

# KEK 電子入射器における タイミングシステム

古川 和朗

( KEK 電子入射器 )

<URL:<http://www-linac.kek.jp/>>

# はじめに

## ◆ B-ファクトリでの実験効率

KEKB 電子 / 陽電子 非対称コライダ

= 入射器の安定な運転が重要

2 バンチ入射や連続入射でさらに効率向上

## ◆ タイミングシステム

精度の高い入射タイミング (~30ps, Single Bunch)

SLED のタイミング制御 と 2 バンチ入射

100 を超えるタイミング設定

## ◆ 頻繁な ビームモードスイッチ (1 日に 50 回程度)

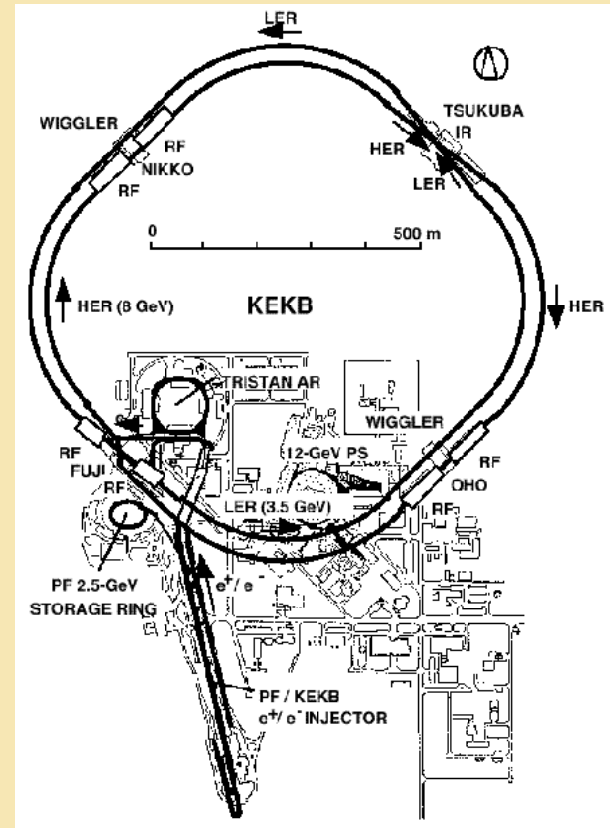
KEKB e<sup>-</sup> 8 GeV 1.2nC Single Bunch

KEKB e<sup>+</sup>, 3.5 GeV 0.64nC **Single Bunch with/without 2 Bunch Injection**

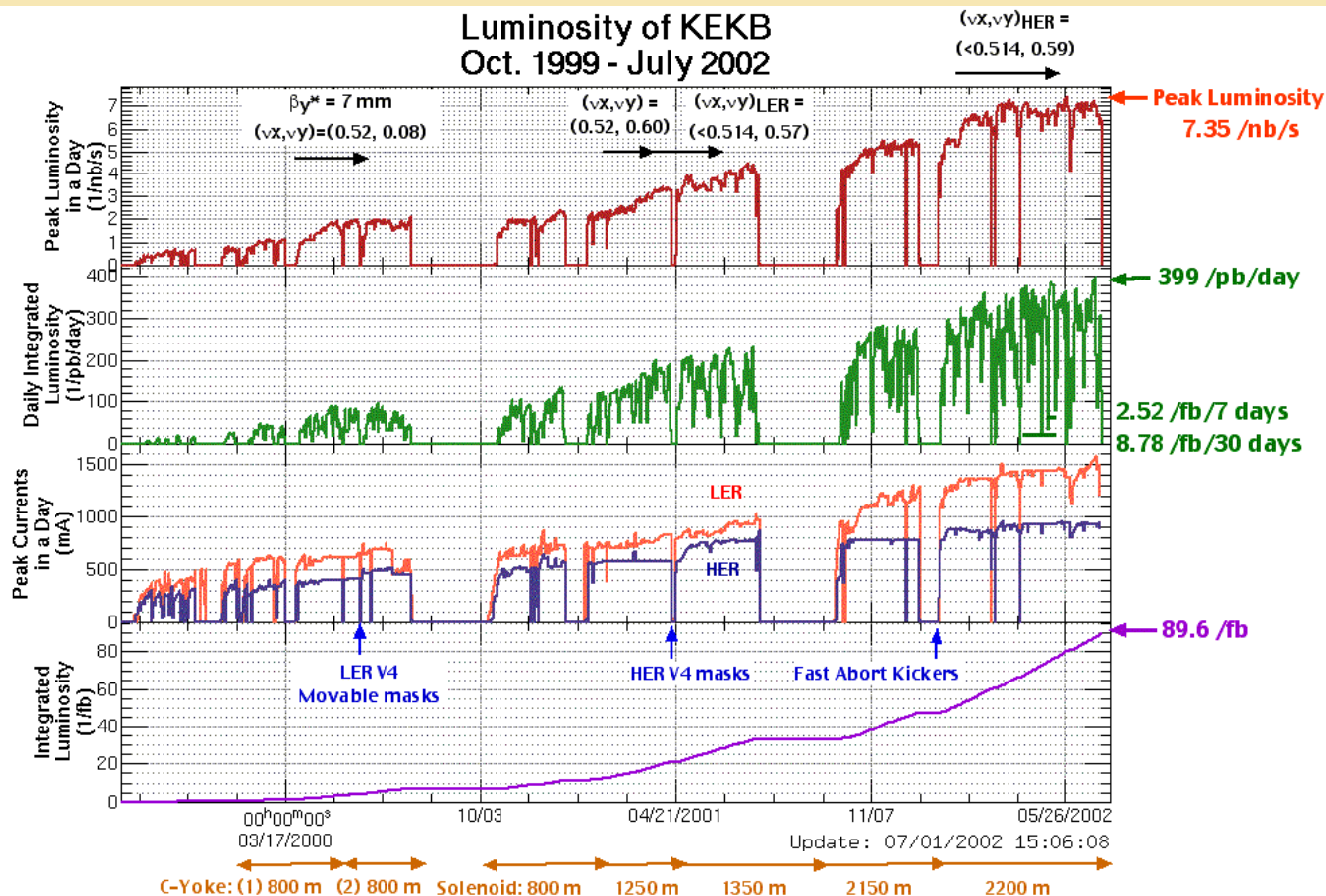
(Primary e<sup>-</sup> 10nC)

