

TXePET(液体キセノン検出器を用いた次世代PET)

次世代PETの開発課題

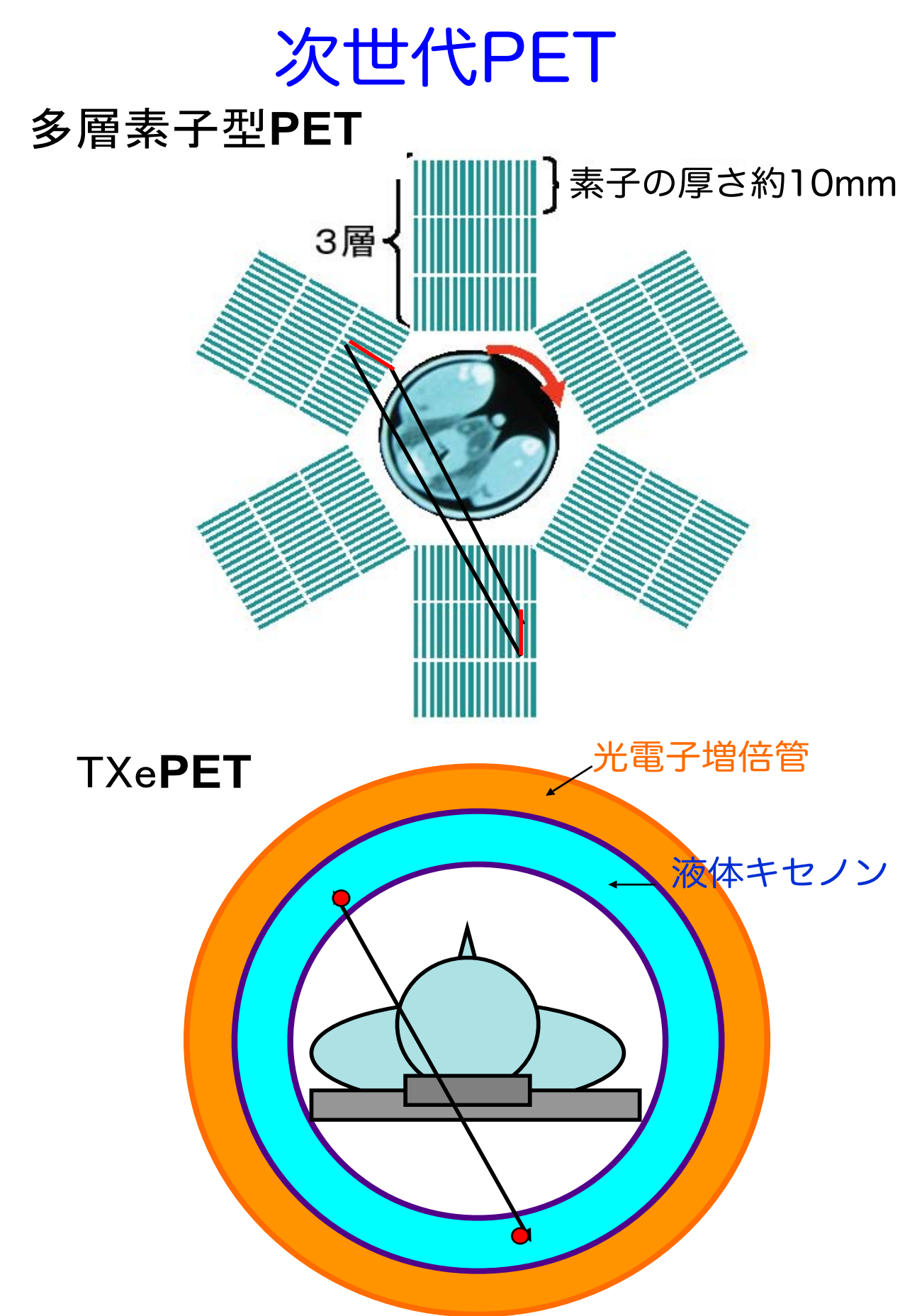
- A) 解像度の向上: γ 線位置精度の向上 (特にDOI)
 - : 雑音の除去
- B) 感度の向上 : 大アクセプタンス (死角の最小化)

