

SPADI Alliance

Signal processing and data acquisition infrastructure alliance

～どこまで標準化共通化できるか？～

大田晋輔

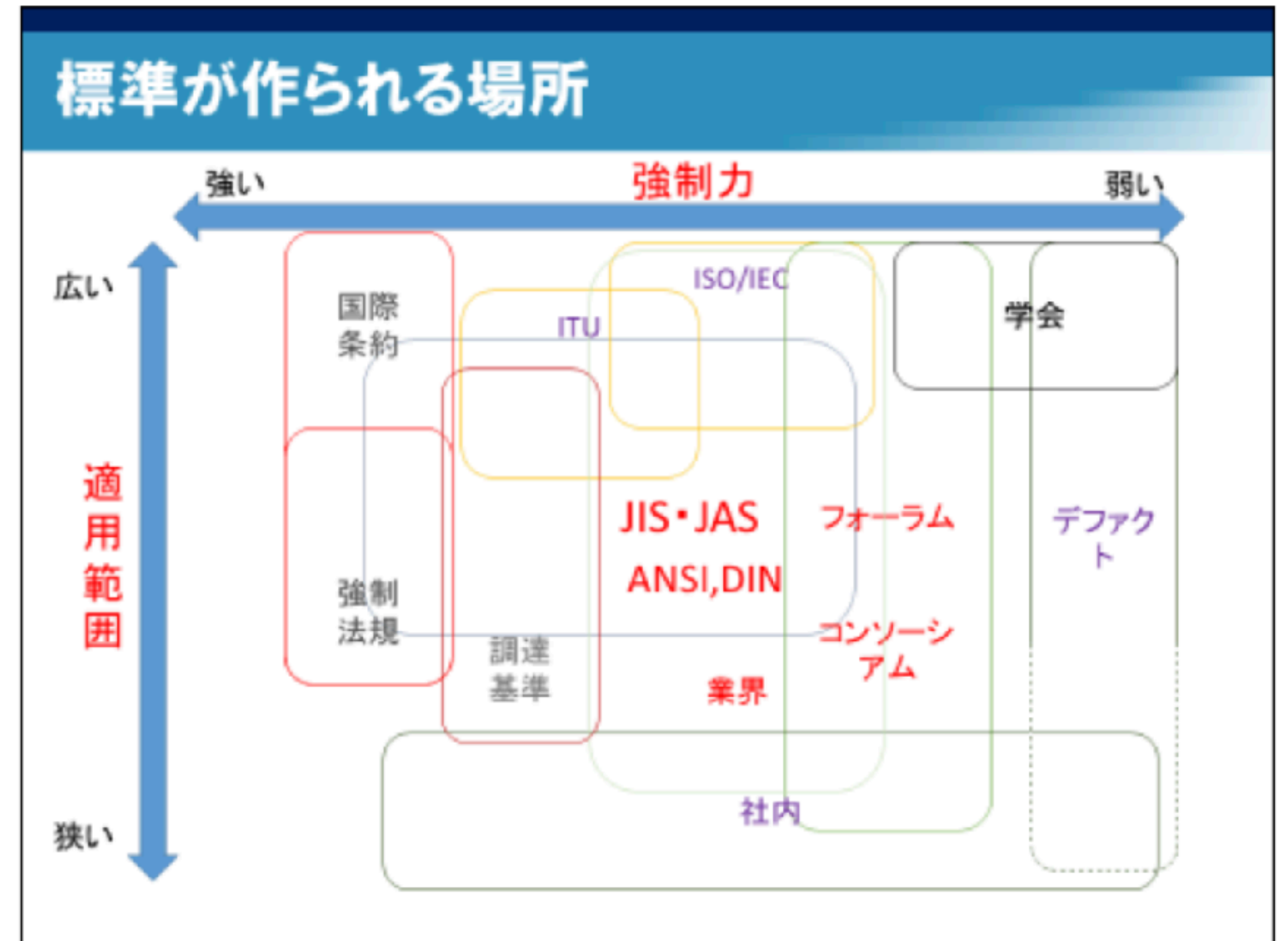
RCNP データ収集基盤室
SPADI Alliance 戦略会議

計測システム研究会 @J-PARC

2022/11/17-11/18

規格化・標準化と共通化

- 規格化 (standardization)
 - 文書化された取り決め（標準化されていなくても）
- 標準化 (standardization)
 - 普及したなにか
 - 情報や認識の共有
 - 単純化・共通化されたもの
- 共通化 (commonization)
 - 同じものを異なる組織・地域・製品で使えるようにすること



日本規格協会より

まとめ

- RCNPにデータ収集基盤室開室
- SPADI Alliance を設立
 - どこまででもできそうな気もするが、議論の方向性次第である
 - データ収集システムの標準化を目指して議論・開発をすすめている
 - 多くの方々が開発に意見してくれるかが10年後を決めることが重要です
 - ぜひ、ご参加ください

参加登録フォーム



自己紹介その1

- 大田晋輔
- 福岡県太宰府市生まれ
- 特技? : 剣道・書道
- 趣味 : キャンプ・釣り・アクアリウム/
テラリウム・・・ソフトボール



自己紹介その2

- **2001.04 - 2006.03** 京都大学 原子核ハドロン研究室（理研で実験）
 - 東大CNS に居候して、**GRAPE（位置感応型Geアレイ）** 初の実験を遂行
- **2006.04 - 2021.08** 東京大学 原子核科学研究センター（理研・放医研で実験）
 - 馬場さんらに教えてもらいながら DAQ・解析フレームワークを勉強。
 - RIPS での共同研究のDAQ担当を多数こなす
 - **SHARAQ・OEDO**でのビームライン検出器開発と**全体DAQ・制御 (DAQは Babiri、制御は EPICS) の構築**
 - ROOT-Based モジュラータイプ解析フレームワーク構築 (**ARTEMIS**)
 - **CAT (アクティブ標的TPC)** の開発とDAQ構築：V1740 / GET
- **2021.09 -** 大阪大学 核物理研究センター（RCNP/放医研/riken/J-PARC/Spring-8 ..?）
 - 核子物質の物性研究（状態方程式、超流動・超伝導）
 - **GRAND RAIDEN / LAS** 責任者
 - データ収集基盤室 (2022.07 -)
 - SPADI Alliance

