

一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦 その53 ~4年に一度のあかつきTIリセット~

安藤 紘基¹, 山崎 敦², 佐藤 毅彦²

(要旨) 人間のように時計を持たない探査機は, Time Indicator (TI) という数字で時刻を管理しています. TIの値は時々刻々増えていき, あかつきの場合は約4年で1周(ロールオーバー)します. ロールオーバーを放置してしまうと, 探査機が想定外の動作をするため定期的にTIをオール0にリセットする必要があります. そして, あかつきのTIリセットが年明けの1月11日に行われました. 本稿では, 4年に一度の大イベントに向けて, あかつきの運用スタッフが一丸となって取り組んだその様子をお届けします.

人が生活を送る際, 常に気にするものがあります. それは「時間」です. 何時に起きるか, 会議は何時からやるか, 何時の電車に乗って帰るか, というように常に時間のことを頭に入れながら動きます. これは探査機でも同様です. 何時にどのような軌道にあるか, 何時に姿勢変更して観測を開始するか, 何時からデータを地上局に向けて下ろすか, など探査機も常に時間と隣り合わせです. 人間が時間を知る場合は時計を見れば良いですが, 探査機には時計は装備されていません. その時計の代わりとして使うのが Time Indicator(TI)で, 探査機を運用する上で必要不可欠なものです. あかつき時代の探査機のTIは8桁の16進数で表される数字で約1/32秒ごとに1カウントずつ増えていき, 約4年で値がFFFFFFFFから00000000に変わる, すなわち1周すること(ロールオーバーと呼びます)になります.

あかつきの運用は, 主に長野県の白田宇宙空間観測所にある直径64 mの反射鏡の大型パラボラアンテナ(白田局)を用いて行われます. しかし, 常に白田局からあかつきをモニターできるわけではないので, コマンドを時間順に並べたリスト(タイムライン, 以下TL)をあかつきに予め送っておき, 白田局か

ら見えない時でもあかつきがTLに沿って自動で姿勢変更や金星観測など行えるよう仕向けます. TLは人が分かりやすいように地上時刻を用いて作成しますが, あかつきは地上時刻を知りません. 地上時刻とあかつきのTIを地上の衛星管制で値付けし, TIに換算したTLを送信することで, あかつきが時刻どおりに動作するようになります. つまり, あかつきの中にあるTIが1カウントずつ時々刻々増えていき, あるTIの値に該当するコマンドがTL上で見つかると, そのコマンドを自動で実行するようになっていきます. また, ある時刻であかつきのTIがオールFになれば, 次の時間ステップでTIのカウントが1増えてオール0になります. しかし前述のように, あかつきは4年以上継続して使用できるカウンターを持っていませんので, TIがオール0になるとあかつきは過去にあった0と判断して, これを境にあかつきに送られたTLの整合性がとれなくなり, 想定外の動作をします. そこで, 4年に1度のタイミングでTIがオール0になる前に明示的にTIを0にリセットして, 今の0を覚えさせることで, このような事故が起きぬよう防ぐのです. ちなみに, ロールオーバーは私たちの生活に身近なGPSでも発生します. GPSシステムが「週」を管理しているカウンターが10ビット長なので, 1024週目になるとゼロに戻ってしまうことが原因です(直近の週数ロールオーバーは2019年4月7日でした).

