

# すばる火星画像について Astro-HS の取り組み

鈴木 文二 ( 埼玉県立三郷工業技術高校 )

## 要旨

2003年8月に起こった「火星大接近」は、天文ファンのみならず多くの人々の関心を集めた。高校生天体観測ネットワーク(Astro-HS)では、この火星を今年度の観測テーマとし、「すばる」を用いての火星観測の実現、およびそのデータの教育・普及利用を計画の中で強く打ち出してきた。その結果、一定の制約条件があるものの、広報用の JPEG スタイルの画像ではなく、赤外域の FITS 画像が高校生のために提供された。この中には地球惑星科学に関する貴重なデータも含まれている。現在、高校生グループおよびその指導者たちによって、解析が進められている。

## Astro-HS の概略

「しし座流星群を、多くの生徒たちに体験させたい。平日の夜の観測なので、何とか公欠をとって暗い条件の空で見せたい」。天文教育・普及にたずさわる人たち、天文学の最前線にいる研究者、そして日本天文学会をはじめ国内の多くの学会、研究会の支援を得て、実行委員会(Leonids'98)が1998年5月に発足した。この年に日本での大出現こそなかったものの、その活動は翌年の Leonids'99 に引き継がれ、世界23ヶ国の参加による観測会が実施された。2000年度からは、しし座流星群以外の観測テーマも含めるようになり、高校生天体観測ネットワーク(Astro-HS)と名前を変えて現在に至っている。2003年9月末時点で、延べ参加グループ数は1,000を超え、参加人数は11,000名を超えている。なお2001年度から、こども夢基金の助成金を受けている。今年度の観測テーマは、「水星の日面通過」、「火星大接近」、「ペルセウス座流星群」である。



Astro-HS の 2003 年度ポスター  
(火星と「すばる」、「のぞみ」が  
デザインされている)

## 「すばる」への道

「『すばる』を使って、教育・普及に活用できるデータをとれないだろうか」という声、要望は、最近になって様々な形で具体的な声として聞かれるようになった。そして、実際に正規にプロポーザルを出した例もある。その中で大きな動きとしては、JAHOU(日本ハンズオンユニバース協会)と PAOFITS グループである。前者は「すばる」望遠鏡の教育利用に関して具体的な要望書を作成し、後者は「すばる」なくては実現し得ない教材を提案、開発し続けている。

Astro-HS のスタンスは、年度毎に提起される観測会に関連する、「すばる」のイベントの運用である。2002年12月に開催された「すばる専門委員会」に参加し、観測装置の状

況、ユーザズミーティングの報告、共同利用の状況、さらには将来計画について、多岐にわたる論議を聞いた。研究者が非常に苦労して観測装置を立ち上げている様子や、熾烈なプロポーザル採択競争の様子がよくわかった。「『すばる』は世界一の研究を目指すのだ」という雰囲気の中で教育利用の提案をすることは、なかなか勇気と戦略が必要なことであると感じた。今回の「火星」は、広報用としてNHKが独占的に行っている画像配信だけでなく、物理量を取り出せる画像の提供を望むというものであった。

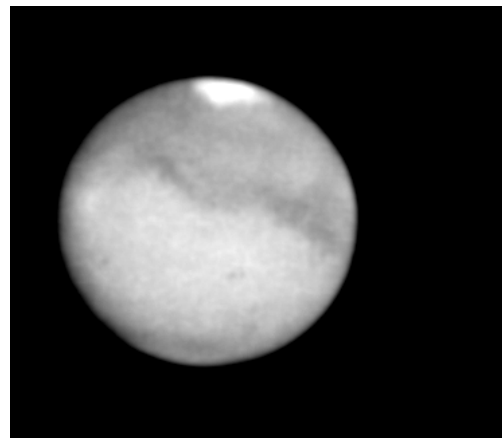
その後、翌年3月中旬には、JAHOU, PAOFITS, Astro-HSの連名で要望書を提出、4月上旬には、PAOFITS有志教員がハワイ観測所訪問するなど、「『すばる』を教育・普及に」という動きが、急速に高まっていった。しかし現実として、分刻みの観測スケジュールが組まれている中で、教育・普及のための観測をどこに組み入れていくかは、難しい問題であった。一方で、2003年の天文界の話題を独占する「火星大接近」は、ハワイ観測所の広報テーマとして、悪くない対象だった。Astro-HSからは、「高校生ネットワークからの協力のお願ひ」が観測所へ伝えられ、度重なるやりとりが続いていた。そして、火星大接近の日程が迫るにつれ、現実的な問題として協議されるようになった。「すばる」のデータは、観測者の優先権を確保するため、観測後18ヶ月以降でないと公開されない。観測者ではない高校生グループに、データを提供するためには、特例として公式的に了解されなくてはならない。そのために、

