

Monthly News on Astronomy from Nishi-Harima Astronomical Observatory

宇宙 **NOW** No.399 6 2023



パーセク : 暗い星が見える貴重な場所とは
おもしろ天文学 : 暗い銀河のスペクトルが見たい
from 西はりま : まだ、ずっと先のことですが・・・
はじめまして
Astro Focus : ベテルギウスの減光から 2 題

本田 敏志
斎藤 智樹
清水 正雄
井澤 浩士
石田 俊人

暗い星が見える貴重な場所とは

本田 敏志

Essay **PARSEC**

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

毎日西はりま天文台の夜空を見ていると、星が見えないときは天気が悪い、と思うのが当たり前なのですが、これはむしろ例外的なケースになってきています。大阪の実家へ帰った時や出張で街中へ行った時、夜になるといつもの習性で空を見上げますが、晴れていても見える星はほとんどありません。多くの人が暮らしている地域では、こちらの方が当たり前のようです。実際、西はりま天文台の観望会に参加された方の多くが夜空を見上げて「こんなにたくさん星ってあるんだ!」「まるでプラネタリウムのような!」「遠くからわざわざ来たかいがあった!」と口々におっしゃいます。でもこれが本来の夜空の姿であって、昔は特別なものではなかったはずなのです。研究のための天体観測でも、できるだけ星が良く見えるように暗い夜空を世界中で探し求めて、そこが危険な場所であっても望遠鏡を設置したりしています。西はりま天文台のある佐用町のように、地域全体で暗い夜空を守っている地域は今後さらに貴重なものとなるでしょう。ただ、今後はいくら頑張っても照明を下に向けたりして街灯りの影響を抑えても、星空を見るのが難しくなるかもしれません。と言うのも、人工衛星など夜空から明かりで照らされるようなことが増えてきており、星を見るのに邪魔な光を避けようがない状況になってきています。月の無い

晴れた夜の観望会では、テラスに出て夜空を眺めてもらい、星座や星空の案内を行います。この時に、人工衛星を見つけることができると飛行機や流れ星との見え方の違いを説明し、貴重なものを見ることができましたね、と紹介していたのですが、昨今は驚くほどたくさん人工衛星を見ることができます。もちろん、夜中はほとんど見えませんし、すぐにわかるような明るいものはそれほど多くないのですが、星が良く見える場所では将来は天の川のごとくたくさんの人工衛星の光で淡い天体は埋もれてしまうのではないかと心配してしまいます。宇宙旅行しなければ星を見ることができない、なんてことがありませんように。

(ほんだ さとし・准教授)



横切る国際宇宙ステーション (ISS)

暗い銀河のスペクトルが見たい

斎藤 智樹

天体の正体を明らかにするには、分光観測が非常に重要です。しかし「分光」とは文字通り「光を分ける」ことです。遠い銀河などの暗い天体では、ただでさえ少ない光を細かく分けてしまうため、それだけ困難が伴います。今回は、それをどうにかして補う研究手法を紹介しましょう。

銀河のスペクトル

まずは銀河のスペクトルがどんなものか見てみましょう。銀河とは、1 千億以上とも言われる星が集まってできた大集団です。そのため銀河のスペクトルは、構成する星々のスペクトルを重ね合わせたものになります。青い星（波長の短い光を強く出す星）が多い銀河は全体に青くなり、赤い星（波長の長い光を強く出す星）が多い銀河は赤くなります（図 1）。

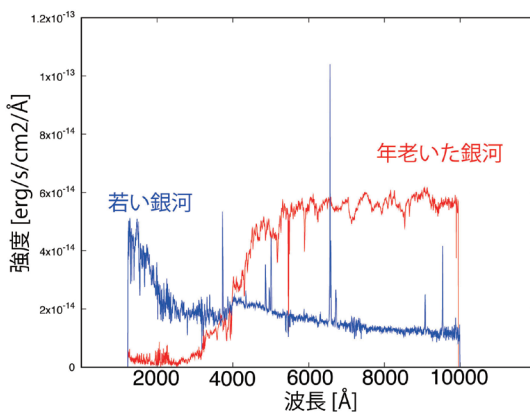


図 1. 銀河のスペクトルの例。青い星で構成される星形成銀河（青）と、赤い星で構成される楕円銀河（赤）。銀河を構成する星の種類によって、銀河全体のスペクトルが決まる。

星を活発に作っている銀河は、寿命の短い（重い）星が出す強い紫外光により、青くなります。また活動的な巨大ブラックホール（活動銀河核：AGN）を持つものは、AGN がスペクトルの形に寄与します。どちらも多くは特徴的な輝線を放射したりして、星形成銀河や AGN を見つける手がかりとなります。またその波長のずれによって、赤方偏移（つまり距離）を求めることもできます。

分光はしたいけど ...

