

# 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)

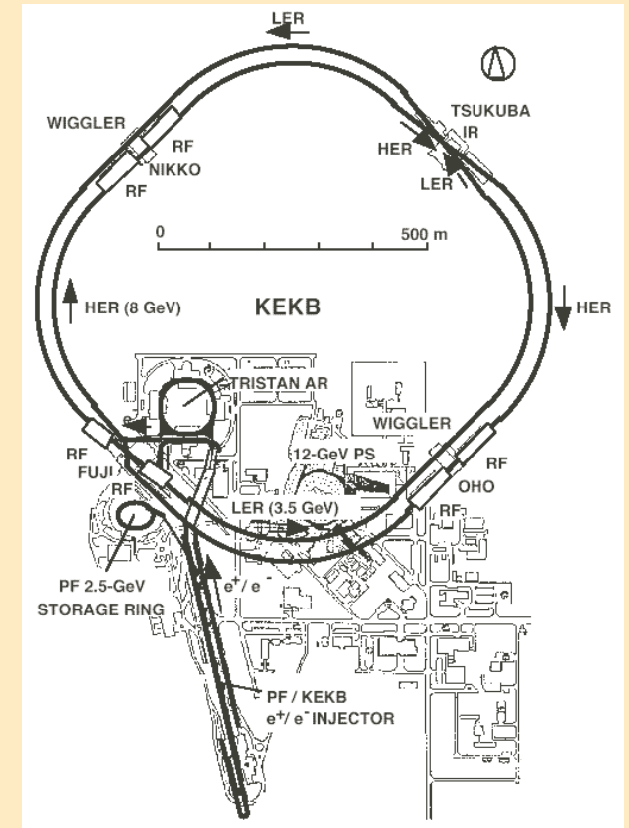
KEKB e<sup>-</sup>      8 GeV 1.2nC Single Bunch

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

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

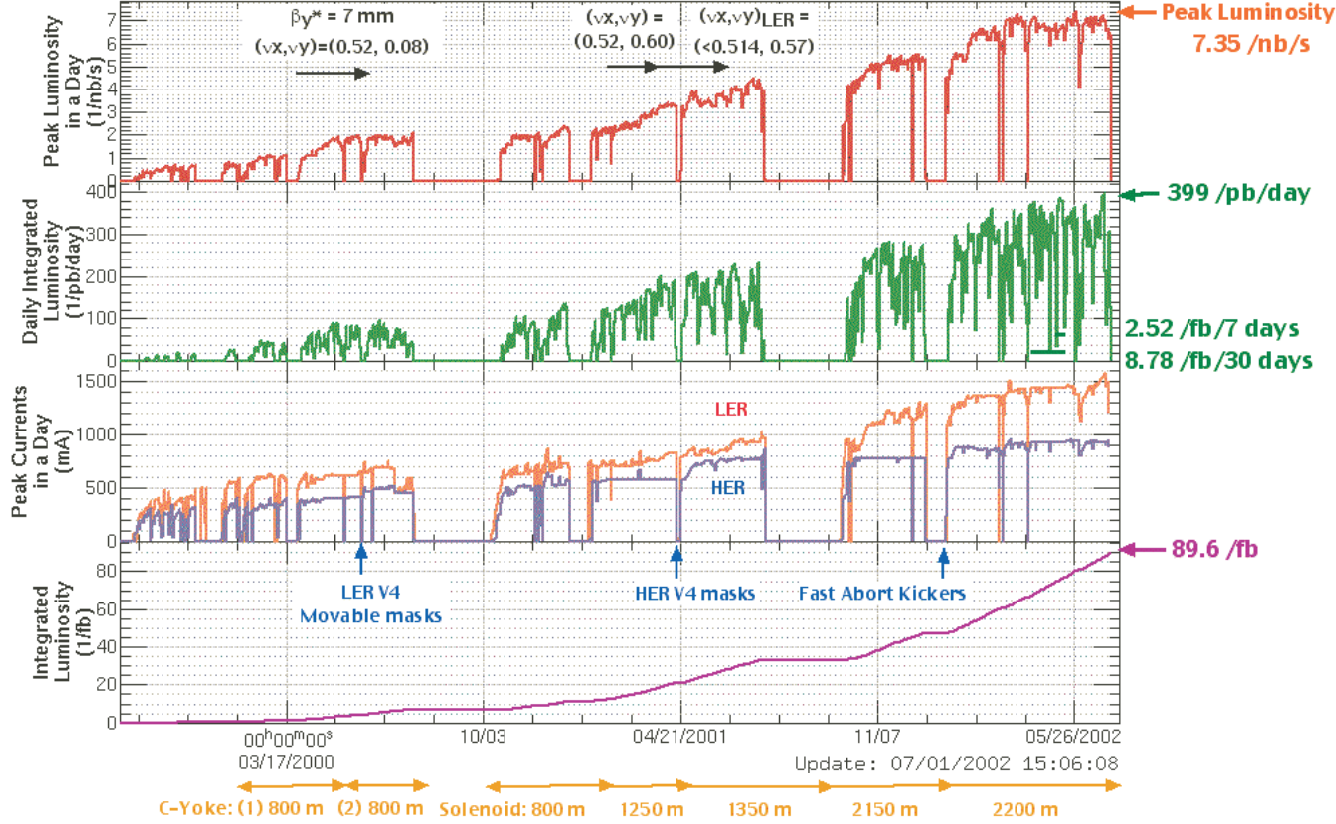
PF e<sup>-</sup>      2.5 GeV 0.3nC Multibunch

