

2014年7月25・26日に行われた相模原キャンパス特別公開の様子

宇宙科学最前線

磁場で捉えた月の ダイナモと極移動の痕跡

九州大学大学院理学研究院 准教授
高橋 太

地球や月といった惑星・衛星がどのようにして形成され、進化してきたのかを明らかにする上で、磁場の観測は必要不可欠なものです。本稿では、月周回衛星「かぐや」搭載の月磁場観測装置 (LMAG) の観測による、月の磁場に関する我々の発見について解説します。

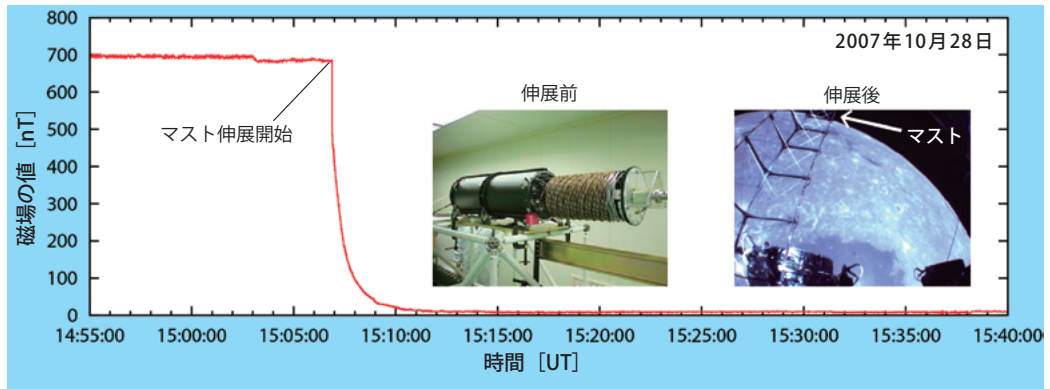
月のダイナモと磁気異常

現在の月は地球とは異なり、地磁気のように天体全体を覆う大規模な磁場を持っていません。一般に天体規模の磁場は、天体内部の金属核にその起源を持ちます。地球を例に説明しましょう。地磁気の説明をする際に「地球は巨大な棒磁石である」という言い方がよく使われます。この説明は直観的で分かりやすいのですが、

実は非常に誤解を生みやすい表現です。あたかも地球の内部に大きな棒磁石が存在しているかのようなイメージを持った読者もいるかもしれませんが、しかしながら、この描像は正確ではありません。地球深部の中心核は主に鉄から成り、数千度という高温のために大部分が熔融しています。一方で、鉄は800度程度になると磁石としての性質(磁化)を完全に失います。従って、鉄から成る核は棒磁石にはなり得ません。

それでは、地磁気の源はいったい何なのでしょう? 答えは「地球は電磁石である」です。鉄は電流を流す導体です。熔融した液体状の導体が磁場中を運動すると、電磁誘導により新たな電流が流れます。電流が流れると新たな磁場が生じ、結果としてもともと存在した磁場が維

図1 「かぐや」のマスト伸展前後の様子とLMAGによる磁場の時系列データ
マスト伸展開始以降、衛星本体から離れるに従って、急激に磁場が小さくなっていく様子が確認できる。



持されます。こうした一連の過程を「ダイナモ(発電)作用」と呼び、これが長期間地磁気を生成・維持するからくりです。つまり、地球は巨大な発電機であり、電磁石なのです。

現在、月に大規模な磁場が存在しないのは、前述のダイナモ作用が働いていないためです。理由として以下のような可能性が考えられます。
①月にはもともと金属核が存在しない、あるいは非常に小さい。
②月はサイズが小さいので冷却が速く核がほとんど固化してしまっている。
③液体状の核は存在するが運動していない、などです。いずれも月がどのように形成・進化してきたかに密接に関係し、この理由を明らかにすることは月を理解するために非常に重要です。太陽系内の惑星の多くは地球同様に大規模な固有の磁場を現在持っている、あるいは過去に持っていたことが、人工衛星による探査から分かっています。しかしながら、最も身近な天体である月については、過去のダイナモの有無は明らかになっておらず、大きな問題でした。

一方で、月には磁気異常と呼ばれる局所的に磁場の強い地域が点在していることが知られています。月の磁気異常は40億～30億年前に形成されたと考えられていますが、磁気異常の形成には何らかの磁場の存在が必要です。この何らかの磁場の候補として、2つの説が考えられています。一つは月のダイナモによる大規模磁場であり、もう一つは惑星間空間磁場と呼ばれる外部磁場です。従って、磁気異常の起源を検討することによって、過去の月ダイナモの有無

