

# 研究成果を市民へ～公開天文台ネットワーク

尾久土 正己

〈兵庫県立西はりま天文台 〒679-53 兵庫県佐用郡佐用町西河内 407-2〉

e-mail: okyudo@nhao.go.jp

研究成果の市民への公開を広範囲でかつ能率的に行う「公開天文台ネットワーク PAONET」が1年半の実験を経ていよいよ一般公開への準備の段階に入った。PAONETによって、我が国の研究機関は大きく市民に開かれることになる。

## 1. はじめに

そもそもこのような企画を思い立ったのは、著者が「公開天文台」という未知の世界に就職したことに始まる。最近ようやくその存在が天文コミュニティの中で認められるようになってきた。著者のつとめる西はりま天文台（月報誌上でも何度か登場していますね）が、兵庫県の労働福祉課のあるセクションでプランニングされてたころ、公開

天文台の理想像など何も存在していなかった。そんな中で新しい試みである「普及と研究の両立」を目指して西はりま天文台はオープンした。5年たった今、振り返ってみれば、目標とした「両立」の難しさを感じる。これは、目標が間違っているのではなく、ただ単に時間が、いや人が足りないのである。普及活動という言葉を聞くと簡単そうに聞こえるが、相手が多様な「人」だけにとにかく大変である。



図1 三鷹の公開日で初登場のPAONETブース（1994年11月12日）



そんな中で、他の公開施設での現状が気になって調査を始めた<sup>2,3)</sup>。ある程度予想はしていたものの、その実態には驚かされた。著者の職場はかなり恵まれており、多くの施設で専門職員がまったくいない、あるいはいても1~2人という実態があきらかになった。ふるさと創生やバブル経済の追い風を受けて、公開天文台は全国津々浦々に100カ所以上もできあがった。1m超の口径の望遠鏡も珍しくなくなりつつあるが、職員の数だけに目を向ければ少しも変わっていない。施設の規模が大きくなっていることを考慮すれば、むしろ状況は悪化している。オープン時の物珍しい時期を過ぎれば、多くの施設で深刻な問題が浮上してきている。とにかく人が足りない、そして情報が不足しているためのマンネリ化である。この状態を放置しておくとい近い将来多くの施設で規模縮小や閉館の最悪の事態をむかえる。このことは各地で「天文台建設→無駄使い」という観念を市民に植え付けてしまう。これは、天文コミュニティ全体にとって無視できない問題である。

一方、近年の天文学の成果の多くは軌道上に打ち上げられた観測装置や大型の望遠鏡など、多額の予算を投じたビッグプロジェクトから生み出されるようになった。そのため研究者にとって予算獲得に向けての活動は研究を行うために大切な活動である。また最近、様々な公的機関で情報の公開が求められている。納税者という立場に立てば市民には公的情報を知る権利があり、研究成果として例外ではない。海外ではかなり前から情報公開は進んでおり、研究機関の業務の1つとして位置付けられている。わが国の研究機関でもようやく重い腰を上げ、取り組み始めたところである。

以上のような最近の情勢とは関係なく、人々の宇宙・天文に対する関心は非常に高い。全国各地にプラネタリウムや公開天文台が多く建設されるのを見てわかる。子供たちにとっても同様のことが言えるが、義務教育における天文分野の学習内容は非常に限られており、最近の指導要領の

改訂でさらに範囲が狭まっている。また、高校においても地学を学べる学校は限られている。天文分野だけに言えることではないが、児童生徒の理科離れも深刻な問題になっており、後継者育成の観点からも無視できない状況にある。

そこで、このような問題を解決するための環境整備の1つとして我々は公開天文台ネットワークというプロジェクトを企画し準備を進めている。情報の公開の必要性に迫られた研究機関と情報の不足している公開天文台をコンピュータでつなぐことで、両者の持つ問題を解決できる。また、情報公開の窓口を全国各地に広げることで、より多くの市民が最先端の成果に触れることができる。我々は様々な情報の中から、市民がもっとも求めている画像データに絞り、その高速自動転送システムを提案した。公開天文台ネットワーク(PAONET: Public Astronomical Observatory Network)という名称は、当初は公開天文台をつなぐネットワークという意味を持っていた。しかし、それだけでなく、ネットワークがあたかも大きな最先端のまさに「公開天文台」として機能することを目指している。

