

宇宙 **NOW** No.378 2021 9



- | | | |
|------------|---|---------------|
| パーセク | : 名前にまつわるエトセトラ | 斎藤 智樹 |
| おもしろ天文学 | : 地球の海による偏光を初検出！
海を持つ系外惑星探しに偏光観測が役立ちそう。 | 高橋 隼 |
| AstroFocus | : 新星爆発によるリチウム合成の多様性 | 本田 敏志 |
| from 西はりま | : IAU シンポでベストプレゼン賞をいただきました。
もう一つの山の上、SPring-8 より | 高橋 隼
竹内 裕美 |

名前にまつわるエトセトラ

齋藤 智樹

Essay PARSEC

パーセク ～西はりま天文台エッセイ～

職業柄、星の名前に触れることは多い。それにあやかったブランド名や商品名はやはり少し気になるものだ。

例えばイメージ商売の象徴とも言える自動車。スバルといえばプレアデス星団の和名だし、スバル・アルシオーネは、同星団の星アルキオネに由来する。ぎょしゃ座α星にちなんだマツダ・カペラという車もあった。こういう名前を見ると、命名者の思いが伺われる。

命名といえば、計算機のホスト名にも命名者の顔が現れる。以前、国立天文台の友人のアドレスに pavane というホスト名を見つけたことがある。pavane(パヴァーヌ)とは、スペインかフランスかイタリアに起源を持つといわれる4拍子系舞曲だ。この名前は、イトウさんという人がつけたらしい(どこかで聞いた名だ…)。音楽好きな人もいるのだな、と思ったものだ。

かくいう私にも命名のスタイルがある。ホスト名はいつも「vで始まる名前」だ。viscount(子爵)、vanguard(尖兵)、と始まって、15代ほど続いている。最初の元ネタは、ヴィッカーズ社の生産していた旅客機の名前だ。同社は機種ごとに固有名をつけ、頭文字を社名と同じvで統一していた。

さらに、外付けHDDなどには航空機エンジン由来の名前をつけている。Avon、Spey、Tyne、等々。実はこれらは英国を流れる川の

名前だ。ロールス・ロイス社はエンジンに川の名前を付ける伝統があるらしい。私もかつて共同研究者を訪ねてダーラム大学へ行った際、タイン(Tyne)川の流れを生で目にして、密かに感慨にふけたものだ。

ちなみにダーラムの近くにあるニューカッスルは、旧日本海軍の戦艦「八島」や「初瀬」が建造された街でもある。で、初瀬の属する敷島型は、本居宣長の和歌：

敷島のやまと心を人間はば

朝日にほふ山ざくら花

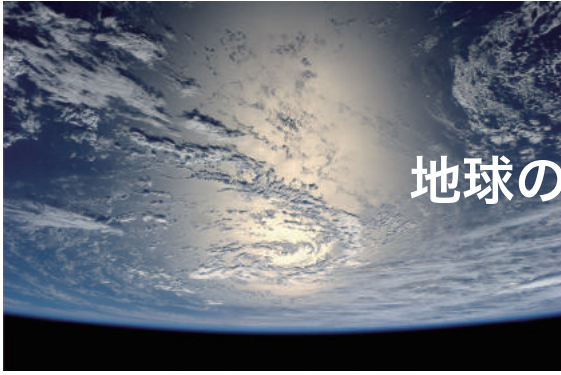
からとられた「敷島」「朝日」が、それぞれ1番艦・2番艦の名前になっているそうだ(4番艦はあの「三笠」だ)。

…少し脱線が過ぎたか。連想ゲームはこれくらいにしておこう。

(さいとう ともき・天文科学研究員)



©Steve Fitzgerald -- Wikipediaより
元ネタその1、ヴィッカーズ・ヴァイカウント。伊藤センター長が生まれた頃は全日空で現役だった機体だ。



地球の海による偏光を初検出！

海を持つ系外惑星探しに

偏光観測が役立ちそう。

高橋 隼

ちょっと「コア」な天文学を楽しく！

おもしろ天文学

今回は、なゆた望遠鏡による最近の研究成果を紹介します。空を見上げて、海の「きらめき」を探すというお話です。

1. 海を持つ系外惑星を見つけるには？

太陽系外惑星の発見が進み、生命を宿す惑星の発見への期待は高まっています。海を持つ惑星の発見は、生命探査の上で非常に重要です。なぜなら、生化学反応の溶媒として、液体は気体や固体よりも優れていると考えられるからです。

