

EFFECTIVENESS OF OPERATION TOOLS DEVELOPED BY KEKB OPERATORS

K.Sugino^{1,A)}, Y.Satoh^{A)}, T.Kitabayashi^{A)}, H.Iida^{A)}, S.Fuke^{A)}, M.Tanaka^{A)}, T.Kawasumi^{A)}, K.Yoshii^{A)},
T.Aoyama^{A)}, S.Shimomura^{A)}, T.Nakamura^{A)}, T.Ohkubo^{A)}, H.Koiso^{B)}, Y.Funakoshi^{B)}

^{A)} Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

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

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

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

Abstract

The main tasks of KEKB operators are beam tuning and injection, operation logging, monitoring of accelerator conditions and safety management. New beam tuning methods are frequently applied to KEKB in order to accomplish high luminosity. In such a situation, various operation tools have been developed by the operators to realize efficient operation. In this paper, we describe effectiveness of tools developed by the operators.

KEKB加速器運転員による運転用ツール開発の効果

1. はじめに

KEKB加速器^[1]では装置研究開発と最適なビーム調整の探求が日々行なわれており、その成果はルミノシティのピーク値、積分値の記録更新として着実に表れている²。

日常の運転において運転員は、KEKBコミッションンググループ(KCG)の指示のもとに、ビーム調整及び入射、運転ログ記入、真空度や温度などの装置状態監視、安全管理などを担当している。運転員には状況に応じた迅速な対応が求められるが、その中でビーム調整は、安定して高いルミノシティを実現できる最適な運転状態を維持するために大変重要であり、注意深く正確に行う必要がある。

更なる高ルミノシティ達成を目指して絶えず進歩し続けるKEKBの運転を効率的に行うために、運転員は日々変化する運転状況とビーム調整からの必要に応じて様々な運転用ツールを開発してきた^[2]。KEKBの制御システム^[3]はEPICSに基づいているため、装置の設定や加速器の状態に関するデータへアクセスしやすいこと、データ群のログシステムが整っていたこと、PythonやSADなどによるアプリケーション開発を行える環境が整っていたことは、ツール開発にとって便利であった^[4]。また、KEKBスタッフからの加速器やソフトウェア技術に関する助言は、ツール開発の大きな手助けとなった。

2. 運転用ツール

運転員が開発した運転用ツールの数は、KEKBのプログラムランチャーに登録されているだけで約70個になる。表1にツールの例を示す。

表1：運転用ツールの例

| タスク | ツール例 | 開発言語 |
|-------------|---------------|-----------|
| ビーム調整 | iBump制御用パネル | Python/Tk |
| 装置状態 モニタ | ビーム調整用トレンドグラフ | SAD/Tk |
| | 真空関連ミニパネル | Python/Tk |
| | PF-AR寿命監視パネル | Python/Tk |
| | ビーム電流リミットパネル | Python/Tk |
| 運転ログ | 運転ログモニタ | Python/Tk |
| 安全管理 | 放射線エリアモニタログ | Python/Tk |

これらのツールについて以下に述べる。

2.1 ビーム調整用ツール

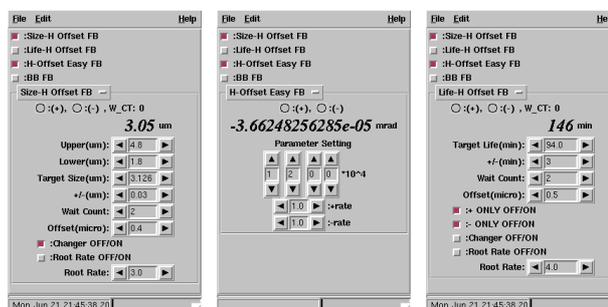


図1：iBump制御用パネル

左からBeam Size FB, IP Steering FB、Beam Life Time FB の設定画面である。

¹ E-mail: ksugino@post.kek.jp

² http://www-acc.kek.jp/kekbc/Commissioning/Record/Luminosity_record.html

図1にiBump制御用パネルを示す。運転員が行うビーム調整のうち、ビーム衝突調整に用いるツールである。KEKBでは衝突点付近のポンプ(iBump)を微調整することにより衝突状態の最適化を行っている。衝突実験時には、これまでの運転で得られた経験に基づき、ビームサイズなどを目標値に近づけるように常にiBumpをフィードバック制御している^[5]。このツールの開発により、安定運転時は最適な目標値を設定するだけで、ほぼ自動的にiBump調整を行えるようになった。

