

# XFEL DAQ用同期データ配信 システムの開発

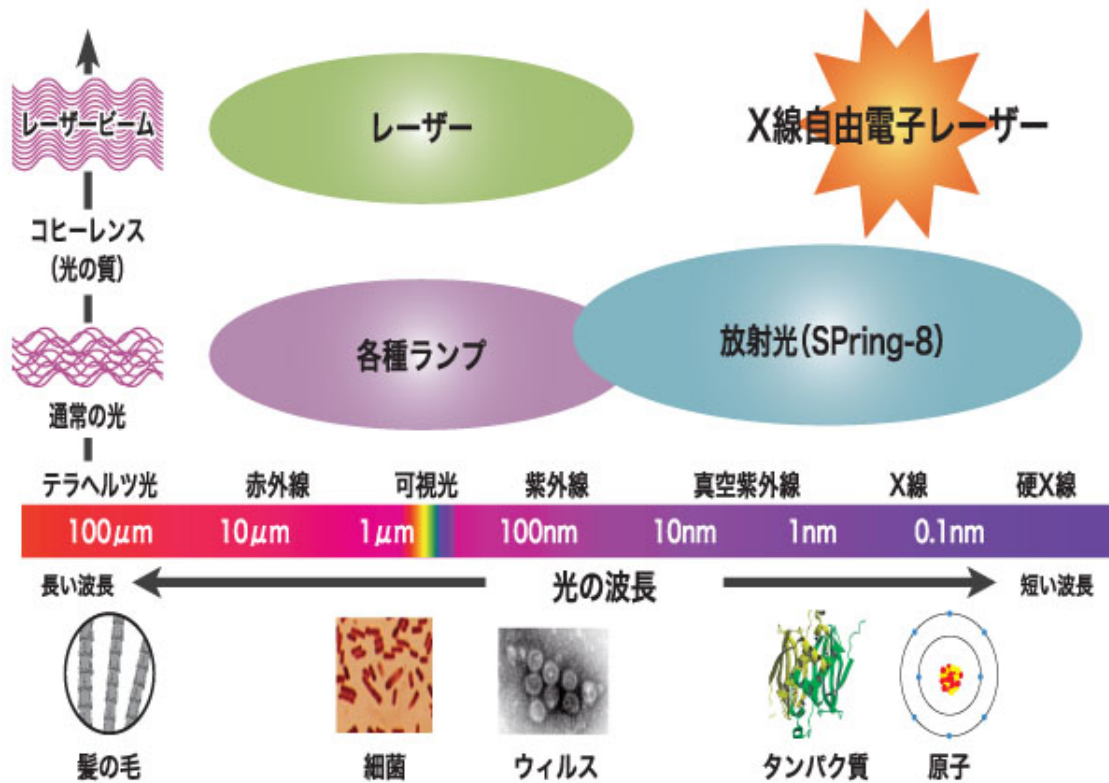
Open-It XFEL用同期データ配信システム  
理化学研究所 播磨研究所  
阿部利徳

- このトークに、同期システムの結果はありません。一生懸命開発途中です...(\*\_\*)
- X線自由電子レーザーを用いた実験のためのDAQシステムの改良のお話です。

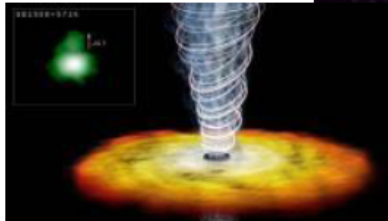
はじめに

- XFELとは？
  - XFEL原理
  - XFELを用いて期待される成果
  - SACLAの性能と特徴
- XFEL(SACLA)における測定・解析環境
  - MPCCD
  - DAQ
  - 京との連携
- 同期データ配信
  - 要求仕様
  - システム・技術
  - 現状
- 今後

## 目次



# XFELとは

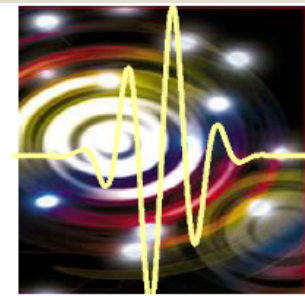


X-ray astronomy



高輝度

$>1 \times 10^{18} \text{ W/cm}^2$



High intense field physics

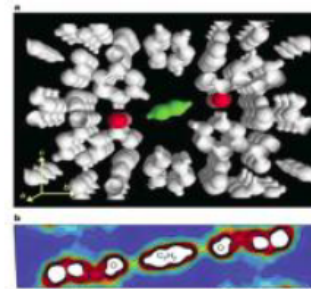
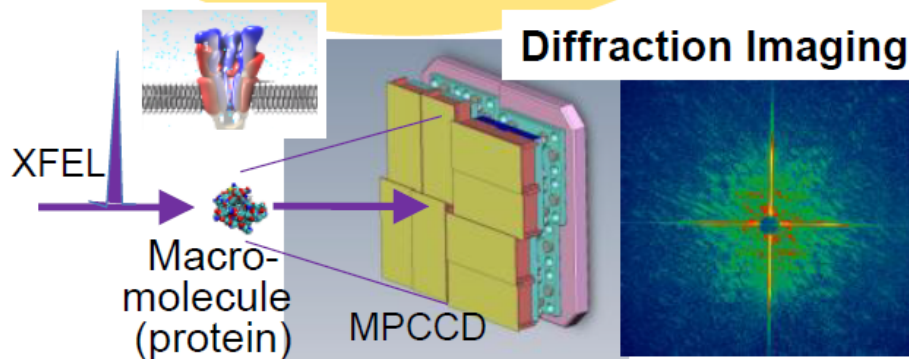
コヒーレント

100% (空間)

