

会報

Vol.43

astron

丑

牛

斗

寅

寅

卯

辰

巳

午

未

申

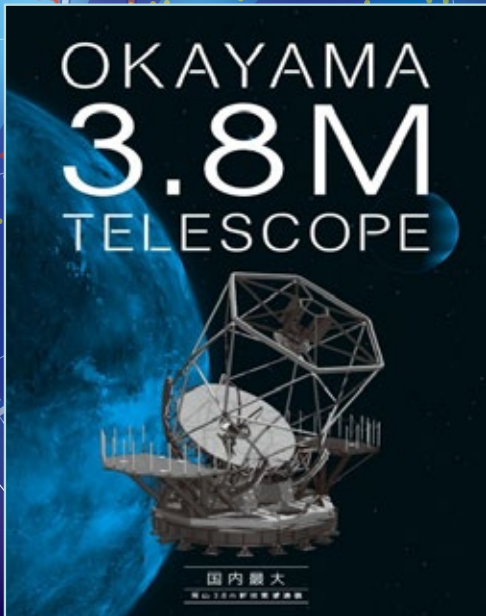
酉

戌

亥

子

丑



新望遠鏡せいめい



NPO法人 花山星空ネットワーク

## あすとろん 第43号 目次

京都大学 3.8m 天体望遠鏡呼称名選考委員会による 決定の経緯	藤原 洋	1
せいめい望遠鏡とその技術	栗田光樹夫	3
記紀神話に見られる星の神々 (2) 経津主の登場	西村昌能	10
佐藤健さんのこと	吉岡克己	18
2500 年間の火星大接近	作花一志	20
総会に初めて参加して	八重樫優子	22
第 21 回講演会と 2018 年度定期総会・懇親会	上善恒雄	23
金の生成現場をとらえた？ ～中性子星合体 GW170817 の光赤外線追跡観測～	吉田道利	31
逆回り小惑星	作花一志	37
この夏の惑星	中川 均	38
お知らせ	事務局	

表紙画像            せいめい望遠鏡 p1, p3 参照  
京都大学提供

裏表紙画像        思案中のアオサギさん  
府立植物園にて 糸永佳代子氏撮影 2018 年 6 月 5 日

## 京都大学 3.8m 天体望遠鏡呼称名選考委員会による決定の経緯

藤原 洋（ブロードバンドタワー代表取締役、京大特任教授）

この度岡山県浅口市に作られる京都大学の大型望遠鏡の愛称について藤原洋、柴田一成京大附属天文台長、栗山康彦浅口市長、武井道忠矢掛町副町長、栗田光樹夫京大宇宙物理学教室准教授、泉浦秀行国立天文台岡山天体物理学観測所長、中野留美浅口市教育長が、選考委員となり、新望遠鏡のネーミング選考委員会が開催されました。1036 件の応募から1つを選定することとなりました。

応募上位トップ 20 位と審査委員からの推薦名をリストアップし、約 30 件に絞り、議論をしました。宇宙と地域との関係性の深いネーミングであることを評価基準に議論し、満場一致で決定しました。

【決定名】: SEIMEI

【候補】せいめい、ももたろう、あまてらす、サザン、フレア、むげん、げんぶ、玲、ももたろう、momo3.8、そらみる、はるか 他 合計応募数 1036 件

●3.8m 望遠鏡の観測対象の1つに太陽系外惑星があり、「生命」の手がかり発見が期待される。

●安倍晴明(せいめい、921 年～1005 年、平安時代の陰陽師\*[おんみょうじ]に縁[ゆかり]がある。

\*古代日本の律令制下において中務省の陰陽寮に属した官職の1つで、陰陽五行思想に基づいた陰陽道によって占筮(せんぜい)及び地相などを職掌とする方技(技術系の官人。技官)として配置。「せいめい」と読むのは有職(ゆうそく)読みであり、本来の読み方は確定していない。鎌倉時代から明治時代初めまで陰陽寮を統括した安倍氏(土御門家)の祖。官位は従四位下・播磨守。

平安時代中期以降に、摂関政治や荘園制が蔓延して律令体制が更に緩むと、天文道・陰陽道・曆道すべてに精通した陰陽師である賀茂忠行・保憲父子ならびにその弟子である安倍晴明が輩出し、従来は一般的に出世が従五位下止まりで

あった陰陽師方技出身者の例を破って従四位下にまで昇進するほど朝廷中枢の信頼を得た。そして賀茂保憲が、その嫡子の光榮に暦道を、弟子の安倍晴明に天文道をあまねく伝授禅譲して、それぞれがこれを家内で世襲秘伝秘術化したため、安倍家の天文道は極めて独特の災異(さいい、天災地変)瑞祥(しょうずい、王者の徳によって太平の実現を知らせる)を説く性格を帯び、賀茂家の暦道は純粋な暦道というより宿曜道(すくようどう、密教占星)的色彩に独特の変化をとげた。このため、賀茂・安倍両家からのみ陰陽師が輩出されることとなり、晴明の孫安倍章親が陰陽頭に就任すると、賀茂家出身者に暦博士を、安倍家出身者に天文博士を常時任命する方針を表し、その後は両家が世襲されることとなった。こうして、安倍晴明に天文博士の系譜の源流が、確立した。



<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/psmt/document/OAOJapaneseBrochure.pdf> より

浅口市内には、安倍晴明ゆかりの伝説地が多く残っています。阿部山は、晴明が天文観測のため居を構えたと伝えられており、その名も晴明の「あべ」に由来すると言われています。山頂付近に晴明を祀った阿部神社(安倍晴明屋敷跡)があります。

住所: 浅口市鴨方町小坂東字阿部山

<http://www.asakuchi-kanko.org/sightseeing/abe/> 参照

## せいめい望遠鏡とその技術

栗田光樹夫（京都大学）

### はじめに

せいめい望遠鏡は日本初、世界でも 2 例目となる分割鏡式の望遠鏡です。分割鏡とは天体からの光を集める主鏡が 1 枚の塊ではなく、複数の独立した鏡から構成されます。ご存知のように世界最大級の望遠鏡であるすばる望遠鏡などは主鏡が 1 枚の鏡から成ります。しかし、大型双眼望遠鏡 (LBT: 米国) の直径 8.4m の主鏡以降はこれ以上の鏡は製造されていません。計画中の超大型望遠鏡である 30m 望遠鏡 (TMT: 日本、米国など)、欧州超大型望遠鏡 (E-ELT: ESO) などはいずれもせいめい望遠鏡と同じ分割鏡方式を採用しています。その理由は 8m を超えるガラスの塊を精密に製造する装置、場所、運搬などが非現実的となったためです。分割方式であれば、小さな鏡を好きなだけ並べてより大きな主鏡を得ることができます。つまり望遠鏡の大型化には分割鏡方式が不可欠なのです。

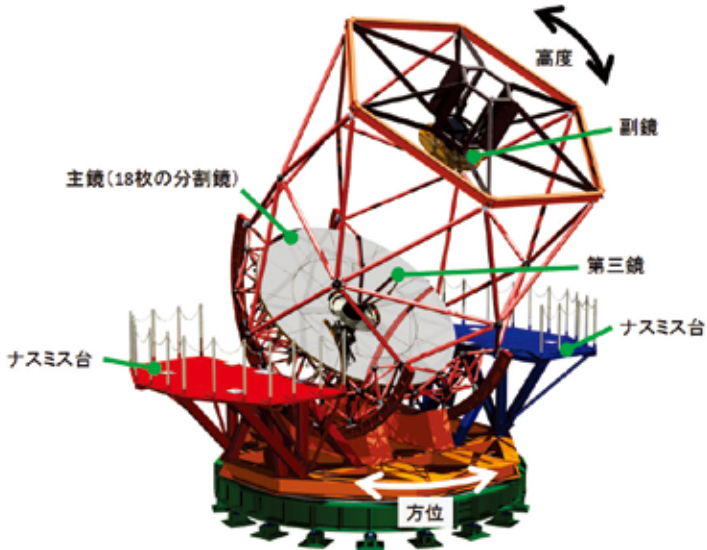


図 1 せいめい望遠鏡

## せいめい望遠鏡とその技術

分割鏡方式は発展性の高い技術ですが、容易ではありません。それには大きく2つの技術的な課題があります。1つ目は分割鏡の製造であり、2つ目は分割鏡を正しくそろえるための制御技術です。本編では2つ目の制御技術とせいめい望遠鏡の特徴である軽やかさを実現した技術について詳述します。

### 分割鏡制御技術

個々の鏡はそれぞれ焦点を有しますが、それらを一致させる技術が分割鏡制御技術です。せいめい望遠鏡に限らずこの方式の望遠鏡の鏡の大きさはおおむね1m、質量100kgほどです。鏡は観測波長の1/10程度の精度で製造され、これと同じ精度で個々の鏡を整列させる必要があります。可視・近赤外線の波長はおよそ $1\mu\text{m}$ なので、これら鏡を100nmの精度で段差のないように整列させる必要があります。しかも、望遠鏡は天体を追いかけるために重力に対して向きを変えますし、屋外環境で使用するため温度変化や風の影響を受けます。例えば、1mの鉄は温度が1度変化すると $10\mu\text{m}$ （要求精度の100倍）も変形してしまいます。つまり鏡は常にズレながら揺れている状態です。

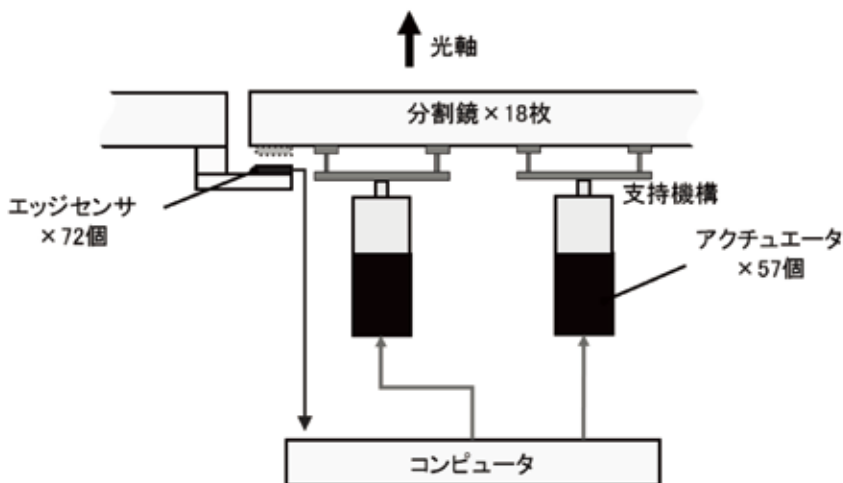


図2 分割鏡制御のしくみ

この外乱を抑えるために図2に示すようなシステムを構築します。エッジセンサは鏡同士の段差を検出します。このセンサは18枚の鏡の境界に72個分布して取り付けられます。センサが検出した段差をもとに計算機がど

の鏡をどれだけ動かせば最短時間で適切な整列状態になるかを計算します。その計算結果をもとに鏡の背面に 3 個ずつ取り付けられた 57 個（18 枚×3 個+特別な 3 個）のアクチュエータが鏡の高さと傾きを調整します。このような「検出」→「計算」→「駆動」のサイクルを 1 秒間に 20 回程度行います。これをフィードバック制御と言います。

