

## 特集2 KEKB B ファクトリーのコミッションング

## KEKB 加速器と Belle 実験とのインターフェース

宇野 彰二\*

## Interface between KEKB and Belle

Shoji UNO\*

本稿は、インターフェースというタイトルがついているが、実際の信号のやりとりなどの技術的なものではなく、むしろ、人のつながり的なことを中心に Belle 実験側から KEKB 加速器との関係をお話的に記述する。また、Belle 測定器は、小林・益川理論を検証することを第一目標として、さらに、それを超える未知の物理現象を探索するために、国内外の多数の研究員の創意工夫により、多様な測定器の組み合わせで出来ていて、この紙面で記述することは難しいので、他の文献を参照していただきたい。

KEKB 加速器と Belle 実験の関係は、他の加速器の実験とは大きく違ったものである。それには、2つの大きな要因がある。1つ目は、1つの大きな加速器の中に大きな実験が1つだけ行われているということである。特に、放射光実験施設では、非常に多くの実験が行われているし、その実験期間も短いものが多い。素粒子・原子核実験でさえ、複数の実験が行われているものがほとんどである。その場合、どうしても、加速器は、安定してビームを供給することに主眼が置かれ、実験側も蛇口を開けば出てくる水のようにビームを受け取るだけという関係になりがちである。それに対して、1実験しかなく、しかもそれが長期間にわたって継続されているのが KEKB 加速器で行われている Belle 実験である。2つ目の要因が、細かい違いはたくさんあるのだが、基本的には、同様な加速器で、同様な測定器を使って、同じ時期に、同じ目的の実験が米国のスタンフォード線形加速器研究所で行われていた点である (PEP-II 加速器で BaBar 実験)。研究している物理テーマ、あるいは、物理的測定量は同じものであるため、どちらが先に測定するか、は決定的に重要な問題である。しかも、その時間を決めて

いるのが、加速器のルミノシティ (正しくは、積分ルミノシティ) であるということである。この2つの大きな要因が、KEKB と Belle のインターフェースという意味で重大な意味をなしていて、これ抜きでは、まったく、理解できないものである。

最初の話は、KEKB 加速器グループと Belle 実験グループとは、とても親密な関係であると言えるということである。それは先に書いた環境から必要条件であったかもしれないが、実際に親密な関係を築くためにいくつかのことを実践してきた。1つ目が、Belle グループのメンバーが、KEKB 加速器制御室にシフト体制で24時間1人はつめていることである。これは、もともと、KEKB では大電流によるビームバックグラウンドが大きいことから、ビームの入射や測定器の印加電圧を上げるタイミング等をより確実に行うためであった。しかし、これによって、より多くの Belle 実験のメンバーが、KEKB の人たちが加速器の性能を向上するために日々甚大な努力をしていることを目の当たりにすることになった。2つ目としては、土日も含めて毎日行われる朝9時からの KEKB 加速器の運転打ち合わせに Belle 実験グループの複数の人間が参加していることである。それは、Belle のメンバーも日々の KEKB 加速器の動向を理解すると同時に、どのような議論のもとに、次にどのようなことを行っていかしているかを理解していることである。これは、単に会議で報告を聞くだけとは異なり、深く加速器を理解することに役に立っているといえる。3つ目は、お決まりのパーティである。KEKB と Belle では、あるマイルストーンを達成するごとに、合同でパーティを開いて盛り上がっていた。ここでは、普段、加速器と縁がない人も含めて KEKB 加速

\* 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所  
High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Institute of Particle and Nuclear Studies (IPNS)  
(E-mail: shoji.uno@kek.jp)

器の人と Belle グループの人とがよりざっくばらんに話をすることにより、お互いを理解できることになった。その回数は、今から思えば、結構多かったような気がする。4つ目は、ある時期から一部の Belle の物理論文にも KEKB の人も著者として名前がのるようなシステムを取り入れたことである。もともと、Belle の物理成果に関しては、KEKB の人もある種の共有感があったのではないかと考えているが、それが実質的に示せるようになり、より深いつながりが出来上がっていった。このように書いてきたが運転が開始されて1~2年の間は、KEKB のルミノシティが、PEP-II よりも劣っていたこともあり、結構大変であった。KEKB の人たちは、ルミノシティを上げるために、色々とパラメーターを変えて、色々なことを試そうとするが、Belle 側はある程度安定してデータを取ることににより積分ルミノシティを稼ぎたいと思っていた。ある時、これ以上、パラメーターをいじるなどといって制御室に怒鳴りこんだ人が出るぐらいだった。このような辛い時期を乗り越え、親密な関係を作り上げていったといえる。

