

Monthly News on Astronomy from Nishi-Harima Astronomical Observatory

宇宙 **NOW** No.362 5 2020



パーセク
おもしろ天文学
from 西はりま

：継続と更新
：天体までの距離の測定Ⅱ～レッドクランプ星編～
：またあう日まで
はじめまして

AstroFocus

：塵に埋もれた「怪物」銀河の正体を探る！

石田 俊人
小野里 宏樹
加藤 則行
小倉 和幸
斎藤 智樹

継続と更新

石田 俊人

Essay

PARSEC

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

授業をリモートで行うことになった。

現在、筆者は大学1年生向けの「宇宙科学」という授業を担当している。この授業は、理学部・工学部・環境人間学部の3つの学部の共通科目で、毎年100名以上の受講者が登録されている。名称が変わったり、対象の学部や学年が変わったり、他の天文関係の講義との関係が変わったりしながらも、基本的な部分は最初に授業を担当し始めたときに考えた内容から変わらずにやってきた。このため、ここ数年は内容を大きく変えることがなくなってきていた。

しかし、リモートで行うということになると、話はけっこう変わる。この授業の内容は、特定の教科書に基づいたものではなく、自分で内容を構成して考えたものである。もちろん参考にした書籍はあるが、既存の書籍の形での教科書は存在しない。このため内容をまとめた講義ノートのようなものを資料として作成していたが、その場で目前で説明する機会があった上で参考にしてもらうつもりでの資料と、リモートでのみ接する場合の資料は、同じというわけにはいきそうにない。

この文章を書いている時点では、大学側で動画を配信できるソフトを利用できるようだということがわかってきた。どうやら、これまでと変える必要がある部分は、最初に考えていたよりは少なくて済みそうだ。しかし、やりかけた内容の見直しは、一通りやっておきたいと考え

ている。これまでも、授業の名称や他の天文関係の講義との関係が変わったときに、新しい視点から内容の追加や修正を行ってきた。今回は、実施形態そのものが変わったときに、何が必要かを考えることで、新たな追加や修正を行うことができそうだ。

このようなことは何事にも必要なのではないだろうか。つまり、ときどき新たな視点から内容を更新する時期が必要のように思う。ただ、何度か繰り返し継続することで内容を充実させていく時期も必要であろう。どこかに、長い間継続しかしていないものはないか、たまには振り返るようにしたいものだ。

(いしだ としひと・副センター長)



リモート授業用の Web サイトを表示させているところ

ちょっと「コア」な天文学を楽しく！

おもしろ天文学

天体までの距離の測定 II

～レッドクランプ星編～

小野里 宏樹

前回、筆者が担当したおもしろ天文学（宇宙 NOW 2019 年 12 月号 No. 357）では天体までの距離の測定方法について概説しました。今回は筆者の専門であるレッドクランプ星とそれを用いた距離の測定について詳しく説明したいと思います。

レッドクランプ星

レッドクランプ星は比較的质量の小さい星の年老いた姿です。宇宙に存在する星の大部分は、中心部で核融合反応により水素からヘリウムを合成させることにより光り輝いています（図1、主系列星と呼ばれます）。中心部の水素を使い果たすと、中心核の周りで殻状に核融合反応を起こす赤色巨星という星に変わります（天文学では進化といいます）。さらに進化していくと中心部は非常に高温になり、主系列星の段階で合成したヘリウムの核融合反応が始まります。この中心でヘリウムから炭素を合成して輝いている星のことをレッドクランプ星と呼びます。

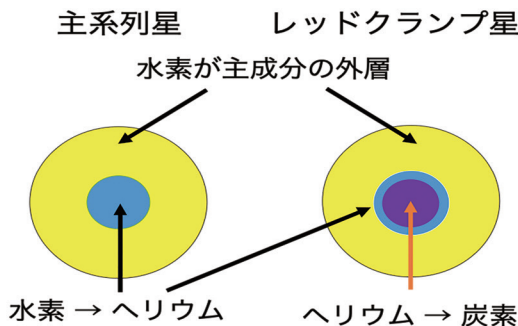


図1. 主系列星（左）とレッドクランプ星（右）の内部構造の模式図。

太陽も約 50 億年後にはレッドクランプ星になると考えられています。ただし、軽い星の全てがレッドクランプ星に進化するわけではありません。星に含まれる重元素（天文学ではリチウムよりも原子番号の大きい元素をまとめて重元素と呼びます）の量が少ない場合には、水平分枝星と呼ばれる星に進化します。