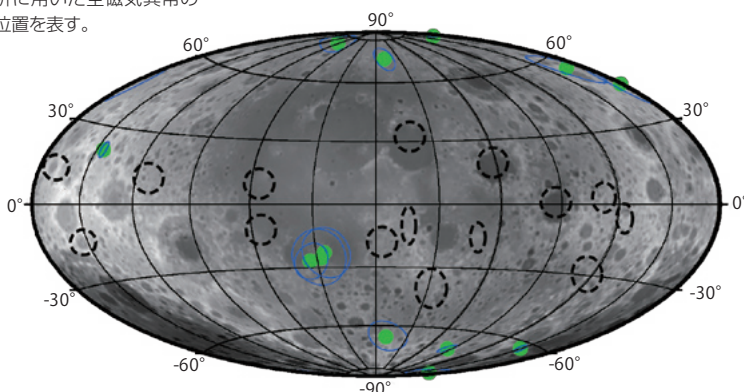
を明らかにすることができるはずですが。

月磁場観測装置(LMAG)による月磁場観測と電磁両立性(EMC)

月の磁気異常による磁場の強さは、地磁気と比べて非常に微弱です。どのくらい弱いかというと、高度100kmで1nT(ナノテスラ。テスラは磁束密度の単位で、ナノは10億分の1を表す)程度であり、地磁気のたかだか1万分の1程度です。「かぐや」でこのような微弱な磁場を精度よく観測するためには、観測装置自体に高い性能が求められるのはもちろんのこと、「かぐや」全体としての電磁氣的ノイズが小さくなるように衛星を設計する必要があります。LMAGは、地磁気の10万分の1という極めて弱い磁場でも正確に測定ができる高感度なフラックスゲート型の磁場センサーを搭載して、磁場の3成分をベクトル場として計測します。この高感度センサーの性能を最大限発揮するために、LMAGは「かぐや」本体から約12m先のマストの先端部に取り付けられています。宇宙空間中での磁場観測においては「かぐや」自体が最大のノイズ源になるので、本体からできるだけ離してセンサーを配置しなければならないからです。「かぐや」は電子機器の塊なので、直流と交流を含むさまざまな成分の磁場をつくり、観測に干渉します。こうした衛星本体による磁場干渉を取り除くことを電磁両立性あるいは電磁適合性(Electro-Magnetic Compatibility: EMC)といいます。「かぐや」では長いマストを伸ばしたり、使用する部品や回路、配線を工夫したりして、要求精度を満足するEMCを実現しています。

図1に2007年10月28日に実施されたマスト伸展時のLMAGの観測データを示します。伸展前は衛星本体による磁場が非常に大きく、約700nTです。伸展開始から衛星由来の磁場は急速に小さくなり、伸展終了後の磁場は数nT程度にまで下がっています。通常、月周辺の惑星間空間磁場は数nT程度なので、磁場干渉は問題のないレベルにまで下がっていることが確認できます。こうした徹底的なEMC対策に支え

図2 「かぐや」データを用いて推定した月の磁極のうち精度よく推定された磁極の分布(緑)
青線は推定誤差の範囲。破線で囲まれた地域は解析に用いた全磁気異常の位置を表す。



られながら、LMAGによる月磁場観測が行われたのです。

磁気異常が示す月のダイナモと極移動

次に実際のデータ解析について説明しましょう。月に磁気異常が存在することは、月の岩石が磁石としての性質「磁化」を持っていることを意味します。岩石が磁化を獲得する物理的な過程にはさまざまなものがありますが、特に岩石が熱い溶岩から冷え固まる際に当時の磁場と平行に獲得される磁化を熱残留磁化と呼びます。熱残留磁化が記録する磁場としては、大規模かつ長期間安定に存在するダイナモによる磁場が唯一のもっともらしい候補になります。そこで、磁気異常から磁化情報を抽出して、それが当時のダイナモによる磁場の記録であるかどうかを調べることになります。最も重要な情報は磁化方位です。磁化方位が得られれば、当時の磁極を推定することができます。磁極とは、月の中心に置いた棒磁石のプラス極（地磁気の場合S極）またはマイナス極（同N極）の延長線と月表面との交点です。前述の通り、月中心には棒磁石は存在しないので、これはあくまで仮想的なものであり、仮想月磁気極と呼ぶべきものです。「かぐや」は2009年2月以降、高度20～50kmでの低高度観測を実施しました。一般に、磁気異常の源がある月面近くで観測を行うほどデータの質が高くなるので、今回のような詳細な解析には低高度観測時のデータを用います。

図2に磁気異常解析によって精度よく得られた月の磁極（プラス極）を示します。磁極は北半球と南半球の両方で高緯度と中・低緯度に偏って分布しています。プラス極が南北両半球に分布しているということは、月の磁場が「逆転」という現象を起こしていた可能性を示唆しています。逆転は過去の地磁気でも確認されている、いわば棒磁石の向きが反転する現象です。そこで南半球の磁極についてはマイナス極を採用して、すべての磁極を北半球に集めてみました。その結果、磁極のまとまりが非常に良くなり、現在の月の自転軸付近と、緯度にして30～45度周辺の2ヶ所に磁極が集中することが分かりました（図3左）。米国のルナ・プロスペクタ衛星のデータに対する解析からも同じような結果が得られたことから、信頼性の高い結果であるということが出来ます。