PF e<sup>-</sup> 2.5 GeV 0.3nC Multibunch

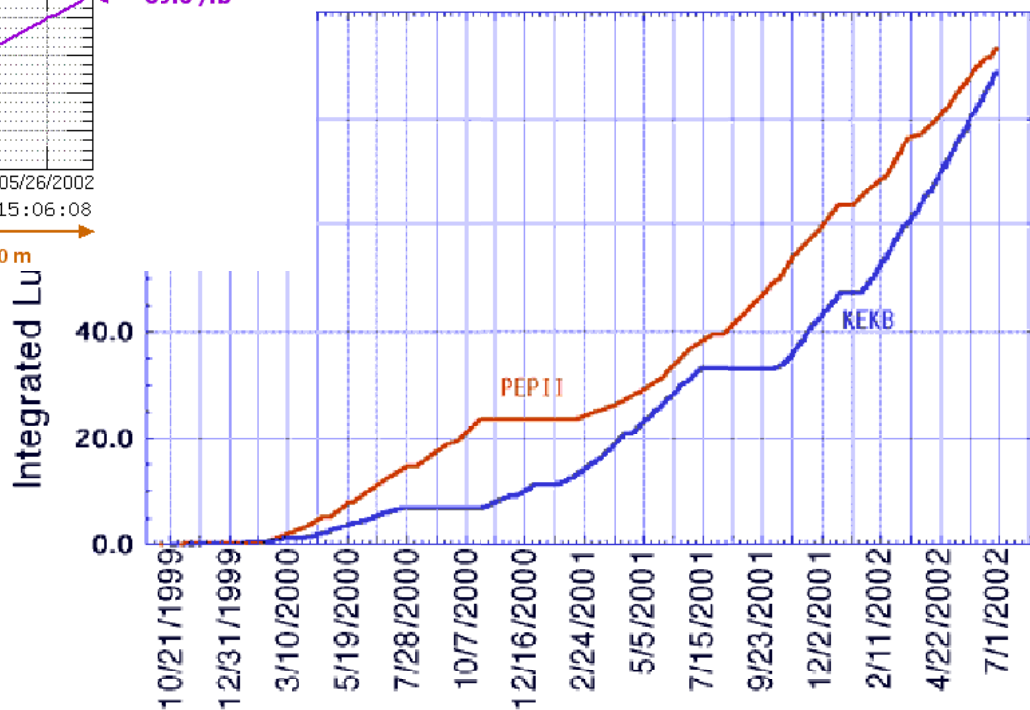
PF-AR e<sup>-</sup> 2.5/3.0 GeV 0.3nC Multibunch



