

# 次期X線天文ミッション搭載に向けた小型X線CCDカメラシステムの開発

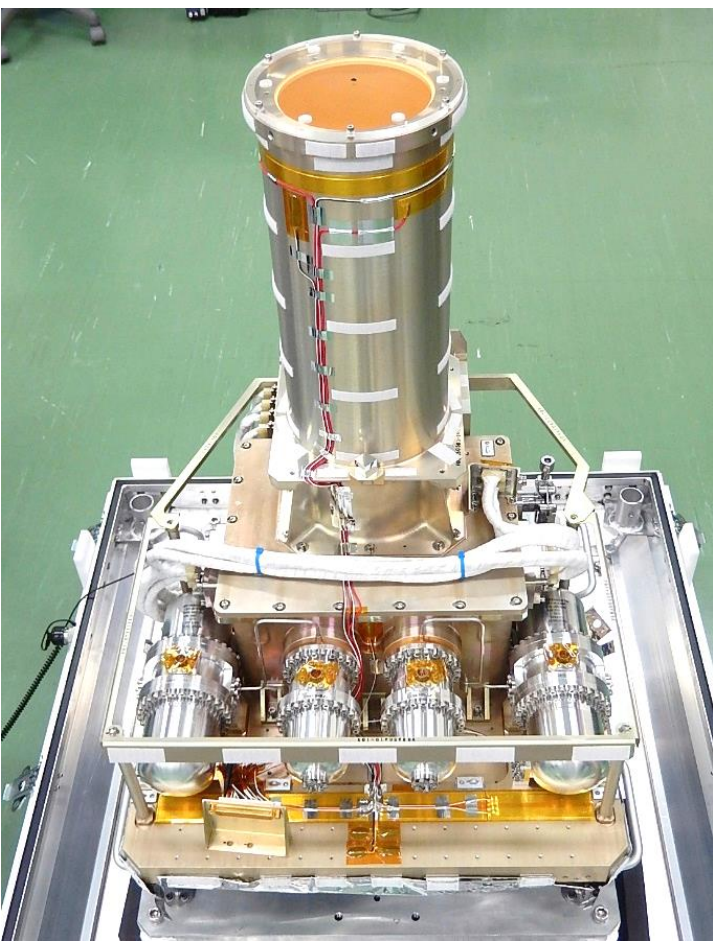
岩垣純一、大西里実、花坂剛史、岡崎貴樹、朝倉一統、米山友景、中嶋大、能町正治、林田清、常深博(大阪大学)、John Doty(Noqsi Aerospace Ltd.)

私たちは、次期X線天文ミッション搭載に向けて小型X線CCDカメラシステムの開発を行っている。センサは浜松ホトニクス社製で、ひとみ衛星搭載センサの小型バージョン(7.7×6.1mm)であるが、エネルギー分解能と可視光透過率の点で向上を図っている。また、超小型衛星への搭載を念頭に、科学衛星で用いられる通信規格SpWと、超小型衛星で用いられるRS422の変換基板の開発も行っている。本講演では、CCDとデジタル系の開発状況について報告する。

