

Monthly News on Astronomy from Nishi-Harima Astronomical Observatory

宇宙 **NOW** No.321 **12** 2016



パーセク：	“ひとみ”覚えていますか	加藤 則行
おもしろ天文学：	偏光分光観測は系外惑星に使えるか？	高橋 隼
from 西はりま：	[投稿] 都会の星空 ～クリスマスイブの夜～ ジュニア研究者になった日々	田村 竜一 鳴沢 真也
AstroFocus：	ますます謎が深まるボヤジアン之星	鳴沢 真也

“ひとみ”覚えていますか

加藤 則行

Essay PARSEC

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

この秋、宇宙航空研究開発機構（JAXA）より感謝状が届いた（図1）。「ひとみ」衛星の姿勢トラブルのおり、その姿勢を把握するための観測に協力したことへのお礼だった。「ひとみ」は、次世代X線天文衛星として今年の2月に打ち上げられたが、試験観測の段階で前述のトラブルに見舞われ、4月下旬に運用を停止してしまった。

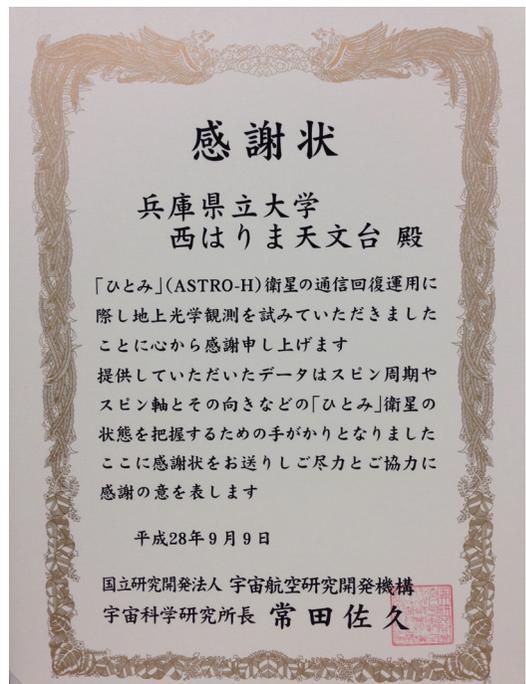
筆者は可視光の分野の人間なので、「ひとみ」に直接の縁は無い。しかしながら、大学生時代の知人二人が「ひとみ」とかわりを持っていたので、割と気には留めていた。一人は、「ひとみ」を打ち上げたHII-Aロケット30号機の打ち上げ管制をソフトウェア面から支えるチームに所属していた。もう一人は、「ひとみ」に搭載されたガンマ線カメラの開発に携わっていた。この夏、カメラの開発に携わった知人と話す機会があった。トラブルの結果、ガンマ線カメラが活躍することは無くなってしまった。「まあ、しょうがないよ」と知人は言いつつ、トラブルの舞台裏を明るく話してくれたが、筆者には悔しさがにじんで聞こえた。

「ひとみ」に限らず、大きなサイエンスプロジェクトの一員になり、学位論文を執筆する学生やキャリアを積む若手研究者は多い。しかしながら、プロジェクトが中断したり、衛星や観測機器が故障した途端、彼らはキャリアパスの見直しを迫られてしまう。ハイリターンを得る代わりにハイリスクを背負う構図なのである。

