

拠点長のビジョン

本拠点の実現を想像すると、一研究者としての大きな興奮を抑えられない。私自身の研究スタイルは、素粒子物理と宇宙論にわたる大きな謎を新しい計測手段により解明するというものである。これまでに、素粒子研究において小林・益川両氏のノーベル物理学賞を決定づけたBファクトリーでのCP対称性の破れの発見を主導（その成果により第4回日本学術振興会賞を受賞）した後、宇宙論研究においてPOLARBEARプロジェクトを立ち上げ、宇宙背景放射（以下、CMBと表記）の偏光を用いた重力レンズ効果の初観測に成功した。いずれの場合にも、自然の奥底を素手で触ったような感触を持った。感動した記憶は今も鮮明である。冒頭に述べた興奮の源泉は、本拠点の形成が上記の成果を超える新しい発見をもたらすに違いないという確信である。

加速器を用いて宇宙・素粒子・生命の謎を解くというミッションを推進するKEKは、既に加速器科学の国際拠点として世界から認知されている。なぜ新たな拠点提案が必要だろうか？欧州原子核研究機構（以下、CERNと表記）等の、世界の他の加速器拠点を超えて世界をリードするためには何をすれば良いだろうか？私は、三つの理由からさらなる革新が必要と考え、そのために本拠点の提案を行う。

一つ目は、加速器の国際拠点である**KEKを、計測システムの国際拠点にする必要がある**、という点である。我が国の宇宙観測・素粒子実験の最前線では、計測システムに関して、様々なプロジェクトで海外グループの最先端計測装置に頼る状況がある。KEKでも、加速器を使って生成される粒子を精密に観測する計測システムの開発は、個々の研究者の超人的かつ職人芸的な努力に頼ってきた。一方、世界の加速器国際拠点は、より組織的、戦略的、学融合的なアプローチを既に取っている。

二つ目は、**加速器に縛られずに、宇宙・素粒子・生命の謎を解くために新たに重要となる研究に取り組む必要がある**、ということである。CERNではコスミックコネクション（宇宙と素粒子の関連）の探求という旗の下、反粒子宇宙線観測プロジェクトAMSなどへの戦略的な協力が宇宙観測の大きな成果をあげている。一方、KEKでは、宇宙観測は、私を含む個別の研究者の「個人商店」的な活動に止まっている。我が国には天文・宇宙観測を行う機関はあるが、素粒子物理の謎を解明する宇宙観測、という視点は欠けている。宇宙と素粒子がかつてないほど密接に関連している今、次の科学革命はコスミックコネクションから起きる可能性が高いと私は考える。発見のチャンスを逃さぬためには、早急に手をうつ必要がある。

三つ目は、**検出器の世界が変革を迎えており、早急な対応が必要だ**ということである。最近数年の間に、多彩な準粒子を用いた新しい検出原理や、量子効果を用いる新しいセンサー等が提案されている。半導体検出器などの既存の検出器も、次世代の実験の要求に応えるには、格段の高度化が必要な時期に来ている。新しい検出器システムが新しい宇宙・素粒子研究を拓く鍵となることは、歴史が証明している。**これらの新しい検出器や高度化された検出器のシステムをあわせて、本提案では「量子場計測システム」と総称する。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込めた新しい概念である。**また、センサー単体ではなく、信号を取り出す集積回路や、人で言えば「脳」に対応する計算機をも含む装置全体をイメージするために「計測システム」と言う言葉を用いている。

以上を一言で表すと、「**量子場計測システムを制するものは、宇宙・素粒子の研究を制する**」ということである。それを踏まえて、本拠点についての私のビジョンを以下に示す。

基本的なビジョンは、**宇宙・素粒子の計測システム研究で世界に例のない、原理の発明から大型プロジェクト実行までを一気通貫で行う拠点を形成し、世界を一気にリードする【本拠点のアイデンティティI】**ことである。CERNや米国フェルミ国立加速器研究所など、KEKのライバルとなる国際加速器研究機関は、それぞれ検出器開発のグループを持つが、アイデアからプロジェクト実行まで一気通貫という拠点は存在しない。**世界でオンリーワンの存在となる本拠点は、CERN等との計測システムに関する競争において一歩先へ進みリードするための、我が国としての「渾身の一手」となる。**本拠点は、研究の夢を実現する量子場計測システムを志向し、発明を促す場としたい。目先の成果を追求する改良より、科学のグランドチャレンジに真っ向から挑む計測システムを志向する。研究者がアイデアを出せる環境と十分な研究時間を本拠点が提供して、これまでと桁違いのアイデアを創出し、大発見につなげたい【本拠点の目標1】。私が興奮する研究例として、理論的に予言された新奇な素粒子の量子場と、物質内の多彩な準粒子との相互作用に関する系統的、網羅的な研究と、それに基づく新しい量子場計測システムの発明がある。これまで物性物理と素粒子物理との連携は見落とされてきた。しかし、様々な物性系には様々な量子場が存在し、現実の物質の上ではそれらは素粒子の量子場と渾然一体と