## 2. 公開天文台ネットワーク構想

ここ1年、「マルチメディア」という言葉が各方面で使われるようになった。その動きと関連して、音声と動画を自在にこなすためのハードウェアは急速に発展し、おまけに価格も劇的に低下した。海外製品による価格破壊もこの進展を加速させた。しかし、画像データのような大量データの扱いには、CPUの能力だけでなく、高速通信の技術が必要になる。今や研究機関や大企業の間ではインターネットによる通信網の整備が進んでいる。また、米国に習いわが国でも2010年頃には全世界に光ファイバーを張り巡らす計画が進んでいる。しかし、現状では公開施設のネットワーク環境は皆無といってよい。インターネット環境を構築するには多額の初期投資と通信費用が必要になり、



公開天文台のような小規模な施設では整備することができない。そこで、特別な設備や投資をせずに安価なインシャルコストとランニングコストで実現するネットワーク網を考案した。ここでいうコストには「人」も含む。いくら安価なシステムであっても人手がかかるようでは安価ではない。公開施設でも研究施設でも人は一番不足している。

新たな設備投資を避けるため、公開施設側は、現在使用している電話回線を使うことにした。受信および画像表示のための計算機は、安価になったパソコンを使う。また、電話回線とパソコンの接続にはモデムを使う。ランニングコストとしては電話代および電気代が必要である。おそらく問題になるのは電話代であるが、これは通信速度の高速化と、画像圧縮によってかなり軽減できるようになった。一方、研究機関間には、すでにUNIXワークステーション(WS)がインターネット接続されているので既存のシステムを流用した。

データの流れは次の通りである。画像データを

提供する研究機関・観測所のWSに特定の公開画像用ディレクトリを用意してもらう。三鷹にあるWSは定期的(自動)に決められた内外の研究機関のWSにアクセスをかける。もし、新たな画像が観測者等によって公開ディレクトリに入れられると、その「新着」画像だけが三鷹に転送される。このようにして、三鷹にあるWSには、内外の公開画像が集められる。公開施設への転送は、通常の電話回線が使われるが、三鷹1カ所へアクセスするのでは遠方の場合、通信代がかさむ。そこで、三鷹のWSのコピーを全国各地に配置する。この配送も自動的に行われる。公開施設はもよりの計算機に電話をかけ、自動的に新着画像だけを転送する。このようにして、公開された画像はほぼ自動的に全国の施設に転送される。図2はPAONETの概念図である。