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

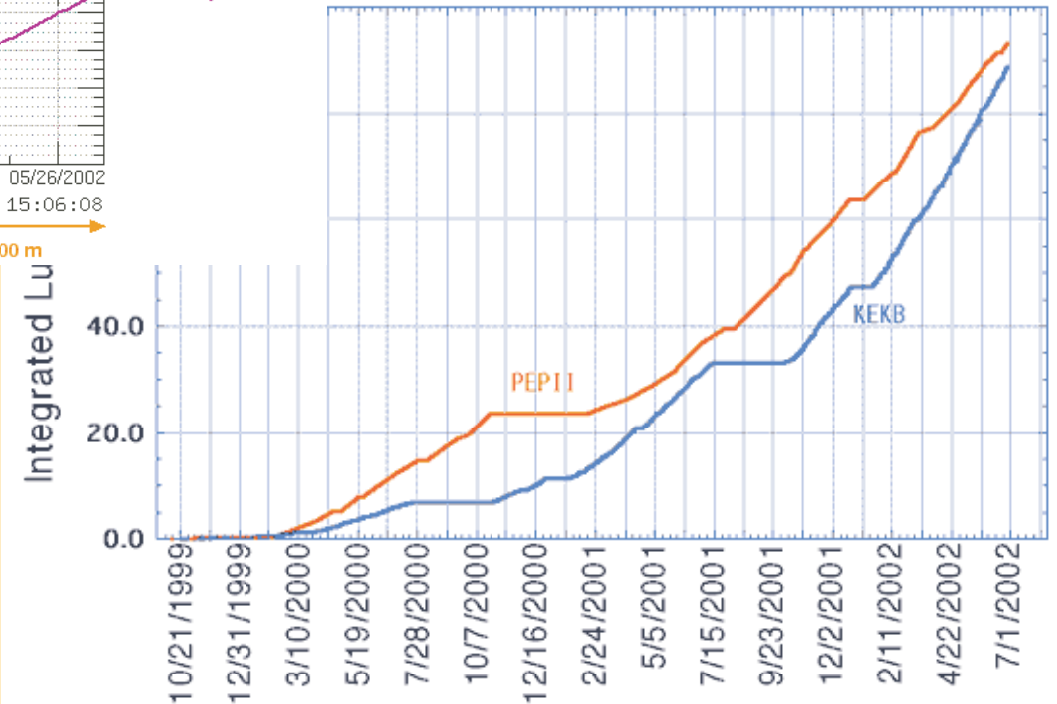


### Luminosity of KEKB Oct. 1999 - July 2002

(vx,vy)HER =  
(<0.514, 0.59)