QUP

なっているはずである。これは手付かずの広大な研究領域で、本拠点が初めて組織的研究に取り組むこととなる。現在の素粒子標準模型で解決できない大きな問題として、宇宙極初期の加速膨張の謎（インフレーションの謎）、暗黒物質の謎、暗黒エネルギーの謎、宇宙に反粒子がなく、粒子だけで出来ているように見える謎、がある。これらの解明のために、インフラトン、アクシオン、超対称粒子などの新奇量子場の存在が予言されている。もしそのような**新奇量子場が一つでも発見されればノーベル物理学賞につながる成果となる**。本拠点で研究者が出会いアイデアがスパークすることにより、本拠点が未来の大発見の「誕生の地」となって欲しい。

上記の「一気通貫」の精神で、拠点で発明した量子場計測システムを、実際の宇宙・素粒子研究プロジェクトに実装する【本拠点の目標2】。例として、ビッグバン以前の宇宙を探り、背後の物理法則に迫るLiteBIRD衛星計画がある。私自身が提案し、全体代表者を務める計画である。入射するCMBをフォノンに変え、さらにそれを量子磁束計で読み出す画期的な超伝導検出器アレイを米国グループと現在開発中である。これは準粒子を用いた新しい検出器の一例であり、本拠点のフラッグシップ計画として推進する。**また、新しい量子場計測システムの発明に基づく新しい宇宙観測や素粒子実験のプロジェクトを提案し推進する【本拠点の目標3】**。既に述べた通り、検出器の世界が変革を迎えつつあり、多様な新実験の提案が期待される。その中で、プロジェクトとして成功するものを厳選して推進していく。さらに、新しい量子場計測システムの既存の加速器実験のアップグレード等への適用も進めていく。計測「システム」という言葉は、人間の「脳」に相当するデータ解析手法も含む。本拠点では、新しい解析手法の発明による新展開も狙う【本拠点の目標4】。

本拠点は、素粒子や宇宙に関する謎を解くことを超えて、**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・展開を先導する【本拠点のアイデンティティII】**。拠点が創り出す新しい「眼」は他分野への応用、新しい社会実装・社会貢献も生むに違いない。そのような社会貢献を、豊田中央研究所にサテライトを設けて連携し、人任せにせず、拠点の手で進めていく【本拠点の目標5】。さらに「ものづくり」ラボの世界的連携というビジョンで、二つのサテライト（バークレー、JAXA宇宙科学研）を加えて連携開発を推進する。

上記のビジョンは、KEKが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【本拠点のアイデンティティIII】、KEKの大規模国際共同実験のホストとしての経験と実力【同IV】と、これまでに培った豊富な国際人脈、大学共同利用研究機関としての実力【同V】に立脚していることを強調したい。国内屈指の世界的インフラを既に有するKEKが総力を結集して立ち上げる本拠点は、他の追随を許さない桁違いの国際拠点となる。**私自身も、LiteBIRD衛星計画の全体代表者として12か国から参加する約300名の研究者を束ねてきた経験を十全に活かして拠点の舵取りをして行きたい。**

量子場計測システム開発をシステム科学的なアプローチで行いたい。システム工学と、それを超えたシステム科学（システムロジー）の組織的な導入で開発工程が知的基盤として積上がる拠点となる。最近の人工衛星開発では、モデリング言語の組織的な導入により、プロジェクトが文書ではなくモデリング言語で記述され、ノウハウの蓄積が加速されることが示されている。本拠点では、基礎科学のプロジェクトにこの方法を応用し、10年間で大きな蓄積を生む場としていく。究極的には**「手段の科学」としての新分野である量子場計測システムロジーを創成したい**。この研究環境の中で、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を育成する【本拠点の目標7】。

最後に、私の夢を述べたい。研究者としての夢は、本拠点の活動が将来3つのノーベル物理学賞として結実することである。LiteBIRDが飛び立ち、新奇量子場探索の新実験が立ち上がり、日本からシャルバック（検出器開発でノーベル物理学賞）が生まれることによって。そして、私の人としての夢は、本拠点の研究成果が、人類の幸福の礎となることである。