

低軌道デブリの測光モニタリング観測

坂本 強¹⁾

¹⁾ 日本スペースガード協会

Photometric monitoring for LEO space debris

Tsuyoshi SAKAMOTO¹⁾

Abstract

I present photometric monitoring data on some rocket bodies on latitudes of 800-2000 km. I observe 6 rocket bodies by 1-m telescope at Bisei Spaceguard Center. I found that the light curves agree with that predicted by the model having the light from both the Sun and the Earth. It is because the rocket bodies move on the LEO (Low Earth Orbit). It is different from Several rocket bodies show the large variations for albedo times cross section over 5-10 minutes. Based on their sizes and shapes before their launches, the variations appear to show that of cross section.

Key Words: LEO, photometry

1 Introduction

高高度低軌道(800-1000km)大型デブリは早急に回収することが必要不可欠とされ、日本でも近い将来それを実現する上で基盤となる技術が開発されつつある。しかし、回収の対象となる高高度低軌道大型デブリの運動状態(自転速度、自転軸)に関する情報は未だ不足している(e.g., 柳沢ら 2007¹⁾)。従って、デブリの運動状態を決定することは、回収時のシミュレーションや実験を行う、あるいは回収衛星のターゲット選定を行う上で大変重要な役割を果たす。

デブリは制御されていないので、軌道運動中にタンプリングしている可能性が高い。タンプリングしているデブリの明るさが周期的に変動すると期待される。従って、この明るさの時間変動に関して詳細な解析を行えば、デブリの運動状態の推定が可能であろう。そこで我々は、複数のデブリに関して試験観測を行い、測光モニタリング観測からデブリの運動状態推定を試みた。

2 サンプルと観測

対象天体は、ライトカーブの解釈を容易にするために、比較的大型(RCS>1m²)かつ、600-2000kmの高度付近を軌道運動する、日本起源の19個のロケットボディを選択した。9-11月に美星スペースガードセンター1m望遠鏡を用いて6個のロケットボディに関してモニタリング観測を行った。フィルターはスローンのr_iを用いた。これは明るさの時間変動の波長への依存性、及

び天頂距離への依存性を可能な限り少なくするためである。望遠鏡はデブリの移動方向に追尾している。露出時間は0.2秒とした。

解析は天文学で汎用されている解析ソフト(IRAF)を用いた。一次処理として、オーバースキャン領域を用いたバイアス引きを行い、フラット補正も行った。フラットフレームはtwilight flatを使用した。明るい星とデブリが重なった画像や追尾ミスした画像は解析に使用していない。測光はアパーチャー測光(apphot/phot使用)とした。

3 結果

一例を示す。図1は86061Cのライトカーブである。縦軸は天体の真の明るさではなく、機械等級(Instrumental magnitude)である。Open squareはデブリへの太陽光の照射のみ考慮したもの(デブリは理想的な乱反射(Lambertian sphere)と仮定、以降モデルA)、filled circleは太陽光の照射、及び地球が太陽光を反射した光を考慮したものを表している(以降モデルB)。モデルA,Bともにデブリまでの距離に依存した光度変化は考慮されている。モデルBの方がモデルAよりうまくフィットしているようだ。これは、低軌道デブリが地球にかなり近い所を軌道運動しているので、デブリの変光曲線を説明するには、太陽光の直接照射のみならず地球の反射光をも考慮することが重要であることを示唆している。

