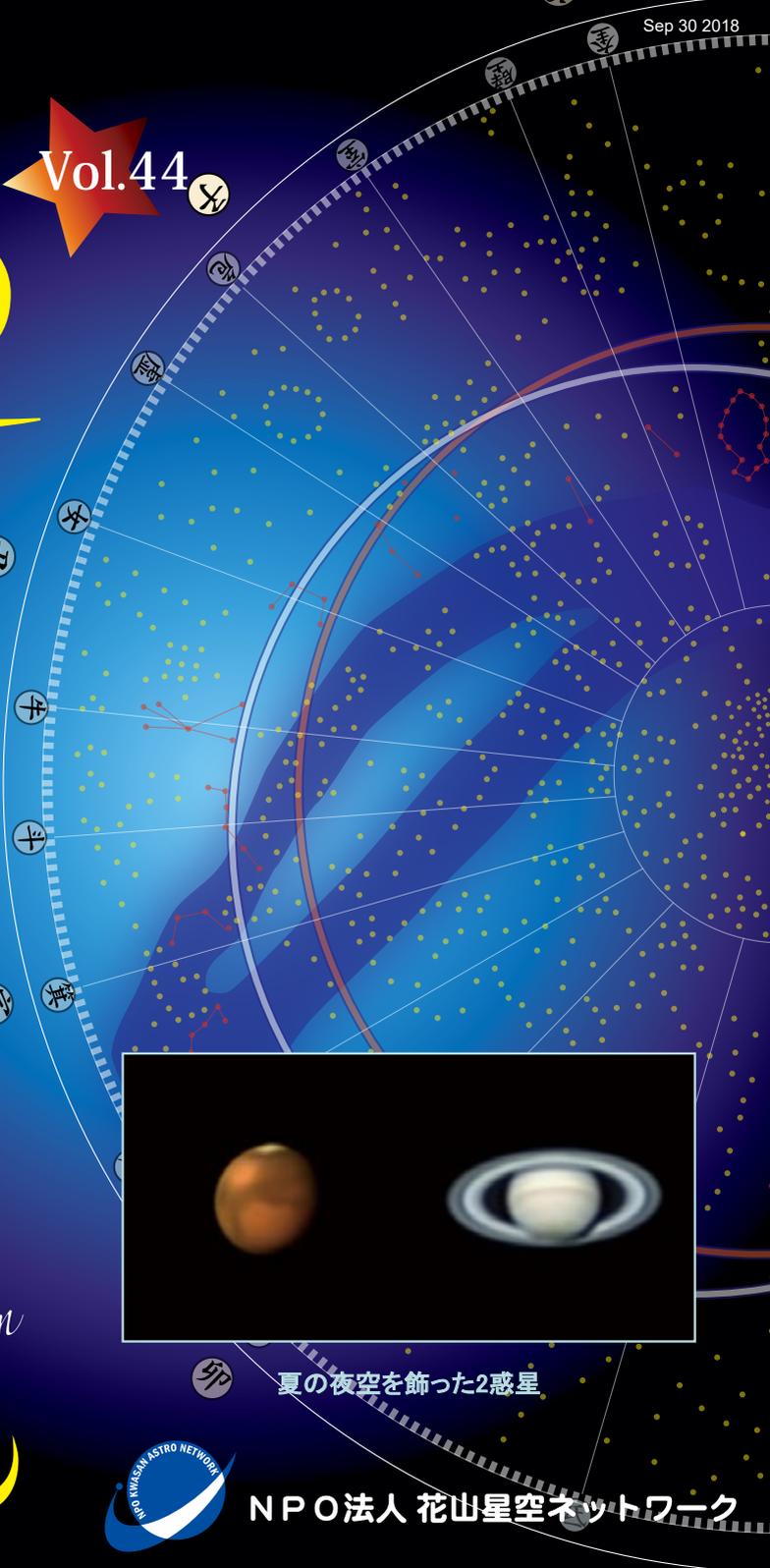


会報

Vol.44

# astron

astron



夏の夜空を飾った2惑星



NPO法人 花山星空ネットワーク

## あすとろん 第44号 目次

47年前の火星大接近	中川 均	1
火星大接近：大きさ比較写真	小林正浩	4
火星大接近天体観望会 火星についての大きいなる疑問	西村昌能 作花一志	7
初めて生で見た火星に衛星『ダイモス』	茶木恵子	13
当世竹取物語	清水湧三	15
星の第二の人生～超新星からブラックホール	川中宣太	18
速報：待望の惑星Xの発見か？	作花一志	31
記紀神話に見られる星の神々（3）フツという名前	西村昌能	32
サマータイムに関する意見	会員	40
天文短歌 火星	萩原 茂	43
美味しい空気と科学的精神を味わう — 子ども飛騨と大人飛騨への招待 —	黒河宏企	44
夏の夜の金星・火星・木星・土星・月 そしてトラペジウム	高尾和人	50
お知らせ	事務局	

表紙画像            夏の夜空を飾った2惑星 p4参照  
                         小林正浩氏提供

裏表紙画像        幻日環

幻日環は、たいへん珍しい気象光学現象です。  
太陽から水平に環が全天を一周して、22°の幻日の他に  
120°幻日が環上に2個出ることがあります。  
この日も幻日環は全天をほぼ一周していました。  
花山天文台にて 2018年4月27日 12:51撮影（西村昌能氏）。

## 47 年前の火星大接近

中川 均（豊中天文協会、NPO 花山星空ネットワーク）

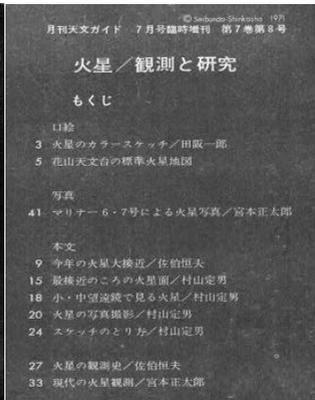
仕事も定年(再就職はしましたが)になり、色々と整理していましたが、懐かしい 47 年前の天文ガイド 7 月号臨時創刊の火星大接近の本がでてきました。

47 年前といえば私が中学生のころで、買ったばかりのアstro光学の 10 センチ F10 の反射望遠鏡で天気が良ければ毎日見ていたころで、そのころは実家の高槻市も天頂なら天の川が見えるくらいで、望遠鏡で天体がよく見えた記憶があります。振り返ってみると、このころが一番熱心だったような気がします。



表紙

(堂平山 91cm 反射)



目次

さて、出てきた火星大接近の本を大変懐かしく読み返しました。47 年前の大接近は 1971 年 8 月 12 日で 5620 万キロなので、今年より若干近い大接近であったようです。

花山天文台の標準火星地図があったり、故宮本先生の記事があったり、その他、今読んでも結構難しい内容だなと思いました。

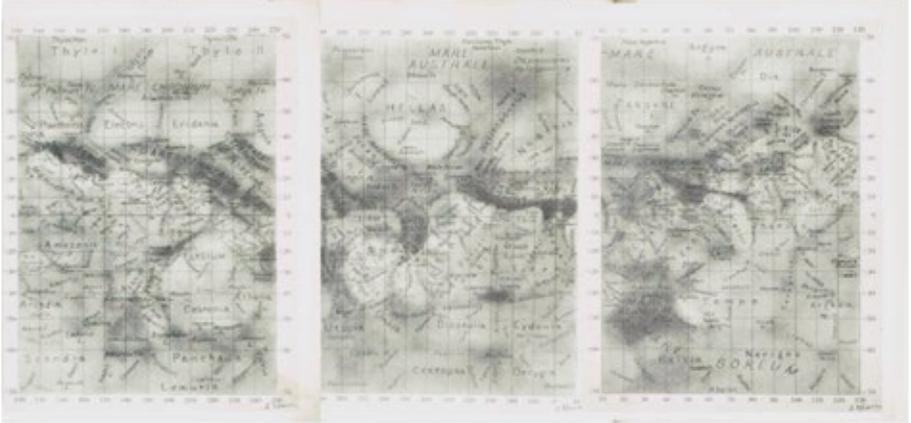
当時の写真は当然フィルムですが、大望遠鏡で撮影したのもでも、模様はぼんやりで、今のデジタルの凄さは隔世の感を感じます。

むしろ当時はスケッチの方が詳細に捉えているようでした。

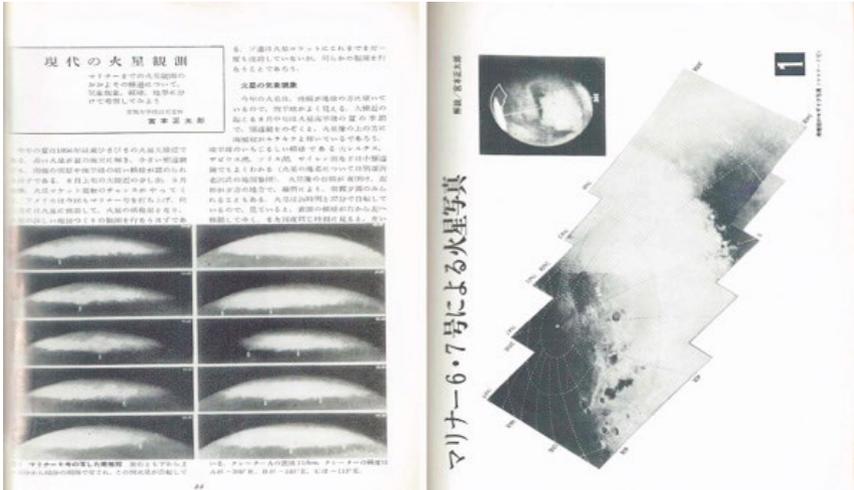
## 47年前の火星大接近

今年の大接近は砂嵐で模様は見えにくかったですが、大きくなった火星を自宅や観望会で楽しみました。

2年後の接近も楽しみにしたいと思います。



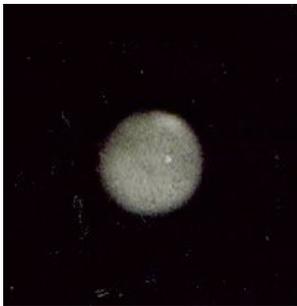
花山天文台の標準火星地図



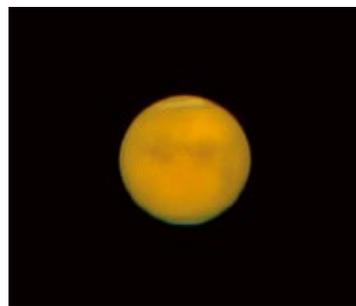
宮本先生の記事



懐かしの望遠鏡広告



47年前の大接近  
(10cmF10 反射で撮影)



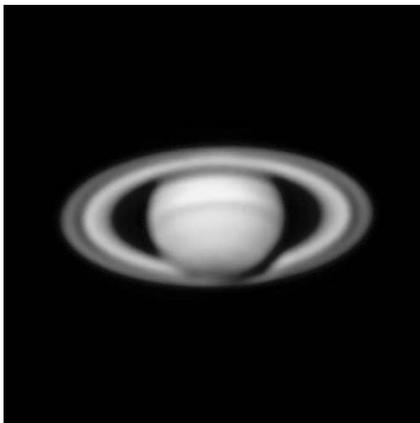
2018. 7. 31 今年の大接近  
(20cm シュミカセで撮影)

## 火星大接近：大きさ比較写真

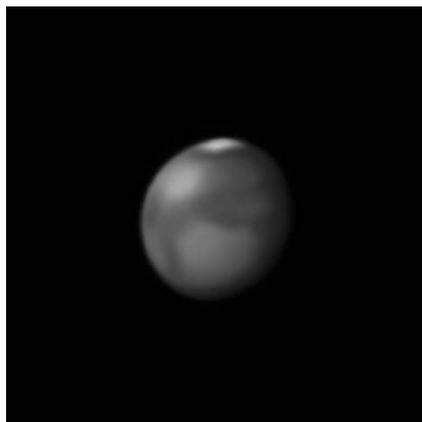
小林正浩（株）ロジック・アンド・システムズ



木星 19:16~19:28  
3000 フレーム上位 10%コンポジット



土星 19:58~20:22  
6000 フレーム上位 10%コンポジット



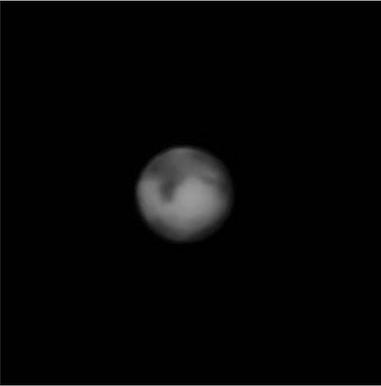
同夜に観測した3つの惑星の写真です。火星の最接近から一か月ほど経っていますが、まだ十分大きく見えています。同じ光学系で撮影したので、見かけの大きさの比較ができます。

### 大きい火星

2018年8月26日

20:32~20:56

6000 フレーム上位 10%コンポジット



小さい火星

2016 年 6 月 2 日 0:06~0:20

3500 フレーム上位 20%コンポジット

今回の火星の大接近では土星より大きく見えていることがわかります。また、小さい火星の写真は前回の最接近(2016 年 5 月 31 日)のころに同じ条件で撮影しました。見かけの大きさの違いから、今回の大接近がいかに近かったかがよくわかります。

写真は動画で RAW 撮影したあと、各フレームからシンチレーションの影響が小さい画像を選択してコンポジット合成しています。惑星のディテールは自作の復元アルゴリズムによる復元処理で改善しています。

