

ASTRO-H 衛星に使用する民生用ファンの紫外線耐性の評価 Evaluation of ultraviolet resistance of a plastic material for ASTRO-H satellite

北本俊二^{1,*}, 星野晶夫¹, 新妻祐太郎¹

¹立教大学理学部, 〒171-8501 東京都豊島区西池袋 3-34-1

Shunji Kitamoto^{1,*}, Akio Hoshino¹ and Yutaro Niizuma¹

¹Department of Physics, Faculty of Science, Rikkyo University,
3-34-1, Nishi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tpkyo, 171-8501, Japan

1 はじめに

現在開発が進められている ASTRO-H 衛星はマイクロカロリメーターの技術を使用した SXS と呼ぶ精密分光器を搭載しており、銀河団高温ガスの熱エネルギーと運動エネルギーの測定から銀河の全体像の解明、ブラックホールの近傍での重力ポテンシャルによる物質の運動の測定による相対論的時空の解明、銀河団中のダークマター分布からダークマターとダークエネルギーが銀河団の進化に及ぼす影響の解明等の成果が期待されている[1]。

衛星を打ち上げる前、地上にて SXS に使用するコンプレッサーの空冷にファンを使用している。打ち上げ後はそのファンは不要であり使用しない。そこで、そのファンは民生品を使用することとした。しかし打ち上げ後は使用しないが紫外線やイオンに晒され続ける。ファンに使用されている樹脂はポリブチレンテレフタレート (PBT) である。PBT のもつ原子間結合エネルギー相当の光の波長は340-370nmである[2]。一方、太陽紫外線はさらに短波長まで伸びているので、ファンは紫外線により劣化し粉碎してしまい、他機器に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、今回ファンに使われている樹脂に紫外線を照射し、その耐性を測定した。

2 実験

試料にはファンのケースやインペラに使用されており、最も使用料の多い PBT-VG30 を用いた。サンプルとしてファンのケース (図 1(左)) から、図 1(右)のように 3mm 幅の切れ端を裁断機を用いて切り出した。

照射する BL-20A の1200 本/mm の回折格子で得られる光の波長は 30~ 250 nmである。しかし、太陽紫外線は短波長で急激に弱くなること、樹脂の耐性に重要な波長域は340-370nm であること、さらに少しでも強度を上げたいことを考慮し、0 次光を照射することとした。ビームラインで用いられている入射、出射スリットのスリット幅はどちらも 1mm とした。サンプルに光が当たっているかモニタリングするためにサンプルの後方に CCD を設置し、必要に応じてイメージを取得した。イメージの例を図 2 に示す。

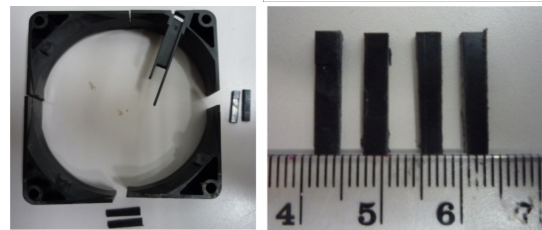


図 1. 左) ファンのそと枠。右) 切り出したサンプル

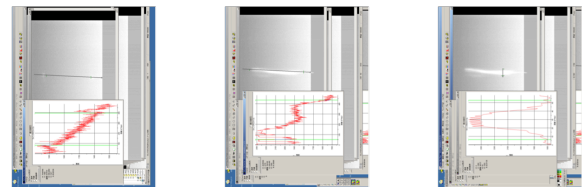


図 2, サンプルの後ろの CCD のイメージ、(左) フィルター有りサンプル有り、(中) フィルター有りサンプルなし、(右) フィルター無しサンプル無し。

照射されている強度のモニターにはフォトダイオードを使用した。また、フォトダイオードとは別にビームラインの M4 での光電効果による電流強度もモニターした。また、サンプルに照射された紫外線の強度を推定するために、可視光を透過するガラスフィルター(320nmより長波長で透過)と紫外線域(0.09 ~ 0.32 μm)を透過するA1フィルターを透過させたときのフォトダイオードの電流値を測定した。

3 結果および考察

サンプルへの照射時間は 5 回に分けて計 53 時間 9 分 10 秒であった。そのフォトダイオードと M4 の電流値の時系列データを図 3 に示す。フォトダイオードの電流値がわずかに下がっているが、入射光のモニターである M4 電流値に変化は見られないので、フォトダイオードの検出効率が悪くなっていることが推測される。

次に紫外線強度を推定した。表 1 に示すように、ガラス、A1 のフィルター有り無しでのデータを 6 種類取得した。それぞれの測定電流値から、三つのバンドでの強度を推定した。