レッドクランプとは日本語で赤い塊という意味です。星の表面温度（あるいは色）と光度の関係を表したヘルツシュプルング・ラッセル図（HR 図）を描くと右上の方に星数の多い部分が見られます（図2）。HR 図では右に行くほど

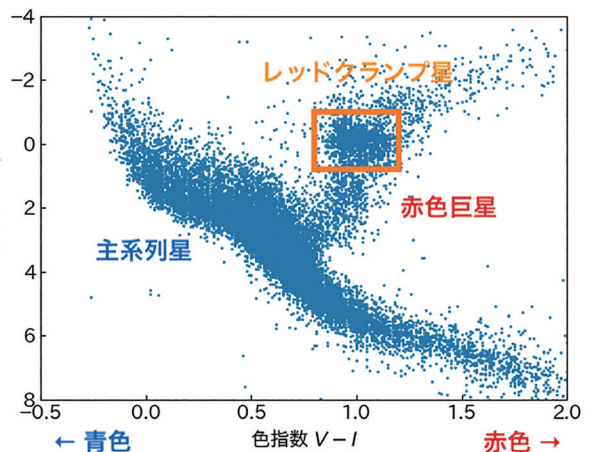


図2. ヒッパルコス衛星によって距離が測定された太陽近傍の星の色等級図（HR 図）。横軸が天体の色、縦軸が天体固有の明るさである絶対等級を表す。オレンジ色の四角で囲まれている部分がレッドクランプ星に対応し、明るさや色の狭い範囲に星数が多いことがわかる。左上から右下へと連なる星は主系列星、右上に伸びている星は赤色巨星である。

温度が低く赤いので、赤い部分に塊状に見えます。そのために、レッドクランプ星という名前がついています。ただし、表面温度は典型的には 4800 K 程度なので、実際の色は赤というよりはオレンジ色に近くなります。一等星の中にはレッドクランプ星は二つあり、ぎょしゃ座のカペラ（カペラは連星なので、正確には主星のカペラ A）とふたご座のポルックスがそれに当たります（図3）。

レッドクランプ星が HR 図上で固まって見えるのには二つ理由があります。一つは、レッドクランプの段階の滞在期間が比較的長いこと、レッドクランプ星の数が多いことです。もう一つは、レッドクランプ星の色や固有の明るさが星の質量や含有する重元素の量といった個性によらずあまり変わらないことです。これら二つがレッドクランプ星を距離の指標として用いる際の重要な特徴となります。

レッドクランプ星を用いた距離の測定

前回、遠くの天体の距離は、見かけの明るさ

と天体固有の明るさを比較することによって測定することを説明しました。レッドクランプ星を用いた場合でも基本的な考え方は同じです。

天体を距離の指標として用いるためには、まずは星の種類を判別する必要があります。変光星の場合だと、天体の明るさを継続的に観測し、その明るさの変化の様子からセファイド型変光星、ミラ型変光星のように種類を判別することができます。レッドクランプ星の場合には、星の色を頼りに天体にあたりをつけます。しかし、図2からわかるように、暗い方の主系列星や数は少なめですが赤色巨星も同じような色をしています。そのため、個々の星の色を調べただけではその星がレッドクランプ星であるということではできません。変光星の場合に一つ一つの星を判別できることと比較するとこの点は厄介です。

個々の星を判別することはできないので、レッドクランプ星で距離を調べようとする場合には天の川銀河の中心部、腕構造、星団などといった星が密集している場所を調べます。そし



図3. ふたご座のポルックスとカストル。表面温度が約 10000 K で青白いカストルに比べ、レッドクランプ星のポルックスはオレンジがかった色をしている。(©Rogelio Bernal Andreo (Deep Sky Colors)、Source: NASA)