- ・不特定多数へのデータ提供でないこと
- ・教育利用として限定されること

前者については、Astro-HSに登録したグループに限定して公開すること、後者については、高校生グループとその指導者が行う研究に限るという条件をつけた。三鷹の広報普及室を中心に調整が進められ、火星が最接近する8月27日前後にデータが取得される見込みとなり、国立天文台内の了承もとられた。全体計画が明らかになったのは、8月初旬のことである。

### すばる火星画像の公開

最接近前後の観測に使用された機器は、IRCS (Infrared Camera and Spectrograph) で、撮像のみの観測となった。その観測の一週間ほど前に、NHKのハイビジョンカメラによる可視域撮像がテレビで公開された。この動画から静止画を作成し、高校生グループに公開するという了解を得て、まず最初にこのデータが届けられた。続いて、「すばる」に装着する機器の動作テストの際に撮られた画像が、ハワイ観測所の好意によって提供されることになった。COMICS (Cooled Mid-Infrared Camera and Spectrograph)、CIAO (Coronagraphic Imager with Adaptive Optics) によるものである。



NHK ハイビジョン画像  
(国立天文台ホームページより)

観測データは、「生データ」のままでは校正すべき手続きが複雑すぎる。そこで、ハワイ観測所のスタッフによって、あるいはAstro-HSのスタッフによって、必要な画像処理を終えてから、Webサイトで公開された。そのため、すべての画像が揃ったのは、9月半ば過ぎであった。「高校生が自らの望遠鏡でとらえた火星」と「『すばる』がとらえた火星」を、時間的にリンクさせられるようなイベントを企画していたが、それは不可能であった。また、

さまざまな観測会が予定されていた夏休みは全国的に悪天候であり、高校生が自分たちの手によるデータを、なかなかとれなかったことは、予期せぬマイナス要因となった。

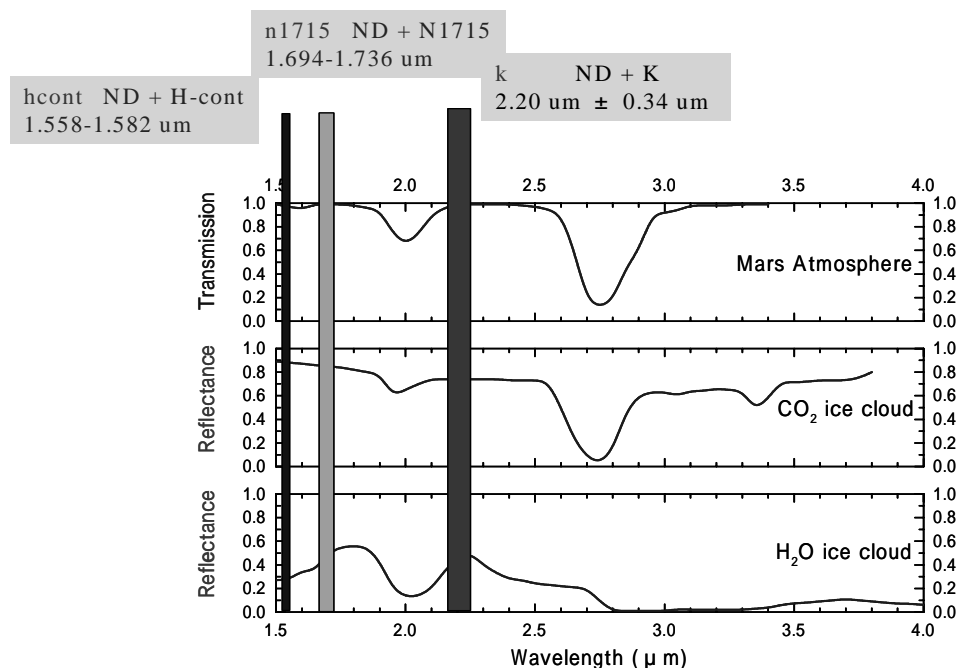
なお、FITS 画像の解析は、本集録に紹介されている「マカリ - Makali'i - 」を推奨している。