さて、最初的话题に戻りましょう。天体の性質や正体を探るうえで、最終的には分光観測が必要になるのですが、それには光を大量に集める必要があります。なゆた望遠鏡は国内最大級を誇る望遠鏡ですが、遠い銀河を分光するにはまだ小さすぎます。私が試みた中では、強烈なライマンアルファ輝線を出す約 120 億光年（赤方偏移 $z=4.1$ ：「遠方」銀河の中ではさほど遠くない）の電波銀河でさえ、1 時間近い積分をかけても輝線のピークすら写りませんでした。

すばる望遠鏡のような大型望遠鏡でも、程度の差こそあれ事情は同じです。しかも現状の可視光分光器（FOCAS）では、頑張っても一度に 10-20 天体程度しか分光できません。また高感度を誇る FOCAS も、カバーできるのは可視光だけです。赤外線での分光となると、更に大変です。現在開発中の主焦点分光器（PFS）が登場すれば多少状況は変わりますが、それでも撮像に比べて分光は非常に手間がかかる観測です。

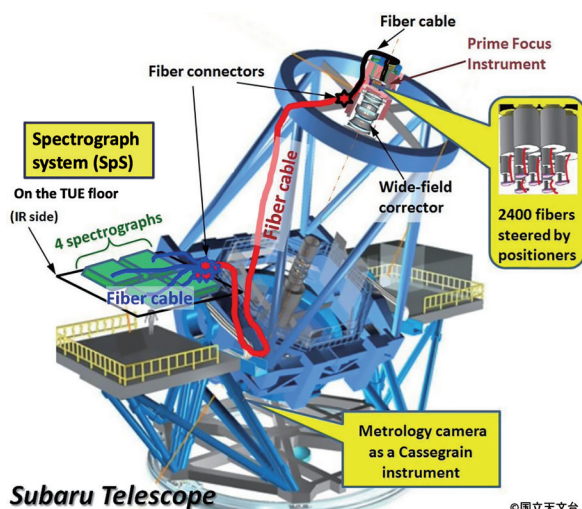


図2. すばる望遠鏡に搭載される、主焦点分光器 (PFS) の模式図。一度に 2000 天体以上の分光ができ、可視から近赤外までをカバーする。現在試験観測が進行中 (NAOJ/Kavli IPMU, 田村直之氏の資料より)。

こうした分光観測のターゲットは、撮像観測によって同定されます。天体のスペクトルのなかで特徴的な波長帯のみを透過する何通りかのフィルターを通して撮像し、その明るさの比 (つまり天体の色) を求めます。すばるのような広視野のカメラを備えた大口径の望遠鏡では、一視野分の撮像だけで何十万・何百万という天体が写ります。この「色」による選択で、(天体の種類によりますが) おおよそ数百個程度までターゲットを絞り込みます。

そこまで絞り込んでも、分光はやはり大変です。競争を勝ち抜いて数晩の時間を獲得したとしても、FOCAS では数十から百天体程度しか分光できません。撮像観測に比べて効率が随分低いのが

わかるでしょう。すばる望遠鏡の運用には一晩あたり 1 千万円かかるという説もあり、コストの面からも、スペクトルというのが貴重なものであることがわかります。

撮像データを集めてスペクトルを作る

しかし我々天文学者は、分光ができるまで指をくわえて待っているわけには行きません。すばるをはじめ各国の大望遠鏡で、広視野のサーベイ観測がどんどん行われているのです。分光のターゲットも、次から次へと出てきます。一方、こういったサーベイ観測は、それぞれに観測波長も少しずつ違ってきます。だったらそれらのデータを集めれば、大まかなスペクトルを作れるはずですよ。

こうして得られた「スペクトル」は当然、波長分解能が非常に低いですが、分光することができます。きちんと分光した場合ほど高精度な解析は無理ですが、大局的な形を見るには十分です。これで調べられるのは主に、どんな年齢の星で構成されている銀河か、AGN を伴う銀河か、どれくらいの質量の星を含むか、どれくらいの赤方偏移にあるか、といったものです。

図3 はそれぞれ、星形成銀河 (星を活発に作っ

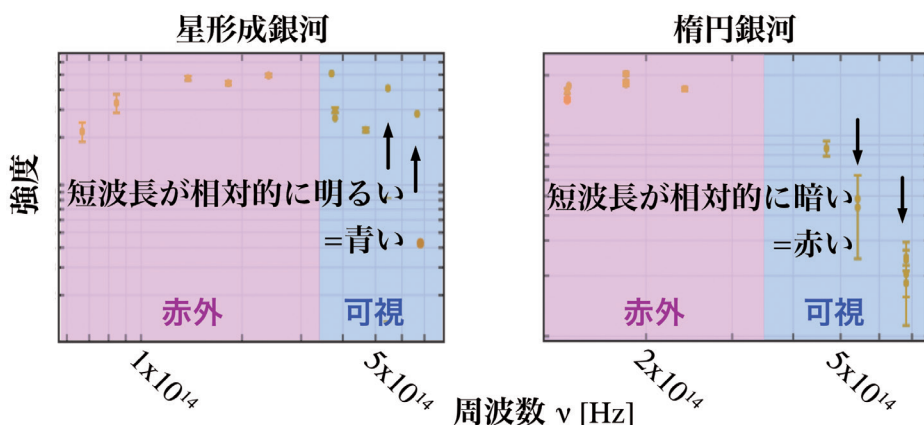


図3. 測光データを集めて作った、星形成銀河 (左) と楕円銀河 (右) の可視-近赤外スペクトル。横軸が周波数なので、右に行くほど短波長であることに注意。輝線などの細かい特徴はわからないが、大局的な色などは判別できる。(NASA/IPAC Extragalactic Database, <https://ned.ipac.caltech.edu/> で作成)

