

超高精度太陽センサー『UFSS』開発状況

長谷川 隆祥^{1,2}、清水 敏文^{2,1}、津野 克彦³、久保 雅仁⁴、村尾 一⁵、横澤 剛⁵、水本 訓子⁵、藤島 早織⁵、豊永 洸大⁵

[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

要旨

超高精度太陽センサー「UFSS」は、単純かつ安定した検出原理によってサブ秒角で太陽方向を検知する太陽センサーであり、高精度で衛星を3軸制御する上で重要な基幹技術である。この一年、(1)レティクルの製造及びその精度の測定、(2)構造モデルに対する熱構造解析とそれに基づく熱変形解析、(3)電子回路の信頼性向上を目的とした単純化、において検討を行った。これら研究開発のうち、(1)(2)についての状況報告を行う。

レティクルの製造・精度測定

UFSSは、太陽方向を高精度で検知する、衛星姿勢制御において重要な技術である。2020年代に実現を目指す次世代太陽観測衛星SOLAR-Cに搭載されるキー技術として、研究開発を進めている。検出原理や光学系は単純であり、レティクルを通った太陽光によってCCD上に作られるレティクル信号との位相差が常に90度となるように、電子回路で作られる基準信号の位相を制御することで、太陽方向を検出する(図1、2)。今年度の進捗の一つとして、このUFSS光学系に用いられるレティクルを、製造精度の検証のために試作した(図3)。

高い精度で太陽方向を検知するには、レティクル信号を高精度で作る必要がある。光学マスクとしてのレティクルの製造精度、特にスリット部の直線性の高さが重要となる。スリットに要求した直線性の精度(エッジの直線からのズレの標準偏差 1σ)は $0.3[\mu\text{m}]$ である。試作したトップコンによる検査結果は要求精度を満たすが、限られた測定点での計測であるため、別途、精度評価を実施した。16本のスリットの左右の全32箇所のエッジについて検証した(検出方法の概要は図4)。測定には、Nikon MM-40による輝度データを用いた。結果を図5に示す。全てのエッジについて、スリットの中央部4mmの精度規定範囲において、直線性の要求値が達成されていることが検証できた。

また、Zygo Newviewを用いて、部分的に高さ構造の検出とエッジの直線性解析を行った(図6)。結果、小プレートスケールでもMM-40の検出と整合的な精度が得られること($0.124[\mu\text{m}]$)、エッジにおけるスプリアスがないことも確認できた。今後、センサーの性能に関わる精度として、直角性、平行性についても検証を行うことが課題である。