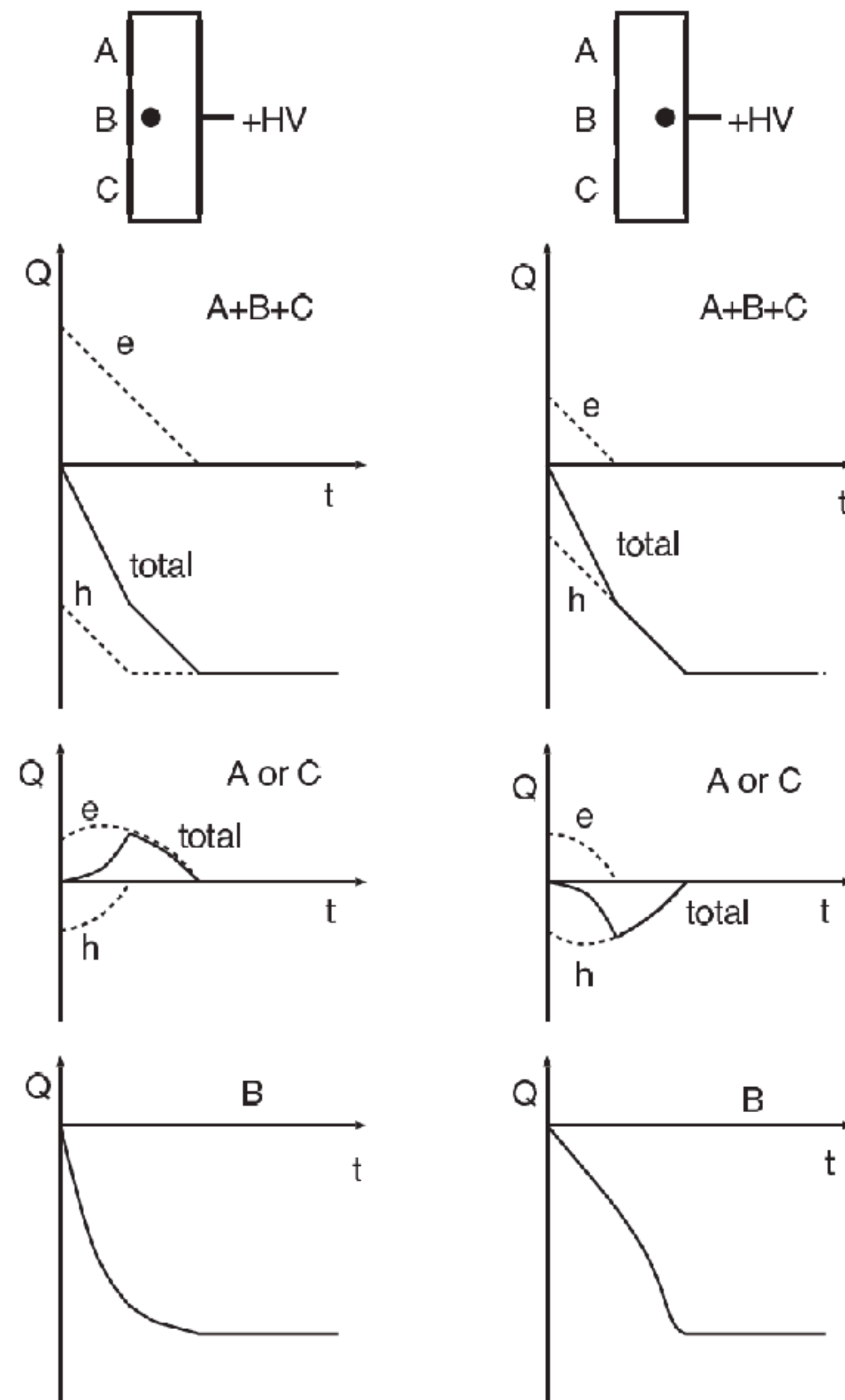
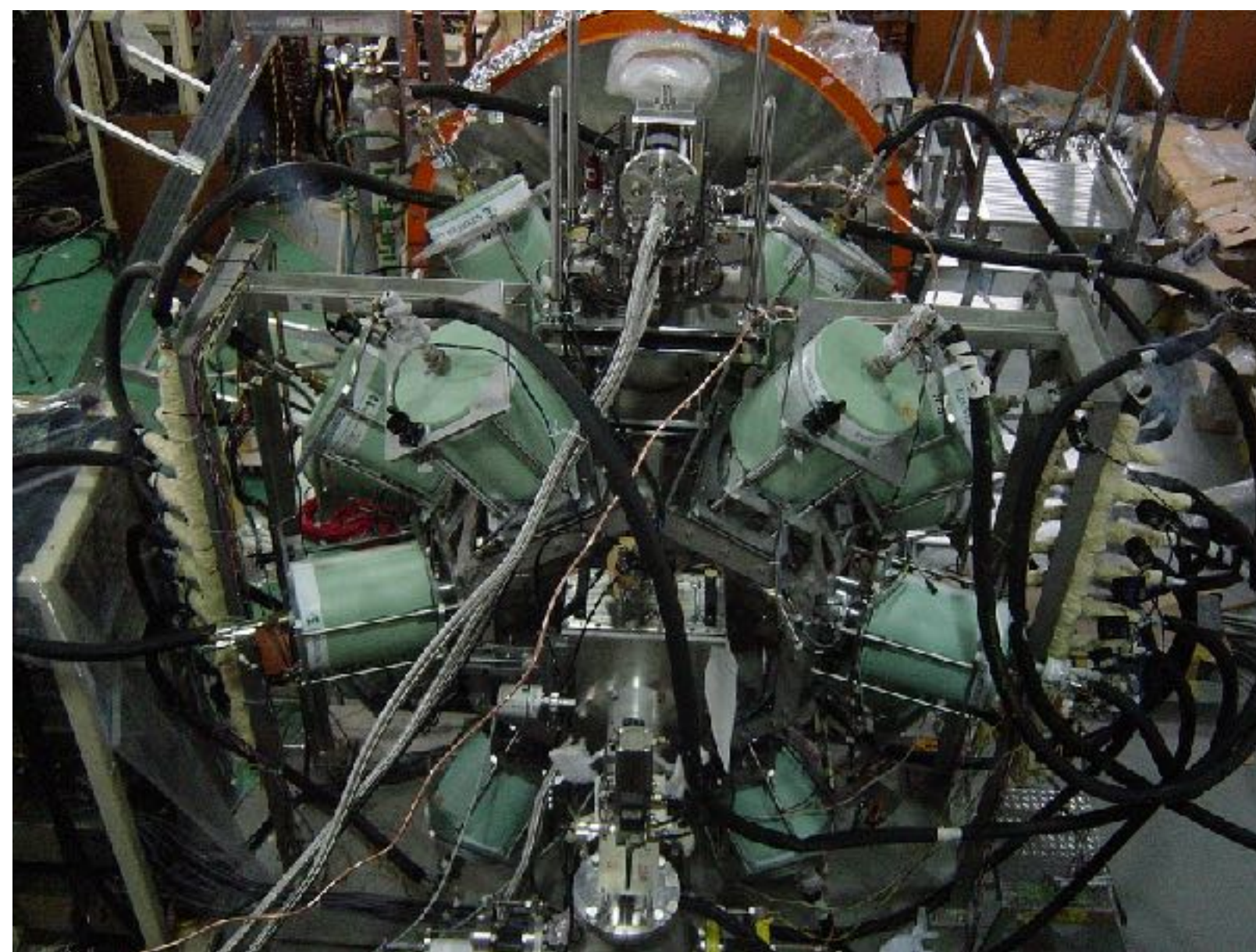
GRAPE (Ge アレイ) の開発

位置感応型高分解能ガンマ線検出器アレイ

$^{12}\text{Be}(a,t)$, $^{32}\text{Mg}(a,t)$ 反応などに用いられた

電極分割型の円筒形検出器

波形の立ち上がりに現れる電子とホール移動度の差を利用して位置を決定



GRAPE 回路

分解能は 1-3 mm 程度

アナログ回路のみ (CR-RC4) を用いて実装

N568B + V785 の組み合わせを選択したことが敗因

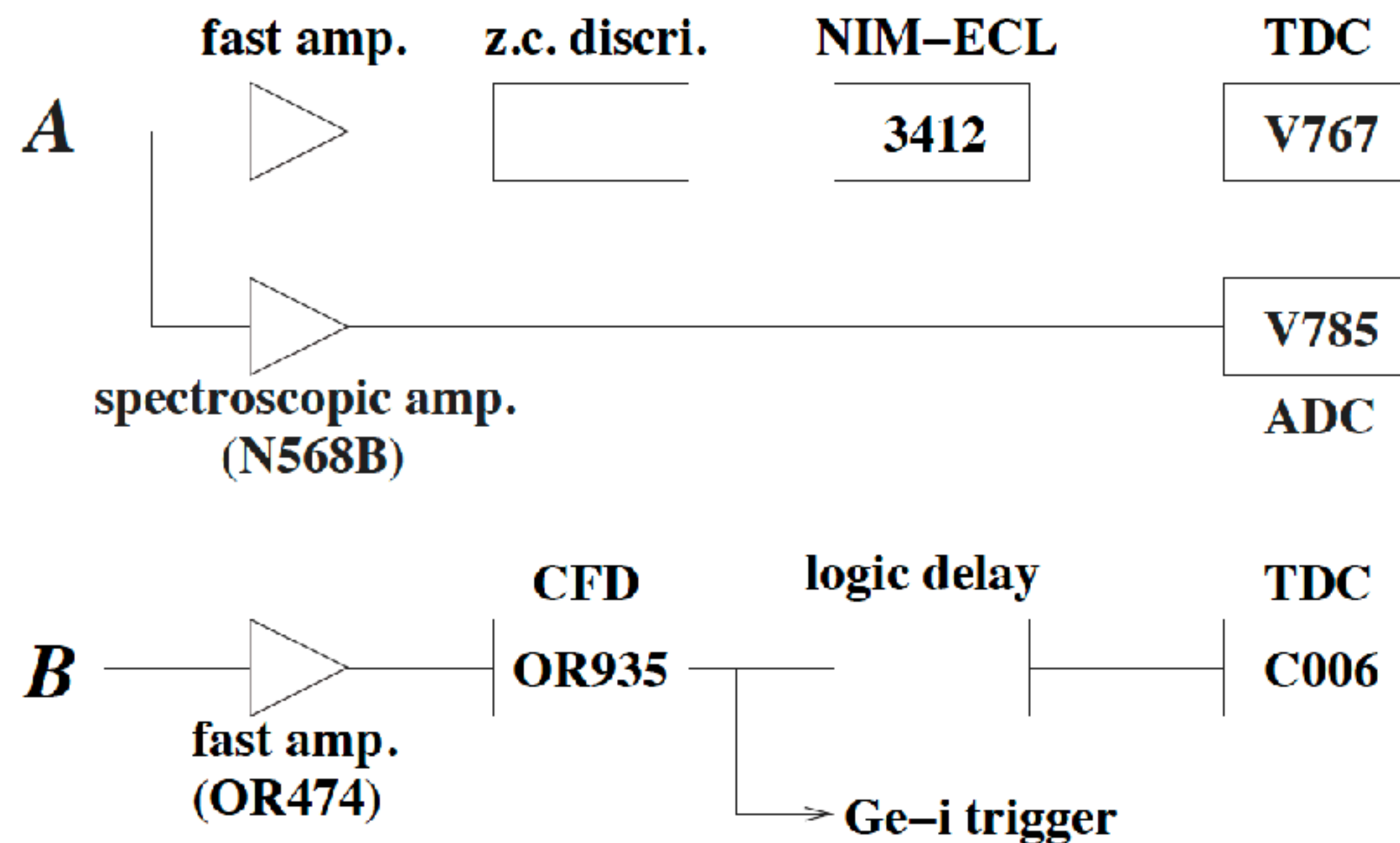
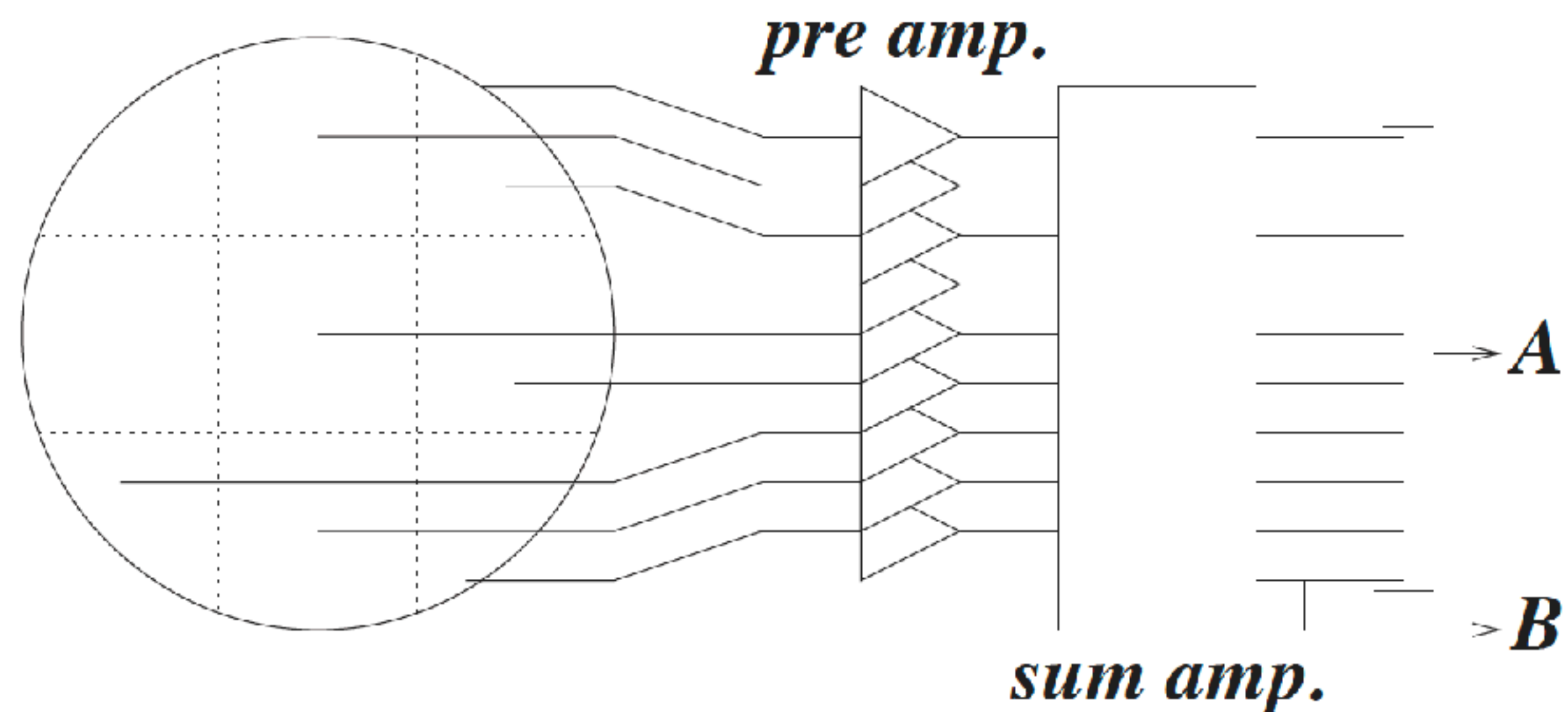
現在は テクノAP 社の FADC を用いた波形解析に取り組んでいるがマンパワーが。。。