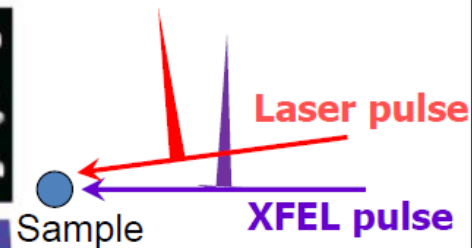
XFEL

超短パルス

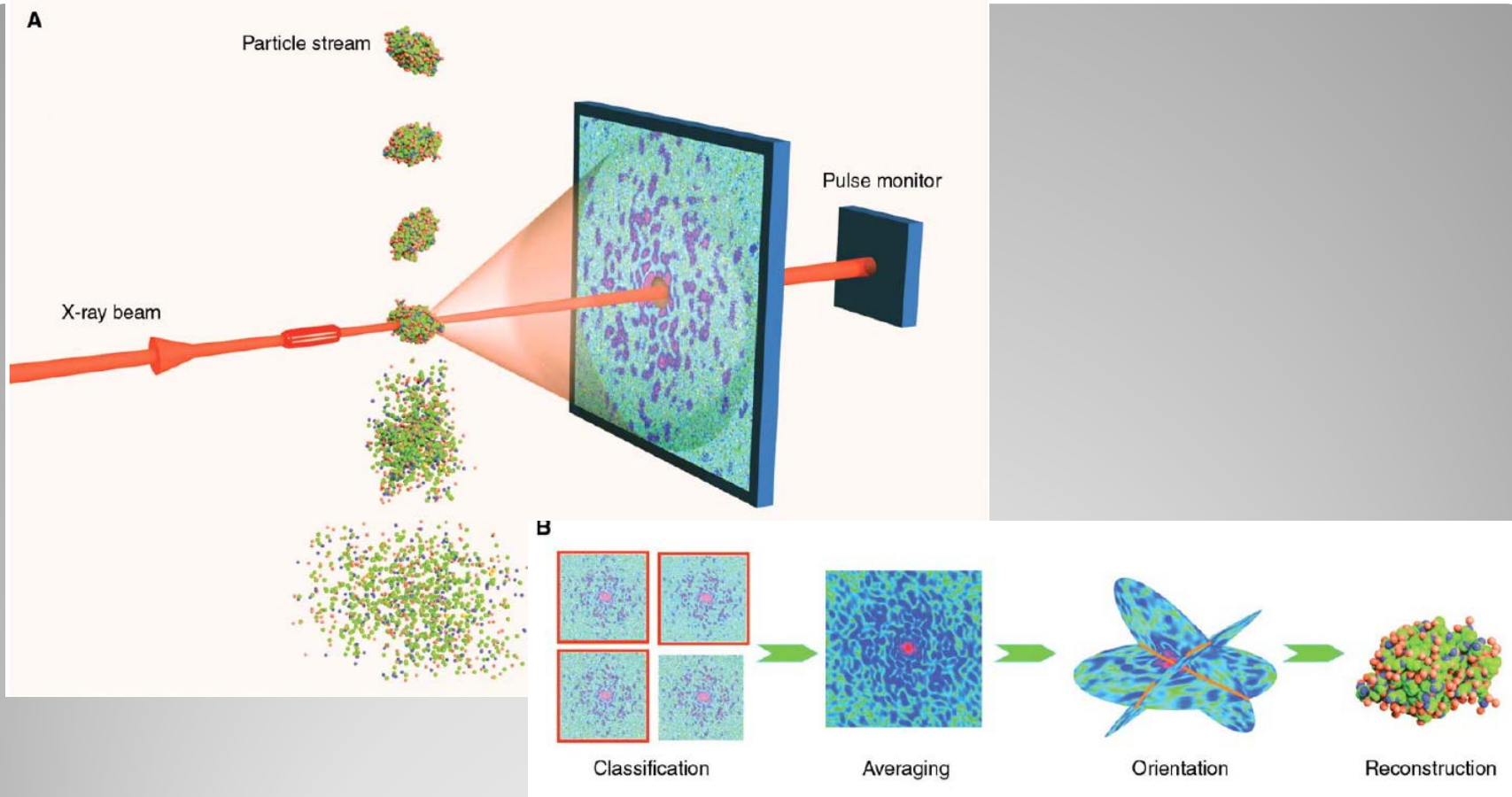
$\sim 10 \text{ fs}$



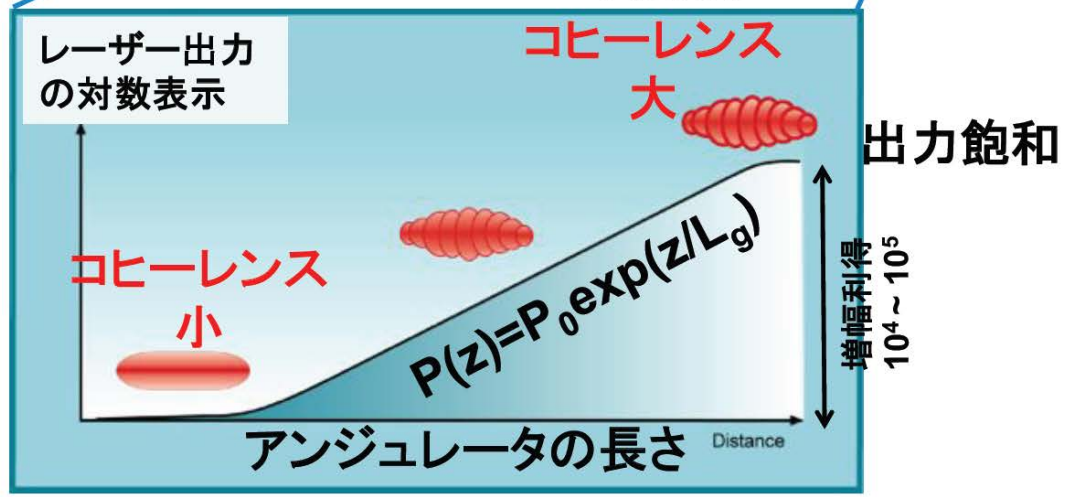
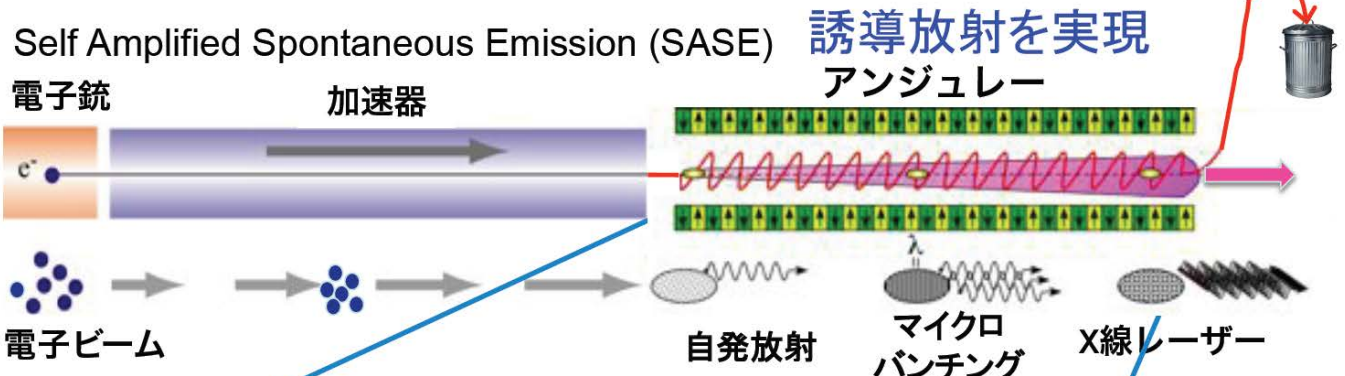
Time resolved measurement