て、その方向にあり、レッドクランプ星に対応する色を持つ星の見かけの明るさ毎の数を調べます（図4）。すると、ある明るさに星数が突出する部分が現れます。このピークに含まれる大部分の星は、密集地の中にある星で、ほとんど同じ距離にあると考えられます。そのため、固有の明るさが近い集団であると考えられるので、対応しそうな天体はレッドクランプ星か主系列星に絞られます。

最後は固有の明るさの違いが頼りになります。レッドクランプ星と主系列星では固有の明るさが6等級、つまり250倍も異なります。これは距離にすると約16倍の違いに相当します。例えば、星数のピークの正体がレッドクランプ星であると考えて距離を求めたら2万6000光年という値（天の川銀河の中心までの距離）が得られたとします。この仮定が間違いで、実はピークの正体が主系列星であったとすると、対応する構造は1600光年の距離にあることに相当します。しかし、このような近くの星までの距離であれば、前回紹介した年周視差法で距離が判別できるので、年周視差法からそ

の距離に対応する構造が見られなければ主系列星である可能性は除外できます。このようにして、レッドクランプ星が明るさのピークを作っていることが確認でき、無事距離を測定することができます。

以上の説明だと、変光星を利用した場合と比較してレッドクランプ星を用いた場合のデメリットが目立ってしまうので、最後にメリットを二つ挙げておきたいと思います。一つは種々の変光星に比べて、レッドクランプ星の数が圧倒的に多いことです。数が多いため、太陽近傍にも豊富に存在し、年周視差法で固有の明るさが正確に調べられ、構造を調べる際にも指標天体がないということが起こりにくくなります。もう一つは、1回の観測で距離を調べることができる点です。変光星の場合には、天体や変光の周期の判別のために数十回以上の観測が必要となりますが、レッドクランプ星の場合は明るさと色の情報が得られれば良いので、1回の観測で必要な情報が出そろいます。

（おのざと ひろき・天文科学研究員）

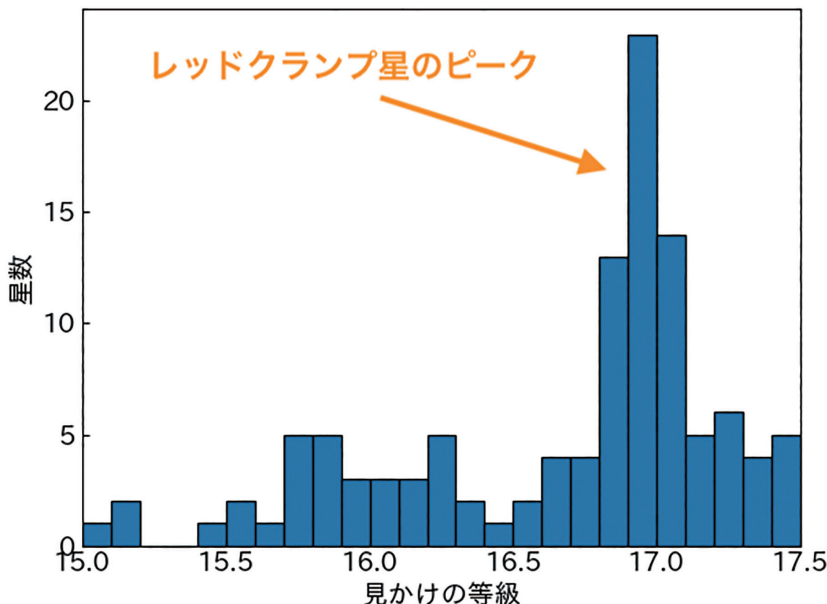


図4. 大マゼラン雲の星団 NGC 2161 中の近赤外線での星の見かけの明るさとその個数。星数のピークとなっている部分がレッドクランプ星に対応し、この見かけの明るさと固有の明るさを比較することで距離を調べることができる。

またあう日まで

加藤 則行



私は、この3月をもって西はりま天文台を離れることになりました。2014年10月から2017年10月まで天文科学専門員としてと、2017年11月から2020年3月まで天文科学研究員として足掛け5年半、西はりま天文台の天文学普及と研究に携わってきました。リサーチを主とする研究員と、アウトリーチを主とする専門員の双方を経験できる又とない機会に恵まれたことは、今後のキャリアパスを選択する上で幸運でした。

