

Timing at Linac

(Pulse Switching ...)

Kazuro Furukawa

Jul. 2004.

(緑の字の部分は
Jul.16 の Meeting 時に書き足し)

Fast Switching between Beam Modes

◆ 下流の Ring 加速器からの期待

- ❖ お互いに干渉なく入射、実験
- ❖ 加速器の Study も性能向上のために必要
- ❖ KEKB
 - ✧ 電流をできるだけ最大値に保ち、積分 Luminosity を最大にする
 - ✧ 電流をできるだけ一定に保ち、Luminosity 調整を行いやすくする
- ❖ PF
 - ✧ 将来は Top-up 入射 (?)
- ❖ PF-AR
 - ✧ 将来は入射 (BT) Energy を増強
- ❖ Test Beam Line
 - ✧ 入射に使用しない Beam Pulse を検出器開発等に使用

Current Linac Timing System

◆ Timing 信号

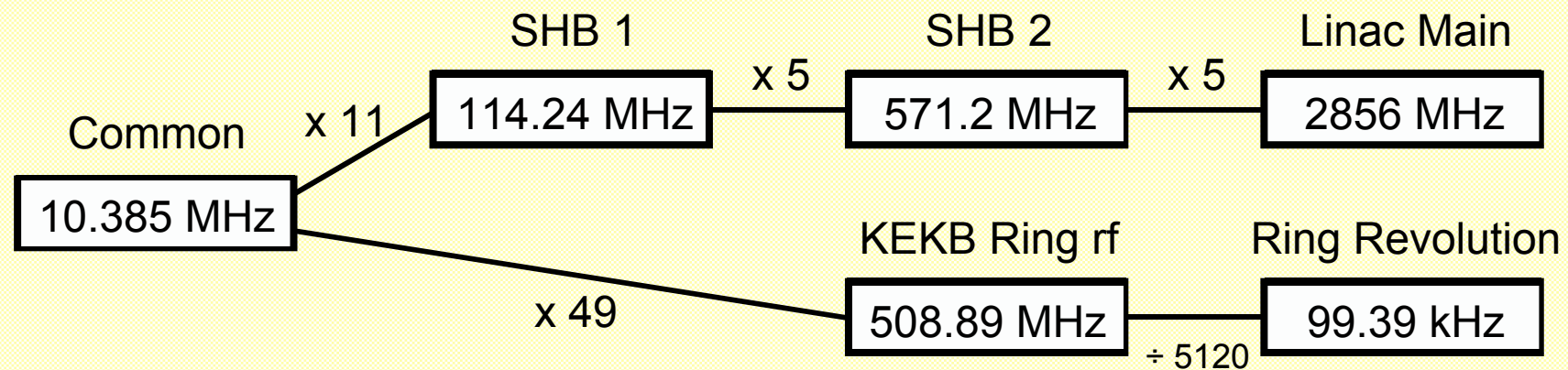
- ❖ Beam Timing、 rf (Envelope, SLED) Timing、 rf Monitor、 Beam Monitor Timing、 Kicker/Septum Timing

◆ 発生機構

- ❖ 基本 Clock の発生
- ❖ Beam Timing の決定
- ❖ Timing 信号の分配
 - ☐ Clock (571.2MHz)、 rf/Beam Timing、 Pulse 選択
- ❖ 遅延信号の発生
 - ☐ Pulsed rf 用信号
 - ☐ ビームモニタ用信号

