



Linac と PF の同期の障害 PF-AR, SuperKEKB との関連

K. Furukawa

5月27日、6月2日、PF入射時に Klystron Pulse 間隔 (正常時約 20ms) が大きく変動し、特に KL_33, KL_44, 低速陽電子, などに影響を与えた。また、対策が PF-AR に影響した。

これまでの評価の例 (Aug.2010) と、最近の調査状況を示す。

Oct.2012 一部追記

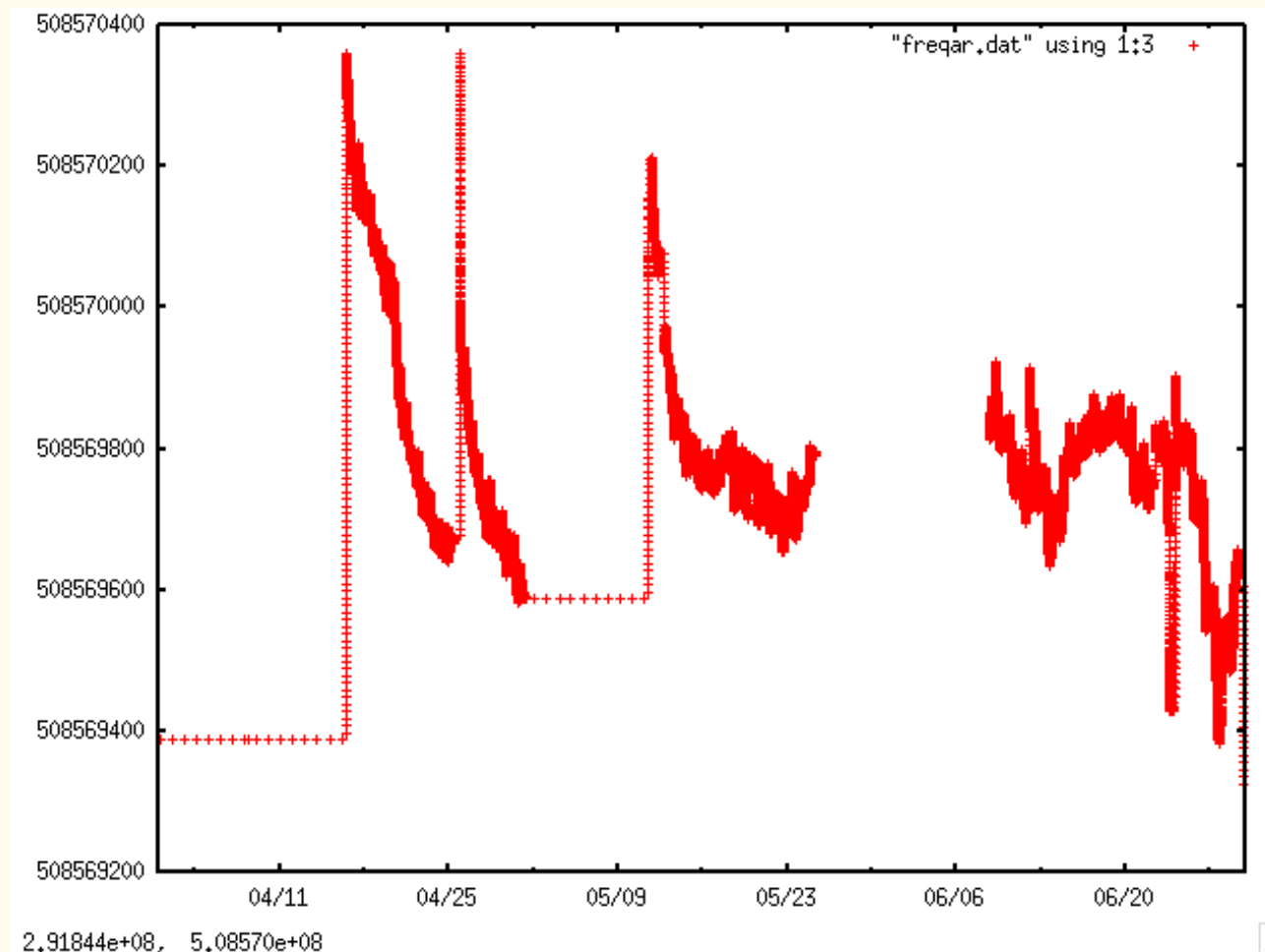
PF-AR/PF Timing

Aug.2010 K.F

- ◆ PF-AR/PF も KEKB も独立に周長補正を行っており、また、Linac と PF-AR/PF の間に整数関係はない
 - ❖ 状況は PF-AR / PF-Ring 間で似ている
 - ❖ 同期は偶然の同期に頼っている
- ◆ Damping Ring を通すと Beam 頻度が約 1/49 になる
 - ❖ Linac/DR の周波数を振らない場合
- ◆ PF-AR の周波数を入射の際に毎回同じ周波数に設定してもらった方が、同じ Bucket に安定して入れるためには好ましい
 - ❖ これは可能との確認がされている
 - ❖ KEKB と同じ 10MHz Reference を使うかどうかについては、おそらくどちらでも良い