撮 影 : 兵庫県西宮市

望遠鏡 : TAKAHASHI TSA120 + TeleVule Powermate 4x

赤道儀 : VIXEN New ATLUX

カメラ : ZWO ASI120MC



## 株式会社 西村製作所

代表取締役 西村 光史

〒520-0357

滋賀県大津市山百合の丘 10 番 39 号

TEL 077-598-3100

FAX 077-598-3101

<http://www.nishimura-opt.co.jp>

【事業内容】望遠鏡・天体観測機器製造



星と家紋の話②



一文字三ツ星

### 「オリオン座の三つ星」と「数字の一」

毛利家は、鎌倉幕府草創の功臣大江広元の四男季光に始まるとされ、学者であった広元が数の始めとされる「一」の文字とオリオン座の中央に輝く「三武・將軍星」と呼ばれる「三つ星」を組み合わせて図案化したとの説があります。「数字の一」は家祖の阿保親王が一品親王と称されたことへのこだわりとも・・・。

ハネムーン・団体旅行のご手配は  **0120-39-1816** (10:00～18:00)



ビューティフルツアー  
BEAUTIFUL TOUR

京都市中京区西ノ京東中合町 56 パレット御池 2F

夢・希望・感動をあなたに

あなたの旅を応援する近畿日本ツーリスト関西

1枚の切符から海外プランまで旅のことなら  
何でもお気軽にお尋ねください

近畿日本ツーリスト  
株式会社近畿日本ツーリスト関西

滋賀支店

TEL 077-522-7518

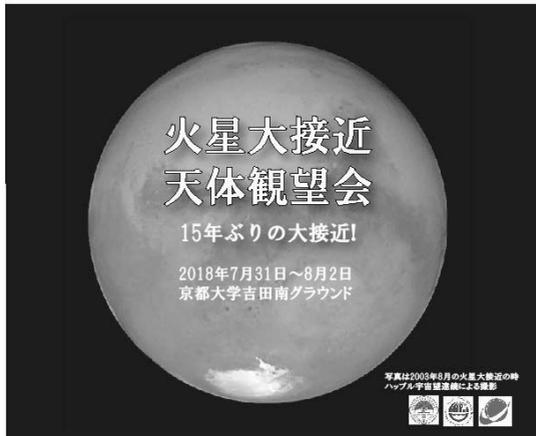
FAX 077-526-4503

〒520-0056 滋賀県大津市末広町 1-1 日本生命大津ビル 3階 受付時間：(月)～(金) 09:15～18:00 (土・日・祝日は休み)

# 火星大接近天体観望会 火星についての大きい疑問

西村昌能 (NPO 花山星空ネットワーク)  
作花一志 (京都情報大学院大学)

7月31日から3日間、京大吉田南グラウンドで本会が共催する火星大接近天体観望会が行なわれました。初日の7月31日(火星大接近の日)は600名、8月1日は460名、8月2日は270名(夕方、降雨がありました)の参加があり、合計1300名を超えた参加者は惑星日和の蒸し暑い中、会員の皆さんが持ち込んだ10台以上の望遠鏡で金星、木星、土星、火星に見入っていました。



## 火星大接近天体観望会

日時: 2018年7月31日(火)、8月1日(水)、2日(木)【曇天の場合は決行】  
19:30～22:00(受付は19:00より) (火星がよく見えるのは20:00以降)

会場: 京大吉田南グラウンド

参加費: 無料

申込: 不要

内容: 小望遠鏡を用いた天体観察(金星、木星、土星、火星)

解説資料は実業都市

Sニ講演会、天体映像上映会なども随時開催

問い合わせ:

<http://www.kvasan.kyoto-u.ac.jp/> (花山天文台HP)

主催: 京都大学理学部研究科附属天文台  
共催: 京都大学理学部研究科 宇宙物理学教室、  
認定NPO法人花山星空ネットワーク、  
京都花山天文台の運営を担う会、  
京都大学宇宙観望会学研院エニオテ

### 花山天文台 火星大接近天体観望会

日時: 2018年7月31日(火)、8月3日(金)【雨天決行】

1日目 18:40～21:40

2日目 19:40～22:10 (所要時間 2時間30分～3時間)

集合前場所 地下教養館1階上1階 観上駅花山天文台は送迎バスにて移動

参加費: 中学生以上 4,000円、小学生3,000円

内容: 事前申し込み不要、60歳未満優先、小型望遠鏡による天体観察(金星、木星、土星、火星)

※天候によって観望が十分にできない場合があります。雨天の場合、小望遠鏡による天体観察は

天文台の天文テラス(テラス)上へ移し、あかひの望遠鏡による天体観察は60歳未満優先の観望の順序

に変更となります。

※お問い合わせ: 京都府観光協会 075-213-1717 <http://www.kvkanho.jp/>

## 火星大接近天体観望会

観望会では皆さんの小望遠鏡での観望とは別に宇宙物理学教室のスタッフの方々による講演が毎日 3 回から 4 回ありました。そこで講演して頂いた先生方のうち 3 人に観望会に来られた方々が出された主な質問とその回答をお聞きして、次にまとめてみました。

### 太田耕司さんへの火星に関する質問

**Q:火星が赤いのは何故ですか？**

火星が赤いのは、夕焼けが赤いのと同じですか？

A:火星が赤いのは、火星の地表に赤茶けた岩石や砂があるからです。(火星表面の写真を見せながら) 太陽の光が地表(火表?)で反射された光を主に見ているので、赤く見えます。

**Q:火星に昼夜などありますか？**

A:あります。火星の自転は約 24 時間なので、地球と似た感じの朝昼夜になります。なお、火星には四季もあります。

**Q:火星は普段は見えないのですか？**

A:火星は 2 年 2 ヶ月毎に地球に接近していて、その時は明るく見えます。小接近でも、今回の大接近のときほどは明るくはないですが、明るく見えます。接近していないときでも、夜に見える時には目で見えるくらいに明るいのです。

**Q:火星人がいると思っている人が多いのは何故ですか？**

A:1877 年の大接近の時に火星表面の模様を詳細にスケッチした人がいました。2 年後の接近の時にもスケッチをしたのですが、2 年前には 1 本だった筋模様が 2 本になっていることに気付きました。これは火星の運河(人工の川)建設を見ているのではないかという解釈がされ、運河を建設するくらいだから高度な文明があると考えられるようになりました。その後、この説をもとに火星人が地球を襲う SF 小説が流行り、アメリカのラジオ番組でこれを放送したところ、本当に火星人が来襲したと勘違いして大パニックになった事件がありました。このようなこともあり、火星には高度な文明を持つ火星人がいるというイメージが定着したのだと思います。なお、その後の探査などで、火星に運河があることは否定されています。



太田耕司さんの講演

### 長田哲也さんへの火星に関する質問

**Q: 火星はなぜ寒いのですか？**

A: そもそも太陽から火星までの平均距離が、地球までの距離の 1.5 倍なので、太陽光が半分ほどしか届きません。また、地表での大気圧が地球の 1/100 以下ということで、大気による温室効果もはたらかず、寒冷なのです。

**Q: 火星の中はどんな温度ですか？**

A: 昔は火山活動などもあったということですが、地球の 1/10 ほどの重さの惑星だということもあって放射性元素による熱源の少なさとその熱が冷めてしまいやすいという意味で、今では内部が地球ほどには熱くないと思います。

(私は良くわかりません！)



長田哲也さんの講演

佐々木貴教さんへの火星に関する質問

**Q:火星なぜ「火星」という名前になったのですか？**

A:もともと「火星」という言葉は 2000 年前の中国の淮南子に載っており、おそらく中国の五行思想をもとに命名されたのだと思われます。

(これは西村さんに代わりに答えてもらいました)

**Q:火星の1日は何時間ですか？**

A:24 時間半ぐらいです。

(これも西村さんに代わりに答えてもらいました)

**Q:火星に昔水があったとわかったのはなぜですか？**

A:表面に水が流れた跡がたくさんあるからです。また、現在でも地下水が吹き出して流れたと思われる地形（ガリー地形）が観測されたり、探査機が南極の地下に湖が存在していることを明らかにしたりしています。



佐々木貴教さんの講演

**Q:火星の「旋風」が起きる仕組みは？地球とは違うのですか？**

A:地球の旋風と同じです。火星にも薄いとはいえ大気が存在するので、地球と同じように風も吹いています。

**Q:火星の火山は今後また噴火する可能性はありますか？**

A:すでに火星内部の活動はほぼ止まっているので、おそらくありません。

**Q:火星には以前は地球と同じような火成活動があったのですか？**

A:マントル対流や火山の噴火などの火成活動は同じようにありましたが、表面はプレートに覆われているわけではないので、地球のプレートテクトニクスのような活動はなかったと考えられています。

**Q:現在の技術で火星まで行くのにどれくらい時間がかかりますか？**

A:打ち上げ時の地球と火星の位置関係によりませんが、最適なタイミングで行ったとして10ヶ月程度です。

**Q:「火星隕石」はなぜ火星から来たことがわかっているのですか？**

A:理由は2つあります。まず、他のほとんどの隕石は年代が古い(46億年

## 火星大接近天体観望会

程度)が、この隕石は新しく(数億年程度)、最近まで火成活動が行われていた天体、つまり惑星のような大きな天体から飛んできたということ。そして、隕石中に含まれる気体の存在度や希ガスの同位体が、測定された火星大気のものとは一致していること。この2つの証拠から、火星が母天体であると考えられています。

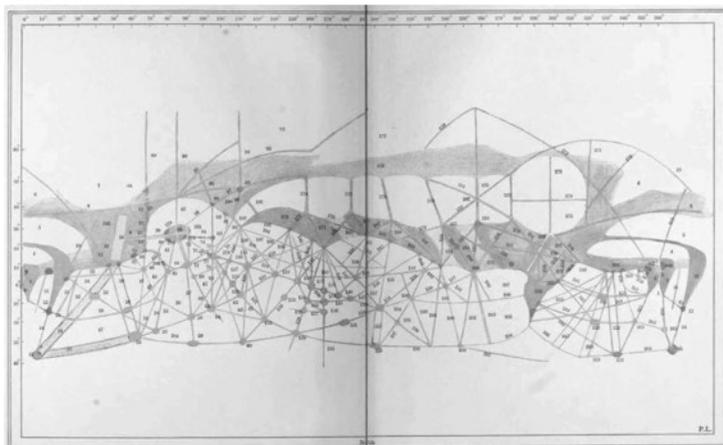
## 火星の運河と火星について

(編集子のコメント)

火星の運河説はイタリアのスキアパレッリ(1835-1910)とフランスのフラマリオン(1842-1925)によって唱えられました。彼らは1874年-1897年の観測の結果、火星表面全体に線状の模様を発見しイタリア語で *canali* (溝水路)と名付けました。しかしこれが英語の *canals* (運河)と翻訳されたことで、*canals* は人工的な地形だという説が生まれることになりました。当時地球ではスエズ運河ができて間もないころだったので、火星人は非常に優れていると信じられました。

それに油を注いだのがアメリカのローウェル(1855-1916)で、私財を投じてアリゾナにローウェル天文台を建設、火星の研究に打ち込み、多数のスケッチを残しました。彼が1895年に出版した著書『火星』に載せた火星マップには184本の運河には番号がふってあります。

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/112100446/?SS=imgview&FD=1425545209>



後世、彼の観測結果はすべて否定されましたが、多くの子どもに夢を与え、その中から現代の天文学者が生まれたと評価することもできるでしょう。

## 初めて生で見た火星の衛星『ダイモス』

### + スマホコリメートの火星

茶木恵子 (NPO 花山星空ネットワーク)

15 年ぶりの大接近で話題となった火星ですが、今年は天候に恵まれなかったり、火星の砂嵐がおさまらなかったりして、イマイチの状況でした。そんな中、百台以上の望遠鏡が集まる信州原村星空祭りが 8 月 3 日～5 日に開催されました。このお祭りには、普段、火星の衛星を撮影されている方（ハンドルネーム：そらさん）も参加されていて、最接近の今なら衛星は 11-12 等級、最大離角がフォボスは 20 秒、ダイモス（デイモス）は 60 秒ほどにもなると教えて戴きました。しかも、丁度、両方とも最大離角の頃（時刻）との事。何とラッキーな！大口径望遠鏡が林立し、口径 50cm 以上だけでも 6-7 台あるこの星まつりなら、見せて戴けるかも、いや、これを逃すと、今後当分（17 年後か一生？）、火星の衛星を見られるチャンスなど、無いかもしれないと思いました。

そばにいらっしやった Ninja500 の Nino さんが、早速乗ってくださり、衛星の位置をそらさんに確認しながらチャレンジしてくださいました。この日の火星は -2.7 等で、明るすぎるので、そのままでは衛星を観るのは厳しいようでした。衛星を見ようと何人かがこの Ninja500 に並び、交代でトライしました。私も覗かせて戴きました。火星を視野から追い出したり入れたりして挑戦しました。火星の視直径が 24 秒で、離角が 60 秒なら、直径の 2-3 倍の辺りを見れば良い筈と探しましたが、かなりの難物ですから、なかなかわかりませんでした。

が、しばらくして、Nino さんが「ダイモス見えた！・・・と思う！」とおっしゃいました。位置を伺ったら、自分が探していた所よりも、もう少し火星に近い位置でした。これを参考に火星を視野から外して観ると、ありましたありました！小さな暗い天体がポチッと見えました。視野を軽く揺らしてみました。間違いありません！チョー感激でした。一度見えると、あとは楽勝です。Nino さんが、「火星本体を入れても見えるよ。」とおっしゃったので、やってみました。火星の端を視野に入れた状態でも、ダイモスが認識できるようになり、むしろ、リムの部分がある方が、位置が相対的になり、見やすいとさえ思いました。とにかく、生のダイモスが見えた事が、嬉しくて嬉しくてたまりませんでした。

一方、ダイモスよりも大きな衛星のフォボスは、最大離角でも火星に近い上、公転周期（7 時間 39 分）が短いので、ダイモスを探している間に、

## 初めて生で見た火星の衛星『ダイモス』

火星に近くなってしまったようで、結局、確認できませんでした。

でも、ダイモスだけで充分すぎるほど、感動でした。ご指南くださり、Ninja500 を覗かせてくださった Nino さんと、位置などをご教示くださった、そらさん他、皆さまに、心から感謝しています。

ありがとうございました。

(機材: Nino さんの Ninja 500 (f1=2250mm) + Ponset Platform  
+ 4xPowerMate+ADC プリズム+Or25mm)

