

<学生が聴く、日本の惑星探査の過去・現在・未来> 第2回

The planetary explorations of Japan, interviewed by students.

将来計画委員会・惑星探査検討グループ企画

数々の試練を乗り越えて ~火星探査機「のぞみ」の挑戦~

Conquer a various trial! — The challenging voyage of "NOZOMI" Mars explorer—

インタビューワー：倉橋映里香（東大地惑M2）

本企画は、学生による学生の視点からのインタビューを現役の惑星探査に係わる研究者に実施していただき、惑星探査への入門となる事を意図しております。担当していただく学生には事前に当該探査に関して勉強していただいております。インタビュー内容に関しては当企画の編集委員と一緒に検討を行いますが、インタビューは一人で行ってもらいますし、その後のテープ起こし・文章化も学生の方に行っていただいております。このように当企画は担当の学生の方に負う所、極めて大であり、まことに感謝に堪えません。

今回は前回の「ひてん」に続き、現在飛行中の探査計画「のぞみ」に関する記事をお送りします。質問及び執筆は、東大M2の倉橋さんをお願いいたしました。インタビューには「のぞみ」の科学主任でいらっしゃる早川さんにお答えいただきました。探査計画の立案・探査機の製造から、軌道修正にまつわるトラブルとそれを見事に克服していく緊迫感溢れる現場の様子は、「日本のアポロ13」とも言うべき出来事であったと思います。

本稿が、これから惑星探査の門に進まれる総ての方の参考になれば幸いです。

1. 「のぞみ」概説

宇宙科学研究所 (ISAS) が打ち上げた日本初の火星探査機。火星大気と太陽風の相互作用、磁場の観測を主要目的とし、衛星Phobos, Deimosの撮影も行う。1998年7月4日に打ち上げられた。同年12月20日の地球スイングバイ時の加速不足、翌21日の軌道修正時の燃料利用過多により軌道修正を行った結果、到着は1999年10月から2004年1月に延期。現在地球軌道を離れ、火星へ向け順調に航行中。



図1：早川先生と著者

2. インタビュー

(質問：東大 倉橋 返答：ISAS 早川先生)

すでに海外機関によって火星探査が行われている中でなぜ火星を対象にしたのでしょうか？

探査を行うにあたって金星にするか火星にするかは実際のところ迷いました。金星の方はNASAのパイオニアビーナスオービターがすでに十数年データを取っています。一方で、火星の場合は生命探査が主で、大気についての詳しい観測は行われていません。旧ソ連が打ちあげたPHOBOS I, II号が火星周回軌道に入ったときに、大量の酸素が火星から放出されているという誰も考えていなかったようなことが起こっていることがわかりました。そこで、火星の大気ではかなり面白いことが起こっているのではないかということになり、過去にある程度調べられている金星よりは火星の方がより発見が多いだろうということになったのです。

「のぞみ」の企画の推移と、その中で特に苦勞した点について教えてください。

まず、86年に宇宙研内で計画ができました。国の正式

プロジェクトとして認定されたのが92年をはじめです。「のぞみ」はもともと96年打ち上げを目指していました。96年というのは火星に行くのにかなり良いウィンドウだったのですが、ロケット側がまにあわず98年になるかもしれないということになりました。しかし98年というのはあまり良いウィンドウではなく、持っていける重量が96年に比べると急激に減ってしまいます。万が一96年に間に合わなくなった場合、観測機器を十分に持っていけない事態になると困るので98年打ち上げ用に衛星を作製することにしました。かなり重量オーバーしているので、主要観測機器はとにかく持っていき、二次的観測機器は重量によっては搭載できないかもしれないということにしました。

当初は重量が100kgオーバーしていました。とにかく軽くしなくちゃいけないということで、データ処理関係を小さく軽く、そしてまとめられるものはまとめることにしました。そのために、異なるメーカーの機器をひとつにまとめるという捻破りの方法も取り入れました。

