

大規模フレアを発生させた太陽黒点(右)と、太陽表面に分布する磁場の空間マップ(左)。太陽観測衛星「ひので」の可視光磁場望遠鏡が世界一の精度・解像度で計測。赤青は磁場の極性、矢印は磁場の向きを表す。

宇宙科学最前線

太陽フレアの発現メカニズム 解明に取り組む「ひので」

太陽系科学研究系 准教授

清水敏文

太陽フレア

太陽フレアは、太陽面で起きる、太陽系最大のエネルギー規模の爆発現象である。この爆発の発現の根源には、太陽が持つ磁場がある。磁場はねじられたりして変形することで、エネルギーを蓄えることができる。そのエネルギーが、磁気リコネクションと呼ばれる物理機構によって、プラズマの熱や運動エネルギーに短時間で変換される自然現象が、太陽フレアである。強い磁場(黒点)が集まる活動領域において大きなエネルギーが蓄えられやすく、大規模フレアの多くは活動領域で起きる。しかし、いつ、どこで、どの程度の大きさのフレアが発生するかを事前に予測する知識を、私たちは残念ながら持っていない。それは、フレアが発現するメカニズムについて物理的な理解がま

だ乏しいからにはかならない。

「ひので」によるフレア観測

2008年ごろから太陽活動に異常な兆候が見られ、太陽活動が今後低下していく可能性が話題となった。太陽活動は約11年の周期で時間変動する(図1)が、極小期だった2008~09年ごろ黒点が見えない日数が過去100年で一番多かったことを発端として、2013~14年ごろの極大期の太陽活動が低調になると予測された。実際、極大期に太陽表面に現れた黒点の数は前太陽サイクルの半分程度と、低調に推移している。さらに、現れる黒点も小粒かつ単純な磁場構造のものばかりで、大規模フレアの発生も少なく推移している。

太陽観測衛星「ひので」は、2006年9月に打ち上

げられ、前サイクルの最後を飾った大規模フレアを同年12月に観測することに成功した。その後は、長い極小期を経て、2011年からやっと大規模フレアが発生し始めた。2008年に発生した通信装置の不調のため取得できるデータ量が大きく減ったが、いつどこで発生するか予測が難しいフレアを視野の狭い望遠鏡で捉える観測運用の工夫が行われ、徐々に観測に成功するフレア例が増えてきた。例えば、2014年12月には約24年ぶりに現れた巨大黒点（『ISASニュース』2015年1月号、No. 406の表紙）の周辺でXクラスと呼ばれる大規模のフレアが6個発生し、そのうち5個の観測に成功した。現在、極大期を過ぎたところに当たるが、統計的な研究のためにもっと観測例を増やしたいところである。

フレア発生の標準的な最新描像

これまでの観測・理論的研究から、太陽物理学者の多くは、噴出を伴うフレアの発生について図2のような描像を持っている。太陽磁場の太陽面下からの浮上や熱対流運動による磁場の移動によって、磁気ロープ*1がコロナ中に形成・成長する。このとき、太陽表面の磁場分布マップ（表紙、左）には、正極・負極が双極型分布（棒磁石がつくり出すような磁場分布）からずれた磁場構造が観測される。

この磁場構造は、ねじられるに従ってさらにエネル

ギーが蓄積され、電磁流体力学（MHD）的に安定性を徐々に失っていく。さらに、このような系のどこかで磁気リコネクションが局所的に起きると、不安定化と磁気リコネクションが相乗的にダイナミックに発展し、蓄積されたエネルギーの解放が劇的に加速されるのではないかと想像されている。磁場構造は、ねじれた磁気ロープを上空に噴出させるまで発展する。フィラメント噴出*2や、コロナ質量放出（CME）*3として観測される過程である。

磁気リコネクションは、1991年に打ち上げられた太陽観測衛星「ようこう」の軟X線・硬X線撮像観測によって、その存在を強く支持される証拠が得られ、フレアのエネルギー変換機構として広く認知されるに至った。その一方で、太陽コロナでは磁気拡散の時間スケールが非常に長く、数十秒から十数分と短いフレア爆発の時間スケールを説明するのに難点があり、現在は磁気リコネクションの高速化の物理に関する検討が観測・理論・実験の連携で進められている。

