

特集「広報・アウトリーチ」

火星共同観測が目指したもの

時政 典孝¹

(要旨) 1998年7月、日本で初めての惑星探査機Planet-B「のぞみ」が火星へ向けて打ち上げられた。のぞみに搭載されたMIC(Mars Imaging Camera:可視光撮像装置)による科学観測を補う地上からの支援観測と、のぞみから得られる様々な情報の交換と公開を目的として、探査計画が本格化した1997年に共同観測を発足した。共同観測のメンバーは、MICによる科学観測をめざす研究者と、公開天文台職員やアマチュア天文家である。発足以来、火星が地球へ接近した1997年、1999年、2001年、2003年の4期間にわたって、火星の共同観測を実施した。ミッションは、のぞみを火星周回軌道にのせられなかったが、4期間の共同観測の実施によって、メンバーの間に観測技術や火星の科学について議論が交わされた。また、研究者が、市民の「知りたい」という要望に触れる機会を作ることができた。公開天文台職員やアマチュア天文家は、市民への、のぞみの科学目的や、火星画像を公開することができた。

1. はじめに

1990年代の初めは、日本の天文科学教育の転換期であった。その最も大きな要素の1つは「情報の公開」である。これを後押しするいくつかの事項が発展した。それは、

- 1: 急速なインターネットの一般普及
- 2: 科学研究情報の一般公開の必要性
- 3: 天文教育普及施設の増加

である。インターネットが急速に普及し、家庭のパソコンで、最新の科学情報を個人のニーズで選択し閲覧できるようになった。社会教育に携わる私たちは、いかにこのツールを使って、どのような情報を発信するのかを模索するとともに、回答を出すことが急務となっていた。

従来は、科学研究は科学者にのみ情報が交換されるもので、研究結果こそ公開されていたものの、それを市民へ詳しく解説したり、観測の方法や技術を公開し

たりすることは無かった。それが、1990年代ごろから、科学研究を行うには、市民の理解を得て、結果を分かりやすく伝える義務が生じる、と考える世の中へと変わっていった。

1990年代には、プラネタリウム館や公開天文台、科学館が、社会教育や生涯教育の場として、多くの自治体に建設された。これらの施設には、市民が好奇心を持って訪れ、展示や実物を見ることで、新しい科学研究の成果へ期待を寄せた。

研究者は得られた科学成果の情報公開を行う。市民はこれを受けて科学の内容を理解し、更なる研究発展を望む。こうした循環型の科学、市民参加型の科学とも言うべき風潮が起り始めた時代であったと考える。そんな情勢の中で、私は、科学者と教育者が、連携を取って情報公開を行う必要性を感じていた。

