

TDIモードを応用した短周期変光観測 II

奥村真一郎（日本スペースガード協会）

1. はじめに

TDI (Time Delay Integration、別名Drift Scanとも言う)方式を用いたCCDの読み出しは本来、視野の中で移動する物体の動きに電荷転送速度を同期させることにより、移動物体を点源に撮像して高S/Nで検出するための手法である。この手法を追尾中の天体（視野の中で静止している天体）の観測に適用して、故意にのびた星像にすることにより露出時間中の光度変化（ライトカーブ）を調べる観測を続けている。以下、観測手法の概要と、秒単位で変光する人工天体の変光観測結果について紹介する。

2. 観測施設の紹介

観測はすべて美星スペースガードセンターにて実施している。美星スペースガードセンターは地球接近天体やスペースデブリの発見・監視観測を目的として、日本スペースガード協会の働きかけにより日本宇宙フォーラム、宇宙開発事業団（源JAXA）との協力により岡山県美星町（現岡山県井原市美星町）に建設された施設である。ここでは日々、地球近傍小惑星の発見観測・追跡観測、人工衛星・スペースデブリの位置観測、小惑星・スペースデブリなどの物理観測、光赤外大学間連携やGAIAフォローアップ観測、等を実施している。



図1 美星スペースガードセンターの外観（左）。右の建物は美星天文台。

3. TDIの概要と変光観測への応用

TDIとは、CCDを用いた観測での読み出し手法の1つであり、露出をしながら同時に読み出し（電荷転送）を行う手法のことを言う。元々は、物体の移動速度に電荷転送速度を同期させることにより、移動物体を点状に撮影するための手法である。たとえば望遠鏡を固定し、地球の自転による星の日周運動に電荷転送速度を合わせ、東から西方向に読み出すことにより効率良く広い領域のサーベイ観測データを取得することができる。また、西から東方向に読み出すようにCCDをセッティングすることにより恒星追尾駆動と組み合わせることにより静止衛星を撮影することもできる（参考文献1、2）。

一方、視野内で目的天体が静止するように望遠鏡を駆動した状態でTDI読み出しを行うことにより、その天体像は電荷転送速度と露出時間に比例した長さには伸びた形となる。以下ではこのデータから得られる光度変化について議論する。この観測手法によるメリットや他の手法との比較などについての詳しい情報は参考文献2、3を参照していただきたい。

4. 観測例とまとめ

これまで約3年にわたり観測を実施し、約150個の人工天体について短時間スケールのライトカーブを得た。そのうちおよそ半数の天体について、数十秒以下の短い周期で光度変化が確認できた。以下、観測された人工天体の光度変化曲線をいくつか紹介する。

図2は2013年に運用を終えた、とある衛星の30秒間のライトカーブを示す。約1.7秒周期の明るさの変動が見られる。これを衛星の回転運動によるものと考えれば、3.4秒周期で回転していることになる。この衛星は大型の太陽電池パドルを有し約4mの長さがある。しかも1年ほど前まで姿勢制御されていたことから、本体が回転しているとは考えにくい。おそらく、ある軸を中心にした振動のような形で動いており、それに起因する姿勢の変化から生じる反射率の変動を見ているのではないかと推測される。図3は1989年に衛星を打ち上げたロケットのボディのライトカーブである。ロケットのボディなので形状は円筒形（の一部）であり複雑な構造はないはずであるので、ライトカーブに見られる光度変化は実際に物体が回転している事による可能性が高い。図4も同様に、1981年に打ち上げられたロケットボディのライトカーブである。非常に単純な形のライトカーブであり5.6秒周期の回転運動を見ていると考えられる。

ここで紹介した以外にも2年間の間隔を経てライトカーブの形状、周期の変動している例などが見られた。形状のわかっている物体についてはモデルによる計算との比較等を今後進めて行く予定である。