さらに、ほとんどよく分かっていないのが、フレアを発生させる機構、すなわち磁気リコネクションと不安定化の相乗的発達をトリガーする（きっかけとなる）物理的な機構である。近年、大規模な数値シミュレーションが可能になり、単純化した磁場構造のもとで、フレアのトリガーからコロナ噴出に至るまでのシミュレーションが行われている。名古屋大学の草野完也氏は、フレア噴出に至る磁場構造の条件を探るパラメータサーベイを行い、シアした*4コロナ磁場がエネルギーを蓄えた状況で、磁気中性線*5上に小さな双極磁場が出現した場合、噴出まで発展するフレアは大きく分けて2種類のタイプがあることを指摘した。その二つは、シアしたコロナ磁場に対して双極磁場の方位角が異なり、「逆極性型」と「反シア型」と呼ばれる。この小さな双極磁場は、フレア発現の起点になる“トリガー”磁場であると考えられる。

「ひので」によるトリガー磁場の特定

果たして、実際のフレアにおいて、トリガー磁場を観測から特定でき、そして理論予想のような磁場の条件でフレアが観測されるだろうか？名古屋大学大学院生の伴場由美氏は、「ひので」に搭載された可視光磁場望遠鏡による精密かつ最高解像度の偏光分光計測で得られた太陽表面の磁場マップを用いて、小さなトリガー磁場の特定に取り組んでいる。フレアの前兆となる磁気リコネクションによる小さな彩層加熱（増光）をマーカーとして用いる手法を開発し、まだ4例と極めて限定されているが、「逆極性型」と「反シア型」それぞれのトリガー磁場を特定することに成功した。しかし、一般性があるかどうかを明らかにするには、多くのフレアを統計的に調査する必要がある。視野が狭い「ひので」観測ではフレア数に限界があ

図1 太陽活動の状況
Hathaway (NASA) による黒点数予測（滑らかな実曲線）と実績（ぎざぎざな実線）。背景は「ようこう」軟X線画像。

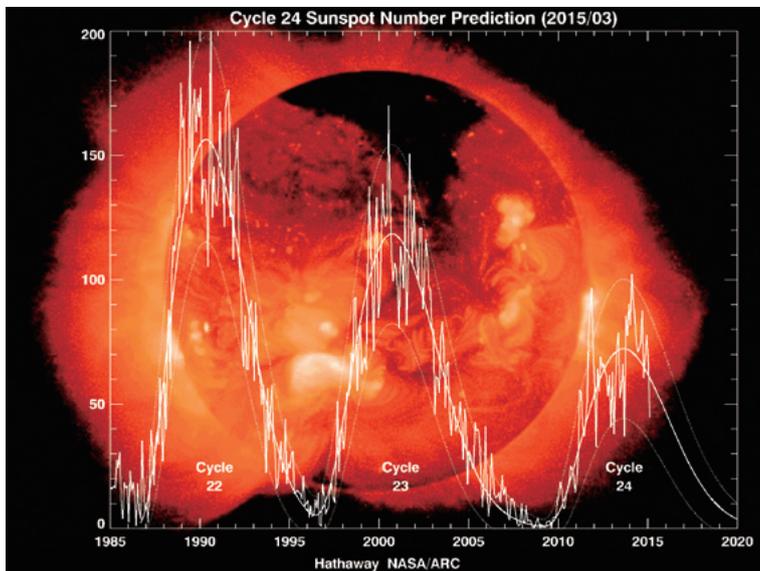
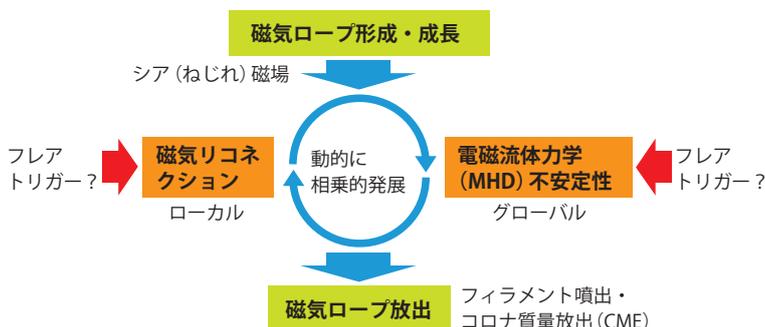


