

天文学—畏敬を伝える使命

著者：願慈意 法釈空（ガンディ，ポシャク）

〈JAXA 宇宙科学研究所 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉
e-mail: pgandhi@astro.isas.jaxa.jp

和訳：竹井 洋

（天文月報編集委員会）

人は自分たちの起源を知りたいという切望を生まれつきもっています。天文学の研究は美しく広大な宇宙の姿を明らかにしてきました。そして得られた世界観はわれわれの生活に大きな意味を与えています。本稿では、私が天文学を研究している動機、私の行っているブラックホールやスターバースト銀河の研究内容を示します。また、天文学という旅路のなかで私がたどってきた軌跡と将来の日本の天文学への希望も書いていきます。

1. 天文学—畏敬を伝える使命

宇宙に関する私の最初の記憶は、「現在のロケット技術では、最も近い星に行くにも10,000年以上かかる」と百科事典で読んだことです。そして、われわれの銀河の中だけ見ても何千億もの星があるというのです！子どもの頃の私は、宇宙が計り知れないほど巨大だという事実に引きつけられ、その後、私は天文学の虜になっています。それから30年たち、私は天文学者として神々しい現象を日々研究しています。

「天文学は何の役に立つの？」とよく聞かれます。天文学は最古の科学であり、星の動きを航法に用いたり、季節の変化を予言して農業に活かすのに使われてきました。その後、未知の元素の発見（例えばヘリウム）や物理法則（例えばアインシュタインの相対性理論）の深い理解にも天文学は貢献しています。宇宙開発は人工衛星技術の発展につながり、今では天候が観測でき、世界中の友人とiPhoneを使って即座にコミュニケーションをとることができます。

これらもすべて重要ではありますが、それ以上に大事なことに、人は生まれつき、自分たちの起源や宇宙の中での位置づけを知りたいと渴望しているのだと私は思います。文明社会であれば、これらの問いに答えるために、資産（のほんの一部）を使うべきだと私は考えています。

もちろん、現在は経済的に厳しく、支出を合理的に抑え、資産を有効活用する必要がある時期であることは疑いありません。しかし、われわれの原点を知ること、人生に大きな意味が加わります。例えば、われわれの体を作る原子の一つ一つは星の中で作られたことを知っているのでしょうか。われわれは宇宙と文字どおりの物理的な意味で結びついているのです。この事実は、国籍、言語、人種のつながりよりもはるかに深く人類を一体にするでしょう。われわれは、観測できる範囲を超えてすべての方向に広がり続けている、奇跡に満ちた広大な宇宙の一部なのです。それを知る以上に、魅力的で自分が小さく感じるようなことはあるのでしょうか。私がいつも好きだった、Rebecca Elsonという天文学者の詩があります^{1),*1}

*We astronomers are nomads,
Merchants, circus people,
All the earth our tent.
We are industrious.
We breed enthusiasms,
Honour our responsibility to awe.*

宇宙は畏敬の対象です。われわれ自身をその研究に捧げ、知見を社会と共有することで、畏敬を伝えるというわれわれの使命(responsibility to awe)を果たすのです。

2. 天文学の旅路 そして日本の印象

私にとっての天文学の旅路は、インドでの少年時代に始まりました。デリーで高校を卒業し大学の学位をとった後、イギリスで学ぶ奨学金をもらい、ケンブリッジ大学天文学研究所で博士の学位を取りました。私の航海の次の停泊はチリでした。そこではヨーロッパの望遠鏡Very Large Telescope (VLT)の観測支援を行いました。乾燥したアタカマの空からわれわれの銀河の中心部を見ることができるため、チリは天文学の研究、特に南天の研究にとって世界で最高の場所でしょう。

チリでの生活のあと、私は日本に来ることにしました。家族や個人的な事情（日本文化には常に魅せられてきました）と、日本の天文学の専門性に引きつけられたことから、日本を選びました。私は日本学術振興会と理化学研究所の外国人研究員として働き、現在はJAXA宇宙科学研究所の研究員に移りました。

