

拠点構想の概要

拠点名：量子場計測システム国際拠点

ホスト機関：高エネルギー加速器研究機構

ホスト機関の長名：山内正則、機構長

拠点長候補者：羽澄昌史、高エネルギー加速器研究機構、教授

事務部門長候補者：徳宿克夫、高エネルギー加速器研究機構、教授

1) 拠点形成の全体像

物理学は、素粒子から宇宙に至る自然の階層構造にあらわれる多彩な物理現象の背後に潜む法則を本質的かつ統一的に理解する学問である。ノーベル賞が授与されたこれまでの研究を見れば明らかのように、物理学では統一を可能にするための新しい研究方法・手段にこそ意味があると言って良い。本拠点はその物理学の本質に立ち返り、加速器の国際拠点であるKEKの研究基盤資源を最大限活用し、「方法・手段の融合」に挑むものである。現代物理学では、生成・消滅する粒子や準粒子と付随する物理量を持つ時空を「量子場」と呼び、それがしたがう基礎方程式の探究が理論・実験の両面から行われている。本拠点名の「量子場計測システム」とは、量子場「を」計測するという意味と、(多彩な準粒子を含む)量子場「で」計測するという二つの意味を含めた新しい概念である。本拠点は、近年大きな革新を迎えつつある量子場計測システムに焦点をあて、素粒子物理、宇宙物理、物性物理、計測科学、システム科学の学際研究により、革新的な発展を目指す。これはいわば人類が新しい「眼」を得る事を意味し、物理学にとどまらない広い学問分野への応用・発展と巨大かつ高次の融合研究をもたらす。さらに、スマートシティに代表されるような、未来社会への実装の道を切り拓く。以上を踏まえて、以下に本拠点の基本理念(国民に向けたスローガン)、ミッション、アイデンティティ、目標を以下に記す。



まず、本拠点の基本理念(国民に向けたスローガン)を、新しい「眼」を人類にもたらし、この美しい世界の成り立ち(時空と物質の真の姿)を見つめると定める。

本拠点のミッションは、以下の通りである。

- 素粒子物理、宇宙物理、物性物理、計測科学、システム科学を**融合**し、
- 量子場（生成・消滅する粒子や準粒子と付随する物理量を持つ時空）を計測する新しいシステムを**発明・開発**し、
- 宇宙観測や素粒子実験における計測に**革新**をもたらし、時空と物質の真の姿を**解明**する。
- 以上の実践を通して手段の科学として新しい計測学（量子場計測システムロジー）を**確立**し、
- さらに、物理学にとどまらず広い分野への応用と社会実装を通して、より**高次の融合研究**と新たな社会的価値を**創出**する。

本拠点のアイデンティティとしては、以下の点が挙げられる。

- I) 宇宙・素粒子の新測定原理の**発明**から、それを実現するシステムの**開発**、**プロジェクト実行までを一気通貫に行う世界唯一の拠点**
- II) これまでの WPI 拠点とは異なり、量子場計測システムという「手段」に関する**融合**という**新機軸**により、学術的価値のみならず社会的価値の還元も含む、**より高次の融合領域における価値創出・展開を先導**
- III) KEK の誇る加速器施設が供給する**多彩な量子ビーム**を活用した計測システムの実証が可能
- IV) 基礎研究分野の**大規模国際共同実験のホストとしての経験**を活かし、桁違いの国際共同研究を実施
- V) **大学共同利用研究機関としての経験**を活かし、拠点として世界をリードしつつ、国内外の大学・研究機関の研究・教育に大きく貢献

本拠点の目標は、上記のミッションとアイデンティティに基づき、以下のとおり定める。

- 1) 理論的に予言された新奇の量子場を探索する新しい原理、計測システムの**発明**
- 2) 新しい量子場計測システムの**開発・実装**を LiteBIRD 衛星計画や、衝突型加速器（以下、コライダーと記す）実験などの国際プロジェクトで実施し、宇宙・素粒子研究の**グランドチャレンジ**で世界をリード
- 3) 新しい量子場計測システムに基づく新しいプロジェクトの**提案と推進**
- 4) 計測システムの「脳」に相当するデータ解析の新しい手法を開発し、宇宙・素粒子研究へ**応用**
- 5) 以上の実践を通して「手段の科学」として新しい計測学（量子場計測システムロジー）を**確立**
- 6) 社会還元を第一目標とする研究者を置き、社会実装（スマートシティ、自動運転、医療、その他）を実現し、同時に、他学問分野への応用を積極的に開拓
- 7) システム科学を使いこなし、かつ深い専門性を備えた次世代の人材育成を達成

2) 世界を先導する卓越研究と国際的地位の確立

2) -1. 研究内容

上記（1）拠点形成の全体像）で述べた7つの目標のうち、人材育成を除く6点を達成するために、革新的な量子場計測システムの**発明、開発、実装**を行う。主たる例としては、準粒子を用いた新しい計測システム、従来のものより放射線耐性を2桁以上向上させた新型半導体検出器、新センサー開発と集積回路開発の一体化、アナログ集積回路開発の自動化、LiteBIRD衛星搭載用超伝導検出器アレイなどがある。それぞれの研究を担当するPIが、5年後および10年後の明確な目標とプロジェクト計画を準備し、進めていく。全ての活動にシステム工学的手法を導入することにより、実践を通じてノウハウの蓄積・共有を加速し、システムロジーを育てていく。

