**PASJ2018 THP094** 

# トリガ付きスケーラのソフトウェア環境整備:EPICS db 開発

## DEVELOPMENT OF EPICS-BASED SOFTWARE OF TRIGGERED SCALER

田島佑斗#,A), 上窪田紀彦 B), 佐藤健一 B), 吉田奨 A), 山本昇 B)

Yuuto Tajima <sup>#, A)</sup>, Norihiko Kamikubota <sup>B)</sup>, Kenichi Sato <sup>B)</sup>, Susumu Yoshida <sup>A)</sup>, Noboru Yamamoto <sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Kanto Information Service

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK) /J-PARC Center

### Abstract

A "triggered scaler" has been developed for J-PARC accelerators. It is a scaler to count pulsed signals, which are provided for accelerator components. It stores counts in a memory array, and each external trigger (typically 25Hz, from J-PARC Timing System) shifts the pointer to the array during a machine cycle (2.48s or 5.20s). Then, stored data (waveform-type EPICS record) is expected to verify no miss-trigger (or, to find a miss-trigger) in the previous machine cycle. In order to realize such functionalities, we have made basic design of database definitions (EPICS db) for triggered scaler. Three-layered design has been discussed. Development status of EPICS db, early experiences with real MR signals, are reported.

### 1. はじめに

J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex) は、日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加 速器研究機構(KEK)が共同で計画及び運営を行ってい る大強度陽子加速器施設である[1,2]。

J-PARCでは、イベントベースのタイミングシステムを使用している。J-PARC タイミングシステムでは、 Linac(LI)/RCS/MR の 3 加速器で、それぞれ約 540/220/300点のトリガ信号を管理している[3]。

大量の信号が機器現場で生成されるが、何らかの伝送系のトラブル(ケーブル断線やモジュール fuse 切れなど)で信号が途切れ、かつ中央制御棟からの遠隔監視でそれがわからない、という事例があった。このようなトラブルを検知するため、生成したトリガ信号を末端の機器側で検出する新しいモジュール(トリガ付きスケーラ)を開発した[4]。



Figure 1: miss-triggers.

トリガ付きスケーラの内部仕様は[4]で詳細に解説して

#z-tajima@post.j-parc.jp

いるので省略する。ここでは MR の入射信号(通称 K1-K4)を例に、期待される動作を説明する。

K1-K4 信号は Fig. 1の Normal に示す通り、4 連続トリ ガ信号である。K1-K4 信号をトリガ付きスケーラで計測す ることで、3 パターンの異常を判別できる。1) トリガ抜 け:K1-K4 信号の K3 が抜けた例、2) 不規則なトリガ:来 てはいけない時にトリガが来た例、3) ダブルトリガ:本来 1 つのはずのトリガを2回計測した例、である。



Figure 2: Two triggered scalers: LI-type and MR-type.

Figure 2 に示すように、トリガ付きスケーラには LI タイ プと MR タイプの 2 種類がある。前者は Rapidcycle(25Hz)で動作する LI と RCS 向け、後者は Slowcycle(2.48s or 5.20s)の MR 向け、である。両タイプとも、 J-PARC タイミングシステムが S signal (加速器サイクルの 始まり信号)と Trigger (rapid-cycle 25Hz)を供給する。

LIタイプは、計測信号(2chある)で抜けを検知すると、 直ちに out(error)を出力する。一方 MR タイプでは out 出 Proceedings of the 15th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan August 7-10, 2018, Nagaoka, Japan

### **PASJ2018 THP094**

力は無く、入力を倍の 4ch にした設計である。

#### ソフトウェア設計 2.

### 2.1 概要

J-PARC 加速器は、EPICS toolkit を用いた加速器制 御システムで運用されている[5,6]。トリガ付きスケーラを EPICS 環境で利用するために、ソフトウェア環境整備とし て EPICS db(db は database の略、EPICS の信号定義) の設計・開発を行った。

開発した epics db は、3 階層に分かれている。第1層 では、トリガ付きスケーラモジュールのhardwareを定義す る。 例えば、 使用中の double buffer のメモリ番号(0 or 1) を持つ register や、計測したデータを格納する配列が定 義される。第2層では、MR向けの運用パラメータを定義 する。第3層では、計測する加速器信号に応じた部分を 定義する。別の報告[7]で、入射信号(K1-K4)計測、RF 信号計測、MPS 検知の実例が示されているが、それぞ れの信号は別の定義 db に対応する(Fig. 8 も参照)。



Figure 3: Relationships between db layers and applications.