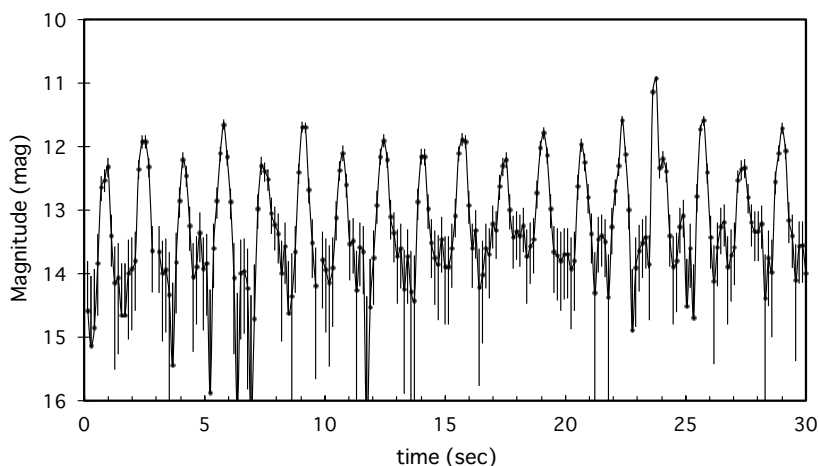


図2 2013年に運用を終えた衛星の30秒間のライトカーブ。

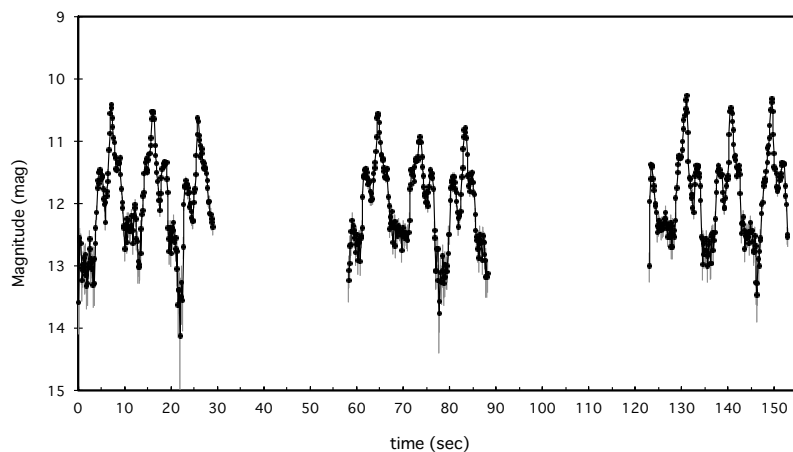


図3 1989年に打ち上げられたロケットボディのライトカーブ。

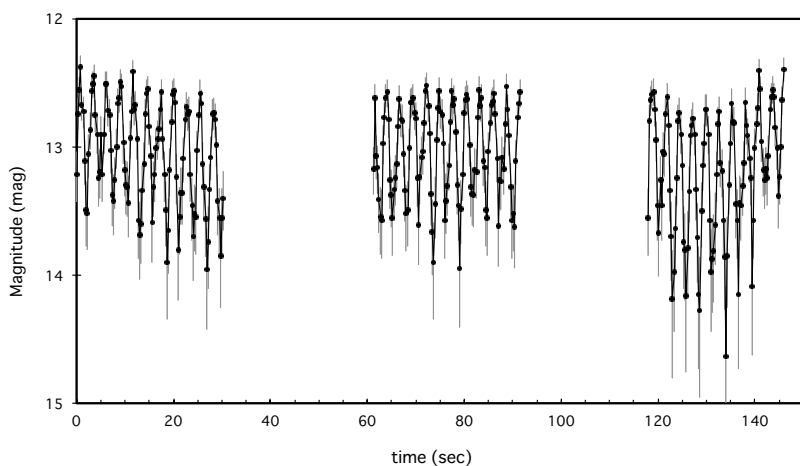


図4 1981年に打ち上げられたロケットボディのライトカーブ。

参考文献

1. 奥村他、「TDIモードを利用した静止衛星/スペースデブリの観測」、第31回天文学に関する技術シンポジウム集録、66、(2011)
2. Okumura et al. 「Application of the Time Delay Integration Method: Survey Observations of Geosynchronous Orbit Objects and Short-Term Variability Observations」, PASJ, in press
3. 奥村他、「TDIモードを応用した短周期変光観測」、第32回天文学に関する技術シンポジウム集録、58、(2012)