

加速器コントロール、モニタシステム

エレクトロニクスオンラインユーザーズワークショップ 2001年10月5日

加速器研究施設(KEKB 加速器ビームモニタ) Makoto Tobiyama

加速器の制御、モニター対象

- 多種、多様な構成要素

電磁石系、高周波加速系、真空系、入出射系、モニター類、安全管理等

- 時間スケール

DC ~ ビーム周回ごと

- 運転の進化と共に制御対象、モニターも変化していく

KEKB リングのバンチフィードバックシステムを例に紹介

KEKB リング



周長 3km($f_{rev}=100\text{kHz}$)

3.5GeV(LER) と 8GeV(HER) の
double ring

最小バンチ間隔 2ns($f_{RF}=508\text{MHz}$)

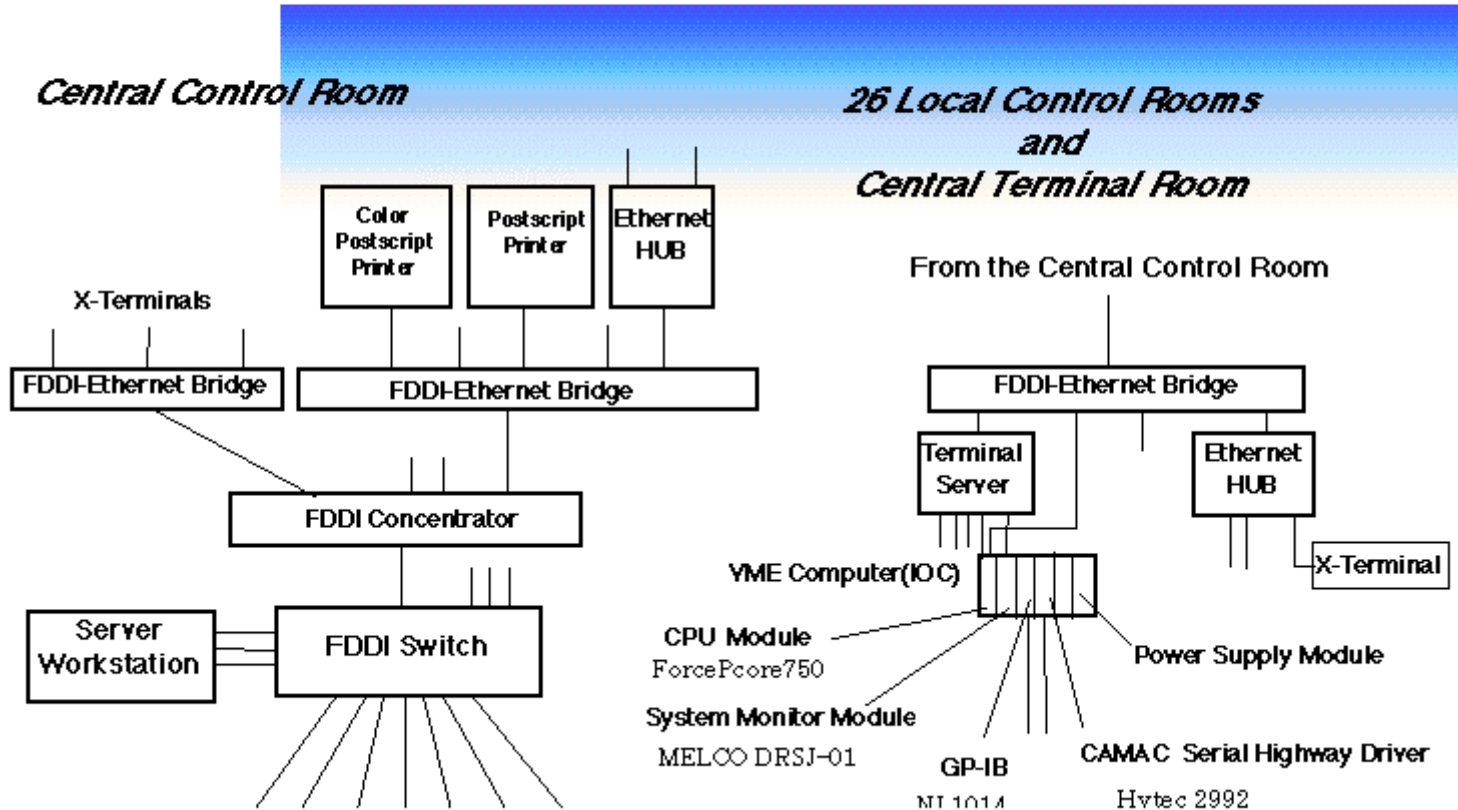
コントロールシステム: 基本的に EPICS(冷凍機等一部例外あり)

EPICS: Experimental & Physics Industrial Control System

「EPICS は ANL および LANL によってその開発が始められた加速器や大型測定装置、大型望遠鏡などにつかわれる分散型制御システムを開発するための、ソフトウェア開発環境と汎用アプリケーションのセットである」

System Overview

<http://www-acc.kek.jp/WWW-ACC-exp/KEKB/control/>



各制御室に VME コンピュータ (IOC) PPC750, 603, 68k40, 68k64 等
OS: VxWorks 上に EPICS システム (device support, sequencer,
database 等) がのっている

現場制御室で機器を制御、モニターする方法

1)VME ボード直接からの I/O

2)VME-MIX 経由で VXI につなぐ。VXI ボードから I/O

3)GP-IB 経由(digital volt meter、scanner 等)

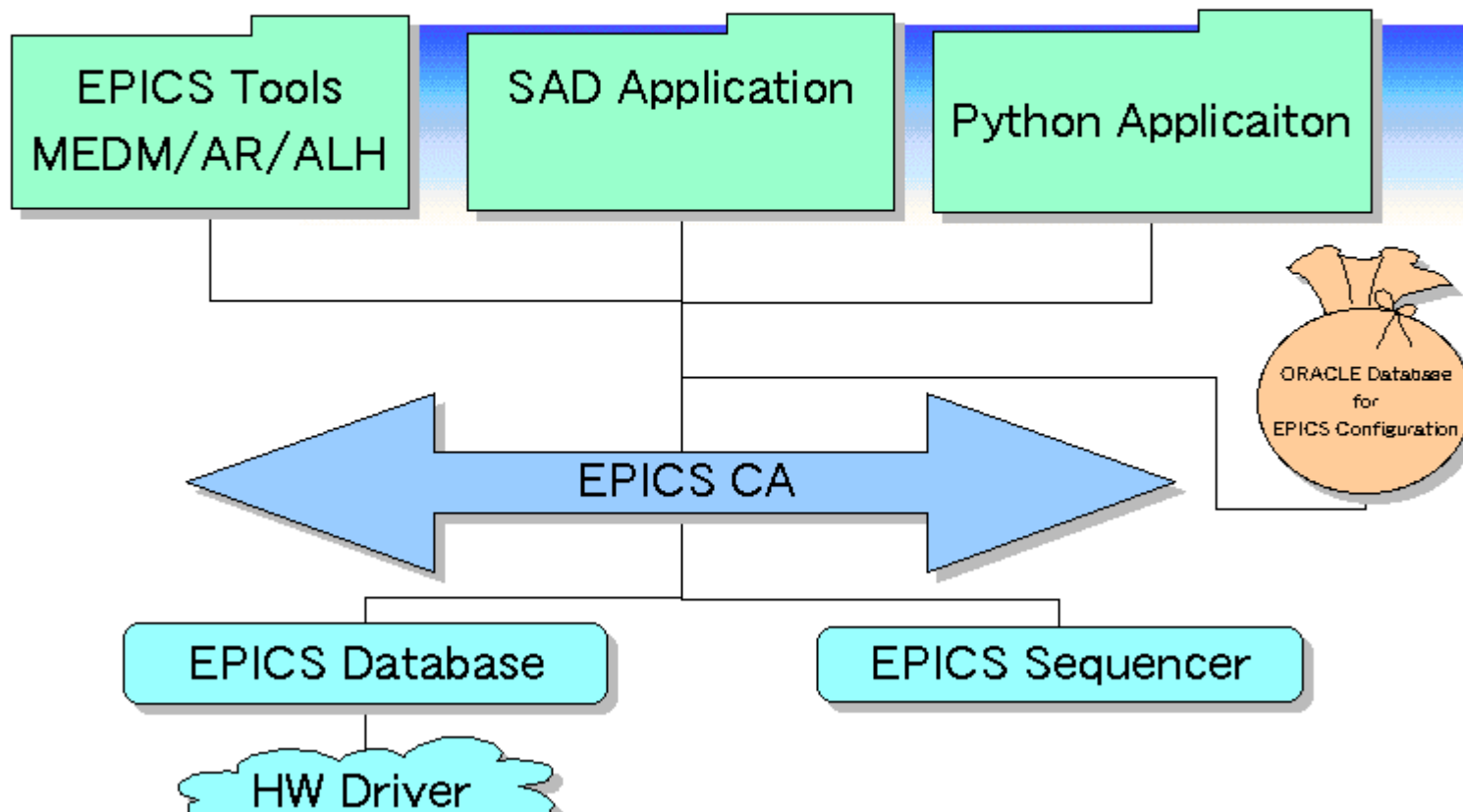
4)ARCNET:主に電磁石、多数

5)CAMAC Serial Highway:RF 等昔の機器を使っているところ

6)Serial I/O RS-232 or 422 or 423...

