

E36 実験における DAQ

2014/11/20

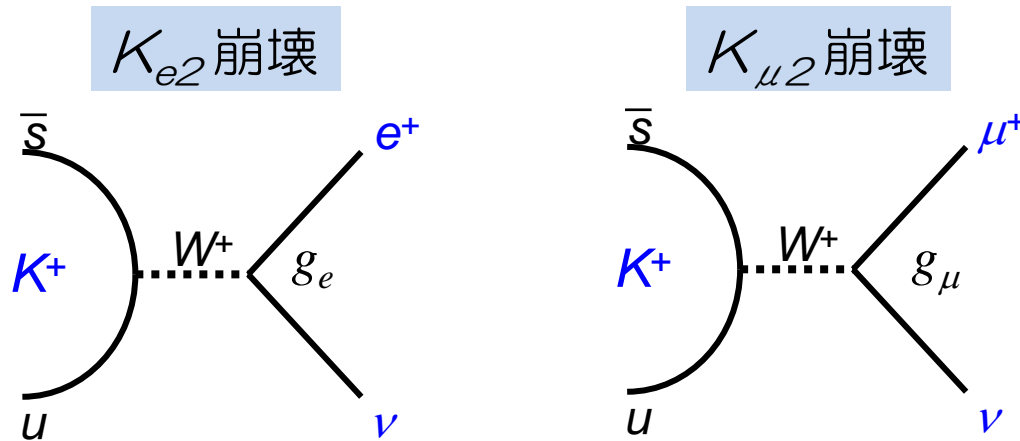
IGARASHI Youichi

KEK

J-PARC E36

レプトンフレーバー普遍性の破れの探索

K 中間子崩壊で普遍性の破れを探索 $g_e = g_\mu$?



崩壊幅の比
$$R_K = \frac{\Gamma(K_{e2})}{\Gamma(K_{\mu 2})} = R_K^{SM} + \Delta R_K^{NP}$$

R_K^{SM} : 標準模型からの寄与

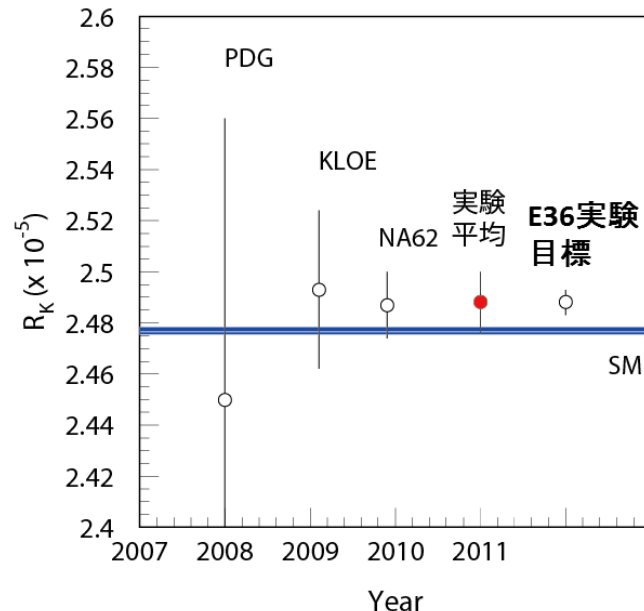
R_K^{NP} : 標準模型を超える"新しい物理"からの寄与

崩壊比 R_K の測定

$$R_K^{SM} = \frac{\Gamma(K^+ \rightarrow e^+ \nu)}{\Gamma(K^+ \rightarrow \mu^+ \nu)} = \frac{m_e^2}{m_\mu^2} \left(\frac{m_K^2 - m_e^2}{m_K^2 - m_\mu^2} \right)^2 (1 + \delta_\gamma)$$

