

J-PARC E16 実験の回路

Satoshi Yokkaichi (RIKEN Nishina Center)

- experiment & requirement
- detectors
- developed circuits
- こまったこと
- summary

J-PARC E16 Collaboration

RIKEN S. Yokkaichi, H. En'yo, K. Kanno, W. Nakai,
F. Sakuma, T.N.Takahashi

KEK K. Aoki, R. Honda, Y. Komatsu, K.Ozawa,
R.Muto, Y. Morino, S.Sawada, H.Sugimura

U-Tokyo H. Murakami, T. N. Murakami

RCNP H. Noumi, K. Shirotori NiAS H.Hamagaki

Kyoto-U M. Naruki, D.Arimizu, S. Ashikaga, M. Ichikawa,
S. Nakasuga, N. Ogata, K.N.Suzuki, Y. Takaura

JASRI A. Kiyomichi BNL T. Sakaguchi

JAEA H. Sako, S.Sato Tohoku-U S.Kajikawa

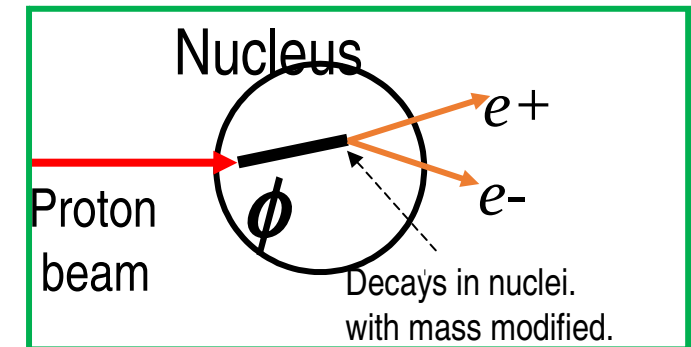
U-Tsukuba T. Chujo, S. Esumi, N. Ito, K. Tsukui, Y. Sudo,
S.Kyan, S.Asamizu

Hiroshima-U K. Shigaki, T. Kondo

Academia Sinica W.C. Chang, C.H.Lin, C.S.Lin, K. Nagai

J-PARC E16 : requirement for R/O

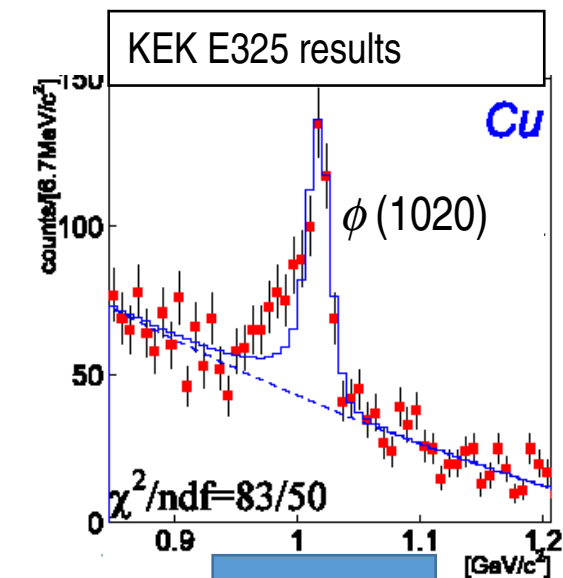
- E16 measure the e^+e^- decay of $\rho/\omega/\phi$ produced in 30-GeV $p+A$ (C, Cu, Pb, etc.) reactions.
- spectral change of mesons in nuclear matter theoretically predicted can be observed through the inside-nucleus decay of mesons.: signature of the chiral symmetry restoration in dense nuclear matter.



- e^+e^- pair : 低い Branching ratio: $Br(\phi \rightarrow e^+e^-) = 0.03\%$
- e-background をおさえるために薄い target
 - (0.5% radiation length \rightarrow $\sim 0.1\%$ interaction length)



- 統計をかせぐために
 - 大アクセプタンス検出器 : $\sim 100k$ channels
 - $1 \times 10^{10}/\text{spill}$ の大強度プライマリビーム
 - 10MHz interaction at targets
 - high hit-rate (from the target & beam halo & room bkg) upto 5 kHz/mm²
 - GEM detectors (Tracker & HBD)
 - » trigger signal



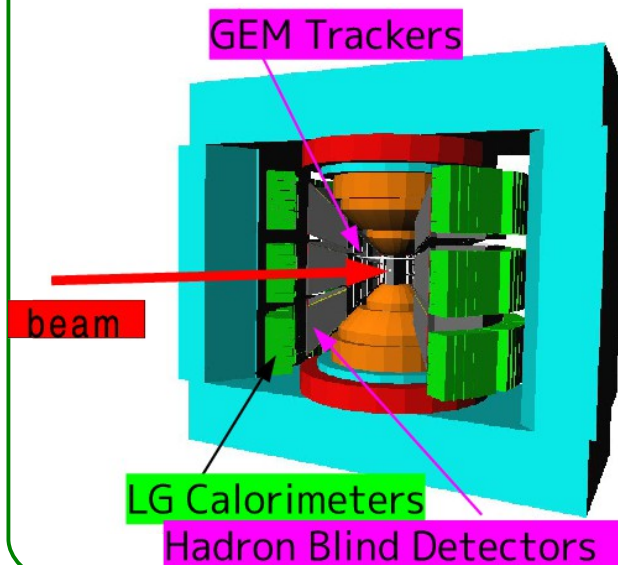
Higher statistics
Better resolution

J-PARC E16

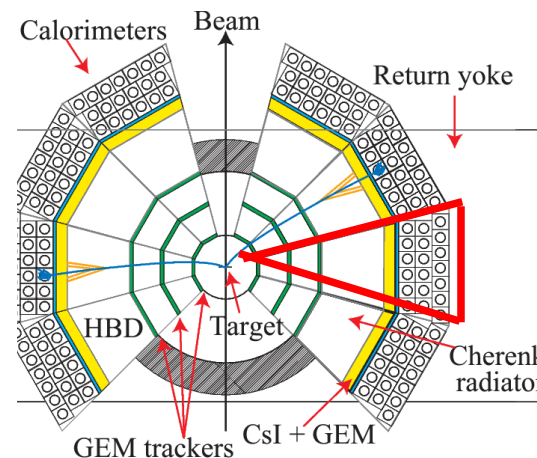
E16 Detectors & trigger

- Electron ID : Hadron Blind Detector(HBD) & lead glass EMC (LG)
- Tracking : GEM Tracker (3 layers of X&Y) / SSD (1layer of X, most inner)
- Trigger for ee pair
 - e-candidate (LG*HBD*GTR) x2, with large opening angle ($> \sim 60$ deg).
 - bkg w/ small opening angle : γ -conversion, combinatorial
 - ~ 1 kHz