磁極の集中が2ヶ所に見られるという結果は何を意味するのでしょうか。地球を例に挙げると、長時間の平均を考えれば、地球の磁極と自転の

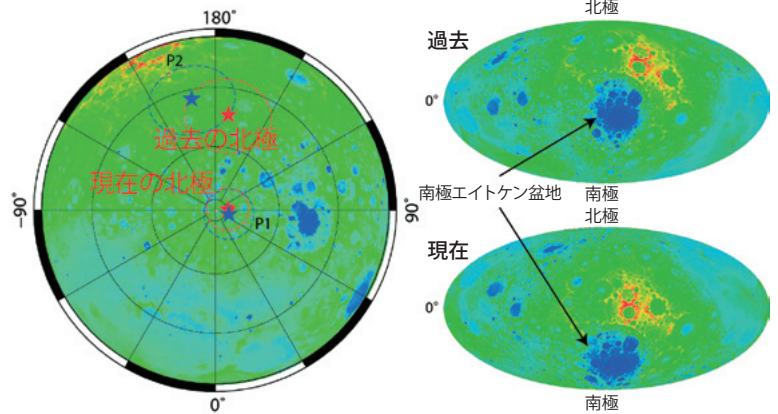


図3 過去と現在の月の北極の推定位置（左）と、過去の月地形の分布の想像図（右上）と現在の様子（右下）
左図は月の北半球を北極側から見た図で、数字は経度。青い星印は「かぐや」、赤い星印はルナ・プロスペクタのデータから推定された月の磁極の平均位置を表し、破線は推定誤差の範囲を表す。

極の位置は一致することが知られています。これはダイナモがつくる大規模な磁場を持つ重要な性質です。従って、この結果が示す事実は次の3点にまとめられます。①過去の月には金属核のダイナモによる大規模な磁場が存在していた。②月の磁場は地磁気と同様な逆転を起こしていた。③過去の月の自転軸は緯度にして現在から45～60度異なる場所にあった。特に③は、過去の月で真の極移動（自転軸に対する地殻全体の相対運動）という現象が起きていたことを意味します（図3右）。従って、過去の月を地球から見る事ができたならば、現在とは大きく異なって見えることでしょう。真の極移動によって自転軸が現在の位置に移動した年代は約40億年前と推定されます。

極移動の意味

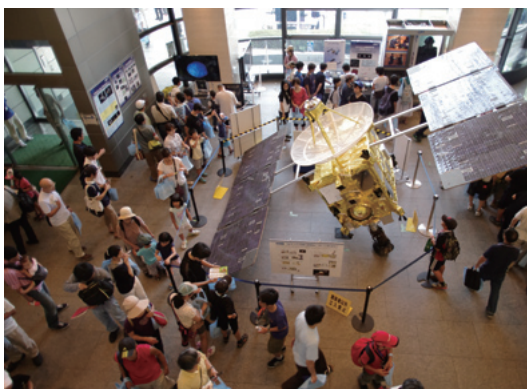
前述の3つの発見はいずれも月の起源や進化過程を理解する上で重要な発見ですが、ここでは極移動をもたらす意味について一例を示します。月には南極エイトケン盆地という月最大の衝突盆地が裏側の中高緯度に広がっています（図3右下）。このような巨大衝突盆地を形成するには、月の南側から深い角度で衝突が起こるという、理論的には幾分厳しい条件が必要です。一方で、極移動が起きていた場合、南極エイトケン盆地は過去に月の赤道付近に位置したことになります（図3右上）。すると、特別変わった条件を考える必要がなくなり、赤道付近への巨大衝突で形成されたと考えることが可能になります。極移動を考えることで、月最大の衝突盆地の形成モデルが大きく異なるものになります。極移動の存在を踏まえた月の進化モデルが今後つくられることが期待されます。

「かぐや」は2009年6月に月に還りその役目を終えましたが、「かぐや」によって取得されたデータには月の秘密がまだまだ隠れています。「かぐや」およびLMAGの研究成果にこれからもご期待ください。（たかはし・ふとし）

相模原キャンパス特別公開2014

恒例の相模原キャンパス特別公開を7月25日(金)・26日(土)に開催しました。大変な暑さに見舞われましたが、来場者数は1万3560名(初日5922名, 2日目7638名)と、昨年の1万3894名とほぼ変わらず。来場者アンケートには、特別公開に初めて来たという声も意外と多くありました。今年は約50ものブースが立ち並び、講演やセミナーも旬なテーマが選ばれており、盛況でした。特別公開全体への来場者の満足度は高かったといえるでしょう。