ここで特に重要なのはセンサです。適切な数のセンサを適切な位置に取り付けます。同じ段差情報を複数のセンサで検出しても冗長になるだけですし、一方で必要な段差の情報を見逃すわけにはいきません。最適なセンサの位置は高い制御剛性を実現します。この「剛性」とはフィードバック制御によって 18 枚の鏡が「固く」正しい位置に保持されることを意味します。では最適なセンサの位置はどこでしょう。実は、18 枚の板を長さ 50mm の棒（センサの大きさと同じ大きさ）で連結した場合、一番固く連結できる場所に棒を接着してください、という問題と実は同じなのです。工作が得意な小学生の方が上手な場所を経験的に知っているかもしれませんね。

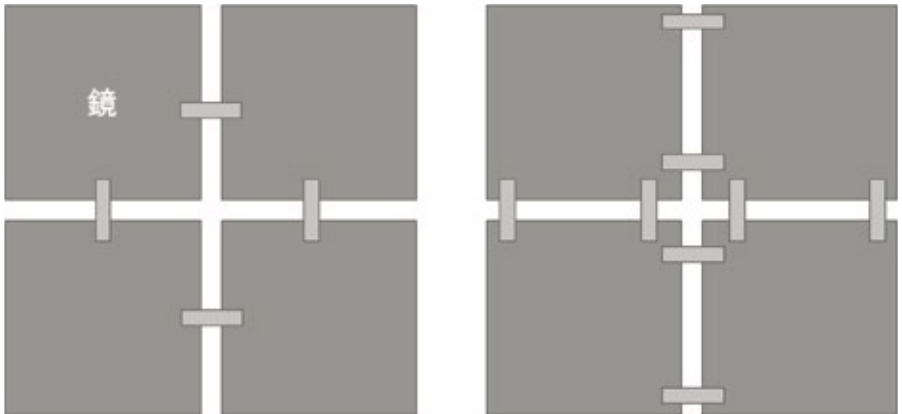


図3 鏡とセンサの位置の問題

4 枚の鏡を細い板で拘束するには、板は最低どれだけ必要でしょうか。

またこのセンサに要求される精度は鏡の段差に要求される精度より十分高い必要があり、およそ 10nm となります。この精度を実現するセンサは市販品で複数ありますが、せいめい望遠鏡ではこれに加えて、1mm 以上（6 桁）のダイナミックレンジ、湿度と温度が大きく変わる屋外環境下での使用、低コストが要求されます。そのようなセンサは残念ながら存在しなかったため新規に開発しました。



## 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

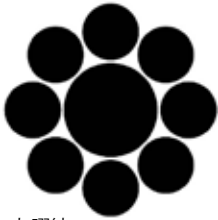
FAX 077-598-3101

<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①



九曜紋

## 伊達政宗は、星が好きだった？

家紋「九曜紋」の丸は、『星』を意味し、真ん中の大きな丸が太陽。その周りの小さな丸が太陽の周りを巡っている星を表しているそうです。

伊達政宗は、細川忠興から伝来の家紋である九曜紋（くようもん）をととても無理を言って譲り受けたといわれています。

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

# 印刷の特急便

印刷のことならなんでもご相談ください!

冊子

パンフ  
レット

ホーム  
ページ

看板

Tシャツ

などなど



OZORA Printing

社内一貫作業で、早く・安く・きれいに仕上げます!

株式会社 **あおぞら印刷**

tel: **075-813-3350**

[www.aozorasha.co.jp](http://www.aozorasha.co.jp)

あおぞら印刷

検索

お気軽に  
お問い合わせ  
ください!

京都市中京区西大路通御池上ル二筋目東入ル80m



## 遺伝的アルゴリズムによる最適化設計

望遠鏡構造の役割は鏡を正しく支え、目標の天体に鏡を向けることです。せいめい望遠鏡の規模になると重力変形だけでも 1mm 程度（鏡に要求される精度の 1 万倍）となります。それをできるだけ小さく抑えるためには固い構造が必要ですが、必然的に重量が増加します。

せいめい望遠鏡で行う主なサイエンスとして突発天体の研究が挙げられます。主な突発天体现象として超新星爆発、X 線連星、星表面での爆発現象であるフレアなどが挙げられます。特に重力波源の候補となっているブラックホールや中性子星の合体による爆発などは重要なトピックです。これらの爆発現象は膨大なエネルギーを秒から数時間単位で放出しますが、距離が大変遠いため小さな望遠鏡では分光観測を行うことが困難です。また極めてまれな現象で、夜空のどこでいつ起こるか分かりません。このような突発天体をいち早く分光・測光観測するには望遠鏡には機動性が求められ、それには軽い構造が不可欠となります。

より固くより軽いといった相反する特性を実現するために、せいめい望遠鏡では遺伝的アルゴリズムという手法を用いて構造の最適化（当初の設計を少しずつ固く軽く改良していく工程）を行いました。

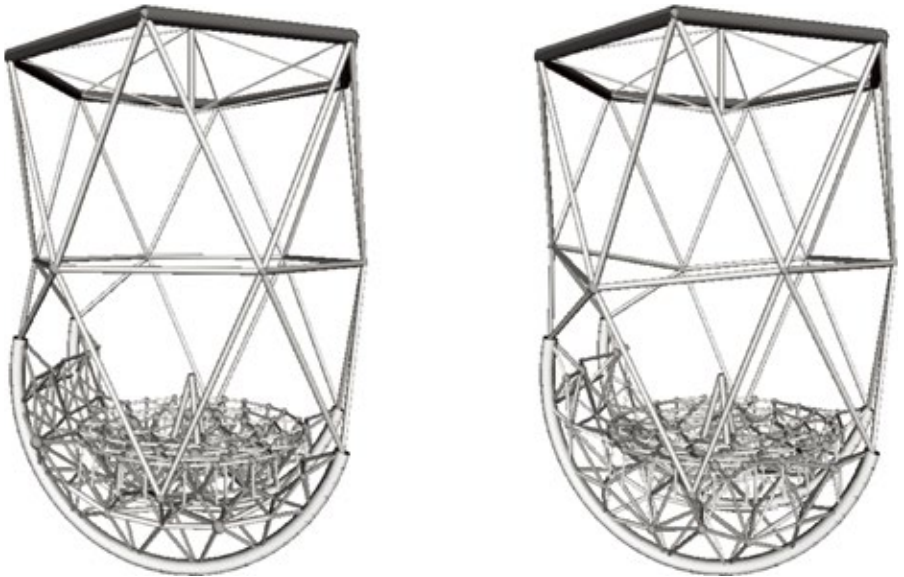


図4 遺伝的アルゴリズムによる構造の最適化

アルゴリズムとはコンピュータの中で計算するときに行う約束事です。コ

コンピュータは同じ計算を繰り返すことが得意です。「アルゴリズム体操」も複数の人が約束通り動くことで、ぶつかることなく複雑な動作を繰り返し行っています。あれと同じです。

次に最適化（問題）ですが、これは遊びたいけどテストで良い点も取りたい、というような問題を解決する方法です。遊んでばかりだとゼロ点をとることは必至ですが、勉強ばかりだとつまらない人生です。最適な答え（最適解）はその間のどこかにありそうです。このような相反する目的の両方をねらった答えを探すのが最適化問題です。実際は、遊びにしても勉強にしても時間を費やせば満足できるかということではなく、そのやり方が良く工夫されていれば、大きな効果を期待できます。遺伝的アルゴリズムではこの「やり方」を遺伝的に探します。

最後のキーワードは遺伝です。生命が進化するのに必要なものは遺伝子です。子どもの遺伝子は両親の片方と同じではなく、交配によって双方の遺伝子を持つこととなります。こうすることで親とは少し違った子が生まれます。うまく行けば親よりも優れた遺伝子を持つことも可能です。しかし、優れた遺伝子とはなんでしょう。たとえば「足が速い」、「計算が早い」または「絵が上手」などと評価の仕組みを決めてあげれば簡単にできそうです。この評価の仕組みを評価関数と呼びます。また生命が生きていくには環境の制約を大きく受けます。たとえば、水生と陸生、肉食性と草食性などその生物の能力は環境に適応していなくてはなりません。好きなだけご飯を食べて遊んで暮らせる、という夢のような環境は用意されていません。生物の世界ではこのように制限された環境の中でより強いものが生き残り、遺伝子を残すような仕組みがはたらいっています。しかし、そうだとすると環境に最も適応した生物だけが跋扈する世界が構築されそうです。もしそのようなときに環境変動などが起きるとその種は全滅し、地球から生命が消えてしまうかもしれません。実際の自然界はそのようにはなっておらず、多種多様な種が存在します。これは[突然]変異とも関連があります。生物はいつも正しく両親からの遺伝子を受け継ぐだけでなく、ときおり放射線（高エネルギーな電磁波や電子など。地球上だけでなく宇宙からも到来する）が遺伝子に当たり、一部の遺伝子を書き換えられることがあります。その結果、両親とは異なる子どもが生まれることがあり、これは種の多様性を導きます。このような生命の進化を望遠鏡という構造物にあてはめ、より優れた鏡筒をコンピュータの中で進化させました。具体的には以下のような流れとなります。

- 1) 技術者が最初の鏡筒の設計図を作る（その設計図を父親としましょう）
- 2) その設計図より少し違った鏡筒を[突然]変異により作る（その設計図を母親としましょう）

3) 父親と母親の設計図から、それらをかけ合わせた設計図を複数作る(交配)。かけ合わせる比率はコンピュータがランダムに決める。同時に[突然]変異もランダムに加える。(こうしてできた設計図を子どもとしましょう)  
 4) 子どものうちより軽く強い構造(評価関数)を選んで(選択)、それを親として次の子どもの設計図を作る

以上の交配、変異、評価、選択をアルゴリズム化して反復計算することで、徐々に優れた鏡筒の設計図がコンピュータの中で自動的に作られていきます。その際に、好き勝手に[突然]変異が許されるかということではなく、たとえば、材料は鉄のみであるとか、光路中を遮るような部品があつてはいけない、などといった環境条件を決めておきます。また実際の交配や[突然]変異の方法も生命そっくりです。コンピュータの中ではすべての情報が0と1で扱われます。これが2進数です。たとえば「Hello」は2進数で「0100100001100101011011000110110001101111」となります。鏡筒の設計図もこれと同じように0と1でできた遺伝子のリボンになります。これらを適当なところで切り貼りすれば交配になり、ランダムに書き換えれば[突然]変異となります。こうして出来上がった鏡筒のモデルを図4に示します。進化(最適化)の結果、400 kgの軽量化と仕様を満たす固さの両方を実現しました。

以上のようにせいめい望遠鏡では国内初、世界でも2例目となる分割式望遠鏡技術の獲得のために、様々な要素技術の開発を行ってきました。これらの技術はさらなる大型望遠鏡実現のために必須の技術となると同時に海外の研究機関からも注目されています。また、天体観測だけでなく様々な産業応用への扉も開くでしょう。



### 知られざる天文学者 3

射場保昭(1894-1957)は神戸のアマチュア天文学家、本業は貿易商でした。

彼は1934年にアメリカの天文雑誌に寄稿し、かに星雲超新星出現が明月記に記載されていることを世界に紹介し大きな反響を呼びました。平安の陰陽師が記録し安倍泰俊の調査報告を基に藤原定家が自分の日記に書き留めたこの天変は、こうして現代天文学の表舞台に躍り出たのです。

## 記紀神話に見られる星の神々（2）経津主の登場。

西村昌能（NPO 法人花山星空ネットワーク）

### はじめに（記紀の神話伝承の読み方）

前回は、海の神とも見られ、それ故、星の神様とも考えられるツツの神がユーラシア大陸北部に広がるアルタイ諸語の「火」や「炎」と関係があることを紹介しました。

さて、古事記と日本書紀をまとめて記紀とっていますが、これらの最初の部分には、創世神話が書かれています。この創世神話自体に、前回書いたように、為政者のバイアスがかかっています。そのため、記紀相互の読み比べや日本書紀の「一書に曰く」を読み解くのは、神話を考えるための重要な作業だといえます。

