



宇宙で JAF を呼ぶ方法 — 人工衛星用自動化燃料補給活動 —

岩男弘毅 (産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門)

1. はじめに

万一車がガス欠を起こした場合は、JAF を呼べば何とかかなと思います。しかし、いったん宇宙空間に打ち上げた人工衛星は積み込んだ燃料を使いきるとゴミになってしまうというのが我々の今までの常識でした。NASA はこの問題に対し、Robotic Refueling Mission⁽¹⁾ と名付けた新たなサイエンスに挑戦しようとしています。

2. GSJ と NASA の研究連携

地質を扱う GSJ と宇宙を扱う NASA とが研究連携を行っているというのは、想像できない方もいらっしゃるかもしれませんが、現在、GSJ では経産省が開発し NASA と共同運用中の ASTER (高性能熱放射反射放射センサ)⁽²⁾ という資源探査用センサを用いた資源探査や火山噴火などの災害監視に関する研究に取り組んでいます。その関係で 2016 年 2 月に NASA ゴダードスペースセンターで ASTER の運用会議に参加しました。ASTER が搭載されている TERRA という衛星は 1999 年 12 月に打ち上げられ、既にその設計寿命 5 年を大幅に上回る運用が続いており、軌道を維持するための燃料も少なくなってきました。衛星に搭載されたセンサ(カメラ)は順調に動いていたとしても、燃料が尽きて衛星のコントロールが効かなくなる前に大気圏に再突入させ燃やしてしまう必要があります。どういうタイミングで現在の軌道を離脱させるかという議論が今回の会議の主要議題の一つだったのですが、その中でこれまでの我々の常識を覆す新たな研究の紹介がありました。それが冒頭紹介した Robotic Refueling Mission (直訳すると自動化燃料補給活動) で今回はここで得た情報を紹介したいと思います。

3. 人工衛星の寿命

地球観測衛星で最も寿命が長かったのはランドサット 5 号で、ギネス世界記録にも認定されているようです。この時の設計寿命は 3 年とのことですが、その 10 倍近い 28 年 10 カ月の運用が行われました。さすがに運用後期にはセンサ(カメラ)や通信系の機器にも故障が生じ、満身創痍な状態で軌道離脱を決めたようではありますが、同じセンサで長期間地球観測を行うという点で、地球の過去・現在を比較する非常に有用な科学情報を収集することができ

ました。ランドサットのように設計寿命の 10 倍も運用できるというのは流石にめったにない話ですが、人工衛星の設計寿命は厳しめに設定されているので、大事に使い続けられれば TERRA が 16 年の運用が続いているように長期観測が可能となる場合もあります。その際、問題となるのが燃料不足です。勿論、車のガソリンタンクのようにレバーを引けば給油口が開くというような構造にはもともとなっていません。ですので、繰り返しになりますが、TERRA を設計した当初は、燃料が尽きる前に安全な状態に軌道を離脱させるという思想で衛星が作られています。

人工衛星を修理(今回の話は燃料補給ですが)するという実績は全く無かったわけではありません。ハッブル宇宙望遠鏡はスペースシャトルミッションの際に、宇宙飛行士が人力で直した実績があります。スペースシャトルを使って人力で修理に行くというわけにいかなくなった今、これを遠隔操作のロボットアームでやっつけてしまおうというのが Robotic Refueling Mission です。

4. 自動化燃料補給活動の概要

Satellite Servicing Capabilities Office (SSCO) team の Benjamin Reed 副プロジェクトマネージャーによると、ミッションの概要は以下ようになります。

ステップ 1 :

無人の燃料補給機が人工衛星の脚のようなリングの部分(写真 1 下)を捕まえます。

ステップ 2 :

衛星の左下の部分にある燃料投入口の周りを覆っている熱遮断用の金色のカバー(サーマルブランケット)を遠隔操作のロボットアームの先につけたカッターを使い切り取ります。