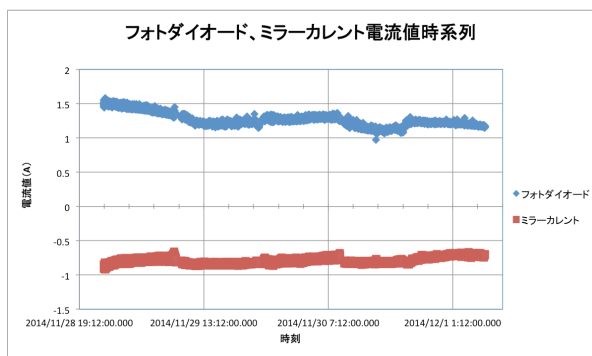


図 3 フォトダイオードとミラー (M4) の電流値の変化

表 1: データ番号

番号	ガラス (320nm より長 波長で透過)	Al (90nm より短 波長で透過)	サンプル
1	×	×	×
2	×	×	○
3	×	○	○
4	○	×	○
5	○	×	×
6	×	○	×

サンプルに照射された紫外線の強度は、データ番号 1 番から 5 番と 6 番の和を引いた電流値と 2 番から 3 番と 4 番の和を引いた電流値の差、すなわち $[1-(5+6)]-[2-(3+4)]$ で、求められる。計算すると $5.44 \mu\text{A}$ とわかった。そこで、電気素量 $1.60 \times 10^{-19}\text{C}$ より、電流値を電子数に変換すると $5.44 \times 10^6 / 1.60 \times 10^{-19} = 3.40 \times 10^{13}$ [electrons/sec]となる。

今回使用したフォトダイオードは AXUV series なので太陽紫外線波長を $0.3 \mu\text{m}$ としてその量子効率 0.1 である[3]から、単位時間当たりの電子数を光子数に変換すると 3.40×10^{14} [photons/sec]となる。

図2(左)はサンプルにビームを照射した状態でサンプル後方から CCD により撮像したイメージである。影になっている部分がサンプルにビームが当たってきた影であるから、その影がサンプルの面積とわかる。撮像イメージの影になっている部分の面積は $20[\text{pixel}] \times 300[\text{pixel}]$ であるので、 $1[\text{pixel}]$ の 1 辺の長さは $12 \mu\text{m}$ から面積は $0.864[\text{mm}^2]$ である。これより 単位面積、単位時間あたりの光子数を求めた。その結果、今回 BL-20A における 0 次光の 90nm から 320nm の間の波長域の強度は

$$3.94 \times 10^{14} [\text{photons/sec/mm}^2]$$

とわかった。そこで、この強度が実際の太陽紫外線と比べてどれ程の強度なのか求める。太陽光の宇宙空間でのエネルギースペクトルを図4に示す[4]。こ

れより $0.09\text{--}0.32 \mu\text{m}$ での積分値は約 $6[\text{W/m}^2]$ 、 $0.3 \mu\text{m}$ の光子のエネルギーは $4\text{eV} = 6.4 \times 10^{-19}$ より単位面積あたりの光子数は約 $1.0 \times 10^{13}[\text{mm}^{-2}]$ となる。従って実験で用いた光は、太陽の光の約 39 倍である。

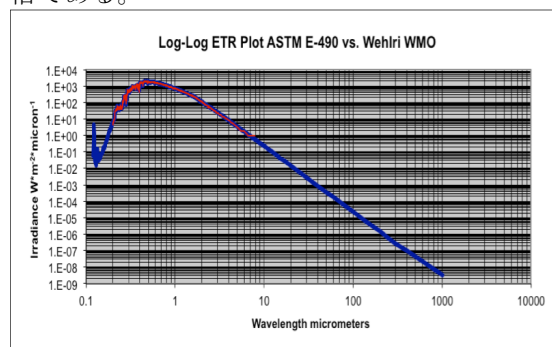


図 4 宇宙空間での太陽からの放射のエネルギースペクトル [4]

3 評価

実験での光の強度は太陽の39倍の強度であったので、今回の照射量は、太陽光照射の87日分である。照射実験後のサンプルの様子は照射前の様子と共に図 5 に示す。サンプルに亀裂や変色などの変化は見られず、87 日分の太陽紫外線に対しての耐性は十分であることがわかった。実際には、日照時間は2/3程度であること、太陽光が直接当たるわけではないことを考えると、数年間は、破碎されたりすることは無いと判断できる。

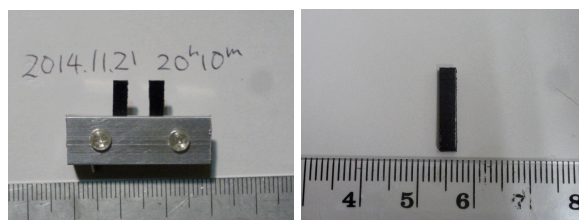


図 5 照射前と照射後のサンプル

謝辞 (オプション)

本実験には、BL20A 関係の方々のご協力の元に遂行することができました。また、運転当番の方等のご協力ご指導も有りました。ここに感謝致します。

参考文献

- [1] <http://astro-h.isas.jaxa.jp/researchers/thesi/astro-h-white-papers/>
- [2] <http://www.mmi-g.co.jp/atr/uv.pdf>
- [3] http://www.raddvc.co.jp/fdiode/fdiode_img/images/image_0101.gif
- [4] <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra>

* kitamoto@rikkyo.ac.jp