一番大きかったのが推進系タンクの重量です。徹底的に軽量するために、燃料もれを防ぐためのチタンを内側だけにして、まわりには強化性プラスチックを取り入れてすごく軽くしました。こういう苦勞の結果、打ち上げ1年前でやっと黒字になりました。推進系だけで考えると最初に比べて70kgの減量です。

ということは、打ち上げ延期がきっかけで軽量化の技術を開発できたとも言えますよね？

そうですね。そういう意味ではそうですね。

軽量化以外は順調に進んだのですか？

ふふふ(笑)。苦勞はとめどなくありました。たとえば、打ち上げ前の機器の単体の振動試験の時に部品の足がぼろぼろになったとか...。そういう苦勞は掃いて捨てるほどありました。

日程的には順調に進んだのでしょうか？

最後の1年間は衛星の総合試験をするのですが、総合試験終了が5月末でなんと予備日0日でした。土曜日は全部つぶれ、毎日朝9時から夜10時くらいまで試験を行い、その後も打ち合わせを続けるというような日々でした。最終的には搬入前日に特製コンテナに「のぞみ」を入れ窒素ガスを充填して、2日かけて陸路で打ち上げ地点の鹿児島まで輸送しました。宇宙研の衛星の場合は保険がかけられないので途中で壊れたらすべて白紙になってしまいます。

打ち上げ後のスイングバイがうまく行かず、予定の軌道を通ることが出来なくなったときの様子を詳しく教えて下さい。

7月8日の打ち上げ後、地球を4周半し、月・地球スイングバイを経て12月20日に火星軌道に投入する予定でした。火星軌道投入のためにエンジンをふかせる場所というのが日本の真裏にあたっていて、日本もアメリカも衛星とコンタクトを取りにくい位置でした。まずアメリカから電話で、衛星との距離変化がとんでもなく変な値を示しているという追跡結果の連絡が入りました。その時点では「アメリカ側が測りそこなったのでは(注:たまにあるそうです...)」とかなり疑って、楽観視していたのですが、次にファックスで詳しいデータが入り、その結果も確かにおかしい値でした。そして最終的に日本が衛星とコンタクトを取ったときに、実際にエンジンの変化量が100m/s足りないことがわかりました。酸化剤バルブがあききっておらず、酸化剤を十分押し出せなかったのです。つまり燃料を予定より多く使ってしまったうえに速度が足りないという状況です。そのため、火星に到着はするけれども周回するために必要な燃料がないという状況になってしまいました。そこで「のぞみ」を救うために軌道計画チームがアイデアを出し合い、1月8日に軌道修正すると火星への軌道に投入できることはわかりましたが、たとえ火星軌道に入れても観測用燃料がなくなるかもしれないということでした。最悪の場合はフライバイのみの観測に

かけるしかないとも思いました。そのような事態の中、軌道計画チームは年末年始の休暇もなく、寝ずに考えてくれました。

軌道変更のための最終会議の前日である1月6日の朝に、「もしかしたら救えるかも」というメールが届きました。しかし、昼過ぎには「朝のメールは忘れてくれ」という連絡が再び届きました。その後、やはり解がありそうだという連絡が入り、その解によれば1月8日には軌道変更してはいけないということで、確認のためほかの人による再計算が行われました。そして、最終的に軌道変更中止を1月8日午後に決定しました。本当に生きた心地がしませんでした。軌道計画は基本的にアイデアの世界ですね。普通はダメになるところだったと思います。本当にすごいですよ。

新軌道の発案者は救世主としてその後持ち上げられたりしましたか？

いえいえ、変わりません。(笑)

「のぞみ」は火星到着後、少なくとも地球の2年間は観測を続ける予定とのことですが、そのときの燃料などはどのようにしているのですか？

それはなんとかあります。火星軌道に入ってから姿勢制御などだけであまり燃料は使わないので、余裕はないけれども予定通り火星に到着すれば2年間くらいは観測に支障はないでしょう。

「のぞみ」に搭載されている機器にはアメリカ・スウェーデンなど多くの国が関わっていますが、国際協力をする際の長所と短所を教えてください。

長所は日本が持っていない技術を使えることです。ね。海外の研究者と技術交換ができますし、短所は国や機関によってやりがちがうので、科学とは関係ない所で手間がかかりますね。海外と協力するとMOUという書類を作成し締結しなければならず時間がかかります。あとはやはり言語の違いでしょうか。