ポテンシャルはあるのに開発人員が足りず。。。

実信号が出てきた電極の隣の電極の情報を使うと、電極面上のいちも導出でき三次元での位置導出ができるようになる

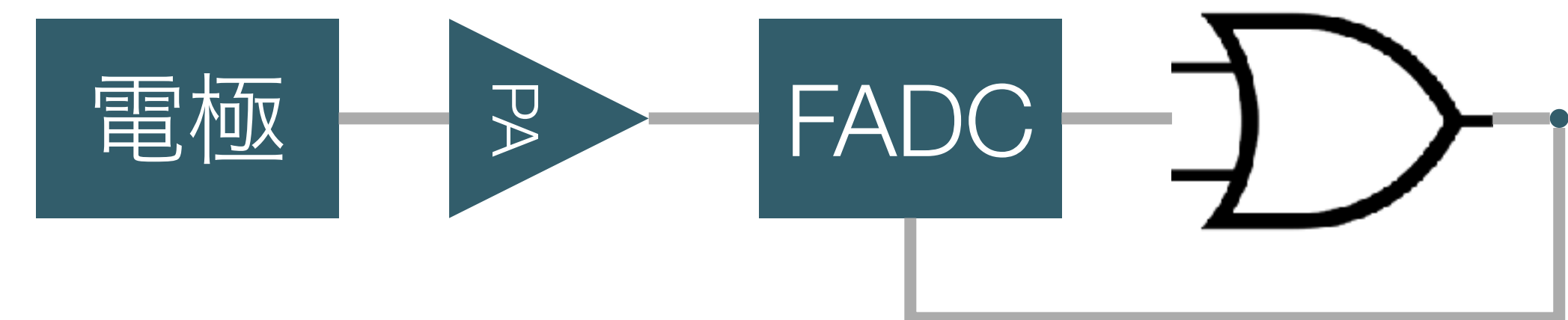
GRETINA検出器、RCNP QUADも電極分割の効果を活用している

うまく共用にできないものか。。。

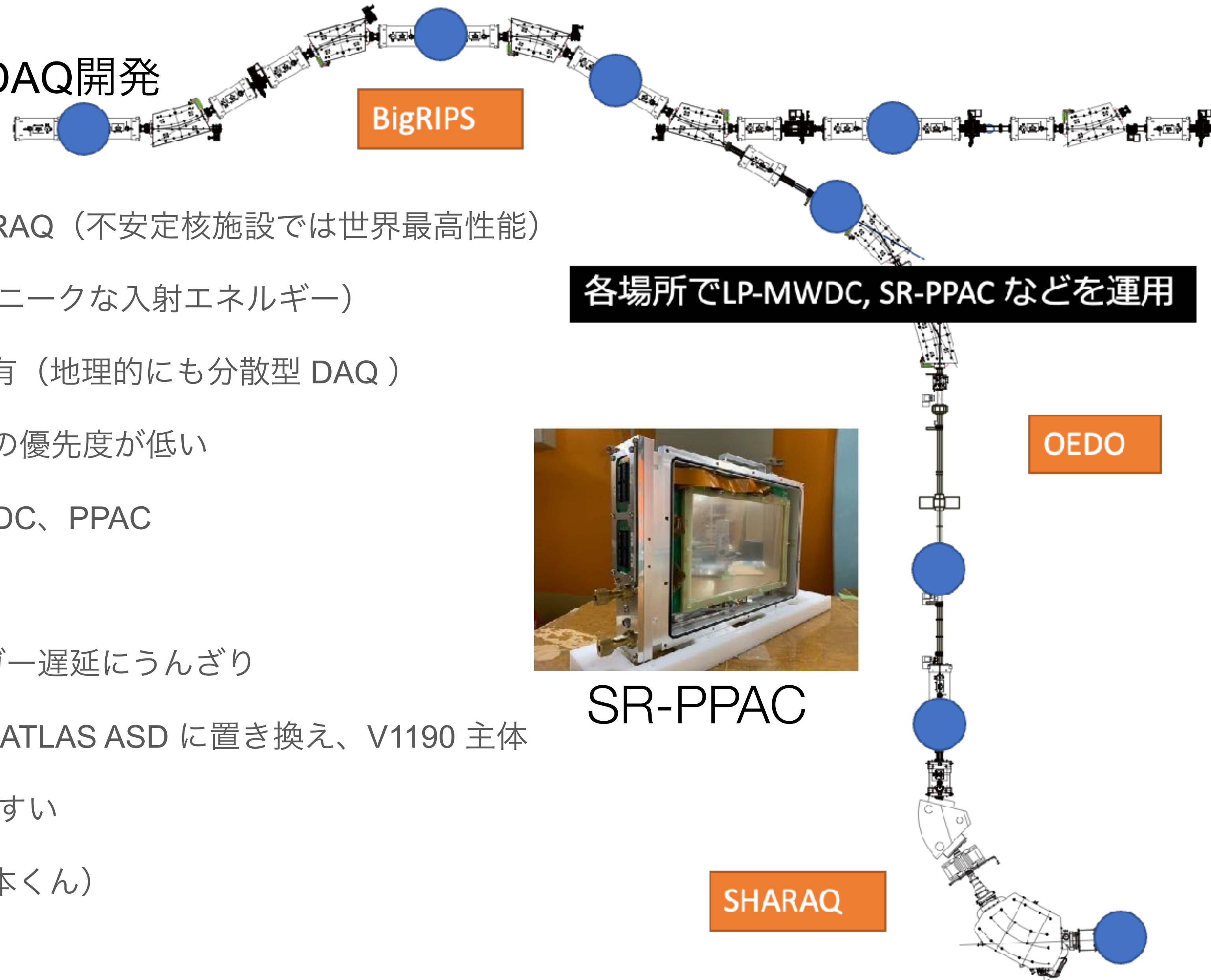


アクティブ標的 CAT の開発

- 原子核反応 3D カメラ = 標的 + 3次元飛跡検出器
 - 原子核散乱実験
 - 高速中性子イメージング (開発中)
- CAT = GEM-TPC + Silicon 検出器
- 読み出し回路の大規模化が課題であった
 - CAT-S : V1740 を複数の A3818 を利用して速度を上げる工夫。Babirl に組み込んだ
 - CAT-M : GET 回路を Spirit から借用。Babirl DAQ とは、トリガー、DAQ-BUSYを共有
- トリガーはFADCからのoutputを OR して戻す
- トリガーレートが 500 Hz を上回ることができていない

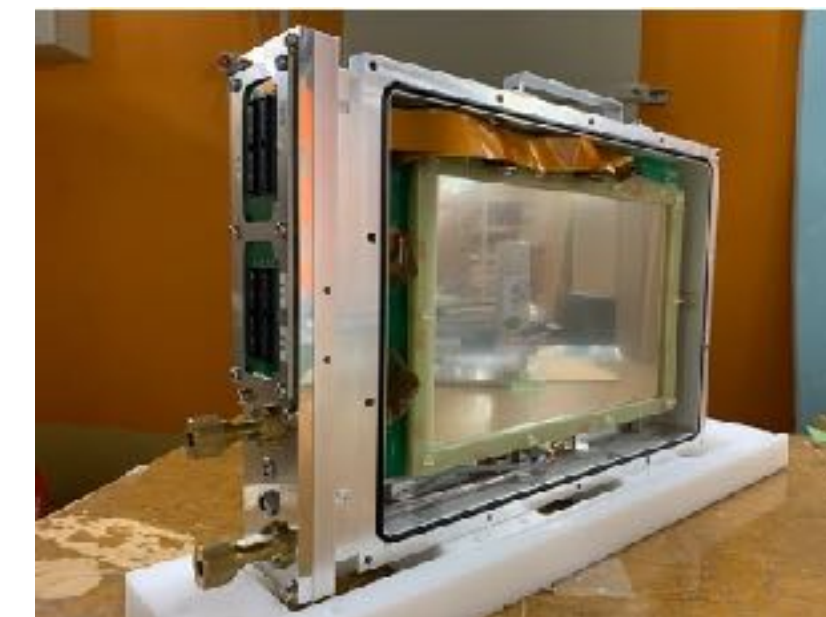


RIKEN/CNS での SHARAQ/OEDO DAQ開発



- 不安定核用高分解能磁気スペクトロメータSHARAQ（不安定核施設では世界最高性能）
- 不安定核高品質低速化ビームライン OEDO（ユニークな入射エネルギー）
- 100 m 以上離れたところでのトリガー信号の共有（地理的にも分散型 DAQ）
- 基本は fast timing の検出器が主体で、電荷情報の優先度が低い
 - 検出器：ダイヤモンド、プラスチック、MWDC、PPAC
 - QTC, TOT に対応できる
- 最初は QDC を使っていたが、2us 以上のトリガー遅延にうんざり
- QDC => QTC（神岡用チップ）、GeV- γ QTC、ATLAS ASD に置き換え、V1190 主体
 - AMANEQ + MIKUMARI のシステム換装しやすい
- SR-PPAC + ASAGI (ASAGI => 明日、RCNP 山本くん)