XFELがひらくサイエンス



# XFELのサイエンス(蛋白質の構造解析)



# XFEL原理



**SACLA**

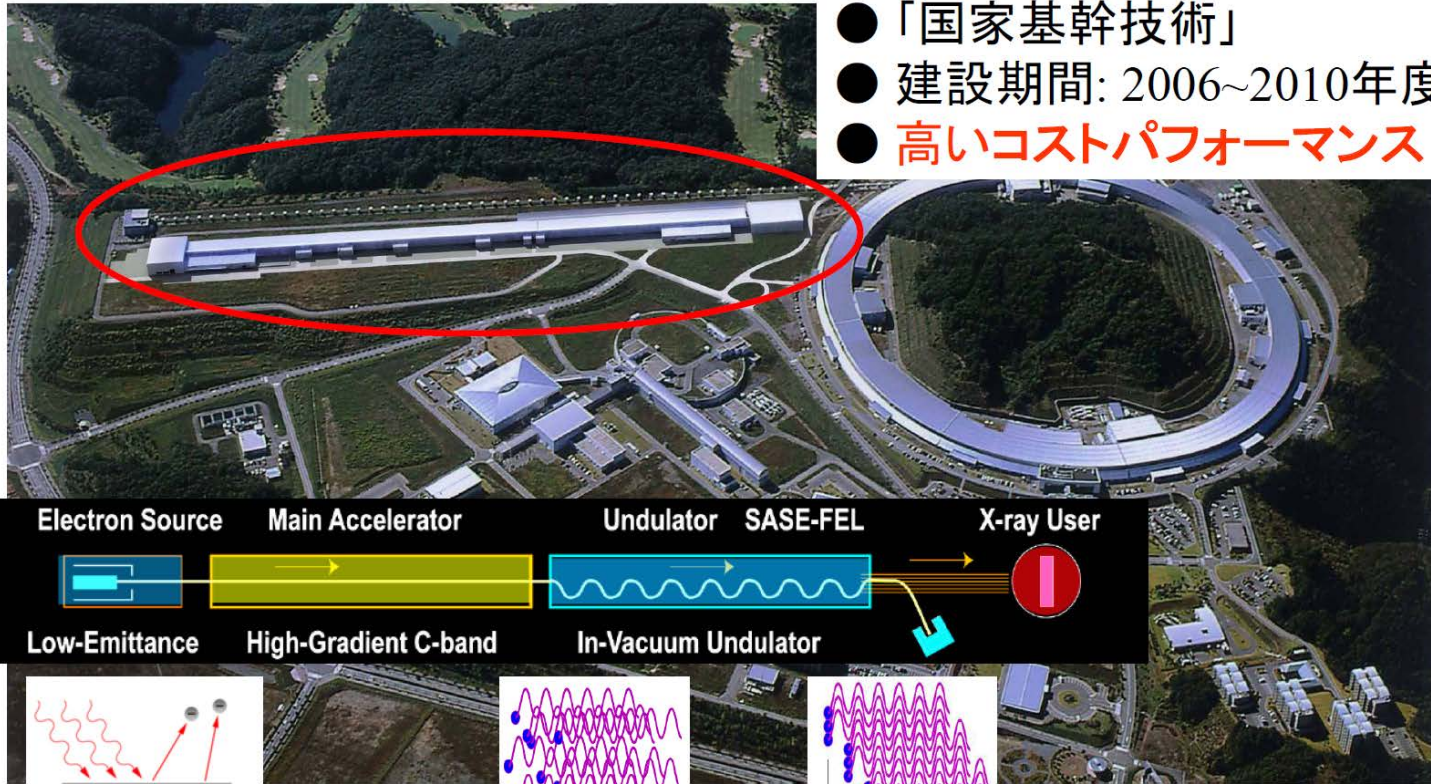




# SACLAの位置

# SACLA (Spring-8 Angstrom Compact Free Electron LASer)

- SPring-8に併設
- 「国家基幹技術」
- 建設期間: 2006~2010年度
- 高いコストパフォーマンス

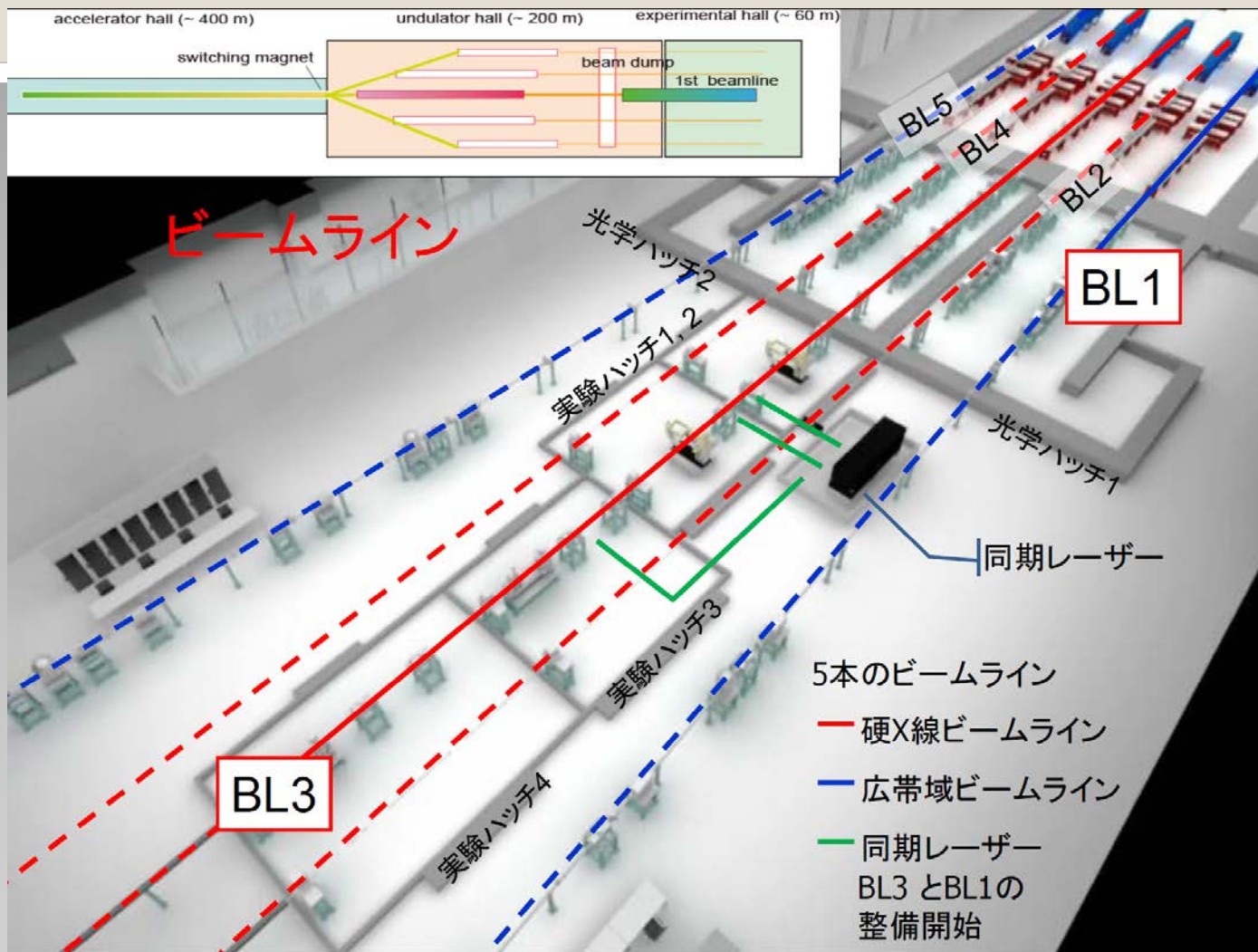


- ①熱電子銃 ②Cバンド加速器 ③短周期真空封止アンジュレータ

## SACLAの特徴

- 世界で2つしかないXFEL施設の一つ
- 2番目に完成、技術的にはチャレンジング
  - Cバンド加速器
  - 真空封止アンジュレーター
  - 熱電子銃
- LCLS(1番目に完成)の1/3の長さでより高いエネルギー(<20keV/LCLS:10keV)のX線レーザーを供給できる。ただし繰り返し周期は低い。

