

自然科学研究機構

NAOJ

国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2021年3月1日 No.332

研究トピックス

むりかぶし望遠鏡を用いた スターリンクダークサットの天文観測への影響調査



- 天文台メモワール
末松芳法／富阪幸治／梶野敏貴／長谷川哲夫
- シリーズ 国立天文台「宇宙機」関連プロジェクト紹介② JASMINEプロジェクト
JASMINE(赤外線位置天文観測衛星)で拓く天の川中心核と地球型惑星の探査
- 「JASMINE コンソーシアムミーティング2020」開催報告
- 「Mitakaオンラインワークショップ」開催報告
- 令和3年(2021)暦要項の改訂、令和4年(2022)暦要項の発表

3

2021

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

研究トピックス

むりかぶし望遠鏡を用いた
スターリンクダークサットの天文観測への影響調査

堀内貴史 (天文情報センター-石垣島天文台)

06

シリーズ 国立天文台「宇宙機」関連プロジェクト紹介②

JASMINE プロジェクト

JASMINE (赤外線位置天文観測衛星) で拓く天の川中心核と地球型惑星の探査

郷田直輝 (JASMINE プロジェクト)

10

おしらせ

- 「JASMINE コンソーシアムミーティング2020」開催報告
河田大介 (MSSL, UCL)、馬場淳一 (JASMINE プロジェクト)
- 「Mitaka オンラインワークショップ」開催報告
波田野聡美、加藤恒彦 (4次元デジタル宇宙プロジェクト)
- 「ALMA データ解析講習会 (入門編)」開催報告
島尻芳人 (アルマプロジェクト)、亀谷和久 (天文データセンター)
- 「一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会 2020年の活動」報告ほか
片山真人 (天文情報センター)
- 令和3年 (2021) 暦要項の改訂、令和4年 (2022) 暦要項の発表
片山真人 (天文情報センター)

13

受賞

- 2020年度国立天文台若手研究者奨励賞

14

天文台メモワール

- 思い出が多すぎて 末松芳法 (太陽観測科学プロジェクト)
- 若い人々へ 富阪幸治 (科学研究部)
- 国境なき真理の探究に終わりなし 梶野敏貴 (科学研究部)
- 恩人 長谷川哲夫 (アルマプロジェクト)

19

編集後記/次号予告

20

連載「すばる望遠鏡 HSC Cosmic Gallery」12
狭帯域フィルターで捉えた輝線銀河

解説: 田中賢幸 (ハワイ観測所)



表紙画像

スターリンク衛星の飛跡と石垣島天文台の合成イメージ画像。

背景星図 (千葉市立郷土博物館)
渦巻銀河 M81 画像 (すばる望遠鏡)新型コロナウイルス感染症に
関連した対応について

新型コロナウイルス感染症の感染拡大を防ぐため、国立天文台の施設公開、定例公開、イベント等の一部を中止しています。再開につきましては、国立天文台のウェブサイトやSNSにてご案内いたします。みなさまのご理解、ご協力をお願いします。

また、国立天文台にご来訪されるみなさまにおかれましては、下記のことをお願いいたします。

●新型コロナウイルス感染者との濃厚接触が判明している場合や、その恐れがある場合は、ご来訪をお控えください。

●咳や発熱などの症状がある場合は、ご来訪をお控えください。

●マスクや手洗いなど、各自で十分な防護策をお取りください。

★くわしくは

<https://www.nao.ac.jp/notice/20200226-coronavirus.html>

をご覧ください。

国立天文台カレンダー

★予定は変更される場合があります

2021年2月

- 5日 (金) 幹事会議
- 19日 (金) 幹事会議
- 24日 (水) プロジェクト会議
- 27日 (土) 観望会 (三鷹) オンライン開催

2021年3月

- 5日 (金) 幹事会議
- 17日 (水) 幹事会議
- 22日 (月) 運営会議
- 24日 (水) プロジェクト会議
- 27日 (土) 観望会 (三鷹) オンライン開催

2021年4月

- 7日 (水) 教授会
- 8日 (木) 幹事会議
- 23日 (金) 幹事会議
- 28日 (水) プロジェクト会議

むりかぶし望遠鏡を用いた スターリンクダークサットの 天文観測への影響調査

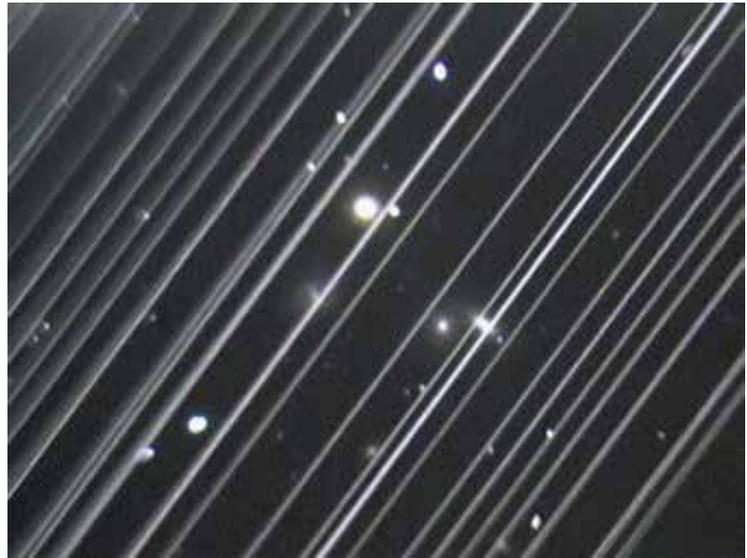


堀内貴史
(天文情報センター
石垣島天文台)

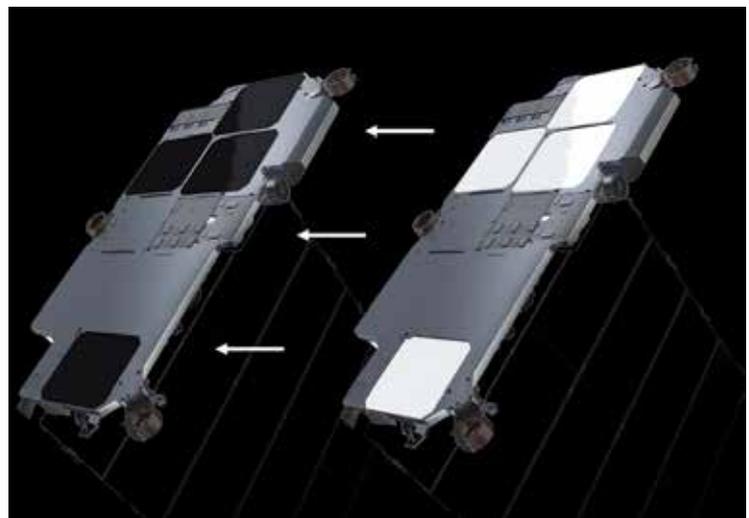
巨大通信衛星網—メガコンステレーションによる光害と天文観測への影響—

近年、巨大衛星通信網（メガコンステレーション）による高速インターネット通信サービスの計画が進められています。とりわけ、アメリカ合衆国のスペースX社は、全世界をカバーするインターネット通信サービスの提供を目的に、2020年代半ばまでに12,000機のスターリンク衛星の打ち上げを行う計画を立てました。さらに2019年10月中旬には、さらに30,000機を追加する計画も発表され、その総計は42,000機になりました。スターリンク衛星は2019年5月に最初の60機が打ち上げられ、2020年1月以降は毎月120機程度のペースで打ち上げられています。42,000機が打ち上げられれば、夜空に600機が常に見えることとなります。その一方、これらの衛星が天文観測へ及ぼす光害（衛星による太陽光反射）に対する懸念が国立天文台をはじめとする世界の天文台で共有されており（[図01](#)）、2019年6月に国際天文学連合（IAU）は天文観測や景観への影響を懸念する声明を発表しました。この声明を受けてスペースX社は光害の影響を軽減することを目的に、衛星表面に黒色塗装を施した通称Darksat（ダークサット；[図02](#)）を1機開発し、2020年1月に試験的に打ち上げました。

すでに先行研究によってダークサットと通常のスターリンク衛星の明るさの測定が行われており、g'バンドフィルター（緑色）による測定ではダークサットの方が通常の衛星に比べて0.8等級★01程度暗いこと、直接スターリンク衛星の姿を目視するのは難しいが、天文観測への影響は無視できないことなどが結論づけられています。しかしながら、衛星表面の反射率やどの波長にどれだけの影響が及ぶかなどを明らかにするために必要となる、より多数のバンドでの詳細な衛星の明るさの測定については研究論文として報告がされていませんでした。つまり、多色でスターリンク衛星の明るさを測定することがこの研究の意義となります。



[図01](#) 出現中の超新星の撮影中に現れた、スターリンク衛星の一群（クレジット：Victoria Girgis / Lowell Observatory）。



[図02](#) 通常のスターリンク衛星（右）とダークサット（左）の模式図（クレジット：SpaceX）。

むりかぶし望遠鏡を用いた衛星の観測と明るさの評価

2020年3月に国立天文台天文情報センター周波数資源保護室の大石雅寿特任教授が石垣島天文台に来訪し、上記の懸念と必要な

★ newscope <解説>

★01 等級

等級は天体の明るさの単位で、その数字が小さいほど明るいことを表します。人間の目には6等の天体の光までなら認識可能です。0.8等の差は光の量では約2倍の差に相当します。

測定に関する議論が行われました。この議論を皮切りに、石垣島天文台でむりかぶし望遠鏡の3バンド同時撮像によるダークサット及び通常のスターリンク衛星の詳細な明るさの調査がスタートしました。むりかぶし望遠鏡は九州・沖縄地方最大の光学反射望遠鏡でその口径は105 cmあります(図03)。むりかぶし望遠鏡には「MITSuME(ミツメ)」★02という名称の、3つのカメラとフィルター(緑、赤、近赤外)が取り付けられているため緑、赤、近赤外の3バンド同時撮像が可能です(図04)。この撮影手法による衛星観測の強みは、高度や速度などが同じ条件下で3バンドの観測データを取得できるということにあります。しかし、スターリンク衛星は数秒間で1°の領域を横切るくらい非常に速く移動するため、もっとゆっくり移動する天体を追尾するように設計された望遠鏡では追尾しながら観測することは困難です。そこで我々は衛星の予報時刻と位置を調べ、その予報位置に望遠鏡を向けておく待ち受け観測を実施しました。スターリンク衛星はMITSuMEの視野を一瞬で横切するため、シャッターを切るタイミングと予報位置の正確さが欠かせません。そのため観測はなかなか緊張感のあるものとなりました。観測は2020年4月と5月にそれぞれ1回ずつ

(ダークサット)、6月に2回(ダークサットと通常のスターリンク衛星1機)の合計4回行いました。無事に4回とも観測に成功しMITSuMEのカメラにスターリンク衛星の飛跡を収めることができました(図05)。

観測を行ったら次は、衛星の飛跡の明るさを正確に測定するための画像解析をどのように行うかがポイントになります。筆者の専門は活動銀河中心核のような遠方の天体の観測で、衛星の飛跡の解析は初めてだったので、どのように解析を進めていくか見当をつけるのに苦労しました。幸い共同研究者である石垣島天文台の花山秀和特任研究員は、彗星や小惑星などの太陽系内を移動する天体や人工衛星などの観測経験が豊富なこともあり、議論を重ねていく中で解決策を見出すことができました。

ダークサットおよび通常のスターリンク衛星に対する解析の結果、緑よりも赤、赤よりも近赤外バンド、つまりより波長の長いバンドほど衛星がより明るく観測されること、ダークサットは通常のスターリンク衛星に比べて太陽光の反射率が半分程度であることなどがより詳細にわかりました。実際に観測される明るさについては、目視での確認は難しいものの天文観測への影響は十分に出ることが改めてわかりました。