Figure 3 に、3 階層の db とアプリケーションの参照関 係を示した。第1層 db が hardware を記述するので、第 2層・第3層は直接 hardware(register)にアクセスしない。 第2層・第3層の db 定義は、第1層を参照する。また、 第2層・第3層に対応するアプリケーション(Fig. 3 では 「MR data Application」と「MR specific Application」)は、 主に対応する層の db を参照する。

### 2.2 第1層:モジュールの hardware を定義

第1層は、トリガ付きスケーラの持つ hardware register を、機械的に Record (EPICS の信号単位)に対応づける。 Table 1 に、その一部を示す。計測データが入るメモリは MR タイプでは 192(LI タイプでは 448)である。

Record	Register address	Description
pageNow	9	Page number, 0 or 1, which points to the active memory area
triggerNow	10	Position of a memory, 0 to 191, where a counter value is written
pageSet	11	Switch a page number, 0 or 1, which memory to be accessed from CPU
errStatus	14	Error status in counting process
triggerInCycle	16	Number of triggers in the previous S-signal period
wf:ch1	33~224	Array data (192) for 1ch [MR-type]
wf:ch2	289~480	Array data (192) for 2ch [MR-type]
wf:ch3	545~736	Array data (192) for 3ch [MR-type]
wf:ch4	801~992	Array data (192) for 4ch [MR-type]

#### Table 1: Part of Record Definitions

ł

Figure 4 は、トリガ付きスケーラの第1層の EPICS db 定義の一部である。Table1と対応していることが分かる。

#### ts\_ref\_li.db

record	l(longin	,″\$(ł	nost):	TS\$(n)	):\$(na	me)")
fiel fiel	d(DTYP, d(INP,	″F3F ″@U\$(	RP61″) (U),S§	, S(S).AS	\$(C)″)	
fiel	d(SCAN,	<i>"</i> .2	secor	nd")		

ts_common.substitutions_	
file db/ts_ref_li.db {	
pattern { host, n, name, U, S, C }	
{"test08","0","pageNow",	"0","3","009"}
{"test08","0","triggerNow",	"0","3","010"}
{"test08","0","pageSet",	<i>"</i> 0 <i>"</i> , <i>"</i> 3 <i>"</i> , <i>"</i> 011 <i>"</i> }
{"test08","0","trigSel",	"0","3","012"}
{″test08″,″0″,″errSet″,	"0","3","013"}
{"test08","0","errClear",	"0","3","015"}
{"test08","0","errStatus",	"0", "3", "014"}
{"test08","0","triggerInCycle",	<i>"</i> 0 <i>"</i> , <i>"</i> 3 <i>"</i> , <i>"</i> 016 <i>"</i> }
}	

Figure 4: Part of db definitions for Layer1.

#### 2.3 第2層:MR向けの運用パラメータを定義

LI は 25Hz 運転なので、どの機器も 40ms に1回トリガ を受ける。したがって、40msの中で抜けがあれば問題に なる。一方、MR は遅い周期(2.48s or 5.20s)なので、そ の周期の1サイクルに1回のトリガ抜けが問題になる。ここ では、MR 向けの運用で必要な Record を検討する。

### **PASJ2018 THP094**



Figure 5: Behavior of double buffer for MR signals.

Figure 5 は、MR の信号を計測・記録している double buffer を示したものである。pageNow は 0 を指し(上側の memory 0 を使用中)、memory 0 内の書き込み位置は triggerNow(Fig. 5 では 0 から数えて 5)で示される。

MR 運用上は、memory 0・memory 1 という区別より、 現在書き込み中のメモリ、または前回のサイクルの書き 込みが終了したメモリ、という読み出し方が便利である。 しかし、CPU からは pageSet で指定した片方のメモリしか 読み出せないため、第1層で定義した Record だけでは この要望は満たせない。このため第2層で、double buffer から適時メモリ内容を copy する配列 Record を別途定義 する(Fig. 3 の wf:ch1\_n が現在書き込み中、wf:ch1\_x が 前回分)。

