

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI)

平成30(2018)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	大栗博司

全様式共通の注意事項：

※特に指定のない限り、平成31(2019)年3月31日現在の内容で作成すること。

※フォローアップは最新の拠点構想に則して行うため、本報告書は最新の拠点構想に基づいて記述すること。

※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)

2018年10月15日に、村山斉を引き継ぎ大栗博司が Kavli IPMU の第2代機構長に就任した。

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2年目のもので9つの新しい目標に取り組んでいる。以下では研究に直接関わる4つの目標に関する成果を報告する。

(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

吉田直紀が主導する科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(CREST)計画「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)サーベイの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。本年プロジェクトメンバーは、弱重力レンズ観測から宇宙論パラメータを推定するのに必要な統計量や銀河の空間クラスタリングを出力する「ダークエミュレータ」を開発した。エミュレータは大規模なシミュレーションのデータベースとガウス過程や主成分分析といった最新の統計手法に基づいており、それを用いた HSC グループの論文がすでに出版されている。さらに重力レンズ測定ノイズを軽減するため敵対的生成ネットワークに基づくディープラーニング法を開発した。

(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(JAXA/ISAS)は、硬 X 線撮像分光装置やガンマ線検出器の開発技術を生物医学に応用する共同研究を始めており、検出器の研究開発のため、Kavli IPMU に実験室を新たに設置した。さらに、Kavli IPMU と国立がん研究センターとの間で協定を結び、様々な放射性同位体を使った小動物の生体内イメージング実験を開始した。この研究を遂行するため、日本学術振興会の新学術領域研究の科学研究費(研究代表者:高橋忠幸)を取得した。

(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 の数学者は、導来幾何学および非可換幾何学を使って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うえで研究を大きく進展させた。戸田幸伸は、d-臨界軌跡(導来臨界点集合)やそのフリップといった新しい概念を発展させた。これは、壁越え同値のような双有理幾何学におけるいくつかの基礎的な結果を物理学において重要な導来モジュライ空間の広いクラスへ拡張するものである。壁越えを研究する方法の一つはコホモロジー的 Hall 代数(COHA)であったが、その正確な定義はクイバー(箱)のような状況に限定されたものであった。M. Kapranov は E. Vasserot とともに導来幾何学の概念に基づき代数曲面での COHA を定義し研究した。F. Sala は M. Porta とともに導来モジュライ空間を使ってその K-理論版の直接的な定義を与えた。W. Donovan と桑垣樹は、元々は導来圏の同値であったホモロジー的ミラー対称性を偏屈圏のあるクラスへと拡張した。後者は、以前 M. Kapranov と V. Schechtman が導入した、導来圏のなす、偏屈層に類似した自然な系である。

(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) チームは重力レンズ効果を用いてダークマターを含む宇宙の構造の成長を時間の関数として測定し、現在の宇宙の構造の凸凹度合いを表すパラメータを世界最高水準の精度で決定した。多天体ファイバー分光器 PFS は 2022 年に科学運用を開始すべく順調に進行している。2550 本全てのファイバー位置決め装置「コブラ」は、全てのサイエンスグレード検出器とともにハワイに運送され、画質や熱性能など様々なテストを行っているところである。
- ・XMASS-I 検出器実験を終了し、キセノンは無事回収された。7 篇の論文が投稿され 5 篇の論文が 2018 年に出版された。データを汚染する検出器表面のイベントを区別するため機械学習を用いてイベントを分類した。Kavli IPMU は XENON1T 検出器をアップグレードした XENONnT に参加する日本のグループを主導している。
- ・T2K 実験グループは 2019 年 1 月の KEK コロキウムでニュートリノ振動の新しい結果を報告した。その結果は 95% の信頼度で CP 対称性の破れを示すものであった。オックスフォードと Kavli IPMU の大学院生である T. Vladislavlievic は、NA61/SHINE 実験によって収集されたレプリカターゲットデータを

使って T2K のニュートリノ強度計算を最新のものにし学位論文としてまとめた。彼の仕事によって、T2K のニュートリノ強度計算の不定性を 10% から 5% に改善することに成功した。

- Kavli IPMU は複数の CMB 実験を主導している。POLARBEAR2 は 2018 年 12 月にファーストライトを迎えた。Simons Observatory はデザインレビューを終え、現在製作段階にある。LiteBIRD は Pre-phase A2 を終え、2019 年にはその成果によるダウンセレクトションが行われる。
- Belle II 実験グループは測定器の建設を終え 2019 年 3 月にデータを取り始めた。Kavli IPMU チームはシリコンバレー検出器(SVD)の最外層の検出器を製作した。