では、どのようにすれば海を持つ系外惑星を見つけられるでしょうか？ 惑星の模様を見れば分かるだろうと思われるかもしれませんが、そう簡単にはいきません。系外惑星の直接撮像、つまり「写真に撮る」ことは高難度の観測であり、成功したとしても惑星は「点」にしか見えません（少なくとも予見可能な将来の範囲では）。つまり、火星や土星といった太陽系内の惑星のように、系外惑星の模様を見ることはできないのです。模様を頼らずに、海があること示す兆候を見つけなければなりません。

海があることを示す観測兆候として、明るさの時間変化や特徴的なスペクトルが知られていますが、私たちは「偏光」に注目しました。光の振動方位によってその強さが異なる場合、その光は「偏光している」と言います。太陽に照らされた海面を見ると、きらきらと輝いています（タイトル図）。この「きらめき」こそが鏡面反射された光であり、鏡面反射は液面のように滑らかな面で顕著に起きます。そして、液面からの鏡面反射は「強く偏

光する」という特徴があります（図1）。つまり、海が存在が、惑星の強い偏光というかたちで現れることが期待できます。

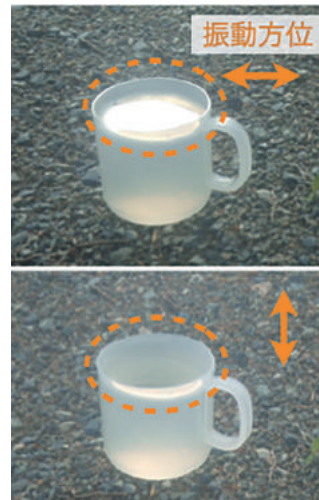


図1：水面の鏡面反射を偏光フィルターを通して見た写真。丸で囲んだ部分が鏡面反射。偏光フィルターは、図の矢印の方位に振動する光のみを通す。振動方位を切り替えると光の強さが大きく変わるということは、鏡面反射は強く偏光していることを表している。一方、背景の砂利はそれほど明るさが変わらない、つまり、あまり偏光していない。

海の鏡面反射が強く偏光していることは明らかな事実ですが、地球全体の光の中に、海の偏光がはっきりと検出された例はまだありませんでした。地球全体の光（つまり、点としてしか見えなほど遠くから観測した地球の光）には、海だけでなく陸や雲などからの反射光も含まれます。他の成分があると、海の偏光は「薄められて」検出しづらくなってしまいます。遠くの惑星としての地球の光に海の偏光が検出可能なほど残るかは、実は理論計算でも微妙でした（例えば、Zugger et al. 2010, ApJ）。やはり、観測で確かめる必要があります。

明るさやスペクトルにも海を示す兆候があるのだから、偏光は必要ないと思われる方もいるかもしれませんが、たいていの観測に言えることですが、

観測結果を説明する解釈はひとつではありません。例えば、明るさの時間変化は、海の有無のせいではなく、いびつな惑星形状や衛星の存在のせいとも解釈できます。ですので、多種の検出方法を手にしておくことは重要です。また、天体の明るさやスペクトルは地球大気を透過すると大きく変わってしまうのですが、偏光度はほとんど変わらないという強みがあります（本誌2016年12月号参照）。

2. なゆた望遠鏡での地球照偏光観測

というわけで、海による偏光を検出するために地球を偏光観測したいのですが、実際に宇宙から地球を偏光観測するのはなかなかハードルが高いことです。そこで、月面地球照を用います。地球照とは、月の夜面に映る地球の光のことです（図2）。地球照を使うことで、地球上にいながら、遠く離れた惑星として地球を観測することができます（本誌2011年9月号参照）。

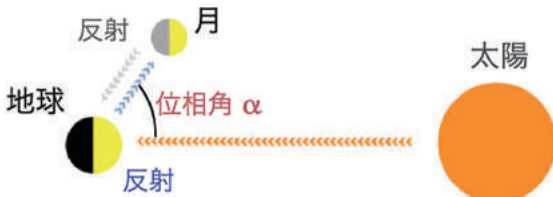


図2：西はりま天文台で撮影した地球照の写真（上）と地球照が起きる仕組み（下）

2019年5月から2020年4月にかけての32晩、なゆた望遠鏡に取り付けられている近赤外カメラNICを用いて、地球照の偏光観測を行いました。観測日時によって「月から見える地球(昼面)に占める海の割合」は、およそ15%から45%の範囲で変化します（図3）。海の割合が大きいほど、海面の鏡面反射が見える可能性が高いため、偏光度も高くなると予想できます。図4は観測で