各場所でLP-MWDC, SR-PPACなどを運用



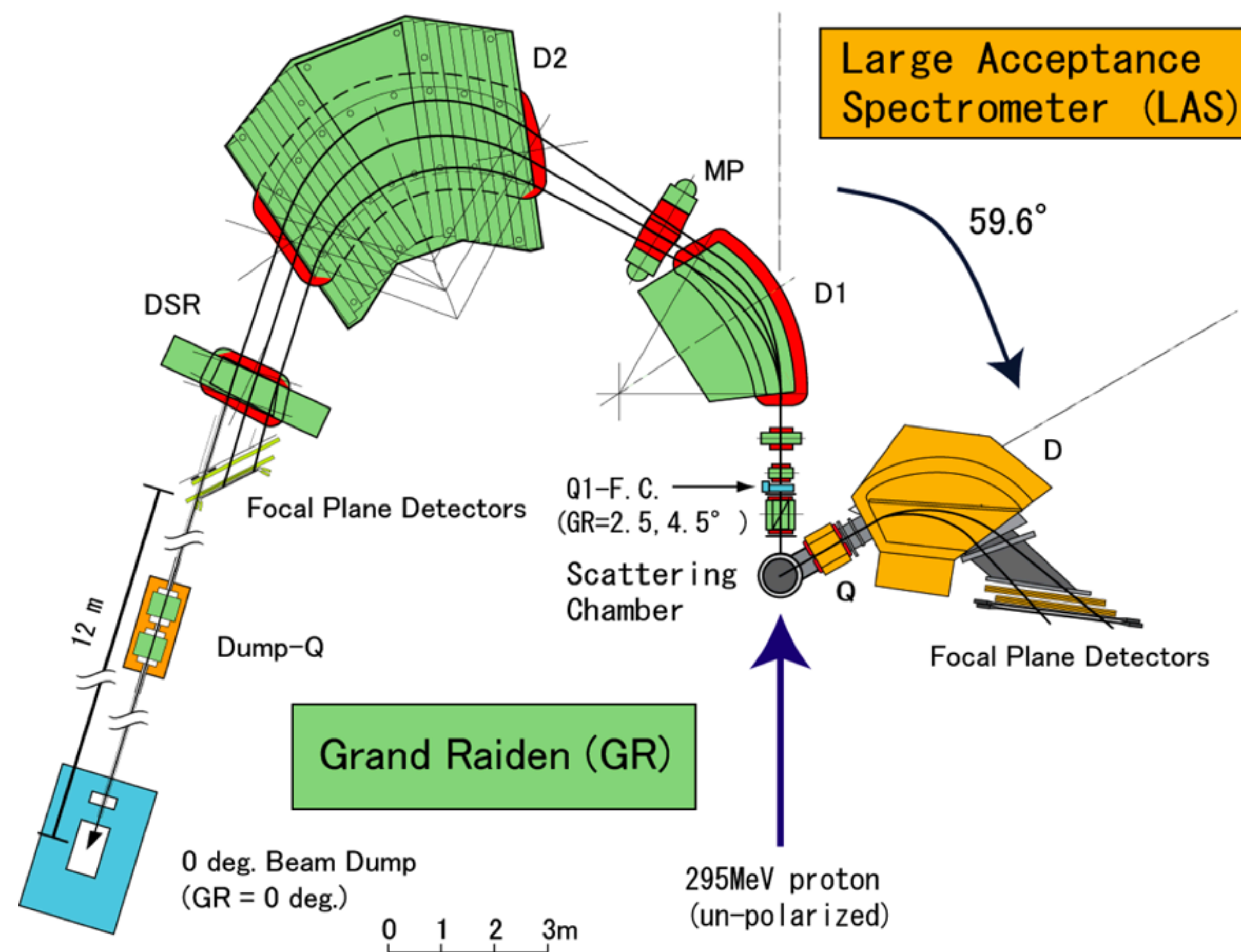
SR-PPAC

OEDO

SHARAQ

RCNPでの GR-LAS DAQ 高度化

- 世界最高性能 磁気スペクトロメータ GRAND RAIDEN
- 大立体角磁気スペクトロメータ LAS
- 検出器：プラスチック、MWDC
 - fast timing ばかり QDC データは取得しているが、QTC で代用できる
 - V1190 に最近置き換えたばかりだが、AMANEQ + MIKUMARI が使える (=> 明日、RCNP 小林さん)
- Streaming DAQ (KEK 五十嵐さん) の実装対象としてはうってつけと思われる



J-PARC との違い

- 検出器はほぼ同じ？
 - ガンマ線 (Ge or 無機シンチ)
 - 荷電粒子 (プラスチック、ワイヤーチェンバー、シリコン、TPC)
 - 中性子 (プラスチック、液体シンチ)
- 荷電粒子のエネルギー損失が大きい (100 - 1000 倍以上)
 - $Z > 1$
 - $\beta < 0.7$
- ビームの時間構造
 - シンクロトロン・サイクロトロン