V-A 型相互作用による
ヘリシティ抑制

$K \rightarrow l \nu \gamma$ 崩壊 IB 部分の補正



$$R_K^{SM} = (2.477 \pm 0.001) \times 10^{-5}$$

標準模型での不確定さ $\Delta R_K / R_K \sim 0.05\%$

$$R_K = (2.488 \pm 0.009) \times 10^{-5} \text{ (KLOE, NA62)}$$

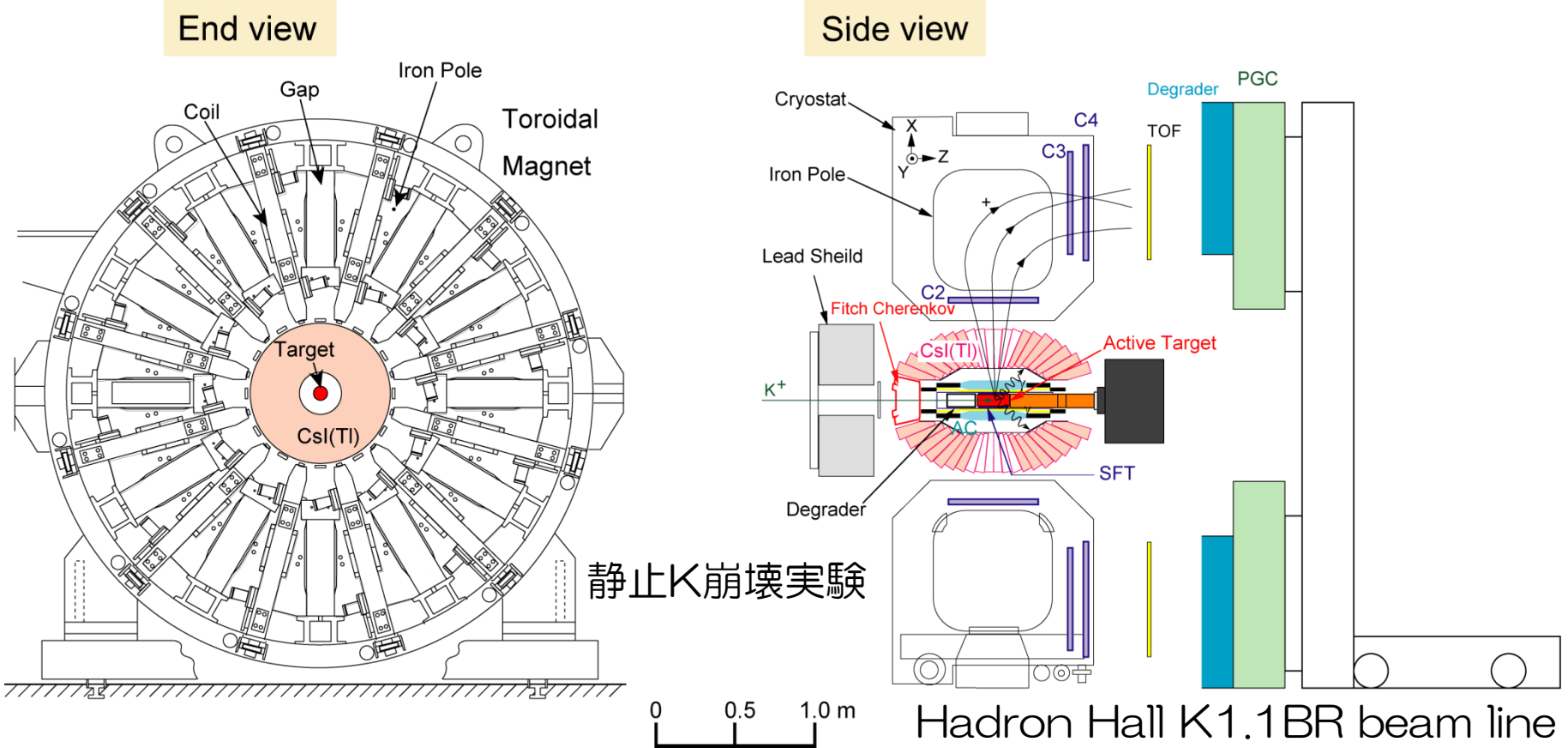
標準模型と誤差の範囲で整合

E36 目標測定精度は $\Delta R_K / R_K \sim 0.25\%$

R_K は ”新しい物理” の良いプローブ

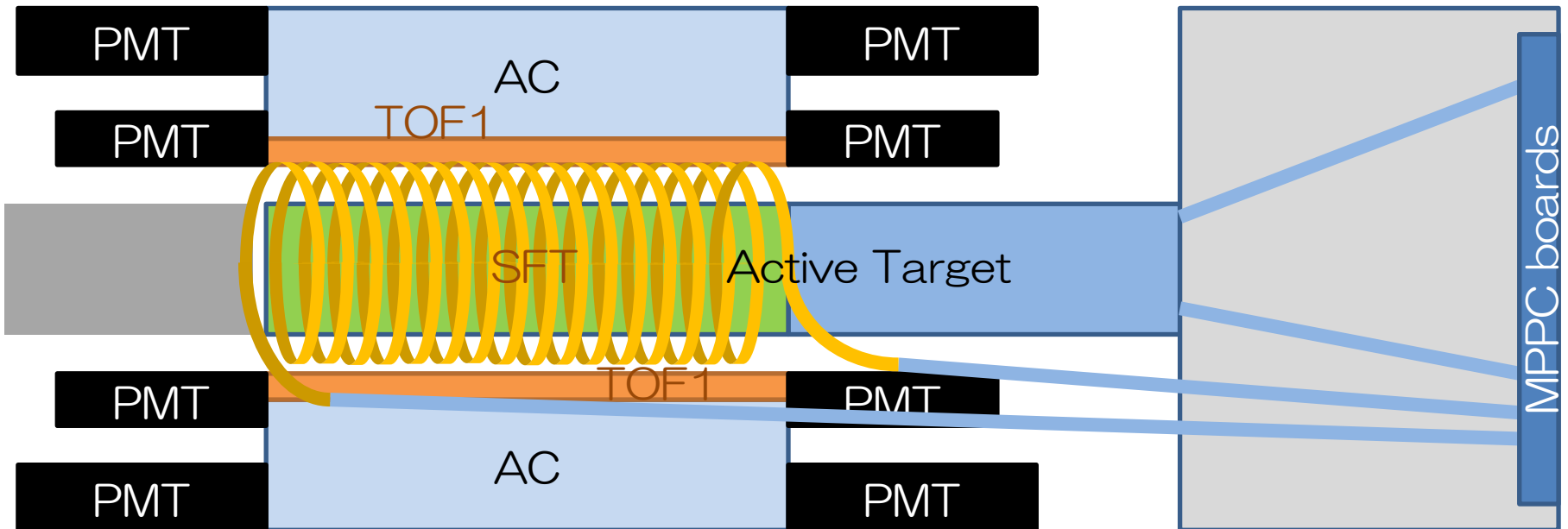
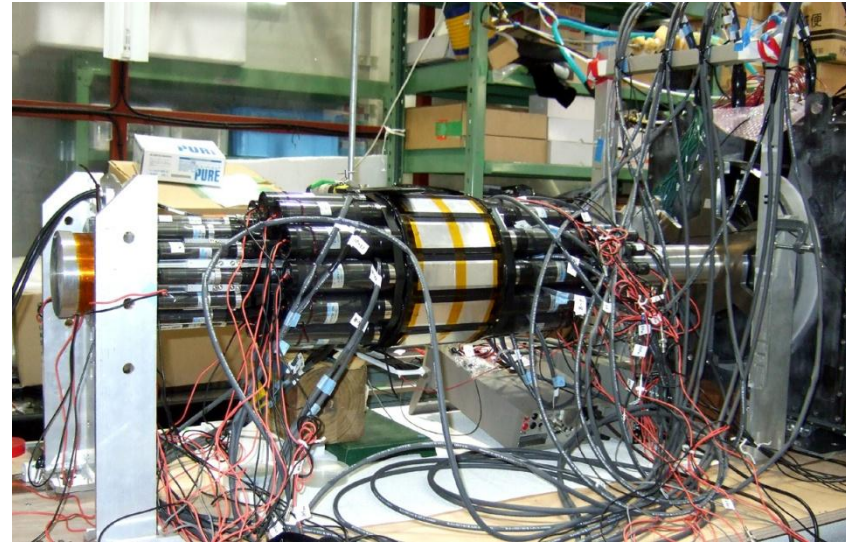
J-PARC E36 検出器

- KEK-PS E246 検出器をアップグレード
 - トロイダルマグネットを使用したスペクトロメーター
- 3通りのPID検出器系
 - TOF, AC, PGC
- Backgroundとなる γ 放射崩壊を測定するためのCsI(Tl)光子検出器



中心検出器群

- Active Target
- SFT (Spherical Fiber Tracker)
- AC (Aerogel Cherenkov counter)
- TOF1



E36 検出器群と読み出し機器

	No. of Ch.	ADC	TDC
Beam Hodo-scope	24	V792	VT48
Fitch Cherenkov	28	V792	VT48
TOF	72	V792	TKO HR-TDC
Lead Glass Counter	84	V792	VT48
AC	24	V792	VT48
MWPC	496	TKO ADC	---
SFT	128	EASIROC board	
Active Target	256	EASIROC board	
CsI(Tl)	768(624)	FADC	

VME, TKO, SiTCP 混合系
VME, TKO は VME-SBC でネットワークへ
ネットワークベースのイベントビルディング

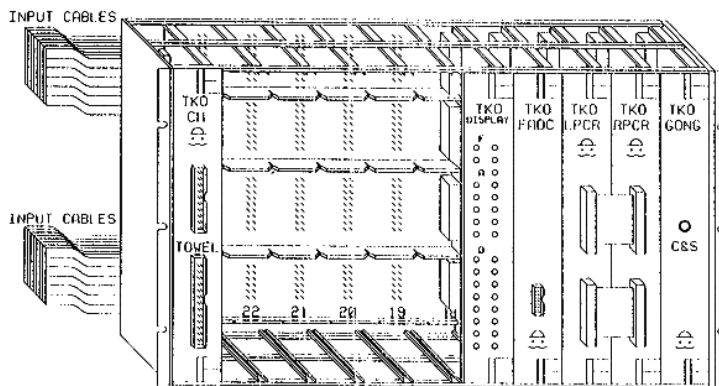
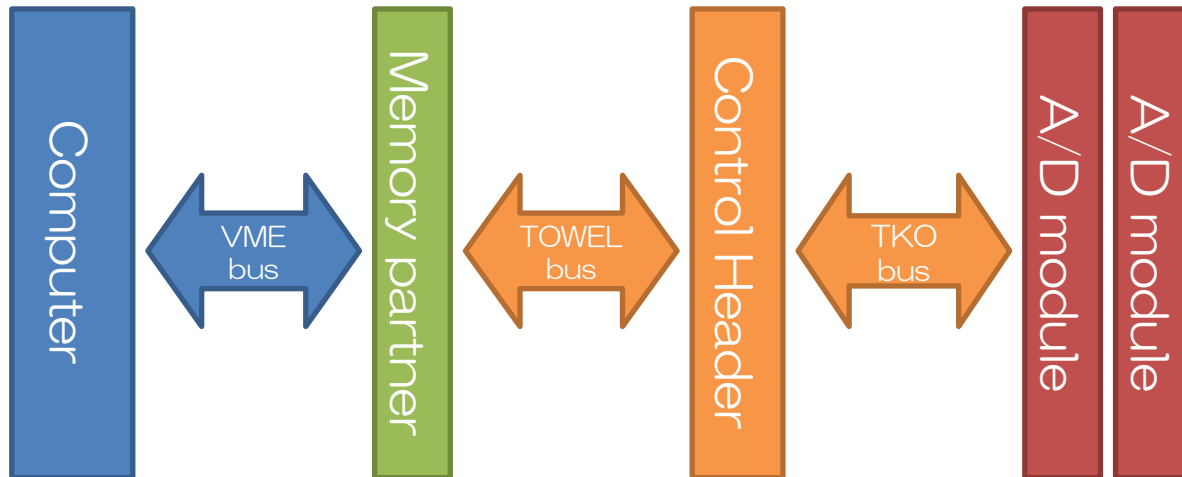
VME
TKO
SiTCP

DAQ 方針

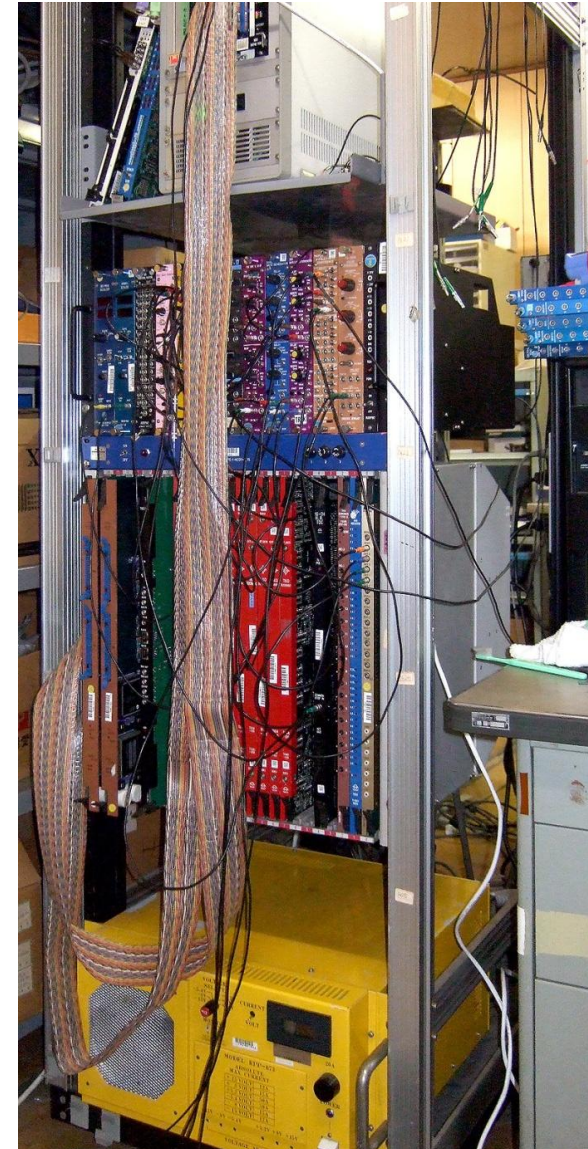
- Trigger は $\overline{K_{e2}}$ 崩壊 Trigger をプリスケールして 1kHz 以下に落とす
- データ転送
 - TCP/IP Network + Network based Compact DAQ Software
 - 幸いなことに PC 技術の一般化ですべて A/D 機器はネットワークにデータを送れる。
- Event の同期
 - Trigger と同時に Event Tag をリアルタイムに A/D 機器に配る。
 - 全システムを同期するのは Trigger 信号
- 出来るだけシンプルに (KISS)
 - 多くの実験遂行者に出来るだけ理解できるように。
 - どのように動いているかが出来るだけ見えるように。
 - 実験遂行者による問題の解決、改良、機器の追加の必要性
 - 理解していないものは運用できない。
 - DAQ も 検出器と同じ

MWPC / TOF readout

- TKO
 - MWPC ADC
 - TOF HR-TDC (30 psec)