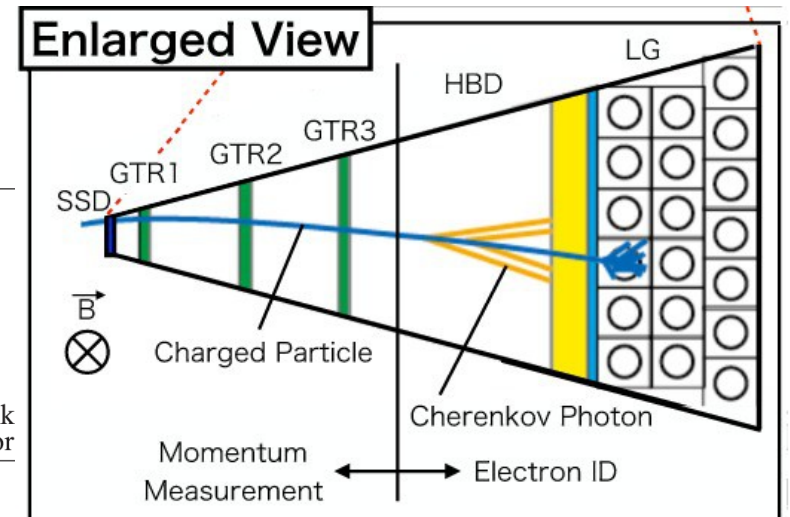
Proposed Spectrometer



Plan View



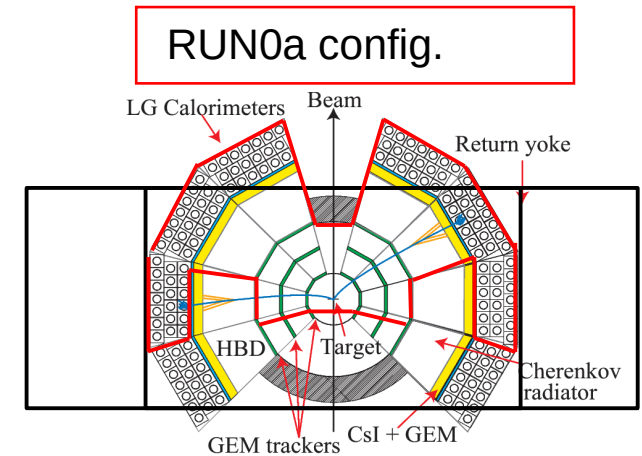
etector modules



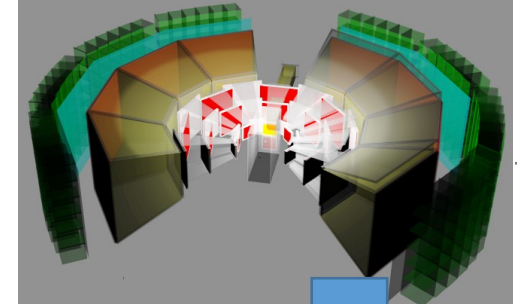
Staging strategy

- **RUN 0 -- 2020** -- 320 hours, C/Cu targets
 - Beamline / Detector commissioning + cross section
 - Prove that the E16 spectrometer works under the huge bkg.
 - **6 (SSD) + 6 (GTR) + 4 (HBD) + 6 (LG) in 2020/Jun. :Run0a**
 - **6 (SSD) + 8 (GTR) + 6 (HBD) + 6 (LG) in 2021/Jan. : Run0b**
- **RUN 1 -- 2022:** -- 1280 hours , C/Cu targets
 - Physics run
 - **8 (SSD) + 8 (GTR) + 8 (HBD) + 8(LG)**
 - Physics data taking. 15k of phi mesons
 - **Secured only 6-8-6-6**
 - To obtain new SSD, collaboration w/ CBM has been started.
- **RUN 2** -- 2560 hours, C/Cu/Pb targets
 - Physics run to accumulate more statistics to approach the slowest mesons, with various targets.
 - **26 (SSD) + 26 (GTR) + 26 (HBD) + 26 (LG)**