ている銀河)と楕円銀河(年老いた星で形成されている銀河)の、測光観測で得られたスペクトルです。これらは大まかに言うと、スペクトルの形が星の年齢構成、強度(縦軸)が星の質量を反映しています。一見して分かる通り、全体的に星形成銀河は青く、楕円銀河は赤いスペクトルを持っています。

もう少し詳しく調べたい

さて「大雑把なスペクトル」は得られましたが、それらを眺めて「こんなタイプの銀河っぽい」だけでは芸がありません。そこで、ちょっとした小細工をします。つまり、銀河というものはタイプによって大まかなスペクトルが分かっており、どのタイプの銀河かが分かれば、理論モデルでスペクトルが作れます。それと観測を比較するのです。

このモデルはいくつかの変数(星の質量、年齢構成、金属量、赤方偏移など)で記述されており、観測と最も合う変数の組み合わせを求めます。未知の変数が観測点よりも少なければ、原理的にこれらが求められるというわけです。遠方銀河研究の初期には、この手法は暗い銀河の赤方偏移を求めるのに盛んに使われました[1]。後に赤外線を観測するスピッツァー宇宙

望遠鏡などによる多波長観測が盛んになると、より多くの情報が得られるようになります。

例えば遠方銀河を構成する星の研究なども、赤外観測で可能になったものです。個人的に印象に残っているのは、スイスの Schaerer らが2009年に発表した論文[2]です。ガスからの星雲線の寄与を考慮すると、星からの連続波のみを考慮した場合[3]に比べ、星の年齢が数倍～数十倍若く見積もられるというものです。宇宙年齢数億年の時点で2～3億年の差なので、これは無視できません。

こうした解析は、現在では様々な研究で普通に行われているものですが、何が正しいのかは分らないとはっきりはしません。この先、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡などによる超高感度な分光観測や、すばる/PFSなどによる大量の分光観測が出てくると、また少し宇宙の謎に迫れることでしょう。

(さいとう ともき・天文科学研究員)

参考文献

[参考文献]

[1] Fernandez-Soto et al. 1999, ApJ, 513, 34-54;

Furusawa et al. 2000, ApJ, 534, 624-635 など

[2] Schaerer & de Barros 2009, A&A, 502, 423-426

[3] Eyles et al. 2007, MNRAS, 374, 910-930 など

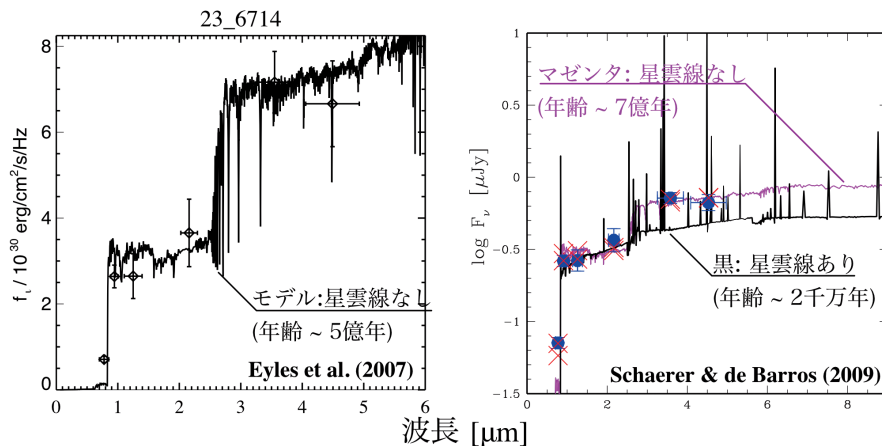


図4. 赤方偏移 $z=5.8$ (約128億光年)にある銀河の「スペクトル」と、モデルスペクトルの比較の例。エラーバー付きの点が測光値。左は星からの連続波のみを考慮したモデルスペクトル[3]。右は、マゼンタが星からの連続波のみ、黒が星雲線も考慮したモデルスペクトル[2]。