2. 火星観測との出会い

1992年から兵庫県立西はりま天文台公園(現:兵庫県立大西はりま天文台)で研究員として務めていた私

1. 佐用町総務課(元兵庫県立西はりま天文台公園研究員)
solartoki@gmail.com

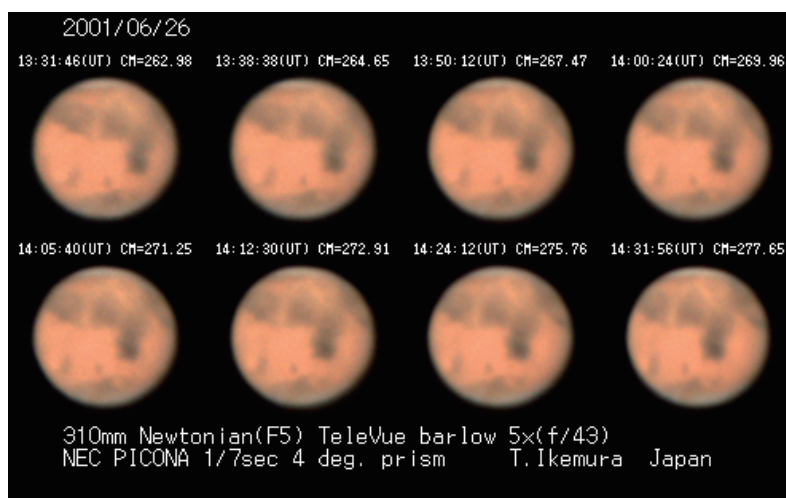


図1：地上からの火星像：池村俊彦氏撮影

は、太陽観測研究の師としてお世話になった久保田諄氏とともに、観測と解析を進めていた。研究の基礎データとなる観測は、年に1, 2回程度、京都大学附属飛騨天文台で行った。当時、飛騨天文台では、太陽観測の他に65センチ屈折望遠鏡で惑星観測と、60センチ反射望遠鏡で宇宙の観測も行われていた。太陽観測者は、昼間の観測を終え、天文台の食堂で夕食をとるが、夜の観測者は夕飯をとって観測を始める。夕食を囲んでそれぞれの分野の研究の話題に花が咲くのだが、その場で、火星の地上観測から火星の気象を研究する京都大学の赤羽徳英氏と出会った。

私は、公開天文台の業務として、火星が地球へ接近するたびに、いかに良い画像を得るか試行錯誤していたので、赤羽氏に火星の観測の方法を教わった。また、赤羽氏は、良像から分かる火星面上のさまざまな気象現象や、未だ解決されていない、火星面上の現象について惜しみなく語った。

私はその話を聞き、火星観測に興味を抱いた。太陽観測で訪れていた飛騨天文台だが、観測は昼間なので、夜間は休みを取る。そこで、明け方に行われた赤羽さんの火星観測を見学し、その手法を目で確かめた。

西はりま天文台には、当時主力だったカセグレン式60センチ反射望遠鏡があった。シーイングの影響や光量、また観測機器の装着の上で、惑星観測にはこの上ない望遠鏡だ。しかし、なかなか備品購入の希望が通らない天文台公園会計であったため、専用のカメラは準備できない。やむなく既存のカメラや拡大光学系

を流用して惑星観測の準備をした。貧弱な拡大光学系のアタッチメントに対して、重いカメラを使ったため、どうしてもカメラが傾いてしまう。カメラをビニールヒモで望遠鏡側へ引っ張る工夫をした。

初めて観測したのは1997年の2月、火星は、その年の春に中接近を控えていた。まだ視直径の小さかった火星に望遠鏡を向けたが、冬のシーイングの悪い空にも影響され、火星表面の模様は分からなかった。3月になると視直径が大きくなり、シーイングも落ち着いて模様が分かるようになってきた。そして観測テーマとなる雲や霧も観測できた。火星の山や盆地の地形も、火星儀の説明通り画像で分かる。たいへん嬉しい成果に、火星を観望に訪れたお客様への語りかけに力が入る。正しい知識を伝えられる。何より、それが見えてどう楽しいのかを伝えられる。

3. 関心の高い惑星

私の研究テーマの太陽観測が、西はりま天文台の望遠鏡では、専門的な観測が行えなかったため、私は何か自前の設備で研究できるテーマは無いか模索していた。私の関心は、赤羽氏から見聞きした火星観測に傾いた。

私たちは、天文学で得られた天文の知識を、一般のかたがたへ伝えるために、話をしたり、記事にしたりして紹介する。太陽系外の恒星や星雲・銀河などは、一般のかたにその世界観や構造を話さないと、理解し

てもらえないことが多い。一方で、惑星は、ほとんどのかたが太陽系の構造を知識として持っていて、火星、木星と切り出しても理解が早い。

地球と同じ太陽を巡る惑星。探査機が近づいて未知の美しい世界を見せてくれ、そして謎も多い。地球環境を語るにも、比較惑星学を通じて話すと、過酷な宇宙空間にあって、いかに地球の環境が大切なものなのかを語ることもできる。一般のかたは、こうした身近な惑星に、好奇心が駆り立てられるのだろう。公開天文台で研究観測し、成果を上げてそれを普及したり、第一線の科学者から入る科学情報を伝えたりするのに、これほど魅力的な天体は無い。

4. 日本初の惑星探査の魅力

火星観測を始め、赤羽氏と情報交換するうち、興味深い話を聞いた。日本で初めての惑星探査機を火星に向けて送り出すというのだ。この話を聞いて、私は「市民へ火星に関心を持ってもらうチャンスだ」と沸き立った。これまで、アメリカを台頭にロシアが惑星観測を行ってきたが、それを日本が初めて実行するのだ。「初」というのは、聞こえが良い。しかも火星へ向かうとなると、地球の環境に近い火星のさまざまな気象現象が、日本の探査機によって明かされる。そんな夢のようなことが起これば、きっと多くの方が火星のことを知りたがるに違いない、と考えたのだ。さらに、この探査機は、一部の火星表面だけでなく、火星全球や衛星の観測も行えるよう、長い楕円軌道で火星を回ることが特徴であった。火星に近づけば火星の細部が見えるが、全体は見えない。「それを地上からの望遠鏡観測で補おう」と赤羽氏は考えていた。

