

RCNP WSコースDAQの 現状と展望



大阪大学 核物理研究センター
小林 信之



コンテンツ

イントロダクション

- 自己紹介
- RCNPサイクロトロン実験施設
- WSコース (グランドライデン&LAS)

現状、課題

- WSコースDAQ (TamiDAQ)
- 回路類のディスコン

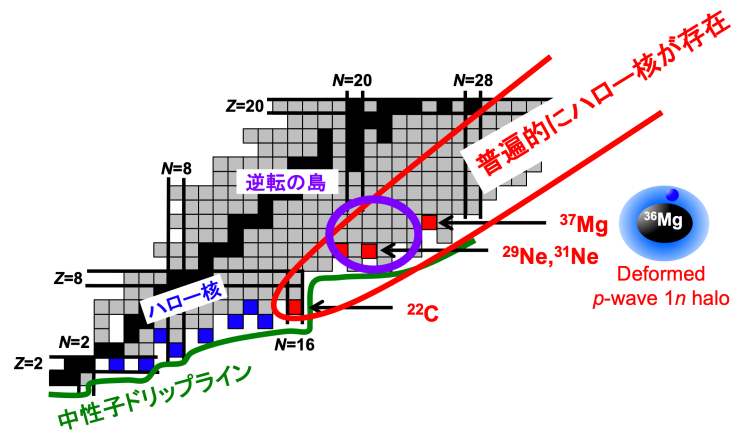
展望

- NestDAQ導入
- サイクロ実験用/汎用DAQテストベンチシステム
@ RCNP データ収集基盤室

自己紹介: E1応答による核構造研究

RIKEN RIビームファクトリー

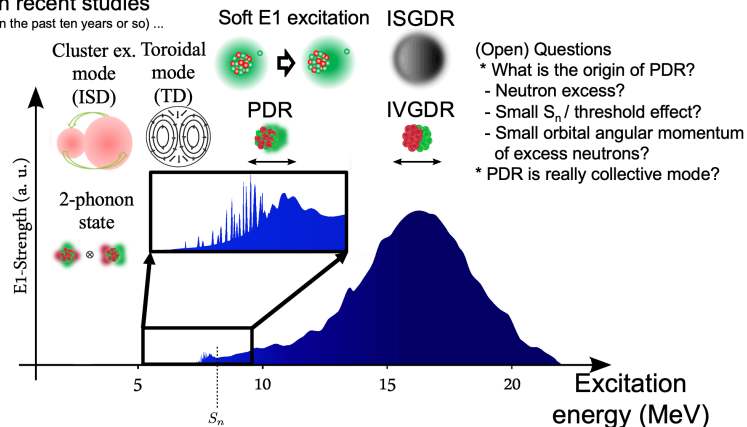
- 中性子ハロー核
- 馬場氏開発DAQ (Babirl) のユーザー



阪大 RCNP

- ^{208}Pb ピグミー共鳴
- グランドライデン & LAS メンテナンス
- SPADI-A、データ収集基盤室 参加

In recent studies
(in the past ten years or so) ...



核物理研究センター サイクロロン実験施設

- リングサイクロトロン

1991年稼働

陽子 392 MeV, ^{40}Ar 52 MeV/u

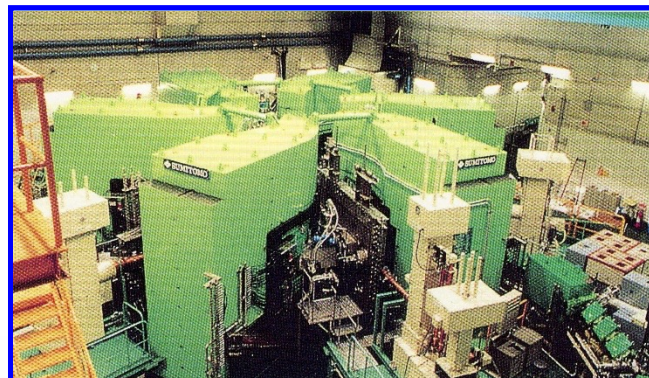
- AVFサイクロトロン

1973年稼働

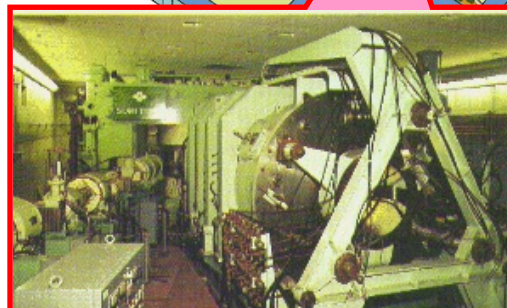
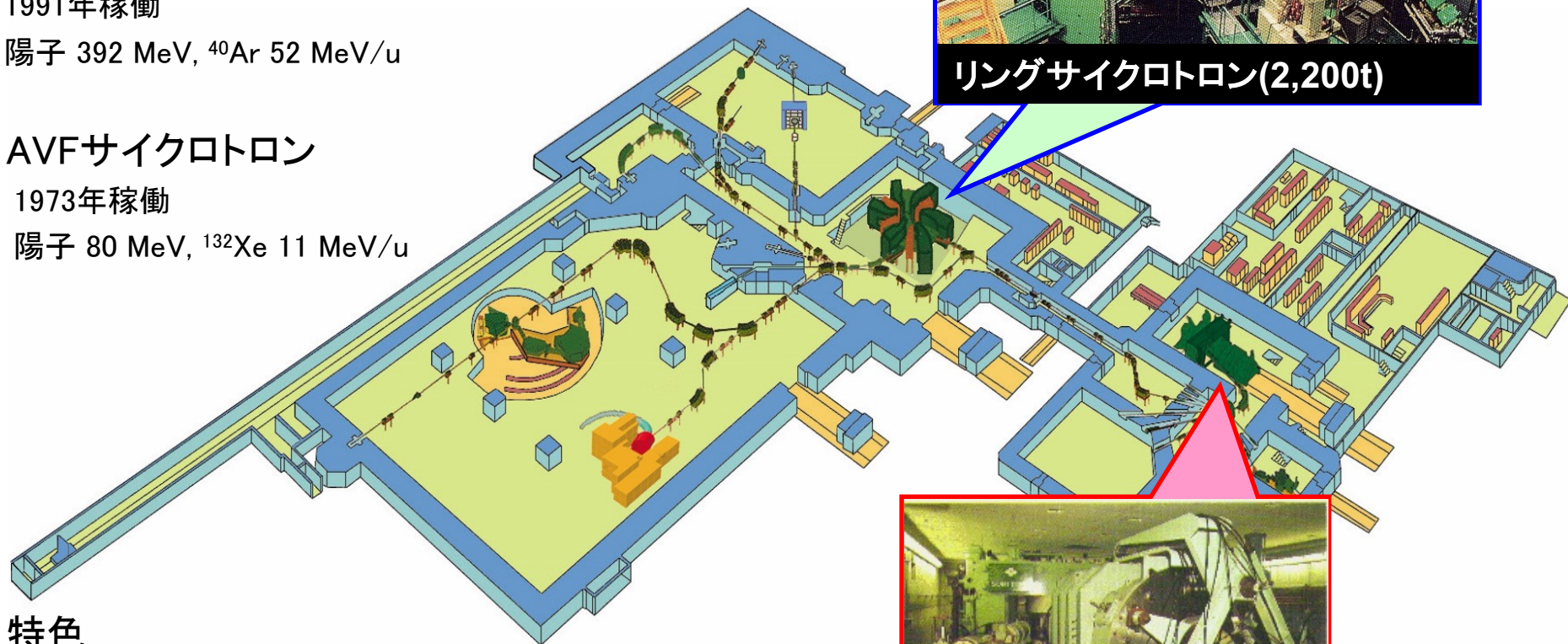
陽子 80 MeV, ^{132}Xe 11 MeV/u