図2 フレア発生の標準的な全体描像



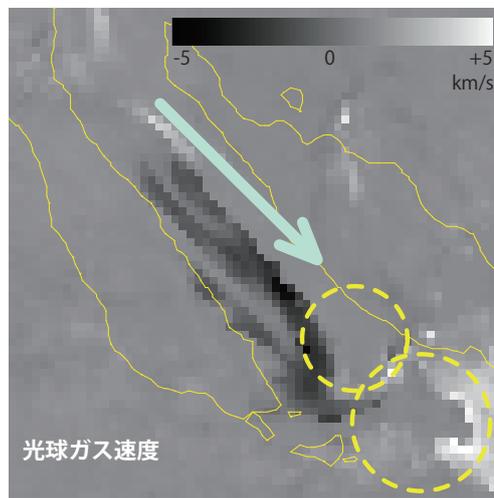
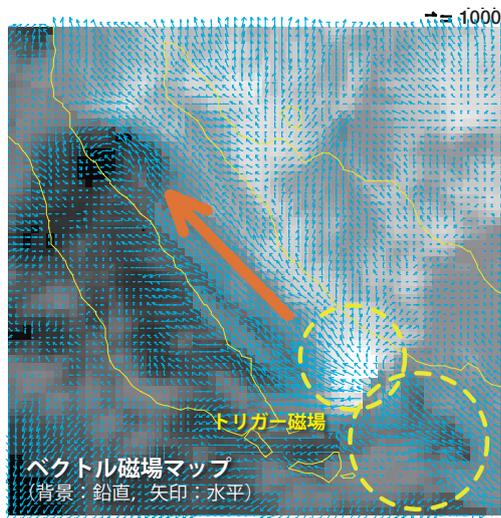


図3 太陽表面に励起された音速ガス流
磁気中性線に沿って水平磁場（オレンジ色の矢印の向き）が形成され、そこに音速ガス流がトリガー磁場に向かって（水色の矢印の向き）発生している。

るが、NASAが2010年に打ち上げたSDO（ソーラー・ダイナミクス・オブザバトリー）衛星による磁場マップは統計的調査に有用なはずである。解像度や精度は「ひので」には及ばないが、SDOは太陽全面を常時観測しており、ほぼすべての大規模フレアについて観測があるからである。「ひので」で開発されたトリガー磁場を特定する手法をSDOのデータにも適用してトリガー磁場の検出可能性を検討したところ、トリガー磁場が大きく成長する場合にはトリガー構造の特定が可能なのである。ただし、比較的大きな誤差が含まれ、「ひので」の空間分解能や磁場測定精度が必要な場合もあるようである。今後「ひので」とSDOのそれぞれの長所を活かして、両衛星のデータを相補的に用いることで、トリガー研究の発展が期待されるだろう。

トリガー磁場の形成

フレアがいつどのように発現するかの解明には、トリガー磁場の形成過程の理解は重要である。経験的には、磁場の太陽内部からの浮上活動によって黒点が複雑な磁場形状を持つように発達した場合、大規模フレアが起きやすいことが知られている。筆者らは、「反シリア型」の大規模フレアの「ひので」による磁場・速度場の精密観測をもとに、興味深い振る舞いを見つけた。それは、①太陽表面に水平な磁場が磁気中性線に沿って形成され、フレア発生の数時間以上前から音速ガス流がその水平磁場に沿って励起されていること（図3）、②この激しいガス流がトリガー磁場を徐々に押してトリガー条件となる磁場構造に変化させていること、などである。これは、光球ガスのダイナミクスがフレア発現のトリガーとして重要な役割を果たしていることを観測的に示唆している。

不安定化に向かうコロナ磁場

一方、コロナ磁場の不安定化の理解も重要である。名古屋大学の今田晋亮氏は、「ひので」などの極端紫外線分光・撮像観測を用いて、「逆極性型」の大規模フレアにおいてコロナガス（磁場）が徐々に安定性を失っていく様子を捉えることに成功した。フレア発

生の半日前からフレア発生領域の外周縁を取り囲む低密度の暗いコロナ構造がゆっくりと膨張するのが見られ、数時間前にはフレア発生領域の高密度で明るいコロナ構造も膨張を始めることを、コロナガスの輝度や速度計測から見つけた。この結果は、フレア発生領域全体やその周辺を取り囲むコロナ磁場の構造がゆっくりと変化して、最終的にフレア発生に至ることを示している。

観測と数値シミュレーション

数値シミュレーションにおいて、「反シリア型」フレアと「逆極性型」フレアでは、トリガーから大規模なコロナ磁気ガスを噴出させるまでの発展過程は大きく異なる。「反シリア型」では、小さなトリガー磁場の成長・変化が磁気リコネクションをコロナ底部に誘発させて、フレアが始まる。一方、「逆極性型」では、彩層でのリコネクションを通してコロナ磁場が不安定化することによって磁気ロープが上昇を始め、フレアが始まる。先に紹介した太陽表面でのトリガー磁場の形成や不安定化に向かうコロナ磁場の観測はそれぞれ、シミュレーションの予測を裏付けると考えられる。

一方、「ひので」の観測データを見ていると、トリガー磁場を特定できないフレア、「反シリア型」や「逆極性型」に分類が難しいフレアなどがたくさんある。このような多様なフレアを調べることで、フレア発現に対して重要な条件を観測から絞り込んでいくことが重要である。