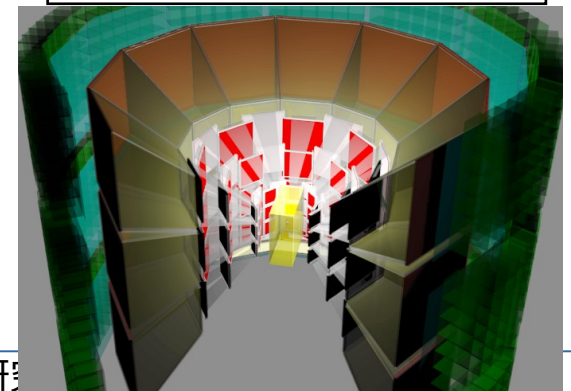
← Now



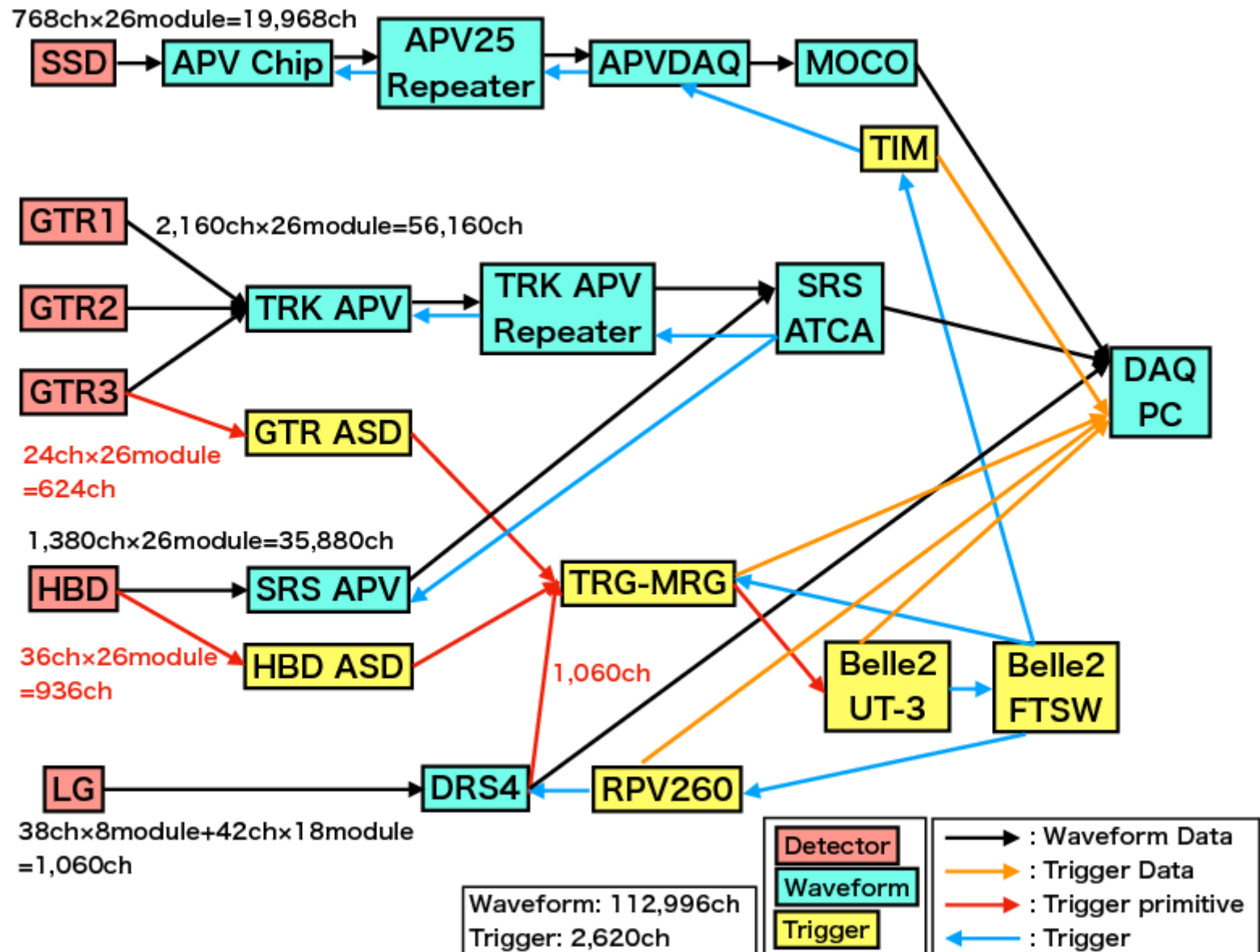
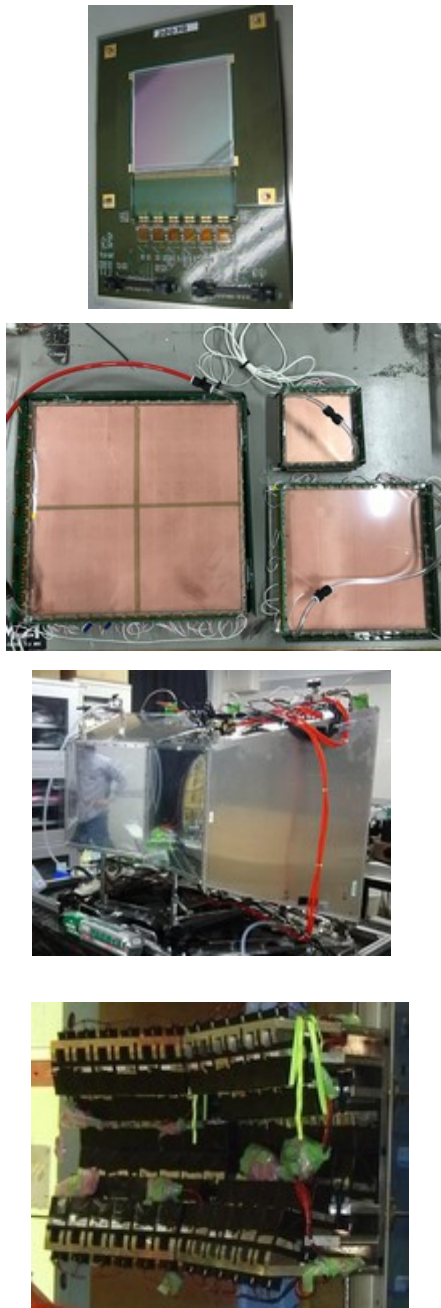
RUN 1 (8 modules)



