

KEKB Operation Statistics

Satoshi Fuke^{1,A)}, Takeshi Kawasumi^{A)}, Yoshihiro Funakoshi^{B)}

A) Mitsubishi Electric System & Service Co.,Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045, Japan

B) High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801, Japan

Abstract

KEKB accelerator has been operated since December 1998. In May 2003, we achieved the design peak luminosity $L_p=1.00 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Up to KEBB recorded $L_p=1.6517 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. We have classified all KEBB machine time into the following seven categories (1) Physics Run (2) Machine Study (3) Machine tuning (4) Beam Tuning (5) Trouble (6) Maintenance (7) Others, to estimate the accelerator availability. In this paper we report the operation statistics of the KEBB accelerator.

KEKB 運転統計

1. はじめに

KEKB は、1998 年 12 月に運転開始し、電子を蓄積する High Energy Ring (HER : 8GeV) への入射、陽電子を蓄積する Low Energy Ring (LER : 3.5GeV) への入射を実現した。その後 1999 年 6 月から衝突実験が開始された。2004 年より連続入射方式 (Continuous Injection) が開始されルミノシティの高い状態で運転を継続する事が可能となった。また蓄積電流の増加に伴いルミノシティは着実に向上し、2006 年 6 月 30 日現在の最高ルミノシティは $1.6517 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、全積分ルミノシティは 630.289/fb である。

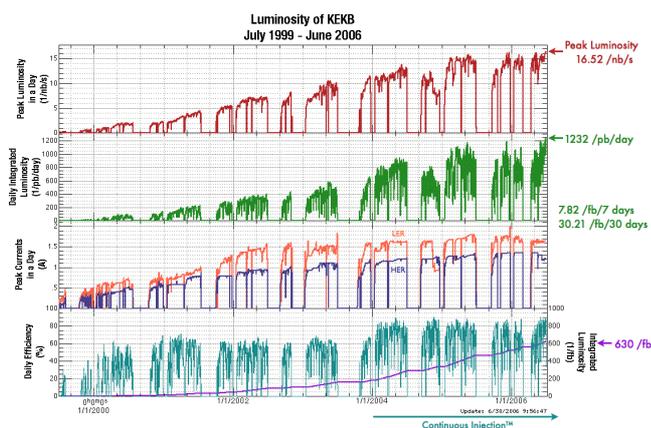


図1 KEBB のルミノシティと電流の歴史

2. KEBB の運転

KEKB の運転は夏季及び年末年始を除き24時間運転を継続し、年間約6000時間運転している。夏季の運転停止期間には装置の点検、改造が行なわ

れる。運転期間中は、約2週間に一度木曜日にメンテナンスを設け、約8時間トンネル内入退域制限状態にして装置の点検等が行なわれる。トラブル発生時には、速やかに運転状態に戻れるように迅速な対処を行なっている。

3. KEBB 運転統計

3.1 分類項目について

2004年12月以降KEKBの運転統計を取る際に分類項目を増やし、運転状況の把握をより詳細に行なえる様にした。今回の運転統計では過去にさかのぼって2003年度分からこの分類に従って統計データを整理し直した。KEKBの運転統計における分類項目を以下に示す。

- Physics Run : 物理実験 (衝突実験)
- Machine Study : マシINSTAディ
- Machine Tuning : 装置の調整
- Beam Tuning : ビームを用いた運転調整
- Trouble (運転停止) : 運転停止に繋がる故障
- Trouble (運転継続) : 運転継続可能な故障
- Maintenance : (2週間に一度の) 定期保守
- トンネル内作業 (Maintenance 以外) : 定期保守以外のトンネル内作業
- その他 : 上記項目に該当しない作業

3.2 2003年度から2005年度までの統計

2003年度から2005年度までのKEKB運転統計の結果の平均は Physics Run : 80.3%, Machine Study : 2.3%, Machine Tuning : 4.0%, Beam Tuning : 3.3%, Trouble : 7.5%, Maintenance : 2.0%, Others : 0.6% となっている。