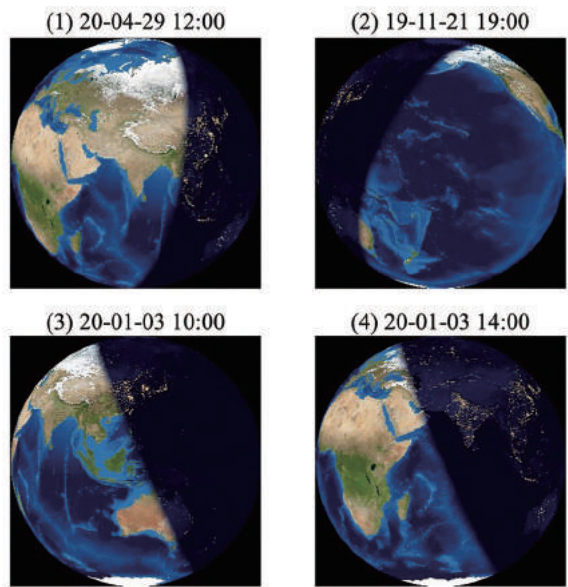


図3：様々な観測日時における、月から見た地球。時刻は世界時。海割合の計算には雲の存在を考慮しているが、この図には雲は描かれていない。John Walker氏が開発したEarth and Moon Viewer (<http://www.fourmilab.ch/earthview/>)を用いて作成。

得られた地球照偏光度（各晩の平均値）と海割合の関係を図示したものです。データ点は右上がりに分布しています。予想通り、「海割合が大きいほど、地球の偏光度は高めになる」という結果が出ました！

さきほどは各晩の平均偏光度を使って議論をしたのですが、1晩の中での時間変化も調べて見ると、おもしろいことが分かりました。図5（上）は、2020年1月3日に観測した地球照偏光度の時間変化を表したものです。世界時10時（日本時19時）から12時（同21時）にかけて、偏光度が小さくなったことが分かります。この日、観測始めの頃は、月から見た地球の大部分はインド洋に覆われていたのですが、時間がたつにつれ、インド洋は夜面へと外れていき、代わりにアフリカ大陸が視界の中心に入ってきました（図3の(3)と(4)）。言い換えると、海割合はどんどん小さくなっていきました。図5（下）に海割合の時間変化を示しています（青線）。図5（上）の地球照偏光度の時間変化と見比べると、偏光度と海割合が非常によく似た形をしていることが分か

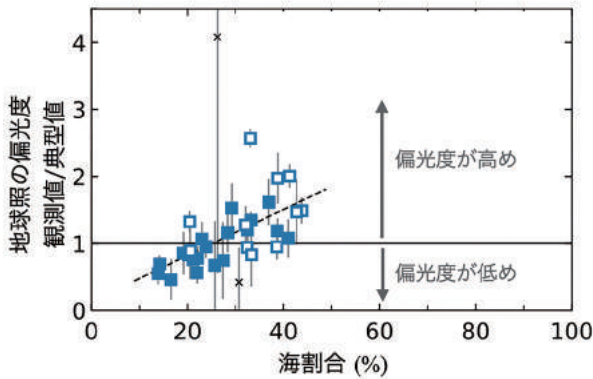


図4：地球照偏光度（各晩の平均値）と海割合の関係。縦軸は「観測された地球照偏光度」を（その位相角（図2参照）における）「地球照偏光度の典型値」で割ったもので、1より大きければ「観測値は典型値よりも高かった」ことを、1より小さければ「観測値は典型値よりも低かった」ことを表す。塗りつぶされた点は「新月～上限～満月」、白抜きのは「満月～下弦～新月」の観測。観測波長は約 $1.3 \mu\text{m}$ 。他の観測波長 ($1.6 \mu\text{m}$, $2.2 \mu\text{m}$) でも、同様に右上がりの分布が得られている。