7)その他

System OverView (cont'd)



ユーザーインターフェース: EPICS 標準ツール、SAD、Python、他
EPICS CA(Channel Access)を通して EPICS database にアクセス
ORACLE Database から設定値の download

MEDM

The screenshot displays the MEDM control interface with several active windows:

- Feedback Control (FBCNTL.adl):** Contains buttons for LER FB, HER FB, Memory board, FB status, LER TW, HER TW, LER L1, HER TW2, LER L2, H, L, LER Tune, HER Tune, BCM Inspect, BCM CATV, IR-Temp, SR-Temp, and DCCT Control(BM only).
- HER Feedback system (FBCATV.adl):** Shows TW1-TW4 status (green/red) and current values: 0.055 mA, 0 min, 0.00 mA/s.
- LER Feedback system:** Similar to the HER system, showing TW1-TW4 status.
- LER Transverse Feedback ON/OFF panel (LER_FBSW3.adl):** Features H-FB ON/OFF, V-FB ON/OFF, AMP1-4 OK, and A1-A4 RESET/STBY/OPER buttons. It also displays position values for H and V.
- KEKB Ring Status (KEKPSSTATUS.adl):** Shows HER and LER current levels: HER I = 0.055 mA and LER I = 0.018 mA. Status indicators include 'ミット中', '入域可', and '蓄積中'.
- R Infinium scope input selector (PE.adl):** Includes buttons for FB-D-H, MEM-H, FB-D-V, MEM-V, FB-U-H, Master PS, TL-1, FB-U-V, P-MON, TW-1, evolution, and Injection.
- BCMmonitor.adl:** Displays HER_BCM and LER_BCM SYNC status, IOC/FB/FB4B, and INJECTION = 1 Hz.
- Bottom Panel:** A table of location data for various beamlines.

Beamline	Value	Beamline	Value	Beamline	Value
D8-P	28.8	D8-U	29.4	D8-D	23.5
D8-W	23.6	D4-P	21.8	D4-U	22.9
MASKIR-R1	16.7	IR-R2	9.6	BELO	19.9
L-UB	26.5	MASK	17.2	R-SH	23.5
R-RM	25.3	R-UB	24.8		

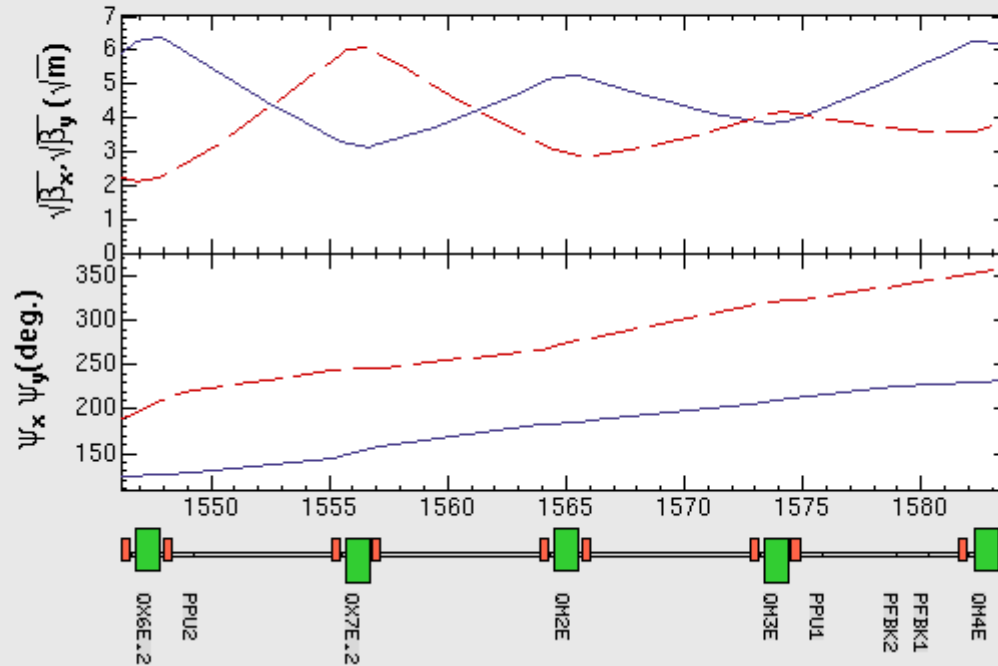
HER Temp09_28_2001_22:08:07

Set tunes

$V_x(\text{model})$ 44.5165
 $V_y(\text{model})$ 41.6079
 $V_x(\text{meas})$ 44.5247
 $V_y(\text{meas})$ 41.6123

Optics Plot

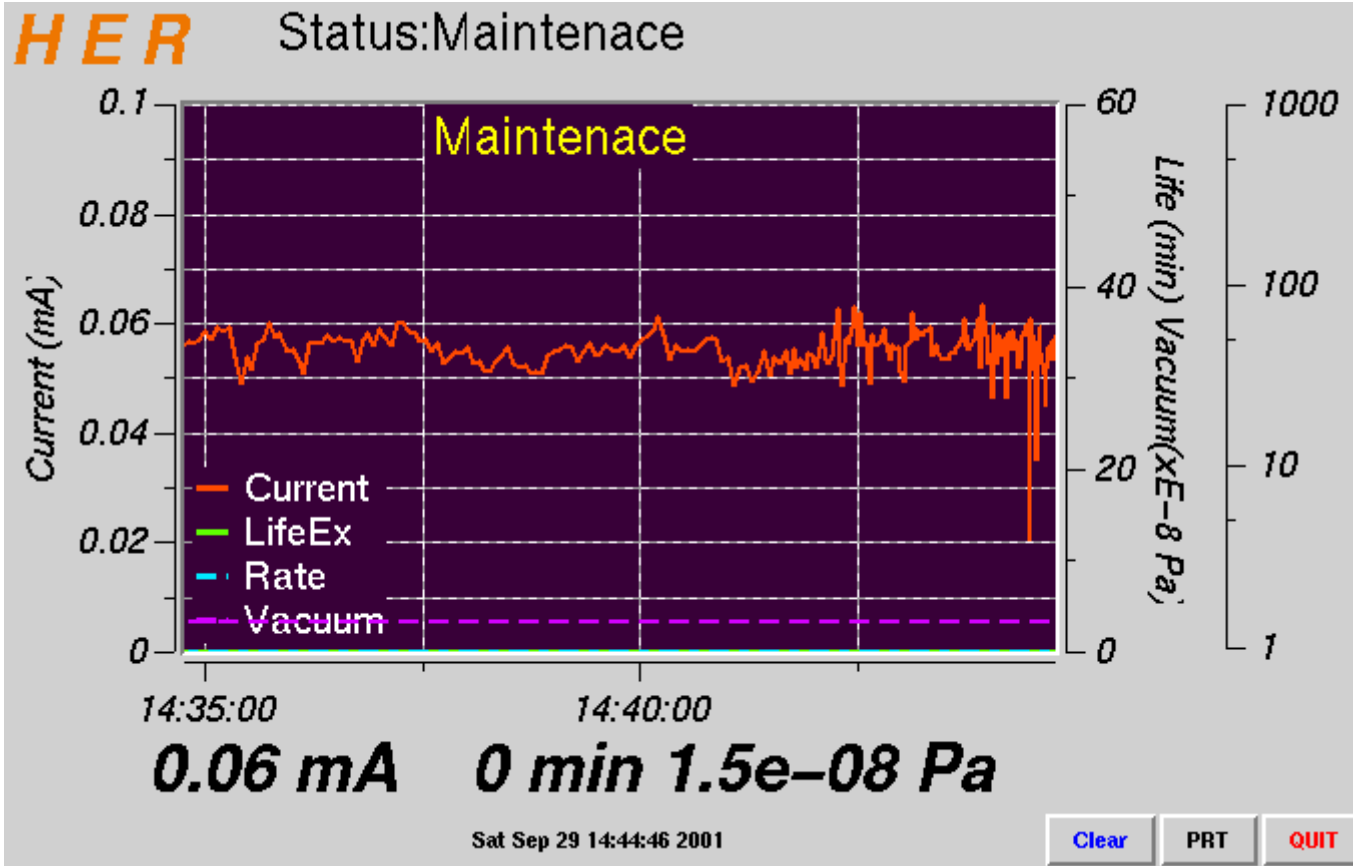
beginning point(m) 1540.0
 end point(m) 1590.0
 Component Q*|P*