CONCEPTUAL DRAWING OF A TKO BOX

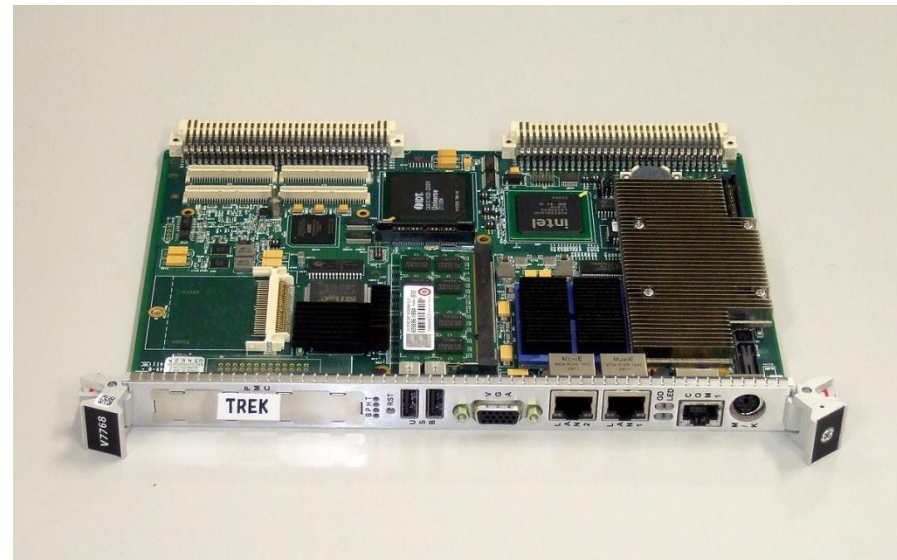


TKO

- CAMAC, RABBIT の設計を元に規模の大きな実験 (TRISTAN) で使えるようにデザインされた。
- Tokio Kenneth Ohska (大須賀闘雄) さんを中心に開発
- KEK ローカルで使用されている。(使用されていた)
- CAMAC より大きな基盤サイズ
 - 一枚あたりのチャンネル数を増やすことでコスト削減
- 入出力が後部にあることでモジュールの交換がしやすい。
- 加速器タイミング信号をモジュールに伝えることができる。
 - A-bus
- ハードワイヤードのシーケンサを持つコントローラとメモリパートナーによる自動データ収集
 - CH/MP

VME master controller

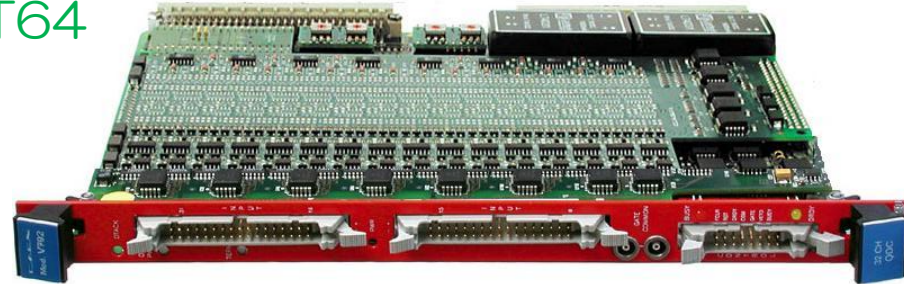
- GE Fanuc VMIVME-7xxx, V7xxx
 - VME Single Board Computer
 - PCI-VME Bridge: Universe II
 - PIO : 1~2 μ sec
 - BLT32 : ~20MB/sec
 - Network boot 環境で運用
- 過去の資産
 - Software/Hardware
- Device driver
- 入手、保守性
- (コスト)



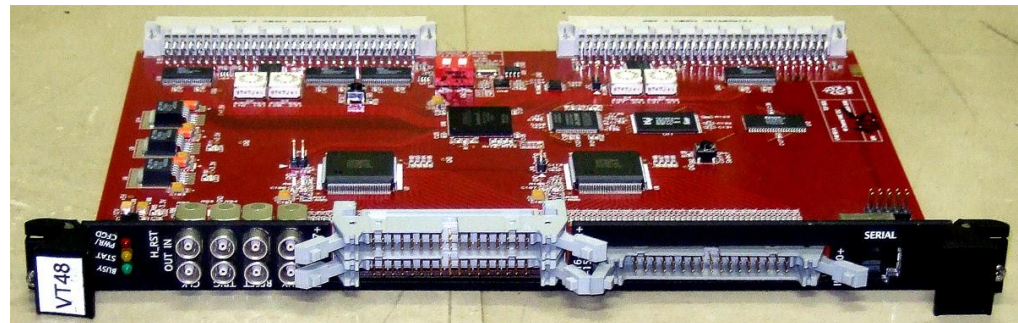
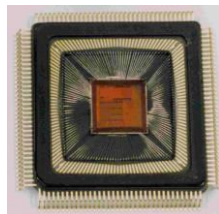
GE V7768 : Core 2 Duo 2.16 GHz

PMT readout

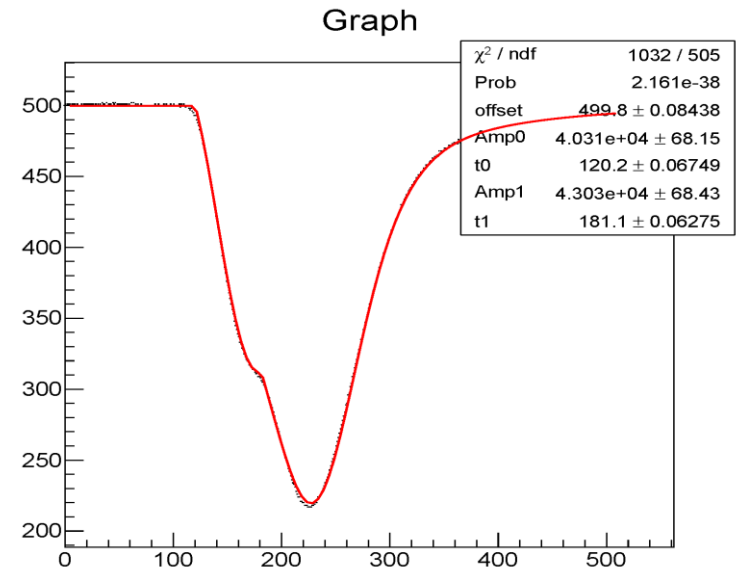
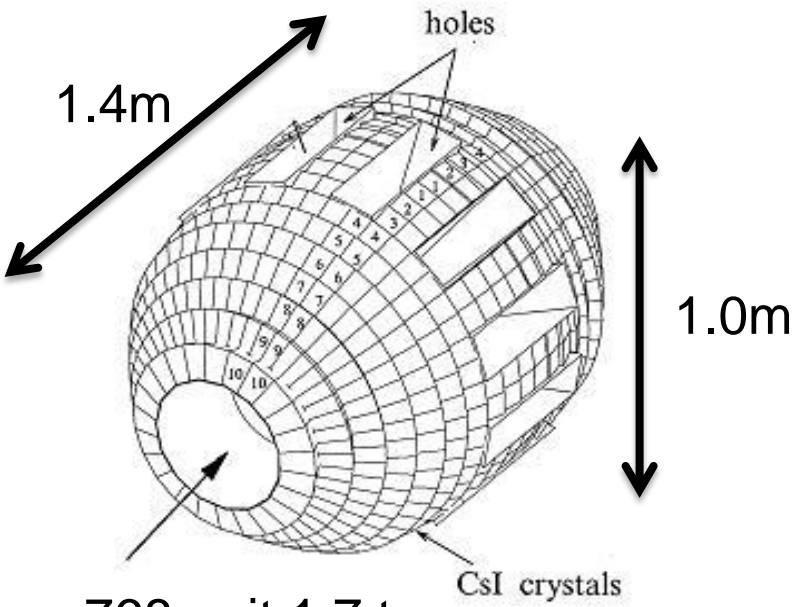
- CAEN V792 QDC
 - 400pC / 12bit
 - 32ch/board
 - VME A32/A24 BLT32/MBLT64
 - TRIUMF からレンタル



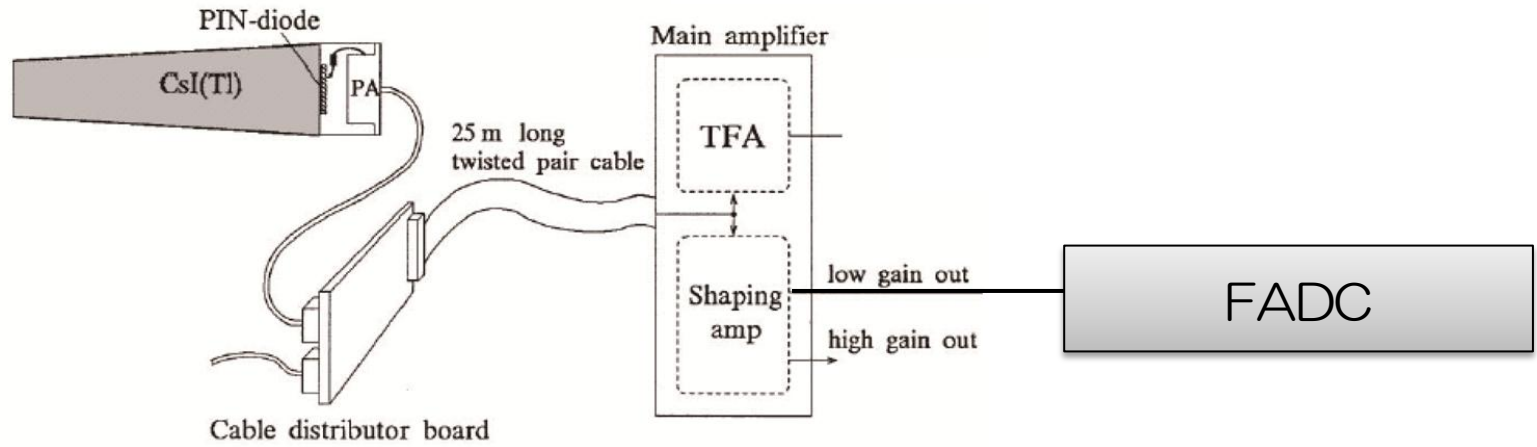
- TRIUMF VT48 TDC
 - AMT3 base TDC with 0.78 nsec resolution
 - AMT3 : Atlas 用に開発された TDC ASIC
 - Pipeline readout をサポート
 - TRIUMF からレンタル