世界最高水準の研究

2018 年(暦年)に Kavli IPMU 所属の研究者が学術誌に発表した論文は 403 篇(WPI 関連論文を含めると 519 篇)である。2013 年は 165(380)篇、2014 年は 315(452)篇、2015 年は 349(466)篇、2016 年は 353(450)篇、2017 年は 306(392)篇と、過去 5 年にわたり着実に多くの論文を出版している。2018 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 37 篇であり全体の 7.1% を占める(数値はクラリベイト・アナリティクスの Web of Science に基づく)。2018 年 12 月までに出版され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 29.6 回、引用数が 100 回以上の論文数は 169 篇、50 以上の論文数は 517 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)。2018 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 81% におよぶ。当機構の研究者は 2018 年度に栄誉ある 16 件の賞および名誉称号を受賞した。

融合領域の創出

2018 年度に Kavli IPMU において 216 回のセミナーを開催した。異なる分野を横断するセミナーが多く含まれており、数学・弦理論(MS)セミナーが 83 回、天文・素粒子・実験物理(APEC)セミナーが 103 回行われた。Kavli IPMU の新しい PI である高橋忠幸は衛星とロケット実験における硬 X 線とガンマ線検出器の開発を行う主導的な天文素粒子物理学者である。高橋は JAXA/ISAS および慶応大学医学部と共同で検出器の技術を生体学の研究に応用する新しい研究を始めた。大栗博司のド・ジッター空間とスワンプランド予想に関する論文は宇宙論に多大な影響を与えており、2018 年の高エネルギー理論分野で最も引用された論文となった。

国際的な研究環境の実現

2018 年度末時点で日本人以外の研究者の割合は全体の 49% である。2018 年度の Kavli IPMU への訪問者は 1025 人(延べ人数 1261 人)であり、そのうち海外からの訪問者は 560 人(延べ人数 632 人)である。Kavli IPMU で 21 回の国際会議及び研究会を開催し、参加者 994 名のうち 436 名が海外機関からの訪問者である。Kavli IPMU は日本人以外のメンバーにもリーダーシップの機会を提供している。例えば K. Martens を神岡サテライトの新しい所長に任命した。これはバイリンガルの事務スタッフのおかげで実現したことである。Kavli IPMU とハンブルク大学との学生交換プログラム「Higher algebraic structures and their concrete」を提案し準備を進めている。本年度はジョンス・ホプキンス大学、沖縄科学技術大学院大学(OIST)、そして理研と協同で国立がん研究センターと新たに 3 つの共同研究協定及び研究協力協定(MOU)を締結した。

研究組織の改革

Kavli IPMU において成功したシステム改革は東京大学に広く波及している。例えば東京大学におけるクロスアポイントメントの数は 90 以上に上る。2018 年度には、伊藤由佳理が名古屋大学とのクロスアポイントメントで教授に、M. Hartz は TRIUMF とのクロスアポイントメントで准教授に昇進した。我々のシステム改革は他の研究機関にも波及しており、京都大学とマックス・プランク研究所、そして KEK と大阪大学との間で新しいクロスアポイントメントが実施された。Kavli IPMU の事務スタッフはスマートフォンアプリを開発し東京大学業務改革特別賞を受賞した。2008, 2013, 2015, 2016 年, 2017 年に続く 6 度目の受賞である。他の部門の事務スタッフも我々に倣い同様のスマートフォンアプリを開発し始めている。「部門間の垣根を取り除く」ことについて、東京大学の複数の部局が連携して研究を行う組織の一つである東京大学生命倫理連携研究機構において、横山広美がサイエンスコミュニケーション研究のリーダーに任命された。

拠点の中長期的な発展を確保するための取組

新機構長の 大栗博司は過去 12 年における機構の業績に基づき、今後 10 年にわたる長期戦略計画を練り始めた。リーダーシップの陣容を刷新し、横山広美を運営委員会における初めての女性メンバーに、K. Martens を神岡サテライトの新しい所長に、東京大学とローレンス・バークレー国立研究所のクロスアポイントメントである 日下暁人をバークレーサテライトの所長に任命した。

その他

前機構長の村山斉は東京大学特別教授に選出されるとともに浜松プロフェッサーに就任した。小松英一郎はポスドクとして物理の研究を今後続ける学生のためのキャリアイベントを開催した。また物理を専攻する女子学生のためのキャリアイベントを共催した。2016 年のアーティスト・イン・レジデンスプログラムで滞在した平川紀道は、Kavli IPMU での滞在中に着想を得た芸術作品によって文化庁メディア芸術祭の最優秀賞を受賞した。本年のジャーナリスト・イン・レジデンスで滞在したスペイン新聞エル・パイスの記者 Bruno Martin は、スーパーカミオカンデ検出器のガドリニウム計画の論文についての長編記事を執筆した。小松英一郎はプラネタリム映画「HORIZON」の科学顧問を務めた。大栗博司の科学映画「9次元からきた男」はスペイン語とドイツ語に翻訳された。村山斉と大栗博司は NHK テレビ番組に出演した。