Component	$\beta_x(\text{m})$	$\beta_y(\text{m})$	$\Psi_x(\text{deg})$	$\Psi_y(\text{deg})$
PPU1	18.42	15.83	217.0	327.3
PPU2	33.41	7.841	128.6	222.2
PFBK1	31.88	13.12	227.6	345.4
PFBK2	27.26	13.61	225.0	339.6

- ME KEKB operation
- SP KEKB Optics
- SP Daily Snap
- Log View
- SP Log View
- Alarm
- Linac
- BT
- Injection
- LER
- HER
- Collision
- Beam diagnostics & tuning
- RF
- MG
- VA
- BM
- CO
- safety
- Misc.
- Temp

Python



MEDM/SAD/Python いずれも UNIX マシン上で動き、X で描画

SAD/Python はインタープリタ

Network capacity は無限ですか？

CPU 能力は無限ですか？

PC(Windows マシン)上での EPICS OPI

<http://ahfb1.kek.jp/~tobiyama/epics/epics-pc/index.html>

The screenshot displays the EPICS OPI interface for the HER and LER systems. The main window is titled "Temperature" and shows a table of temperatures for various components. Below this is a "FB Vacuum" window with a graph of "FB真空度" (FB Vacuum) over time. To the right, there are tables for "LER Longitudinal Kicker" and "Vacuum" parameters. At the bottom, there is a "主タイミング設定" (Main Timing Settings) window with a warning message and controls for the master oscillator and bunch current monitoring.

Temperature Data:

HER	FBHMONU	FBHTKW	FBHTKL	DOCT=	LIFE=
上流	FT上 23.6	FT1 23.8	FT1 23.5	0.05	mA
外筒	FT下 23.2	FT2 24.0	FT2 23.9	0.00	分
コア	FT外 23.4	FT3 23.9	FT3 24.2		
内筒	FT内 23.7	FT4 24.2	FT4 23.7		
下流	FT斜上 23.3	FT5 23.7	FT5 24.3		

LER Longitudinal Kicker Data:

FBLLK1	FBLWDM1	FBLGIRC
FT1 24.9	DM1 25.0	C1 -100.0
FT2 24.6	DM2 25.0	C2 -100.0
FT3 24.5	DM3 25.3	C3 -100.0
FT4 24.8	DM4 24.9	C4 -100.0
FT5 24.8	DM5 24.6	C5 -100.0
24.6	DM6 25.3	C6 -100.0
25.3	DM7 24.8	C7 -100.0
24.4	DM8 24.8	C8 -100.0

Vacuum Data:

FBLWDM2	負荷
DM1 24.7	負荷1 -100.0
DM2 24.3	負荷2 -100.0
DM3 24.4	負荷3 -100.0
DM4 24.6	負荷4 -100.0
DM5 24.6	負荷5 -100.0
DM6 25.0	負荷6 -100.0
DM7 24.9	負荷7 -100.0
DM8 24.4	負荷8 -100.0

Timing Settings:

警告: フィードバックグループの許可無く操作することを禁止します **アクセス許可**

Password: Apply

主分周器

分周比 5120 Apply 主遅延値 2567 Apply

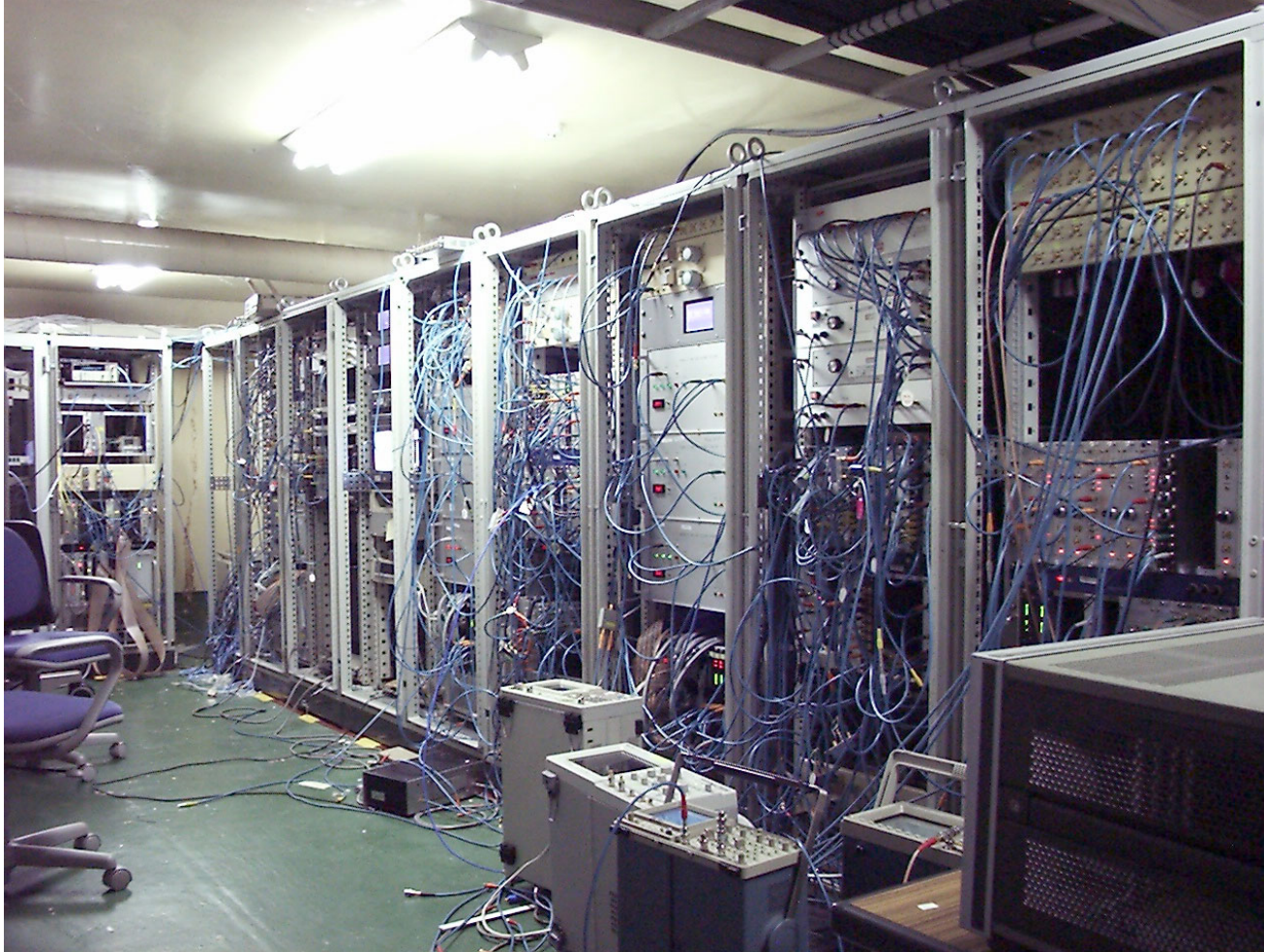
分周器同期 **正常動作中**

バンチ電流モニタータイミング

モニター	値	SET	状態
HER TD4V	499	<input type="button" value="SET"/>	× CLK ON/OFF 正常
LER TD4V	558	<input type="button" value="SET"/>	× CLK ON/OFF 正常

