

[09-P04]

# Control Transactions of the KEK Injector-linac Control System and the KEKB Commissioning

N. Kamikubota, K. Furukawa, H. Kobayashi, K. Nakahara, T. Suwada and T. Urano  
 High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

## Abstract

The amount of the control transactions handled by an accelerator control system, and the load of control computers in operation, are fundamental parameters to be inspected in the maintenance of the control system. This article gives the detailed information on such parameters at the KEK injector-linac. In addition, the increases of transactions and loads in recent 1 year are discussed with respect to the KEKB commissioning activities.

## KEK 入射器の制御システム負荷と KEKB コミッショニング

### 1 Introduction

加速器が運転している状態で、制御システムは一体どれくらいの transaction を処理しているだろうか、また、制御計算機にはどの程度の負荷がかかっているだろうか？これらは加速器制御システムの保守や長期改修計画などにとって基礎的な情報であるが、あまり報告されたことは無いようである。

本稿では、KEK 電子陽電子入射器の制御システムが、通常運転時に処理している transaction について報告する。また、1998 年から始まった KEKB コミッショニングによる transaction の増加、およびそれに対応して入射器制御システム側で取った対策についても報告する。

### 2 Transaction Statistics

#### 2.1 Control System and Devices

KEK 電子陽電子入射器は、2.5-GeV Photon Factory ring、KEKB B-factory rings (8-GeV  $e^-$  and 3.5-GeV  $e^+$ )、PF-AR ring などの加速器にビームを供給している。KEK 入射器の制御システムは、図 1 に示すように数台の Unix 計算機と多様な Front-end<sup>1</sup> が制御ネットワークで相互接続された構成になっている [1, 2, 3, 4, 5]。入射器制御システムが対象とする主要な制御機器を表 1 に示す<sup>2</sup>。

KEK 入射器では、表 1 の各制御機器ごとに device server が用意されている。この server は、2 台の運用用 Unix 計算機 (図 1 の grape および plum) で走っている (2 台あるのは負荷分散と redundancy 確保のため)。すべての制御アプリケーションは 2 台の計算機のどちらかの device server にアクセスすることで機器の制御・監視を行っており、Front-end への直接アクセスは禁止されている。このため、各機器の server が残したログを適切に処理することで、各機器

<sup>1</sup> 26 台の VME、約 100 台の PLC、15 台の CAMAC など。  
<sup>2</sup> 表 1 以外にもスクリーンモニタなどがあるが、transaction 量の観点からは取るに足らない量なので割愛する。

の transaction の量、ひいては全システムが受け付けた transaction の量を知ることが出来る。

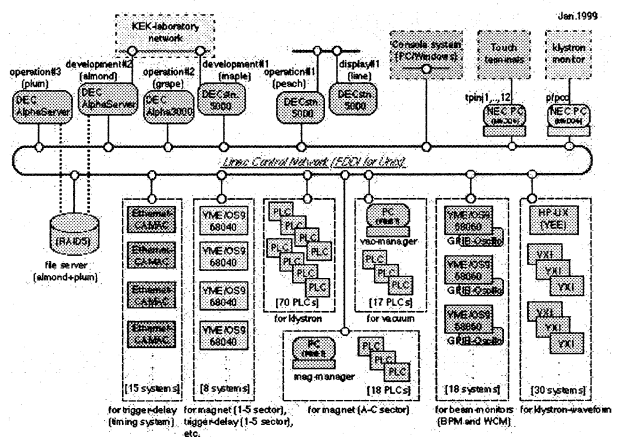


Figure 1: Overview of the control system

制御アプリケーションは、制御ネットワークに接続された任意の計算機で走る可能性がある。grape & plum 以外でアプリケーションが走る主要なものとしては、(a) Windows-based console system [6, 7, 8] の gateway、(b) DOS-based Touch-terminal system [9, 10]、(c) KEKB control system (abc01-EPICS)、(d) KEKB beam-simulation machine (sad 計算機)、などがある。

Table 1: Devices at the KEK injector-linac

Device	total number	Front-end
beam-position monitor (BPM)	87	18 x VME
klystron	68	68 x PLC
magnet power-supply	246 for VME 254 for PLC	6 x VME 24 x PLC
vacuum (ion pump)	265	17 x PLC
trigger-delay (timing)	16 stations (for klystrons)	5 x VME 11 x CAMAC

## 2.2 Transactions in Dec.1998

典型的な例として、1998年12月14日から20日までの1週間で各 device server が処理した transaction を表2に示す。表には、grape と plum の分担状況、grape & plum 以外の計算機からの要求がどれだけあったか、も合わせて示している。