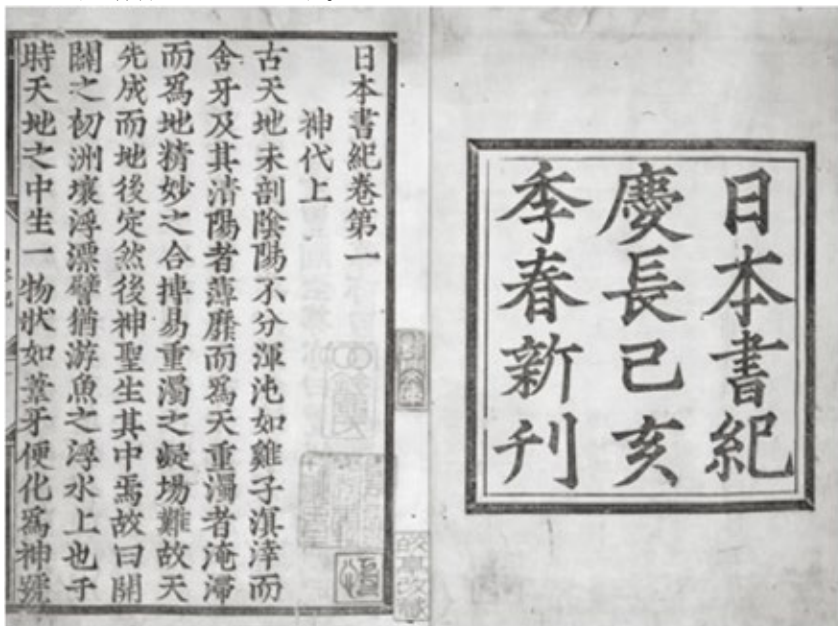


図1 日本書紀の神代上の書き出し部分 慶長勅版[1]

図1は、江戸時代初めのころの慶長年間に勅命によって印刷された日本最初の木活字本の日本書紀の巻第一神代上の冒頭部分です。平安末期から戦国時代にかけて、多くの書籍が失われましたが、平和な世になって、徳

川家康やこの慶長勅版を作った後陽成天皇の命により、生き残っていた書物は木活字化されたのです。

さて、図1の文章を読みますと、宇宙・地球創成が書かれています。「いにしえには、天地が別れず、陰と陽も別れていないで、世界は混沌として鶏の卵のようであった。・・・」と読めます。これは、中国の淮南子[2]（三天文篇（1）天地の始まり p89）の記述とよく似た構造で日本書紀作成者は中国の古典に秀でていたと思われる。この研究も十分面白いのですが、ここには中国の神様は見当たりません。そして、そのあとには、多くの神が出現し、ついに伊弉諾尊いざなぎのみことと伊弉冉尊いざなみのみことが生まれたのでした。

## 新たな神の登場

さて、私が見つけた星の神様の誕生部分を文献[3]（p40～p42）から抜き書きしました。場面は国生みの後の部分です。これは日本書紀（一）巻第一かみよのかみのまき 神代上一書第六、となり、6番目の一書にあたります。

伊弉諾尊と伊弉冉尊と共に大八洲  
 国を生みたまふ。然して後に、伊  
 弉諾尊の曰はく、「我が生める国、  
 唯朝霧のみ有りて、薫り満てるか  
 な」とのたまひて、乃ち吹き撥ふ  
 氣、神と化な為る。号を級長戸辺命と  
 曰す。亦是級長津彦命と曰す。是、  
 風神なり。又飢しかりし時に生め  
 りし児みこを、倉稻魂命と号す。又、  
 生めりし海神等を、少童命と号す。  
 やまのかみたち やまつみ わたつみのみこと  
 山神等を山祇と号す。水門神等を  
 はやあきつひのみこと 木のかみたち  
 速秋津日命と号す。木神等を  
 くくのち にはやすのかみ  
 句句迺馳と号す。土神を埴安神と  
 号す。然して後に、悉ふつくに万物を生  
 む。火神軻遇突智が生るるに至り  
 て、其の母伊弉冉、焦かれて化去り  
 ましぬ。  
 いろは かむさ

図2 日本書紀巻第一神代上 一書第六[3]

正伝（本文）では、伊弉諾尊と伊弉冉尊は作った国中の柱くになかのみはしらを回って婚姻し、日本列島を構成する島々を産んでいきます。そして、海・川・山・木・草・野・日（大日靈貴）おおひるめのむち・月（月の神）ひるこ・蛭児すきのおのみこと、そして素戔鳴尊を生んで

行くことになるのです。この本文の後に、一書が続き、その六番目（一書第六）になる伊弉諾尊いざなぎのみことと伊弉冉尊いざなみのみことの国生のところで図2から図4の物語が書かれるのです。

復剣の鐔つみはより垂る血しただ、激越そそきて神と為る。号けてみかのはやひのかみ復速日神ひのはやひのかみと曰す。次には熯速日神たふみくぢのかみ。其のか復速日神は、おや是武甕槌神の祖なり。亦曰はく、たふみくぢのかみ復速日命。次に熯速日命。次に武甕槌神。復剣の鋒さきより垂る血、激越きて神と為る。号けていづたりのかみ磐裂神と曰す。次にあ根裂神。次にあ磐筒男命。一にいづつりめのかみ云く、磐筒男命及びいづつりめのかみ磐筒女命といふ。復剣の頭より垂る血、激越きて神と為る。号けてくらのかみ闇竈くらのかみと曰す。次にくらのまづみ闇周象くらのまづみ。・・・

図3 日本書紀卷第一神代上 一書第六[3]

時に、伊弉諾尊、恨みて曰はく、『唯、一児を以て、我が愛うちはしき妹なにものみことに替へつるかな』とのたまひて、則ちまぐらへ頭辺はらばにはらば匍匐はらばひて、哭なきき泣いち流さ涕かなしびたまふ。其の涙墮ちて神と為る。是即ちうねを畝丘このもとの樹下に所居す神なり。啼ななきは沢女命あめのみことと号く。遂に所帯はせかる十握とつかつる剣を抜き、轲遇かぐつち突智あを斬りて三段に為す。此各これおのおの神と化成る。復剣の刃より垂る血、是、天安河辺あまのやせのかはらに所在ある。即ち此いづつりめのかみ五百箇いほひ磐石いほひと為る。即ち此いづつりめのかみ経津主神の祖なり。

図4 日本書紀卷第一神代上 一書第六[3]

一書第六では、イザナミとイザナギが国（島）を生んだ後、イザナミは様々な自然現象を生んでいくのです。最初に、風の神、食料の神、海の神、

山の神、木の神、港の神、土（粘土）の神、それから万物を生んで、最後にイザナキは火の神・軻遇突智を生んで焼け死んでしまいます（図2）。イザナミは泣きわめき怒って我が子軻遇突智を三つに切り刻み殺してしまいます。そのそれぞれが神になりますが、名前は明かされていません（図3）。しかし、剣の刃からしたたった血は天の川の河原にあるたくさんの石塊（五百箇磐石）になったとあります。この磐石は経津主神の先祖だということです（図4）。経津主というのは、日本書紀では変わった名前の神様です。私はこの神様に強くひかれるものを感じました。

さて、剣のつばからしたたった血からは、甕速日神みかはやひのかみ・燻速日神ひのはやひのかみが生まれます。これらは雷と火の神ですが、甕速日神は、武甕槌神たけみかづちのかみ（雷）の先祖に当たるといいます。剣先からしたたった血は、磐裂、根裂の神になります。次に磐筒男命いわつつのをのみことになります。剣の頭からしたたった血からは、谷の竜神、谷の山の神、谷のみずち（螭：水中にすむ一種の竜）になりました。闇は暗いことを意味します。また「ぐら」や「くら」は大きな岩を意味し、神の依代で、信仰の対象となっています。文献の注釈[3]（p43）では、谷としていますが、本当に暗闇であったかもしれませんが、磐倉（古代の信仰の対象となった巨石など）だったかもしれません。そして、この舞台はあまのやすかは天安河つまり、天上の世界にある天の川のほりりだったのです。

また、同書、一書第七[3]（p50）では、「・・・又曰く軻遇突智を斬る時に、其の血激越きて、天ハ十河中に所在五百箇石を染む。困りて化成る神を、号けて磐裂神と日す。次に根裂神、児磐筒男神。次に磐筒女神、児経津主神。・・・」とあります。このように一書第七では、天の川にある五百箇磐石が軻遇突智の血に染まって磐筒男神、磐筒女神、経津主神になったと伝えられています。フツはツツから産まれたとも読めます。ところが、筒はともかく、経津主神については、一部の文献を除いて、どの校注にも何の注釈もなく、全く何者か不明の神なのです。そこで、これが解釈できれば、ツツのいわれがわかると考えました。ツツとフツが一気に解決できるのだと思ったのです。

## 剣の製作現場か火山の噴火か

古事記には経津主神は「次に、健御雷之男神たけみかづちノノカミ、その名は健布都神たけふつのかみ、（布都ノ二字は音を以る。下は此に効ふ）亦是豊布都神」とあります[4]（p31）。古事記の記述は用いられている漢字は違いますがストーリーは、ほぼ日本

## 記紀神話に見られる星の神々(2)経津主の登場

書紀の一書第六と同じです。この部分の物語の解釈は、様々な説が発表されています。火山の噴火・溶岩流を説明するものだという説があります[5]。しかし、一番メジャーな説は、剣の制作過程を表しているというものです[6] (p323 補注)、[7] (p25 注)。

剣の制作過程という説の根底には、物部氏が祭る「ふつのみたま節霊」という剣の存在があります。ここでの節は「ものを断つ音、音が途切れる、断つ」という意味をもち、このことから剣の制作現場のイメージが生まれたと思われる。つまり、節はものを断つ音、ブツという音で、経津主神は、それ故、剣がもの(布地)を斬るときに発する音「ブツッ」「ブツリとかブツリ」からその名前ができたというのです[6] (p63 注)。

しかしながら、真面目に一書第六を読むと軻遇突智が斬り殺されて出現した神々は、全て自然現象でしたので、フツは剣ではなく、自然現象を表す神であると考えた方が自然に感じます。ただ、剣の説を完全に否定するものではありません。

### 釈日本紀を探る

そこで、日本書紀の講釈書である釈日本紀を調べてみることにしました。釈日本紀はWIKIでは著者は卜部兼方(懐賢)で、資料としての評価の高い日本書紀の注釈書であり、制作年代は十三世紀後半以降だといえます[8]。

さらに調べてみますと江戸時代の木活字本と思われる書物が京都大学図書館[9]で公開されていました(図5)。これは早稲田大学図書館[10]にあるものと同じ版型に見えます。

図5は、釈日本紀の経津主神社と武甕槌神社の項目部分を示しています。ここにあるたけみかづちのかみ武甕槌神は経津主神と一緒に活躍する雷神です。しばしば、経津主はこの神の別名とされています(たとえば、[4]p31)。釈日本紀では、この武甕槌神社の部分で、さきのよのふることのふみ先代舊事本紀[11]と「天書」(後述)を引用して軻遇突智が斬られる所の文章を解釈しています。先代舊事本紀の文章は図3と図4にある日本書紀一書第六および一書第七・第八および古事記の文章とほぼ同形です。