従来技術のアプローチ

- 多光量、高速、非潮解性結晶の開発
- 結晶サイズの細分化
- 径方向位置情報 (DOI) による画像歪みの解消:
 - 結晶シンチレーターの多層化
- パッキング率の改善
- 2光子間の時間差測定 (TOF) による偽信号の排除
- 多チャンネル高速読み出し回路の開発
- 画像処理プログラムの開発

従来技術の問題点

- 粗い DOI による画質の低下
- DOI 方向の分割をこまかくすると、結晶数が増え、
 - したがって、煩雑さ・複雑さの増加によるコスト増
- 結晶間の反射材仕切など隙間による、感度の低下やばらつき



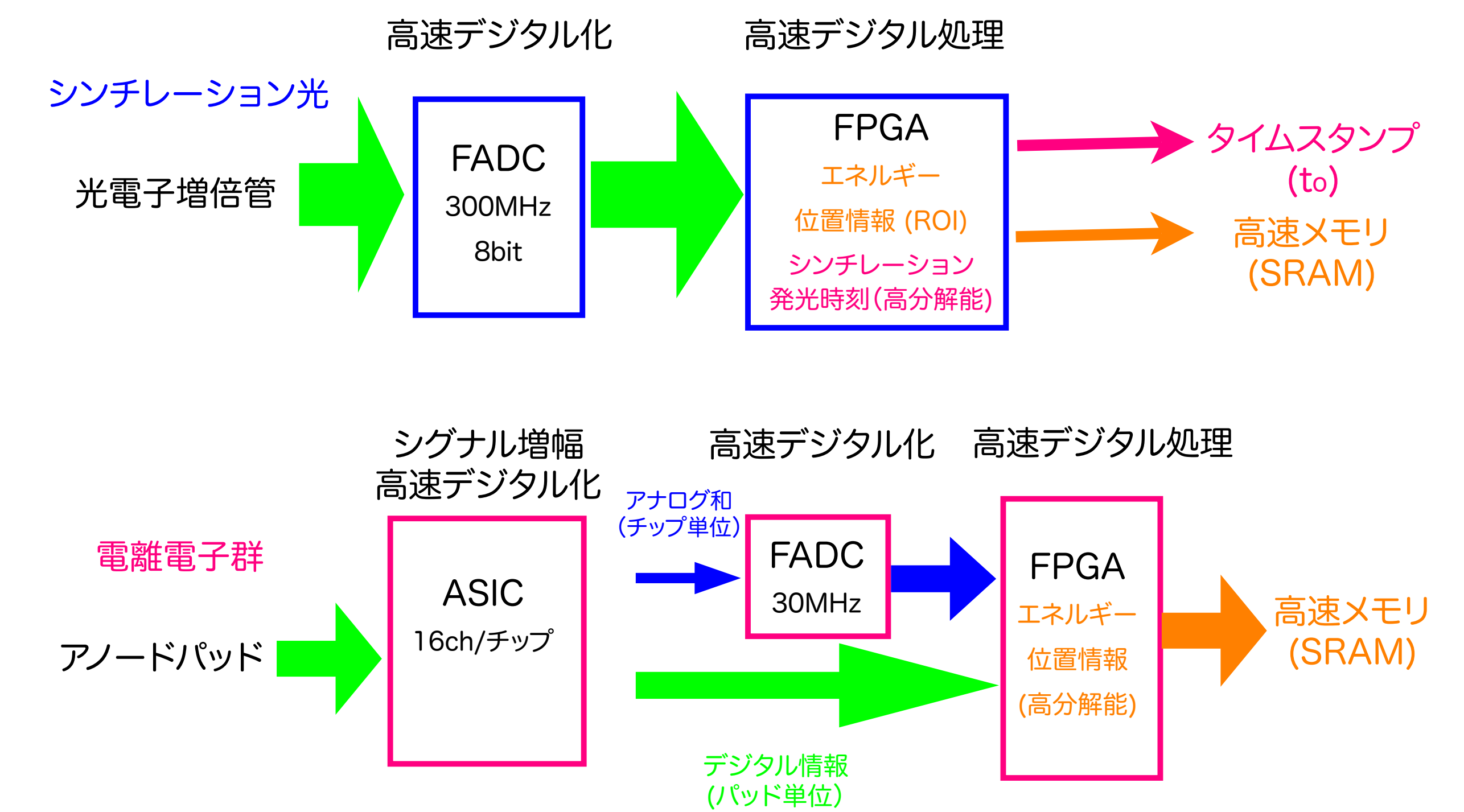
液体キセノンの特性

γ 線や荷電粒子の通過でシンチレータ光と電離電子が生成される

シンチレーション光 (蛍光)	電離電子
正確な時間, エネルギー, 位置 光電子増倍管	正確な位置, エネルギー イオンチェンバー, 低ノイズ増幅器
APD (Avalanche Photodiodes)	GEM: 液体, 2相キセノン (Gas Electron Multiplier)