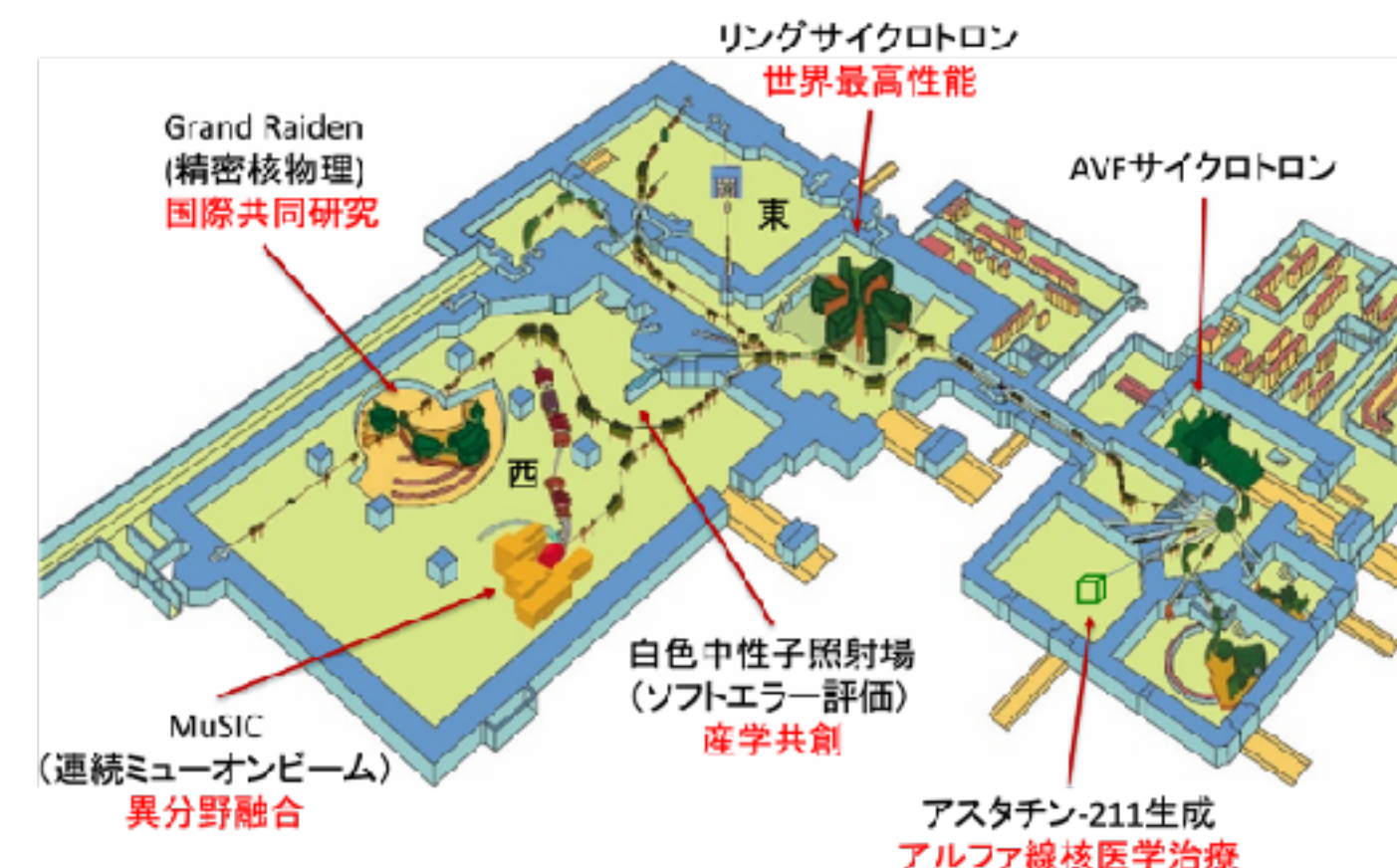
加速器施設の違い

シンクロトロン：バンチ構造あり

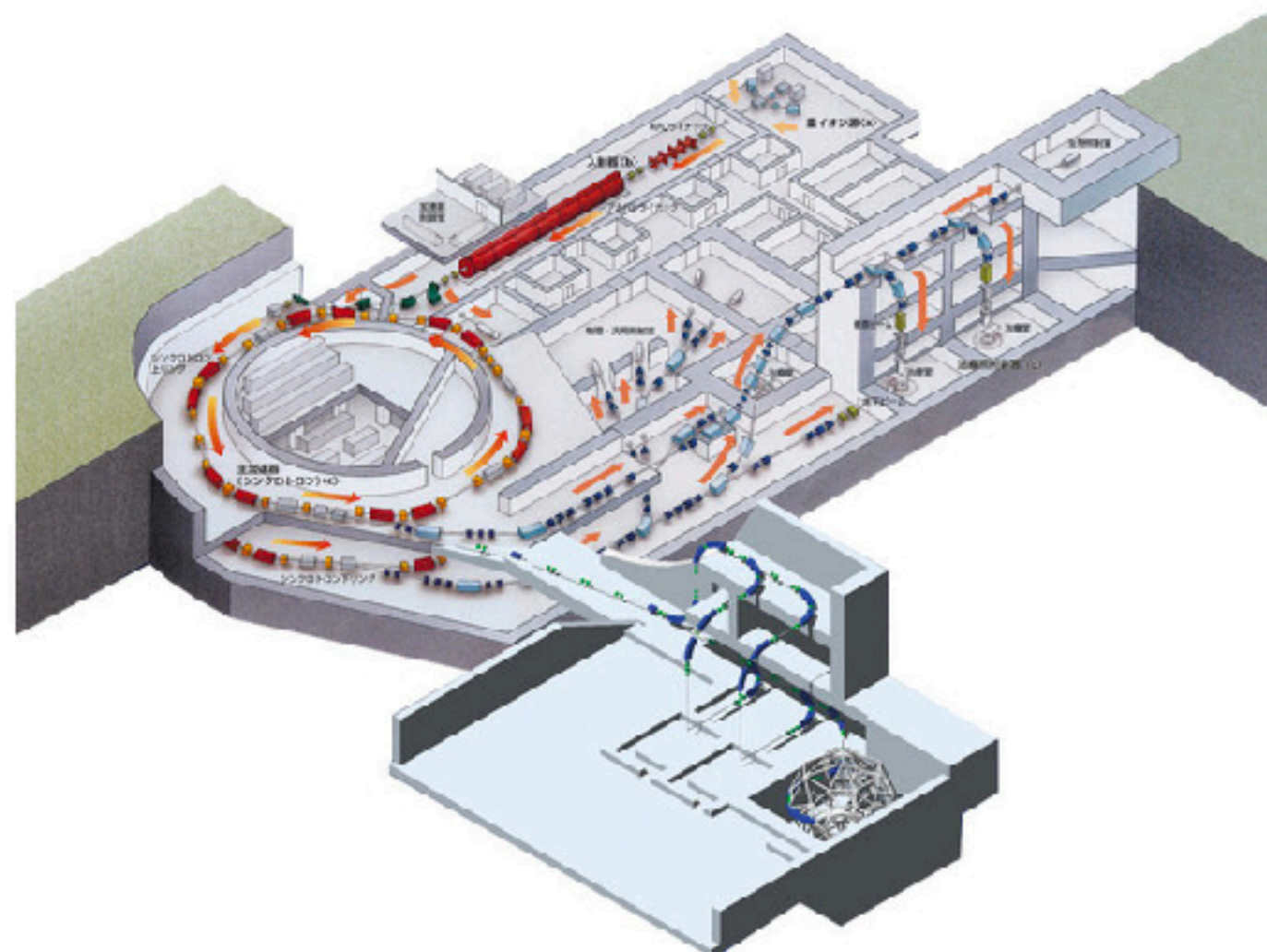


J-PARC
Z=0,1
MIP

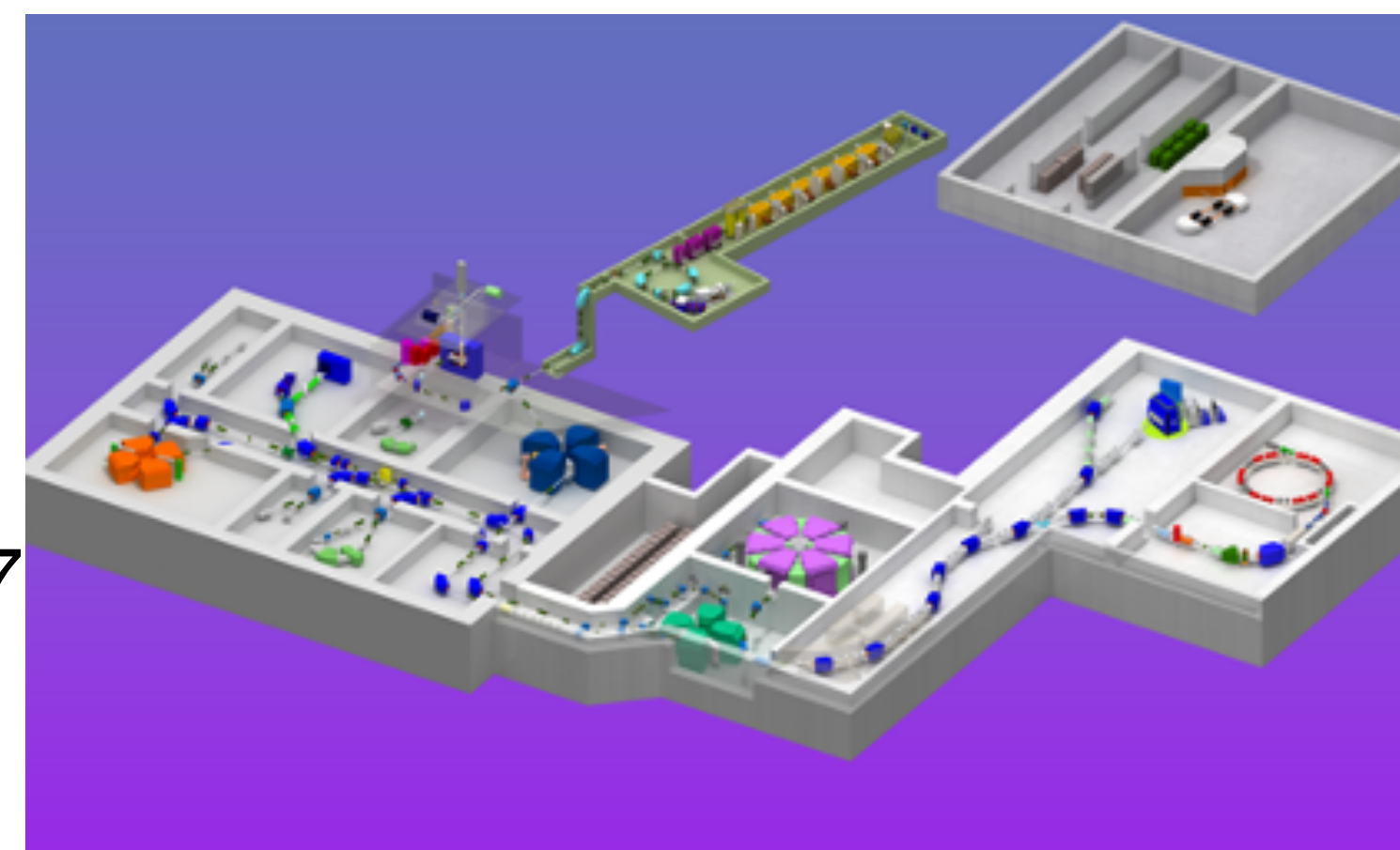
サイクロトロン：RFバンチのみ



RCNP
Z=0-30
 $0.1 < \beta < 0.7$



HIMAC
Z=0-54
 $0.01 < \beta < 0.7$



RIBF
Z=0-82
 $0.01 < \beta < 0.7$

加速器施設のの違い

サイクロトロン・リニアック

連続ビーム (RF によるマイクロバンチは存在)

時刻の区切りなし (任意の区切りを設けられる)

シンクロトロン

セミパルスビーム (遅い取り出しでも秒単位の duty が発生)

時刻はパルスタイミング基準で取りたくなる?

違いはあるか?