最後に

この研究内容は、昨年末に発刊された日本天文学会欧文研究報告（PASJ）の「ひので」特集号に含まれるフレア3論文がベースになっている。大規模なフレアは、コロナ質量放出を伴い、太陽圏や地球磁気圏に影響を与え、社会システムへも影響を与える危険性を持つ。「ひので」を含む最新鋭の太陽観測と理論研究の連携によって、フレア発現の仕組みについての学術基礎研究が少しでも進むことが、応用（宇宙天気予測）への一助となるはずである。（しみず・としふみ）

- ※1 磁気ロープ：あたかも糸をより合わせてきたロープのような磁場の構造
- ※2 フィラメント噴出：プロミネンス（紅炎）が上空に飛ばされる現象
- ※3 コロナ質量放出：太陽から惑星間空間へ向けて突発的にコロナガスの塊が放出される現象
- ※4 シリアした：正極・負極が双極型分布からずれること
- ※5 磁気中性線：正極と負極の境界線

BepiColombo MMO, ヨーロッパへ

4月14日午前、水星探査計画BepiColomboにおいて日本側が製作した水星磁気圏探査機(MMO)本体が、宇宙研からオランダにあるESTEC(欧州宇宙技術研究センター)へ向けて搬出されました。地上支援装置や治工具などは前日までに搬出されました。この「引っ越し」に当たっ



MMOを載せ宇宙研を出発するトレーラー

ては、輸出入に関わる手続きや契約に関わる業務、輸送業者や国土交通省との調整、ヨーロッパとの規格や安全基準の違いに起因する問題の調整など、搬出前までに膨大な作業が行われました。しかもMMO主力部隊はESTECに向けての出国日だったため、MMO搬出の当日の作業はジオスペース探査衛星ERGの部隊に支援していただきました。

当日は雨の降る中、MMO関係者だけでなく、ERG、太陽系科学研究系ほか、契約部や科学推進部の皆さまに見守られながら、搬出作業が行われました。足かけ10年以上のプロジェクトで、フライトモデルの最終総合試験は約2年の長期間にわたっており、関係者の感慨はひとしおです。立派な横断幕を用意し、MMOの門

出を祝って記念撮影を行う風景が見られました。輸送業者の方たちには、ちょっと異様だったかもしれません。

MMOの方も居慣れたこの地を離れたくないのか、ぐずってなかなか出ようとしませんでした(衛星運搬コンテナのエアコンの起動にてござりました)。「さ

すがMMO, すんなりと行かせてはくれんのう」。見送りに来てくださった方々が待ちくたびれる中、ようやくエアコンが起動すると、MMOが載ったトレーラーは、運転手さんの見事なハンドルさばきで1回も切り返すことなく宇宙研の門を出て、信号にもかかわらずあっという間に国道16号に消えていきました。手を振って見送る皆さんを振り返りもせず、足早に行ってしまいました。「さすがMMO, 出るときにはあっさり行くものなのう」。

関係者の皆さま、お疲れさまでした。見送りに来てくださった皆さま、ありがとうございました。MMOは4月16日、無事ESTECに到着しました。ESTECで輸送後のチェックを行い、6月1日にESA(欧州宇宙機関)に引き渡される予定です。(小川博之)

再使用観測ロケット・推進系技術実証試験

リサーキュレーション予冷システム

2015年2月から3月にかけて、能代ロケット実験場の極低温推進剤試験設備を用いて、リサーキュレーション予冷システム技術実証試験を実施しました。リサーキュレーション予冷システムとは、ロケット推進系にとって重要な技術課題であるエンジン予冷量の削減(エンジン着火前にターボポンプなど推進系ハードウェアを冷却するために消費する極低温推進薬量を削減すること)の方法として、予冷推進薬を機外に投棄せずにタンクへ戻して再利用するシステムのことで

す。再使用観測ロケットのフライトオペレーションで想定されるエンジン予冷のタイミングは、打上げ前の地上予冷と、着陸直前のエンジン再着火前予冷の二つのフェーズ



リサーキュレーション試験装置の推進剤タンク内部

があります。着陸直前の予冷では、機体上昇時にエンジンの燃焼によって温度が上がってしまった推進系ハードウェアを、極低温推進薬を流動させることで再度エンジン着火が可能な状態まで冷却し、推進薬がエンジンに流入しやすい環境をつくり出す必要があります。その際に、電動ポンプを用いて予冷推進薬をエンジンから再びタンクへ戻す

循環流をつくることで、エンジン予冷による無効推進薬量の削減を図ることを考えています。

今回の地上試験では、再使用観測ロケットの推進系を模した小型のタンクと4基のターボポンプなどから構成される試験装置を用いて、循環予冷に必要な電動ポンプの性能および4系統のターボポンプをバランスよく予冷する