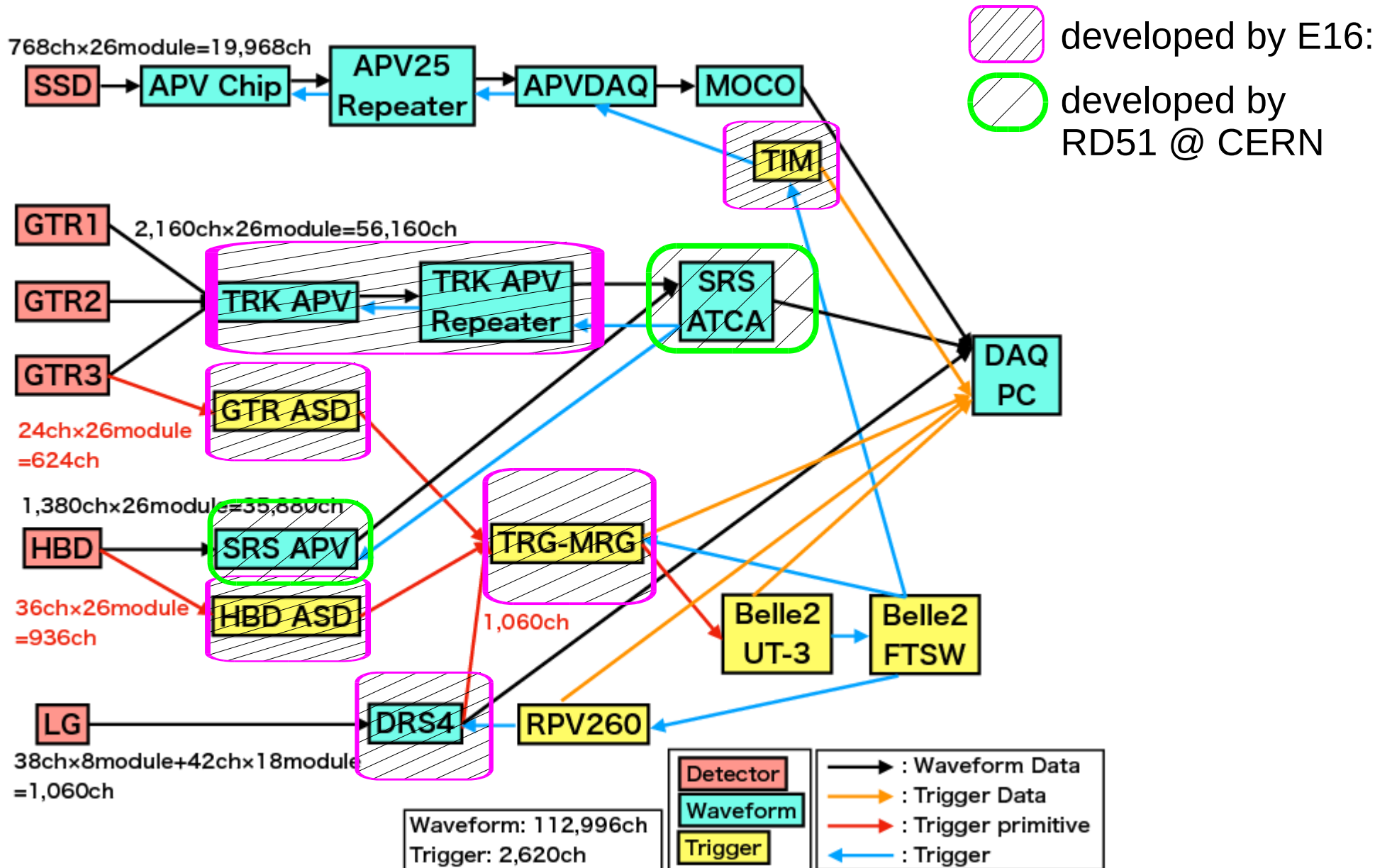
RUN 2 (26 modules)



data collection and trigger data flow



development



開発の方針

- 全体方針： 2011 T.N.Takahashi
 - GEM (GTR,HBD) 読み出しには CERN RD51 の SRS
 - » HBD の preamp は RD51 製 APV preamp card を使い、 space factor を稼ぐため GTR の preamp は RD51 を参考に自作
 - LG 読み出しには DRS4 を使った FADC : pile up under the high rate
 - » trigger レイテンシ $2\mu\text{s}$ 以内はここできまる
 - Trigger Logic 生成に Belle2 UT3, trigger distribution には Belle2 FTSW
 - » 2000ch 以上の trigger primitive の整理に merger board を作る
 - 回路系は全て実験エリアにおく
- この時点では SSD がなかった。
 - 2016 年導入決定
 - 最初は J-PARC E07 グループより一式借用でしのご (FEM は APVDAQ)
 - 将来は CBM-SSD (w/ FEM) を導入

development

-
- TRK-APV 256ch preamp card with APV25s2 chip (Nakai/Takahashi)
- GTR-ASD card 24ch with ASIC (Obara/Murakami/Kondo)
- HBD-ASD card 9ch (discrete) (Susuki/Kanno)
- DRS4 16ch FADC module (Takahashi/Honda)
-
- GTR-ASD slow control board (Takahashi)
- TRG-MRG (Trigger-Merger) module (Takahashi/Kawama/Ichikawa)
- TIM (W.C.Chang, C.S.Lin (Academia Sinica))
- publications
 - IEEE TNS 66, 2022 (2019)
 - J.Phys.:Conf.Ser.(JPCS), 664, 082053 (2015)
 - J.Phys.:Conf.Ser.(JPCS), 664, 082043 (2015)
 - J.Phys.:Conf.Ser.(JPCS), 664, 082016 (2015)