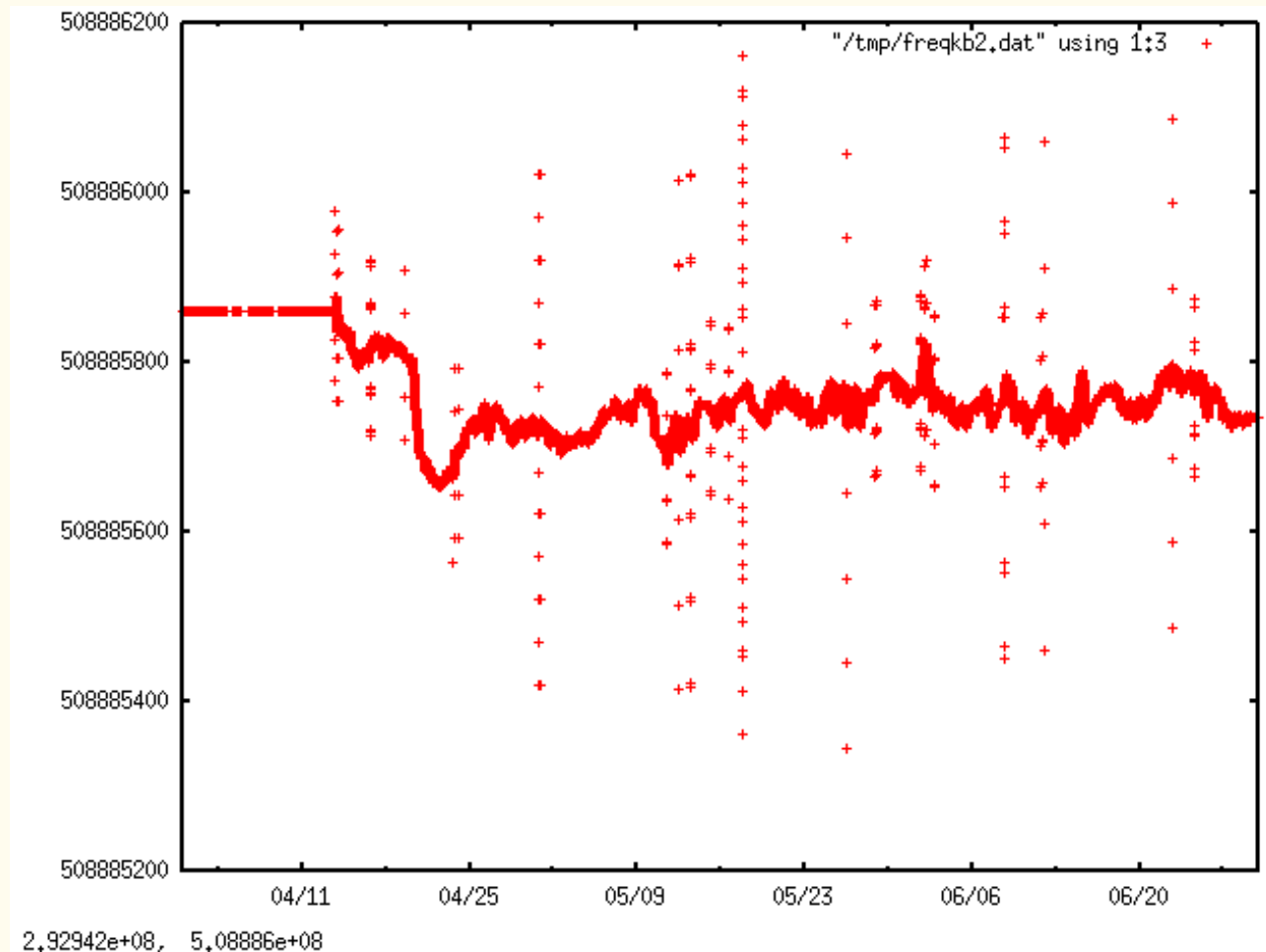
PF-AR の周波数履歴 (RFA:CCR:MOSC:FREAD)

- ◆ 温度のためか、蓄積毎に入射時から 50Hz ほど徐々に下がる
- ◆ 年間では 2kHz ほど変化する (4×10^{-6})
 - ❖ 200 μ s ほどの遅延が必要なので、最大 800ps=160deg 入射位相の調整が必要となる



KEKB の周波数履歴 (参考) (RF_MO:RB:FREQ)

