

# 超高精度太陽センサー『UFSS』開発状況

長谷川 隆祥<sup>\*1,2</sup>、清水 敏文<sup>2,1</sup>、津野 克彦<sup>3</sup>、久保 雅仁<sup>4</sup>、村尾 一<sup>5</sup>、横澤 剛<sup>5</sup>、吉原圭介<sup>2</sup>

[1]東京大学 [2]宇宙航空研究開発機構 [3]理化学研究所 [4]国立天文台 [5]明星電気

\*E-mail:hasegawa.takahiro@ac.jaxa.jp

## 要旨

超高精度太陽センサ「UFSS (Ultra Fine Sun Sensor)」は、日本固有の検出原理によってサブ秒角で太陽方向を検出する太陽センサであり、衛星を高精度で3軸制御する上で重要な基幹技術である。メーカ撤退のため、新たなメーカとの共同研究として技術継承を図っている。この一年、(1)放射線照射による一次元CCDの特性変化の評価、(2)レティクルに起因する誤差要因解析によるレティクル仕様の決定、(3)関連処理における角度検出性能の検討に基づく電子回路の設計、に取り組んだ。これら研究開発の状況報告を行う。

## 放射線照射によるCCDの特性変化

CCDセンサーを宇宙機に搭載する場合、宇宙放射線の影響によるCCDの電荷転送効率の劣化が問題となりうる。「ひので」UFSSと同様に、民生品の一次元CCDセンサーの採用の可否判断のために陽子照射試験を実施した(2015)。試験の結果、転送効率の劣化が認められたため、その性質を理解するために、読み出し速度を変えた場合の転送効率を評価した。読み出し速度を速めるのは、劣化による電荷の発生の影響を抑えるためである。実験の諸条件は表1に記す。

CCDセンサ	東芝製1次元CCDセンサー (TCD1209DG)
読み出し周波数	200kHz、330kHz、500kHz、1000kHz
照射エネルギー	Proton 70 [MeV]
照射陽子フルエンス	1×10 <sup>11</sup> [/cm <sup>2</sup> ]

表1 実験の諸条件

総転送効率TTE(Total Transfer Efficiency)は、

$$TTE = CTE^{2048} = 1 - \frac{V(D[40])}{V(D[39])}$$

で評価した (ここでV(D[n])は図1、D[n]の電圧からダーク成分を除いたもの)。

解析結果は図2のようになった。また、表2に計算結果をまとめた。

以上から、陽子線の照射によって、CCDセンサーのTTEが0.65～0.77(CTE換算で0.99978～0.99987)に低下することが分かった。また、これは読み出し速度を速くすることでやや改善することが分かった。

軌道上の放射線環境(750km太陽同期軌道)は、>80MeVの軌道上陽子が4.03×10<sup>9</sup>、太陽からの陽子が2.87×10<sup>8</sup>[/cm<sup>2</sup>/year]存在する<sup>[1]</sup>。本実験の照射量が過剰である可能性もあるため、実験条件と実際の環境とを比較した検討は今後の課題である。

