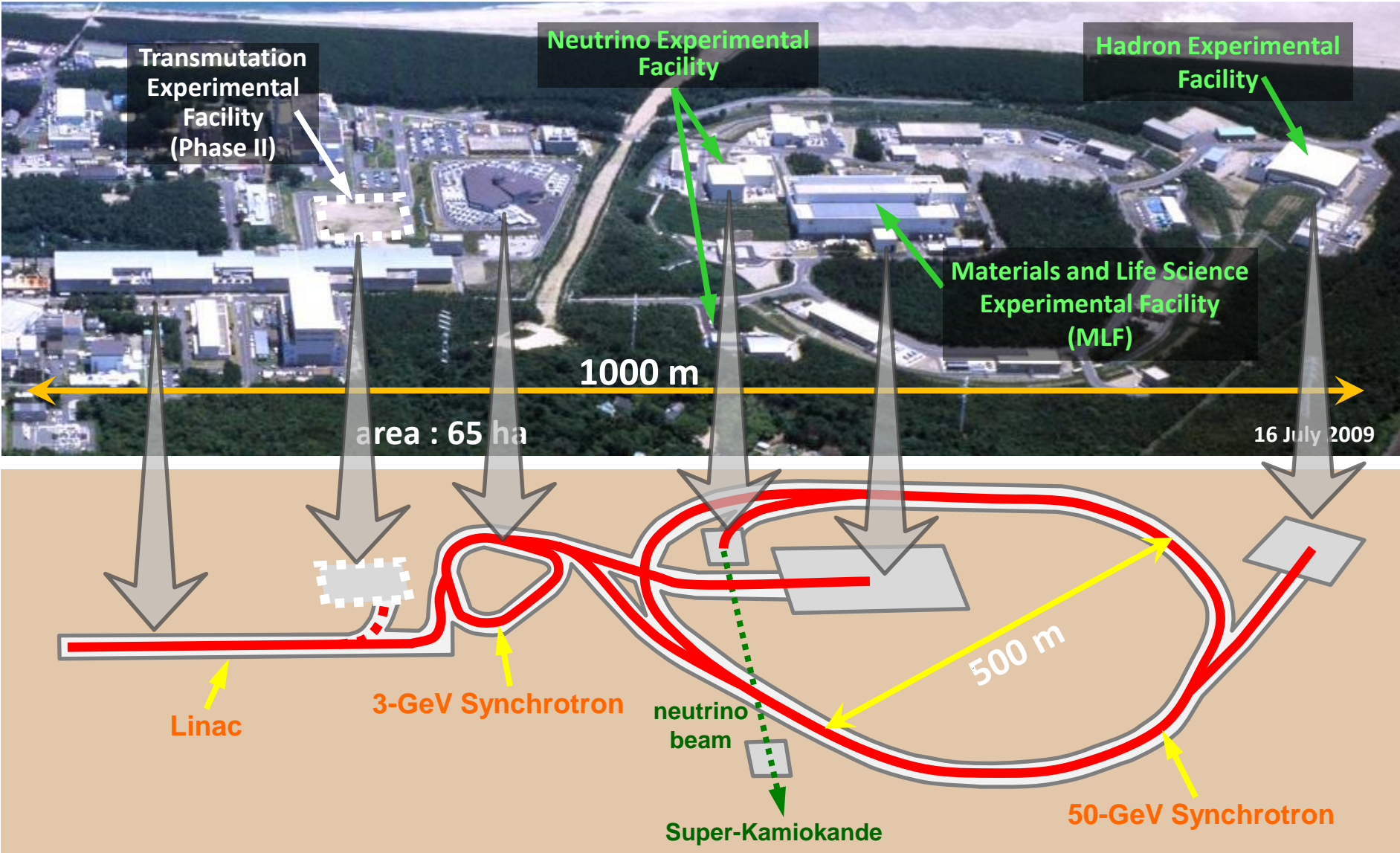


J-PARC MLFにおける 二次元中性子検出器開発 － ガス型検出器 －

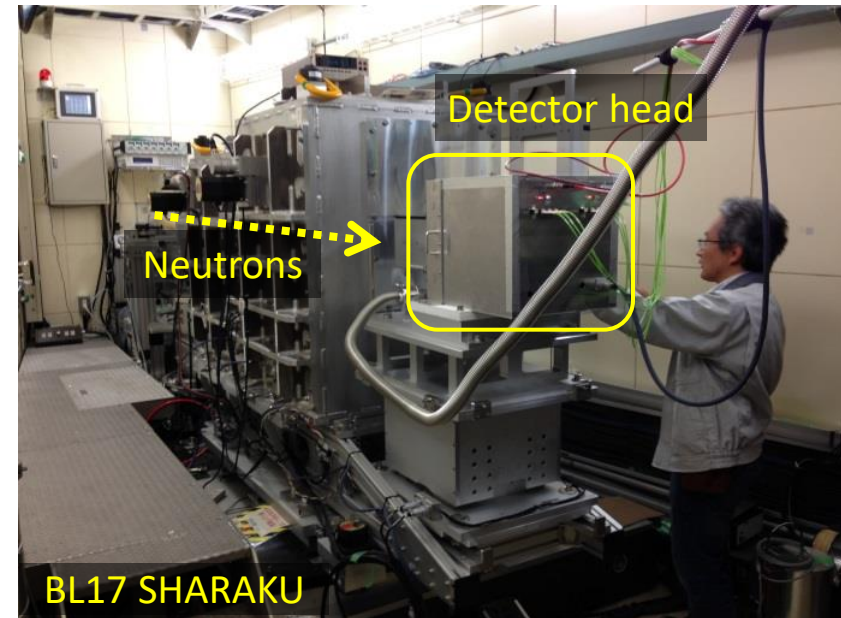
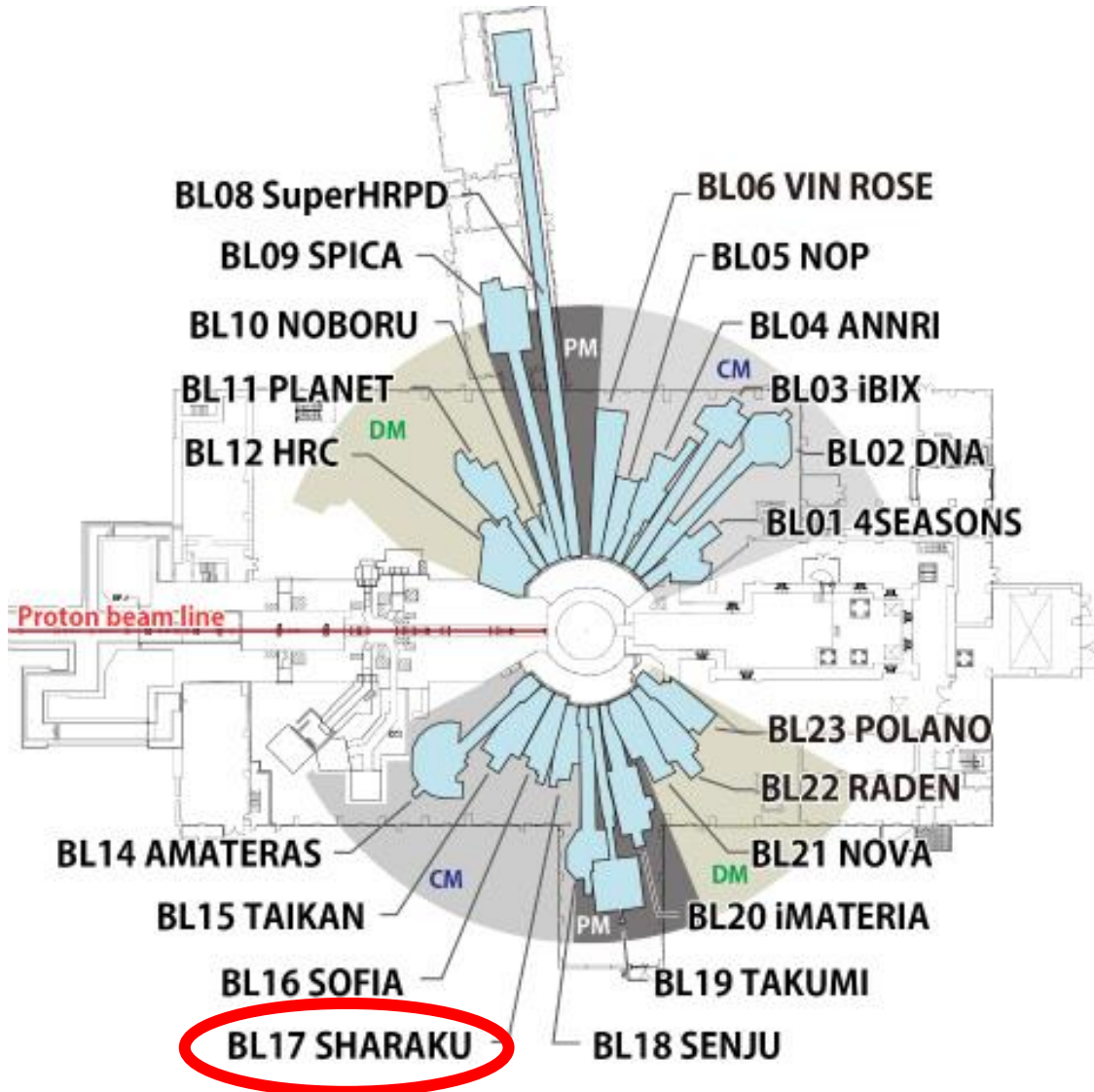
J-PARCセンター
物質・生命科学ディビジョン
中性子基盤セクション
藤 健太郎

J-PARC

3 proton accelerators and 3 experimental facilities



MLF - neutron and muon experimental facility -



Neutron reflectometer

CM Coupled moderator DM Decoupled moderator PM Poisoned moderator

Development of gas-based 2D neutron detector

2D neutron detector for BL17

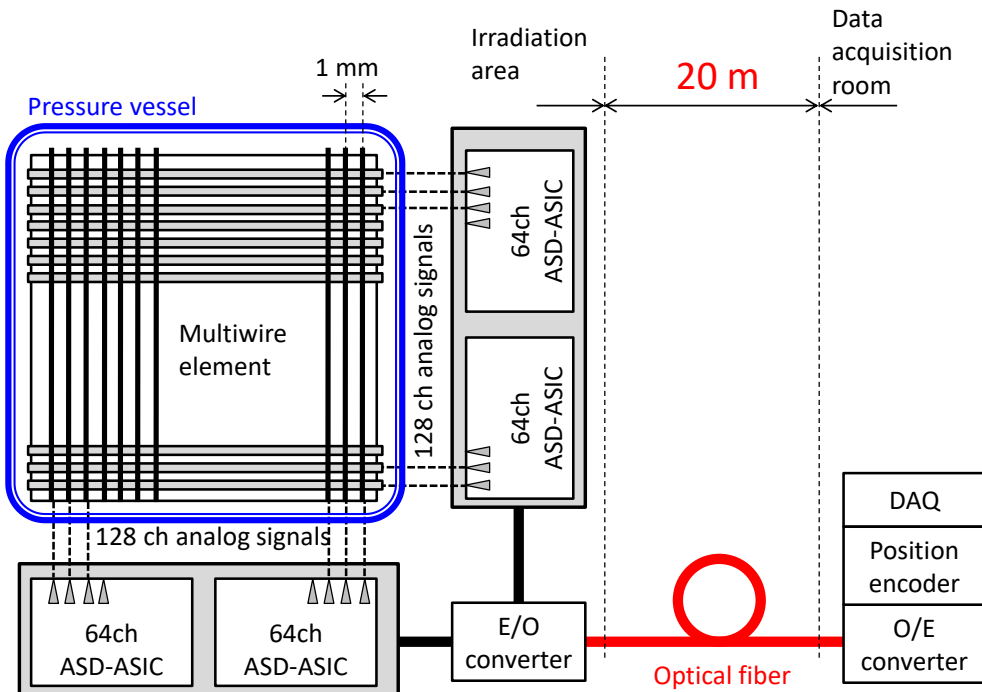
【コンセプト】

- 優れた中性子検出器性能
He-3ガス、個別信号読み出し、高圧ガス容器
- ユーザー共用の検出器
 - 省メンテナンス、堅牢性
長期稼働の実績があるマルチワイヤ素子
 - ユーザビリティ(簡単操作)
使用のための事前準備は電圧印加のみ(PC)
- 大規模実験施設で使用(多岐にわたるノイズ源、長距離)
光信号伝送

Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

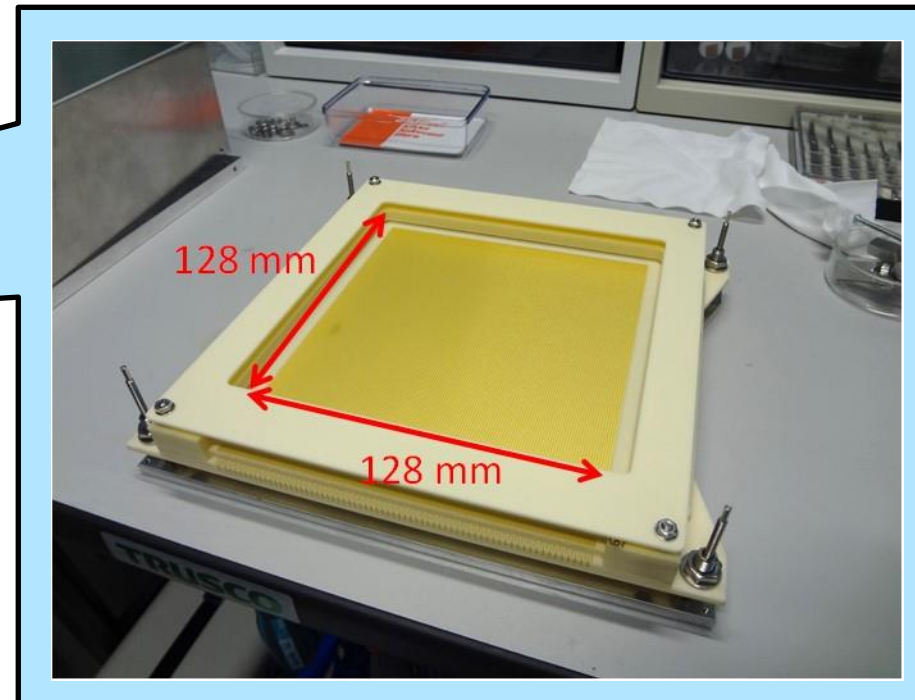
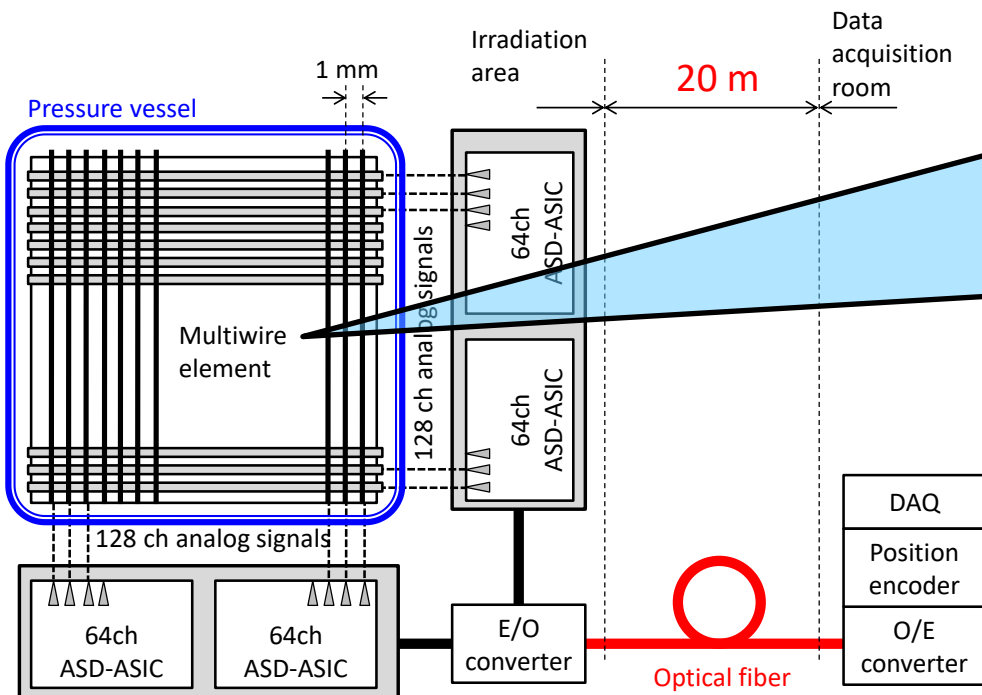
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

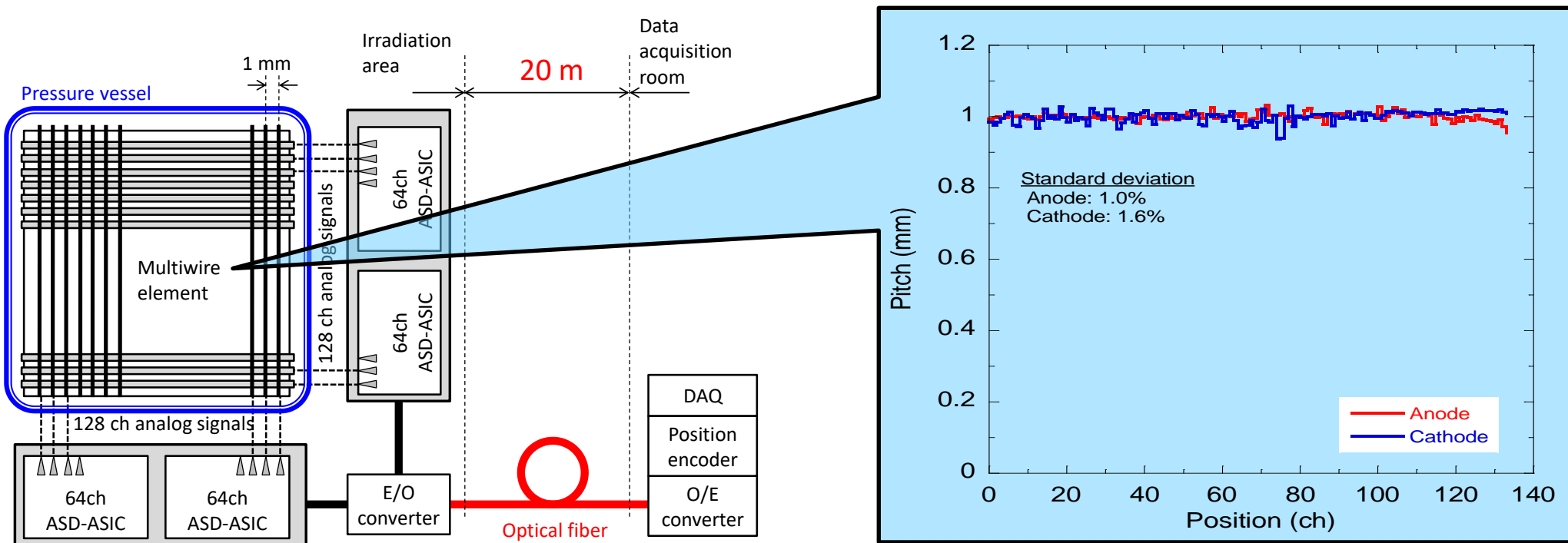
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

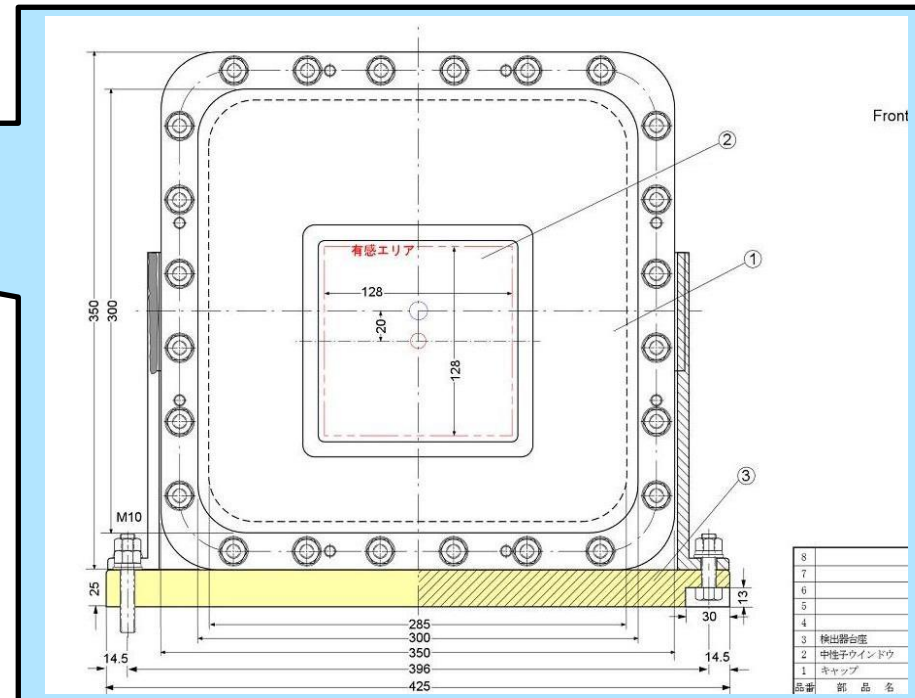
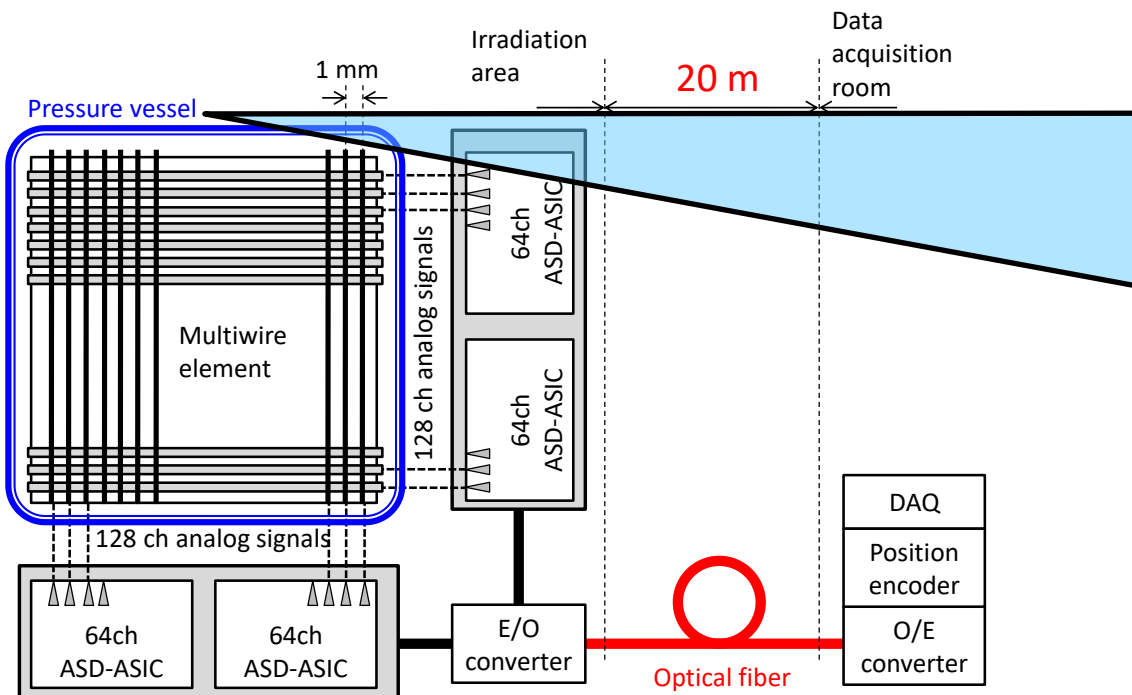
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

