

# SOIピクセル検出器を用いた放射光用X線計測システムの開発

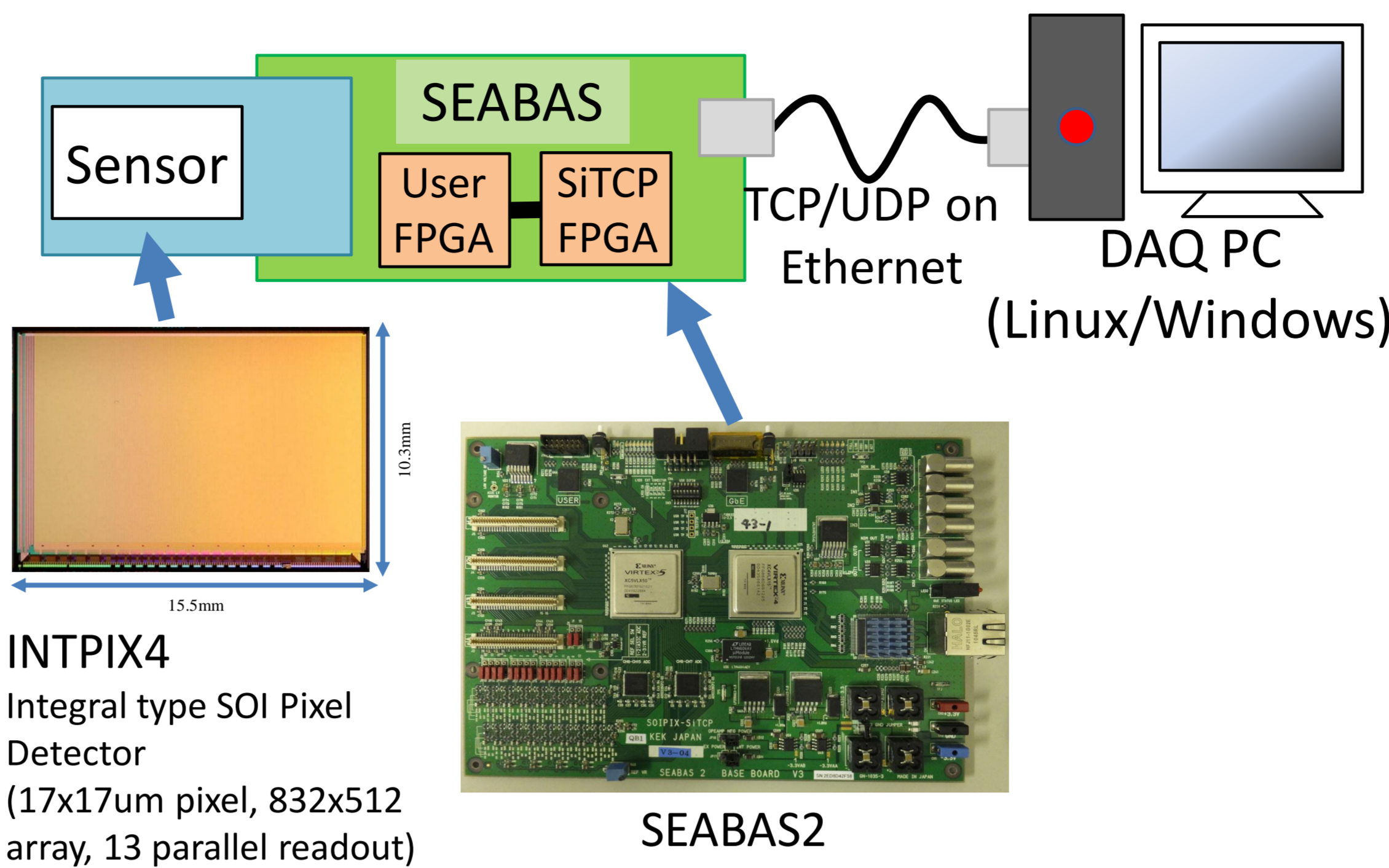


西村龍太郎 (総合研究大学院大学)  
新井康夫(高エネルギー加速器研究機構)、三好敏喜(高エネルギー加速器研究機構)、  
他SOIPIXグループ

## 要旨

我々は Silicon-On-Insulator (SOI) ピクセル検出器を用いたX線計測システムの開発を行っている。  
SOIピクセル検出器は0.2um FD-SOI CMOS プロセスを用いたモノリシック型の撮像デバイスである。SOIピクセル検出器の制御・読み出しには多くの場合汎用読み出し用基板である SoI EvAluation BoArd with Sitcp 2 (SEABAS2) 基板をベースとしたDAQシステムを用いるが、現行のDAQは検出器単独での使用を前提とした基本的な機能しか備えておらず、また処理の最適化が進んでいないため、読み出し速度も課題となっている。そこで、我々はビーム試験や実際の試料測定への応用を視野に入れた、高速かつ高機能なDAQシステムの構築を進めることとした。  
本発表においては、新たに開発を進めているモジュール構造のDAQフレームワーク、および、これを用いた周辺機器との連携動作機能やビーム試験向けの統括制御機能およびそれらを用いた測定試験の状況について報告する。