私の通って来た道は、天文学者の生活が確かに上の詩に示されたような「遊牧民的」なものであることを示しています。しかし、これはとてもエキサイティングです。以前であれば、これほど簡単に世界中を股にかけて働くことはできなかった

でしょう。

伝統と現代の生活速度をうまく融合している社会として、日本は私にとって衝撃でした。カスタマーサービスの質は世界に類を見ません。例えば、東京では電車に飛び乗ったり会議に次々と参加する、ひどく忙しい毎日を送る人々をたびたび見ます。ここでは時間はとても貴重に違いありません。それにもかかわらず、お客が用事を終えて店を出てからも長々と辛抱強くお辞儀をする店員を見ることも少なくありません。これは、時間よりも人への敬意に価値をおいているからだだと思います。その点で、ほかのどの国も、日本の例から学ぶことが多いでしょう。

また、日本人は生活のほとんどすべての面について完璧主義だと思います。それが仕事であれ趣味であれ、料理でさえも！ 私はいつも日本で食べる外国料理の質の高さに驚きます。特に東京のたくさんのレストランで本格的な味のインド料理が食べられることにびっくりしました。他の国の経験ではほとんどの場合、他国の料理を地元の味にしてしまい、出身の人にはもはや同じものとは思えません。しかし、日本人は、外国のものであっても本質を再現する才能があります。

仕事の観点では、研究の自由、共同研究の可能性、研究資金といった日本で得られた機会は、想像をはるかに上回るものであり、とても感謝しています。私が機会を求めて世界を飛び回ったように、日本の学生にも新しい異なる研究環境を探そう挑戦して欲しい。誤解していなければ、多くの日本の若手は、年をとるまで国境を越えて他国に行く機会がないか、あっても使わないように見えます。海外に飛び回ることは、ものごとを行う新しいやり方に触れるので、若いときにはかけがえのない経験です。もしかしたら、言葉の壁もあるので、恐ろしい挑戦だと思えるかもしれ

*1 日本語訳：われわれ天文学者は遊牧民であり、/商人であり、曲芸師であり、/地球すべてを住みかとする。/われわれは休まずはたらく。/人を夢中にするものを育て、/畏敬を伝えるわれわれの使命を光栄に思う。

れません。しかし、新しい文化や言語に浸かることは、さまざまな技能を身につけたり自信をつける最良の方法です。天文学のような国際的な職業では、そのような特長は成功を収めるために大いに役に立つでしょう。そこで、若い人には、海外に行くことを躊躇しないよう強く勧めたい。そして、若手がそれをできる機会を生むための方策がもっとあって欲しいと思います。例えば、学部の一学期を海外の大学あるいは研究室ですごすようなプログラムがもっと考えられても良いのではないのでしょうか。

3. 風に揺らめくろうそくのようなブラックホール

次に、私自身の研究について少し話をしようと思います。私の研究は太陽質量ブラックホール、活動銀河核、スターバースト銀河など、宇宙のコンパクトでエネルギー豊富な天体に焦点をあてています。前世紀の初めには、宇宙が数億度の温度相当の現象で充ち満ちているとは誰も思いもしませんでした。しかし、半世紀の研究の結果、ブラックホール、銀河団、大質量星、超高速のプラズマジェットなどの存在を明らかにしました。これらはX線やガンマ線で輝いています。もしブラックホールを見つけたければ、最も単純な方法はX線望遠鏡を空に向けることです。検出されるほとんどの天体は、非常に熱い物質が渦を巻いて落ち込む結果として明るく輝いているブラックホールでしょう。

私は、ブラックホールからの可視光が非常に速く変動していることを発見しました^{2,3)}。われわれの太陽より1,000倍も明るい星が、風に揺らめくろうそくのように、毎秒10回もの速度で明るくなったり暗くなったりしています！ブラックホールはとんでもなく小さいため、このようなことが実際起こります。太陽の数倍の重さのブラックホールは、東京などの都市よりも小さいのです。光の瞬きのパターンを調べることで、ブラッ