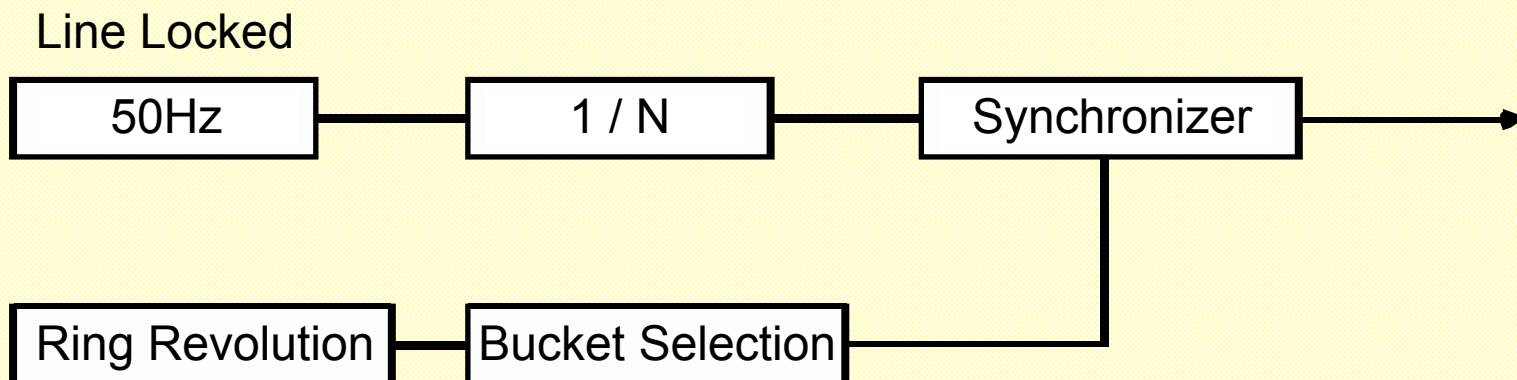
基本 Clock の発生

- ◆ 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
- ◆ リングの周長補正などのために全体を 10^{-5} 程度変化させる