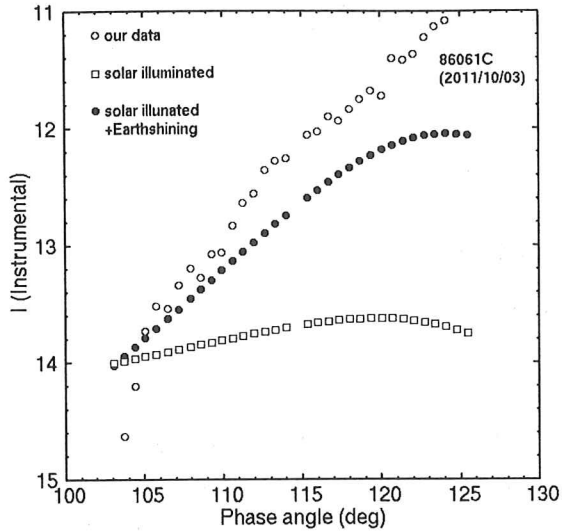


図1 86061Cのライトカーブ。

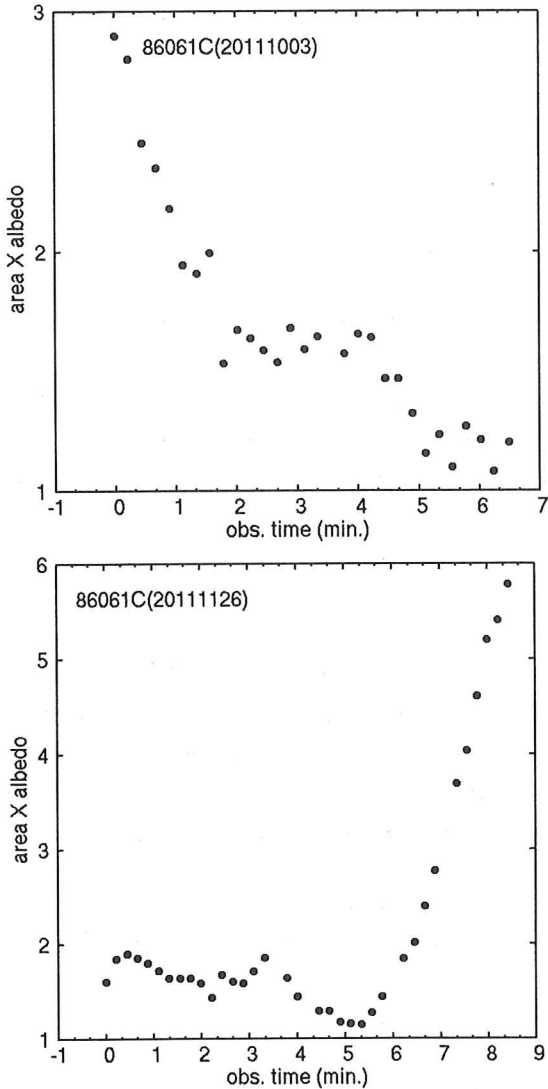


図2 アルベド x 散乱断面積の時間変動

のアルベド×cross section の時間変動に基づき、運動状態を推定する。86061Cの明るさは10倍程度と大きく変光することがあるようだ。打ち上げ時の86061Cの大きさは全長40.30m、外径2.49mであり、断面積は最大数十倍程度変化する。従って、明るさの変化は断面積の時間変化を表していると期待される。一方、多くのデブリのアルベド×cross section はファクター程度の変化は示している。この変化は、測光精度や、太陽光の直接照射及び地球による反射光のモデル不確定性を考慮すると、有意か否か不明である。低軌道デブリの1回の観測は5-10分程度と非常に短い。従って、複数の、やや離れた観測地で観測することによって、より長い観測時間を確保し、明るさをモニタリングすることが重要である。

4 まとめ

我々は低軌道デブリの測光モニタリング観測を実施した。ライトカーブの詳細な解析から、これらの特性を理解するには、太陽の直接光のみならず地球からの反射光を考慮することが必要不可欠であることがわかった。また、いくつかのデブリに関して断面積が大きく変化している兆候を捉えることができた。

参考文献

- 1) 柳沢 俊史, 黒崎 裕久, 中島 厚, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 55 (2007), No. 640 209-215

(2012年3月18日受付, 2012年4月15日受理)

次に我々は、デブリの明るさから太陽光の直接照射及び地球の反射光の効果を引き、デブリ