CsI(Tl) Photon Detector readout

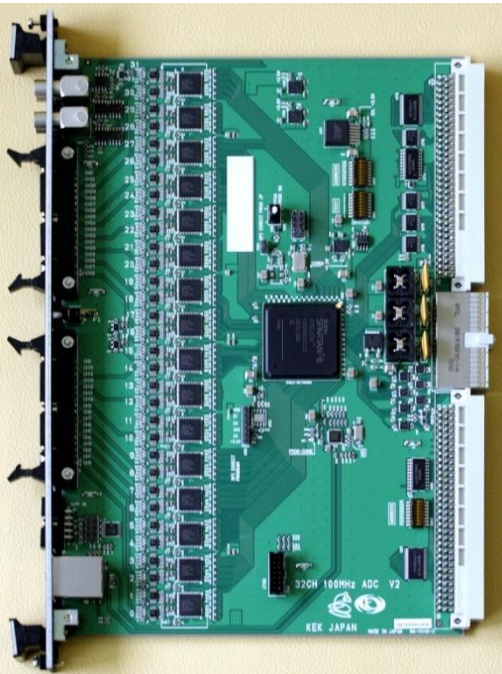


$$V(t) = \text{Freq} \left[\frac{t - (t_0 + t_d)}{\tau_r} \right] \frac{t - t_0}{\tau_1^2} \left(\exp \left[\frac{-(t - t_0)}{\tau_1} \right] + \alpha \exp \left[\frac{-(t - t_0)}{\tau_2} \right] \right)$$



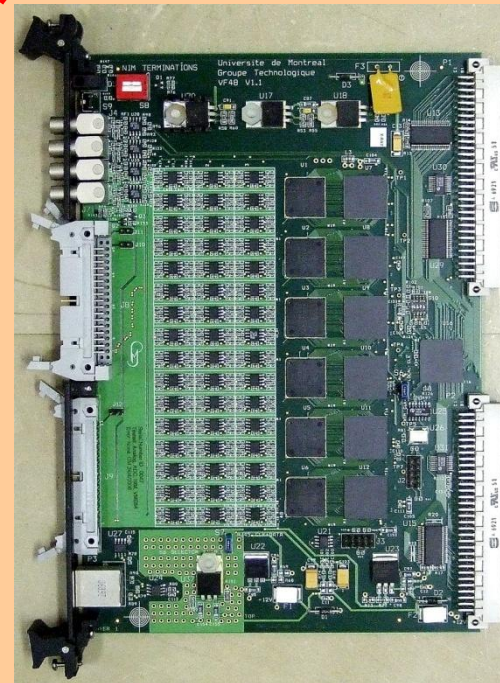
FADC for Csl(TI)

- FADC の候補
 - 32 ch Network oriented FADC
 - TRIUMF VF48 FADC
- 25 MHz or 12.5MHz sampling, 20 μ sec sampling time
- チャンネル数: 624 channel 以上必要
- データ削減のスタディ中



- 10bit ADC
- Up to 100 MSPS
- 32 ch/module
- 100Mbps network
- JO TAG supported
- TREK 実験用開発

Network oriented FADC

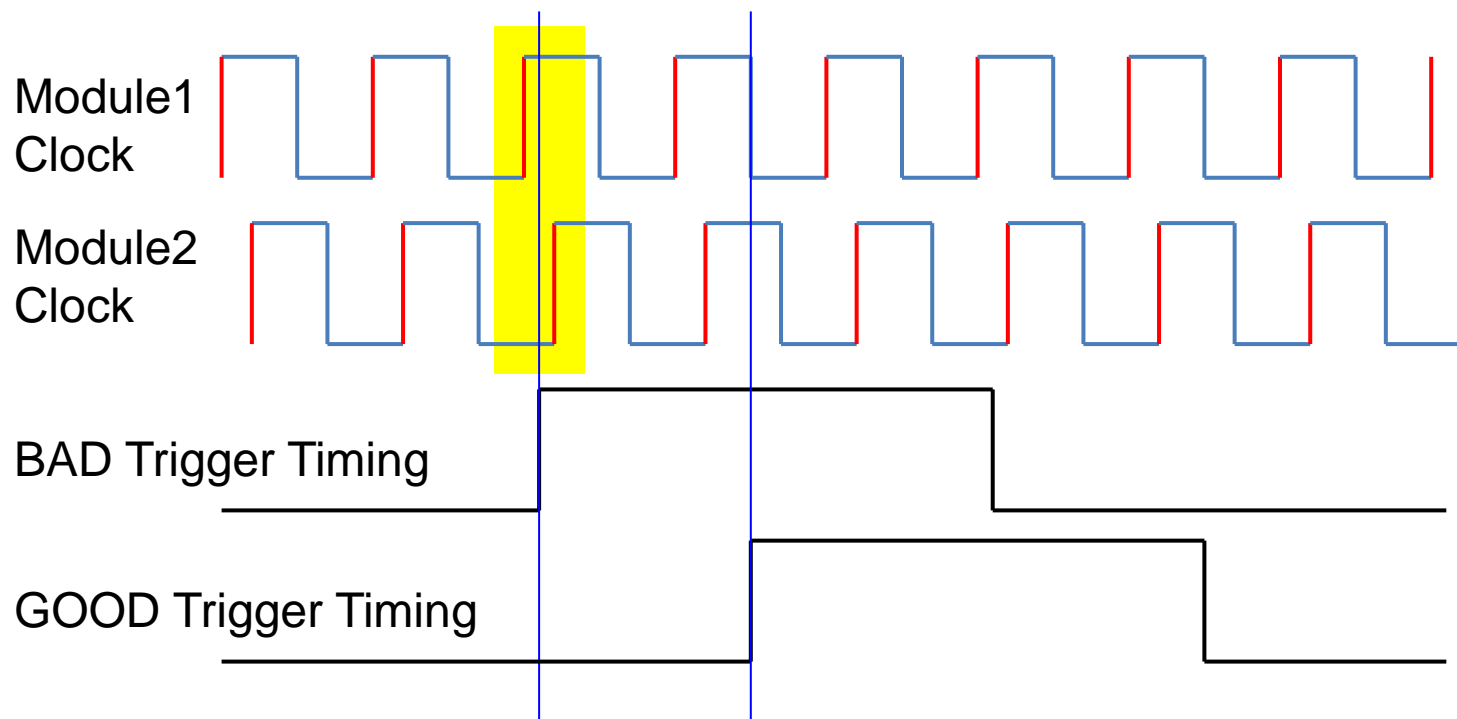


- 10bit ADC
- Up to 60 MSPS
- 48 ch/module
- Signal Processing
- VME compliant

TRIUMF VF48

Sub-system Clock 同期

- Trigger は駆動 Clock とは非同期に発生するため VT48/FADC は Clock 境界問題が生じる。
- FPGA (GP-IO) を使用して Clock と位相の調整された Trigger を配布する。



非同期 Trigger



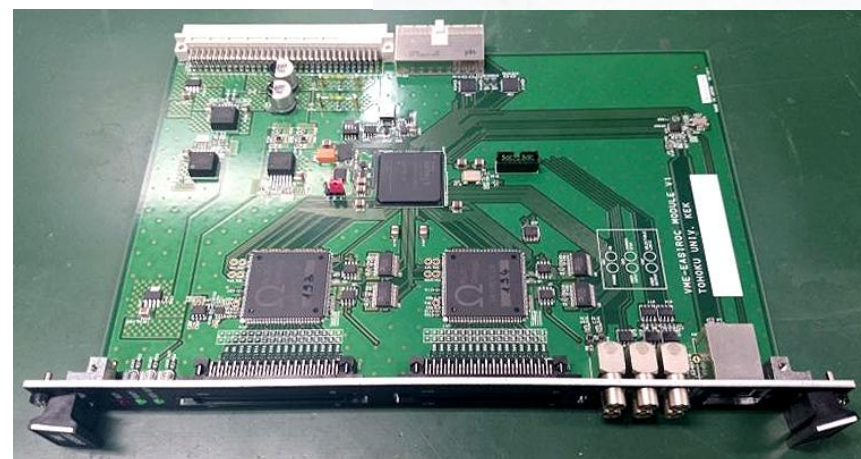
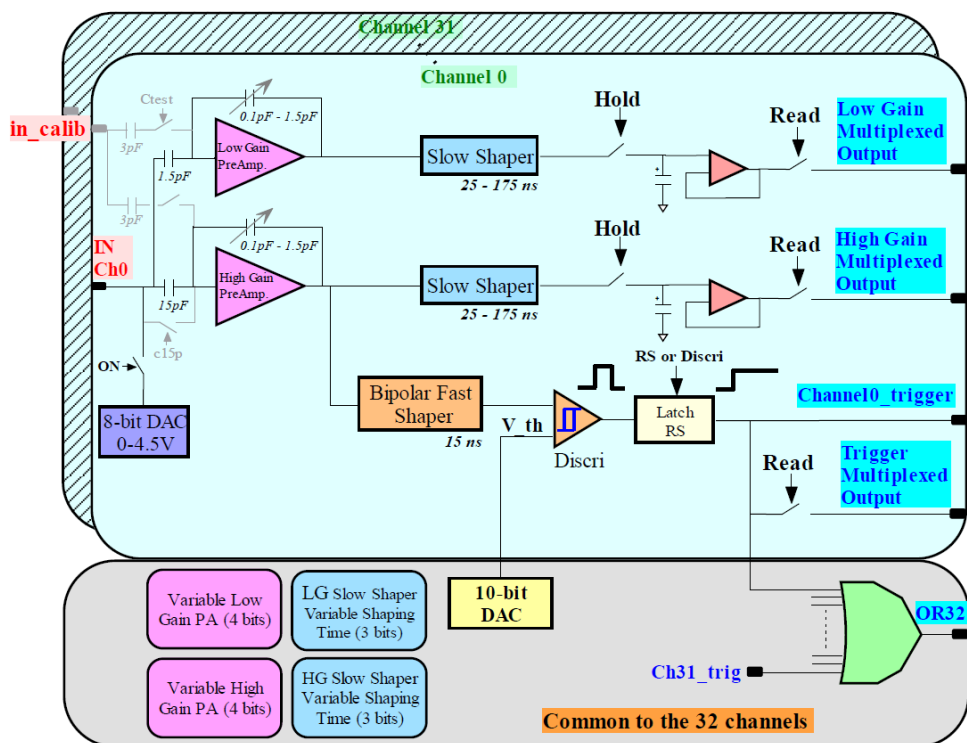
Clock