## 衛星搭載小型CCDセンサの開発

### 開発の背景

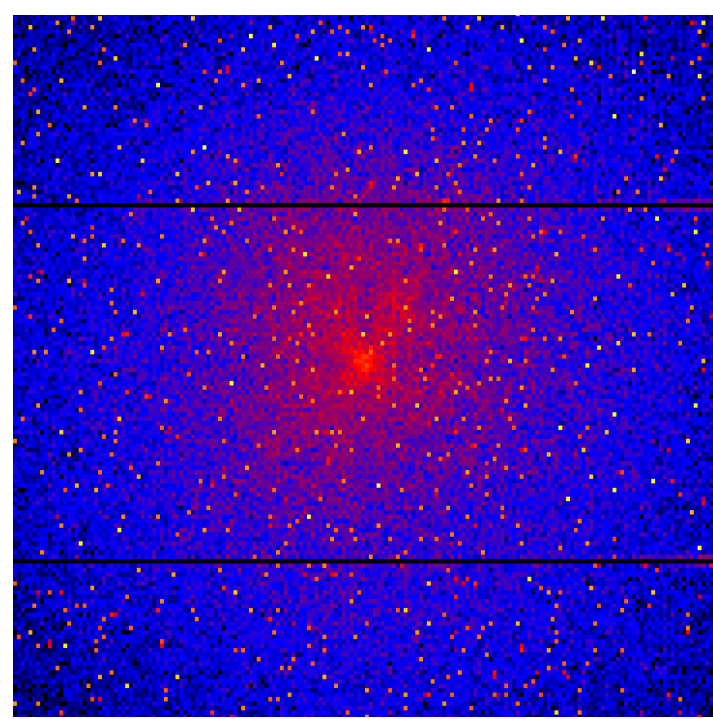
SXI (Soft X-ray Imager: 軟X線撮像検出器)  
ひとみ衛星(2016年2月打ち上げ)に搭載された  
4つの観測装置の中のひとつ  
38'×38'の広視野の撮像・分光に成功  
空乏層厚200μmを完全空乏化、  
裏面照射型X線CCDとして過去最高の感度を達成



### ＜次期衛星搭載に向けたCCDの課題点＞

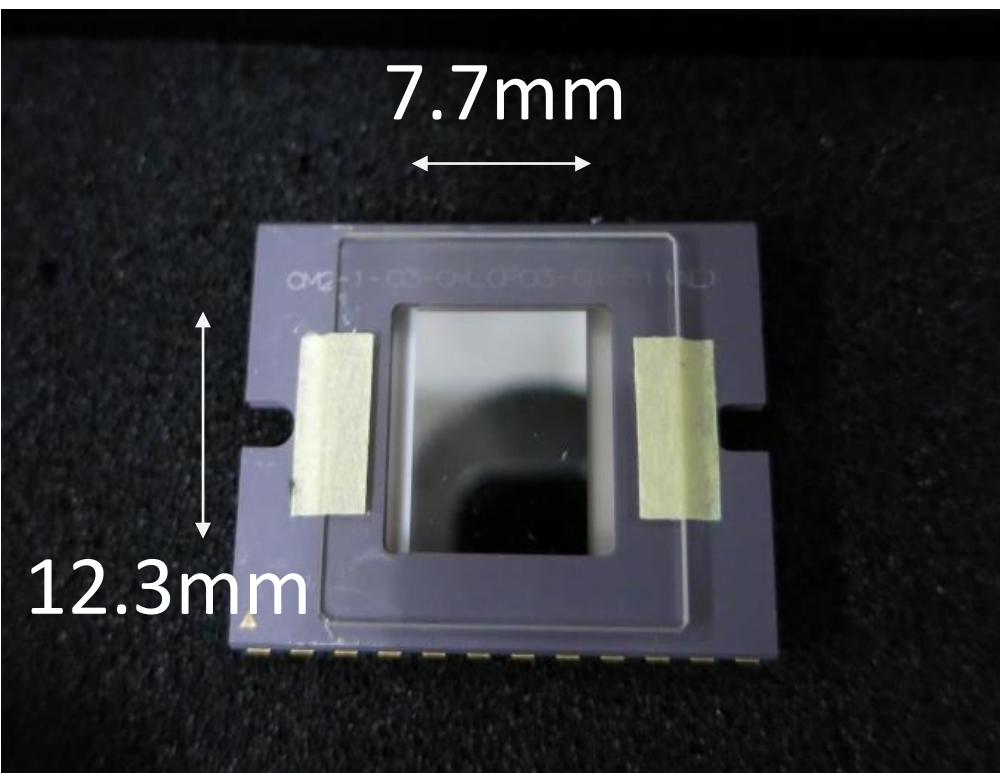
- (A)電荷転送効率(CTI)~10<sup>-5</sup> →過去の実績より一桁程度劣る
- (B)受光面の可視光遮断層(OBL)にピンホールが多数存在  
→軌道上で有効観測時間を減らす結果に

