

理論センターが発足して1年が経過した。この報告では、理論センターの平成27年度の活動状況について概略する。

平成27年3月に小玉英夫氏が定年退職、井岡邦仁氏が異動（京都大学基礎物理学研究所教授に就任）した。小玉氏の後任として宇宙物理学分野の教授を公募していたが、平成28年4月から、名古屋大学准教授の松原隆彦氏（専門は宇宙の構造形成）が赴任することが決定した。また非常勤の博士研究員を1名振替えて卓越研究員（助教）を採用した。卓越研究員には、平成28年1月から久徳浩太郎氏（専門は重力波など宇宙物理学）が着任している。博士研究員はこれまで理論で4名雇用していたが、卓越研究員の雇用に伴い平成28年度からは3名に減員の予定である。22名のスタッフと3名の博士研究員を中心として、特任准教授2名（Bプロジェクト経費とポスト京）、科研費など外部資金による研究員7名、学振特別研究員4名、協力研究員11名、大学院生28名を含む総勢80名ほどで活動している。

理論センター全体での定期的な活動として、理論センターセミナー（原則週1回）、週2回の文献紹介を開催しているが、これ以外に分野ごとのセミナーも頻繁に行われている。また毎年開催している国際会議として、場の理論や弦理論を中心とする KEK-TH 研究会、素粒子現象論についての KEK-PH 研究会、そしてハドロン研究会があり、どれも20年以上続き国内外から毎年100名近い参加者がある。最近では、宇宙物理学や量子情報に関する国際会議も毎年開催されており多くの参加者が国内外から集まっている。国際会議についての情報は http://www2.kek.jp/theory-center/theory/archives/s_c/workshop/ にて提供しているので詳細はこちらをご覧ください。

理論センターでの研究分野は、弦（重力）理論、素粒子現象論、格子ゲージ理論、ハドロン原子核物理学、宇宙物理学、量子情報基礎理論など多岐に渡っているが、これらの分野は密接に関係していて切り離すことができない。現在の素粒子論は、精密に検証された標準模型と未解明の謎との間にギャップが生じ、その解決には分野を超えたアイディアに基づくブレークスルーが必要とされている。またハドロンのダイナミクスは宇宙天体现象とも関わり、境界領域での発展が著しい。このような学問的状况において、理論センターでは、各分野の横のつながりを重視し、研究活動や会議開催、若手教育を行っている。

昨年、理論センターが立ち上がり、6つの時限付きプロジェクトを立ち上げた。以下ではこれらプロジェクト研究の活動の報告をする。詳細は HP <http://www2.kek.jp/theory-center/theory/project/> を参照ください。

- (1) 「BSM in High Energy and High Intensity Frontier」 (PI: 野尻美保子)

目的：標準模型の背後に潜む謎、特に、暗黒物質、バリオン数非対称性、インフレーション、ヒッグス、フレーバ、ニュートリノ質量の解明。実験研究者協力のもと、国内外研究者と協力し、KEKがハブとなり世界をリードする。

活動状況：

- 1 アジア連携促進のため、FIST - Asia Network on HEP を立ち上げ、相互交流を活性化している。(<https://fist-asiaresearch.net/>) その一環で、5月 KEK-台湾-韓国の研究会開催、11月には IPMU-KIAS-KEK-Durham の Joint WS を開催
- 2 3年前開始した FNAL との連携を強化し、KEK-FermiLab joint WS を9月に FNAL で開催。KEK-PH 研究会に4名の FNAL 研究者が来訪し、活発な相互交流が行われた。国内からの参加者にも好評。
- 3 KEK-PH には FNAL 以外からは、ニュートリノ物理 Volkas 氏、軽いダークマターに研究をリードする Listanti 氏、Lattice 研究 Fodor 氏、Flavor 物理 Ciuchini 氏などが来訪し、参加者も100人を超え大盛況であった。
- 4 フレーバ物理に関し、B, K の物理、 $\mu\text{on } g-2$ の物理を中心に国内勉強会を主催。また Rutgers を訪問し、FormFlavor の拡張について検討。B2Tip は三島が中心となり進めている。
- 5 LHC 新学術研究により、11月 Ruiz 氏(ダラム大学研究員) 1月 Thaler 氏(MIT 教授) を招聘し、勉強会や集中講義を開催。特に Thaler 氏を招いて行った Jet 構造についての研究会では韓国、台湾から6名、アトラス実験から5名の参加者があり、quark gluon separation について活発な議論。
- 6 関東地区研究者の交流の場である NP forum を東大と共催して3回開催、EDM や 100 TeV コライダー等について議論した。各3-40名ほど参加