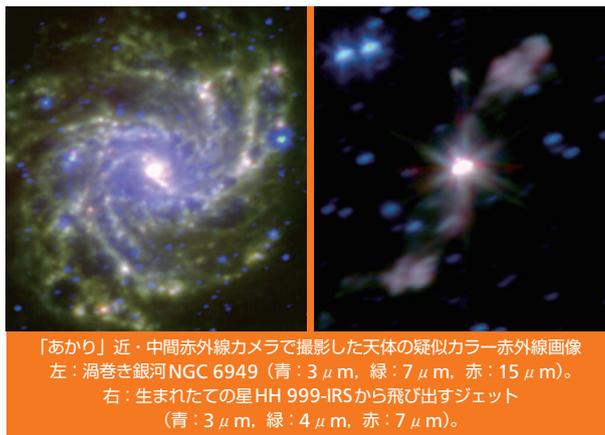
オペレーション（予冷が進んだ系統はさらに推進薬が流れやすくなり予冷アンバランスは拡大していく傾向がある）を確認することを目的とし、相模原・角田・調布から職員20名ほどが参加し、液体窒素と液体水素を使ってそれらの評価に必要なデータを取得しました。

本年度は、このリサーキュレーション試験の結果と合わせて昨年度に角田宇宙センターで実施したエンジンシステム燃焼試験で得られているエンジン予冷特性を評価し、再使用観測ロケットの予冷システム／オペレーションを決めていく計画です。（八木下 剛）

「あかり」が見せる宇宙の姿 近・中間赤外線画像データ公開

ここにお見せする2枚の天体画像は、赤外線天文衛星「あかり」で得られたものです。3種類の赤外線波長の観測データを、赤・緑・青に割り当てて疑似カラー合成しました。左の画像は、渦巻き銀河。青く見えているのは星、緑や赤は星間空間に漂うダストの放つ赤外線です。銀河を構成する星と、それをつくる原料であるガスやダストの分布の関係を描き出しています。また、右の画像では、生まれたばかりの星（中央）から渦を巻いて飛び出すジェットの様子が見えています。

「あかり」は、全天をくまなくスキャンするサーベイ観測のほかに、望遠鏡を特定の方向に向けて、狙った天体を詳しく見る指向観測を行いました。そのうち近・中間赤外線カメラ（IRC）で撮影した天体の、処理・較正済み画像データが、3月末に世界中の天文学研究者に向けて公開されました。液体ヘリウムで観測装置を冷却してい



「あかり」近・中間赤外線カメラで撮影した天体の疑似カラー赤外線画像
左：渦巻き銀河NGC 6949（青：3 μm 、緑：7 μm 、赤：15 μm ）。
右：生まれたばかりの星HH 999-IRSから飛び出すジェット
（青：3 μm 、緑：4 μm 、赤：7 μm ）。

た時期の、約4000回の観測、計1万9000枚の画像データです。

「あかり」の指向観測は研究者からの観測提案に基づいて行われました。これまで、生データをダウンロードして、プロジェクトが提供する解析ソフトを用いて各研究者がデータ処理を行っていました。これだと、観測

提案者は自分のデータなので頑張って解析をしますが、それ以外の研究者は解析の手間がバリアとなって、せっかくのデータもなかなか使ってもらえません。そこで、あらかじめ均一な処理を施し、すぐに研究に利用できるデータにしてから公開しようというのが、現在「あかり」チームが行っていることです。さまざまな研究目的で得られたさまざまな天体のデータから、元の観測提案者が思いもよらなかった研究が展開されることを願っています。本データの作成は、江草実 研究員（4月より国立天文台に異動）を中心に行われました。（山村一誠）

第34回「宇宙科学講演と映画の会」開催

新宿御苑の桜も葉桜に変わりつつあった4月11日（土）、第34回「宇宙科学講演と映画の会」が東京の四谷区民ホールにて開催されました。今年のテーマは、「観測を支える技術」。打上げが近づいてきた三つのミッション、ジオスペース探査衛星ERG、水星探査計画



講演の様子

BepiColombo、X線天文衛星ASTRO-Hを代表した講演者による、ミッションの科学的意義と技術的に苦労したところや工夫についてのお話でした。

常田佐久 宇宙研所長のあいさつの後、最初の講演は高島健 准教授による「宇宙で天気予報？ 宇宙の嵐をとらえよう」。

次に、「水星探査機MMOのあついはなし」の小川博之准教授と続きます。休憩を挟んだ3番目の講演は、飯塚 亮 開発員による「激動の宇宙を解き明かす、X線天文衛星ASTRO-H」。ご来場いただいた皆さま、熱心に話を聞いていただき、ありがとうございます。それぞれ25分の講演+質疑応答20分と通常より長い質問時間を取りました。それでも、まだまだ質問があったようです。講演会終了後も講師を捕まえての質問が続いてい