ステップ 3 :

ノズルの形状に合わせた特殊な接続弁をロボットアームで取り付けます。この接続弁は燃料タンクの内圧の影響を考慮していて、取り付けたときに中から残っている燃料が漏れて出てこない構造になっているそうです。これまでアメリカが開発した人工衛星に使われているノズルは幸いなことに 3 種類しかないそうなので、該当する形状の接続弁をその形状に併せ取り換えて装着するそうです。

ステップ4：燃料を注入します。

ステップ5：

切り取った熱遮断用のカバーの代わりに、新しいカバーを取り付けます。

これが、従来型(彼はレガシータイプと呼んでいました)の人工衛星のための燃料再補給の一連の手順です。今後打ち上げる人工衛星(Cooperative型)は燃料を再注入することを前提に設計されるとのこと。Cooperative型では、燃料投入部分がマジックテープになっていて、さらにロボットアームで引っ掛ける紐がついているので開け閉めが可能になるそうです。

写真1(実験用のランドサット7号の模型とロボットアーム)はランドサット7号の実物大の模型で、この模型と同じく写真に写っている工業用のロボットアーム(日本製)を使って実際の訓練も始まっているそうです。実機のロボットアームは日本製ではないそうですが...

5. 自動化燃料補給活動の今後の予定

今のところ、この実験台としての有力候補が写真にも写っているランドサット7号です。2017年に燃料切れが予想されていてランドサット8号の運用が始まってい



写真1 実験用のランドサット7号の模型(高さ約4m)とロボットアーム

る現在、このミッションの実験台として最有力候補とのこと。ただし、まだ決定ではなく ASTER が搭載されている TERRA も候補の一つとして残っているとのこと。TERRA よりも燃料切れが早く来るという点、また TERRA の場合はステップ1の際に捕まえる衛星の脚の部分が大きな円筒の形状ではなく6つの円筒の脚で構成されていて掴みにくいので、ランドサットのほうが簡単だという点で、最有力は今のところランドサット7号ですが、TERRAに燃料再投入などということになれば ASTER の寿命もますます延びる可能性があります(この二つの衛星は軌道が似ているので二つ同時にチャレンジするという案もあったそうですが、最終的にテストは一機のみを対象とするそうです)。なお、このミッションの目指すところは、静止軌道上にある人工衛星をターゲットにしているとのこと。地球近く(600~700km)を周回している地球観測衛星でテストをした後は、静止軌道(約36,000km)近くにある2013年に軌道を離脱したアメリカの静止気象衛星 GOES-12号の燃料再投入を当面の目標にしているようです。日本の気象衛星ひまわり6号が打ち上げに失敗した際に、次の打ち上げまでの間アメリカの GOES-9号を借りて運用していたことがあったことを覚えている方もいらっしゃると思いますが、特に気象衛星はすぐに次の衛星を打ち上げることは難しいので、単に燃料の問題がある静止軌道衛星については燃料を再投入して各国の気象衛星のためのバックアップ、あるいは現役復帰させるようにしようというのがこのミッションの目的の一つのようです。

以前から模型を作って燃料再投入について検討を始めた噂では聞いていたのですが、本物の模型(残念ながら今回はランドサット7号でしたが)を見たことで本気なのだと正直驚きました。NASAの関係者いわく、新しいサイエンスに挑戦するのが我々の使命とっていましたので、確かに脱帽です。勿論、NASAの英知を結集して延命させようとしているぐらい重要なサイエンスデータを取得している ASTER ですので、我々もこれからも最新の資源・防災・環境研究に取り組んでいきたいと思っています。

参考情報

- (1) Robotic Refueling Mission: http://ssco.gsfc.nasa.gov/robotic_refueling_mission.html (2016/2/11 確認)
- (2) ASTER: https://unit.aist.go.jp/igg/rs-rg/ASTERSciWeb_AIST/jp/about_aster/index.html (2016/07/04 確認)