まだ、ずっと先のことです・・・

会員番号 3766 清水 正雄



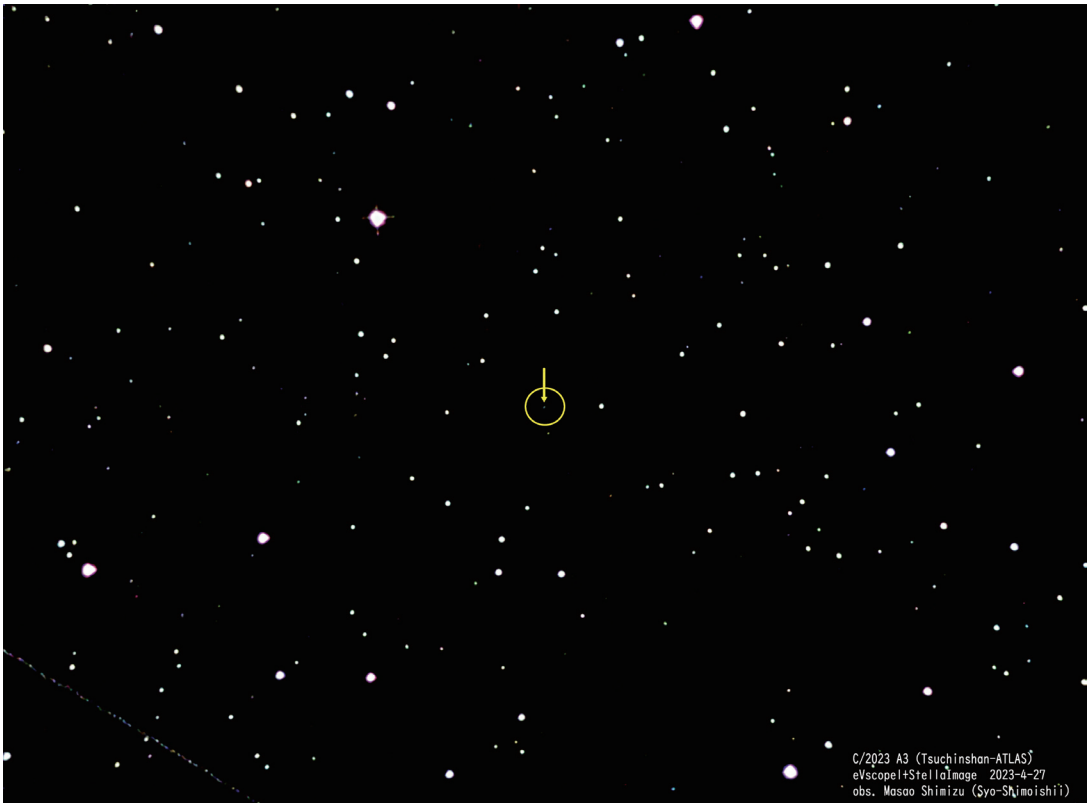
C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) は、2023 年初頭に中国科学院紫金山天文台と ATLAS (小惑星地球衝突最終警報システム) が発見した非周期彗星で、オールトの雲から初めて太陽系内にやってくる可能性の高い彗星として注目されています。そして、太陽と地球に大接近する 2024 年 9 月下旬から 10 月中旬にかけて 3 等級から 4 等級、最大 0.3 等級以上と非常に明るくなり、肉眼で観ることが出来るようになると予想されています。

画像は 2023 年 4 月 27 日、23 時 48 分に 14 分露光で撮影したもので、若干の画像処理を加えています。

この時点で約 17 等級。太陽から約 10 億 5,000 万 km の位置にあり、毎秒約 16.0km で接近しているようです。

今後も定期的に観測を続けて光度変化を記録しつつ、大接近を待ちたいと思っています。

(しみず まさお・友の会会員)



みなさまのご感想・リクエストをお待ちしています。

みなさまに親しまれる宇宙 NOW を目指して、みなさまのご意見をいただきたいと思います。ご感想や「こんな話を読みたい」といったリクエスト、友の会へのご要望、色々お待ちしております。宇宙 NOW 編集部までお寄せください。よろしくお願いいたします。

はじめまして

井澤 浩士



4月1日から天文台事務員として西はりま天文台で勤務しています井澤浩士と申します。出身は地元佐用町で小学校、中学校、佐用高等学校と西はりま天文台近くの学校に通学していました。

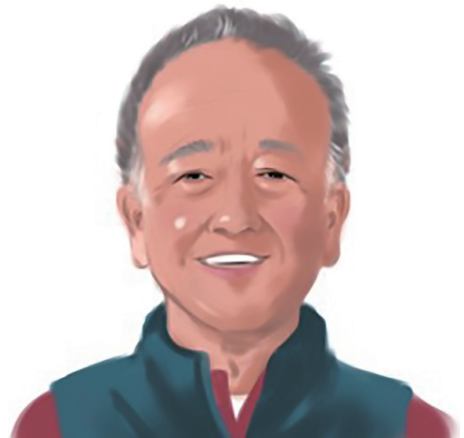
幼いころ、西はりま天文台のある大撫山では昔は牧場があり、冬には手製のそり、スキーをするため、竹を火で炙り手製のスキー道具を作り大撫山で遊んでいた思い出があります。山では山ぶどう、桑の実、アケビ等採取して、また夏には川で水泳ぎをするなどをしていました。また数十年前に子供と子供会の行事で宿泊施設に泊まり、天体観望会に参加した一杯思い出が詰まっている地元によく帰って来ることができ、そして西はりま天文台で勤めることができました。