◆ 変化は 200Hz 程度



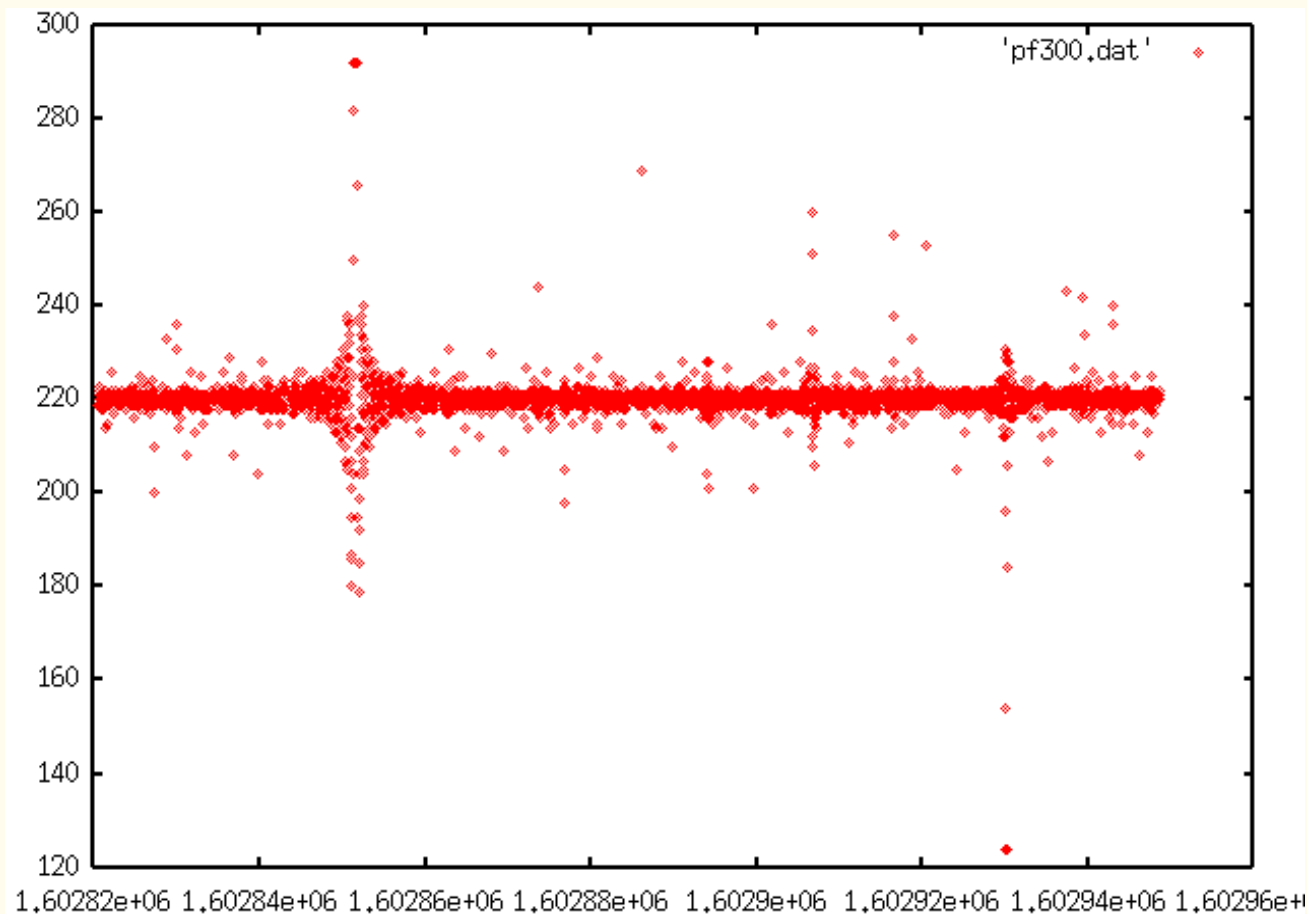
PF Ring の場合の同期頻度 (参考)

◆ 114MHz (Linac, SH_A1_S1) と 1.6MHz (PF Revolution, 500.1/312) の同期頻度を Jitter 300ps で 2ms 以内で探すと、計算上は下の Graph 程度の頻度となる

❖ 現在の回路では Jitter 最大 300ps とすると 1/5 ぐらいしか捉えられない (Jitter 300ps 以下の信号もかなり落としている) が、頻度は充分