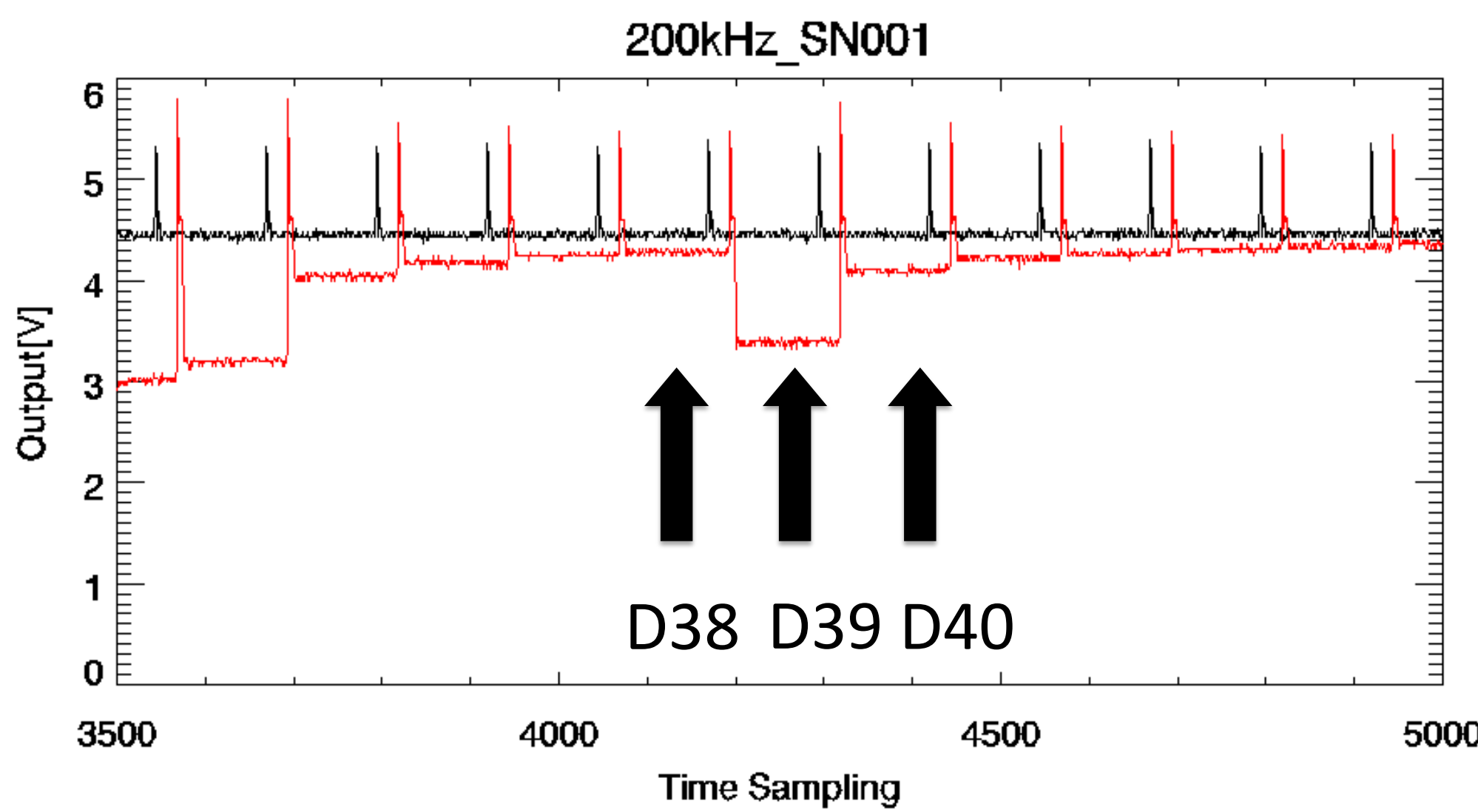


図1 CCD出力波形(SN001、200kHzの例)