511 keVの γ 線の反応 = 22% 光電効果 + 78% コンプトン散乱
 22,000個光子数/511 keV, 減衰時間3nsと27nsの高速な175nmVUV光
 30,000 電離電子数/511keV, 0.5mmの平均射程
 電子のドリフト速度 2.3mm/ μ s (一様電場 2kV/cm 中)

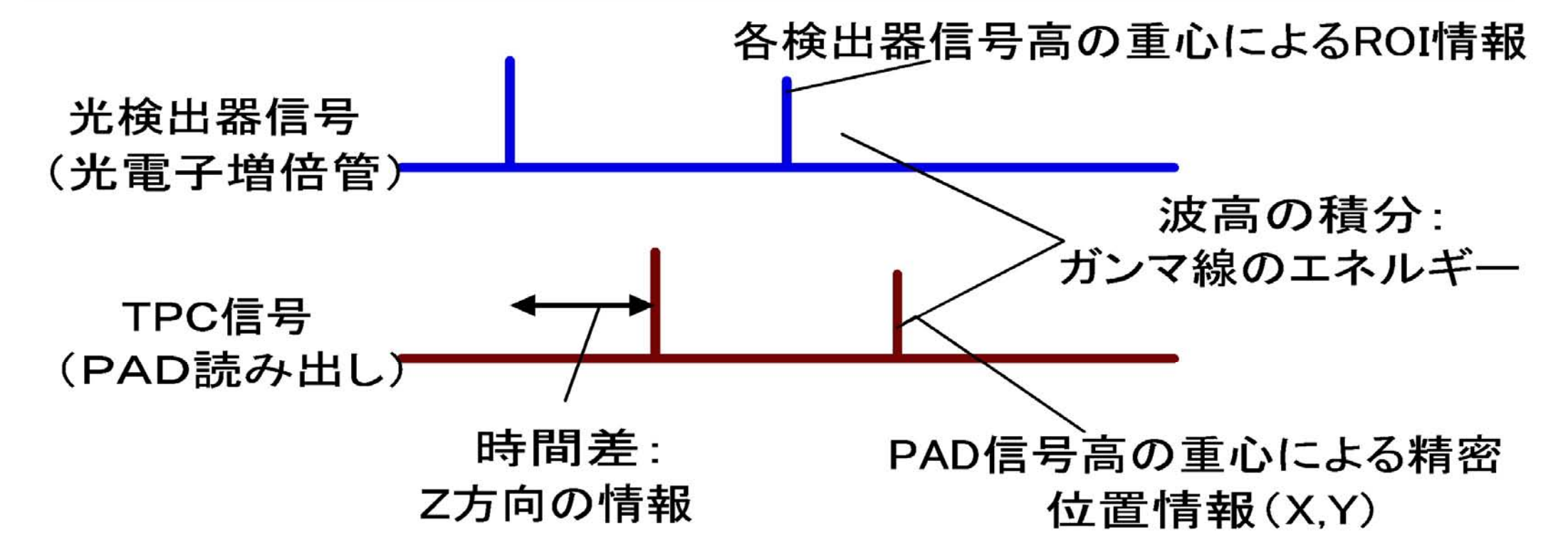
シンチレーター	GSO Gd ₂ SiO ₅	LSO Lu ₂ SiO ₅ (Ce)	液体キセノン
密度 (g/cm ³)	6.71	7.4	3.06
放射長 (cm)	1.38	1.14	2.77
蛍光波長 (nm)	430	420	175
蛍光減衰時間 (ns)	30-60	40	2.30
相対発光量	20	40-75	100
屈折率	1.85	1.82	1.60
融点 (°C)	1950	2050	-111.75
PET用結晶 (mm ³)	2.45x5.1x30	4x4x20	自由
ドリフト速度 (mm/ μ s)	X	X	2.2



