

日本の素粒子物理学の将来ビジョン

インタビュー：中家 剛・高エネルギー物理学研究者会議委員長

日本の将来計画と欧州素粒子戦略の更新

日本の高エネルギー物理学コミュニティは、将来像を描くうえで極めて重要な局面を迎えています。研究者たちは高エネルギー物理学研究者会議（JAHEP）のもと、次の一步に向けた活発な議論を進めており、2026年末には次期の「将来計画答申」がまとめられる予定です。今年3月には、その活動の一環として「欧州素粒子物理学戦略（ESPP）^{*}」への意見書を提出しています。

「前回の答申は2017年でしたが、それ以降、素粒子物理の状況は大きく変化しています」と語るのは、JAHEP委員長の中家剛・京都大学教授。2017年の答申では、国際リニアコライダー（ILC）とハイパーカミオカンデを、今後の日本の中核となるプロジェクトとして位置づけ、早期実現を目指すべきだと提言していました。加えて、SuperKEKBによるナノビーム衝突やBelle II実験、T2K実験、J-PARCニュートリノビームの増強なども重点項目として盛り込まれていました。

2025年現在、SuperKEKBは本格稼働中で世界最高のルミノシティを達成、J-PARCも主要な目標を順調にクリアしています。ハイパーカミオカンデは2020年に正式に承認され、建設が進行中です。中家氏は「主要な計画の中で、唯一まだ建設に至っていないのがILCなのです」と語ります。

※欧州素粒子物理学戦略（European Strategy for Particle Physics: ESPP）：欧州合同原子核研究機関（CERN）が取りまとめる欧州の今後の素粒子物理学研究の方向性を定めるための戦略で、2026年の更新に向けて作業が進められている。

ヒッグスファクトリーを取り巻く状況の変化

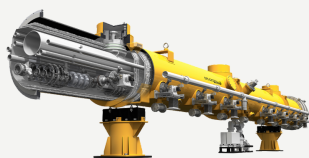
2012年、欧州合同原子核研究機関（CERN）の大型ハドロンコライダー（LHC）でヒッグス粒子が発見されて以来、この粒子を大量に生成し、精密に測定するための加速器——「ヒッグスファクトリー」の必要性が国際的に広く認識されるようになりました。ヒッグス粒子の性質を詳しく調べることは、宇宙の根本的な仕組みに迫る手がかりとなるからです。こうした背景から、2017年にはILCをその担い手と位置づけ、日本での早期建設が提言されました。

しかし近年、状況は大きく変わってきました。2017年当時はILCが唯一の現実的なヒッグスファクトリーの候補でしたが、現在では中国のCEPCや欧州のFCC-eeといった円形加速器による計画が、有力な選択肢として台頭しています。中家氏は「これらの計画はいずれもまだ正式承認されていませんが、国際的に現実的な案として認識されるようになってきました」と語ります。JAHEPの将来計画委員会では、今年3月末が提出期限であったESPPへの提言に向け、ヒッグスファクトリーに関する議論を先行して進めました。CEPCやFCC-eeへの日本の関与が限られていたため、情報収集と分析に重点が置かれました。その結果、ヒッグスファクトリーの早期実現は依然として最優先課題であり、現時点で最も実現に近いのはILCであるとの結論に至りました。（裏面に続く）



中家剛（なかや つよし）
京都大学大学院 理学研究科教授
素粒子実験、特にニュートリノの
研究を中心に行っている

ILCとは？



国際リニアコライダー（International Linear Collider：ILC）は、地下約100メートルのトンネルに設置する将来型電子・陽電子衝突加速器です。世界最高エネルギーまで「電子」とその反粒子「陽電子」を正反対の方向からそれぞれ直線状に加速して正面衝突させ、そこから引き起こされる素粒子反応を研究します。ILCの実験は、究極の自然法則と宇宙の始まりの謎の解明を目指します。世界の素粒子物理研究者は、次に建設すべき加速器は、ヒッグス粒子を大量に生成して測定を行う「ヒッグスファクトリー」であると合意しています。ILCは最も設計が成熟したヒッグス・ファクトリー加速器として世界から実現が期待されています。