天文学に限らず、あらゆるサイエンスの分野で研究者と一般市民をつなぐアウトリーチの重要性が示されるようになりました。具体的なアウトリーチと言えば、研究成果を一般市民に分かりやすく伝えたり、サイエンスにより親しんでもらえるよう魅力を発信することなどが浮かびます。そこに私は、“研究を嗜好する人口の増加に寄与する”ことを付け加えたいと思います。

競技人口の多いスポーツは、プロのレベルも高く、オリンピックや世界大会などでも花形となります。科学を発展させるには、一般市民に

対して研究活動への理解を得るだけでなく、研究そのものを志す人たちをプロ・アマチュア問わず増やすことが肝要です。そのとき、私が西はりま天文台で得たリサーチとアウトリーチ双方の経験が生かせるのではないかと考えます。

4月からは、神戸大学 人間発達環境学研究科にて、国際的科学技術人材育成挑戦プログラム（ROOT プログラム）の研究員として勤務します。ROOT プログラムは、科学技術振興機構の支援のもと行われている教育プログラムで、科学の分野で強い好奇心・探究心を持った高校生たちが、将来国際的に活躍できる科学者や技術者を目指して大きく成長する教育機会を提供しています。私は、西はりま天文台での経験を生かして研究者を志す若い人たちをサポートしていこうと思います。次のステージにつながる経験を与えてくれた西はりま天文台と、そこに集う方々への感謝を胸に刻み旅立ちます。ありがとうございました。

（かとう のりゆき・元 天文科学研究員）



はじめまして

小倉 和幸



この4月に天文科学専門員として着任しました、小倉和幸と申します。佐用町のお隣、宍粟市の千種町出身で、中学校卒業までの約15年間を過ごしました。地元の綺麗な星空の下で過ごしているうちに、いつしか天文学者を目指すようになっていました。高校以降は県外に出ていましたが、なゆた望遠鏡が完成した際には見学に来た記憶があります。奈良、愛媛、埼玉などを経て16年ぶりに播磨の地に戻ってきました。

これまでには、ブラックホールや、明るさの変わる星の研究をしていたこともありますが、現在は、銀河や銀河が作る宇宙の大規模構造の形成・進化を専門分野としています。すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡、カナダ・フランス・ハワイ望遠鏡、アメリカ国立光学天文台 SOAR 望遠鏡など、ハワイやチリにある様々な望遠鏡を使った研究の経験があります。また、最近シミュレーションによる理論モデルの研究も行っています。例えば、最新の論文では、理論モデルをもとに、遠くの宇宙で銀河がどのように分布しているかを示す「地図」を再現して、それを観測結果と比較することで、私たちは今、遠方宇宙の地図を観測的にどこまで理解しているか、ということを議論しました。

西はりま天文台では、なゆた望遠鏡を使った観望会での星空案内や様々なイベントなど、皆さんに星空や宇宙の魅力をお伝えする役割を担当させていただきます。研究経験を活かしつつ、星空の楽しみ方や最新の研究に基づいた天文学の魅力をお伝えしたいと思いますので、どうぞよろしくお願い致します。

(おぐら かずゆき・天文科学専門員)



みなさまのご感想・リクエスト・投稿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。よろしく願いいたします。投稿は「氏名（よみがな）、会員番号」をお書き添えの上、宇宙 NOW 編集部 now@nhao.jp まで。電話によるお問い合わせ：0790-82-3886

塵に埋もれた「怪物」銀河の正体を探る！

斎藤 智樹

波長が 1 mm 以下の電波（サブミリ波）は、ダストの熱放射から出てくる。埋もれた熱源によって温められたダストが見えるため、それを捉える掃天観測が、長く行われてきた。しかしサブミリ波の望遠鏡（単一鏡）は感度も分解能も低く、非常に明るい天体しか検出できない。それでもサブミリ波源は、100 億光年以上彼方に数多く見つかった。つまりそれは桁違いに明るい、怪物のような銀河なのだ。[1]