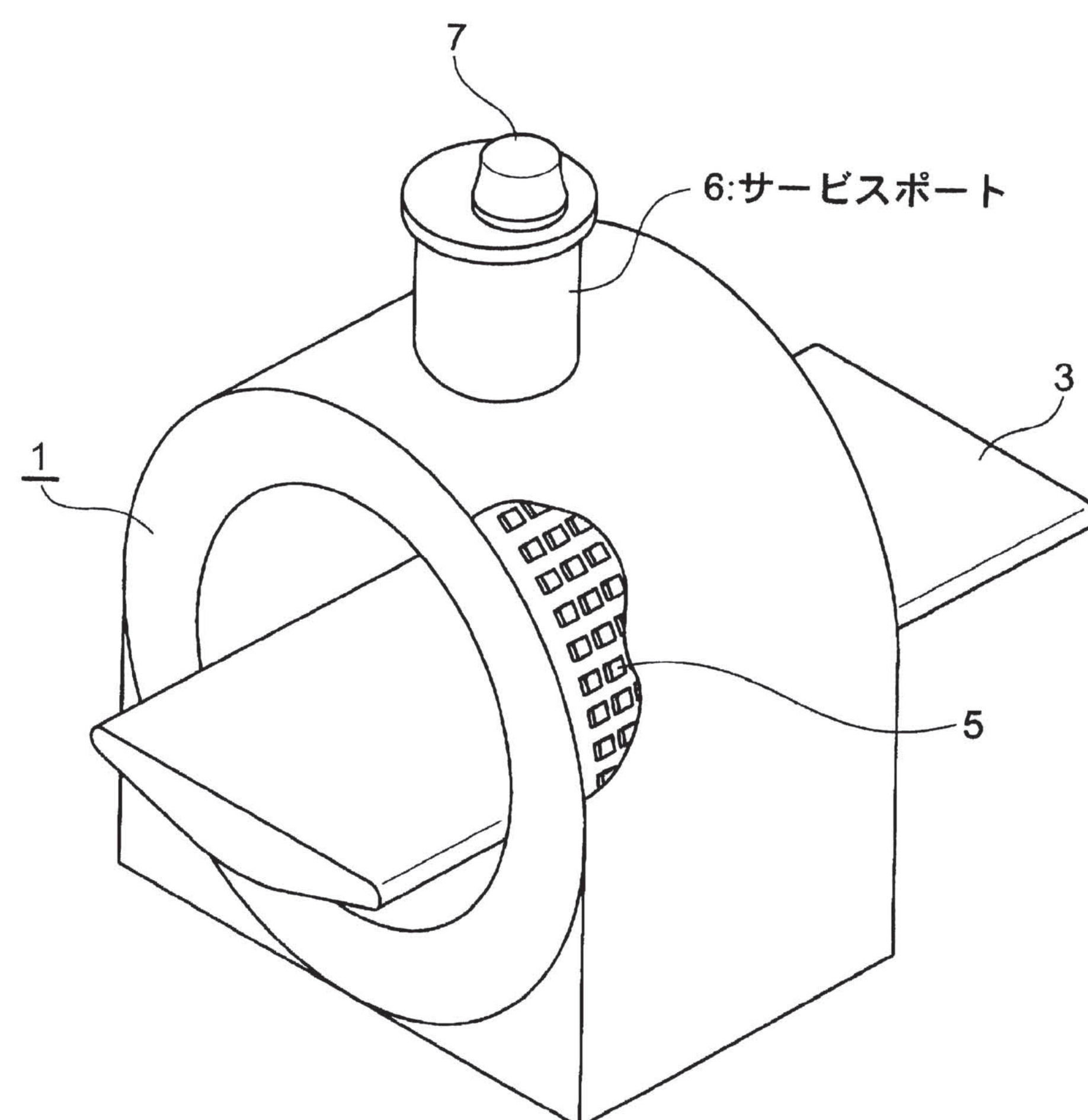
エレクトロニクスシステムの概要: シンチレーション光の情報 (Region Of Interest -ROI 情報、発光時刻)、電離電子の情報 (精密位置、エネルギー情報) をそれぞれFPGA技術によりオンボードでパイプライン処理する