縦軸: 同期回数

横軸: 巡回周波数



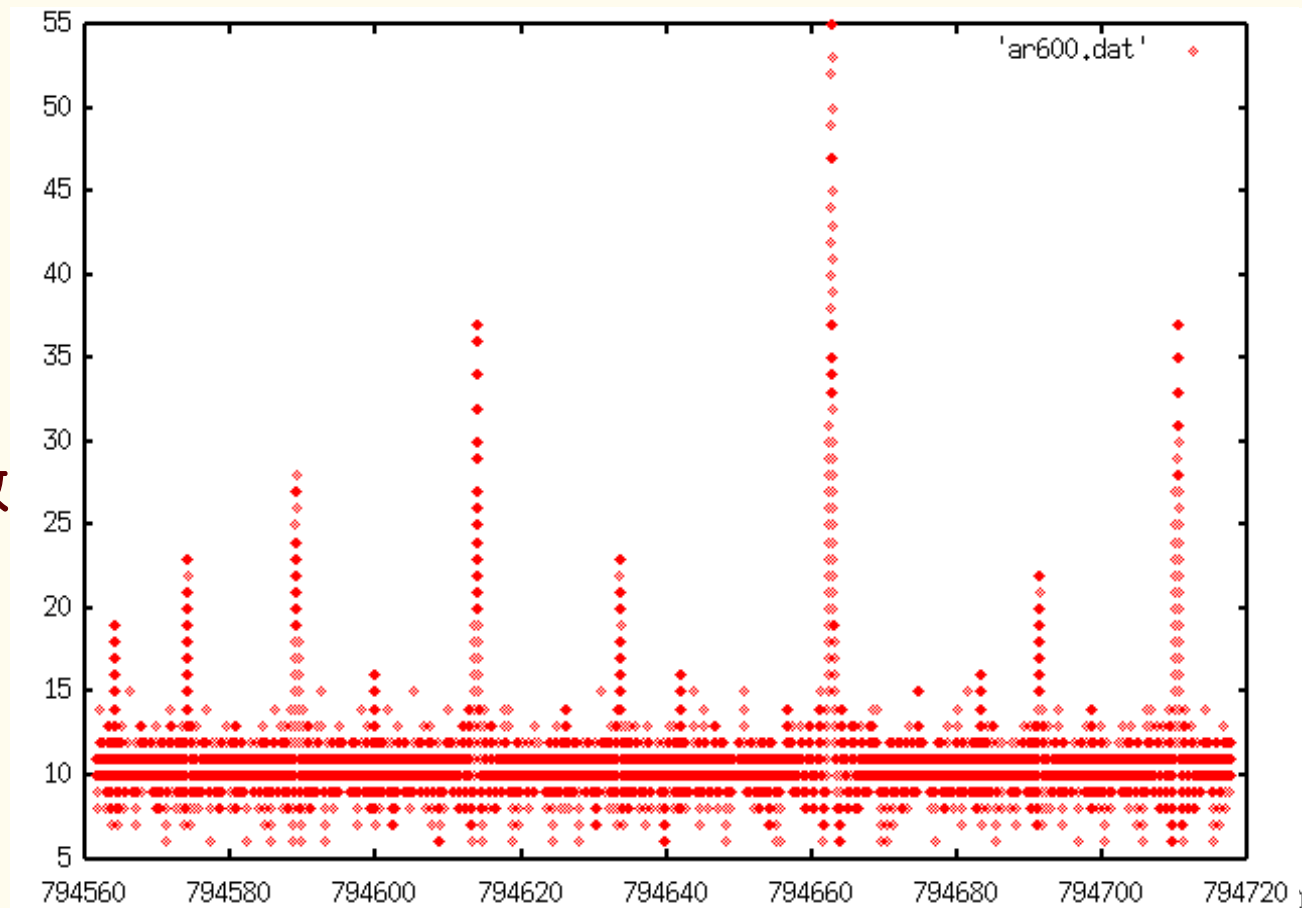
PF-AR の場合の同期頻度

◆同様に 10.39MHz (Linac-KEKB-Common) と 0.8MHz (PF-AR Revolution, 508.5/640) の同期頻度を Jitter 300ps で 2ms 以内で探す

❖現在の回路は 300ps (tail まで) で 1/5 ぐらいしか捉えられないので少し苦しいが、
どうにかなるかも？もちろん Linac/DR の位相を振れば頻度を上げられる

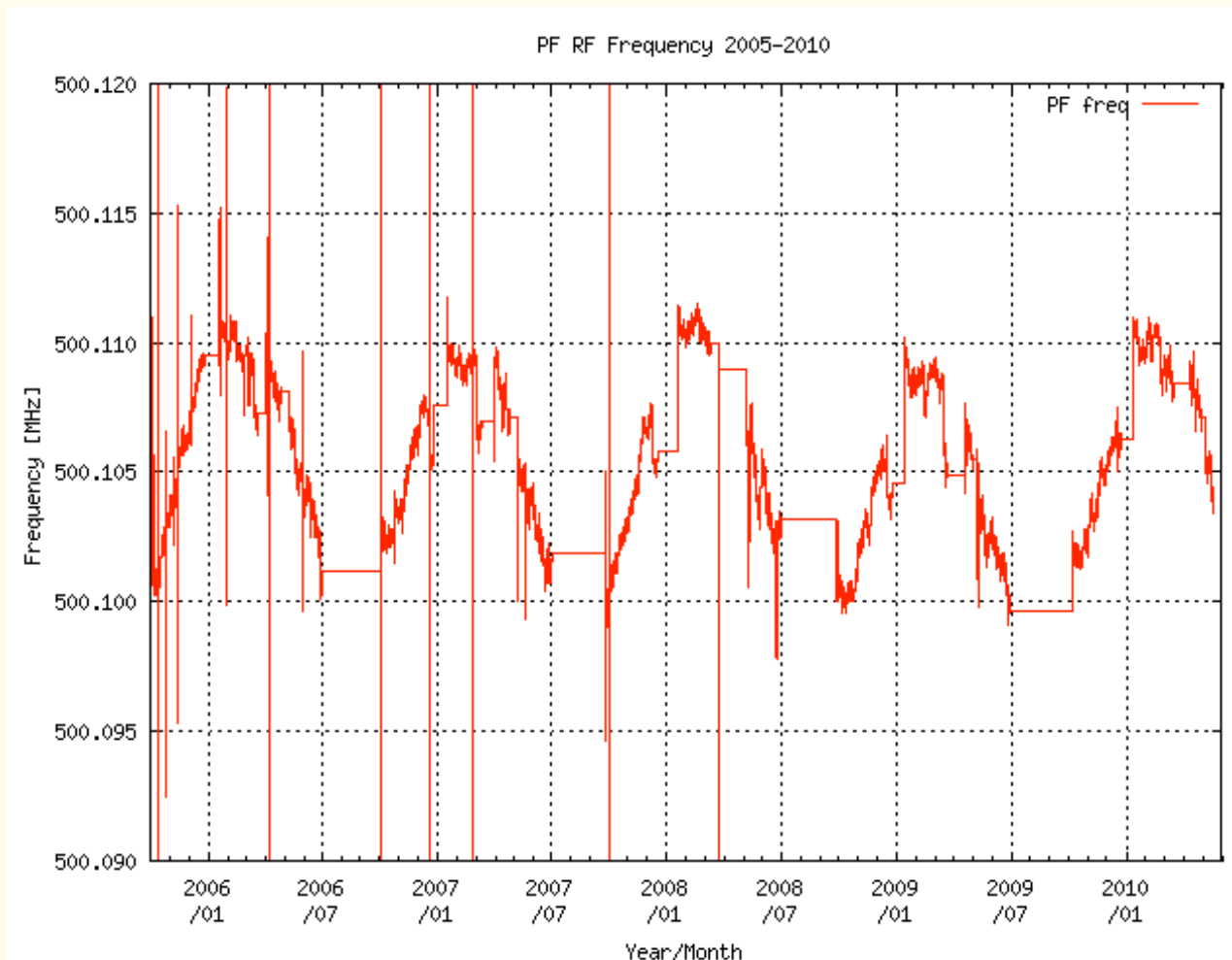
縦軸: 同期回数

横軸: 巡回周波数



PFの周波数履歴 (参考)