- 特色

- 大学附属で最大のサイクロロン
- 世界最高品質の加速性能

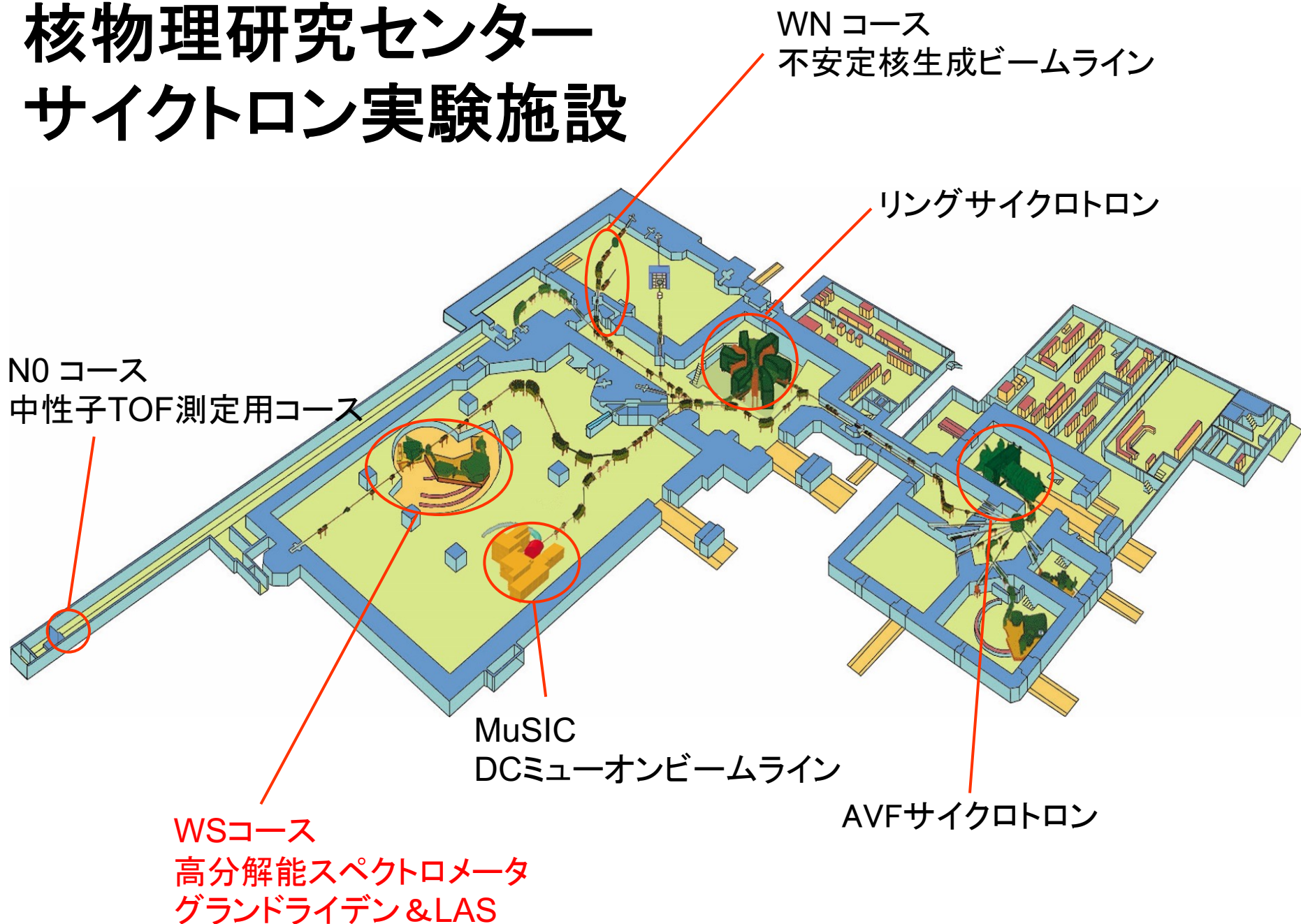


リングサイクロトロン(2,200t)

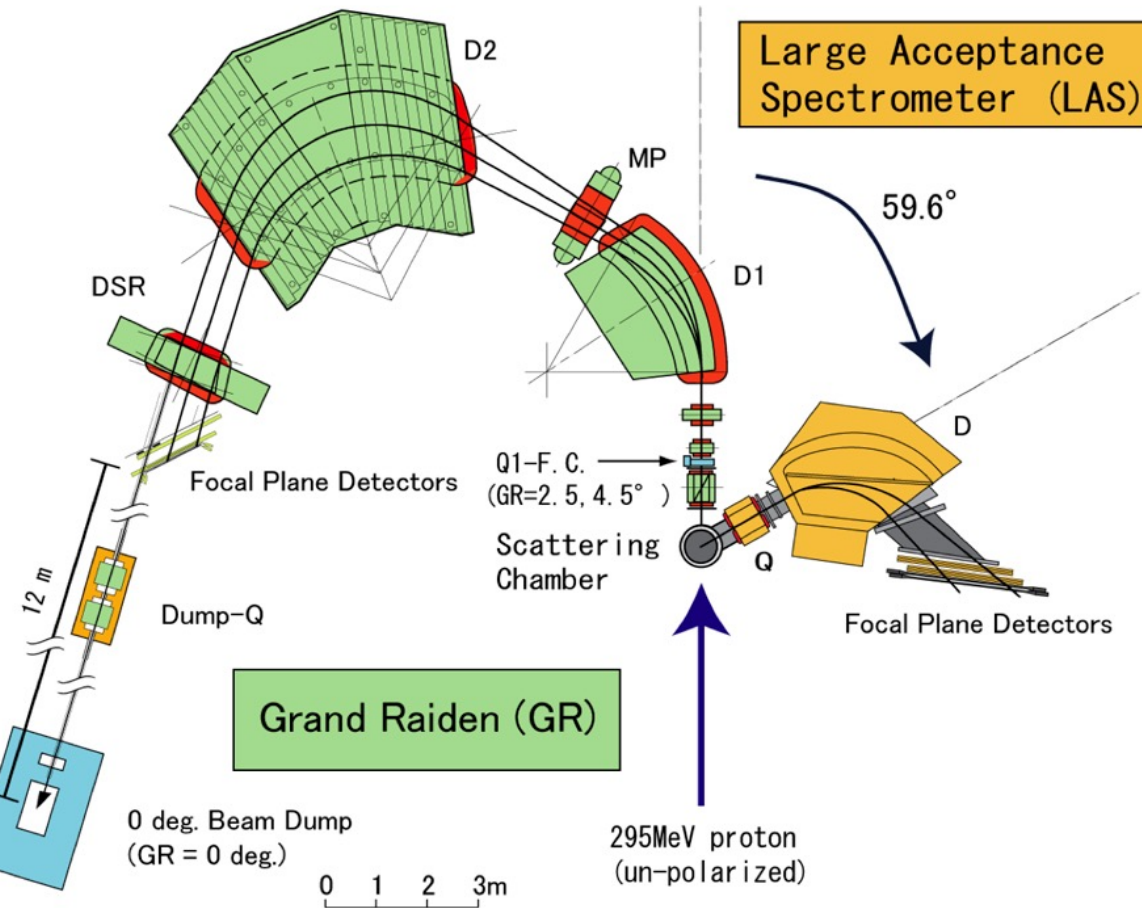


AVFサイクロトロン(450t)