今現在「のぞみ」はどのような観測を行っているのですか？

磁場やプラズマ(10eV以上の高エネルギー)などを観測しています。アンテナを使用する機器は火星軌道投入後でないと伸展が出来ないためまだ行っていません。また、観測対象が十分でないものもまだです。それ以外のものは測定を開始しています。例えば太陽圏周辺の星間物質(水素・ヘリウム)についての観測を行っています。また、ダスト計測器は打ち上げ後1週間くらいから観測を開始しました。

ESAのマーズエクスプレスと国際共同観測をする計画があるとのことですが？

マーズエクスプレスは2003年6月に打ち上げ予定で、火星到着が「のぞみ」とほとんど同時期です。「1+1は2ではない、1にもなるし10にもなる。せっかくだから10にしよう。」ということで、何が出来るかを年1回のワークショップを開いて検討しています。マーズエクスプレスのターゲットは固体の火星ですが、「のぞみ」と同じような測定器ももっているため、お互いに協力することが可能です。1地点のみに比べ2地点での測定はかなり大きな成果になります。例えば、惑星大気中と大気外での状態を同時に測定できたりします。初めはお互いに不安があったのですが、考えてみると結構協力できるのではということになりました。

ESAのマーズエクスプレスは固体重視だから日本の固体惑星系の人とも協力したいと思っているようです。惑星科学会でも興味を持つ人がいれば是非参加してほしいと思います。

ESAとの協力の話がでたのはいつ頃からですか？

具体的な話がでたのは1年半くらい前です。観測内容や研究者のやりとり、お金の工面方法等を今話し合っています。ESAの方では衛星打ち上げ前から日本と協力したいと考えています。そういう意味では「のぞみ」のプロジェクトに関わらずもっと広い範囲での協力

体制を考えています。惑星科学会にとってはおいしい企画になるのではないのでしょうか。

観測を終えた後「のぞみ」はどうなるのですか？

燃料の切れ目が緑の切れ目です。地球へ通信するための姿勢変更が出来なくなった所でおしまいです。火星は衛星等を地表に落としてはいけないという決まりがあるので、最終的には近火点を500kmまであげて火星上に落ちないようにします。そのための燃料は取っておかなくてはならないので、最終的には工学系vs科学系でいつその為の軌道変更をするかを相談しなくてはなりません。

先生から見た『ずばり「のぞみ」のウリ』は何でしょうか？

火星は幸か不幸かみんな生命探査なんですね。だから火星到着が4年遅れてもライバルがいません。「のぞみ」で大気と太陽風の相互作用がわかれば大気がどのように消失したかがわかり、そうすると過去にさかのぼることができます。大気の散逸から水の散逸にもつながりますから、生命の有無にもつなげられるかもしれません。

ここからは一般的な質問についてお答え頂きたいと思います。

「のぞみ」の名はどうやって決めたのですか？

宇宙研の場合は実験班員から募集、あるいは日本中から公募します。そして最終的に2・3個にしぼって、偉い人が選びます。「のぞみ」は文部大臣が最終的に選びました。

いつ名づけるのですか？

宇宙研の場合、地球を一周したら衛星として成功したと認めます。アメリカは地球半周で成功としているので、日本としてはまだ成功していないのに途中で「Congratulation!」と言われたりしました。「のぞみ」の

場合は一周した後に観測機器のチェックや軌道修正等を行ったので、かなりあわただしかったですね。

一般募集したネームプレートのアイデアはどのように出されたのですか？

宇宙研的川先生が発案者です。一般の人の関心を集めるのが目的です。いかにして軽量化するかギリギリしている中で、衛星のバランスをとるところに貼るならばなんとかなるということでOKしました。最終的に27万人分の名前を入れたアルミ箔10枚(10g強くらい)を貼り付けました。あとにして思えばすごく良い企画だったと思います。やっている最中にはわずらわしかったです(笑)。