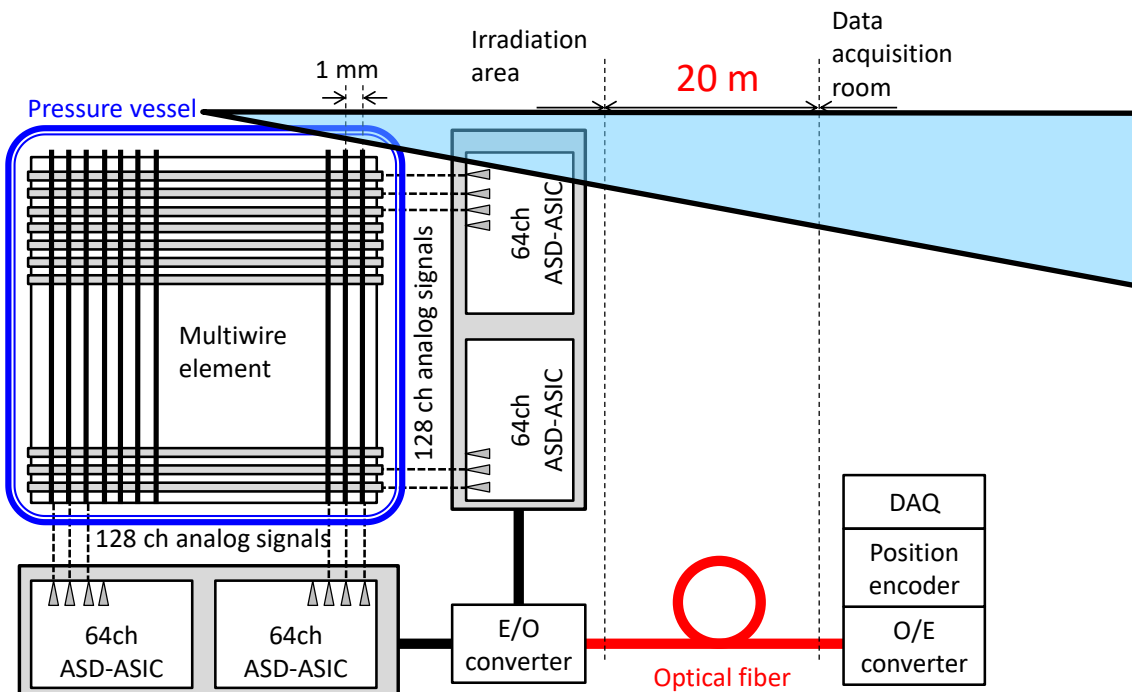
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

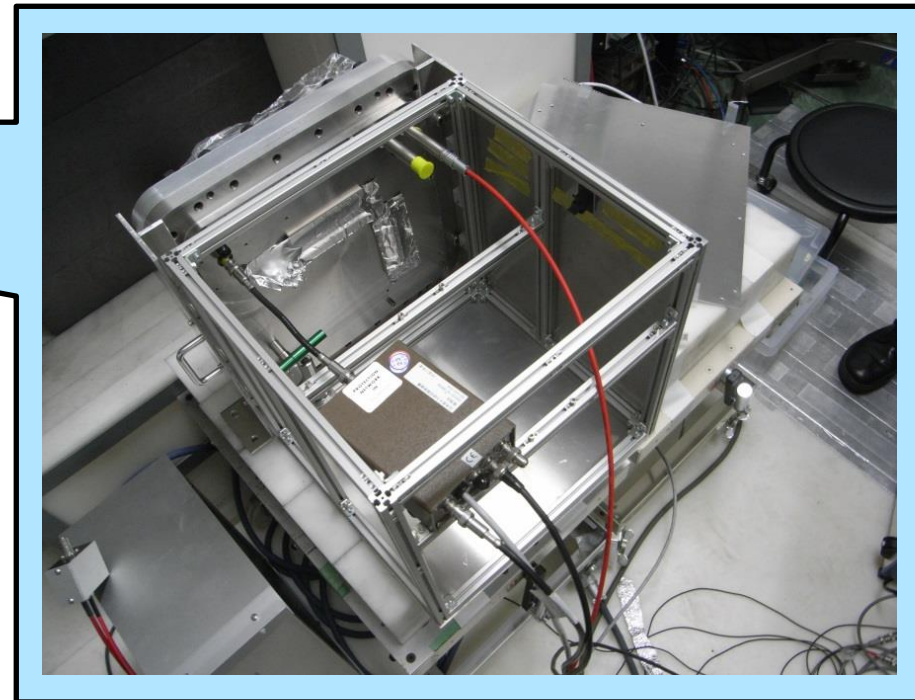
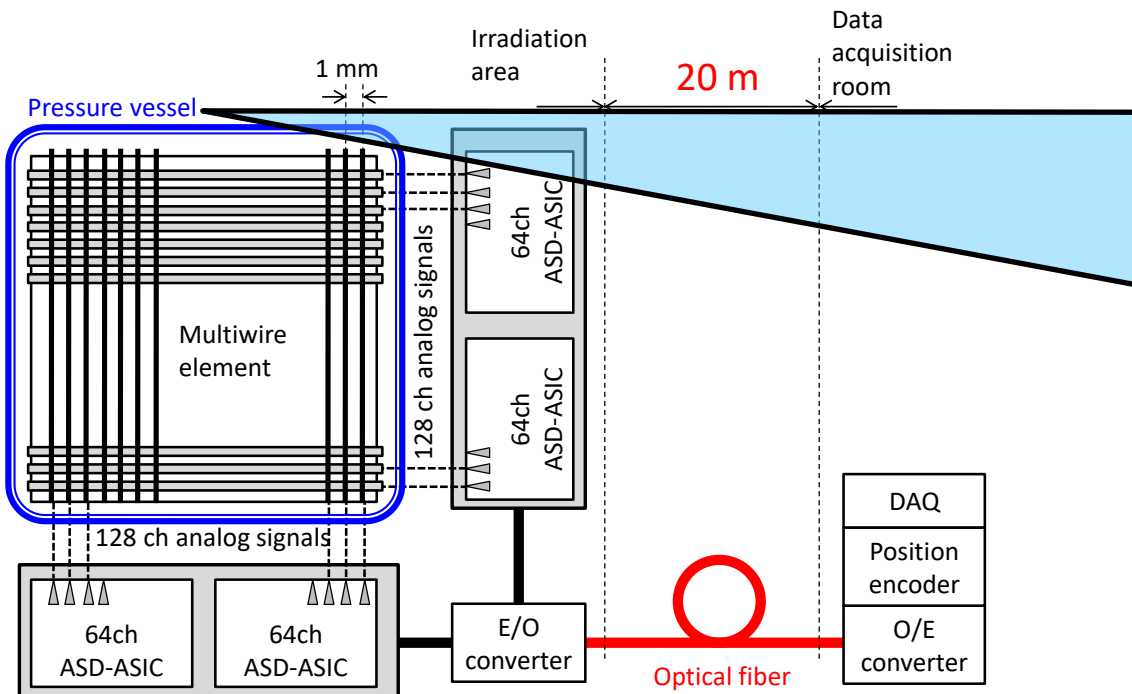
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

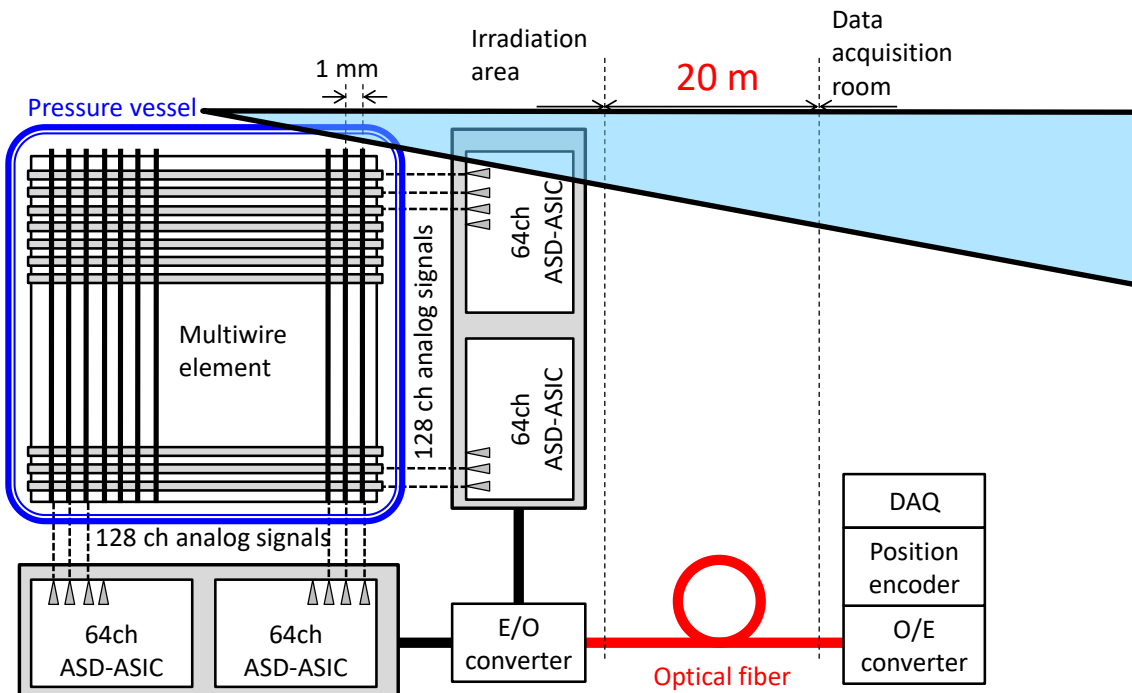
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