Duty の空き時間を利用しようとするとも時刻の区切りが明確に見えてくるだけ。

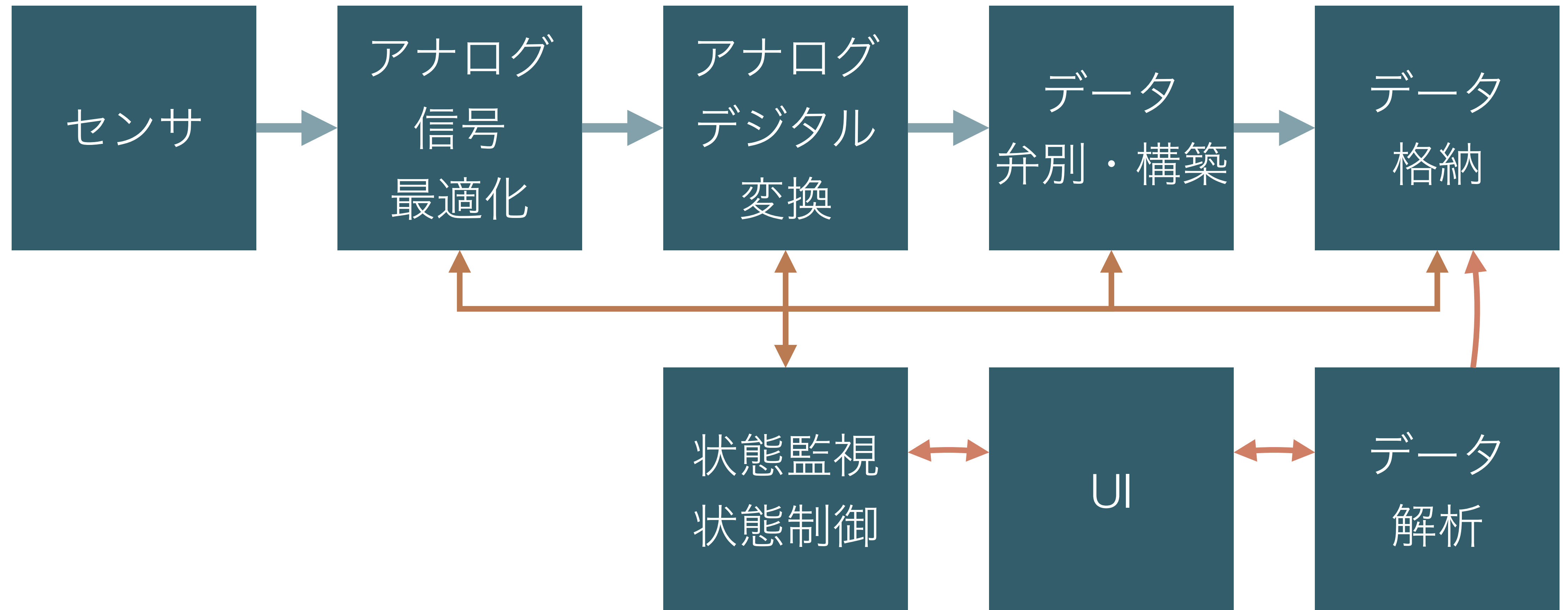
任意の時間区切りと Time tick を外部から入れられるシステムであれば問題なし。

回路への入力電荷量の違いは大きい

実験スタイルによる違い

- 固定セットアップ（一旦おいたら年単位で置きっぱなし）
 - 回路数が多く特化型の回路を開発しやすい
 - 他のセットアップへの流用は意識するものの優先度は低い
- 流動的なセットアップ（セットアップも回路も月1回程度作り直す）
 - 回路数はある程度あるが、汎用回路を用いることが多い
 - 他のセットアップへの流用の優先度は高い（汎用性を求める）
- 特化型が汎用性を持つと嬉しい。。。

計測システムのコンポーネント概観



(放射線) センサの種類

スロー系は別途考えるが、商用+FADCみたいなので十分行ける

電荷変換分離型

電荷変換一体型

PMT

半導体
増幅器

半導体

ガス

TES

よく使われるのはこのくらいかと
とってもシンプル

センサの特徴量と要求：回路決定の観点

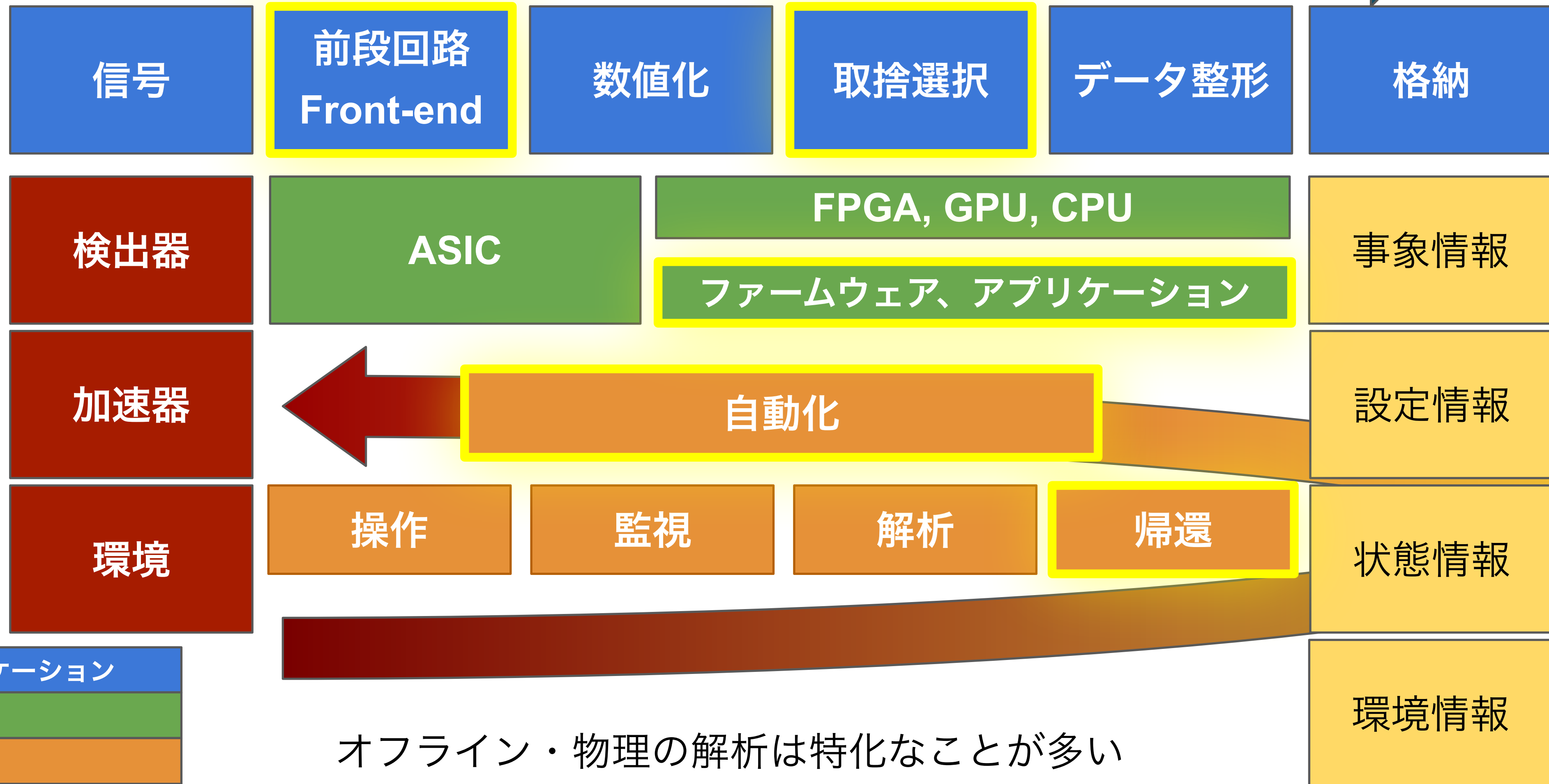
- 立ち上がり時間
- 崩壊定数
- 総電荷量（ダイナミックレンジ）
- 雑音
- 分解能
- 電源供給
- （費用対効果、使いやすさ）

前置回路でうまく吸収できれば
なんとかなるんじゃないや。。。？

信号処理とデータ収集

①共通化②標準化③基盤化

④特化



オフライン・物理の解析は特化なことが多い

- データ収集アプリケーション
- 演算加速器
- UI, Feedback
- 実験

背景

- 原子核実験に必要な信号処理、データ収集の要素において共通部分はかなり大きい
 - 個々の検出器の種類や使い方は似通っている
 - これまではそれらに対して実験グループや施設側が個別に対応してきた
 - 実験装置・システムの大規模化にともなって信号処理・データ収集も大規模化
 - 人的・物的リソース、開発時間の制限。
 - **なんとかしたいという思いはきっと共通なのでは？**
 - **共通で（簡便に）使えるものを作ることができれば、より大きなシステムに挑戦できるのではないか？**
 - **基盤化する中で、様々な技術の習得や交流を進め、将来的にはより柔軟なシステムを作り、他分野や世界に供給することまでできるのではないか？**
 - 研究会を開催
 - 2022/05/17-2022/05/18 RCNP研究会「原子核実験の次世代データ収集システム基盤開発にむけて」
 - <https://indico.rcnp.osaka-u.ac.jp/event/1891/>

講演のまとめ

課題

- 高レート
 - デッドタイムレス (Streaming DAQ) + Filtering \Leftrightarrow 軽量、テスト実験？
 - 中間
 - トリガーの洗練 (FPGA programmable trigger) \Leftrightarrow 自由度
 - データリンク (バスは遅い)
 - QDC のコンバージョンとか TDC のヒット数(読出し数)が限界を決める
- 回路
 - 前置増幅器 (ASIC + FPGA)
 - 低速波形読出し (SSD, GEM) 生産終了
 - 高速波形読出し (PMT) 価格高い？ 10万/ch
- レガシーシステムからの脱却？
 - delay ケーブル、trigger (NIM) まわりのケーブル (可搬性)
 - QDC ? => Shaping + 波形？遅くなる？
 - 生産終了品に依存(CAMAC)

現状分析

- 共通化できそうな課題
 - データの取りこぼしをなくしたい
 - イベントレートの増大に対応
 - 波形データなどの大量のデータに対応
 - データ収集システムのテンプレート・スケルトン
 - 異なるデータ収集システム間のアダプタ
 - 環境情報や事象情報を用いた帰還
 - 前段回路（ただし、種々のパラメータが設定可能で、その範囲内）
 - 高速(PMT)・低速(SSD,TPC...)波形取得
 - ストレージ
 - 大量・お手軽データ => データセンター（SINET経由）+解析環境・開発環境？
 - 商用クラウドサービスでフィルタリング？
- 共通化できなさそうな課題
 - 特殊な用途の前段回路 (PMT?)
 - 取捨選択の詳細（トリガー含む）

開発要素

1. 前段回路 (アナログ、ASIC, FEE、データ送出)
2. 共通読出し (PCI, データ受信、共通 FPGA ファームウェア)
3. データ転送 (イベント構築、データ転送)
4. 取捨選択 (FPGA, GPU, HPC)
5. ユーザーインターフェース (制御・設定、GUI, モニター)
6. インフラ (共通サーバー、開発環境)
7. 基盤化 (全体統合、知の共有、共有化)