現在のコミショニングシフトは

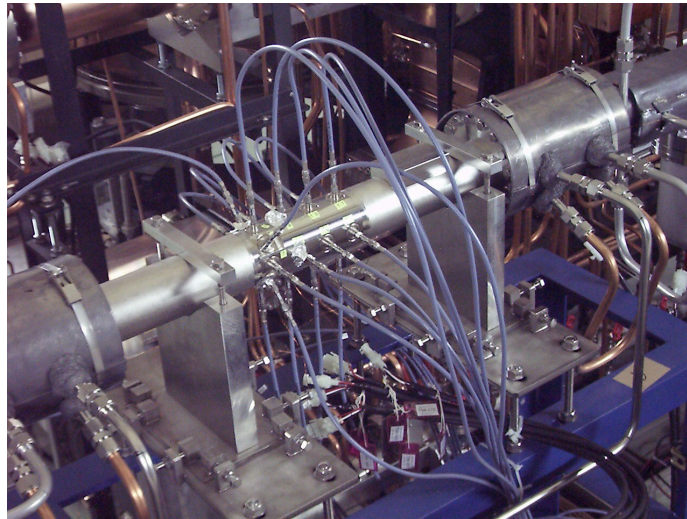
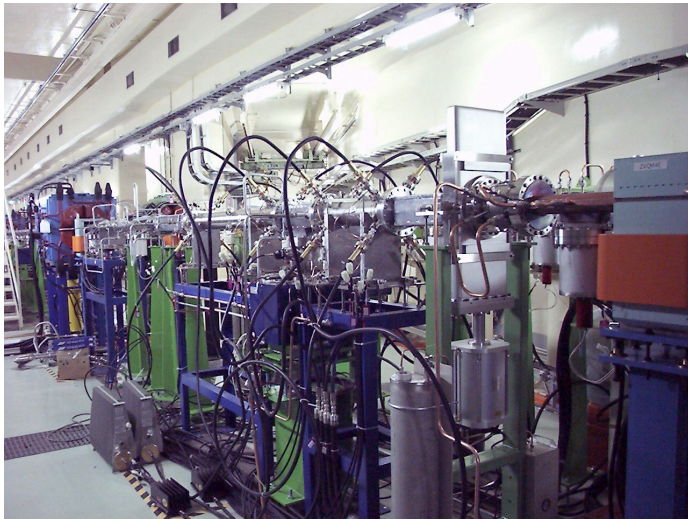
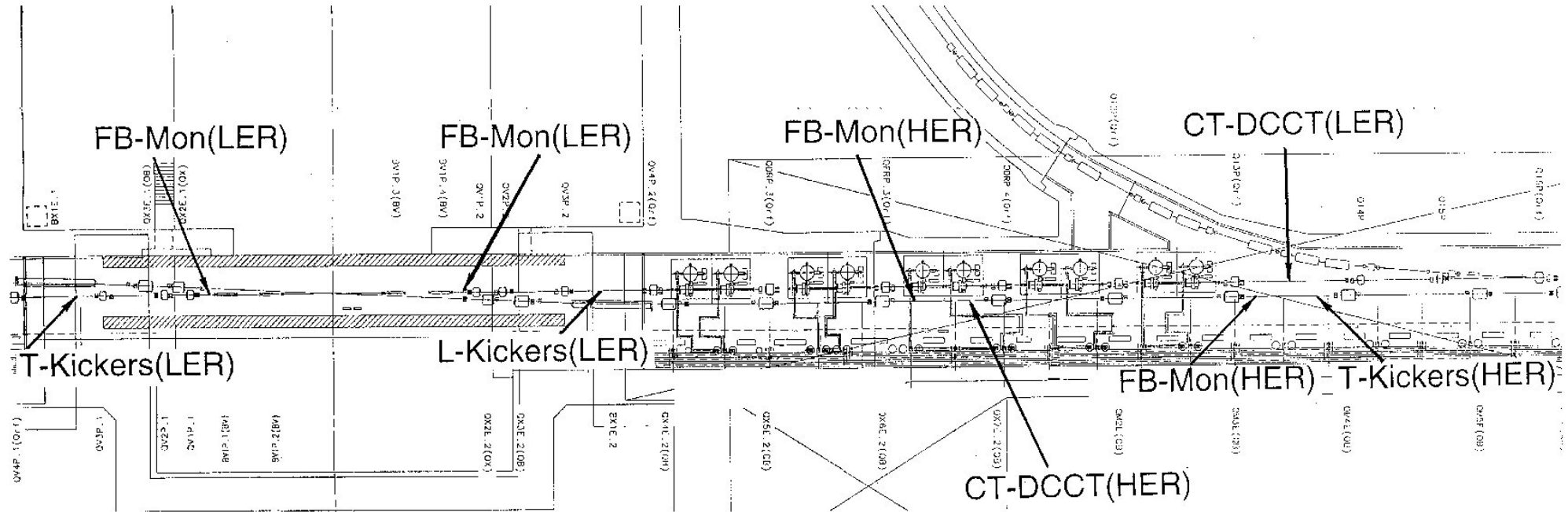
加速器のモニター、制御



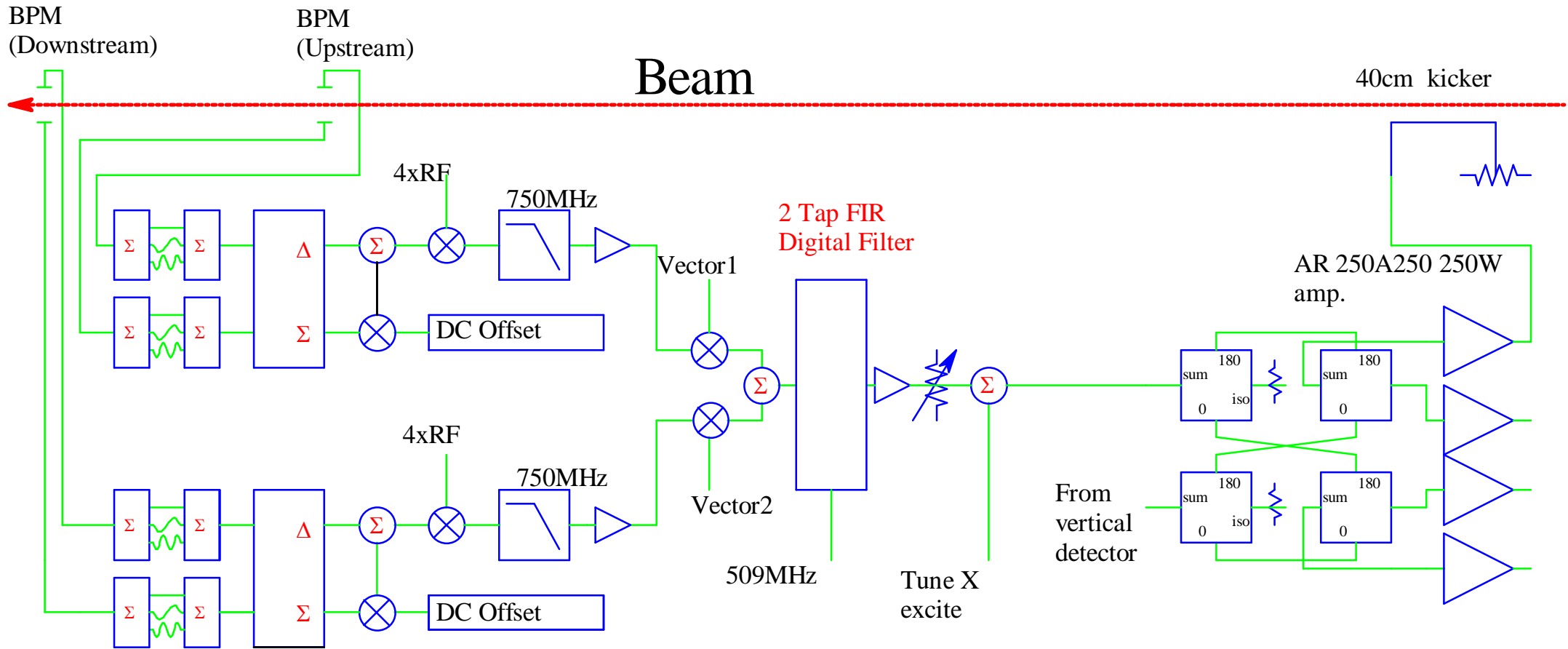
Feedback LER 制御室
(富士実験室 B4)

IOC:10 台(HER、LER)

バンチフィードバックシステム



フィードバックシステムブロック図



バンチ位置検出部(BPM+信号処理回路)

デジタルフィルタ(2 tap FIR + 1 turn delay)

ハイパワーアンプ + キッカー

A)一般的なものの(既製品)

VME:I/O:(PVME-501、RPV-130 等)、

遅い A/D(PVME-332 等)、 [loss monitor 等]

遅い D/A(PVME-632 等) [パラメータ設定等]

NIM: タイミング関係、遅い Logic 等

Fan-out(~ 100kHz)、 Logic-converter(TTL-NIM)