この「怪物」は、1 年間に太陽数百個以上の大量の星を作っているといわれる。が、分解能の低い観測では、正確な位置も大きさも明るさも判らず、詳しい性質もわかっていなかった。ALMA 望遠鏡はこれに光を当ててきたが、泣き所は視野が狭いことである。そこで、まず単一鏡で広い視野を掃天観測し、検出された天体に ALMA を向けて調べる試みが行われている。AS2COSMOS というプロジェクトでは、約 1000 天体がまず同定され、明るい 182 天体に ALMA が向けられた。(図 1：[2][3])

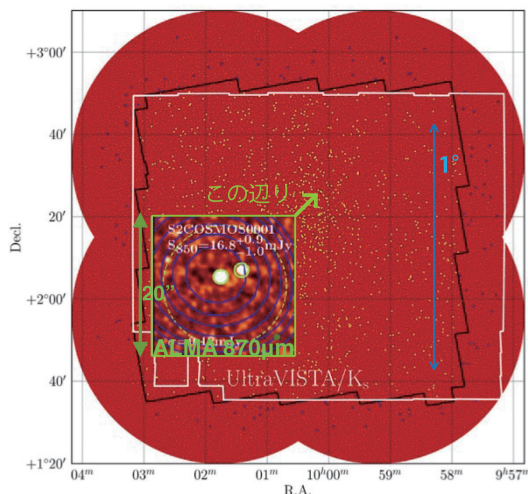


図 1：単一鏡による広域マップ。小さな黄色い点がサブミリ波源である。緑の囲みはうち 1 天体の ALMA による画像で、単一鏡マップが青の等高線で重ねてある。[2][3]

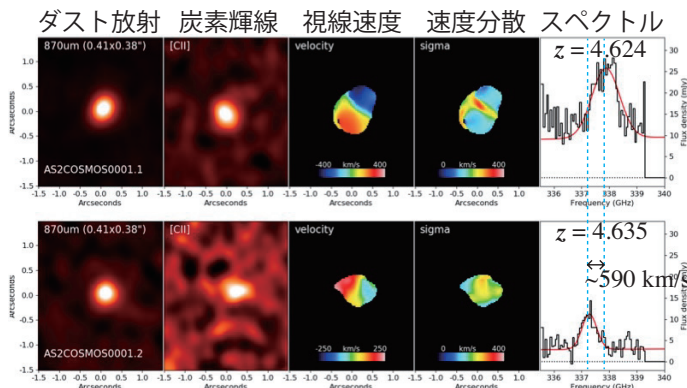


図 2：ALMA による観測結果の例。左 2 列の画像に加え、スペクトルの解析で、視線速度と速度分散の分布、および全体の平均スペクトルを得ている。[3]

最も明るい天体の多くは、ALMA で見ると 2 つ以上の天体の組に分解された。多波長データと突き合わせてみると、これらの天体の組は、距離もほぼ等しいことがわかった。炭素イオン輝線を使って、より高精度で確かめられた天体もある。(図 2) すぐ近くにいる銀河同士は相互作用をして、爆発的に星を作るともいわれている。

大量の銀河を観測したおかげで、もっと統計的な話もできる。明るさごとに分けてみると、明るい銀河ほど平均的に遠方にあるようだ。拡大解釈すれば、銀河の相互作用が昔ほど盛んだった、という解釈もできるかもしれない。

こんな宇宙の歴史に迫る手がかりを、ALMA はまだまだ見せてくれそうである。

(さいとう ともしき・天文科学研究員)

参考文献

- [1] Hughes et al. 1996, Nature, 394, 16 など
- [2] Simpson et al. 2019, ApJ, 880, 43
- [3] Simpson et al. 2020, MNRAS, submitted (arXiv:2003.05484)

● **1日(水)** 相変わらずコロナのために台内は閑散としたまま、2020年度が始まる。あらたに小倉専門員が着任。また、学生も何名が増えた。これからよろしくお願いします。

● **3日(金)** 伊藤センター長からアクアナイト中止との通知。仕方ないとは言え、残念。

● **4日(土)** プレアデス星団と金星が接近。なゆたの成果としておなじみのプレイオネのすぐそばに金星がくっついている。(写真)