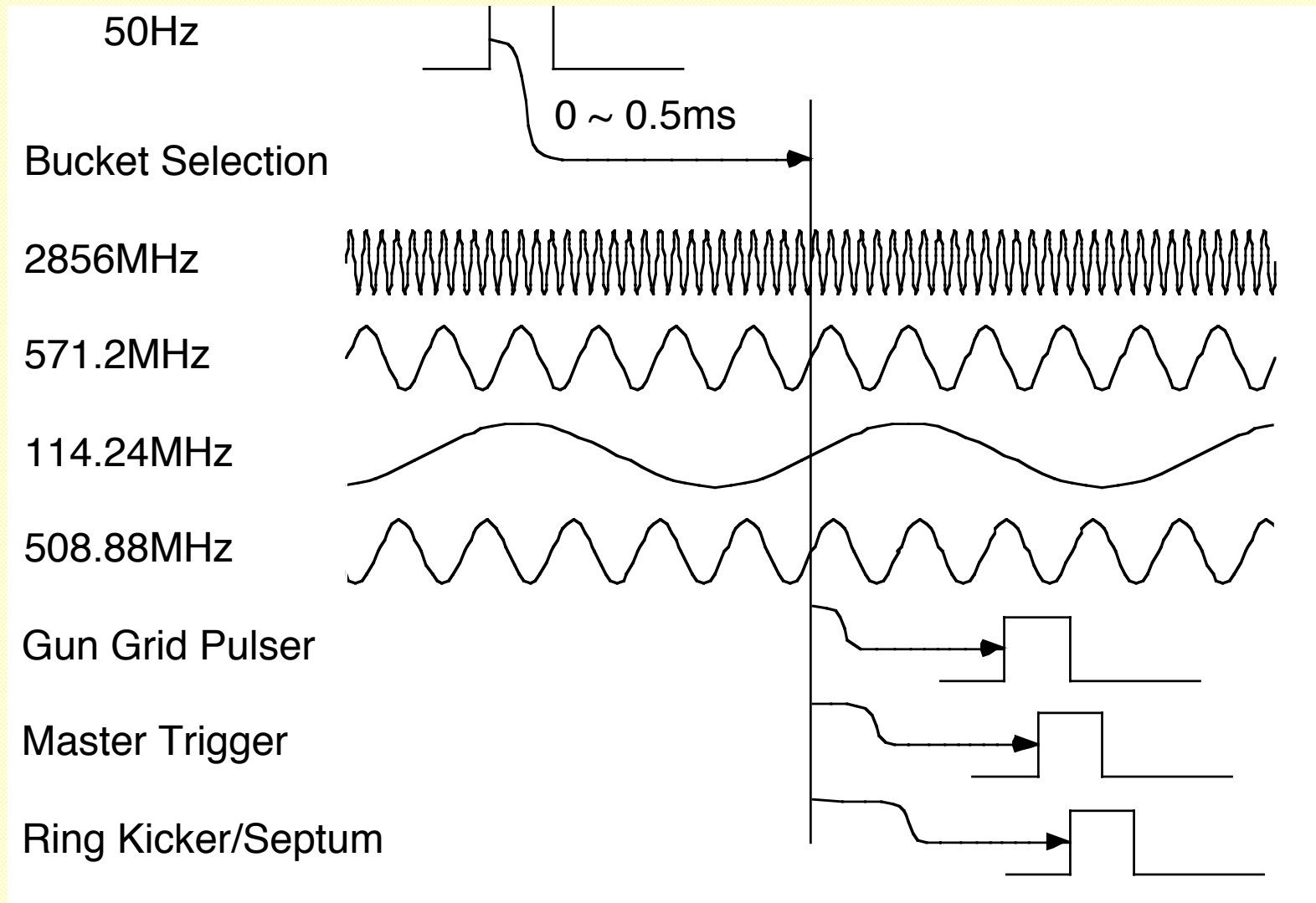


ビームタイミング

- ◆ 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) に同期しながら
(及び 114MHz, 571MHz にも同期)
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

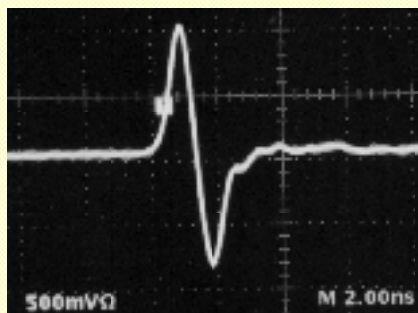


単純化したタイミングチャート

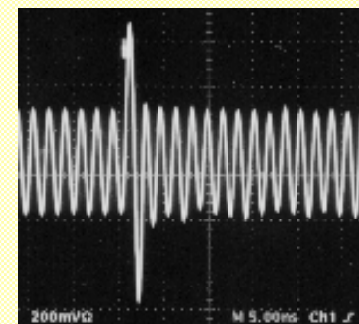


タイミングの分配

- ◆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