- (A)電荷転送路内ポテンシャルにノッチ構造をつけることによる電荷転送効率の改善
- (B)ピンホール数を低減するための工程改善



改善項目の確認のため、小型CCD冷却システムを構築。RI(55Fe)照射時のスペクトル、Grade 分岐比を評価。

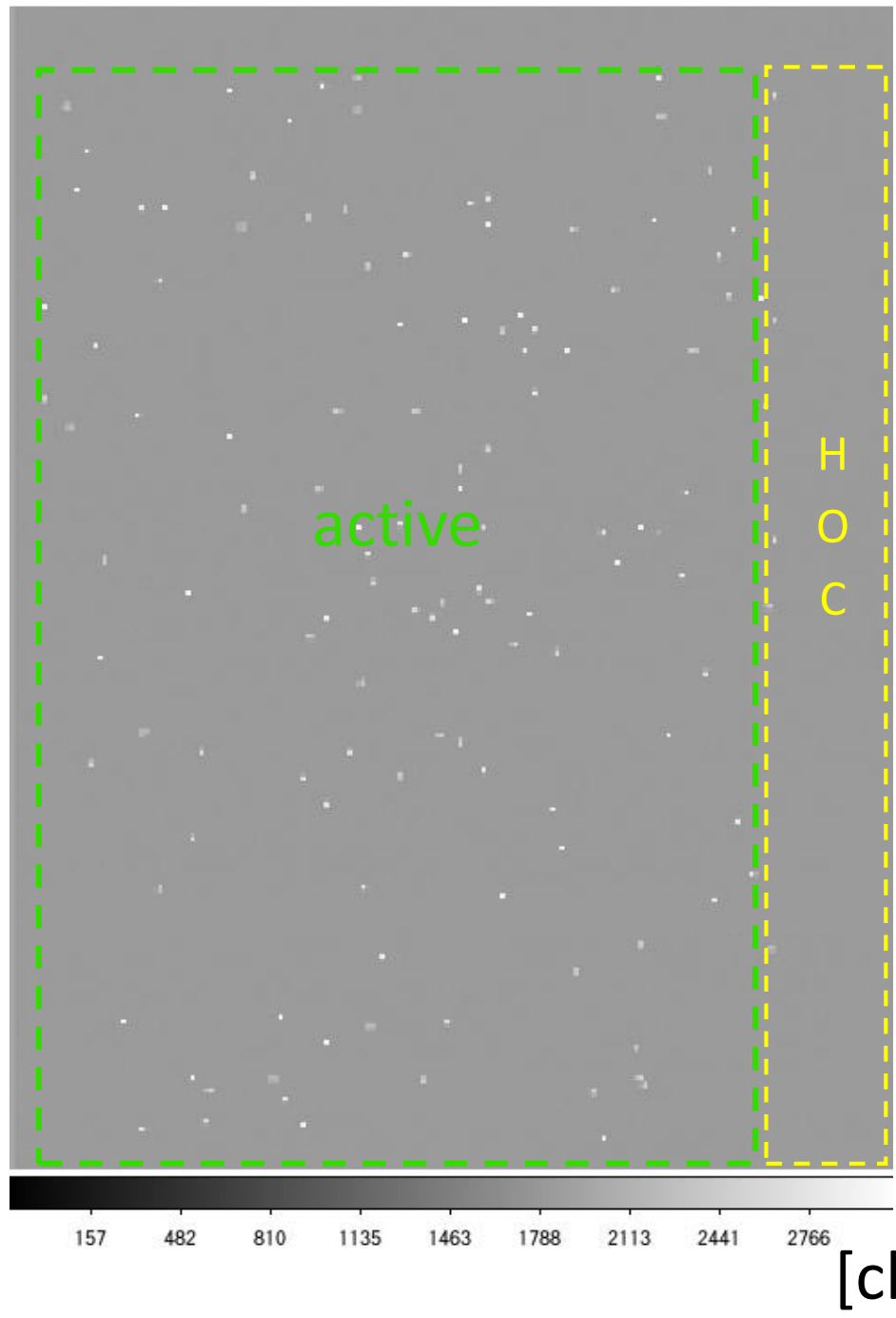
地上のLED照射実験で取得したフレーム画像と機上のペルセウス銀河団のX線画像の比較



