

ADEOS衛星不具合直後に実施したCRLにおける 光学追尾とレーザ測距

CRL's optical tracking and laser ranging for ADEOS satellite performed
after the satellite system malfunction

荒木賢一* 有本好徳* 国森裕生* 大山昌宜** 高部政雄* 板部敏和*
K. Araki*, Y. Arimoto*, H. Kunimori*, M. Ohyama**, M. Takabe* and T. Itabe*

*郵政省通信総合研究所
*CRL

**日立アドバンスドシステム
**Hitachi Advanced System, Co.

(Abstract) The CRL 1.5-m telescope system performed optical tracking and laser ranging operations for the ADEOS satellite for about two months just after the satellite had lost its entire function on June 30, 1997 due to a fatal trouble in an electrical power generation subsystem. The satellite was tracked in use of a two-line orbital elements set that was only available at that time and could provide a tracking accuracy of about 0.1 degrees. For observation of the satellite configuration and assessment of laser ranging possibility, improvement of orbit elements was tried by using the optical tracking data acquired. The paper describes an overview of the operations and some issues involving in the tracking system.

1. はじめに

地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)は1997年6月30日に、発生電力が突然零になり機能停止に陥った[1]。当時CRLにおいては、ADEOS搭載NSCATの較正・検証、RISを用いた長光路吸収測定実験(環境研究所との共同研究)、国際的なSLR(Satellite Laser Ranging)ネットワークによる衛星軌道の精密決定及び保持のプロジェクト研究を推進してきていた。運用不能になり搭載センサによる各種データの取得は不可能であるが、光学観測による衛星軌道の監視と軌道要素の高精度化を前提に、受動逆反射器RISを用いたレーザ測距、測定等に関してはその後も実施できる可能性が残っていた。長光路吸収測定実験のためのADEOSの精密軌道決定に関して、SLRネットワークの運用・調整はCRLが窓口となり、データ集計と軌道決定、軌道要素発行は宇宙開発事業団(NASDA)が行っていた。

このような状況のもとで、CRLは

- (1) SLR、光学観測による衛星軌道の把握、衛星状況の把握等に関する技術的知見の獲得、
 - (2) RIS長光路吸収測定実験の継続性の判断、
 - (3) NASDAにおける不具合原因究明作業への協力、
- を目的とし、1997年6月30日より8月22日までレーザ測距を含むADEOS光学観測実験を実施した。本稿では、その概要について述べる。

2. ADEOS 光学観測実験の概要

ADEOSの最大長は太陽電池パドルを含めて約30mであり、距離を1000kmとすると角度で30 μ radに対応する。大気シンチレーションによる像のぼやけの大きさ約20 μ radを考慮に入れても、主鏡カメラに入れば、ADEOS衛星は20 μ rad \times 50 μ radの範囲で、衛星の姿勢の向きや、太陽の当たり方に依存するが、ときには瓢箪の様な像として観測され得る。また、明るさも変化する。主鏡の狭視野カメラの視野は0.034度(600 μ rad)であり、このカメラで安定して受光するにはその半分以下の0.01度程度の追尾精度がパス全体にわたって必要である。SLRでは50 μ radのビームを送信する。また、距離の予測誤差が、 ± 4.5 km以内であることがSLRシステムに必要である。

機能停止後の衛星軌道が大幅に変わっていたことから、捕捉をパスの早い段階で行い、追尾を安定して行えるようにすることが先決問題であり、実験観測を以下のようにフェーズ1から3に分けて実施することを計画した。

- ・フェーズ1: 光学観測に基づく軌道要素の改良により光学追尾の安定化(捕捉の確実性、追尾の長時間化)を図る。軌道要素の改良値をSLRネットワークに提供する。
- ・フェーズ2: レーザ測距を試みる。可能であれば、SLRネットワークの測距データによって、軌道要素の精密化を行う。また、リターンパルスの強度、頻度等によって衛星状況の推定を行う。