### Luminosity of KEKB Oct. 1999 - July 2002



### Integrated Luminosity (logged)



### ◆ KEKB の性能

# 入射器のタイミングシステム

## ◆ 対象となるタイミング

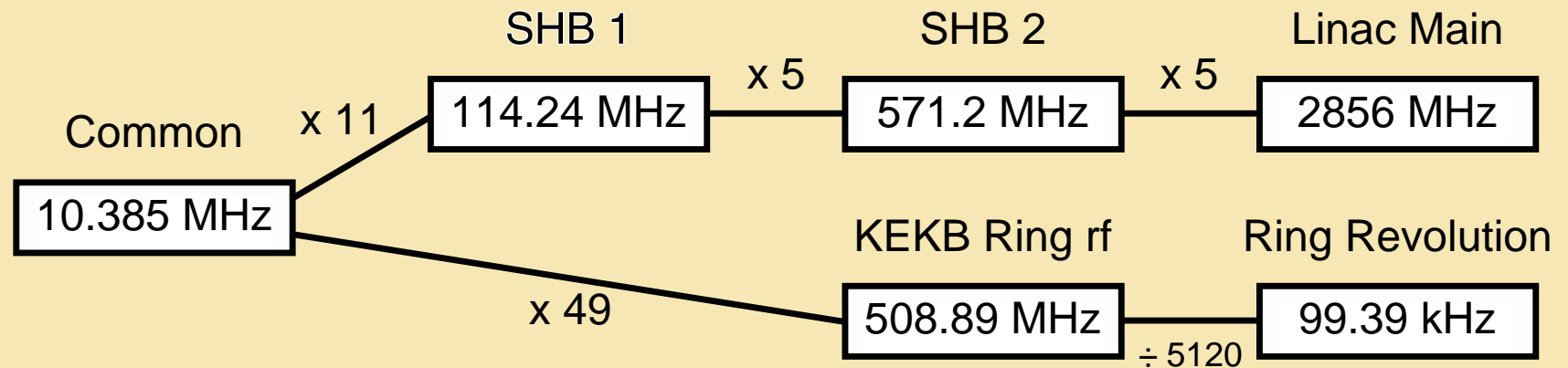
- ◆ ビームタイミング
- ◆ パルスマイクロ波の生成、エンベロープ、SLED
- ◆ ビームモニタのためのトリガ信号
- ◆ 入射タイミング、キッカー等のトリガ

## ◆ 必要となる機構

- ◆ 基本クロックの発生
- ◆ タイミング信号の分配
- ◆ 遅延信号の生成
  - 15ヶ所のタイミングステーション
- ◆ 多数のグループ間の協調

# 基本クロックの発生

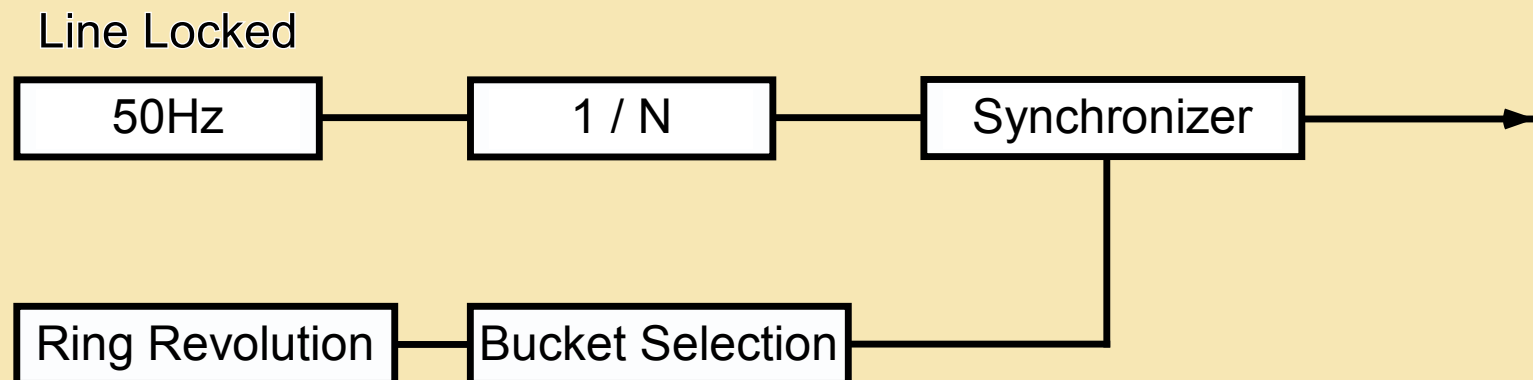
- ◆ トリスタンの入射は 300ps のジッタが許された入射器とリングの rf は非同期
- ◆ KEKB においてはシングルバンチで 30ps 以下 rf の間に整数関係が必要



- ◆ すべてのタイミングは共通周波数 10.385 MHz を基本とする
- ◆ 入射器棟内の rf グループの管理する周波数分周逡倍器で生成安定度の監視が重要

# ビームタイミング

- ◆ 商用周波数 (50Hz)、 (ノイズ低減のため)  
及び各リングの巡回周波数、 (バケット選択)  
に同期して、ビームタイミングを生成
- ◆ KEKB は共通クロック (10.39MHz)、 (及び 114MHz, 571MHz にも同期)  
に同期しながらバケット選択  
(最大 0.5ms の遅延)
- ◆  $1/N$  の間引きを行うことができる