(前面より続き) 3月に提出された意見書では、ヒッグスファクトリーの早期実現に向けて2つの提言をしています。一つ目は、「ILCをグローバルプロジェクトとして実現するために、主導的な役割を果たしていく」こと、そのために「国際的な合意と協力を得て日本に誘致するために、科学のおよび広報的な活動を展開していく」ことが明記されています。今回の意見書で特徴的なのは、二つ目の提言として他のヒッグスファクトリー計画への積極的関与が打ち出された点です。従来は、ILC以外の選択肢に関わるという発想自体がほとんどありませんでしたが、今回は柔軟に対応する姿勢が示されました。現時点で日本は海外の計画に参加していませんが、まずはSuperKEKBで培ったナノビーム技術などを通じ、技術協力から関与を始めるべきだとしています。

一方で、世界的な建設コストの高騰や政治情勢の変化を背景に、複数のヒッグスファクトリーを同時に建設するのは現実的ではありません。資金調達や建設地の調整をめぐる国際的な対話、協力体制の構築が、これまで以上に重要になっています。中家氏は「どの計画も孤立してしまえば、分野全体に悪影響を及ぼします。協調的なアプローチこそが必要です」と語ります。ILCを支持することは、他の計画に反対することを意味しません。その逆も同様です。今求められているのは、相互理解と協調の姿勢なのです。

困難な時こそ協力を

近年、欧州将来加速器委員会 (ECFA) が主導して、様々なヒッグスファクトリー計画の検討が進められおり、これは国境を越えた協力への関心の高まりを示しています。中家氏は「困難なときこそ、海外の理解者や支援者の存在が大きな力になります。こうした考え方が、研究コミュニティ全体に広がってほしいです」と期待を込めて語りました。

JAHEPの将来計画の検討は今後も続き、最終答申にはBファクトリーやJ-PARCなど、他の主要計画との整合性や優先順位も盛り込まれる予定です。中家氏は「研究の優先順位は時代とともに変わります。だからこそ、変化に向き合い、開かれた議論を積み重ねることが大切です」と締めくくりました。

KEKウェブサイトでは、KEKで働く職員を紹介する「KEKのひと」を連載しています。
ILC通信ではそのダイジェストをご紹介します。

KEKのひと

荒木隼人さん

全文はこちら／



今年4月末、日本最大級のサブカルの祭典「ニコニコ超会議2025」のミニ四駆改造レースに、KEKの技術職員を中心としたチームが出場し、見事優勝を果たしました。チームを率いたのは、応用超伝導加速器イノベーションセンター (iCASA) 技術職員の荒木隼人さんです。

マシンの制作期間は1か月足らず。研修先の欧州・CERNから帰国した直後の3月末から、技術者や研究者たちと力を合わせ、3Dプリンターや金属加工、プリント基板の製作など、多彩な技術とアイデアを駆使してマシンを完成。決勝では見事な逆転劇で栄冠を手に入れました。

荒木さんが所属するiCASA超伝導空洞グループでは、ILC計画や経済安全保障重要技術育成プログラムに関連する超伝導加速空洞の開発や、ニオブ3スズを用いた小型加速器の研究など、最先端の技術開発が進められています。

「技術者にしかできないことで人の役に立ちたい」——その思いを胸に、荒木さんは日々の仕事にも、レースで見た工夫と粘り強さを生かしています。



優勝マシンと賞状を持つ
荒木隼人さん

優勝マシンは、つくばキャンパスの「桂不動産KEKコミュニケーションプラザ」で展示を予定しています。



KEK企画展示コーナーに展示中の
入力カップラー

ILCでは、電子や陽電子を光の速さに近づけるために、超伝導加速空洞で粒子を加速します。入力カップラーは、加速に必要な高周波電力を外部から空洞に伝える重要な装置です。

導波管 (高周波の通り道) が設置される室温と -271°C の極低温で冷やされている空洞とを接続し、間に2枚のセラミック窓を入れることで、真空を保ちながら高周波を通す高度な技術が使われています。熱の侵入を抑えるためにステンレス製で、表面には $10\mu\text{m}$ 厚の銅メッキが施されています。

現在、KEKつくばキャンパスの企画展示コーナーに実物を展示しています。(10:00~16:00 日曜休館)

加速器 図鑑

入力カップラー