核物理研究センター サイクロtron実験施設



グラウンドライデン & LAS



- GRのみ (p, p') , $(^3\text{He}, t)$, (a, a') , etc...
- LASも使う $(p, 2p)$, (p, pa)
- 1991年より稼働
- 多くの物理データを取得

Grand Raiden

Configuration: Q-SX-Q-D-D

Mom. Res.: 1/50,000

Solid angle acc.: ~4 msr

Momentum acc.: 5%

Angle: 0-70 deg.

Bending Power: 5.4 Tm

Magnetic field: 1.8 T

Dispersion: 15.4 m

(p, p') E Res.: 16keV@392MeV

LAS

Configuration: Q-D

Mom. Reso. : 1/5,000

Solid angle acc.: ~20 msr

Momentum acc.: 30%

Angle: 0-130 deg.

Magnetic field:

Bending Power: 3.22 Tm

Magnetic field: 1.61 T

Dispersion: 2 m



稼働実績 (FY2018を例に)

276 hours E404 T. Kawabata et al.
120 hours E462 U. Garg et al.
24 hours CAGRA dev. I. Eiji et al.
36 hours Beam dev. et al.
48 hours E492 S. Kanatsuki et al.
48 hours Beam dev. (p-pol-65) et al.
300 hours E483 Y. Watanabe et al.
168 hours E413 T. Wakasa et al.
72 hours E377 PvNC et al.
156 hours E422 PvNC et al.
48 hours E492 S. Kanatsuki et al.
96 hours E442 K. Sekiguchi et al.
168 hours E461 T. Aumman et al.

Total: 1560 hours (65 days)

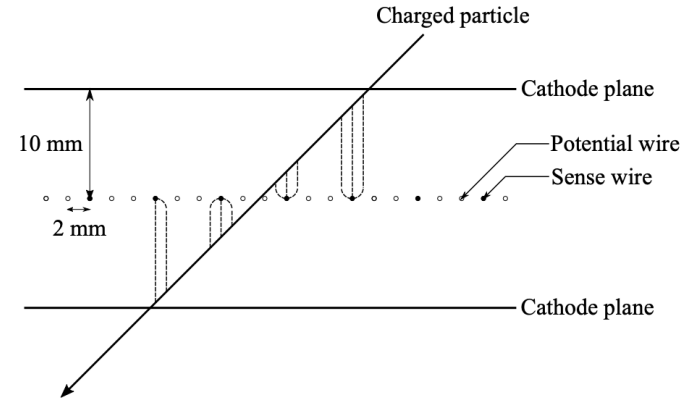
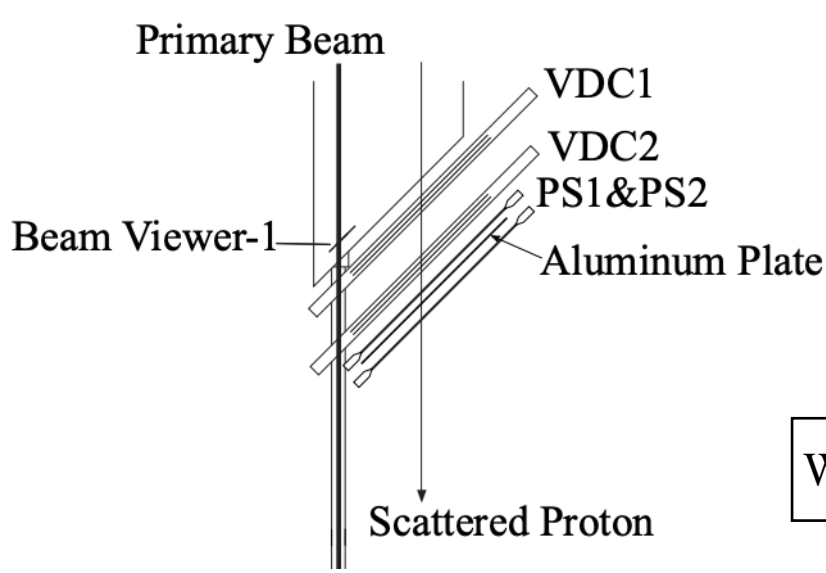
- 年間 10-15 件程度の実験
- ビームタイム: 1 週間/実験
- 実験(直前)準備: 1 - 2 週間/実験
- **GRのみ使用の標準セットアップ**
の実験が多い
- ユーザー持込の検出器がある場合も

- 標準セットアップはあまりいじらない
- ユーザー持込の検出器は
スクラップ & ビルド
- ユーザー持込検出器の **DAQ** は実験毎に
組み込み方を検討
- 新規開発の時間がない、メンテナンスで手一杯

GR & LAS 焦点面検出器

位置検出器: MWDC (Vertical Drift Chamber (VDC))

Trigger カウンター: プラスチックシンチレータ → TOF, PID



GR VDC wires: 800 wires

(X1: 192 wires, U1: 208 wires, X2: 192 wires, U2: 208 wires)

有感領域 1150 x 120 mm²

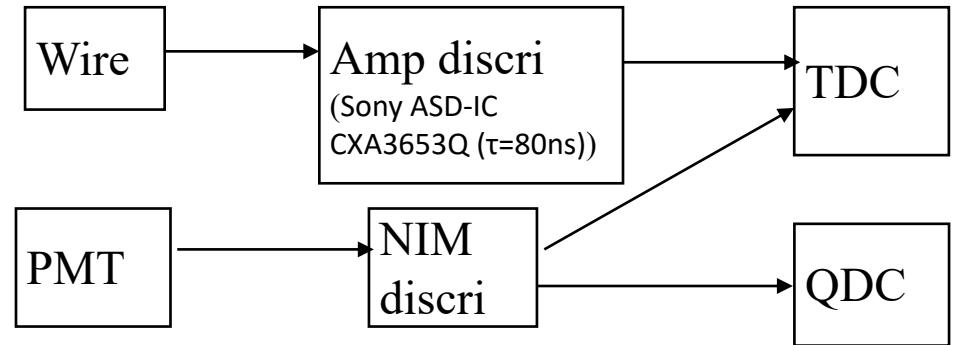
LAS VDC wires: 1578 wires

(X1: 272 wires, U1: 256 wires, V1: 256 wires
X2: 272 wires, U2: 256 wires, V2: 256 wires)