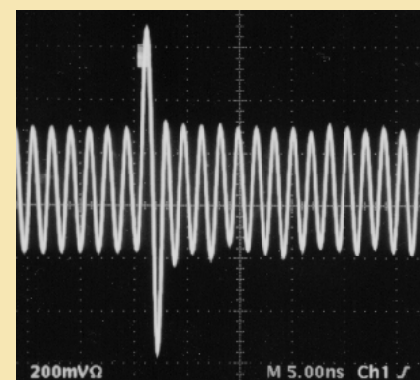
# タイミングの分配

- ◆ 各装置においても精度の高いタイミングが必要  
装置によって異なる要求、  
精度 < 10ps, 1ns, 10ns, ステップ ~ 1ns  
(TRISTAN 時には SLED がなく ~ 30ns 程度のジッタ)
- ◆ KEKB 増強に向け基本クロック (571.2MHz) を分配することにする
- ◆ ビームタイミングのずれをふせぐため、同じケーブルで分配
- ◆ 15ヶ所のタイミングステーションへ分配

1波のみのビームタイミング



基本クロック (571.2MHz) と重畳



- ◆ 各ステーションにおいて信号を再生

# タイミングステーション

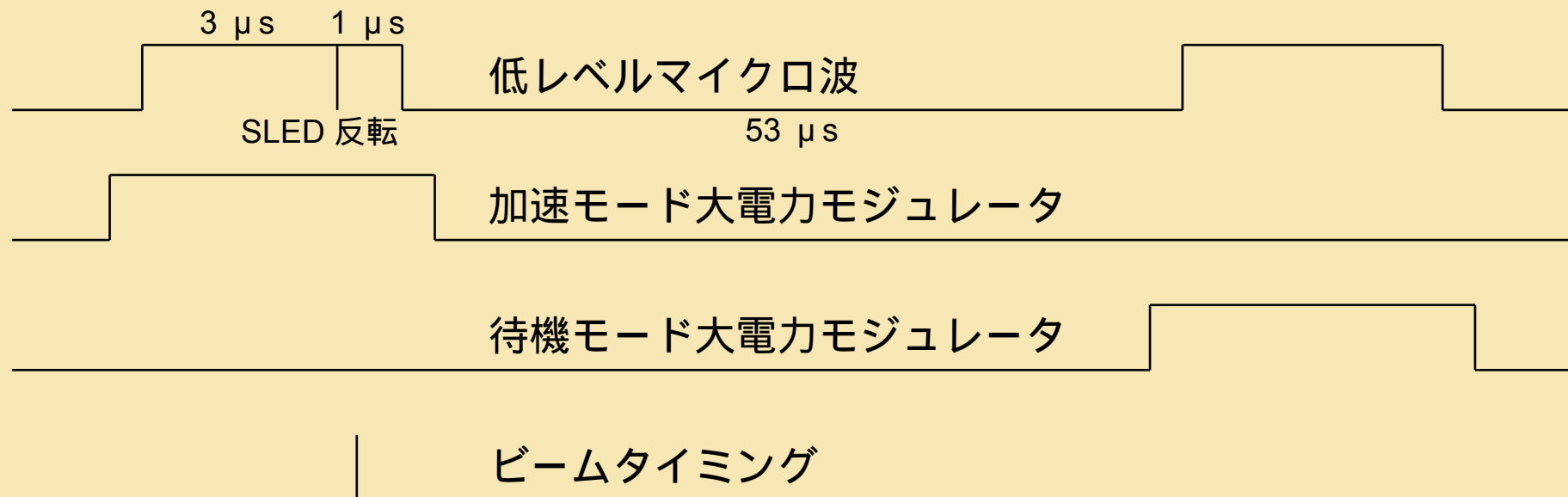
- ◆ 主ステーションの他に 15 ヶ所の副ステーションでタイミングを管理
- ◆ 主ステーションでは必要な信号を受け副ステーションに分配
- ◆ 副ステーションでは遅延信号発生
- ◆ Timing-Delay-4 (TD4) ECL 16bit カウンタによる遅延 (最大 114  $\mu$ s)
- ◆ 副ステーションの仕様

Station	Beam Station	1 次副 Station	2 次副 Station
場所	A1 電子銃	Sub-booster	副制御室
数	1	9	5
クロック の分離	TD4R	Trigger- Receiver	1 次副 Station より
遅延信号 の発生	TD4R	TD4	TD4V
Field Bus	RS232C	CAMAC	VME
主な用途	ビーム	低レベル rf ビームモニタ	モジュレータ



# パルスマイクロ波タイミング

- ◆ 低レベルマイクロ波用タイミング、  
パルスエンベロープ、SLED（パルス圧縮器）反転タイミング  
待機モード向けに  $57 \mu\text{s}$  遅れたパルス  
8ヶ所、32 タイミング
- ◆ 大電力クライストロンモジュレータ  
高圧パルスタイミング  
6ヶ所、59 タイミング