この構図は、建設が一時中断している次世代超大型望遠鏡TMTや、金星の周回軌道への投入を一時失敗した探査機「あかつき」などに当てはまる。

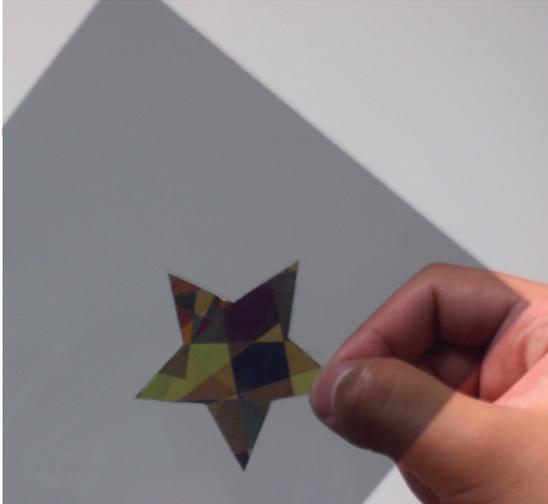
現在「ひとみ」の代替機の検討が行われているが、予算規模は半分以下まで圧縮され、人員や搭載される観測装置の数は削減される見通しである。代替機に搭載予定の観測装置の中にガンマ線カメラは入っていない。代替機は「ひとみ」より性能が制限される一方、より多くの思いを背負うことになる。筆者は、代替機が活躍する日が来ることを願ってやまない。

（かとう のりゆき・天文科学専門員）



JAXA から届いた感謝状。「ひとみ衛星」の観測に協力した天文台や科学館などに贈られた。

偏光分光観測は系外惑星に使えるか？



星型の偏光万華鏡。星を偏光観測するといふことがある？

高橋 隼

太陽などの恒星は、ほとんど偏光していません。例えば、光が固体や液体の表面で反射したり、気体分子で散乱したりするときに、光は偏光します。ですので、惑星の反射光は偏光しています。偏光度やその散乱角（反射・散乱による進行方向の変化角度）や波長への依存性は、反射・散乱する物体の性質（組成や粒子サイズなど）によって違います。したがって、惑星反射光を偏光観測することにより、惑星の表面や大気について調べることができるのです。

偏光を使って、系外惑星の大気組成を調べられるようになるかもしれません。

太陽系の惑星や地球照の偏光観測をもとに、系外惑星の偏光観測で面白いことが分かる可能性が指摘されています。しかし、それらはまだ原理的な話の段階で、「近い将来に実現できそうな望遠鏡や観測装置を使って、有効な観測ができるのか？」は、検討されていませんでした。私たちが検討してみたので、結果を紹介します。

1. 偏光とは

偏光とは何かについては、これまでも何度か書きましたが（本誌 278 号、288 号）、簡単に述べておきます。光は電磁波という波です（図 1）。光源に向かって光を眺めたとき、縦・横・斜め、どの振動方向の光も偏りなく同じ強さである場合、その光は「偏光していない」と言います。一方、振動方向により光の強さに偏りがある場合、その光は「偏光している」と言います。

2. 偏光分光観測への期待

さて、地球に似た系外惑星を見つけるための準備として、月面地球照の観測が行われてきました（詳しくは 258 号、278 号）。図 2 は地球照の偏光分光観測の結果です。偏光分光観測とは、波長ごとに偏光度を測ること、つまり「偏光度スペクトル」を得るための観測です。地球照の偏光度スペクトルを見ると、ところどころ「とげ」のように偏光度が高いところがあります。その波長は水蒸気や酸素分子の吸収波長で

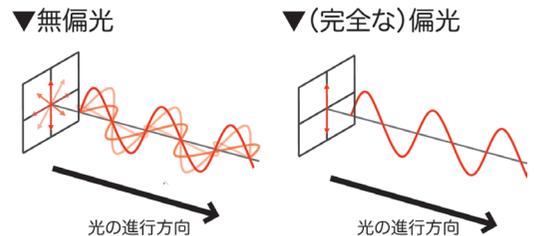


図 1：偏光の概念図。wikipedia から引用、改変。

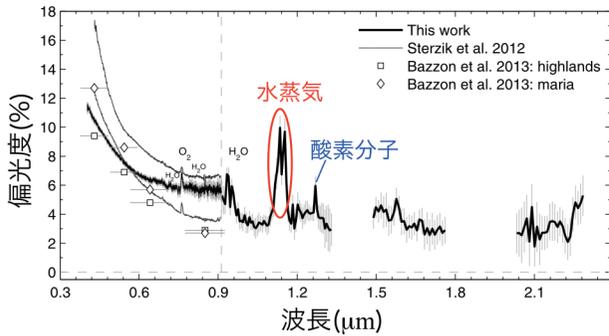


図2：地球照の偏光度スペクトル (Miles-Paez et al., 2014, A&A)。これは月に映る地球照の測定値であり、実際の地球の偏光度は地球照の3倍程度であると予想される。