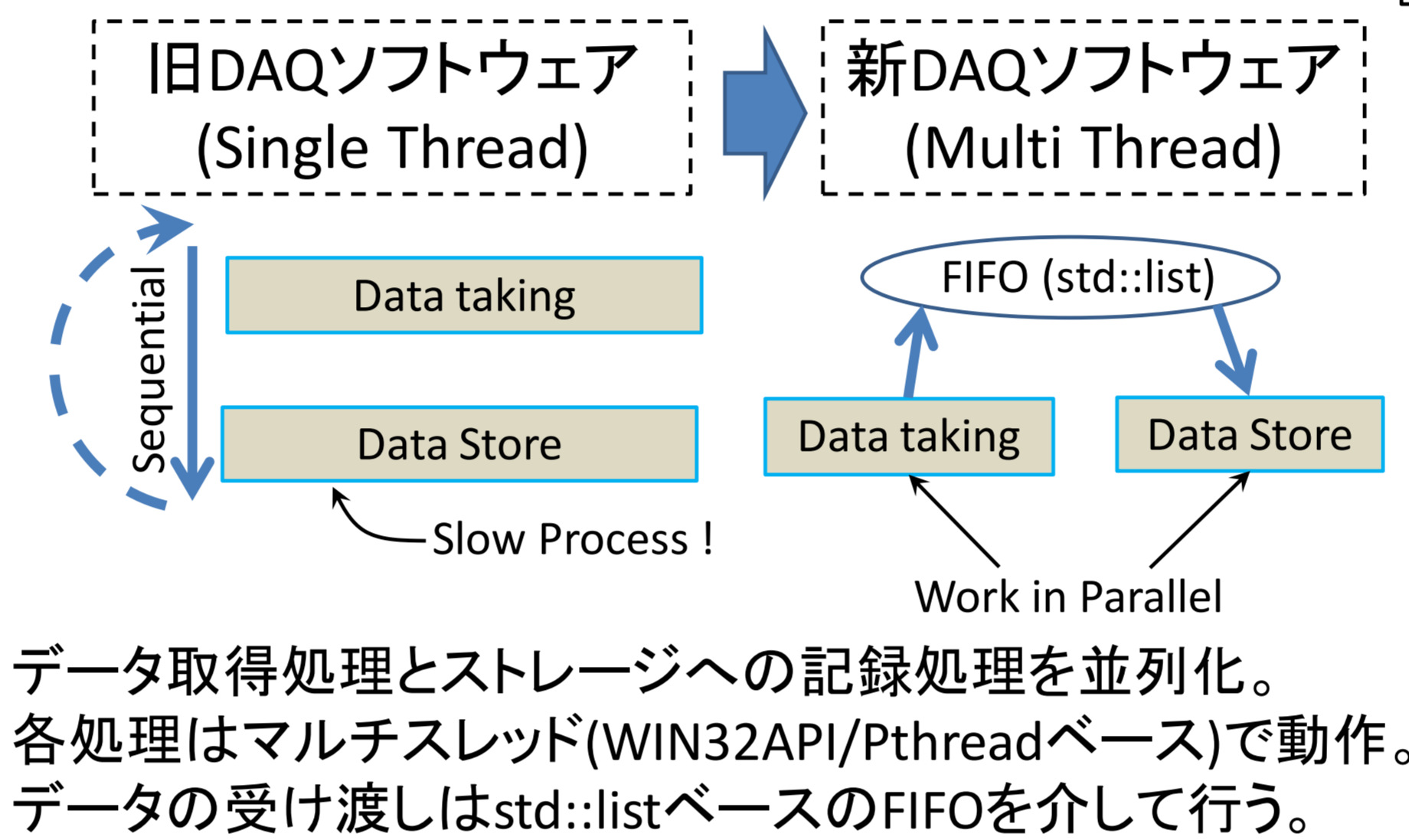