¹ E-mail: sfuke@post.kek.jp

図2に年度毎の運転分類項目の割合の円グラフ、 図3に運転分類項目時間の統計を示す。



図2 各運転分類項目の割合

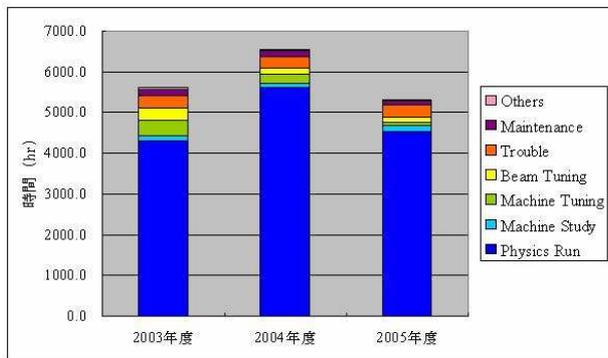


図3 運転分類項目時間の統計

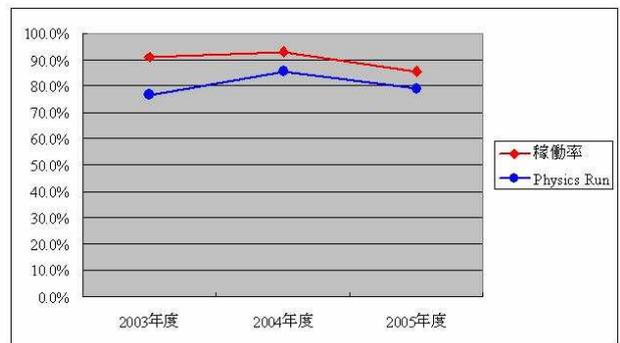


図4 運転稼働率と Physics Run

表 1 に運転の分類項目の 2003 年度から 2005 年度の年間運転時間に対する割合を示す（運転時間とは、停止期間を除く全ての時間の事である）。衝突実験（Physics Run）に対し故障（Trouble）の時間の割合が少ない事が判る。

	運転時間	Physics Run	Machine Study	Machine Tuning	Beam Tuning	Trouble	Maintenance	Others
2003年度	5633.5	76.5%	2.6%	6.7%	5.2%	5.6%	2.2%	1.2%
2004年度	6552.0	85.6%	1.7%	3.6%	2.2%	4.4%	2.2%	0.3%
2005年度	5745.0	78.8%	2.7%	1.6%	2.4%	12.5%	1.5%	0.4%

表 1 運転時間に対する分類項目の割合

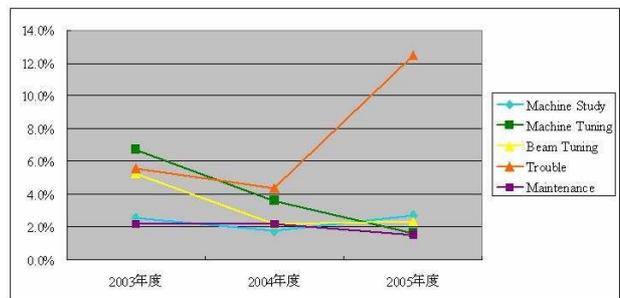


図5 Physics Run 以外の分類項目

図4に年度毎の運転稼働率（（Physics Run + Machine Study + Machine Tuning + Beam Tuning） / 運転時間 × 100）、Physics Run、図5にMachine Study、Machine Tuning、Beam Tuning、Trouble、Maintenance のグラフを示す。図5より2005年度のTroubleの増加が見られる。図4、図5より稼働率は故障発生等の影響で若干減少しているが、Machine Tuning、Beam Tuning、Maintenanceの時間の短縮が見られPhysics Runへの影響は小さい。この3年間の運転稼働率は、平均すると約90%であり運転は安定している。運転が安定するとルミノシティ向上の為に調整時間を長く取る事ができ、積分ルミノシティの向上に繋がっている。

3.3 故障の内訳

分類項目と故障原因の主な物を以下に示す。

- 真空・・・真空リーク、チェンバー、ベローズ等の発熱と破損、冷却水等
- 電磁石・・・電磁石電源、冷却水、QCS (超伝導四極電磁石) 冷凍機等
- BT・・・セプタム、キッカー、電磁石電源、冷却水等
- RF・・・冷却系、真空、Klystron の保護回路系、加速空洞、電源、その他制御系等
- 安全・・・安全システム系、放射線モニター、火災報知器作動等
- 施設・・・冷却水、電力系等
- 制御・・・計算機、通信系等

- BM (ビームモニター)・・・モニター系、フィードバック等
- Belle (Belle 測定器)・・・計算機、電源、ケーブルコネクタ破損、冷凍機等
- LINAC・・・RF, 電磁石等
- 冷凍機 (超伝導空洞)・・・冷却系等
- Others・・・自然災害 (落雷、地震) 等

図 6 に 2003 年度から 2005 年度までの原因別故障時間の割合の円グラフ, 図 7 に原因別の故障時間の統計を示す。最近の故障の主な項目は、真空、電磁石、RF、Belle である。図 8 に故障の主な項目の故障回数、図 9 に平均故障時間のグラフも示す。