あり、地球の大気中にこれらの分子が存在することを示しています。つまり、他の惑星に対して偏光分光観測を行うことで、大気の組成を調べることができます。

でも「普通の」強度分光観測で得られる強度スペクトルにも大気分子の吸収帯は現れます。偏光分光観測という少しややこしい観測に注目するのはなぜでしょうか。ここでは技術的なことに絞って、2つの利点を紹介します。

1つ目は、偏光分光観測は地球大気と共通する組成の検出に強いと予想されるという点です。強度分光観測で、水蒸気や酸素など、地球大気と共通する組成を他の惑星から検出しようとするとき、大きな問題があります。それは、地球の地面から観測を行うと、天体の強度スペクトルに地球大気の吸収帯が混ざってしまうことです(図3)。観測された強度スペクトルに水蒸気や酸素の吸収帯があったとしても、それが天体起源なのか、地球大気起源なのかを識別することは至難の技です。いくつかの解決法が考えられますが、私は偏光分光観測もひとつの方法になると考えています。というのも、地球大気の透過率は光の振動方向にはよってほとんど変わらないため、天体の偏光度は地球大気による変化をほとんど受けないはずだからです。

2つ目の利点は、偏光観測は系外惑星の直接

検出と相性がよいことです。系外惑星の直接検出は、「灯台にとまった蛍を見る」ことに例えられるように、とても難しいことです。つまり、系外惑星のすぐ近くにある恒星(地球に対しての太陽)が系外惑星よりも圧倒的に明るいため、恒星の散乱光に惑星の光が埋もれてしまうのです。系外惑星を直接検出するためには、様々な方法を駆使して、恒星の光を弱める必要があります。その方法のひとつに「偏光差分法」があります(図4)。これは、1で述べたように、恒星は偏光しておらず、惑星は偏光していることを利用した方法です。恒星と惑星の光を、2つの振動方向に分離して撮影します。得られた2つの画像を比べると、恒星は偏光していないために、どちらの画像でも同じ明るさで写っているはずですが、一方、惑星は偏光しているため、2つの画像で明るさが違うはずですが、つまり、2つの画像の引き算をすると、恒星は消え、惑星は残る！ こととなります。光を2つの振動方向に分けて撮影することで、偏光度を測定することもできます。同じ技術が、惑星の「直接検出」と「偏光度の測定」の両方の役割を兼ねることができるのです。