- ◆地上のためか、変動が大きい
- ◆年間では 10kHz ほど変化する (2×10^{-5})
 - ❖ 1km 電子が移動する時間として最大 70ps=35deg 入射位相の調整が必要となる



その後

- ◆ L-band の導入が確定し、RF-gun もそれに同期させることになってきて、再検討が必要であったが、概略 1/11 (10.39/114.24) の同期頻度低下だけで済むのではないかと想定していた。
- ◆ 5 月 27 日に障害が起こったので、再度検討を始めた。

Linac と PF の入射時の同期

◆ Linac の Clock

- ❖ 2856MHz, 571.2MHz, 114.24MHz, 51.93MHz
- ❖ 共通周波数 10.39MHz

◆ PF の Clock

- ❖ 500.1MHz (RF), 1.603MHz (Revolution)

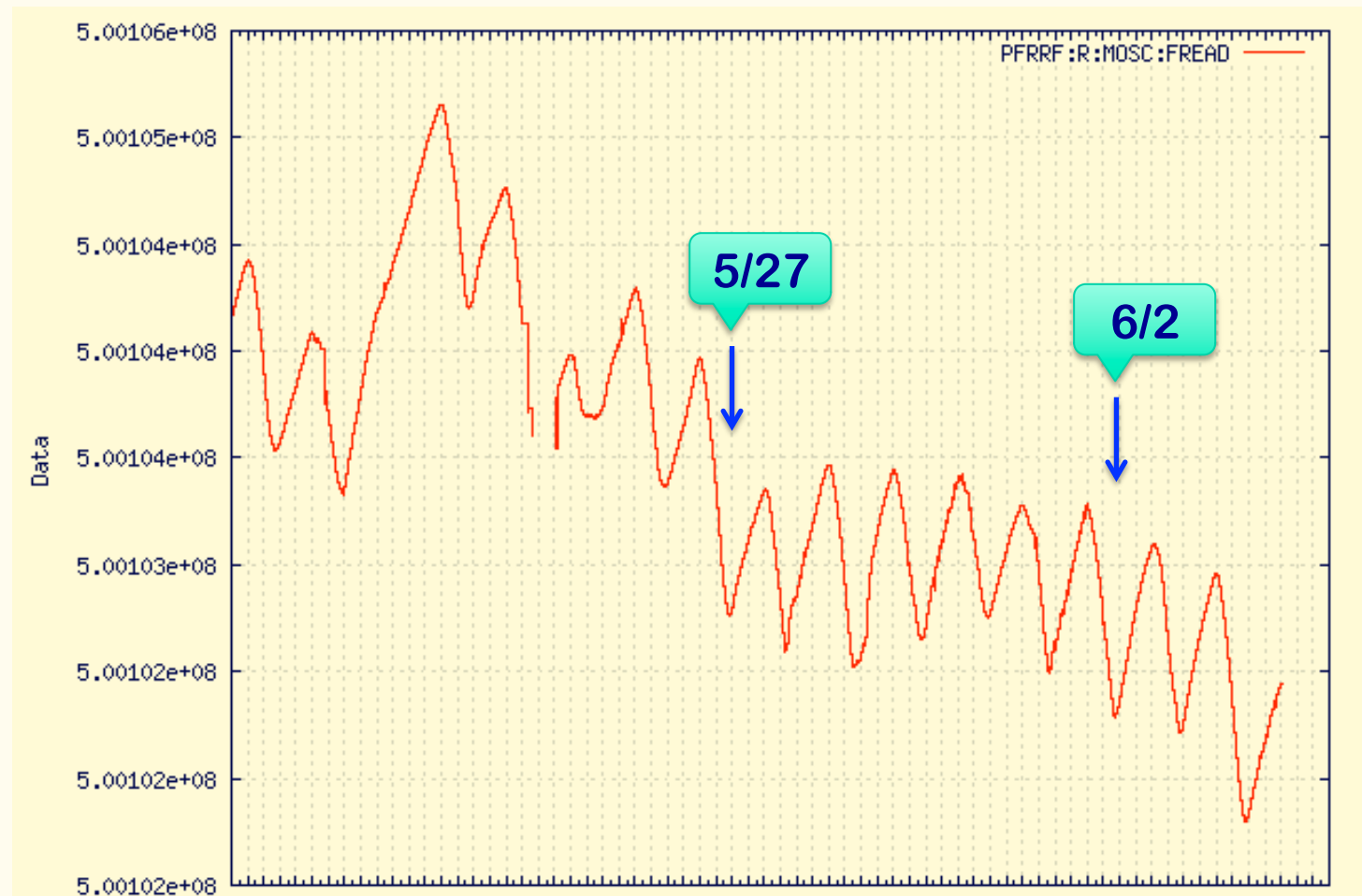
◆ 双方の Clock の位相 Zero が偶然一致する Timing を探す

- ❖ 発生源が異なるため完全に一致することは無い
- ❖ Jitter を許してその範囲内での一致を探す
- ❖ 現在の回路は 300ps 以上
- ❖ PF との約束は 700ps 以下