(2) 「J-PARC で切り開く高エネルギー高密度物質科学」 (PI 熊野)

目的：理論-実験研究者の交流による J-PARC ハドロンプログジェクトの推進。5課題(ストレンジネス核物理、 ν 原子核相互作用、チャーム物理、高エネルギーハドロン物理、重イオン核物理)を中心に研究会等を開催し、J-PARC 実験の検討と将来プロジェクトの創生・実験提案を議論する。5名の客員スタッフとともに実験研究者と協力して研究を進める。

活動状況：

1. 検討会「レプトン原子核反応モデルの構築」、2016, 10/20-21@東海
 ν 原子核相互作用 Review 論文(Rep. Prog. Phys. 掲載予定)に関する打合わせ。
2. WS on hadron tomography at J-PARC & KEKB, 2017 Jan. 6, つくば
KEKB, J-PARC での tomography 研究の検討、核子3次元構造を議論。
3. 「ストレンジネス核物理の課題と展望」、2016, 12/3-6, 東海

ハイパー核やK原子核、中性子星内部構造などの理論的研究についての討論

4. 「ヘビークォークハドロンの構造と相互作用」東海、3月

KEKB, J-PARC での heavy quark hadron 理論検討と J-PARC E50 実験の検討。

国際連携：

1. ロシア合同原子核研究所・理論物理学部門のリーダーOleg Teryaev 氏を学術 振興会
会で招聘、KEKB のトモグラフィ研究を理論的に推進
2. 米国 Jefferson 研究所・理論部門長（訪問時はBNL スタッフ）を招いて米国 EIC 計
画の研究会を開催
3. 中国科学院・理論物理学研究所長 Zou 氏を招き、J-PARC/KEKB のハドロン物理を議
論し、今後の相互交流について意見交換

(3) 「宇宙で探る基礎物理」(郡)

目的：宇宙で起こる多彩な現象を通して基礎物理法則を探る。特に 1) 初期宇宙 (CMB など)、
2) ダークセクター (暗黒物質、暗黒エネルギー)、3) コンパクト天体と高エネルギー宇宙
線加速 (宇宙線、重力波など)、という 3 つをプローブとして、ニュートリノ物理や標準模
型を越える物理、高密度物質の性質、重力理論など、素粒子や原子核物理学の基本的性質
への手がかりを得ることを目的とする。

活動状況：

日常的には、アーカイブ club での宇宙物理関係の新作論文概要を議論 (毎日)、毎週開催
している Cosmophysics Seminar などの活動を行っている。また

1. 国際スクール KEK-Cosmo 2017 を 2017 年 2 月に開催。海外から 5 名の講師を招聘し、
D. Seery (宇宙論), S. Hannestad (ニュートリノ), A. Sesana (重力波): P. Serpico
(宇宙線), Ayuki Kamada (暗黒物質) についての連続講演を依頼した。
2. 国際連携：日仏事業 (YL-FJPL) による仏 LAPTh 研究所 P. D. Serpico のグループと
相互交流開始。今年度は、KEK より 4 名訪仏、フランスから 4 名来日。

(4) 「弦からフレーバー」(PI 溝口)

目的：弦理論のダイナミクスを解析し、フレーバや超対称性の破れについての理解を深め、
弦理論が示唆する初期宇宙論や素粒子モデルの構築を目的とする。

活動状況：

1. 弦理論の集中講義 (各 3 日) を 3 回開催、所内外から約 3-40 名の参加。
◇ 「超弦理論研究者のための大統一理論」講師 後藤亨 5 月
◇ 「AGT 対応入門」講師 柴正太郎 7 月
◇ 「Robertson-Walker brane 入門」講師 野尻伸一 10 月
2. KEK Summer Camp 8 月弦理論合宿を行い、首都大学東京の北澤敬章氏に D ブレーン

を使った標準模型構築の試みについての講義を依頼した。海外からは C. S. Chu 氏が参加し、弦理論とドジッター宇宙論についての熱い討論が行われた。

3. 国際研究集会 Workshop on String and M-theory を 2017 年 3 月に沖縄で開催、海外からの 5 名の講師を含め、40 名ほど国内外から集まり、弦理論と M 理論についての検討会を開催。

国際連携：アジア連携促進のためのネットワーク FIST - Asia Network on HEP に関連し、日韓中の合同で、The 1st East Asian Joint Workshop on Fields and Strings を 2016 年 6 月に中国で開催。100 名近い参加者があり、2017 年度は KEK で開催予定。素粒子分野におけるアジア研究者のネットワーク構築を目指している。