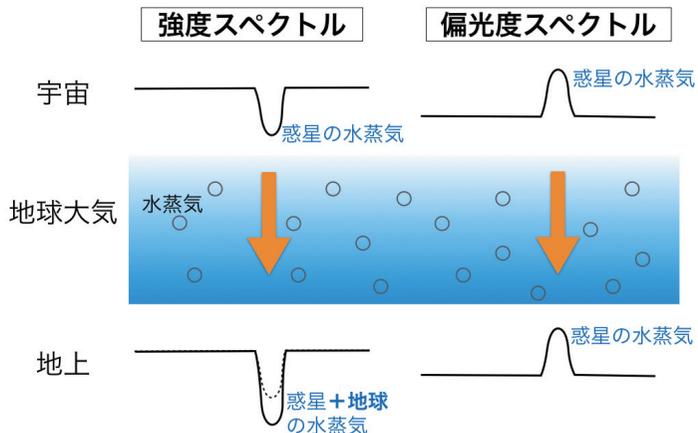


図3：強度スペクトルと偏光度スペクトル。強度スペクトルは地球大気を透過すると変化するが、偏光度スペクトルはほとんど変化しない。

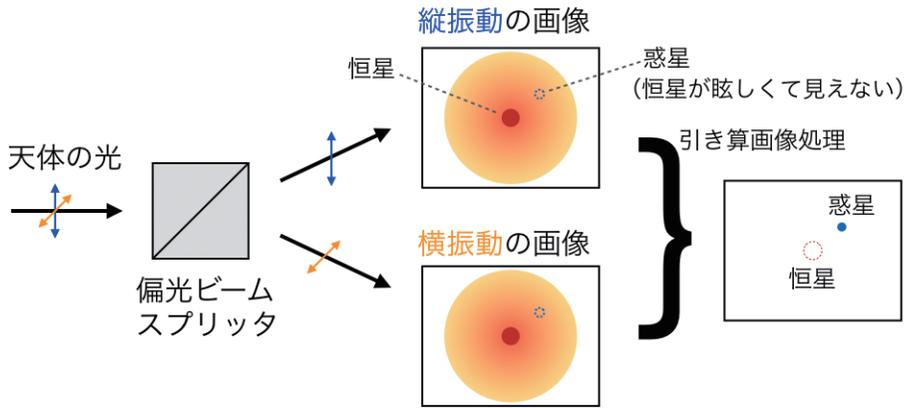


図4：偏光差分法概念図。

3. 偏光分光観測で系外惑星の水蒸気を見つけることはできるか？

以上のような期待が持たれている偏光分光観測ですが、近い将来に系外惑星に対して実際に観測を行うことができるのでしょうか？ 私たちは、図2でひととき強い偏光度を示す波長 $1.12 \mu\text{m}$ の水蒸気による偏光度増大を検出できるかを見積もることにしました。2020年代に稼働が始まる30-40m級の超大型地上望遠鏡を利用することを前提にします。ただ、系外惑星向け偏光分光装置の搭載はまだ決まっていません。そこで、現在、研究開発が進められているEPICS-IFSという系外惑星分光装置と同等の検出性能を持つ偏光分光装置が実現すると想定しました。既知の2000個あまりの系外惑星に対して観測誤差を見積もり、水蒸気による10%の偏光度上昇を検出できるかを調べました。

総露出時間が15時間（3晩）の設定で、5-14個の惑星で水蒸気による偏光度上昇を検出できるという計算結果が出ました（図5）。最も軽いもので、海王星の半分程度の質量の惑星まで検出できそうです。

正直なところ、それほど多い数ではありませんね。簡単な観測ではなさそうです。とはいえ、偏光分光観測による系外惑星の水蒸気探査は、

計算上、実現可能であると分かりました。系外惑星の偏光分光観測が本当に実現できるように、装置開発も視野に入れて、今後も研究を進めていきたいと考えています。

（たかはし じゅん・天文科学研究員）

本稿は、以下の論文に基づいています。
J. Takahashi, T. Matsuo and Y. Itoh, "Feasibility of spectro-polarimetric characterization of exoplanetary atmospheres with direct observing instruments", Astronomy & Astrophysics, 2016 accepted

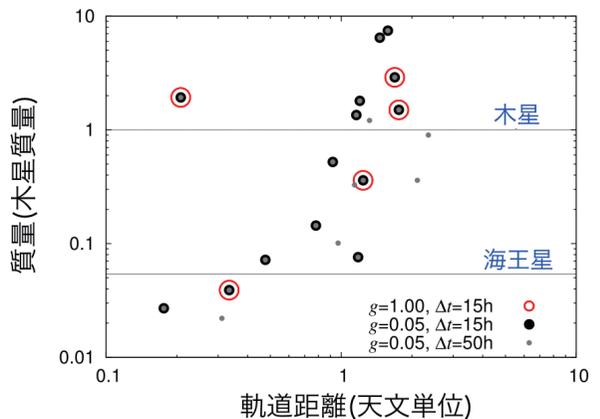


図5：水蒸気検出が可能と見積もられた惑星の軌道距離（中心の恒星からの距離）と惑星の質量。gは偏光差分法の効率を表すパラメータで小さいほど良い。Δtは総露出時間。

都会の星空 ～クリスマスイブの夜～

田村 竜一



光害の認識が浸透してきて上方漏れ光についての対策が行われるようになってきていますが、いまだ無頓着なセンスのない光が都市部に平然と存在するのも事実です。そのひとつがサーチライトによる演出の為の上方照射です。

遠くにある物体の照明、あるいは信号灯として用いられるのがサーチライト本来の使用方法です。ところが、まるで無邪気な子供の悪戯のように適正な目的から外れた使用を続けているサーチライトが存在します。間違いや危険な使い方を黙認せず、モノを知らない子供には知っている大人が指導するような態度も必要ではないでしょうか。