### 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、エンベロップ、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

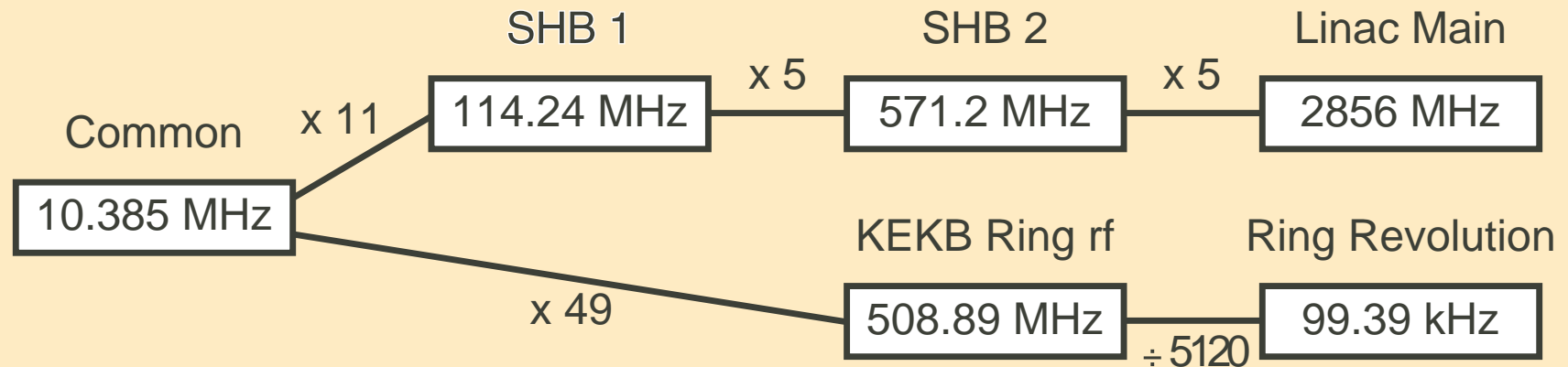
## ◆ 必要となる機構

- ◆ 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

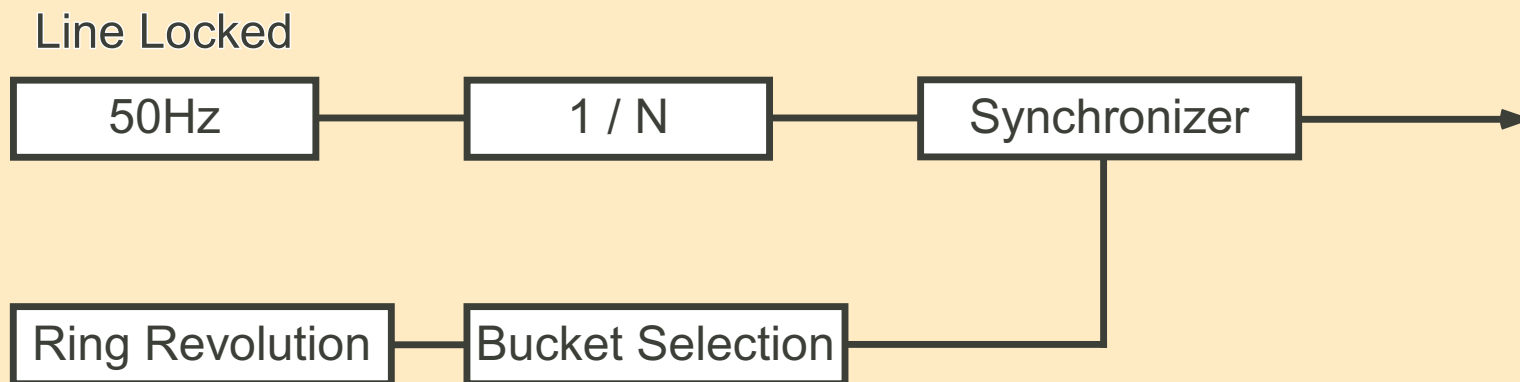
- ◆ トリスタンの入射は 300ps のジッタが許された入射器とリングの rf は非同期
- ◆ KEKB においてはシングルバンチで 30ps 以下  
⇒ rf の間に整数関係が必要



- ◆ 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  
⇒ 矢野氏のポスタ、安定度の監視

# ビームタイミング

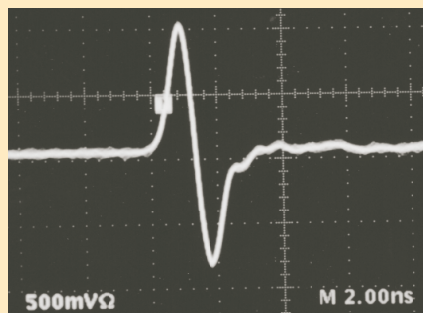
- ◆ 商用周波数 (50Hz)、 (ノイズ低減のため)  
及び各リングの巡回周波数、 (バケット選択)  
に同期して、ビームタイミングを生成
- ◆ KEKB は共通クロック (10.39MHz)、 (及び 114MHz, 571MHz にも同期)  
に同期しながらバケット選択  
(最大 0.5ms の遅延)
- ◆  $1/N$  の間引きを行うことができる