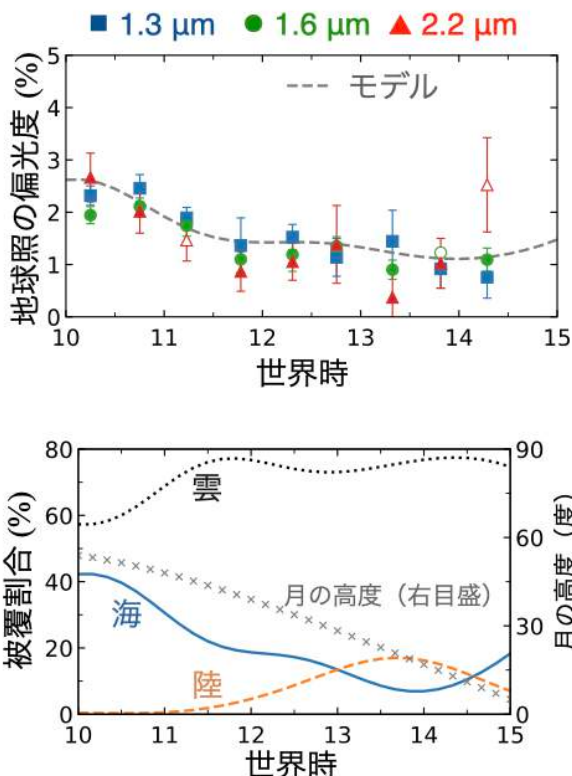


図5：2020年1月3日に得られた地球照偏光度の時間変化（上）と、海・陸・雲の被覆割合の時間変化（下）。上図のデータ点の形や色の違いは観測波長の違い（白抜きは質の悪いデータ）。興味深い結果が得られ、お正月に観測した甲斐があった。

ります。つまり、地球照偏光度が海割合に連動している様子が観測されました。このような連動は、2020年1月3日以外にも観測されました。

3. 海を持つ系外惑星探しへの応用

図4と図5はどちらも「海割合が大きいほど、地球の偏光度は高くなる」ことを示しています。つまり、私たちは、地球の反射光に含まれる海の偏光を初めてはっきりと検出することに成功しました。この観測結果は、海を持つ系外惑星探索にとっても朗報です。系外惑星の偏光観測によって、海を見つけることができることを期待させる結果だからです。もちろん海以外にも偏光の原因があるので切り分けに注意が必要ですし、系外惑星の偏光観測はそう簡単ではありません。今後は、系外惑星の偏光観測を実現するための研究も進め、海を持つ系外惑星の発見に貢献したいと考えています。

さて、この研究テーマ、実は大学院生時代から取り組んできたものです。西はりま天文台に着任して初めて書いた本誌2011年9月号「おもしろ天文学」の最後に、「地球照の偏光観測でおもしろいことがわかるのではないかと考え、西はりま天文台60cm望遠鏡で観測をしています。（中略）いずれこのコーナーで皆さんに紹介できる日が来ることを期待しています」と書いていました。60cm望遠鏡ではうまく行かず、なんと10年もかかってしまいましたが、ようやく予告(?)を実現できて嬉しく思っています。

たかはし・じゅん（特任助教）

本研究をまとめた学術論文
Polarimetric Signature of Ocean as Detected by Near-Infrared Earthshine Observations,
Takahashi, J. et al., 2021, Astronomy & Astrophysics (in press)

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 (15K21296, 17K05390, 21K03648)、兵庫県立大学特別研究助成金、光・赤外線天文学大学間連携事業の支援を受けました。

タイトル図：宇宙から見た地球。海面の「きらめき」が鏡面反射。© ESA/NASA



新星爆発による リチウム合成の多様性

本田 敏志

宇宙に存在する様々な元素がどこでどのようにして作られるのか探ることは天文学においても重要な研究テーマです。とりわけリチウムはその反応性の高さから、ビッグバン元素合成以降については、様々な可能性が指摘されています。2015年には、いか座 V339 という新星の観測によって、リチウムは新星爆発によって大量に生成されることが分かりました⁽¹⁾。新星爆発とは連星系において、伴星から白色矮星にガスが降り積もって起こる爆発で、突然明るく輝いて見えます。いか座 V339 の観測では、新星爆発が起こって吹き飛ばされるガスにベリリウムが検出され、ベリリウム (${}^7\text{Be}$) は2カ月弱でリチウム (${}^7\text{Li}$) に変化することから新星がリチウム合成に大きく寄与していると考えられるようになりました。