・フェーズ3：安定した光学追尾のもとで、狭視野カメラにより衛星形状の検出を試みる。また、視野サーチによって衛星周辺に飛翔物体があるかどうかを調べる。

観測期間は、太陽と衛星軌道の位置関係から夜間の光学観測が可能な期間が8月頃までと限られていたため、約1ヶ月と設定した。1997年6月30日より8月22日までに68回の観測可能パスがあり、光学観測成功：25パス、光学観測失敗：3パス、天候不良：22パス、装置不良：14パス、観測せず：4パスであった。光学観測と同時にレーザ測距は可能な限り試みられたが、レーザリターンは得られなかった。また、梅雨時で気象条件が不安定であり継続的な追尾データを得るのは困難であった。これには、追尾装置のトラブルが何回かあったのも原因している。

3. 軌道要素改良の試み

不具合が起こる前は、SLRネットワークによる測距データをもとにした精密な軌道維持が行われていた[2]。不具合が起こってからは、レーザ測距データをもとにした精密な軌道生成が不可能になり、軌道生成のためには、NASA/GSFC や NORAD 他が提供している平均軌道要素 2-Line Element (TLE)[3]を SLR 用の TIRV (Tuned Inter-Range Velocity)フォーマットに変換して使用せざるを得なくなった。しかし、これは SLR ネットワークでかつて維持していた軌道要素には精度の点ではおぼつかないに及ばず、約2ヶ月半の間にレーザリターンの検出はほんの数例しか報告されていない。

本観測実験では、CRL において軌道解析の研究で従来から開発してきた軌道計算プログラム KODS をベースにした。KODS は接触軌道要素を用い、軌道生成の他に、軌道改良、TIRV フォーマット、NASDA フォーマットへの軌道要素変換が可能である。平均軌道要素 TLE を用いるプログラムとしては BGOPT[4]を使用した。これは、種々の軌道生成やグラフ化が可能であり、また平均要素から接触要素への変換も可能である。観測実験を通じて経験したことは、主に以下の2点である。(1) TLE による追尾精度は0.1度から0.3度であり、視野が0.7度のガイド望遠鏡で常に捕捉できる範囲であった。(2) TLE を接触要素に変換すると追尾精度が悪くなり、ガイド望遠鏡でも捕捉できない場合があった。他の変換プログラムでも同様であった。

軌道改良は接触要素で行うため、収束するに十分な精度の初期接触軌道要素と継続的な観測データが必要である。単に TLE を接触要素に変換したのでは追尾がうまくいかないため、観測は一旦暗礁に乗りかけた。これに対する対策として、TLE によって対象パスの予報値を例えば1分毎に30分間計算し、この予報値を疑似追尾データとして接触要素の改良を行うことを考案した。実際、これによって TLE と同等な例えば0.1度の精度で追尾することができ、本格的な軌道改良が期待された。しかしながら、時期的、気象条件の制限によってその後の追尾データの収集、軌道改良には至らなかった。

4. おわりに

約2ヶ月間集中的に行われた、本光学観測実験の結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 低高度周回衛星の軌道把握に関しては、種々の軌道要素、軌道計算ソフトウェアを用いた光学追尾による軌道改良の見通しを得た。
- (2) 通常の操作でレーザリターンが得られなかったこと、夜間の光学観測ができない時期に向かっており軌道改良が無理になることから、ADEOS 衛星を用いる長光路吸収測定実験の継続は非常に困難であると判断された。
- (3) 衛星の形状把握に関しては、今回の低高度周回衛星の軌道把握に関する問題点を改善し、所要のセンサの整備・調整を行ったあと、可能であれば次の可観測期間に試みるべきである。
- (4) 駆動制御エレクトロニクス及びインタフェース更新に係る不具合が頻繁に発生し、望遠鏡の安定な運用が困難であった。これらの不具合は特に観測時期の後半に頻発した。

[参考文献]

- [1] NASDA NEWS, NO.191, 1997/OCT. 「地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)の機能停止に係わる原因究明の状況について」
- [2] M. Maeda, M. Ogawa, M. Sawabe, M. Hirota and H. Kunimori, "Accuracy of trajectory determination and prediction of ADEOS with RIS experiment", SPIE 3218-16, Sep. 1997.
- [3] <http://celestrak.com/NORAD/elements/>
- [4] <http://www.crl.go.jp/ut/orbit/>