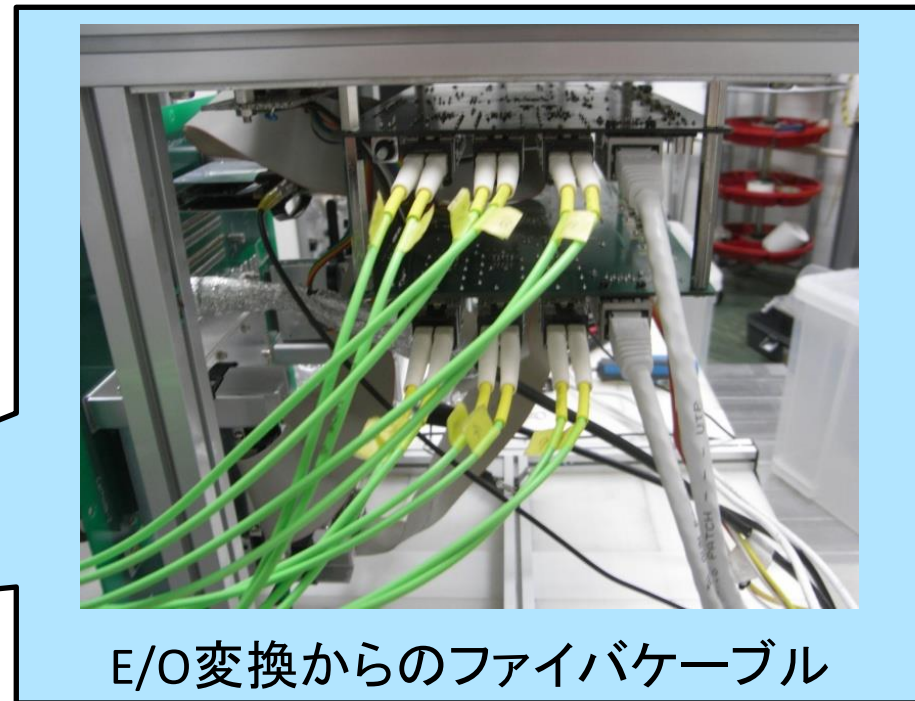
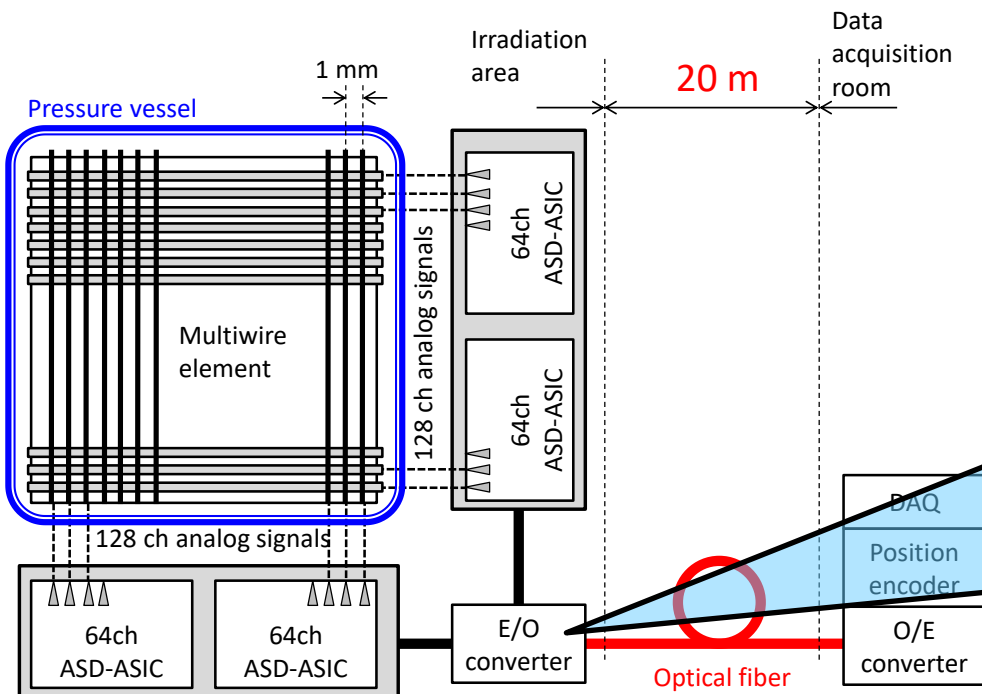
- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源



Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源

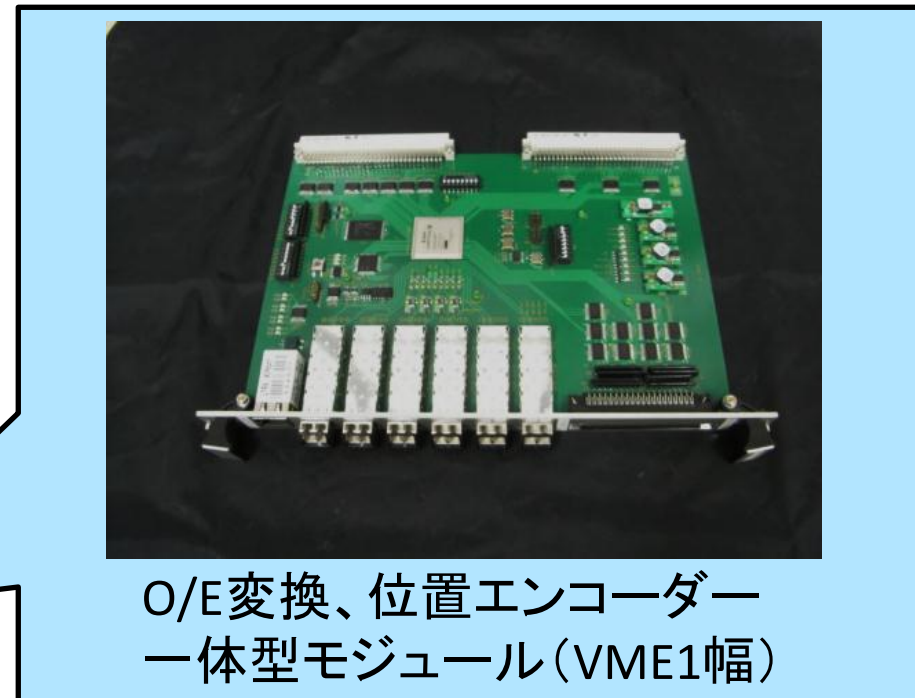
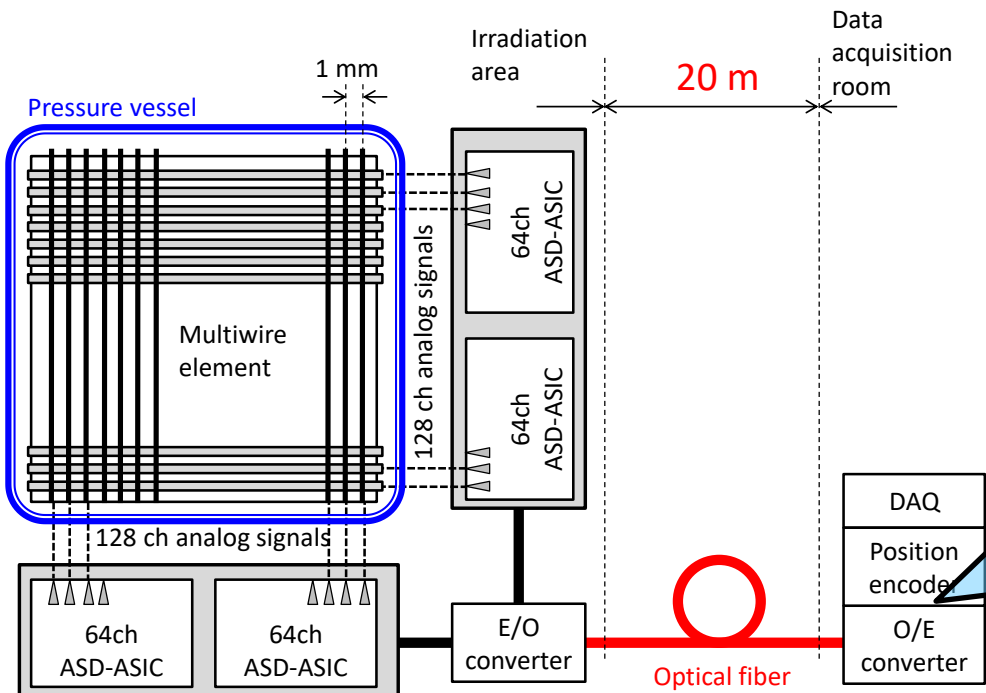


E/O変換からのファイバケーブル

Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源

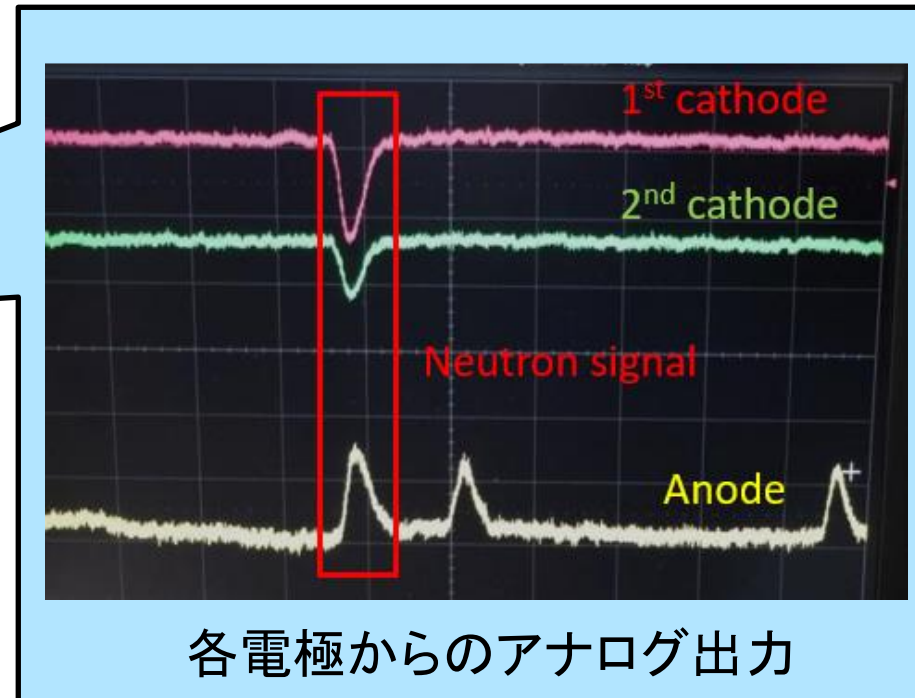
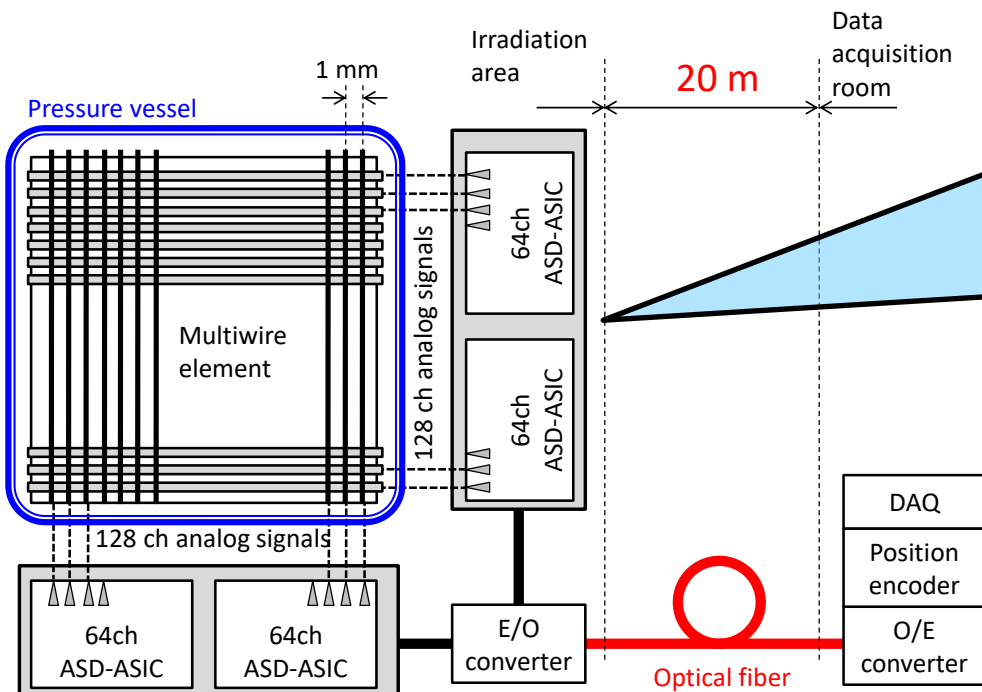