## スマホコリメートの火星

また、翌日には、同じく Nino さんの Ninja500 で火星を見せて戴いたあと、この接眼部に自分のスマホをあてて、火星を撮らせて戴きました。その気になってご覧になれば、ほうら、模様もあるように見えて来るでしょう。(かなり、コントラスト等を触っていぶり出しましたよ。(^^ゞ笑。)

お粗末ですが、お気軽ショットですので、笑ってご覧くださいませ。



データ :  
2018-8/5/ 0:13  
長野県原村にて  
機材:  
Nino さんの  
Ninja 500 (f1=2250mm)  
+ Ponset Platform  
+ 4xPowerMate  
+ ADC プリズム  
+ Or18mm  
+ GalaxySC-01 スマホ  
コントラスト+シャープ  
処理

## 当世竹取物語

清水湧三（JAXA SEL、放送大学教養学部 NPO 花山星空ネットワーク）

花山天文台で開催されている皆既日食観測のときに得られた画像をめぐって、データ解析検討会に参加していたときである。その雑談中、名誉教授の故郷の筍を採りに行こうよとの話が出た。「これは面白そうだ」、もともとアウトドア大好き人間、私も参加したい！

教官学生共々連れ添って研究室を飛び出す、黒河ゼミ（私が勝手にそう呼んでいる。放送大学では無かった形態なので）のエクスカージョン的雰囲気だ。久しぶりの体を動かすのに絶好の季節だ。車に同乗させてもらおうべく永田さんをお願いした。

午前 7 時 30 分に花山天文台集合、途中の地下鉄蹴上駅前で、拾ってもらおう。滋賀県組の山村さん、家邊さんも車で乗り付けてきた。計 4 名なので、車 2 台に分乗して、一路、和歌山県橋本へ向かう。阪神高速京都線から第二京阪道路、新名神、京奈和道路と高速道路を順調に進むが、カーナビは在らぬ方向を指し示し、あらぬ言葉でしゃべり続ける。

まあここは急ぎの旅でもあるまいと持参した無線機 2 台を使い、情報共有でもって、気持ちを落ち着かせる。奈良市内でちょうど朝のラッシュ交通渋滞、待ち合わせ時刻に焦るも、橿原で三重から来る松本さんと合流できた。



京奈和道は対面交通の無料扱いの高速路で、高野口で降りると直ぐに目的地に到着、農地の一角に 3 台駐車した。空が大きく広がった緩やかな高原的な風景が広がり、爽やかな風が流れている。黒河先生の実家で、勝手口から家屋の中に入れて頂いたが、黒光りしている

大きな梁が印象的だ。この地域は日本の中央構造線で活断層があるた

## 当世竹取物語

めか、地震など自然災害に対する備えを考慮した昔の大工の知見や巧みでもって建てられた構造物だ。

安定で重厚感のある佇まいである。今風の生活様式に合うよう室内に手を加えられてはいるが、日本古来の木造建築様式である。築 100 年以上はあるのだろう。

床の間、仏間など何か落ち着く雰囲気のある古い日本家屋の懐かしい空間が広がっていた。釘など金具を使わない木組み構造物で、寺社建築物と同様の工法で建てられているから、長持ちするのだろう。室内の電気配線も碍子のある様式で懐かしい。

いぶし銀瓦葺の表玄関から一步でると右手には天空の聖地、世界遺産高野山が目前に見えるのだ。さらに、左手方向遠方には、修験道のある大峰山系が連なっているのが遠望できる。かつて縦走登山をしたことのある山容は西側からはかなり違って見えた。

そして付近はあたり一面に放置農地と思しきが広がっている。その一角



に立派な孟宗竹の竹林があった。

普通はこの時期、竹林に立ち入ることを憚られるのだが、今日は堂々と車を横付け、立ち入り禁止の標識も押し退けて、その出で立ちも、鋤、鎌、鋸を携え、長靴姿は、いっばしの農夫姿である。ご近所さんの情報では、今年はどうも不作の年らしい。いわゆる筍農家による竹林ではないので、普段の手入れ作業が無いこともあって、高さ 20m 近くあるいわば野生味たっぷり孟宗竹だ。直径も 20cm 近くある。この太さなら、さもありません、ひょっとしたら「かぐや姫が・・・」

鶯の囀りの中、竹林の中で光り輝く竹を見つけるべく探すもなかなか見当たらないが、静かに風が流れる心地よい竹林の散策もいいものだ。



竹林に踏み込み、穂が僅かに地表に出ている若竹を見つけるのに先ず一苦労だ。かたや地主さんかというと、いとも簡単に見つけ出し、鍬を振るって掘り出すその素早さには到底かなわない。ここはやはりなんといっても幼少の頃からの経験がものを言うのだ。

やっと見つけても、土が硬く、地下茎も竹の根が絡まってなかなか掘り出せない。

京都西山近郊で見られるような筍農地の様なふかふか状態ではない。俄か農夫の振り下ろした鍬の先は、見事、目標をはずれ斜めに食い込ませてしまっていた。商品価値が無いものになったが、見てくれよりここは中身だと言いつつ。

うろうろと竹の子を探しているうちに突然、切り立った崖上に出た。高度差5～6m以上もあるだろうか。一步滑ったら転落、大怪我しそう。断層の痕跡と思われる断層崖に出くわした。かなり急峻で高さ約5mはあるだろう。前日の雨のせいか、滝のように水が染み出していた。

「地震の際には竹藪に逃げろっ」て「言い伝え」があるように、土地地盤

安定に繋がる竹を植えられるのかも知れない。

採りたて竹の子を早速に食したのは言うまでも無い。先ずは「竹の子刺身」をほうばる。

そして次は生をオーブントースターに入れて、「焼き竹の子」、さらに、米ぬかを投入してアクを抜き「竹の子ご飯」、わかめと炊いて



「若竹煮」と、そして「天ぷら」と竹の子が主材の竹の子料理が食卓に続いた。つい先ほどまで自生していた竹の子が、こんなにおいしいものなのか、新鮮さが命だと再認識した次第である。

## 星の第二の人生 ～超新星からブラックホール～

川中 宣太 (京都大学)

### 1. はじめに

最も身近な恒星である太陽、ベテルギウスやシリウスなどの星座に含まれる星たち、天の川を構成する無数の星、これらはすべて「生きている星」です。星が「生きている」とは、星の内部で原子核と原子核がぶつかってより重い原子核を作る核融合反応によって、エネルギーが絶えず生成されている状態です。星は非常に質量が大きいので自らの重力で内側に潰れないように内側から支える力が必要です。核融合反応で作られたエネルギーの一部は光となって星の外に出ていきますが、一方で星の内部の温度を上げ強い圧力を生み出すのにも使われます。星はこの圧力によって自己の重力を内側から押し返し、形を保っているのです。

しかし、この星内部での核融合反応は永久には続きません。たとえば星があまり重くない(太陽質量の8倍以下)と星内部の密度は核融合反応の継続に必要な高い密度を保てなくなります。逆に重い星(太陽質量の8倍以上)だと内部の密度が高いため核融合によって次々に重い原子核を作り続けられるのですが、それも鉄の原子核まで作るとストップしてしまうことが分かっています。いずれの場合でも核融合反応は終わり、星が輝いたり重力で潰れないように支えたりするためのエネルギーを供給できないこととなります。このとき、星は一旦その一生を終えることとなります。

では、そうなった星はただ消えゆくのみなのかというと、そうではありません。実は核融合反応を終えた星は**高密度天体**として第二の人生を歩むことが分かっています。そしてこの高密度天体は通常の星よりもさらに多様で派手な振る舞いを示すことが知られており、その仕組みについては今でも謎が多く残っています。本稿ではこの高密度天体についてこれまでに何が分かっているのか、どのような謎が残されているのかについて紹介していこうと思います。

### 2. 白色矮星 -軽い星の最期-

まず、軽い星(太陽質量の8倍以下)が核融合反応を終えた後についてお話ししましょう。上にも述べたように軽い星は内部の密度があまり高くないため、ある程度以上核融合反応を続けることができなくなります。すると圧力が保てな

いので星の中心部分は重力によって潰れ、最終的に 1 立方センチメートル（角砂糖程度）あたり約 1 トンという大変な高密度になります。これが**白色矮星**と呼ばれる、高密度天体の一種です。白色矮星では核融合反応はもはや起こらず、エネルギー生成によって圧力を作ることはできません。しかし、高密度な環境では電子の縮退圧という力が生じ、これによって重力で潰れようとするのを支えることができます。冬の星座であるおおいぬ座にシリウスという夜空で最も明るい恒星がありますが、そのシリウスとお互いの重力で引き合っペア（連星）を組んでいるシリウス B という天体は実はこの白色矮星であることが分かっています。

しかし、実はこの白色矮星の質量には限界があります。インド人の天文学者チャンドラセカールは、電子の縮退圧では太陽質量の 1.4 倍以上重い白色矮星を支えることはできないことを証明しました。すなわち、これより重い白色矮星は自重で潰れてさらに高密度になるのを留めることができないことが分かったのです。このチャンドラセカールの理論的発見は後に説明するブラックホールという天体の存在について決定的な役割を果たすこととなりますが、それについてはもう少しあとで述べることにします。

白色矮星はチャンドラセカール限界質量を超えない限りは基本的に電子の縮退圧で安定的に形を保つことができますが、何かの拍子に外部から質量を獲得し限界質量を超えてしまうと、上に述べたように自らの重力で潰れます。その際、中心部分で核融合が暴走的に進み一気にエネルギーが解放された結果、白色矮星全体が吹き飛ぶ大爆発を起こします。これが **Ia 型超新星**と呼ばれる現象です。**Ia 型超新星**は白色矮星が限界質量を超えたタイミングで起こるので、その最大光度がどれもほぼ同じくらいになります。したがって観測で得られた明るさからその **Ia 型超新星**（とそれを含む銀河）までの距離を推定することができます。このようにして沢山の銀河までの距離を測定することにより、宇宙が過去から現在にかけてどのように膨張してきたかを知ることができます。2つの研究チームがこのような大規模な **Ia 型超新星**の観測を独立に行った結果、宇宙の膨張速度は昔に比べて加速しているという、それまでの定説を大きく覆す結論を発表しました。この成果は 2011 年のノーベル物理学賞の対象となりました。しかし、このように宇宙の歴史を探る道具として用いられる **Ia 型超新星**ですが、どのようにして爆発するのかは未だに分かっていません。白色矮星に隣の星からガスが流れ込むことによって限界質量を超えるという説（図 1）と、別の白色矮星と衝突合体することで限界質量を超えるという説の 2 種類が議論されていますが、いずれも決定的な証拠はなく、今も論争が続いているところです。

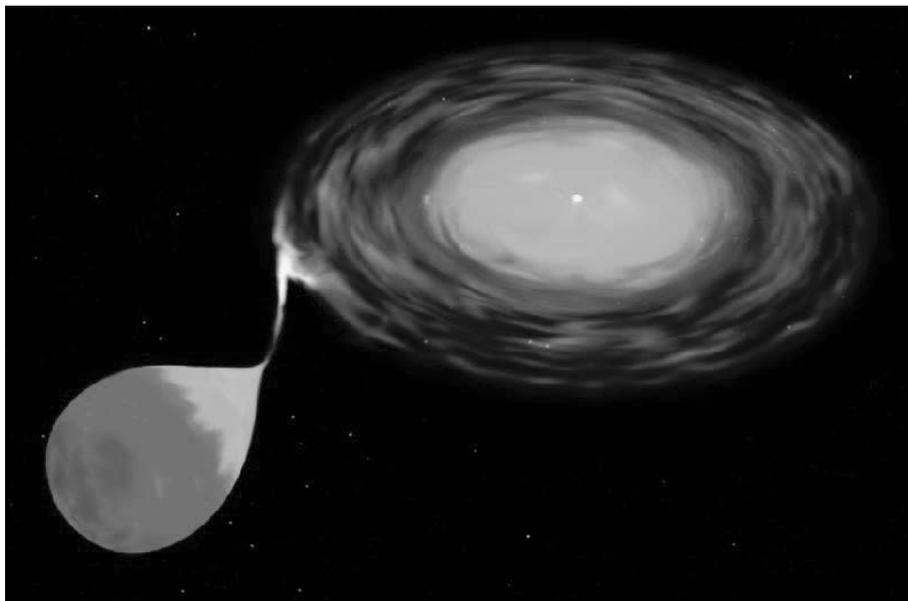


図 1：白色矮星（右上）に隣の星（左下）からガスが流れ込んでいる様子。Ia 型超新星爆発はこのようにして起こるのかもしれない（© NASA）。

### 3. 中性子星とブラックホール -重い星の最期-

既に述べたように重い星の内部では核融合反応が鉄の原子核を作るところまででストップし、その結果やはり圧力が保てなくなって自らの重力で潰れ始めます。このとき、中心核ではガンマ線によって鉄の原子核が分解されるという反応が起き、その結果急激に圧力を失って重力崩壊を起こします。一方、星の外層ガスは中心に向かって落下し、中心核とぶつかって跳ね返ることによって衝撃波を形成します。この衝撃波が外側に向かって伝播することによって外層全体が吹き飛ぶ大爆発が起こります。これが**重力崩壊型超新星爆発**です。

Ia 型超新星爆発と同じく「超新星」という名前がついている重力崩壊型超新星爆発ですが、その爆発に至る過程は星の最期という点を除いて大きく異なります。まず重力崩壊型の方は Ia 型と違ってある程度重い星でなければ起こりません。また、白色矮星の限界質量とは関係なく起こる現象なので、その明るさもまちまちです。さらに、Ia 型は爆発で白色矮星全体が吹き飛ぶので後には何も残りませんが、重力崩壊型では爆発後に圧縮された中心核が残ります。これが**中性子星**ま