位相調整された Trigger

Reset においても同様な処理が必要なことがある。

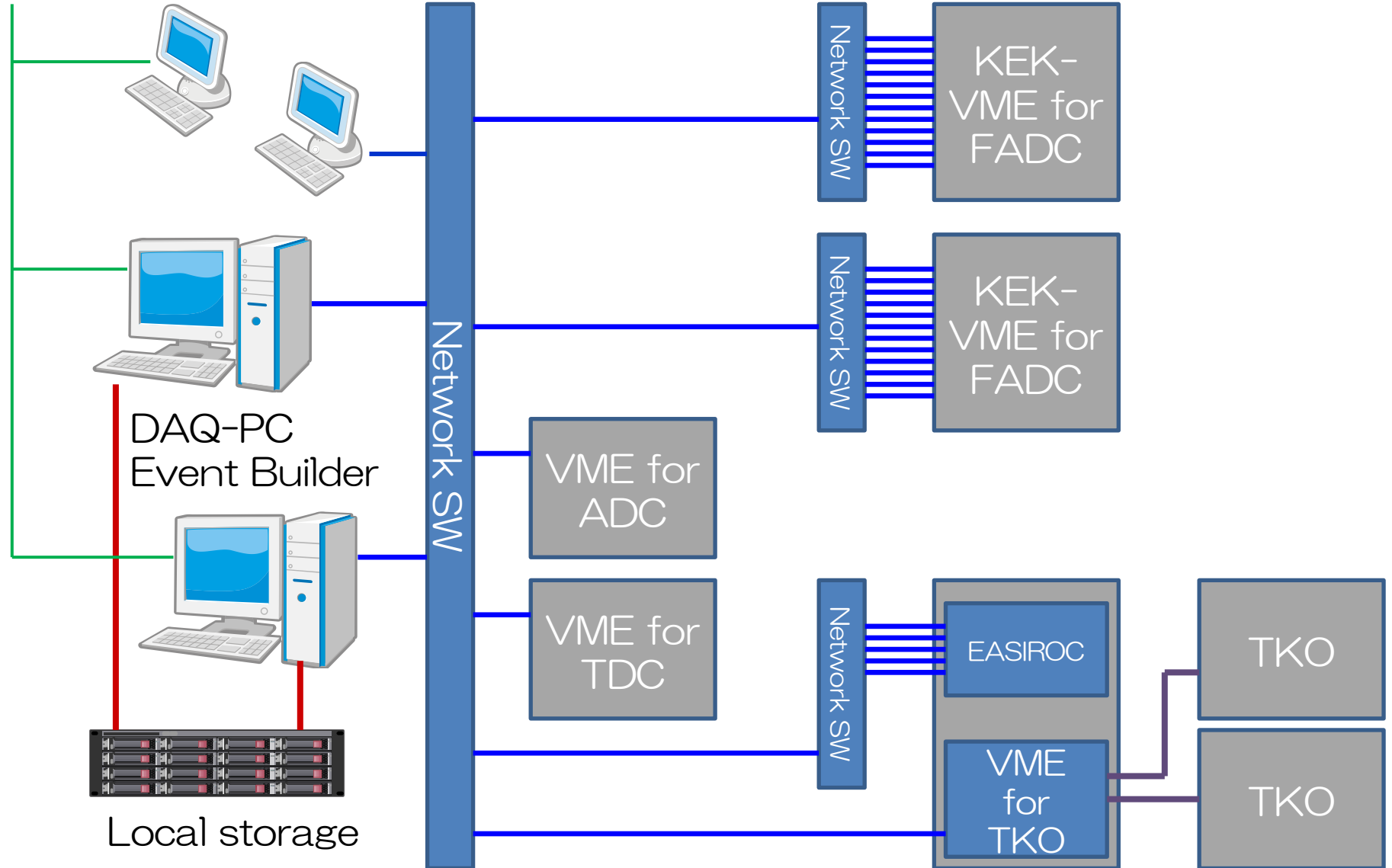
Active Target/SFT readout (MPPC readout)

- 64 channel EASIROC based readout board.
 - EASIROC
 - LAL で開発された SiPM 用 Front-end ASIC
 - 2 level amplifier, slow shaper amplifier, voltage hold
 - 12 bit ADC, 0.7 nsec FPGA based TDC
 - SiTCP readout, KEK-VME JO TAG
 - 東北大(本多、塩崎、三輪)により開発



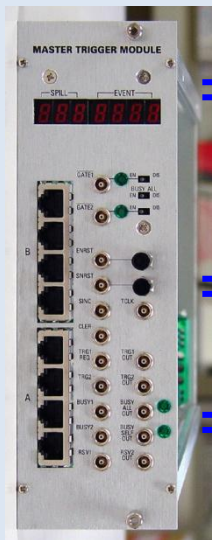
Overview of E36 DAQ network

JLAN Intra



イベントの同期

- MTM/RM トリガー配布システム
 - あちらこちらにイベントバッファを持った環境でイベントの同時性を保障する。
 - Trigger/Busy のハンドリング
 - Event Number (20 bit) の配布



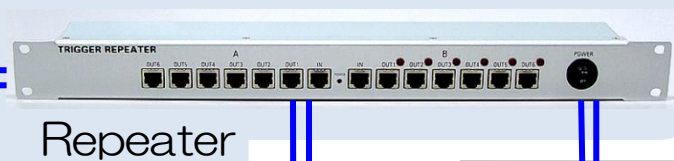
MTM

- イベント番号を管理
- トリガー源
- Busy handling

E36 で使用



KEK-VME/
VME RM



Repeater



TKO RM



CAMAC/FERA RM



STM



Chamber
Readout Card

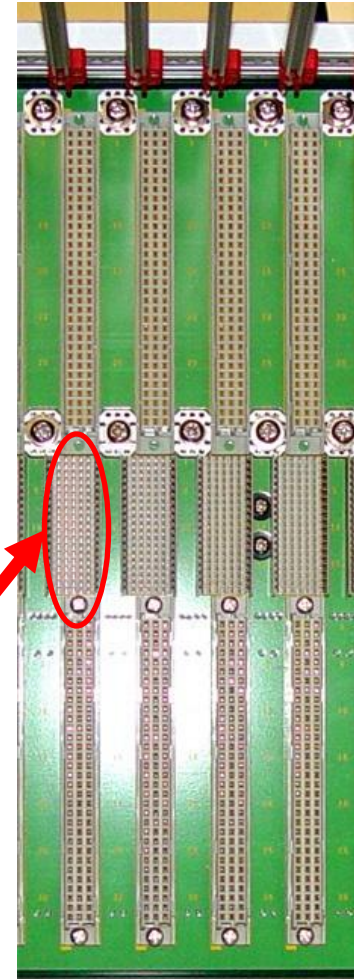
RM ↔ KEK-VME module Communication

- KEK-VME timing signal line in J0
 - S1 - S7
 - C1, C2 (wired OR)

Pin assignment of J0

Pos.	z	a	b	c	d	e	f
1	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
2	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
3	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
4	GND	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	GND
5	GND	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	GND
6	GND	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	+3.3V	GND
7	GND	+3.3V	+3.3V	GND	GND	GND	GND
8	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
9	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
10	GND	GND	GND	GND	-3.3V	-3.3V	GND
11	GND	-3.3V	-3.3V	-3.3V	-3.3V	-3.3V	GND
12	GND	-3.3V	-3.3V	-3.3V	-3.3V	-3.3V	GND
13	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
14	GND	-5V	-5V	-5V	-5V	-5V	GND
15	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
16	GND	S1+	S1-	GND	S2+	S2-	GND
17	GND	S3+	S3-	GND	S4+	S4-	GND
18	GND	S5+	S5-	GND	S6+	S6-	GND
19	GND	S7+	S7-	GND	C1	C2	GND

	Default	Hadron ext.
S1	SYSCLK	
S2	TRG	TRG
S3	GATE	SPILLTAG0
S4	CLR	SPILLTAG1
S5	TAG0	TAG0
S6	TAG1	TAG1
S7	TAG2	TAG2
C1	BSY/	BSY/
C2	WOR/	