ました。

さて、今回初の試みがいくつかありました。まずは事前申し込み制です。講演会後のアンケートで好評だったこともあり、次回以降も事前にお申し込みいただこうと思っております。また、宇宙研ホームページで講演会の様子をご覧いただけるように致しました。より多くの方、また遠方の方にもご覧いただければ幸いです。

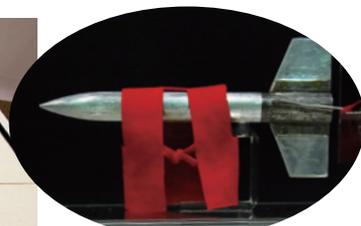
(生田ちさと)

ペンシルロケット60周年

ペンシルロケット50周年のイベントをやったのがもう10年前だった、と知ったのが国分寺市の皆さんから「60周年記念事業を」と声を掛けられてのことで、うかつとはいえ少々情けない想いです。50周年のときは、エクスプローラ50年とかガガーリン50年などいろいろな宇宙関連



展示されたペンシルロケット



選暦のお祝いも

50周年があり、「それらに負けないような糸川ペンシル再現実験を」ということで、当時まだ若かった徳留真一郎先生、羽生宏人先生をリーダーに、JAXAの新人を中心に集めて若手のプラクティスも兼ね、幕張メッセの展示ホールで再現実験を行いました。

そして、今回の60周年。最初にペンシルロケットの発射実験が行われた国分寺市の皆さんからの声掛けが発端ではありましたが、やる限りは大々的にと、また再現実験も考えたのですが、会場の都合や準備期間などから、これは断念。存命のペンシル関係者による証言から始めて、それが今ではイプシロンロケットへという流れの講演会と、ペンシル糸川、小惑星イトカワ、「はやぶさ」……という流れでペンシルの拓いた道がこうやって花開きましたという展示を見ていただくのがよいのではないかと考え、宇宙研として国分寺の皆さんと共催させていただくこととしました。

4月12日に早稲田実業学校で開催した記念講演会では、当時を知る秋葉鏝二郎先生、垣見恒男さん、山本芳孝さん、的川泰宣先生など時の証言者たちの話に、満席の会場は60年前にタイムスリップしたようでした。最後にイプシロンの森田泰弘先生が、過去から未来へのバトンがうまく渡ったと話され、客席も大満足の様子

でした。「ペンシルロケット60年目の待ち合わせin国分寺」と題した企画展は、

国分寺市本多公民館で4月11日から19日まで開催しました。ペンシルロケットの実機17機の展示数は過去最大規模で、小惑星イトカワの微粒子と「はやぶさ」帰還カプセルの同時展示は初めてでした。4000人以上の方々に来場いただき、60年たっても地元の人に支えられて引き継がれていくのだと強く思いました。

さて、50年、60年……、100年。50と60の間の10年は何か物事が進んだか？ 次の10年はどうか？ さらに次の50年は、それまでの50年以上に我々は世の中を前に進められるだろうか？ 実際に関わった人や当時を知る人がいなくなる中で、物事をどのように引き継ぐべきか？ など、いろいろなことを考えさせられます。少なくとも、今の若い人や、今はまだいないがこれからこの世界に入ってくるであろう、次やその次の世代の人たちが、ペンシルから始めたバイオニアリングなマインドを引き継いだ人々や環境の中で仕事ができている、それが続くような仕掛けをしておかなければならない、と考える機会ではありました。ペンシルのバトンタッチでしょうか？

いずれにせよ、盛況に終わったイベントでした。国分寺の皆さまをはじめ多くの方々のご協力にお礼を申し上げます。

(稲谷芳文)



「地上系」のあらまし

長木明成

科学衛星運用・データ利用ユニット
衛星運用グループ

これまでの連載を振り返ると、「飛んでいってしまうもの」や「地球を回っているもの」といった題材を取り上げていることが、やはり多いようです。新しい世界を開拓し、新しい発見を求め、新たに人類の知見を増やしていく衛星・探査機、そしてロケットたちの話は、我々の心をワクワクさせ、応援したくなる気持ちを自然と膨らませてくれます。

そのような感情を同じように持ち、それでいて地上にあって幾多の「宇宙の旅人」を見送り、そしてかすかな便りを待ち、見守り続ける存在があります。ミッション達成に欠くべからざるものでありながら、まさに縁の下の力持ち的存在、それが「地上系」と呼ばれているものです。今月号から新たな連載として、「地上系」について紹介していきます。地上系を構成する各システムの詳細な解説は次回以降とし、今回は導入として地上系概観のお話をします。