第4会場のブース「イトカワの砂粒を見よう」にも注目が集まっていました。小惑星イトカワの微粒子は、可能な限り多くの方にご覧いただくため国立科学博物館や各地の展示希望団体に貸し出しているものもありますが、今年の特別公開では研究用に保存されている微粒子の一つを顕微鏡でご覧いただく形で初公開したのです。また普段、研究・管理棟の展示ロビーの象徴的存在となっている「はやぶさ」熱構造モデルは幕張メッセで開催中の「宇宙博



この精巧な「はやぶさ」実物大模型は、愛知県武豊町にある「ゆめたろうプラザ」のボランティアの皆さんが2ヶ月半をかけて延べ317名で制作された力作を、期間限定でお借りしているもの。

2014」に出品中のため、代わりに武豊モデルと呼ばれている実物大模型の「はやぶさ」が来場者を迎えました。「はやぶさ」への熱狂的なブームは今では落ち着いていますが、来場者は思い出すように熱いまなごしを向け、「はやぶさ2」の話にも耳を傾けていました。

相模原キャンパスの特別公開はほかのイベントでは得られない科学成果の情報量も多く、研究者や学生が直接語り

掛けて質問にも応じるなど、来場者にとって貴重な機会となっています。難しい内容もありましたが、研究者の熱意は伝わります。研究現場の生の声を伝えることに熱心に取り組んできた阪本成一実行委員長は、出展者向けの説明会などで「テンションを高く保って来場者を迎えましょう」と号令を掛けていました。2日間実施の実現など、これまで特別公開をけん引してきた阪本教授は7月末をもって国立天文台に異動されましたが、特別公開ならではの企画やこれまで培われてきたノウハウは相模原キャンパスの財産です。今後も発展させていきたいものです。(大川拓也)

平成26年度第一次気球実験

平成26年度第一次気球実験は、5月14日から連携協力拠点大樹航空宇宙実験場において実施されました。昨年度は気球システムの不具合発生のために1年間大型気球の運用を見送った経緯があり、今季こそは大型気球による宇宙科学実験を実施しようという強い意気込みで北海道大樹町に赴いたところでした。

大気球実験室では、昭和50年代に三陸大気球観測所に整備されその後大樹航空宇宙実験場に移設された、遠距離長時間追尾受信設備(飛翔中の気球を追尾し、無線コマンドを送信し、科学データを受信するための設備)の更新を進めてきました。昨年度末、大気球指令管制棟屋鉄塔上の主系パラボラアンテナを更新し、3年間に及んだ作業を完了しました。5月20日に測風ゴム気球を放球し、成層圏下部までの高層風を測定すると同時に、新たな遠距離長時間追尾受信設備の健全性を確認し、その後の放球に備えました。

5月28日にはB14-01実験「大気球を利用した微小重力実験(燃焼実験)」の準備を完了しましたが、気象条件がなかなか実施可能な状態となりません。6月上旬に神奈川県箱根町で400mmを超える記録的大雨が降ったときの雨雲レーダーの画像で、強い雨雲が南から北に次々と流れ込んでいたのを覚えていらっしゃる方も多いと思います。このとき、普段は西から東に吹いている高度10~15km付近の偏西風(ジェット気流)が大きく蛇行し、南から北に吹いているような状態でした。大樹町での気球実験では、気球を偏西風で十勝東岸の太平洋上に送り出し、その後成層圏上部のゆっくりとした東風で十勝沿岸まで戻すことができる気象条件が、測定器や気球皮膜を回収して安全に実験を実施する上で大変重要です。ところが、今年の5~6月は偏西風の蛇行が極めて大きく、実験可能な東向き状態を見いだせず、結局6月9日にB14-01実験の見送りを決断することとなりました。また6月下旬の

実施を目指したB14-03「皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の飛翔性能評価」についても、準備は完了したものの、実験期間が終わる6月30日までに実施可能な気象条件を見いだせず、実施を見送ることとなりました。

宇宙研では、本年度は5～6月の北海道大樹町での国内実験と11月の海外気球実験を計画していましたが、第一

次気球実験で一つの実験も実施できなかったことを鑑み、急ぎよ8～9月にも大樹町での国内気球実験を実施することとしました。実験期間の制約からB14-01実験のみを準備することとなりますが、実験の実施に向けて最善の体制を構築しますので、関係各方面の方々のご協力を引き続きお願い致します。(吉田哲也)

第3回「あかり」国際研究会開催

7月9～11日に、英国オックスフォード大学にて、赤外線天文衛星「あかり」の成果を分野横断的に議論する研究会「THE UNIVERSE IN THE LIGHT OF AKARI and Synergy with future Large Space Telescopes」が開かれました。2009年に東京大学、2012年に韓国済州島での開催に続いて3回目となります。