★ newscope <解説>

★02 MITSuME

Multicolor Imaging Telescopes for Survey and Monstrous Explosions (巨大爆発調査用の多色撮像望遠鏡)の略称で、この装置は国内3箇所(東京大学宇宙線研究所明野観測所、国立天文台ハワイ観測所岡山分室、石垣島天文台)で運用されています。



図03 105 cm むりかぶし望遠鏡と石垣島の夜空。

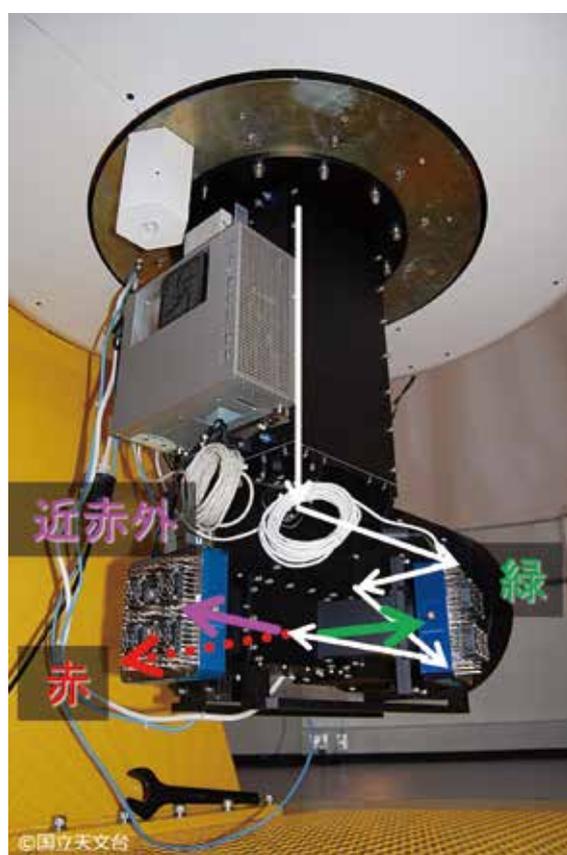


図04 望遠鏡に装着してあるMITSuME 3バンド同時撮像カメラ。望遠鏡が受ける天体の光を3つの方向に分けて、その先に設置した緑、赤、近赤外のフィルターとカメラで撮影します。

天文観測との共存について

スターリンク衛星をはじめとするメガコンステレーションは世界中の通信環境をより良くするためのものですが、天文観測への影響をさらに軽減しつつ天文観測と共存することが今後さらに重要となってくることでしょう。天文観測と衛星の運用の共存というのは、お互いに尊重しながら話し合いを進める中で問題を解決していくことです。ダークサットの黒色塗装によって、天文観測への影響が軽減されることがむりかぶり望遠鏡を用いた3バンド同時観測ならびに先行研究によってわかりました。この工夫はスペースX社の努力の賜物と言えます。一方で、ダークサットによる反射光が天体観測に大きな影響を与える程に明るいこともまた事実です。ダークサットは熱放射による赤外線領域での影響が非常に大きくなることから、スペースX社はダークサットをもう打ち上げない方針です。その代わりにスペースX社は衛星に太陽光の影響を軽減させるための庇を取り付けたバイザーサット(図06)を開発し、2020年6月3日に打ち上げを開始しました。2020年8月に打ち上げられたスターリンク衛星は全てバイザーサットです。バイザーサットの簡易的な明るさの測定はすでに行われており、通常のスターリンク衛星に比べてダークサット同様、反射光は軽減されるものの、依然として天文観測への影響は無視できないことが示唆されています。衛星



図05 スターリンク衛星の飛跡と周辺の星の3バンド(緑、赤、近赤外)擬似カラー合成画像。

の明るさの影響は衛星の高度や速度を上げることでより軽減されます。このような対応が可能かどうかを含め、話し合いを続けていくことが本当の意味での共存に向けて重要なことです。今後はバイザーサットの詳細な観測を通じて天文観測と巨大衛星網の共存を実現に近づける試みを行う予定です。

●参考文献

Horiuchi, T., et al.: 2020, "Simultaneous Multicolor Observations of Starlink's Darksat by The Murikabushi Telescope with MITSuME", *ApJ*, 905, 3.

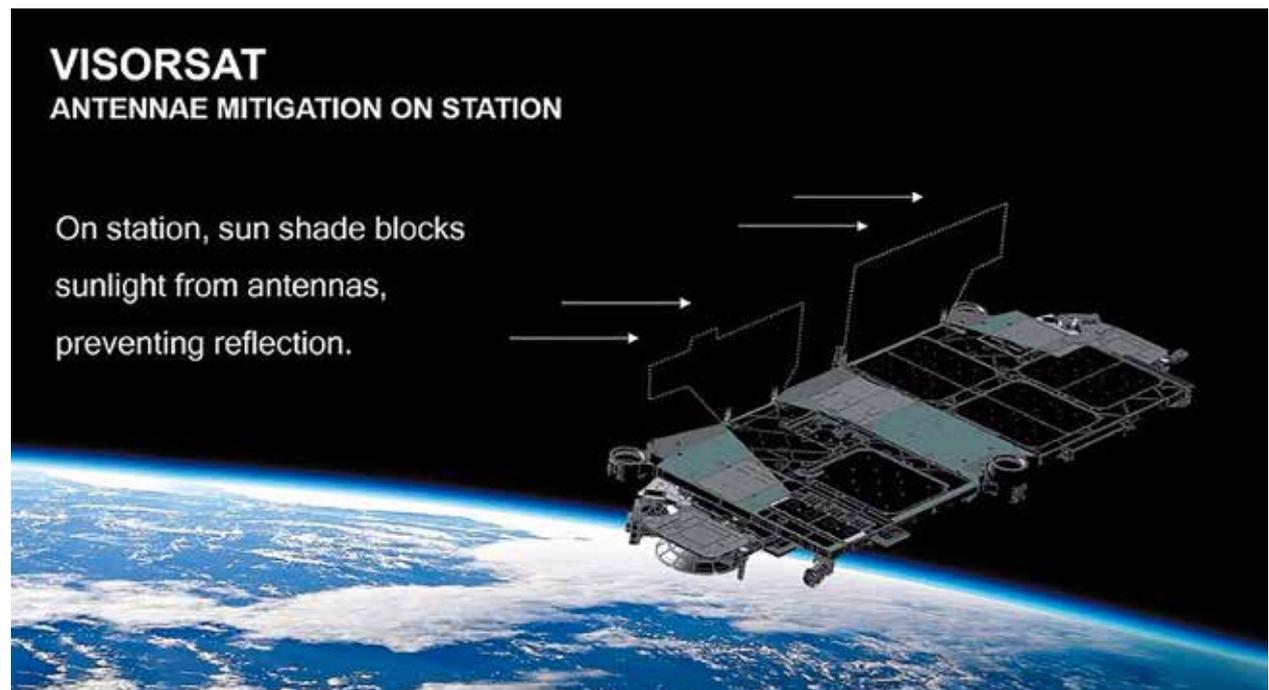
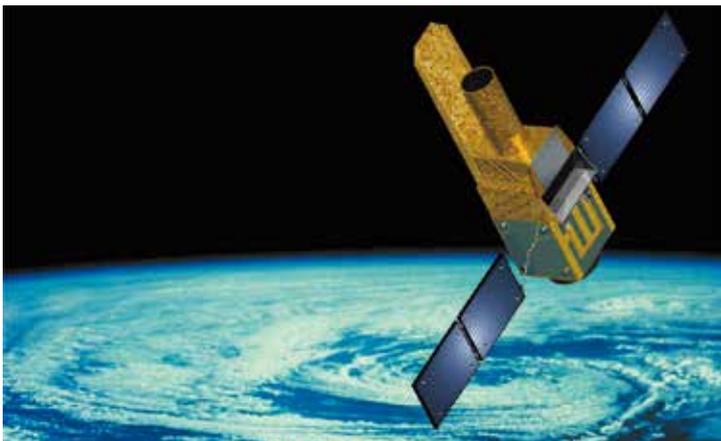


図06 バイザーサットの模式図。衛星に反射光抑制のための庇が装着してあります(クレジット:Space X)。

ジャスミン JASMINE プロジェクト



JASMINE（赤外線位置天文観測衛星）で拓く天の川中心核と地球型惑星の探査

文◎郷田直輝（JASMINE プロジェクト）

01 JASMINE衛星のイラスト図。JASMINEは、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画3号機の唯一の候補に採択された「小型JASMINEミッション」です。

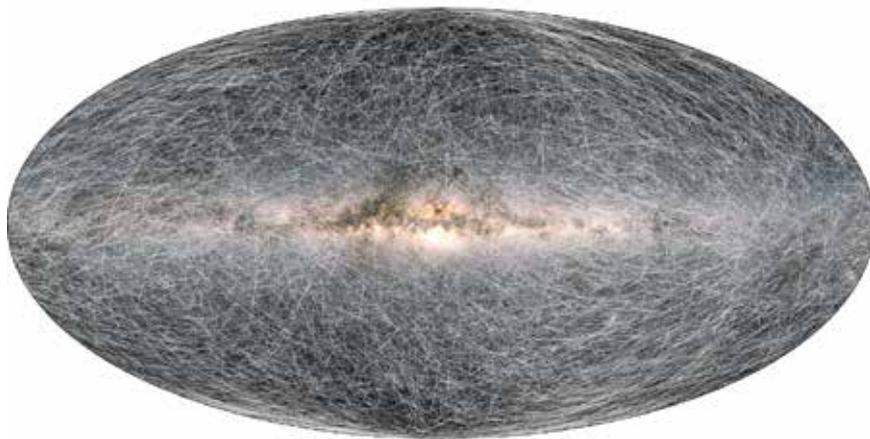
JASMINE（ジャスミン：Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration／赤外線位置天文観測衛星）は、天の川銀河の星々の位置と運動を高精度で観測する衛星で、2028年頃の打ち上げを予定しています。銀河中心核方向の星々の観測をもとに天の川銀河全体の歴史を紐解き、さらに太陽系の運動の解明や地球型惑星の探査なども視野に入れたJASMINEプロジェクトの概要を紹介します。

●はじめに～天の川銀河の探求～

夜空に横たわる天の川は壮観で、古より人々の興味を引いてきました。天の川の正体は我々が住んでいる銀河（天の川銀河または銀河系）の円盤（ディスク）構造部分で、天の川銀河は他の多くの銀河の1つに過ぎません。しかし、我々がその中に住んでいるということもあり、近未来において詳細かつ精密に観測できる唯一の銀河でもあります。例えば、多くの星に対して個々に分解でき、星の距離や3次元運動速度、詳細な元素組成などが精度良く分かるのはこの天の川銀河しかありません。こういった詳細かつ精密な観測データをもとにして、天の川銀河の構造や形成史を解明することによって得られる知見は他の銀河の研究を行う上でこの上もない大きな意義をもつと考えられます。まさに、天の川銀河は、銀河の形成進化研究において優れた“実験場”と言えるかもしれません。

●大革命をむかえる天の川銀河研究

さて、その天の川銀河に関する観測データですが、ヨーロッパ宇宙機関（ESA）が科学運用中の可視光大型位置天文観測衛星Gaiaによって、データの質（精度）、量（観測個数）ともに非常に画期的な位置



02 Gaia EDR3でとらえた星の運動。100 pc以内の4万個の星に対する今後40万年間の軌跡（予想）。Credit: ESA/Gaia/DPAC

天文観測データ（年周視差や固有運動）が得られつつあり、天の川銀河研究は大革命をむかえつつあると言って過言ではありません。Gaia以外にもVERAといった電波位置天文観測、可視赤外線での測光や分光観測等の様々なプロジェクトにより画期的な観測データが得られてきていますが、ここではGaiaデータについて紹介したいと思います。