2.2 装置状態モニタ用ツール

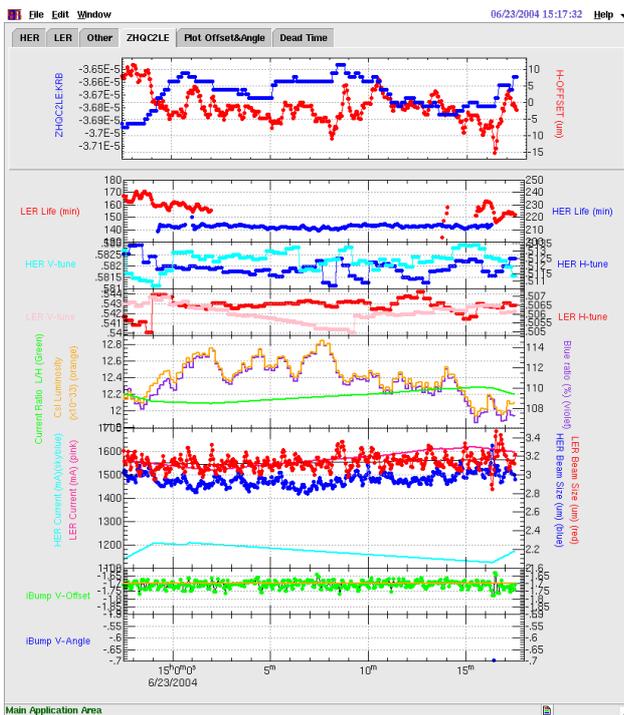


図2：ビーム調整用トレンドグラフ

運転員は必要に応じて様々なモニタ用パネルを開発してきた。

図2はビーム調整用トレンドグラフであり、iBumpや衝突点付近のビーム調整、ベータatronチューン、ビーム電流値、ビームサイズなどのパラメータとルミノシティをトレンドグラフとしてモニタするツールである。運転員の視点から、効果的な調整を行うために必要な項目に特化したツールとして開発した。ルミノシティと各パラメータの変化の相関を一目で知ることができるため調整に有用である。また、図3のビーム調整の履歴を表示するパネルも開発した。ログ記入や過去の調整履歴を調べるのに役立つ。

図3：IP Knob 調整履歴パネル

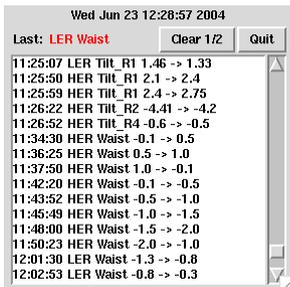


図4：モニタミニパネルの例
監視しているパラメータが制限値を超えると右のように色と大きさが変わる。

図4のようなミニパネルは、真空度やRFパワーなど、KCGより指示された注意すべきパラメータを監視するために用いている。パラメータが定められた制限値に達すると、図4に示すようにパネルの大きさや表示色を変え、アラーム音を鳴らすなどして注意を促すよう工夫した。また、表示項目数を必要最小限にとどめることによってパネルのサイズを小さくし、運転用端末ディスプレイの隅などに配置することで常時監視できるようにしている。このようなアラーム機能を備えたツールとしては、PF-AR加速器の寿命監視パネル(図5)、ビーム電流リミットパネル(図6)などもある。

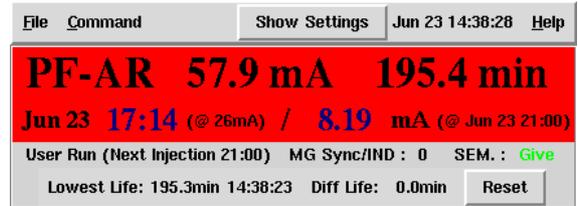


図5：PF-AR寿命監視パネル

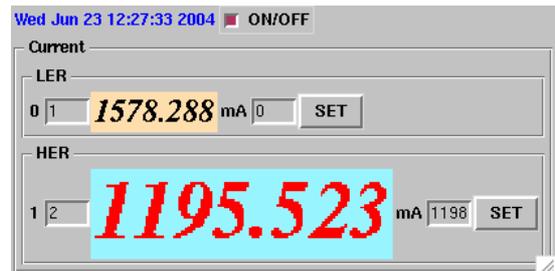


図6：ビーム電流リミットパネル

2.3 運転ログ用ツール

運転ログ記入は運転員にとって重要なタスクの一つである。図7は運転ログモニタである。EPICS/Pythonにより重要な項目を自動で記録している。ログの自動化によって、運転員はよりビーム調整に集中できるようになり、また正確なログ記入が可能



図7：運転ログモニタ

| Time | YBL502 | YBL504 | YBL512 |
|---------------|--------|--------|--------|
| 00:00 - 00:59 | 24.5 | 23.3 | 7.0 |
| 01:00 - 01:59 | 25.5 | 23.2 | 5.0 |
| 02:00 - 02:59 | 26.1 | 24.6 | 4.9 |
| 03:00 - 03:59 | 26.5 | 24.5 | 4.3 |
| 04:00 - 04:59 | 26.7 | 24.3 | 7.4 |
| 05:00 - 05:59 | 26.9 | 24.4 | 7.0 |
| 06:00 - 06:59 | 27.9 | 25.7 | 5.0 |
| 07:00 - 07:59 | 27.3 | 24.6 | 3.2 |
| 08:00 - 08:59 | 27.6 | 24.6 | 3.9 |
| 09:00 - 09:59 | 27.9 | 26.1 | 5.7 |
| 10:00 - 10:59 | 28.4 | 25.3 | 5.5 |
| 11:00 - 11:59 | 27.8 | 25.4 | 5.8 |
| 12:00 - 12:59 | 28.1 | 25.0 | 4.6 |
| 13:00 - 13:59 | 28.4 | 25.4 | 3.6 |
| 14:00 - 14:59 | 28.6 | 26.0 | 3.6 |
| 15:00 - 15:59 | 29.5 | 26.2 | 3.2 |
| 16:00 - 16:59 | 29.6 | 26.7 | 3.6 |
| 17:00 - 17:59 | 27.7 | 27.9 | 3.8 |
| 18:00 - 18:59 | 26.1 | 23.1 | 3.3 |
| 19:00 - 19:59 | 24.9 | 22.7 | 3.7 |
| 20:00 - 20:59 | 29.8 | 26.6 | 3.4 |
| 21:00 - 21:59 | 27.9 | 25.5 | 4.8 |
| 22:00 - 22:59 | 29.0 | 26.4 | 4.8 |
| 23:00 - 23:59 | 29.3 | 26.7 | 4.9 |