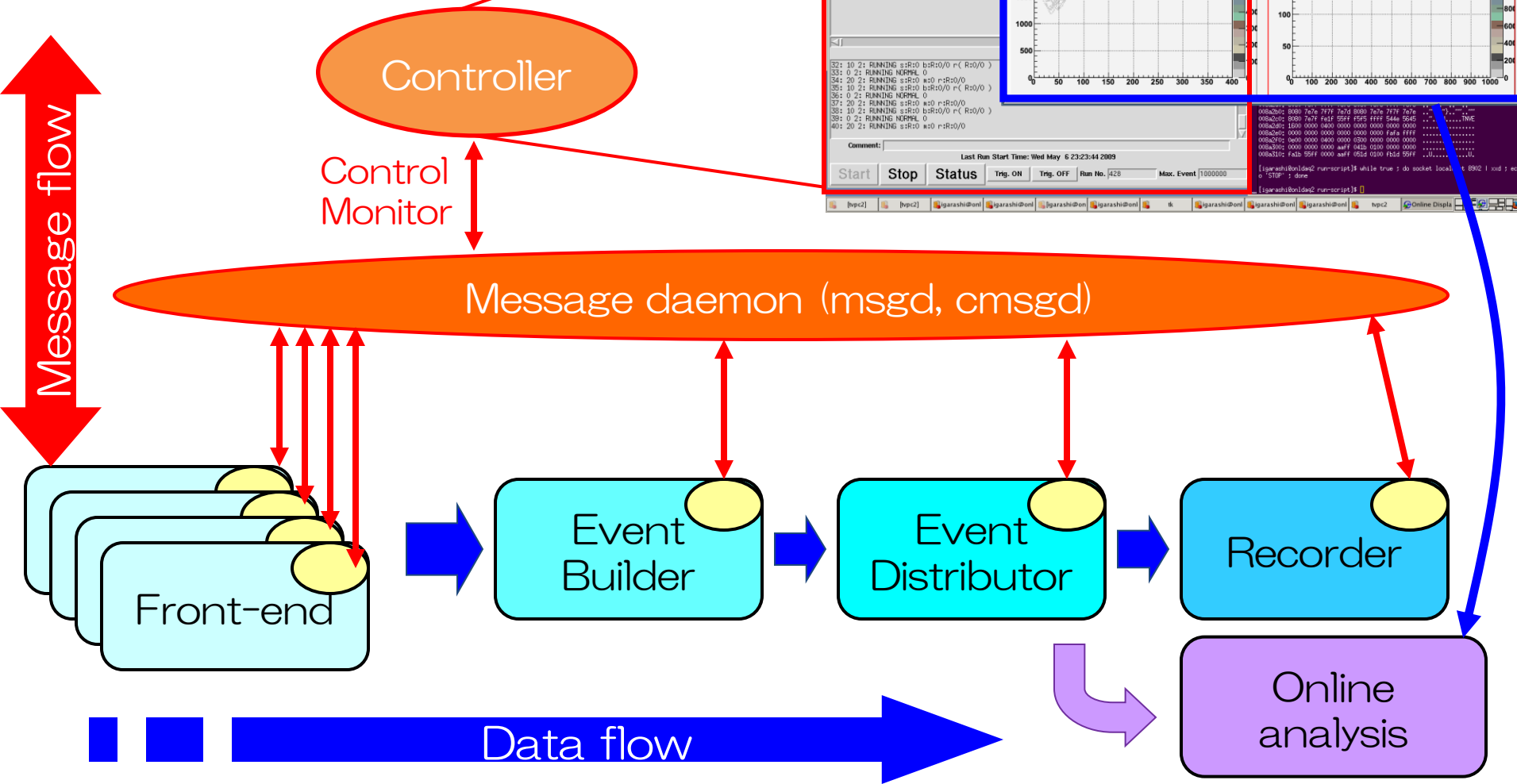
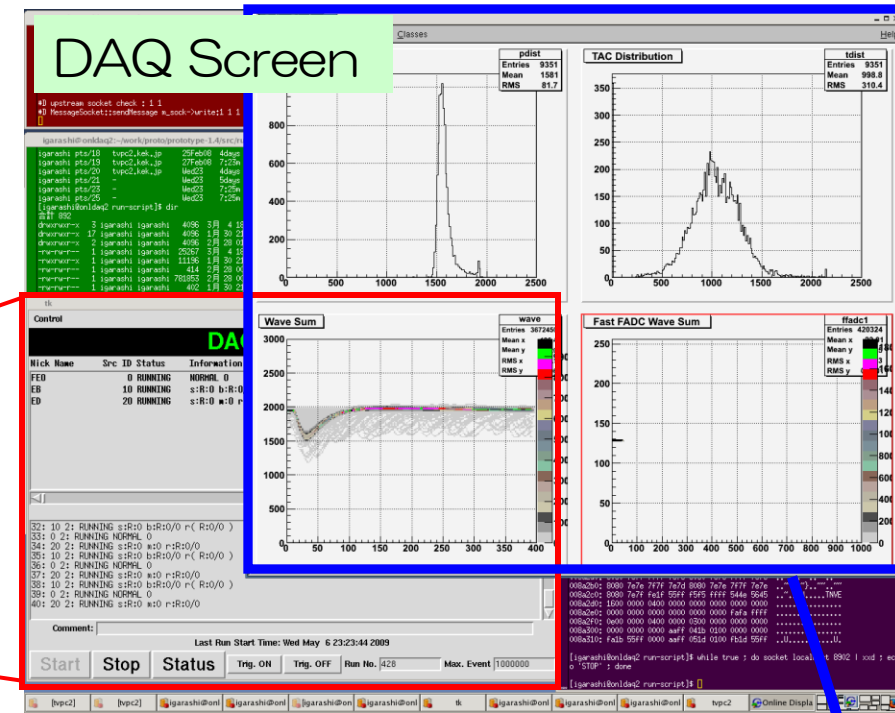


DAQ software

- Network based Compact DAQ software
 - 単機能の複数のプログラムによる機能の実現
 - Front-end, Event builder, Event distributor, Controller, Analyzer and Message daemons
 - Small code size
 - 少人数で運用、メンテナンス、改良ができる様に
 - 必要な機能を最小限のコードで。
 - 広範囲に使われている規格だけを使う。
 - OS のアップデートを越えて運用するため。
 - 移植をしやすくする。
 - すべてのプロセス間通信は TCP/IP
 - 機能プログラムは計算機を越えてネットワーク上に自由に配置。
 - K1.8 における実験を始め幾つかの実験での実績がある。

Network based DAQ software

- 複数の単機能プロセスによる協調動作



K1.1BR DAQ Control Screen

(K1.1BR beam tuning)

Running on Ubuntu Linux 10.04

Control

MSGD	RUNNING	START	STOP	LOG
CMSGD	RUNNING	START	STOP	LOG
CONTROLLER	RUNNING	START	STOP	LOG
BUILDER	RUNNING	START	STOP	LOG
DISTRIBUTOR	RUNNING	START	STOP	LOG
RECORDER	RUNNING	START	STOP	LOG
COPPER-lite00	RUNNING	START	STOP	LOG
COPPER-lite01	RUNNING	START	STOP	LOG
COPPER-lite02	RUNNING	START	STOP	LOG
COPPER-lite03	RUNNING	START	STOP	LOG

← Launcher window
Programs start from this window

Control

DAQ: RUNNING

Comment: Cosmic ray trigger

Last Run Start Time: Thu Oct 28 15:15:14 2010

Start Stop Status Trig. ON Trig. OFF Run No. 419 Max. Event 10000000

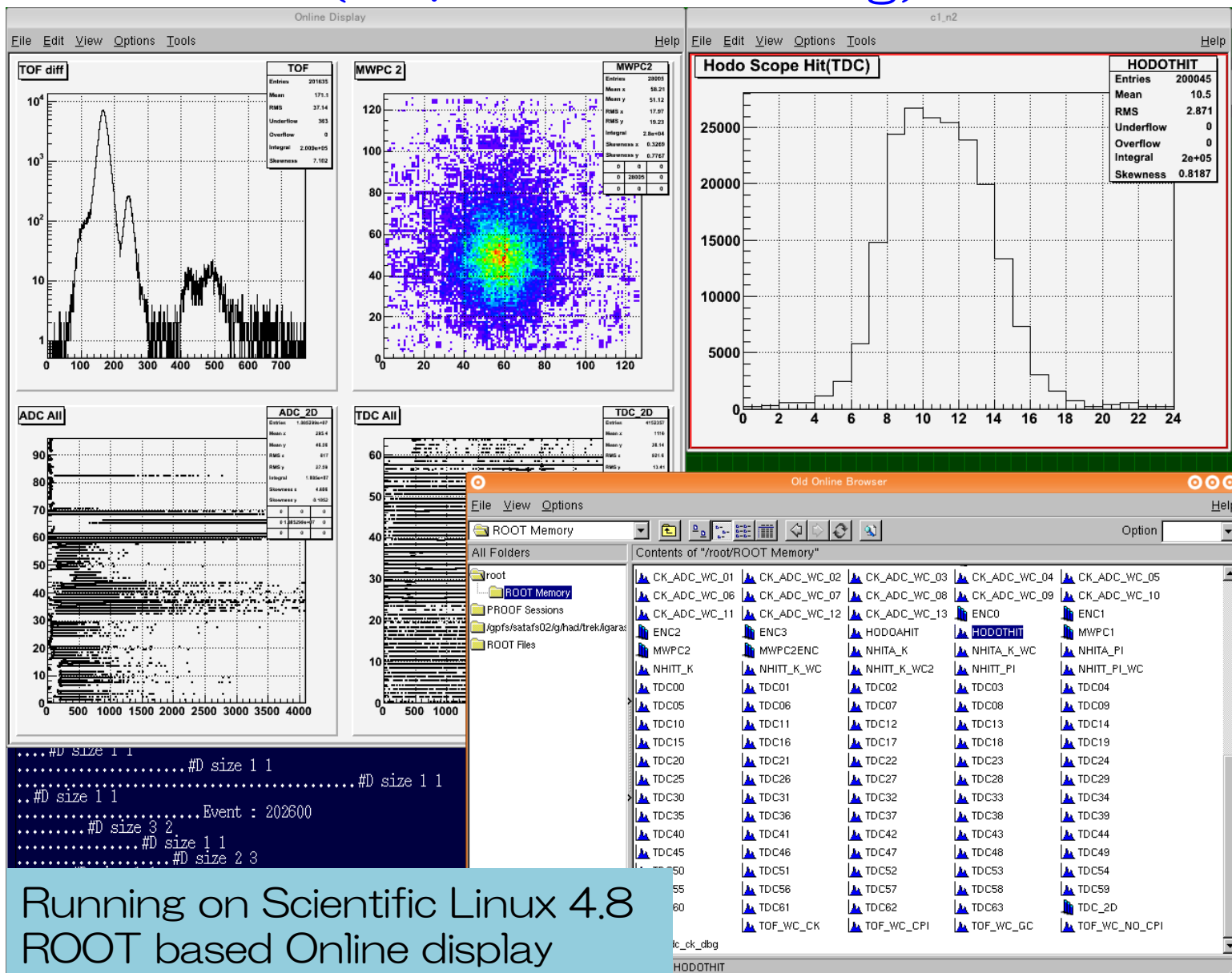
Nick Name	Src ID	Status	Information
FE01	1	RUNNING	NORMAL 159 size:128
ci00	10	RUNNING	NORMAL 152 size:377
ci01	11	RUNNING	NORMAL 152 size:236
ci02	12	RUNNING	NORMAL 152 size:236
ci03	13	RUNNING	NORMAL 152 size:236
BLD-10109	65801	RUNNING	s:R:158 b:R:158/0 r(R:158/0 R:158/0 R:158/0 R:158/0)
DST-20115	131349	RUNNING	s:R:155 m:2970768 r:R:155/0
REC-30174	196980	RUNNING	R:171

← Control window
RUN can be controlled from this.

