

次世代宇宙観測に向けた超高精度太陽センサの開発

加納龍一^{1,2}, 清水敏文^{2,1}, 吉原圭介², 久保雅仁³, 津野克彦⁴, 村尾一⁵, 吉田浩子⁵, 横澤剛⁵

[1]東京大学 [2]JAXA [3]NAOJ [4]理化学研究所 [5]明星電気

Mail: kanoh.ryuichi@ac.jaxa.jp

要旨

太陽を始めとして宇宙機による天体観測ではさらに高い空間分解能の観測が求められ、衛星の姿勢制御によって観測装置の指向方向を高精度に安定させることが求められている。姿勢安定化の手法として太陽センサを用いて太陽の方向を検出し、低周期で姿勢決定に反映させることで太陽に対するずれを補正するものがある。**超高精度太陽センサ(Ultra Fine Sun Sensor: UFSS)**は、「ようこう」「あかり」「ひので」で高精度化が行われた日本固有の高精度センサである。現在我々は、開発メーカーの撤退に伴い新たな開発メーカーを開拓して、同様もしくはさらに性能向上させたコンパクトな太陽センサの開発を開始している。センサは16本のスリットが入ったレティクルと2048pixelの一次元CCDで構成され、太陽光の入射によってレティクルがつくる開口パターン像と信号処理回路がつくる基準信号(レプリカ波形)との間で位相を求めることで太陽角度を出力する。このセンサを直交させて2つ持つことで、太陽方向を高精度に検出する2次元センサとなる。本ポスターではUFSSの太陽位置検出原理を説明した後に、一次元CCDの選定のために実施したプロトン照射試験で行ったCCD特性変化とそれによる検出性能への影響評価について報告する。

太陽位置検出原理

センサは16本のスリットが入ったレティクルと2048pixelの一次元CCDで構成される。太陽光の入射角が変わると、レティクルを通してCCDに写し出される観測信号の位相がずれる。その観測信号との積が0となる基準信号の位相を探すことで、太陽の位置を検出する。

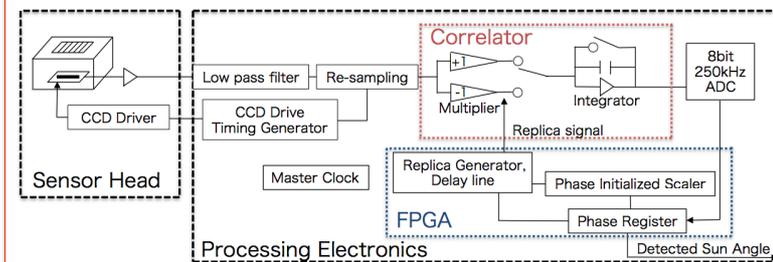
観測信号と基準信号の例

黒：観測信号(Reticle)
赤：基準信号(Replica)

この点を検出

二つの信号の積と信号間の位相差の関係。0と交わる点が一意に定まることがわかる。

UFSSのブロック図



実際に太陽位置を検出する際には生の観測信号は使わず、観測信号に対してLow-pass filterをかけ、その後基準信号との位相を計算する仕組みとなっている。そのため、CCDは2048pixであるものの、サブピクセルの精度で位相を計算することができる。ひので衛星で用いられたUFSSでは、1/256pix、太陽面上の角度にして0.11秒角精度での位相の検出が達成された。(Kubo et al. 2008 ; Tsuno et al. 2008)

高精度に太陽方向を検出できるUFSSは、今後様々な宇宙機観測に水平展開できると考えている。

CCD特性変化による影響

宇宙機における利用の際には放射線の影響などにより、CCDの電荷転送効率(CTE)が劣化する可能性がある。

実際、TTE(≒CTE²⁰⁴⁸)が0.98程度と考えられていたCCDが放射線試験後にはTTEが0.8や0.6程度まで減少することが明星電気より報告されている。そこで我々はTTEの値を考慮して観測信号を変化させた後に基準信号との位相関係を調べ、理想値との偏移を調査した。

計算の結果をまとめたものが下の表となっている。

TTE	検出位置の差(pixel)	検出位置の差(arcsec)
0.98	0.0098	0.28
0.80	0.11	3.1
0.60	0.26	7.2

ひので衛星のバイアス誤差の要求精度が2秒角であったことを考えると、放射線などによる転送効率劣化の考慮が重要となることが示唆される。

