

Monthly News on Astronomy from Nishi-Harima Astronomical Observatory

宇宙 **NOW** No.308 **11** 2015



パーセク :	ノーベル賞	伊藤 洋一
おもしろ天文学 :	振動で探る恒星の進化	石田 俊人
from 西はりま :	おかげさまで 200 回 天文講演会	鳴沢 真也
	中秋の名月特別観望会	鳴沢 真也
AstroFocus :	ロゼッタが彗星からの放出ガスに酸素分子を発見	圓谷 文明

ノーベル賞

伊藤 洋一

Essay **PARSEC**

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

東京大学宇宙線研究所の梶田さんがノーベル物理学賞を受賞しました。同じく宇宙を研究対象とする日本人として、大変うれしく思います。

私が宇宙線に初めて触れたのは、大学2年生の時でした。佐藤文隆さんや戸塚洋二さんが宇宙線研究所で行ったオムニバス形式の授業を受けたのです。その頃、戸塚さんは既に有名な研究者でした。素粒子分野には戸塚洋二、折戸周治という超秀才^{かも}がいて、「下手に近づくとやけどをするぞ」という雰囲気^{かも}を醸し出していました。禁断の果実のような魅力を発する素粒子分野に、能力に自信のある若者が次々に挑戦していききました。

次に、私が宇宙線に触れた機会は20世紀の終わりごろでした。「ニュートリノに質量があるらしい」といううわさを聞きつけ、天文学会に関連する研究会で、普段は近寄りがたい雰囲気を持つ素粒子分野の会場に行きました。超満員の聴衆の中で行われた発表は衝撃的でした。「ニュートリノに質量がある確率は99.99%である」というようなことを言っていたのです。スクリーンに映し出された図を見れば、ニュートリノに質量があることは明らかなように私には思えました。私は、ニュートリノに質量があることよりも、そのストイックな研究スタイルに衝撃を受けたのです。

残念ながら戸塚さんも折戸さんも大学在職中に亡くられました。2002年に小柴さんが

ノーベル賞を受賞した時には「折戸さんにもあげてほしかった」と思いましたし、「次は戸塚さんの番だ」とも考えていました。テレビのインタビューなどで梶田さんが「戸塚先生のおかげ」ということを何度も口にしており、それがせめてもの救いのように感じられます。

素粒子分野が今後も「日本のお家芸^ひ」であり続けるためには、多くの優秀な若者を惹き続けなければなりません。素粒子分野に負けないよう、天文学も多くの若者が志すような魅力的な学問分野でありたいと思います。

(いとう よういち・センター長)



宇宙線を検出する「光電子増倍管」。兵庫県との県境に近い岡山県備前市三石にあった大阪市立大学の観測所で使われていたものです。西はりま天文台の北館2階に展示されています。

ちょっと「コア」な天文学を楽しく！

おもしろ天文学

振動で探る恒星の進化

石田 俊人

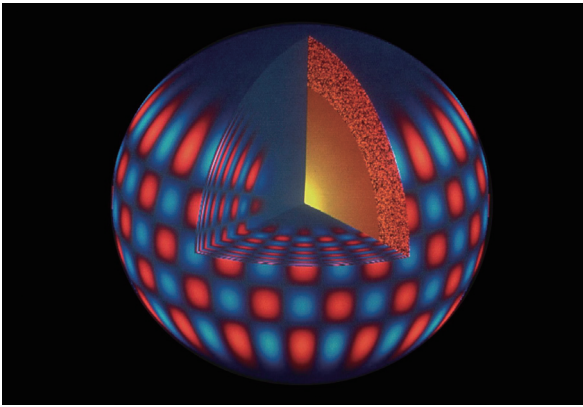


図1：太陽の振動の様子のイメージ図。画像提供 GONG/NSO/AURA/NSF

スイカを叩く

みなさんは、スイカを売っているところで、売っている人や買おうとする人が、軽く叩いて美味しそうかどうか調べているのを見たことはありませんか。この頃は切り分けて売っているものもあって見かけなくなっているかもしれませんが。これは叩いて振動させて中身を判断しているわけです。このように振動させて中身を調べるということは、他にもいくつかあります。夜空で光る星座の中の星たち（恒星）は、外側の表面からの光しか捉えることができないのですが、中がどのようなになっているのかは振動を利用してけっこう以前から調べられています。