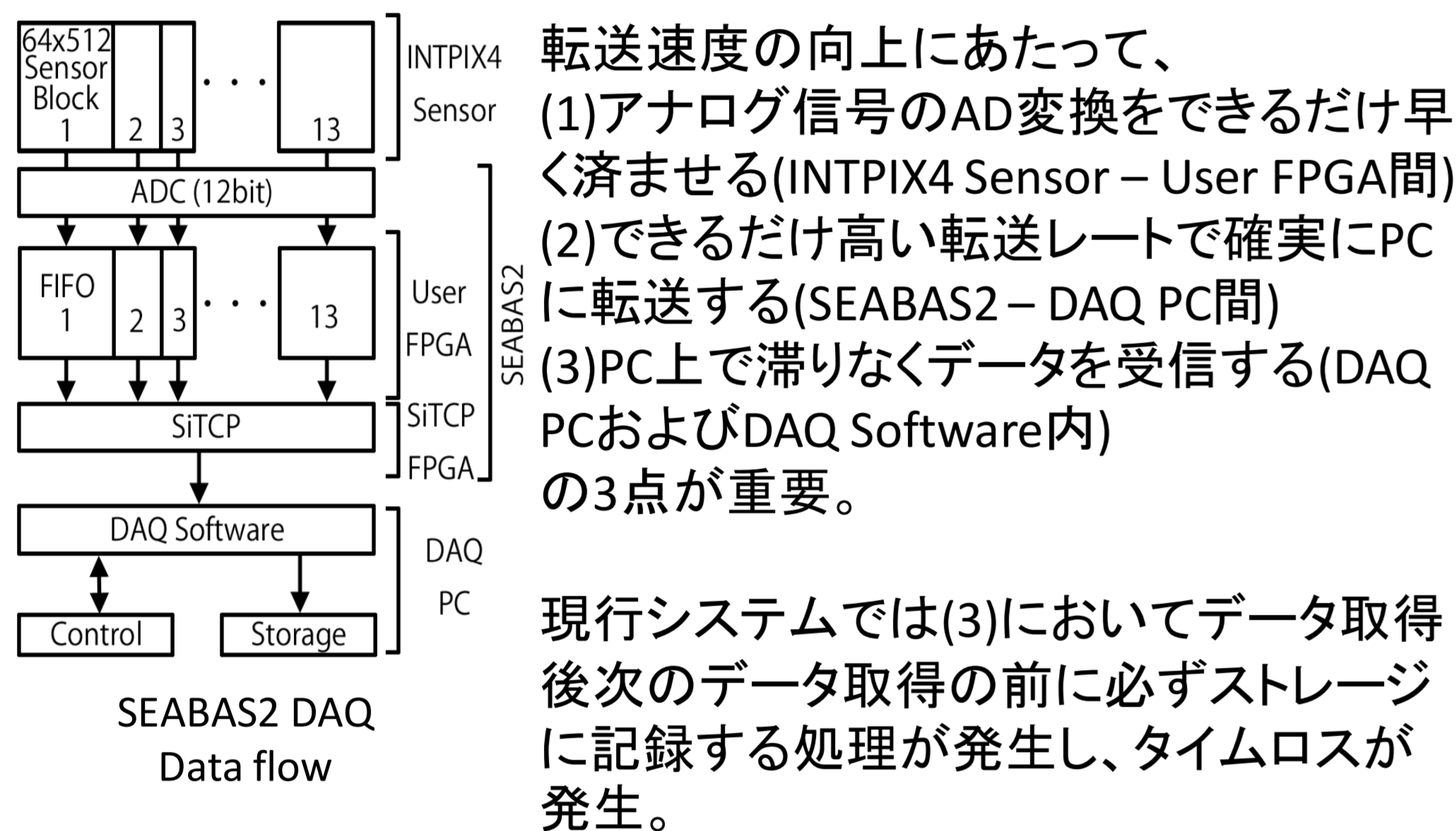
## SEABAS DAQ System