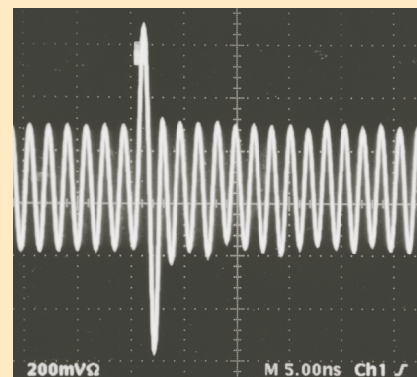
# タイミングの分配

- ◆ 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 <math><10\text{ps}</math>, \sim 1\text{ns}</math>  
(TRISTAN 時には SLED がなく  $\sim 30\text{ns}$  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

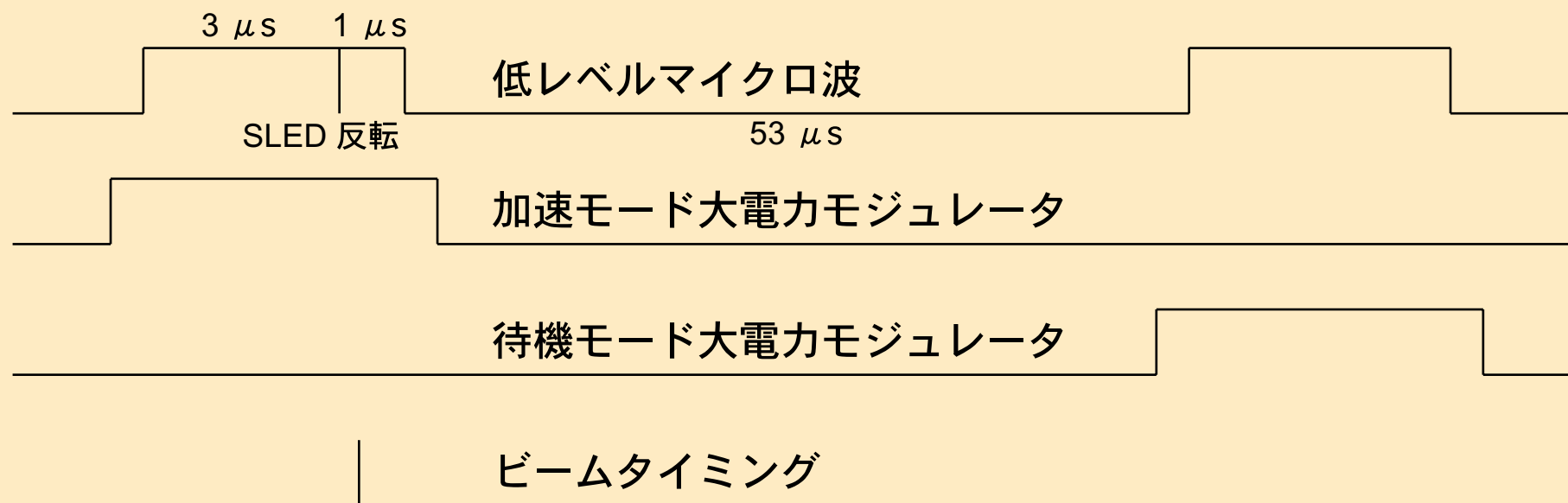
- ◆ 主ステーションの他に 15 ヶ所の副ステーションでタイミングを管理
- ◆ 主ステーションでは必要な信号を受け副ステーションに分配
- ◆ 副ステーションでは遅延信号発生
- ◆ Timing-Delay-4 (TD4) ECL 16bit カウンタによる遅延 (最大 114  $\mu$ s)
- ◆ 副ステーションの仕様

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、  
パルスエンベロップ、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
- ◆ 大電カ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