- ◆ビームタイミングもずれをふせぐため、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
- ◆各ステーションで信号を再生



1波のみの
ビームタイミング



クロックと
重畳

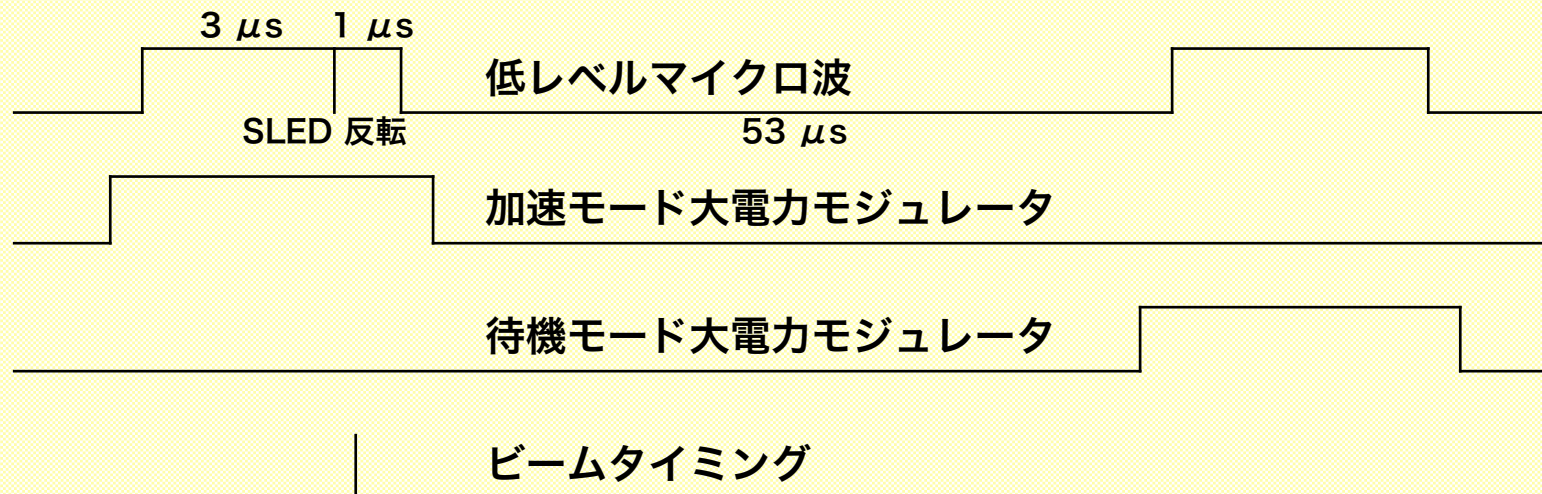
タイミングステーション

- ◆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 μ 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この程度でよい)
- ❖ 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