たはブラックホールです。

### 3.1. 中性子星

**中性子星**は、主に中性子という電氣的に中性の粒子で構成されている高密度天体で、太陽質量の 8 倍から 20 倍程度の星が重力崩壊型超新星爆発を起こした後に形成されます。質量は太陽と同程度ですが、その半径は約 10km 程度と非常にコンパクトです。したがって密度は白色矮星よりもさらにとんでもなく高く、1 立方センチメートルあたりで数億トンにもなります。

中性子星を重力から支えているのは中性子の縮退圧と核力（陽子や中性子といった原子核を構成する粒子の間に働く力）です。そして、白色矮星と同様、この中性子星の質量にもやはり限界があります。この限界質量はチャンドラセカールの理論と似た計算で導かれ、太陽質量の 2 倍から 3 倍程度だとされています。

この中性子星はどのような形で観測されているのでしょうか。今から約 50 年前、ケンブリッジ大学のヒューイッシュ教授と大学院生のベルが、ある天体から周期が非常に規則正しい電波パルスがやってくるのを発見しました。発見当初は地球外知的生命体からのメッセージかとも考えられましたが、後にその正体は高速回転する中性子星であると結論づけられました。中性子星は強い磁気を持っており、その磁極（棒磁石の N 極と S 極にあたるもの）の付近から電波が放出されていると考え、回転に伴って地球からその電波を周期的に観測できることになり、規則正しい電波パルスが説明できることになります。以降、電波だけでなく X 線やガンマ線といった様々な波長の電磁波でパルサーが発見されており、現在その発見数は 2500 個以上にのぼっています。

またパルサーはその強い磁気によって周囲に高温ガス（プラズマ）をまとめることが分かっています。このプラズマはパルサーの回転遠心力によってパルサー風という速い流れとなって吹き飛ばされ、外のガスとの相互作用によって明るく輝きこれがパルサー風星雲と呼ばれる天体です。

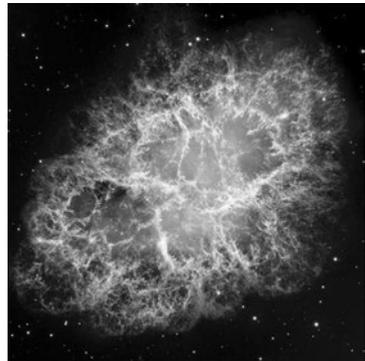


図 2：ハッブル宇宙望遠鏡により撮影されたかに星雲の可視光線による画像

代表的なパルサー風星雲としてはおうし座にあるかに星雲（図2）が挙げられます。かに星雲は1054年に爆発した重力崩壊型超新星の残骸ですが、その中心にはパルサーとパルサー風星雲が存在することが分かっており、その形成や放射のメカニズムを探るために今でも電波やX線、ガンマ線による観測的研究が続けられています。

### 3.2. ブラックホール

さて、既に述べたように白色矮星には太陽質量の1.4倍という限界質量があり、さらに中性子星にもそれより少し大きい太陽質量の2.3倍という限界質量がありました。しかし、ある程度重い星（太陽質量の20倍以上）だと、中心核はこれらの限界質量を軽々と超えてしまいます。すると中心核はどうなるのでしょうか。もう何も自らの重力を支えてくれるものはありません。なので、中心核はどこまでも収縮しコンパクトになってしまいます。実はこれが、**ブラックホール**が誕生する過程なのです。

ブラックホールとはひとことで言うと、重力があまりに強いために光すら逃げ出すことのできない天体です。分かりやすくするために、地上から宇宙に向かってロケットを発射することを考えてみましょう。打ち上げる速度があまりに小さいと、ロケットは地球の重力を振り切ることができず、放っておくと地上に落ちてきてしまいます。地球の重力を振り切ってロケットを宇宙空間に飛ばすためには、最低でも秒速11km程度の速度で打ち上げる必要があります。この速度を脱出速度と呼びます。脱出速度は重力が強ければ強いほど大きくなることはお分かりになると思います。天体の重力を強くする方法の一つは天体のサイズを変えずに質量を大きくすること、もう一つは天体の質量はそのままにしてサイズを小さくすることです。つまり、地球の質量を変えずに何らかの方法でぐっと圧縮すれば、原理的には脱出速度はどんどん大きくなるわけです。このような思考実験は、18世紀ごろから既に提唱されていました。フランスの数学者・物理学者ラプラスは、天体の質量が十分大きく、同時にそのサイズが十分小さくなれば、その脱出速度はこの世で最も速い光の速度すら超えるだろう、と考えました。しかし、そのような状況は実際にはありえないだろうと多くの人が考えていました。たとえば地球からの脱出速度を光速にしようと思えば、地球を半径1cmにまで縮めなければいけないのです。

より近代的なブラックホールの考え方は20世紀に提唱されました。まず1915年にユダヤ人の物理学者アインシュタインが「一般相対性理論」を発表します。

この理論は「時空は物質の存在によって歪み、粒子や光はその歪んだ空間に沿って運動する」などといった形で重力の働きを理解しようとするものであり、それまで時空と物質とが独立に考えられていたニュートンの理論とは全く異なるものでした。その翌年、ドイツ人物理学者シュヴァルツシルトがこの一般相対性理論の骨子であるアインシュタイン方程式の一つの解を導きました。この解は、天体周辺の重力場を記述できるもので、特に遠方の重力の強さはニュートンの理論とよく一致した結果をもたらすことが分かりました。しかし、天体にある程度近くなると光すらも抜け出せなくなる領域が現れることも分かりました。すなわち、一般相対性理論においても、ラプラスの考えたような光でも脱出できなくなる状況が原理的に起こり得るということが明らかになったのです。しかし、通常の天体ではそのような領域は天体そのものの大きさよりも小さくなるので、実際の宇宙で現れることはないだろう、と多くの人が（アインシュタインも含めて）考えていました。

ところが、ここでチャンドラセカールの研究が現れて状況が変わるのです。彼の白色矮星の理論（およびそれを一部応用した中性子星の理論）によると、ある程度重い星の最終状態は縮退圧で自らの重力を支えきれずどこまでも小さく潰れてしまう、といったものでした。するとラプラスやシュヴァルツシルトの考えたような、光でも脱出できなくなる領域が現れてしまうこととなります。つまり、極端な状況を考えなくても太陽の 20 倍程度の星があれば最終的には光すらも抜け出せない天体、ブラックホールを形成してしまうだろうということが理論的に証明されたことになるのです。チャンドラセカールの主張は当初は師匠であるエディントンに厳しく批判されるなどなかなか受け入れられませんでした。今では星の一生を記述するための基本的な理論として確立しています。

さて、理論的にブラックホールは存在すると分かったわけですが、観測的にその存在が明らかになったのはいつでしょう。これには、1970 年代から本格的に発展した X 線天文学が大きな役割を果たしています。X 線は地球大気で吸収されてしまうため、その観測には人工衛星を用います。1971 年、日本の小田稔らは人工衛星 Uhuru (ウフル) によってはくちょう座にある明るい X 線天体 Cygnus X-1 (シグナスエックスワン) を観測し、その X 線光度が短時間の間に激しく変動していることを発見しました。この短時間変動は、光っている領域が非常にコンパクトな天体であるからだと考えた小田らは、論文で「Cygnus X-1 はブラックホールかもしれない」と述べました。これが天文観測の論文で「ブラックホール」という用語が使われた最初の例です。後の研究で Cygnus X-1 がブラックホ

ールであることはほぼ間違いないとされています。

ブラックホールが X 線を放射する、と聞くと「ブラックホールからは光すらも脱出できないはずなのに、なぜ…?」とお思いになるかもしれません。もちろんブラックホールそのものから X 線が出てくるわけではありません。X 線を出しているのはブラックホールの重力に引かれて落下したガスです。落下してきたガスは、ブラックホールの周囲をぐるぐる回転しながら平べったい円盤を形成します(図 3)。これを**降着円盤**と呼びます。降着円盤ではガスが高速で動いているので、隣り合ったガスがお互いに摩擦を与えることによって非常に高温まで加熱します。小さい頃、公園にある滑り台で高いところから一気に滑り降りるとお尻が擦れて熱くなった、などという経験がある方も多いと思いますが、降着円盤が高温になるのも同じ原理です。ガスがブラックホールの重力に引かれて落ちるのは、高いところから低いところに物が落ちるのと似ています。この落ちる勢いを熱のエネルギーに変え、さらにそれを光のエネルギーに変えることで、降着円盤は X 線で明るく輝くことができるのです。このようなエネルギー生成は生きている星の中の核融合反応よりも遥かに効率が良く、ブラックホールのコンパクトさと重力の強さのみが成し得る激しい振る舞いと言えます。

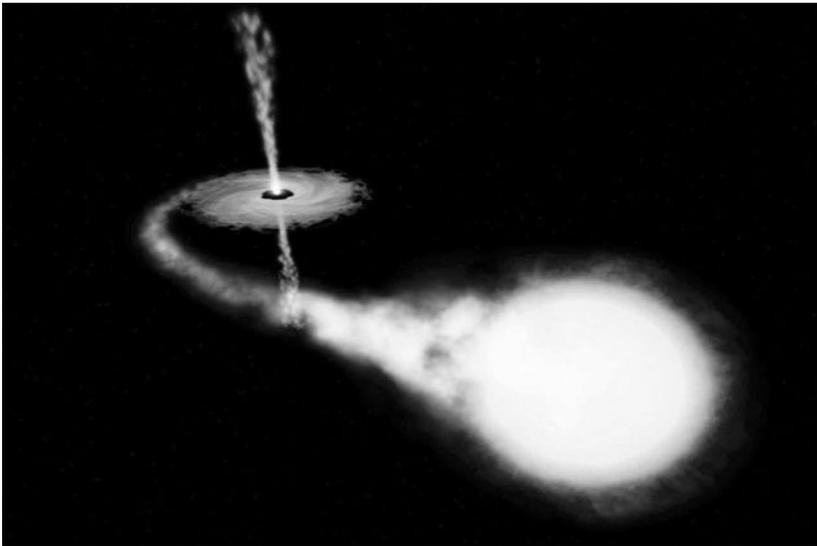


図 3: ブラックホール(左)に隣の星(右)からガスが流入して降着円盤が形成されている様子の想像図。降着円盤からは双方向にジェットが噴出することもある(画像はWikipediaより引用)。

### 3.3. 超大質量ブラックホール

Cygnus X-1 は太陽質量の 15 倍程度のブラックホールが連星を組んでいる相手の星からガスを吸い込んで降着円盤を形成している、と考えられています。この程度の質量のブラックホールならば、星が一生を終えて形成したと考えて不思議はありません。しかし、宇宙にはさらに巨大なブラックホールが多く存在することが分かっています。それが、ほぼ全て銀河の中心にあると言われている**超大質量ブラックホール**です。その質量は太陽の 100 万倍から 10 億倍にもなると言われています。このようなブラックホールの存在は、星とも星間ガスとも星間塵とも異なるタイプの莫大な放射を示す銀河、**活動銀河**の振る舞いを説明するために理論天文学者によって導入されました。このモデルでもやはり、放射の起源はブラックホールを取り巻く降着円盤だと考えられています。さらに、活動銀河の中には**ジェット**と呼ばれる高速のエネルギー噴出を起こしているものも数多く存在し、その駆動メカニズムにも降着円盤が関係していると信じられています。我々の棲む天の川銀河の中心にも太陽の 400 万倍程度の質量をもつブラックホールがあると言われていますが、降着するガスの量が非常に少ないため、活動銀河のような激しい振る舞いをしていないのだと思われています。

では、ここまで巨大なブラックホールはどのようにして形成されたのでしょうか。この問題は長らく天文学者の頭を悩ませており、今でもその謎は解けていません。何しろ、星が一生を終えた後に中心核として残ったと考えるにはあまりに大きすぎるのです。そうすると残された道としては、ブラックホールに大量のガスが落ち込んで質量を獲得するか、星が最期に作ったブラックホールを次々に合体させて大きなブラックホールに成長させたかのいずれかだと考えられます（もちろん両方の過程が働いている可能性もあります）。前者の説ならば、宇宙のどこかにそれだけ大量のガスを降着させて非常に明るく輝いている活動銀河があるはずなので、それを見つければ大きな証拠になります。後者ならば、ブラックホールが合体する瞬間、もしくは合体直前のブラックホールのペアを観測で見つけることによって、説をサポートする有力な手がかりを得ることができるでしょう。

### 4. 高密度天体の観測方法

さて、ここまでのお話で、星は核融合反応によるエネルギー生成をやめたあと、白色矮星・中性子星・ブラックホールといった高密度天体に姿を変えて第二の人生を送るといふこと、それらの天体は超新星爆発やパルサー、降着円盤などといった形で生きている星には見られないような激しい振る舞いを示すといふ

ことがお分かりいただけたかと思います。しかし、超新星爆発のメカニズムや、パルサーの物理モデル、ブラックホールの形成過程にはまだまだ謎が残されています。これを解き明かすために、現代の天文学者は様々な観測手段を用いて高密度天体を調べています。

### 4.1. 電磁波

最も基本となるのは、電磁波観測です。電磁波とは光のより一般的な呼び方で、人間の目に見える可視光線の他にも、電波・赤外線・紫外線・X線・ガンマ線といった様々な種類があります。そして高密度天体は、これら多様な電磁波の観測によって初めてその振る舞いが明らかになるのです。たとえば超新星爆発はすばる望遠鏡をはじめとした可視・赤外による観測が進められていますし、パルサーは既に述べたようにものによっては電波、X線、もしくはガンマ線でパルスを示すもの、パルサー風星雲として輝くものが多く存在します。また、ブラックホールは上に述べたようにX線天文学によりその理解が大きく進展しました。現在ではX線だけでなく、電波やガンマ線によってブラックホール降着円盤から噴出するジェットが調べられたりしています。