次の話題は、ルミノシティの向上に、Belle グループの人も貢献したことである。まず、真空パイプ内の電子雲を除去するためのもろもろの作業に対する手助けである。最初は、非常にたくさんの小さな永久磁石を低エネルギーリングに共同で設置した。なぜなら、この作業を通常のメンテ日にすばやく行うために多くの人手が必要であったからである。残念ながら、これでは、十分な効果が得られず、いよいよ本格的なソレノイドコイル巻き作業が、夏の運転休止中を徹して行われた。この際にも、この作業のタスクフォースメンバーに最初から Belle の人も加わると同時に、実際の作業にも多くの人に参加して行われた。その当時は、Belle の人は、特別にルミノシティを希求していたし、このソレノイドコイルの効果に対する期待も大きく、積極的に作業に参加した。しかし、秋からの運転でもルミノシティは、思ったほど伸びなかった。期待が大きかったことと BaBar で B 中間子での CP 非保存の発見が先になされてしまうかもしれないという危機感もあって、私が思うにこの時期が、加速器グループと Belle グループの間関係がもっとも険悪であった。さらに、あの生出教授を初めとして多くの加速器の人たちが、ソレノイドコイルの効果に懐疑的になり、アンテチェンバーの導入の方にシフトしようとしていた。それを、Belle の人も入ったタスクフォースの強力な推進力により、冬の運転休止中にソレノイド

を巻き足すことを成し遂げた。言うまでもなく、その後、KEKB のルミノシティは向上し、PEP-II を追い越すことになったのである。これ以外にも、Belle 側からバンチ毎のルミノシティなどを提供したり、一部の人は、日々の加速器の運転に実際に関与したり、運転打ち合わせで意見を述べるなどを行っている。このように色々なレベルで、Belle の人も KEKB のルミノシティの向上に貢献したといえる。

最後の話題は、連続入射に関することである。多分、通常は、実験グループが加速器側によりビームバックグラウンドが少なく(良質な)、より多くのルミノシティ(ビーム)の供給を要求することだけである。しかし、この連続入射は、KEKB 側から Belle 実験側に入射中もデータを取ってほしいと要請されたことである。これまでの経験から入射中はビームが不安定でビームバックグラウンドが大きいので、測定器の印加電圧を落として待っているのが普通であった。私自身も最初は、入射中に印加電圧を上げるなどできるわけがないと考えていた。しかし、KEKB 側からの強力な要請と PEP-II に比べて入射器の能力が弱いという KEKB の弱点を克服できるという魅力に負けて、Belle グループ内で積極的にその推進を行った。実際に、入射中に Belle 測定器でバックグラウンドを測定してみると入射してから短時間(3.5msec)だけデータ収集を中断すれば、バックグラウンドが小さくなり、10 Hz(100 msec 間隔)入射なら、許容できる不感割合になることが分かった。それでも、入射直後の強大なバックグラウンドに一部の測定器の電子回路が対応していない部分があり、それを改良するのにそれなりの時間を要することになった。すぐに対応できなかったのは、実験グループ内には、ビームバックグラウンドが大きいからそれを小さくするように加速器側に要請するのが当然であるという考え方があったのも事実である。最終的には、連続入射はうまくいき、入射中もデータ収集することができ、より効率的になったし、加速器の電流値が一定になり、より安定に、より高いルミノシティの出る運転条件を見つけることができるというおまけも付いてきて、KEKB と Belle 実験の総合性能向上に大いに役立ったといえる。

色々な観点から KEKB 加速器と Belle 実験の関係を見てきたが、その関係が良好なものであったことが B ファクトリープロジェクトの成功の一助をなしていたと思っている。このことが、今後の加速器と実験の関係の参考になれば、幸いである。