

Monthly News on Astronomy from Nishi-Harima Astronomical Observatory

宇宙 **NOW** No.381 2021 **12**



パーセク	: 夜を走る	石田 俊人
おもしろ天文学	: 【特別寄稿】 金やプラチナは宇宙のどこでできたのか？	田中 雅臣
from 西はりま	: トライやるウィーク	鳴沢 真也
	部分月食観察会	
AstroFocus	: 中心の星が燃え尽きた後の惑星が見つかる	大島 誠人

夜を走る

石田 俊人

Essay PARSEC

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

天文台の勤務時間は夜に終了することが多い。このため帰宅のために夜に車を走らせることが多い。中でも、通勤距離が長いので、他の職員よりも夜に走っている時間は間違いなく長い。距離が長いので、たいていは高速やバイパスを利用している。

夜には通行量全体が減っているが、大型トラックの比率が多くなる。それから、通行量全体が減っているせいか、全体にスピードが出ている。自分自身もどうしてもスピードが出ていると思う。そこへ、たまに、明らかに速度差のある尋常ではない速度で走って行く車がいる。いったい何キロ出せば、あんな速度になるのだろうか。

そんな夜を走る。

天文台のある山を走っている間は、たいていどこか道の脇に生き物を見かける。道まで出てきていることは、それほど多くはないが、たまにカーブの先で道の真ん中にいて、驚くことがある。高速やバイパスでは生き物を見かけることは少ないが、たまにひかれてしまって道に横たわっていることがある。南無阿弥陀仏と唱えながら、踏まないように走り抜けていく。

そんな夜を走る。

以前はインターチェンジのそばには、24時間給油できるガソリンスタンドが一つはあった。しかし、最近は、天文台に近いあたりでは、天文台の勤務時間が終了する頃には閉まってしまうところが増えた。ときには、帰宅までにガソリンがなくなりそうなときもある。この時間帯に給油できる場所は、どこにあったか思い出して、どこを通るか考える。

そんな夜を走る。

前には夜空が見える。天文台を出るときには曇っていたのに、走っているうちに晴れ間が見えてくるときもある。天文台も晴れているだろうか。前の方に明るい星が見える。向きや明るさなどから、どの星かわかる。観望会終了後に東に見え始めるのは、しばらくすると観望会で見る星空だ。もうすぐあの天体を見る時期がやってくる。

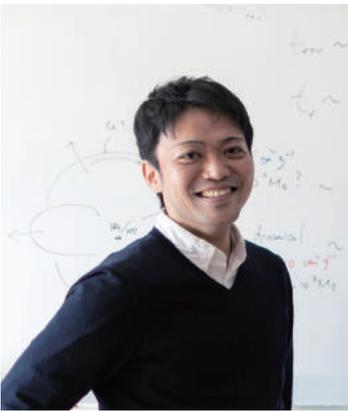
そうして夜を走っている。

(いしだ としひと・副センター長)



ちょっと「コア」な天文学を楽しく！

おもしろ天文学



(c) 東北大学理学部・理学研究科

【特別寄稿】

金やプラチナは宇宙の どこでできたのか？

田中 雅臣

元素の起源

私たちの身の回りには様々な「元素」が存在しています。例えば、皆さんは今この文章を読みながら無意識に空気中の酸素と窒素を体に取り入れていますし、私たちの体には酸素や炭素、カルシウムなどの元素が含まれています。皆さんがいる建物には鉄が使われているでしょうし、金やプラチナなどの宝石をお持ちの方もいるでしょう。

これら様々な元素は、なぜ存在するのでしょうか？ 私たちの宇宙が始まった直後、宇宙には水素、ヘリウムと少量のリチウムしか存在しませんでした。しかし、138億年たった今、私たちは様々な元素に囲まれて生きています。

炭素や酸素、カルシウムや鉄などの元素は、星の中で作られたことが分かっています。太陽のような星は、その内部で「核融合反応」を起こすことで絶えず新しい元素を作り、そのエネルギーによって輝いていることが知られていま

