

星のお知らせ

NHK文化センター宇宙講座2020『宇宙と物質の起源』 要申込・有料

開催日時：各日 水曜日18:30-20:00(全12回)
 開催場所：NHK文化センター 名古屋教室
 名古屋市東区東桜1-13-3
 NHK名古屋放送センタービル 6階大会議室

NHK文化センター・宇宙講座にお申し込みが必要です。

〈お問い合わせ・お申込み〉
 NHK文化センター 名古屋教室 TEL: 052-952-7330

受講料
 一般:27,918円
 NHK文化センター会員:24,486円
 高校生以下:13,200円

名古屋大学星の会
 会員はNHK文化センター
 会員と同額
 で受講できます。

| | | |
|--------|-------|--------------------|
| 4月15日 | 福井康雄 | はじめに |
| 5月20日 | 重森正樹 | 弦理論とはなにか |
| 6月 3日 | 川村静児 | 重力波天文学 |
| 6月17日 | 飯嶋徹 | 最先端加速器で探る物質の起源 |
| 7月 1日 | 森島邦博 | 宇宙線によるピラミッドの新空間の発見 |
| 7月15日 | 福井康雄 | 星の形成 |
| 7月29日 | 立原研悟 | 円盤に刻まれた惑星誕生の謎 |
| 9月 2日 | 渡邊誠一郎 | はやぶさ2のリユウグウ滞在記 |
| 9月16日 | 市来浄興 | 宇宙大規模構造形成と観測的宇宙論 |
| 10月 7日 | 福井康雄 | 宇宙線の起源 |
| 10月21日 | 福井康雄 | 新しい発見 |
| 11月 4日 | 福井康雄 | まとめ |

NEW 福井康雄のホームページが更新されています。是非ご覧ください。
 ビデオメッセージバックナンバー、最新の研究内容などが紹介されています。
<https://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/~fukui/>

※各詳細は名古屋大学 星の会事務局までお問い合わせください。TEL 052-789-2837(受付時間 月~金 10:00-17:00)

編集後記

それにしても何故、この地球の大半のエネルギー源である太陽の名前をつけるか、新型コロナウイルスのことです。他の名前は無かったのか、どちらも見たことは無いが今のところ取東の気配がなく少し怖さを感じる。
 さて星の会誌レゼトワールの編集をお手伝いして7年が過ぎ、昨年末にて編集のお手伝いを終了させていただきました。主に写真撮影を担当し金環日食の時は静岡御前崎での撮影、長野県まで取材にお伺いいたしました。また星の会行事にも色々参加できたことは楽しいものでした。私のちょっとした思いつきで星の会の事務処理のお手伝いが出来ればとの申し出が、何故か編集のお手伝いに文才無いのに大丈夫かなどの思いも結局は皆様に助けて頂くことになりそして何とか担当を終了できました。皆様に感謝、ありがとうございました。(星の会会員・高嶋芳章)

表紙説明

ハッブル宇宙望遠鏡で観測された、大マゼラン雲の電離水素領域 N159。巻頭記事「アルマが紐解く巨大星の誕生」で紹介する「2羽の『孔雀』」は、枠で囲まれた領域でそれぞれ発見された。詳細は、当該の記事を参照されたい。

(画像提供: ESA/Hubble & NASA)



名古屋大学星の会

(題字: 加藤延夫 愛知県芸術文化センター 元総長)

名古屋大学星の会 事務局
 〒464-8602 名古屋市千種区不老町
 名古屋大学理学部天体物理学研究室内
 TEL 052-789-2837
 電子メールアドレス hoshikai@a.phys.nagoya-u.ac.jp

「名古屋大学星の会」は、NANTEN2と、名古屋大学の宇宙研究を応援する一般市民の集まりです。

Les étoiles

42
 Mar. 2020

- 〈巻頭特集〉
- 02 大マゼラン雲に潜む2羽の「孔雀」
アルマが紐解く巨大星の誕生 ©徳田 一起
- 04 ブラックホールの撮像に成功
 画期的な大きな一歩 ©早川 貴敬 / 福井 康雄
- 07 〈OB紹介〉 ©岡本 竜治
- 08 オールト先生の思い出 ©福井 康雄
- 10 〈Kidsコーナー〉 望遠鏡の架台