●Gaiaの科学的成果

Gaiaは2013年12月に打ち上げられ、当

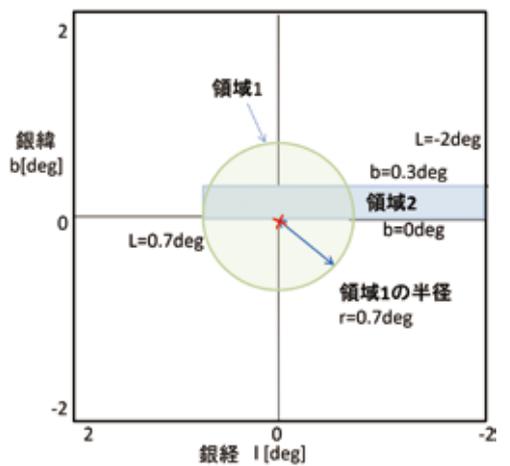
初は2019年に科学運用を終了する予定でしたが、中間リリースされた観測データで既に画期的な成果をもたらしていることもあり、2022年末までの運用延長となり、さらに2025年まで運用が延長される可能性もあります。今までに3回のデータリリースが行われ、段々と精度や観測個数等が向上してきています。データに関する詳細はGaiaのホームページ等を参照いただき割愛したいと思います。図02は、2020年12月に公開された3回目（早版）のデータカタログ（EDR3）での固有運動情報を使って描かれた図です。

さて、Gaiaの中間リリースデータにより、今まで天文学・宇宙物理学の様々な分野(太陽系内天体、恒星進化、系外惑星、星団、銀河衝突の痕跡、太陽系の加速度の初検出など多岐に亘る)で科学的成果をあげてきています(2020年12月時点でGaiaデータを用いた査読論文が4300本以上)。例えば、Gaiaのデータにより、バー構造が“実視”できました。また驚くべきことに、恒星の運動は非常に複雑であることが分かってきました。バー構造や渦状腕といった非軸対称構造による軌道の共鳴現象がおそらく原因で、運動星団が広範囲にわたり存在し、いわば運動空間は、異なる幾つもの“多様体”から構成されていることが分かってきました。さらに、Gaiaにより、銀河面が“ざざ波”をうっていることも明らかになってきました(“銀震学”の勃興)。銀河面に垂直な方向の速度や銀河半径方向の速度が、銀河半径に対して複雑な振動をしています。Gaiaは、少なく

とも今後3回のデータカタログのリリースが予定されており、精度の向上や変光星、系外惑星、連星系の情報などが加味されていく見込みであり、今以上に大きな成果をもたらすことが期待できます。

● GaiaからJASMINEへ： 中心核への“突入探査”

では、Gaiaがあれば全て分かっていくのでしょうか？ 実は、Gaiaには“苦手”があります。可視光観測であるため、厚い塵に遮蔽されている天の川銀河の中心部分や内部の銀河面は観測個数が少なく精度も悪くなっています。一方、天の川銀河の中心部(後述する中心核バルジ)は、天の川銀河の“歴史の宝庫”であると考えられ、天の川銀河の研究にとっては非常に興味深い貴重な領域です。そこで

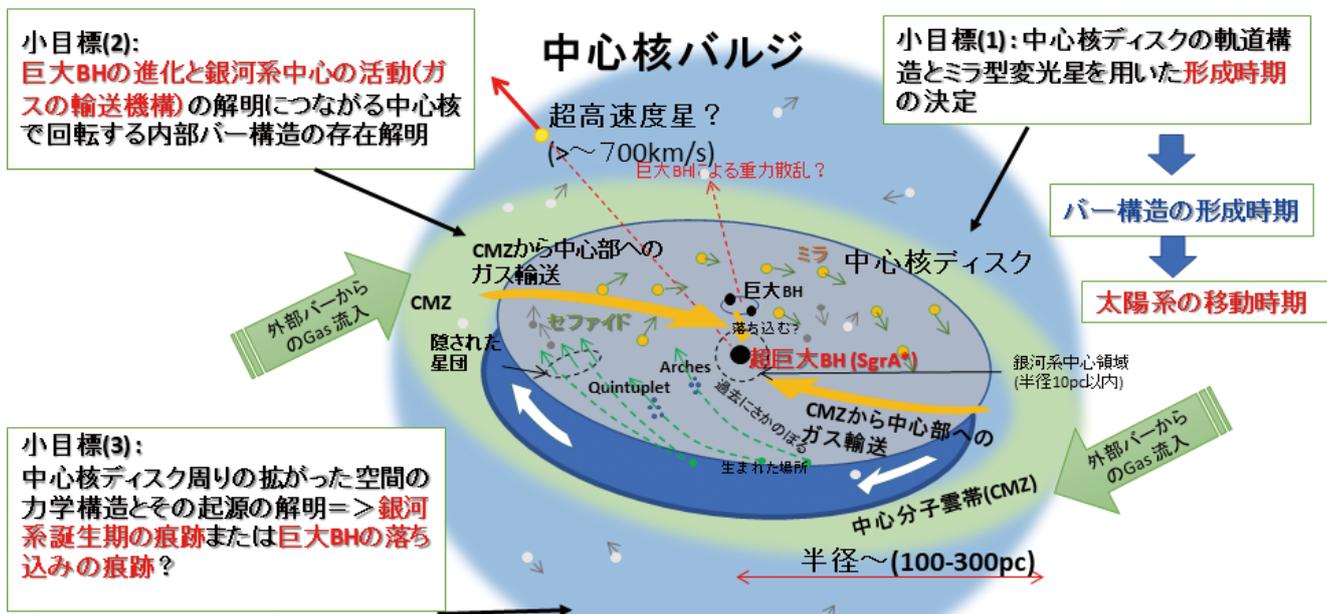


03 JASMINEが観測する天の川銀河の中心方向の領域。領域1は、中心核バルジ構造、領域2は中心核ディスク構造の一部を覆っている。

JASMINE(赤外線位置天文観測衛星)が登場します(図01)。

近赤外線による恒星の観測は、塵による遮蔽効果をあまり受けないため、JASMINEでは、高精度で測定できる(中

★JASMINEが遂行する銀河中心考古学 —中心核バルジで、JASMINEが世界で初めて解明する研究課題—



*** 銀河系中心核バルジでの星と星団形成、物理的特徴や多様な天体の探求 ***

隠された星団の同定
=> 星の形成史
(ディスクからのガスの流入史)

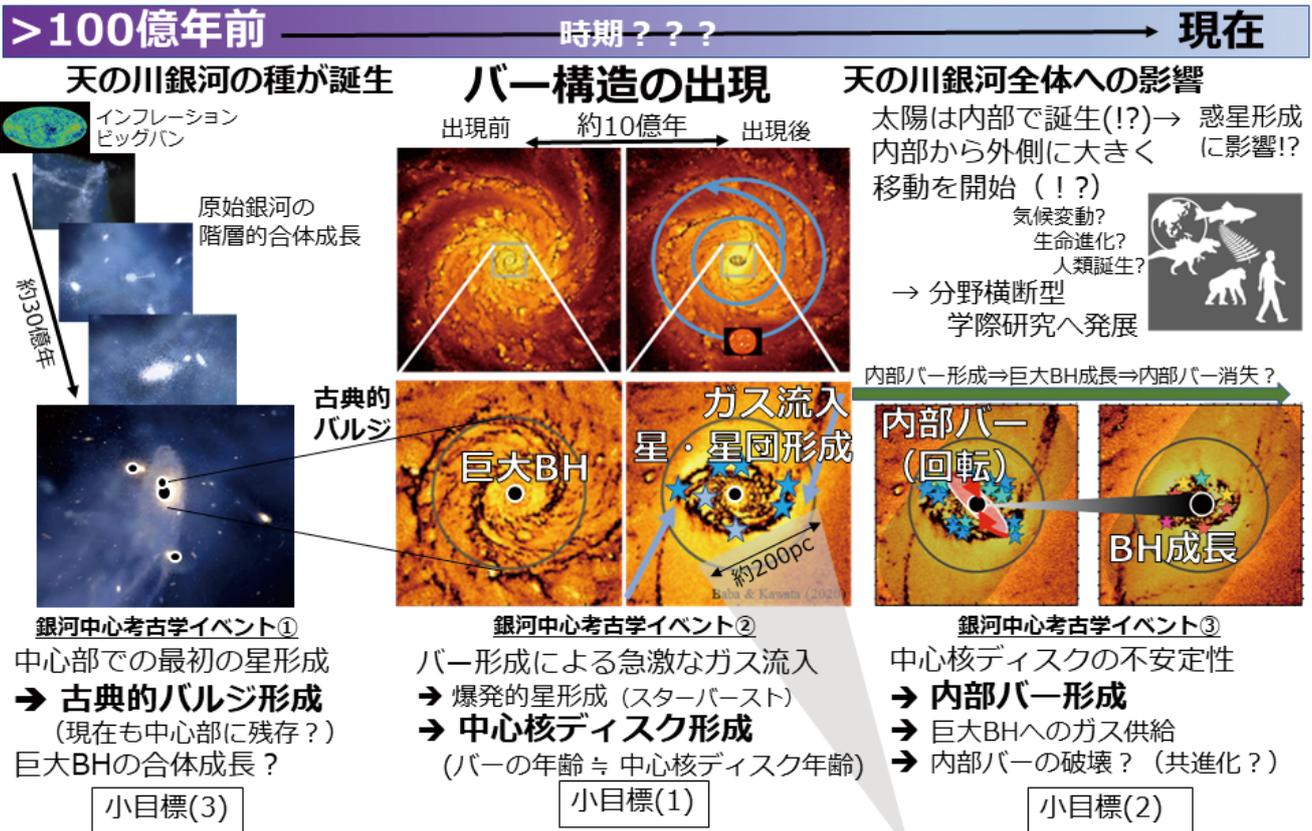
星の位置運動情報から星団の誕生した領域を探る。

超高速度星はどうして存在するのか?