恒星の場合には、私たちが外から振動させることはできませんので、恒星が自分で勝手に振動しているのを利用します。恒星の場合には縮んでいるところは温度が上がって明るくなります。逆に、膨らんでいるところは温度が下がって暗くなります。恒星の大きさそのものが変化するような振動（動径振動）は、明るさが大きく変化しますので、かなり以前から知られています。たとえば、宇宙の中で距離を知るときに使われる天体の一つであるセファイド型変光星も、こういった天体の一つです。こういった天体では、振動していることから、その天体のことがいろいろとわかります。セファイド型変光

星の場合には、いろいろとわかるうちの一つに光源としての本当の明るさがあります。これからセファイド型変光星までの距離がわかるというわけです。

恒星の振動としては、セファイドのように大きさそのものが変化するようなもの以外に、形が球からズレるような振動（非動径振動）を起こすものもあります。形が変わるような場合には、縮んで明るくなっているところもあれば、膨らんで暗くなっているところもありますので、明るさの変化はそれほど大きくはありません。また、変化にかかる時間もかなり短いものになります。そのような天体として最も近くにあるのは私たちの太陽です。そして、太陽のような振動は、他の多くの恒星でも起こっているだろうと考えられていました。それでも明るさの変化が非常に小さいことなどのために、以前は太陽以外の例はあまりありませんでした。しかし、ここしばらくの間に、地球大気の外から衛星を使った観測によって、非常に多くの天体で太陽と似た振動が見つかり、恒星の中身についての知識が広がってきています。今回は、このような恒星の振動に関する事柄をご紹介します。

太陽も揺れている

太陽表面が上下する速度を測ると、その中に周期が5分ほどの変動があることは、1960年代始めには知られていました。その後、太陽の

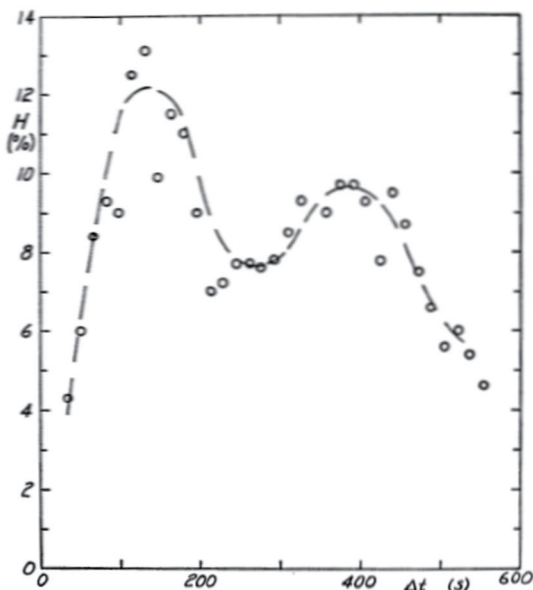


図2：太陽の5分振動に関する初期の報告。Leighton, Noyes, Simon, *Astrophys. J.* 135, 474, 1962より

振動であること、内部の対流が乱れた状態（乱流）になっていて、そのために起こっているらしいこと、などがわかっています。また、周期が5分の変動といっても、実は多数の変動の仕方の重ね合わせで、一つの振動ではないことがわかっています。