● **7日(火)** 観測当番明けに出動しようとしたら、第3駐車場にヘリコプターが停まっている。緊急事態宣言にそなえてドクターヘリかなにかの演習かな? と思ったら、なんと山火事が天文台のすぐそばで起きたと高山研究員・小野里研究員から聞いて知る。このところ極端に湿度が低い日が続いていたせいだろうか。というわけで、緊急事態宣言が兵庫県を含む地域に発令されてしまった。5/6までということだが、これからどうなるのだろう。



● **8日(水)** アトラス彗星は分裂崩壊した、とのニュース。今月明るくなるということで話題になっていたのだが、彗星はこれがあるから油断ならない。新しく来た人のために、60 cm 望遠鏡と小型望遠鏡のオリエンテーションを石田副センター長が実施。

● **9日(木)** 緊急事態宣言のため、基本的には在宅勤務をすることに。ハードディスクにデータを移し替えたり資料を持ち帰ったり。

● **13日(月)** 30周年記念シンポジウムが延期が決定とのことで、本田准教授がホームページでも延期の告知。かなり申し込みがあったと

のことで残念やら申し訳ないやら。

● **14日(火)** 観測当番のため天文台へ来台。雨がぱらついていた昨日とはうってかわって天気が良くなり、シーイングも非常に良い。

● **18日(土)** 前日から酷い雨で、朝、天文台に来ていた高橋助教が雷対策を行う。そろそろそんな季節だが、在宅勤務のために天文台に人がいないことが多いわけで、いつもの年以上に気をつけなくてははいけなさそうだ。

● **20日(月)** 共同観測者の方と Zoom を用いた打ち合わせ。家にマイクがなかったので不要不急でない外出をして買いに行く。

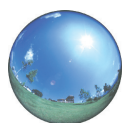
● **21日(火)** 斎藤研究員主催で、Zoom を使ったのゼミを行う。どれくらい緊急事態宣言が続くかわからないが、続く期間によってはこういうゼミを増やしていく必要があるのかもしれない。

● **22日(水)** こ座流星群極大。

● **27日(月)** 昼間来台していたパール研究員から、雷対策をしたとの連絡。観測当番のために天文台にやってきたころには雷の心配はなくなったのでそのまま解除したが天気はあまりよくない。

● **28日(火)** 昨日に引き続き観測当番。日がすっかり短くなってしまった。夜半過ぎには夏の大三角や天の川が上り、すっかり夏の夜空である。

● **30日(木)** 金星が明るい(最大光度は29日)。鳴沢専門員は昼間に双眼鏡で見たそう。ここ数日は月と合わせて目を引くせいか、UFOか何かではないかと思い電話をくださる方もいた、と戸塚研究員。



Come on! 西はりま



30周年記念シンポジウム延期のお知らせ

新型コロナウイルス感染拡大防止のため、5月31日（日）に予定しておりました30周年記念シンポジウム「宇宙、ムチュウ、観測中 ここまでわかった宇宙の姿」は延期とさせていただきます。多くのお申し込み、ありがとうございました。秋以降に日を改めて開催の予定です。詳細につきましては、改めてお知らせいたします。その折にも何卒よろしくお願い申し上げます。