### 提供された火星画像のプレビュー

提供された画像からは、様々な火星の物理量が得られると思われるが、ここでは、その一例を紹介したいと思う。

#### (1) IRCS から得られる水の氷雲の分布

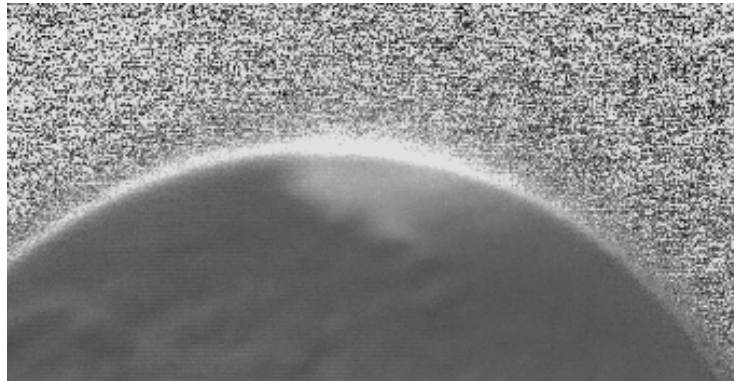
火星の極冠は二酸化炭素(ドライアイス)から成っているとされるが、その下層には水の氷も存在すると考えられている。ガンマ線を使った探査機の観測から、その分布情報はある程度わかっている。今回の接近では火星の南極冠が良く見えていたが、南半球が夏を迎えるにつれて極冠が縮小していく様子が、高校生の観測からもとらえられている。表面を覆っている二酸化炭素の昇華によって下層にある水も昇華し、大気圧の低い火星環境では氷雲を生じる。水と二酸化炭素の氷雲の区別は可視域では難しいが、近赤外域ではそれぞれの反射率の高低により分離できるため、適切な狭帯域フィルタを用いればよい。下図は使用したフィルタの規格と Bell, J. F, et al., (Detection and monitoring of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> ice clouds on Mars, Journal of Geophysical Research., 101,9,227-9,237, 1996)によって調査されている氷雲の性質を表したものである。IRCS での撮像は、これを考慮して三種類の波長が使われた。



上段は火星大気の透過率、中段は二酸化炭素の反射率、下段は水の氷の反射率である。図は、Bell et al. を元にトレースしたものであり、オリジナルとは若干の相違がある。フィルタの波長域は「すばる」のホームページに掲載されている仕様を元に、その半値幅をあらわしている。

このうち、hcont と n1715 のフィルタの波長域では、水の氷の反射率が 2 倍程度異なり、大気の透過率、二酸化炭素の氷の反射率は大きく違わない。そのため、ふたつのフィルタで

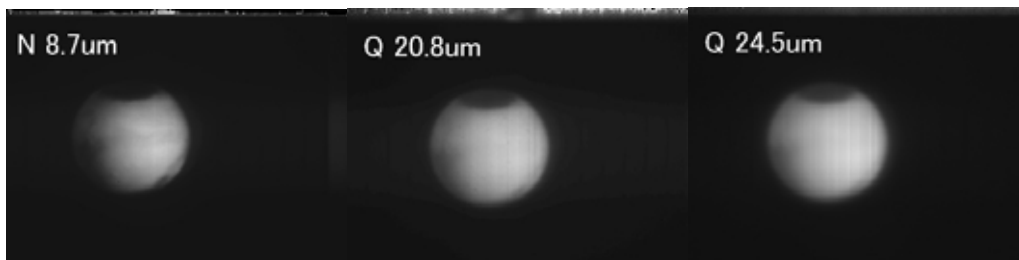
捉えられた画像を比較することによって、水の氷雲の分布を推定することが可能である。実際には、両画像の除算で可視化することができる。