す。一方で、金やプラチナ、ウランなど、鉄よりも重い元素が宇宙のどこでできたのかはまだ明らかになっていません。この謎を解くために、50年以上様々な研究が行われていますが、まだ決定的な答えを得られていないのです。

有力候補：「中性子星」の合体

金やプラチナなどの重元素を作る最も有力な天体現象の一つが、「中性子星」という天体の合体現象です(図1)。中性子星は、太陽と同じぐらいの質量をもちながら、半径が10 km程度しかない、宇宙で最も特殊な天体の一つです。このような天体が「連星系」をなしていて、お互いの周りを回っていると、そのうち合体を起こしてしまうことが知られています。

中性子星が合体すると、星を構成していた物質の一部分が宇宙空間に激しく飛び出していきます。このとき、飛び出していく物質の中では、鉄などの原子核が中性子をたくさん捕まえ、放



図1: 中性子星合体の想像図 (ESO/L. Calçada/M. Kornmesser)

射性崩壊（ベータ崩壊）を起こすことで、金やプラチナ、ウランなどの重元素が合成されることが期待されているのです。

また、そのように重元素が合成されると、放射性崩壊のエネルギーを使って、中性子星合体が明るく輝くことも予想されていました。このような現象は、白色矮星の表面で爆発が起きる「新星」（ノバ）よりも1000倍程度明るくなると予想されていたことから、「キロノバ」と呼ばれています。

重力波 x 電磁波のマルチメッセンジャー天文学

では、本当にこのようなことが宇宙で起きていることを、どのように確認すれば良いのでしょうか？その鍵を握るのが「重力波」です。中性子星は地球よりも2000億倍（！）も表面重力が強い天体です。そのような強重力天体が合体して激しく動くと、「時空のさざなみ」である重力波が放出されることが予想されます。つまり、重力波を観測することで中性子星の合体を発見し、その天体現象がキロノバとして光り輝くところを捉えられれば、中性子星の合体

で重元素が合成・放出されていることを確かめることができるはずですが。このように、宇宙からやってくる様々なシグナルを駆使して行う天文学研究は、近年「マルチメッセンジャー天文学」と呼ばれています。

ご存知の方も多いと思いますが、2015年に重力波の直接観測が成し遂げられました（この現象はブラックホールの合体でした。詳しくは本田敏志氏の記事をご参照ください。宇宙NOW 2017年3月 No 324）。そして、世界中の研究者が待ち望む中、2017年8月17日、中性子星合体からの重力波も初めて観測されたのです（GW170817、図2）。

ついに「見えた」重力波天体

重力波の望遠鏡だけでは、重力波がどこからやってきたかを正確に決めることはできません。重力波天体を見つけ出すには、複数の望遠鏡で広大な領域を探索して、「重力波が観測された後に新しく現れた天体」を探す必要があります。そこで、私たちは「J-GEM」（Japanese collaboration for Gravitational wave ElectroMagenetic wave followup）というグループを結成し（図3）、日本の望遠鏡群の連携によって重力波天体からの光を捉えるための準備をしていました。

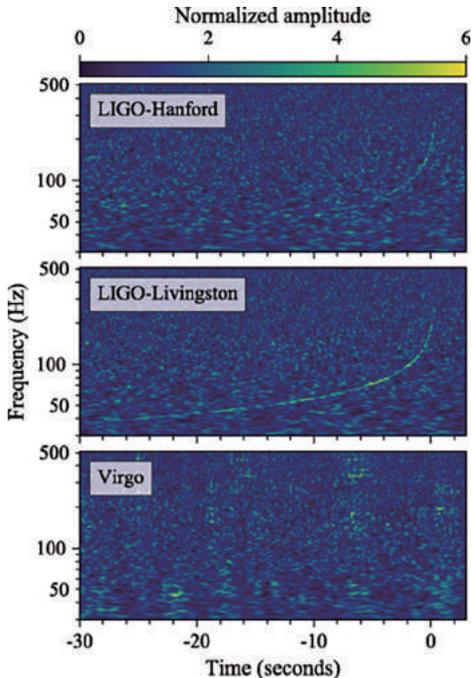


図2: GW170817の重力波シグナル (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, Phys. Rev. Lett. 119, 161101)