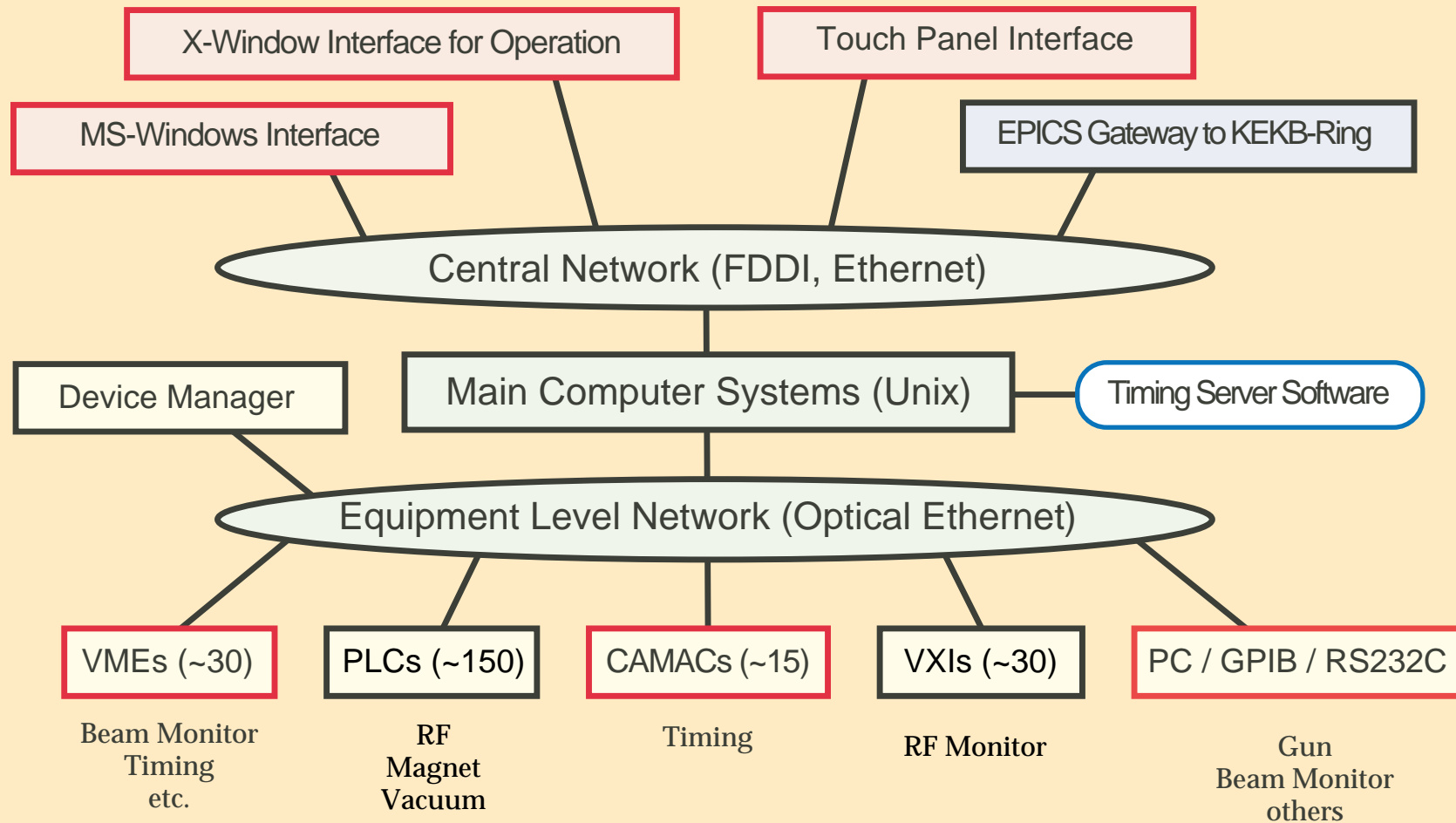
2 ヶ所、14 台分

## ◆ 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



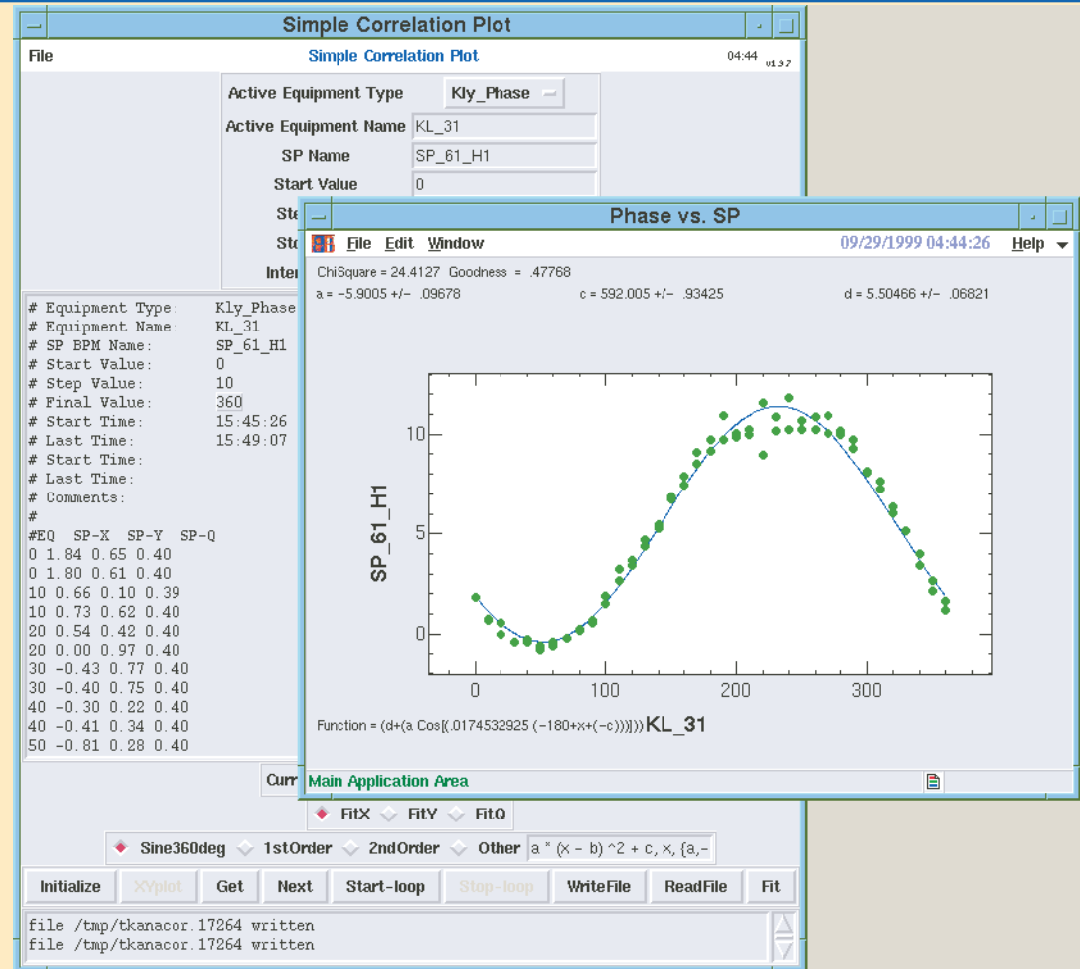
◆ 赤と青の部分がタイミングに関連

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

⇒ 草野氏らのポスタ、ソフトウェア構成

◆ Active Correlation Plot enables Automated Parameter Optimization

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



The screenshot shows the 'Linac Parameters' interface. It has a menu bar with 'All', 'ABC Sect', '1-5 (Main) Sect', 'UserSaved', 'Periodical', and 'LastSaved'. Below that, another menu bar has 'All', 'RF-Phase', 'Kly-Es', 'Magnet', 'Trig-Delay', and 'Acc-Mode'. There are buttons for 'List recent', 'List all', 'Sector selective load', and 'Device selective load'. The main area is a list of data files with their parameters:

File Name	Date	Time	Year	Notes
data257.all	Sun Sep 26	00:26:58	1999	e+ tuning w/o ECS
data256.all	Sat Sep 25	22:55:22	1999	temporary
data255.all	Sat Sep 25	20:14:53	1999	temporary
data254.all	Sat Sep 25	12:58:23	1999	e+ tuning w/o BCS
data253.all	Sat Sep 25	01:07:31	1999	e+ tuning w/o BCS
last0kbe.all	Fri Sep 24	16:25:38	1999	
last0kbp.all	Fri Sep 24	10:48:00	1999	
data252.all	Fri Sep 24	01:34:16	1999	10nC after orbit correction A,B s
data251.all	Thu Sep 23	20:18:47	1999	8nC after orbit correction A-1 se
last1kbe.all	Thu Sep 23	10:23:55	1999	
data250.all	Wed Sep 22	23:00:39	1999	PFOptics after injector well tuni
data249.all	Wed Sep 22	11:52:31	1999	PFOptics without set of 5 sector
data248.all	Tue Sep 21	23:53:16	1999	0.6nC up to 5sector
data247.all	Tue Sep 21	23:44:18	1999	0.6nC up to 5sector
data246.all	Tue Sep 21	15:59:33	1999	0.4nC before J-ARC matching

At the bottom, there are buttons for 'Show', 'QuickLoad', 'Load', 'Save', and 'Diff'.