# ビームモニタ用タイミング

## ◆ ストリークカメラ用タイミング

10ps 以下の精度

4 ヶ所

## ◆ ビームポジションモニタ用タイミング

1ns 以下の精度 (ソフトウェアでピークを探すため精度は高くなくてよい)

19 ヶ所、90 台分

## ◆ ワイヤスキャナ用タイミング

1ns 以下の精度

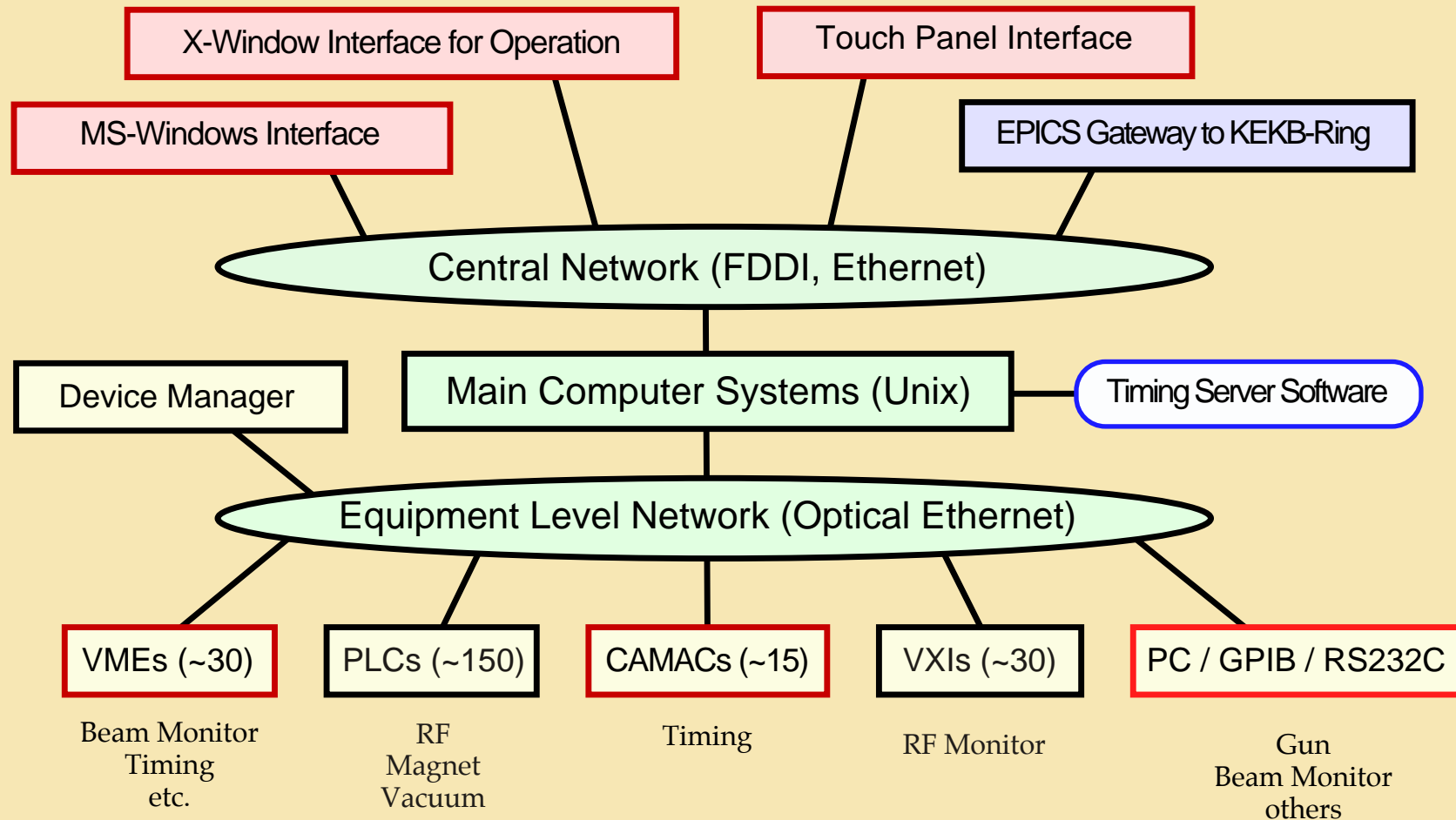
2 ヶ所、14 台分

## ◆ マイクロ波ビーム誘起波モニタ用タイミング

1ns 以下の精度

8 ヶ所、30 台分

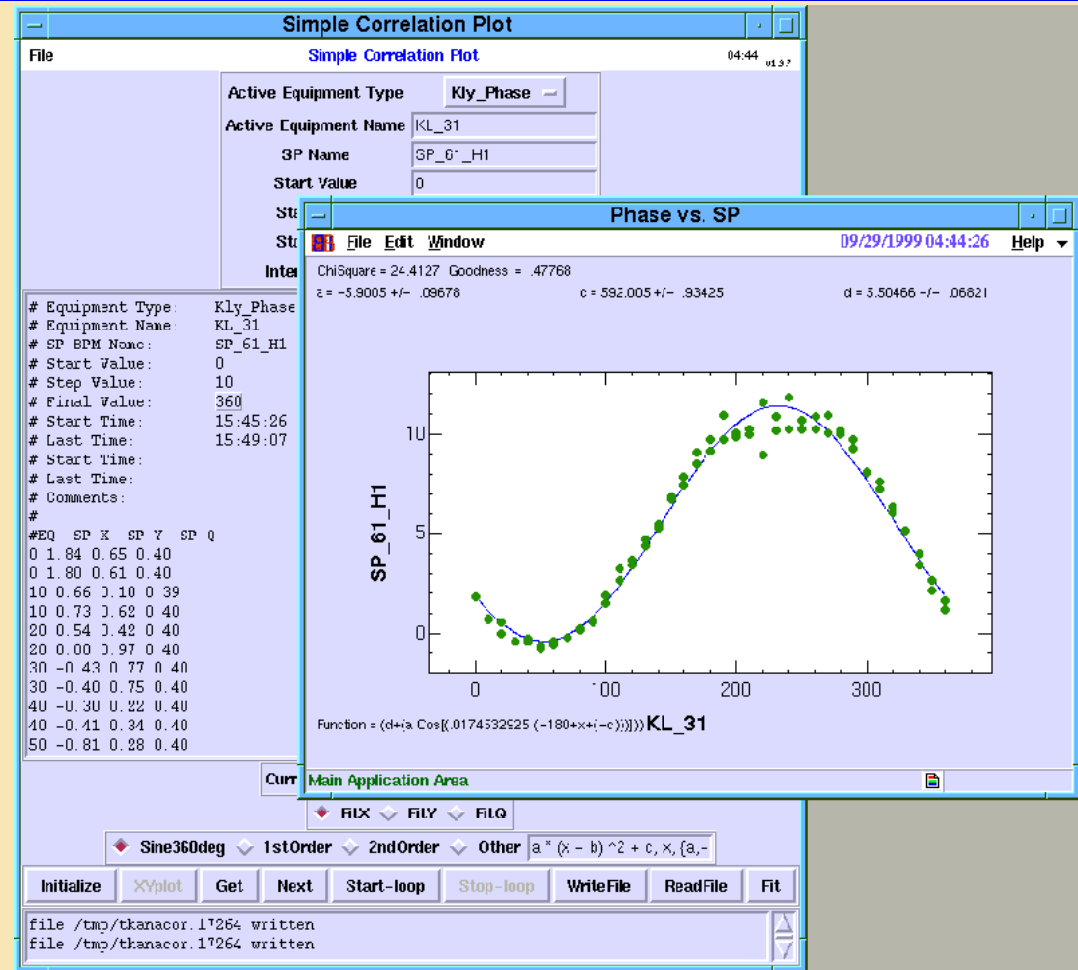
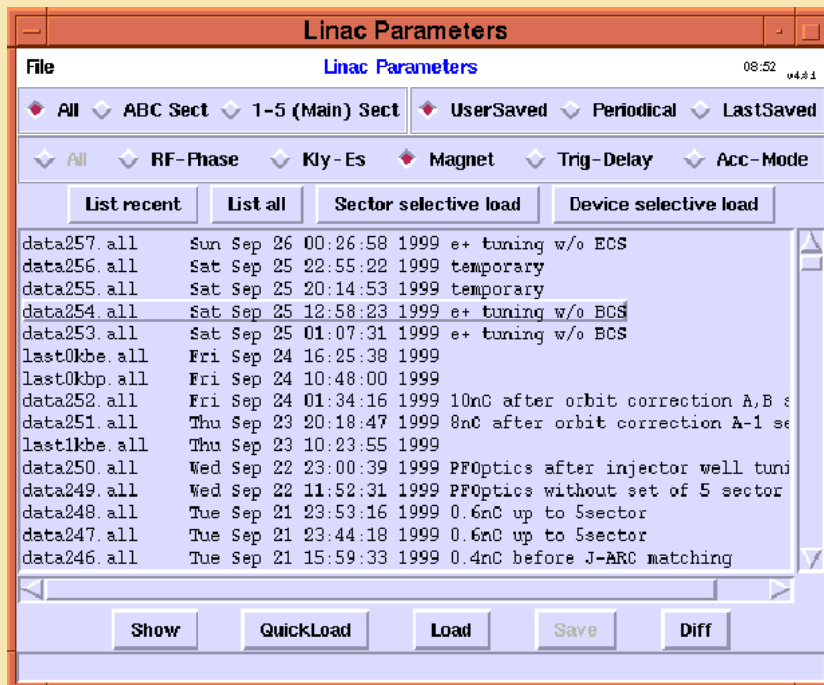
# 制御システム