多様な天体の探求:
重力レンズ天体、コンパクト天体等

04 JASMINEが遂行する中心核バルジ探査による銀河中心考古学。具体的には、ミラ型変光星を用いた中心核バルジ内の中心核ディスクの形成時期の決定(小目標1)、中心部へのガス輸送に重要な役割を果たすかもしれない内部バーの探査(小目標2)、天の川銀河形成の初期段階で起こった爆発的星形成の名残(古典的バルジ?)の探査、もしくは過去における複数個の巨大ブラックホールの中心部への落

ち込みの名残の探査(小目標3)、中心部でのブラックホール探査、隠された星団探査によるディスクからのガス流入に伴う星形成史の解明等を目標としています。JASMINEは、他にも高エネルギー天体連星系の軌道要素と高密度星の質量同定、恒星物理、星形成など様々な分野に対しても有用な位置天文や測光のデータを提供できます。



**中心核バルジの星の位置・速度の観測から
3大イベントの解明を目指す。**



05 JASMINEによって期待できる天の川銀河の形成史。天の川銀河の3大イベントと呼ぶにふさわしい、天の川銀河誕生期での古典的バルジの形成、バー構造の出現、中心巨大ブラックホールの成長の解明につながる内部バーの生成消滅に関する科学的成果が期待できます。例えば、銀河中心考古学で中心核ディスクの形成時期が分かるとバー構造が力学構造として形成された時期が分かる(その時間差は10億年程度以内)ことが数値シミュレーションで分かっています。バー構造は、Gaiaデータで明らかになってきた複雑な運動星団が広域にわたり存在していること、ま

た銀河面振動などの原因にも絡んでいるほか、バルジ構造の形成、ディスクから中心核バルジへのガス流入に対しても重要な役割を果たしています。さらには、太陽系がどこで生まれてどのように移動してきたのかを力学的に解き明かす上で重要になります。従って、JASMINEによる中心核ディスクの形成時期の解明を通じてバー構造の形成時期を明らかにすることは天の川全体の歴史にとっても意義があると考えます(本図のオリジナルは馬場淳一氏作)。

心核バルジにある)星の個数はGaiaより3桁程度多くなります。そこでJASMINEはプロジェクトサーベイとして、天の川銀河の中心方向の領域を赤外線(1.1~1.6ミクロンの波長帯)で春と秋に観測します(p07・図03参照)。12.5等級より明るい星に対しては、25マイクロ秒角の年周視差視差精度と25マイクロ秒角/年の固有運動精度、12.5等級~14.5等級の星に対しては、125マイクロ秒角/年以下の固有運動精度の達成を目標としています。バルジの星は7万個程度、ディスクの星は3万個程度を取得する予定です。

JASMINEには、3つの主要な科学目標があります。1つ目は、「赤外線による超高精度位置天文観測により、距離2万6千光年に位置する星の距離と運動を測定し、天の川銀河の中心核構造と形成史を明らかにする」ことです。バルジ構造の中心部

にバルジとは様相が異なった中心核バルジ(中心からの半径が100~300pc程度)とよばれる構造があります。中心核バルジには、今も様々な年齢をもつ星が、年代に応じて異なった空間構造と系統的な運動分布をしていると考えられています。様々な年代の地層が埋まっているようなイメージになります。そこで、中心核バルジの力学構造を探索することにより、中心核、さらには天の川銀河全体の歴史を紐解こうという「銀河中心考古学」の遂行が目標となります(p07・図04参照)。

●天の川銀河の歴史や太陽系の誕生場所の解明へ

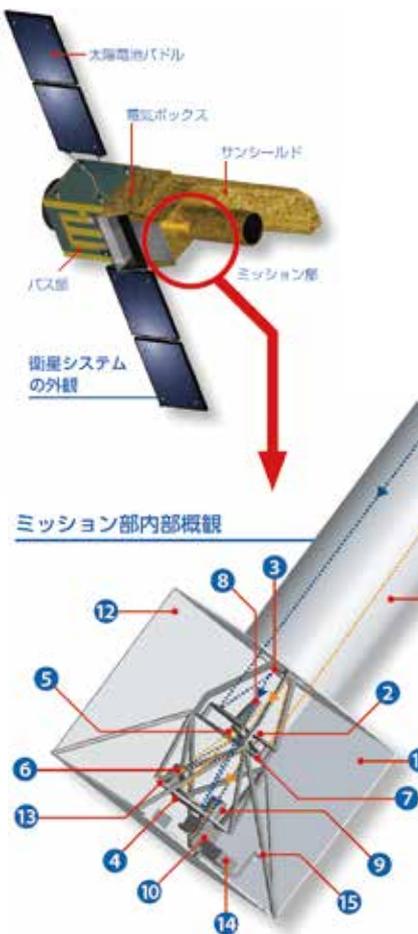
銀河中心考古学の遂行は、実は、銀河中心部の「歴史」だけでなく、天の川銀河全体の「歴史」解明にまで進展するもの

です。そこで2つ目の科学目標として、「太陽系や惑星をもつ星の移動を引き起こす原因となる銀河構造の進化の過程を明らかにし、人類誕生にも関わる天の川銀河全体の形成史を探索する」を掲げています。JASMINEは、天の川銀河の3大イベントと呼ぶにふさわしい、天の川銀河誕生期での古典的バルジの形成、バー構造の出現、中心巨大ブラックホールの成長の解明につながる内部バーの生成消滅に関する科学的成果が期待できます(図05参照)。特にバー構造の形成時期は、太陽系が誕生した場所の解明に大きく結びつきます。実は、太陽系は現在の位置で生まれたのではなく、金属量の情報などからもっと内側で生まれた可能性が示唆されていますが、バー構造が出来たときに恒星が軌道の共鳴現象により半径方向に大きく動き出す可能性があります。従って、JASMINEが銀河中

心考古学で解き明かすバー構造の形跡時期等は太陽系がどこで生まれてどのように移動してきたのかを力学的に解き明かす上で重要になります。

●生命居住可能領域にある地球型惑星の探査

JASMINEの3つ目の科学目標は次の通りです。「赤外線位置天文観測で達成される高精度な測光能力を活かした時間軸天文観測により、生命居住可能領域にある地球に似た惑星を探査する」。JASMINEは高精度な測光能力を持つとともに、連続的観測が可能です(約100分の地球周回時間のうち半分程度を同じ対象天体に向けて観測可能。その100分を繰り返し、長期間の集中観測も可能)。特に、銀河中心方向の観測が困難な時期(夏と冬)において以上のような高時間分解能と高精度測光測定の特徴を活用し、興味ある対象天体を観測することができます。その1つが、トランジット観測による晩期M型星(低質量の主系列星)の周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探査です。このターゲットに対しては、JASMINEはTESSなど



06 JASMINEの衛星システム外観とミッション部内部概観。2020年までの仕様案に基づく図である。

の他の系外惑星探査衛星より有利性もあり、日本で最初の系外惑星探査衛星にもなるという大きな科学的意義をもちます。

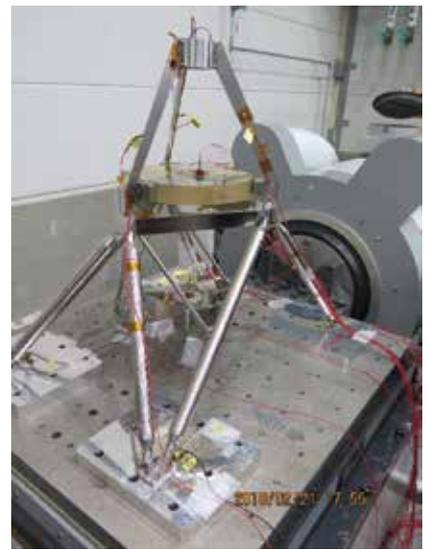
●JASMINE衛星について

JASMINEのミッション装置は、主鏡口径40cm程度の3枚鏡(非球面)で視野面積は、0.5度×0.5度のコルシュ光学系を用います(図06参照)。赤外線検出器に関しては、従来は米国製のものを使用予定でしたが、国立天文台で地上用に開発された高性能な検出器を宇宙用化し搭載することを考えています。衛星の総重量は550kg程度、高度550km以上の太陽同期軌道にイプシロンロケットを用いて打上げられる予定です。打上げは現時点での予定は、2028年頃です。

●データ解析と重要な技術要素

JASMINEが精度の達成目標にしている25マイクロ秒角は、100km離れた人の髪の毛一本の太さの約0.15倍を見込む角度に相当します。JASMINEのような比較的口径が小さい望遠鏡でもその精度を可能にするのはデータ解析の工夫と高度に安定な観測装置を用いるからです。実は、同じ星を何度も撮像すること(プロジェクトサーベイの場合、3年間で最大60万回)が精度を上げるための本質になっています。統計誤差の減少化と系統誤差の推定を自らの観測データで行うことができるからです(短時間では、星の相対位置は変化しないこと等を用いて、焦点面の異なる場所に撮像される星の位置変動から光学系歪みや検出器歪みを推定します)。ただ、系統誤差の推定(モデル関数をフィットする)にあたっては、観測データは有限個であるため、モデル関数がなるべく簡単(少数パラメータで記述可能)である必要があります。そのため系統誤差になる歪みの時間変動を極力抑える事などが必要となり、

- | | |
|----------|-----------------------|
| ① 望遠鏡フード | ⑩ 検出器ボックス |
| ② 主鏡 | ⑪ 望遠鏡ラジエータ |
| ③ 副鏡 | ⑫ 望遠鏡ボックス |
| ④ 3次鏡 | ⑬ 焦点調整機構 |
| ⑤ 4次鏡 | ⑭ 電気ボックス |
| ⑥ 5次鏡 | ⑮ 熱伝導デバイス(検出器ラジエータ直結) |
| ⑦ 6次鏡 | |
| ⑧ 主鏡フード | |



07 JASMINE望遠鏡の試作試験用モデル(実物大)。熱構造や振動試験に用いた。

望遠鏡の熱構造の安定性や熱制御などが重要な技術要素となります。また、迷光や指向擾乱の抑制も重要な技術要素です。例えば、熱構造安定性に関しては、熱膨張をほとんどしない支柱素材をメーカーと開発するとともに、望遠鏡の試験用モデルを作成し、熱構造安定性や振動の試験などを行い技術実証を進めています(図07)。

●おわりに

JASMINEは、公募型小型計画3号機の唯一の候補として選定されていますが、国内外の研究者コミュニティの拡大や国際協力の拡張を進めながら、JAXAでの次の開発フェーズへのステップアップを目指して概念検討を推進している段階です。位置天文観測は、一般的に“目立つ”画像データはなく、“地味”です。しかし、天の川銀河の構造や形成史、巨大ブラックホールの進化、そして様々な天体や天体现象の解明のために、位置天文情報は大きな役割を果たしています。まさに、星の(天球面上での)地図とその変動を知ることが幅広い分野に亘る天文学、宇宙物理学に飛躍をもたらしてくれると言って過言でないと思います。その中でJASMINEは、天の川銀河の中心核へ“突入探査”をしていきたいと思っています。さらにJASMINEは、その測光能力と連続的観測の特徴を活かして、M型星周りの生命居住可能領域にある地球型探査を有利に進め、生命探査への貢献をしようと考えています。実現に向けて、今後も皆様からのご支援をよろしくお願い致します。

「JASMINE コンソーシアムミーティング2020」開催報告

河田大介 (MSSL, UCL)、馬場淳一 (JASMINE プロジェクト)

2020年11月24、25日に、国立天文台 JASMINE プロジェクト主催の JASMINE コンソーシアムミーティング2020が開催されました。コロナ禍のため、リモート開催となりましたが、95名の方が参加登録をして下さいました。研究会では、JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型計画3号機に選定された「JASMINE」ミッションの進捗状況の報告と幅広い分野へのデータの活用に向けて、オンライン共有ドキュメントなどを通じて、活発な議論を交わすことができました。

JASMINE は、以下の3つの科学目標を達成するために準備を進めています (p06~09の記事も参照)。

- ①赤外線による超高精度位置天文観測により、距離2万6千光年に位置する星の距離と運動を測定し、天の川銀河の中心核構造と形成史を明らかにする。
- ②太陽系や惑星をもつ星の移動を引き起こす原因となる銀河構造の進化の過程を明らかにし、人類誕生にも関わる天の川銀河全体の形成史を探求する。
- ③赤外線位置天文観測で達成される高精度な測光能力を活かした時間軸天文観測により、生命居住可能領域にある地球に似た惑星を探索する。

特に、JASMINE が行う銀河中心領域の赤外線高精度位置天文観測は、先日発表された2020年ノーベル物理学賞の銀河中心巨大ブラックホールの発見につながった星の動きの観測であり、また、系外惑星探索は2019年ノーベル物理学賞のテーマでもあり、JASMINE は、2つ

のノーベル賞級のサイエンステーマをカバーすると言えます。また、最近の位置天文観測衛星 Gaia (欧州宇宙機構) の成果に代表されるように、位置天文観測データは、新たな次元のデータを提供するものであり、上記の主目標以外にも JASMINE の位置天文観測データを多くのサイエンスにも応用できるはずです。また、JASMINE が提供する時間軸天文観測も、系外惑星だけでなく、マイクロレンズングなどへの応用が可能です。