大マゼラン雲に
潜む2羽の
「孔雀」

アルマが紐解く 巨大星の誕生

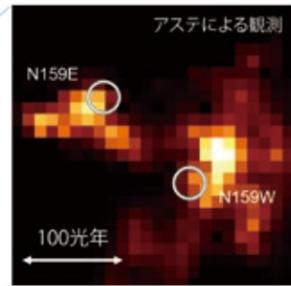
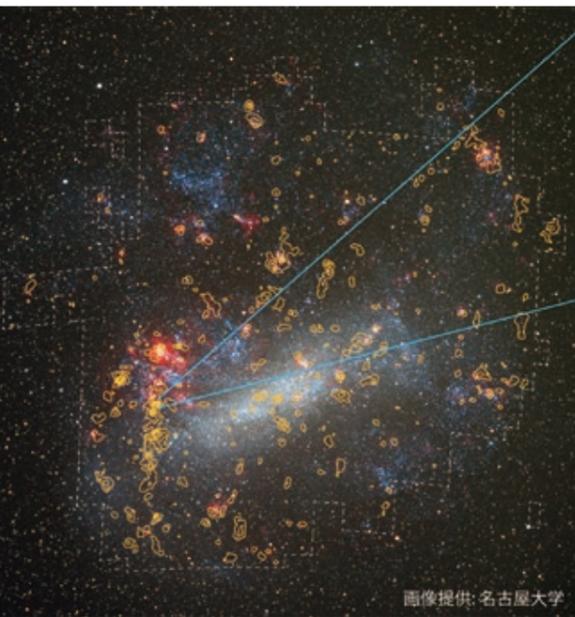


図1 (左) なんてん望遠鏡で見た分子ガス雲の分布(黄色等高線を可視光写真に重ねたもの)。(右) アステ10m望遠鏡で見た分子雲の分布。枠線は2羽の「孔雀」のおおよその位置を示している。

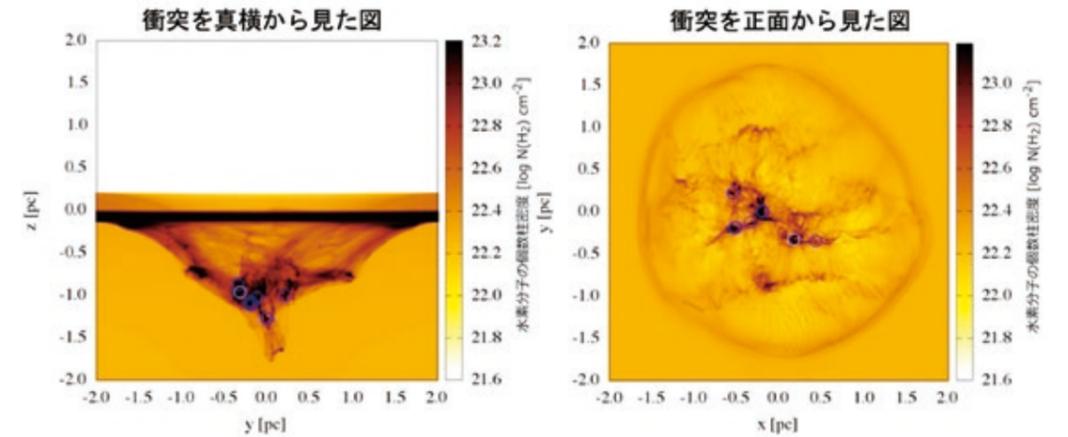
図2 アルマ望遠鏡で撮影されたふたつの分子雲、N159E-パピヨン星雲領域(左)とN159W-South領域(右)の疑似カラー合成図。赤色と緑色は分子ガスの速度によって色分けを行なっている。左図の青色はハッブル望遠鏡により観測された電離ガスの分布を示し、右図の青色はアルマ望遠鏡により得られた濃いガスに含まれる塵からの電波を示す。