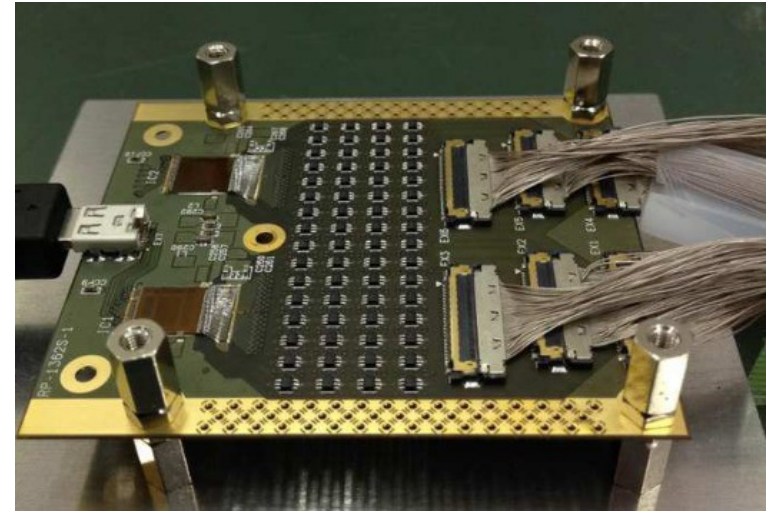
with Open-It

TRK-APV

9

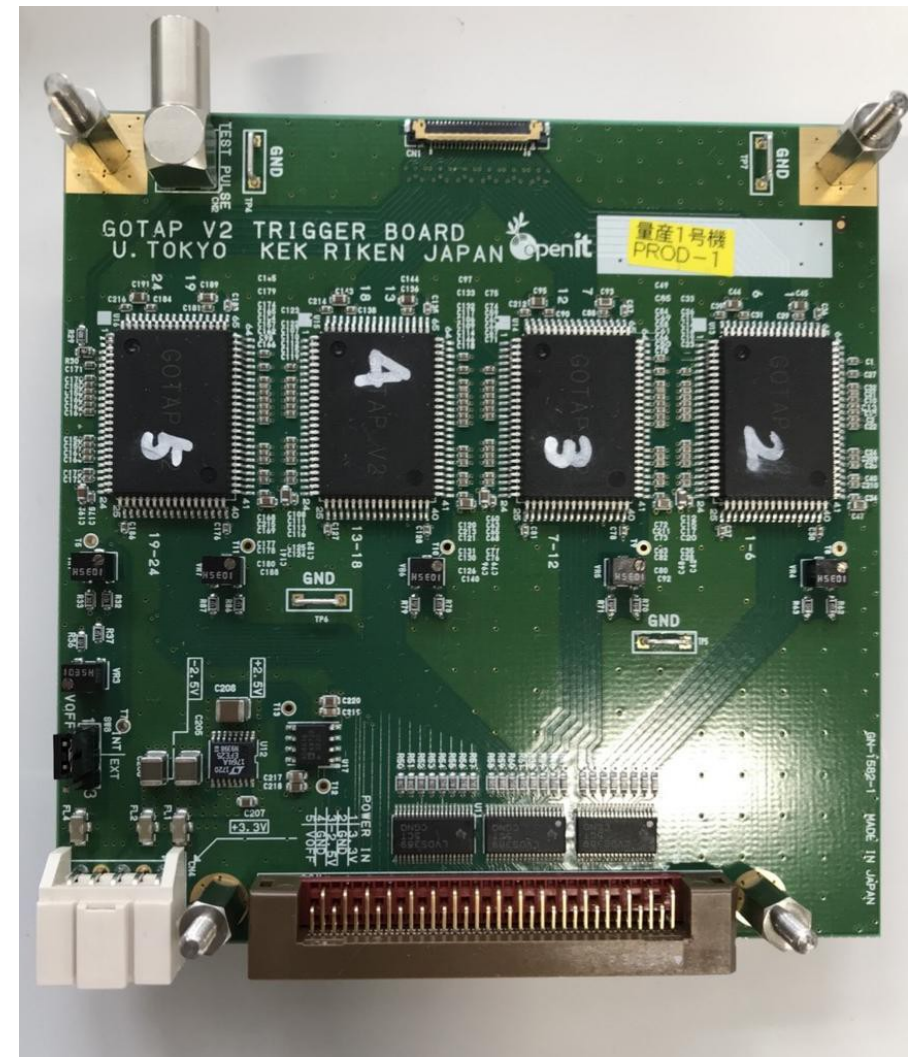
51mm x 65 mm

- GTR の strip 信号よみだし
 - X:350 μ m/Y:1400 μ m ピッチの strip
 - 2160ch for 1module (set of 100/200/300)
 - 放電保護回路
- input :KEL -XSL 48ch x6 (0.25mm pitch)
- output: HDMI-D (SRS の規格にあわせて)
-
- 狭いところに入れる :
 - APV chip を 2 個のせる :RD51 の 2 倍
 - 9 枚 /module 