O/E変換、位置エンコーダー
一体型モジュール (VME1幅)

Development of gas-based 2D neutron detector

従来にない中性子検出器であり、独自に設計・評価を実施。

- 個別信号読み出し用マルチワイヤ素子の設計
- 耐圧ガス容器の構造設計
耐圧ガス容器フランジ、中性子入射窓、 ^3He ガス封入構造、高電圧供給用フィードスルー、微小信号取出し用マルチピン・メタルセラミックシール端子構造
- 個別信号読み出し電子回路の設計
多チャンネルASD-ASIC、荷電粒子トラック信号処理回路、Sum信号回路、光信号伝送システム、エンコーダモジュール、電子回路DC電源、検出器高圧電源

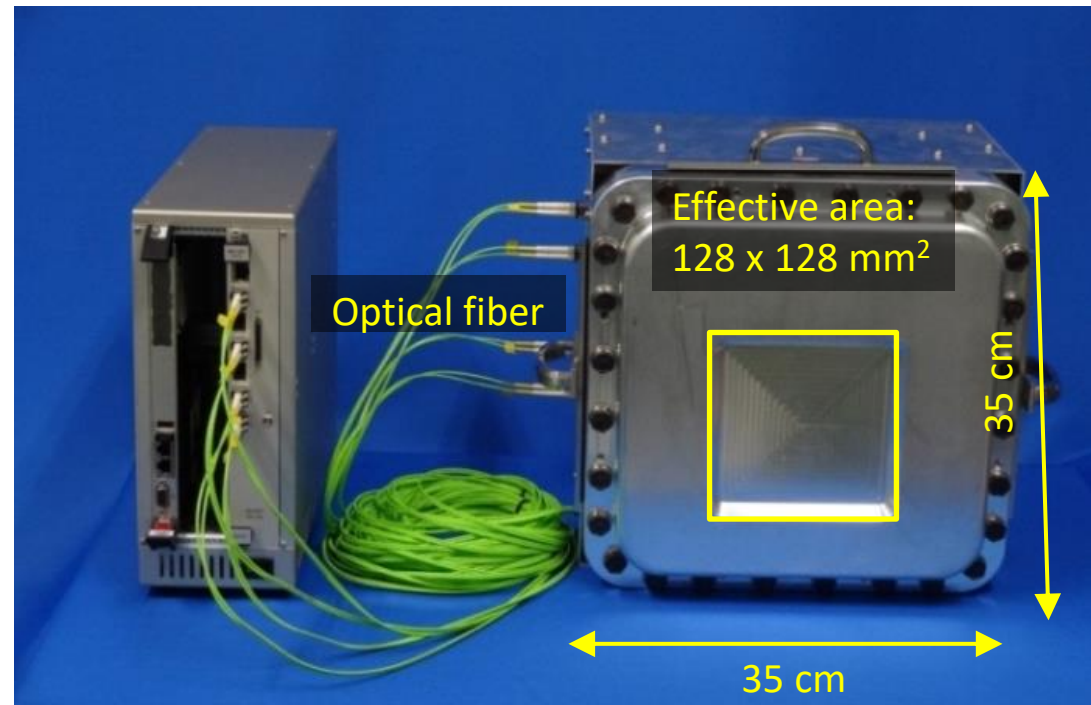


Development of gas-based 2D neutron detector

BL17 2D Multiwire-type proportional chamber

- 個別信号読み出し: 個々の信号線からの出力を信号処理
多チャンネル信号処理回路 (x: 128 ch, y: 128 ch)
- 光信号伝送(光ファイバ20m)

- 検出器ヘッド
サイズ: 350 x 350 x 450 mm³
質量: 約50 kg
- 耐圧容器: 10 atm
- 有感面積: 128 x 128 mm²
- ワイヤーピッチ: 1 mm



Evaluation of developed detector

Irradiation experiments were performed

- using Cf-252 and Co-60
- at KUR CN3
- at J-PARC MLF BL17



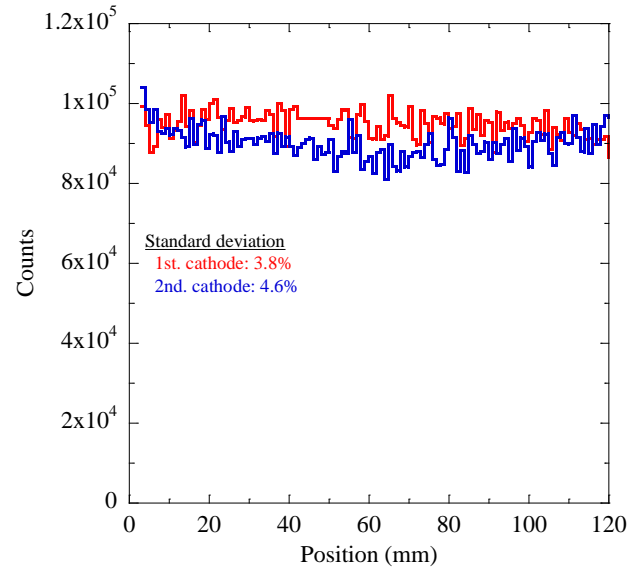
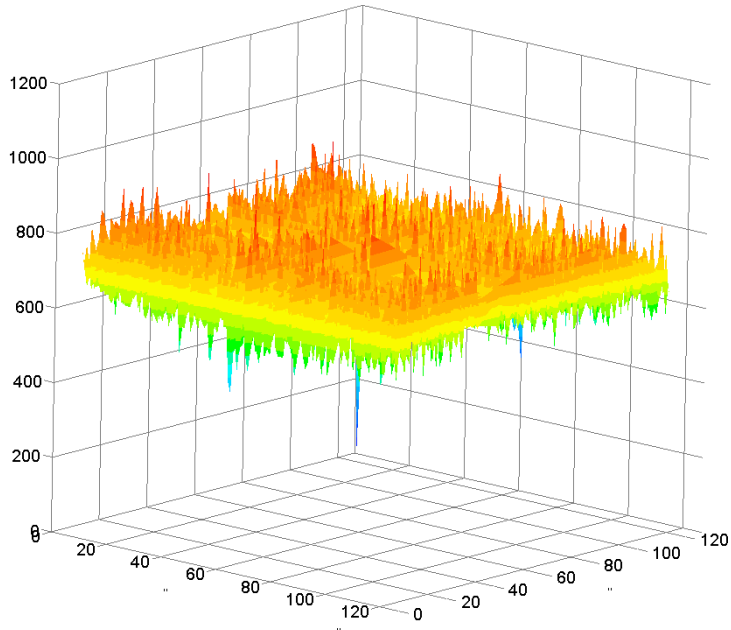
Cf-252 irradiation room



MLF BL17

Evaluation of developed detector

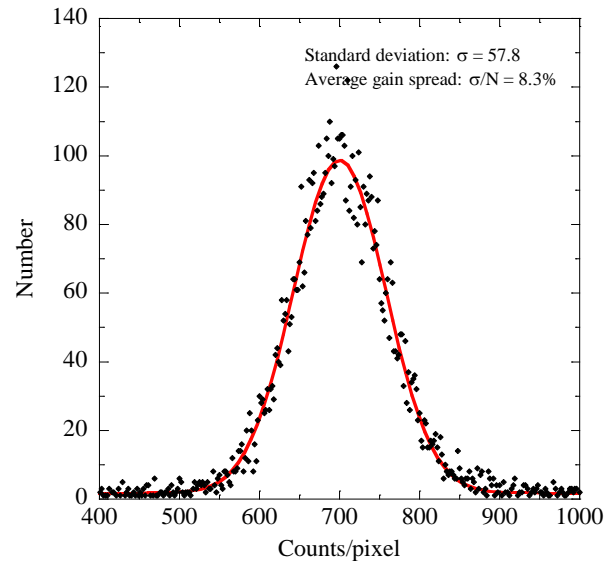
Uniformity test using Cf-252



1D uniformity

X: 3.8%

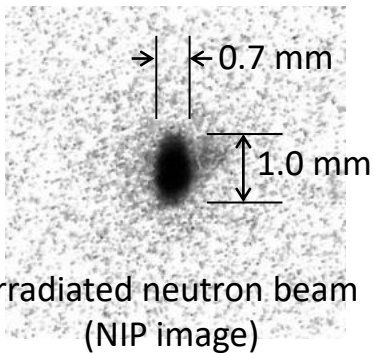
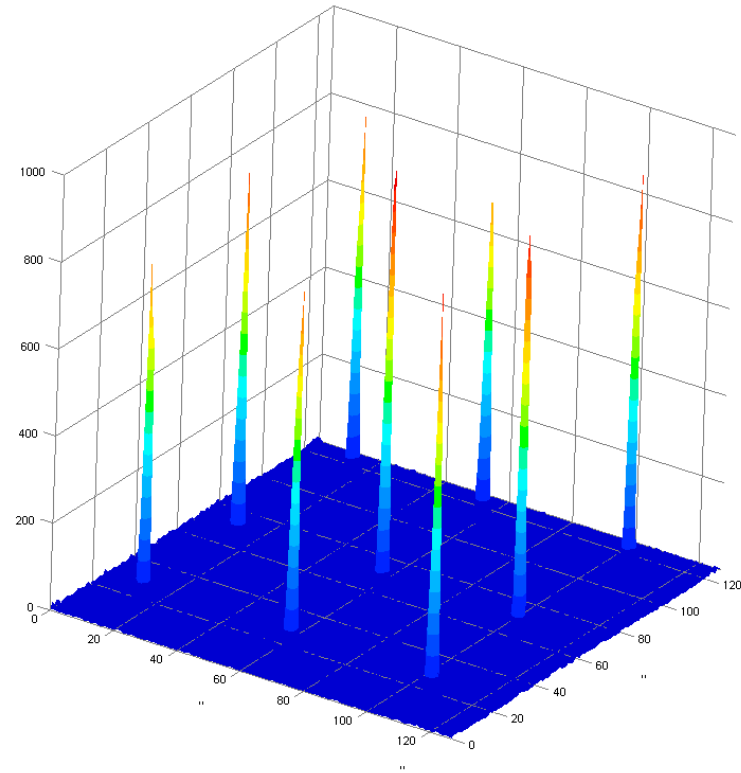
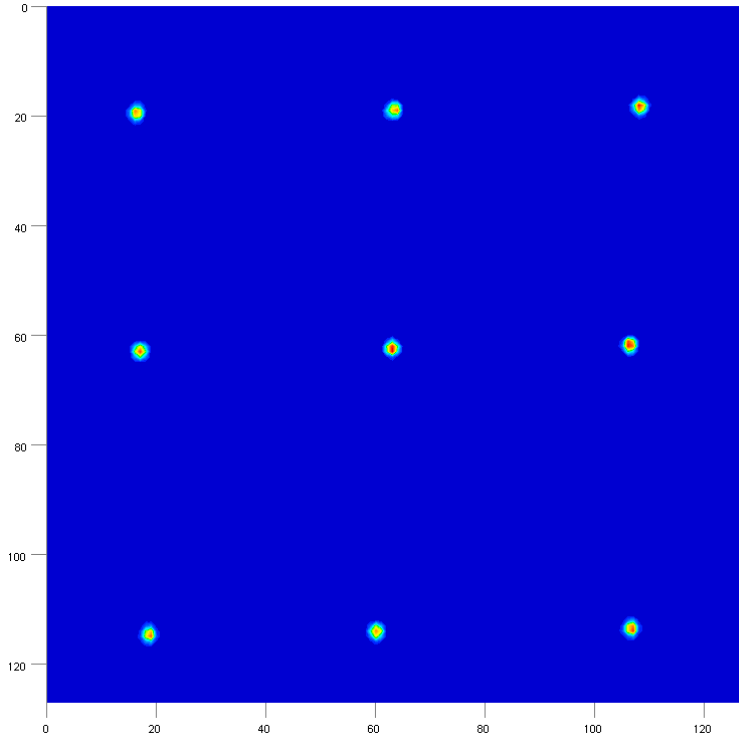
Y: 4.6%