強力なサーチライトは星空が綺麗な国立・国定公園内ではNGですが、もともと星空が見えにくい都市部ならOK という安易な判断で設置されてます。そこにはサーチライトの強力な上空照射に対する認識がなく、都合よく解釈されています。人口が密集する都市部のほうが、人間の生活に対する悪影響や航空機の運航や船舶の航行に対する危険性が懸念されるのです。航空機や船舶では特に悪天候時に危険です。目立てば良いという考えで広告のようにサーチライトを乱用するのはいかがなものでしょう。サー

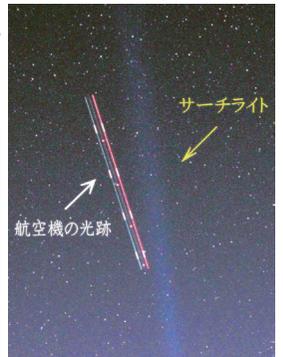
チライトを使用する団体や企業の資質が問われます。

サーチライト本来の使用目的は夜間災害救助等の作業です。サーチライトの過度な演出は、本末転倒の身勝手な使用方法なのです。ライトアップの演出等として使用するサーチライトは不要です。サーチライトを使用せずともライトアップは可能です。サーチライトに頼らずとも綺麗な夜景は演出できるはずなのです。

(たむら りゅういち・No.2880)

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
20xx年12月25日のトップニュース・・・

クリスマスのプレゼントを積んだ
フィンランドの航空機が行方不明!?



★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

たくさん星が輝く宇宙の大海原を照らす光・・・
灯台の光が船を導くように・・・
サーチライトが都市部の夜空を照らす・・・
ベツレヘムの星が現れたときのように・・・
夜景と星空が共演できる夜空になりますように。
クリスマスイブ、都会の星空を眺めながら、ふと妄想にふける。

ジュニア研究者になった日々 ～後期トライやる・ウィーク～

鳴沢 真也



1998年から兵庫県が実施している中学生の職業体験、トライやる・ウィーク活動。その第1回目から当天文台は生徒の受け入れに協力しています。前期は佐用郡内の中学が対象でしたが、今年は残念なことに希望者がいませんでした。11月7日から5日間活動してもらった後期は、兵庫県立大学附属中学2年生の藤木俊介君が体験しました。

今回の主な「職務」は天体撮影です。これは当天文台でのトライやるとしては初の試みです。デジカメを望遠鏡にコリメートさせて月や火星などの撮影に挑戦、使う望遠鏡（60cmと7cm）での違い、昼と夜との違いなどを調べることにチャレンジします。

最終日は研究発表会です。苦心してまとめた内容をパワーポイントを使って発表します。パワーポイントによるスライド作成とその発表もトライやるとしては、初めてです。緊張しながらもきちんとできた藤木君に発表後、伊藤センター長から「ジュニア研究員認定書」が授与されました。トライやるをがんばった生徒への認定書授与も今回からスタートしたものです。

当然ながら夜もある当天文台での「勤務」、それも一人でがんばった藤木君は、これからも科学する目と宇宙を愛する心を持ってくれることでしょう。

(なるさわ しんや・天文科学専門員)



60cm を使っての天体撮影にチャレンジ



なゆた望遠鏡の操作も体験しました



緊張しながらの研究発表会

注目の話題を解説！

Astro FOCUS

ますます謎が深まるボヤジアン の星

鳴沢 真也

ちょうど1年前の宇宙NOW 2015年12月号で紹介したKIC 8462852を覚えてますか？精密に星の明るさを測定できるNASAのケプラー宇宙望遠鏡による観測で謎が指摘されたはくちょう座の恒星です。なんの変哲もない普通の恒星なのですが、明るさが不規則に突然暗くなるのです。激しい場合は、通常の2割も減光します。突然に暗くなるので、何かがこの星の手前を通過しているようなのです。その正体は惑星でしょうか？減光は周期的ではないので惑星では説明できません。それでは、個体の微粒子でできた雲が時々横ぎるのでしょうか？いえいえ、それもダメなのです。そのような微粒子からは赤外線や短い波長の電波が放射されるはずなのですが、それらも強いものは受からないのです。