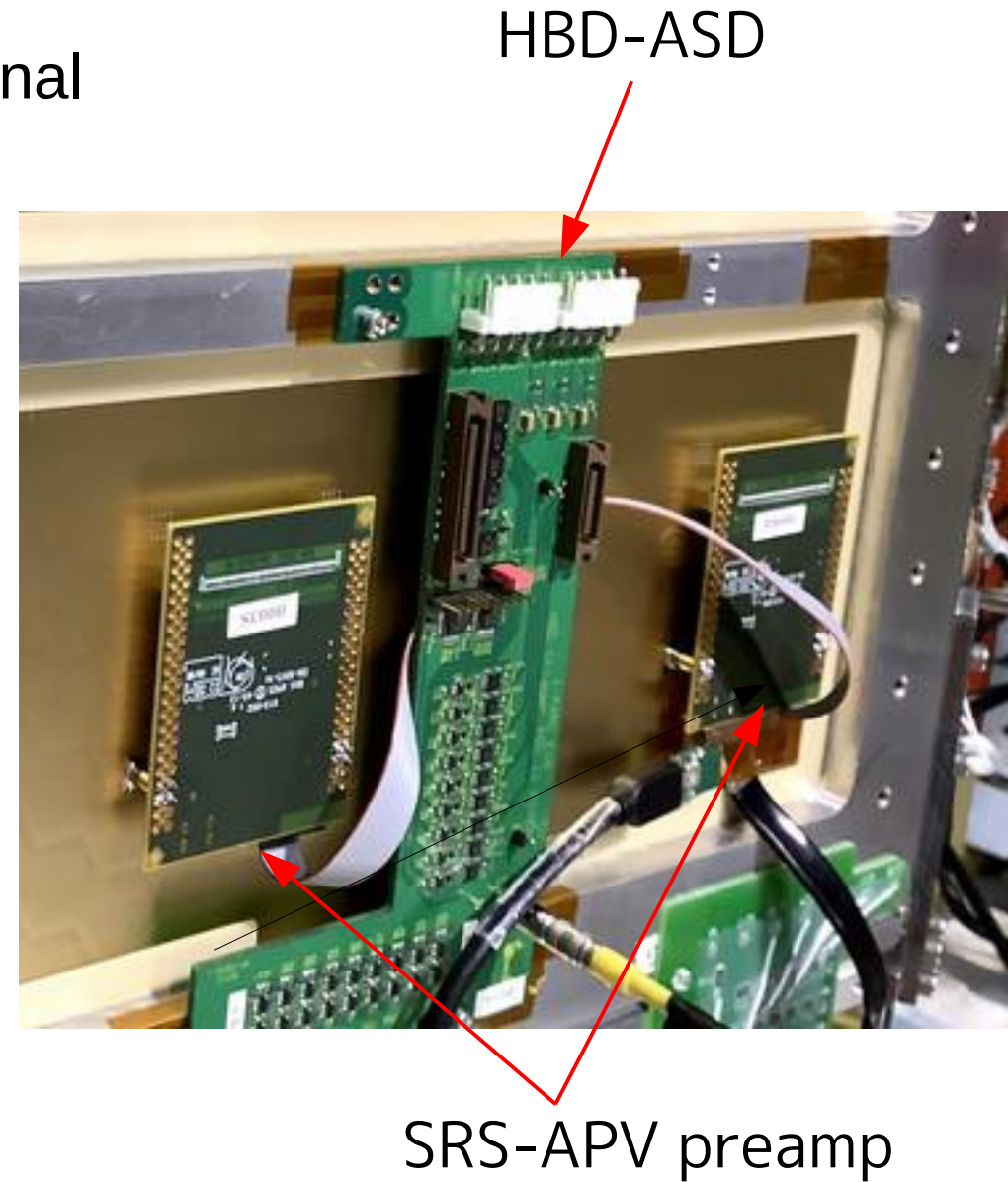
GTR-ASD

- GEM foil 最終段からの trigger signal
 - 300x300 を 24 分割 : 24ch board
 - 入力容量 2nF
 - single rate 1MHz
- ASIC 製作 : 6ch
 - low noise, small space
 - MXIC 0.5 μm Mixed-Mode 5V 1P5M PIP Capacitor Process



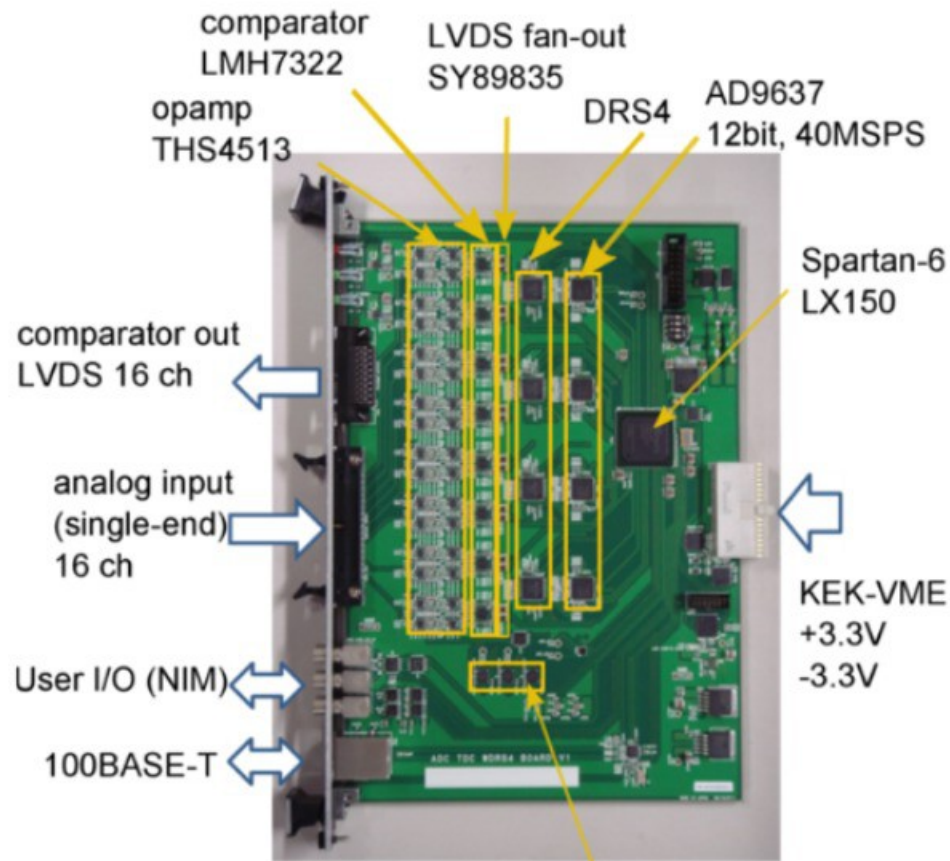
HBD-ASD

- GEM foil 最終段からの trigger signal
 - 300x300 を 9 分割 :9ch/board
 - 入力容量 5nF
 - single rate 1MHz(π) \sim 10kHz(e)
- discrete で製作 :
 - HBD 背面 : 比較的場所に余裕

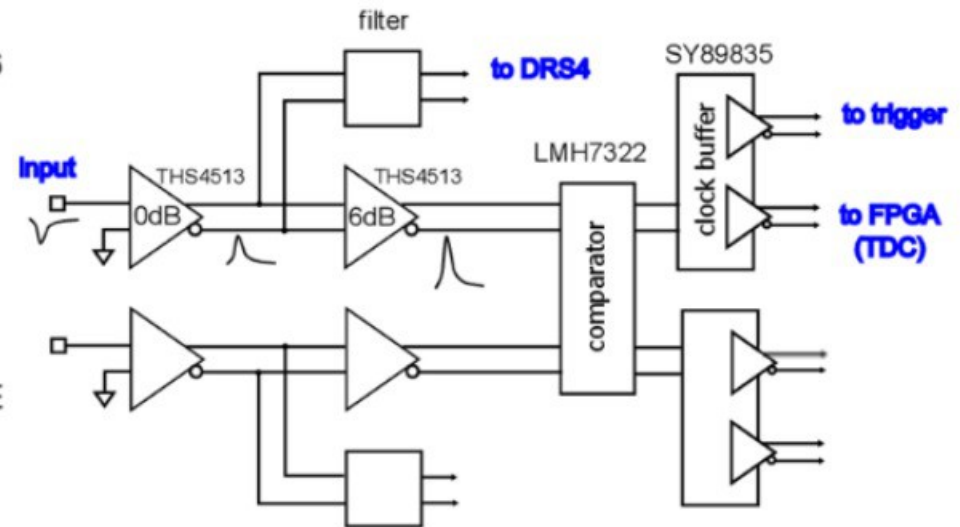


DRS4

- LG の ADC : discrri を出せる FADC
 - DRS4 chip のくせを理解して firmware を書くのに苦労 (Takahashi)



(a) Photo of LG-FEM.