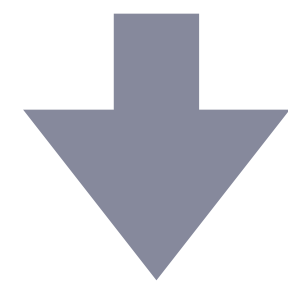
個別開発ではなかなか難しい

SPADI Alliance

Signal processing and data acquisition infrastructure alliance

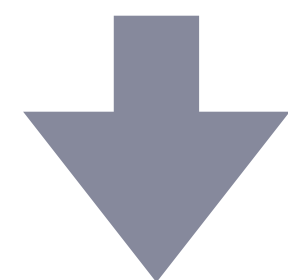
めざす標準化の方向性

デファクト標準
実験グループ
実験施設



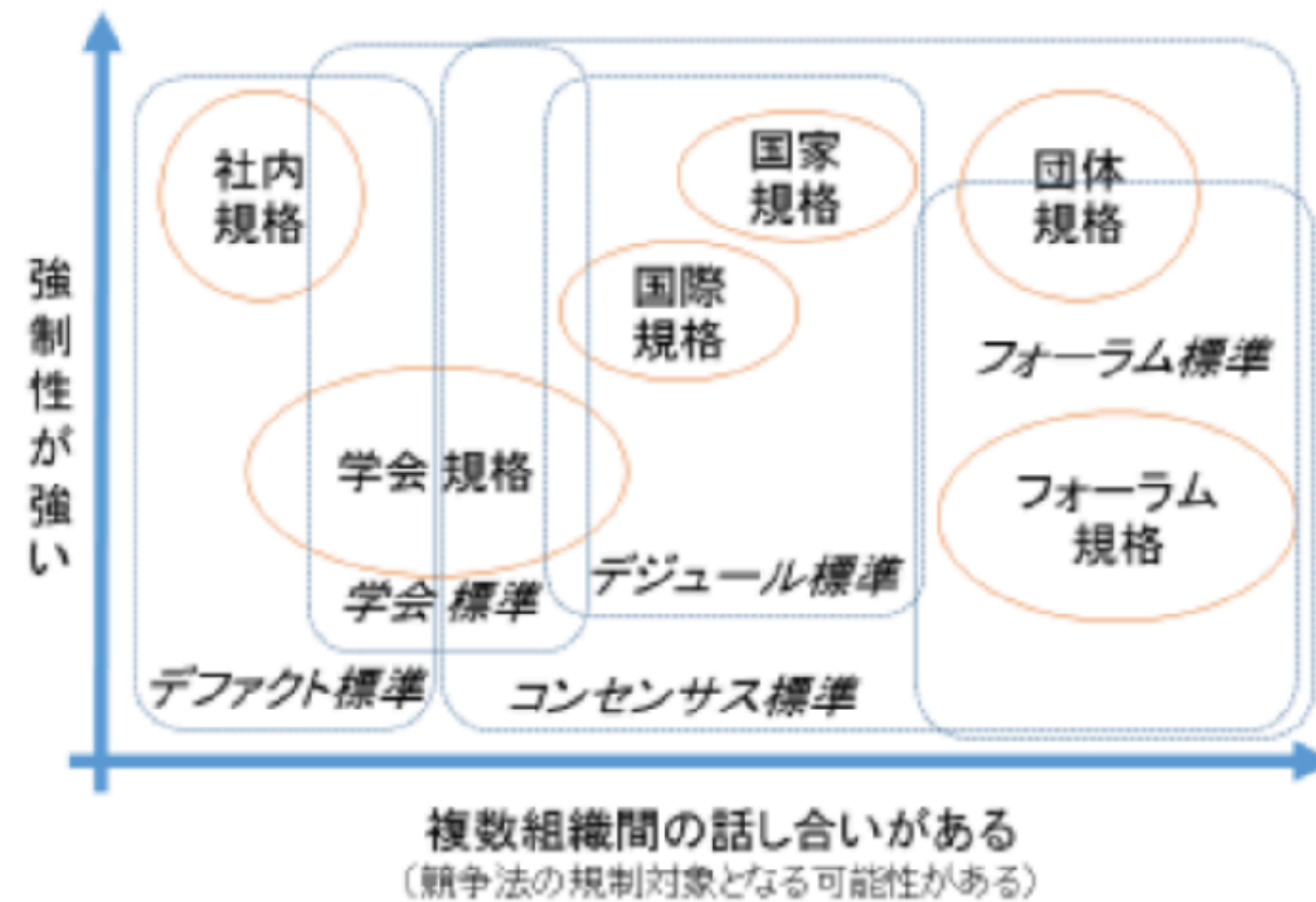
話し合いが重要

アライアンス標準



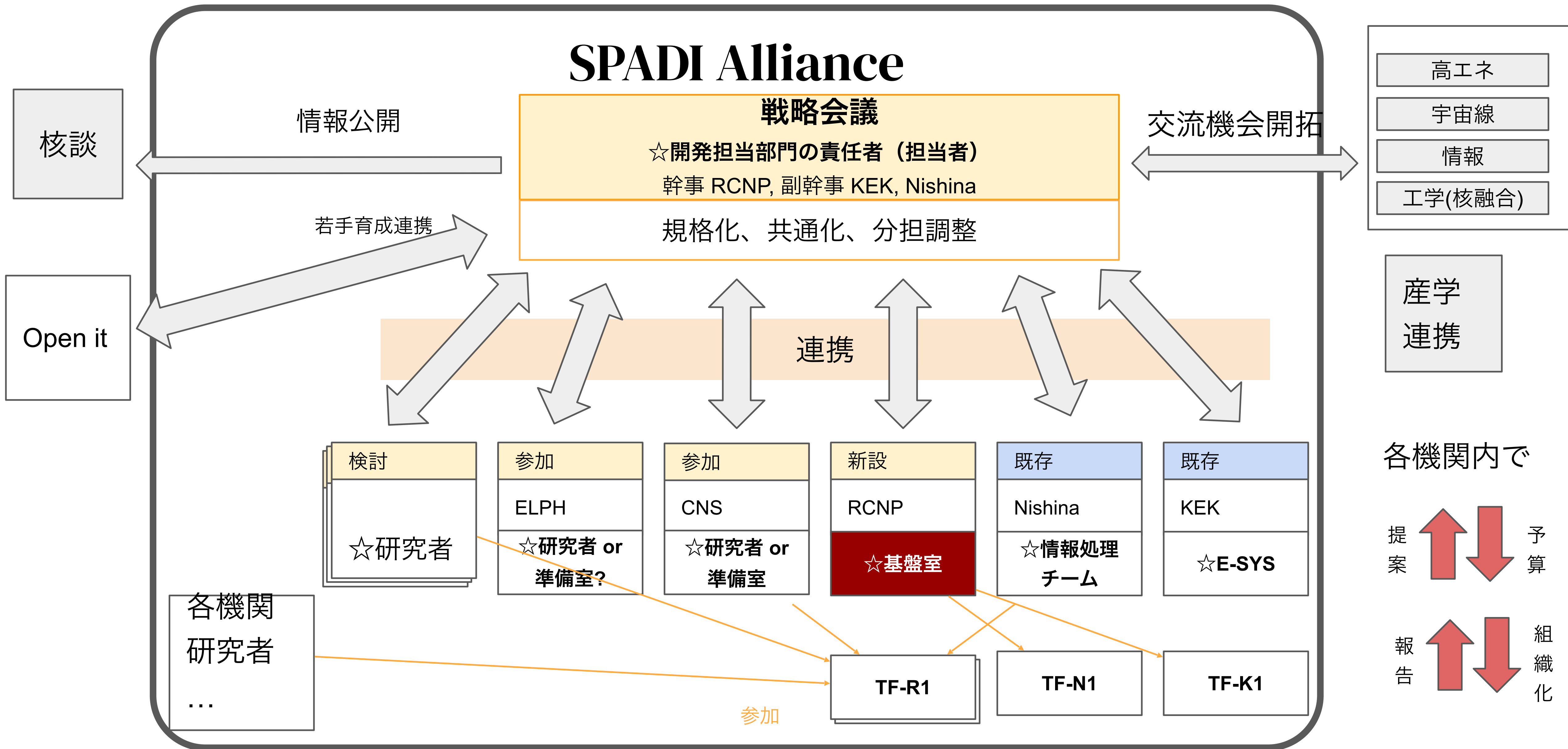
国内・国際標準

標準化する場所



日本規格協会より

データ収集システム基盤化にむけたスタートアップ



SPADI Alliance

目的

- 高速高効率なデータ収集システムの共同開発
- またその標準化

参加

- 現状は個人。参加費なし
- 76名 (14機関)