文= 徳田一起
(大阪府立大学/国立天文台)

巨大星誕生の起源を探る

宇宙には私たちにとって最も馴染みの深い星(恒星)である太陽よりも10~20倍以上の質量を持つ大質量星(以下、巨大星)が存在しています。ここ数十年間で多くの天文学者が「どのようにして巨大星が作られるか」という謎に挑んできましたが、太陽と同程度の星(小型星)の形成過程に比べるとまだ完全に理解できているとは言えません。星の材料となる星間ガスを観測することが重要な手がかりなのですが、私たちが属する天の川銀河では様々な物質が銀河円盤上に密集しており、一度にたくさん関係のない「邪魔者」を同時に観測してしまうことが困難の1つでした。

図3 スーパーコンピュータによってシミュレーションされた2つのガス雲同士の衝突の様子。扇型のような構造(左)とひも状の構造(右)がみられる(Inoue et al.2018より一部改変)。ひも状構造にそって大質量星(丸印の位置)が形成されており、観測をよく再現する。



そこで名古屋大学の福井康雄特任教授が率いるチームは1990年代後半に、この邪魔者が存在しない新しいフロンティアとして、天の川銀河の外にある小型銀河「大マゼラン雲」に着目しました。小型といっても銀河1つは非常に広大ですし、マゼラン雲は南半球からしか観測できません。機動力の高いチリの「なんてん」望遠鏡が大いに力を発揮し、約300個程度の水素分子ガス雲を発見しました(図1左)。そのうちN159領域に存在するものが最もガスの集中度が高く、巨大星誕生を調べる上で重要な天体である可能性が浮かび上がったのです。

アルマが目撃した2羽の「孔雀」

私たちはN159領域に狙いを定め、研究を続けました。解像度の高い大口径望遠鏡を使用することにより巨大星誕生現場の真の姿を明らかにしようとしたのです(例えば、図1右上に示すアステ望遠鏡の観測)。2011年から初期運用を開始したアルマ望遠鏡で観測すると、巨大星の材料となる星間ガスはまんなとした形ではなく、紐状の分布をしていることがわかりました。私たちは巨大原始星と紐状ガスの関係をさらに詳しく調べるため、初期運用の時よりも性能が向上したアルマ望遠鏡を使って、2017年にN159の2回目の観測を実施しました。文字通り、巨大星の誕生メカニズムについて「紐解こう」と考えたのです。その結果が図2です。当初予想していなかった数多くの紐が存在しており、その総数は100本に迫ります。先端の青色で示した部分に

存在する巨大原始星をかなめとして扇状に伸びるその姿を、私たちは「2羽の孔雀」と呼ぶことにしました。このうちN159E-パピヨン領域は形成された巨大原始星によってガスの破壊が始まっているため、N159W-Southよりも成長した「兄」孔雀かも知れませんが、宇宙規模の年齢で言えば大きな差はなく、2羽は双子だと言えます。