最近の PF の Clock の動き

◆ PF の Revolution Clock

- ❖ 建物の温度変化、気圧変化、潮汐、などの影響で Ring の大きさが変化
- ❖ それに合わせて、COD 維持の機構を通して Clock を制御する
- ❖ 5/20 - 6/6 の Plot
- ❖ ほぼ 10^{-5} の範囲
- ❖ 5/27(日), 6/1(金), 6/2(土) に変化大



同期の禁止帯

- ◆ **Clock が整数関係を持ってしまふと同期できない (発生源が異なる場合)**
 - ❖ 同期 Jitter を大きく許すことである程度逃げられる
- ◆ **PF Revolution Clock と同期させていたのは**
 - ❖ 4月までは 114.24MHz
 - ❖ 5月からは 10.39MHz
- ◆ **同期の機会が 1/11 に減るがそれ以外にも禁止帯が増え条件が厳しくなる**
 - ❖ 機会が減れば、同期間隔 (20ms) の振らつきが大きくなる



114MHz との同期

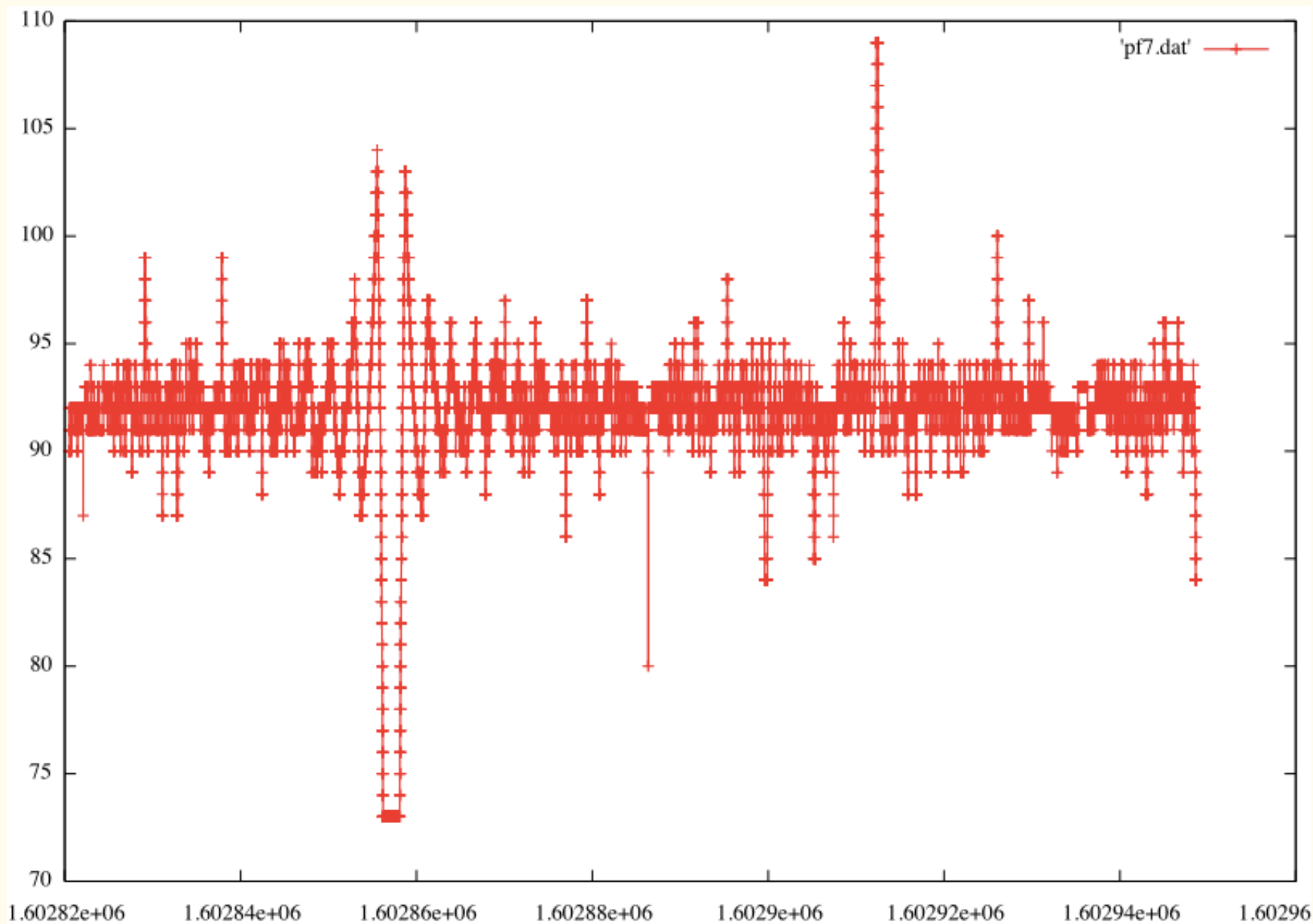
20ms

$\pm 500 \mu s$

Jitter

500 ps

10^{-4} 範囲





10.39MHz と PF の同期

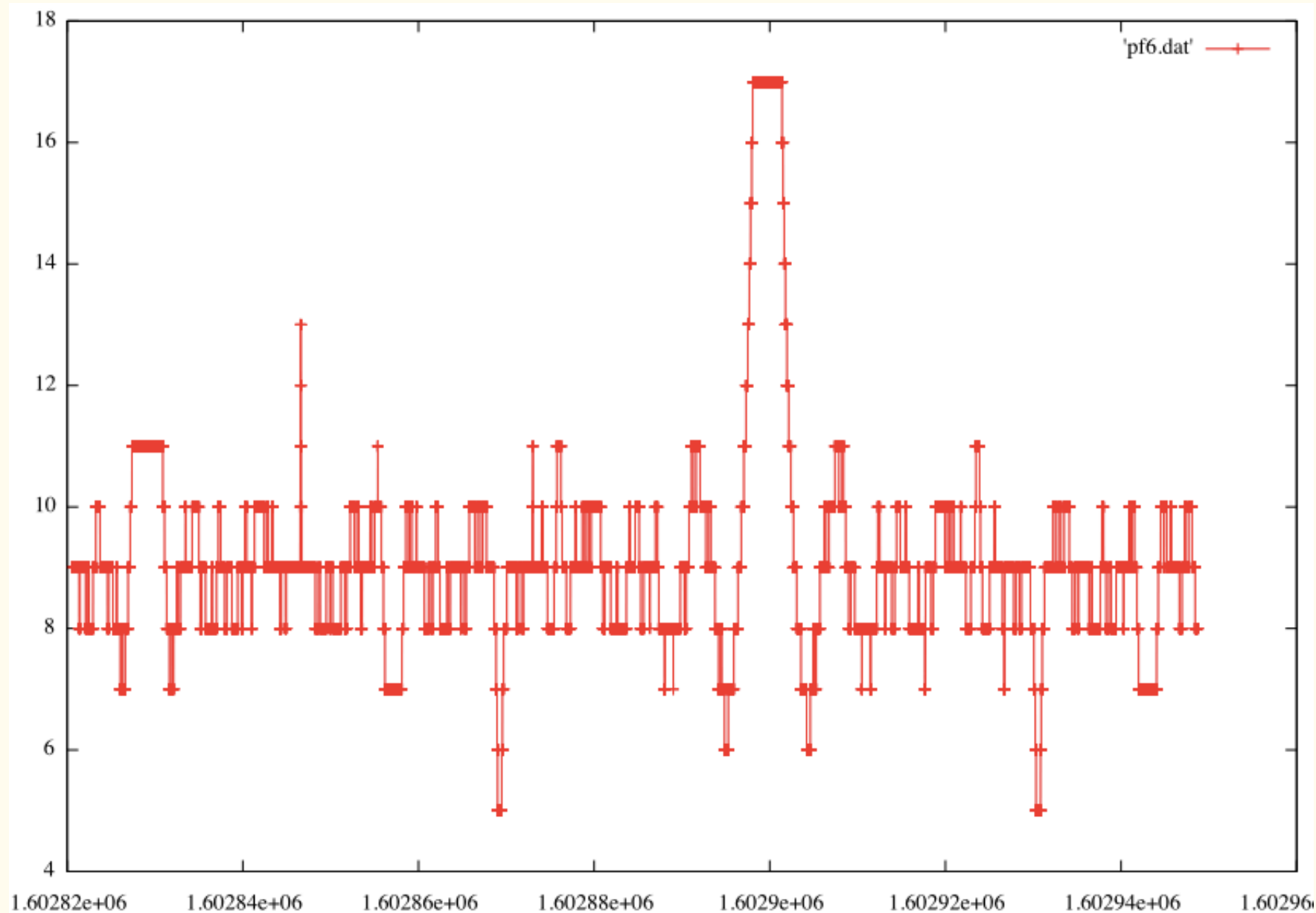
20ms

$\pm 500 \mu\text{s}$

Jitter

500 ps

10^{-4} 範囲





10.39MHz と PF/AR の同期

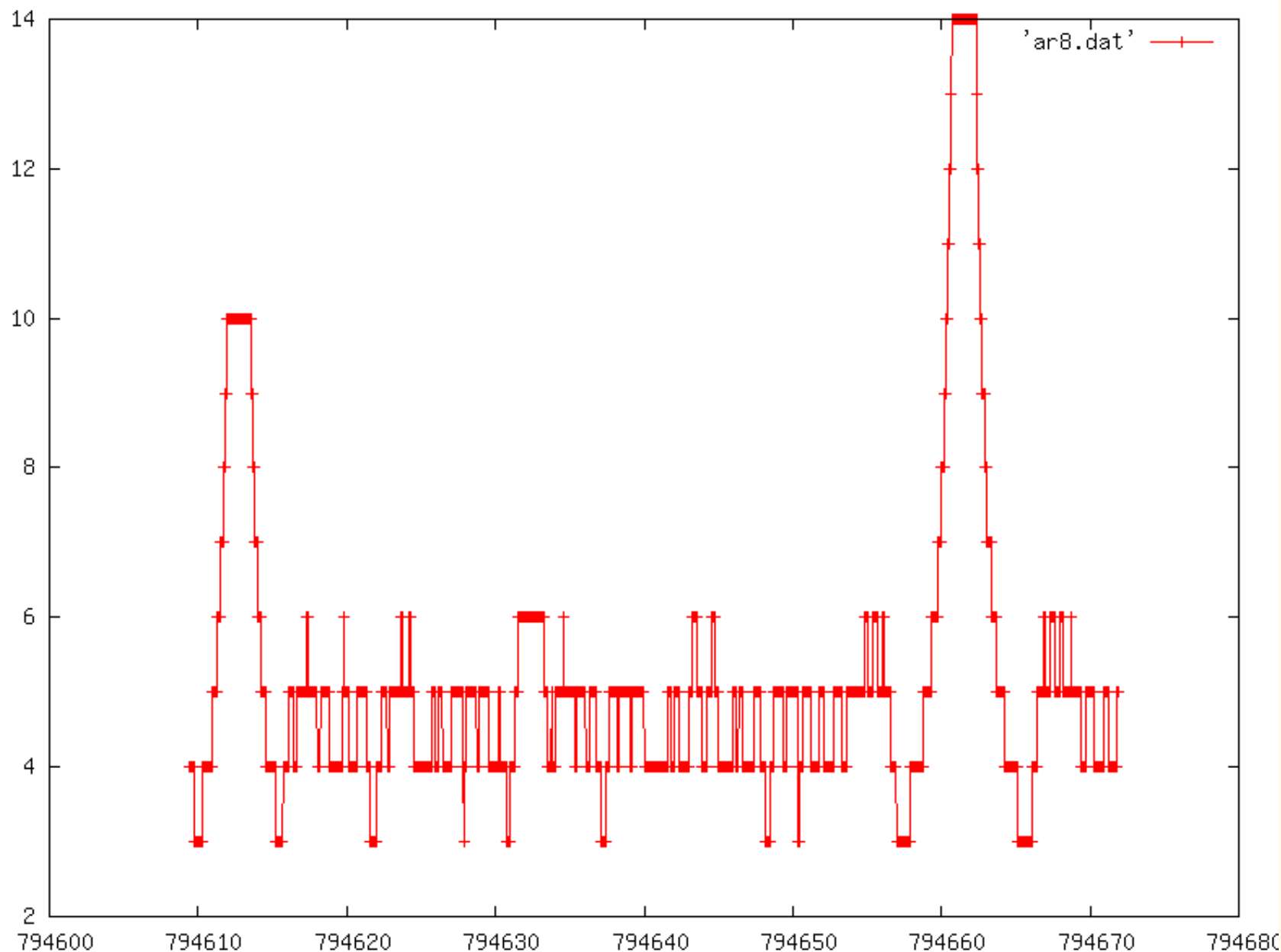
20ms

$\pm 500 \mu s$