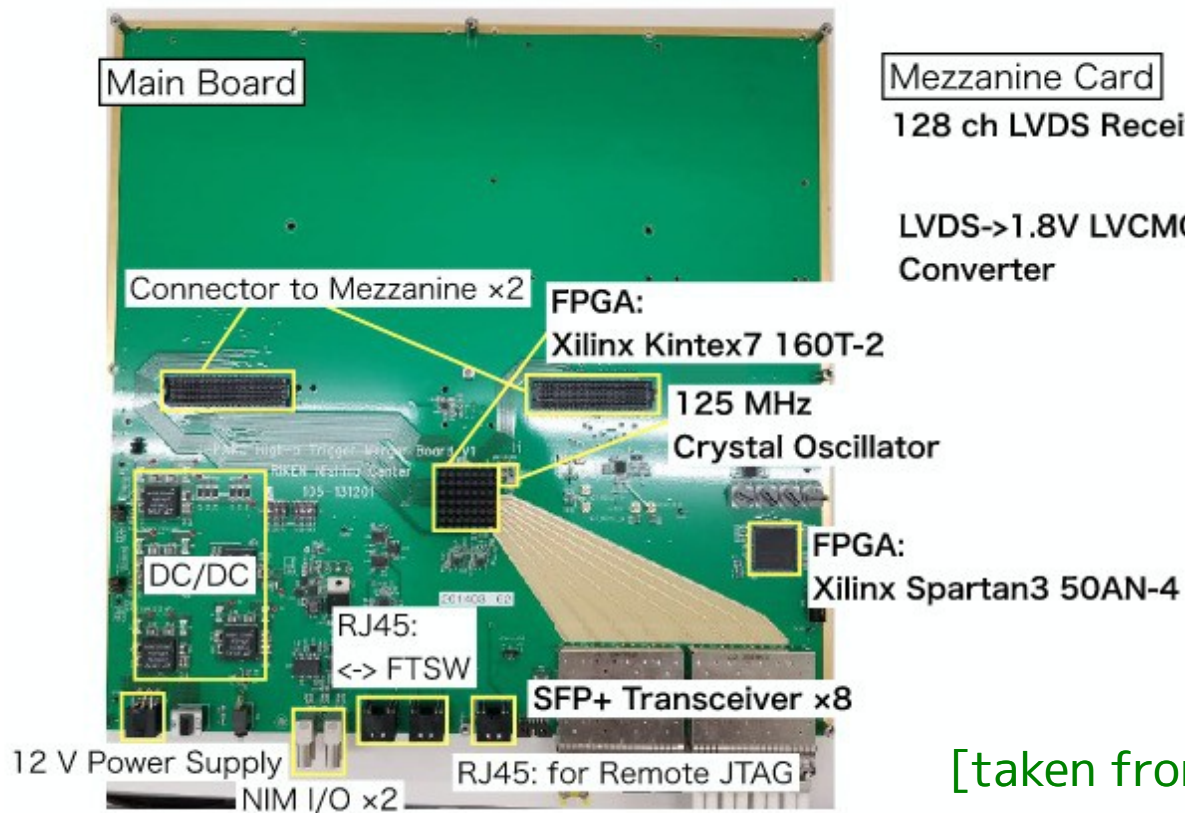


(b) Block diagram of the amplifier and discriminator part of LG-FEM.

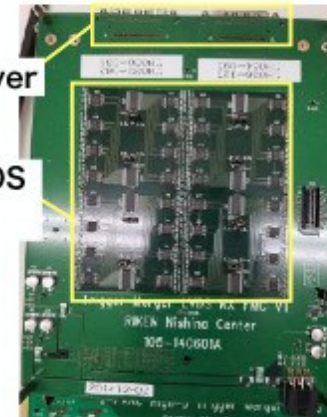
[taken from J.Phys:Conf.Ser 664, 082016]

TRG-MRG

- trigger primitive をシリアライズして UT3 へ
 - 入力用 mezzanine board 2 枚をのせる



Mezzanine Card
128 ch LVDS Receiver
LVDS->1.8V LVCMOS
Converter



[taken from IEEE TNS/arxiv 1806.10671]