◆ 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

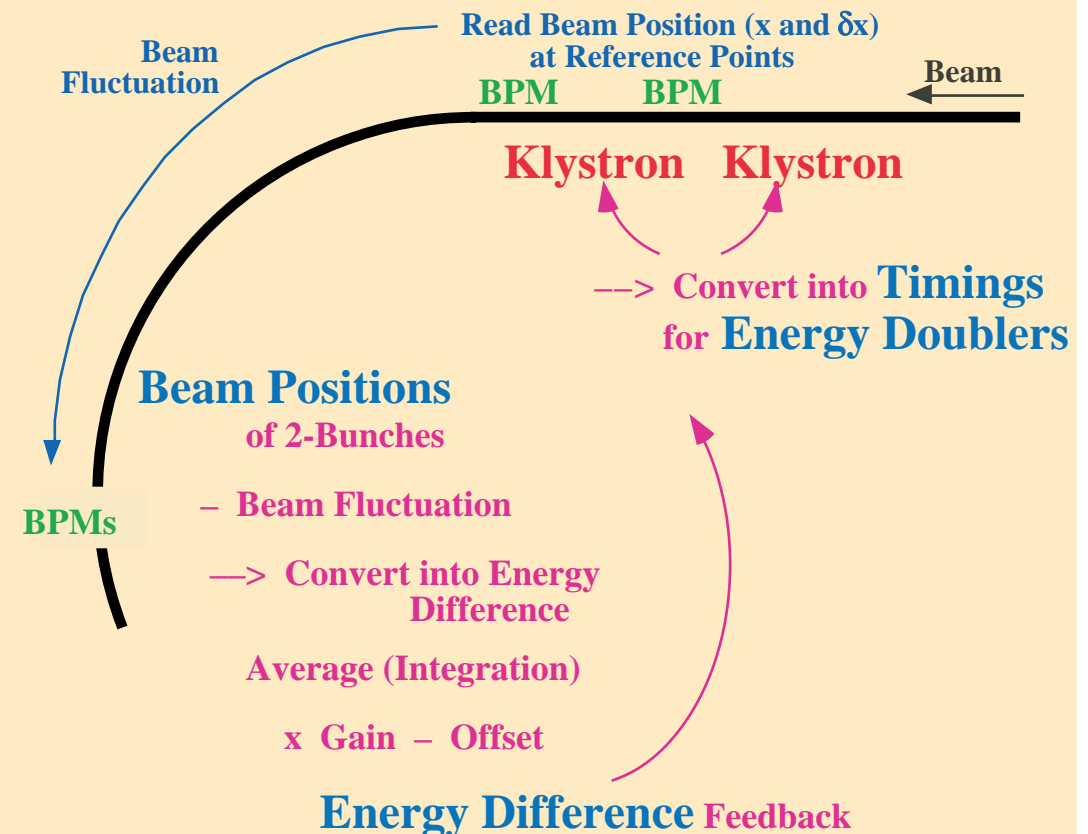
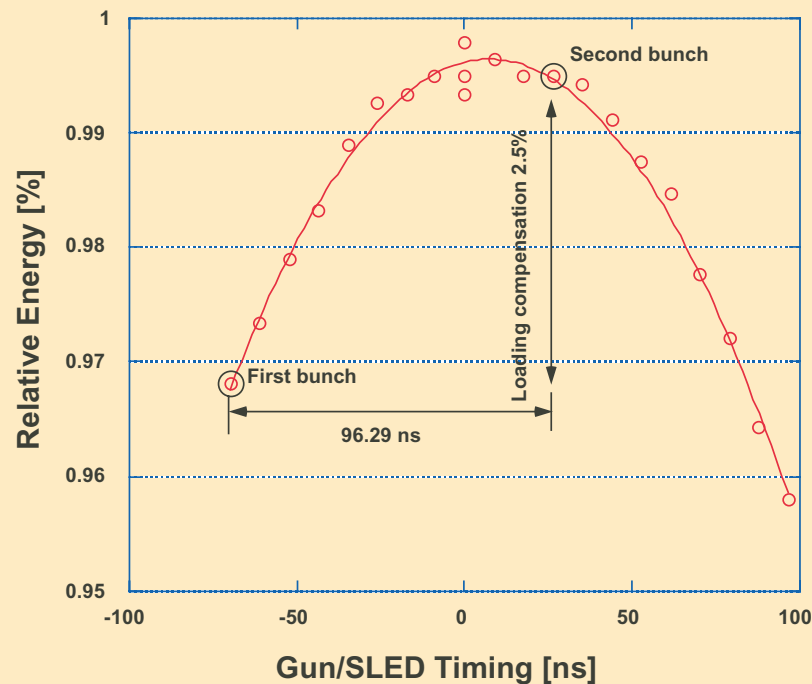
入力(閾値指定)と出力(パルス幅生成)用のコンパレータの問題  
2週間に1回以下の頻度で、200msの間出力が止まる  
全数交換で対処