天文学の知識はありませんが、研究員、専門員の方々の研究に事務方として支えになるように頑張りたいと思います。

どうぞよろしくお願いいたします。

西はりま天文台は南館のなゆた望遠鏡、北館の60Cm望遠鏡、上松赤外線望遠鏡の見学、天体観望会、昼間の星の観察会、天文工作教室等に参加できますのでご利用をお待ちしています。

(いざわ こうじ・事務員)



宇宙 NOW では友の会会員からの投稿記事を募集中です！

宇宙 NOW 編集部では友の会会員様からの投稿記事と投稿画像を募集中です。

募集の対象となるコーナーは次の4つです。

- ・パーセク
星や自然、友の会のことなどを綴るエッセイ
[文字数 800 字程度。関連する画像、イラストなど 2 枚]
- ・from 西はりま
友の会行事や個人活動の報告や紹介
[文字数 800 字程度。関連する画像、イラストなど 2 枚]
- ・Come on! 西はりま
会員企画の会合や参画イベントの宣伝
[文字数 400 字程度。関連する画像、イラストなど 1 枚]
- ・投稿画像
天体写真や当施設を含む風景写真など
[JPEG。文字数 400 字以内のコメントと撮影データ]

投稿要件：

原稿は「テキストファイル」を電子メールに添付してください。字数制限厳守をお願いします。

画像やイラストは 1000×1000 ピクセル以上の JPEG。電子メールにファイルを添付してご投稿ください。

掲載号にご希望がある場合は、その旨をメールにお書き添えの上、掲載希望月の1ヶ月前の15日までにご投稿願います。ただし記事の掲載に際しては必ずしもご希望に添えない場合もございます。原稿の訂正やページレイアウトはメールにて投稿者に送付し事前に確認をしていただきます。

採用された原稿は宇宙 NOW への掲載 1 回のみ使用いたします。

バックナンバーは PDF 化され Web 上で公開されます。

採用された方には記念品を贈呈します。

投稿は「氏名(よみがな)、会員番号」をお書き添えの上、下記のアドレスまでお願いいたします。

宇宙 NOW 編集部 (メール) now@nhao.jp
電話によるお問い合わせ 0790-82-3886



ベテルギウスの減光から 2 題

石田 俊人

2019 年 12 月から 2020 年 2 月にかけてのベテルギウスの大減光をきっかけに、さまざまな研究が行われていることは、すでに本誌でも何度か取り上げられています（2021 年 3 月号 No.372 など）。大減光の前と後では、平均の明るさは戻ったものの、明るさの変動の中で目立った周期が 400 日程度から、200 日程度に変化しているといったことが指摘されています。今回は、最近発表された研究 2 件をご紹介します。

アメリカ・ボストンの天体物理学センターの MacLeod たちは、ベテルギウスの数値的なモデルの半径の半分ぐらいの内部に人為的に圧力が余分に高いところを作って、その後どのようなことが起こるか数値計算を行いました。これは、不規則な対流が強く外向きに広がる部分を作り出したことを想定しており、物質が一部放出され、分子やダストを形成して、減光を引き起こしそうなことを確かめました。この物質の放出のために、内側と外側が切り離されたようになってしまい、ベテルギウス全体が脈動（膨らんだり縮んだり）することで出てくる周期が目立たなくなり、内側だけで出てくる周期が目立ってしまう状態になっていると彼らは考えています。（arXiv:2305.09732）。

一方で、東北大学の斎尾さんたちは、対流と脈動の相互作用を取り入れて、脈動の周期の計算を行い、最も長い 2000 日の周期も脈動によると考えられると指摘しました（arXiv:2306.00287）。

この 2 つの研究での変動周期の解釈の違いは、距離が不確かなことと結びついています。

400 日の周期が脈動による変動で最も長い周期だとすると、ベテルギウスの半径は太陽半径の 770 倍ほどになり、距離は 170pc 程度となります。2000 日程度の周期が脈動だとすると、ベテルギウスの半径は太陽の 1300 倍ほどになり、距離は 220pc 程度となります。距離を精度良く決めることができれば、どちらかの解釈が成り立たなくなるかもしれません。

どちらの研究も、400 日程度の周期がまた目立つようになるのは 5 年ほど先のことですので、この予測で 2 つの解釈の区別をつけることはできなさそうです。他には、2 つめの研究によれば、ベテルギウスは中心核で核融合している炭素がなくなりかけるところまで進化しているとのことで、こちらの方が超新星として爆発するまでの時間が短いと考えられますので、爆発がいつ起こるかで 2 つを区別できる可能性があります。ただ、短いと言っても、最も早くても数十年ですので、まだしばらく時間がかかりそうです。