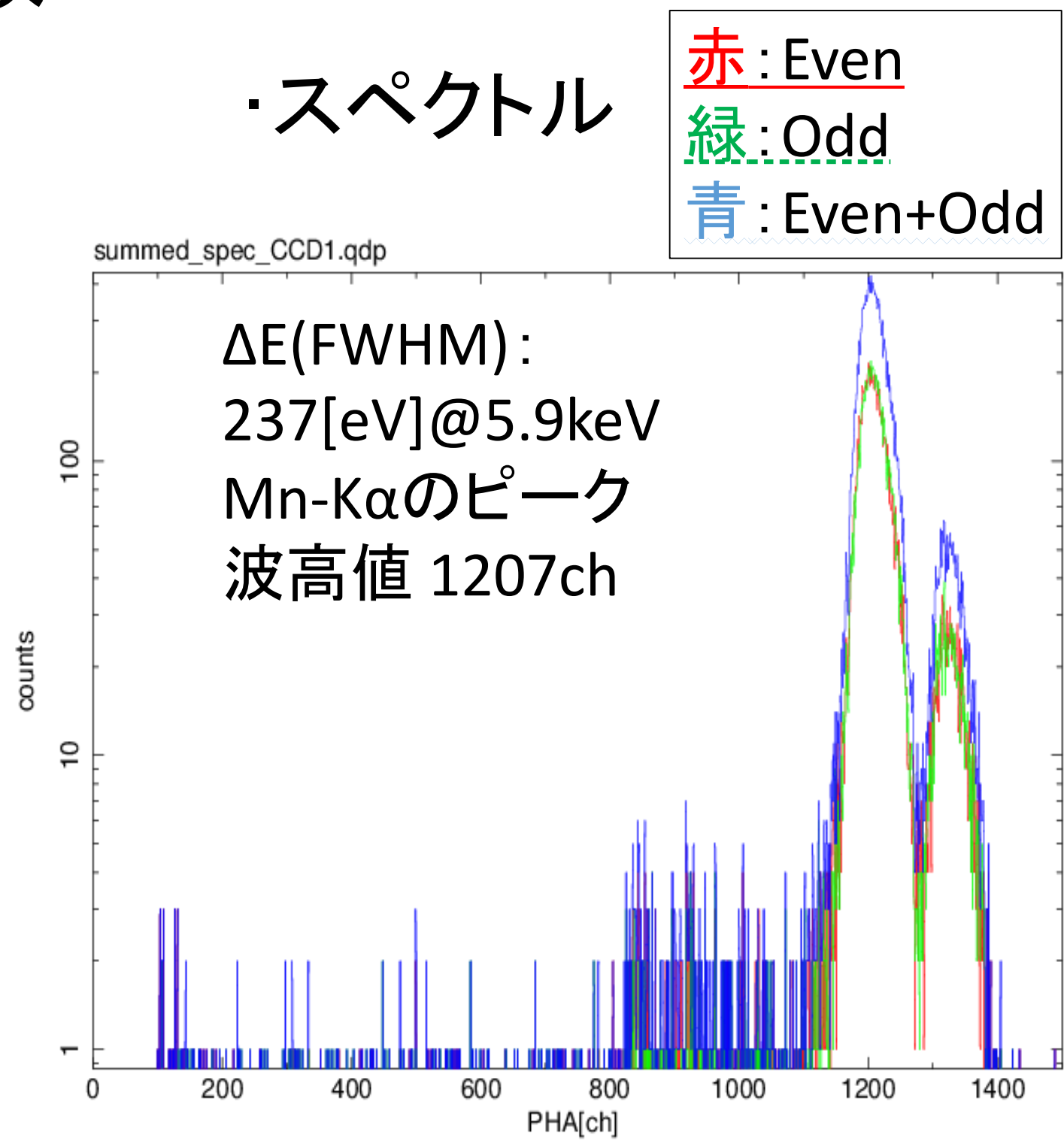
- ・SXIの要素技術の評価のために作られた小型素子
- ・現在使用のminiCCD07はSXIのPch-NeXT4と同仕様でピクセル数1/20(全面でカウントすると1/10)
- ・フルフレームトランスファー型