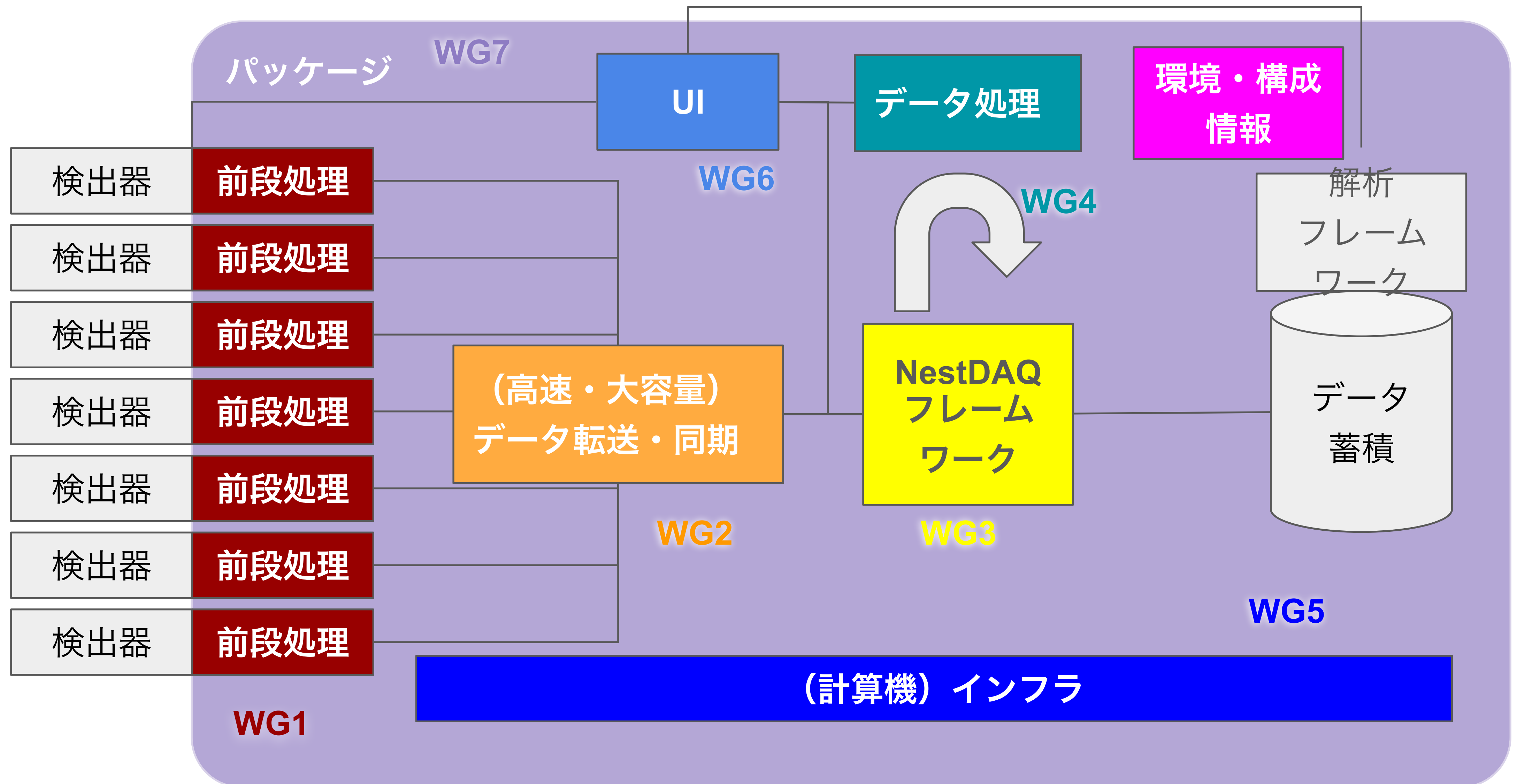
戦略会議（運営）

- 大田晋輔 (RCNP)、本多良太郎(IPNS)、馬場秀忠(RNC)、郡司卓(CNS)、宮部学(ELPH)、白鳥昂太郎 (RCNP)、小林信之(RCNP)

開発体制

- ワーキンググループ
- タスクフォース

データ収集システム要素とワーキンググループ



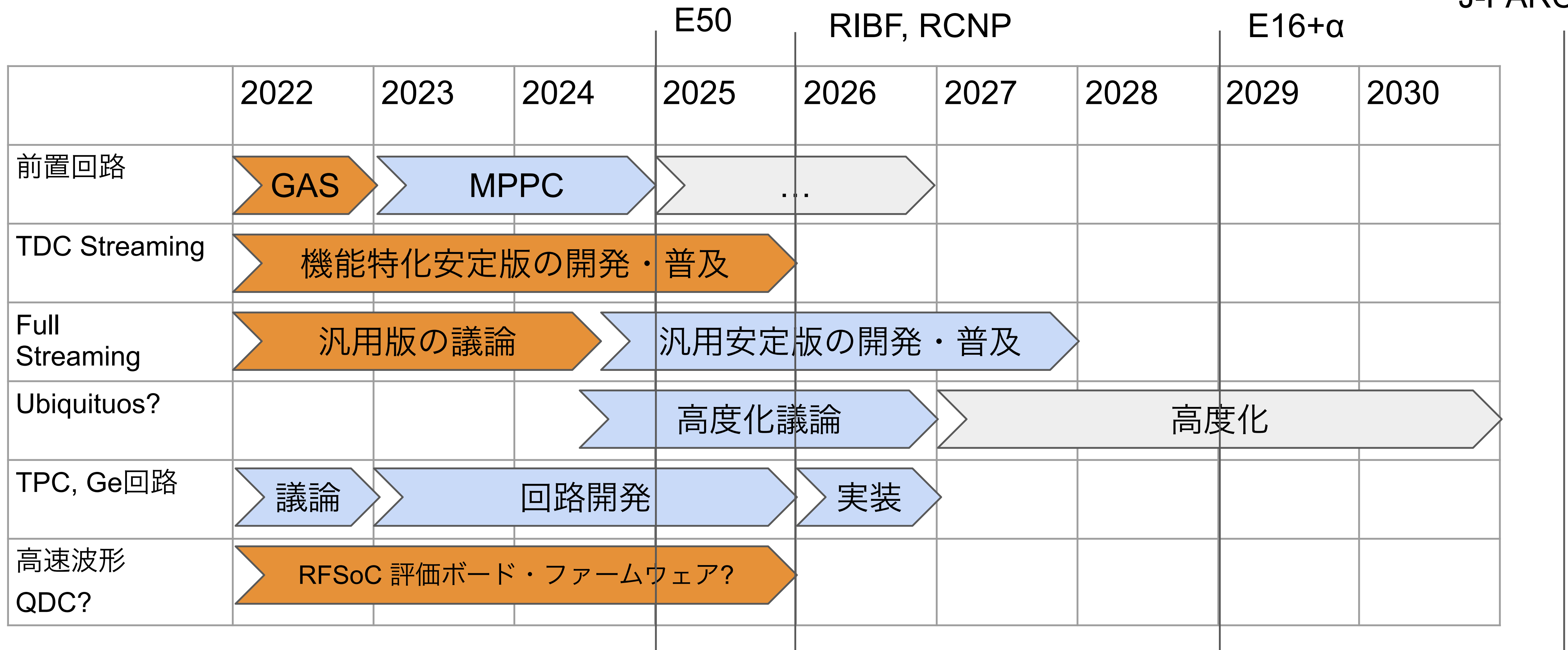
ワーキンググループ

1. アナログ+前段処理 (本多@KEK)
2. データ転送・同期 (馬場@RNC)
3. NestDAQ フレームワーク (五十嵐@KEK)
4. データ処理 (郡司@CNS)
5. ユーザーインターフェース (?)
6. インフラ (堀田@RCNP)
7. パッケージ・基盤化 (?)

想定される開発

タイムスケールは議論中
TDC Streaming は今年度中

ALICE3
J-PARC-HI



E16+α : E16のアップグレードによる重イオン実験

海外の動向:

ALICE: 2022-2025, 2029-2032

ALICE3: 2035-

FAIR-CBM: 2026-

開発の大まかな見通し（検討中）

- 令和5年度

- 現在進行中の ASIC 開発（ASDとMPPC 読み出し）を完了させる
- NestDAQ の実装第一版を完成させる
- それ以外の WG は要素技術調査・勉強会など
- 高速高効率DAQシステム(仮)の対象範囲、実装例などシステム全貌とその開発目標の具体化
 - 高速で高効率な文句ではあるが、いざ自分の実験に応用するとなったときの想像がつくくらいではないので、よりシステムの機能と使用条件を明確にする
 - 例えば、TPC 用 ASIC・読み出し回路開発を軸としたシステムパッケージの設計とマイルストーン策定を進める => 汎化も検討しつつ行う
 - 開発目標を掲げて WG の具体的な分担と TF の立ち上げを進める
 - Ge 回路の開発議論を開始する

- 令和6年度以降

- WGごとに常時 2-3 の TF が立ち上がり開発を進めるようになっているか

- 令和7年度

- パッケージ（ダウンロードして簡単な設定をすませれば即動くレベル）の配布開始？

タスクフォース

WG1

ASAGI (ASD)

RAYRAW (ASD + Digitization + LV-biasing)

SAMPAボード

WG2

FAKERNET

RFSoc

WG3 以下はこれからタスクフォースを構築していく

データ収集基盤開発の将来計画(案) 継続議論

外部評価
専門家

SPADI Enterprise

Financial Review Board

提案 ↑ ↓ 答申

情報提供 ↑ ↓ 評価

交流

戦略会議(仮)
MB

規格化、共通化、分担調整
広報、知財権・成果物保全
予算分配

提案 ↑ ↓ 調整

情報公開

若手育成連携

支援

参加費

使用権

各研究者

Technical Board (working group examples)

- 前段回路 (アナログ、ASIC、FEE、データ送出)
- 共通読出し (PCI, データ受信、共通 FPGA ファームウェア)
- イベントプロセス (イベント構築、データ転送)
- 取捨選択 (FPGA, GPU, HPC)
- ユーザーインターフェース (制御・設定、GUI, モニター)
- インフラ (共通サーバー、開発環境)
- 基盤化 (全体統合、知の共有、共有化)

Resource Board
◎各予算機関の代表

核談

Open it

高エネ

宇宙線

情報

工学(核融合)

産学
連携

こまっていること

- 大学院生・ポスドクなどのこれから活躍する方々の参加が少ない
- 10年後の将来を話してはできても実装する機会がないかもしれない
- 実験にデータ収集系は必須なのに人材を確保することが難しい
- 海外に依存している部分がおおくて今年のような状況に弱い

まとめ

- RCNPにデータ収集基盤室開室
- SPADI Alliance を設立
 - どこまででもできそうな気もするが、議論の方向性次第である
 - データ収集システムの標準化を目指して議論・開発をすすめている
 - 多くの方々が開発に意見してくれるかが10年後を決めることが重要です
 - ぜひ、ご参加ください

参加登録フォーム