Plastic scintillator

GR channel: 4 – 8ch

LAS channel: 12ch



陽子のスピン測定のため、
下流にMWPCがある
→ 2nd Level triggerを発行し、Fast clear
(最近は使用なし)

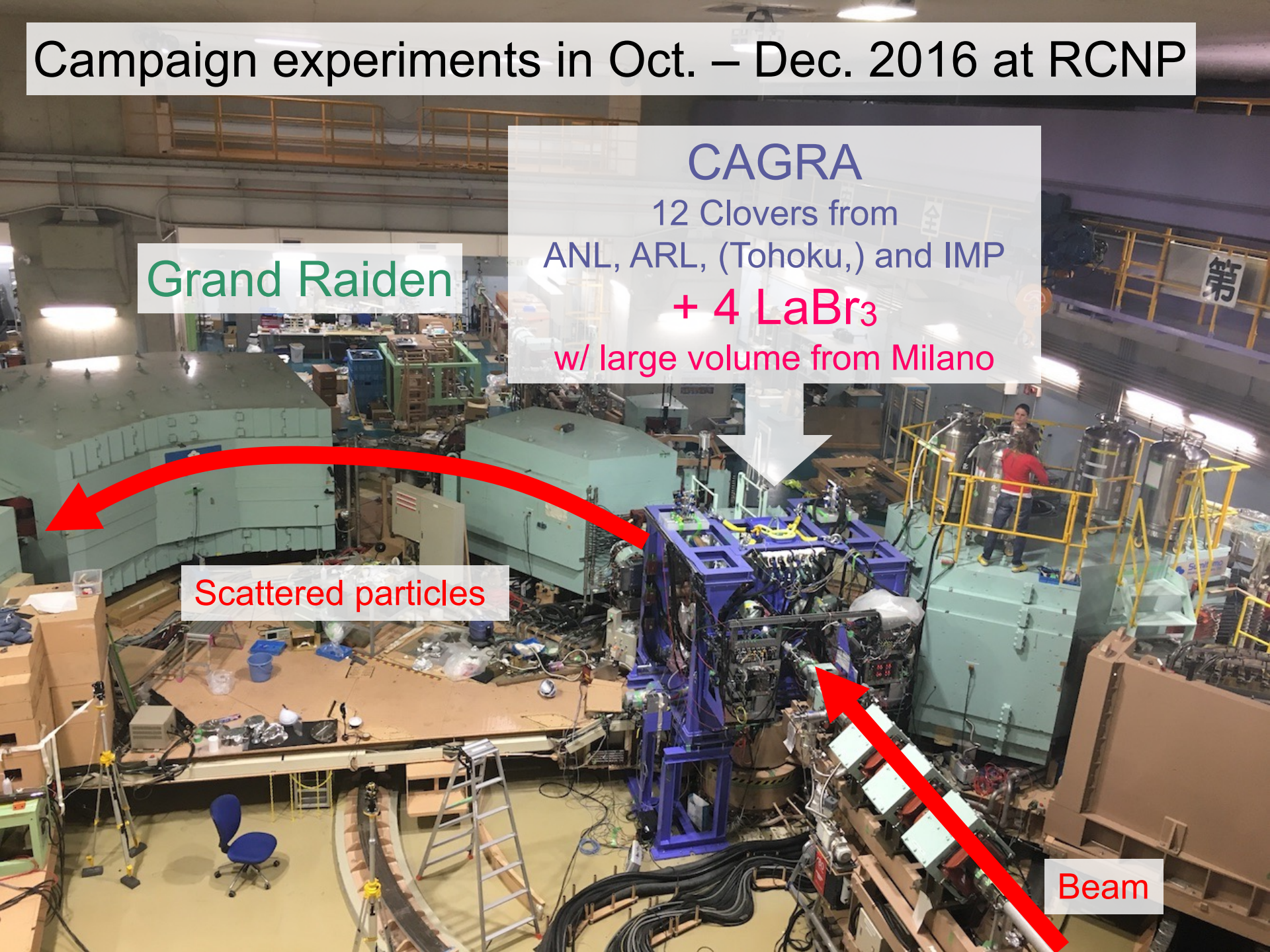
Campaign experiments in Oct. – Dec. 2016 at RCNP

Grand Raiden

CAGRA
12 Clovers from
ANL, ARL, (Tohoku,) and IMP
+ 4 LaBr₃
w/ large volume from Milano

Scattered particles

Beam



Campaign experiments in Oct. – Dec. 2016 at RCNP

Grand Raiden

CAGRA

12 Clovers from
ANL, ARL, (Tohoku,) and IMP

+ 4 LaBr₃

w/ large volume from Milano

Beam time

1. Structure of the PDR via $(\alpha, \alpha'\gamma)$ and $(p, p'\gamma)$:
31 days
 2. Inelastic ν -nucleus response: 5 days
 3. Super-deformed states, High-spin states:
9 days
- In total 45 days

Participants

from abroad: 9 countries, 15 institutes,
43 people
from Japan: 19 people

Data analysis is in progress at 5 institutes
Regular meeting is held every month

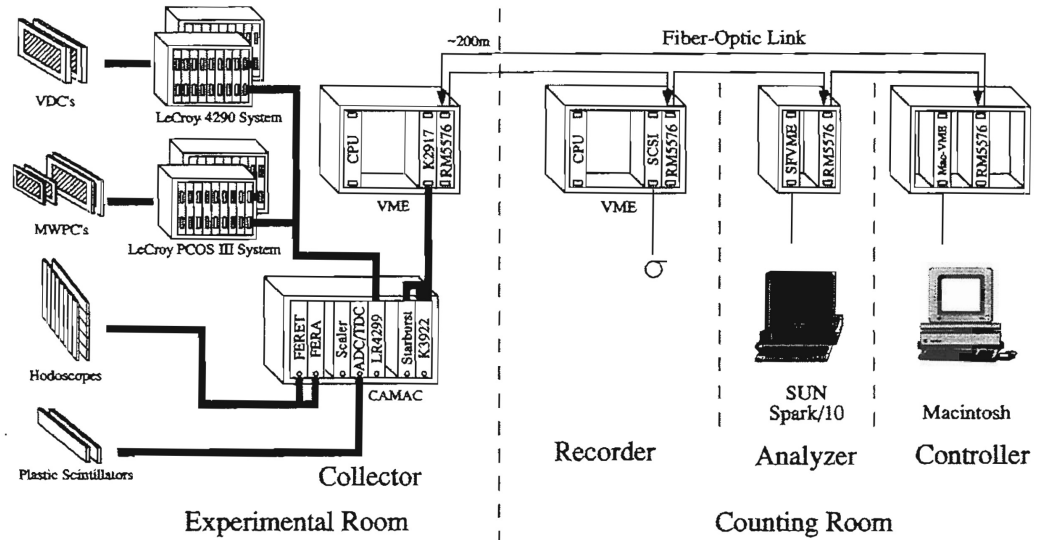
その他ユーザー持込検出器

- ✓ LaBr₃ detectors ~ 10-30 ch
→ Mesytec QDC & CAEN V1190A TDC
- ✓ Si strip detector ~ 200 ch
→ Waveform digitizer (CAEN V1730 16ch 14bit, 500 MS/s)
- ✓ Plastic scintillator array ~10-30 ch
→ Mesytec QDC & CAEN V1290 TDC
- ✓ MWDC
→ 林栄 ASD (SONY CXA3653Q $\tau=80\text{ns}$) & CAEN V1190A TDC

etc...