B)特注品

VME:570MHz digital delay TD-4V,17k73 active I/O、 2 タップ FIR フィルター、

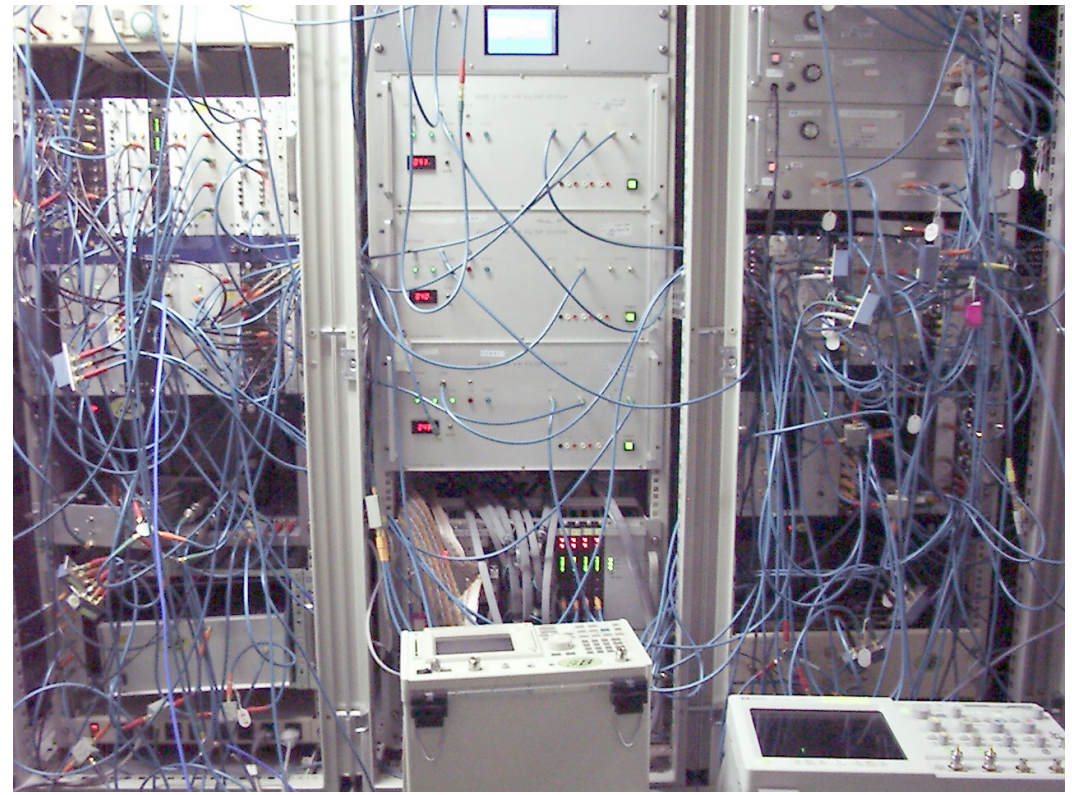
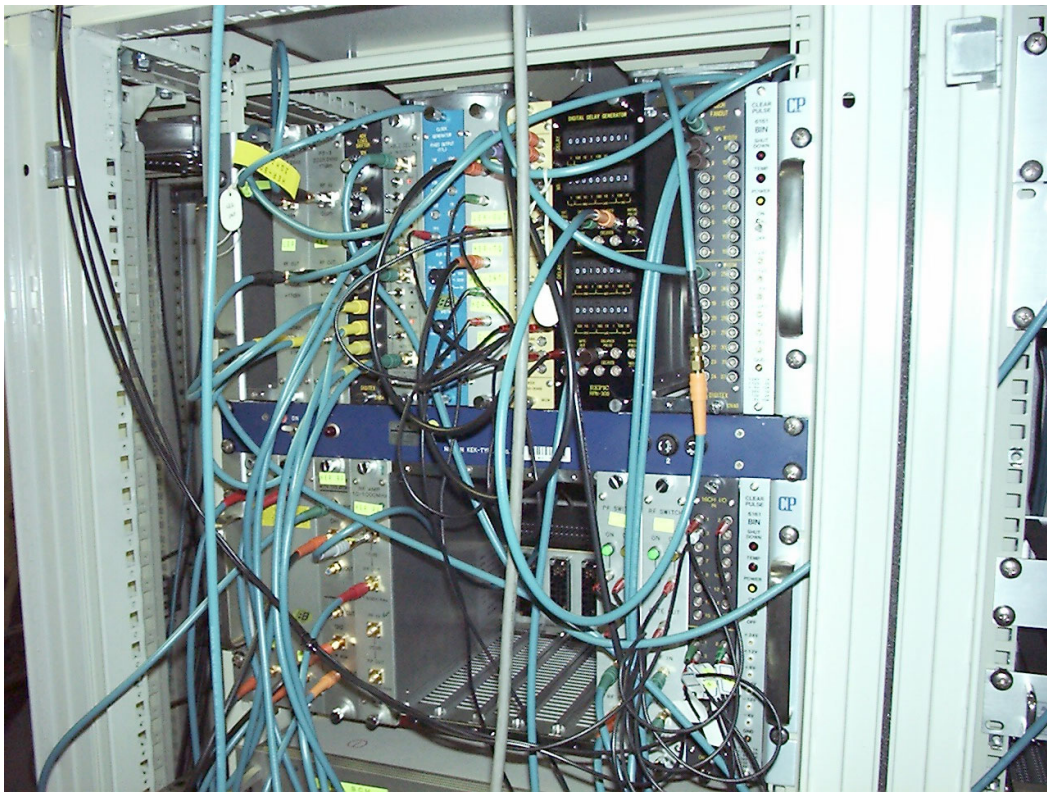
Digital memory board、 バンチ電流モニタ 、 17k46 アンプ IF、 17k53 チ

ューン測定 IF 等

NIM:高周波アンプ、 phase shifter、 step delay、 I/O interface、 RF スイッチ、

attenuator、 高速 RF スイッチ等

箱もの: bunch position detector、 cable filter 等



特注品の発注先：

デジテックス研究所、朝日技研、三光社、R&K、林栄精器他
(各社得意分野に応じて)

その他、自作モジュールもそれなりにあり。

例:VME モジュール TD-4V (<http://ahfb1.kek.jp/~tobiyama/epics/td4v-new>)