(5) 「第一原理計算で切り拓く素粒子物理のフロンティア」(PI 西村)

目的：素粒子物理学における諸問題（宇宙の成り立ち、宇宙の起源、物質の極限状態）の解明を目指し、行列模型（超弦理論の非摂動的定式化）や有限密度 QCD（符号問題を複素ランジュバン法で克服）に基づく第一原理計算を推進する。

活動状況：

1. 2016 年 9 月 「離散的手法による場と時空のダイナミクス研究会 2016」
格子ゲージ理論や量子重力などに関連した講演。国内から 40 名が参加。
2. 2016. 12. 6-9 KEK 理論研究会：講師として当プロジェクト予算で Gokce Basar, Harold Steinacker, Dorota Grabowska を招聘。符号問題の解決法、行列模型、カイラルゲージ理論に関する進展について議論。
3. 2017. 2. 16-17 ポスト京・重点課題 9 シンポジウム「京からポスト京に向けて」にて、「超弦理論の数値的研究の現状と展望」と題して、西村が講演。

国際連携：来年度は、「離散的手法による場と時空のダイナミクス研究会 2017」を韓国 APCTP にて開催予定。国際化し、世界から講演者、参加者を招聘する。

(6) 量子情報と量子力学の基礎

研究概要：量子情報の新しい知見や量子力学の基礎に関する最近の進展に基づき、素粒子・原子核・宇宙物理研究に新たな視点を導入し、画期的な発展を目指す。新しい量子物理量としての弱値と、その測定方法である弱測定の重力波等への精密測定の応用、量子状態の自発的局所化と量子情報の関係の研究を行った。

活動状況：

- ・「量子基礎論懇話会」（2016 年 7 月、10 月、2017 年 3 月、参加約 80 名）
- ・「重力波検出への弱測定の応用」（2017 年 2 月、参加者数約 10 名）
- ・「（第 35 回）量子情報技術研究会」（2016 年 11 月、参加者数約 100 名）

このうち「量子基礎論懇話会」は名大、総研大との共催で量子力学の基礎に関する討議を目的とし、また「重力波検出への弱測定応用」は国立天文台、東工大との共催で重力波検出への弱測定応用の可能性の検討を目的としたもの。最後の「量子情報技術研究会」は電子情報通信学会量子情報技術時限研究専門委員会の主催する量子情報分野では国内最大の研究会で、KEKで開催することで、今後の基礎物理と量子情報分野の専門家の連携の緒とすることを目的とした。

国際連携：京大基研での国際会議「相対論的量子情報 2017」にも関与し、活動をより国際化。その一環として、(Tel Aviv 大の Vaidman 教授など) 国外から有力な研究者の招聘や相互訪問を予定。

最後に、理論センターのプロジェクト研究としては位置付けられてはいないが、大型計算機を使った数値研究の現状について説明する。

ポスト「京」重点課題(9)「宇宙の基本法則と進化の解明」

文部科学省が推進しているポスト「京」スーパーコンピュータープロジェクトにおいて、重点的に取り組む課題の一つとして表記の課題が設定されており、計算基礎科学連携拠点(JICFuS, 代表筑波大学計算科学計算センター)がその実施を担当している。KEK 理論センターは、そのサブ課題 A「究極の自然法則と宇宙開闢の解明」を主として担当する分担機関として H28 年度から本格実施となるプロジェクトに参加している。本事業はポスト「京」で実行するアプリケーションを開発することを主目的とする。サブ課題 A(責任者：橋本省二)は、KEK を分担機関として、大きく分けて「素粒子現象論(取りまとめ：金児隆志)」、「QCD 相転移(取りまとめ：青木保道)」、「超弦理論(取りまとめ：西村淳)」の 3 テーマの研究を全国の協力機関とともに推進する。委託費は H28 年度 42,000 千円で、主として研究員雇用や計算機借上げ費に支出した。H29 年度の委託費は 36,000 千円の予定である。

本プロジェクトを通じて格子 QCD や超弦理論の数値研究を実施する一方、

* Belle II Theory Interface Platform (B2TIP) への参加

* Muon $g-2$ /EDM workshop を開催(2016 年 11 月)

* HINT 2016 を共催(2016 年 12 月)

* KEK 理論研究会を共催(2016 年 12 月)

などを通じて関連する実験や理論プロジェクトとの連携を推進した。また、

* Flavor Lattice Averaging Group (FLAG)

* CKM 2016

などの国際的な取り組みに参加した。