WS course DAQ (TamiDAQ)

- 民井氏開発の GR & LAS 用 DAQ (C 言語)
- ネットワーク分散型 / common trigger
- Multi event buffering
- 当初はCAMAC/VME → 完全 VME へ徐々に移行中

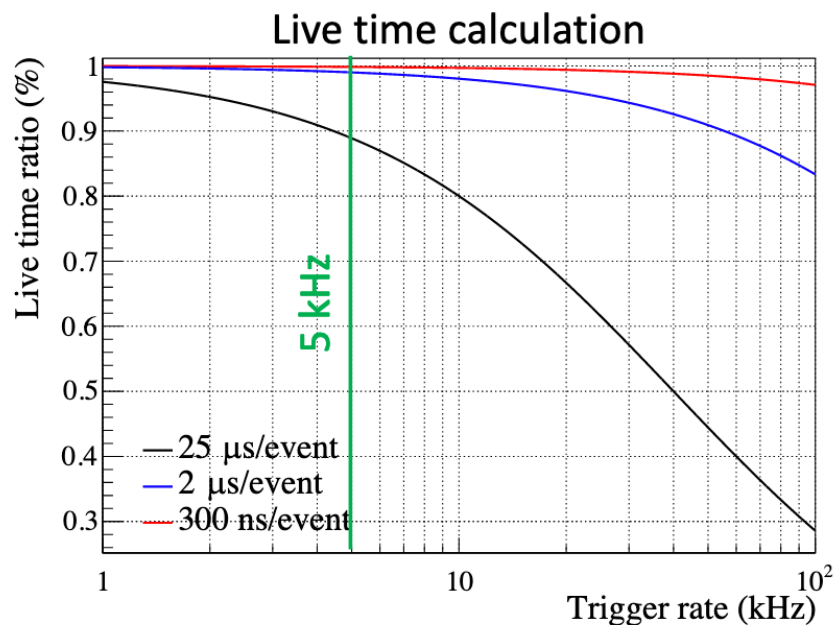


課題

- レガシーシステムからの脱却
 - LeCroy FERA TDC → CAEN V1190Aへ移行済
 - LeCroy FERA QDC → **2021年度に Mesytec MQDC-32 へ移行**
 - Trigger ロジック: LeCroy CAMAC FPGA (Model 2367 ULM) → 手付かず
 - GE VMIVME 系 Single Board Computer (SBC) → ?
- **高速化 → 2021年度に作業を行い、ライブタイム向上 (Clock trig. 平均デッドタイム: 10 μ s)**
- 属人化からの脱却 (ほぼ全て民井氏が構築した)

CAMAC QDCの問題点

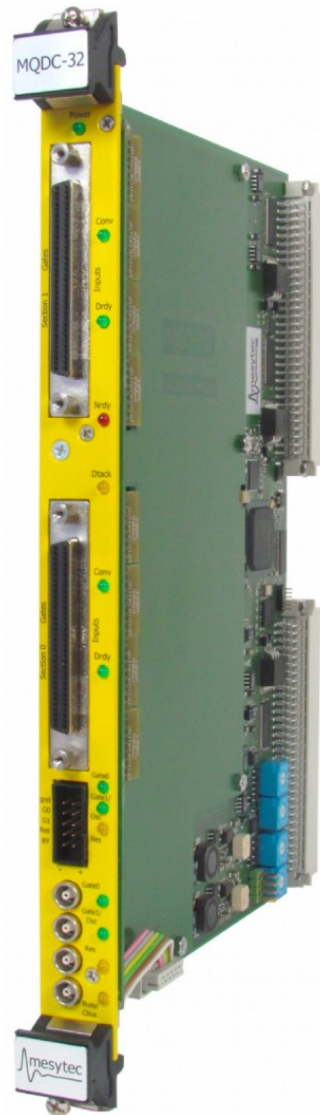
- ❑ conversion, data書き込みが遅い。~ 25 $\mu\text{s}/\text{event}$
 - ✓ 現システムの読み出し限界はおよそ5 kHz (~90% live time)
- ❑ FERA moduleはとっくの昔にディスコン。故障時の対応ができない。



加速器シャットダウン中にアップグレードを図る。
目標trigger live: 数10 kHz

(阪大 古野氏スライド)

MQDC32



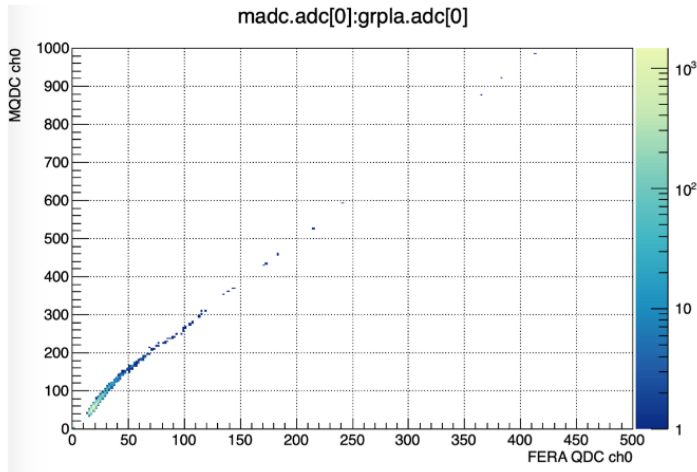
- ✓ RCNPでは2台購入済み。
- ✓ 32 ch VME QDC
- ✓ **conversion time: 250 ns** (32 ch)
- ✓ time stamp
- ✓ FIFO buffer full output

- ✓ fast clear機能あり。
ただし、“clear しない”時にdelayed trigger
を入力する必要あり。
clear後のdead timeはなし。

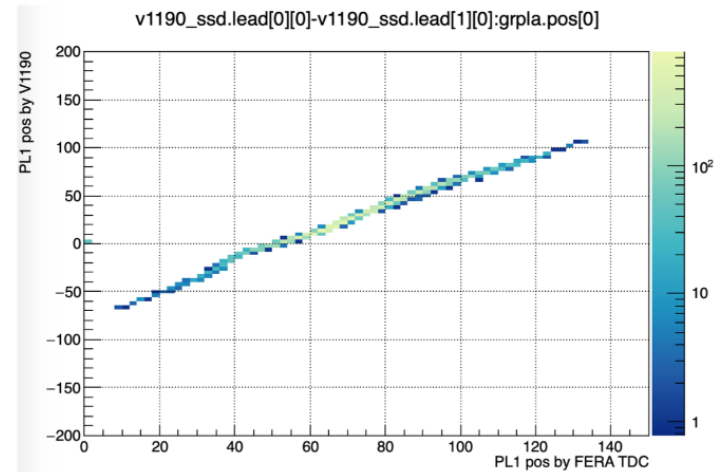
(阪大 古野氏スライド)