## SACLAの特徴

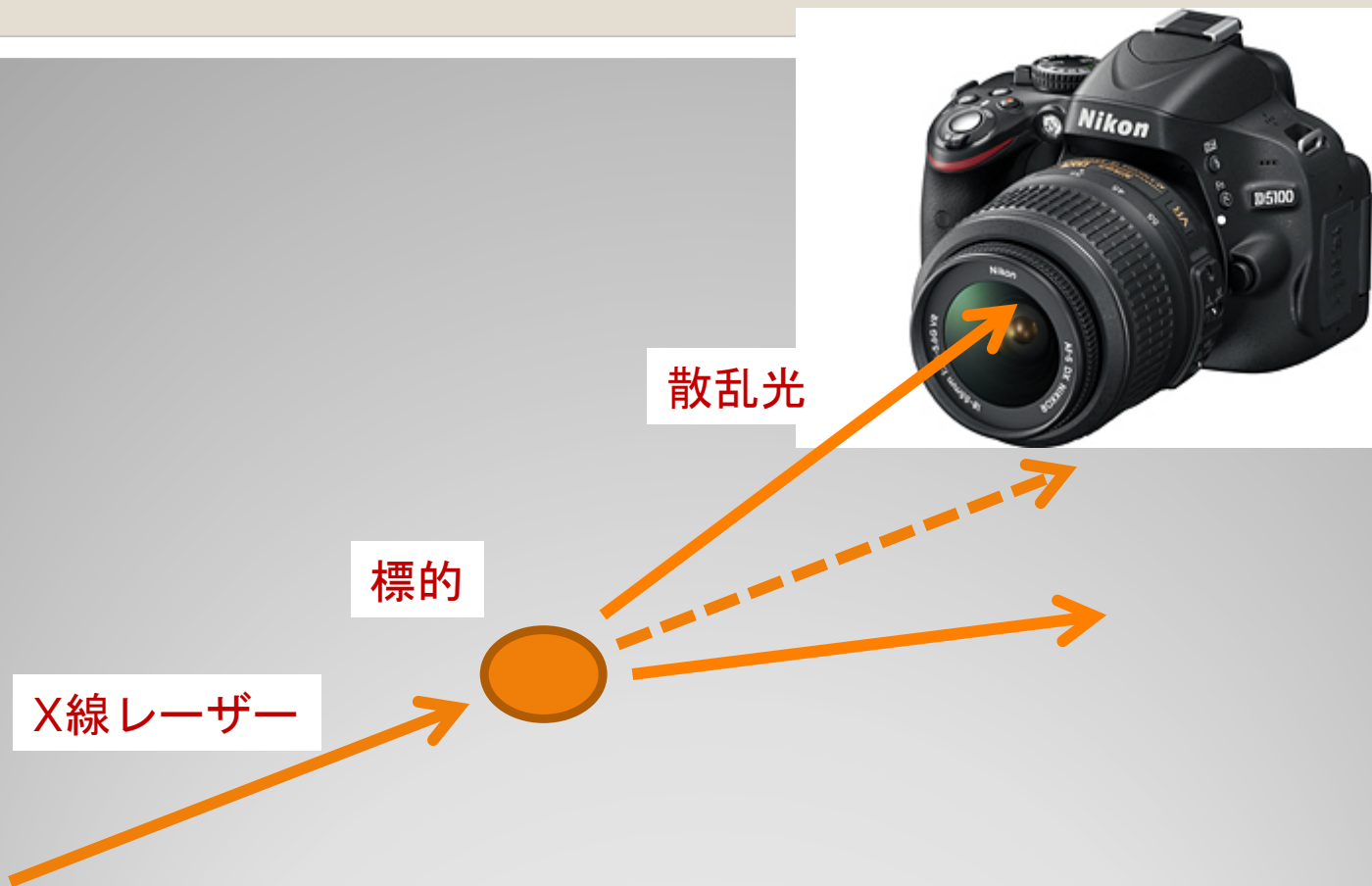


# SACLAビームライン





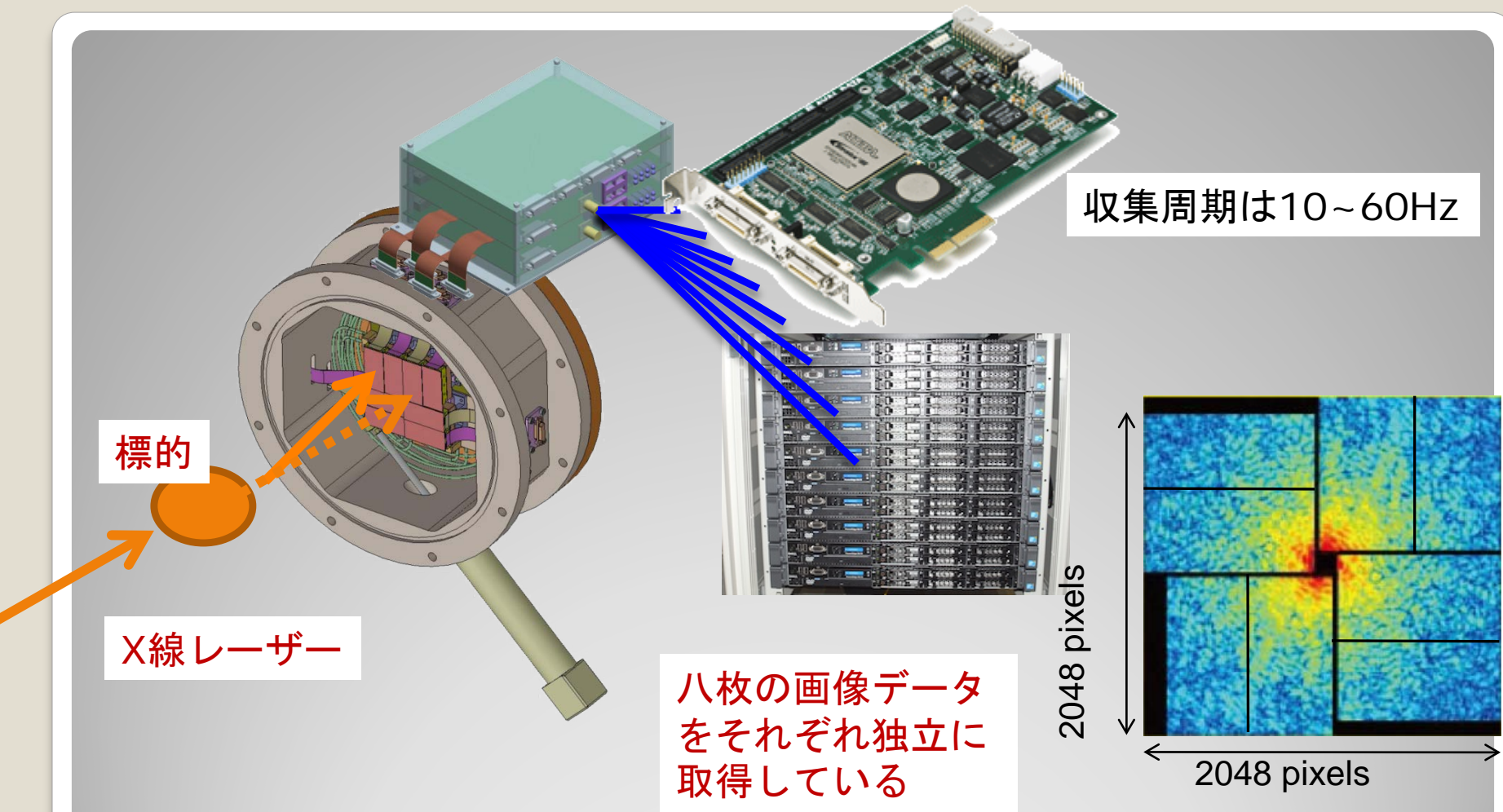




広い立体角をカバーするので複数のカメラが必要

## SACLA実験装置概要





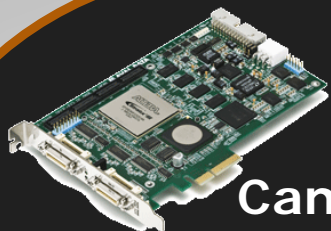
# SACLA実験装置概要

Camera

MPCCD



Readout board



Camera DAQ module

Frame grabber board



Buffering server



Writing server



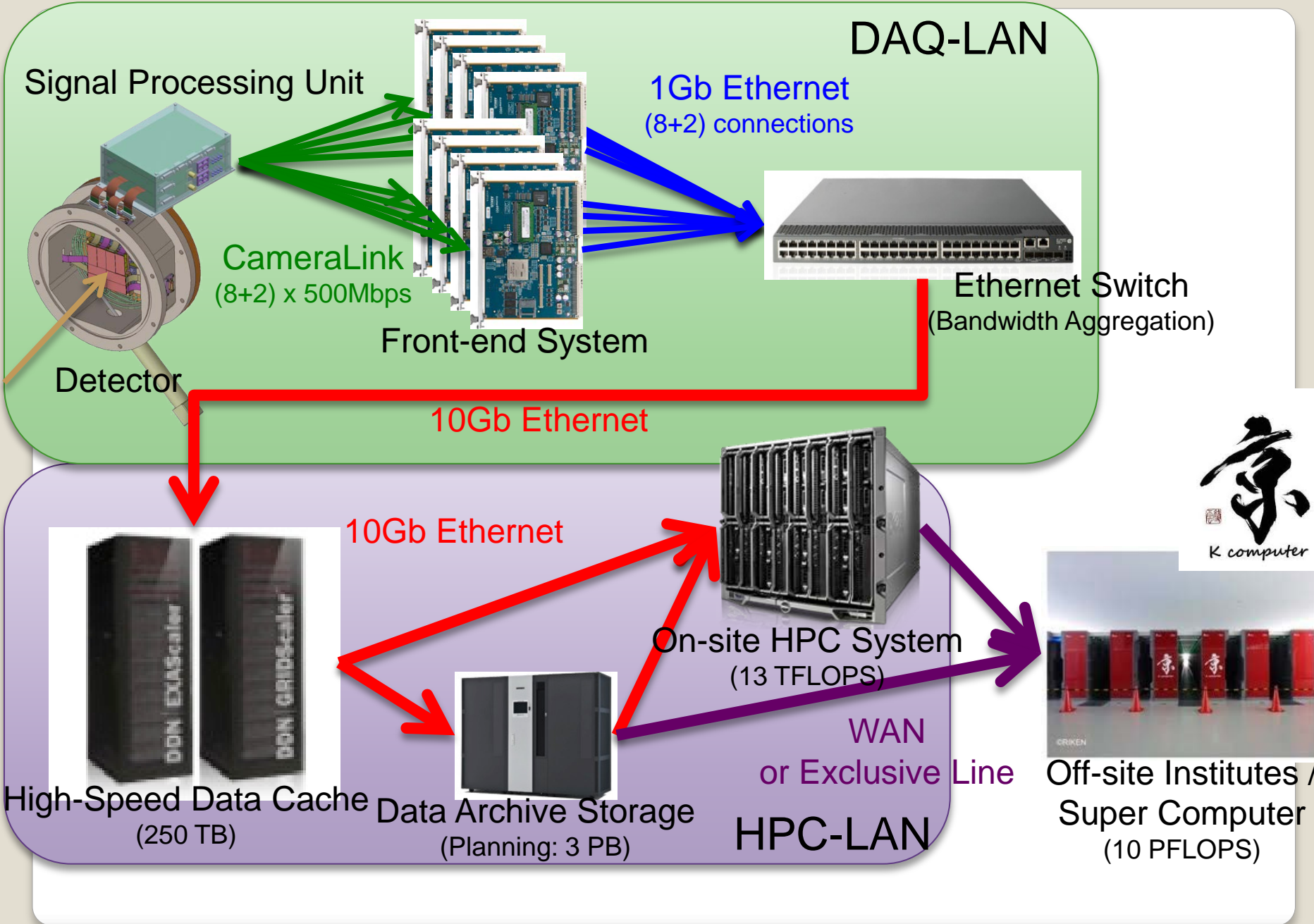
ストレージ

ソフトウェアベースデータハンドリング

$( 512 \times 1024 ) \times 2 \text{ byte} \times 60 \text{ Hz}$   
 $= \sim 60 \text{ Mbyte/sec/sensor } ( \sim 0.5 \text{ Gbps } )$

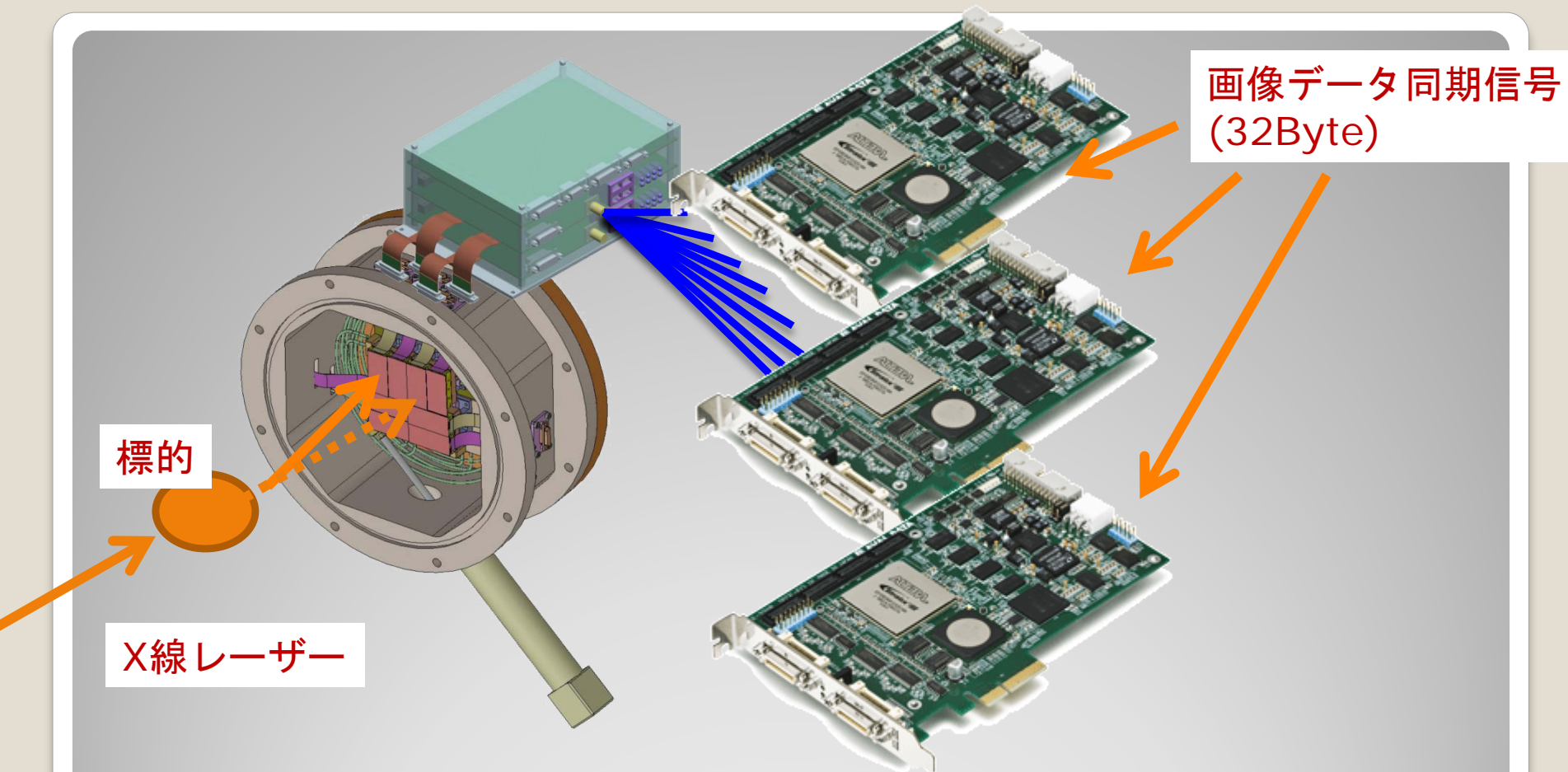
$0.5\text{Gbps} \times (8 + 2) = 5\text{Gbps} < 10 \text{ Gbps}$