さて、そのたくさん重なっている太陽の変動の仕方には主に2種類あります。その2つは、縮んだときに元に戻そうとする力として、どのような力が働くかが違ってきます。一つは戻そうとする力が圧力の場合（pモード）です。これは音の波と考えていただいて良いでしょう。音の波の速さは、その場所の密度（詰まり具合）によって変わります。もう一つは、戻そうとする力が浮力の場合（gモード）です。これは重力が表面からの深さでどう変わるかで違います。このようにいくつかの種類の波が、恒星の中身によって、それぞれに変わりますので、どのような波が起こっているのかを詳しく調べれば、恒星内部の性質についてさまざまなことがわかった

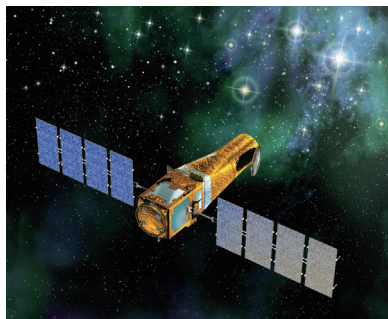


図3：CoRoT衛星のイメージ図。画像提供 CNES/ESA

というわけです。

太陽はすぐ近くにあって、やってくる光も豊富で詳しく調べることができるために、さまざまな研究が行われており、その中身についていろいろと推定することができています。そして、内部の乱流によって起こっているらしいことから、太陽以外の恒星でも同様の変動が起こっていることが期待されました。

2つの衛星からの観測

太陽以外の恒星での太陽と似た振動は、地上からの観測ではあまり多くの例を見つけることができないでいました。原因のひとつは、この振動による明るさの変化が非常に小さいことです。また地上からでは昼間に観測ができないことなどのために観測時間が途切れてしまい、この途切れがニセの周期として混じってしまい、ほんとうの周期を見つけることが難しいことも原因でした。このため衛星の望遠鏡で、途切れることなく長期にわたって、高精度で明るさを測定して振動を探すことが計画されました。

CNES（フランス国立宇宙研究センター）が

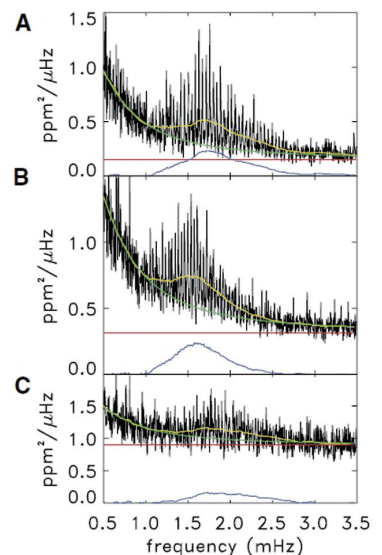


図4：CoRoT衛星による太陽類似の振動。横軸は周波数。縦軸はその周期の振動の強さ。Michel et al. *Science* 322, 558 2008より。

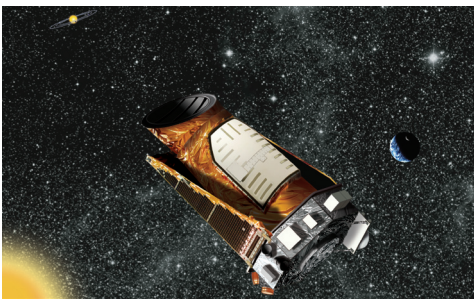


図5：ケプラー衛星のイメージ図。画像提供 NASA

ESA（ヨーロッパ宇宙機構）などと協力して打ち上げた CoRoT（ कोरो ）衛星は、太陽系外惑星探査と合わせて、太陽と似た振動を発見して、そこから恒星の性質を探ることを目的に打ち上げられました。そして、2008 年に太陽よりも少し表面の温度が高い主系列星で、続いて 2009 年に赤色巨星で、太陽と似た振動を発見したことが報告されたのです（Michel et al. 2008, Science, 322 558, De Ridder et al. 2009 Nature, 459 398）。さらに太陽系外惑星探査を目的としている Kepler 衛星（惑星探査については、宇宙 Now2014 年 1 2 月号の本欄参照）でも、非常に多数の恒星で、太陽類似の振動が発見されました。振動から恒星の内部を考えるためのデータが一気に増え、さまざまな検討がなされています。