図3: J-GEMの望遠鏡群 (東京大学 諸隈智貴氏によるものを一部改変)

GW170817の重力波観測の速報を受け、J-GEMだけでなく、世界中の望遠鏡が重力波天体からの光の探索を行いました。その結果、1億3000万光年かなたの銀河NGC 4993に、GW170817の対応天体が見つかりました(図4)。重力波を放った天体の写真が撮れたのはこれが史上初めてのことで、まさに「マルチメッセンジャー天文学」が花開いた瞬間でした。

2017.08.18-19

2017.08.24-25

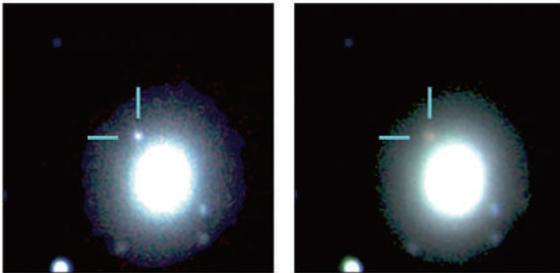


図4: 中性子星合体 GW170817 の電磁波対応天体 (国立天文台・名古屋大学)

特に J-GEM では、ハワイにあるすばる望遠鏡を使って、推定された方向の全域の徹底的な探査が行われ、他に怪しい天体がおらず、図4の天体が確かに重力波天体であることを確認づけることができました。また、南アフリカにある IRSF 望遠鏡では、発見された天体の明るさの時間変化が詳細に観測されました。残念ながら GW170817 の到来方向は南半球にあり、日本からは観測しづらい方向でしたが、日没直後の短い時間になゆた望遠鏡でも観測が行われています。これらの観測の詳細(や裏側)については、拙書『マルチメッセンジャー天文学が捉えた新しい宇宙の姿』(講談社ブルーバックス)もご参照ください。

金やプラチナの起源に迫る

では、中性子星合体はどのように光ったのでしょうか? 図5は観測された可視光と赤外線での明るさの時間進化を示しています。また、線で示されているのが、キロノバの明るさを理論的に計算したものです。

観測の結果と理論的な計算を比較すると、明るさが時間とともに変化する様子や天体の「色」の特徴が大まかに一致していることが分かります。この一致から、中性子星合体が確かに重元素を合成していることが確認されました。重元素合成の現場を直接捉えることができたのです。

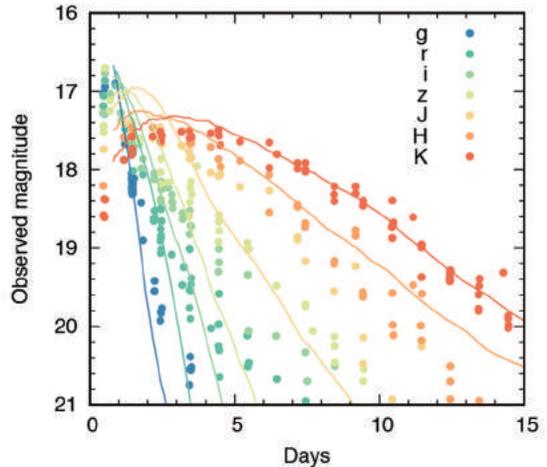


図5: 明るさの時間変化

このように、中性子星合体のマルチメッセンジャー観測は、元素の起源の理解に向けて大きな1ステップとなりました。しかし、研究はまだ始まったばかりです。例えば、宇宙でどれぐらいの頻度で中性子星が合体しているかはまだ分かっていません。また、中性子星合体が鉄よりも重い元素を合成したことは間違いないのですが、どのような元素が、どれだけ合成されたかはまだ分かっていません。つまり、本当に中性子星合体で金やプラチナが作られているかはまだ分かっていないのです。今後、重力波の観測例は飛躍的に増えることが期待されており、これらの謎に迫るための研究がますます進むでしょう。今後のマルチメッセンジャー天文学、そして元素の起源に迫る研究の進展にご期待ください。