### 4.2. 宇宙線

さらに、観測手段は電磁波のみにとどまりません。宇宙には電磁波以外にもさまざまな粒子・波が飛び交っており、それぞれ独自の情報をもって地球にも降り注いでいるのです。たとえば宇宙には**宇宙線**（宇宙船の誤植ではありません）という、光速に近いスピードで飛んでいる粒子（主に原子核や電子）がたくさん存在することが100年以上前から分かっています。この宇宙線の起源は未だに謎が多いのですが、最も有力な候補は超新星爆発だとされています。超新星爆発では星の外層ガスが高速で星間空間に吹き飛びますが、その際に形成される衝撃波のエネルギーの一部が宇宙線となって星間空間にばら撒かれる、と多くの物理学者は考えています。したがって、宇宙線の観測を通じて、超新星爆発のメカニズムやその周辺環境に関する情報を探れる可能性があります。宇宙線の観測は人工衛星や国際宇宙ステーション、または地上に設置された巨大観測施設によって現在も精力的に行われています。

### 4.3. ニュートリノ

ニュートリノも最近注目を集めている観測手段の一つです。ニュートリノとは、陽子や原子核が電子を捕獲して中性子や別の原子核になるなどの反応が起きたときに生成される、電気的に中性な粒子です。このニュートリノは非常に他の物質と相互作用しにくく、何か障害物があっても簡単にすり抜けていってしまいます。そのため、観測でとらえるのは非常に難しいのですが、それを見事なしとげたのが 2002 年にノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊さんらです。小柴さんの実験チームでは、岐阜県の神岡鉱山の地下に作られた深さ 16m の巨大な水タンクをもつカミオカンデという装置を用い、1987 年に大マゼラン銀河で起こった重力崩壊型超新星爆発 (SN1987A という名前がついています) で放射されたニュートリノを検出しました。これにより、重力崩壊型超新星の爆発機構にはニュートリノが大きく関わっていることが証明されました。これはまさしくニュートリノによって宇宙の現象を調べるニュートリノ天文学の誕生の瞬間であったと言えます。

また、こうした超新星爆発由来のニュートリノの 100 万倍から 10 億倍のエネルギーをもつ高エネルギーニュートリノの観測も近年盛んに行われています。このようなニュートリノは上に述べた宇宙線の生成に伴って作られると考えられており、したがって宇宙線の形成過程やその歴史を紐解くのに重要な観測手段であるといえます。このようなニュートリノを観測するにはカミオカンデやその後継装置であるスーパーカミオカンデ (深さ 41m) では不可能です。そこで物理学者たちは南極に穴をほって検出器を埋め込み、南極の氷を使ってニュートリノを観測するという手段を思いつきました。これがアイスキューブ実験です。アイスキューブの深さはカミオカンデなどとは桁違いでおよそ 2500m にもなり、使う氷の容積もスーパーカミオカンデの水タンクの約 2 万倍という凄まじく巨大な装置です。このアイスキューブは 2013 年に初めてニュートリノをとらえることに成功し、ここから高エネルギーニュートリノ天文学が本格的に幕を開けました。また、2017 年には TXS 0506+056 という活動銀河が増光するのとほぼ同時に高エネルギーニュートリノが 1 個検出され、「高エネルギーニュートリノの起源が初めて明らかになったかもしれない」と業界内の大ニュースになりました。実際にこのニュートリノがどの天体からやってきたのかについては今も多くの議論がなされていますが、今後の継続した観測によって次第に明らかになるものと期待されています。

#### 4.4. 重力波

最後に、今最も話題になっている宇宙の観測手段、**重力波**についてお話ししましょう。重力波とは、一般相対性理論を提唱したアインシュタインによって 1916 年にその存在が予言された、時空の歪みが波となって伝わる現象です。ブラックホールの説明の際にも述べましたが、一般相対性理論の基本的な考え方は、重力とは物質が存在することによって生じる時空の歪みである、とするものです。ここからさらに考察を進めることにより、物質が激しく動くと共にそれに伴って時空の歪みも激しく変化し、さらにその時空の歪みは物質から離れたところまで波として光速で伝わっていくことが示されます。これが重力波です。重力波は質量が大きい物質がより高速で運動することで、より強くなると考えられます。つまりもし地球で時空の歪みを検出することができれば、それは宇宙のどこかで巨大質量のものが激しく動いた名残である、と推定できるわけです。したがって重力波観測は、高密度天体が関わる現象を調べるのにつけてであると言えます。これを天文学の研究に応用しないわけにはいきません。

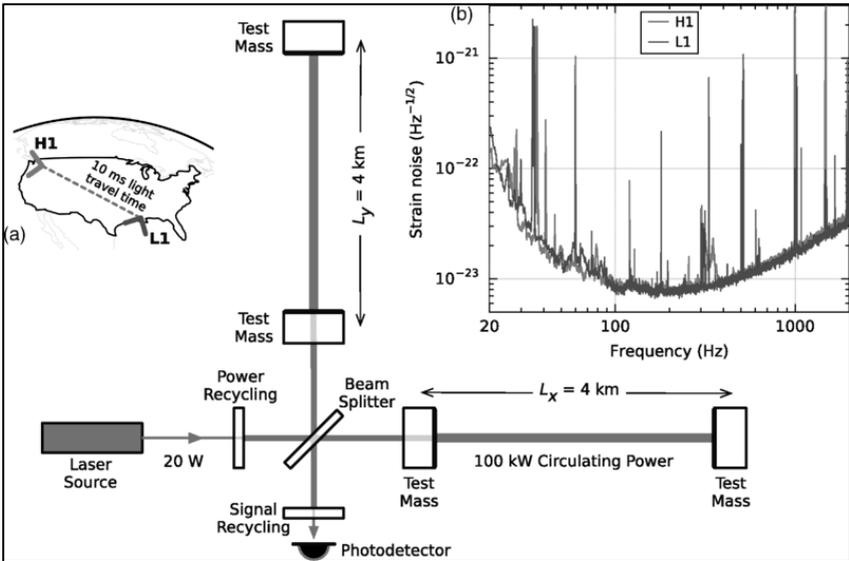


図 4: 重力波干渉計 LIGO の概念図。左下の Laser Source から打ち出されたレーザー光が中央の Beam Splitter で分割され、互いに垂直な 2 方向をそれぞれ鏡を用いて往復したのち再び合流して、中央下の photodetector によって両者の差分が測られる (Wikipedia より)。

では重力波はどのようにして観測することができるのでしょうか。これにはマイケルソン干渉計というものを使います。マイケルソン干渉計では強力な 1 本のレーザー光を分割し、互いに垂直な 2 方向に走らせ鏡を用いて往復させます。もし時空が全く歪んでいなければ、2 本のレーザー光は全く同じタイミングで合流するはずですが、しかし、重力波がこの干渉計を通過すれば、2 方向の距離に差異が生じ、その結果 2 本のレーザー光が戻ってくるタイミングが少しずれます。このずれを検出することで重力波の到来を知ろう、というのが現在の重力波観測の基本的な手法です。現在、世界にはアメリカの LIGO (ライゴ) という実験プロジェクトがワシントン州のハンフォードとルイジアナ州のリビングストンにそれぞれ 1 台ずつ干渉計を稼働させているほか、ヨーロッパではイタリアのピサに VIRGO (ヴァーゴまたはヴィルゴ) という干渉計が動いています。これに加え、日本でも岐阜県の神岡鉱山の地下に KAGRA (かぐら) という干渉計が建設されており、2019 年の観測開始を目指しているところです。

そして、アインシュタインの予言から 100 年が経とうとしていた 2015 年 9 月 14 日、ついにその時は訪れました。当時唯一稼働していた LIGO が、世界で初めて宇宙からやってきた重力波を捉えたのです。この成果は 2016 年 2 月に公式に発表され、世界中の物理学者・天文学者からの興奮と称賛をもって迎えられました。この重力波は地球から約 13 億光年離れた場所で、太陽質量の 30 倍程度の大きさのブラックホール 2 個が合体することによって放射されたものと推定されています。これにより、ブラックホールが一般相対性理論によって記述される天体であることが証明されたわけです。また、このブラックホールの質量の大きさも話題になりました。質量が太陽の約 30 倍ということは、その元となる星の質量もかなり大きい必要があります。実は宇宙が誕生して間もないころに形成された星は、今の宇宙でできるよりもずっと質量が大きかったと考えられており、今回見つかったブラックホールは、そんな宇宙初期にできた星が一生を終えた姿だったのではないかと、という説も提唱されています。いずれにせよ、この重力波の発見は物理学上の大きな進歩であっただけでなく、天体現象を調べるためのツールともなりうることも証明されたわけで、まさにこの瞬間に**重力波天文学**が始まったと言えます。この功績により、LIGO の設立メンバーであるワイズ、バリッシュ、ソーンは 2017 年にノーベル物理学賞を受賞しました。

そしてその 2017 年に、もう 1 つ重力波天文学の大きな進展がありました。2017 年 8 月 17 日、今度は LIGO と VIRGO によって、中性子星同士の合体による重力波が初めて捉えられたのです。さらに、この合体に伴って放射された可

視光・赤外線・ガンマ線などの多様な電磁波が、多くの望遠鏡で観測されたのです。この重力波と電磁波の同時観測・追観測には非常に重要な意義があります。まず、重力波観測だけではこのような高密度天体の合体が宇宙のどこにあるどの銀河で起こったのかがさっぱり分かりません。その点、電磁波の観測ならとても良い精度で位置決定ができるため、どの銀河で合体が起こったかはもちろん、その銀河内のどの場所で合体したのかまで正確に知ることができるのです。そして今回さらに分かった興味深い事実は、この中性子星合体に伴って金やプラチナ、レアアースといった大量の重元素が合成され、宇宙空間にばら撒かれたということです。これは電磁波観測のうち特に可視光線・赤外線の光度変化の解析によって分かったことで、その量は実に地球 10000 個分もの質量であったと推定されます。既に述べたように、星の内部の核融合反応ではせいぜい鉄までしか合成できないことが知られており、それより重い元素の起源ははっきりとは分かっていませんでした。今回の発見で、その起源の少なくとも一部はこのような中性子星合体だったという証拠が得られたこととなります。このように、重力波と電磁波という異なる観測手段を組み合わせることによって、天体に関する情報をより多く引き出そうという試みは近年加速しています。さらに宇宙線やニュートリノの観測も組み合わせれば、その天体でどのような物理過程が働いているのかがより詳細に分かると期待されます。このような手法は**マルチメッセンジャー天文学**と呼ばれ、今後の天文学研究を象徴する大きな流れになると多くの天文学者は考えています。

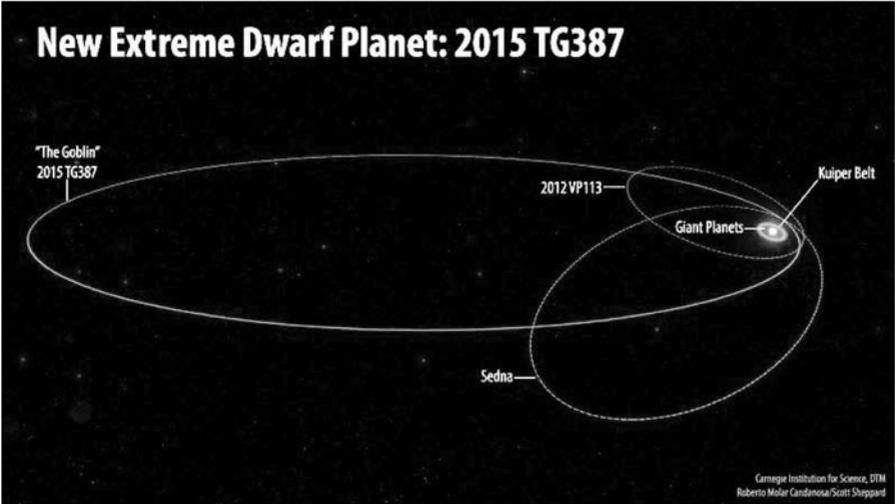
## 5. おわりに

天文学の主なターゲットは、太陽のような恒星やその集まりである銀河と思われがちです。しかし、それら恒星が一生を終えた後に残る高密度天体はより多様で激しい活動を見せており、その詳細は今も謎に包まれています。今や人類は、電波からガンマ線まで幅広い範囲にわたる電磁波に加え、宇宙線、ニュートリノ、さらには重力波と、実に多様な観測手段を獲得しました。これらを駆使したマルチメッセンジャー天文学により、今後 10 年 20 年で高密度天体の理解は一気に進むと期待されています。星の第二の人生を追う天文学者の奮闘に、これからもご注目ください。

以上は去る 6 月 10 日に行われた第 21 回講演会で話された内容に多少追加されたものです。(編集子)

## 速報：待望の惑星 X の発見か？

作花一志（京都情報大学院大学）



### 速報

太陽系には海王星よりも遠い軌道を公転しているとされる「惑星 X」と呼ばれる未知の天体があると考えられ、惑星 X を探す試みは今も世界中の天文学者によって行われています。その探査中に Scott Sheppard さんたちの研究チームが、すばる望遠鏡による観測から、太陽系の彼方の天体「2015 TG387」（愛称；ゴブリン）を発見しました。直径約 300km ほどの小天体とみられ、これまで太陽系のさいはて天体といわれた 2012 VP113 やセドナよりもはるかに遠く、公転周期は 3 万年以上と計算されています。太陽系の外縁部にはゴブリンのような小天体はたくさんありそうです。惑星 X はゴブリンなのか、それとももっと遠方に潜んでいるさらに大きな惑星なのかまだまだ探索は続きます。

上図の最も大きい楕円がゴブリンの軌道です。詳しくはアストロアーツのページをご覧ください。

[http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10209\\_2015tg387](http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10209_2015tg387)

## 記紀神話に見られる星の神々 (3) フツという名前

西村 昌能 (NPO 花山星空ネットワーク)

### はじめに

前回は、「フツ」と「ツツ」が星の神様である可能性を見つけたというお話をしました。それには火の神「カグツチ」が大いに関係し、「燧石」や木をこすりつける「摩擦式火起こし」の起源譚であることを紹介しました。「ツツ」は火とたいへん深い関係を持っていたのでした。今回は「フツ」の名前を探って行きたいと思います。