このように国内の多くのサイエンスコミュニティにとって有益なデータを提供できる JASMINE をよりよいミッションにするため、昨年「JASMINE コンソーシアム」が結成され、キックオフミーティングを開催し、毎年 JASMINE コンソーシアムミーティングを行うことが決まりました。今回のミーティングは2回目となる2020年のコンソーシアムミーティングとして開催されました。

まず、初日の前半では、JASMINE チームから、上記の科学目標のサマリーに加えて、JASMINE ミッションの概要とプロジェクトの進捗状況が、国立天文台で開発されている国産赤外線撮像検出器の宇宙利用の検討や end-to-end シミュレーションの開発も含めて報告されました。その後、サイエンスケースの紹介として、系外惑星分野の紹介が初日の後半と2日目の前半にわたって発表されました。まず、2020年代末に JASMINE で M 型星周りの生命居住可能領域にある地球に似た系外惑星をトランジット法

で探索する優位性が示されました。また、JASMINE による位置天文データと組み合わせることができれば、系外惑星の性質についてさらに制限がつけられ、その手法についての発表や議論がありました。

さらに、2日目の後半では、銀河系サイエンスについての発表があり、中間質量も含めたブラックホール探索、重力波、変光星、星形成領域といった幅広い分野への JASMINE データの応用価値が認識されました。また、他プロジェクトのシナジーとして、PRIME 望遠鏡 (大阪大学) によるマイクロレンズングサーベイや、すばる望遠鏡 PFS の銀河系考古学サーベイについても発表がありました。また、こうした JASMINE データの利用という共通の話題で、幅広い分野の研究者が集まったおかげで、必要なデータや解析手法の類似性や分野間の相互性に気づくいい機会にもなりました。例えば、位置天文データを使った系外惑星探索の手法は、ブラックホールと恒星の連星の発見と同様の手法であることや、星形成領域や若い星団で系外惑星を見つける意義などについても議論が交わされました。そして今後も JASMINE コンソーシアムを通じて、分野の垣根を超えた情報共有ができることが参加者の間で認識されました。これからも毎年、コンソーシアムミーティングを開催し、JASMINE ミッションを、多分野にわたるサイエンスコミュニティにとって、より価値あるミッションにしていきたいと願っていますので、みなさまの引き続きのご協力をよろしくお願いします。

● 「JASMINE コンソーシアムミーティング2020」プログラム

<https://sites.google.com/site/smalljasmineconsortium2019/meeting/jc-meeting-2020>

「Mitaka オンラインワークショップ」開催報告

波田野聡美、加藤恒彦（4次元デジタル宇宙プロジェクト）

2020年9月20日（日）、一般社団法人日本天文教育普及研究会★01「Mitakaによる天文教育/普及ワーキンググループ」主催の「Mitaka オンラインワークショップ」をオンライン（Zoom）にて開催しました。本来は、2月29日（土）に国立天文台さっぽろ棟大セミナー室を会場（サテライト会場：京都産業大学神山天文台 地下ホール）として開催予定でしたが、新型コロナウイルスの影響で、延期となっていました。当ワークショップは、「Mitakaによる天文教育/普及ワーキンググループ」（代表：波田野聡美）の活動の一環として、最新版のMitakaに実装されているスクリプト機能（囲み記事参照）を使ったハンズオングループワークを行い、Mitakaを使った教材開発の活性化を目指すものです。参加申し込みは70名（うちハンズオン定員40名）を超え、Mitakaへの関心の高さを感じました。

「Mitakaによる天文教育/普及ワーキンググループ」は、2019年4月に設立、開発者である加藤恒彦特任専門員や、全国の学校、社会教育施設等で活動しているメンバーで構成されています。ワーキンググループの目的は、「4次元デジタル宇宙ビューワー」Mitakaを、より多くの方に、多くの場所で活用していただくことです。Mitakaは大変優れた天文教材ですが、これまでのバージョンでは、カスタマイズすることに工夫が必要、かつカスタマイズ出来る内容が限られていま

た。しかし、新バージョン（1.6以降）では、スクリプト機能が実装されたことによって、プリセットやシーケンスを自由に作成することが出来るようになりました。これを利用し、学校現場や社会教育の場で、想定されるプリセットや目的に合わせたシーケンス（番組）を作成し配布することを、当ワーキンググループでは、一つのゴールとしています。

そこで、ワークショップは、スクリプトを使ったハンズオンになるべく長い時間をとる構成としました。前半では、開発者による新機能の説明、また、ワーキンググループメンバーから短時間の事例紹介を行い、その後、Zoomのブレイクアウトルーム機能を使用して、A～Cの習熟度別グループ（1グループ6～10人…スタッフ含む）に分かれて実際にMitakaを操作しながら体験しました。グループ分けは以下の通りです。

- A) Mitaka初心者（使用経験ほとんど無し）：Mitaka基本操作の講習から開始
- B) Mitaka中級者①（使用経験あり：カスタマイズ経験なし）：緯度経度の変更、動画・静止画の追加・変更、メニューの改造から開始
- C) Mitaka中級者②（使用経験あり：スクリプト以外のカスタマイズ経験あり）：スクリプト作成方法から開始

●Mitakaは、4次元デジタル宇宙プロジェクト（4D2Uプロジェクト）で開発をしている天文シミュレーションソフトです。地球から宇宙の大規模構造までを連続的に自由に行き来して、宇宙の様々な天体や構造を任意の視点で立体的に見ることができます。フリーソフトとして公式サイト★03で公開をしています。2003年に開発を開始してからバージョンアップを重ね、2020年には最新版のバージョン1.6をリリースしました。最新版ではユーザーが自由にMitakaの動作や設定をカスタマイズできる「スクリプト機能」が実装されています。スクリプトの詳細はマニュアルをご覧ください。またサンプルのスクリプトファイルも同梱されています。本文中で紹介されているMitakaワーキンググループのFacebookページにはスクリプトの作例や自習のための資料なども公開されています。

02 Mitakaウェブサイトのトップページ。



01 Mitaka ワーキンググループ Facebook ページではさまざまな活用情報が掲載されています。画像は、2020年12月21日付けの木星と土星の大接近の案内記事。Mitakaのスクリプト機能で作成したムービーでそのようすがわかりやすく紹介されています。

約2時間半の作業の後、全員集合し各チームの発表会を行いました。初心者コースをはじめ、各チームが力作を披露、参加者からは、「（スクリプトを作成するのは）思ったより簡単だった」という声も聞かれました。また、参加者の中には中学生もあり、終了後も次々とWGあてに作品をお送りいただきました。

2021年2月27日（土）には、ほぼ同じ内容で第2回のワークショップを、オンライン（Zoom）で実施しました。今後の開催情報等は、日本天文教育普及研究会のイベントページや、当ワーキンググループのFacebookページ★02にて告知いたします。多くの方のご参加をお待ちしております。

★01 天文教育や天文の普及に関心のある者が集まった会員制の研究会：
<https://tenkyo.net/>

★02 Mitaka ワーキンググループ Facebook ページ：
<https://www.facebook.com/mitakaWG/>

★03 Mitaka ウェブサイト：
<https://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

「ALMA データ解析講習会（入門編）」開催報告

島尻芳人（アルマプロジェクト）、亀谷和久（天文データセンター）

2020年11月17～18日、アルマプロジェクトと天文データセンターが共同で、「ALMA データ解析講習会（入門編）」をビデオ会議システムZOOMによるオンライン開催をしました。ALMAはミリ波・サブミリ波干渉計として、世界最高の観測性能を備えています。共同利用観測で取得されたデータは観測提案者へ配布されてから1年後にはアーカイブ上で一般公開されます（所長裁量時間の枠で観測された場合は6か月後に公開）。2011年の初期科学運用開始以降、ALMAサイエンス・アーカイブには、データが蓄積され続けており、その科学的価値はますます高まっています。

今回は、ALMAのデータをほとんど使ったことがない人を対象とし、データの取り扱いを学んでいただくことを目的としたALMAデータ解析講習会（入門編）を実施しました。これまで開催した講習会と同様に定員の12名を超える申し込みがあり、9の大学から12名が講習会に参加しました。今回の講習会では、ALMAサイエンス・アーカイブやJVO ALMA FITSアーカイブを利用してデータをダウンロードし、解析ソフトCASAを使って基本的な画像解析（モーメントマップ、チャンネルマップの作成、スペクトルの抽出など）ができるようになることを目標としました。そのため、干渉計の原理の簡単な解説に加え、JVO ALMA FITSアーカイブやALMAサイエンス・アーカイブの利用方法や解析ソフトCASAを使って基本的な画像解析の実習



01 講習会の参加者と講師およびチューター。

を実施しました。

実施したアンケートでは、12名の参加者全員から回答を得て、講習会の内容について、6名が“満足”、6名が“やや満足”と答え、以前実施した対面での講習会と同程度の満足度が高い講習会でした。CASAを使った画像解析の実習は、ZOOMのブレイクアウトルーム機能を活用し、1グループあたり、4名の参加者と2名のチューターの少人数グループで行いました。少人数であることが功

奏し、質問をしやすい環境が構築され、多くの質問が飛び交っていました。また、参加者全員が、2年以内に、ALMAを使った研究の論文化を目指しており、参加者らのALMAデータを使ったサイエンスの推進においても、役に立ったのではないかと思います。今回の入門編で使用したテキストおよび資料は、ウェブサイト (<https://www2.nao.ac.jp/~eaarc/DATARED/lecture.html>) に公開されています。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

2020年度国立天文台若手研究者奨励賞

国立天文台若手研究者奨励賞は、2018年度に国立天文台30周年を記念し創設された賞で、優れた研究業績を挙げた国立天文台の若手研究者が、将来国立天文台や国内外で研究リーダーとして活躍することを期待し、若手研究者を奨励することを目的としています。

●受賞者 Chat Hull 特任助教 / NAOJ フェロー (チリ観測所)

●研究テーマ: Studying the role of the magnetic field in the formation of the youngest protostars
最も若い原始星の形成における磁場の役割

★以下は受賞された Chat Hull 特任助教のコメントです。



It is a great honor to receive the 2020 NAOJ Young Researchers Award. The work that I have done on understanding the role of magnetic fields in the youngest forming stars began a decade ago during my graduate work at the University of California, Berkeley, and continued during my time as a Jansky Fellow of the NRAO at the Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian. However, I can say with confidence that the support of the NAOJ—and specifically the support of NAOJ Fellowship, NAOJ Chile, and the Joint ALMA Observatory here in Santiago—has made the last three years by far the most exciting and productive period of my career.

The recent advances my research group and I have made would not have been possible without the tireless efforts of my Ph.D. student Valentin Le Gouellec, who has taken our understanding of magnetized protostars to the next level during the two years that he worked with me here in Santiago during his ESO Studentship. He has returned to CEA Saclay in France to work with his co-adviser Anaëlle Maury during the final year of his Ph.D. and will be off on more great adventures afterward. I am extremely thankful for the support of the NAOJ during Valentin's time in Chile—in particular for the support of the NAOJ Chile and Mitaka administration staff, who worked hard to make sure that Valentin and I could efficiently and effectively use my grants for our KAKENHI research over the last few years. The fact that NAOJ staff in Chile, even on fixed-term positions, can apply and receive funding through the JSPS grant-in-aid program (KAKENHI) is an unparalleled benefit of working for the NAOJ, and was critical for supporting the work that led to this award.