### <sup>55</sup>Fe線源からのX線放射実験

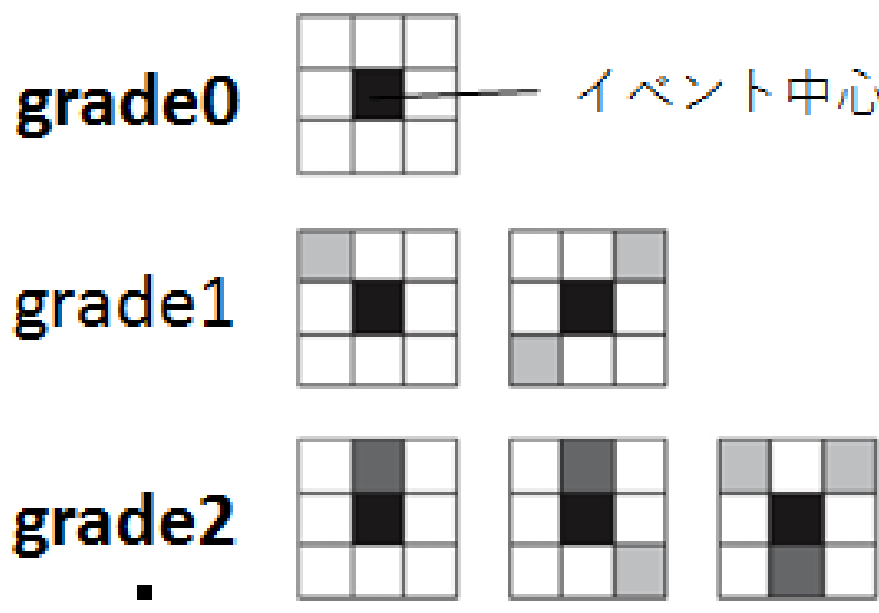
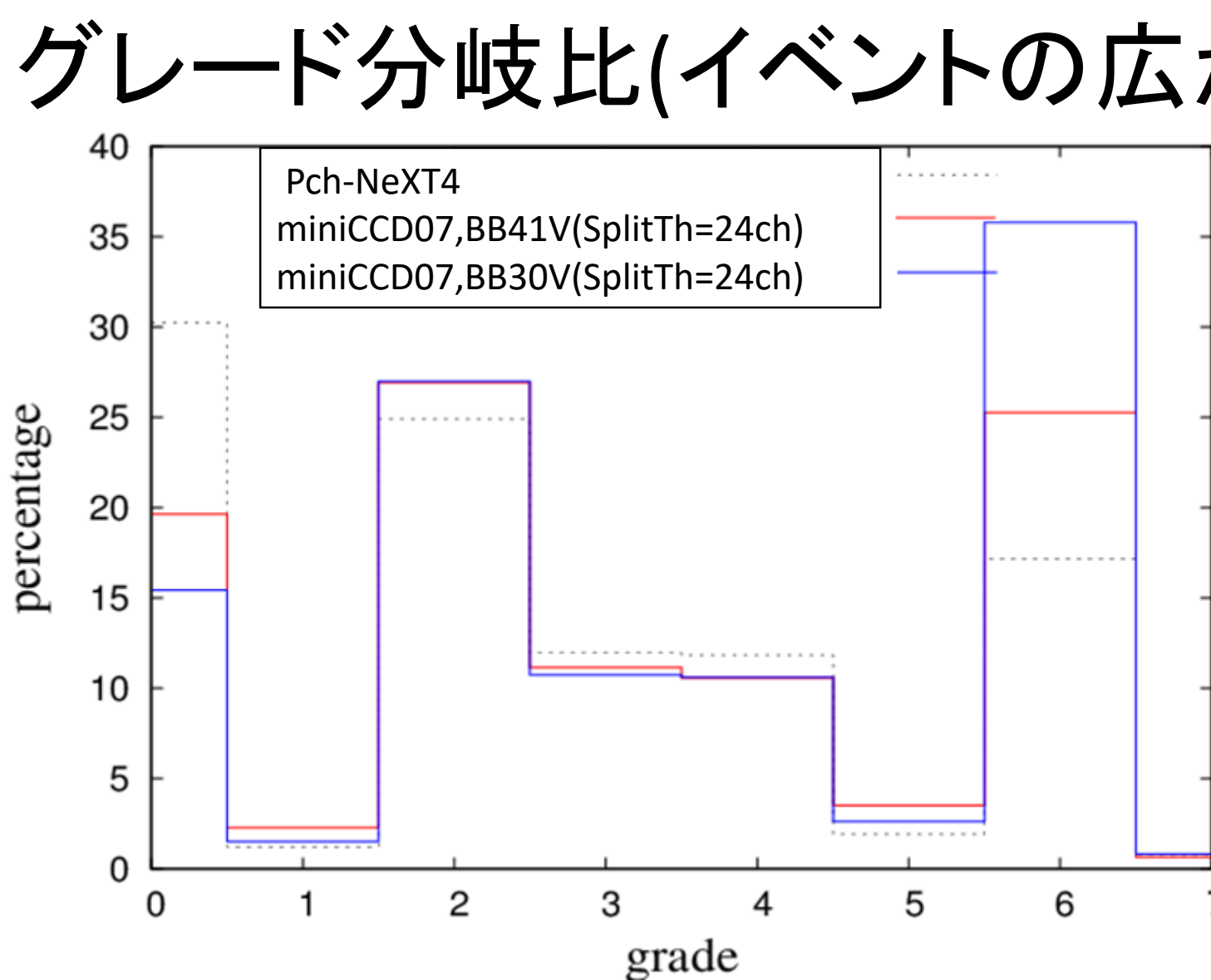
・フレームイメージ (CCD :-110℃)