今後も同じような企画をとり入れる予定ですか？

そうですね。毎回同じではないと思いますが、人々の関心を集めるためには重要なことですね。

先生にとっての夢は何でしょうか？

実はすでにのめりこんでいるものがあります。2009年ESAと協力して水星探査を打ち上げる計画を立てており、現在宇宙研内の審査待ちです。うまくいけば2012年到着予定です。水星探査はマリナー10のスイングバイ3回しかなく、地上観測でも無理があります。太陽の方向を向くということでほとんどデータがないのです。水星は半径2400kmほどなのに磁場があることがわかっており、今度の企画は水星の形成進化を明らかにするのが目的です。大気がないので地球とは異なることがおこっているかもしれません。実は日本単独では厳しいとあきらめていたのですが、ESAから2年前くらいに協力の打診がありました。去年4月くらいから実際に動き出し、去年9月ESAでベピコロポ計画として正式認定されました。周回機2機とランダー1機を用いる予定で、磁気圏観測を日本が担当します。水星は近日点では太陽からの熱入力が地球の11倍あるので、その熱をどうするかが検討課題です。

日本の惑星科学会の未来について一言お願いします。

人材育成の面などを含め惑星探査のミッションに関して、もっと惑星科学会に中心になって欲しいと思っています。データを待っているだけではだめで、自分たちで作っていきける技術を持つべきです。そのためにも、若手の人々には是非積極的に惑星探査ミッションに参加してほしいと思います。今はESAが協力要請していることもあり、とても良いチャンスだと思います。惑星科学会がやらなくてどこがやるのか、惑星探査がやりたくて作った学会ではないのかとも思うので、今後大いに期待しています。

3. インタビューを終えて

「探査機「のぞみ」火星到着4年以上遅れ ～事実上失敗の見方も～(1999.1.13. 日経新聞)」この記事を目にした時のことをよく覚えています。火星探査機

「のぞみ」は私にとって初めて身近に感じられた衛星です。新聞で知った「自分の名前を火星へ」という企画に飛びついて応募したのがきっかけで、めでたきの川先生の思惑にまんまとはまった(?)27万人の1人となりました。今回「のぞみ」の生みの親である宇宙研の先生から直接お話をお聞きできるチャンスに恵まれ、大変楽しみにしていました。特に最大の難関であった軽量化と軌道修正の件については、聞いているだけでハラハラドキドキしてしまうような臨場感あふれるお話をお聞きすることができました。そのときの緊張感を紙面を通して皆様に少しでも感じていただけたら幸いです。「のぞみ」は数々の試練を乗り越えて地球を出発し、たくさんの夢と様々な可能性を秘めて火星へ向かっています。今後、「のぞみ」から送られてくるデータによってどのような大発見が生まれるかを楽しみにしつつ、2004年の火星到着を心待ちにしたいと思います。

最後になりましたが、2時間もの長いインタビューにも関わらず気さくにお話してくださった早川先生、御協



図2: MIC初画像「地球と月」:

7月18日(土曜日)日本時間17時39分 RGB合成、「のぞみ」と地球までの距離は約168100 km, 月までの距離は約535300km (宇宙科学研究所「のぞみ」搭載可視カメラ(MIC)撮影)

力して下さった当企画の編集員の皆様，将来検討惑星探査グループの皆様，遊星人編集部の方々に，心より御礼申し上げます。

人物紹介

早川 基 : 宇宙科学研究所 太陽系プラズマ研究系 助教授「のぞみ」科学主任。惑星磁気圏の物理現象の研究，飛翔体搭載用中性粒子質量分析機の開発等に取り組み，惑星探査の最前線で活躍されている。

倉橋 映里香 : 早稲田大卒。東京大学大学院地球惑星科学専攻修士2年。現在，宇宙風化作用に関する研究で，既にco-authorとして論文実績有り (Nature 410, 555-557)。現在は修士論文を執筆中。来年度は博士課程に進学予定。試料分析系へも研究の幅を広げる予定で，今後の日本の惑星探査の担い手として活躍が大いに期待される。