一言で「地上系」と書いていますが、それが指し示すのは非常に多くのものを含んでいます。縁の下の存在とはいえ、地上系の中でも目に触れやすい部分があります。例えば、「アンテナ」です。宇宙との信号のやりとりをイメージさせるために、テレビや映画などでもアンテナの映像が使われます。また別の例では、いわゆる「管制センター」です。トラブルを抱えて対応に苦慮する緊迫したシーンであったり、探査機からの初の画像が送られてきて歓声が湧き上がるシーンであったり、こちらも印象的な場面で登場します。この二つは、地上系の中でもまさに「端っこと端っこ」に当たる部分です。

衛星や探査機に対しやりとりを始める起点になるのは、「管制システム」です。このシステムの中核となる管制ソフトウェア自体はその時々によって変わっていきませんが、基本的な機能は変わらず、それは「衛星の搭載装置を動かすための指令を送り、その反応を折り返しで確認する」ことです。衛星を衛星として機能させるための最も重要なシステムともいえます。

その管制システムもそれ単体ではもちろん機能せず、送るべき指令を衛星まで届け、また衛星の反応を手元で受け取るために、「データ伝送ネットワークシステム」が必要となります。このシステムには、相模原キャンパス内でのやりとりはもち

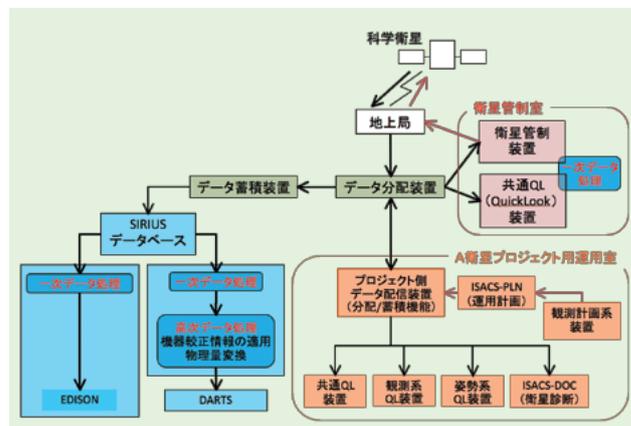


図1 大まかな「地上系」の概要図



図2 夏空に陰る白田宇宙空間観測所の直径64mのパラボラアンテナ

ろん、内之浦宇宙空間観測所や白田宇宙空間観測所、さらには海外の通信局などとの間でも、求められた時間内に正確確実にデータのやりとりを行うことが求められます。

それらデータのやりとりを衛星・探査機との間で行うためのシステムが、「アンテナ局設備」になります。実際に電波で送受信するための大小のアンテナ、伝送されてきたデータを電波として送れるように変換する「送信設備」、逆に受け取った電波をデータとして流せるようにする「受信設備」といったものが、そのシステムの構成要素として挙げられます。

このようにして、衛星・探査機を計画通りに稼働させ、さまざまな観測データを取得することが地上系の各システム・設備の主な目的ですが、それらの観測データも同様にアンテナで受信し、科学データとして相模原キャンパスまで送られてきます。このデータは衛星運用そのもののために利用されることはまれですが、科学データ取得こそがプロジェクトを立ち上げた根本の目的であり、プロジェクトメンバーをはじめとして国内外の研究者の研究活動のために適切に配布されることが求められます。

科学データは整理・選別・加工され、いくつかの段階に分けて蓄積されます。衛星から送られてきたデータそのままためておく場所 (SIRIUS)、研究活動に使いやすく研究者の視点で処理を施したデータを研究者の視点で整理しておく場所 (DARTS など) といった用途に応じて構築されたデータベースシステムで、日々生まれるデータを着実に保存し続けています。

こういったデータの地道なやりとりを黙々と日々支えているのが「地上系」であり、そのありようはまさに「衛星・探査機の一部」といえるほど、その活動に密接に関わっています。

(ちょうき・あきなり)

窓のない部屋

宇宙機応用工学研究系 助教 大槻真嗣



カリフォルニアの強い日差しとIssaとCuriosityのエンジニアリングモデルと並んで(Mars Yard脇の小屋にて)

ウィーン、ガタガタガタ……。最新の三次元造形装置が動く傍らで記号に執心な自分のまわりには、円筒の形をしたロボットが所狭しと匿名の意図で配置されている。突然ドアが開き、いつもの彫りの深い顔が現れ、即席の会議が始まる。曇天を知らない空の下、冷蔵庫のような部屋の中でのかけがえのない毎日は遠い記憶の彼方に失われつつあるが、長い人生の中ではつい先日のことである。2014年5月から2015年1月末まで米国カリフォルニア州パサデナ市にあるジェット推進研究所(JPL)のRobotics mobility groupにResearch Affiliateとして滞在した。数々の探査ローバを輩出した部署の実験室、重い扉を開ければ小さな砂場にいつでもアクセスできる、閉ざされた部屋に席を構えていた。