Results

VME QDC v.s. CAMAC QDC



VME TDC v.s. CAMAC TDC



整合性が取れているので、データ取得に問題はない。

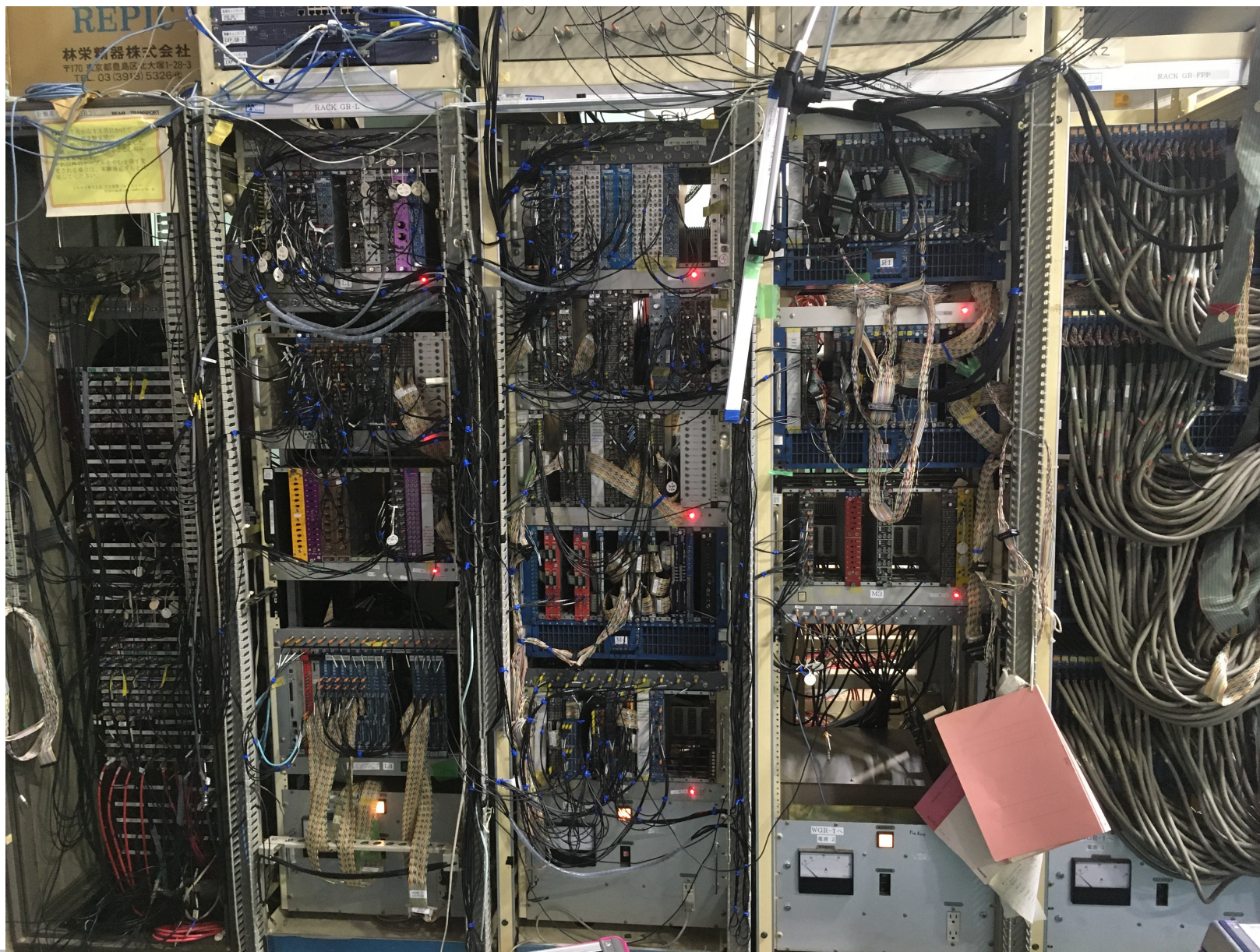
Ch#	Name	Hz	Hz/nA	Trend
0	Beam Intensity	0.0	NaN	→
1	GR Trigger	99,398.7	Infinite	→
2	GR Trigger Live	91,202.5	Infinite	→
3	GR Clock	10,000.0	Infinite	→
4	GR Clock Live	6,595.9	Infinite	→

DMA実装により、データ取得 ~90 kHzを達成。 実際の実験では50 kHz程度か。
クロックトリガー、平均デッドタイム 9 μ s (従来の ~1/10)

現在の律速はVMEバスラインのデータ転送。~14 MB/sec

(阪大 古野氏スライド)