### 経津主神の発見

私が記紀に興味を抱いて読んで来たのは、「ツツ」という言葉に大きな興味を持ったことに始まります。「ツツ」が星と関係があるのでは無いか、と疑ったからです。古事記・日本書紀などは文庫本で販売されていますから、通勤途中でも電車の中で読めます。私の記紀の読み方はそのようにして、少しの時間でも書き下し文と漢文体の部分、注釈、補注を読んで、おや？と思う部分に付箋を付けて行くことから始まりました。この時は「ツツ」が記紀のどの部分に見つかるかが読本のテーマでした。そんな風読み始めて、すぐに経津主神のところでは何か既視感(デジャブ)めいたものを感じたのです。「フツ」とよく似た語感の言葉を知っていたからでした。

それは、2001年8月、天文教育普及研究会(現一般社団法人日本天文教育普及研究会)のメーリングリストに山形大学の柴田晋平さんが☆型の由来を尋ねられたことには始まります。約1月間、様々な投稿があり、その投稿を私がまとめることになったのです。その中でどの国・地域で星が何と言われているか、私は興味を抱いて単語調べをしたのでした[1]。

### 北方東ユーラシアの言葉

そのやりとりで、面白いことが分かってきました。表1は日本海を隔てた北方東ユーラシアの少数民族の言語、アルタイ語族のツングースの言語で現在話されている星を各言語でどのように表現しているかを辞書などから集めたものです。ツングース民族は、今から2000年~3,000前に東アジアに拡がったと言われています。これらの現代の言語から古代に話されていたと考えられた復元した言語は原始ツングース語“xosikta”となります(\*が付くのは、復元された原始単語を表す)。これらの言語をよく見て

みると星を表すのに日本語の「ほし」とよく似た単語 “posin” “hosin” “posikta” “posekta” “xosikta” が使用されていました。これらの単語には P-S・、H-S・、X-S-の構造が見られます。朝鮮語も併せて表記してありますが、これにも P がみつかります。

現代日本語の「ほし」によく似たこれらの単語は現代人の話す言葉ですが、古代日本語では、「ほし」は “\*putsi”、奈良時代では、“\*fusi” と復元されていますので、たいへん良く似ているとも思えます。現代の八重山諸島でも、宮古諸島の来間島で “pusu”、石垣島で “husu”、「プシー」という言葉を採用したこともあります。秋田県の若者の聞いたほしは「ほす」 “hosu” でしたし、テレビの「新婚さんいらっしゃい」で聞いた山形の青年は星を「ほす」 “hosu” と言っていました。

表 1 東ユーラシア ツングース語派の少数言語の星[1]を拡充したもので、文献は[1]を参照のこと。同じ言語が並んでいるのは、複数の辞書を見たからです。

朝鮮語	pjel
原始朝鮮-日本語	*pYesyi
満州語	ushiha
ナナイ(ゴールド)語	poul
ナナイ(ゴールド)語	posin
ナナイ(ゴールド)語	purrakta
アムール・ツングース語	faula
コンドギル・ツングース語	xoglen
ウイリイ・ツングース語	hogolan
カンガゼン語	howlyn, yuiyn
ソロン語	osikta
エベンキ語	hosin
エベンキ(ツングース)語	posikta
オロチ語(ツングース)語	posikta
オロッコ語	posekta
オロッコ語	Hosyekta
ウイльта語(オロッコ語)	unigeri / Xosikta
ツングース語基本形	xosikta

また、北米のネイティブアメリカンの Cheyenne 族語では、星を “hotohke” で表しています。この言葉は、シベリアの言葉とよく似ています。ベーリング海峡を経由して北方ユーラシアの人達が移動した証にもなるかもしれません。

現代モンゴル語では、「ほし」を “odo” といいますが、中世モンゴル語では “hodun”、原始モンゴル語は “\*podun” と復元されています。語頭の P- と H- が交代し、最後は脱落しているように見えます。P-、H-、X- は容易に変化するの言語学では普通だということです。一方、大陸の中核である現代中国語 (xing) やタイ

語 (dauu) は B-T 系からかなり違った単語になっています。しかし、モンゴル系の人々が話すネパール東部のロドング語では “piti-pya”、“pitappa”、ベンガルのドヒマル語では “phuro” 同じくクハリ・ナガ語では “peti”、ノウゴング・ナガ語でも “piti-nu” で、P-T 系となっています。

太平洋を巡る言葉

一方、太平洋に広がる言語であるオーストラロネシア語族でも語頭に B-、P-、F-が見られます。

例えば表 2 は西部マライ・ポリネシア諸語に属するフィリピン諸島の言語です。ここでは、B-T-が見えます。

表 3 マレー半島・インドネシア諸島の言語

マライ語	bintang
マライ語	bintang
インドネシア語	bintang
バンジャル語	bintang
クバン語	bintang
アチェ語(インドネシア)	bintang
スندا語(インドネシア)	bentang
ランブン語・アピ語	bittang
ランブン語・ニヨ語	betang
ジャワ語	lintang
ジャワ語	lintang
オシン語	lintang
ブルウオケルト語	lintang
マラン語(東ジャワ島)	gnatnib
Cam(シャム語)	bitu
Simalur,Sichule	bintun
Adonara島北部 Watorotok村	Etep
再構成された原形	bi(n)tun
再構成された原形	bintun

わった単語が幾つかみつかりますが、基本的にはフィリピン諸語とよく似た B-T-の構造が見えます。

太平洋の島々の言葉

では、太平洋の言葉を巡ってみましょう。太平洋には、たくさんの島々がありますが、大きく 3 つのグループに分かれています。パラオやグアムのようなミクロネシア、ハワイやタヒチ・フィジーそれにニュージーランドのマオリを含むポリネシア、そしてパプアやカロリン諸島のメラネシアです。これらもオーストラロネシア語族です。

表 2 フィリピン諸島の星 Dusun 族というのは、マレーシア・サバ州東部の少数民族です。

タガログ語	bituin, bituwın
ビサヤ語	bito-on
Bikolnon,hiligaynon, Samar-Leyte	biton
Dusun族	Rombituon

また、同じ西部マライ・ポリネシア語派であるマレー半島からインドネシア諸島の言葉を表 3 にまとめました。インドネシアは多民族・多言語国家ですので、標準語としてマレー語を利用しています。マレー語はマレーシア(マライ)語と大変よく似ています。マレーシア人も自分たちの言葉をマレー語と言っていますので、ちょっとややこしいですが、このマレー語はマラッカ海峡のスマトラ島リアウ州で用いられていた交易語であり、このリアウ方言を国策でインドネシア国語にしたものです。表 3 には、少し毛色の変

表 4 ミクロネシアの言葉

PALAU 語	Btuuch
ペリリュー語	Bduch
YAP 語	Tuuf
Chamoro 語 (GUAM)	Pufi un

表 5 ポリネシアの言葉

マオリ語	whetu
ニュージーランド	
ハワイ語	hoku
ハワイ語	hoku
サモア語	fetu
タヒチ語	feti'a
フィジー語	kalokalo
ヌクヒヴァ語	hetu
マーケサス諸島	
トンガ語	fetu'u
ラロトンガ語	hetu
マンガレヴァ語	etu
マルケサス語	hetu/fetu
パウモトウ語	hetu/fetu
Niue, Tikopia, Ellice Ids	fetu
再構成された原形	*fetu'u

表 6 メラネシアの言葉

中央カロリン語	fu
ヤップ語	fishu
キリバス語	tuitui
ロトマン語 フィジー	hefu
モトウ語 パプア	hisiu
ボゲー語 パプア	b'ain

オーストラロネシア語族の人々は、この数千年の間、太平洋全域からアフリカ沿岸のマダガスカル島にかけて拡がっていきました。彼らは航海術に長けていて、島から島へと移住して行ったのです。

グレイら (2009) やそのほかの研究によるとオーストラロネシア語族のふるさと台湾で、5200 年前に南方に向かったグループがあったといえます。フィリピン・マレー半島・インドネシアに 4000 年前、メラネシアからフィジーには 3500 年前、ソシエテ諸島には 1700 年前、ハワイ諸島に 1500 年前、ニュージーランドには、900 年前に到着しているとしています。

表 7 台湾諸語

タイヤル語(ヤミ語)	pugerach
アミ語	vois
アタヤル語	bingah
パイアン語	vichoqan

表 7 には、台湾諸語の「ほし」を集めました。台湾はオーストラロネシア語族の人達が太平洋各地に旅立った所ですが、現在の台湾諸語は、当時の単語から随分変化していることでしょう。しかし、語頭に B-、P-、V-が見られます。

### フツの響き、星への面影

実のところ、私は、太平洋の言語の「ホシ」の響きに「フツ」の面影を見たのでした。経津主神の「フツ」は縄文時代の星の名残ではないのかと想像しているのです。

一方、「ホシ」は、もう少し時代が下って、弥生時代に大陸、その中でもツングース民族が朝鮮半島から到来したのではないかと疑っています。ただし、「ホシ」はシベリア由来の言語を話していた少数言語の人々がかつて日本に移住して来たというのではないと思います。これらのアルタイ系の言語と共通の言語を話すもっと大きな民族、たとえば、高句麗（ツングース系ともいわれている）や新羅、百濟（古代朝鮮の言語は未だ不明です）方面からの移住者の言葉起源かもしれないと考えるのです。

では、「フツ」という言葉は、日本ではどの時代に話されていた言葉なのでしょう。崎山 理はオーストラロネシア語の研究者ですが、この方面から縄文語の復元を試みています[2]。復元された縄文語（古代日本語）で、星は“\*putsɪ”（プツィと発音か）で、元は原始オーストラロネシア語“\*bituqen”が語源となっているのではないかと考えられています。古代の縄文語にこの言葉が入ってきたのは、オーストラロネシア語族の人々が太平洋に拡散していった縄文中期（紀元前 3000 年ころ）かもしれません。彼らが後に糸満、隼人、安曇などの海民になったのでしょうか。7300 年前に九州南部縄文人を全滅させた鬼界カルデラのカタストロフ噴火で空白になった地域に進出したのかもしれません。

というのも、オーストラロネシア語族の神話と同じモチーフが記紀神話に見られるという報告がたくさんあるのです。たとえば、海幸彦・山幸彦の神話は、南太平洋に広く分布しているのです[3]。

なんと、縄文人との遺伝的關係が深い（濃い）アイヌの神話にも大変良く似たモチーフがみられるのです。古代のアイヌの人達の神話と大和の神話が共通していたとみるのが正しいようです[4]。ただし、アイヌ語の星はシベリア言葉や太平洋の言葉とも異なり、また 地方により、“nochiw（旭川・帯広・千歳・沙流・名寄など）”、“keta（宗谷・サハリン）”、“ketta（千島）”、“rikop（美幌）”と大きく異なります。

### フツとツツ

さて、おもしろいのは、マイクロネシアの言葉であるパラオ語とペリリューの言葉です。ペリリューの言葉はパラオ語の方言とみていいと思います。パラオでは“Btuuch”と書かれます。この表現は 2013 年 2 月にグアムのダイビングショップ“DAY Dream”のガイド、パラオ人のジェニファー氏が仲間に聞いてくれたものですが、私が彼に発音してもらおうと何度聞いても「ト

ウー」としか聞こえないのです。何度も確かめました。同じくペリリューの星“Bduch”も現地では「トゥ」と発音されています（2014年12月、西村孝子さんがホテルオーナーから聞き取り）。語頭の B が発音されない、もしくは聞き取れないほどの弱い発音になるのでしょうか。他の言語でどうなるかは分かりませんが、「フツ」が「ツ」になる可能性があります。パラオ諸島の近く（飛行機で1時間ほど）のヤップでは“Tuuf”といいます。これは先述のジェニファー氏から教えてもらったのですが、スペルの語頭から B もしくは P が消えています。

また、メラネシア語群のキリバス語で“tuitui”も気になります。日本語には「みみ（耳）」、「ほほ（頬）」、「ちち（父・乳）」、「はは（母）」や幼児語の「お手々」、「お目々」のように同じ語を重ねる言葉があります。関西では、同じ言葉を2度重ねていう人が多いですね。「ほんま、ほんま」とか。中国語でもそのように重ねていうことが多いようです（「謝謝」）。星を中国語で何というかを調べてみたら、広東語で「星星（singsing）」と出てきました。さらに海辺の人は波の音が大きいので同じ言葉を2度繰り返すと聞いたことがあります。

このように同じ単語を重ねて使用することを疊語といい、世界中の言語に見られるということです。だから「トゥー」が「ツツ」に変化したのかも知れませんね。つまり、星は“butu”/“fetu”から“putu”/“hetu”へ、そして P や H が脱落して tu へ変化し、疊語化して“tutu”になったという仮説も立てられそうです。そうならば、「ツツ」は「フツ」から生まれた、ということにもなりそうです。ちなみに奈良時代の「つ」“tsu”は、「トゥ」「tu」と発音していたということです。

日本の周辺の民族の言語をみると、どうやら星を表す単語には共通性があって、B (P,F,V,W) - T (S) - の構造を持つようです。星の「ほ」は炎の「ほ」と同じ起源であるようですので、火との関係は深いと思われます[1]。しかも、面積的には世界の半分が「ほし」と類似した単語で星を表していました。このことは、そのような言葉を使う民族が弥生時代に日本列島に持ち込んだというより、もっと古い時代の共通の言葉ではなかったかとも思っています。それがどうして記紀で使われたかという問題はあります。

### 遺伝子型から見た日本人

さて、最近、DNA の解析から日本人の起源について詳しく調べられるようになってきました（たとえば、[4]）。それには、東ユーラシアではミトコンドリア DNA でも Y 染色体でも人類は南から北へ移動したということが分かりました。現代日本人のミトコンドリア DNA の解析では、アフリカか