振動と恒星の進化

恒星は中心部で水素からヘリウムへの核融合などを起こして輝いています。そして核融合の『燃料』がなくなること、恒星がその構造を大きく変化させることは『星の進化』と呼ばれています。進化が進むことで、恒星全体が大きくなったりするわけです。そして、それに伴って、恒星の密度や表面での重力なども変化していきます。先に書きましたようにここで取り上げているような振動は、内部の密度や重力に関わって決まるようなものですので、星の進化に伴って、振動の周期なども変わっていきます。振動の性質を表すようなもののグラフを作る

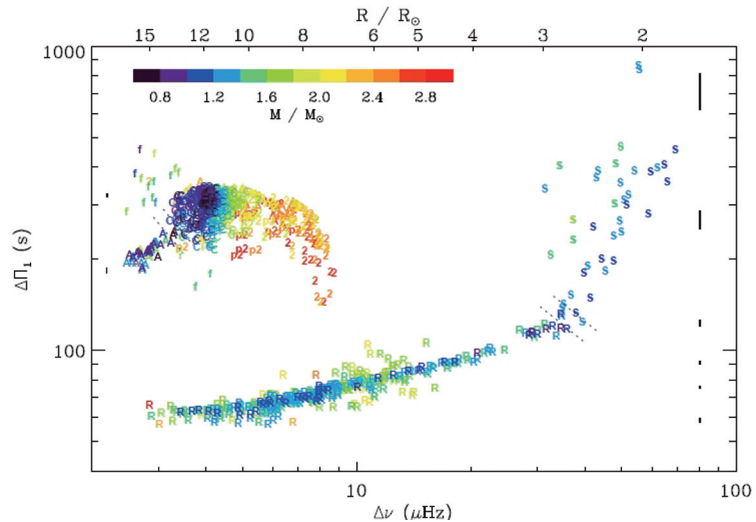


図6：振動のデータ上での恒星の進化の様子。横軸はPモードの周波数の間隔の平均。縦軸はgモードの周期の間隔。Mosser et al. Astron. Astrophy. 572, L5, 2014より。

と、その上で恒星が進化に伴って動いていく様子を見ることができるわけです。

多くの恒星の振動の様子のデータから作成されたのが図6です（Mosser et al. Astron. Astrophy. 572, L5, 2014）。この図の上では主系列の星は右上の方にあり、質量によって広がった位置にいます。進化が進むと左下の方へ移動していき赤色巨星になります。そして進化が早く進む時期があって、左上のかたまりへ移ります。また、これまでは進化段階が異なっても観測からわかることだけでは区別が難しかったものが、この図の上では区別をつけることができることが大きな特徴です。

恒星の進化は大まかにはわかったとよく言われますが、実ははっきりしないということがたくさんあります。今後、振動に関する理論的な進展や、数値計算モデルの発展、また観測データがさらに増えることで、恒星の内部構造や進化についての理解も深まっていくことが期待されます。

（いしだとしひと・副センター長）

おかげさまで 200 回 天文講演会

鳴沢 真也



西はりま天文台がオープンした 1990 年から続いている天文講演会が通算で 200 回となりました。これを記念して 9 月 20 日に記念講演を開催しました。

100 回目の記念講演会ではテーマが「恒星」で、当時の天文職員全員がリレートークをしました。そこで、今回のテーマは「太陽系」。それも最近熱い小天体とその探査を取り上げました。私が冥王星と探査機ニュー・ホライズンズ、