570MHz デジタルディレイ

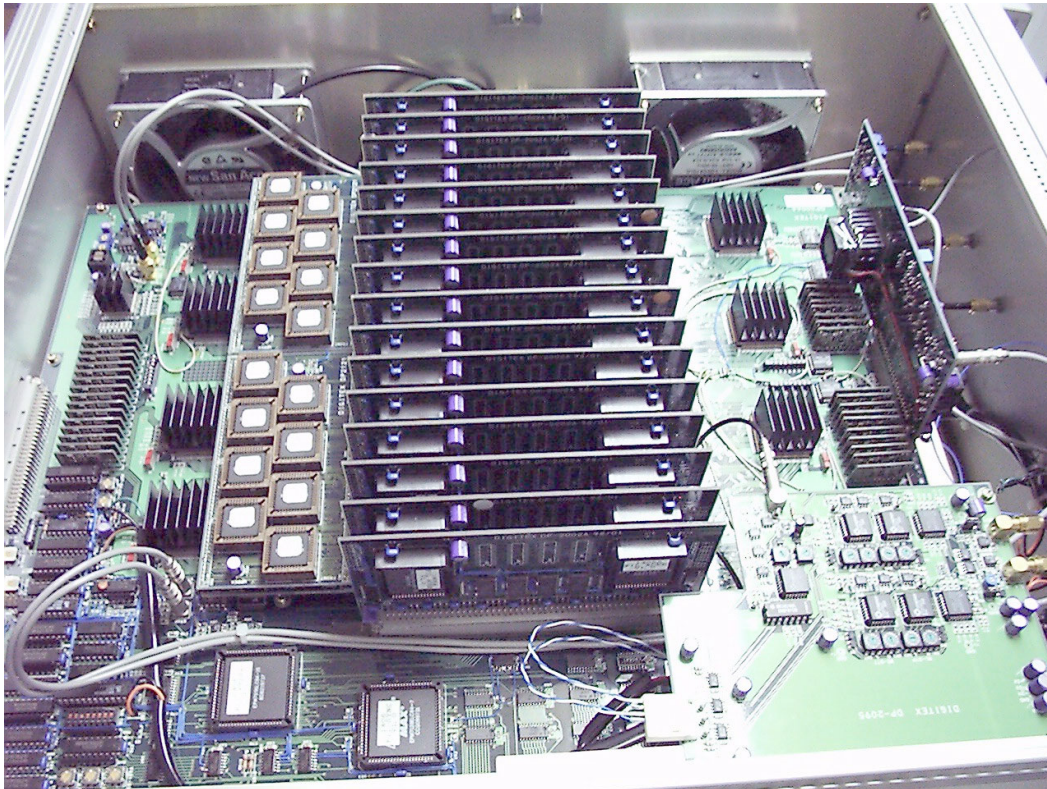
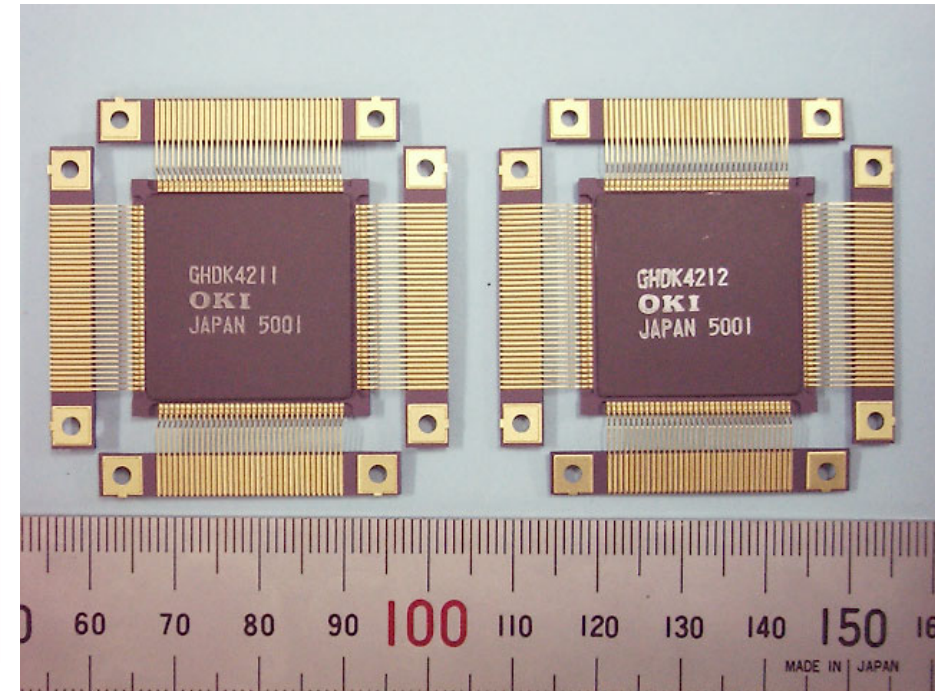
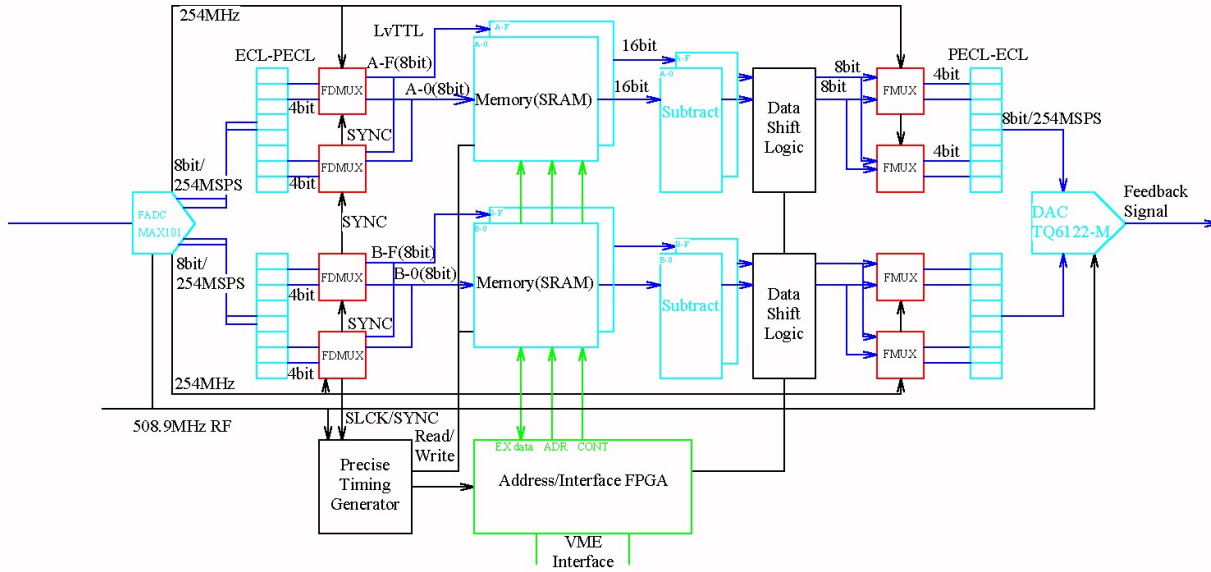


508MHzRF 信号をカウン
ターで数えてスタートパル
スを 2ns ごとに delay 出来
る

jitter ~ 3ps 程度

世界各地? の研究所で採
用

例 2TAP FIR フィルター



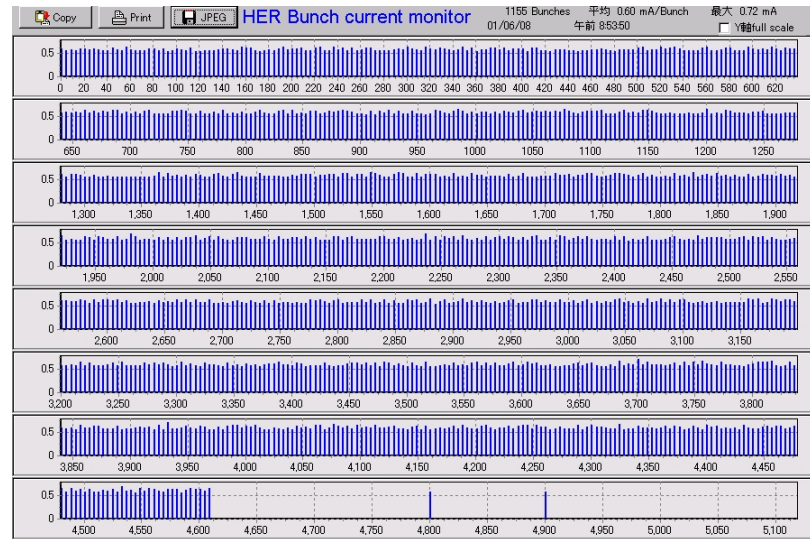
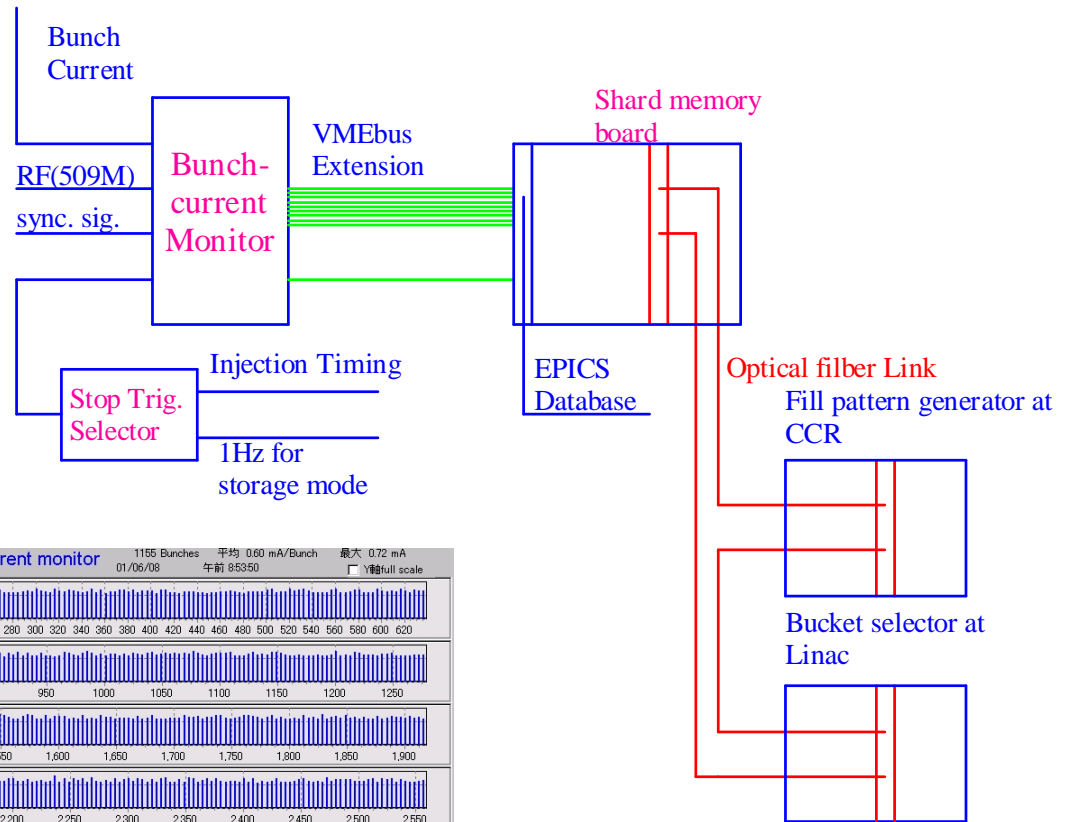
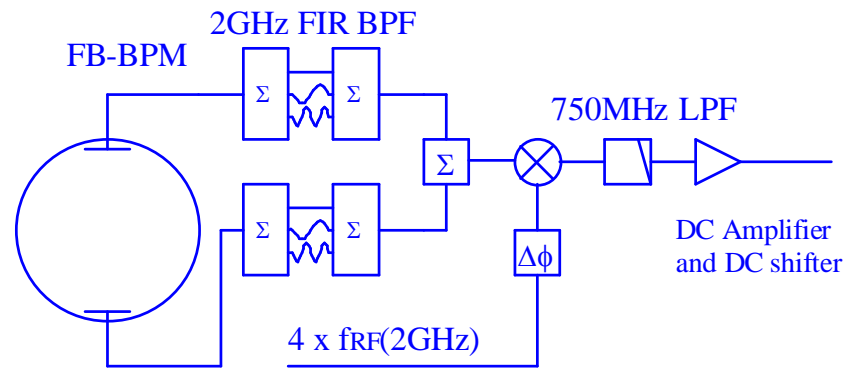
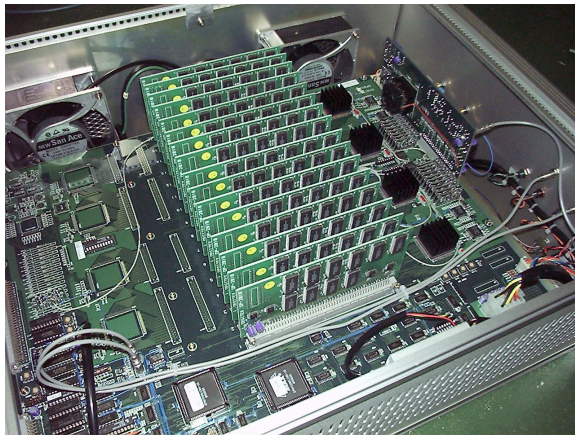
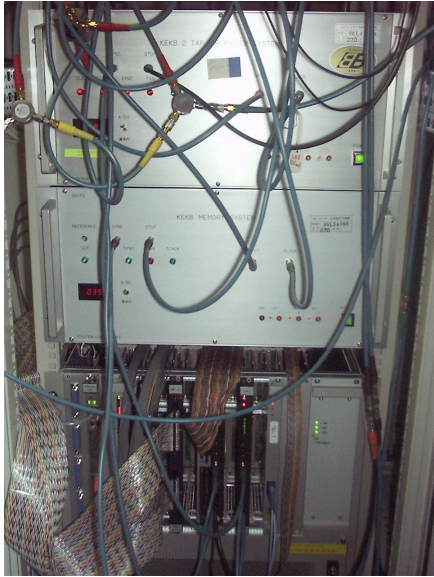
2ns ごとに来るバンチ位置データを
AD 2Tap FIR で DC off DA

