しい相乗効果を作り出す

Kavli IPMUと宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(ISAS/JAXA)は、人工衛星、特に硬X線撮像分光装置やガンマ線検出器を開発したノウハウを生物医学に応用する新たな共同研究を開始した。X線とガンマ線はともに天文の研究者にとって貴重なものであるが、物体や人体の内側を見ることができるといって日常生活においても有用である。Kavli IPMUとISAS/JAXAの研究者らは、慶應義塾大学医学部との協力のもと、自身の技術を核医学に応用することを計画している。彼らは、がん幹細胞の位置を100 μ mの精度で特定し、がん根治に向けた研究に着手している。我々は、JAXAの教授であり本プロジェクトのリーダーである高橋忠幸をKavli IPMUの新たな教授として招聘することに成功した。本研究は基礎科学の医学研究への応用を実証するものである。

(3) 導来幾何学および非可換幾何学を使って、例えば、様々な種類の双対性を統一するような、数学と物理学における幾何学的思考の新しい大きな枠組みを見出す

Kavli IPMUの数学者の仕事は、導来幾何学および非可換幾何学の一般的な枠組みに当てはまるものである。導来幾何のアプローチは、代数幾何学における様々なモジュライ空間の仮想基本類を表現する手段を与えるものである。戸田幸伸は、適切な仮想基本類を用いて、3次元および4次元カラビ・ヤウ多様体の新たなゴパクマル・ヴァファ型不変量を定義し研究した。また、戸田幸伸とW. Donovanは非可換手法を開発し、双有理幾何学における導来圏の役割を解析し、半安定層を用いてモジュライ空間を構成した。ここでの統合的役割は偏屈層の概念とその圏論の一般化である偏屈Schoberによってなされる。そうにして、消滅サイクル偏屈層は、戸田によるゴパクマル・ヴァファ型不変量へのアプローチの基礎となり、また偏屈Schoberと双有理幾何学の関係は、W. DonovanやA. Bondal, M. KapranovとV. Schechtmanが共同で研究している。

(4) プロジェクトを成功させ、ダークエネルギー、ダークマター、インフレーションで世界と競争できる成果を出す

- ハイパー・シュプリーム・カム(HSC)のメンバーは2018年1月に日本天文学会欧文研究報告誌のHSC特集号に研究成果をまとめた40本の論文を掲載した。HSCのサイエンスチームは高田昌広が率いている。HSCの弱重力レンズ研究グループは、HSCカメラで撮影した1000万個におよぶ高品質かつ高解像度の銀河の画像データから銀河の形状カタログを作成した。Kavli IPMUの連携研究員である大栗真宗は、弱い重力レンズ効果の測定量を使って、かつてない広さと空間解像度をもつダークマターの2次元および3次元の地図を再構築した。すばるHSCの撮像観測に続く、多天体ファイバー分光器PFSは2550のファイバー位置決め装置の大量生産を終えた。メトロロジーカメラをまもなく搭載予定であり、サイエンスの観測は2021年に開始予定である。
- XMASSは、2.7年間にわたる観測データを用い、低質量のWIMPsの季節変動探査の結果を更新した。

また、 ^{124}Xe および ^{126}Xe を用いた 2 つのニュートリノを放出する二重電子捕獲の高感度探査を行い、半減期の上限をほぼ一桁近く更新した。また、カルツァ=クライン・アクシオンに関する初めての実験結果を示し、アクシオンの結合定数に上限をつけた。

- T2K は、ニュートリノと反ニュートリノにおける CP 対称性の破れの探査について世界をリードする研究を進めている。Kavli IPMU のメンバーである M. Hartz は、500 名を超える国際協力メンバーの中から選出されて、T2K の成果を初めて KEK のコロキウムや記者会見で発表し、ニュートリノにおける CP 対称性の破れの存在が、95%の信頼度に達したことを報告した。
- Kavli IPMU がリードする、宇宙のインフレーション期に生成された原始重力波を探査する衛星ミッション LiteBIRD は、JAXA/ISAS の Phase-A 1 段階へ移行した。また日本学術会議が提言する重点大型研究計画に関するマスタープラン 2017 に選出された。LiteBIRD チームは、修士や博士の学生を巻き込み、共同研究をさまざまな分野に広げている。