2D uniformity

8.3 %

Evaluation of developed detector

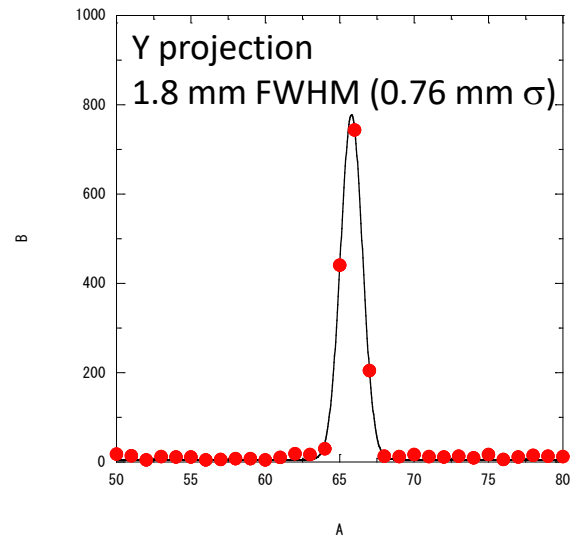
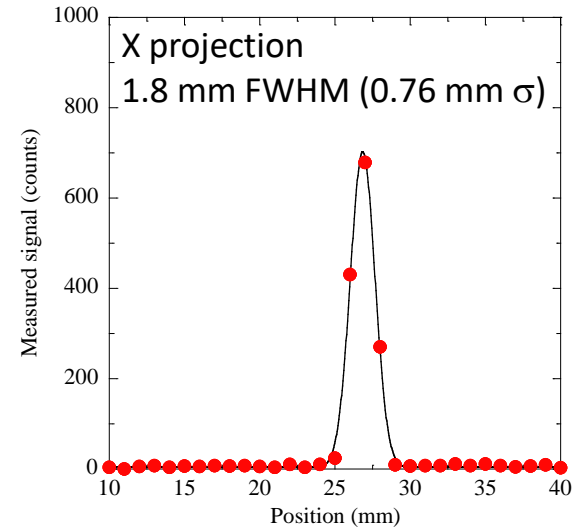
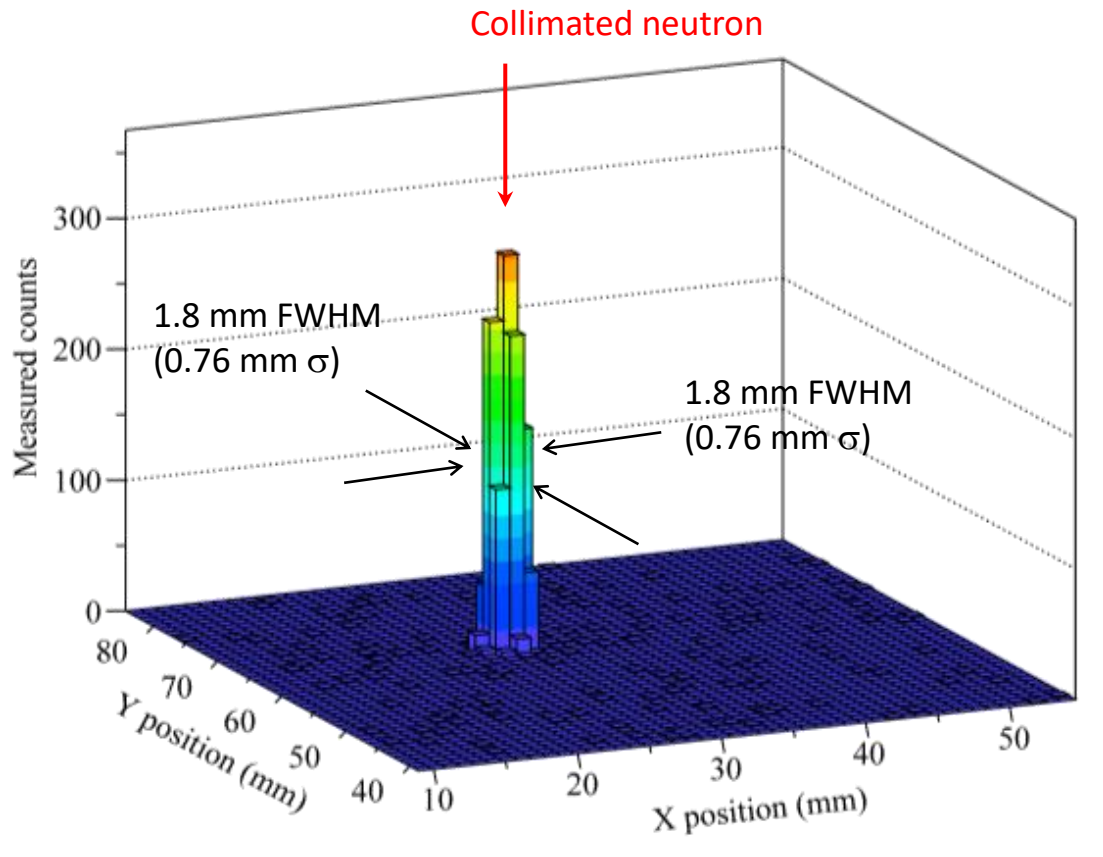


コリメート中性子ビームを9点入射

- 入射位置に対応したピーク
- 同等のピーク値
- 低バックグラウンド

Evaluation of developed detector

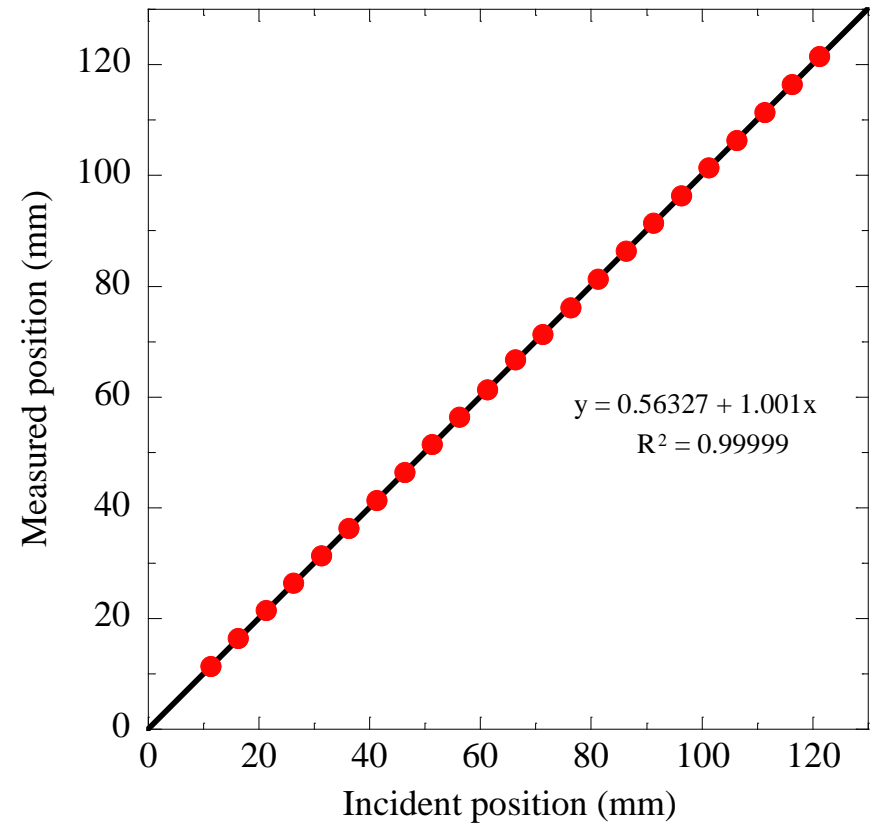
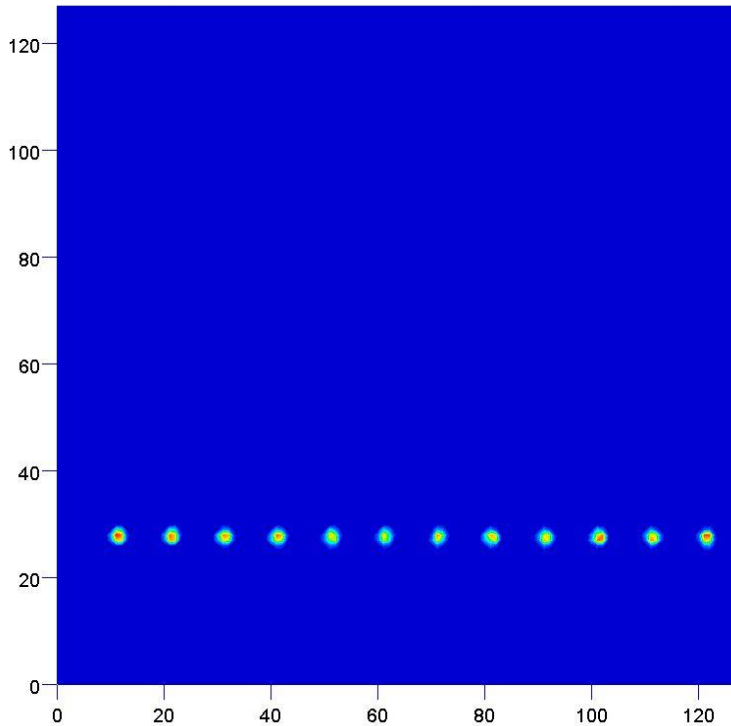
0.3 x 0.3 mm beam irradiation