この表から分ることは、transaction 総量は毎秒約130で、beam-position monitor (BPM) と magnet の transaction 量が圧倒的、klystron は一桁少ないことである。また、BPM の transaction は、ほぼ100% KEKB 計算機群 (abco1,sad) から来ている。一方、magnet の transaction は Windows からの寄与が支配的である。これらの状況は、測定当時の運転事情に照らしておおむね納得できる。

Table 2: Transactions in Dec.1998

Device	total by plum by grape	from sad from abco1 from Windows
beam-position monitor (BPM)	62 trans./s 62 (100%) 0 (0%)	52 (82%) 10 (16%) 0 (0%)
klystron	5.3 trans./s 3.1 (59%) 2.2 (41%)	0 (0%) 1.9 (35%) 1.7 (33%)
magnet power-supply	63 trans./s 19 (30%) 44 (70%)	3 (5%) 7 (12%) 41 (66%)
vacuum (ion pump)	0.047 trans./s 0.001 (2%) 0.046 (98%)	0 (0%) 0 (0%)
trigger-delay (timing)	0.028 trans./s 0.014 (51%) 0.014 (49%)	0 (0%) 0 (0%)

## 2.3 Network traffic

表2から network traffic を計算することができる。1 transaction は、要求処理に2-4個の network traffic (TCP or UDP、各60-500 byte) を発生させる。毎秒130の transaction があるということは、毎秒400個・転送データ量50kB/sの network traffic が制御システム内を飛びかっている、ということに相当する。

KEK 入射器の制御ネットワークは、基幹部分は FDDI(100Mbps)・Front-end 側は10Mbpsで接続され、network-switch で50程度の独立セグメントに分割されている。network traffic は特定のセグメントに集中しているわけではない。一例として、表3に1998年10月の典型的なセグメントの network traffic の実測値を示す<sup>3</sup>が、すべて10Mbpsに比べて2-3桁小さい。現状の traffic 量であれば、既存のネットワーク容量で十分と言える。

<sup>3</sup> RF-CB セグメントの traffic が多いのは、実測時に klystron 波形の監視ソフト (X-window ベース) が走っていたため。170のうち110がこのソフトの寄与と見積もられる。

Table 3: Traffic of typical segments in Oct.1998

network segment	network traffic frames/s (kB/s)	devices in the segment
RF-1A	29 (2.8)	klystron (1sector 1st-half)
RF-CB	170 (16)	klystron (Csector 2nd-half)
VME-1B	35 (6.9)	BPM, vacuum (1sector 2nd-half)
VME-CA	26 (6.3)	BPM, vac, magnet (Csector 1st-half)

## 2.4 UDP communication error-rate

運転用計算機と Front-end (VME, PLC, etc.) の間のネットワーク通信には、UDP protocol が使われている。このうち loop3 service (電磁石コントローラ、Trigger-delay moduleなどを制御)には error-recovery が付いた UDP 通信手順が確立している。ところで、loop3 の UDP 通信で time-out error (および通信の retry) が起こる確率は、制御システムのネットワーク通信の健康状態を反映すると考えられる。表4に、最近(1999年2月)と3年前(1996年11月)の loop3 traffic 量、error rateなどを示す<sup>4</sup>。

Table 4: Network traffic of the loop3 service

	transaction (trans./s)	error rate
Feb.1999	8.7	0.14 % (7471/week)
Nov.1996	6-13	0.02-0.04 % (130-380/day)

loop3 transaction がおおむね同じであるにもかかわらず、error rate は3年前の5倍になっている。error & retry が発生したケースの記録を詳しく調べると、ほとんどの場合2秒の time-out 後に返答が届いている。正常時には10ms程度の round-trip 時間が2秒以上かかったわけで、UDP 通信が処理される経路の計算機 (grape, plum and/or VME) の CPU が一時的に異常に busy であったことを示唆している (3.1節も参照されたし)。

0.14%という error rate は、エラーが recovery 処理されて表向きには現れないことを考えれば、加速器運転には全く支障が無い。しかし、error rate の長期的な推移には今後注意が必要と考えられる。