飛騨天文台に観測滞在したときの夕食で、赤羽氏からその話を持ちかけられた。赤羽氏の考えは、西はりま天文台を中心に数箇所天文台で観測してほしい、という内容であった。しかし、私は、情報公開による天文学の普及へ、この観測を取り入れることを思い立った。のぞみの科学観測を全国の社会教育施設、アマチュア天文家、科学者が一体となってサポートできないかと考えたのである。

5. 火星観測の呼びかけ

1990年代初めは、多くの公開天文台が建設ラッシュとなっていた。40cm, 50cmの口径の望遠鏡をパソコンで制御し、デジタルのカメラで撮影ができる。みな、「オリジナルのすばらしい天体画像をお届けする」と詠っていた。そこで働く所員、研究員は、その目的を達成すべく、さまざまな研究テーマや、観測から何ができるかを模索していた。私は、のぞみの支援観測を、「公開天文台の観測テーマとして最高のチャンスだ」と考えた。国内に林立する望遠鏡で観測できることは、天候によるデータの欠損を補うことができる。また、公開天文台のスタッフとアマチュア天文家、科学者の3者をつなぐことができれば、たくさんのメリットが生まれる。それは、

- 1：公開天文台スタッフ、アマチュア観測家の観測技術のスキルアップと火星研究の知識向上
 - 2：3者交流による観測網の拡大
 - 3：第一線の火星研究を市民へ情報提供できる
- である。

私は赤羽氏と相談し、図2のような、観測と情報公開と人のつながりを計画し、1996年に愛知県東栄町で開催された、天体観測施設の会で呼びかけた。計画の名は「火星共同観測」とした。

また同年11月には火星共同観測をはじめめるにあたっての研究会を開催した。火星観測のための観測方法、何を観測するのか、火星面に起こる気象現象を、関心のある方とともに学んだ。

さらに、研究会で話し合われた内容を編集しプリントして、火星共同観測のマニュアルを制作し、関心のある方へ配布した。

こうした火星観測の呼びかけに、全国各地の公開天文台職員やアマチュア観測家、火星研究者が参加を表明し、1997年の火星の地球接近へ向けた共同観測の取り組みが始まった。

2001年までの共同観測では観測者へ画像提供を求めてきたが、2003年の火星大接近では、別の教育普及活動である「火星観測週間」が動いており、私はその活動の中で、多くのアマチュア観測家と情報交換ができるようになった。そして、アマチュアの惑星観測グループである月惑星研究会の協力により、海外の観

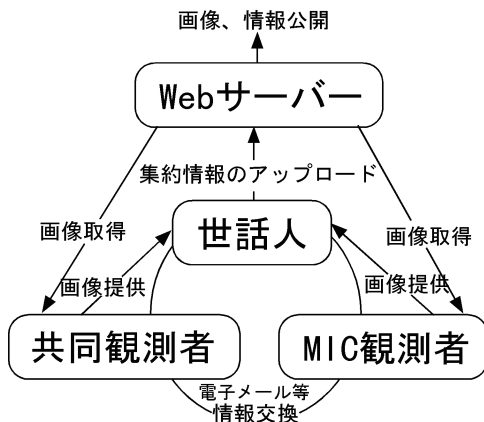


図2：火星共同観測の連絡と情報公開の体系。

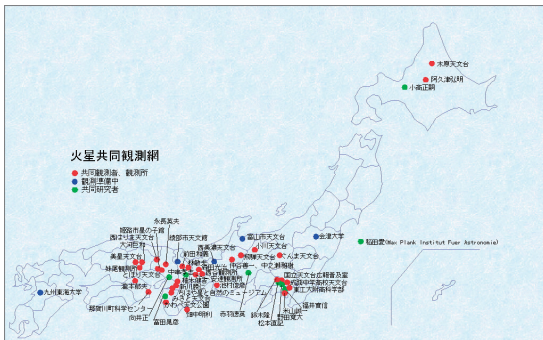


図3：2003年の火星共同観測参加者の国内配置。

測者も加わって画像が提供されるようになった。火星は24時間39分で自転しているので、日本とヨーロッパでは同じ日に見える火星面経度が約180度異なるのだ。海外の観測者の協力によって、日本が昼間の時間帯でも火星の画像が入手できるようになった。