In closing, I would like to thank a huge number of people who have supported me in the last few years. First and most importantly: thanks to my wife Lisa and my son Max for joining me on the wild ride of life in Chile. Next, to my diverse and fascinating network of colleagues in East Asia, North America, Europe, and specifically at ALMA, NRAO/AUI, ESO, and the NAOJ in Chile who embody the global spirit of astronomy and who make every day a trilingual adventure. And finally, to all of the NAOJ staff who have worked incredibly hard to enable my and my group's success: Fukui-san, Kikuchi-san, and the entire admin team in Mitaka; Álvaro, Fukagawa-san, Saito-san, and all of my colleagues and collaborators at the NAOJ ALMA project and the Division of Science; Goto-san, Suzuki-san, Yamamoto-san, Shirato-san, and countless others in the Research Support Section, General Affairs Division, Finance Division, and Support Desk; and my present and former colleagues at NAOJ Chile including Ricardo, Gabriela, Lorena, Ichiyama-san, Okumura-san, Sakamoto-san, Asayama-san, Tsukano-san, Yamafuji-san, Isozaki-san, and Minamidani-san.

A very happy spring to everyone, and, as we say in English, "onward and upward" to good health and more great discoveries in 2021!

国立天文台若手研究者奨励賞を受賞できて、たいへん光栄です。受賞の対象となった最も若い原始星の形成における磁場の役割についての研究は、私がカリフォルニア大学バークレー校の大学院生だった10年前に始め、アメリカ国立電波天文台(NRAO)のジャンスキーフェローとしてハーバード・スミソニアン天体物理学センターに在籍中も続けていたものです。しかし、国立天文台のサポート、とくに国立天文台フェローとしてチリ観測所やサンティアゴの合同アルマ観測所の支援を得て研究に取り組み始めたここ3年間は、私の今までのキャリアの中でもっともエキサイティングで実り多き時期だったと断言できます。

私たちの研究の最近の進展は、大学院生のValentin Le Gouellecさんのたゆまぬ努力なしには達成できなかったでしょう。彼は、欧州南天天文台(ESO)の大学院生としてここサンティアゴで私と一緒に研究した2年間で、原始星周辺の磁場の理解を次のレベルに押し進めてくれました。彼は現在、フランス原子力・代替エネルギー庁に戻って、Anaëlle Maury先生の下で博士課程の研究を進めています。その後は、さらに素晴らしい研究にチャレンジすることでしょう。Valentinさんのチリ滞在中の国立天文台のサポートについて、深く感謝しています。特に、私とValentinさんが、この数年間に科研費の課題の遂行のため、科研費を効率的・効果的に利用できるように努力していただいたチリと三鷹スタッフの皆さんにお礼を言わなければなりません。国立天文台の任期付き研究者が、日本のみならずチリに研究拠点を置く場合でも日本学術振興会科学研究費助成事業のサポートを受けられることは、国立天文台で研究する上で比類のないメリットであり、今回の受賞研究でも重要な役割を果たしました。

最後に、この数年の間、私をサポートしてくださった多くの方々に感謝いたします。まず真っ先に、チリでの野生味に富んだ生活を共にしてくれた妻のリサと息子のマックスに感謝します。ありがとう。次に、東アジア、北米、ヨーロッパに広がっている多様な魅力的な研究者仲間のネットワーク、特にALMA、NRAO/米国北東部大学連合、ESO、国立天文台チリ観測所のスタッフに感謝いたします。彼らは毎日三ヶ国語を駆使して仕事をしています。天文学がグローバルな学問であることを体現していると言ってもよいでしょう。そして最後に、私の研究グループの成功のために懸命に支援していただいた国立天文台の職員の方々、福井さん、菊池さん、三鷹ALMA室の皆さん、Álvaroさん、深川さん、齋藤さん、国立天文台アルマプロジェクトと科学研究部の同僚と共同研究者のみなさん、後藤さん、鈴木さん、山本さん、白土さん、研究支援係や総務課、財務課やサポートデスクで働く数多くのみなさん、現在とかつてのチリ観測所の同僚のみなさん、とくにRicardoさん、Gabrielaさん、Lorenaさん、一山さん、奥村さん、阪本さん、浅山さん、塚野さん、山藤さん、磯崎さん、南谷さん、他のみなさんに感謝いたします。

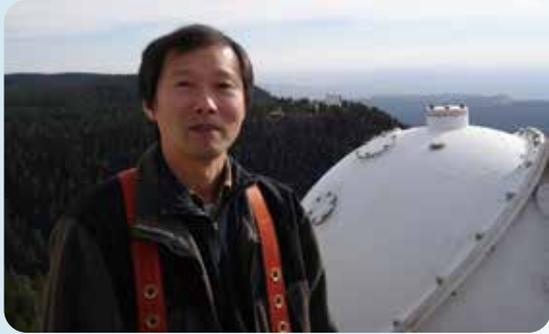
では、良い春をお迎えください。2021年は、健やかにより大きな発見を目指して“onward and upward!”(前向きに行こう)

天文台メモワール

思い出が多すぎて

末松芳法

(太陽観測科学プロジェクト)



2007年11月7日サクラメントピーク太陽天文台Dunn太陽望遠鏡30m塔上にて。後ろにアパッチポイント天文台。



写真01 1991年7月11日ハワイ・メキシコ皆既日食、カリフォルニア半島南端近くのラ・パスにて、無事観測終了して乾杯(天文台・福島英雄さん、京大・北井さん、黒河さんと)。

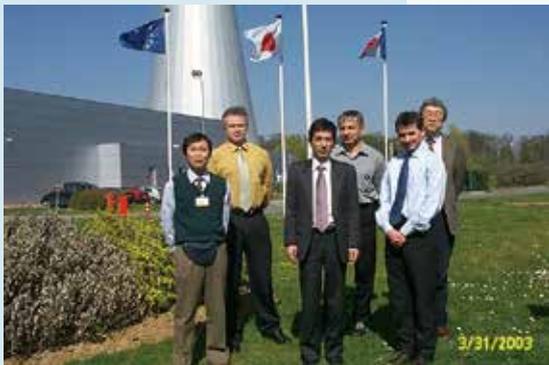


写真02 2003年3月31日フランス・パリ郊外のREOSC社にてひので可視光望遠鏡のフライト主鏡・副鏡が完成し、お世話になったRuch氏、Thépau氏、三菱電機の松下さんと記念撮影。

●**入台のころ**：1989年4月に滋賀大学・教育学部から国立天文台に移って早32年、思えば遠くに来たもんだと思える今日この頃です。赴任時は入居予定の合同宿舎が前任者の引越後手直しですぐに入れず、三鷹キャンパスの旧台長官舎(今の三鷹市星と森と絵本の家)に半月ほど間借してました。当時はまだコスモス会館がなく、ゲスト用の宿舎として台長官舎の部屋をあてがっていました。

三鷹の太陽観測施設はフレア望遠鏡ができる前で、今の東大大学院天文学教育センターがある場所でした。太陽フレアモニター観測が主でしたが、オバケと呼ばれる建物(お化けが出そうなほど古い?)があり、シーロスタットと分光器が使える、ちょっとした分光実験に重宝していました。また、皆既日食観測で用いられた高級な屈折望遠鏡が幌を被った状態で置かれており(望遠鏡の墓場と呼ばれてた)、観測装置開発に活用されていました。今は跡形もなく(一部は博物館に)はるか昔の話になってしまいました。

●**太陽と云えばコロナ**：昨今、コロナは別の意味で有名になってしまいましたが、太陽研究の花形は何といってもフレアを含めたコロナ加熱問題でしょう。最近では宇宙からのX線観測がコロナ研究の主流となりましたが、国立天文台には乗鞍コロナ観測所があり(2010年3月閉所)、皆既日食時のコロナ観測も盛んにおこなわれていました。乗鞍コロナ観測所は3000m近い乗鞍摩利支天山頂にあり、一度だけ越冬観測(3週間滞在)に参加したことがあります。行きは麓の鈴蘭から雪上車で宇宙線研乗鞍観測所まで、残りの急斜面を徒歩、帰りは鈴蘭までスキーで下山というまたとない経験をさせてもらいました。ちなみにスキーはほとんど素人でした。

天文台に来て最初の大きな仕事は1991年7月の皆既日食観測の実施でした。これがほとんど最後だったと思いますが、皆既日食観測は一大事業で、学会会議の日食専門委員会の元、関係機関・大学から観測隊を集めて日本隊として派遣、観測地に一カ月近く滞在する(荷物は船で輸送し臨時的な太陽観測所

を設営する)ものでした。この時はメキシコ・カリフォルニア半島南端近くのラ・パスの大学構内に各国の観測隊が集合しました(写真01)。

大学院生時代も一度1983年6月のインドネシア日食で経験がありました。この時はジャワ島ツバンの土地の名士の家にホームステイさせてもらい、小学校の校庭を借りての観測でした。どういう縁か、当時海上保安庁水路部所属だった福島登志夫・国立天文台名誉教授と同宿でした(もちろん寢室は別)。この後も、1997年3月のシベリア日食は明星大学観測隊の一員として参加し、 -20°C の極寒のバイカル湖東で観測(余談ですが、凍ったバイカル湖面を歩くこともできた)。2009年7月のトカラ列島・硫黄島日食では、硫黄島での観測。これ以外は太陽国際会議が組織した日食観望で1998年2月のカリブ海日食(プエルトリコの南フランス領グアドループ島)、2008年8月のモンゴル・中国西域日食(酒泉日食国際会議で金塔で観望)と、普段行くことのない場所で、多少雲が邪魔した場面もありましたが、6回もコロナを見ることができたのは幸運です。ただ、観測や写真撮影に夢中でじっくりコロナを見る機会はなかったのが残念です。コロナはきれいで神秘的と形容されます。確かに普段めったに見ることができないものではありませんが、皆既中でも思ったより空は明るく、シベリア日食の空が暗かったのが、神秘的と思えた唯一のものでした。たぶん双眼鏡でじっくり見るのが一番でしょうから、今後の楽しみにしておきます。

●**最後は断捨離**：太陽観測衛星「ひので」とは最初の検討時から、設計・開発・組立・試験・運用まで一番長くかかった仕事で、思い出も一杯ありますが紙数も尽きたようなので、主鏡・副鏡の製作のため20回以上訪問したフランスのREOSC社前での記念写真のみにしておきます(写真02)。また、在外研究で1992年に5カ月滞在させてもらった(その後も観測や研究会で再訪)、米国ニューメキシコ州サクラメント・ピーク国立太陽天文台も思い出深い場所です(DKIST建設に伴い、現在ニューメキシコ州立大学に移管)。1970年初頭に完成した太陽塔真空望遠鏡(製作者にちなんでDunn太陽望遠鏡と逝去後命名)は、太陽高解像度観測の走り、Dunnさんから聞いた話では、いくらお金がかかってもよいから世界一の太陽望遠鏡を作ると空軍から依頼されたとのこと。いまから考えると羨ましい限りの話です。さて、思い出だけ残して居室の荷物をなんとか片付けないといけません。先輩・後輩、また国内外の関係諸氏には大変お世話になりました。感謝で一杯です。

天文台メモワール

早いもので国立天文台の職員となって21年3ヶ月、前身の東京大学東京天文台で学振PD研究员としてプロの天文学者(?)になってから数えると35年だ。退職にあたり、このコーナーの趣旨から外れるかもしれないが、大学院生たちに贈る言葉を書いておこうと思う。

まず、学振PD、国立天文台フェロー、様々な職への応募で業績が重要だ。新しいポストでどのくらいの活躍が見込めるかを採用者は見極めたいからだ。その結果、院生も業績に辛くなる。それはいいことだと思う。しかし、そのような昨今だからこそ、数だけでなく豊かな科学的 content とともに高い完成度も目指してほしい。高い完成度は、実は優秀さと同義でなく誰でもできる事だと思っているからだ。もう少し良く読み返して投稿しようねといわれたいように。

●論文の完成度：式が間違っていたりしたら、読者に迷惑を掛ける。これは当然だが、もっと現実的に、レフェリーに不信を生む原因になる。レフェリーになるような人は忙しく、やりたくてやっている場合はほとんどない。エディターの顔を思い浮かべて仕方なくやっていると思った方がよい。そこに、不注意で間違った式が書かれた原稿などが来ようものなら、科学的 content が正しくても、信用してもらえない場合もある。