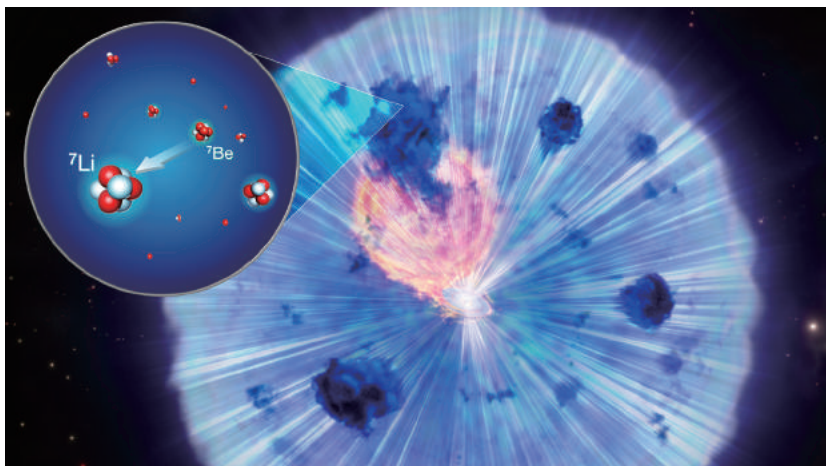
今回、京都産業大学（現国立天文台）の新井彰さん（2014年まで西はりま天文台で研究員として活躍されてました）らの研究チームは、いか座 V5669 新星をすばる望遠鏡と高分散分光器（HDS）を使って観測し、ベリリウムの検出に成功しました⁽²⁾。新星爆発でのベリリウム検出は8例目となるのですが、今回の観

測結果によると生成されたベリリウムは非常に少なく、これまでの観測と比較するとリチウムの生成量は数パーセントにしかありません。このことは新星爆発によるリチウム合成には多様性があり、新星爆発だけでビッグバン以降のリチウム生成を説明することは難しく、やはり他の天体による生成の可能性を調査しなければならないということになります。

星のリチウム量は進化段階を推定することにも使われるなど、非常に重要な元素で、その起源を明らかにすることは様々な研究の発展に役立ちます。しかしながら、ベリリウムの観測ができるような明るさになる新星はそれほど多く現れません。8月上旬にはへびつかい座のRS星が新星爆発を起こし、肉眼でも見える明るさになりました。おそらく世界中で観測がなされたと思います。今後の研究に期待したいと思います。

（ほんだ さとし・准教授）

1. Tajitsu et al. 2015 nature 518 7539
2. Arai et al. 2021, ApJ 916 44



図：新星爆発によるリチウム生成の想像図。（© 京都産業大学）

https://www.kyoto-su.ac.jp/news/20210707_859_nova.html

IAU シンポでベストプレゼン賞を from 西はりま いただきました

高橋 隼



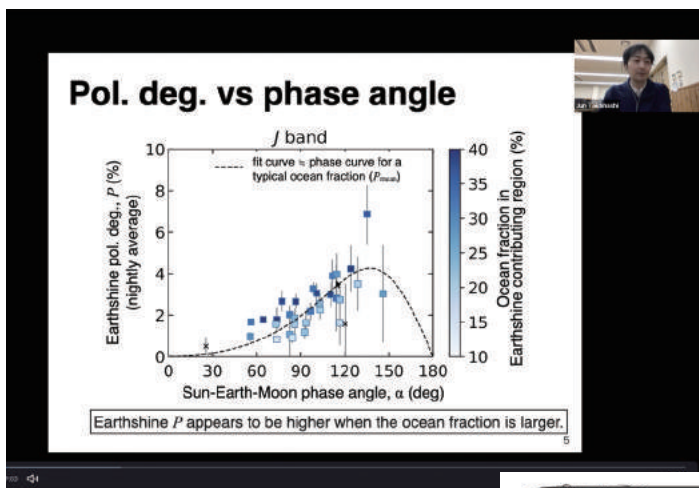
IAU シンポジウム 360 “Astronomical Polarimetry 2020 – New Era of Multi-Wavelength Polarimetry” という国際会議で、本誌「おもしろ天文学」で紹介した「地球の海の偏光を初検出した」という発表したところ、Best Presentation Award（最優秀発表賞）という賞をいただきました。このシンポジウムは「偏光観測」をテーマにしたもので、2021年3月22～26日に広島およびオンラインで開催されました（もともとは2020年に開催予定だったが、新型コロナ感染拡大により延期）。今回いただいた賞は、博士号取得10年以内（私はぎりぎり10年以内でした）の発表者を対象にした賞で、3件が選ばれました。

受賞はたいへん光栄です。私にとって、天文学の研究で賞をいただくのは初めてのことで、そもそも参加賞と残念賞以外の賞をいただくのはずいぶんと久しぶりな気がします。これを励みに今後も研究を発展させていきたいと思えます。