(たなか まさおみ)

・東北大学 理学研究科 准教授)

11月14日の講演会「ついに「見えた」重力波天体」(共催:新学術領域研究「重力波創世記」)の内容をまとめていただきました。

トライやるウィーク

鳴沢 真也



兵庫県が主催している中学2年生での職場体験「トライやるウィーク」、今年は播磨高原東中学校（11月8-12日、以下東中）の3名と、佐用町立上津中学校（11月15-17日）の1名の生徒を受け入れました。

播磨高原東中学校の活動初日は、9年ぶりに金星食が起きる日でした。そこで朝から小型望遠鏡の操作をマスターして臨みましたが、残念ながら雨も降り出しそうな天気で「完敗」でした。翌日からは、主に太陽観察をしてもらいましたが、あいにく曇り空が続いて苦労しました。それでも、なんとかこの期間中の黒点の動きを捉えることができました。なぜ黒点が動くのか？ 太陽の自転説もでしたが、その他にも黒点の消滅と再形成、対流で流されるから、太陽の自転軸の傾きの変化、などユニークな説がいくつも出ました。自転説の検証のため（いく

つかの仮定はしましたが）周期を求め、真の周期との差がなぜ生じたのかも考察しました。

一方、上津中学校の生徒が来ていた3日間は、毎朝快晴でした。播磨高原東中学校と同じくH α （太陽表面の活動の様子が見える特定の赤色）での観察により、プロミネンス、ダークフィラメント、プラージュなど表面現象の変化も確認しました。運良く赤道付近に黒点が出ていましたので、太陽の自転速度も推算することができました。さらに加えて、天候に恵まれていたので、60cmによる昼間の星の観察もし、恒星にはいろいろな色があること、観察時の金星は三日月の形になっていることも知りました。

両校の生徒ともまじめに積極的に活動をしたので、最終日に「ジュニア研究員」の証明書が手渡されました。

（なるさわ しんや・天文科学専門員）



望遠鏡の使い方をマスター。金星食にのぞみましたが・・・(播磨高原東中学校)



3人の結果はなぜだろう？ 考察中（播磨高原東中学校）



晴れたらまず太陽観察（上津中学校）
*これは減光フィルターが装着されています。
通常の望遠鏡では絶対太陽を見てはいけません。



太陽を見立てて黒点の位置を確認。右は取材中の町のケーブルテレビ。（上津中学校）

部分月食観察会



11月19日、久しぶりの天文イベント「部分月食観察会」が開催されました。

「ほぼ皆既」とか「98%月食」などと騒がれた部分月食は、久しぶりの快晴！5月の皆既月食も8日の金星食も雨と雲にたたられて、他所様のLIVE映像を悔しい思いで見えていましたが、この度は「3度目の正直」となりました。昨今の世情、大々的に告知はしたいけれど、人が集まり過ぎるのは避けたい。そんなわけで、HPでの告知程度に留められた今回の観察会でしたが、それでも次々とお客様は来られて、中々に盛況となりました。芝生広場での開催とあって、望遠鏡を持ち込まれるお客様もちらほら。買ったけれど、もらったけれど使ったことがない、そんなお客様にはいい機会です。使い方を説明しながら、楽しみながら覚えていただきます（要相談ではありますが、実はいつでもやっています）。

今回は、すでに月の出から欠けている「月出帯食（げつしゅつたい-しょく）」でしたので、待ち時間もさほどなく、小さなお子様でも楽しめたかと思えます。

月食の楽しみとして、「周囲の星空を楽しむ」というものもあります。食分が小さいと無理ですが、この度のような月食では月明かりの影響で見えていなかった星たちが姿を現します。思い出されるのは、もう10年も前の冬の皆既月食のこと。月食では月が完全に見えなくなるわけでは無いことは、もうご存じでしょう。赤銅色の満月と天の川と満天の星。満月の夜に天の川が見える！月食の度、あの感動がよみがえります（芝生広場も斜面も人でいっぱいだったことも、今は懐かしい…）。