IRCS から得られた画像から求めた、南極冠近傍の水の氷雲の分布。図中の白い部分がそれに相当する。

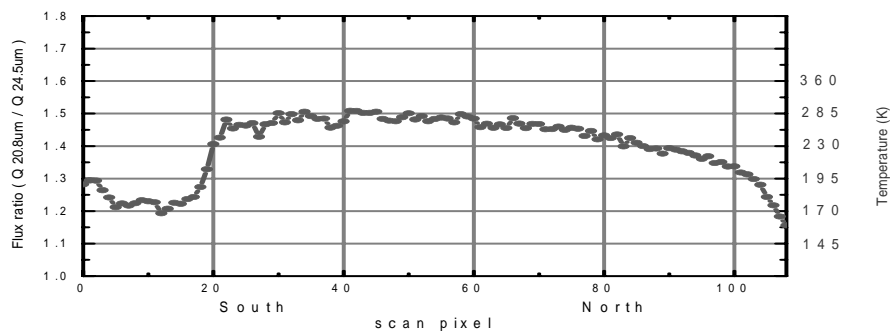
## (2) COMICS から得られる火星の温度分布

中間赤外域の観測は、火星にとって太陽光の反射よりも、熱放射が卓越する波長域となる。火星と地球の環境比較をする上で、この観測から得られる温度情報は、興味深いテーマとなる。実際の観測は、6月15日に実施され、N-band 8.7 ミクロンから Q-band 24.5 ミクロンの間の 10 波長であった。下図はそのうちの 8.7, 20.8, および 24.5 ミクロンの画像である。



N-band 8.7 ミクロンは太陽光の反射が強く、衝より 2 ヶ月前であるため、左側が欠けて写っている。Q-band 20.8, 24.5 は、ほとんど熱放射であるので、ほぼ円形に写っている。

プランクの式から 20.8, 24.5 ミクロンにおけるフラックス比を計算しておけば、得られた画像から温度を推定できる。下の図は南極冠を含んだ経度方向のプロファイルに沿って求めた温度分布の一例である。



左の縦軸は Q-band 20.8, 24.5 のフラックスの比、右側の軸は温度である。

得られた温度分布は、探査機 Viking の測定とよく一致している。もちろん、画像演算で火星全面の温度分布も求められる。それによると可視光で得られている模様と、かなり異なる「温度模様」が得られている。また N-band 8.7 ミクロンで、夜側となって欠けている火星表面の画像と、Q-band との比較から、岩石比熱を推定するデータが得られている。

### すばるへの期待

日本の探査機「のぞみ」は、残念ながら火星へ投入できずに終わったが、米欧の探査機は順調に航行しており、火星の最新のデータを探れるだろう。その結果と、IRCS, COMICS などから得られた画像、そして地球のリモートセンシング結果などを比較することによって、比較惑星学の新しい教材が期待できる。火星観測が、その表面模様を追っていた時代から、今回の観測は飛躍的な第一歩であると言える。

他の分野の研究施設、装置と比較すると、「すばる」に限らず、天文分野のアウトリーチは、高いと言えるかもしれない。ところが一方では、行政の財政悪化などによって、プラネタリウム、公開天文台の縮小、閉鎖があちこちで起こっている。こうした中で、「すばる」に期待されるのは、天文界のシンボルとして、天文に関するコミュニティが、総力をあげて教育・普及に取り組んでいる姿勢を示すことだと考える。

研究者のプロポーザルの評価ポイントに、「その観測が、『すばる』を使わなければならないものかどうか」ということがある。その意味では、教育利用として要望する観測テーマの中には、公開天文台の中口径の望遠鏡で十分達成可能なテーマもあるかと思われる。しかし、「すばる」が、研究者とともに、こちらを向くという事実は、まぎれもなく衝撃的で、子どもたちに、大きな夢を与える出来事である。

PAOFITS をはじめ、支援できるコミュニティが存在する天文学は、むしろ恵まれていると言われる。そして、それを最大限に生かすことによって、天文学は 21 世紀の自然科学のリーダーとして、多くの分野に影響を与えることができるのではないかと思う。わたしたちが、「すばる」に求めるのは、時代の先駆者としての取り組みでもある。

### 謝 辞

今回の火星観測においては、唐牛所長を始め、すばる観測所スタッフの皆さんには、大変お世話になった。また、すばる観測所と Astro-HS をつなぐ架け橋として、国立天文台広報普及室のスタッフの皆さんからは、多大な協力を頂いた。この場を借りて深く感謝の意を表したい。さらに、観測のバックグラウンドに関して、東亜天文学会の安達誠氏、西はりま天文台の時政典孝氏、会津大学の出村裕英氏、京都大学の中串孝志氏、福岡大学の竹内覚氏には有益な議論をして頂いた、合わせて感謝したい。