ある有名な3次元流体力学コードを使ったシミュレーションの論文で、とても不思議な図に出会った事がある。軸対称の流体問題を解いているはずなのに、対称な面での切り口が左右対称になっていなかったのだ。これを見て、私は全部の計算が間違っている可能性があると思って、つまり不信の塊となって、隅から隅まで見回してネガティブなコメントを書いた記憶がある。このように、信頼感には先入観なく結果を見てもらうために極めて重要だからだ。ただ、これには後日談があって、対称でなかった理由を次の改訂で打ち明けられた。この有名なコードは必要な領域に必要な分解能の格子を自動的に張り直す適合格子細分化法が用いられているのだが、図を描く切り口が著者には正しく指定できなかったらしいのだ(そんな事、告白しないで欲しい)。その上で、結論の明確な論文を書くことが必要だ。

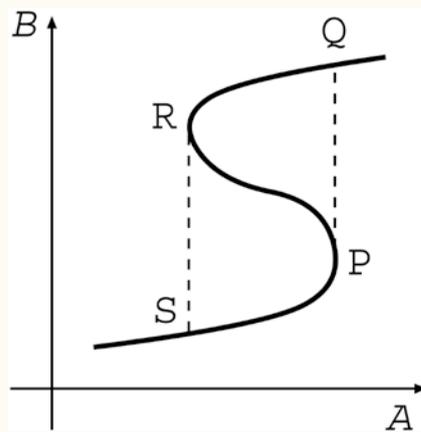
●論文の書き方：論文は計算が追跡できるように書く方がよいと思う。同じような問題を考える人にとって役に立つよう追跡可能に記述の方がよい。現在、流行っている問題で、専門家同士、常識で不要だと思っても、10年後の若い人にはわからなくなってしまう。その分野で研究を始めようとする人がそこから計算プログラムが書き起こせるくらいな記述があっても決して無駄ではないと思う。

私も、計算方法について、同じ論文の同じ箇所について質問を何人かから受けたことがある。Aをパラメータとして解の物理量Bを求めることも、反対にBをパラメータとして解の物理量としてAを求めることもできる場合がある。しかし、図01のような関係になっているとき、Aを変化させていったときにBに飛びが生じて、全体構造がうまくわからないことがある。Bを動かすときにはAは増減するが連続なので振る舞いは普通のこととグローバルな様子がよくわかる。これは、非線形物理で比較的良く知られている。だから、「AでなくBの方をパラメータにする。Aは解から決まる。」と論文には書いて、方法は端折ってしまった。今となっては反省点だ。

●問題を選ぶときには：問題は少しずつ複雑化するのがよい。先生から次の研究を指示されているとき、体操のコーチが難しい技を順に身につけさせるように、指導教員も同じようにテクニックを順に使えるようにしてゆくはずだ。良い指導者は指導計画の意図を説明し、納得をえるように考える。そうじゃないと感じた時は、指導教員に直接聞いたり、誰かに相談するのが良い。自らが研究課題を考えるときも、問題を少しずつ複雑化するという考え方は守った方がよい。

●時間を掛けることを恐れない：私は国立天文台に赴任する前、別の国立大学に勤めていた。そのとき何人が留年してもらった学生がいる。しかし、卒業時では、1年余分に勉強してもらった学生の方が到達点が高いと感じた。私の感覚で、勉強している1年間は長く、やれることは多い。中途半端に修了しないという選択も考えておくべきだろう。研究にだけ打ち込めるのは若いときしかないのだから。

いろいろ言ったが、あとは若い人々に任せよう。



若い人々へ

富阪幸治
(科学研究部)



2017年8月、チリ・サンチャゴのコスタネラ(ショッピング)センターにて、遠景はアンデス山脈。サマー・スチューデントを引率して、アルマ望遠鏡(山頂、山麓)とサンチャゴ事務所に滞在した。

図01 下側の分枝上でAを増やしてゆくとPで解がなくなり、Qへジャンプする。上側で減らすとRで解がなくなり、Sへジャンプする。Bを変化させるとAは増減するが解がなくなったりはしない。

国境なき真理の探究に終わりなし

梶野敏貴
(科学研究部)



「とてつもない夢を抱いたら、実現するまで追い続けなさい。」「世界の仲間と助け合い、切磋琢磨してひたすら研究しなさい。」これらは、私が学部と大学院で師事した故小柴昌俊先生、故有馬朗人先生の言葉である。我が国の科学技術力が世界の最先端に躍り出た時代に世界を舞台に活躍され、偉大な研究業績を挙げられたお二人の言葉は、1983年にノーベル賞を受賞したWilliam A. Fowler教授が私たち研究者に宛てたメッセージと重なる。“Seek for truth, work hard, and help people.”

私は、1993年に理論研究部(現、科学研究部)に赴任した。専門は原子核・素粒子物理学である。爆発的な天体現象でしか作られない短寿命の不安定核や素粒子ニュートリノが、宇宙での元素合成や銀河の進化で果たす役割を解明するために、天文学者らと共同研究するためである。何をすばる望遠鏡の観測ターゲットにしたら、世界で冠たる成果に結びつくだろうか、連日議論を重ねた。以来、天文学と物理学の観測・実験・理論を横断する国内外の研究者らと協力して、新しい学際領域「宇宙核物理学」を拓き、発展させるために懸命に努力してきた。

野本憲一、佐藤勝彦、久保野茂教授らとともに1988年に日本で始めた国際会議Origin of Matter and Evolution of Galaxiesを、その後も隔年で開催し、ファーストライトを迎えたばかりのすばる望遠鏡による初期成果を、いち早く世界に向けて発信することもできた。2016年に新潟で開催した国立天文台・理研共催の第14回国際会議Nuclei in the Cosmosでは、私が議長を務めた。梶田隆章、Joseph Silk、James Lattimer教授らをはじめ多くの世界的権威を迎えて、宇宙・天文・素粒子・原子核・隕石科学等を総合する「宇宙核物理学」に関する議論が白熱した(写真01)。

私たちは国立天文台官舎住まいだったので、咲き乱れる桜の花見会、ハイキング、芸術鑑賞などを、同僚や客員教授とよく一緒に楽しんだ。家族ぐるみで、心温まる交流を深めることができた。互いに異なる能力を持ち、

どんな発想も快く共有しあえるような信頼できる共同研究者を持つことは、一生の宝である(写真02)。毎年、国内外から多くの研究者を客員教授として招聘するために、台長や同僚、管理部の方々にはずいぶん無理なお願いはかりしてきた。この場を借りて心よりお礼申し上げる。

研究成果や英知は人類共通の財産であり、すべての国家の利益と福祉に繋がるように共有することが、自然科学の基本だ。最近、この当たり前のことを口にせざるを得ない機会が増えた。我が国の科学技術力の衰退と中国の躍進をめぐって、国際研究協力の在り方が問われはじめているからだ。今世紀にはいつ、我が国の科学技術予算も安定した研究職の数も減少し続け、活力が著しく損なわれた。論文数も博士課程進学者数も減り続けている国は、先進国の中で日本だけである。

いま何が問われているのか。研究者の舞台は世界である。日本が科学技術立国として成功した理由は、他国の優れた文化を謙虚に取り入れ、日本にできることは惜しむことなく提供し、他国と対等な立場のパートナーとして科学技術力を磨き、成熟させることができたからである。切磋琢磨しながら互いに助け合うというフェアでひたむきな努力が、国際社会に受け入れられた。国際協調こそが、最終的には国益に還元され、文化的繁栄に結びつく。

国立天文台を退官するにあたりお願いしたいことは、研究能力、リーダーシップ、業績を公正に評価して人事を諮り、研究者の良心を大切に研究機関であり続けてほしいということである。守りの姿勢だけでは将来はない。天文学の一大研究拠点である国立天文台は、東大や京大などとともに、学術研究の質と量の両面で世界と勝負しなければならない。

「真理の探究に終わりはない。夢に向かって、世界の仲間と助け合いながら挑戦し続けなさい。」先生方から学んだこの研究者魂を改めて心に刻み、5年前に拝命した北京航空航天大学に新設された宇宙論元素起源国際研究センター長、大学特別教授として、今後も研究に勤しんでいこうと思う。チャレンジし続ければ、若者たちがこの姿を見て触発され、すぐに私を超えてゆくだろう。新たに切り拓いた宇宙核物理学も、ボーダーレスに発展し続けるだろう。



写真02 フランスの国際会議にて、左から筆者、宇宙核物理学で共同研究者のGrant Mathews、2006年に宇宙背景放射ゆらぎの発見でノーベル物理学賞を受賞したGeorge Smoot、宇宙論学者のJoseph Silk各教授とともに。筆者は、宇宙背景放射ゆらぎ発見の3年前に、ゆらくビッグバン初期宇宙での元素合成に関する論文を発表し、国際会議に招待された。

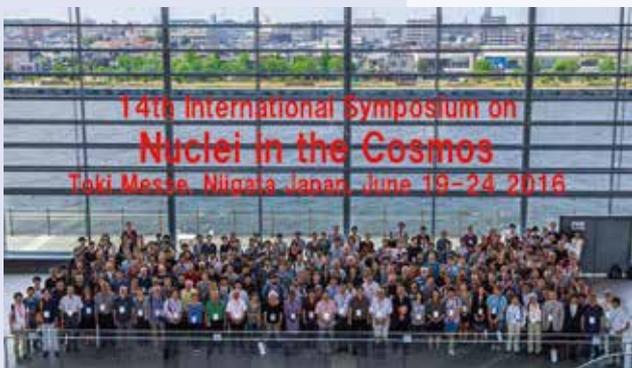


写真01 2016年に新潟で開催した国立天文台・理研共催の第14回国際会議Nuclei in the Cosmos。筆者が議長を務めた。

天文台メモワール

1980年9月に東京天文台の助手となつてから今日までの40年の間に、ほんとうに多くの方のお世話になり、その思い出は次々にあふれ出て尽きることがない。この小文では、その中からアルマ建設時代の思い出をひとつ書いてみようと思う。

ご存じの方も多いが、アルマ計画は日本の Large Millimeter/submillimeter Array (LMSA) 計画、米国の Millimeter Array (MMA) 計画、ヨーロッパの Large Southern Array (LSA) 計画の3つが合同してできた。日本の LMSA 計画は、ミリ波のみならずサブミリ波も重視した設計やサブミリ波観測に最適なチリの高地への設置など、現在のアルマに通じる優れたコンセプトをいち早く打ち出し主導的な役割を果たした。2001年4月に東京で開かれた日米欧代表の会議では日米欧3者によるアルマ合同建設の準備を進める決議書が署名され、それを踏まえて日米欧それぞれが建設予算の要求を行ったが、日本だけは小泉行革の嵐の中で2002年度からの建設予算の見通しが立たず苦境に立たされた。幸い文部科学省や総合科学技術会議を始め各方面のご理解、ご支援のおかげで、日本の建設予算は2004年度から認められたが、先行する米欧に2年遅れて参加するというハンディを背負ってのスタートとなった。そんな中で、それまで日本側プロジェクトサイエンティストとして米欧との交渉に当たっていた私は、2004年4月から日本の建設プロジェクトマネージャーという大役に任ぜられた。

アルマ建設プロジェクトの枠組みは、先行する米欧によりすでに構築されていた。それは21世紀初頭を飾る巨大科学プロジェクトにふさわしい理想主義的なもので、システムエンジニアリングを中心とした階層的で体系的な要求文書とそれに基づくレビュー、サブシステムごとに精緻に作られた Work Breakdown Structure (WBS) とスケジュール、進捗確認と定期的な報告などなど、大学の研究室レベルのプロジェクト運営の経験しかない私には、初めて見るものばかり。それは他の日本メンバーにとっても同様だった。