## 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

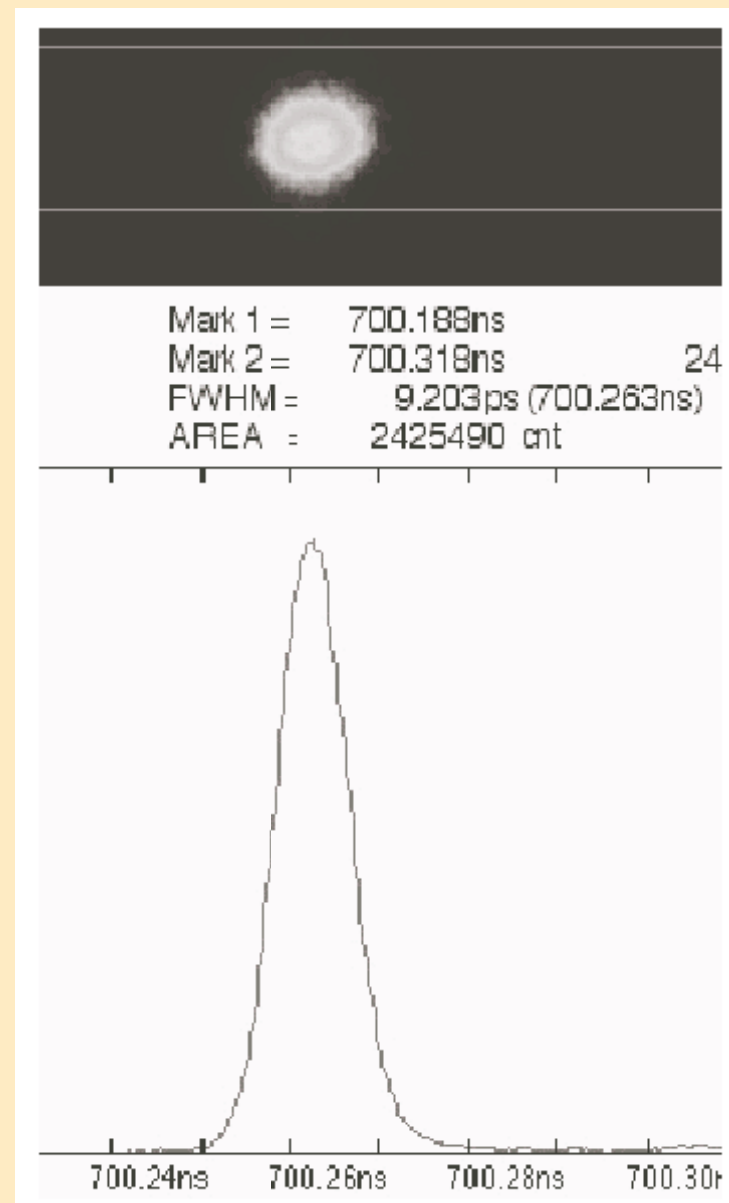
バンチ電流 (1 次電子 10nC、2 次陽電子 1nC) によってエネルギー差は異なる

- ◆ 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 ...