図8：放射線エリア
モニタ用ツール

となった。

現在のKEKB運転ログは電子化されWebベースログになっているが、このツールによる自動記入が応用されている^[6]。

2.4 安全管理用ツール

図8は放射線エリアモニタ用ツールの出力例である。KEKBに配置された放射線モニタの積算値を調べ、統計的な表を作成して放射線管理に役立てている。

3．運転員によるツール開発の効果

運転員がツール開発を行う動機は、KCGを含むKEKBスタッフからの運転に対する要求に答えるため、あるいは運転員自らの運転を効率的に行うための場合がほとんどである。

3章で紹介したパネルで、前者は例えば装置状態モニタ用ミニパネルがそれに当たる。運転状況において、ある場所の真空度に注意するという新しい要求があるとする。運転員にとって1つタスクが増えることになるので、他のタスクと合わせてより効率的に遂行しなければならない。運転員がこなせる仕事量は、運転員それぞれの経験、スキルなどの能力にもよるが、短期間で増やせるものではない。そこで、この場合では新しいタスクを効率にこなすべく、注意すべき真空度を監視するミニパネルを試作することになる。

後者は運転ログモニタやiBump制御用パネル、ビーム調整用トレンドグラフなどである。

運転ログを自動化したことは、ログ記入のタスク負荷軽減に非常に有効であった。現在のKEKBは連続入射を行っているため、入射時刻の記録などが頻繁であり、重要性が増したと言える。

iBump制御は2.1で述べたパネルによって、安定時にはほぼ自動化されている。このパネルで行っている制御法は運転員のアイデアをもとにしている。

ビーム調整用トレンドグラフは、運転状況の変化を把握し、効果的なビーム調整を行うことを目指して開発したものである。積極的に運転員の意見を取り入れ、改良を進めている。

運転員は常に運転に接しているため、運転状況の変化を素早く知ることができる。また、運転員はツールのユーザーでもある。ユーザー自らが開発者となることで、ツールの問題点を見つけ、カスタマイズや改良を素早く行えるのではないかと考えている。

4．まとめと今後の課題

KEKB運転員による運転用ツール開発について、ツールを紹介し、その効果について述べた。ツール開発によってより多くのタスク遂行が可能となる。また運転員自らがツール開発を行うことは、運転状況に即した迅速な開発につながる。

今後もKEKB加速器の性能は更に向上することが期待される。運転員は運転状況に合わせて臨機応変に、より効率的にタスクを遂行しなければならないであろう。より高度なソフトウェア技術を習得し、これまで培ってきたノウハウを生かして洗練されたツールを開発することが有効であるかもしれない。

昨年度は夏期加速器メンテナンス期間を利用してソフトウェア技術習得機会を設けたが、その後ツール開発量が増加したことから、成果はあったと考えている。今後も技術習得機会を更に増やし、高度な技術を持ったスペシャリストの養成と運転員全般のソフトウェア知識向上によって、ツール開発がより促進されるであろう。

謝辞

加速器運転制御及び運転用ツール開発に対して多大なる助言を下さいました、KCG及びKEKB制御グループを含むKEKBスタッフの皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] S.Kurokawa and E.Kikutani, "Overview of the KEKB accelerators", Nucl. Instr. and Meth. A499 (2003) 1.
- [2] K.Yoshii, et al., "The Operator-developed Useful Tools at KEKB Accelerator", Proceedings of Workshop on Accelerator Operation 2003, March 10-14, 2003.
- [3] N.Akasaka, et al., "KEKB accelerator control system", Nucl. Instr. and Meth. A499 (2003) 138.
- [4] M.Tanaka, et al., "Rapid Application Development by KEKB Accelerator Operators using EPICS/Python", 第1回日本加速器学会年会・第29回リニアック技術研究会プロシーディングス, Aug. 4-6, 2004.
- [5] M.Tanaka, et al., "KEKB加速器 iBump Feedback の調整による高ルミノシティの持続", Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Nov. 11-13, 2003.
URL: <http://conference.kek.jp/sast03it/WebPDF/2P005.pdf>
- [6] K.Yoshii, et al., "Zope Based Electronic Operation Log System - ZLog", 第1回日本加速器学会年会・第29回リニアック技術研究会プロシーディングス, Aug. 4-6, 2004.