さて、この度は…。

影が深くなるにつれ、星の数が増えてきます。隣には昴も見えます。数年前よりは時間が早いこともあって、頭上は未だ秋の空。ちょっと地味目ではありますが、それでも、満月と天の川の取り合わせも見ることが出来ました。

月食は、晴れさえすれば比較的に見やすいのですが、発生頻度としては日食より少ない珍しい現象です。次回の日本で見る事ができるのは来年の11月8日、皆既月食です。





中心の星が燃え尽きた後の 惑星が見つかる

大島 誠人

太陽はあと 50 億年くらいたつと赤色巨星へと進化していき、地球を飲み込むほどになってしまう…… と言われます。図鑑などで見て、子供のころに恐ろしくなった人も少なくない事でしょう。

では、中心の星が燃え尽きてしまったあとも惑星が生き延びる可能性はないのでしょうか？ 計算シミュレーションによると、外側を回る大質量の惑星ならば存続することができるのではないかと推測されています。しかしそのような系外惑星は知られていません。そもそも、燃え尽きた後の星は非常に暗いので、候補天体を探すだけでも大変です。もっとも、大質量星が超新星爆発した後に残る天体、中性子星の周囲の惑星系が古くから知られてはいます。しかし、これは吹き飛んだ元の星の一部から爆発後に出来たという説が有力です。元の星が健在だったころからあったわけではなさそうです。

系外惑星を探す方法の一つに重力レンズ法というものがあります。重力レンズ現象とは、恒星の前を別の天体が横切った時、その重力で光路が歪むために地球から見るとあたかも凸レンズで光を集めたかのように恒星が一時的に明るくなるという現象です。レンズに当たる星が系外惑星を持っていた場合、明るさの変化がそれに対応する変化となり、その存在を知ることが出来ます。

2010年8月2日に検出された重力レンズ現象は、惑星を持つ天体によるものだという事は分かっていますが、それ以上の情報は得られていませんでした。タスマニア大学の J. W. ブ

ラックマン氏は、その正体を明らかにすべくケック望遠鏡で観測を行いました。

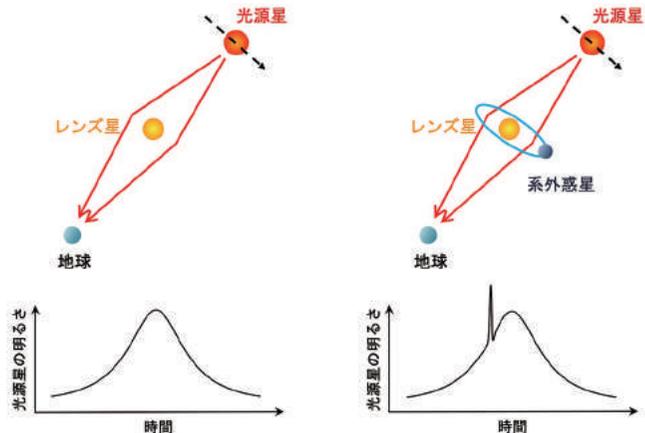
ところが、現象が起きた領域には対応する星が見あらず、原因となった天体は非常に暗い天体のように分かりました。重力レンズ現象の光度曲線から、暗い主系列星や褐色矮星などの可能性は否定され、この星は白色矮星のようだということが分かりました。さらに詳しく調べたところ、この原因天体は白色矮星の質量は太陽の 0.53 倍、回りを回っている惑星は木星の 1.43 倍で 3.4 天文単位離れて公転しているようです。白色矮星は太陽のような中くらいの質量の星の燃え尽きた核ですから、この木星型惑星は中心星の赤色巨星化を生き延びた天体ということになりそうです。

(おおしま ともひと・天文科学研究員)

参考文献:

"A Jovian analogue orbiting a white dwarf star", Nature, 598, 272-275 (2021)

"MOA 2010-BLG-477Lb: CONSTRAINING THE MASS OF A MICROLENSING PLANET FROM MICROLENSING PARALLAX, ORBITAL MOTION, AND DETECTION OF BLENDED LIGHT", Astrophysical Journal, 754, 73 (2012)



重力レンズによる惑星の発見手法を示す模式図 ((C) 東京大学)
<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2019/6605/>

★1日(月) 北館雨漏り修繕で重機が“出現”(写真)。

★3日(水) 自然学校(上郡小学校)の観望会。終了後、印象に残った天体を聞いたら、半数以上の児童がカペラに挙手。

★5日(金) 石田は出前観望会で加古川へ。

★6日(土) 今日も石田は出前観望会。今回は上郡町へ。筆者は講演会のため姫路へ。これは本学副理事長様経由の依頼だったので失敗は許されない。中播磨県民センター長もお越しになっていて、いつになく緊張(?)。

★7日(日) 神戸大学の伊藤真之教授らのグループ、60 cmで小惑星の観測。高橋が対応。

★8日(月) トライやるウィーク(以下:トライやる)開始。今週は播磨高原東中の3人が来台(P.6参照)。今日は9年ぶりの金星食だが晴れ間がない。

★9日(火) 伊藤は東京へ出張(13日まで)。自然学校(相生市立若狭野小・矢野小)の観望会、対応は本田。

★10日(水) たつの市立香島小5年生が見学、高橋が対応。夕方、東の空に見事な二重の虹。

★12日(金) 播磨高原東中のトライやる最終日。研究発表会に神戸新聞と佐用町のケーブルテレビが取材。観望会前、通路の一部が昼間の雨で濡れていたので人工芝を敷く。アルデバランを観望中、ふとNHKの朝ドラの主題歌が「アルデバラン」と思いだして、ネタに使う。

★13日(土) 石田は映画のロケの対応、その後で出前観望会で家島へ(一泊)。天文台では友の会例会。担当の本田が奮闘。

★14日(日) 東北大学の田中雅臣氏による講演会『ついに「見えた」重力波天体』。司会は斎藤。ソウル大学の石黒正晃氏とジーン氏が共同利用

観測で来台(15日まで)。

★15日(月) トライやるで佐用町立上津中の生徒1名来台(P.6参照)。佐用町のケーブルテレビも取材に。途中、本田が南館屋上の風速計のベアリング交換。生徒とカメラマンが「あれは怖いよね。勇気あるね」。

★16日(火) 本田は付属中でプロジェクト学習。

★17日(水) 上津中のトライやる終了。続いて、自然学校(佐用町立南光・三日月小)が観望会参加。

★18日(木) 高山が附属中でプロジェクト学習。観望会当番は戸塚だったが参加者なし。

★19日(金) 警察から上月でクマ目撃の連絡。年内は観望会参加者に注意を促すことに。部分月食観望会(P.7参照)。対応は本田。高橋はなゆたで観測。食の最大でもあまり赤くならなかった。

★20日(土) 舞子高校の観測実習(21日まで)、大島が講義など。

★21日(日) 出勤してきた筆者を見て笑顔の人物が。元研究員の太井義真君(今は舞子高校の教諭)だ!