研究会で取り上げられたテーマは太陽系内天体から数十億光年彼方の銀河まで広い範囲にわたりましたが、分野の垣根を越えた研究者の活発な議論がありました。発表内容も、データ解析ノウハウの蓄積による、より精密・高度な解析、地上望遠鏡やほかの衛星によるフォローアップ、そして多波長データの解析など、「あかり」データを中心として研究がどんどん広がっていることが実感されるものでした。一方で、何人かの参加者から「我々はまだ『あかり』データのごく一部の情報しか利用していない」という声も聞かれました。

100名近い参加者には、長年「あかり」に携わっている“常連”研究者はもちろんのこと、大学院生など若手の新規参加者が多くいたことも、「あかり」データを用いた研究が新しい



バンケット会場となったカレッジの建物の前で集合写真
(提供：JSPS London)

段階に入ったことを印象づけました。最終日に英国の研究者がわざわざ発言を求め、「今まで参加した『あかり』の研究会の中で最もエキサイティングで、充実していた。特に若手の活躍が目覚ましかった」とスピーチしたほどでした。

一方、ESAの「あかり」科学運用の担当者として長年にわたって「あかり」を支えてくれたAlberto Salama氏が一

昨年に他界し出席がかなわなかったことが、充実した研究会ただただにいつそう寂しく感じられてなりません。

研究会の最後に、第4回を2017年ごろに日本で開催することが提案されました。これは、現在進行中の「あかり」データプロダクト作成が完了し、多くの処理済みデータが公開されて解析が進んでいるタイミングです。今回よりさらに多くの参加者によって、新しい成果が発表され、活発な議論が行えるよう、データの作成・公開作業に引き続き努力していきたいと思います。

なお、本研究会の開催に当たっては、JSPS（日本学術振興会）London Symposium Schemeによる支援を頂きました。あらためてお礼申し上げます。(山村一誠)

国際学会「Origins 2014」開催

「Origins 2014」は、国際アストロバイオロジー学会と国際天文学連合バイオアストロノミー分科会の合同で、7月6～11日に奈良県新公会堂の能楽ホールで開催された。それぞれ長い歴史を持つ学会であるが、合同学会は2011年にフランスのモンペリエで初めて開催され、今回が2回目になる。参加者は、日本から113名と海外から248名(30ヶ国)の合計361名と、海外からの参加者が多い。招待講演者は、

2名のノーベル賞受賞者(J. SzostakとA. Yonath)、国際天文学連合会長(N. Kaifu)など22名、豪華な顔ぶれである。招待講演者は滞在費も旅費も本人が負担して参加するのが伝統である。NASA、ESAからも多くの参加者と招待講演があった。

初日の開会講演に続き、2日目はKepler望遠鏡の最新の成果、惑星形成論、惑星のハビタビリティ、宇宙空間で

の有機物合成、キラリティ、隕石や宇宙塵の有機物分析など、天文学や地球科学の分野のセッションが行われた。3日目は宇宙探査を中心としたセッションで、木星氷衛星探査機JUICE、火星探査機MSLのローバCuriosityの成果、ExoMars計画などの報告があった。とりわけ、Curiosityが有機化合物をおそらく検出したという成果は、すでに『Science』誌上で発表されてはいたが、その詳細を聴くことができた。日本からも、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」で有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集を行う「たんばぼ計画」、種子への宇宙環境の影響を調べる実験「Seeds in Space」、次世代赤外線天文衛星SPICA、小惑星探査機



檜造りの能舞台でのA. Yonath博士の講演

「はやぶさ2」などの発表があった。4～6日目は、RNAワールド、合成生物学、分子系統学など生物学関連のセッションが（5日目は4会場並行で）開催された。

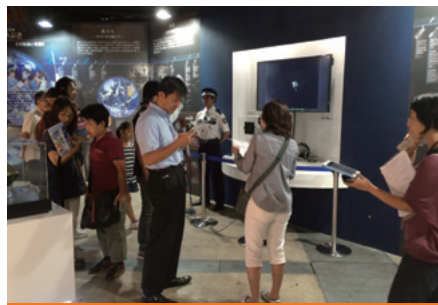
大型台風の接近を心配する毎日であったが、幸い奈良を避けて通り過ぎた。檜の香りの能舞台、開会式での能（高砂）、懇親会での雅楽の演奏など古い日本文化にも触れて、国内外の参加者に大変好評

な学会であった。自然科学研究機構、東京工業大学地球生命研究所（ELSI）、多くの財団とともに、宇宙研にも財政のご支援を頂いた。この場を借りて心から感謝させていただきたい。