この釈日本紀の該当部分には、次のような驚くべきことが書かれています。書き下してみますと、「天書に日く、経津主の神は天の鎮神なり。その先はいざなみ諸尊より出る。初め、かくつち諸尊、温突血を斬り、赤霧(血飛沫)となす。天下陰闇に直ちに天漢(天の川)に達し、三百六十五度、七百八十三の盤石と化な為る。これを星度の積と謂うなり。氣、化して神と為る。号(名)を磐裂と日す。是を歳星(木星)の精と謂う。(磐)裂、ねさく根去を生じ、是



を螢惑（火星）の精と謂う。（根）去、磐筒男を生じ、是を太白（太白＝金星）の精と謂う。（磐筒）男、磐筒女を生じ、是を辰星（水星）の精と謂う。（磐筒）女は経津主を生じ、是を鎮星（土星）と謂う。云々。」となります。（ ）内は著書の補足です。

「経津主の神は天の鎮神なり」とは「土星に宿る精霊」という意味だと思われます。歳星・螢白・太白・辰星・鎮星の五星は五行説に基づく物ですが、淮南子[2]（天文篇（3）五星（五行）p94）に見られますので、奈良時代の知識人は当然知っている用語です。この文章に従うなら一書第六の神々は五つの惑星を表していることとなります。しかし、これが奈良時代のものだったかどうかは、慎重に考えないといけないと私は考えます。

また、「天下陰闇に直ちに天漢（天の川）に達し、三百六十五度、七百八十三の盤石と化為る。これを星度の積と謂うなり。」の部分は、「真つ暗闇の天に（カグツチの）血飛沫が昇って天の川に達し、天を一周（アジアでは天の赤道の目盛は365と1/4度でした）し、783個の盤石となった。これが星々（星宿）の集まりである。」とでも訳せまじょうか。この盤石は星々と推定されます。また、「前漢書」（図6）と「晋書」の「天文志」には、783個の恒星という表現が見られます[12][13]。

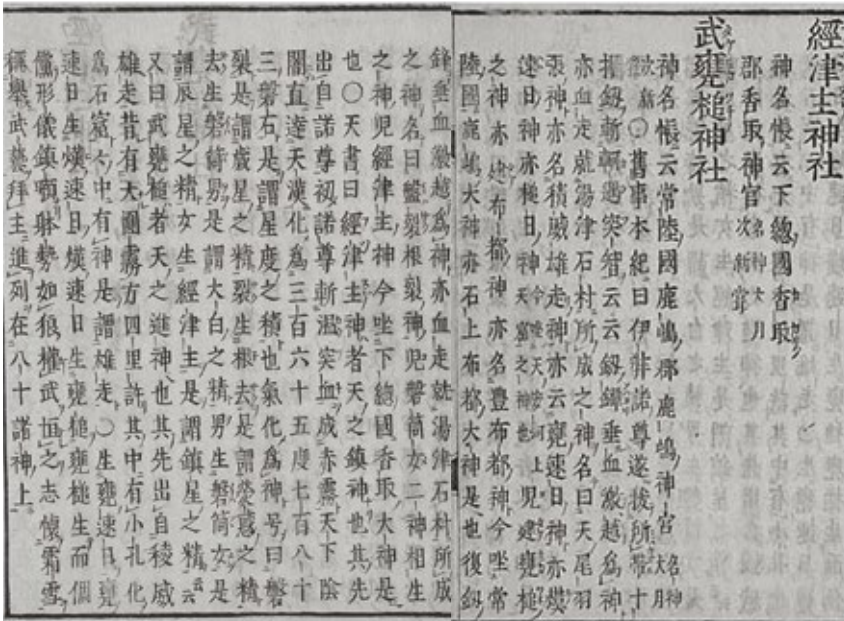
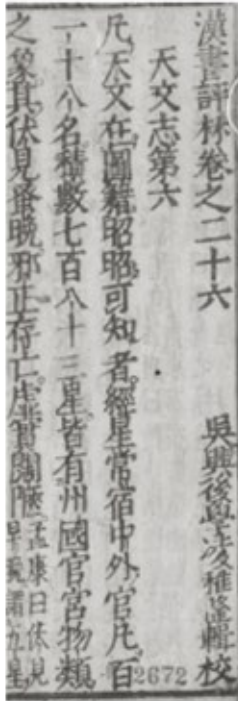


図5 京大附属図書館版「新日本書紀」経津主神社と武甕槌神社部分[9]

## 記紀神話に見られる星の神々(2)経津主の登場

ただ、釈日本紀は日本書紀が書かれてから、600年ほど後の書物です。また、WIKIには「逸文の『天書』（逸文のみで現存せず）」[14]とあります。「天書」は奈良時代の書物である可能性がある一方、偽書であるという可能性もありそうですが、いずれにしても、中世以前の知識階級がカグツチの血から星々が生まれたという考えを持っていたとしても、また奈良時代以前の人が星の起源がカグツチにあるという考えであったとしてもおかしくはないと思います。

そこで、日本書紀と先代舊事本紀に再度、あたりました。そこには、イ



ザナミがカグツチを斬った時「是の時に、斬る血そそいていわむらさくさ 激灑そめて石礫樹草これくさき いさごを染る。此草木・沙石の自いさごずからに火を含むことのもと縁ことのもとなり。・・」(日本書紀一書第八[3]p52)

「是の時斬れる血そそいていわむらさくさ、激灑そめて石礫樹草いさごを染つく、砂石いさご自いさごから火を含むそのことのもとは其縁そのことのもとなり。」(先代舊事本紀[11]p32)とあったのです。これはつまり、火の神カグツチの血が飛び散って岩石や樹木に入り込んだ、そのために岩石から火花が(前回の火打石参照)、樹木をこすると火がでるのだという発火法の起源譚になっているのです。

火と星の関係を思い出すと、経津主は星の神の可能性があり、ツツも星の神の可能性が高くなってきました。ツツはまさしく、火打石の発する「火の粉」でもあったのです。では、経津主のフツとはどんな意味があるのでしょうか？本当に物を斬る音なのでしょうか？今回はそれを探りたいと思います。

図6 国立国会図書館デジタルコレクション  
漢書評林 天文志第六[13]

### 引用文献

[1][https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Nihonshoki\\_jindai\\_kan\\_pages.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Nihonshoki_jindai_kan_pages.jpg)

[2]淮南子 楠山春樹 天文篇 天地の始まり p89 中国古典新書 明德出版社 平成7年 淮南子は前漢武帝の頃、淮南王劉安が編集させた書物である。

[3]日本書紀(一) 坂本太郎・家永三郎・井上貞光・大野晋校注 1994年9月 岩波文庫

[4]古事記 日本思想体系1 青木和夫、石母田正、小林芳規、佐伯有清 1982年

第 1 刷 岩波書店

[5]西郷信綱 古事記注釈 第 1 巻 p289 2005 年 4 月 ちくま学芸文庫

[6]古事記祝詞 日本古典文学大系 1 倉野憲司 武田祐吉 校注 1985 年 第 29 刷  
岩波書店

[7]古事記 倉野憲司校注 2001 年 第 65 刷 岩波文庫

[8]<https://ja.wikipedia.org/wiki/釈日本紀>

[9]釈日本紀 (京都大学附属図書館蔵 平松文庫)

<https://edb.kulib.kyoto-u.ac.jp/exhibit/h008/h008cont.html>

[10]釈日本紀 (早稲田大学図書館蔵)

[http://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/ri05/ri05\\_04819/index.html](http://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/ri05/ri05_04819/index.html)

[11]先代舊事本紀 訓註 大野七三編著 平成元年 第二刷 新人物往来社

[12]ジョゼフ・ニーダム 中国の科学と文明 第 5 巻 天の科学 監修 東畑精一/  
藪内清 訳 吉田忠/高柳雄一/宮島一彦/橋本敬造/中山茂/山田慶児 1991 年 思索社  
この本の p103 に、西暦 130 年頃に「馬續が 783 星を含み、118 の星座の名称を付した星図があったと述べている。」とあり、その注に「『前漢書』巻二十六、一葉表；『晉書』巻十一、七葉表、馬續は「前漢書」の天文志の著者であった。」とある。

[13]国立国会図書館デジタルコレクション 漢書評林

<http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2600669?tocOpened=1>

[14]<https://ja.wikipedia.org/wiki/天書> なお、次の記述も書かれている。

「齋部浜成の息子ともされる齋部広成が著した『古語拾遺』の識語に『浜成が作る所の天書は、古事記に非ず。別書なり』と記載されており、齋部浜成を『天書』の撰述者としている。」ただし、私が調べた古語拾遺[※1][※2]にはそのような記述部分が見られず、確認は取れていない。

[※1]古語拾遺 齋部広成撰 西宮一民校注 2015 年 第 19 刷 岩波文庫

古語拾遺は「ふることの遺れたるを拾う」という意味で、大同 2 年 (807) 齋部広成の撰になる書である。かつては朝廷の祭祀と一緒に行っていた中臣氏 (藤原氏) の勃興で祭祀から排除された忌部氏 (のちに齋部氏) が古伝承を説き起こして、朝廷に愁訴したものとされている。

[※2]古語拾遺 奈良女子大学阪本龍門文庫善本電子画像集 古写本の部

<http://mahoroba.lib.nara-wu.ac.jp/y05/html/106/index.html>

【追悼】

## 佐藤健さんのこと

吉岡克己（姫路科学館）

3月10日、佐藤健さん（NPO 法人花山星空ネットワーク、元東亜天文学会木星土星課長）の訃報を受け取った。享年79歳。3月4日に鬼籍に入られたとのこと。

体調が優れない様子については、ご本人より伺っていたが、昨年2月、姫路で開催された「第7回星なかまの集い～天文楽サミット～」でお会いした際の元気なお姿しか臉に浮かばず、未だ実感の湧かないところである。

佐藤さんとの交流は、1980年の広島市こども文化科学館開館の年からである。当時、広島学院中学校の天文部で活動していた私は、1学期の中間試験が終わると、クラブの後輩を連れてプラネタリウムを訪れた。佐藤さんは初対面の中学生相手に、プラネタリウムのバックヤードをご案内くださり、その仕組みを教えてくださいました。今もその時の情景が目に浮かぶほど、中学生の自分にとって印象的な体験であった。

佐藤さんと私とは、自宅が近かったこともあり、その後も時折、通学の電車でお会いすることがあった。ある時、「どうやったら佐藤さんのような木星のスケッチができますか？」と聞いたところ、にこやかに「100時間ほど見たら描けるようになるよ。」と教えてくださいました。佐藤さんのことを密かに木星人と呼んでいた頃のことである。

その後、進学等で広島を離れた私は、一時、佐藤さんとの交流も途絶えていたが、1993年に姫路科学館が開館すると同時に、同館でプラネタリウムの解説をはじめることになり、同年秋に同業者として佐藤さんと再会することになる。プラネタリウム業界での新人であった私にとって心強い先輩であった。

話は前後するが、プラネタリウムと言えば、佐藤さんは1960年から1971年に広島県佐伯郡五日市町（現広島市）の楽々園遊園地にあったプラネタリウムで天文普及活動をされていた。ここは、私の母方の実家から徒歩5分ほどの場所で、小学校入学前の私もプラネタリウムに行ったそうである。おそらく佐藤さんからお話を聞いたことと思われるが記憶はない。しかし、小学校6年生になって籍をおいていた広島天文協会五日市支部楽々園天体観測グループの前身が楽々園プラネタリウムで佐藤さんが作った楽々園天