SACLA DAQ概要



- 八枚の画像データをそれぞれ独立に取得している。  
→ 八枚の画像データの同期性が保証がない
- ストレージに保存した8枚の画像データから実験データの再構成をすると、違う時間に取得したデータが使われてしまう可能性がある。
- 画像データ取得時に、8枚の画像データの同期をとるような信号を与え、それを画像データに組み込むことにより解決したい。

## 現在の画像データ収集システムの問題点

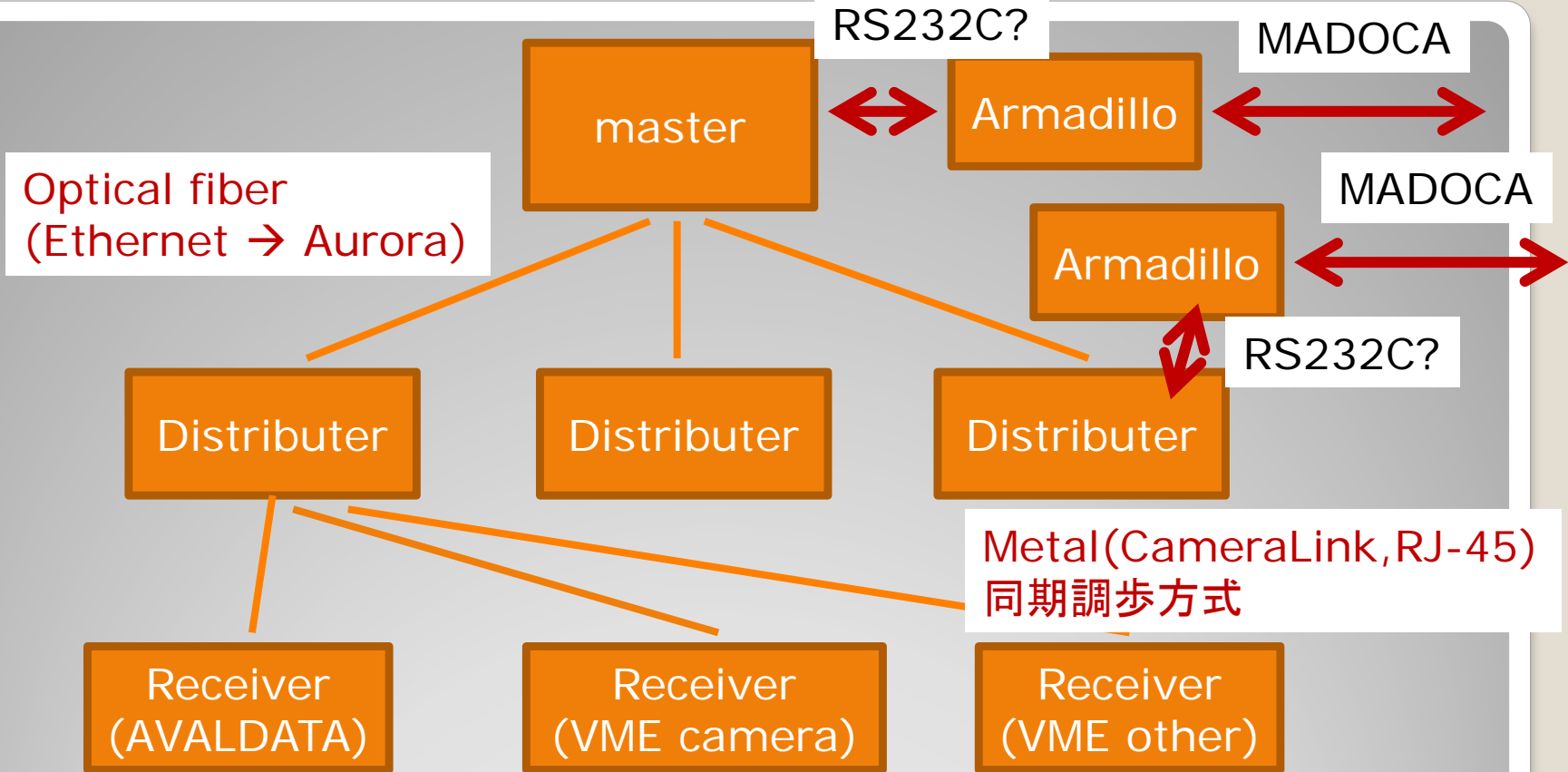


ハードウェアで、画像データの同期を保証したい

## 画像データ収集システム改良案

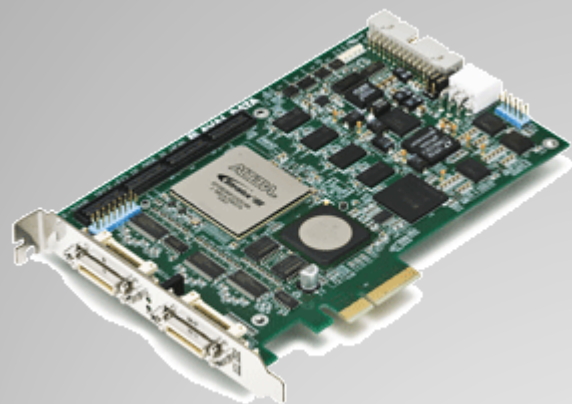
- データ配信周期: 60Hz(最大300Hz)
- 最大転送距離: ~1km
- 既存の制御システム(MADDOCA: Unixベース)に組み込めること
- 接続機器数に拡張性があること
- 高信頼性・メンテナンスが容易