（東京薬科大学教授・宇宙研客員教授・宇宙理学委員／山岸明彦）

「宇宙博2014」開催中

JAXAも共催している「宇宙博2014—NASA・JAXAの挑戦」が、幕張メッセの国際展示場で7月19日（土）から9月23日（火・祝）まで開催されています。この特別展は、世界各国を巡回しているNASA公認の展覧会「NASA A HUMAN ADVENTURE」をアジアで初めて開催するもので、日本開催に当たってJAXA展も追加されました。



会場内のイトカワ微粒子の前でNHKラジオ第1放送の「夏休み子ども科学電話相談」に出演中の筆者

展示物は実物や実物大模型が中心で、入り口付近に展開するNASAエリアでは、米ソ冷戦の体制下で技術力の象徴として急ピッチで進められた宇宙開発について、黎明期からスペースシャトルに至る有人宇宙開発に重点を置いて紹介されています。説明文がほとんどないので、資料や前提知識なしにはすぐには理解できませんが、ガイドブックをまず入手するなどしてじっくりと見れば、それが素晴らしい意味を持つものであることが分かります。

一方、新規に制作されたJAXAエリアは、大型展示物の多いNASAエリアとはやや対照的です。例えばロケット関連では、ペンシルロケットやベビーロケットの実機、L-4Sロケットの4段目に相当する「おおすみ」の予備機などはどれも小さなものですが、低予算かつ軍事技術と一線を画しながら進められてきた日本の宇宙開発を象徴しています。イプシロンロケットのサブサイズモーターや再使用ロケットなど、現在進行中の研究開発の成果も取り上げられています。

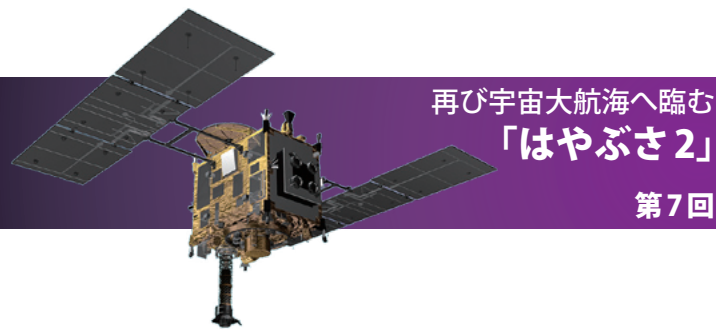
太陽系探査関連では、普段、相模原キャンパス展示室に飾られている小惑星探査機「はやぶさ」と相模原市立博物館に展示されている火星探査機「のぞみ」の熱構造モデルに、初公開となる水星探査計画BepiColomboの水星磁気圏探査機MMOの熱構造モデルが加わり、さらにはソーラー電力セイル実証機イカロスの帆までもが展示さ

れています。金星探査機「あかつき」の熱構造モデルは存在しませんので、ハレー彗星探査機「さきがけ」「すいせい」以後に発展した日本の太陽系探査機の熱構造モデル・フライト予備品が初めて出そろうことになりました。小惑星イトカワの微粒子も、私が行った平日には比較的ゆったりと観察することができました。もちろん天文関係の展示もあります。

JAXA展示のもう一つの目玉は日本実験棟「きぼう」の精巧な実物大模型で、国際協力による宇宙開発を象徴しています。出口付近の書籍やおみやげ品のコーナーも充実していて、つつい散財してしまいそうです。

今回は科学館での企画展とは違い、研究の成果をほとんど盛り込んでもらえませんでした。とはいえ、これだけの規模の特別展示を企画・実現する力のある科学館が少なくなってきたのも事実です。まずは今回の機会をお見逃しなく。

（阪本成一）



小型着陸機 MASCOT

岡田達明 はやぶさ2プロジェクト MASCOT担当

MASCOT (Mobile Asteroid Surface Scout, マスコット) は「はやぶさ2」に搭載される10kg級の小型着陸機で、ドイツとフランスが主体で開発する国際協力機器です。「はやぶさ2」のミッション機器としては大型の部類ではありますが、この中に4台の科学観測機器が所狭しと詰め込まれています。初代「はやぶさ」と同様に「はやぶさ2」でも、探査機からのリモート観測による小惑星のグローバルな特徴の把握と着陸地点の選定、地球に持ち帰った小惑星サンプルの最新・高性能の装置を使用したマイクロで高精度な分析を行います。それに加えて、MASCOTによる小惑星表面の物質や物性のその場観測によって、グローバルなリモート観測とマイクロなサンプル分析をつなぎます。

MASCOTの三大目的は、小惑星上での科学 (Science)、着陸候補地点の表面状態の偵察 (Scouting)、サンプル採取地点の鉱物の産状把握 (Context) です。限られたリソース、“超”短期開発が要求される中で、何度かの変遷を経て、MASCOTに搭載される4機器が選定されました。赤外分光顕微鏡 (MicrOmega)、広視野カメラ (CAM)、熱放射計 (MARA)、磁力計 (MAG) です。MicrOmegaは0.9～3.5 μmに波長を持つ赤外分光顕微鏡で、解像度20 μmで鉱物の種類、水や有機物との相互作用の特徴を調べる主力機器です。CAMは、MASCOTの足元の表面土壌の観察から周辺地形や地質構造を観測する広角カメラです。夜間には4色の発光ダイオード