この謎について最初に紹介した論文の筆頭著者、タベサ・ボヤジアンさんにちなんで、その後この星は「ボヤジアン星」と呼ばれるようになりました（彼女の愛称から「トビー星」とも言われます）。すでに10以上も論文が出ているのですが、未だにこのミステリーは解明

されていません。あまりにも不思議な明るさの変化、これはひょっとして高度な文明による巨大な建造物ではないだろうか？という説も真剣に検討されています。さっそくSETI（地球外知的生命探査）関係者は観測、あるいはデータの再確認に乗り出しました。本誌11年2月号のパーセクを書いてくれたSETI研究所のジェラルド・ハーブさんらは、同研究所の電波望遠鏡で観測しました。パナマの天文台やアリゾナ州の施設ではこの星から人工的なレーザ光線が放射されていないか調査しました。現在までのところ信号は受かっていません。

そうこうしているうちにこの星にまた別の謎が浮上してきました。この星の4年間にわたる明るさが詳しく調べられたのですが、（突然減光とは別に）わずかに変光し続けていたのです。顕著な場合は2%程度になるこの光度変化も、規則正しいものではありません。そして、この現象もまた科学的な説明が見つからないのです。ボヤジアン星、21世紀の恒星研究者らを大いに悩ませそうです。

（なるさわ しんや・天文科学専門員）



図1：「ボヤジアン星」からの人工的な電波の検出を試みたSETI研究所のATA電波望遠鏡（セス・ショスタックさん提供）



図2：同じくレーザ光線の検出を試みたパナマのボケテ光学SETI天文台（ダグラス・バコッチさん提供）

★4日(金) VTOS から NIC への装置交換を圓谷講師、高橋研究員、田中事務員で行った。森鼻はひょうご講座での講演のため神戸へ。

★5日(土) 圓谷講師、たつの市新宮図書館で出前観望会を行いました。

★7日(月) LISS への装置交換を森鼻、斎藤研究員、学生の矢口さんで行う。今日からトライやるウィークで兵庫県立大学附属中学の藤木くんがやってきました。鳴沢専門員の指導の元、5日間職業体験を行います。

★9日(水) 岡山大学の学生の櫻井さんが来台。昨年 NIC で取得したデータの解析結果をゼミで紹介してくれました。

★10日(木) 大阪産業大学の実習対応を大島研究員が行った。天文講義、なゆた望遠鏡の見学案内、観測見学などを行いました。

★11日(金) トライやるウィーク最終日で藤木くんの研究発表会が行われました。5日間、お疲れ様でした。

★12日(土) 伊藤センター長が兵庫県立大学理学部で高校生のための科学講座。石田副センター長がいえしま自然体験センターでの出前観望会。

★15日(火) 石田 副センター長と本田助教が、兵庫県立大学附属中学でのプロジェクト学習での出前観望会へ。今年最後の自然学校として、相生市立双葉小学校が来台。

★17日(木) 来月来るなゆた望遠鏡への持ち込み装置の錘の取り付けテストを高橋研究員、田中事務員が行いました。圓谷講師が、佐用高年大学で講義。

★19日(金) はりま宇宙講座が西はりま天文台で行われ、昼間の星と太陽の観察会、望遠鏡

を使ってみようなどの講座が行われました。石田副センター長と加藤専門員が対応。なゆた望遠鏡の反射率測定テストを高橋研究員、高山研究員が行いました。

★21日(月) 龍野高校の実習。天文講義はブラックホール。ブラックホールはみんな興味を持って聞いてくれるようでした。西はりま天文台も参加している大学間連携の研究会に、伊藤センター長、高橋研究員、学生の杉江さんが出席。22日まで。