★22日(月) 伊藤は理学部で講義。石田は宝塚で講演。

★24日(水) 県内のコロナ感染者も連日一桁に。対策が一部緩和。筆者は自然学校(姫路市立城陽小)に講話。

★25日(木) 城陽小の工作教室は石田と本田の指導で簡易分光器作成。

★28日(日) 観望会でオリオン座の全景が見えてきた。流星も飛んで歓声。

★30日(火) 来月肉眼彗星になるという予測もあったレナード彗星。双眼鏡でも見えてきたようだ。





Come on! 西はりま



星の都のキャンドルナイト 2021 天文講演会のお知らせ

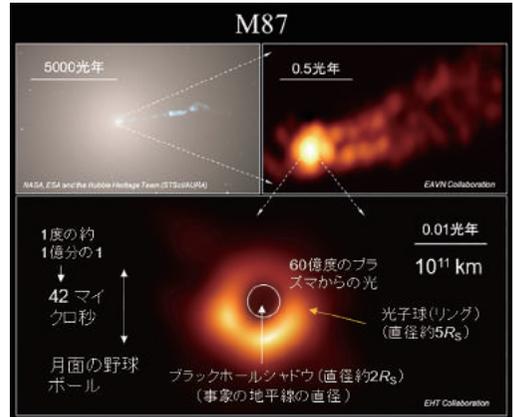
宇宙の姿を知っていますか

～ブラックホールはどこにある？



日 時： 12月25日(土) 16:30～18:00
 講 師： 岡村 定矩 氏 (東京大学)
 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

宇宙はとても広大です。はじめにさまざまな天体を紹介し、スケールモデルやムービーを使って宇宙の姿とその大きさを実感します。次にブラックホールとは何か簡単に説明し、それは宇宙のどんなところにあるかを見てみます。最後に重力波の観測で見つかったブラックホールの謎と、おとめ座銀河団の中心にある楕円銀河 M87 の中心核にあるブラックホールのシャドウ (影) を捉えたイベントホライズンテレスコープの観測を紹介し



2022年のカレンダー出来ました



ご希望の方は天文台までお手紙にてご連絡ください。
 その際、以下のものの同封をお願いいたします。
 返信用宛名カード：9×5cm 程度のもの
 返信用切手：1枚 200円、2枚 220円、3枚 300円
 4～5枚 350円

[お申し込み先]
 〒679-5313 兵庫県佐用郡佐用町西河内407-2
 兵庫県立大学西はりま天文台カレンダー係
 TEL: 0790-82-3886

誠に勝手ながら、1名様5枚までとさせていただきます。



西はりま天文台 インフォメーション



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

1/8

第190回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：1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：なゆたでオリオン大星雲を撮ろう。他

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「Jan」に）

締切：グループ棟宿泊、日帰り 1月 4日（土）

家族棟宿泊 12月 11日（土）

例会参加申込表

会員No. ()	氏名 ()		
宿泊棟	家族棟	ログジ/グループ用	ログジ
	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	()		
グループ別観望会の希望	()		

※ 翌日行事として餅つきを開催していましたが、今回も中止とさせていただきます ※

2/12

友の会観測デー ※友の会会員限定

日時：2月12日（土）19：00受付

内容：60cm望遠鏡やサテライトドームを使って様々な観測体験や天体写真の撮影をします。

費用：宿泊 大人 1000円、小人 500円 ※朝食の申し込みは不可

※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「Feb」に）

締切：2月5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 ()
観望会参加人数 ()	
当日連絡先 ()	

