

平成 27 年 11 月 1 日、素核研の公式な組織として理論センターが発足し、素核研運営会議でセンター長が承認された。これをもって、平成 28 年 1 月、新たな理論センターの活動が開始した。

理論センターは、(平成 27 年 11 月時点において) 常勤スタッフ 22 名、非常勤の博士研究員 4 名を中心として、学振特別研究員、協力研究員などのポスドク研究員約 20 数名、総研大や連携大学院（東京大学）に所属する学生と受託生約 30 名から構成される総勢 7-80 名ほどの、国内外でも有数の規模をもつ理論グループである。研究分野は、素粒子や原子核を中心にして、宇宙物理や量子基礎論などの関連する諸分野にまたがり、その手法も解析的手法から数値的手法まで広がっている。これらの研究者が、物質や宇宙の根源を追求するという共通の目標へ向かい、さまざまな実験研究に支えられながら、理論的な研究を進めている。

理論センターは、これまでも素粒子・原子核分野の大学共同利用機関として、同分野のコミュニティと連携し、さまざまな研究会や国際会議、セミナー、集中講義を開催してきた。これらの活動を通して、大学や他研究機関に所属する研究者に研究交流の場を提供するとともに、若手研究者の育成にも重点をおいて取り組んでいる。年間に開催されるセミナーは公式なものだけで 50 回以上、参加者 100 名を越える国際研究会が数回、参加者数十名の研究会まで含めると 10 回以上を数え、国内外からのべ 1000 人近い研究者が理論センターを来訪している。これらの活動は、国内の素粒子原子核のコミュニティにとって、研究活動の推進のみならず若手育成という観点からも重要な役割を果たしてきた。

公式な理論センターの発足にともない、従来の活動をより発展させて素粒子原子核の研究推進に寄与するとともに、大学などと連携をとりながらさらなる国際化を進め、共同利用研としての役割を強化していく。理論センターのさらなる国際化の一例としては、フェルミ国立加速器研究所の理論部との MOU を締結し、理論研究者の交流を促進するためのプログラムがあげられる。(MOU は 2013 年にたちあげ年間数名の研究者の交流を行ってきたが、2016 年に新規更新した。今後は国内の大学研究者も含めたより広い日米の交流の軸とする予定である。) また、アジア各国との間で研究者のネットワークを構築し、研究会の共同開催などの交流を促進することも計画している。

このような国際活動に加えて、理論センターの研究活動を重点的に進めるために、6 つの時限付きプロジェクトを立ち上げた。これら 6 つのプロジェクトは、今年の 3 月に開催された (KEK 外部の研究者 7 名を含む) 理論センター研究推進委員会において承認された。これに基づき、4 月には (各プロジェクトの規模と外部予算状況に応じた) 理論センター内部の予算付けを行い、各プロジェクトが活動を開始した。

承認された 6 つの時限付きプロジェクトは、実験や観測と関係の深い 3 つのプロジェクト

1. BSM in High Energy and High Intensity Frontier (野尻) 時限 5 年

2. J-PARC で切り開く高エネルギー高密度物質科学（熊野）時限 4 年

3. 宇宙で探る基礎物理（郡）時限 3 年

および、理論独自の広がりを目指して、理論センターが得意とする分野での研究拠点の形成を目指す 3 つのプロジェクト

4. 第一原理計算で切り開く素粒子物理のフロンティア（西村）時限 3 年

5. 弦からヒッグス／フレーバー（溝口）時限 3 年

6. 量子力学の基礎研究『弱値・弱測定的基础と応用』（筒井）時限 3 年  
からなる。以下で、これら 6 つのプロジェクトを概説する。

### プロジェクト 1 「BSM in High Energy and High Intensity Frontier（野尻）」

・目的：ヒッグス粒子の発見により、素粒子物理は新たなステージに入った。今後の素粒子物理は、標準理論を超えたより基本的な物理学の記述を目指す挑戦となる。本プロジェクトの目的は、標準模型の背後に潜む謎の解明である。例えば、暗黒物質の謎、バリオン数非対称性の謎、インフレーションの起源、ヒッグス粒子の起源、ニュートリノの質量、フェルミオンのフレーバーの起源、さらに、時空そのものの謎に迫る。これから様々な素粒子実験が世界中で進む。これらを受けて、実験研究者との協力のもと、国内外研究者も巻き込んで KEK がハブとなり、今後の素粒子理論の進展を世界的にリードする。