## 記紀神話に見られる星の神々(2)

ら出てきた 2 系統が両方存在し、これは現生人類の進化過程で分岐した複数の集団が日本列島に到達したことを示します。日本人に一番多いのは朝鮮半島・中国東北部に多く見られるタイプで、中国南部起源のものも多いようです。さらに日本以外にあまり見られないミトコンドリア DNA 型が 2 種あり、一つは、大陸南部や東南アジア島嶼部にあり、旧石器時代に北上したものあり、他方、シベリアや沿海州に見られるタイプで、サハリン経由で日本に到着してきたと思われています。

核ゲノムの研究では、縄文人はアイヌ民族に近く、現代日本人は縄文人と東アジア人の中間を示し、4 万年前から 4000 年前の間に何度も様々な人々が到来し、多様なゲノムを形成し、周囲の東ユーラシア人とは異なる DNA を持つことになったのです。4000 年前から 3000 年前、3000 年前から 1500 年前、1500 年前以降、それぞれ、朝鮮半島経由で入ってきたようです。

最近の研究では、海の民としての縄文人は、沖縄、伊豆諸島、北海道と交易の場所を広げていて、北部九州に弥生文化が成立すると各地の漁場開発や難しい漁法を獲得してきたと考えられています。瀬川拓郎によりますと弥生時代と古墳時代の北海道は、続縄文時代と区分されますが、山陰・北陸産の装身具、九州の物産、鉄器がもたらされていて本州の縄文海民のネットワークが広がっていたようです[4]。さて、北海道はアイヌの祖先だけが暮らしていたわけではありません。オホーツク人は 4 世紀からサハリンから南下して北海道北端から 7 世紀にはオホーツク沿岸、千島列島で広がっていきます。このオホーツク人の DNA には、現在サハリンやアムール川河口に暮らすニブフ（ギリヤーク）の人達の特徴がみられ、現在のアイヌの人達の DNA にもその痕跡が見られるようです[4]。上の“keta”や“ketta”はオホーツク人の言葉が残ったのかもしれませんが。ただし、ニブフの人達の「ほし」は“unigors”もしくは“unigr”ですので、これらはニブフ語起源ではないでしょう。オホーツク人は 9 世紀以降全道へ拡大したアイヌ祖先集団と同化していき、13 世紀には北海道ではオホーツク人の遺跡はなくなっていました。

## 世界神話と星

後藤 明は、世界中の神話には 2 系統があり、一つは Gondwana 型で、もう一つがローラシア型であるといいます[5]。Gondwana 型は、サハラ砂漠以南のアフリカ、インドのドラビダ系集団、メラネシア・オーストラリアのアボリジニー、インド洋のアンダマン諸島人、東南アジアのネグリートに見いだされる神話で世界最古の神話だと言われています。一方、ローラシア型神話は、ヨーロッパからシベリアへとユーラシア大陸を横断して

インド、東アジア、北アメリカ大陸に広がる神話であり、2～3 万年前に形成されたと考えられるとしています。多くのモチーフが日本の記紀神話の神代の部分に見られるものだと思います。

ところが、記紀のコノハナサクヤブビメの所の人間の死の起源[3]は Gondwana 型神話のモチーフであり、アイヌ民族の神話にも同様のモチーフがあるのです。この Gondwana 型神話を持つ民族は狩猟中心の生活をしていると思われています。

このことから日本にある 2 系統の星：「ホシ」と「フツ」（いやアイヌ語を入れると 3 系統）はローラシア系と Gondwana 系の両方の言語からもたらされた可能性があるのです。ひょっとしたら、「ほし」も「フツ」も非常に古い起源を持つ同系統の言葉と考えても良いかもしれません。そのように考えると、日本の神話の複雑性が分かるような気がしてきます。

## 引用文献

- [1] 西村昌能 TenkyoML ☆形チーム 2003 「星と☆形—The Symbol of Stars- 第3章」 天文教育 第15巻1号 p39-53  
[https://tenkyo.net/kaiho/pdf/2003\\_01/2003\\_01\\_9.pdf](https://tenkyo.net/kaiho/pdf/2003_01/2003_01_9.pdf)
- [2] 崎山 理 「日本語「形成」論日本語史における系統と混合」2017年 三省堂
- [3] たとえば、西村昌能 「竹取物語のものがたり」(3) 2011年 あすとろん vol.12 p5
- [4] 瀬川拓郎 「縄文の思想」2017年 講談社現代新書
- [5] 後藤 明 「世界神話学入門」2017年 講談社現代新書

## サマータイムに関する意見

NPO 花山星空ネットワーク会員

### 高尾和夫

私の知る限り今回のサマータイムを導入するきっかけは、2020年の夏季オリンピックに向けて、猛暑の中の競技を安全に実行するための一時的な処置として競技実行委員会の責任者の発言が発端、これを基本とした意見です。

一時的な競技のために日本の標準時間を数時間ずらすことは簡単であり、相当以前には確かにサマータイムが実施されていた。その時代と現代を比較すると歴然とした時間の重要性が違う。昔は脚立に上り柱時計の長針を動かして終わりという簡単至極であった。

しかし、現在は時刻に左右されるほど生活が過密化し、そして多様性とんだ職種は時刻に左右され、且つ高齢社会となって高齢者の時間感覚は違ってきている。

この様な状況下で標準時を突然ある日から変え、そしてまた戻す日が来る。相当数の人達が時刻の修正で疎かになり、また、時間から来る弊害があらゆる分野で発生し、不便だけでなく無く事故や事件に繋がる発生も懸念される。

以前の生活から比較すると自動車の普及、コンピューター、携帯電話などなど全て時計が内蔵されており、また、家に置いている飾り時計や目覚まし時計なども入ると複数の時計に頼っていますから全て2回修正しなければならない。併せて食生活においては体内時計と食事時間は長年の慣習であるのに強制的に体内時計に逆らって食することになる。

企業においても時刻を元に稼働している自動工業機器、交通機関の時刻表など全国規模で修正と作り変えが生じ、その費用は馬鹿にならない。

2年先の気温は定かでないが、今年よりはもっと高くなることも予想されている。新聞によれば競技を朝の5時半開始とすればマラソンのように長時間の単独競技も救われるそうである。国民の生活を惑わせて実施して日本のメンツを気にするなら早朝開始に踏み切り、多くの国民の不満や手間・労力、費用そして混乱を避けるのがベターである。サマータイムを導入すれば、しばらくは日本の隅々まで混乱必至と推測します。

## 高田 忍

76歳男性です。50歳（1992年）から7年間アメリカに、58歳（1998年）から2年間ドイツにいてサマータイムを経験しました。

日本ではサマータイムといいます、英語では Day Light Saving Time といいます。4月のはじめから10月終わりまでで、切り替えの日時が決められています。

問題は、体がすぐに順応しないこと、時計がいくつもあると時間調整をしなければならない事でした。

日本との時差が一時間早くなって、それを知らない日本側の社員がとんでもない時間に電話をしてくるなどの問題がありました。

## 西 亨

- ・ 労多くして効果少なし。
- ・ 百害あって一利だけ。
- ・ 15年ほど前にも同様の議論あり（きっかけ等詳細は忘却の彼方）、システム変更の大変さによりぼしかったはず。
- ・ 政治家のパフォーマンス、10～20年に一度の流行病。

## 高橋祐子

その国の文化で、その国民に合わせればいいと思います。それにいまや地球温暖化で、サマータイムなどと言っている場合ではないような気がします。現在は、1時間では特に変わらないような気がするのが正直なところです。

## 中井康嗣

オリンピックのスムーズな運営そのものには、現代では葵の印籠程の権威も権限もない事の認識がないとは。オリンピックと言えば何でも無理・無茶がゴリ押し出来るとする時代錯誤の集団に任せるからこんな発想になるのです。サマータイム導入国で廃止の動きすら起る中で、導入検討を指示したとされる総理もその程度の見識しかないとは底の浅さかポピュリズム的の点取り虫感覚なのかを露呈した感じ。残念な事ですな。

## 「北の街からサマータイムを考える」 福澄孝博

またですか。言いたくなるほど、忘れたところに、いや、忘れる前に何度か繰り返されるサマータイム論争。今回は東京オリンピックの暑さ対策、だそうです。私が最初にサマータイムと向き合ったのは、2007年のことでした。

## サマータイムに関する意見

日本公開天文台協会の理事に選出された私は、それ以前から「森本おじさん(森本雅樹氏)」がサマータイムについて書かれた文章で関心を寄せていたこともあり、「これこそは、西のはずれに住んでいる私が担当すべきでしょう」とサマータイム担当理事に立候補したのでした：当時はトカラ列島在住。2008年には今も日本公開天文台協会で作られているサマータイムについての提言書を中心になってまとめ、記者会見も開きました。その時の私の頭に強く在った論点は「千島列島の時刻を九州で使うのか!？」、即ち、日本は東西に長い、でした(今回の『二時間』のサマータイムによる繰り上げでは、なんとカムチャッカ半島の根本やビキニ環礁の時刻を…となる)。

その後縁あって(紆余曲折あって?)、札幌に住んでいる私ですが、当地で生活を始めて、新たに実感したことがあります。それは、北海道の夏は日の出が早い(日の入りも早い)のではなく『白夜に近いのだ(夜の時間が短い)』ということ。因みに、天体観測の観点でいうと、日の入りの角度が浅いこともあって、夏至の頃に薄明が終わるのは22時半ごろ、2時過ぎにはもう明るくなり始めます。私の初北海道は二十歳の夏、だったのですがその際になんとなく感じていた違和感はこれだったのか!と膝を打ちました。地軸の傾きの関係で、夏、日本付近の日の出時刻が同じ地点を結んだ線は北西から南東に傾いた線になる(北東程日の出が早い)のに対し、日の入り時刻のそれは北東から南西に傾いていて、札幌と九州の日の入りがほぼ同じとなるのです：早いのは日本の南東、千葉の辺り。

サマータイム、北海道ならまだ意味があるのかもしれませんが。でも、日本の気候にそぐわない、最近はまだ高緯度の地域ですら廃止の動きが出てきている、など問題は多そうです。何より、『一律に』時刻を定義することの難しさはついて回るでしょう。日本は上記のように、よく言われる東西だけではなく、(そしてこれは私自身標準時を「経度」だけでとらえていた頃には思い至りもしなかったのですが、)南北にも!長いのですから。

ところで、私が声を大にして言いたいのは、「やみくもに反対する」ではありません。最初に述べた提言文をまとめる際にも心を砕いたことなのですが、それでは単に、「天文屋のエゴ」に終わってしまいかねません。国民1人1人が『自分の問題』として、意識を持ちシッカリ議論して欲しい、ということこそが、私が真に願うことなのです。

先日のニュースではオリンピック目当ての実施は行われないうようでひとまず安心です。さまざまな意見をいただき、ありがとうございます。(編集子)

## 天文短歌 火星

萩原 茂 (NPO 花山星空ネットワーク)

望遠鏡わくわく気分でのぞき見る

京の夏の夜の火星の大地

京の夜の望遠鏡の円まじかより

兄弟星観る火星木星金星土星

月面の地平線より昇りくる

青き地球よ永久に「青」かれ

## 美味しい空気と科学者精神を味わう

### — 子ども飛騨と大人飛騨への招待 —

黒河宏企（NPO 花山星空ネットワーク）

#### はじめに

北アルプスのきれいな自然に囲まれた飛騨天文台（京都大学大学院理学研究科附属）は今年で満 50 歳を迎え、11 月 16 日には創立 50 周年記念式典が高山市で開催されます。

一方「子ども飛騨天文台天体観測教室」は 11 回目を迎え、「飛騨天文台自然再発見ツアー」も 9 回目を迎えて、今年も順次実施する予定でしたが、7 月初旬に猛威を振るった「平成 30 年 7 月豪雨」によって、飛騨天文台専用道路の一部が決壊したため、両方とも中止のやむなきに至りました。楽しみにして頂いていた方々、特に既にほぼ定員に達していた「子ども飛騨」の応募者の方々には大変申し訳なく思っていますが、今後更に多くの方々に楽しんで頂くために、これらの活動の当初からのねらいや実施内容をこの機会に再確認しておきたいと思えます。また、これまでの参加者数の推移もまとめておきたいと思えます。

#### （１） 子ども飛騨天文台天体観測教室

##### （イ） 活動のねらい

科学的思考を身につけて、自然と共生しようとする健全な若者の育成を目指しています。その第一歩として、「子ども達が、自分の目で本物の自然を観察して感動する」機会を提供します。満天の星空・高山植物などの観察や、望遠鏡による太陽・惑星・星雲などの観測体験を通して、自然観察の楽しさと科学的思考への興味を見つけてくれることを期待しています。

##### （ロ） 活動の舞台

- （i） 一日目の午後：国府町の宇津江四十八滝、或は丹生川村の飛騨大鍾乳洞を訪ねて、美味しい空気ときれいな水の流れの心地良さを体感します。
- （ii） 一日目の夜：飛騨天文台で満天の星空観察。アジア最大の 65 cm 屈折望遠鏡で惑星又は星雲を観測します。
- （iii） 二日目の午前：飛騨天文台で太陽の勉強。ソーラープロジェクターを自分で組み立てて、黒点の観測します。

- (iii) 二日目の午後：世界第一級の太陽望遠鏡で太陽紅炎や分光スペクトルを観察します。
- (iv) 二日目の夜：飛驒天文台で満天の星空観察。65 cm 屈折望遠鏡で惑星又は星雲を観測します。
- (v) 三日目の午前：乗鞍岳に登り、3,000m 級の山々が並ぶ雲の上の世界の眺望を楽しみ、お花畑の高山植物をスケッチします。