TXePETの開発戦略

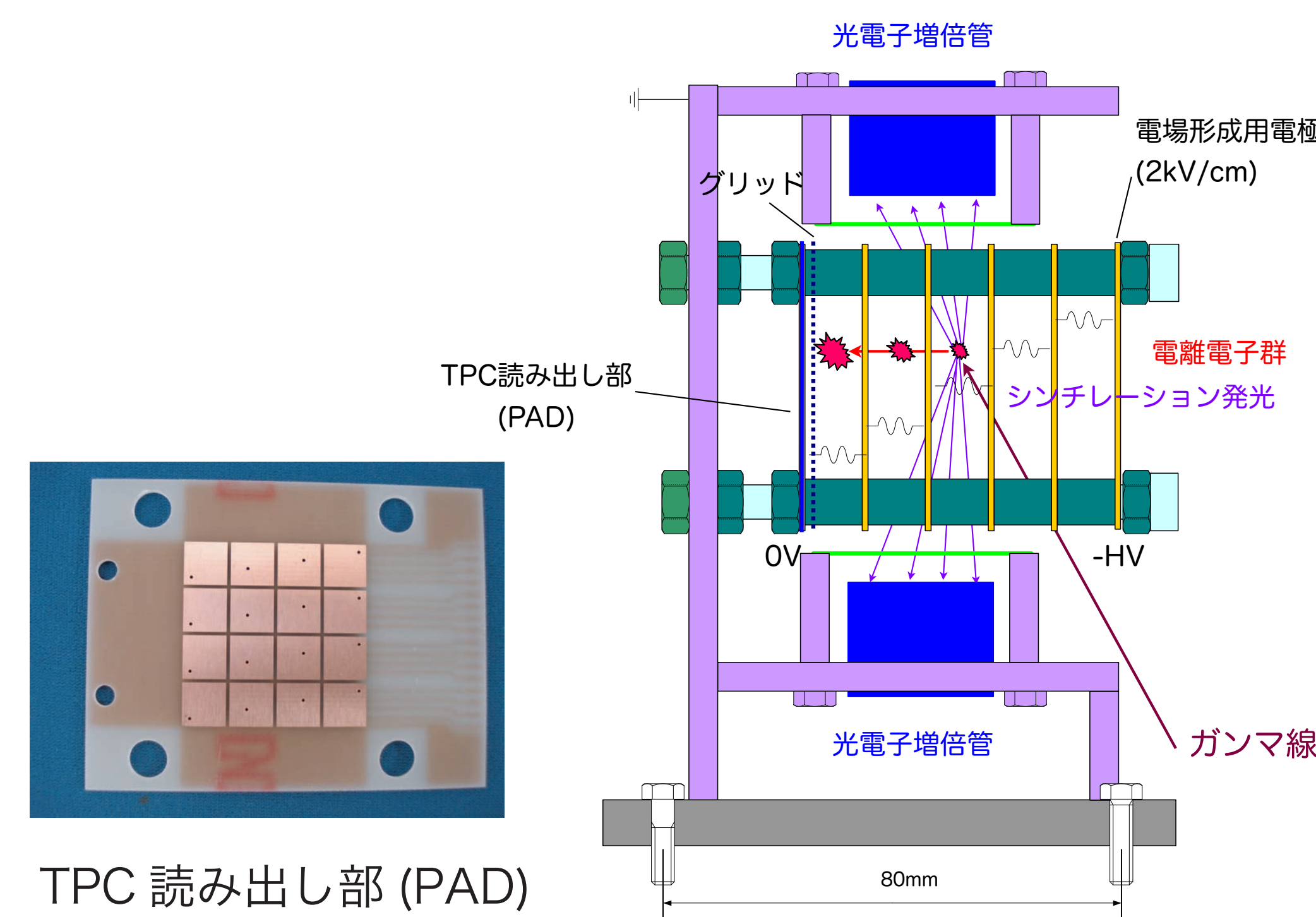
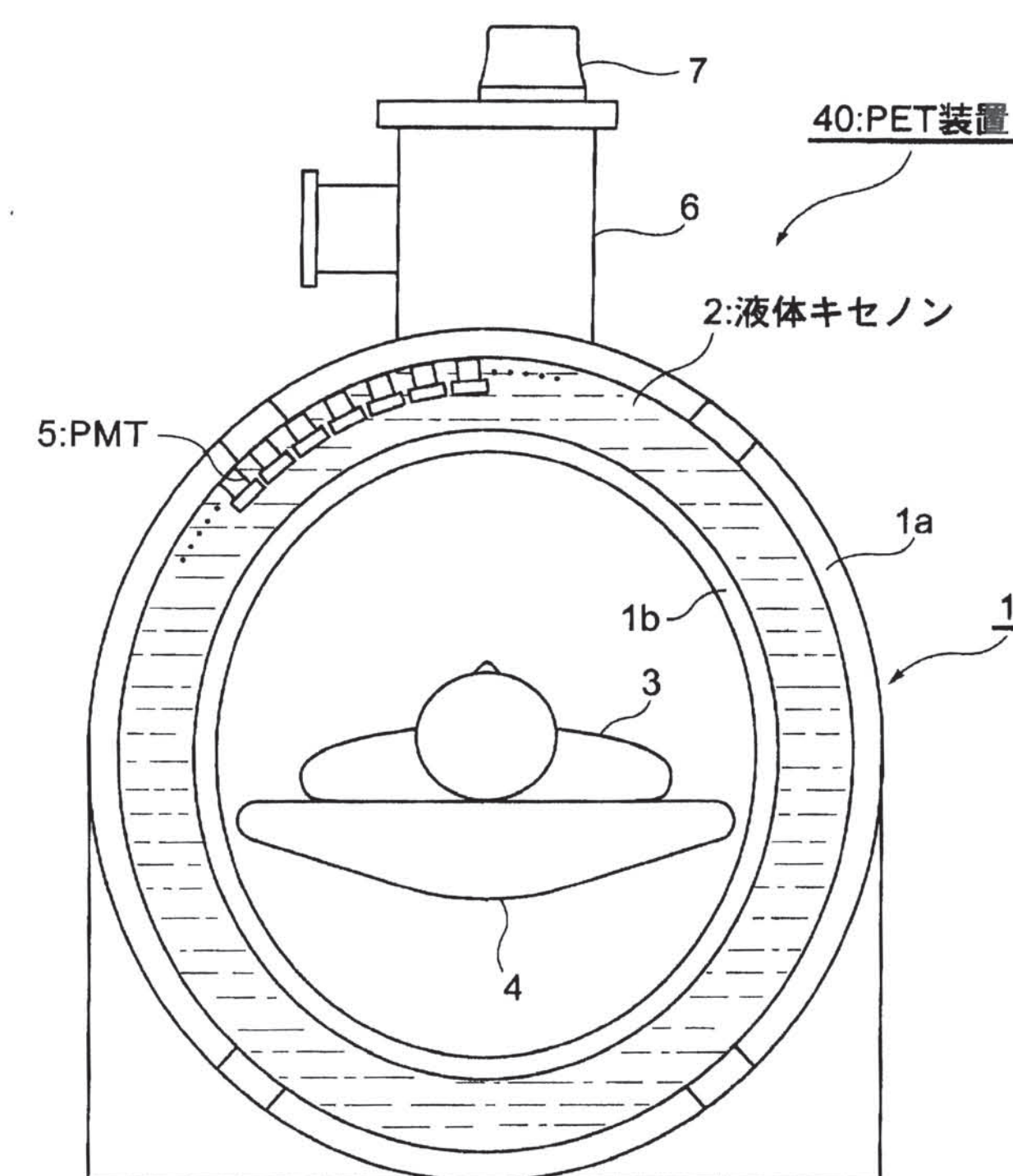
- 高エネルギー実験で培われた検出器技術を基礎とする
- 液体キセノン TPC による 511keV 光子の3次元位置測定:
 - DOIを含めて 1mm (FWHM) 以下の精度 (電離電子)
- シンチレーション光の分布測定による反応の3次元位置推定と事象発生時間の決定 (シンチレーション)
- 体軸方向のドリフト: 一様電場、広い FOV、MRI との併用
- 高速なシグナルと TOF による偽信号の排除
- 多チャンネルで高速読み出しエレクトロニクスを開発
- 画像処理プログラムの開発