Trigger 回路 NIM + CAMAC FPGA

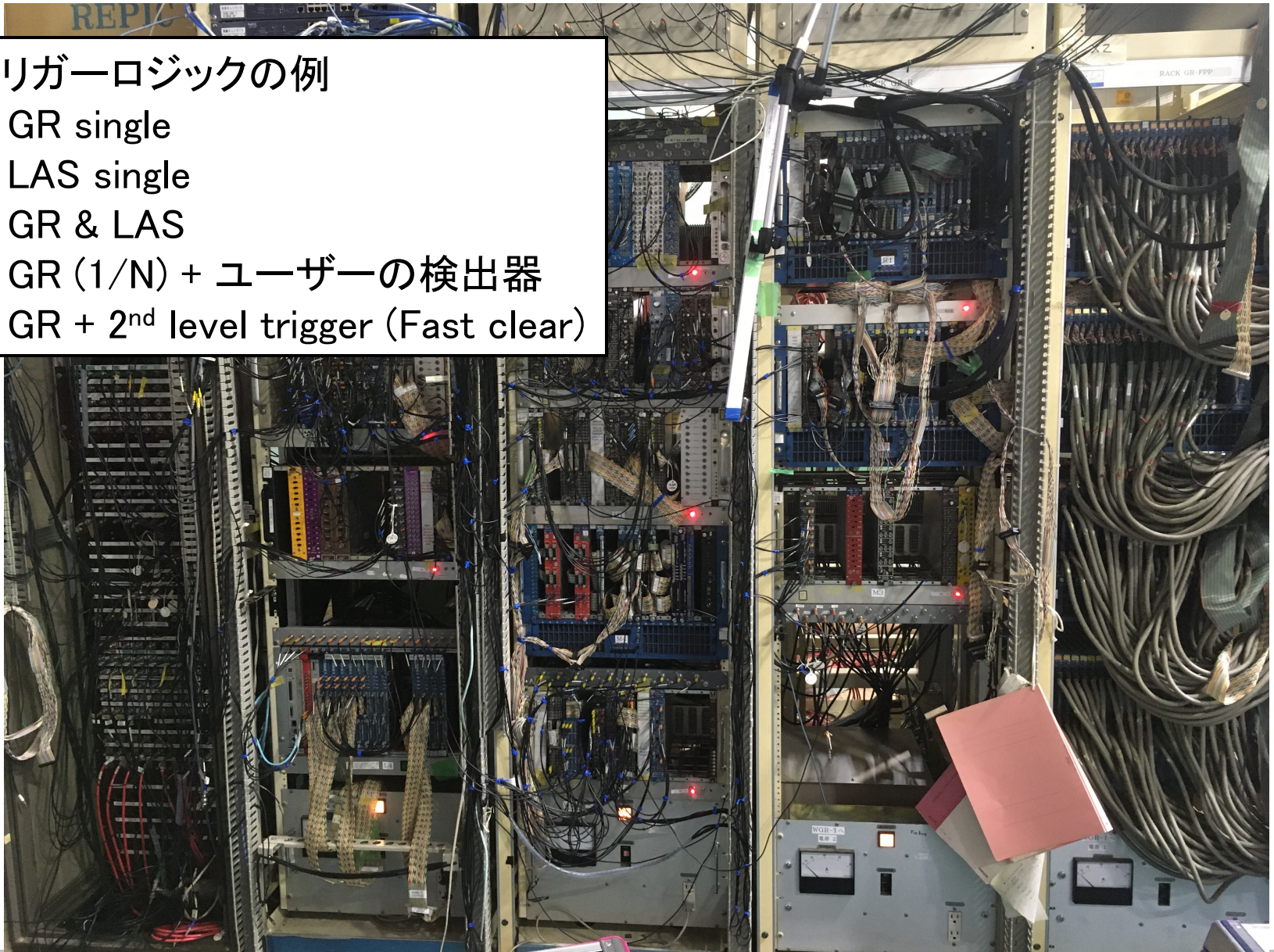


Trigger 回路

NIM + CAMAC FPGA

トリガーロジックの例

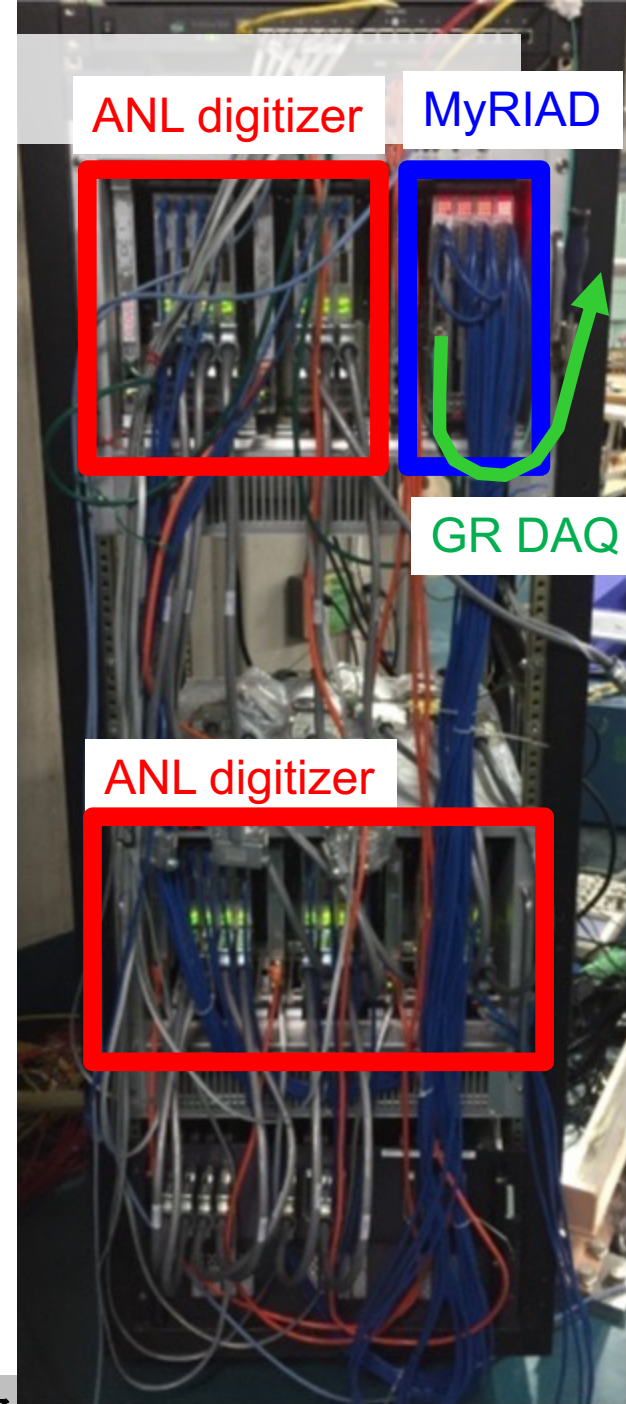
- GR single
- LAS single
- GR & LAS
- GR (1/N) + ユーザーの検出器
- GR + 2nd level trigger (Fast clear)



ユーザー持込DAQのマージ

- ✓ CAGRA data was taken by **ANL digitizer**
- ✓ Synchronization between CAGRA DAQ and GR DAQ by time stamp and trigger modules **MyRIAD**
- ✓ Count rate dependence of the energy calibration parameters

E. Ideguchi and M. Carpenter et al.,
a NIM paper in preparation



現状、課題、展望

GR & LAS 用 TamiDAQ

- 標準セットアップはあまりいじらない
- ユーザー持込の検出器はスクラップ&ビルド
- ユーザー持込検出器の DAQ は実験毎に組み込み
- 高速化はかなり進んでいる

課題

- レガシーシステム (CAMAC, VME SBC) が残っている
 - 壊れたら新しいものが買えない
- トリガー回路の配線を追うのがつらい
 - メンテナンスがつらい、NIMモジュールを入れ替えるにも一苦労
- ユーザー持込検出器への対応を楽にしたい

展望

全てを解決するには NestDAQか?

- GRの標準検出器ならいけますよ by RCNP 白鳥さん
- RCNPデータ収集基盤室も立ち上がった、SPADI-Aもできた
 - サイクロ実験用/ 汎用貸出用テストベンチシステム構築

@RCNPデータ収集基盤室

サイクロ実験用/ 汎用貸出用テストベンチシステム構築

@RCNPデータ収集基盤室

何ためのテストベンチシステム？

- 原子核・ハドロン実験のデータ収集に関連するハードウェアおよびソフトウェアをテストし、要素技術やシステム開発、システム実証テストを行うためのシステム
- DAQに関連するハードウェア&ソフトウェアが一通り、冗長性を持って揃っているシステム

ユースケース

- 自前の検出器を持ち込んで信号をデータ収集し解析したい
- ASAGIボードのようなFEEを開発するためのデータ収集系として使いたい
- 自前の回路 (V1190など) が不調で、動作確認したい
- VMEの Single board computer がディスコンなので新しいものを使ってみたい
- 次世代DAQ (NestDAQ) で既に持っている資産 (V1190など) を使えるかテストしたい
- 自前の回路が壊れたので、急遽テストベンチシステムの一部または全部を借りたい
- 自前の検出器の信号をMCAで見たい
- 最新の NestDAQ のデモを見たい、Linux 上で実際にどういうプロセスが動いているか見たい
- KEK AMANEQ & MIKUMARI を使ってみたい

ユーザー

- RCNP 共同利用者
- SPADI-アライアンスメンバー

場所

- AVF 2F 検出器開発室 (チェックングソースが使える)