**要求される仕様**



同期データは256bit

# 同期データ配信システム



カメラデータ読み出しモジュール



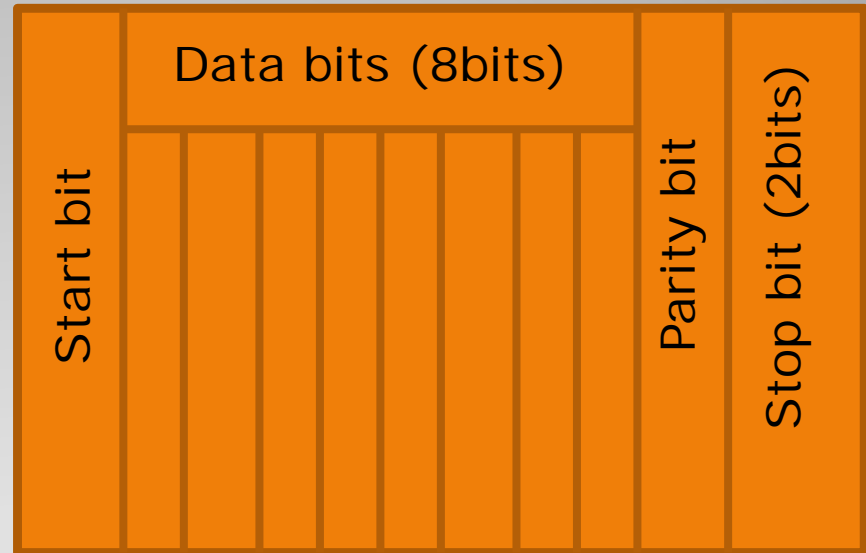
- UARTフォーマット

- 8bits/Block

- ID state: H
- Start: L
- Data: 8bits
- Parity Bit: Even
- Stop: H 2bits

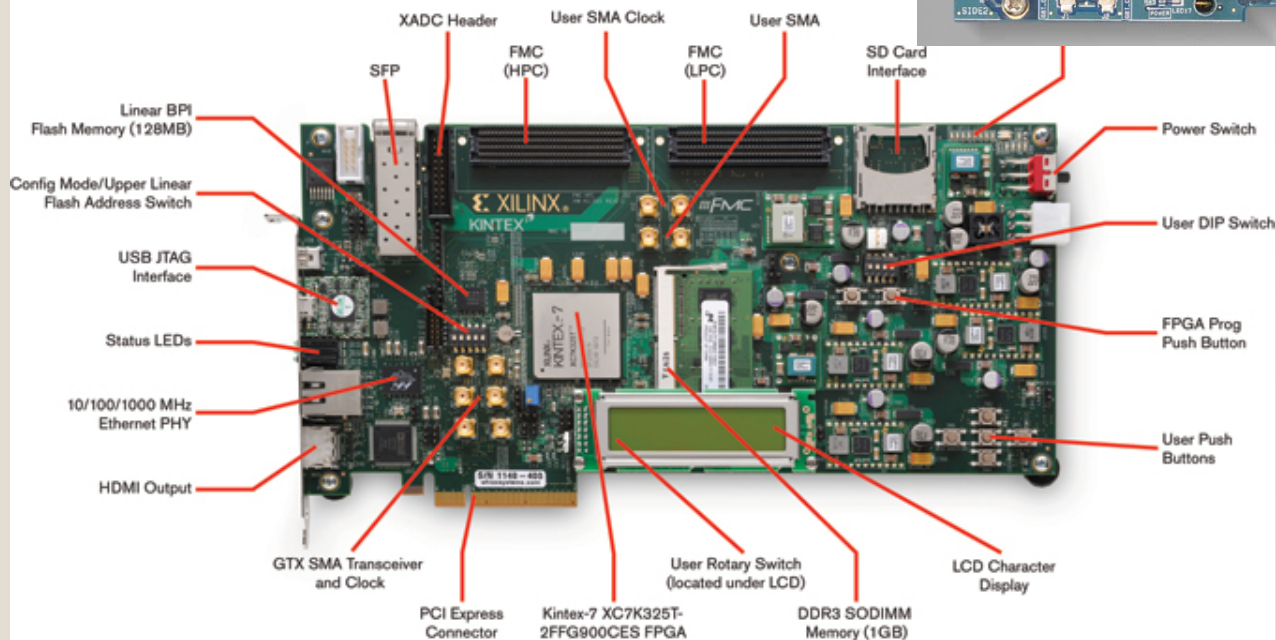
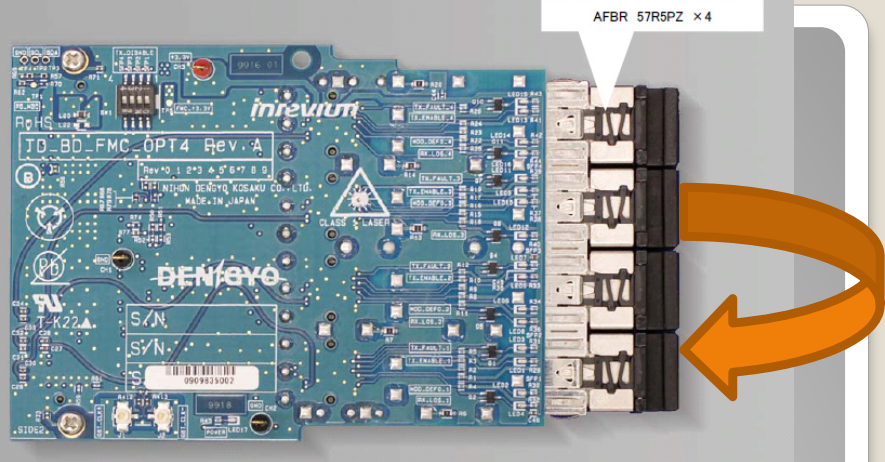
- 32 blocks

- 再送機能



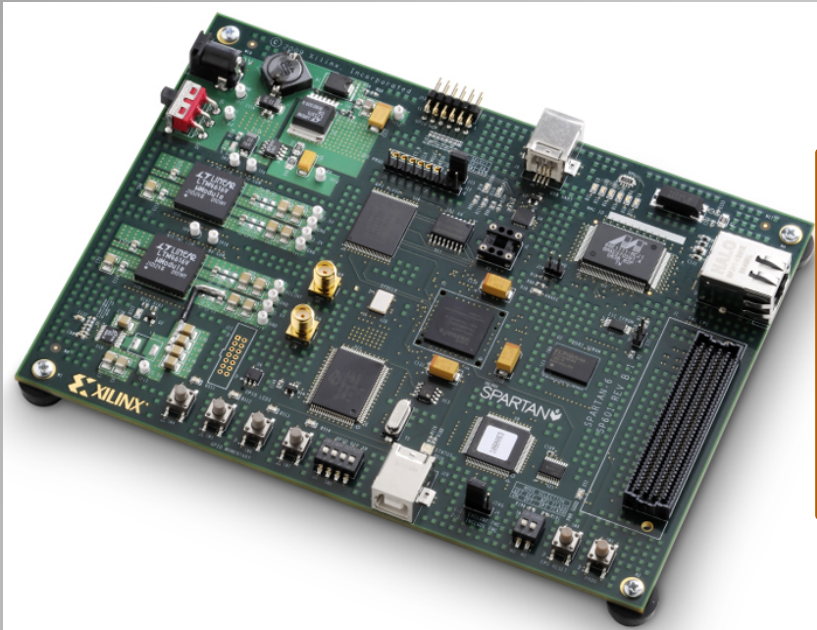
同期データ送信フォーマット

Kintex-7の評価ボードにFMCを接続して評価  
→納品済み  
→firmware開発



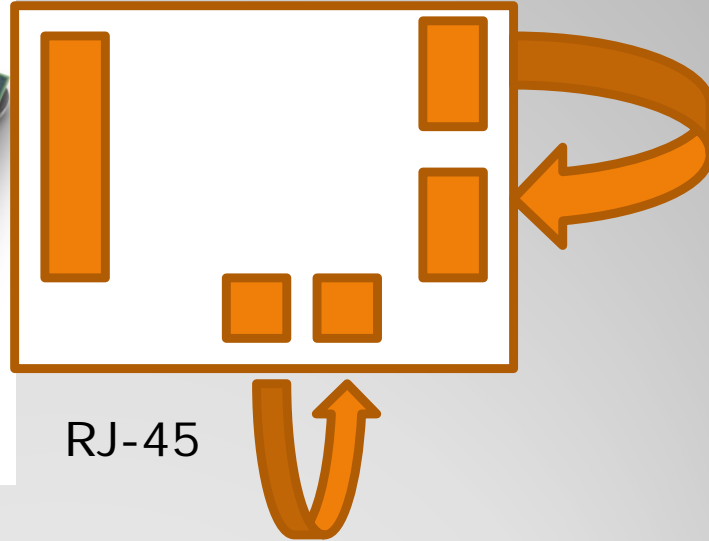
# テスト準備 (Optical Fiber)

テスト基板設計は終了



FMC (LPC)

CameraLink

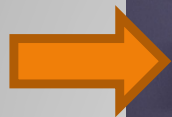
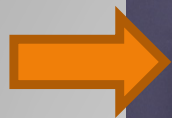


RJ-45

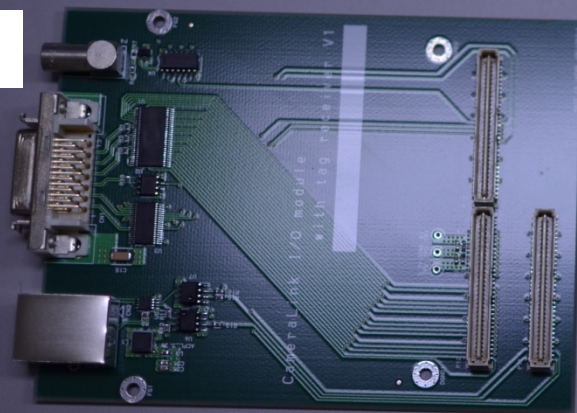
テスト準備 (Metal)