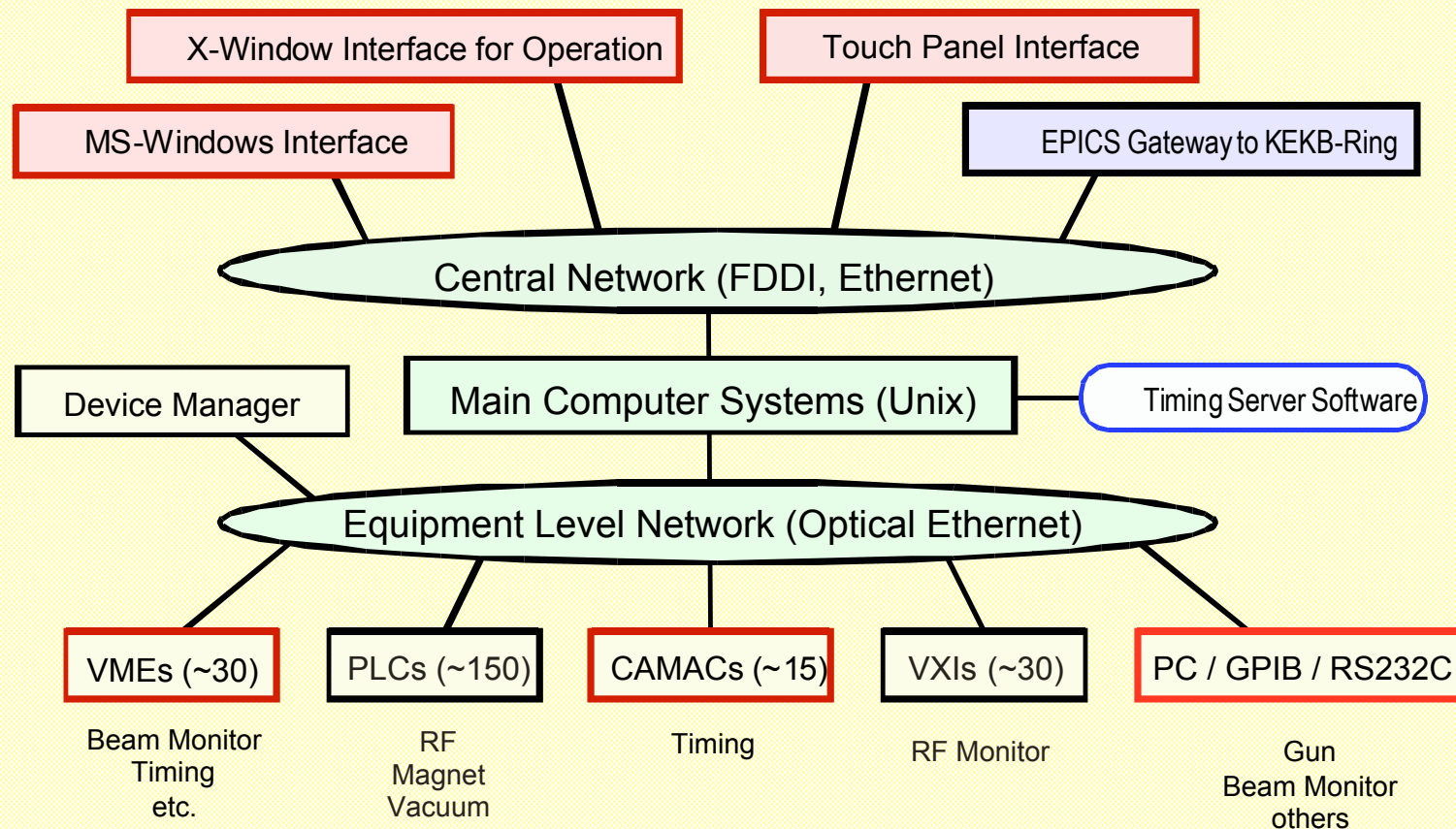
◆ マイクロ波ビーム誘起波モニタ用タイミング

- ❖ 1ns 以下の精度
- ❖ 8ヶ所、30 台分

制御システム

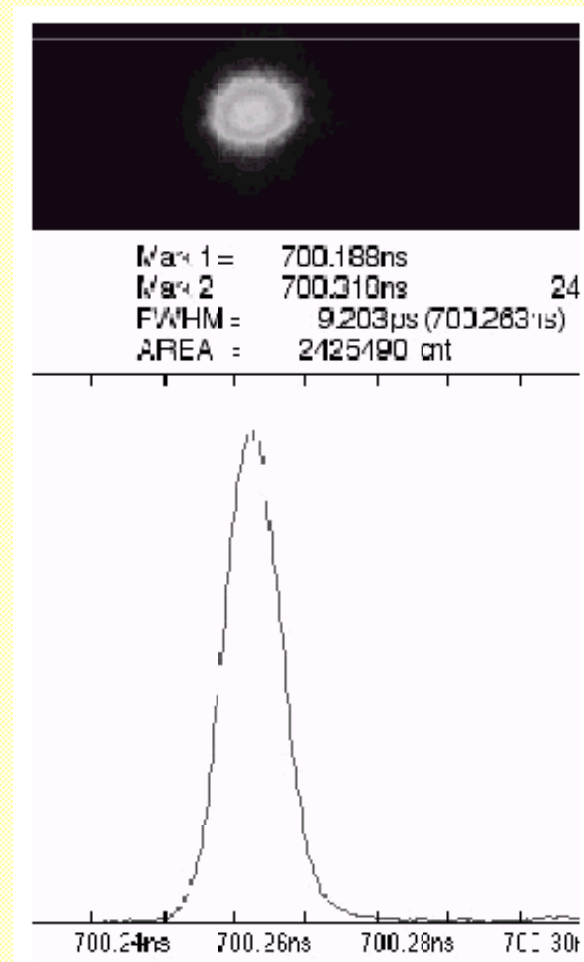
◆ 赤と青の部分がタイミングに関連

❖ 運転プログラムからはハードウェアの違いは意識する必要はない



性能

◆数 ps が Module 試験と Beam から得られている



過去／現在の問題点

◆ TD4/TD4V の低頻度の出力抜け (過去)

- ❖ 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 (2002 年)

◆ TD4 の 1 Clock (1.75ns) 遅れ

- ❖ 温度変化などで起こり得る
- ❖ TD4V は信号の閾値を調整できるので起こしにくい

◆ 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
 - ✧ 今年の夏も Unix 側と Module 側双方のソフトウェア更新
 - ✧ CAMAC は減らす方向を考えるが、やむを得ない場合は別製品へ

最近の課題

- ◆ PF/PF-AR 入射 Timing、特に Energy Jitter
 - ❖ (a) SLED Timing に最適化されていない
 - ❖ (b) SH_A1_S1 (114MHz) のある GU_A1 と同時に Beam を出すために 8.8ns の Jitter がある
 - ✧ その結果 Energy Jitter が大きい
 - ⇒ GU_A1 と GU_CT を同時に使うことをやめ、571MHz TD4 を追加して、Jitter を 1.75ns とし、SLED Timing に対する調整も可能にする
- ◆ 昨年付け加えた 25Hz Kicker 対応の Timing
 - ❖ 確率的に 5% の信号に平均 20ns の Jitter がある
 - ⇒ 上の対策と同時に解消させる
- ◆ ケーブルの老朽化対策と予備モジュールの確認
- ◆ TTL 規格 (?) の問題
 - ❖ 50 Ω ドライバの電圧と CMOS IC の相性、閾値が 1.2 V か 2.5 V か
 - ❖ できれば NIM に移行

今後の課題 (速い切替)