6. 共同観測の目的

これまで共同観測を行うに至った経緯の中で話した火星共同観測の目的を、まとめると、

(a) MICとの共同観測

火星探査機「のぞみ」の観測装置の1つ、MIC(Mars Imaging Camera：可視光撮像装置)は、火星の周回軌道上で、楕円軌道を活かしたさまざまな観測計画が提案された。しかしその反面、カメラを自由に向けられないため、常に火星表面の観測を行えない。これでは火星全面画像を得られても、その撮像前後に起こって

いる火星表面の気象現象を把握できない。また、MICによる火星表面の撮像では、高精細な画像は得られるものの、周囲の様子がわからない。これらMICのウィークポイントを補うべく、研究観測の支援を目的とした地上望遠鏡の可視光撮像による共同観測を行う。

(b) 複数観測地によるデータ補完

複数地点からの観測によって、悪天候で観測が欠如する割合を少なくすることができ、時間変動する火星の気象を把握することができる。

(c) 火星観測と惑星科学のスタディー

惑星科学研究者の参加によって、火星面現象の科学的質疑議論を行ったり、観測経験豊かなアマチュア天文家の参加によって、観測技術や観測手法の情報交換を行ったりすることができる。公開天文台スタッフには、惑星の科学や観測に精通する者が少なく、火星の地上観測についてさまざまな経験を積むことができる。

(d) 火星の情報の普及と画像の公開

得られる火星画像や火星探査機「のぞみ」の情報を公開することで、市民のふくらむ関心に効果的に応えることができる。社会教育施設では、情報をいち早く提供することに期待が込められており、有意義な活動を行うことができると考える。

これらを目的として、参加した観測者が情報の交換を行った。

7. 観測方法

なるべく多くの共同観測参加と火星画像の提供が望めるよう、観測方法にはなるべく制限を設けず、さまざまな方法を提示している。

- ・CCDカメラによる観測
- ・デジタルカメラによる観測
- ・写真観測
- ・ビデオカメラによる観測
- ・スケッチ観測
- ・スペクトル観測
- ・偏光観測

スケッチ観測は、熟練したアマチュア観測家には、シーイングの良い瞬間を書き込めるので、その日の火星面気象現象を細かく捉えられる手法で、異常現象があれば最も早く察知できる。しかし、昨今の画像を重ね合わせて数学的手法で精細な画像を得る手法におさ

れ、スケッチの観測者は減っている。偏光観測は高い精度の偏光度が要求され、研究者が行うような観測であるが、手法として紹介し関心あるかたの参考とした。

観測期間は、約2年ごとの火星の地球接近のうち、火星の視直径が10秒角以上となる期間とした。この数字へ科学的な根拠は無いが、地球から火星面の模様が分かりやすくなる見かけの大きさが、この大きさである。

8. 観測のテーマ

火星の研究者ではない共同観測者には、火星の表面画像を得る設備と技術があっても、何を撮影し、それがどのような成果につながるのかはわからない。それを学んでいくのが共同観測の目的の1つである。また、どのような成果につながるのかわからなければ、観測意欲の向上と維持は難しい。そこで、観測テーマは、赤羽氏からいくつかの案が示された。

- ・火星低緯度帯を取り巻く雲の帯

北半球の晩春から盛夏の低緯度帯に形成される雲の帯が消滅する時期を観測からとらえる。

- ・タルシスの昼雲

タルシス3山やオリンポス山に発生する昼雲の発生時期を探る。

- ・タルシス地方の雲

北半球が春から夏を迎える頃、タルシス地方に、朝雲、夕雲、昼雲が見られる。高度の低いこの雲の日変化の観測から雲の気象学的性質、光学的性質を調べることができる。

- ・北極雲

初秋から早春まで北極地方を覆う北極雲の成長の様子から、どのように発達して北極地方を覆うのかを解明する。

- ・南半球中緯度帯盆地の雲

南半球が冬の季節、中緯度帯の盆地(特にヘラス)に出現する雲が消滅する時期をとらえる。南極雲の出現成長との関係を探る。

- ・南極冠

火星の南半球が春を迎えると南極雲が薄くなり、極冠が見えてくる。そのときの明るさと色の変化を観測し、極冠の出現日を決定する。

シルチスメイジャーのブルークリアリング

450 nm以下の短波長では火星面のコントラストが極端に低く、極冠以外の模様は識別できない。しかし、時には短波長でも模様を識別できることがある。短波長の青色で地面の模様が見えることから、この現象をブルークリアリングと呼び、衝の頃に多く観測される。なぜこの現象が起こるのかを探る。