・メンバー：野尻美保子（代表）、遠藤基、橋本省二、磯暁、金児隆、北野龍一郎、郡和範、三島智、阪村豊、山田憲和

・外部メンバー：濱口幸一、久野純二、松本重貴、諸井健夫

・定期的活動：

NP forum：標準模型を超える物理について議論（月一回）

Collider 勉強会（年数回）次回：LHC Run II のデータ検討（9 月以降）

Bファクトリー物理勉強会 次回は、第 18 回ミーティング@新潟（7 月）

・Workshop and conferences（KEK と海外研究機関との合同研究会など）

KEK-PH 国際研究会（平成 29 年 2 月 14 日-17 日を予定）

HINT2016 への協力

KEK-台湾-韓国 アジアの合同研究会 5 月台湾（KEK より 7 名参加）

KEK-Rutgus フレーバー物理の検討 6 月 Rutgus（KEK よりスタッフ 3 名）

KEK-FermiLab joint workshop 9 月ダークマターの物理等の検討会

KIAS-KEK-Durham 11 月 LHC RunII データの検討のための国際集会

### プロジェクト 2 「J-PARC で切り開く高エネルギー高密度物質科学」（熊野）

・課題と構成員（\*素粒子原子核研究所理論センター客員スタッフ）

ストレンジネス核物理： 土手昭伸、\*原田 融

ニュートリノ原子核相互作用： 熊野俊三、\*佐藤 透

チャーム物理、核媒質中のハドロン： 森松 治、\*瀧澤 誠

高エネルギーハドロン物理： 熊野俊三、\*田中和廣

重イオン核物理： 板倉数記、\*北澤正清

- ・ 連携：遠藤基、金児隆志、北野龍一郎、野尻美保子、橋本省二、山田憲和
  - ・ 目的と活動内容：理論研究者と実験研究者の交流による J-PARC ハドロンプロジェクトの推進を目的とする。J-PARC のハドロン物理プロジェクト、特に上記5つの課題を中心に研究会、共同研究・検討会、セミナーを開催し、現在行われている J-PARC 実験の検討、将来プロジェクトの創生と実験提案を議論する。特に、理論研究者と実験研究者が交流する機会を設け、相互の連携により研究を推進する。連携研究者とは研究会・検討会を共催しながら協力して J-PARC の素粒子原子核物理を推進する。現在、各課題の活動を計画中であるが、決定しているものとして
    - ・ Workshop on Prospects of Electron-Ion-Collider, 8/3, 2016, KEK Tokai (米国の EIC 計画と関連する J-PARC 実験を議論。世話人：熊野、田中他)
    - ・ KEK Particle and Nuclear Physics Seminar at J-PARC, 8/3 (森松他)
    - ・ Electron Ion Collider, A. Deshpande (Stony Brook University)
- がある。また、熊野と田中が世話人となり京都大学において
- ・ Workshop on hadron tomography, July 31, 2016, YITP, Kyoto
- を開催し、J-PARC と KEK-B のハドロン・トモグラフィ研究を議論する。

### プロジェクト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つの宇宙観測をプローブとして、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。当プロジェクトは、素粒子原子核物理学のコミュニティとの連携をとりながら進めて行く。

- ・ 内部メンバー：郡、磯、板倉、遠藤、太田、北澤、北野、野尻、浜田、山田
- ・ 外部メンバー国内：井岡邦仁 (YITP), 川崎雅裕 (ICRR), 小玉英雄 (YITP), 高橋史宜 (Tohoku), 田中貴浩 (Kyoto), 諸井健夫 (Hongo), 横山順一 (RESCEU)

外部メンバー国外：Bernard Carr (Queen Mary), Abraham Loeb (Harvard), David H. Lyth (Lancaster) Ramesh Narayan (Harvard), Tsvi Piran (Jelsarem), Pasquale Serpico (Annecy), Matias Zaldarriaga (IAS, USA)

- ・ 日常活動：
  - ・ アーカイブ club (毎日)：宇宙物理関係の新作論文の概要を議論。
  - ・ Cosmophysics Seminar (毎週)：(CMB グループとの共催も含む)
- ・ 集中レクチャー 2016/7/19 重力波：田中貴浩氏 (京大)
- ・ 研究会予定：若手教育を兼ねた国際スクール開催予定
  - ‘Fundamental Physics in the Universe’ (2017 /2/27-3/1)
  - 講師：1) David Seery (Sussex U)：Cosmological Perturbation
  - 2) Tracy Slatyer (MIT)：Dark Matter Models
- ・ 国際連携：日仏事業のサポートを得て、Serpico (Annecy) のグループと

より緊密な関係を築き、当プロジェクトの発展を目指す。

#### プロジェクト4 「第一原理計算で切り拓く素粒子物理のフロンティア」(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。格子ゲージ理論がQCDにおいて収めて来た成功を、有限密度領域、重力を含む理論にまで広げ、宇宙論、素粒子現象論に対してインパクトのある結果を出す。これまでの研究成果を大きく発展させて、新しいパラダイムの構築を目指す。