- ◆ 50Hz Pulse-to-Pulse の切り替え
 - ❖ 自由にビームモードや切替間隔を選べるように
 - ☞ 20ms 単位で自由な組み合わせが作れる
 - ☞ そのパターンが繰り返す
 - ❖ Hardwire で切り換え信号を分配するか
 - ☞ Hardwire で行うなら、機器毎にそれぞれ別の受信 Module が必要？
 - ◆ J-PARC 用に開発した Module または開発中の別の Module を改修して利用する可能性？
 - ❖ Software/Network で切り換え指示を送るか
 - ☞ CPU を更新すれば可能だが、保障できるか自明ではない
 - ◆ VME, CAMAC, PLC それぞれ平均 2ms 程度の通信は可能、最大遅延は...
 - ❖ ビームモードをいくつ用意すればよいか
 - ❖ Timing, rf, rf モニタ, Beam モニタ を改修

rf

- ◆ **エネルギープロファイルの変更**
 - ❖ **加速モードと待機モードの切り替え**
 - ☞ 主に VME の TD4V の遅延時間の切り替え
- ◆ **エネルギーの変更**
 - ❖ **ドライバクライストロン位相の切り替え**
 - ❖ **エネルギー調整用大電カクライストロンの位相**
 - ☞ 半導体移送器の調整
 - ☞ 一部の大電カクライストロンの独立サブブースタ化
- ◆ **2 バンチ間のエネルギー調整**
 - ❖ **SLED Timing の変更**
 - ☞ もしも必要なら CAMAC TD4 の遅延時間切り替え
- ◆ **Rf モニタの更新**

ビームモニタ

- ◆ **ビーム位置モニタをできれば 50Hz 読み出し**
 - ❖ **ノイズ低減や応答時間向上のため現在でも重要**
 - ❏ 高速読み出しオシロスコープ、波形デジタイザ
 - ❏ ログアンプ(Bergoz または開発)
- ◆ **モニタ読み出しのビーム選択を自由に**
 - ❖ **現在は固定で通常 1Hz**
- ◆ **スキームによってはダイナミックレンジ拡大必要**
 - ❖ **PF の 0.05~0.2nC と KEKB e+ 用 10nC の切替**
 - ❏ ログアンプ
 - ❏ オシロスコープを増設して切替
 - ❏ ビット数の大きなオシロスコープ、波形デジタイザ
 - ❏ (保守を考えるとオシロスコープ、BT や Ring の動向もにらんで)
 - ❏ **高速きりかえ Attenuator の可能性**
- ◆ **ワイヤスキャナ用タイミング信号**

電子銃、パルス電磁石、Top-up、他

- ◆それぞれ切替をしなくてよい仕組みを検討し、不可能ならば機器毎に対策
- ◆長寿命対策、監視機構、など
- ◆PF Top-up 運転の条件がまだわからないが...
 - ❖エミッタンス、エネルギー幅、タイミング位相幅
 - ✧年末までに条件が出そろうか (?)。対ビームロスの検討。
 - ✧現在、70% 落としている。PF-Ring 側で広げる努力も期待する。
 - ❖場合によってシングルバンチが必要か
 - ❖非常に複雑になる可能性をはらんでいる
 - ✧Spring8 方式の Pulse 毎の同期の仕組みを用意する(?)
 - ✧もし不必要とされても、Backup として Spring8 方式の準備は必要。
 - ❖現在の検討ではシングルバンチはさけられる可能性はある

安全

- ◆ もちろん検討を進めている
 - ❖ 現在まで大きな問題は見つかっていないが、Ready を落とさないようにするなど、小さな検討課題は多数ある。

制御

- ◆ PF の切り替えの高速化
 - ❖ Switching Magnet、安全 Magnet の設定の最適化
 - ❖ 軌道 Feedback の最適化
 - ❖ Ready を落とさないようにできるのか (Storage <-> Inject)
 - ❖ 時間短縮検討を進める (担当は当面古川)
- ◆ 制御系のパラメータにビームモードの概念
 - ❖ 複数の仮想加速器に対して運転操作を行う
 - ❖ パラメータによっては仮想加速器毎に独立の値
 - ❖ パラメータによっては仮想加速器間の妥協点の値
 - ❖ 他のパラメータは共通
 - ❖ 履歴にも...
- ◆ タイミング機器の開発
- ◆ モニタ読み出し機構の開発
- ◆ 漏れのない監視機構の開発