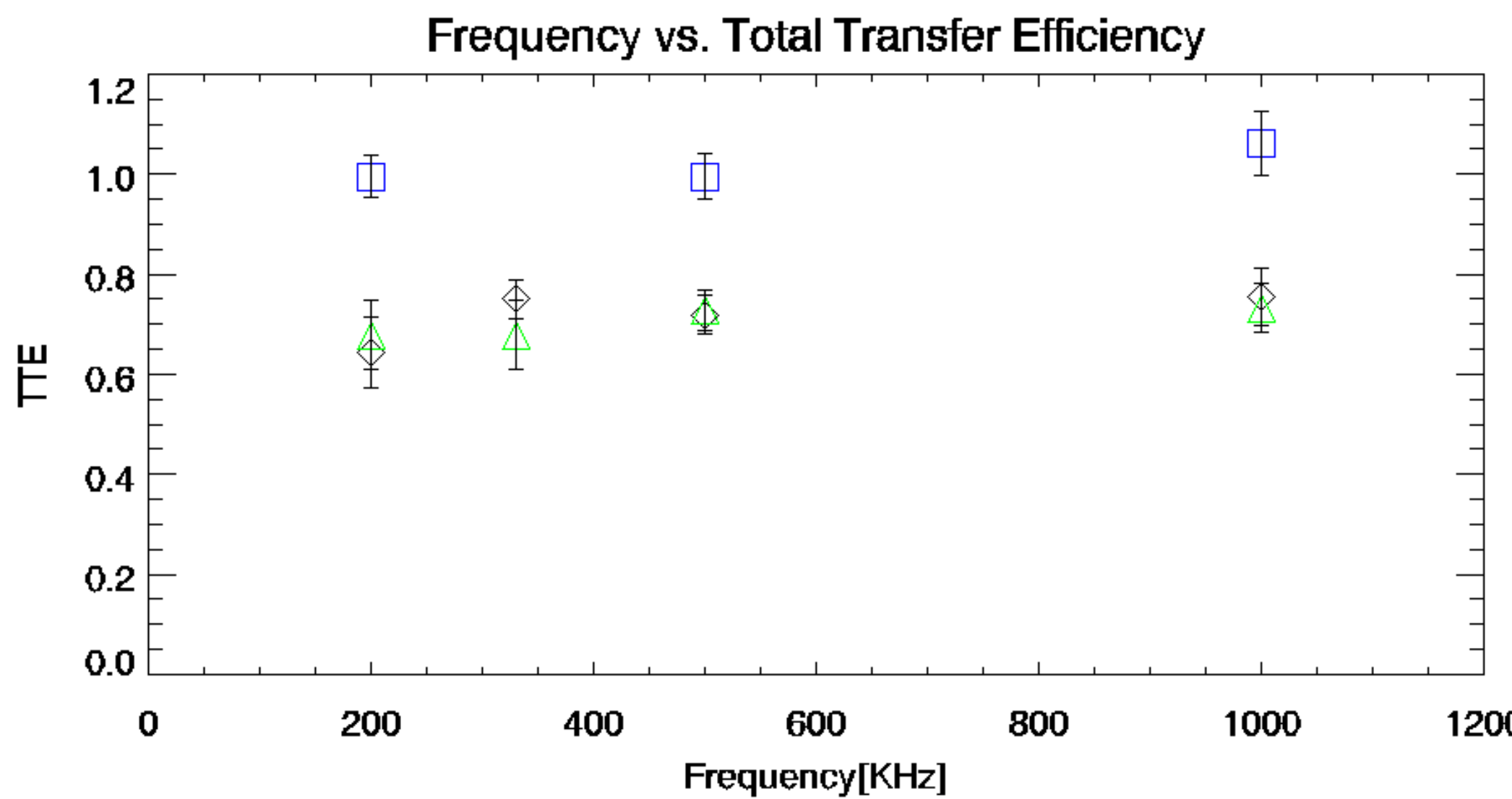


図2 読み出しクロックに対する総電荷転送効率TTE

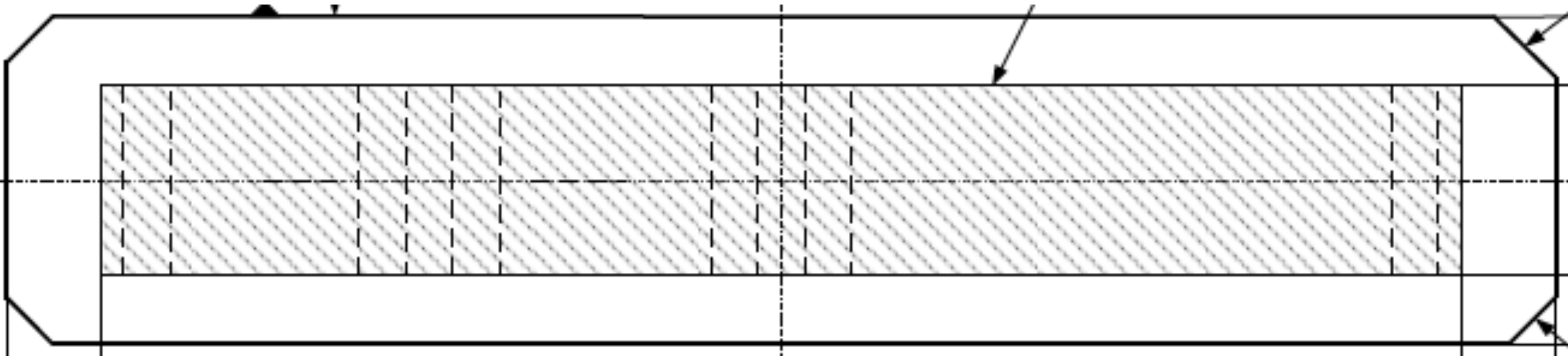
	200KHz	330KHz	500KHz	1000KHz	
SN001	0.65	0.75	0.72	0.77	陽子線照射後
SN002	0.68	0.68	0.73	0.73	
SN003	1.00	—	1.00	1.06	
					— 陽子線照射前

表2 実験結果

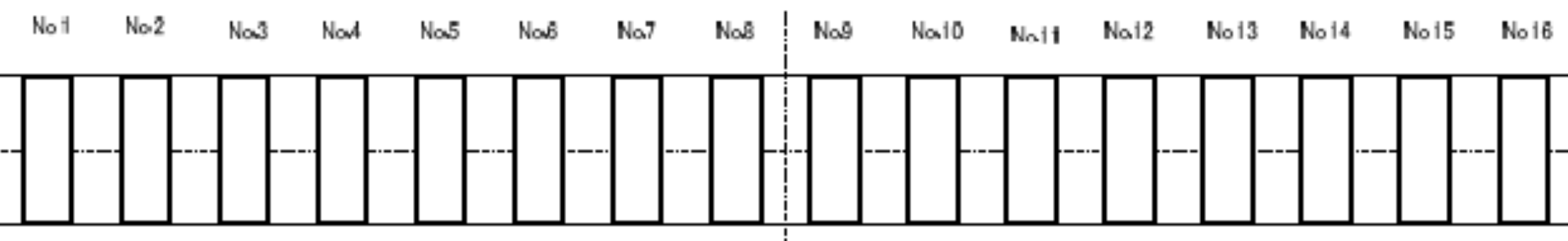
## レティクル仕様の決定

- UFSS角度検出性能に寄与するレティクル起因の誤差を識別し詳細化する検討を行い、レティクルの製造仕様案を作成した。
- 本年度、この仕様をもとに光学メーカと調整を済ませ、現在レティクル試作品を製造中である(2017.1完成見込み)。