飛驒天文台で満天の星空と天の川を観察 アジア最大の 65 cm 屈折望遠鏡での観測



SMART 太陽望遠鏡（左）とドームレス太陽望遠鏡（右）をバックに記念撮影

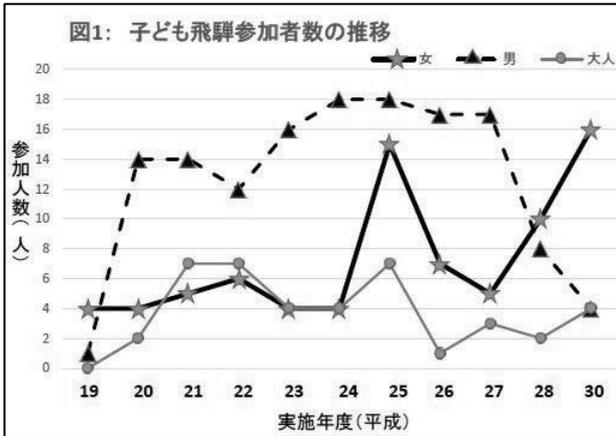


乗鞍富士見岳で記念撮影

#### (ハ) 参加者数の推移

飛驒天文台専用道路は幅が狭く、小型観光バスを利用する必要がありますので、定員は 25 名で実施しています。全国の子も達にも参加する機会を提供したいという思いから、25 年度に一度だけ定員を増やしましたが、その分、安全性と指導の丁寧さが犠牲になる危惧を感じたためその後は元の定員に戻しています。

これまでの参加者数の推移は図 1 のようになっています。29 年度だけはアメリカ日食に行ったため、開催しませんでした。また、第 1 回の 19 年度



とです。特に今年の応募者は女子が16人で男子が4人と完全に逆転したのには驚いています。

だけは、地元の上宝町の子供たちを十数名招待して合同で行いましたが、この子供たちの数はこの図には入れておりません。

この図を見て面白いことに、最初の頃は25年度を除いて男子が圧倒的に多かったのですが、最近では女子の参加者が増える傾向が見られること

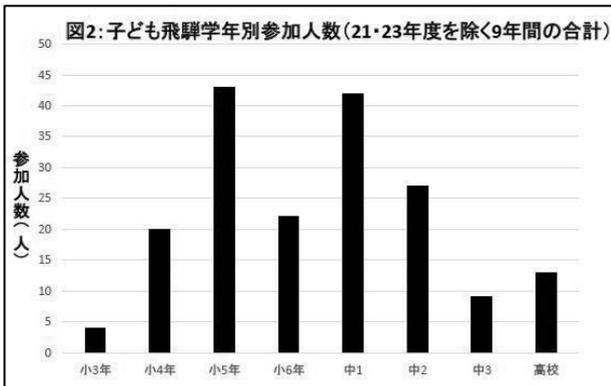


図2には学年別の参加者数の9年間の合計を示していますが、小学5年生と中学1年生が多いことが判ります。

この年代の感受性が高いことがうかがえますが、小6年生の少ないのは中学受験に関係があるのでしょうか。

## (2) 飛騨天文台自然再発見ツアー

### (イ) 活動のねらい

宇宙研究の基礎となる太陽研究の世界的中核拠点として活躍している飛騨天文台の観測施設を見学して、科学者精神を味わうと共に、満天の星、森・川・岩の精を全身に浴びて、宇宙と自然への畏敬の念を再発見します。

### (ロ) 活動の場所

(i) 一日目午後：JR高山駅集合の後、観光バスで天文台麓の民宿へ入り

ます。

- (ii) 一日目夜：飛騨天文台に上がり 65 cm屈折望遠鏡で惑星、月、星雲などの観望。満天の星空を観察します（月が出ている場合には、早朝に再度上山して天の川と黄道光を観察）。
- (iii) 二日目午前：太陽研究の最先端に関する講義を聞いたのち、天文台施設設備を見学します。
- (iv) 二日目午後：福地化石館、平湯大滝、北アルプス自然文化センターなど奥飛騨温泉郷の自然を再発見します。
- (v) 二日目夜：中尾温泉または新穂高温泉で日頃の疲れを癒します。  
オプション：前夜・早朝共星空に恵まれず、この夜に星が出そうな場合は、食事後中尾温泉防災ヘリポートから星空観察を行うこともあります。
- (vi) 三日目午前：紅葉の平湯峠から乗鞍畳平へバスで上がり、富士見岳又は魔王岳から 3,000m 級の山々の並ぶ雲の上の自然を再発見します。



65cm 屈折望遠鏡で月の観望



ドームレス太陽望遠鏡の見学後の記念撮影



早朝の天の川と黄道光



中尾温泉防災ヘリポート



平湯大滝



乗鞍富士見岳

大人も行きたいという声に応じて、「子ども飛騨」に遅れて3年後に開始しました。勤めのある方も行けるように秋の三連休を利用していますが、夜に月が出ている時は天の川が見れませんので、その時には早い目に夜の観望を切り上げて、翌日3時半頃に再度飛騨天文台に上がることもあります。また、やはり大人には温泉が魅力なので、二泊目は奥飛騨温泉郷で日頃の疲れを癒すことにしています。

(ハ) 参加者数の推移

これまでの参加者数の推移は図3に示す通りです。

面白いことに女性と男性の参加者がほぼ同数となっています。

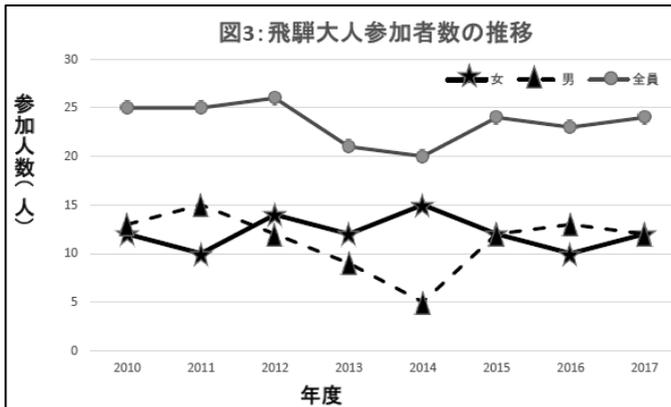
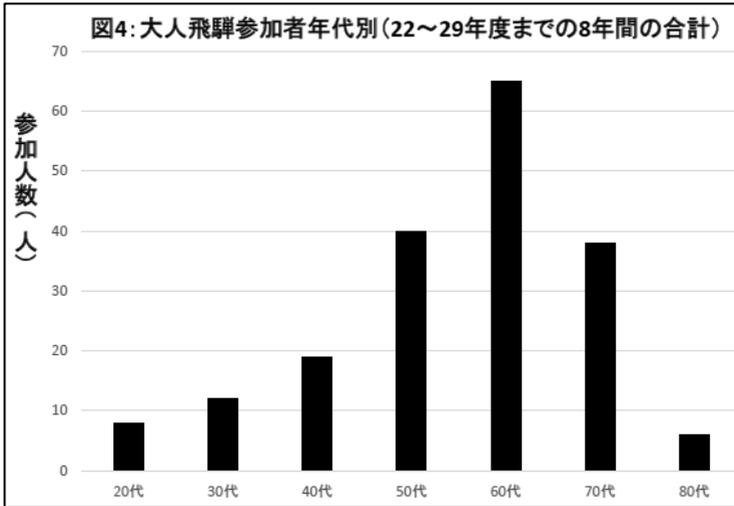


図 4 には、参加者の年代別に 9 年間の合計が示されています。  
60 歳代が多いのは、余裕が出来て第 2 の人生を踏み出し始めた方々で  
しょうか？



以上「子ども飛騨」と「大人飛騨」のこれまでの実績を振り返って見ましたが、やはり一番悩ましいのは天候です。上に掲げた写真とは逆に、雨で何も観測できなかった時や、乗鞍に上がれずに急遽「世界文化遺産の白川郷」へ行ったこともあります。また、台風接近に急かされて帰ったこともありました。ただ、この様な時でも、「この雨で植物が喜んで葉っぱが輝いていました」とか、「自然の厳しさを再発見出来ました！」など、参加者の皆さんに自然の多様な側面を再発見していただけていますので、心強く思っています。今後共更に多くの皆さんのご参加をお願い致します。

# 夏の夜の金星・火星・木星・土星・月 そしてトラペジウム

高尾和人 (NPO 花山星空ネットワーク)

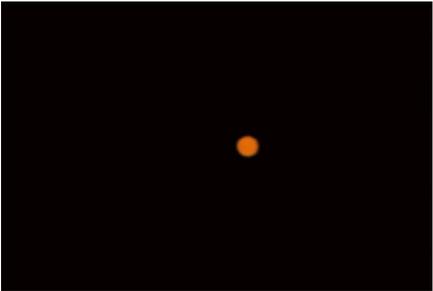
金星、火星、木星、土星、月、オリオン座 M42 星雲の中のトラペジウムです。



金星 2018.3.4 18:46



金星 2018.3.4 18:56



火星 2018.7.24 22:34



火星 2018.7.31 22:22



木星と月3個 2018.7.13 20:15



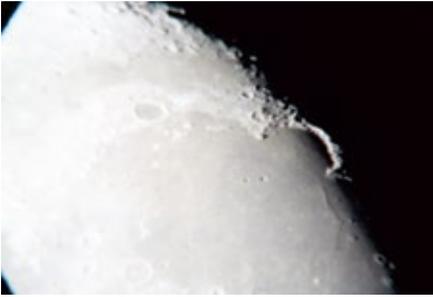
木星 2018.8.3 20:30



土星 2018. 7. 31 22:50



土星 2018. 3. 31 22:51



月 2018. 3. 27 20:59



月 2018. 3. 27 21:03

この架け橋のような物は何でしょうか、名前が付いているのでしょうか。  
この形はどのようにして成り立ったのでしょうか。正午月齢 9.6



オリオン座 M42 トラペジウム  
2018. 3. 14 00:47



オリオン座 M42 トラペジウム  
2018. 3. 16 01:09

#### 使用した機器類

望遠鏡:セレストロン C14 +バーダー製アイピース(ズーレンズ 8mm)

カメラ: Canon EOS 5D Mark III

プラネタリウムのなかでは、  
おおきな宇宙への夢が  
育っています。

## コニカミノルタ プラネタリウム株式会社

東京事業所 〒170-8630 東京都豊島区東池袋3-1-3

大阪事業所 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-10 西本町インテス

東海事業所 〒442-8558 愛知県豊川市金屋西町1-8

URL : <https://www.konicaminolta.jp/planetarium/>

TEL (03) 5985-1711

TEL (06) 6110-0570

TEL (0533) 89-3570

## Astronomy- Space Test 2019 CALENDAR

★ 10 月中旬発売 ★

A4判 (使用時A3判)・壁掛けタイプ  
価格 (本体1,700円+税)

〒160-0008 東京都新宿区四谷三栄町 3-14

TEL 03-3359-7371 FAX 03-3359-7375 <http://www.kouseisha.com/>

恒星社厚生閣

# HERO

ソフトウェア開発で社会に貢献しています。

## 株式会社ヒーロー

代表取締役 岡村 勝

〒532-0011 大阪市淀川区西中島 6 丁目 6-6 NLC 新大阪 11 号館 7 階

### 【事業紹介】

#### ・ソフトウェア開発

制御・組込系：家電・情報端末分野の身近な機器を最新技術でより便利に

情報統合系：コンサルテーションから設計開発、運用、保守まで提供

アミューズメント系：開発サポートツールからアミューズメントプログラムまで

#### ・技術者派遣 (流通分野、SNS 分野に特化)

#### ・製品販売 ～京都大学花山天文台 星座早見盤～



<http://www.herojp.co.jp>

# 事務局からのお知らせ

全国的に猛暑が続いた夏でしたが、8月には、北海道での大地震、9月には台風21号が近畿地方を襲い、月末にはふたたび大型台風24号がやってきました。会員の皆様にはお変わりございませんか。被害を受けられました方々には心からお見舞い申し上げます。お彼岸を過ぎて少しは過ごし易くなってきました。天文台では、蝉の声がニーニーゼミやツクツクホウシに替わってきました。夜は虫の音が聞こえるようになってきました。

この夏、世間を賑わせていた火星は、明るさを落としながら、日没後、南の空へと移っています。金星や木星は西空低くなってきました。季節は巡って、いよいよ秋が深まろうとしています。

8月の「子ども飛騨天文台天体観測教室」と10月の「飛騨天文台自然再発見ツアー」が7月豪雨のため、飛騨天文台への道路が被災し、中止となったのは残念なことでした。参加を希望されておられた会員がたくさんおられたと思いますが、来年度も計画いたしますので、ご期待下さい。

今後の予定として、12月8日に「第22回講演会」があります。是非ご参加いただきますようお願いいたします。

## 編集後記

今回は大接近の火星関連の記事をたくさん載せました。京都大学で行われた観望会の他にも会員の皆さんが撮られた火星の映像もあります。今後も会員の皆様の活動も含め、最新天文ニュース、普及活動報告、思い出の星空、天文書・ソフト、和歌・俳句・川柳、天体写真・イラストなど投稿、また掲載された記事へのご意見などをお寄せくださるようお願いいたします。

次号の原稿締め切り日は12月15日で、投稿に関しては、なるべくテンプレート(Word)を本NPOのホームページからダウンロードして、エディタに書いたテキスト文をそこにコピー貼り付けして作成してくださいようお願いいたします。原稿作成のお問い合わせや送付先は [astron@kwasan.kyoto-u.ac.jp](mailto:astron@kwasan.kyoto-u.ac.jp) です。

編集子

# 幻日環



## NPO法人花山星空ネットワークへの入会方法:

ホームページ <http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora/join.html> をご覧ください。

住所・氏名・連絡先電話番号を電子メール または電話でお知らせ下されば、  
(電子メール: [hosizora@kwasan.kyoto-u.ac.jp](mailto:hosizora@kwasan.kyoto-u.ac.jp) 電話: 075-581-1461)

入会申込書と会費の振込用紙を郵送いたします。

- (1) 正会員 (一般) ・入会金 2,000円 ・年会費 4,000円  
(学生) ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (2) 準会員 ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (3) 賛助会員 年額1口以上 (1口30,000円)

### 発行人 認定NPO法人花山星空ネットワーク

〒607-8471 京都市山科区北花山大峰町 京都大学花山天文台内

Tel 075-581-1461 URL <http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora>

### 印刷所 株式会社あおぞら印刷

〒604-8431 京都市中京区西ノ京原町15

2018年9月30日発行

定価: 400円