### 3. 構想から実験へ

著者が、1993年の3月に天文情報処理研究会でこの構想を提案したところ、その場で構想実現の

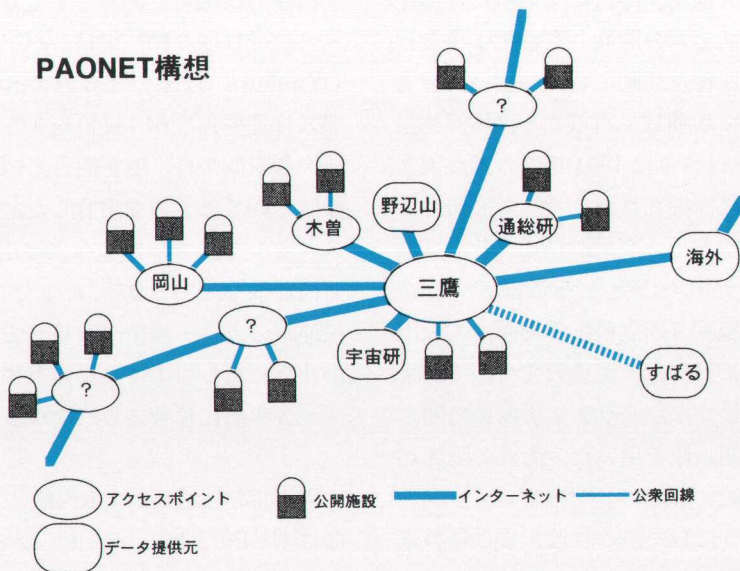


図2 PAONET 構想図



# PAONET

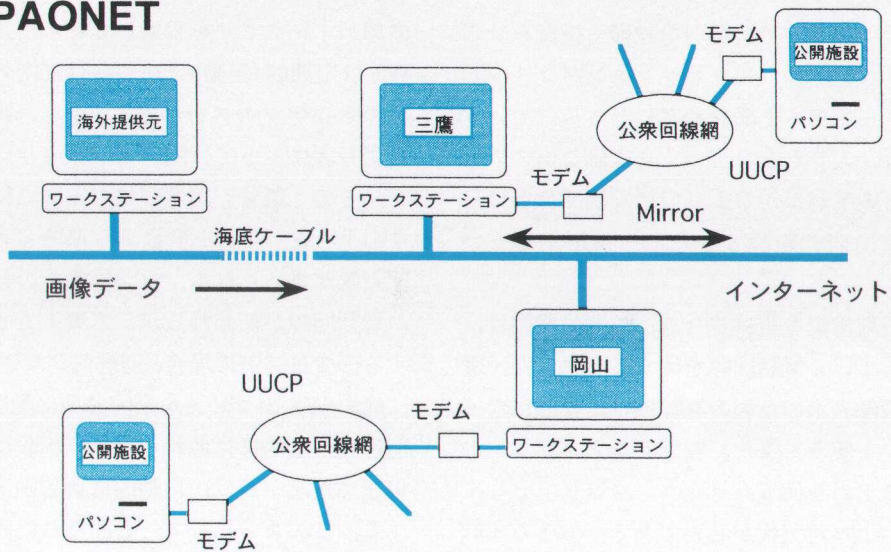


図3 PAONET 実験システム構成

ための作業グループが結成された。活動を進めていくうちに、メンバーも増え、研究機関、公開施設、学校等十数施設から20名以上が参加している。結成1年半でほぼ当初の目標であった「画像の高速自動転送システムの開発」を終えようとしている。このような普及活動に多くの若い研究者が参加し、精力的に活動していること自体、注目に値する。この実験はさらに1994年度の国立天文台の共同開発研究に採択された。ここにも研究者の普及活動に対する考えの変化が見られる。実験は三鷹と岡山に置かれたWSとそこにアクセスする4カ所の公開施設(国立科学博物館、大阪市立科学館、西はりま天文台、美星天文台)で始まった。提供画像としては、とりあえず既に公開されている海外の公開画像を用いた。海外で画像が公開されると自動的に末端の公開施設のパソコンまで転送できるようにした。これは、まさに将来すばるで画像が公開されたときのシミュレシヨ

ンである。図3は実験の概念図である。

実験に使ったハードウェアは、次のような観点で選定した。なによりも低価格であること、そして標準的な機器であることである。公開施設側(データの受け取り側)では、パソコンはDOS/V機(Windows 3.1上で256色表示のできるもの)、モデムは通信速度が14400bpsのものを用意した。研究施設側では、現在使っているWSに、公開施設側と同じモデムを用意した。パソコンは十分なスペックを持つものでも20万円前後、モデムは2万円前後で入手できる。たったこれだけの投資で、最前線のカラー画像(お見せできないのが残念だが非常に美しい!)の受信と表示ができるとは、2~3年前には考えられなかったことである。

WS間の転送にはmirror<sup>#1)</sup>、WS-PC間の転送にはUUPC<sup>#2)</sup>というフリーウェアをベースにした。mirrorは、お互いの計算機の指定したディレ

注1: mirrorは、L. McLoughlinらによって作成されたフリーウェア

注2: UUPCは、H. Richardらによって作成されたフリーウェア



クトリ内のファイルを比較し、差分だけ ftp によって転送するものである。WS では、各種ジョブを定期的に自動運用できるので、この比較・転送は完全自動で行われる。UUPC は、UNIX 間のファイル転送に使われる UUCP のパソコン版である。UNIX マシンとの相性がよく、カスタマイズすることでかなり自動化できる。また、ファイルの転送だけを行うプログラムであるため、ホスト側の計算機にとってセキュリティが高い。我々は、この UUPC をベースに mirror と同様の機能を持たせるプログラムを作成した。

現在一般に天文観測で得られる CCD 画像は 1 枚で 1 MB 以上に達する。しかし、これだけの大量データを電話を使って転送するには大きすぎる。おまけに、カラー画像となれば単純にはその 3 倍 (RGB 3 色) の容量になる。そこで、データの圧縮が必要になる。データ圧縮は、大きく分けると可逆圧縮と非可逆圧縮に分類される。定量解析が必要な場合には、前者の可逆圧縮を使わないといけませんが、圧縮率はあまり高くない。使用目的が画像の「観賞」であれば、見た目が保存されていれば十分である。そこで、カラー画像の非可逆圧縮の世界的な標準規格である JPEG 形式<sup>注3)</sup>を採用した。JPEG では、画像のクオリティを調整する Q 値を自由に選択することができる。当然、画質を落とせば圧縮率は高くなるが、通常の画像では標準値の 75 を使っている。圧縮率のテストの一例を紹介する<sup>4)</sup>。材料は、西はりま天文台で撮影した銀河の画像 (578×416 画素) である。256 色への減色や JPEG 圧縮を行うことで、元の 1.5 MB のデータ (BVR の 3 枚) が標準的な圧縮で 20 KB まで (約 1/70) まで小さくなっている。非可逆の圧縮データには定量的な情報は保存されておらず、そのデータの公開によって観測者が持つデータに対する優先権が侵されることはない。貴重な研究データを公開するにあたってこの点は重要