パンデミックという非常に難しい状況の中、シンポジウムの開催にご尽力いただいた組織委員会の皆様に、心から感謝申し上げます。

(たかはし じゅん・特任助教)

シンポジウムのウェブサイト
<https://astropol2020-iau.jp>



上：オンライン発表の様子



右：賞の証書



もうひとつの山の上、SPring-8 より

兵庫県が世界に誇る三大巨大施設といえ
ば、もちろん人によっ
ていろいろあるとは思

いますが、とりあえずは「姫路城」「なゆた」
「SPring-8」といって過言ではないでしょう。

「姫路城」は言うに及ばず。「なゆた」は、これ
を読んで下さっている方には言うに及ばず。
では「SPring-8」は？「知ってる人は知っている」
レベルかもしれませんが、世界でもトップ
クラスの放射光施設（同規模の解析を行う施設
としてはかなりコンパクト！）です。「なゆた」
が遠くを追求するなら「SPring-8」は限りなく
小さなものを追求します。「なゆた」が
数えきれない「0」の世界を覗くなら「SPring-8」
は限りなく「0」に近い世界を覗くのです。

余談ですが「SPring-8」の敷地内には兵庫
県立大学運営の放射光施設もあって、「ニュー
スバル」というのですが、ロゴマークがちゃんと
昴なのです。大学が所有する放射光施設では
なんと国内最大級（2021年8月現在）！

で、考えてみれば「国内最大級」を二つも有
する県立大ってスゴくない？とちょっと自画
自賛。

さておき。

「SPring-8」の取り扱うテーマは多岐に渡り
ます。靴底やヘアケア商品・リンゴやミカンの
食味のような生活に密着したものから宇宙の起
源を探るものまで。ただ、回り回れば結局はなん
だか身の回りのものに還元されていくものが
多いと思います。



「宇宙の起源」（宇宙絡みの解析もけっこうあ
ります）といえ。先月、その「SPring-8」で、
先の「はやぶさ」に続き、「はやぶさ2」が持
ち帰った試料の解析が行われました。詳細は
SPring-8 NEWS105号（2021.7月号）をご
覧ください。

http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/news/no_105/
（SPring-8のトップページから飛べます）



どちらの施設も「みどりの日」あたりに一
般公開があります。とはいっても去年今年は
もちろんダメでした。来年の復活を願ってや
みません。

SPring-8NEWS105号の紙媒体をご希望の
方は宇宙NOW編集部 (now@nhao.jp) までお
問合わせください。

（たけうち ひろみ・友の会会員）

No.1336 竹内 裕美



今回の記事は立命館大学の解析結果でした、土山教授によれば「手応えあり」の解析結果を得られたとのこと。どこかでより詳しいお話が発表されるのが楽しみです。

はやぶさ2のサンプルコンテナ。
直径5cmくらいですが、ずっしりと重い！
全体の直径がそれだからサンプル収納部（真ん中の空洞部）は
かなり小さいことがお分かりかと思いますが。
製作はなんと姫路市のとある企業。

撮影 竹内裕美

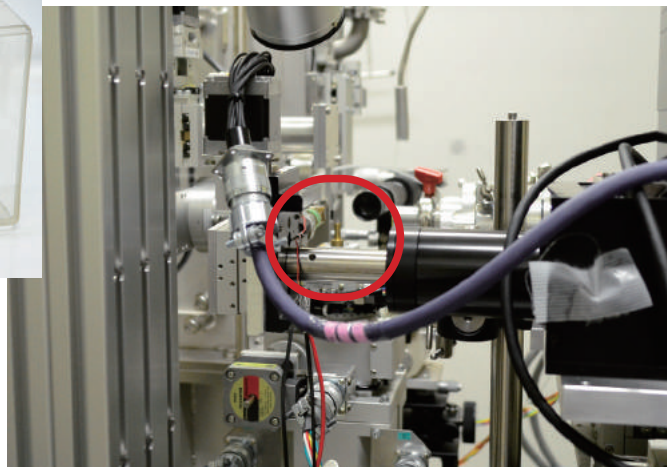


高知大学のサンプル。
数ミリサイズの真っ黒な「リュウグウ」
提供 JASRI / Phase2 高知
撮影 明石市立天文科学館・姫路科学館



立命館大学のサンプル。
赤丸のところに試料が乗ってます。
分銅のようですが中から針が出てサンプルを持ち上げます。

提供 立命館大学 / JASRI
撮影 明石市立天文科学館・姫路科学館



今年の夏も新型コロナウイルスの感染が続
き、2年連続でさみしい夏休みとなった。天文
台のある兵庫県佐用町では、8月16日からま
ん延防止等重点措置の対象地域となり、20日
には緊急事態宣言が発令された。毎年恒例の大
観望会「スターダスト」も中止となり、高校生
の実習や団体の宿泊もキャンセルが相次いだ。