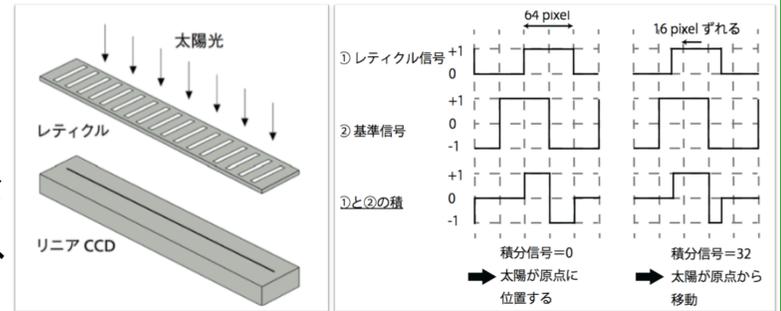


図1(左):UFSS光学系の概要。
図2(右):レティクル信号と基準信号による太陽角検出検出原理。



図3:測定に用いたレティクル試作品。

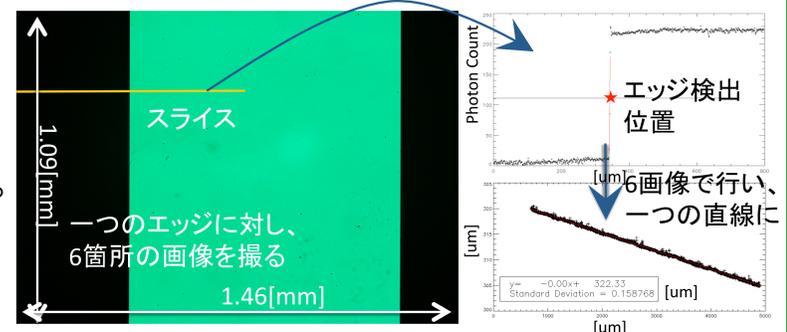


図4:MM40によるエッジ検出方法の概要。

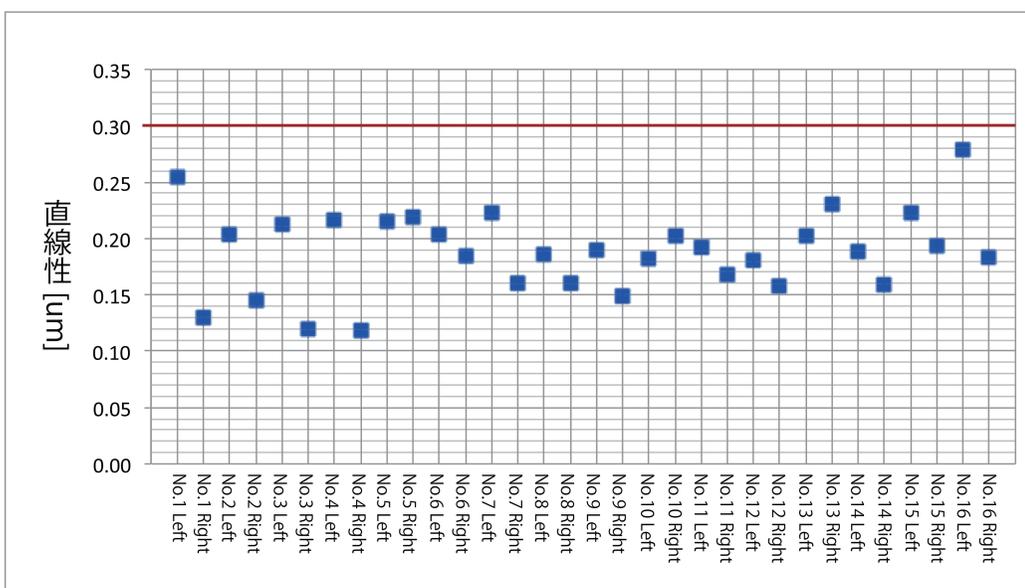


図5:検証結果。赤線は要求精度。

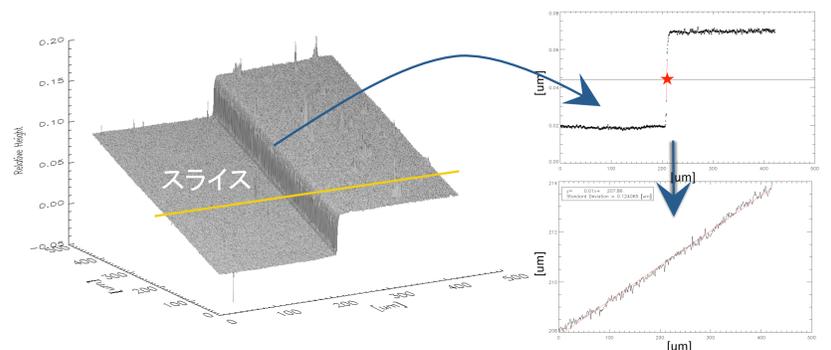


図6:Zygo Newviewによる高さ構造の測定結果。

名称	概要	倍率	プレートスケール
Nikon MM-40	測定顕微鏡	10倍	1.139[um/PIX]
Zygo Newview	3次元光学プロファイラ	20倍	0.412[um/PIX]

表1:測定機具の概要。

UFSS熱構造設計検討

熱変形を極力抑えたUFSSの構造を設計した(図7)。また、熱変形を評価するために、その熱モデルによる温度分布解析(図8)、構造モデルを用いた熱変形の解析を実施した。

現在、1秒角/度以下の変形におさえるために、変形に寄与する部位や仕組みを調査検討している。

UFSS開発の現状と今後

現在、構造設計に基づき、構造BBM品を製造中である。2018年度に、その構造BBM品を用いた熱変形の計測実験を行う。さらに、1次元CCDとレティクルを構造BBM品に組み込んだものを、昨年度試作した相関処理電子回路BBM品と噛み合わせて、相関処理の精度検証を行う予定である。

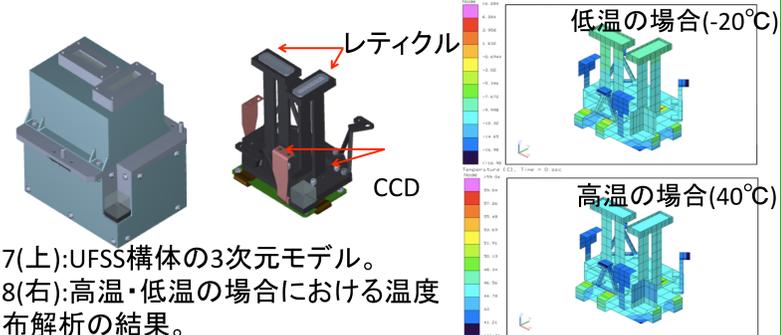


図7(上):UFSS構体の3次元モデル。
図8(右):高温・低温の場合における温度分布解析の結果。