SEABAS2 (SoI EvAluation BoArd with Sitcp2) はKEK SOIグループで開発されている汎用読み出し・試験用基板である。計測用の機能として16chの12bitADC、NIM入出力等の機能を搭載している。また、Gigabit Ethernetポート、SITCPおよびユーザがファームウェアをカスタマイズ可能な User FPGA を備えており、TCP/UDP protocolを用いて PC 上からファームウェアとの通信が可能である。我々の SOI 検出器システムにおいては、SEABAS2 にセンサを接続し、これを PC 上のソフトウェアから制御することによって読み出しを行っている。

## DAQシステムの速度向上

### 並列処理の実装による速度向上



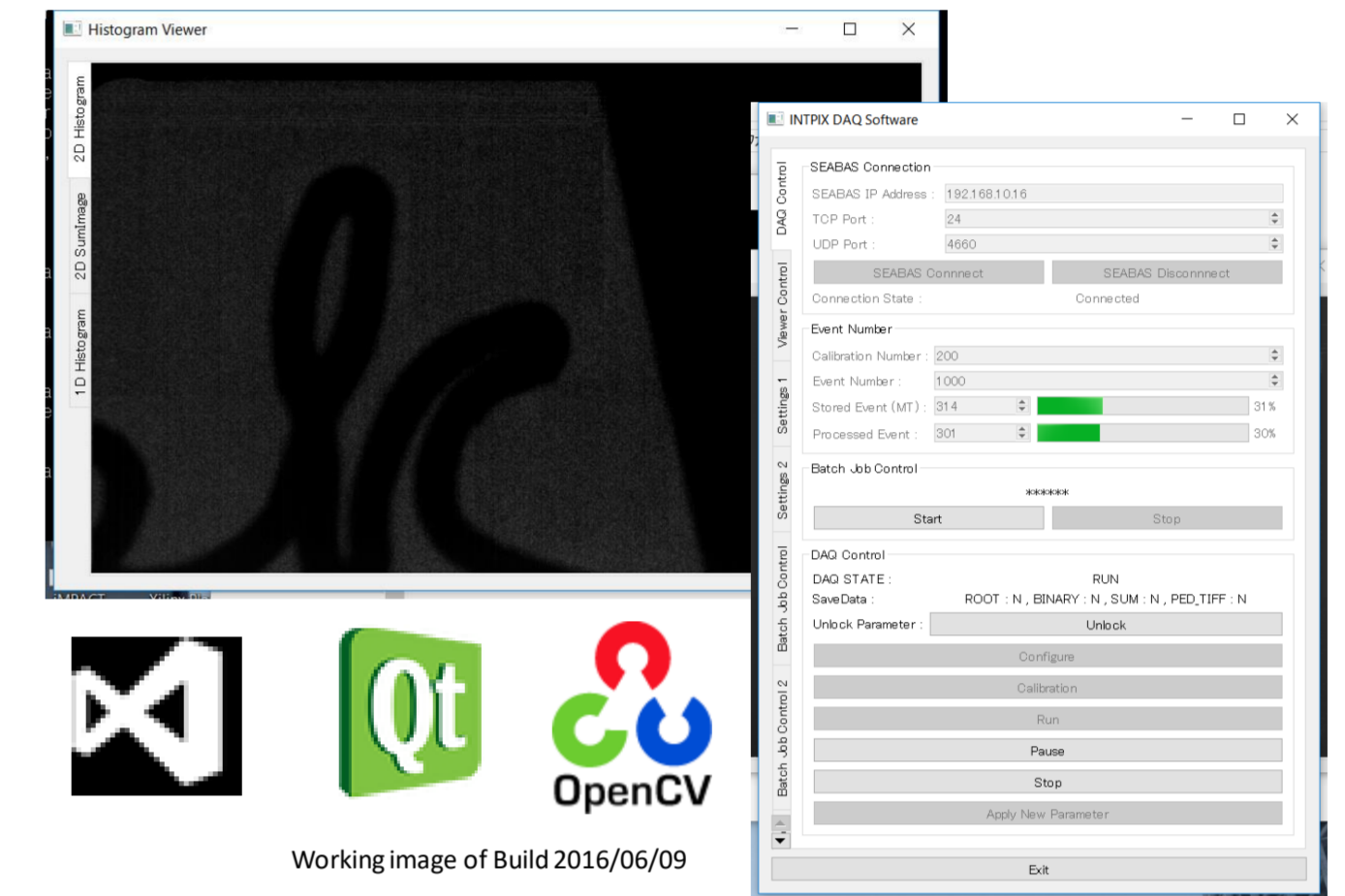
データ取得処理とストレージへの記録処理を並列化。各処理はマルチスレッド(WIN32API/Pthreadベース)で動作。データの受け渡しはstd::listベースのFIFOを介して行う。