圓谷講師がチュリュモフ・ゲラシメンコ彗星と探査機ロゼッタ、大島研究員が準惑星ケレスと探査機ドーンについて、それぞれ最新情報をまじえて解説しました。

ちなみに記念すべき第 1 回目の講演会の講師は大阪教育大学の福江純先生でした。会員の皆さん、これからも聴講にお越し下さいね。

(なるさわ しんや・天文科学専門員)



彗星について解説をする圓谷講師



大島研究員は小惑星についての講演

中秋の名月特別観望会

鳴沢 真也



9月27日は中秋の名月でした。ちょうど日曜日でしたので、特別観望会を開催しました。翌日が今年一番大きな満月であるスーパームーンということもあり、テレビ局の取材もありました。夕方に私が月についての講話とクイズをしました。参加者の皆さんと外に出て、月の出を見ようと思いましたが、薄雲とまだ薄明だったこともあり、目のいい数人の方しか見えな

かったようです。

夜は、いよいよ月の観察です。お客さんが次々いらっしやいまして、駐車場がいっぱいです。園路にも駐車していただきました。なゆた望遠鏡と小型の望遠鏡で参加された60人ほどの皆様に、お月見をしていただきました。

(なるさわ しんや・天文科学専門員)



月の出を待つ人々



今年の中秋の名月

ロゼッタが彗星からの放出ガスに酸素分子を発見

圓谷 文明

ESA（ヨーロッパ宇宙機構）の探査機ロゼッタが、追跡観測中のチュリュモフ・セラシメンコ彗星から放出されるガスの中に酸素分子を検出しました。これは驚くべきことです。酸素は宇宙で3番目に多い元素です。しかし酸素分子は宇宙空間、とりわけ星形成が起っている星間雲の中では生き残るのが難しいと思われていたのです。酸素分子は化学反応を起こしやすく、水素原子と結びついて水になったり、紫外線で分解した別の酸素原子とくっついてオゾン分子になったりと、分解したり別の物質と反応して簡単に変化してしまうのです。しかしながら木星や土星の凍った衛星で酸素分子は見つか

っていました。それが今回、彗星の氷にも存在するとわかったのです。

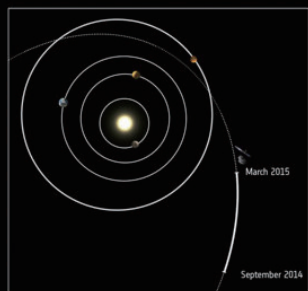
ロゼッタの2014年9月から2015年3月までの測定によると、チュリュモフ・セラシメンコ彗星から検出された酸素分子の割合は水分子の量に対して平均3.8%もあったようです。彗星の核は太陽系が形成される時に集積されてきた大元の物質と考えられています。今回の観測事実を今までの太陽系形成モデルで説明するのは難しく、今後、太陽系形成モデルや星間雲の集積過程での分子の成長モデルに影響を与えそうです。

（つむらや ふみあき・講師）

→ ROSETTA HAS MADE THE FIRST DETECTION OF MOLECULAR OXYGEN AT A COMET (ロゼッタが初めて彗星に酸素分子を発見)

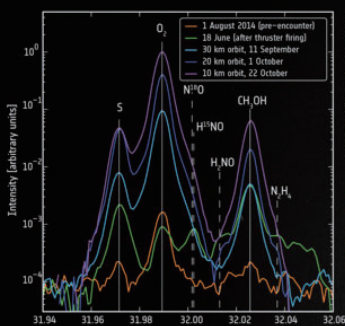


The measurements were made with the Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis Double-Focusing Mass Spectrometer (ROSINA-DFMS).



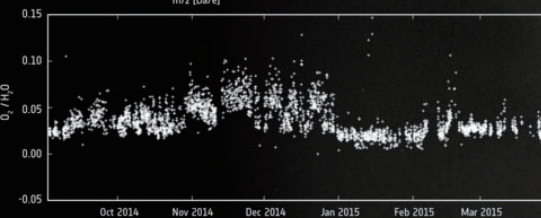
2014年9月から2015年3月にかけての彗星の位置。

www.esa.int



High-resolution measurements allowed molecular oxygen (O_2) to be distinguished from other species like sulphur (S) and methanol (CH_3OH). The detection of the coma gases is stronger closer to the comet nucleus, as expected. The contribution to the detection from contamination from the spacecraft thruster firings during manoeuvres is very low.