自己流では歯が立たない。私たちのやり方を早急に国際標準に合わせなくては！米欧と同じ目線で、できるだけ対等にアルマ建設を進めたいと願っていた私たちは、2004年初めまで ESO で欧州アルマプロジェクトマネージャーを務め退職したばかりの Dick Kurz 氏に教を乞うことにした。Kurz 氏はかつて Gemini 望遠鏡の建設プロジェクトマネージャーも務め、その豊富な知識と経験、そして温厚な人柄が尊敬を集める。氏には、四半期ごとに三鷹に来て各サブシステムのマネージャーなどとも面談しながら、日本のアルマ

建設プロジェクトの立ち上がりを診断し助言していただいた。氏はまず私に「アルマは一人の力ではどうすることもできない。みんなが力を合わせて初めて建設できるのだ。そのためのお膳立てをすることがプロジェクトマネージャーたる君の役目だよ」と教えた。ボード会議等にどのような目的と準備をもって臨むかなどの助言もいただいた。日本のアルマプロジェクトが米欧からの信頼を勝ち取り成功した要因はいろいろあるが、Kurz 氏の助けも間違いなくその一つである。

4年後に転機が訪れる。チリの合同アルマ事務所 (JAO) で建設を進めてきたディレクターとプロジェクトマネージャーが同時に去ることになったのだ。次のプロマネが選任されるまで、下手をすると1年近くプロジェクトが漂流しかねない。特に予算の年度進行が厳しい日本にとっては大ピンチとなりかねない状況に、私は JAO の暫定プロジェクトマネージャーを引き受けると手を挙げた。次期ディレクターの Thijs de Graauw 氏が好意的に受け止めてくれ、ボード会議の賛成も得て、私は2008年5月に JAO に着任した。その後、国際公募を経て選任された正式のプロジェクトマネージャーは、なんと Kurz 氏その人だった。そして彼を補佐する副プロジェクトマネージャーとして私が選ばれ、師弟のコンビが JAO の正副プロジェクトマネージャーとしてアルマ建設を進めることとなったのである。

野辺山、「すばる」、アルマ、そして TMT へと、この40年ほどの間に国立天文台は国際的な舞台での存在感を急速に増してきた。しかしまだまだ欠けているものがある。私たちは諸外国の優れたところから学ぶ姿勢を忘れてはいけない。

写真 Dick Kurz 氏の JAO 退職にあたり日本のアルマチームから贈った感謝のプレート。Kurz 氏はどの写真にも写っているが、例えば右下の写真中央の紺のベストの人物。

恩人

長谷川哲夫
(アルマプロジェクト)



「一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会 2020年の活動」報告ほか

片山真人 (天文情報センター)

●10周年とコロナ禍

暦文協★01の活動もついに10年という節目の年を迎えました。10周年記念の行事で盛大に祝いたいところではありましたが、折からのコロナ禍には抗えず、5月のミニフォーラムは中止、9月の総会・講演会も中止となってしまいました。致し方ないところです。

一方で、9月に予定していた講演会については、イベントの代わりに暦文協のサイト★02での動画公開という形で実施いたしました。中牧理事長の講演では暦文協の設立準備会に始まり、10年間の講演・イベントを振り返りつつ、今後の展望を述べていただきました。私も国立天文台ニュースに寄稿した9年分の記事を読み返しなが、暦文協の歩みを振り返っています。さらに、暦文協運営メンバーによるパネルディスカッションもありますので、よろしければご覧ください。

ほかにも、故岡田芳朗先生の未発表原稿も活用して編纂した暦原本・オリジナルカレンダーの用語集「暦文協こよみ便覧」や、パンフレット「暦文協十年の歩み」なども制作、会員に配布しています。



中牧理事長による講演。



片山による講演。



パネルディスカッションの様子。

●新暦奉告参拝

このように、コロナ禍でイベントが開催できない状況が続いておりましたが、12月3日カレンダーの日★03については、例年より規模を縮小したものの、明治神宮にて新暦奉告参拝を実施しました。

参拝は神楽殿前からの参進に始まり、直会殿にて修祓を受け、本殿にて参拝・玉串拝礼、その後神楽殿にて祈願の祈祷、巫女舞の奉納が執り行われました。

参拝の後は、濱田陽 帝京大学教授から「野生の思考としての十二支～小さな宇宙から大きな力へ」と題し、人は画一的な統一時空に十二支を結び付け、生きとし生けるものの時空としてとらえてきた、そこにあらゆるものを共存させる野生の思考が見いだされる、といった講演をいただきました。新たな試みとして講演のライブ配信も実施し、たくさんの方にご視聴いただくこともできました。

暦文協では、コロナ禍の早期収束を祈りつつ、今後もさまざまな形で活動を続けていく予定です。



参進の様子。



参拝の様子。



濱田陽帝京大学教授による講演。

●岡田芳朗文庫公開

日本における暦研究の第一人者であり、暦文協最高学術顧問でもあった故岡田芳朗先生の研究資料を寄贈いただくことになりました。このうち、整理の完了した引札暦などを岡田芳朗文庫★04として8月3日に公開しています。

こうした貴重な資料が散逸することなく収集できたことは喜ばしい限りで、ご遺族の厚意に感謝申し上げます。

なお、資料の整理には数年を要する見込みであり、準備できたものから順次公開していく予定です★05。

●内田正男さん、逝去

昨年12月13日、OBの内田正男さんが99歳で逝去されました。内田さんは暦計算室のOBという訳ではなく、私も1度挨拶したことがある程度ですが、『日本暦日原典』『暦と時の事典』をはじめ、『こよみと天文・今昔』『暦と日本人』など、暦・暦法に関する様々な書籍を通じて日々お世話になっている方です。

とくに『日本暦日原典』は今なおこの分野のバイブル的存在であり、日本の暦日データベース★06構築にあたって大いに参考にさせていただきました。安らかなご冥福をお祈り申し上げます。

★01 暦文協：一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会の略称（国天ニュース2011年10月号参照）
<https://www.rekibunkyo.or.jp/>

一般社団法人
日本カレンダー暦文化振興協会
Japan Association for Calendars and Culture Protection

★02 暦文協10周年記念webページ
<https://www.rekibunkyo.or.jp/news/20201022.html>

★03 国天ニュース2020年3月号などを参照。

★04 岡田芳朗文庫
<https://library.nao.ac.jp/kichou/okada.html>

★05 引札暦（貴重資料展示室）
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/exhibition/059/>

★06 日本の暦日データベース
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/calddb.cgi>

令和3年(2021) 暦要項の改訂、令和4年(2022) 暦要項の発表

片山真人(天文情報センター)

東京オリンピック・パラリンピックの延期に伴い、令和3年に限り、海の日は開会式前日の7月22日、スポーツの日は開会式当日の7月23日、山の日は閉会式当日の8月8日に変更されました。なお、8月8日は日曜日にあたるため、翌8月9日も休日となります。

これにもとづき、令和3年(2021) 暦要項「国民の祝日」を改訂、12月28日の官報に内閣官房・内閣府・国立天文台の三者連名で記事を掲載しました。

今回の変更が反映されていないカレンダーやシステムも多数存在するかと思います。トラブルのないよう、くれぐれもお気を付けください。

令和3年2月1日、官報にて令和4年(2022) 暦要項を発表しました。

<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/yoko/>

●春分の日、秋分の日は、それぞれ3月21日、9月23日になります。

・平成23年(2011)以来11年ぶりに、「国民の祝日に関する法律」第3条第2項や第3項の規定による休日はありません★01。

●日食が2回、月食が2回あります。

・5月1日には部分日食がありますが、日本では見る事ができません。

・5月16日には皆既月食がありますが、日本では見る事ができません。

・10月25日には部分日食がありますが、日本では見る事ができません。

・11月8日には皆既月食があり、日本では全国で皆既食を見る事ができます。

※各地の詳しい予報については暦要項のほか、暦計算室ホームページでもお調べいただけます。

★01 つまり、祝日が日曜と重なることも、一つ飛びで並ぶこともありません。ちなみに、昨年も同じことを書きましたが、オリンピック延期で山の日と日曜が重なることになりました……。

編集後記

小学校入学時にはヘロヘロのひらがなで自分の名前を書くのが精一杯だった息子(小1)が、この1年で私よりも美しく漢字を書けるようになっていました。子どもの成長ってすごいですね。(G)

この冬は永久に終わらないんじゃないかと思うほど寒く雪もふりましたが、今月から気温も上がり一気に雪も解けてきました。このまま無事春を迎えられるといいのですが…。(は)

緊急事態宣言が延長されて、床屋に行くかどうか悩んでいる。いっそひげも伸ばしてWさんを目指すか…。(I)

国立天文台講演会/第25回アルマ望遠鏡講演会をオンラインで開催しました。今回はZoomで東京と大阪とチリをつないで、これをYouTubeに配信する形に。今後もオンラインの良さを活かして、アルマ望遠鏡観測開始10周年を盛り上げていきたいと思ひます。(h)

あの地震から10年。今はコロナで自粛生活。自分ではどうにもできないことも多いのですが、だからこそ今できる仕事をちゃんとやりたい、と改めて思ひました。(K)

11年に亘った宮沢賢治についてのNHKのWEBでの連載を終了。花巻へ行き、賢治さんへの墓参をして報告をした。感無量とはこのことか。(W)

あっという間だったような、とても長かったような、なんとも言えない1年でした。早く世の中が落ち着くことを祈っています。(e)

国立天文台ニュース
NAOJ NEWS

No.332 2021.03

ISSN 0915-8863

© 2021 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員: 小久保英一郎(委員長・天文シミュレーションプロジェクト) / 渡部潤一(副委員長) / 石井未来(TMTプロジェクト) / 秦和弘(水沢VLBI観測所) / 勝川行雄(太陽観測科学プロジェクト) / 平松正顕(アルマプロジェクト) / 伊藤哲也(チリ観測所)

●編集: 天文情報センター出版室(高田裕行/ランドック・ラムゼイ) ●デザイン: 久保麻紀(天文情報センター)

★国立天文台ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話あるいはFAXでお願いいたします。
なお、国立天文台ニュースは、<https://www.nao.ac.jp/naoj-news/>でもご覧いただけます。

発行日 / 2021年3月1日

発行 / 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958 (出版室)

FAX 0422-34-3952 (出版室)

国立天文台代表 TEL 0422-34-3600

質問電話 TEL 0422-34-3688

4月号の研究トピックスは、すばる望遠鏡の新しい系外惑星撮像装置「SCEXAO(スケックスエーオー)」と「CHARIS(カリス)」の観測成果をお送りします。

研究トピックス



すばる望遠鏡
HSC Cosmic Gallery

12 狭帯域フィルターで捉えた輝線銀河

田中賢幸 (ハワイ観測所)

HSCすばる戦略枠プログラムの一つの特徴は、狭帯域フィルターを用いた観測だ。これはその名の通り帯域の狭いフィルターで、銀河から出てくる水素や酸素等の輝線を捉えるのに適している。比較的近傍の銀河の輝線を捉えることも可能で、この画像は赤方偏移0.24の銀河からのH α 輝線を捉えた例だ。狭帯域フィルターの光を緑色で表していて、中心にある渦巻銀河の腕の中で起こっている星形成活動をよく捉えている。注意深く見ると中心のバルジはオレンジ色で、そこでは星形成活動が弱いこともわかる。

★HSC：すばる望遠鏡「超広視野主焦点カメラ（Hyper Suprime-Cam/ハイパー・シュプリーム・カム）」

★HSCの観測データを活用した市民天文学プログラム「ギャラクシークルーズ」もお楽しみください。

<https://galaxycruise.mtk.nao.ac.jp/>