データ取得処理が後段処理の終了を待つ必要はなくなり、読み出し速度が向上する

テスト環境においては、以下のような改善が見られた  
[現行]6fps (≒41Mbps) -> [改良後]90fps (≒613Mbps)  
(データ取得+記録同時実行時の読出しレート)

データ取得の処理を後段の処理と切り離すことで、ソフトウェアの読み出し速度を最大化することが可能

### New DAQ Software (for SOI Detector)

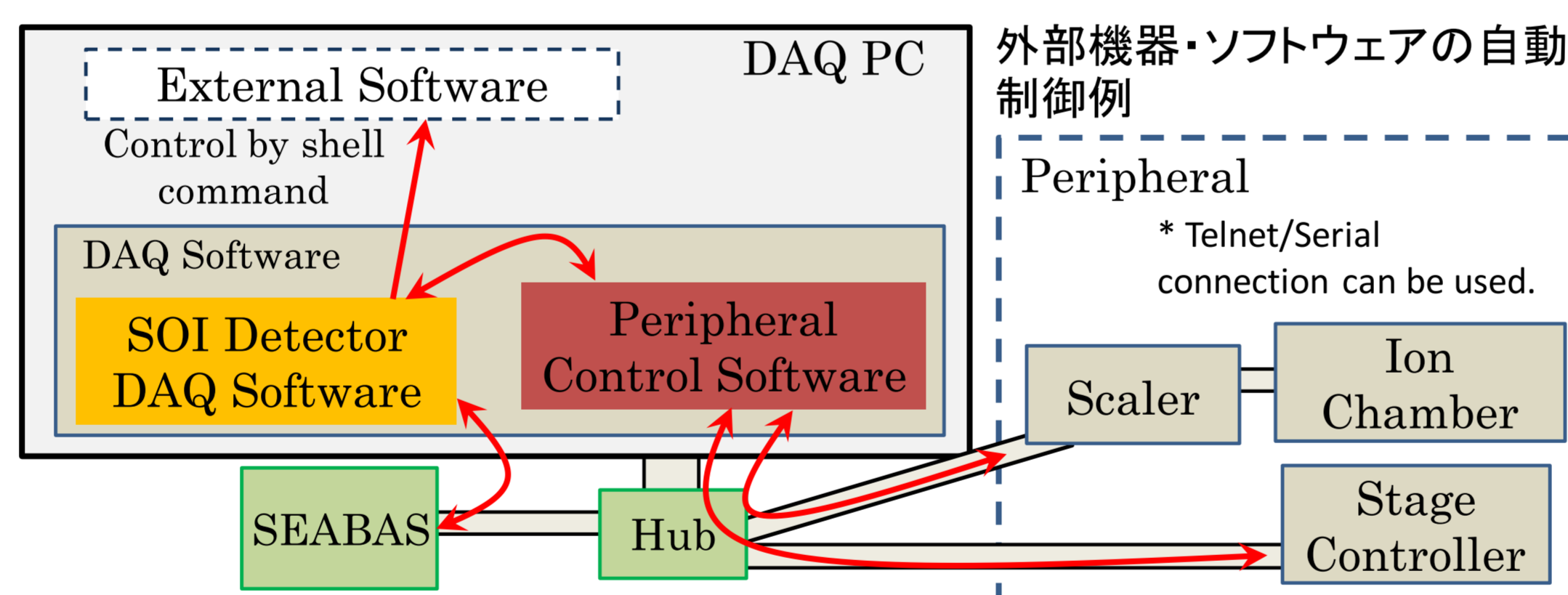


- 使用ライブラリ:  
Qt 5.5 or later, OpenCV3.00 or later, picojson1.3.1, QCustomPlot1.3.0, ROOT5 or 6
- サポートする実行環境:  
Windows (Vista - 10 with Visual Studio 2013 or later)  
Linux (CentOS 6, 7 with gcc 4.7 or later)

