

特集1 KEKB B ファクトリー

TRISTAN の肩に乗って

黒川 眞一*

On the Basis of TRISTAN

Shin-ichi KUROKAWA*

KEKB は、これまでに達成したルミノシティと積分ルミノシティにおいて、競争相手である SLAC の PEP-II を大きく凌駕している。調整能力が高い優秀なラティス設計、しっかりとつくられた電磁石、真空機器、高周波加速装置などのハードウェア、そして、10 年を超える超人的なコミッションング・チームの働きが、このような世界に誇るべき成果を生み出したことはいままでのない。詳しくは、学会誌のこの号の他の論文を参照してほしい。ここでは、KEKB は、TRISTAN の基礎の上に作られた、TRISTAN の直系の子供であり、現在 KEBB が立つ高い位置は、TRISTAN の肩に乗ることで得た位置であるという面についてふれてみたい。

戦後欧米に遅れて出発することを余儀なくされた日本の高エネルギー物理学と加速器科学にとって、TRISTAN は画期的な加速器であった。1986 年の完成から、CERN の LEP と SLAC の SLC が 1989 年に運転を開始するまでの間、わずか 3 年ではあったが、TRISTAN は世界最高のエネルギーを持つ電子陽電子衝突型加速器でありつづけた。そのことを成し遂げた最大の要因は、決して大きいとはいえない敷地をぎりぎりいっぱいまで使い、到達エネルギーを極限まで高めるために、大規模な超伝導加速空洞システムを世界で初めて実用化したことである (TRISTAN は、世界の超伝導技術の進展にとって画期となる加速器であり、超伝導加速空洞においては、その後の LEP-II や CEBAF における大規模超伝導加速空洞システムのさきがけとなった)。TRISTAN の完成、そして短い期間であったが、世界最高のエネルギーを持つ電子陽電子衝突型加速器を持ったことにより、日本は、米国、ヨーロッパとともに、高エネルギー物理学と加速器科学の分野における世界の 3 極のひとつと

なったといえる。

TRISTAN は Three Ring Intersecting SStorage Accelerator in Nippon の略称であり、もともとは、トンネルの中に、陽子、電子、陽電子を蓄積する 3 つのリングを納める計画として出発した。そのため、トンネルは 3 つのリングを据え付けることができる大きな断面積を持ち、また、複雑な衝突方式に対応でき、また、多数の加速空洞を設置してより高いエネルギーに到達できるために、200 m におよぶ 4 つの長直線部をもっている。周長も PEP-II の 2.2 km にたいして 3 km ある。このことは、エネルギーの異なる電子と陽電子の 2 つのリングからなり、複雑なビーム衝突領域を必要とし、また、高い調整能力を持つラティスを必要とする B ファクトリーにとって、最適の条件となった。PEP-II では、トンネルが狭く、陽電子リングを電子リングの上に積まざるを得ず、また、周長の短さと直線部が短いことから、ラティスの調整能力も KEBB に比べて貧弱であった。KEKB においては、電子リングと陽電子リングを左右に並べることができ、衝突点付近のビーム光学設計を大幅に簡略化でき、また、長い周長の利点を生かし、調整能力の高いラティスを実現できた。

TRISTAN においては、超伝導高周波空洞に加え、超伝導電磁石も用いられた。すなわち、TRISTAN の 3 つの実験装置 (VENUS, TOPAZ, AMY) の大型ソレノイド電磁石と、TRISTAN の 4 つの衝突点においてビームを極限まで絞るための超伝導 4 極最終収束電磁石である。これらの超伝導機器はいずれも設計どおりの性能を示し、TRISTAN の成功に大きく貢献した。KEKB においても、BELLE 測定器の超伝導ソレノイドと超伝導 4 極最終収束電磁石が用いられている。KEKB は非対称エネルギー

* 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設
(E-mail: shin-ichi.kurokawa@kek.jp)

2 リング型電子陽電子衝突型加速器であり、電子は 8 GeV、陽電子は 3.5 GeV のエネルギーを持つ。このようなエネルギーの異なるビームが BELLE のソレノイド電磁石中を通過すると、それぞれのビームはエネルギーに反比例する大きさの回転を与えてしまう。衝突点での루미ノシティをあげるうえで、この回転は、きちっと補正されなければならない。補正のもっとも素直な方法は、最終収束 4 極電磁石の前に、BELLE のソレノイドと極性の違う超伝導反ソレノイドを置き、ソレノイドと反ソレノイドの合成磁場の積分値をゼロにすることである。KEKB は、超伝導最終収束 4 極電磁石を用いたため、このことが容易に達成でき、BELLE ソレノイドからくるビームの回転をほぼゼロにすることができた。これに対して、PEP-II では、永久磁石からなる最終収束 4 極磁石を

用いたため、反ソレノイドを使うことができず、ビーム回転の補正に大きな苦勞を強いられることになった。

以上の例で示したように、KEKB は、TRISTAN の基礎の上に作られた、TRISTAN の直系の子供であり、TRISTAN の肩の上に乗って高い位置を占めた加速器である。もし、TRISTAN における超伝導技術を初めとする各種の技術の集積と、TRISTAN という巨大加速器を建設し、安定に運転した経験がなければ、そして、先達が用意した、最適なトンネルをはじめとするファシリティがなければ、B ファクトリーは実現されることのない夢物語でおわったであろう。KEKB の成し遂げた大きな成果を思う度に、TRISTAN 建設を指導した先達たちの先見性と勇氣に感嘆するとともに、感謝の思いでいっぱいになる。