- メンバー:西村淳(超弦理論、代表)、金児隆志(格子QCD)、山田憲和(格子QCD)、太田滋生(格子QCD)、板倉数記(ハドロン原子核理論)、郡和範(宇宙論)
- これまでの活動報告  
2016.3.28-30 KEK 理論センターにて、集中講義「弦理論と行列模型」を開催した。講師は土屋麻人氏(静岡大)、KEK内外から36名の人が参加。
- 2016.3.30-31 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、超弦理論の数値シミュレーションの現状と展望、西村が講演。  
2016.4.27-28 行列模型の数値シミュレーションの高速化(広島大)。
- 今後の予定  
2016.9.16-19 「離散的手法による場と時空のダイナミクス研究会2016」

#### プロジェクト5 「弦からヒッグス/フレーバー」プロジェクト (溝口)

・【目的】—「超弦理論」が素粒子物理として託された使命は、非常に高エネルギーにおけるきわめて限定された整合性を、それから実験・観測事実を再現する低エネルギー理論を導出することによって、標準模型を超えた物理描像の提言、ひいては将来実験・観測で期待される事象の予言に反映させることである。本プロジェクトでは、「なぜ3世代なのか」など現実理論の基本的成り立ちを理解し、LHC/Planck時代の現実実験観測事実の理論的特徴を真剣に捉え、その特徴を実現するメカニズム/ダイナミクスの探求、検証を目指した「新しい時代の超弦現象論」を切り拓いていく。

##### ・メンバー

テーマ1班 「超弦からフレーバー」 溝口俊弥(PL)、西村淳、阪村豊、後藤亨、柴正太郎、外部メンバー:糸山浩司(大阪市大)、小林達夫(北大)、小玉英雄(基研)、谷太郎(久留米高専)、北澤敬章(首都大)

テーマ2班 「超対称性の破れる機構」 磯暁、北澤良久、柴正太郎、濱田雄太、外部メンバー:川合光(京大)、須山孝夫(大阪市大)、杉本茂樹(京大)、北澤敬章(首都大)、青木一(佐賀大)、関野恭弘(拓殖大)

[国外] Augusto Sagnotti(ピサ高等師範学校)、岡田宣親(アラバマ大)、Chong-Sun Chu(台湾清華大学)、Mikhail Shaposhnikov(ローザンヌ工科大学)、Chris Hill(フェルミ国立研究所)

##### ・活動

5/9-11 連続講義「超弦理論研究者のための大統一理論」

講師：後藤亨氏、参加者 40 名強（うち半数は外部）

<http://www2.kek.jp/theory-center/project/string2higgsflavor/>

7/25 -27 連続講義 「AGT 関係式の F 理論への応用」 講師：柴正太郎

8/3 - 8/8 合宿型研究会@長野 参加者（15 名程度の予定）

講師 北澤敬章 「超弦理論における超対称性の破れのダイナミクス」

## プロジェクト 6：量子力学の基礎研究『弱値・弱測定 of 基礎と応用』(筒井)

### ・目的：

(i) 新しい量子物理量「弱値 (Weak Value)」の物理的意義の解明。特に「弱値」に基づく新しい不確定性関係の確立。

(ii) 「弱値」の基盤にある「擬確率」概念の物理への応用 (Wigner 関数を含む擬古典的状态記述の一般論の展開とその有用性の考察)。

(iii) 重力波検出における「弱測定」の精密測定への応用可能性の検証。また素粒子・原子核実験における新しい応用法の探求。

### ・研究体制 (機構内)：

筒井泉 (素核研・理論センター: プロジェクト代表者)、磯暁、熊野俊三、Sujoy Modak (学振外国人研究員)、他、大学院生 5 名

### ・研究会活動

・研究会『量子論の諸問題と今後の発展 (QMKEK6)』(2016. 2. 17-18, KEK)

・研究会『重力波検出への弱測定 of 応用』(2015. 12. 21 : 国立天文台)

・量子基礎論懇話会『情報と確率』(2016. 3. 12 : 慶應大三田)、

『トポスと物理』(2016. 7. 11 : 情報システム研究機構会議室)

・講演会 Prof. Butterfield (Cambridge)、『量子力学の哲学』(2016. 4. 12 : 東京工大)

### ・研究の現状と成果

「弱値」に基づく新しい不確定性関係の導出に成功し (Phys. Lett. A380 (2016) 2045)、現在、これに基づいてその物理的応用の分析を行っている。また「弱測定」の精密測定への応用を図るため、「弱測定」に関する厳密な量子測定理論の構築を行った。現在、これに基づいて KAGRA 等の測定実験における応用を念頭に干渉計での応用分析を進めている。