を順に照らすことによってカラー撮像も行います。MARAはCAMの表面状態の観察と同じ領域に視野を持ち、異なる波長帯の6個のサーモパイル式熱放射計で表面温度や熱物性を調べるほか、物質の違いも調べます。MAGは3成分フラックスゲート磁力計で、小惑星の広域の磁化の特徴を調べます。MicrOmega, CAM, MARAは「はやぶさ2」リモート観測機器の近赤外線分光計 (NIRS3)、光学航法カメラ (ONC)、中間赤外カメラ (TIR) と対応しており、マルチスケールでの観測に適しています。

MASCOTの検討は、ESA (欧州宇宙機関) が公募するコズミックビジョンに日欧協働で提案 (結果は非採択) した小惑星探査機マルコポーロ用着陸機として始まりしました。今年8月にチュリュモフ・ゲラシメンコ彗星に到着したロゼッタ探査機に搭載され、11月に着陸する100kg級着陸機フィラエの小型版でした。その後、日欧協働の継承の証として「はやぶさ2」に搭載することになりましたが、10kg級が限界でした。MASCOTは30cm角で厚さ20cmの直方体をした着陸機本体と、探査機側に残る保持機構で構成されます。低密度で高強度な炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の骨組みに搭載機器がくくり付けられたような構造であり、総重量に対する観測機器の割合が30%に達する高い搭載効率を実現しています。

MASCOTは、小惑星の高度約100mで「はやぶさ2」から投下され、自由落下によって小惑星表面に着地、何度かバウンドして静止します。それ以後は自律運用をスタートします。太陽センサ (太陽電池) と接地センサ (レーザ短距離計) のセットが直方体の各面にあり、それらを用いて自己姿勢を検知し、「正しい姿勢」に起き直って小惑星表面での観測シーケンスを開始します。取得したデータは母船経由 (表面探査小型ローバMINERVA-II用通信系を共有) で地球まで届けます。一連の観測運用が終了すると、最大200mの跳躍力を活かしたホッピングで別の地質構造まで移動し、そこで再び一連の観測シーケンスを行います。起き直りとホッピングは、内部搭載の重り付きアームを回転させることで発生するトルクの反作用によって行います。MASCOTの電源はリチウム一次電池であり、寿命は小惑星日 (7.6時間) でわずか2日分と短命ですが、木星探査機ガリレオの大気プローブ (1時間未満)、土星探査機カッシーニから分離されたタイタン着陸機ホイヘンス (3時間) に比べると長寿命です。

MASCOTのフライトモデルが6月後半になってついに相模原に搬入されました。ドイツ・フランスの開発メンバーに加え、通信機提供を含めた日本側の関係者の皆さまのご協力のたまものです。ここに感謝を述べさせていただきたいと思えます。小惑星表面で活動する本番まではまだ長い道のりが続きます。 (おかだ・たつあき)



図1 MASCOT内部の観測機器 (提供: DLR)

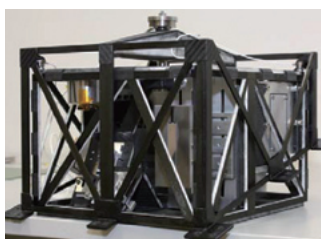


図2 MASCOTの構造 (提供: DLR)

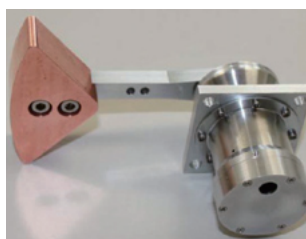


図3 重り付きの回転アーム (提供: DLR)

宇宙開びゃくの姿を見たい

宇宙物理学研究系 助教

松浦周二

—— 専門は赤外線天文学とのことですが、どのような研究をしているのですか。

松浦：宇宙赤外線背景放射（CIB）を観測しています。赤外線宇宙を観測すると、銀河や星が見えますが、そうした天体の向こう側もぼんやり明るく見えます。それがCIBです。宇宙が誕生して数億年後に生まれた宇宙最初の星たちの光ではないかと考えられていますが、まだ確証は得られていません。宇宙初期という言葉にも引かれ、大学院以来、CIBの正体の解明に取り組んできました。

アメリカのCOBE衛星や日本の宇宙赤外線望遠鏡IRTSが、CIBのスペクトルを観測しました。それは理論的に予測される宇宙最初の星たちのものに似ていました。やはり宇宙最初の星の光か！と、ますますのめり込み、赤外線天文衛星「あかり」の観測や、NASAのロケットを使った日本・アメリカ・韓国の共同実験CIBERを計画しました。