（いしだとしひと・副センター長）

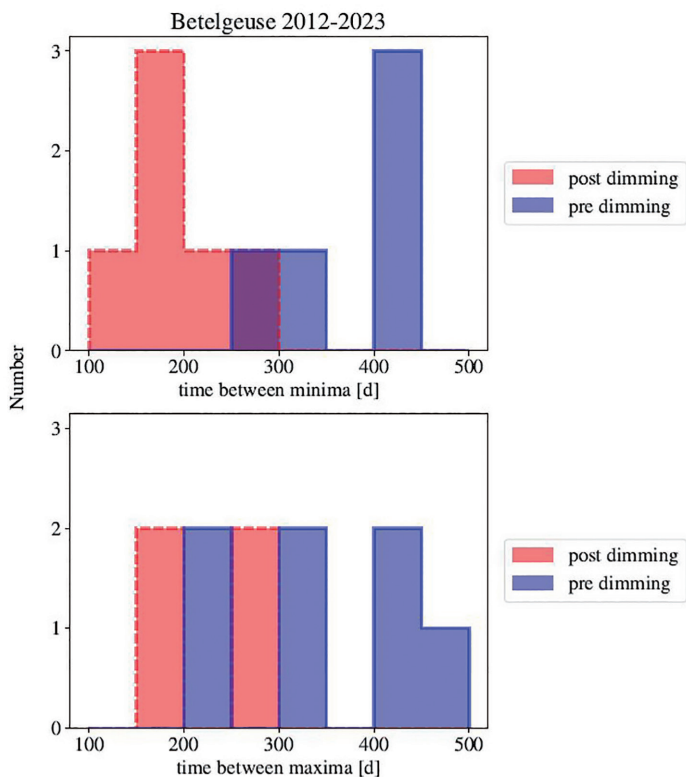


図1：減光前後での、明るいときの
間隔と暗いときの間隔の頻度。横
軸が日単位の間隔で、縦軸が回数。
上が暗いときの、下が明るいとき
の間隔。青が減光前、赤が減光後
(MacLeod たちの論文より)。

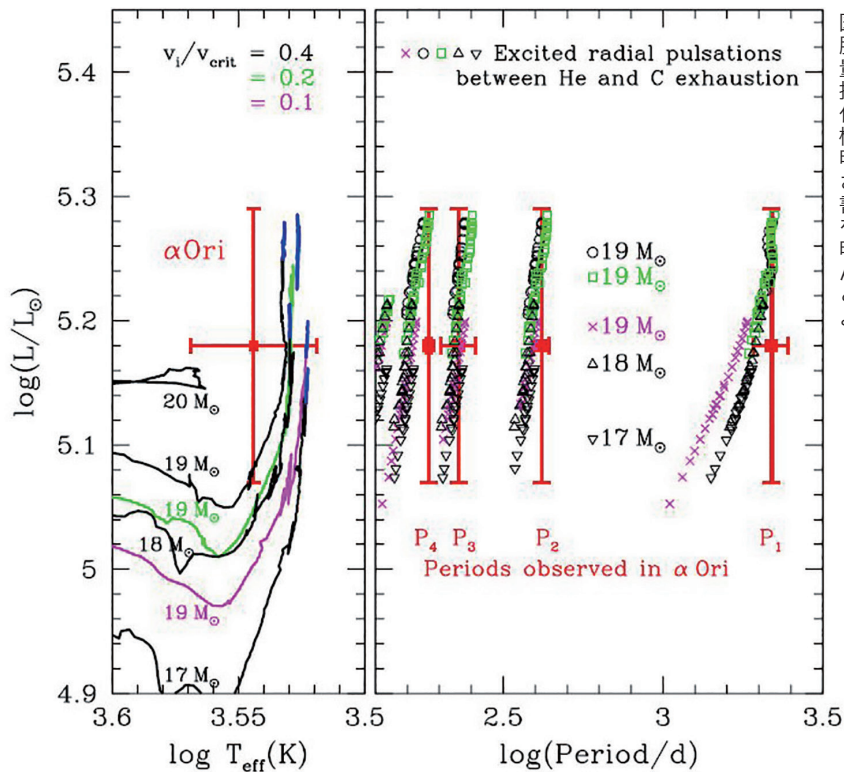


図2：モデルの光度・温度と
脈動周期。左側はHR図。質
量を変えたときの進化経路が
描かれている。右側は左の進
化経路上にいるときの周期。
横軸が周期で、縦軸は恒星の
明るさ。ペテルギウスで観測
されている4つの主要な周期が
書き込まれており、4つ全部
を再現するためには、光度が
明るくなること、つまり進化が進
んでいることが必要となること
がわかる(斎尾たちの論文
より)。

毎年この時期になると、天文台南館の東テラスに燕が巣を作る。ある年に、燕の落し物の掃除が大変なので巣を取り払ったことがある。すると、その年の夏に、天文台の近くに雷が落ちて「なゆた望遠鏡」が故障してしまった。それ以来、私たちは燕を望遠鏡の守り神としてあがめ、ひなが巣立つまで大切に見守っている。が、今年は燕が巣を作ろうとしない。望遠鏡がとても心配だ。