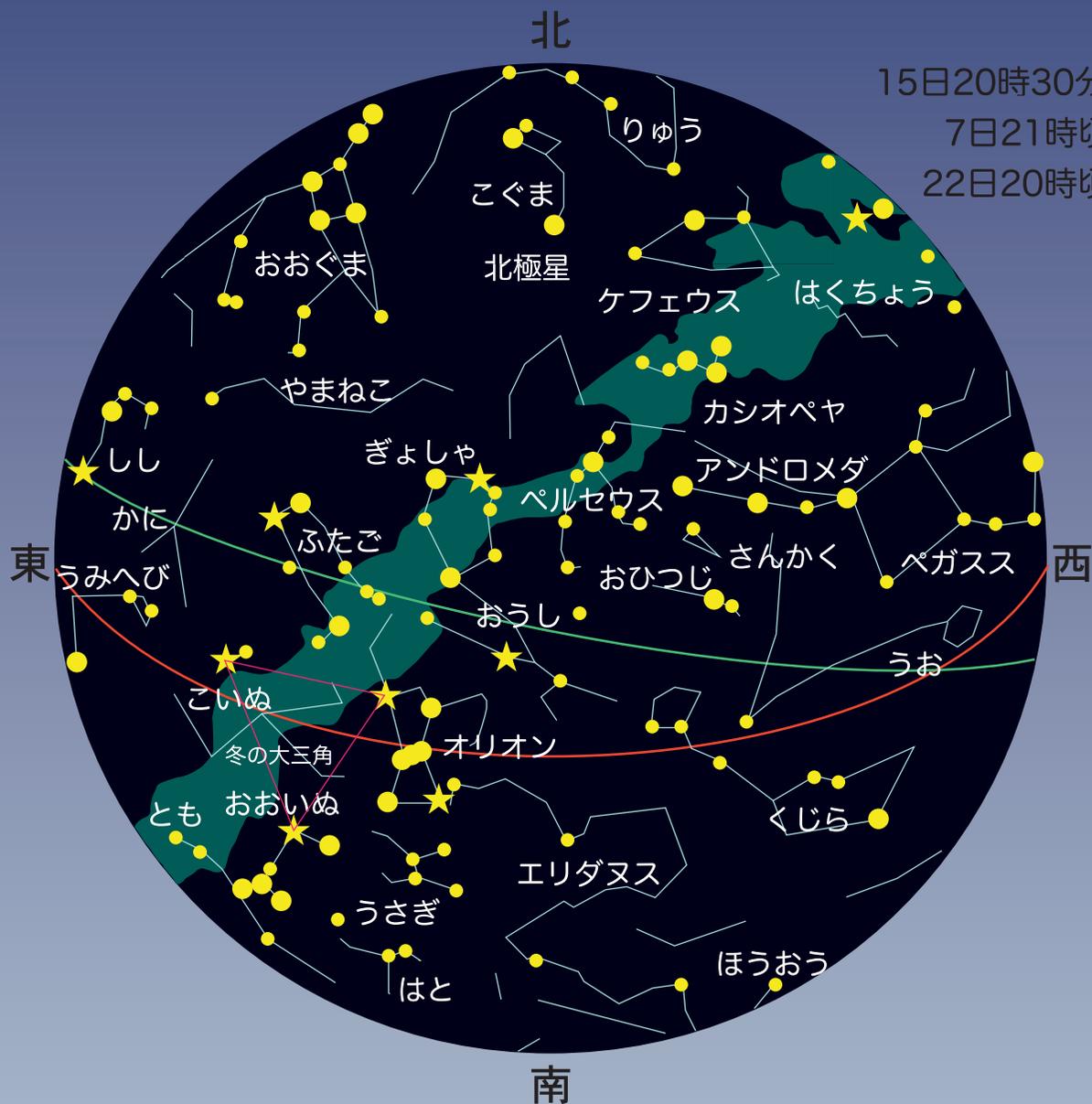
※ 観望会では人数制限があるため、今回から観望会の参加の有無もお伺いいたします ※

宿泊ができない場合もございます。その場合は日帰り観望会となります。

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。

お泊りのキャンセルをされた場合にはシーツ代などのキャンセル料が発生します。

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。



1月のみどころ

しぶんぎ座流星群は4日が極大です。月明りもなく、とても良い条件です。水星が7日に東方最大離隔となり、11日頃まで日の入り後すぐの時間の観察がしやすくなります。とは言うっても高度はせいぜい10度ほど。西の空の開けたところでチャレンジしましょう。18日の満月は地球から最も遠いミニマムムーンです。土星がそろそろお別れです。来年こそは落ち着いた年になりますように。それではみなさま、よいお年を。

今月号の表紙

「ほぼ皆既月食」

撮影：竹内 裕美 (宇宙NOW編集部)

撮影日：2021年11月19日

撮影場所：西はりま天文台

機材：CanonEOS Kiss X4

Canon EF 望遠ズーム 100-400mm

f/4.5-5.6L IS II USM

天文現象にはけっこう振られた2021年でしたが、終わり良ければ総て良し。最高の部分月食でした。ターコイズフリンジを狙っているいる撮っていたらほぼ全滅でした。