← Message window
Messages from DAQ processes display in here.

K1.1BR DAQ Online Display

(K1.1BR beam tuning)



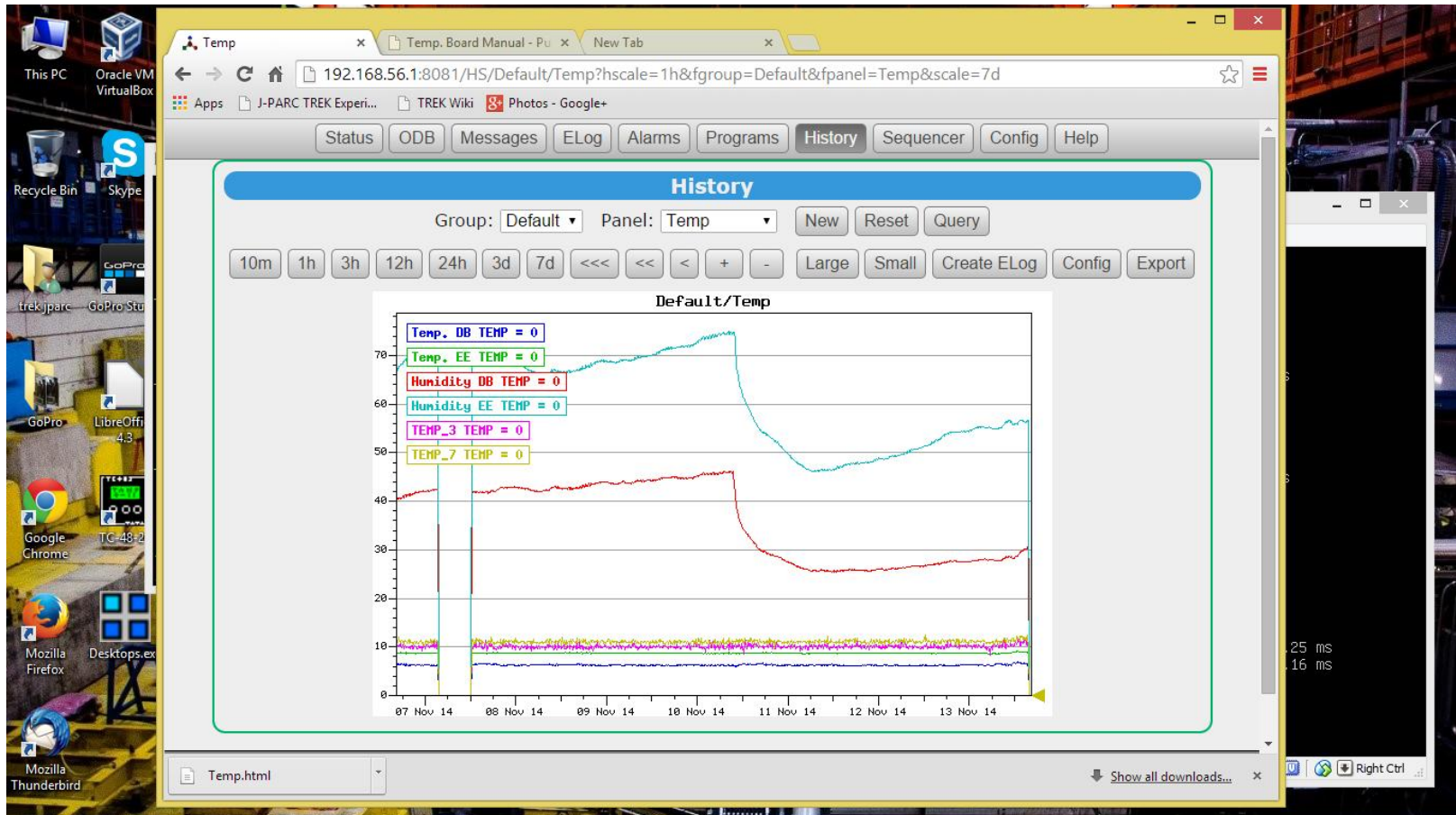
Running on Scientific Linux 4.8
ROOT based Online display

まとめ、他

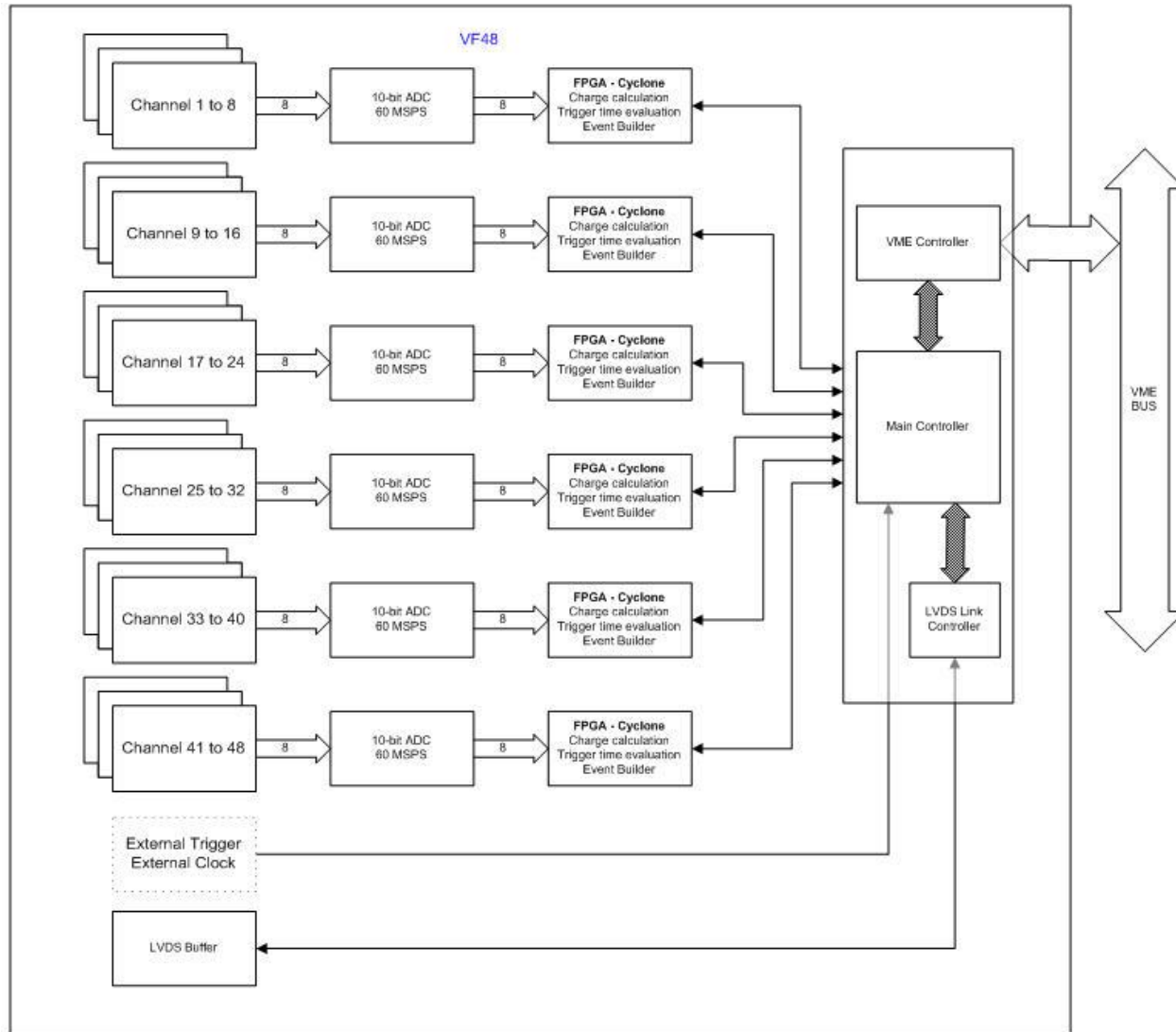
- J-PARC E36 実験では
 - TKO, VME, SiTCP をネットワークで統合する混合システムで DAQ を構築中
 - MTM/RM Trigger 配布システム
 - Network based Compact DAQ software
- Dead time は TKO を基準に考えている。
 - TKO : $\sim 350 \mu\text{sec}$
 - その他の機器はこれより遅くならないように。
 - PMT/VME 系、MPPC/SiTCP 系 は達成可能
 - FADC に関してはスタディ中