Evaluation of developed detector

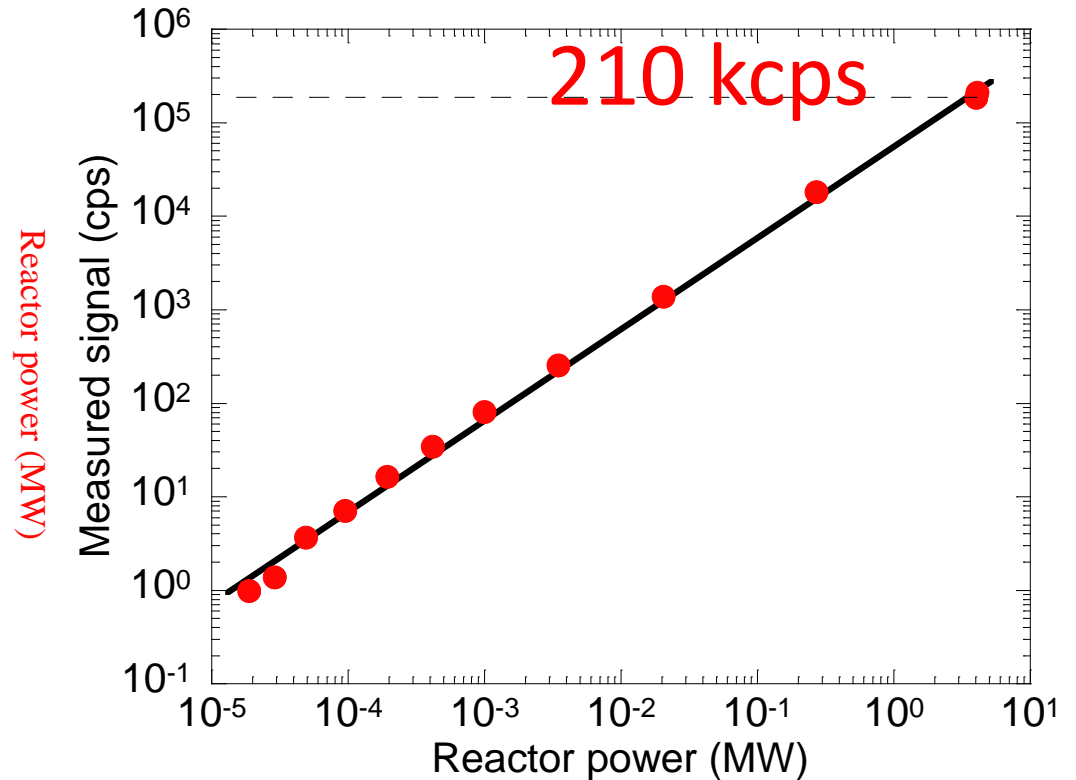
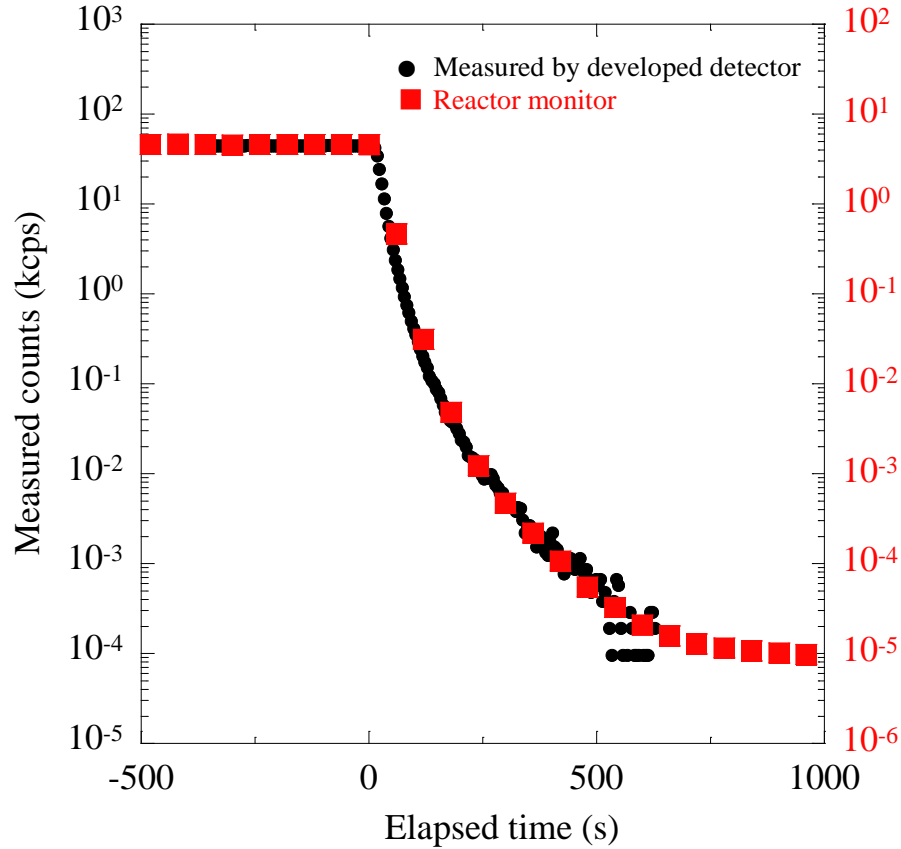
Position linearity (incident position versus measured position)

X axis



Evaluation of developed detector

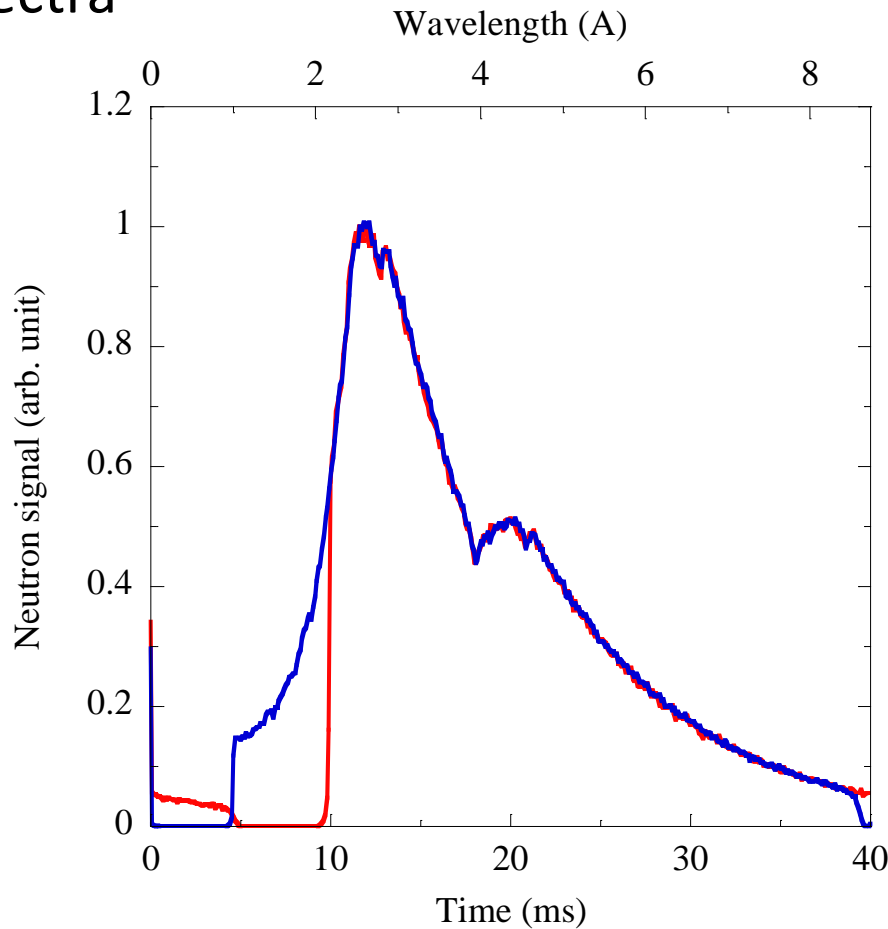
Reactor power (KUR) vs detector counts



- 入射中性子数の増加に伴い、計数值も上昇
- 210 kcps: 入射中性子数の制限 → さらに高計数率対応

Evaluation of developed detector

BL17 TOF spectra



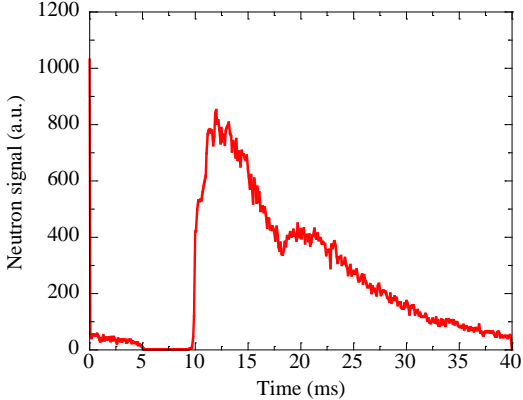
Irradiation was performed in two chopper conditions.

- 0 to 5 ms (0 - 1 Å); blue
- 0 to 10 ms (0 - 2 Å); red

- TOFスペクトルを計測
- チョッパー条件に対応したスペクトル

Evaluation of developed detector

TOF images



Total image

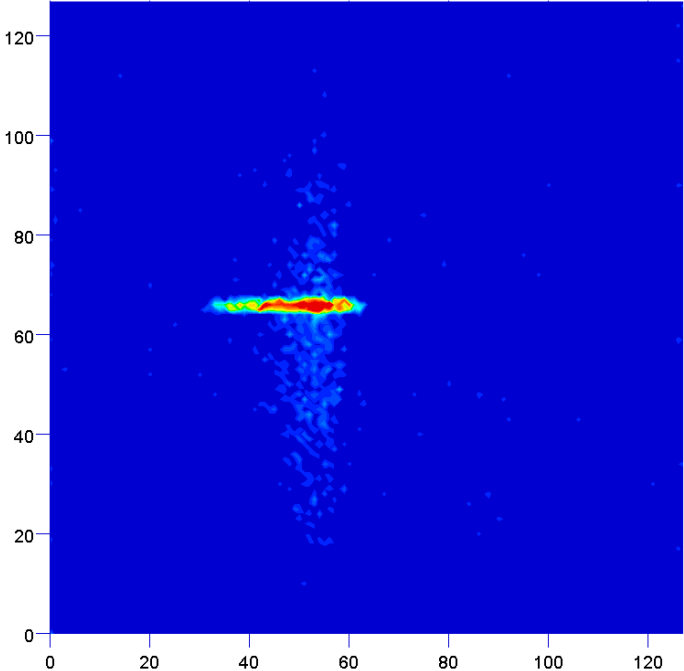
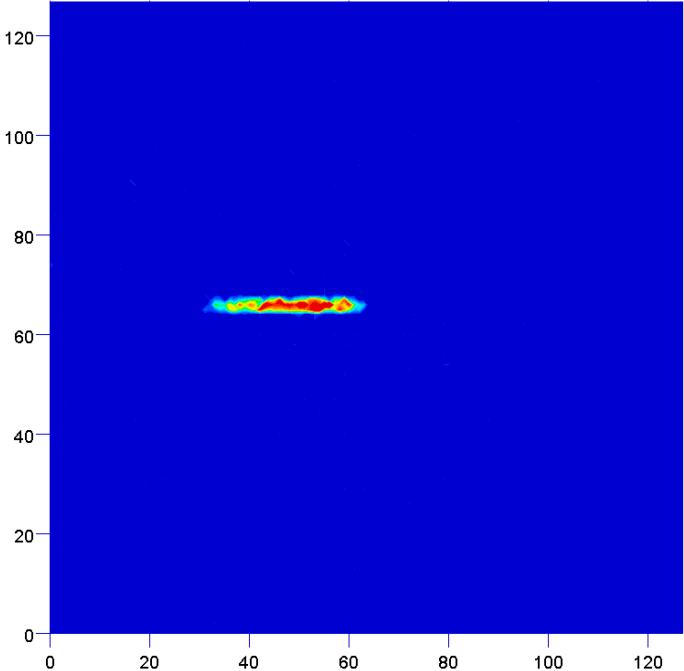