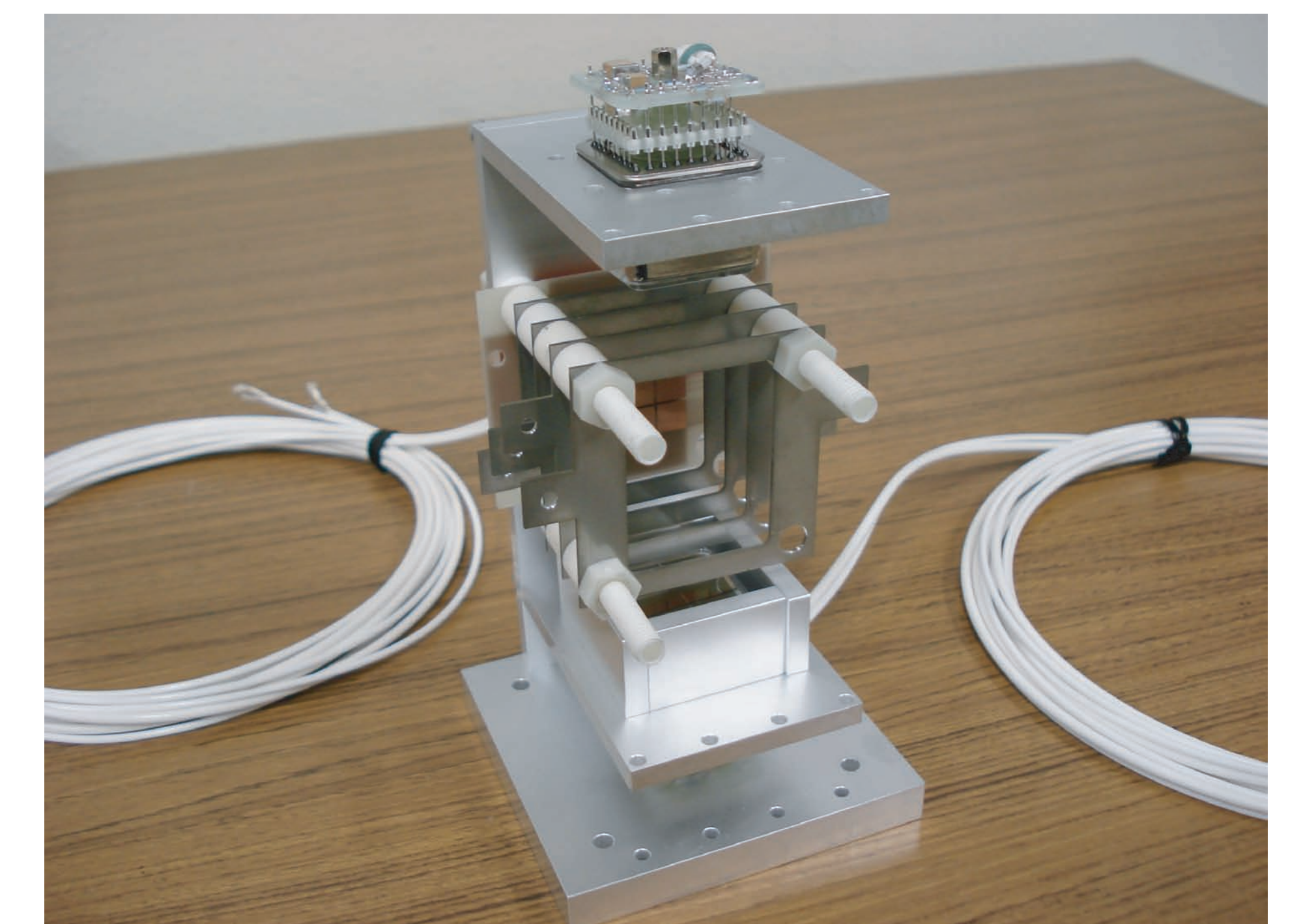
エレクトロニクスボード上でパイプライン処理される信号情報の概念図



TXePET (全身用) イメージ図



TPC 読み出し部 (PAD)



液体キセノン・タイムプロジェクションチェンバー (TPC) の原理検証実験
 高エネルギー加速器研究機構 (KEKDTP プロジェクト研究)、放射線医学総合研究所、
 佐賀大学、横浜国立大学の共同研究