研究成果

2017 年 (暦年) に、Kavli IPMU 所属の研究者が学術誌に発表した論文は 304 篇 (WPI 関連論文を含めると 392 篇) である。2008 年から 2013 年にかけて出版した論文数は、各年 75, 199, 240, 292, 347, 380 篇と増加しており、2014 年は 452 篇、2015 年は 466 篇、2016 年は 450 篇と着実に多くの論文を発表している。2017 年に発表した論文の中で、上位 1% の論文と評される高引用論文の数は 20 篇となり、全体の 5.1% を占める (数値はクラリベイト・アナリティクス [旧トムソン・ロイター] の Web of Science に基づく)。2017 年 12 月までに出版した論文を積算した記録に基づく、論文 1 篇あたりの平均引用数は 26.4 回、引用数が 100 回以上の論文数は 112 篇、50 以上の論文数は 366 篇にのぼる (これらの数値では莫大な引用数をもつ総説論文を除いて集計していることに留意する)。2017 年に発表した論文の中で、海外機関と連携した論文の割合は 78% におよぶ。当機構の研究者は、2017 年度に荣誉ある 10 件の賞および名誉称号を受賞した。

融合研究

2017 年度に、Kavli IPMU において 192 回のセミナーを開催した。その中に異なる分野にまたがるセミナーが数多く含まれており、数学・弦理論 (MS) セミナーが 74 回、天文・素粒子・実験物理 (APEC) セミナーが 94 回行われた。科学コミュニケーションおよび科学政策を専攻する新たな女性教授である横山広美は、博士課程学生を受け入れ、情報学環との相互研究を促す触媒としての役割を果たしている。カブリ IPMU の新しい助教 T. Melia は、最先端の数学を用いた素粒子物理のさまざまな研究を行った。また物性研究所とのジョイントポスドク研究員を 1 名受け入れ、物性研とのジョイントセミナーを行った。坪井あやは、芸術と科学の融合研究を促すイベント「再ⁿ邂逅する科学と芸術の試み、2018 東京 - 第 1 回 Kavli IPMU アーティスト・イン・レジデンスプログラム参加作家展」を開催した。

国際化

2017 年度末時点で、日本人以外の研究者の割合は全体の 41% となっている。2017 年度に、Kavli IPMU への訪問者は 738 人 (延べ人数 938 人) であり、そのうち海外からの訪問者は、436 人 (延べ人数 510 人) である。Kavli IPMU において 11 回の国際会議及び研究会を開催し、672 名の参加者のうち 236 名が海外機関からの訪問者である。Kavli IPMU のポスドク職に全部で 657 名の応募があり、そのうち 90% は海外からの応募である。海外の大学・研究機関と 20 の共同研究協定及び研究協力協定 (MOU) を結んでいる。そのうち本年度に新たに MOU を結んだ海外機関は北京大学カブリ天文学・天体物理研究所 (KIAA)、フランス国立科学研究センター (CNRS)、マインツ理論物理学研究所 (MITP) である。

システム改革

Kavli IPMU の事務スタッフは、東京大学ハラスメント相談室相談員らと共同でハラスメント防止教育の英語ビデオの作成により、2017 年の東京大学業務改革特別賞を受賞した。2008, 2013, 2015, 2016 年に続く 5 度目の受賞である。我々が成功を収めたシステム改革は、東京大学や他の研究機関に波及しており、日本全体の競争力を国際スケールに高める上で大いに役立っている。

その他

村山斉は、関連する学問分野に大きな影響をもたらしたことで、ドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団の研究賞を受賞した。我々は 2 人の新しい女性の教授の招聘に成功した。一人は、科学コミュニケーションおよび科学政策を専攻する横山広美教授である。もう一人は代数幾何学を専攻する伊藤由佳理教授であり、名古屋大学とのクロスアポイントメントである。Y.-K. Kim 教授は、一流の科学者や芸術家のみを受け入れるアメリカ芸術科学アカデミー会員の一人に選ばれた。大栗博司は日本文藝家協会の会員に選出された。また大栗博司は新著書「真理の探求 仏教と宇宙物理学の対話」を出版した。浜松ホトニクス株式会社は、Kavli IPMU へ寄附を投じ、宇宙のダークサイドへの研究を支援する寄付研究部門を初めて設置したことで「東京大学稷門賞」を受賞した。