—— 人工衛星ではなく、なぜロケット実験なのですか。

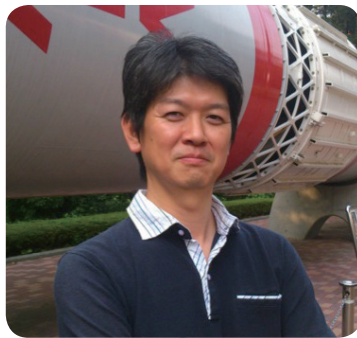
松浦：衛星は計画から打上げまで10年以上かかりますが、ロケット実験は3年ぐらいで実現できます。短期間で成果を得られることは、大きな魅力です。学生と一緒に装置を手づくりし、打上げまで見届けられるロケット実験は、衛星プロジェクトとは違う楽しさもあります。しかし、衛星は数年間観測できますが、ロケット実験は5分ほどです。それでも砂漠で打ち上げるNASAのロケットの場合、装置を回収して繰り返し実験が可能です。CIBERは2009年から2013年まで4回の実験を行いました。

—— 宇宙最初の星の光であることが明らかになったのですか。

松浦：観測されたCIBのスペクトルが、宇宙最初の星の理論的予測とは少し違っていました。結論するには今後の詳しい分析が必要ですが、CIBのすべてが宇宙最初の星からの光というわけではないようです。少しがっかりもしましたが、より真実に近づいたんだ、と思いました。現在、CIBER2実験を計画中です。望遠鏡の口径を現在の10cmから30cmにして詳細に観測します。CIBの大部分を占めるいまだ謎の成分は何なのか、今度こそ見定めることができるはずですよ。

—— CIBER2の先は？

松浦：木星探査を行うソーラー電力セイルでCIBを観測することを計画しています。惑星探査の機会を使った天体観測は、大学院生



まつうら・しゅうじ。1965年、徳島県生まれ。博士(理学)。名古屋大学大学院理学研究科宇宙物理学専攻博士課程修了。新技術開発事業団科学技術特別研究員、米国カリフォルニア工科大学研究員、宇宙研助手を経て、2003年より現職。

のころから温めてきたアイデアです。惑星間空間のちりは太陽光を散乱させて、観測の邪魔になります。この黄道光は太陽系の外側ほど弱くなるので、CIBをクリアに観測できるでしょう。

将来の大型赤外線望遠鏡SPICAでは、最

初の星や銀河が誕生しつつある時代を捉えたいです。SPICAや将来のロケット実験で、宇宙誕生の数秒後にニュートリノが崩壊して出た赤外線を捉える計画も進めています。これを捉えたら、素粒子理論の根幹を揺るがすだけでなく、宇宙誕生直後を目標するというノーベル賞級の成果になるでしょう。

もう一つ、やりたいことがあります。学位を取ってから宇宙研に職を得るまでの間に、新しいアイデアの赤外線(テラヘルツ波)光源を開発しました。その光源を宇宙や地上の望遠鏡に搭載したいという声がいくつか掛かりましたが、残念ながらいずれも不採用で、お蔵入りしています。それを惑星探査に使えないかと、ひそかに考えているところです。ほかの赤外線天文観測技術も、惑星探査、さらには産業や文化に応用していきたいですね。

—— 子どものころから宇宙に興味があったのですか。

松浦：いいえ。壊れた電気製品をいじったりするのが好きで、おもちゃ工場で働きたいとか、レーシングカーのメカニックになりたいと思っていました。今も細かい作業は好きで、子どものおもちゃを直してあげたりもします。時には余計壊してしまい、妻に「不器用ね」と怒られたりもしますが……。

転機は中学生のときでした。ブルーバックスの『マックスウェルの悪魔』を読んで衝撃を受け、時空の成り立ちについて知りたくなり、大学では素粒子論を学びました。今でも一番興味があるのは時空の成り立ちです。だから、宇宙開びゃくの姿を見たいのです。

—— 研究を進める上で心掛けていることはありますか。

松浦：プロジェクトは別にして、個人研究者としては、正統的で標準的なことはやりたくない。エキセントリックでいたいですね。ただし、普段は常識的な人でありたい。私は気が小さく物おじするタイプです。しかし粘り強い。粘り強さは研究には重要ですね。そうでなければ、CIBというマイナーなテーマを追い続けてはこれられないでしょう。

ISAS ニュース No.401 2014.8 ISSN 0285-2861

発行/独立行政法人 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ビピア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

編集後記

昔々、月にもダイナモがあったという話は、流体の世界で磁場の働きを研究している太陽研究者にとってもわくわくする研究最前線の話でした。こんなわくわくする話がある宇宙科学研究は楽しい世界です。(清水敏文)

*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

VEGETABLE OIL INK