## 省力化・大規模化に向けたDAQフレームワークの構築

### 外部機器・ソフトウェアの自動制御

- 省力化のニーズ
- 人力による単純な繰り返し処理の連続を避けたい
  - バッチ処理機能の追加 (指定回数の繰り返し処理を可能に)
  - 事前・事後の処理のため既存のプログラムとの基本的な連携機能を追加
  - 複数の外部機器の同時操作を可能にしたい
  - ステージ・スクエア自動制御を追加

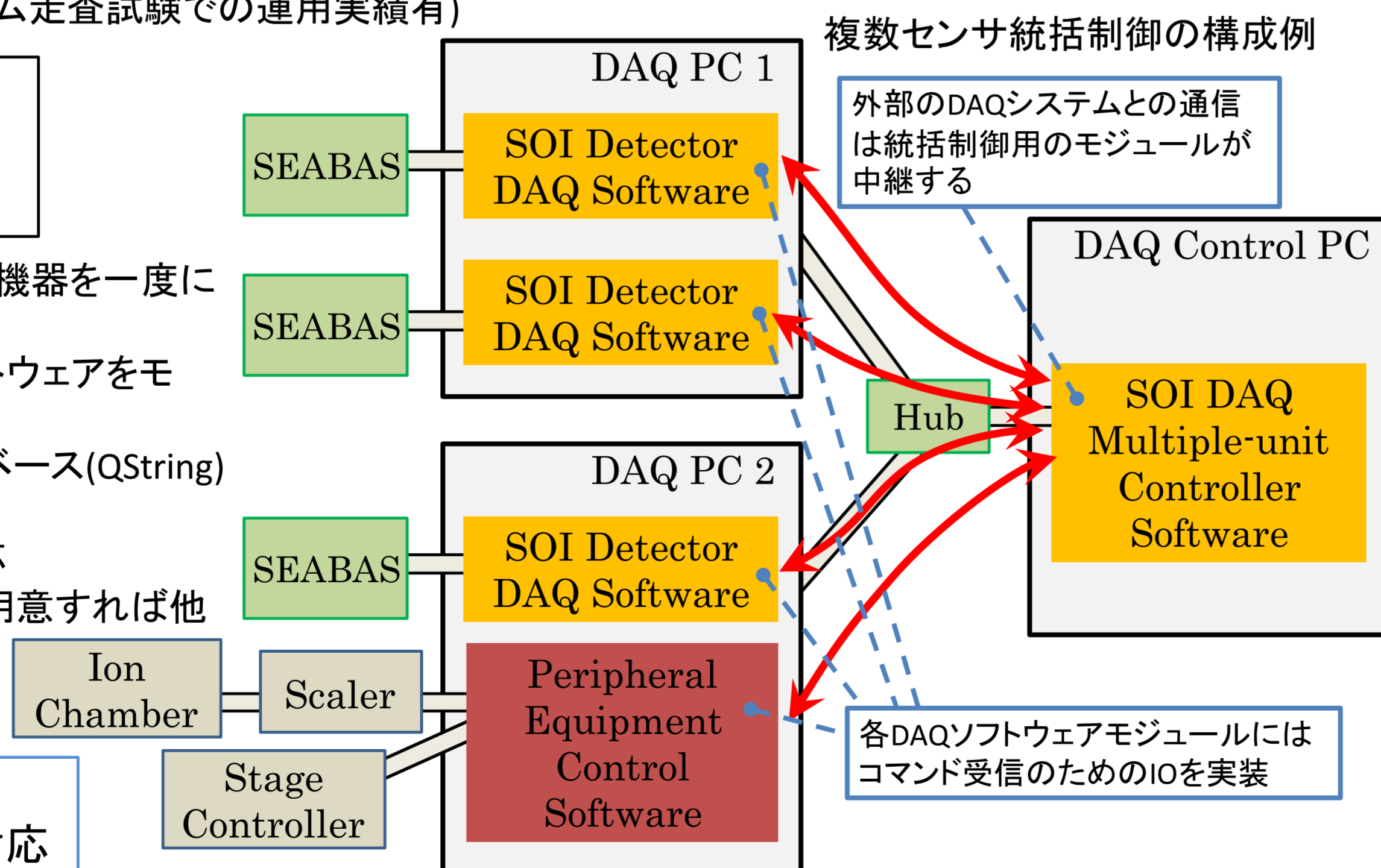


これらの実装を行ったDAQシステムによって、積分型センサによるX線イメージング、計数型TEG試験の自動実行が可能 (3D CT用データ取得、計数型TEG2次元X線ビーム走査試験での運用実績有)