ガラス面の全体構造

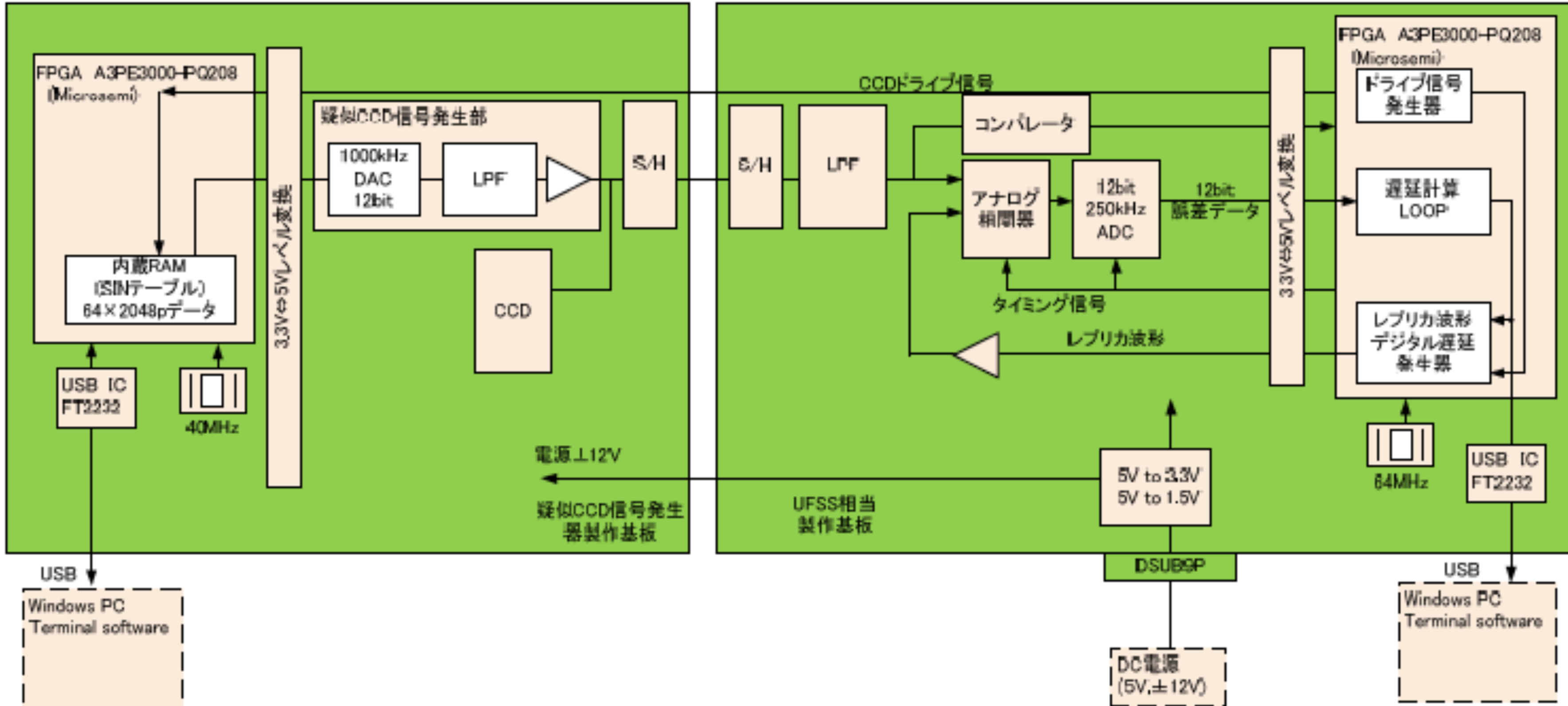


斜線部分(～28mmx～5mm)に、16本のレティクル(透過スリット)がつくられる



## 関連処理電子回路の設計

- レティクル像との相関を取るレプリカ波形の生成は、FPGA内の遅延制御で行うデジタル方式の遅延回路とした。
- 回路検証に必要なレティクル信号を模擬発生させる模擬CCD信号発生器も設計した。



試作品の全体ブロック図

- 本年度、試作品を製作し、デジタル方式回路の検証を実施中である。

## Reference

[1]SOLAR-B 放射線環境 (三菱電機株式会社、2003)