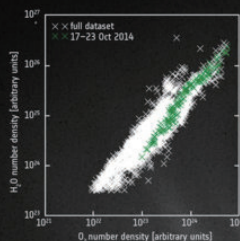
検出された成分。硫黄原子、酸素分子、メタノール。グラフの色はそれぞれ異なる日時の測定結果。



The O_2/H_2O ratio does not vary significantly over the study period. Short-lived strong variations are attributed to the decrease of the O_2 ratio for occasionally higher H_2O abundances linked to the daily water-ice cycle. The overall consistent level implies that O_2 is not produced today by solar wind or UV interaction with surface ices, otherwise it would rapidly decrease due to the comet's increased activity. Instead, the O_2 must have been incorporated into the comet's ices during its formation in the early Solar System, and is being released with the water vapour today.

水分子に対する酸素分子の存在比の時間変化。2014年9月から2015年3月。

Spacecraft: ESA/ATG medialab; comet: ESA/Rosetta/NavCam - CC BY-SA 3.0; Data: A. Bieler et al. (2015)



The strong correlation of molecular oxygen abundance with water vapour indicates a shared origin and release mechanism from the nucleus.

彗星から放出された水分子の量と酸素分子の量との間には強い相関がある。白いXが水分子の量、緑のXが酸素分子の量。



European Space Agency

提供：ESA

★4日(日) 夕方、高橋研究員と大島で装置交換。

★5日(月) 大阪の生野高校のみなさんが観測実習のために来訪。森鼻研究員が対応。上郡町の高田小学校の自然学校も開始。

★7日(水) 来年から兵庫県立大学の大学院に進学する予定の学生がやって来たので、本田研究員が施設案内。関西学院大学から松浦さんと学生の正垣さんが卒業研究のために来訪。

★8日(木) 石田副センター長が講演のために宝塚市へ。その後講義のために姫路の環境人間キャンパスへ。名大の三石さんがコロキウムのために来訪。X線天文学について、1時間半ほど講演をしていただきました。

★9日(金) 大阪千里高校のみなさんが実習のために来訪。本田研究員が対応。

★10日(土) 一般観望会はお客さん多数にもかかわらず悪天候でなゆたの説明。鳴沢専門員のアイデアで、小学生になゆた操作の指示を出してもらいました。

★11日(日) 天文講演会。

私が担当ということで、変光星についてのお話。スタッフ等を除いた参加者は28名。それにづく観望会にはさらにたくさんのお客さんが来園。さすが3連休の中日。

★13日(火) 休園日1日目。私と高木研究員、伊藤センター長でエンクロージャ内の清掃。その後、加藤専門員と展示ポスターを新しいものに張替え。

★14日(水) 休園日2日目。北館の西にある倉庫の整理を私と伊藤センター長、本田研究員、高木研究員で行う。出前観望会用の望遠鏡

の手入れをしたり、今は使われていないアクセサリ類の整理をしたりなど。

★16日(金) 森鼻研究員、ひょうご講座のために神戸へ。

★18日(日) 東大から、松永さんが来訪。なゆたを使つてのミラ型星の観測のために22日まで滞在。

★19日(月) 相生市の那波小学校・相生小学校合同の自然学校。伊藤センター長は三鷹の国立天文台へ出張。圓谷講師、サテライトドームBの写真専用望遠鏡架台の極軸調整。