2.4 第3層:計測する信号に応じた実装の定義

MR で、3 種類の加速器信号(RF, K1-K4, MPS)を計 測した([7]参照)。ここでは、例として MPS 向け実装定義 について説明する。

MPS は加速器機器保護のためのシステムで、MPS が 起こると直ちに加速器全体を安全に停止し、他の機器が 損傷する可能性を減らす[8]。MPS 発生時の実信号をト リガ付きスケーラで計測し、取得した前サイクルのメモリ (wf:chl\_x)に0で無い値が現れたか判断して MPS の発 報を知ることができる。

Figure 6 は、MPS 向け EPICS db 定義の一部である。 上部はwf:ch1\_x のどこを切り出すか(加速器周期のどの 部分を調べるか)、下部は切り出した wf:ch1\_x に 0 で無 い値があるか調べる(あれば MPS が発報と判断できる)。 よって、この db 定義は MPS 発報の処理の開始シグナル として用いることが出来る。また、Fig. 7 は、MPS 発報した 時の関連情報(Shot-number とその時刻、その shot の DCCT 波形、加速器周期のどのタイミングで発報したか、 など)を統合して確認する画面である。

<pre>### MPS in MR cycle record(subArray, "\$(host):TS\$(n):\$(name):\$(ch)"){     field(INP, "\$(host):TS\$(n):MPS_WF:\$(ch) CP NMS")     field(NELM, "\$(N)")     field(INDX, "\$(1)")     field(MALM, "192")     field(FLNK, "\$(host):TS\$(n):VAL:\$(name):\$(ch)") } record(compress, "\$(host):TS\$(n):VAL:\$(name):\$(ch)" </pre>	
} record(compress,"\$(host):TS\$(n):VAL:\$(name):\$(ch)" {	
	)
field(INP,"\$(host):TS\$(n):\$(name):\$(ch) CP NMS") field(ALG,"N to 1 High Value") field(NSAM,"1") field(N,"\$(N)")	





Figure 7: Application screen for MR-MPS.

#### 2.5 開発·整備状況

現時点では特に第2層(MR 向けの運用パラメータ定 義)の整備がまだ不十分で、また第2層と第3層が混合 した状態である。今後、各階層を明確に分離した db file に整理していく予定である(Fig.8参照)。

トリガ付きスケーラの試験はMRタイプで先行させており、LIタイプは未着手である。上記 db の整備が完了次 第、LIタイプでの運用パラメータの定義などを進めたい。 **PASJ2018 THP094** 

Db: Layer 3 (MR)	A) B) C)	ts_L3_rf.db ts_L3_kn.db ts_L3_mps.db ts_L3_mps_timing.db
Db: Layer 2	MR LI	ts_L2_MR_wf_setup.db & substitute ts_L2_LI_wf_setup.db & substitute
Db: Layer 1	ts_co ts_co	mmon.db & substitute mmon_err.db

Figure 8: Plan of db filenames for three layers.

# 3. まとめ

トリガ付きスケーラを EPICS 環境で使用するために、 EPICS db(信号定義)を3 階層に分けて設計した。MR タ イプのモジュールで現場試験を行いつつ、第2 層と第3 層の db 整備が進行中である。今後、db 整備を継続し、 またトリガ抜け検知など本番環境への実装を行っていく。

# 参考文献

- [1] J-PARC ホームページ; http://j-parc.jp/
- [2] K. Hasegawa *et al.*, "Performance and Status of the J-PARC Accelerators", Proceedings of IPAC2017 in Copenhagen, Denmark, May 14-19, 2017, pp. 2290-2293.
- [3] N. Kamikubota *et al.*, "Operation Status of J-PARC Timing System and Futur Plan", Proceedings of ICALEPCS in Melbourne, Australia, Oct. 17-23, 2015, pp. 988-991.
- [4] K.C. Sato et al., "トリガ付きスケーラの開発とトリガ抜け検知", Proc. of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Sapporo, Japan, Aug. 1-3, 2017, pp. 627-630.
- [5] EPICS ホームページ; https://epics.anl.gov/
- [6] N. Kamikubota *et al.*, J-PARC Control toward Future Reliable Operation", Proc. of ICALEPCS 2011, Grenoble, France, October 2011, pp.278-381.
- [7] K.C. Sato *et al.*, "トリガ付きスケーラの応用: J-PARC MR 加 速器信号の計測", Proc. of the 15th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagaoka, Japan, Aug. 8-10, 2018, WEP095, in press.
- [8] T. Kimura et al., "J-PARC MR-MPS の評価と新 MR-MPS の開発計画", Proc. of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Sapporo, Japan, Aug. 1-3, 2017, pp. 1148-1150.