・スペクトル



・グレード分岐比(イベントの広がり方)



Back Bias 電圧を調整した後も、Pch-NeXT4と比べてややイベントが広がる傾向がある

### 今後の予定

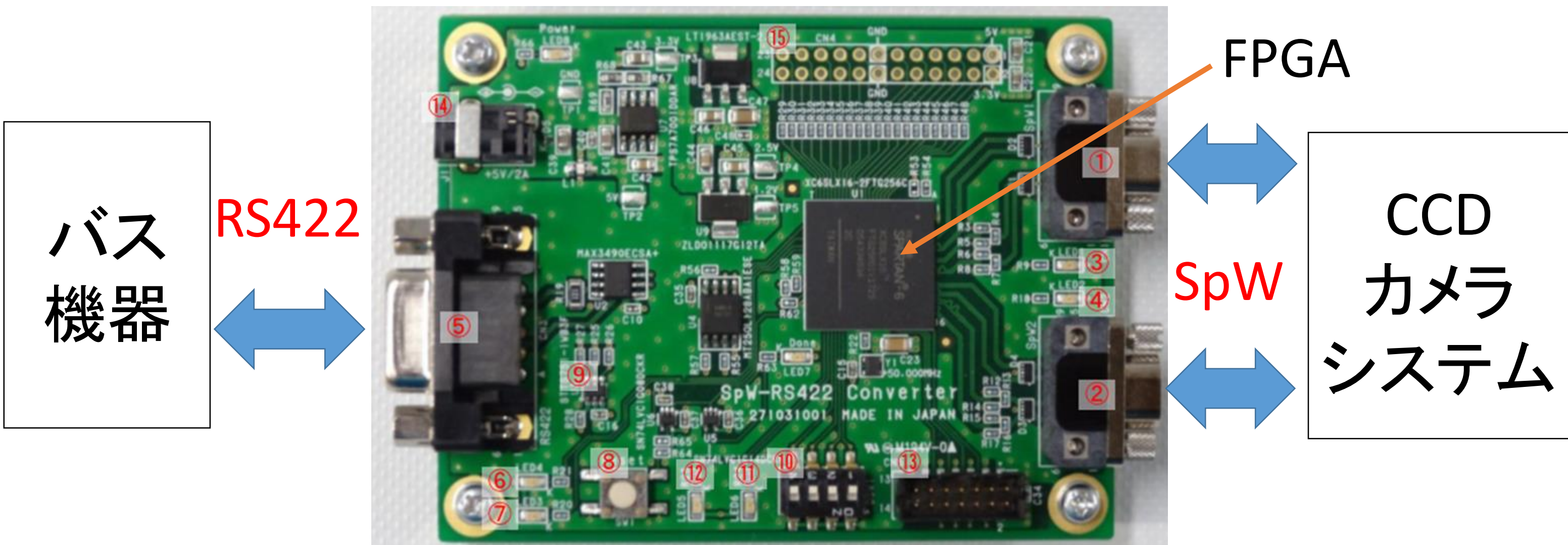
次期衛星搭載に向けた課題点である、ピンホールの測定・電荷転送効率の測定を行い、改良した新素子の試験に備える