★21日(水) オリオン座流星群の極大日。問い合わせの電話多数。ちょうど月と入れ替わりですよ〜と説明。



金星・木星・火星の集合写真。大島が撮影。

★22日(木) 高橋研究員と大島で再び装置交換。学生の渡邊君、池邊さんが手伝いにきてくれたおかげで作業は滞りなく終了。森鼻研究員と高木研究員、学生の秋本さんが観測のため、ハワイのすばる望遠鏡へ。

★24日(土) 観望会は2桁越えのお客さんで賑わう。

圓谷講師は佐用町の久崎地区に出前観望会。

★25日(日) 観測中、月が沈んだタイミングで空を見上げると、東の空に金星・木星・火星が集合している。南の空にはアルゴが南中して、地平線にカノープスが光っている。空が明るくなって星が見えなくなる直前には東の地平線に水星も輝きはじめる。いい空だった。

★27日(火) 川西北小学校の自然学校開始。晴れ続きだったが、とうとう夜に雨。

★28日(水) 島根県立三瓶自然館の矢田さんが来訪。



Come on! 西はりま



クリスマスイブは 「星の都のキャンドルナイト 2015」

「電気を消してスローな夜を」。100万人のキャンドルナイトのスローガンを掲げて今年もイベントを行います。佐用町は2005年から「星空景観形成指定地域」となり、西はりま天文台は今年「星空の街・あおぞらの街全国大会環境大臣賞」を受賞しました。キャンドルのほのかな灯りの下で星空を満喫しませんか。

日時：12月23日（水・祝）16:00～21:00 申込不要 参加無料

主な内容

- 16:00～19:30 受付（プログラム、整理券、記念品を配布）
- 16:30～18:00 天文講演会「宇宙に生命の起源を探る」

小林 憲正（横浜国立大学大学院工学研究院 教授）

生命はどのようにして誕生したのか？その答えはまだ得られていませんし、また地球上には生命誕生にいたる過程の痕跡も遺されていません。しかし、20世紀後半以来、私たちは宇宙を調べることで、そのヒントを得られるようになりました。彗星に生命の原材料を探り、タイタン（土星の衛星）に生命誕生に至る化学進化の痕跡を探り、火星に地球とは別の生命形態を探る。本講演では、生命起源探査のこれまでと、今後の展望を語ります。



- 17:30～21:00 キャンドルタイム
- 19:30～21:00 観望会
- 21:00 イベント終了（22時閉園予定）

お問い合わせ 電話：0790-82-3886 メール：harima@nhao.jp

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（圓谷）



西はりま天文台 インフォメーション



12/12

友の会観測デー ※友の会会員限定

日時：12月12日（土）19：00 受付
 内容：60cm 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 750 円 小人 250 円 シーツ代は別途 250 円 ※朝食の申し込みは不可
 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：tomooobs@nhao.jp（件名を「Dec」に）
 締切：12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 ()	
当日連絡先	()		

1/9

第154回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：1月9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
 費用：宿泊 大人 500 円、小人 300 円（グループ棟の場合）

※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）

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：グループ棟泊、日帰り 12月26日（土）
 家族棟宿泊 12月12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	
部屋割り	()	()	
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。