文同好会であったことは昨年になって知った。楽々園天体観測グループ出身者には、海上保安庁の奥村雅之氏や元国立科学博物館の西城恵一氏もいる。

こう考えると、佐藤さんとの縁は半世紀近くに及んだことになる。昨年、宮本正太郎先生について調査する中で、佐藤さんとの間でメールとお手紙の往復があった。今年になって、差し上げたメールに返信がないことが気になっていたが、結局、宮本先生のことが佐藤さんとの最後の話題となった。佐藤さんと宮本先生は、佐藤さんが学生の頃から交流があったという。また、火星のクレータに宮本先生のお名前 Miyamoto を提案されたのも佐藤さんである。そんなお話を聞いて 1 年も経たないうちに、佐藤さんのことを私がお話することになろうとは、思いもよらなかったことである。

佐藤さんは今頃、どちらを旅しているだろうか。望遠鏡で木星を見ると、木星人と化した佐藤さんが見えるかもしれない。私にはとても 100 時間の木星観測は達成できないが、私もご指導いただいた一人として、子どもたちと星空を見つめ、宇宙の魅力を話す時間を大切にしたいと思う。

安らかにお眠りください。

## 参考文献

- [1]佐藤健,2017,あすとろん,vol.38,25-26
- [2]佐藤健,2007,『昭和 13 年 早生まれ』

1995 年ころ（だったと思うが）佐藤さんから「宮本先生の名前を小惑星につけたいからその業績を英文で書いてほしい」という手紙をもらいました。関勉さんが発見した発見した小惑星に佐藤さん藤井旭さんと連名で申請し 7594 番小惑星 Shotaro が生まれ、これが初の共同作業です。そして火星のある大型クレータに Miyamoto と名付けたのが最後の共同作業でした。佐藤さんは多数の天体に和名をつけられましたが、そのお手伝いのできたことはいい思い出になりました。

今、あすとろん 38 号、39 号に掲載された「宮本先生を偲んで」を読み返しながらご冥福をお祈りしています。

作花一志

## 2500 年間の火星大接近

作花一志（京都情報大学院大学）

火星大接近日が近づいてきました。7月31日に地球から5759万kmまで近づきます。そこで過去の火星大接近を調べていたらこんなページに出会いました。

**火星超超接近** <http://www91.sakura.ne.jp/~kay2/mars/mars1.htm>

前回2003年8月27日以前の大接近について記してあります。

当日の大接近は6万年ぶりの超大大接近で、なんと、その夜はBC57617年9月12日、私たちの先祖は暮らしていた洞穴の中(?)から出てこの赤い星を見上げたのでしょうか。

筆者もこのデータはたしか横浜こども科学館のサイトで見た覚えがある、といっても15年前の微かな記憶ですが・・・今、横浜こども科学館をググっても見つかりません。すでに削除されたようです。

ところで上記ページの書き方からして、もしやかの有名女子のものではないかと勘繰り、問い合わせたところやはりそうでした。元の記事は見つからないそうです。

そこで仕方ない、自分で確かめるかと前世紀作成のプログラムを引き出し解読しました。なんせWin98+VB6というほとんど古文です。健在だった冥王星を含む惑星軌道図を描き2500年間くるくる回して地球・火星の距離が5800万km以下となる日付と距離を書き出しました。このプログラムで使った軌道要素は±10000年はまずまずの精度だったはずですが、6万年前までは遡れない。

その結果が図1です。縦軸は両惑星の距離 (au) です。

1) この間で超大大接近ベスト5は ①2287年8月29日, 5571万km ②2366年9月1日, 5573万km ③2208年8月23日, 5575万km ④1924年8月23日, 5577万km ⑤2003年8月27日, 5579万km となりました。しかしそれらの差はわずかに地球の直径の2倍程度で、累積誤差など計算精度からして有意な差とは言い難い。

2) 点列の下限が右下がり、すなわち大接近時の距離は減少しています。将来火星は地球に落下する!とは早計です。主な原因は火星の軌道要素の変動にあると思われます。火星の軌道長半径が減少しているのではなく、火星は離心率が大きく軌道は扁平ですが、それだけでなくその変動も大きく扁

平度は増大していきます。近日点距離は小さくなり、従って地球とは近くなっていきます。また楕円の長軸方向も変動し、公転方向に近日点移動が起こります。この右下がりやがやがて右上がりに転じるかどうかはもっと長期間の計算が必要で、筆者の古色蒼然たるプログラムではムリです。

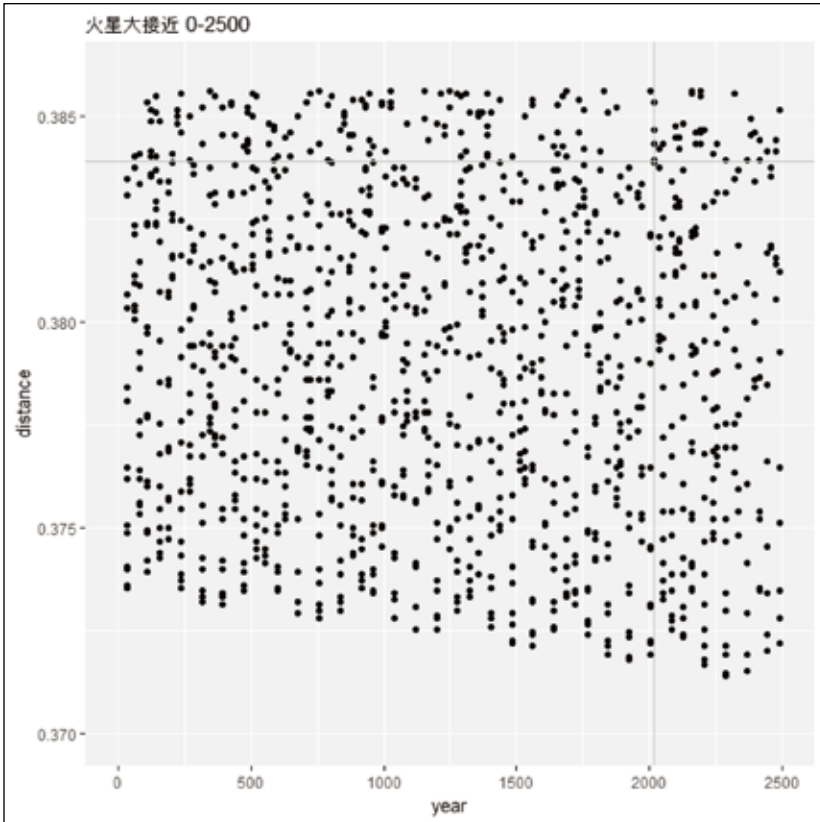


図 1 地球・火星の距離の変化（縦軸の単位は au）縦横線は今年の値

原稿を書いてから重要な文献を見つけました。

<http://spider.seds.org/spider/Mars/marsopps.html>

<http://spider.seds.org/spider/Mars/Add/whenwasmarsclose.pdf>

これによると 200 万年間のわたる火星離心率の変動の計算結果、最近 10 万年では離心率は増大し、地球との距離は減少して、その後何回か増減を繰り返すそうです。2500 年までの最大大接近は 2287 年に起こるという結論は同じでした。ともあれその年の超大接近に期待（！）しましょう。

## 総会に初めて参加して

八重樫優子（NPO 花山星空ネットワーク）

論外かもしれませんが、私の場合、宇宙に興味を持ったのは、小学六年頃です。ある日祖父が田から帰るなり、さっき不思議なものを見た！というのです。田を耕してた時「空から急に大きいお椀が降りてきて、その下から火を吹いてた、光ってた！」と。それが「目の前で、空中でとまって、しばらくしたら消えていった」そうです。「あんな不思議なもんを見たのは、生まれて初めてじゃ」と祖父は、言いました。祖父は、寡黙で冗談や嘘を盛る人ではなくテレビもみない働き者の明治生まれの人です。後にテレビで盛んにUFOの番組がでるようになりました。私たち姉妹は「お祖父さんは、UFOにあったんだ！そして解剖されたかも！」と少し心配しましたが、たいした病気もせず大往生しました。きっとあれは狐か狸と思ったままでしょう。その後、高校の時に飛騨天文台ができ先生や友達と見学にいきました。ジープで迎えにきていただきました。小さな町で初めて見る(少なくとも私は。)最先端の施設に皆舞い上がりニヤニヤ笑い、次ダンマリになりました。こんな山奥では、やはり、井の中の蛙とばかりに京都にでて半世紀、そろそろ故郷が恋しいなと思う頃です。あのいたいたい病のマイナスイメージの神岡鉦山の坑道跡地に何とミクロから、マクロの集大成の最新宇宙に迫る観測装置が次々出来ました、故郷恋しさもあり最新の科学を知りたいと思い金曜講座に出かけ久し振りに錆びかけた頭を働かせることにしました。なんと、思ってた宇宙となんか違うということに、小学生のようにきづきました、と前置きが長いですが、入会させていただき初の総会の感想を。といわれたのですが、気さくに接していただき安心しましたがよく考えると皆様、博士号や、専門職の方々、気後ればかりです。でも、私にとって、最先端の話を聴ける喜びが第一で、本当にありがたいことです。そのうち、祖父の体験談も、最新宇宙の研究でありやなしやも含めて少しでも理解できるようにスポンジのように吸収していけたらいいなと思います、よろしく願います。



## 第 21 回講演会と 2018 年度通常総会・懇親会

上善恒雄 (NPO 花山星空ネットワーク)

### 第 21 回講演会

柴田一成先生 (京都大学理学研究科附属天文台長 NPO 法人花山星空ネットワーク副理事長) が最初に司会進行をされました。はじめに、京大の天文台に関する NHK ニュースの動画が紹介されました。8 月から観測が開始される岡山に建設された東アジア最大級、直径 3.8m の望遠鏡に「せいめい」という愛称が付けられたという岡山ローカルのニュースでしたが、今回の講演会でお話いただいたすばる望遠鏡のような愛称を一般から募集したところこの名前に落ち着いたということです。

続いて、西村昌能 NPO 法人花山星空ネットワーク理事長から挨拶がありました。この NPO 法人は、京大の天文台関係者をはじめ京都市民を中心とした市民が主体的に宇宙と自然について学ぶという趣旨で 2006 年に創立され、2013 年には認定 NPO 法人になりました。現時点で 553 名の会員に支えられています。年 6 回の天体観望会や 4 次元シアター、今年で 11 回目になる子供飛騨天体観測教室や大人向けの飛騨天文台自然再発見ツアーへのお誘いがありました。また、京都千年天文学街道ツアーは天文の歴史をテーマに京都をめぐるツアーで、この担当をされている青木成一郎氏 (京都情報大学院大学准教授) からご紹介を頂きました。今年で 7 年になり、総計 300 回近い回数を実施され、全国版の新聞記事としても紹介されましたし、英語ツアーを含めて新しいコースもますます充実してきています。青木氏が昨年国際会議でもその内容を発表したそうです。

### 講演 (吉田通利先生)

最初の講演は国立天文台ハワイ観測所所長の吉田道利先生から「金の生成現場を捉えた? 中性子星合体 GW170817 の光赤外線追跡観測」というタイ



トルでのお話でした。吉田先生から、あすとろんの記事をいただいたので、お話の詳細は p 31 をお読みいただきたいと思います。

吉田先生は京都大学大学院宇宙物理学専攻で博士の学位を取得された後、岡山天体物理観測所の観測所長として、「せいめい望遠鏡」の一番の貢献者です。そのため今回のご講演を柴田先生がお願いしたそうですが、事前に聞いてなかったのが急遽、せいめい望遠鏡の話も入れていただいたとのこと。その後、広島大学宇宙科学センター長などを歴任された後、昨年より国立天文台ハワイ観測所の所長として日本の天文学を支えるご活躍されているという柴田先生からのご紹介がありました。