- ◆ 赤と青の部分がタイミングに関連  
 運転プログラムからはハードウェアの違いは意識しない  
 ソフトウェアの構成に注意を払っている

- ◆ Active Correlation Plot enables Automated Parameter Optimization

Passive Correlation Plots are also Used to Find Multi-Parameter Correlations



- ◆ Equipment Parameter Save-Load Panel Has Many Optional Features

# 障害

## ◆ CAMAC のドライバソフトウェアの不具合

Hytec Ethernet CAMAC Crate Controller にバグ  
多量の対策ソフトウェアを用意する羽目に

## ◆ TD4/TD4V の低頻度の出力抜け

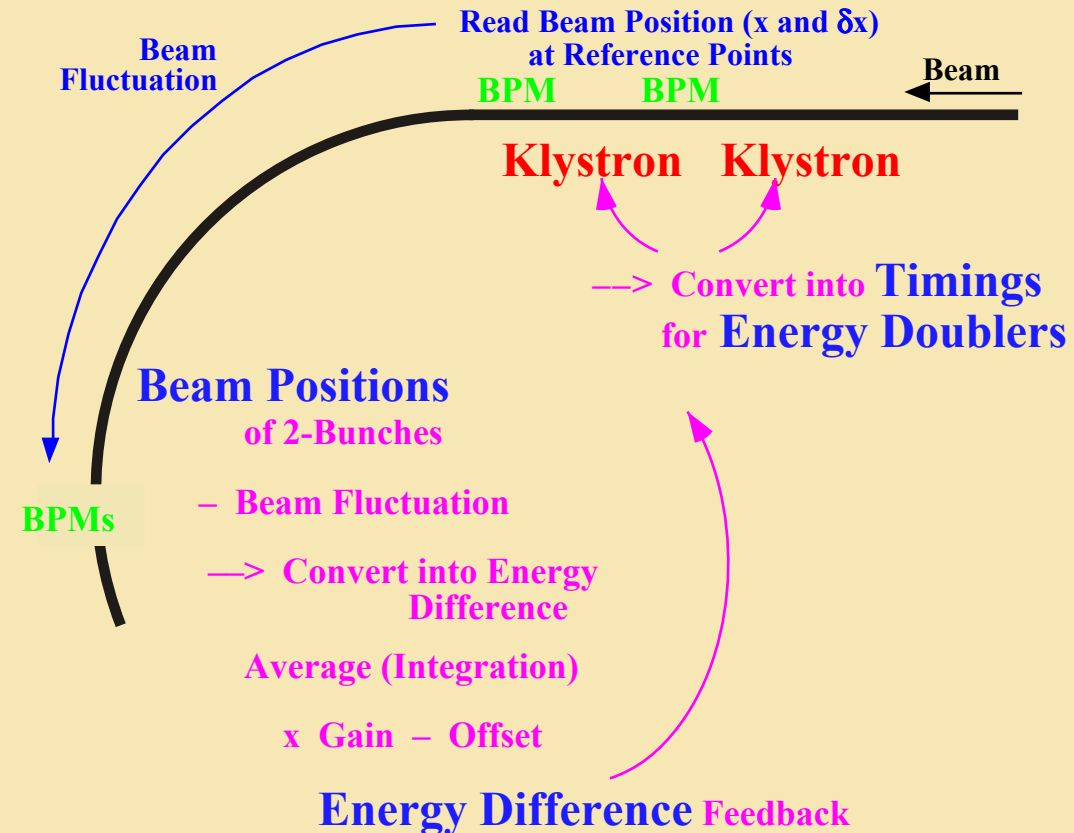
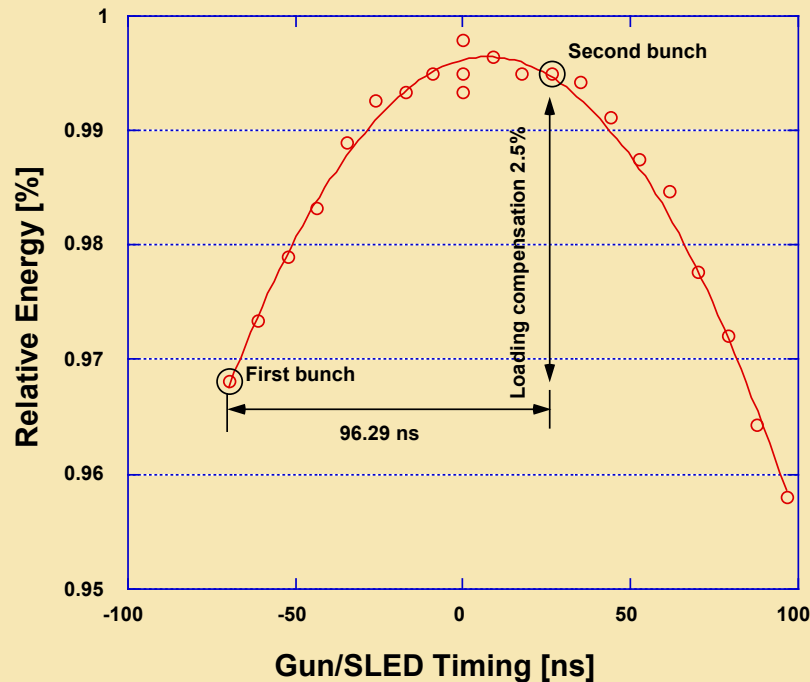
入力(閾値指定)と出力(パルス幅生成)用のコンパレータの問題  
2週間に1回以下の頻度で、200msの間出力が止まる  
全数交換で対処