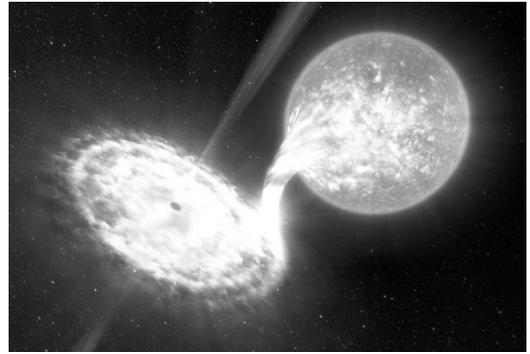


図1 太陽質量ブラックホールの想像図。右の伴星から左のブラックホールに物質が落ち込んでいる。この系全体は非常に小さく、水星の公転軌道に収まる程度である。その結果、非常に速い光度変動が起こる。

クホールに落ち込んでいく物質の状況や性質に関する非常に多くの知見を得ることができます。

例えば、ブラックホールに落ち込む物質は角運動量保存則の結果ディスク状の構造を作ることができます。知られています。落ち込む物質の量が、エネルギーやわれわれが観測する明るさを決めます。非常に熱い状態にあるため、電子は原子からはがされ、回転する熱いプラズマとなります。それが地球の百万倍もの大きな磁場を生み出します。また、ブラックホールに近づいたものすべてが落ち込むわけではありません。一部は光速に近いスピードで細いビーム状に（ジェット流として）撃ち出され、数百光年の長さに伸びています。図1はブラックホールを含む系の全体像の想像図です。地球からの観測だけで遠い天体についてここまで知ることができるということは科学的手法の正しさを示すものであり、私を驚かせてやみません。

4. 天文学の黄金時代

天文学者でない友人は、私は天体観望にほとんどの時間を使っていると考えることが多いものです。しかし、天文学者が望遠鏡のアイピースをのぞいていたのはもはや昔のことだというのが事実

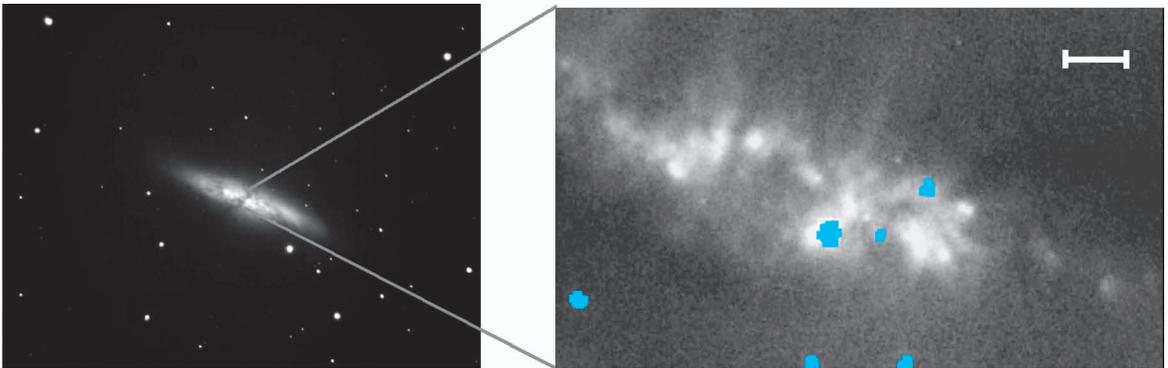


図2 スターバースト銀河M82. 左は可視光の画像, 右は中間赤外線(グレースケール)とX線(青)の多波長画像. 右図はごく中心部の拡大画像で, 何百万もの明るくエネルギーの高い若い星が輝き, ダストを加熱し, 大量に放出させている. X線からも重く若い星の存在がわかる. 右上のスケールは100光年に相当.

です. 現在使われているカメラは人間の目よりはるかに感度が高く, 正確です. 遠方の望遠鏡に取り付けられたカメラで得られた画像やデータを解析するのが研究の方法であり, 自らは観測に赴かないことも少なくありません.

さらに, 今は多波長での天文学が全盛です. われわれの目は電磁波のほんの一部分である可視光しかとらえることができません. しかし, 光は低周波にも高周波にも大幅に広がっています. X線の光子は可視光の1/1,000の波長をもちます. 一方, 電波は100万倍長い波長をもつのです.

過去半世紀程度の研究の結果, 天体はその性質を映すあらゆる波長の光を出しうるのだとわかりました. 図2の左右の図を比べてみましょう. 左は近傍の銀河M82の可視光の画像です. この銀河はダストの暗部が内部を通ったつぶれた葉巻のように見えます. 特異な構造は見えません. 次に, 右図を見てみましょう. これは同銀河の中心部を多波長で見た, ユニークな画像です. グレースケールは熱い星に温められたダストの位置を示す中間赤外線です. 何百万個もの若い星からの強力なエネルギーによって, ダストが散乱され, 何百光年にもわたる柱状に放出されています. 青は若い連星系をなすブラックホールの位置を示しています⁴⁾.

これらの活動の原動力である, 若い星による強烈な「スターバースト」は, われわれの目が感度をもつ可視光では見ることはできません. 若い星が噴き出した大量のダストが可視光を完全に遮ってしまうからです. アントワーヌ・ド・サン＝テグジュペリがかつて言ったように, 「大切なものは, 目に見えない」のです⁵⁾. そのために, ダストを貫くために赤外光を使うなど, 多波長にも目を向ける必要があるでしょう. 赤外光とX線の画像である図2は, 多波長天文学が見せてくれるユニークな姿の一例に過ぎません.

5. 希望に満ちた日本の天文学の将来

ワークスタイルの基礎を築き, さまざまな天文学の分野への興味をかきたてられたのはケンブリッジ大やVLTでの時期ですが, 私の専門的な研究が実際に花開いたのは日本においてでした. 私は天文学研究の多くの共同研究に参加し, 私の研究は広く認識されるようになりました. 例えば, 上に紹介した研究は二つとも国際的なプレスリリースになっています^{6), 7)}.

M82の中間赤外線の斬新なデータは日本がハワイに建設したすばる望遠鏡の精細な画像から得られたものです. 図3にすばる望遠鏡訪問時の写真を示します. 日本は常に赤外線や硬X線の検出



図3 すばる望遠鏡と私。

器の技術の最先端をいっていました。私はそれら二つの波長の境界で働き、さまざまな天文学におけるおもしろい話題に手を広げています。

私は日本の天文学の未来が明るいと確信しています。次世代の若い学生が、立ち止まるのではなく、自分が指揮を執れるだろうことに自信をもち、大きな進歩に向けて日本の科学という船の舵をとってほしい。社会に不安があることは否めません。特に、経済状況や今年受けた地震、津波、原子力発電所の事故の被害は甚大です。しかし、人々の知識への渴望はなくなりはいないでしょ

う。実際、災害によって、人々は人生を再考し、総合的な面で自分の立場をよりよく理解しようと努めるようになりました。こういう状況のなか、天文学がわれわれの生活にもたらした喜びや畏敬を他人と共有することで、天文学者は貢献できるでしょう。私は日本で得たすべての機会に感謝しています。そして、私自身が日本の社会にこれからも引き続き貢献し、協力していきたいと願います。

参考文献

- 1) Elson R., 2001, *A Responsibility to Awe*, Oxford-Poets, Carcanet Press
- 2) Gandhi P., et al., 2008, *MNRAS* 390, L29
- 3) Gandhi P., et al., 2010, *MNRAS* 407, 2166
- 4) Gandhi P., et al., 2011, *PASJ* 63, 505
- 5) サン=テグジュペリ 星の王子さま (岩波書店)
- 6) <http://www.riken.jp/r-world/research/results/2008/081017/index.html>
- 7) http://www.naoj.org/Pressrelease/2011/03/07/j_index.html

Astronomy—A Responsibility to Awe **Poshak GANDHI**

Institute of Space and Astronautical Science, 3-1-1 Chuo-ku, Yoshinodai, Sagamihara, Kanagawa 252-5210, Japan

Abstract: There is an innate yearning in human beings to understand their origins. The study of astronomy has revealed an immense and beautiful cosmos. This worldview adds great meaning to our lives. I talk about my motivations and my research on black holes and starbursts in this article. Also included are a brief history of my journey in astronomy, and my hope for the future of Japanese astronomy.