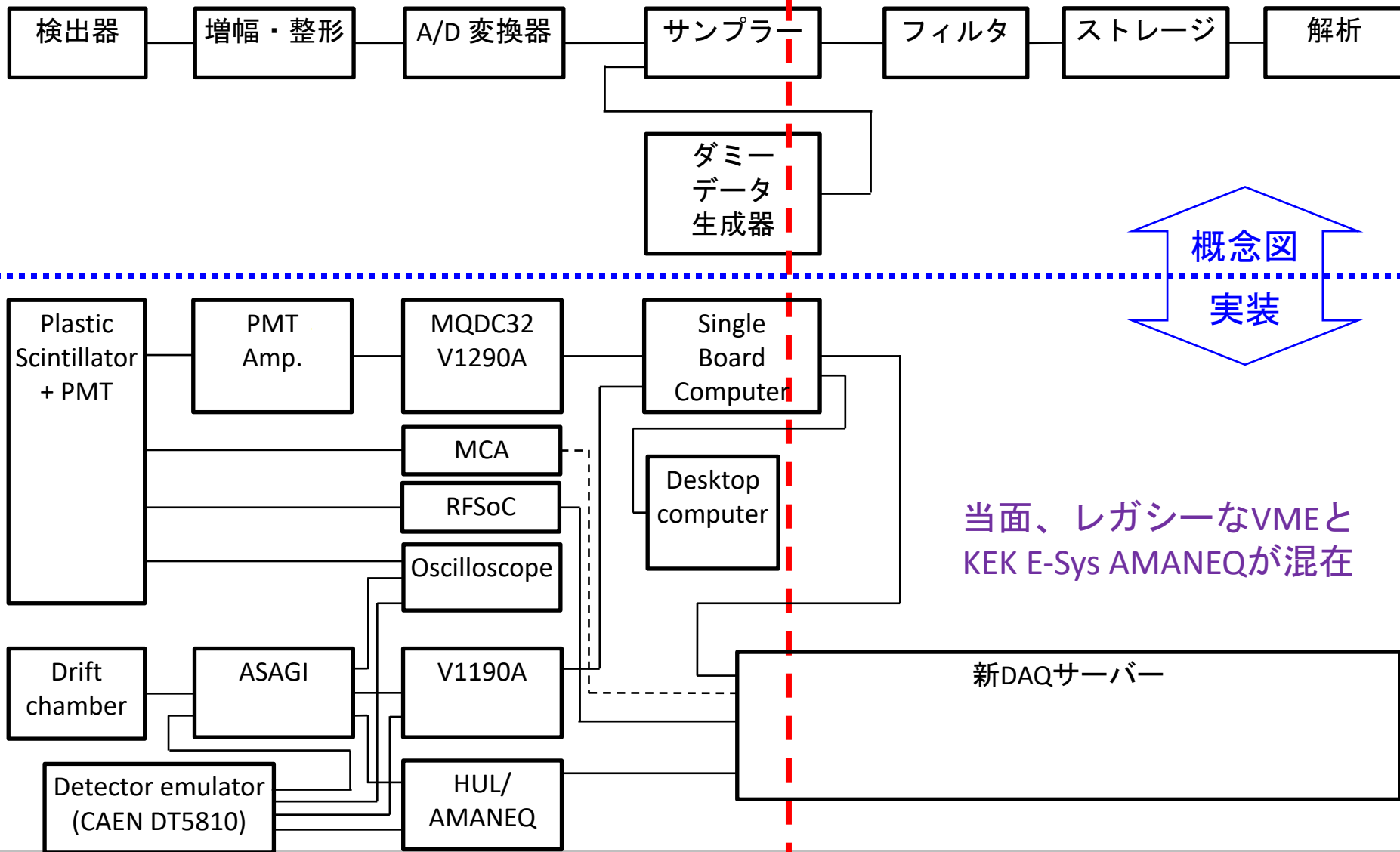
使用ルール

- 使用スケジュールを相談の上決定 (他のグループと干渉がなければ基本的に自由に使用可)
- 使用台帳、貸し出し台帳をつける
- RCNP 共同利用者優先

サイクロ実験用/ 汎用貸出用テストベンチシステム構築

@RCNPデータ収集基盤室

ハードウェア(小林) | サーバ(堀田)



-- リガーレス ストリーミングDAQの実装 → ハードウェア購入コスト、トリガー開発コスト削減

1Gbps or 10Gbps RCNP-EXP ネットワーク

10Gbps ネットワークハブ

SFP+ ネットワークハブ (S5860-20SQ)

RJ45 LANケーブル

SFP+ 光ケーブル x 5

SFP+ 光ケーブル

SFP+ 光ケーブル

コント
ロール
ボード

ドリフト
チェンバー

ASAGI

4.5V 電源

プラスチッ
クシンチレ
ータ

ToT
or QTC

SFP 光ケーブル

VMEフレーム
(借用 from 回路室)

AMANEQ board

HR TDC
card

MIKUM
ARI
SFP

SFP+
DC PWR

AMANEQ board

HR TDC
card

MIKUM
ARI
SFP

SFP+
DC PWR

SFP+ PCI board
(Intel X710-BM2-Based
Ethernet Network Interface
Card, 10G Dual-Port SFP+,
PCIe 3.0 x 8, Tall&Short
Bracket)

デスクトップ
コンピュータ
(最低限のDAQが走る
ようにする)

新DAQサーバー
(堀田さん、郡司さん、
大田さん)

- * トリガーレス ストリーミングDAQ: KEK E-sys NestDAQ
- * フレームワーク→実装
- * サイクロ実験で使用 → 開発項目あり

35V電源

- SFP+ PCI board (Intel X710-BM2-Based): 9.0 万円
- KIKUSUI 35V-20A電源 (PAN35V-20A) x 1: 17.0 万円
- KIKUSUI 18V-5A電源 (PMX35-3A) x 1: 7.5 万円
- SFP+ ネットワークハブ (S5860-20SQ): 25.4 万円
- SFP+ ケーブル x 7: 14.0 万円
- SFP ケーブル x 4: 8.0 万円
- デスクトップコンピュータ (CERVO-GraSta Type-IS2SR-Q): 57 万円
- ノートパソコン: 20 万円
- 液晶モニタ (Euc): 5.0 万円
- NIM ビン (RPN-005-153) x 1: 50 万円
- 19インチラック x 1: 10 万円
- KEL コネクター x 30 + PCB 基板: 12 万円
- GND Differential to NIM: 25 万円
- GND NIM to differential: 25 万円
- 8ch Scaler 43 万円
- LEMO ケーブル 8 ns x 10: 4.4 万円
- LEMO ケーブル 10 m x 10: 6 万円
- 計 338 万円

まとめ

イントロダクション

- RCNPサイクロトロン実験施設
- WSコース (グランドライデン&LAS)

現状、課題

- WS DAQ (TamiDAQ)
- 回路類のディスコン

→ メンテナンスコストを下げたい、
フレキシブルにしたい、脱属人化

展望

- NestDAQ導入
- サイクロ実験用/汎用DAQテストベンチシステム
@ RCNP データ収集基盤室

→ 予算がつきそう
グランドライデンで実証テストをしたい