★22日(火) 龍野高校自然科学部の実習。高山研究員が対応。本田助教は、兵庫県立大学附属中学でのプロジェクト学習で出前授業へ。森鼻は、赤穂高校での出前授業へ。

★24日(木) 静岡大学の能見先生が、斎藤研究員との打ち合わせのため、来台。本田助教が、京都大学へ出張。伊藤センター長が、三鷹で行われるDTA研究会へ。

★25日(金) 久しぶりの暗夜での晴天。なゆた望遠鏡では、東大木下さんの共

同研究観測、60cm 望遠鏡では、大島研究員が対応して、舞子高校の観測が行われました。伊藤センター長が、SPring8 で行われたビーム物理研究会で講演。

★27日(日) バール研究員が武庫川女子大学の実習を対応。

★29日(火) 共同利用・共同研究拠点事業の一つとして、東大 AO 装置の試験観測のため、装置の取り付けが行われました。高橋研究員、本田助教、田中事務員が対応。

★30日(水) 今日はエンクロージャー内のエアコンをはじめ色々トラブル。明日から12月。あっという間に一年が終わってしまいます。





Come on! 西はりま



2017年版 オリジナルカレンダーを配布します

2017年版の「西はりま天文台オリジナルカレンダー」を配布しています。ご希望の方は直接ご来台の際にお持ち帰りください。また郵送も承ります。郵送をご希望の方は下記の二つをご用意のうえ、天文台カレンダー係までお申し付けください。

【ご用意いただくもの】

・送付宛先を書いたラベル（9cm×5cm程度）

・切手（送料）

1枚：120円

2枚：140円

3枚：205円

以降6枚まで：250円

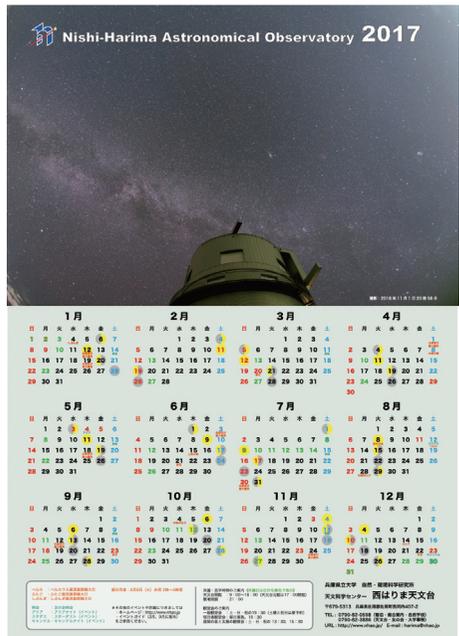
※お申し込みは1名様6枚までとさせていただきます。

【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



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（圓谷）



西はりま天文台 インフォメーション



12/28
-1/4

施設休園

施設休園期間中は敷地内施設への入場はできません。
夜間の立ち入りにつきましても、進入路入り口やゲートが閉鎖されている場合、そこから先は進入禁止となります。あらかじめご了承ください。

1/14

第160回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：1月14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

A：なゆた望遠鏡で月（クレーター）を撮ろう

B：サテライトで月（全体）を撮ろう

C：60cmで二重星を観よう

費用：宿泊 大人 500円、小人 300円

※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。

朝食 500円（希望者）

※1月から3月までグループ棟が改修のため使用が

できません。そのため家族棟を友の会のみで使用し

ます。宿泊の方は先着30名まで

（男女別の部屋割り、家族単位のお申し込み

でも相部屋となります）

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：日帰り 1月7日（土）

家族棟宿泊 定員に達するまで（お急ぎください）

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	宿泊プラン
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。