★4日(木) 春の大観望会「アクアナイト」を開催した。来場者は250人ほど。講演会はJAXAの鳥海さんによる、太陽や恒星で起こるフレア現象についてのお話。わかりやすかったです。ほしまるが久しぶりに天文台に遊びに来た。今年は3台のキッチンカーも参加し、ホルモンうどん、天井、コーヒーなどを提供していただいた。

★8日(月) 今年から、学生が中心となって天文台園芸部が発足。南館西テラスで野菜を育ててい

る。今週は、学部生の水本君と私が水やり当番。

★9日(火) 今日から今年度の自然学校がスタート。最初は姫路市の四郷学院が来台。皆さん元気。観望会は石田准教授と本田准教授が対応。

★10日(水) 兵庫県立大学の國井理事長が天文台を訪問。「なゆた望遠鏡」でいくつかの天体をご覧いただいた。観望会担当は斎藤研究員。四郷学院の生徒は、昨夜とうって変わってずいぶん静かだった。

★13日(土) 友の会例会。「研究室から」というコーナーでは、利川特任助教が銀河団の話をした。なかなか好評だった。

★20日(土) 川端研究員から観測当番の大島

研究員に、メシエ101という銀河に超新星が現れた、というご連絡が入る。そこで急遽、夜間観望会でこの超新星を来場者に見ていただいた。「なゆた望遠鏡」のアイピース越しに超新星が見え、観望会担当の竹内専門員も感動。出現直後の超新星を観望できる公開天文台は、世界中探してもそう多くはないはずだ。今まで、教育研究事業と生涯学習事業の両方を歯を食いしばってやってきたが、両者が融合したすばらしい観望会ができたと思う。

★23日(火) 今日は高橋特任助教の誕生日。「おめでとう」と声をかける。今日は私の誕生日でもある。高橋特任助教からも「おめでとう

ございます」と言われた。高山研究員は「なゆた望遠鏡」の可視光分光器MALLSに取り付ける新しいCCDカメラのゲインを測定。なかなか良い結果が得られている。

★26日(金) 少し前から毎週金曜日の夕方にティータイムを設けた。



スタッフや研究員、学生が集まっているというお話しようというもの。ノーベル賞をもらった業績の中にはティータイムでの雑談がきっかけだったというものもあるらしい。斎藤研究員が学生と何やら話をしている。

★30日(火) 「なゆた望遠鏡」の広視野グリズム分光器WFGS2のクイックルックソフトウェアを戸塚研究員が開発した。「どんなデータが撮れたかな」ということを観測直後に知るために、簡易的な解析をするもの。とてもすばらしい。



西はりま天文台 インフォメーション



7/8

第198回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：7月8日（土）18：30 受付開始、19：15～24：00

内容：天体観望会、テーマ別観望会、クイズなど

テーマ別観望会：A 2mで惑星状星雲めぐり

B サテライトでいて座の星雲を撮ろう（要一眼レフカメラ）

費用：宿泊 大人500円、小人300円

※友の会から宿泊料金の助成があり、シーツ代込の料金です。

朝食 540円（希望者のみ）

グループ用ロッジ宿泊の場合の費用です。

家族等は別途料金が必要です。

詳細は事務局（申込先）までお問合せください。

申込：申込表（右表）を参考に、下記の方法でご連絡下さい。

電話：0790-82-3886 FAX：0790-82-2258

e-mail：reikai@nhao.jp（件名を「Jul」に）

締切：グループ棟宿泊、日帰り 7月1日（土）

家族棟宿泊 6月10日（土）

例会参加申込表

| | | | |
|------------|--------|-----------|-----|
| 会員No. () | 氏名 () | | |
| 宿泊棟 | 家族棟 | ロッジ/グループ用 | ロッジ |
| | 大人 | 小人 | 合計 |
| 参加人数 | () | () | () |
| 宿泊人数 | () | () | () |
| シーツ数 | () | () | () |
| 朝食数 | () | () | () |
| | 男性 | 女性 | 家族 |
| 部屋割り | () | () | () |
| 観望会参加人数 | () | | |
| テーマ別観望会の希望 | () | | |

7/2

テーマ別観望会「細くなった金星を見よう！」

日時：7月2日（日）19：30～21：00

無料・申込不要

金星はガリレオ・ガリレイが自作の望遠鏡で形と大きさが変化するを観察し、地動説の根拠の一つとしたことで知られています。7日の最大光輝も近づいており、形が細くなってきている金星を観察してみましょう。