## SpW↔RS422変換基板

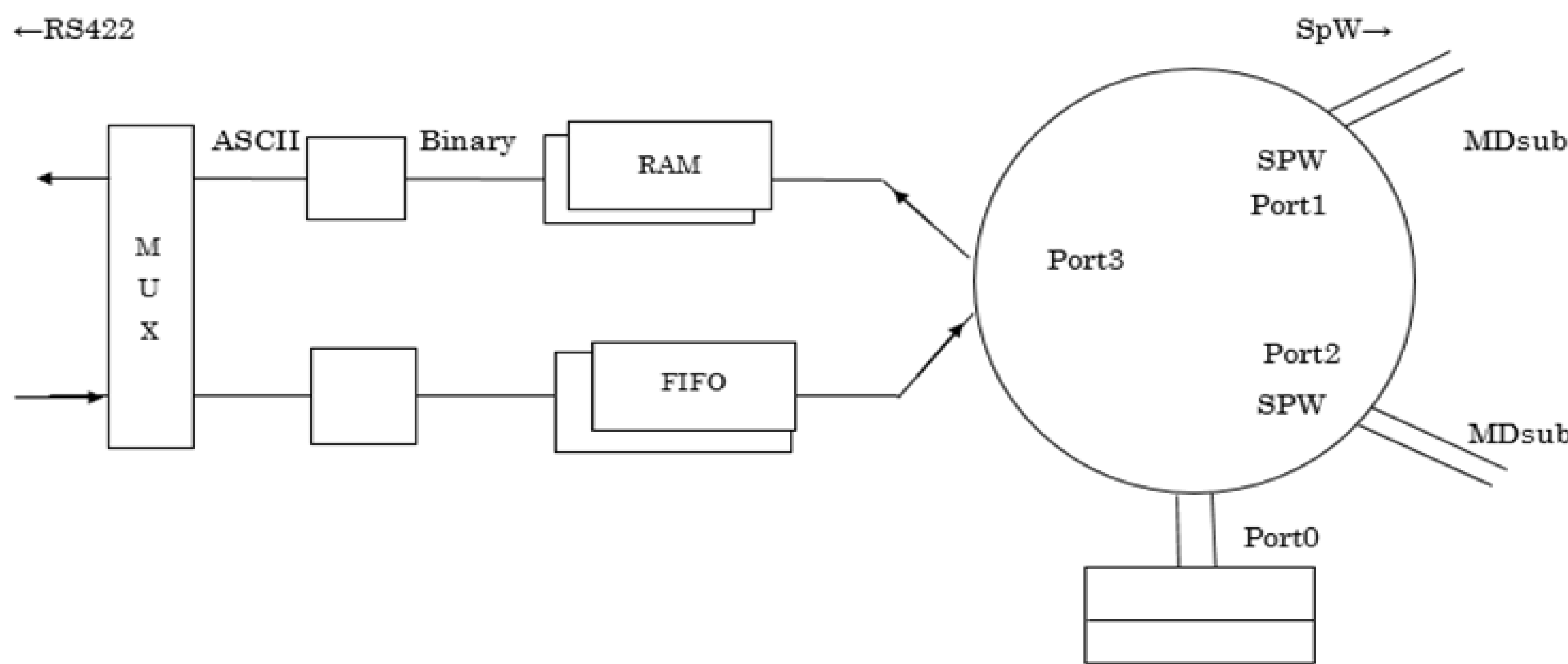
科学衛星で用いられる通信規格SpaceWireと、超小型衛星で用いられる通信規格RS422は、通信速度が異なるため (SpaceWire 最大400Mbps, RS422 最大38400bps)、損失なくパケットを送受信するためには、バッファリングの機能を挟むが必要である。