- ・ローカルな反射能の観測

まだ正確に測定されていない火星面上の反射能を測定する。火星の暗い模様の反射能は季節変化をするので、各季節の反射能を求めておく必要がある。それには長期にわたる観測が要求される。

- ・極冠の反射能の測定

極冠の反射能も未だ正確に求まっていない。そのため測定された反射能は、カタログとなるだけでなく探査機による観測のキャリブレーションを行う上で貴重なものとなる。

- ・雲の発達

黄雲や白雲の明るさの時間変化の測定から、雲の発達の様子を推定できる。光電測光でも各波長(少なくとも赤、緑、青)で観測する事が大切である。また、撮像観測と同時にを行うと、火星全体の様子から特定の地点の観測を論じることができる。

- ・火星全体の明るさ

地球から見た火星の明るさの変化には衝効果がある。衝前後の10度以内の期間を観測できれば、衝効果に季節変化があるか否か、それは地面の反射能の変化によるのか、または大気中の雲の影響によるものなのかなど、衝効果を議論するのに十分な資料が得られる。

9. 情報の公開と連携方法

共同観測者をつなぐ手段として、インターネットを活用した。共同観測発足当時はホームページもまだ珍しい時代で、西はりま天文台公園に独自のウェブサーバーが無かった。そのため、姫路工業大学(現兵庫県立大学)のウェブサーバーを間借りして、火星共同観測のホームページを開設した。

私は、集めた画像と火星面の現象のレポートを手作業で制作し、ウェブページに掲載した。それは、現在の「ソーシャルネットワークキングサービス」と全く同じ形態である。

共同観測者同士の連絡は、電子メールのメーリング

リストを使った。その体系図が、図2である。

10. 活動・観測実績

当初火星探査機「のぞみ」の火星到着は1999年であったが、トラブルにより2004年に延期となった。火星共同観測は、4回の火星接近を共同で観測することとなった。期間中、撮影するカメラの技術革新が大きく、2003年の共同観測のときには、火星映像の重ね合わせによる高精細な火星像の作成が主流となり、見えてくる火星表面の現象がよりわかりやすくなった。

1996年

- ・全国天体施設の会で共同観測の紹介
- ・共同観測メンバーの募集開始
- ・11/14 火星共同観測研究会開催・同集録発行

1997年

- ・共同観測実施 1/26-5/20 45件
- ・姫路工業大学のWebサーバーにて画像公開開始
- ・1997年共同観測の結果(西はりま年報)

1998年

- ・1997年共同観測の結果を全国天体施設の会で発表

1999年

- ・観測ハンドブック作成、共同観測 Web ページ作成・公開
- ・共同観測実施 2/25-7/20 59件
- ・共同観測 Web ページレイアウト変更

2001年

- ・共同観測の実施 4/1-9/30 88件

2003年

- ・Apr.12-13 ワークショップ「火星大接近で何を探るか」開催
- ・共同観測 5/8-12/10
- ・地球惑星関連学会合同大会にて共同観測の紹介

2004年

- ・のぞみとの連携観測(中止)

11. 活動の評価

火星共同観測の実施による成果が、当初の計画と大きく異なったのは、やはり「のぞみ」が火星周回軌道にのらなかったことにある。長期間となった共同観測の期間中に、観測者の関心は、当初の公開天文台発展