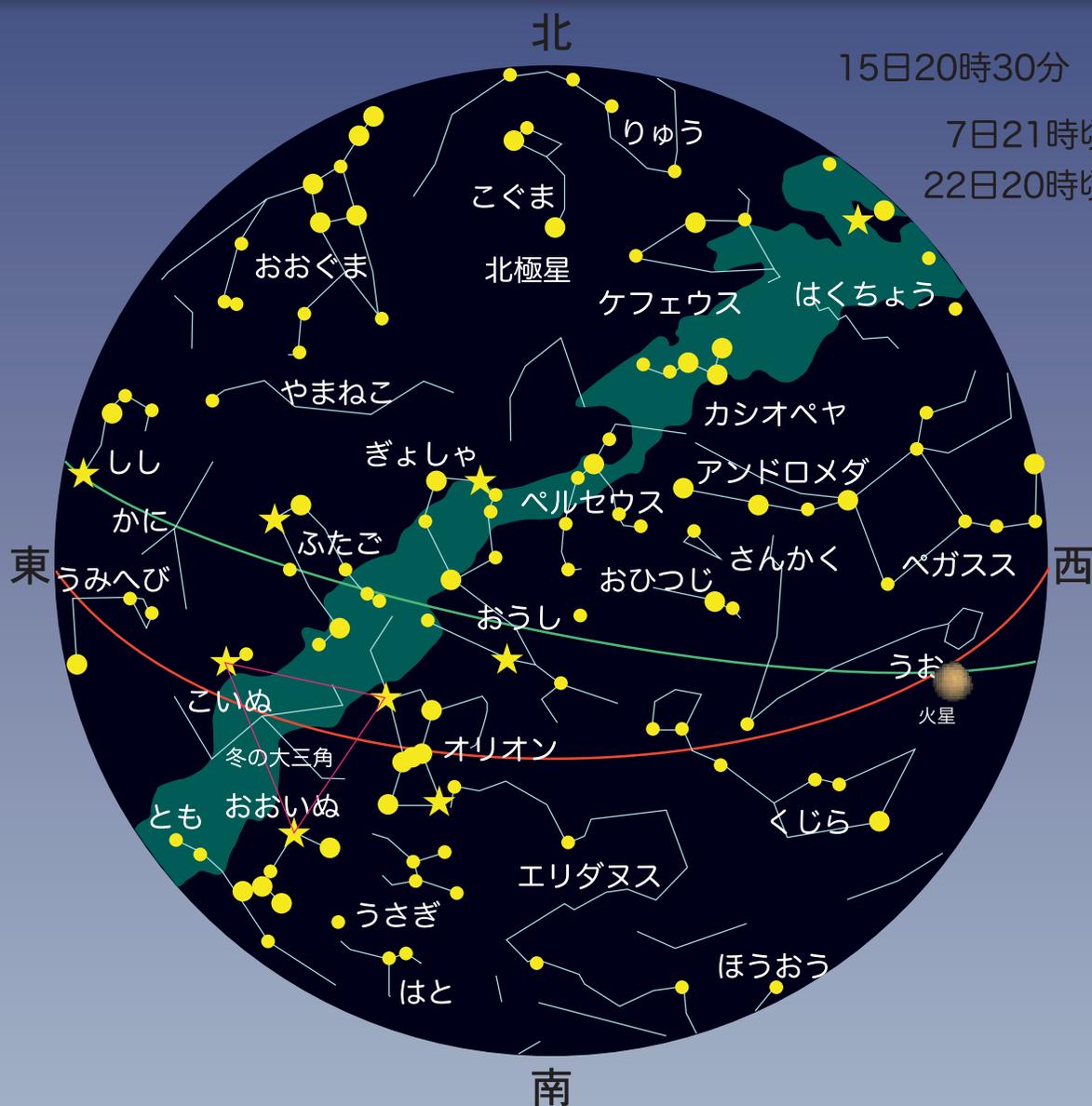
お食事のお申し込みについては、3日前までは無料、2日前 20%、前日 50%、当日 100%のキャンセル料が発生します。

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

☆ 『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** になります。ぜひご利用ください。



1月のみどころ

年明けてすぐに、しぶんぎ座流星群がやってきます。極大は1月3日の23時頃。ただし放射点がある「りゅう座（しぶんぎ座は現在では使われていない）」が昇ってくるのが明け方であるため、よく見えるのは4日の未明になります。月も無く好条件ですので、仕事始めの日には早起きして空を眺めてみてはいかがでしょうか。くれぐれも防寒対策は万全に。

今月号の表紙

「晩秋の夕暮れ」

トライやる・ウィーク活動（7ページ参照）の様子を見に来られた兵庫県立大学附属中学校の中間順哉教諭が撮影。中間先生自身も高校時代は天文部員だったそうです。

撮影：11月7日