★6日(金) 本来であれば、高校生の天体観測
実習を、この日から3日間で行う予定だった。
これもコロナ禍で中止。さまざまな高校から「天
文学を学びたい」という意欲のある学生が参加
するので、やりがいのあるイベントなのだが。
残念。

★10日(火) なゆた望遠鏡のユー
ザーズミーティングを、ビデオ会
議システムを用いて開催。なゆた
望遠鏡を使ったことのある他大学
の研究者や、公共天文台のスタッ
フ、小さな望遠鏡を持っている大
学のスタッフ、高校生が発表をし
た。西はりま天文台からは高橋特
任助教、大島研究員、戸塚研究員、
斎藤研究員、高山研究員、大学院
生の平野君、川上さん、村瀬君、八木さんが発
表。いろいろな話題が出て楽しかった。なゆた
望遠鏡を使った観測も、だいぶバラエティーが
増えてきたように思う。

★11日(水) 11日と12日は京都大学の「せ
いめい望遠鏡」のユーザーズミーティング。敵
情視察ではないが、「せいめい」にない機能は
何かということを考えながら参加した。この
日は2団体を含め60名以上の宿泊があったた
め、夜間観望会は2グループに分けて実施。2
グループがかち合わないよう時間調整しなが
ら、星空の説明と「なゆた望遠鏡」を使った観

望などを行う。なかなか難しかった。

★12日(木) 本来ならばスターダストが開催
される日。しかし、時々雨が降るような天候で、
天文台を訪れる人もまばら。来年こそは満天の
星空のもとで開催したいものだ。

★14日(土) 「今日まで12連勤ですよ。よ
うやく明日休みです」と本田准教授がぼやく。
たくさん仕事を割り当ててしまって申し訳ない。

★15日(日) 12日以降、曇りや雨の日ばかり。
朝5時に「佐用町の川の水位が上昇しています。
水防警報が発令されました」という連絡が携帯
電話に入る。

★17日(火) 大学院生の山下さ
んが提案していた観測が12日に
実施されたとの報告が「すばる望
遠鏡」から入る。素晴らしいです。

★18日(水) 大学院博士後期課
程の入学試験。大学院生の平野君
が30分間の口頭試問を受ける。
他の分野の先生からも鋭い質問が
出る。質問にはちゃんと答えな
さい。

★25日(水) 久しぶりに晴れ、
なゆた望遠鏡を使った夜間観望会で星を見るこ
とができた。担当の石田准教授は、よほどうれ
しかったのか、同じ内容の「夜間観望会レポ
ート」を3通もメールしてきた。

★27日(金) 鳴沢専門員はテレビ番組の収録。

★28日(土) 休日出勤をして仕事をしてい
たら、「あなたの論文を受理します」というメ
ールがやってきた。昨年3月に大学院を修了し
た秋本さんの博士論文をまとめたもの。論文受
理の連絡はいくつになっても嬉しいものです。



三度目の延期となりました。



西はりま天文台 インフォメーション



11/13

第189回 友の会例会 ※友の会会員限定

日時：11月13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「Nov」に）

締切：グループ棟宿泊、日帰り 11月6日（土）

家族棟宿泊 10月16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	
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	()		

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。

10/9

友の会観測デー ※友の会会員限定

日時：10月9日（土）19：00 受付

内容：60 cm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。技術や知識を身につけ、天文指導員として活躍する方も誕生しています。

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「Oct」に）

締切：10月2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	()		