基板を設計し、製作したものを下に示す。この基板では、およそ1000倍の速度差の調停を目的としている。

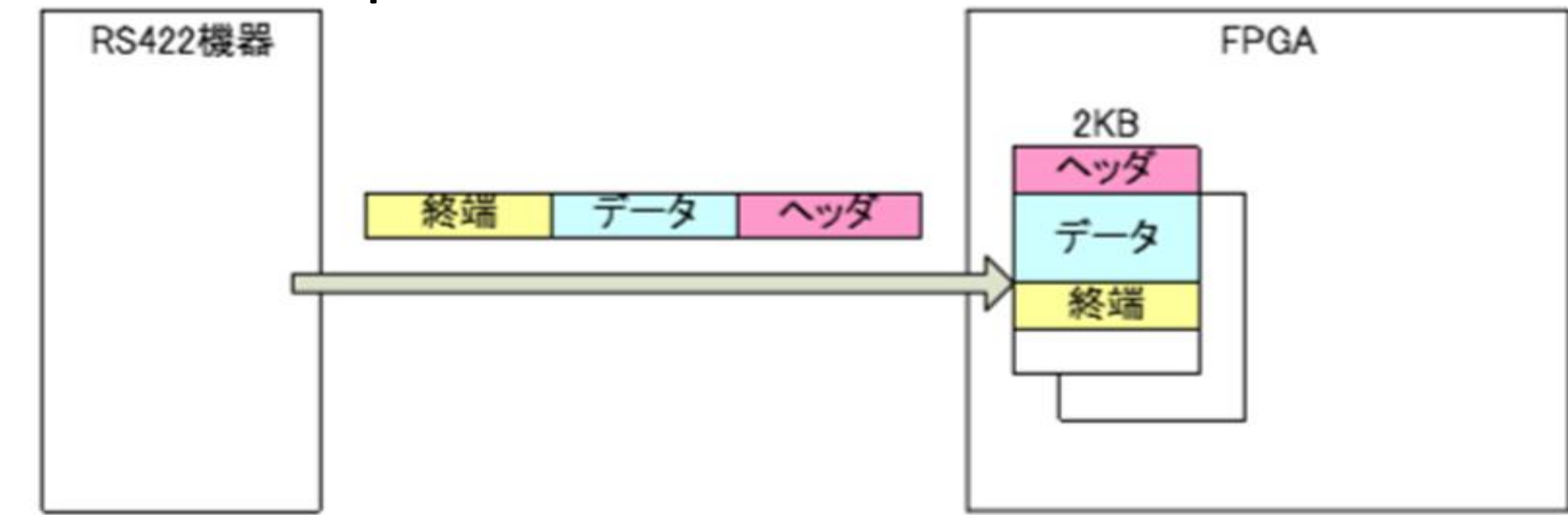
SpaceWire : 10Mbps  
RS422 : 9600bps  
およそ1000倍の速度差



### FPGA内部ブロック図



### RS422→SpW パケット送信受信例



- ①FPGA は受信したパケットを2KBのバッファに格納
- ②FPGA はRS422パケットをSpWパケットに変換して送信
- ③ツインバッファになっている為、パケット変換を行っている最中に、次のパケットを送信
- ④ツインバッファの片方がパケット変換を行っている状態で、次のパケットヘッダを受信した時、XOFFコードを送信し受信中のRS422パケットまでしか受信できない事をRS422機器に通知
- ⑤ツインバッファの両方パケットが格納されている状態で送られてきたパケットは全て破棄される
- ⑥パケット変換が完了し空きバッファが出来た時、FPGAはXONコードを送信し、パケットの受信が可能であること通知する。

### 今後の予定

この基板の機能検証をしていくことを予定としている