Jitter

500 ps

10^{-4} 範囲



暫定の対策

- ◆ 5月27日は同期精度を $\sim 300\text{ps}$ から $\sim 450\text{ps}$ に悪化させ、同期頻度を上げて逃げた
 - ❖ その時点では平均頻度は十分だったので 50Hz の Noise が同期回路に影響している状況を疑った
 - ❖ 同期回路の予備の精度を上げる改造を依頼 (~ 2 週間)
 - ❖ 6月1日も同じ対策をして、次週の Klystron が止められる際に、詳細を調査することにした
- ◆ 6月2日にさらに悪化したので、矢野氏に依頼して、まず 5×10^{-6} さらに 1×10^{-5} だけ Linac Clock を下げて逃げた
 - ❖ これによって Jitter が $\pm 3.5\text{ms}$ から $\pm 50\mu\text{s}$ まで改善

PF 同期

◆ Linac 周波数の変更値 (6月2日)

❖ 変更合計 571.197220MHz → 571.191220MHz

◆ PF 周波数の可変範囲 (6月2日)

❖ 変更前 500.1030MHz は問題なし

❖ 変更前 500.1025MHz は共鳴 → 変更後おそらく 500.0975MHz 以下が共鳴

◆ PF 周波数の可変範囲 (Simulation)

❖ 500.1018MHz ~ 500.1028MHz が共鳴

✧ 10.39MHz 同期では存在するが、114.24MHz 同期では存在しない

◆ PF の周波数情報

❖ <http://pfrdata.kek.jp/>

❖ PFRRF:R:MOSC:FREAD

PF-AR への影響