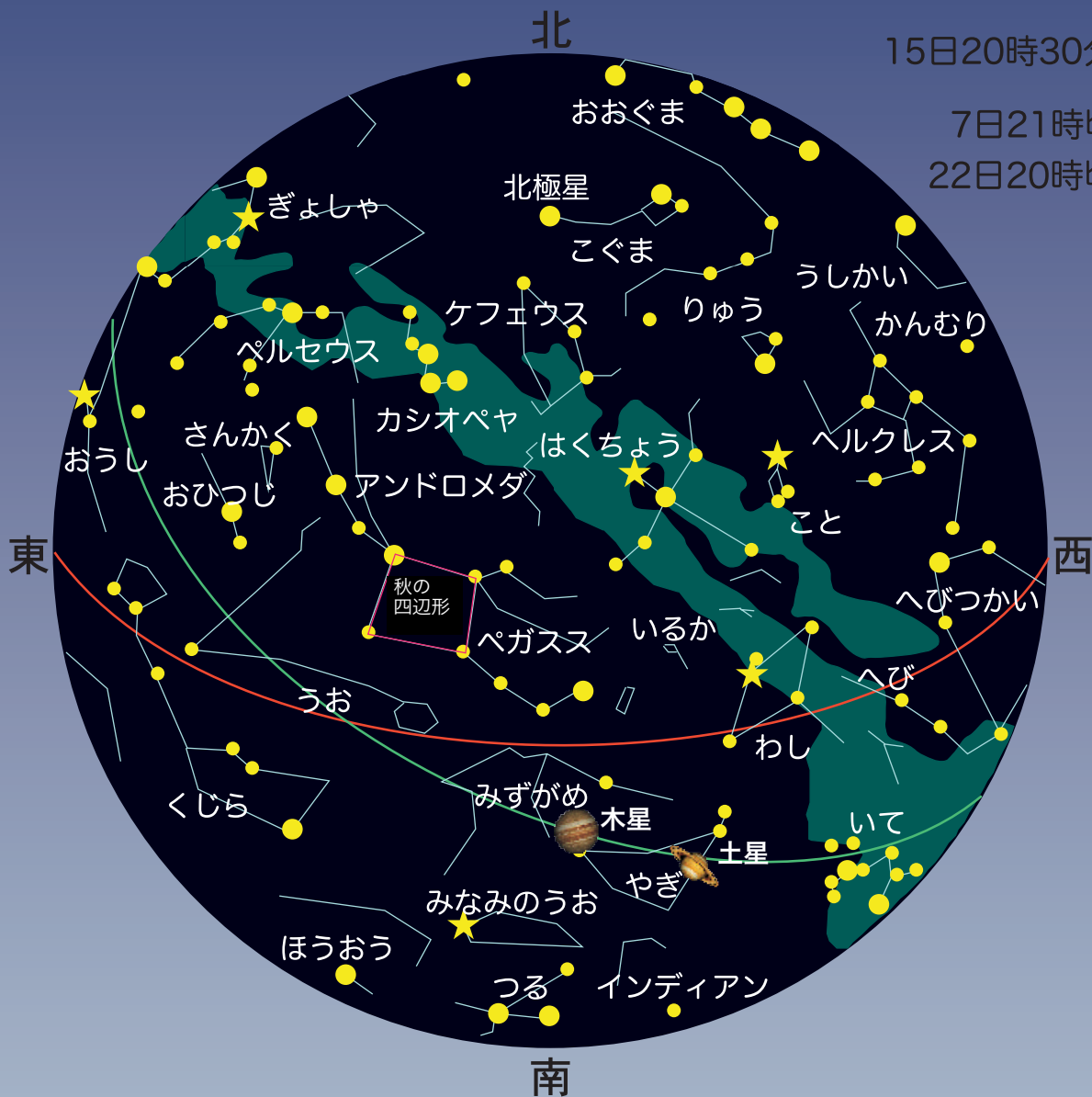
☆ 新型コロナ対策などの影響でイベントの中止や延期、内容変更の可能性があります。事前にお問合せください。

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。ぜひご利用ください。

☆ 『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



15日20時30分

7日21時頃

22日20時頃

10月のみどころ

日の入りもずい分と早くなってきます。9日、金星と細い月が近づきます。10日にはアンタレスも加わってミニ三角形の出来上がり。惜しむらくは高度の低いこと。東の間のトライアングルです。14、15日は月と土星・木星のランデブー。月に一度の逢瀬です。なんだか、月が随分と移り気なように聞こえてしまいますね。ジュリエット(シェイクスピア)のセリフが聞こえてきそうです。

今月号の表紙

「新星」

撮影：大島 誠人

撮影日：2021年8月9,10,11,27日

撮影場所：兵庫県立大学西はりま天文台

機材：PENTAX KP+smc pentax DA16-45mm F4

露出時間 20-60秒 感度 1600-6400

約15年ごとに爆発を繰り返す再発新星、へびつかい座RSが8月上旬に爆発しました。暗くなるのも非常に速い天体で、今年の長雨の間にあっという間に暗くなってしまいました。