## 3 Discussion

### 3.1 Load from the KEKB commissioning

入射器制御システムの計算機の CPU 負荷については長期記録は残していないが、ここ1年で急速に厳しくなった。1998年から始まった KEKB コミッショニ

<sup>4</sup> 表4は grape/plum の合計。両者の error rate に差は無い。

ング [11] により、KEKB の計算機群 (abc01,sad) から入射器制御システムの device server へのアクセスが始まった。表 2 から分るように、KEKB 側から入射器へは beam-position monitor (BPM) の transaction が特出して多い。BPM は 1997 年末に登場した新しい device であるが、ビーム調整での有効性が広く認識され、ここ 1 年で急速に利用が広まった。表 5 からは、BPM transaction だけが半年で倍増していることが分る。BPM による CPU 負荷は、新規増分として入射器制御システムの負担となった。

Table 5: Transactions in Jun.98 and Dec.98

(trans./s)	BPM	kly	mag	vac	trig
Dec.1998	62	5.3	63	0.047	0.028
Jun.1998	35	5	86	(no data)	0.25

入射器では KEBB 用に運転用計算機の一つ (plum) を割り当てていたが、1998 年 12 月には plum の CPU 負荷が常時 100% となり、コミッショニング活動にも影響が出た。CPU 負荷が増えたのは、BPM の負荷に加え、klystron/buncher 関連の安定化を狙った暫定フィードバックアプリケーションが多数 plum で走るようになったためであった。これに対応し、入射器制御システム側では klystron の data server が on-memory cache data を利用するように改修し、plum の CPU 消費量を減らした。また、手順が確立したフィードバックは grape に移し、負荷を分散させた。

現在でも、CPU 負荷は常時不足気味である。今後、klystron 以外の device server でも cache を利用するなどのソフトウェア改修を進める予定である。しかし、CPU 不足の本質的な原因は、KEKB の計算機群と比較して入射器制御システムの計算機資源 (CPU 能力) が 1 桁小さい点にある。そこで、今夏に計算機の増強を予定している。

### 3.2 Automatic analysis of transaction statistics

本稿で述べた制御機器毎の transaction や network traffic、通信 error rate などは、加速器制御システムの改修に重要な指針を与える。長期的に定期データを取り、推移を観察することが望ましい。

現在の KEK 入射器の制御システムは多種多様な運転ログを残す設計なので、今回の様な解析が可能である。しかしその解析作業は、芸術的なテキスト処理スクリプトを書く職人芸と、並でない忍耐が要求される。何らかの自動処理を実現させたい。そのために、運転ログが最初から事後処理しやすい形にする、また全 device でログの形式を統一する、等の device server の改修が望まれる。

## 4 Conclusion

KEK 電子陽電子入射器の制御システムが処理している制御 transaction は、1998 年 12 月時点で毎秒 130 である。このうち beam-position monitor (BPM)

と magnet とで 96% を占める。毎秒 400 個・転送データ量 50kB/s の network traffic が発生するが、現在の制御ネットワークの容量で十分処理できる。一方 KEBB 加速器のコミッショニングが 1998 年に始まり、KEKB から入射器制御システムへ BPM を中心に負荷が急増した。このため、ここ 1 年で入射器側の CPU 資源の不足が表面化してきた。夏期シャットダウン中に計算機の増強を予定している。

## References

- [1] N.Kamikubota, K.Furukawa, K.Nakahara and I.Abe, Nucl. Instr. Meth. A352(1994)131
- [2] N. Kamikubota, et.al., Proc. Int'l Conf. on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALPCS'95), Chicago, October 1995, FERMILAB Conf-96/069 p.1052
- [3] 上窪田紀彦、他、第 20 回ライナック研究会会議録、大阪、1995 年 9 月、p.209
- [4] 上窪田紀彦、「入射器制御系の現状」、KEK-Internal 95-22 (March 1996)
- [5] 古川和朗、他、第 21 回ライナック研究会会議録、東京、1996 年 9 月、Proc. of the 21st. Linear Accelerator Meeting in Japan, p.168
- [6] K. Nakahara, I. Abe, N. Kamikubota and K. Furukawa, Nucl. Instr. Meth. A293(1990)446
- [7] 田中政彦、他、第 22 回ライナック研究会会議録、仙台、1997 年 9 月、p.196
- [8] I. Abe, et.al., Proc. the 2nd Int'l Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls (PCaPAC'99), Tsukuba, Japan, in press
- [9] 上窪田紀彦、他、第 17 回ライナック研究会会議録、仙台、1992 年 9 月、p.276
- [10] N. Kamikubota, et.al., Proc. the 2nd Int'l Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls (PCaPAC'99), Tsukuba, Japan, in press; KEK-Preprint 98-220
- [11] 古川和朗、他、第 23 回ライナック研究会会議録、つくば、1998 年 9 月、p.355