部分日食観察会

日時：6月21日（日）
16:00～18:00

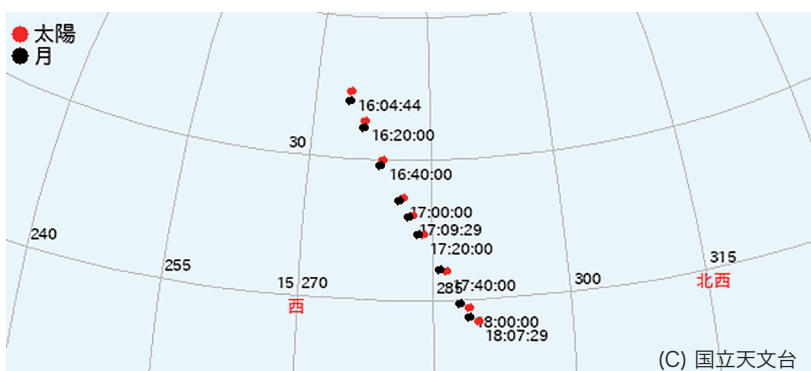
申込み：不要

参加費：無料

食の始め 16時頃

食の最大 17時過ぎ

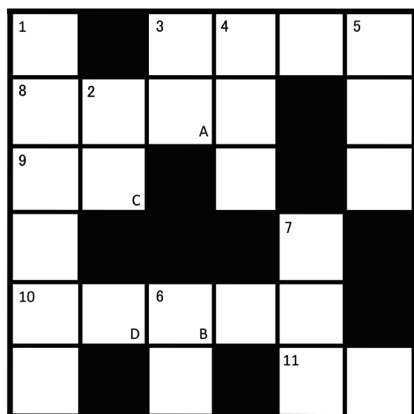
食の終り 18時頃



西はりま天文台 30周年企画 2

宇宙クロスワードパズル

鳴沢 真也



タテの鍵

- ずばり、西はりま天文台がある山の名前は？
- アメリカの物理学者、宇宙論研究者、ランドールのファーストネーム
- しし座の学名
- 春の星座。ちょっとマイナー。うみへび座とほ座の間。
- 春の1等星。佐用町の星
- 天文台北館1Fにあるのは、〇〇室
- すばるやかに星雲がある星座

ヨコの鍵

- うさぎ座の学名
- 冬の代表的な星座といえば？
- アポロ、スペースシャトル、ハッブル宇宙望遠鏡などなど
- 西はりま天文台は、今年オープン何年記念？
- 天文台にも夜走り回っている

A → B → C → D とならべると？（ヒント：森本雅樹元顧問の1人称）



西はりま天文台 インフォメーション



7/11

第181回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：7月11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、交流会など

テーマ別観望会：未定

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 500 円（希望者のみ）

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「Jly」に）

締切：グループ棟宿泊、日帰り 7月4日（土）

家族棟宿泊 6月13日（土）

例会参加申込表

会員 No.	()	氏名	()
宿泊棟	家族棟ロジ / グループ用ロジ		
参加人数	大人 ()	小人 ()	合計 ()
宿泊人数	()	()	()
シーツ数	()	()	()
朝食数	()	()	()
部屋割り	男性 ()	女性 ()	
グループ別観望会の希望	()		

直前のお申し込みや、キャンセルは控えていただくようお願いいたします。

お食事のお申し込みについては、3日前までは無料、2日前 20%、前日 50%、当日 100%のキャンセル料が発生します。

6/13

友の会観測デー ※友の会会員限定

日時：6月13日（土）19：00 受付

内容：60 cm望遠鏡を使って様々な観測体験をします。技術や知識を身につけ、サイエンスティーチャーとして活躍する方も誕生しています。天体写真を撮ることもできます。

費用：宿泊 大人 1000 円、小人 500 円 ※朝食の申し込みは不可

※今年度は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。

場所：天文台北館 4 階観測室

定員：20 名

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：tomoobs@nhao.jp（件名を「Jun」に）

締切：6月6日（土）

観測デー参加申込表

会員 No.	()	氏名	()
参加人数	大人 ()	小人 ()	
宿泊人数	男性 ()	女性 ()	
当日連絡先	()		