すばる望遠鏡はハワイの高度 4200m マウナケアにある直径 8.2m の光赤外線を観測する有名な望遠鏡です。この望遠鏡のために 120 名ほどの所員が働いていて、吉田先生はその所長を務めていらっしゃいます。望遠鏡もすごいのですが、その先っぽについている HSC カメラが、8 億 7 千万画素で、カメラだけで高さ 3m というのにはおどろきです。

光は電磁波の一種、電気を帯びたものが加速度運動すると電磁波が出る。質量のあるものがあると周りの空間がゆがむ、そのゆがみが重力で、大きな質量のものが加速度運動すると重力波ができる。でも、1 のあとに 0 が 38 個続く数字倍ぐらいの大きな強さの差があるので観測が難しい。重力波が観測できると、アインシュタインが正しいかどうかとか、宇宙誕生直後の様子や、ブラックホールや恒星の内部がわかるといった、光ではできないことができるため、重力波天文学という分野ができました。重力波を発見してノーベル物理学賞を受賞した一人のキップソーンさんは INTERSTELLAR という SF 映画を監修されたそうです。すでにご覧になった方もこの映画に対する印象が変わったのではないのでしょうか。

重力波望遠鏡としてアメリカの LIGO、ヨーロッパの Virgo、日本の KAGRA があるけれど、この 3 つをあわせても大雑把な精度しかできません。天文学の観測は主に電磁波(光、赤外線、電波、X 線)を使いますし、宇宙線やニュートリノを観測する粒子天文学というものもあります。重力波にあわせて、電磁波、粒子を組み合わせ、技術を総動員した天文学がマルチメッセンジャー天文学と名付けられて究極の天文学と言われています。

ここで今日の吉田先生の講演の本題は「世の中の金はどうやってできたか」にはいりません。金銀銅ウランなど、鉄より重い元素は核融合程度のエネルギーでは作れなくて、中性子捕獲(slow な s プロセスと rapid な r プロセス)でないと無理で、slow では 1000 年にひとつの中性子が増えるが、rapid だと 1 秒に数十個の中性子がいって、元素が太っていくらしい。しかし超新星爆発でもこの速い中性子の肥満は起きないことがわ

かっていて、中性子星同士が合体するキロノバ(kilonova)という、1000倍大きな爆発現象が必要です。こんな爆発が原因になる重力波を追いかけるために、重力波追跡観測網(J-GEM)という組織が全世界規模で結成され、そこに岡山の3.8m望遠鏡も参加するそうです。

2017年8月17日に突然、中性子星合体の知らせがきました。日付から、その重力波はGW170817と名付けられました。同時にXML形式の詳しいデータが来て、その内容を見ると中性子星を含む確率が100パーセントという自信満々の結果でした。その方角が最初はほとんど宇宙の半分ぐらいのイカゲンなものでしたが、その5時間後には桁違いに詳細な位置がわかり、翌日にはチリで天体が特定され、その夜にハワイでも、すばる望遠鏡のHSCにより観測を行い、その後も半月に渡って変化を観測して、キロノバの特徴と一致しました。これがマルチメッセンジャー天文学の初めての成功で、このときに地球1万個分の重元素が合成されていることがわかった大きな一歩となりました。

## 質疑応答

(質問) 以前からLIGOから同じようなアラートがきていたのか。

(回答) ありましたが、それはブラックホール合体であることがわかりました。ブラックホール合体の時は電磁波が出ないのです。

(質問) 光も粒子ではないのか？

(回答) 光も見ようによっては粒子ですが、原子核のあるような粒を対象にしています。ニュートリノも粒としてとらえています。

(質問) 最初のアラートで精度が悪いとかいう話があったが、そのあたりを詳しく教えて欲しい。

(回答) 3台ある重力波望遠鏡のうち、当初は1台でしか観測できてなかったのです。望遠鏡1台では上下か左右かぐらいしかわからなくて、2台を合わせると、帯状まで絞れます。3台になるとそれがさらに絞れるのですが、重力波望遠鏡には得意な方向があって、実は3台目では観測できませんでした。3台目の望遠鏡では観測不能なところからの信号であることも考慮に入れて範囲を特定したりして5時間かかったということです。

(質問) 重力波の観測精度はカシオペア座の三分の一ぐらいという最初の説明より、今回の精度はかなり良いようにみえたが、なぜ？

(回答) きわめて強い信号だったためS/N比が良くて絞り込めました。

(質問) 観測限界まで40分ということで苦労されたようだが、時間があればもっと何かわかった？

(回答) 分光ができていたはずですが。1日目はまだ40分あったのでまし

なぐらいで、そこから段々観測可能時間が短くなって 15 日目には 15 分しかありませんでした。最後には、すばる望遠鏡のリミッタを外して、本当の限界まで観測したのだけど画像しか撮れませんでした。

最後に、司会の柴田先生からのコメントで、せいめい望遠鏡は爆発が起きてから 15 分で望遠鏡を向けることができるので、新しい現象を迅速に捉えることができるようになるとのことでした。

### 講演（川中宣太先生）

次の講演は作花一志先生（京都情報大学院大学教授）に進行を交代し、講演者の紹介をされました。講演者の川中宣太先生は京都大学白眉センターの特定准教授です。京都大学理学研究科博士課程修了後、イスラエルに留学されました。白眉センターというと年寄りの集まりのように勘違いされるが、優秀な若手が集まっているところですよという作花先生からの説明がありました。



講演は「星の第二の人生 超新星からブラックホールまで」というタイトルで、星は一生を終えた後の方が実は激しくて派手な現象をおこすというお話でした。この御講演も後日講演者の川中先生から、原稿を頂けることになっていますので、詳しくは次号の記事をお読みください。ここでは概要のみご紹介しておきます。

星が活着ているというのは、重力で潰れるのと核融合の時に放出されるエネルギーがバランスしているという状態のことです。しかし、核融合はずっと続くわけじゃなくてそのバランスがとれなくなって、一生の終わりとして爆発がおきます。太陽の 8 倍以下の軽めの星は白色矮星に、8 倍以上の重い星では超新星爆発が起きて、中性子星やブラックホールになります。これらの白色矮星や中性子星やブラックホールは高密度天体と称されます。

白色矮星は星の内部は活着ている星のように核融合がないので高温ではないけれど、電子が高密度な状態になって縮退圧により高いエネルギーを持つことになります。この縮退圧によるエネルギーで白色矮星を支えているのだけれど、太陽の 1.4 倍より重い場合は縮退圧では支えられずに爆発してしまうことをチャンドラセカールが発見しました。この質量を限界質量と呼んでいます。

超新星爆発には大きくわけて熱核暴走型と重力崩壊型があります。前者は白色矮星が他から質量を得たり白色矮星同士が合体したりして限界質量を超えて起きる爆発で、最大光度が大体決まっているので距離の指標として便利な爆発です。後者は太陽の 8 倍以上の質量で起きる爆発です。どちらも爆発の詳しいことはわかっていません。藤原定家が明月記に記録した 1006 年、1054 年、1181 年の超新星は NPO の皆さんにはおなじみですね。また 1987 年に観測された超新星は大マゼラン銀河で起きた重力崩壊型で、近い場所でおきたことで色んな研究が進みました。

超新星爆発で出来た中性子星は半径 10km のところに太陽ほどの質量があり、それは 1 平方センチで数億トンぐらいの質量になります。中性子星も白色矮星と同じように核融合はしないので、中性子の縮退圧で支えられるのですが、この場合にも太陽質量の 2、3 倍の限界質量があります。宇宙の灯台として知られるパルサーはこの中性子星で、2000 個ほどのパルサーが見つかっています。

ブラックホールは 18 世紀にすでにラプラスによって考察されていて、地球の質量を変えずに、どんどん小さく縮めていって、1cm になると、地球から宇宙に脱出するために光速が必要になるという計算をしました。

チャンドラセカールは白色矮星の限界質量は太陽の 1.4 倍という結構当たり前の星であることを発見しましたが、その当たり前の星がブラックホールになることを理論的に証明しました。

小田稔先生は 1971 年に X 線で Cygnus X-1 を観測し、世界で初めて観測論文にブラックホールという言葉を使いました。

ブラックホールは周りの物質を吸収することでエネルギーを解放するので、見るができます。この宇宙で最も明るい現象はガンマ線バースト (GRB) で、1 日に 1 回ぐらいの頻度で数秒間明るく光ります。これは太陽が 100 億年かけて放出するエネルギーを数秒で放出していることになります。ほとんどその理屈はわかっていません。

先ほどの吉田所長の講演で紹介された GW170817 も GRB のようなものが検出されました。ブラックホールは降着円盤でその存在が間接的に観測されたのですが GW150817 の重力波の初検出によってブラックホールの直接的な証明になりました。

様々な手段によるマルチメッセンジャー天文学により天文現象の正体に迫ることができるようになってきているというホットなテーマでした。

### 質疑応答

（質問）電子の縮退圧とのご説明でしたが、パウリの排他原理で潰れないと習いましたが関係ありますか？それらの力で支えきれなくなって爆発を起こしたあと、中性子星が残る場合とそうでない場合があるとか？

（回答）その通りフェルミ粒子は同じ状態を二個以上とれないというパウリの排他原理によってエネルギーの高い準位にならざるを得ない状態になるため圧力ができて支えられています。質量限界に達したときに、太陽程度の質量が確保できた場合は中性子星として残り、そうでない場合はすべて爆発して超新星爆発になります。

（質問）パルサーのエネルギー源は？

（回答）磁場が非常に強いので磁気エネルギーが光に変わるというのがメジャーな考え方です。もう一つはブラックホールと同じように物が落ちるということもあって、それによって光が発生するとも言われています。

### 2018 年度定期総会・懇親会

引き続き、2018 年度総会が行われました。はじめに、西村昌能新理事長から、西村理事長のこれまでの京都大学との長年の共同研究や理科教育について、花山天文台との関わりや思い出について詳しく紹介を頂きました。西村理事長は理学博士の学位を京都大学で取得しました。また、洛東高校教員として黒河前理事長のご指導のもと、花山天文台での太陽観測実習など高校生の理科教育に力を注がれました。





総会の様子

続いて、黒河宏企前理事長からご挨拶がありました。これまでのNPO設立の趣旨とこれまでの歩みについて、数多くの写真とともにお話を頂きました。本総会にて、黒河宏企理事長、長谷川靖子理事、作花一志理事のこれまでのNPOへの御貢献について感謝を申し上げ、ご退任について報告がありました。総会の議事としては、第1号議案として、平成29年度活動報告と会計決算、監事の西川宝氏（写真右）から会計監査のご報告を頂き、ご承認を頂きました。

第2号議案として平成30年度活動計画と会計予算についてご承認を頂きました。

第3号議案として新しい理事として北川聡一氏（京都大学宇宙総合学術研究ユニット非常勤講師・(株)神鋼テクノ顧問）を選任することをご承認頂き、北川新理事から自己紹介を頂きました（写真左）。