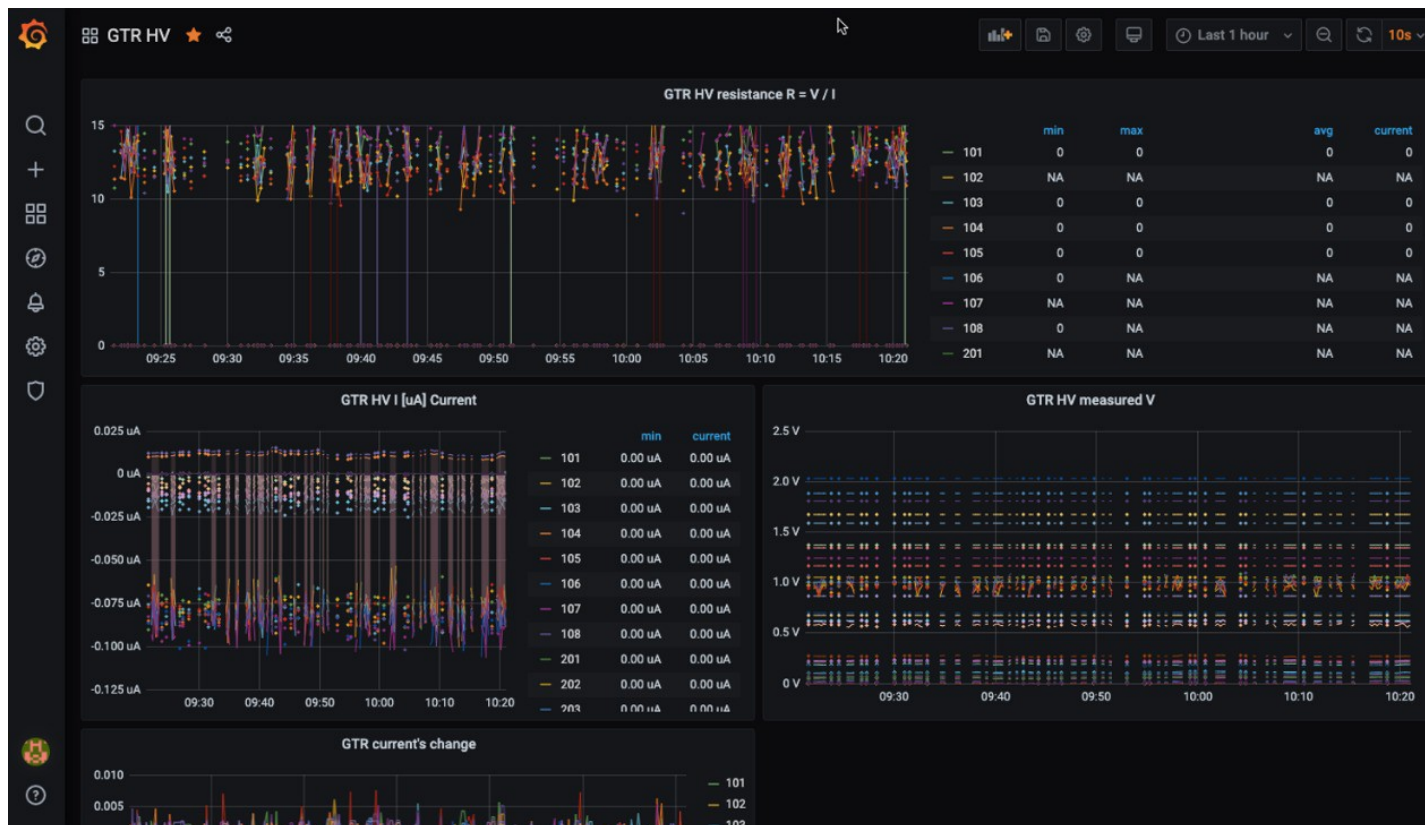
SRS

- Scalable Readout System, developed by CERN RD51
- 最初は VME 規格のボード
 - firmware あり
- ATCA 規格のボード
 - しかし bus は電源供給だけ, I/O は光と HDMI
 - firmware 要改造 (Takahashi)
- 6144 ch / blade = APV 256ch (1 HDMI cable) x 12 x 2 mez.



Monitoring: prometheus 他

- magnetic field (hole probe) : by wget
- gas monitor
 - plot by MRTG
- iseg HV module: by SNMP/prometheus
 - plot by Grafana



こまったこと

• DRS4 モジュールの初期不良

- 2018 年度製作の 12 枚より
 - 部品がまちがってる。ハンダ付けがいいかげん。discr1 が出ない。波形がおかしい。
 - 2012 年度が最初。2016 年度 5 枚が OK
 - 2019 年度の 5 枚は OK(他グループ)、2020 年度 5 枚はダメ

• GTR-ASD ASIC の歩留まり (とプロセス終了)

- 2014 年度の版で完成
- 2017 年度 90 枚量産、検査して歩留まり～ 50%
 - よいものを使って board (ASIC4 枚使用) 製作 : 歩留まり 9/12 : digital out 出ない ch あり
- 2019 年度末 60 枚量産 (歩留まり 75%) board 歩留まり 6/10
- その直後にプロセス終了のおしらせ
 - Run1 には足りるが少し増やすには足りない。新作は間にあわない : 100 枚追加。
- 今後モジュールの部品など品切がどの程度あるのか ...
 - APV25 chip がそもそもディスコン : これは最初に買いだめした

こまったこと (2)

- SRS-ATCA モジュールの初期不良 (... ではなかった。)
 - 理研で輸入した : 修理のためドイツに送り返すのが面倒 : 貿易管理
- iseg HV モジュール / Wiener Mpod
 - 初期不良 : 1 台 / 17 台 : 送り返すのは REPIC 経由なので楽
 - mpod のコントローラのひとつの制御が switch 越えできなかった : firm 古かった。
- UT3 FPGA(Vertex6 V6HX565T) のコンパイル :
 - サイズがおおきいのかコンパイル不能が頻発
 - error message に対してサポートがいまいち
 - 6 モジュールでこれでは、将来 1 枚では不可能 : 多段化 ?

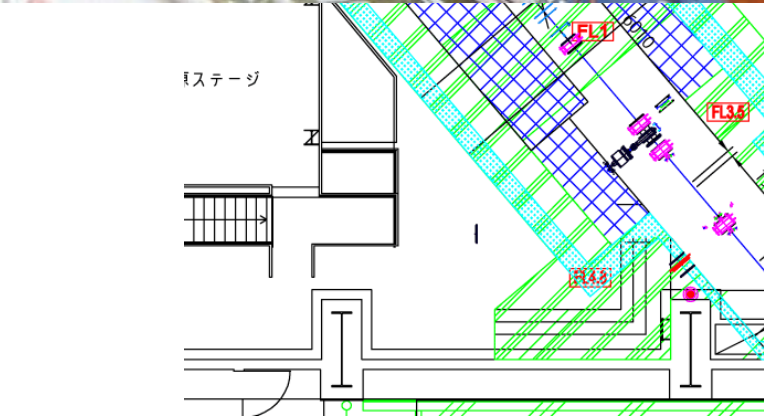
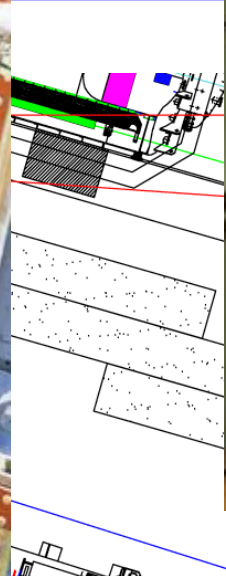
Summary

- J-PARC E16 will measure the spectral change of vector mesons in nuclei with the ee decay channel, using 30-GeV primary proton beam.
 - confirm the observation by E325 and obtain more precise information of the spectral change of vector mesons in dense nuclear matter.
- Run0a (2020/June)
 - 1st commissioning run
 - » 6 SSD + 6 GTR + 4 HBD + 6 LG
 - おかげさまで一通り動きました。検出器も回路も。
- Run0b (2021/Jan.) にむけて準備中

Backup slides...



ental a



experimental area