- ◆ **Septum Timing の Delay $850\mu\text{s}$ を Linac Clock で作っているため、 9ns ほど Beam Timing と Revolution Clock の関係がずれた**
- ❖ **Delay を PF-AR の Clock で作ることにすれば問題は消えるが. . . (要検討)**



PF-AR RF周波数(2007秋~2011)

2012/01/18 T. Obina

508.570MHz



↑ KEKB 運転停止
↑ 地震

コメント

2007~2010夏までは、年間20kHz程度の変化:508.57MHz±10kHz以内
 2010秋以降、変化が大きい(最大40kHz)
 マシンスタディ時には大きく変えることがある(最大で300kHz)

低速陽電子

- ◆ **Main Linac ABC Sector 部の Noise を逃げやすくするために、何らかの同期が必要**
 - ❖ **At Random だと稀に Noise を被ることになる**
- ◆ **しかし、最近の Laser を用いた実験には 2ms の Jitter が大きすぎる**
- ◆ **5月28日に Main Linac との同期を止め、PF/ PF-AR との同期前の商用 50Hz を使用することにした**
- ◆ **秋からは 10ms 程度の Delay を入れて ABC Sector の Noise を逃げるつもり (要検討)**

SuperKEKB

- ◆ 今回は Linac の Clock を変更して逃げたが、SuperKEKB では Linac の Clock は SuperKEKB と依存しあう。Linac の都合では変更できなくなる。
- ◆ いくつかの可能性はあるが、検討中。