2) -2. 融合研究

本拠点では、素粒子物理・宇宙物理、物性物理、量子ビーム科学、計測科学、システム科学の研究者

が一堂に会し、融合研究を行い、量子場計測システムに革新をもたらす。この第一レベルの融合研究により本拠点が創り出す新しい「眼」は、宇宙・時空・素粒子に関するブレークスルーにつながると共に、物理学にとどまらず、化学、生物学、医学、考古学、（神経）美学といった広い学問分野への応用・発展と巨大かつ高次の融合研究をもたらす。この第二レベルの融合研究では、学術的価値のみならず社会的価値の還元も含む、より高次の融合領域における価値創出・展開を先導する。特に社会実装に向けた取り組みに関しては、トヨタグループの研究協力を得て、産学の垣根を超えた融合研究を進めて行く。

2) -3 研究のアウトカム

本拠点からは多彩な研究成果が期待されるが、その中から3つの期待されるアウトカムを以下に示す。

(a) インフレーション仮説が予言する原始重力波を発見する。

(b) 新しい量子場（例：アクシオン）を発見する。

(c) カシミア効果によるゼロ摩擦非接触シャフトベアリングの発明によりモビリティに革新を起こす。

これらのミッションは、LiteBIRDよりもはるかに幅広く、非加速器素粒子物理学実験、実験的宇宙論、社会実装に向けた活動など、KEKでは扱われていない分野をカバーしている。しかし、真に期待しているのは、予期せぬ発見である。元プリンストン高等研究所長のピーター・ゴダード教授の言葉を借りれば「何をどうやって、いつまでにやるのかがわかっていれば、本当の意味でのオリジナルな研究にはならないのです。想像もつかないようなことがわかってくるのです」。

3) 国際的な研究環境と組織改革

3) -1. 国際的研究環境

拠点のPIは外国籍が20%以上、女性の比率が約40%という国際性とダイバーシティを持つ陣容である。国際公募により、拠点の研究者の外国人比率は30%以上になるよう構成する。本拠点の公用語は英語とする。KEKは大型国際共同研究実験をホストし、国内外から多数の共同利用研究者を受け入れている。そのノウハウをさらに発展させて、研究者の研究・生活の支援・便宜を提供することで、研究者が研究に専心できる環境を作る。

3) -2. 拠点運営・システム改革

拠点長のリーダーシップの下、コアメンバーが拠点会議を開き、拠点長の目標・方針を理解し、人事、予算などの重要事項を審議する。システムロジック支援セクションを設けてPIの進めるプロジェクトに対してシステム科学的支援を行う。海外サテライトを含む3つのサテライトを置き、効率良い開発研究を実行すると共に、COVID-19による移動の制限にも強い拠点を築く。ホスト機関であるKEKは、拠点に対するコミットメントを中期計画に追記する。

4) 次代を先導する価値創造

4) -1. 基礎研究の社会的意義・価値の創出・発信

宇宙・時空・素粒子の極限を探る研究は、科学を超えたセンス・オブ・ワンダーを国民に呼び覚ます。本拠点が日本主導で創造する新たな知的価値は、国民に自信と誇りをもたらすとともに、我が国が諸外国から一目置かれ、一流国として存在し続けることに大きく貢献できる。本拠点では、JAXA宇宙科学研究所、カブリIPMU、産総研などとも連携し、ウェブ上でのアウトリーチ、講演会、一般公開、SNSなどによる発信を通じて、このような知的価値を広く国民と共有していく。アウトリーチ担当のURAと事務職員を置くことにより、継続的な発信を行っていく。

4) -2. 高等教育とも連動した次代の人材育成

本拠点では、システム科学を使いこなし、かつ深い専門性を備えた次世代の人材育成を目標とする。そのために、KEKの優れた施設を利用して、関連分野の大学院生を対象に、毎年、量子場計測システムロジー研修・実習コースを開催する。若手研究者は、本拠点で、センサー、ASIC、計算機、データ解析、それらを統合するシステムロジーを学ぶことにより、アカデミックポストは勿論、広く産業界でも活躍できる科学者となる。本拠点では、大学院、任期付研究員から任期なし常勤職へ至る各段階での育成とキャリア形成支援を行う。

4) -3. 自立化を見据えた拠点運営、拠点形成後の持続的発展

本拠点は、世界最高水準の拠点の形成に資する特別な組織として、KEK内の他の研究組織とは区別された独立した研究組織とする。拠点の恒久化に向けて、KEKは本拠点が独自の財政基盤を確立することを援助する。それに付随して、6年目以降にWPIで雇用したシニア研究者と、技術職員の一部のテニユア化を目指すと共に、利用施設の高度化を推進する。