タグ受信付カメラリンクボード

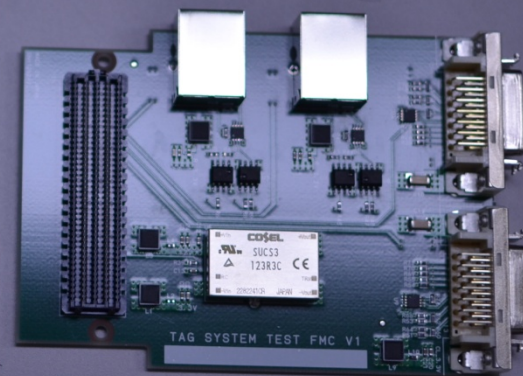
カメラリンク



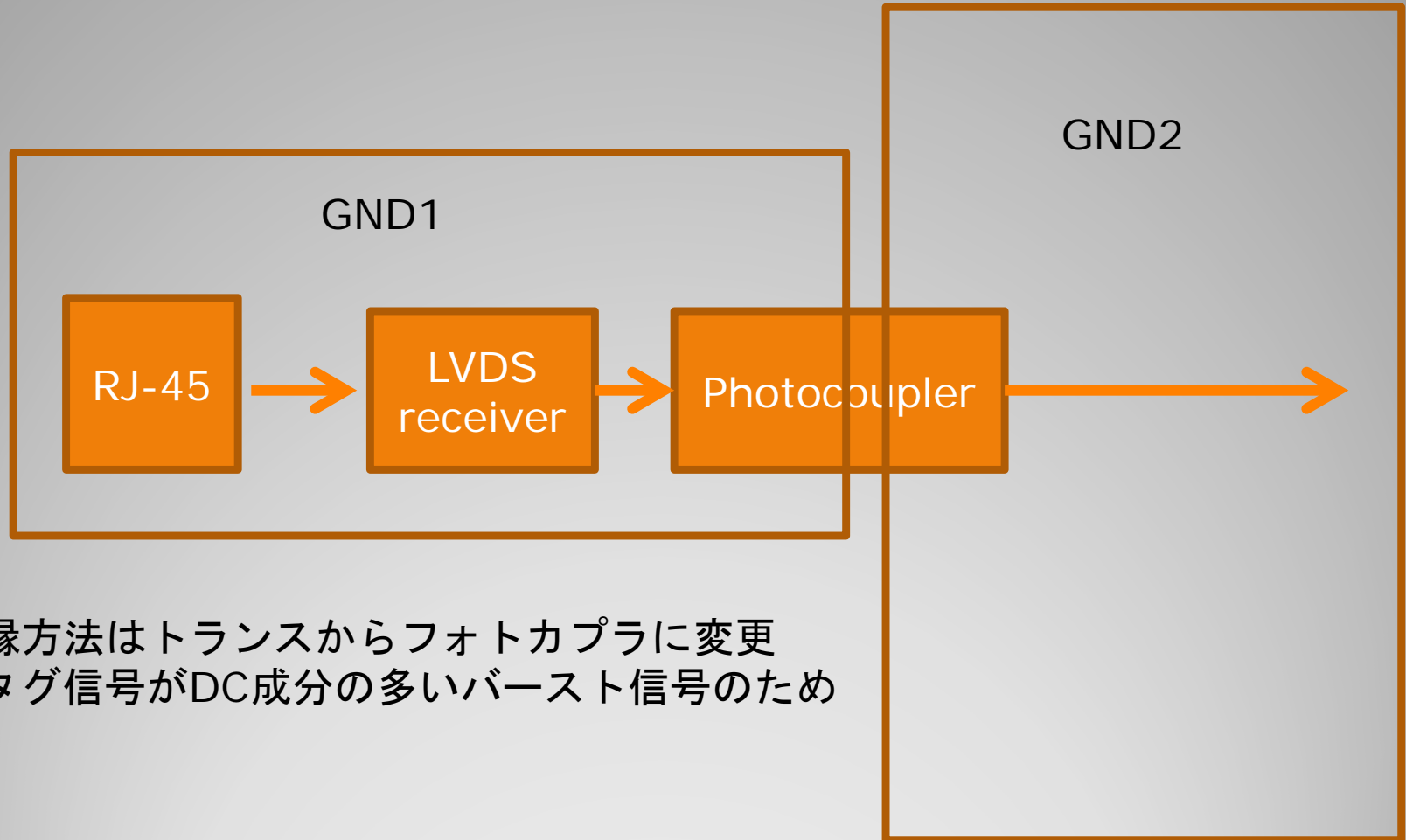
タグ配信



タグ配信テストボード



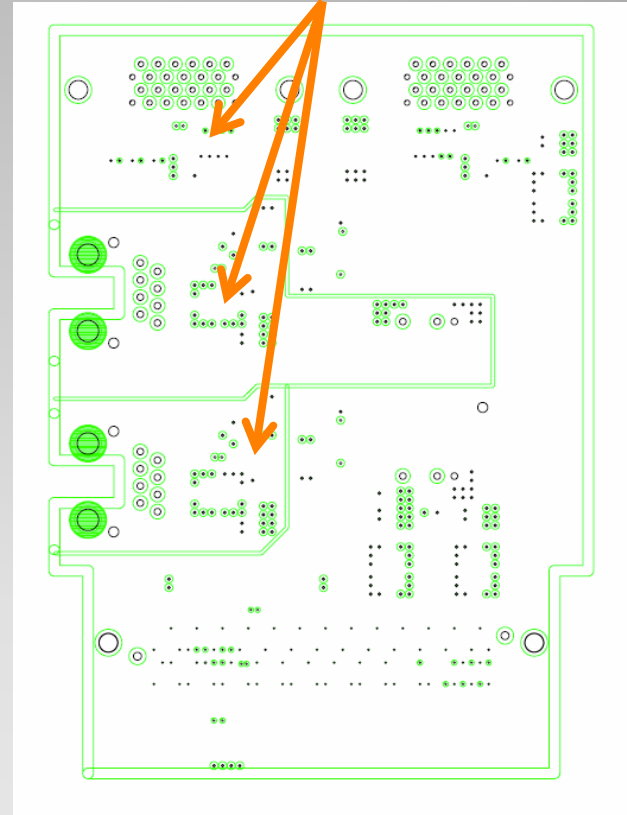
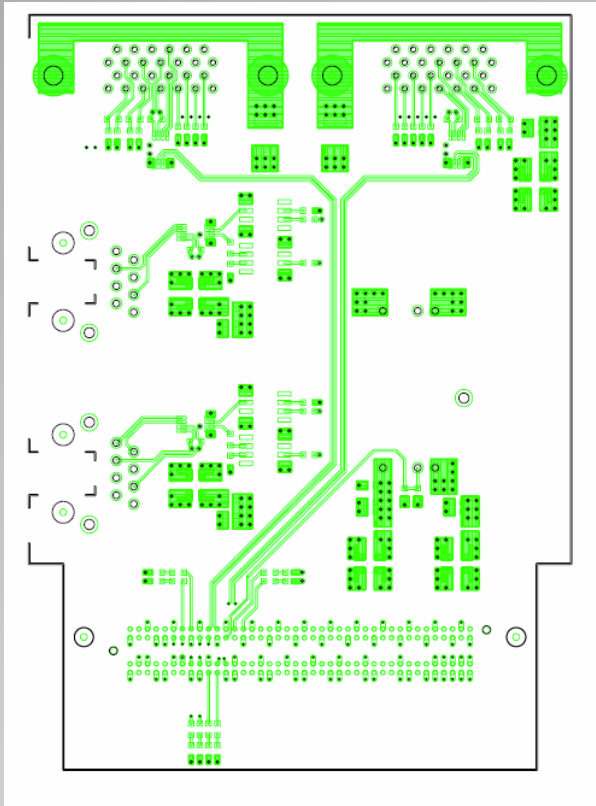
テスト準備(Metal)



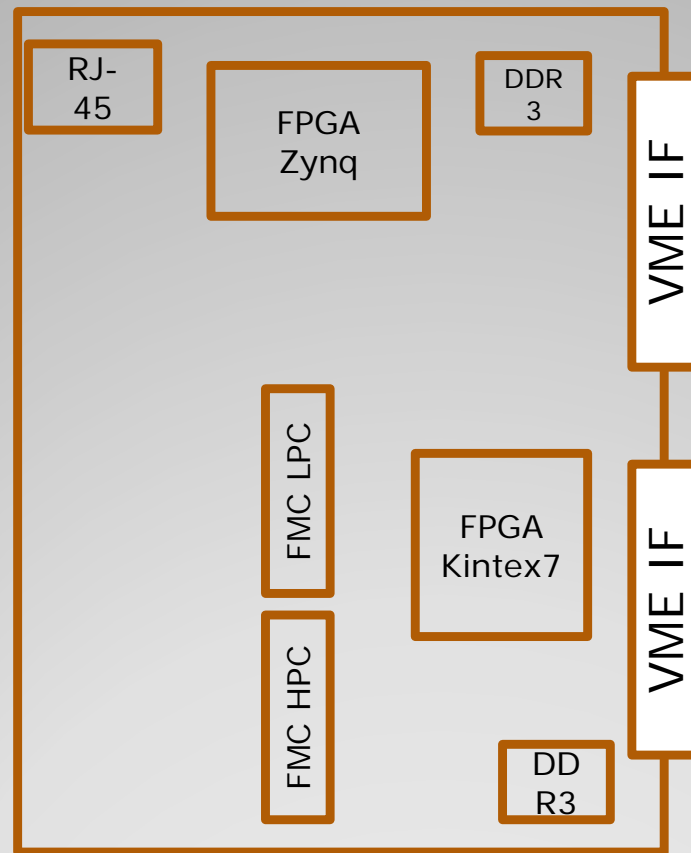
絶縁方法はトランスからフォトカプラに変更  
→タグ信号がDC成分の多いバースト信号のため