1.京都産業大学 理学部

2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

hando@cc.kyoto-su.ac.jp

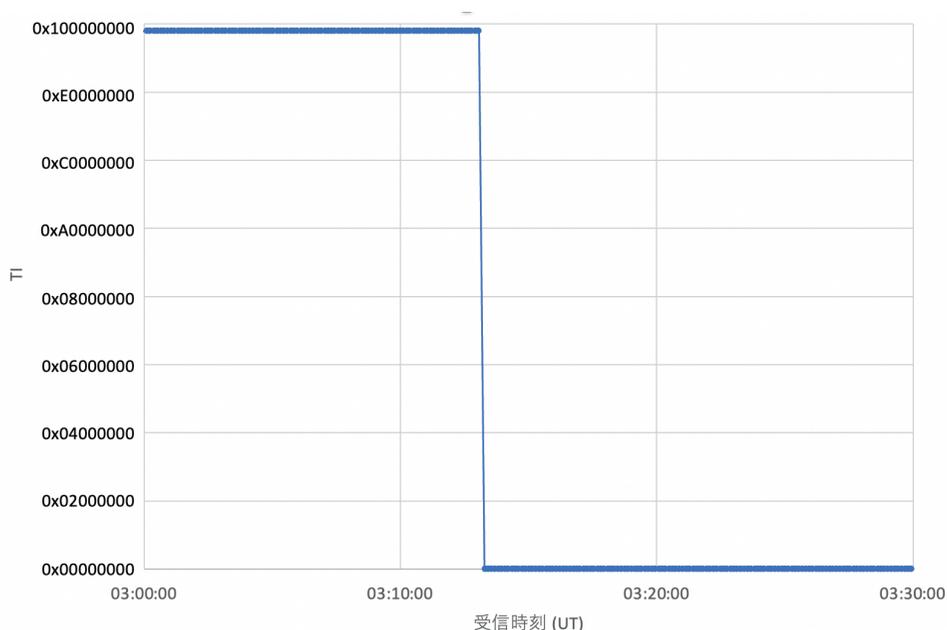


図1: あかつきTIの時系列を表したグラフ。横軸は地上局での受信時刻を表す。この日の運用における通信電波の片道伝播時間が約13分であるため、「UT3:00に0リセットが完了した」というあかつきからの通達がUT3:13頃に地上局で受信されたことが分かる。

話をあかつきに戻しましょう。あかつきでは機上で金星・地球・太陽の位置を計算する際にもTIを使用しているので、TIを0にリセットを実施する際はその時の金星・地球・太陽の位置を事前に計算してあかつきに覚えさせる必要があります。また、リセット後に地上時刻とあかつきのTIの値付けをやり直してから、TLを送信しなくてはなりません。そんな事前準備をしっかり行った上で、今回のTIリセットは年明けの1月11日に実施することになりました。そして、その日の運用当番は私でした。実は私が運用に入ると、テレメトリー画面が突然消えたり、観測機器やエレキ部にトラブルが発生したり、何かしらのアクシデントに見舞われることが数多くあり、このような大きなイベントを抱えた運用には私が一番適さないので、今更誰かと交代するわけにもいかなないので、とにかくその日は運用室にある神棚を入念に整えて、TIリセットも含めて運用が無事に終わるようしっかりお祈りしました。お祈りが終わったのも束の間、日本時間の午前10時からあかつきの運用が始まりました。4年に一度のイベントということで、いつもより多くのスタッフが集まり管制室に緊張感が

ありました。その一方で、あかつきのTIリセットが今回で3回目ということもあり、私以外の方々はどこなく余裕もありました。TIリセットに向けて、全員で着々と運用を進めていきます。混乱が起きないように既にあかつきに登録してあったTLを全て削除した後、地上時刻でちょうど日本時間の正午 (UT 3:00) にTIが0リセットされるようコマンドを送信しました。ただし、オール0だと何らかのソフトウェア誤動作に繋がる可能性もあるため、慎重を期して16進数の00000080にセットしました。そして、白田局とあかつきを往復通信した26分後くらいに、テレメトリー画面にTI:00000087と表示されました(図1)。無事にTIリセットがうまく行ったことが分かった瞬間です。テレメトリーの更新はある周期で行われますから、00000080の瞬間は見えてはいませんが、これまでに見た最も小さなTI値にちょっと嬉しくなりました。また、あかつきの位置や姿勢が事前に予測したものと一致していることも確認できました。TIリセットが無事に成功したことで、今後もTL上のコマンドが正常に実施され、引き続き金星を観測することができます。その場にいた全員がホッと一安心。神棚にしか

りお祈りして本当に良かったと思います。その後も特に問題なく運用は進められ、午後4時30分に運用が無事終了したのです。

あかつきが金星周回軌道に入ってから7年が経ちましたが、カメラや電波発振器は今でも健在で、金星大気の観測を行なうことができます。あかつきが打ち上がってから12年が経過し、その間に5年も太陽を周回しましたが、そんなことを微塵も感じさ

せないあかつきのタフさには本当に頭が下がります。また、「あかつきがこれだけ頑張っているのだから、自分も一つでも多く論文を書けるよう研究を頑張らないといけない。」と気持ちが引き締まります。最後に、あかつき運用をいつもサポートしてくださっている方々に御礼の言葉を申し上げて、記事を締めさせていただきます。いつもありがとうございます!そして、これからもどうぞよろしく願いいたします!