### DAQフレームワークによる統括制御

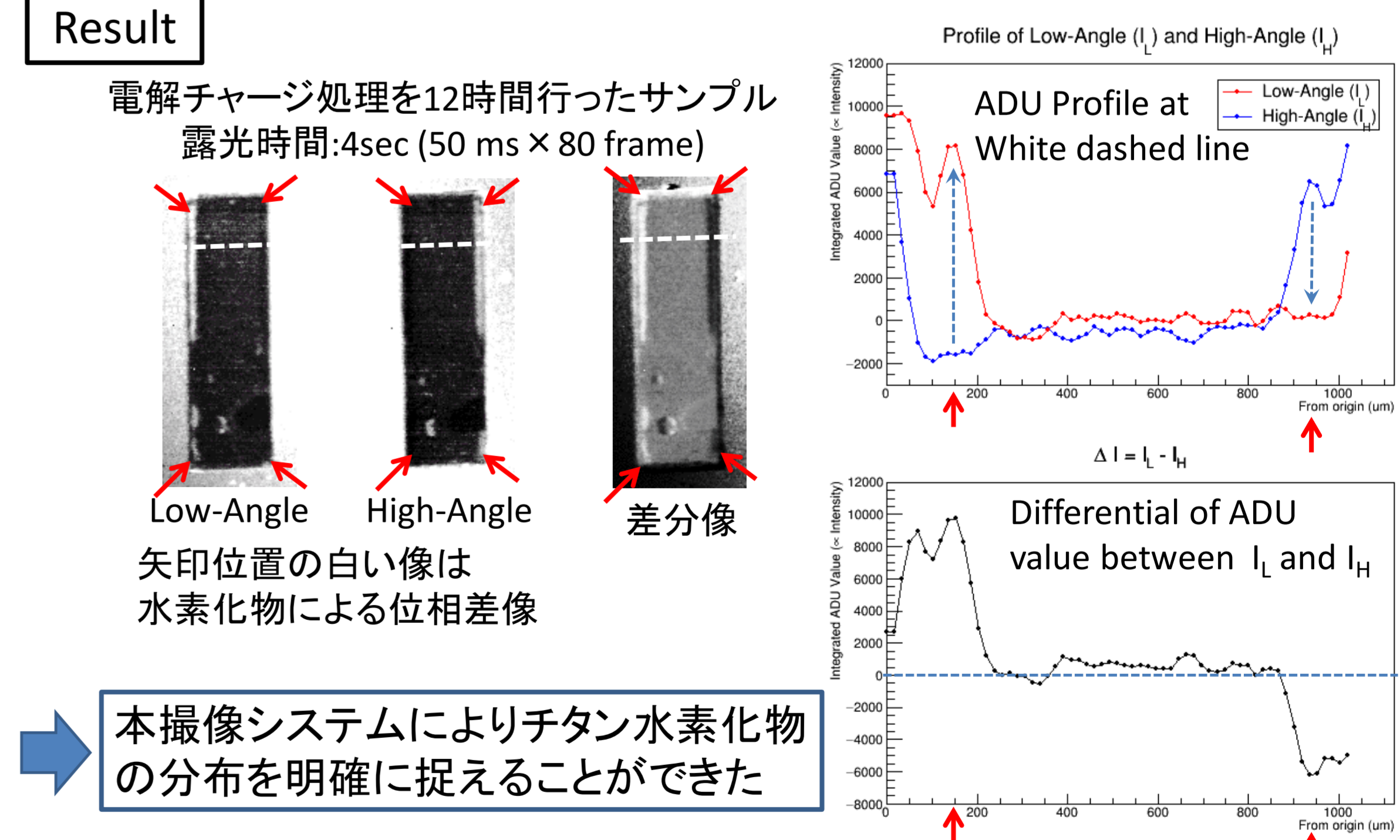
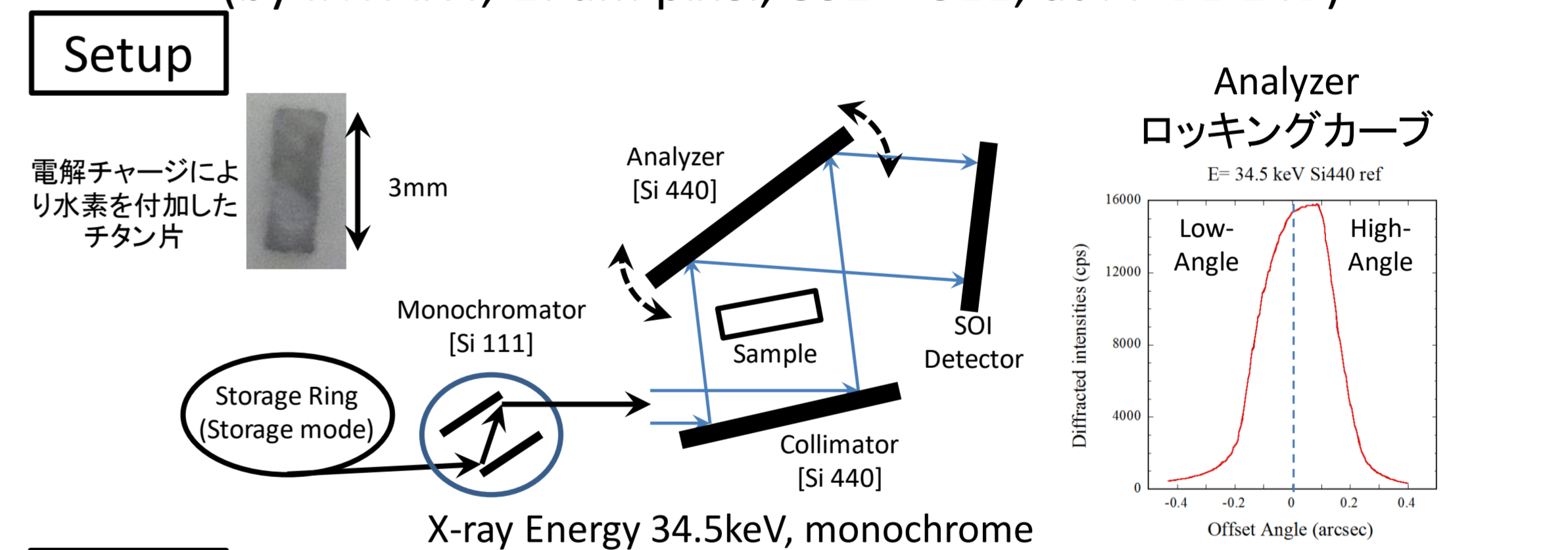
- ビーム試験等、複数台のSOI検出器および外部機器を一度に制御したい場合に対応。
- SOI検出器制御ソフトウェア・外部機器制御ソフトウェアをモジュール化
- 各モジュールはTCPプロトコルを介してテキストベース(QString)のコマンドによって制御
- 複数PC・複数OSでのDAQシステムの構築に対応
- 必要に応じてコマンドの読み替えモジュールを用意すれば他のDAQシステムとの連携も可能