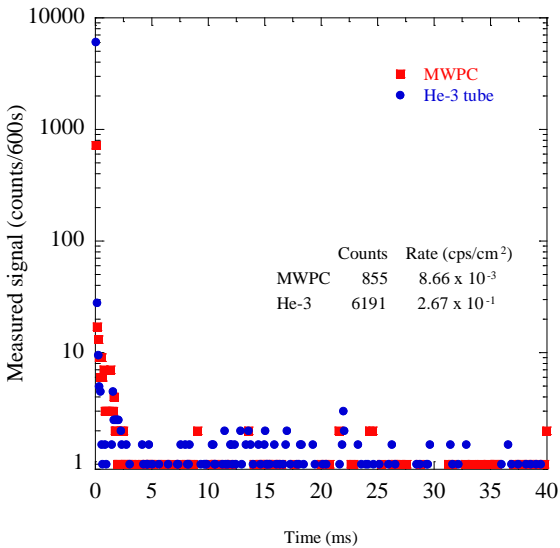
Image of 10 – 40 ms



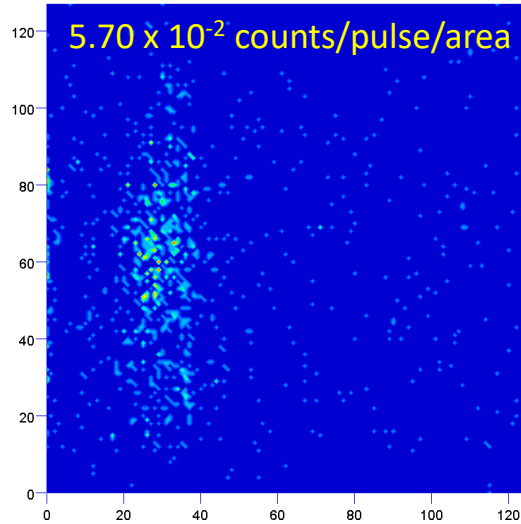
Evaluation of developed detector

Gamma-ray measurement

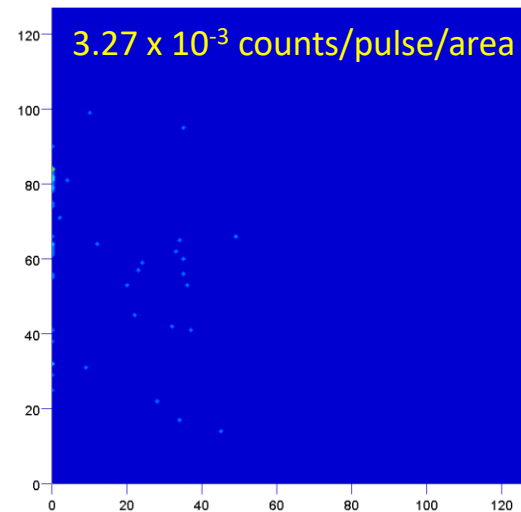
Shutter open, slit close



Total image



ROI: 10 - 40 ms



Gamma-ray counts

counts/pulse/area

Total: 5.70×10^{-2}

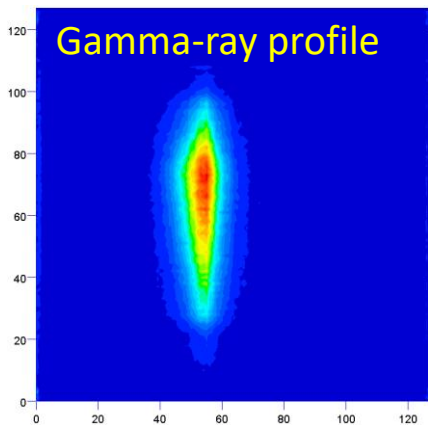
ROI 10ms -: 3.27×10^{-3}

【He-3 tube】

counts/pulse/area

Total: 4.13×10^{-1}

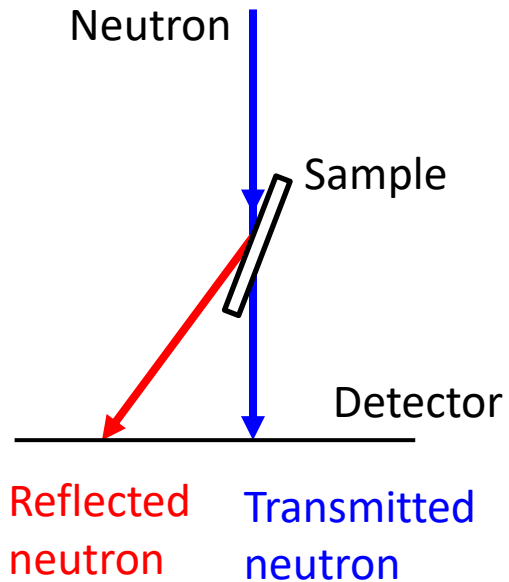
ROI 10ms -: 9.53×10^{-3}



Evaluation of developed detector

Ni/Ti多層膜の反射率測定 (MLF BL17)

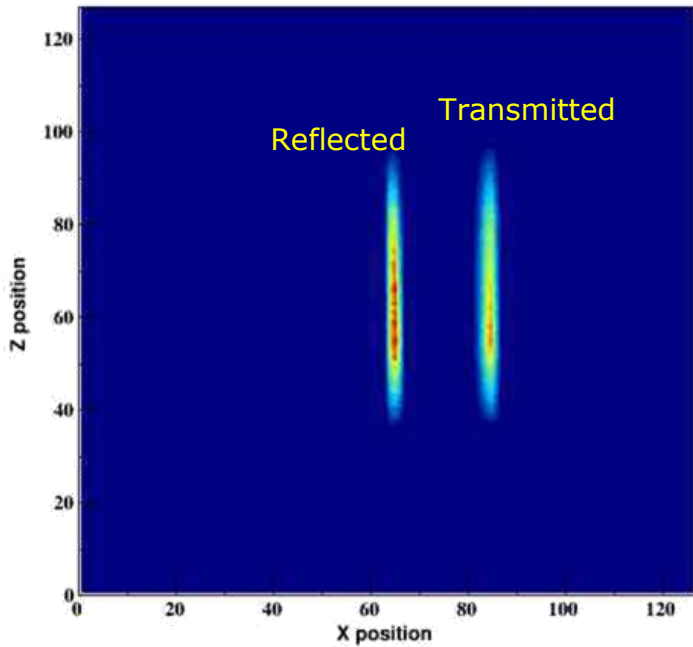
- 透過・反射中性子のイメージ、TOFスペクトル



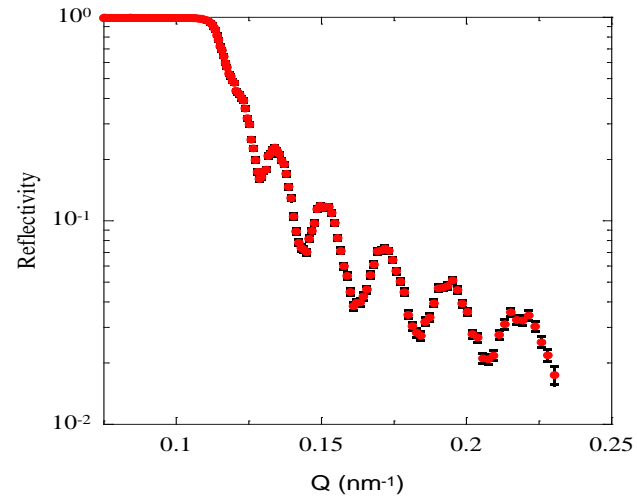
Evaluation of developed detector

Ni/Ti多層膜の反射率測定 (MLF BL17)

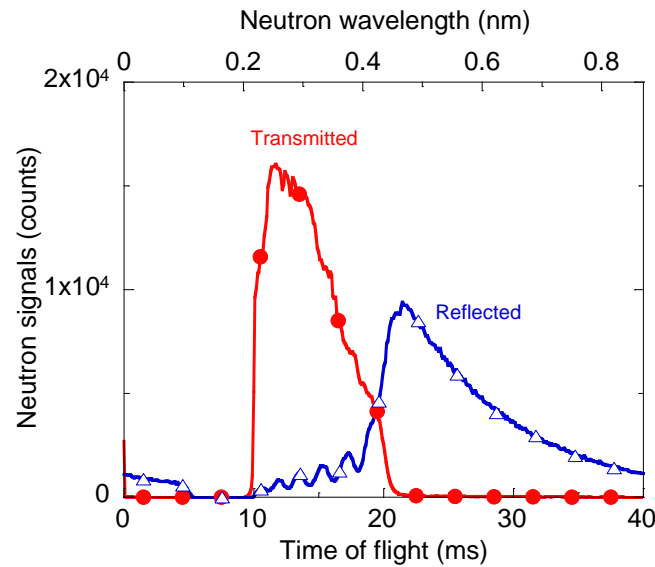
- 透過・反射中性子のイメージ、TOFスペクトル



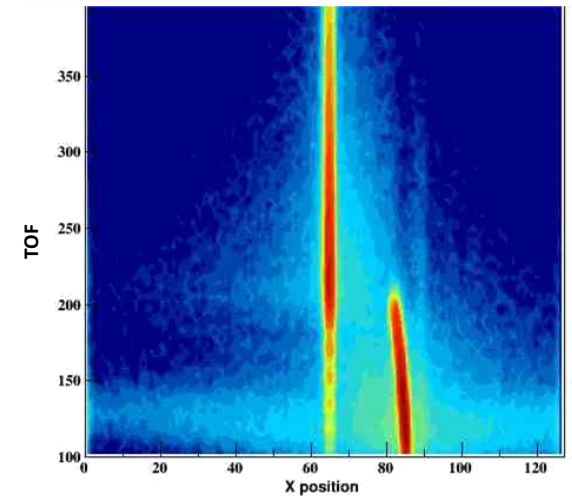
X-Y image



Neutron reflectivity



Time of flight (TOF)



X-TOF image

まとめ

BL17 2D Multiwire-type proportional chamber

検出器ヘッドサイズ	350 x 350 x 450 mm ³	検出効率(1.8Å)	72%
検出器ヘッド重量	約50 kg	位置分解能	1.8 mm FWHM
有感面積	128 x 128 mm ²	二次元均一性	8.3%
ワイヤーピッチ	1 mm	ガンマ線感度	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁹
パルス対分解能	1 μs	計数率	10 ⁵ cps 以上

*封入ガス条件に依存

- 2013年7月 BL17にインストール
以後の運転管理はビームラインメンバーに一任
- 2015年8月 小規模メンテナンス: 信号処理基板交換

インストール後7年以上、ガス交換を伴うような大規模メンテナンス不要

Research and development

例えば、現在の有感面積を維持したままで素子ピッチの1/2にする場合、個別信号読み出しの場合、素子のch、圧力容器のフィードスルー、信号処理系の数が2倍になる
→ 全ての要素技術が再設計

【制限事項】 外形・寸法・重量 ※ビームライン設置に対応するため

要素技術の高度化

- 耐圧ガス容器
- 検出素子
- 信号処理&伝送系
- エンコーディング
- ユーザビリティ(簡易メンテナンス用)