- [Development of a high-speed digital signal process system for bunch-by-bunch feedback systems.](#)

Makoto Tobiyama and Eiji Kikutani

Phys. Rev. ST Accl. Beams 3,012801(2000)

例 バンチ電流モニタ



入射時:

1) injection trigger で memory board を stop

最大繰り返し 50Hz (LER、HER 同時でも可)

2) memory board から VME へ割り込み データ転送

割り込み response $21\mu\text{s}$ 、5120 バンチデータ転送 1.4ms(D32)

3) EPICS レコード処理 + shared memory へデータ書き込み

4) shared memory データが Linac control VME へ割り込みをかけ、

次回入射バケツ選択プログラム作動

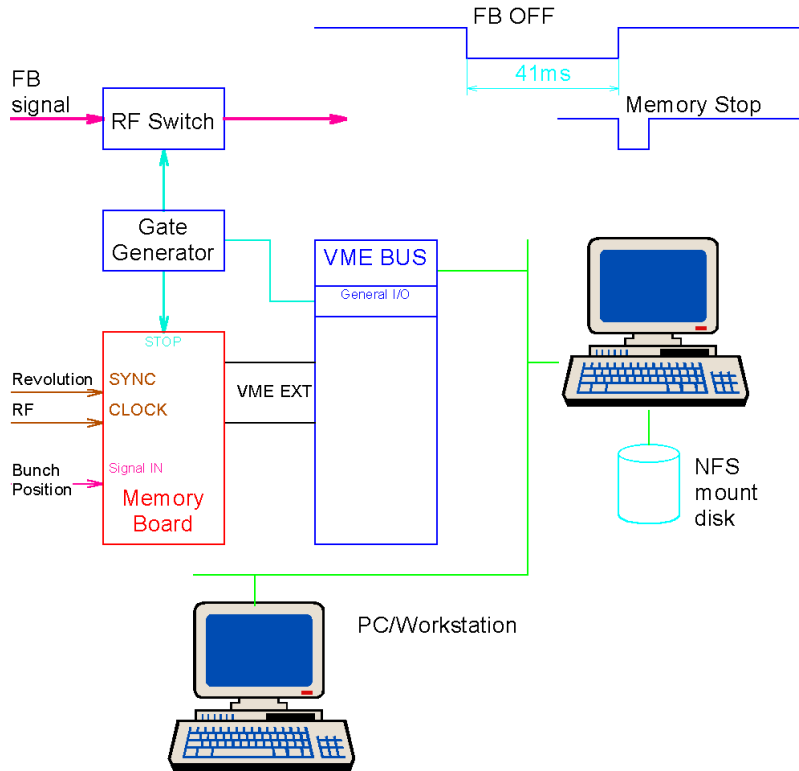
Bunch current equalizer(BCE)

蓄積時

1) 1Hz トリガーで bunch current data 取得

2) 一般公開バンチ電流データは 5 秒に 1 回更新

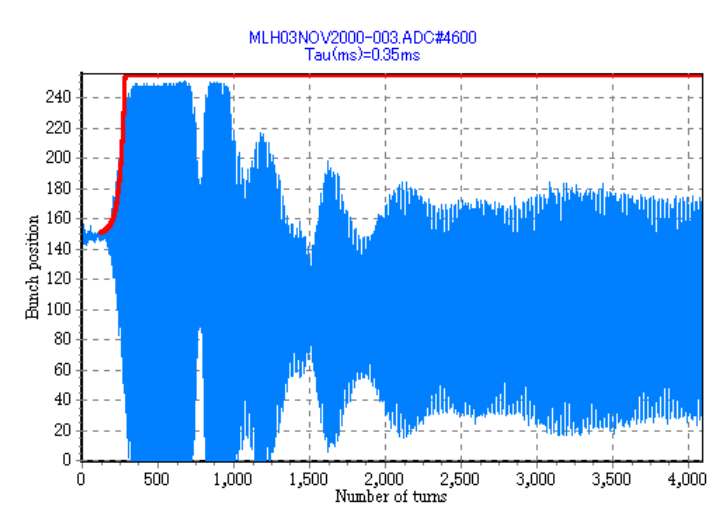
例 バンチ振動レコーダー(BOR)



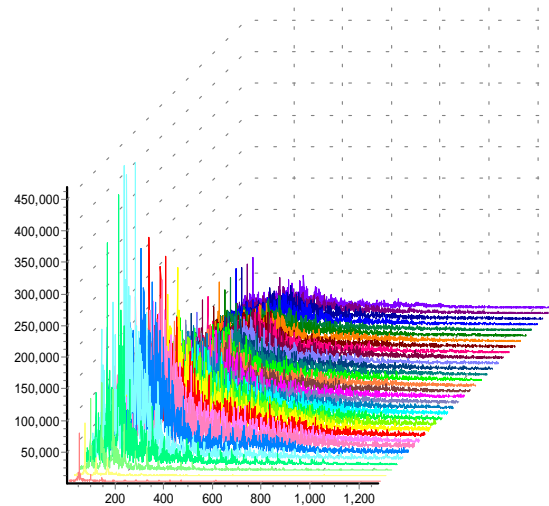
Feedback ON/OFF の transient でのバンチ振動を 5120 バンチ × 4096 turns 記録 (20MB)