総会後の集合写真

## 第 21 回講演会と 2018 年度定期総会・懇親会

また第 4 号議案として、決算報告の開示についての制度変更に伴う定款の改定についてご承認を頂きました。

総会は 17 時 45 分までかかりましたが、懇親会準備のかたわら、今年もセミナーハウスの芝生に向かって集合写真を撮影しました。

18 時過ぎから懇親会を開始、寝屋川を中心に星のソムリエとしてご活躍されている向井弘さん（写真左）が司会進行され、当時の京都大学総長として NPO 創立時にご尽力いただいた尾池和夫元総長の乾杯のご発声により、懇親会をスタート、黒河先生、作花先生からも理事はご退任しても、これからも変わらない NPO 活動への意欲をお話いただくなど、ご参加のみなさんから多くのお話を頂き、楽しい時間を過ごすことができました。



懇親会の様子



# 金の生成現場をとらえた？ — 中性子星合体 GW170817 の光赤外追跡観測 —

吉田道利（国立天文台ハワイ観測所）

## 1. 宇宙における元素合成と中性子捕獲

私たちの世界を構成している様々な元素のうち、水素とヘリウム、それからごく微量のリチウムとベリリウムは宇宙初期のビッグバンの直後に生成されました。しかし、それらより複雑な元素はすべて宇宙の歴史の中で作られてきました。特に、私たち人間を含む生命を構成する主要元素、すなわち、酸素、炭素、窒素といった多くの元素は、恒星の中心部で核融合反応によって生成されました。私たちの血の中に含まれる鉄も恒星が生み出しました。ところが、鉄より重い元素は核融合反応では作れません。金、銀、銅、鉛、プラチナ、ウランなどの重い元素は、中性子捕獲という反応によってしか合成できないのです。中性子捕獲とは、原子核が中性子を吸って太っていく反応のことで、中性子が豊富な環境が必要です。進化の進んだ恒星の中心部付近ではこうした環境が実現され、そこで中性子捕獲が進んで重い元素が合成されていると考えられています。この時の中性子捕獲は比較的ゆっくりと進む（1000年に1個中性子が捕獲される程度のスピード）ので、遅い中性子捕獲過程—sプロセス—と呼ばれています。sプロセスでは、亜鉛、バリウム、チタン、鉛などが生成されることが考えられています。一方、金やプラチナ、ウランといった元素はsプロセスでは作ることができず、急速な中性子捕獲を必要とします。ところが、この速い中性子捕獲過程—rプロセス—は、宇宙のどこで起こっているのか、長年の謎となっていました。

## 2. r プロセスと中性子星合体

r プロセスは一体宇宙のどこで起こっているのでしょうか？ 近年まで天文学者は超新星爆発がその現場だと考えていました。重い恒星がその一生の最後に起こすタイプの超新星（重力崩壊型超新星）では、恒星の中心部で大量の中性子が生まれることが分かっています。その大部分は恒星の中心核に落ち込んで中性子星となってしましますが、一部は超新星の爆風で吹き飛んで中性子過剰な放出物質となります。ここで r プロセスが起こっていると考えられていたのです。しかし、近年の詳しい研究により、超新星爆発で吹き飛ばされる中性子の多くは、同時に多量に発生するニュートリノと呼ばれる粒子によって破壊され、r プロセスがほとんど起こらないこと

## 金の生成現場をとらえた？

が分かってきました。

そこで白羽の矢が立ったのが、中性子星同士の合体、中性子星合体です。中性子星合体が起こると、その強い重力相互作用（潮汐力）によって、合体の瞬間に中性子星の外層が超高速で外に飛び出します。放出物質のスピードは光の速度の数 10 パーセントにまで達し、この中性子過剰な放出物質の中で r プロセスが進み、大量の重い元素を生成すると推測されます。これらの元素のほとんどは放射性元素で、あっという間に放射性崩壊を起こし、その崩壊熱で放出物質が可視光線と赤外線（光赤外線）を放射します。この現象をキロノバと呼びます。ですから、キロノバを捉えることができれば、宇宙における r プロセスの現場が明らかになるものと期待されるようになってきたのです。

### 3. 中性子星合体とマルチメッセンジャー天文学

一方、中性子星のような超高密度の天体同士が合体すると、強い重力波を放射することが期待されていました。実際、LIGO、Virgo といった最新の重力波望遠鏡の主たるターゲットの一つは中性子星合体です。前述のように中性子星合体は光赤外線を放つことが推測されていましたし、また、ガンマ線を強く発するガンマ線バーストという現象の起源としても、中性子星合体は有力視されていました。したがって、中性子星合体からの重力波に加えて、光赤外線、ガンマ線といった電磁波が検出されれば、これまでの天文学の殻を破る新たな地平、マルチメッセンジャー天文学（注 1）が拓けると期待されていたのです。

### 4. 中性子星合体 GW170817

中性子星合体の明確な証拠は、この現象が放つ強力な重力波です。2017 年 8 月 17 日、米欧の重力波望遠鏡 LIGO、Virgo は遂に、待ちに待った中性子星合体からの重力波 GW170817 を捉えることに成功しました。LIGO の検出した信号は、疑いもなく中性子星合体によるものでした。この検出報告を受けて、世界中の天文台が電磁波追跡観測を行いました。さらに、フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡が重力波の検出から 2 秒後に、重力波源の位置誤差範囲内からやってきたガンマ線を捉えた、という報告が流れ、世界の電磁波追跡観測チームを後押ししました。中性子星合体とガンマ線バーストとの関連が初めて観測的に確かめられたのかもしれないのです。

世界の追跡観測チームとともに、日本の光赤外線追跡観測チーム J-GEM（注 2）も即時に追跡観測を行いました。J-GEM は、重力波発生から 5 時間後には南アフリカの IRSF で、重力波の位置誤差範囲にあるいくつかの銀河を赤外線観測しましたが、運悪く、観測した銀河には対応天体はあり

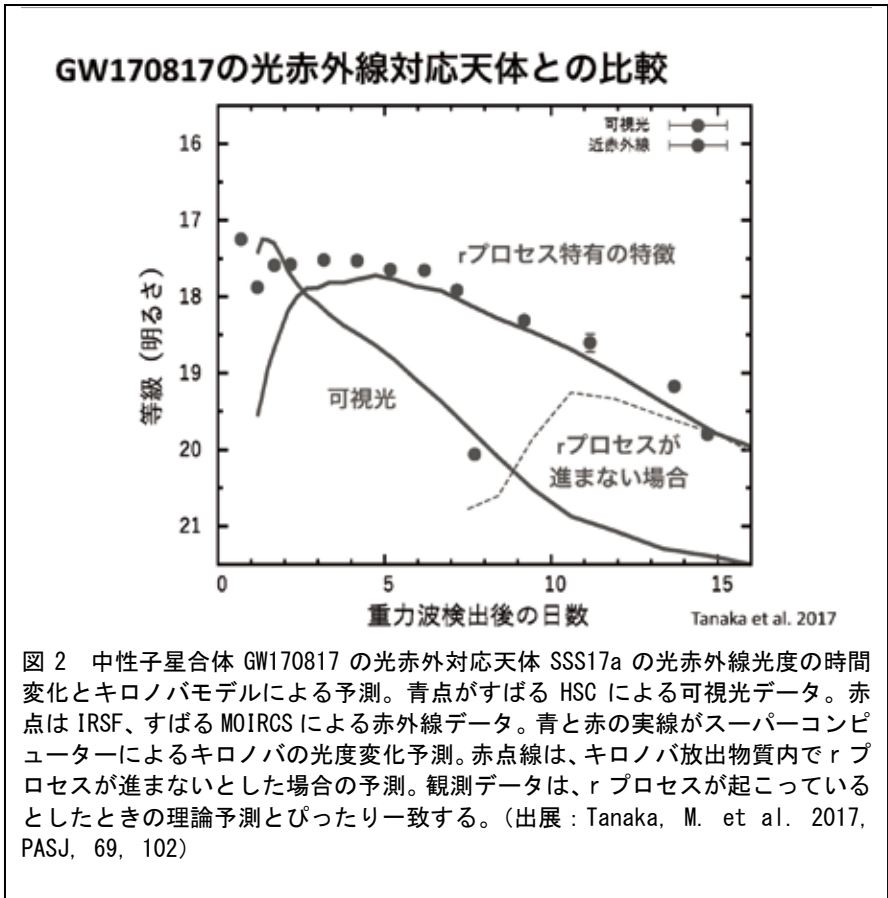
ませんでした。その後、重力波発生から 11 時間後にチリの天文台が、銀河 NGC4993 のすそ野に可視光変動天体 (SSS17a と名付けられました) を発見しました。J-GEM チームは重力波発生から 17 時間後、ハワイのすばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ (Hyper Suprime-Cam: HSC) によって、チリの天文台が発見した SSS17a を検出しました (図 1)。さらに、すばる HSC で重力波位置誤差範囲を広く掃天観測した結果、SSS17a 以外に顕著な可視光変動天体は存在せず、これが重力波源からの可視光放射であることを確認しました。すばるの観測は一番乗りではなかったものの、可視光の長い波長バンド (z バンド=波長 900 ナノメートル) のデータを得たこと、広い範囲の観測で他に対応天体候補がないことを確認したことから、世界でもユニークな役割を果たしました。

その後、すばる HSC、およびニュージーランドの MOA-II、B&C 望遠鏡による可視光追跡観測、IRSF、すばる望遠鏡赤外観測装置 MOIRCS による赤外線追跡観測を継続し、SSS17a の光赤外線放射の時間変化を 15 日間にわたって追跡しました。その結果、SSS17a は可視光では急速に減光して、



## 金の生成現場をとらえた？

10 日後には検出できないほど暗くなる一方、赤外線ではゆっくり減光し、15 日経っても検出できるほどの明るさを保っていることが分かりました。これは以前より指摘されてきた、キロノバの光度変化の特徴と一致します。これを確かめるため、我々はさらに、国立天文台のスーパーコンピューターによる理論計算を行って、観測された光赤外線放射の性質と時間変化との比較を行いました。そして、SSS17a の光赤外線のスペクトル変化と光度変化が中性子星合体によるキロノバからの放射であることを確認し、その放出物質中で  $r$  プロセスが起こっていることの強力な証拠であることを突き止めました (図 2)。図 3 は中性子星合体 GW170817 によるキロノバの想像図です。



## 5. 今回の研究の意義

今回の観測は、中性子星合体が人類史上初めて観測的に捉えられた例であるのみならず、重力波と電磁波の連携観測が実現した初めての例であり、ここに、「マルチメッセンジャー天文学」が大きな飛躍を遂げました。この観測によって、中性子星合体がキロノバを引き起こし、その放出物質中で  $r$  プロセスが起こっている証拠をつかむことができました。長年の謎であった「金の生成現場」を見ることができたのです。しかしながら、GW170817の光赤外対応天体 SSS17a は、従来のキロノバ/マクロノバモデルの予想値よりもはるかに明るく、またその初期において予想よりも青い色をしていたなど、謎も多く残りました。我々はまだ中性子星合体にまつわる物理現象について、十分に理解していないものと思われまます。2018年末には、重力波望遠鏡 LIGO、Virgo が性能向上を果たして新たな定常運用観測 O3 を