大規模・多様なDAQシステムの構築・他のDAQシステムへの組み込みに対応



## 本DAQシステムによる測定試験

X線位相差コントラスト法によるチタン水素化物のイメージング (by INTPIX4, 17um pixel, 832 x 512, at PF BL-14B)



本撮像システムによりチタン水素化物の分布を明確に捉えることができた

今後、位相差イメージングによりチタン水素化物の3D CT像を撮像予定(DAQシステム側は対応可能)

## まとめ

- 現在SOI検出器を用いたX線計測システムのためのDAQ構築を進めている
- DAQソフトウェアの処理並列化により読み出し速度は最高約613Mbpsを達成した
- 省力化のために外部機器・ソフトウェアの制御機能を実装し、実試験で運用可能となった
- 省力化・大規模システムへの対応として、モジュール構造のDAQフレームワークを構築した

## 今後について

- 位相差イメージングによりチタン水素化物の3D CT像を撮像予定
- より実用的な計測システムの構築に向け更なる機能向上を図る
- 更なる速度向上に向け、SEABAS基板のFPGA更新・メモリ搭載を進める

## Acknowledgement

本研究はSOIPIXグループの研究活動の一環として行われているものである。

KEK Detector Technology Project Web Site  
(<http://rd.kek.jp/index.html>)