Instability の growth、mode feedback の性能

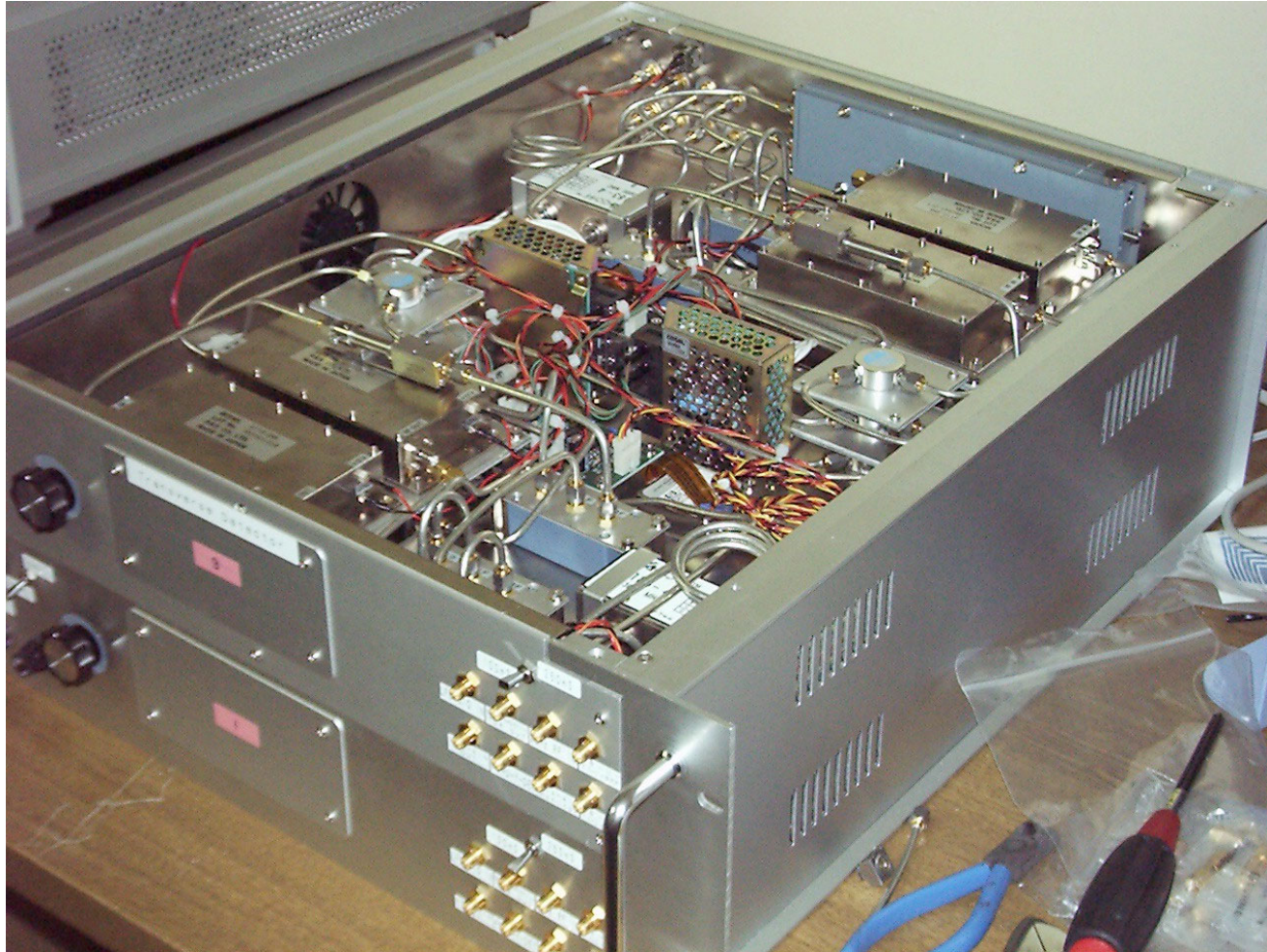
Transient-domain analysis



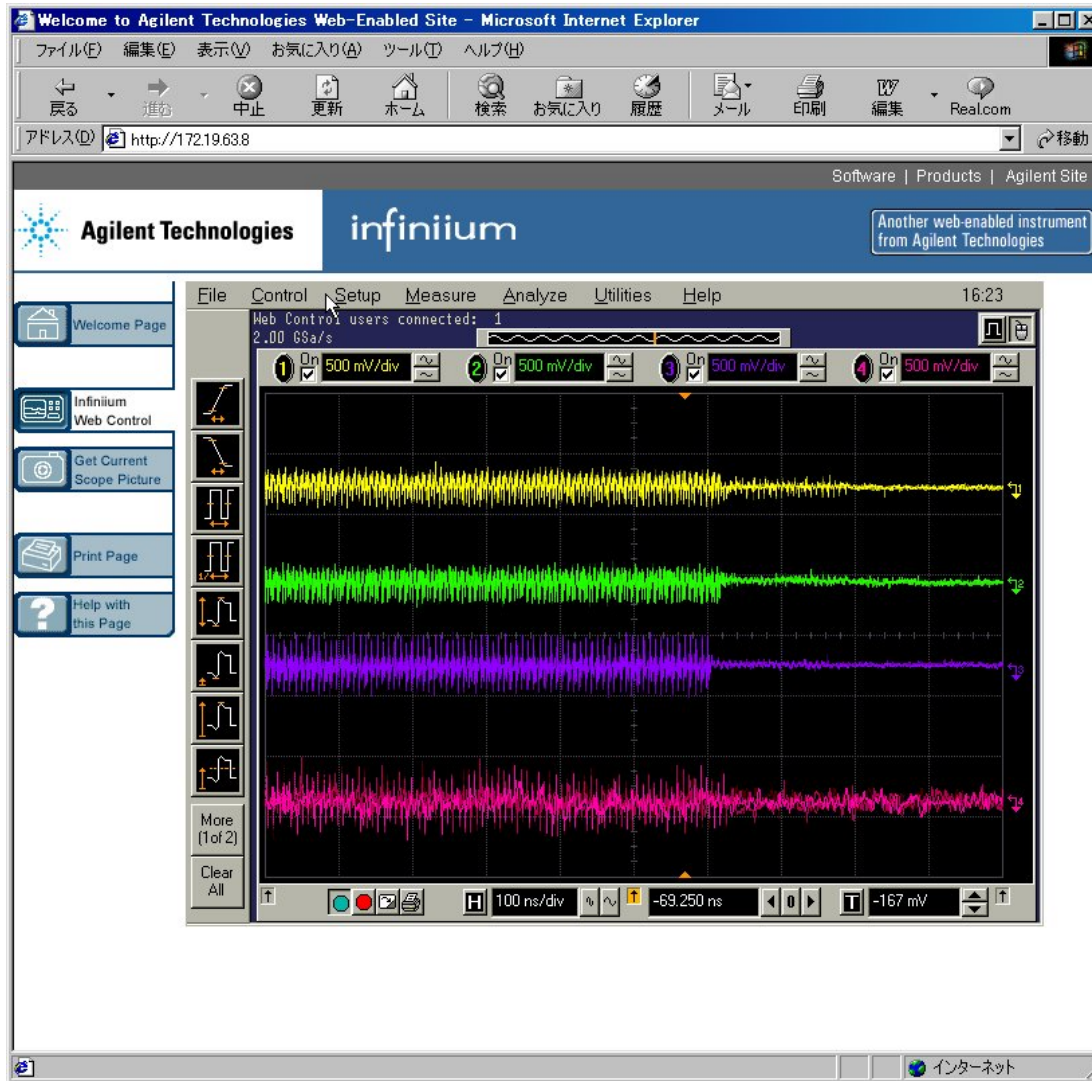
MLH03NOV2000-003.ADC



例 高周波モジュール バンチ位置検出回路ブロック



例 リモートオシロスコープ



Web 上で scope 制御
但し画像データは VGA TV 変換でリアルタイム表示

加速器で使用するモジュール

基本的に長期間使用する。

加速器の寿命がつきるまで使い続けるものもあり。

運転中に取り外すことはできない 一遍借りたら当分返せない。

汎用性がないものが多い

多種多様な制御、モニター対象に対して汎用性は難しい。

一般的なモジュールでも(加速器内部でも)融通が全く利かないものも多い。

汎用性を考える余裕、お金がない

トリスタン時代はコントロールグループがある程度の共通モジュールを一括設計、製作、管理 今は???(但し、モジュール等を作るグループは限られてはいる)

しかし

加速器の運転・保守予算 + 人的資源は慢性的に極度に不足している

機構全体でもきっとお金 or 人が余っているわけではない？

機構全体で最も効率よいお金、人的資源の使い方

無駄のないモジュール開発

知識の共有

ストック等の有効利用

よりよい研究につながる