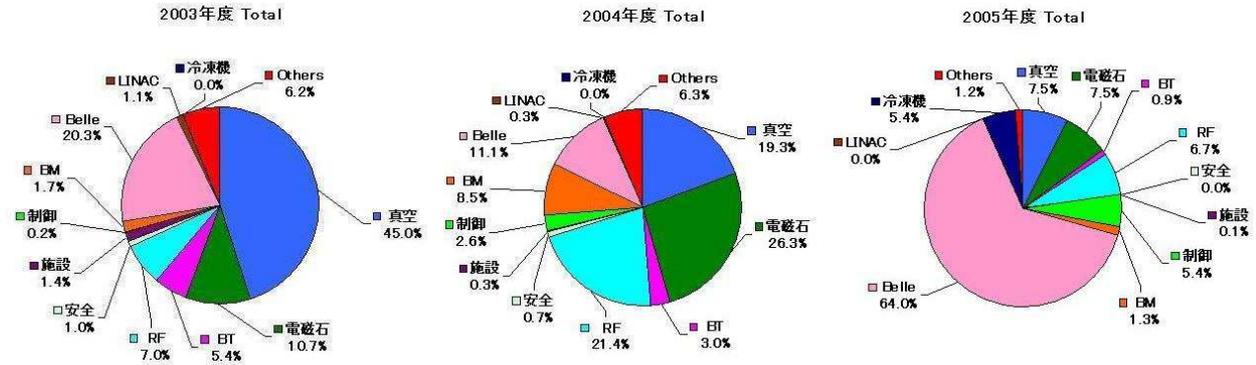


図 6 原因別故障時間の割合

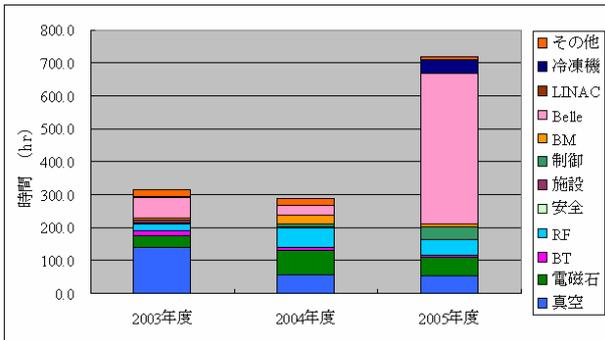


図 7 原因別故障時間の統計

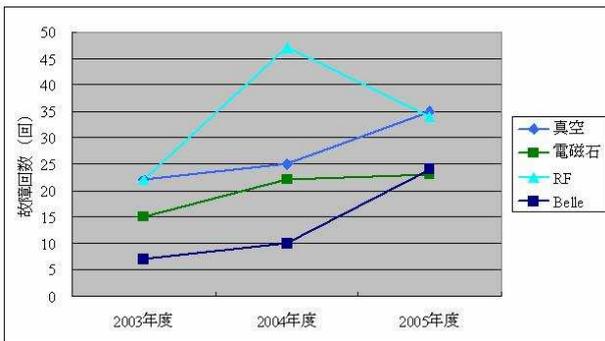


図 8 主な項目の故障回数

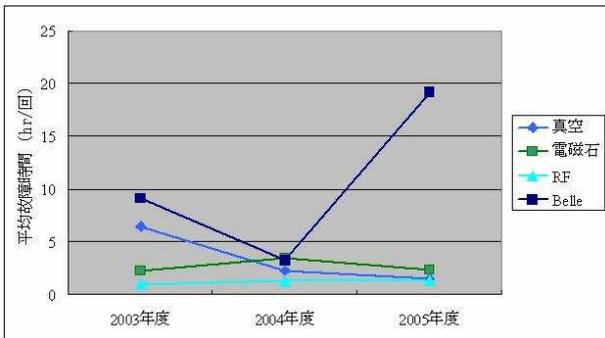


図 9 平均故障時間

Belle は、2005年度に大きな故障 (ケーブルコネ

クターの破損) が発生した為、故障時間が増加し運転時間が減少した。真空、電磁石、RF、Belle 共に故障回数は増加傾向にある。その原因としては、平均ビーム電流の増加、経年変化が考えられる。平均故障時間は、電磁石、RF では殆ど変化無く、真空では減少している。真空の故障時間は、故障が多発した Mask の改造により減少した。但し運転停止に繋がらない真空が原因で発生する (Beam Abort 多発等の) 故障もある。電磁石系の故障で割合の大きな物は、QCS 関連の故障で特に 2004年度に QCS 関連で故障時間が増加した。

4. まとめ

2004年12月以降運転統計の分類項目を増やし、各項目についても分類分けを行い、より詳細に運転状況の把握が行なえる様になった。今後も運転統計を取る事で運転状況や運転の傾向を数値として明確に把握し、KEKBの運転向上に貢献していきたい。

謝辞

本論文を書くにあたり御助言、御指導を下された方々に御礼申し上げます。

参考文献

[1] T.Kawasumi, et al., "Operation statistics of KEKB" Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Aug. 4-6, 2004