**テスト準備(Metal)**

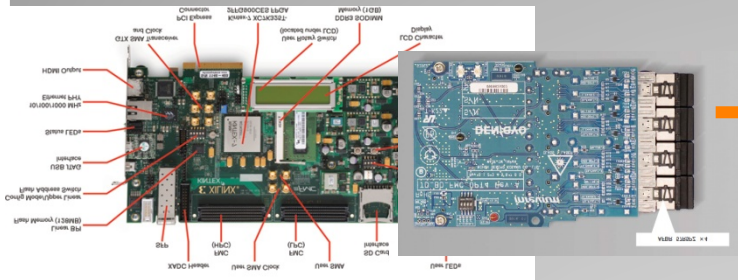
GNDは分離されている



シルク図



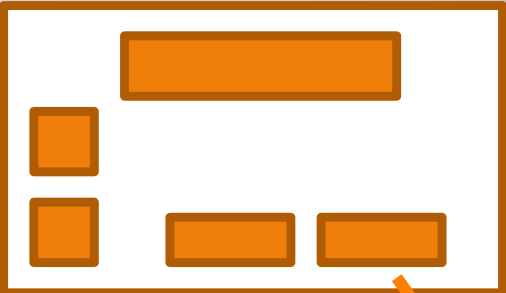
# 同期データ受信用VMEモジュール



Armadillo



Armadillo



VME LossLess

AVALDATA

# テスト(System)



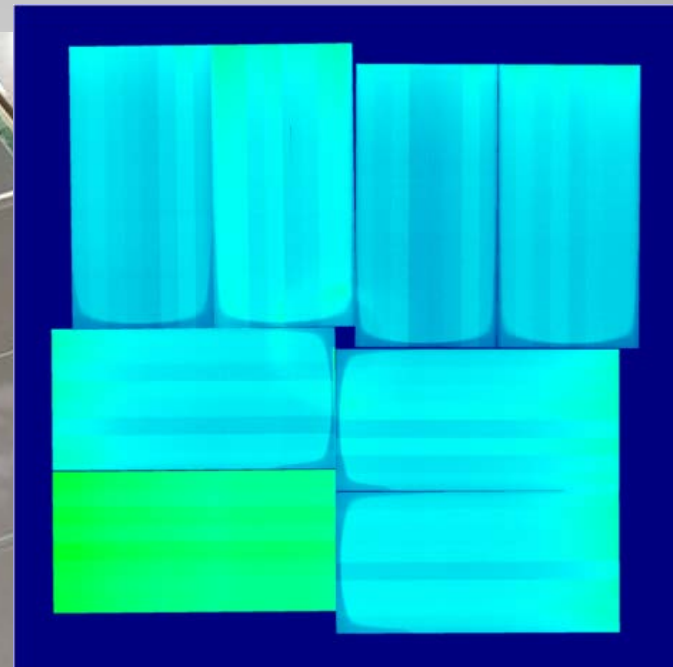
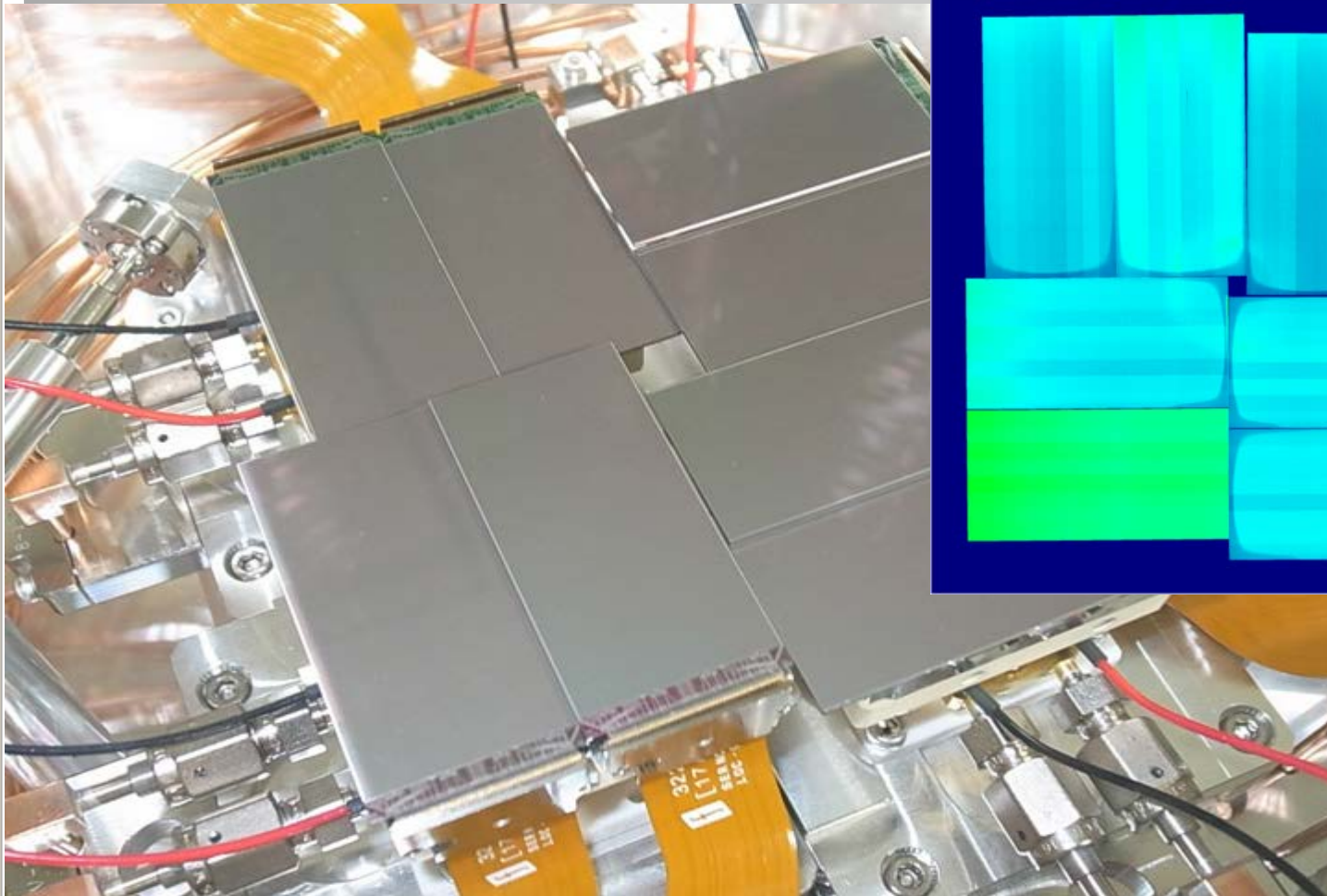
- MPCCD Sensor (at present)
  - 5 Gbps data rate
  - 100 TBytes storage
- SOI Sensor (in the future)
  - 80-800 Gbps data rate
  - 1.6-3.2 PBytes storage

検出器のアップグレード

- 大容量データ転送→光通信
- 制御→組み込みLinux
- ストレージ(キャッシュ)→PCI express

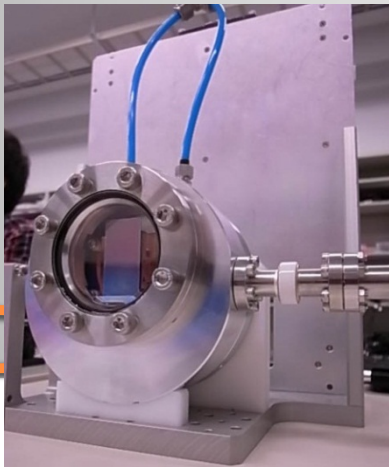
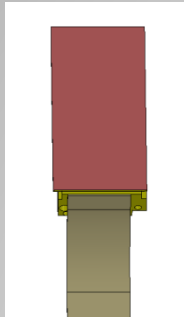
- X線自由電子レーザーを用いた実験のためのDAQシステムの改良のお話をしました。
- 独立に読み出される検出器データの同期をとるための信号配信を追加します。
- 将来のアップグレードのお話もしました。

まとめ



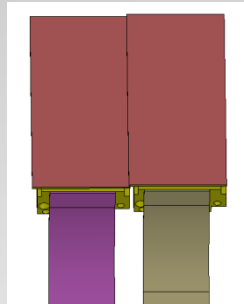
## Single sensor

**1024 x 512 pixels**  
**54.6 x 26.2 mm<sup>2</sup>**



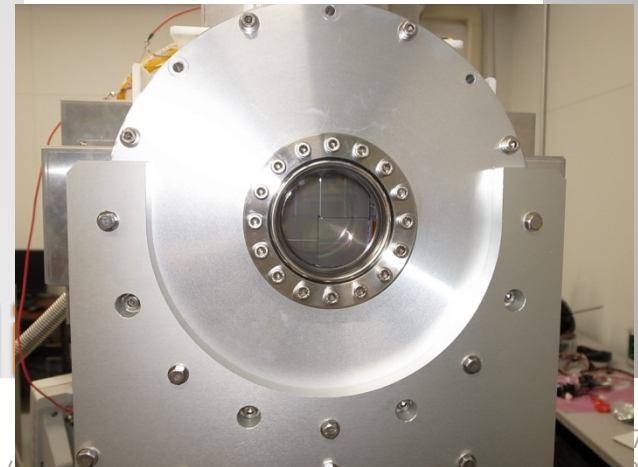
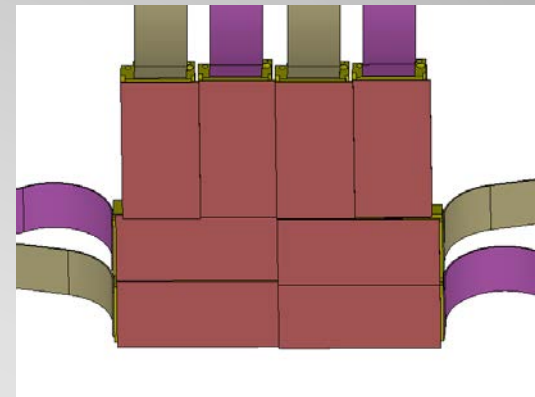
## Dual sensor

**1024 x 1024 pixels**  
**54.6 x 52.1 mm<sup>2</sup>**



## Octal sensor

**2048 x 2048 pixels**  
**~ 110 x 110 mm<sup>2</sup>**



- 5 Gbps Data Rate
  - We use 8(octal system) + 2 Tandem configuration
    - $500 \times 1000$  pixels x 16 bit depth x 60Hz x 10 sensors = 5 Gbps
- 100 TBytes Storage Capacity
  - $10 \times 10^6$  images are necessary to reconstruct 3-D image.
    - $500 \times 1000$  pixels x 16 bit depth x 10 sensors = 10 MBytes per shot
    - 10 MBytes/shot x  $10 \times 10^6$  shots = 100 TBytes

**MPCCD Sensor Requires ...**

## System 1: DDN S2A9900

- Write Throughput (8 stream)
  - 660 MB/s (/ 1 stream, av.)
  - 280 MB/s (/ 1 stream, worst)
  - **> 5 GB/s (40Gbps)** (Total, actual meas.)
- Capacity
  - **100TB** (To be upgraded to **200 TB** in summer, 2012)

Satisfy experimental requirements of MPCCD.  
(5 Gbps, 100 TBytes)

We also plan to purchase 2nd data-cache system in 2012.

System 1 and 2 will be used alternatively not to reduce write performance during reading out.

High



ata-cache System

(However, these system are not enough for SOI sensor. These are future issues.)