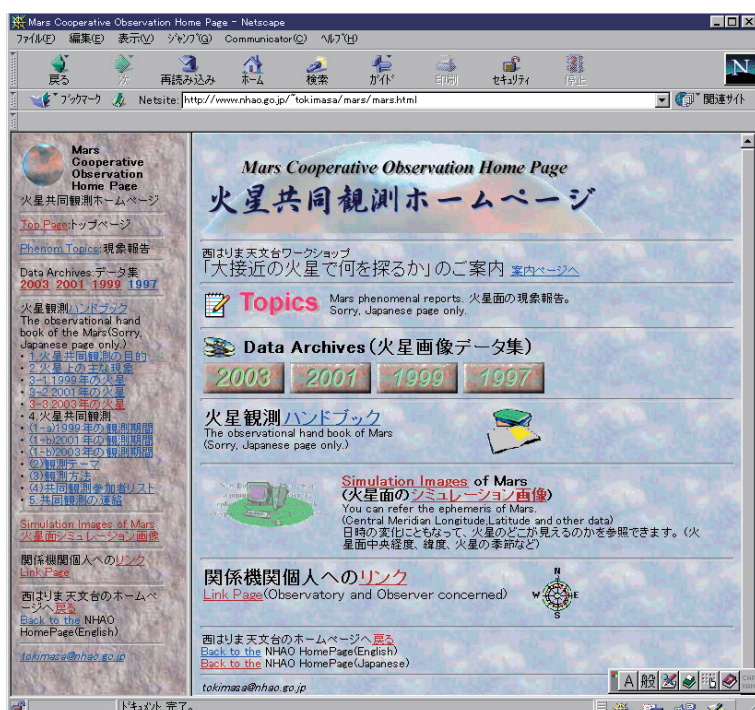


図4：火星共同観測の情報を公開、交換するホームページ。観測者からメールで預かった画像とコメントを、即時手作業でウェブサーバーへデータをあげて公開した。

期とは変わっていった。それは、各天文台におかれた課題が明確になり、それぞれの運営方針に邁進せざるを得ず、惑星観測から関心が離れたことは否めない。しかし、惑星観測の技術や、火星に関する情報交換が魅力で参加者が減ることは無く、2000年に入ってからのアマチュア観測家の参入で、共同観測者40人、観測施設30カ所と多くの支持を得た。

インターネットを活用した情報交換では、研究者とアマチュア天文家が、火星表面で起こる現象について熱く議論したり、使用するフィルター特性など、観測技術の情報交換を行ったりして、目的としていた共同観測者同士のコミュニケーションがはかられた。

市民へ公開した画像や情報は、アクセス数の解析を行っていないので、定量的な評価はできない。しかし、火星画像を市民向けにまとめたサイトは他に無いものなので、関心を寄せる市民の要望に答えられたことと考える。

観測の研究成果については、中串氏が2004年にまとめた「2003 Mars Report from Cooperative Observation Networks. I. Pre-Opposition」で詳しく述べられている。ダストストームの発生やブルークリアリングの確認などを観測した。

12. さいごに

私は、のぞみ打ち上げ前に行われた、撮像カメラMICの担当者会議に出席し、地上からのバックアップ観測計画として、火星共同観測を紹介した。その会議で、「市民の期待を担ったミッションとして次第に近づく火星画像を撮影し公開してほしい。」と意見したことを覚えている。火星周回軌道投入まで、電源を装置に入れない方針であったので、この意見はかなわなかった。しかし、地球を離れたのぞみが試験として撮影した地球の画像、月の裏側の画像、そして向かうべき火星が小さな点となって写っている画像は、早々にマスメディアに公開された。社会教育現場でも自由に使えるよう、カメラのPIであった向井正氏に相談し使ってきた。当時の宇宙科学研究所の広報を担当する事務のかたには、研究結果が出る前の画像公開という異例のお願いをし迷惑をかけたこともあった。しばらく前になるが、小惑星探査をした「はやぶさ」の画

像公開や、現在の画像公開の事情からすると、当時は厳しいものがあった。海外では既に広く公開されている時代であったので、日本でも市民に対してもっとアピールできないかと思った。現在は、多くの場合で公開が始まっており、社会教育に携わる私だけでなく、研究を応援する多くの市民を満足させている。

私は、科学者と教育者、教育者と市民をつなぐコーディネーターとして火星共同観測を行ってきた。一つ一つのコミュニティーをつなぐことで、コミュニティー単体の活動が盛んになるし、市民の期待に応えられることを実感した。

惑星の科学は、市民に身近で分かりやすく、科学研究の推進に理解は深い。それだけに、市民へよりわかりやすく最新の科学を伝え、市民とともになぞの解明を進める姿勢が望まれる。