天文講演会のお知らせ

爆発の直後から迫る様々な超新星の正体

日時：7月16日（日）16:30～18:00

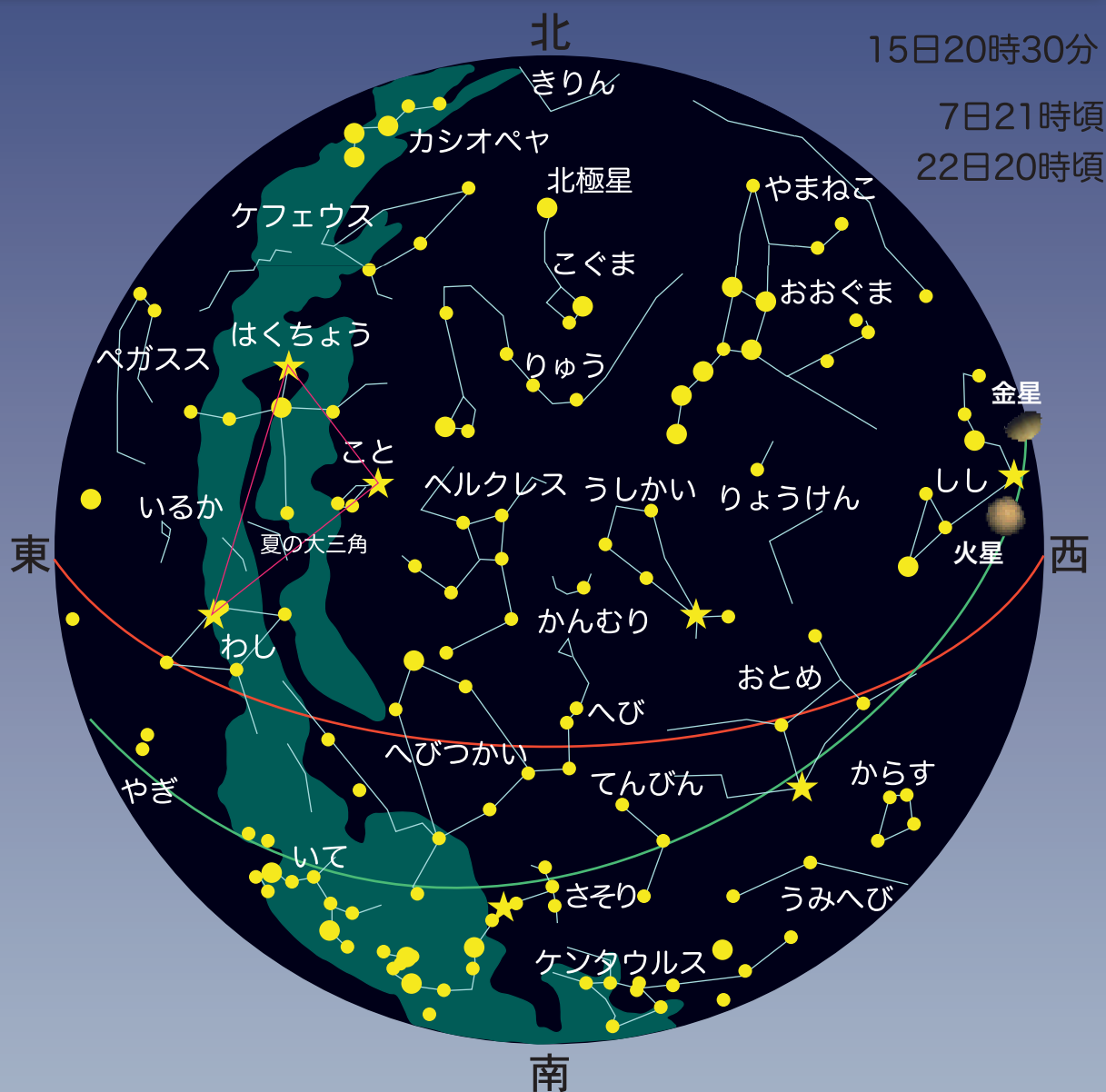
講師：川端 美穂（当天文台研究員）

場所：西はりま天文台南館1階スタディールーム

無料・申込不要

現在、様々な研究グループによって突発天体の探査が精力的に行われています。近年では、高頻度での天体サーベイが行われるようになり、一日以下の短いタイムスケールで明るさが変わる現象や天体が見つかってきました。宇宙において、変光現象・天体は数多くあり、超新星爆発もその中の一つです。今まで見落とされていた爆発直後の様子を調べることで明らかになりつつある超新星の姿についてお話します。





7月のみどころ

今月、しし座にいる火星はとうとう2等星になりました。7日、金星が最大光度となります。目のいい人ならお昼間でも見えるかもしれません。宵の明星も7月でおしまいです。代わりに土星が真夜中登ってくるようになります。12日は夜明け前の空で細くなった月と木星が接近します。東の空には夏の星座たちが登ってきました。惑星も星座も、そろそろ主役交代です。

今月号の表紙

「魂緒（たまお）の星に夏日星、過ぐ」

撮 影：竹内 裕美（天文科学専門員）

撮影日時 2023 年 6 月 3 日 21:12

機材：Google Pixel7 ISO400 f1.9 露出 240 秒

プレセペ星団に火星が侵入するというので撮ってみました。かに座のこの辺りは「鬼宿」と呼ばれ、日本では「魂緒（たまお）の星」と呼ばれるあたりです。「夏日星」は火星。日本語って綺麗だなあとあらためて思いました。ただ、悲しいことに、最近は西の方向も明るくなってきました。