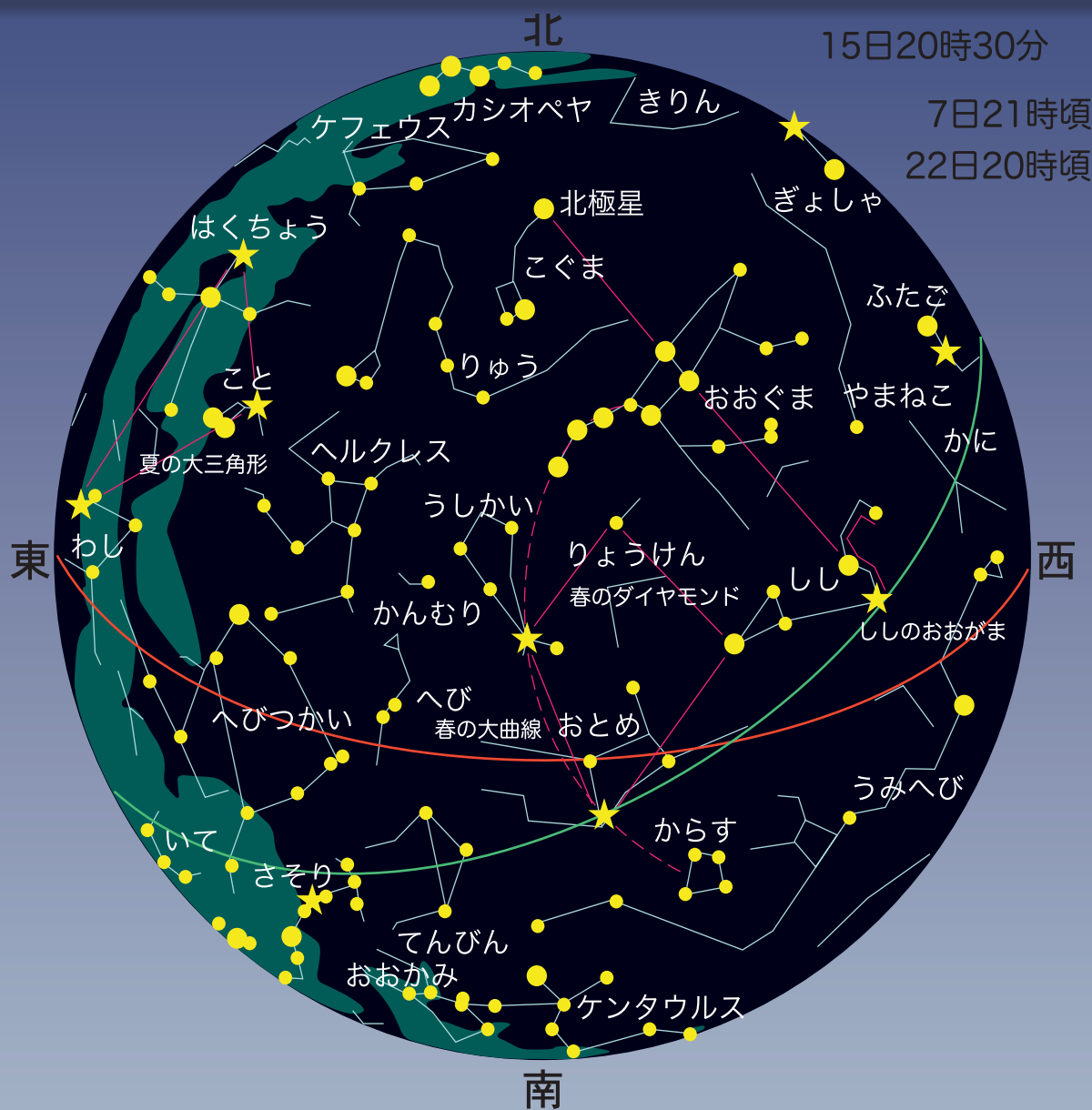
☆ 新型コロナ対策などの影響でイベントの中止や延期の可能性があります。事前にお問合せください。 ☆

友の会会員の特典のお知らせ

友の会の方は来園時に会員カードご提示で割引があります。ぜひご活用ください。

☆ 『喫茶 カノープス』の飲食代 10% OFF

☆ ミュージアムショップ『twinkle』でのお買い物 1000 円以上で 10% OFF



6月のみどころ

ペテルギウスが明るさを取り戻す一方でアトラス彗星は残念なことになりました。6月はいよいよ部分日食です。近畿では梅雨に入る頃、そのひとときだけでもどうか晴れますようにと祈るばかりです。今月の惑星たちの集合は8～9日に月と木星・土星、13日深夜に月と火星です。パンスターズ彗星が北斗七星を、スワン彗星がぎょしゃ座を通過します。どちらも双眼鏡を使えば見るができるかもしれません。とっても地味ですが6日未明には半影月食も。けっこう、盛りだくさんな6月かもしれません。

今月号の表紙

「春来」

撮影者：山下 真依（やました まい）

・兵庫県立大学大学院

撮影日：2020年4月16日17時00分

撮影地：西はりま天文台

桜に前後して咲くハナモモですが、今年は桜も終盤になった頃に咲き始めました。その蜜を吸いにやってきたのはメジロです。天文台ではこの時期になると鳥たちの活動も盛んになって、いろんな鳴き声が楽しめます。