である。また、画像の著作権を保護するために、提供元等の文字情報を直接画像に埋め込むようにしている。

現在、PAONET で収集した画像データの平均的なサイズは約 50 KB である。この容量をいかに速く転送するかが PAONET の運用経費に直接きいてくる。モデムの機能の中にはデータの圧縮もあるが、JPEG 形式のデータはすでに高圧縮されているために効果はほとんどない。我々の実験では、14400 bps のモデム間速度を用いて、1 KB/s 以上の転送速度で安定した通信が可能である (実はこの高速通信の安定化に一番手間取った)。この結果は、従来 of 2400 bps モデムに比べて、実効速度で 5 倍の性能である。このことは、平均的な画像データが 1 分以内で転送できることを意味している。もし、アクセスポイントを全国に配置できれば十分に受け入れられる通信時間、すなわち電話代である。今後、さらに新しい規格である 28800 bps での通信実験も行う予定である。

#### 4. PAONET の活躍

1994 年 3 月から始まった試験運用での体験を少し紹介したい。手始めに海外で公開されている画像を収集して転送実験を開始したが (まだ国内の公開データなんて存在してなかった)、海外データの内容のすばらしさ、公開の迅速さには感激した。当然のことかもしれないが、新聞のニュースとほぼ同時に美しいカラー画像を手元のパソコンで見ることができるようになった。国内では、マスコミへは発表しても、一般への公開はほとんどなされていない。

我々の実験に追い風を送ってくれた出来事が 1994 年 7 月のシューメーカー・レビー第 9 彗星 (SL9) の木星衝突であった。個々の核が衝突する度に、世界中の天文台が画像を競い合って公開し

注 3 : JPEG は、カラー静止画像の圧縮の国際標準化を進める Joint Photographic Experts Group において提案されている規格である。



た。なんと、PAONET では7月だけでおよそ400枚もの画像を入手し、実験サイトへ転送している。このイベントはPAONETにとって格好のテスト材料になった。この時点ではまだ、通信速度が2400 bpsで、しかも三鷹との間しか安定していなかったため、現在の5倍の時間（電話代）をかけて、三鷹一西はりま天文台間で大量の画像を転送した。夏が終わり電話代の請求が届いたときに事務局からクレームがついたのは言うまでもない。今回はテストだったためになんとかクリアできたが、PAONETを全国に普及させるには、高速通信は必須である。その教訓をもとに、今では国立天文台の三鷹と岡山のアクセスポイントに14400 bpsで安定して接続できるようにしている。現在、アクセスポイントをさらに数カ所（東北、関東、中部、近畿、九州）増やす準備を進めている。SL9事件で、忘れてはいけない画期的な出来事があった。それは、国内の観測所からも迅速に画像データが公開されたことである。特に岡山観測所での画像は、その日の23時のTVニュースでの速報よりも早く、手元のパソコンに届いていた。まさに、ホヤホヤのホットな画像であった。ちょうど著者の所でもSL9特別観望会を開催していたので、すぐさま見学者に見せることができた。「さっき、皆さんがご覧になった黒い斑点が、岡山観測所の赤外カメラでは明るく見えています……」という具合に役立った。

このような経験を経た現在、収集した画像はおおよそ1000枚にもおよんでいる。PAONETは、研究施設からの一方通行的なデータの流れではなく、各地の公開天文台からの画像データも収集している。これが、うまく働けば全国の公開施設を取り込んだ大キャンペーン観測も夢ではない。

我々の実験も口コミだけでなく積極的な広報活動により、何度もマスコミで取り上げられるなど、多くの方面からの反響があった。研究機関サイドからのデータ提供の申し出、公開施設サイドでの参加の申し出、他の関連プロジェクトとの連携な

どである。国内研究機関からの画像提供の中には、毎日の太陽画像の提供も実現した。郵政省通信総合研究所の平磯支所で得られたH $\alpha$ 画像が、1日程度の遅れで入手できる。これは、画期的である。なぜなら、多くの公開施設で太陽観察を市民に公開している。先日、著者も小学生対象に小型望遠鏡で黒点の観察を行ったが、そのあとの室内での説明の際にPAONETの画像を活用した。「さっき、みんなが見た黒点を郵政省のすごい望遠鏡で見たら、こんな風にすじ模様が見えるんだよ。まるで、磁石のまわりの砂鉄みたいな模様でしょ……」という具合に子供たちの前で使うことができた。この体験談をさっそく提供者へ電子メールで知らせたところ、感謝のメールが戻ってきた。自分たちの行っている研究の一部が教室の子供たちの感動に結びつく情景を思い浮かべてほしい。これは、PAONETによって得られた感動の1コマである。H $\alpha$ 像に加えて、ようこうやヘリオグラフの画像も毎日公開されれば、ようこうやヘリオグラフもりっぱな「公開天文台」の仲間入りである。