環境モニタ

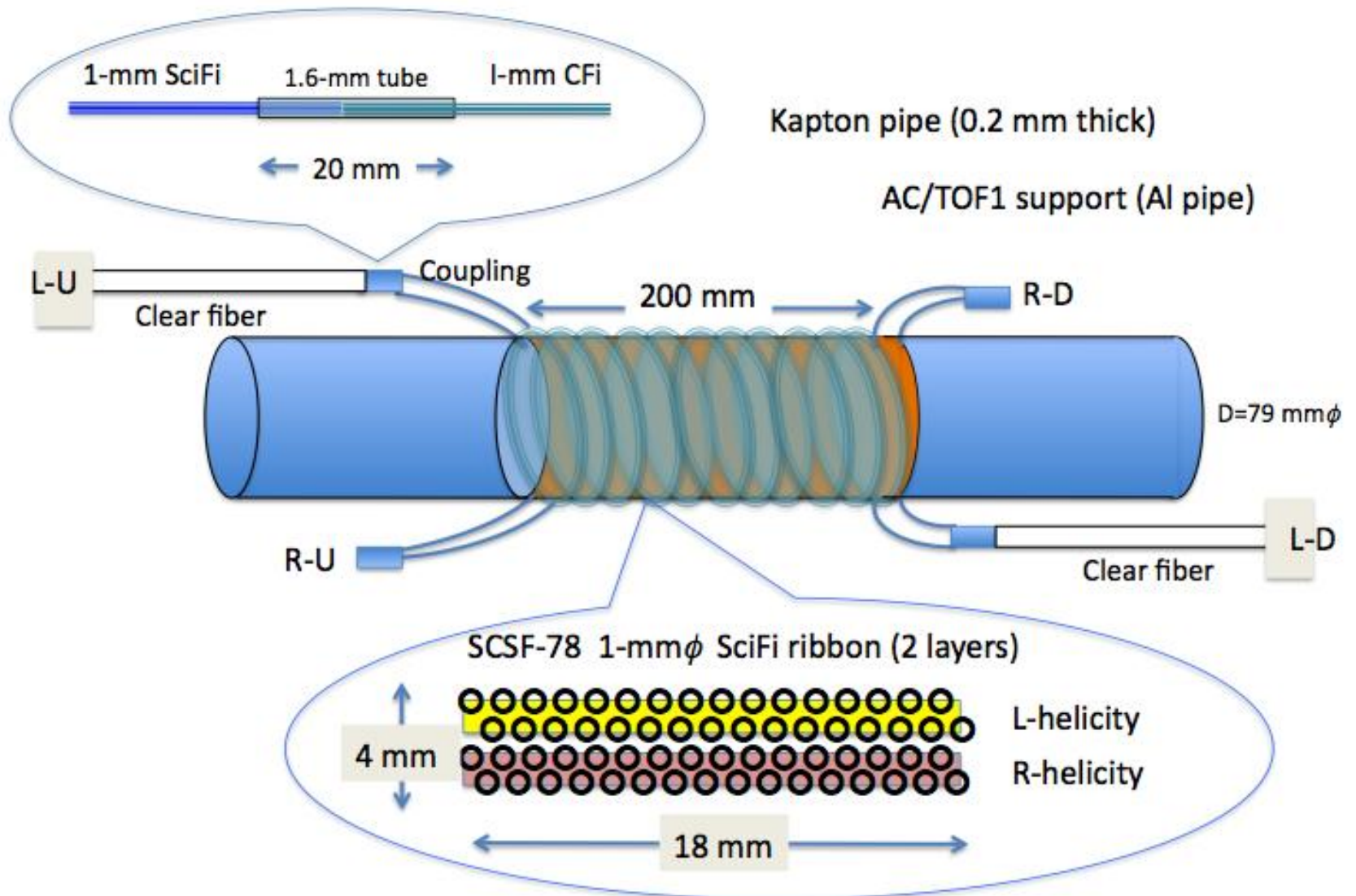
- MIDAS Slow control
 - MPPC 温度、湿度をモニタ



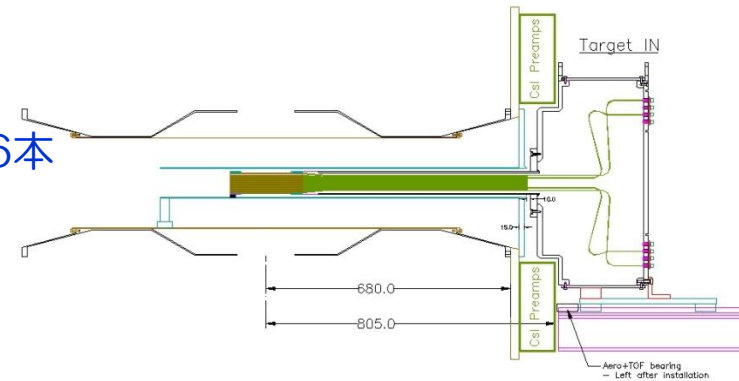
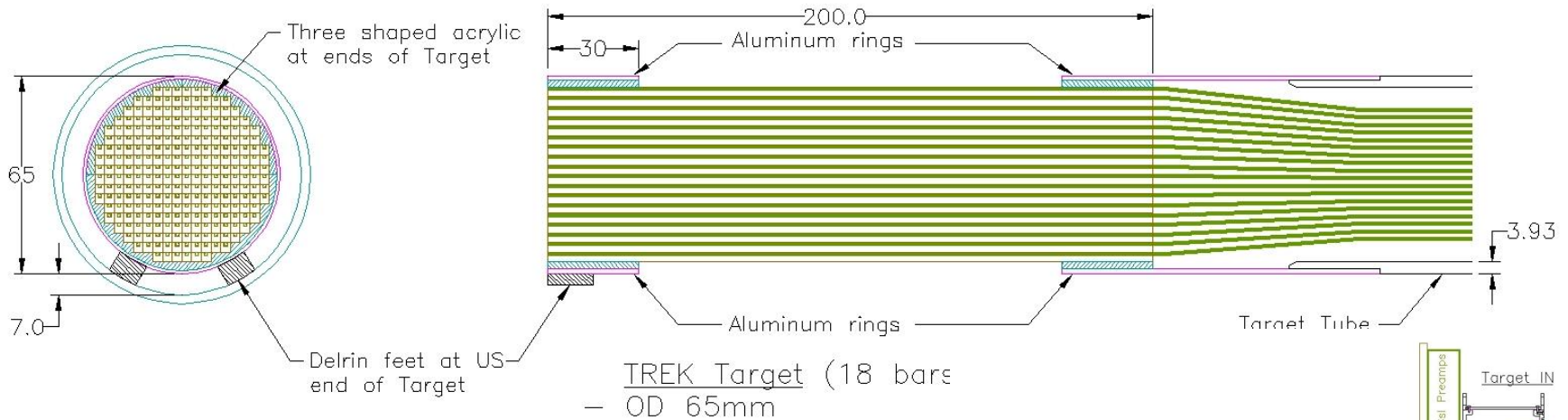
VF48



Structure of SFT

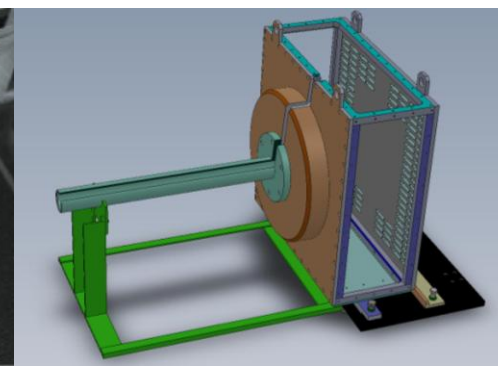
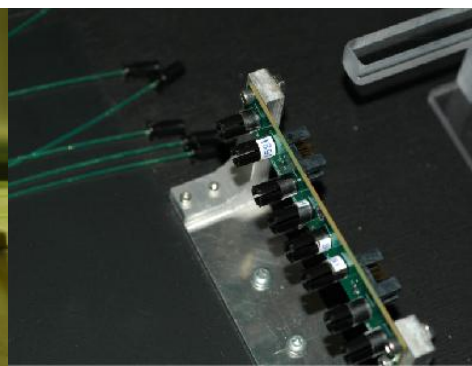
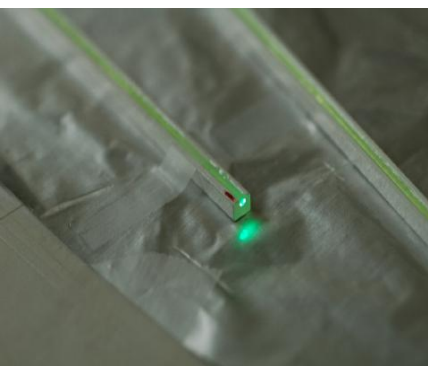


TREK アクティブターゲット



- 3mm x 3mm x 200mm シンチレーションバー 256本
 - バイクロンプラスチックシンチレーター + BC-620 白色反射塗装
- 波長変換ファイバーによる光伝送
 - クラレ Y11 (200) マルチクラッド 1mmφ 140 mm
- 小口径、細密化による位置測定精度の向上
 - エネルギーロスによる運動量分解能の悪化を削減。
 - 崩壊点からターゲットを通過した距離により補正を行う。
 - エアロジェルチェレンコフカウンターの場所を空ける。

- MPPC による読み出し
 - S10362-11-050C (400 pixel)



A Trigger/Tag Distribution System

- Category 5 cable x 2
 - MLVDS
 - Cable length : up to 50m
- Signals
 - Downstream:
 - Trigger1, Trigger2, Clear, Spill, reserve1
 - Upstream:
 - Busy, reserve2
- Serial link
 - Spill No. TAG 8bit
 - Event No. TAG 12bit

