


スーパーBファクトリー研究による素粒子物理学フロンティアの開拓と若手研究者の育成

	研究代表者	名古屋大学・素粒子宇宙起源研究所・教授 飯嶋 徹 (いじま とおる) 研究者番号：80270396
	研究課題情報	課題番号：22K21347 研究期間：2022年度～2028年度 キーワード：素粒子（実験）、素粒子（理論）、加速器、粒子測定技術

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

●世界最先端の加速器実験で「消えた反物質の謎」の解明に迫る

物質を構成する基本粒子には電荷を逆転させた**反粒子**（例えば電子に対しては陽電子）が存在し、138億年前の宇宙誕生時には、ビッグバンの莫大なエネルギーから粒子と反粒子が同数作られたはずである。ところが、現在の宇宙は物質（粒子）で構成されており、反物質（反粒子）は見当たらない。どのようにして反物質は消えたか？ 我々は、茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構（KEK）で**スーパーBファクトリー（SuperKEKB/Belle II）** 実験を進め、この「消えた反物質の謎」の解明を目指す研究を進めている。この研究の先駆けとして、私たちは、KEKのBファクトリー実験（1999年開始）において、B中間子と呼ばれる粒子と反B中間子の崩壊の違い（**CP対称性の破れ**）を発見した（2001年）。そして、その違いが素粒子標準理論に組み込まれている**小林-益川理論**の予言どおりであることを検証し、これが両氏の2008年ノーベル物理学賞受賞につながった。しかしながら、見つかった対称性の破れは小さすぎて消えた反物質の謎を説明できていない。この説明には**標準理論を超えてさらに初期の宇宙を描ける新しい物理理論**が必要と考えられる。

現在私たちは、実験装置の性能を大幅に増強したスーパーBファクトリー実験を進め、標準理論を超える新しい物理の探究を進めている（2019年に本格的に始動）。この実験で用いるSuperKEKB加速器では、「**ナノビーム衝突**」と呼ばれる極小サイズの電子ビームと陽電子ビームを衝突させる画期的な衝突方式により、世界最高の衝突性能（**ルミノシティ**）を更新中である。そして、衝突点に設置されたBelle II実験では、今後約10年間に先行実験の50倍に達する大量の**B中間子やタウレプトン**の崩壊データを収集し、標準理論からのズレや標準理論では起こらない現象の観測による新物理の証拠の発見を目指している。

本研究では、この目標を達成するために、国内外の実験-加速器-理論研究者の協力により、同実験の衝突性能を究極的に高めるとともに詳細なデータ解析と理論的な考察を進めてゆく。そして、新物理の証拠を発見するとともに、それがどのような新しい物理理論で説明できるかを探っていく。こうした研究により、これまでよくわかっていなかった**初期の宇宙の姿を明らかにし消えた反物質の謎の解明に迫りたい**。

- 日本発で世界を先導するスーパーBファクトリー
 - 世界最高ルミノシティのSuperKEKB加速器
 - 小林-益川の流れを汲む理論研究
 - 世界最高感度のBelle II 実験

Beyond the Standard Model: 標準理論(SM)を超える物理

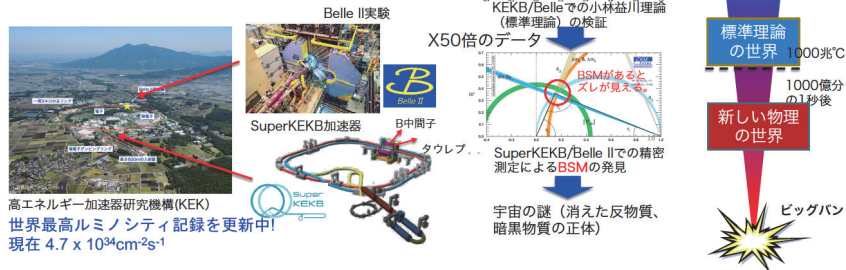


図1 SuperKEKB/Belle II実験における素粒子物理学研究

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●日本がホストする世界有数の加速器国際共同実験

SuperKEKB/Belle II実験は、**世界中の27の国・地域から1100名を超える研究者が集結する世界有数の加速器国際共同研究**であり、加速器の運転は日本のKEKが責任をもって行い、Belle II実験の推進（建設、運転、データ解析）は、参加国がサブ検出器や資金、計算機資源を持ち寄って進んでいる。そして、本研究代表者の飯嶋徹（Belle IIスポークスパーソン）をはじめとする日本の研究者がプロジェクトマネージャー、サブ検出器やデータ解析のグループリーダーを務めるなど**日本が先導する国際共同研究**である。

●本研究で海外研究拠点との双方向の研究交流を強化

実験は日本で行っているが、Belle II 実験の各サブ検出器の開発やデータの解析は全世界的に進んでいる。今後さらに衝突性能を高め、実験結果から新しい理論を引き出すには、世界中の加速器、理論研究者との協力も重要である。そのために、本研究で日本から海外に向かう流れを作り出し、**海外の研究拠点との双方向の研究交流を強化**する。本研究には、研究代表者と分担者6名、研究協力者として若手研究者・大学院生各10数名が参画する。海外からは、フランスのIJCLab、ドイツのDESY、スイスのCERNをはじめとする7カ国18名の研究者、さらに国内研究機関からも18名の研究者が協力して最先端の研究とともに人材育成を進める。



図2：Belle II 国際共同実験



図3 本研究の研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

●実験と加速器、実験と理論をつなぐ国際的なリーダーの育成

今後の素粒子物理学の発展のためには、実験-加速器-理論の連携を強め、お互いの専門知識を共有するとともに豊かな国際経験をもって将来の国際共同研究をリーダー人材の育成が重要である。

本研究では、そのための人材育成プログラムとして、①**ポストドク雇用**（海外研究機関での研究を推奨）、②**海外若手派遣**（長期：6ヶ月以上、短期：2ヶ月以上6ヶ月未満）を実施し、この際の研究テーマは、それまでの研究をより先鋭化させる（先鋭型）、加速器などの新たな研究テーマにチャレンジするもの（転換型）、実験-理論の連携研究を進めるもの（連携型）が可能な設計としている。さらに③**国内インターン**（2ヶ月以上6ヶ月未満）では、KEKや大学の協力教員がメンターとして協力し、若手が新たな専門性を習得する機会を創出、④**若手プロジェクト研究**により、若手が自ら研究を提案し自身の裁量と責任で進める研究を支援する。こうした人材育成により、**将来の国際共同プロジェクトで日本人研究者が主導的役割を果たせるようになる**。

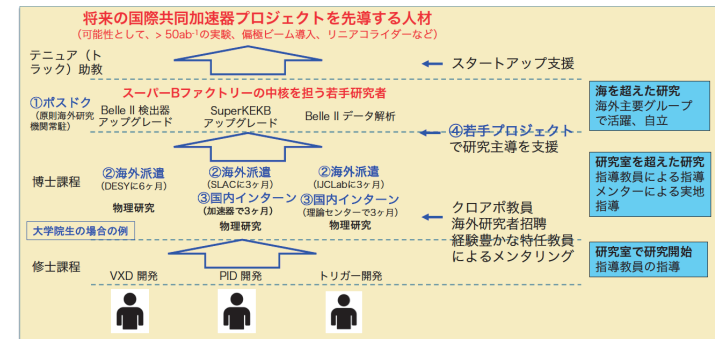


図4 本研究による国際共同研究を先導する人材育成プログラム