## 5. PAONETを教室へ

そもそも研究成果の公開普及を行いつつ、公開天文台の活動を援助する目的でPAONETは提案された。しかし実験を進めていく中で、「公開天文台だけに絞らずに、博物館・科学館、プラネタリウム、さらには学校でも公開して欲しい」、「ぜひ学校をメンバーに入れて、教室で見せることができないか」という意見を多く耳にした。そこで、我々としては、「天文学の普及を目的とする非営利の団体」なら区別する必要がないということで一致した。この時点で、公開天文台ネットワークの名称の中の「公開天文台」は、意味が違ってきた。先に述べたように、ネットワークそのものが「公開天文台」として機能するという意味に発展した。

ここでは、学校での展開例を紹介したい。学校へのデータ提供として現在3通りのルートで取り



組み始めている。学校単位での直接受信，県単位での一括受信，全国規模での一括受信である。このうち，県単位の実験例としては，兵庫県立教育研修所をモデルサイトに準備を進めている。ここでは，すでに全県の学校を対象にパソコン通信のサービスを行っている。そこで，そのホストマシンに PAONET の専用コーナーを設け，県内の教員や学校で利用してもらおう。兵庫県での実験をふまえて，他府県でも同様のサービスを展開したい。また，全国規模では，通産省・文部省の共同プロジェクトである「100校プロジェクト」との連携を模索している。これは，全国の小中高等学校 100校をモデル校に選び，ネットワーク環境を提供し，教育現場におけるインターネットの利用を進めるプロジェクトである。このホストに PAONET をリンクさせることで，通常の電話回線を使った PAONET と違った利用方法が期待される。新しい指導要領で，学校現場でのコンピュータの活用が奨励されている。パソコンは各校数十台配置され，あとは使い方如何である。しかし，その魔法の箱の中は今のところ空っぽである。現場の教師にとって必要なのは，いかに多くの新しい情報を入手することができるかである。PAONET は，現在の理科離れの風潮に少しでもブレーキをかけることができないだろうか。

## 6. おわりに

天文情報処理研究会の作業グループのメンバーをはじめとする多くの人々の協力によって，PAONET 実験はわずか 1 年半という短い期間で目標のほとんどを達成した。今後は，一般公開に向けてシステムのさらなる安定化・改良を行うとともに，運用によって生じる事務的な詳細について検討を進めている。技術面での検討を行ってきた作業グループの役目は終わりに近づき，今後は「公開天文台ネットワーク世話人会」へ運営をバトンタッチする。なお作業グループは今後，動画や音声データなどいわゆるマルチメディアの天文学

への応用に取り組む予定である。関心のある方は連絡いただきたい。国立天文台としても，広報普及室の情報提供サービスの 1 つの業務として位置付けられているので，近い将来に PAONET の画像が全国各地で市民や子供たちの前で公開されることだろう。

ここで，最後をお願いをしたい。PAONET というメディアは構築されたが，それを生かすも殺すもそこに提供される画像データの量と質である。一人でも多くの研究者（観測データだけでな数値計算の結果も歓迎）が，自分たちの成果の一部に簡単な説明を付けて公開画像として PAONET に提供して下さることを希望する。まもなくハワイに完成するすばるをはじめとして，皆さんの使っている観測装置や計算機を市民に開かれた「公開天文台」として公開しようではないか。

## 参 考 文 献

- 1) 黒田武彦 1994, 天文月報, 第 87 巻, 385.
- 2) 尾久土正己・石田俊人 1991, 第 5 回天文教育研究会集録, 202.
- 3) 黒田武彦 1994, 兵庫県立西はりま天文台報, 第 3 号, 46.
- 4) 尾久土正己・他 1994, 国立天文台報, 第 2 巻, 447.

## Return Your Fruits on Research to the General Public

— Public Astronomical Observatory Network: PAONET—

Masami OKYUDO

*Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-53*

Abstract: PAONET, which is a distribution system of the fruits on astronomical research, has been ready to practical use after experiments about one and a half years. Astronomical research facilities in Japan will be widely open to the general public using PAONET.