月惑星表面探査には非凡な移動能力を持ったロボットが求められている現状を踏まえて、垂直の壁でさえ登ることが可能な二輪ローバ、Axel(アクセル)の開発に携わった。惑星表面は岩や砂を要素とした平地、斜面、崖で構成されており、すべてにおいて効率的に走行可能な移動機構の設計を目標とした。まず、半世紀にわたって使用され続けてきた粒状媒質の圧力-沈下関係式を捨て、新たな関係式に基づくけん引力推定モデルの構築を行った。運よくマサチューセッツ工科大学の研究者の協力を受け、比較となる実験データによりモデルの妥当性を検証することができた。その際、けん引力の計算式が変分法による最適化問題に帰着してくれと言わんばかりの形をしていることに気づき、移動機構の形状設計を試みた。結果として、非常に興味深く、そして直感的に正しいと思える結果を獲得することができた。その結果をAxelに実装、試験しようと準備を進めていたが、カリフォルニアの自然の恵みにたびたび阻まれてしまい、帰国後の宿題となってしまったことが悔やまれる。

火星からのサンプルリターンへ向けてJPL職員が丸となっている一方、崖や急斜面といった危ういけれど工学的に面白いミッションができる所へ行きたいと考える研究者の一人が受け入れホストであった。滞在中は、元気な月曜日の朝に、研究進捗と探査ミッションの議論をホストと毎週行っていた。通常2時間程度であったが、長いときには仕切り直して再度夕方や

翌日に行くなど、日本では決してかなうことのない、専門家同士の濃厚な議論の機会を得ることができた。帰国後も将来の共同ミッション提案へ向けての議論を継続している。また、滞在部署の多くの職員とも協働したが、彼らは給与と仕事の時間が密接に関係しており、毎日顔を合わせていた職員も年度の切り替わりと同時にパタリと会うことがなくなることがあった。その働き方に戸惑いを覚えることもあったが、JPL、カリフォルニア工科大学関係者を含めて100人以上もの知己を得ることができ、短期間ではあったが非常に有意義な滞在となった。

日々、7時に起床、8時に出社、11時に昼食、17時には帰宅といった非常に健康的な生活をしてきた。かと思いきや、毎週、日本とのWEB会議があり、アフター5は別の仕事、といったハードスケジュールであった。このような二重生活の一方で、2週間に1度、勤務総時間の制約の関係で週末に研究室が休みとなり、カリフォルニアの暖かい日差しを浴びる機会を得られたのは救いであった。JPLと宿泊先は車で往復40kmの距離で、ロサンゼルス名物フリーウェイの渋滞と事故と故障車に緊張の連続であったためか、帰国後は車を運転しないストレスフリーの毎日である。余談だが、アメリカの文化を学ぼうと、滞在中、バーベキューパーティを毎月実施しようと心に決めていたが、カリフォルニアの冬が思いのほか寒いことを知り、夏場にまとめて全月分実施して多くの人々と交流することができた。また、休日にはカリフォルニアの自然、食材、人材、地域、施設、イベントを楽しむため各地へ出掛けたが、最後にはカリフォルニアの広大さにあきれてしまった、というのが本音である。

年がら年中、晴れの特異日のようなカリフォルニアで空を見ることができない部屋は、ロボットにとって天国であるが、人間の精神衛生上は好ましくないと公的にはいわれている。しかし、研究に集中し自分を見つめ直すには、非常に良い場所であった。最後に、筆者の体重は85kgだが、±500g精度の体重計で渡米前後の数値が同じであったことは、日々の質量リソース管理が素晴らしかったと言わざるを得ない。(本派遣は総合研究大学院大学若手教員海外派遣事業2014年度の助成を受けたものです) (おおつき・まさつぐ)

ISAS ニュース No.410 2015.5 ISSN 0285-2861

発行/国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
発行責任者/ISASニュース編集委員会 委員長 山村一誠
〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1
TEL: 042-759-8008

本ニュースは、インターネット (<http://www.isas.jaxa.jp/>) でもご覧になれます。
デザイン/株式会社デザインコンピビア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

編集後記 今回はゴールデンウィーク中の原稿チェックとなりました。車庫入れを苦手とする私は、MMOの搬出をぜひ見ておくべきでした……。(石川毅彦)

*本誌は再生紙(古紙100%)、植物油インキを使用しています。

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています