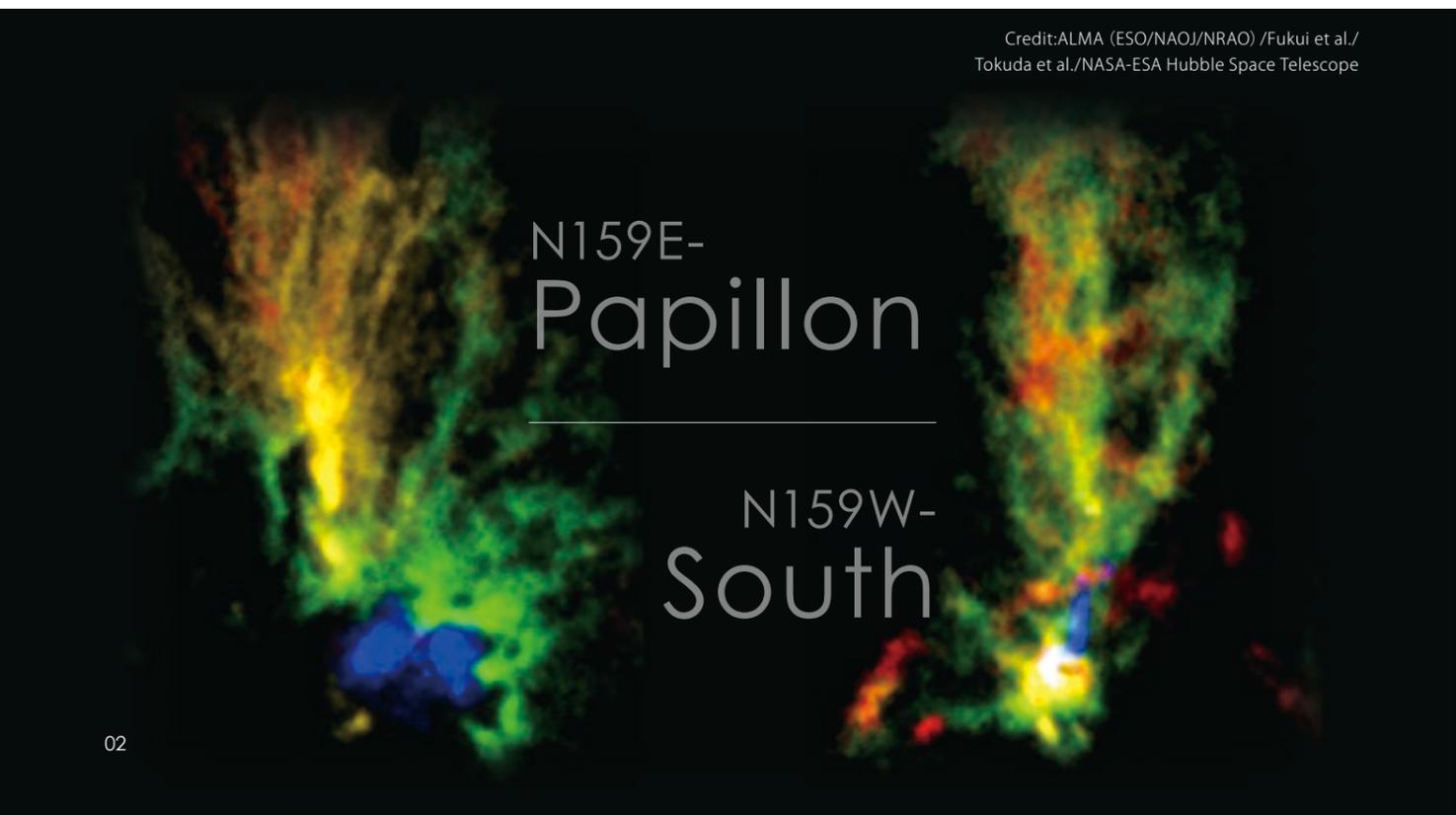
分子ガス雲に刻まれた 大小マゼラン雲すれ違いの歴史

このような孔雀のような分子ガスはどのようにできたのでしょうか。観測に先立って名古屋大学の井上剛志准教授らはガス雲同士が超音速(数十km/s)で衝突する様子をコンピュータシミュレーションし、扇型のようにも見える衝突面で紐状構造が多数形成され、その集合部分で巨大星が生まれていることを示しました(図3)。この2羽の孔雀で見られた扇型の紐状構造はガス雲が衝突したことの傍証とも言えるのです。さらに2羽の孔雀を見比べてみると、その羽の向きが驚くほど整列していることがわかります。互いに150光年以上離れた天体が偶然揃うことは考えにくく、銀河規模の大規模なガス衝突のイベントが関連していると推測されます。大マゼラン雲のお供である小マゼランは2億年前に近接遭遇したとされています(詳しくは本誌37号の記事参照)。この際に小マゼラン雲にもともとあったガスが大マゼラン雲に流入し、2羽の孔雀を同時期に生み出したと考えられます。

【今後の研究】

銀河同士の衝突によって起こる巨大星団の形成と分子ガス雲からどのように星が形成されるかを調べる研究は、取り扱う天体の大きさに大きな隔たりがあったため、これまで別々に進められてきました。しかし、この2羽の孔雀の発見により両者は深く関連していることが裏付けられたのです。最近の研究により大小マゼラン雲すれ違いの痕跡はこのN159領域以外にも

残っていることがわかりつつあるため、マゼラン雲に潜む孔雀は2羽ではなく、さらに数十~100羽以上、銀河全体の至る場所に潜んでいる可能性もあります。これらを1つ1つ調べていくことにより、宇宙の進化において極めて重要な役割を果たしてきた巨大星(およびその集団)の誕生について私たちの理解はさらに深まっていくと期待されます。



Credit:ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) /Fukui et al./Tokuda et al./NASA-ESA Hubble Space Telescope

ブラックホールの撮像に成功 画期的な大きな一歩

文= 早川貴敬 / 福井康雄 (名古屋大学)

ついに、ブラックホールのシルエットを見ることに人類は成功しました。

ブラックホール研究に、大きな一歩が記されたのです。

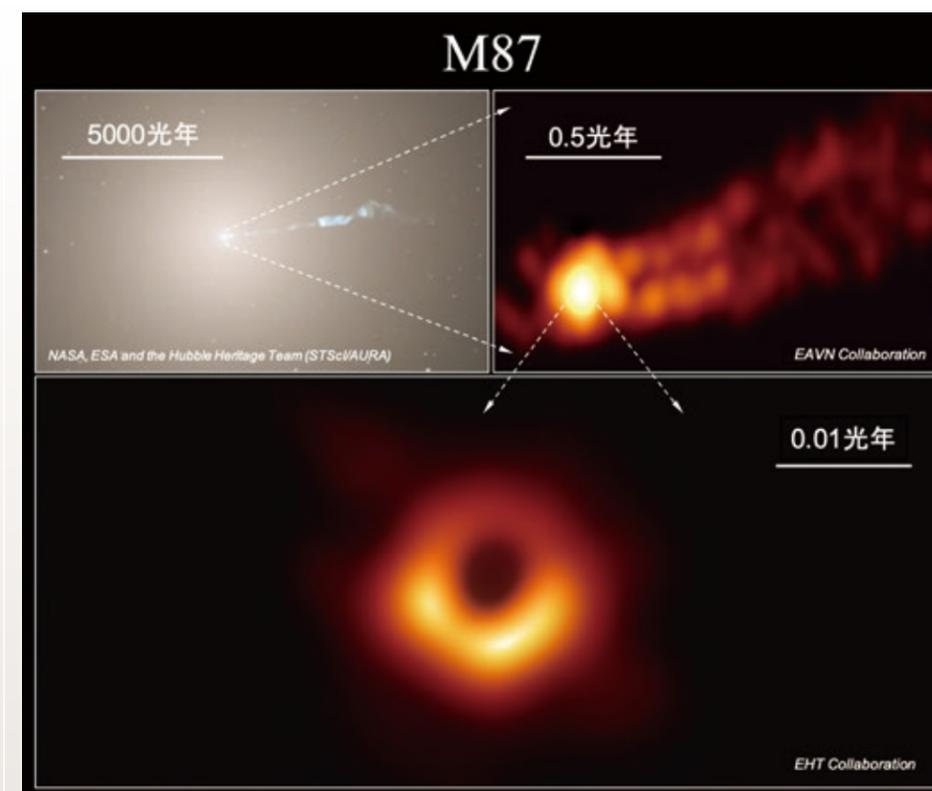
ブラックホールには、大きく2種類があります。一つは、太陽の30倍以上の質量の星の超新星爆発の際にできる恒星質量ブラックホールです。もう一つは超巨大ブラックホールです。銀河の中心にあり、太陽の10万倍から100億倍の質量を持ちます。いずれも、周りを回る星の運動などから質量が求められており、ブラックホールとして確認されています。一時期、この中間のブラックホールの存在も報告されましたが、あったとしても数は少なく信頼度も低いのでここでは取り上げません。ちなみに、本号徳田氏の記事にある2羽の孔雀の巨大星も、まもなく恒星質量ブラックホールをつくる有力な候補です。

恒星質量のブラックホールは、X線や電波で観測されます。ブラックホールはなんでも吸い込むので見えるのはおかしいと思われるかもしれませんが、ブラックホールの周りのガスが落下して熱くなるために電磁波が出るのです。最近話題の重力波は、このような恒星質量ブラックホールが衝突合体する時に発生します。一方、超巨大ブラックホールも、同様に電磁波を出します。しかし、恒星質量ブラックホールとは異なり、超巨大ブラックホールがどのようにして作られたのかは、まだよく分かっていません。

ブラックホールの周りの時空は大きく歪みます。重力があまりにも強いからです。実は、質量のある物体の周りの時空は常に歪んでいます。しかし、普通の物体の周りの歪みはごくごくわずかで、歪みを観測でとらえることはできないのです。

ブラックホールは極限まで物質が縮められた天体です。そのサイズは、質量に比例します。例えば、30太陽質量のブラックホールの半径は100kmです。星を10万分の1に縮める必要があります。このような強い圧縮が、超新星爆発によって実現されるのです。また、仮に太陽がブラックホールになったとしたら、その半径は3kmです。このようなブラックホールの表面近くでは、物質はほとんど光の速度で運動しています。

今回、撮像されたブラックホールは乙女座銀河団にあるM87銀河の中心に存在する超巨大ブラックホールです。距離は6000万光年という、宇宙的には「近く」にある銀河です。超巨大ブラックホールの質量は65億太陽質量で、その半径は太陽-地球間の距離の100倍です。



左上: M87銀河とその中心角から噴き出すジェット(ハッブル宇宙望遠鏡で撮影した紫外線、赤外線、可視光線の合成画像)。

右上: 東アジアVLBIネットワークによるジェットの詳細観測。

下: イベント・ホライズン・テレスコープで撮影された、M87中心の巨大ブラックホールシャドウ。



2017年観測時のイベント・ホライズン・テレスコープ望遠鏡配置図 (画像提供: NRAO/AUI/NSF, NAOJ)

10年ほど前から、この観測計画は検討されていました。日本人30名を含む200名の国際協力チームが取り組みました。2017年4月、世界の8基の電波望遠鏡を組み合わせて、地球サイズの大型電波望遠鏡を構成し、観測に成功したのです。観測波長は約1mmでした。月の表面においたテニスボールほどの大きさのブラックホールの丸い形が見事に分解されたのです。この中で、力を発揮したのは集光力の高いALMAでした。この10年に蓄積された世界のトップクラスの電波望遠鏡群が活かされて今回の成果が可能になったのです。

データの解析には、色々と工夫が凝らされました。解析チームは4つに分けられ、それぞれが独立に相談なしに解析を行い、結果を付き合わせたのです。なんといっても極限に迫る高い分解能を達成するために、解析も

ぎりぎりの作業です。イメージの信頼度を確認するために、このような手間をかけたのです。結果は見事に一致を示しました。

イメージは円形で、中が暗くなっています。この方向にブラックホールがあるのです。まわりの物質が円盤状に落下し、それが電波をだしています。下側が明るくなっているのは、ブラックホールが自転しているためかもしれません。

今後、この観測計画はさらに進展し、天の川の中心にあるブラックホールの撮像も実現できるかもしれません。一層の発展が楽しみです。

OB 紹介

岡本 竜治 Ryuji OKAMOTO

Profile 2017年3月名古屋大学大学院理学研究科修了。博士(理学)。研究テーマは宇宙空間の水素ガスの精密定量手法の開発。学位取得後は民間企業に就職し、電気自動車用のリチウムイオン電池やモータのシミュレーション業務を行っている。



星の会の皆さんこんにちは。2017年3月に福井研究室で博士の学位を取得した、岡本と申します。現在は民間企業に勤務しているので、初めてお目にかかる方もいらっしゃるかもしれません。早いもので、私が福井研究室を卒業してから3年が経とうとしています。この記事の執筆依頼を受け、天文学の研究に励んでいた頃をととても懐かしく思い出しています。

私の研究のテーマは、簡単に言えば「宇宙空間の水素ガスの量をより正確に計算する新手法の開発」でした。新手法の開発ということで、先生方をはじめ多くの方と議論を重ねた日々は、大変ながらもこの上なく有意義でした。ただ、博士の学位の取得への道のりは平坦ではありませんでした。私は修士の学位を取得後に体調を崩してしまい、休学をしていた時期がありました。そのことで福井研究室の方々にご迷惑やご心配をかけてしまいましたが、それでも見放さずにくれたことがどれほどありがたかったか。未だ感謝を忘れたことはありません。博士の学位を取ることでも少しでも恩に報いることができたのなら幸いです。

さて、現在私は自動車関係の民間企業で次世代

の電気自動車の開発に関わっており、モータやリチウムイオン電池のシミュレーションをしています。天文学の研究と同じように、自動車の開発プロセスにおいてもシミュレーションの重要性が年々増してきているのです。その中で私が特に注力しているのが、シミュレーション用のモデル(モータや電池のふるまいをコンピュータ上で再現するもの)の開発です。原理に基づいて精度よく高速に動作するモデルを開発するためには、物理学・化学・数学・実験・プログラミングといった知識はもちろん、多くの有識者との議論も必要です。天文学の知識は活かさなくとも、研究生活で得た経験は今まさに活かしていると実感しています。私が所属しているのは先進的な開発や研究を行う部署で、先を見すえた新規性のあるものが業務の対象です。福井研究室での研究に続き「新手法の開発」を目指して日々勉強に励んでいます。

大学から離れて久しいですが、天文学に対する興味を失っているわけではありません。仕事の息抜きに、たまには福井研究室に顔を出して最新の天文学に触れたいと思っています。最後に、福井研究室、NANTEN2、ならびに星の会のさらなるご発展をお祈りいたします。

オールト先生の思い出

福井 康雄 Yasuo Fukui



大学院生の頃、最初に書いた本格的な論文は、1977年の「いて座A分子雲」に関するものだった。いて座Aは銀河系中心部の電波源の名前で、現在巨大ブラックホールに対応する成分を含むことが知られている。1976年、当時の東京天文台の6mミリ波望遠鏡を用いてHCN分子の出す電波で観測した。1観測点あたり、2、3時間をかけて苦労しながらの観測であったが、世界に先駆けてこの分子雲全体を観測することができた。銀河系中心の活動が分子雲の激しい運動に関係しているかもしれない、という期待も

あって興味深かった。もっとも、現在ではこのガス運動の大部分はブラックホールには直接関係なく、むしろ強い磁場の働きが効いていることがわかっている。この論文を何人かの偉い先生方にもおくれたところ色々反響があり、大いに励みになった。その中には3K宇宙背景放射の発見で有名なペンジアスとウィルソン、また、オールトが含まれる。

オランダ・ライデン天文台のヤン・オールト(1900-1992)は、太陽系外縁部の彗星の巣とも言える「オールトの雲」を提案したことで有名な天文学者である。現代天文学の草分けの一人として、1951年には中性水素21cmスペクトルの検出に成功し、銀河系の構造を含む先駆的な研究を展開し、銀河系の中心部にも造詣が深かった。

1976年、オールトから手紙が届き、私の論文を引用したい旨が記されていて、驚きつつも大変感激した。オールトに最初に会ったのは1980年ごろ、アメリカのカルテクで開かれた学会である。小柄のオールト先生はこの学会で銀河系中心に関する総合報告を行い、そこでも私の成果を引用してくれた。参加者の一人としてこの報告を聞き、緊張したことは思い出深い。当時、まだ駆け出しの日本の若造の研究に、世界最高峰の



J.H. オールト。1961年5月撮影。(画像提供: ハーグ国立文書館)

研究者が敬意を払ってくれたことは、オールトの心の広さを物語る。

1983年、ドイツのケルンに滞在する機会があり、ライデンにオールトを訪問したいと連絡したところ、快諾していただいた。列車の旅でライデン駅に到着すると、オールト先生は駅まで出迎えてくれた。当時83歳であったが、ご自身で黄緑色の小型車を運転し、私を天文台まで連れていってくれた。夕食に招待されてご自宅にうかがい、奥様の手料理を3人で頂いた。奥様はオールトとは対照的に立派な体躯の方であったが、細やかにもてなしていただいた。

1987年、オールトは京都賞受賞者に選ばれて訪

日し、名古屋大学も訪問した。当時の総長が早川幸男先生である。早川さんもオールトとは親交が深かった。キャッスルホテルで総長主催の夕食会が開かれ、私も末席を汚し久しぶりの再会を楽しんだ。

最近になって、オールトの昔の研究を調べる機会があった。1940年代、光の吸収線による星間雲の観測から、星間雲衝突が頻繁に起こることを予見したことはあまり知られていないが、さすがに先見の明があったと言うべきである。これが、70年余りを経て今の私の研究成果にもつながっている。天文学の基礎を拓いた巨人の存在を改めて実感している。

Kidsコーナー

太陽と月と
星と地球



望遠鏡の架台

今回は、望遠鏡の架台について紹介しよう。

架台というのは望遠鏡を取り付ける台のことで、望遠鏡をどのように動かせるかが決まるとも重要な装置なんだ。

架台には大きく分けると2つの方式があるよ。



1 つは、**経緯台**という、「上下左右」(もう少し正しく言うと上下=仰角、左右=方位角)に動かすことのできる方式だ。



経緯台に取り付けられた望遠鏡の例
(画像提供: Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, annotation by T. H.)

2 そして、もう1つは**赤道儀**という方式だよ。経緯台に比べるとかなり複雑で、ぱっと見ただけでは、どう使うかわからないかもしれないね。

赤道儀に取り付けられた望遠鏡の例
(画像提供: Marie-Lan Nguyen / Wikimedia Commons, annotation by T. H.)



「星は、北極星を中心に1日1回まわっている」
というのは学校で習ったかな？

星の日周運動というんだってね。赤道儀は、その日周運動を簡単に追いかける方式なんだ。

2つある軸のうち、片方は常に北極星の方向に向いているよ。
この軸=極軸のまわりに1時間に15度の速さ
(360度÷24時間=15度/時間)で回転させるだけで
(もう一つの軸は全く動かさずに)星の日周運動を追いかけることができるんだ。

だから、天体写真を撮る人などが使っているし、昔の天文台でもよく使われていたよ。

北極星の方向を
向いている
極軸



日周運動に合わせて
1時間に15度の速度で
回転させる



昔…?



岡山188cm反射望遠鏡と「すばる」望遠鏡
(画像提供: 国立天文台)

188cm反射望遠鏡



そう。実は、今の天文学で使われる望遠鏡は経緯台が主流なんだ。



「すばる」望遠鏡

岡山にある**188cm反射望遠鏡**(1960年完成)と、
ハワイにある**「すばる」望遠鏡**(1999年完成)を比べてみよう。
188cm反射望遠鏡は赤道儀方式だけど、「すばる」は経緯台方式になっているの
がわかるかな？

赤道儀は便利なんだけど、巨大で重い望遠鏡を取り付けても問題無いように作るのは大変で、お金もすごくかかるんだ。

一方で、コンピューターとコンピューターを使って望遠鏡を動かす技術が大きく発達したので、経緯台方式の望遠鏡で星の日周運動を追いかけるという、複雑な計算が必要で昔は大変だったことも今では簡単にできるようになったんだ。

だから、天文学用の大型望遠鏡では経緯台方式が主流になったんだね。
ALMAやNANTEN2などの電波望遠鏡も経緯台方式だよ。

(文/星の会会員 間瀬圭子・名古屋大学 早川貴敬)