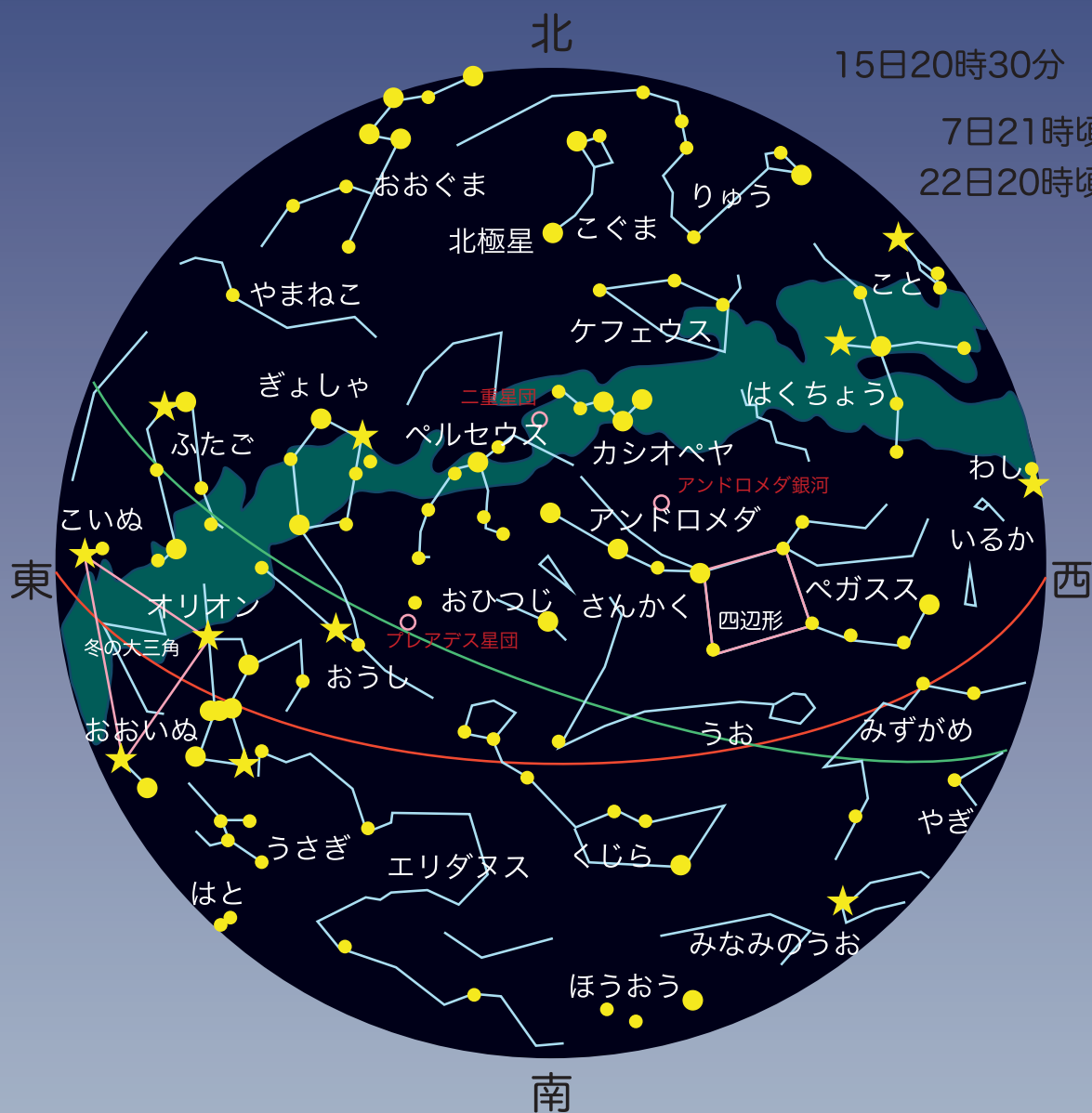
お食事のお申し込みについては、3日前までは無料、2日前 20%、前日 50%、当日 100%のキャンセル料が発生します。

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。



12月のみどころ

東の空は冬の星座できらびやかになっています。頭上を中心に明るい銀河と星団が3つあります。ペルセウス座の二重星団。アンドロメダ銀河。東の空高くにはプレアデス星団もあります。プレアデス星団は青白い星が集まってきれいです。

これらは望遠鏡で見るとは大きすぎて視野からはみ出してしまいます。月のない夜に双眼鏡で是非どうぞ。

今月号の表紙

「晩秋の朝日」

11月1日、お天気が崩れる前の朝の空模様は寒気に伴う高層雲にぼんやりと覆われていました。もしや環天頂アークのような虹模様が見られるかもと期待していたところに太陽を取り巻く虹の環が。