## 2 バンチ加速でのバンチ間エネルギー差

- ◆ 主ライナックでは rf/SLED のタイミングで  
2 バンチのエネルギー差を制御

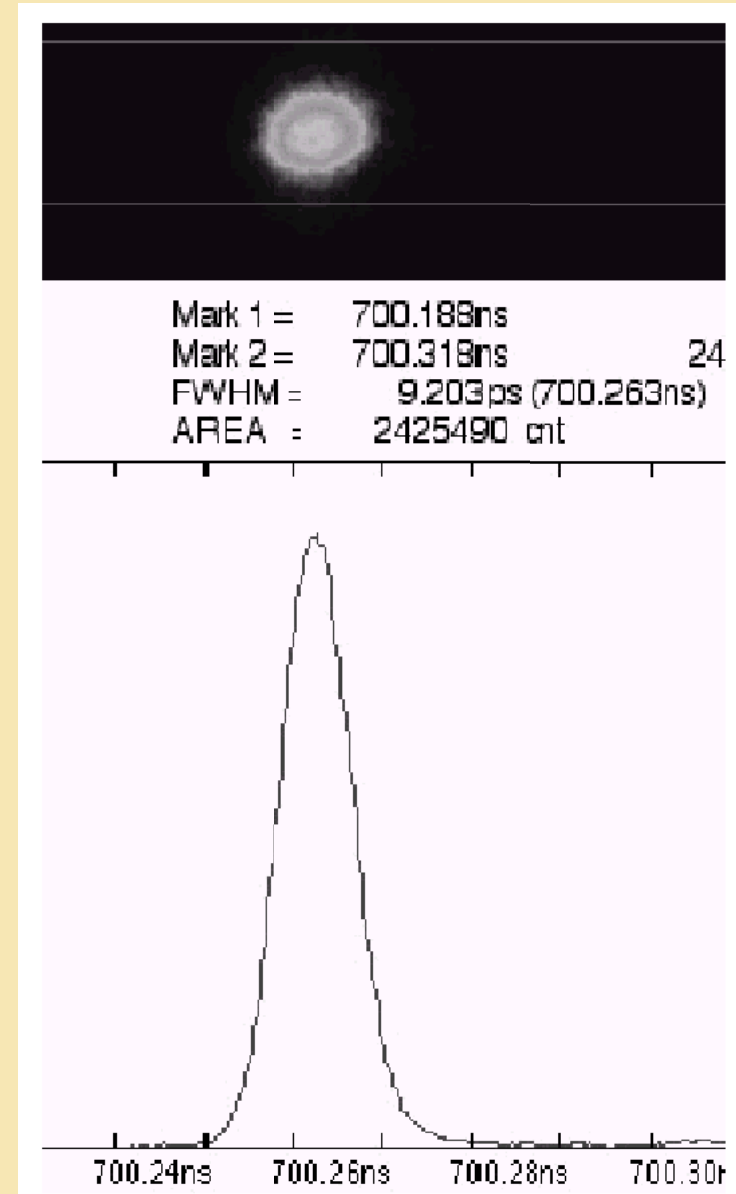
バンチ電流 (1 次電子 10nC、2 次陽電子 1nC) によってエネルギー差は異なる

- ◆ 現在は手動でエネルギー差を最小に調整
- ◆ 簡単なフィードバックループ



# まとめと今後

- ◆ タイミングシステムが期待したとおり動作  
十分な精度  
100点以上のタイミングを柔軟に制御
- ◆ タイミング精度の評価  
ストリークカメラによるビーム幅  
10ps より十分小さい
- ◆ タイミング監視システムの充実  
オシロスコープによるクロック位相測定  
TDC による TD4 遅延測定  
それぞれソフトウェアで監視
- ◆ 今後の運転モードの可能性  
50Hz 同期測定  
現在の 1Hz のビームフィードバックを高速化  
間欠ビーム測定  
連続入射時にも一部のバンチを盗んでビーム調整



Thank you ...