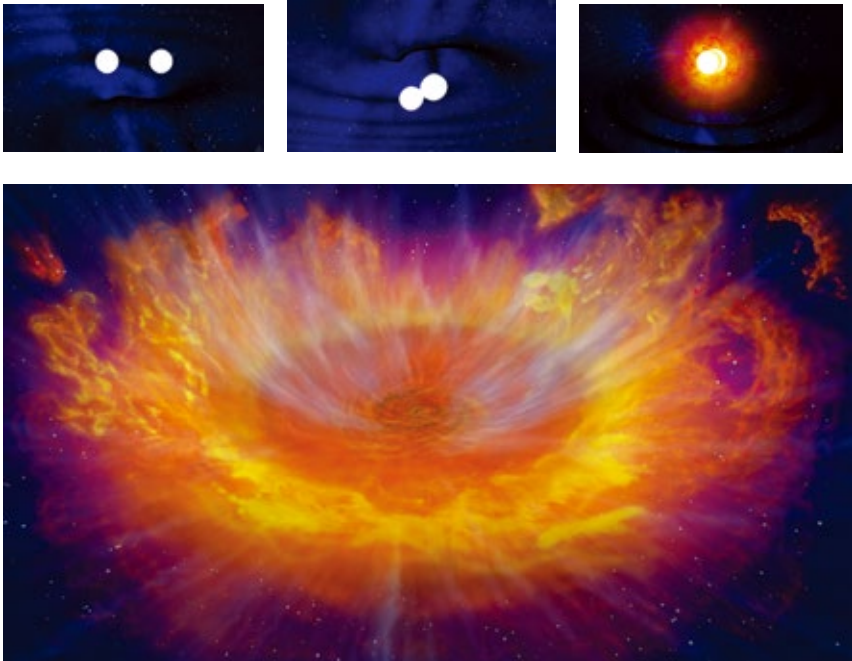


図3 GW170817におけるキロノバの想像図。中性子星の連星（上左）が互いに近づき（上中）、遂に合体して（上右）、高速の放出物質を周囲に放ちます（下）。その放出物質中で  $r$  プロセスによって金を含む重元素が合成されたと考えられます。

## 金の生成現場をとらえた？

開始します（2017年8月末より両望遠鏡は改修のために運用を停止しています）。さらに、O3の後半には、日本のKagraも一部参加することを目指し、建設が進んでいます。O3では、GW170817よりも遠い、あるいは暗い中性子星合体がたくさん見つかることが期待されます。GW170817は画期的な発見でしたが、たった一つの例に過ぎません。中性子星合体の物理過程を探り、宇宙におけるrプロセスの詳細、ガンマ線バーストとの真の関係、さらには中性子星自身の物理状態の解明をするには、よりバラエティに富んだ、多数のイベントを詳細に観測していく必要があります。パワーアップした重力波望遠鏡による観測と、J-GEMを含む世界中の電磁波観測ネットワークによる追跡観測によって、中性子星合体の謎がより一層明らかになっていくことが期待されます。

さらに、今後は、ニュートリノや宇宙線などの粒子天文学も加え、可能なあらゆる手段を用いて宇宙を探る、マルチメッセンジャー天文学がより発展していくものと期待されます。そして、従来からの電磁波天文学のみでは知りえなかった新たな宇宙の謎が次々と解明されていくでしょう。

（注1）従来の天文学である電磁波天文学（光赤外線天文学、電波天文学、X線ガンマ線天文学などを含む）に加えて、宇宙からやってくる粒子を用いる粒子天文学（ニュートリノ天文学、宇宙線天文学など）、重力波を用いて宇宙を調べる重力波天文学と併せて、総合的に宇宙を研究・探査する新しい天文学のことをマルチメッセンジャー天文学と呼びます。電磁波だけでは知りえないような宇宙の様々な現象を解明する究極の天文学として、これからの発展が期待されています。

（注2）J-GEM（Japanese collaboration for Gravitational wave Electro-Magnetic follow-up observations）は日本の研究機関の有する望遠鏡群を連携させて、重力波の電磁波対応現象を探査するためのコンソーシアムです。国立天文台、東大、東工大、名古屋大、広島大、山口大、鹿児島大などの有する10台の望遠鏡が参加しています。

## 逆回り小惑星

作花一志（京都情報大学院大学）

現在小惑星の話題といえば、専らはやぶさ 2 が到達した Ryugu ですが、5 月にこんなマイナーなニュースがありました。

[http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/9926\\_2015bz509](http://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/9926_2015bz509)

地球を含めた惑星や無数の小天体のほとんどは太陽系の中を同じ方向に回っていますが（ただしハレーも含め彗星には逆回りが少なからずある）、小惑星(514107) 2015 BZ509 は、他の天体とは逆方向に公転しています。

このような小惑星は非常に珍しくいくつあるのか調べてみました。

<https://www.minorplanetcenter.net/iau/ECS/MPCAT/mpn.txt>

より確定番号についている小惑星すべて、KBO も NEO も含めて、523584 個あります。このうち軌道傾斜角が 90 度を超えるものはわずかに 12 個、

0.0023% です。これらは必ずしも太陽系の外縁にあるとか、離心率が大きいというわけでもなさそうです。

このうち固有名がつけられたのは 1 個のみ、発見はもう 20 年前で、その名は Dioretsa。木星の内側から海王星の外側まで扁平な楕円を描いて公転しています。ディオレッツァとは発音しにくい名前やな、何語やる・・・なんとそれは asteroid（小惑星）の逆並べでした。

逆行小惑星は太陽系外から侵入して来たと考えられています。

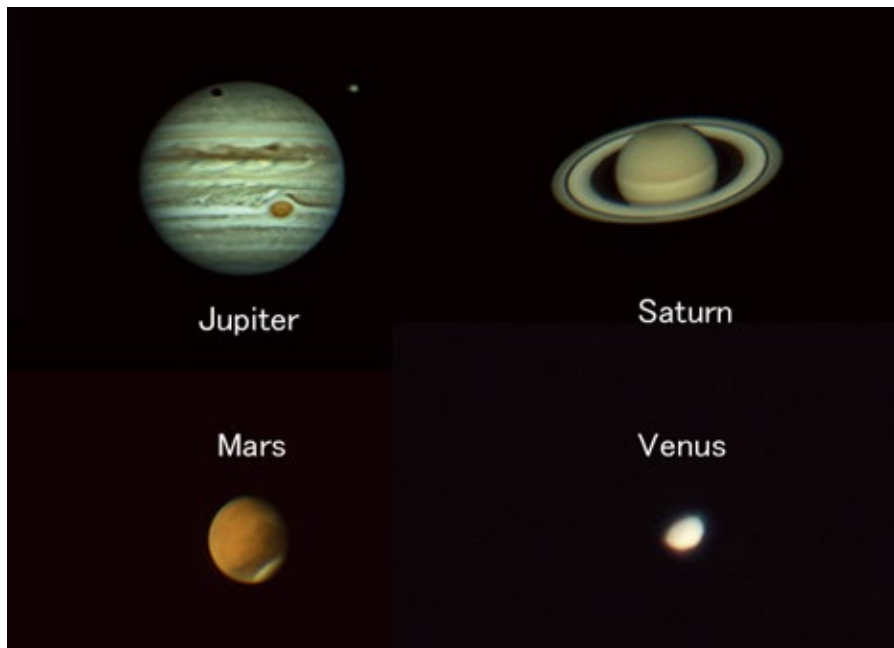
太陽系誕生のころは星の密度がとても高く、他の恒星系から小惑星の移動は起こり得ます。逆にわが太陽系から脱出して他の恒星の周りを回っている小惑星もあることでしょうね。



## この夏の惑星

中川 均 (NPO 花山星空ネットワーク)

この夏に見ごろの4惑星です。  
木星にはガニメデとその影が写っています。



(撮影データ)

木星 平成30年6月4日 22:19~

土星 平成30年6月2日 1:47~

火星 平成30年6月2日 1:53~

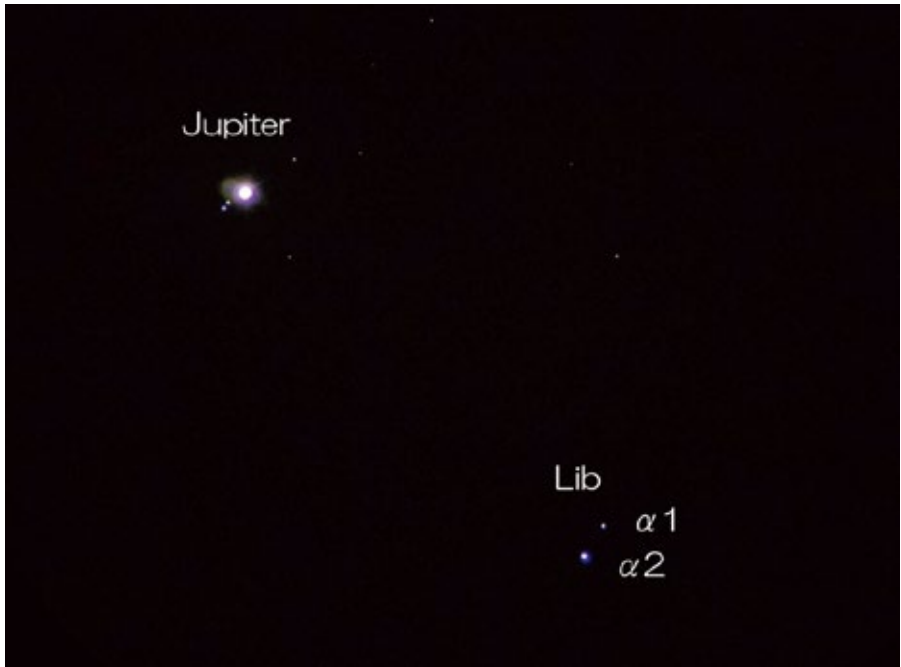
以上はセレストロン C8+CMOS カメラで撮影、スタック、画像処理

金星 平成30年6月2日 19:30~

タカハシ FC76+ペンタックス Q7 8mmアイピースで拡大撮影  
露出 1/500 秒、ISO1250、画質調整・トリミング



木星とてんびん座  $\alpha$  星 ( $\alpha 1$  と  $\alpha 2$  の肉眼二重星) との接近です。  
8 月にはもっと接近するようです。



(撮影データ)

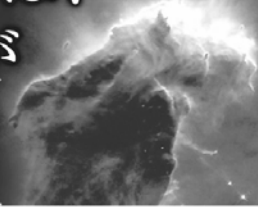
平成30年6月1日 21:45

タカハシ FC76+or18mm ペンタックス Q7 8.5mmF1.9

露出 1/15 秒、ISO2000、縮小コリメート撮影

画質調整・トリミング

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

## 天文宇宙検定



第8回

試験日 2018年10月21日(日)  
申込締切日 9月13日(木)

実施エリア 札幌・仙台・小松・東京・茅ヶ崎・  
名古屋・大阪・岡山・福岡・名護

主催：(一社) 天文宇宙教育振興協会

協力：天文宇宙検定委員会 (株) 恒星社厚生閣

協賛：京都産業大学 千葉工業大学 (株) ビクセン 丸善出版(株)

後援：(株) セガトイズ (公助) 日本宇宙少年団 (一財) 日本宇宙フォーラム

詳細は Web で ▶ <http://www.astro-test.org/>

〒160-0008 東京都新宿区三米町 8

TEL 03-3359-7371 FAX 03-3359-7375 <http://www.astro-test.org/>

(一社) 天文宇宙教育振興協会

# 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

梅雨に入り、不安定な天候が続くなか、6月18日朝、大阪府北部を震源とする大きな地震が発生し大きな被害がでました。また、その余韻も冷めやらぬ中、7月には、200人を超える死者と行方不明者の出た未曾有の大水害が発生しました。皆様にはお変わりございませんでしょうか。この度の災害で被災された方々には、心よりお見舞いを申しあげます。

さて、新年度になって2度の花山天体観望会が開催されました。2回とも良い天候に恵まれ、観望会に来ていただいた方々には楽しんで頂けたと思います。

6月10日に第11回総会がたくさんの正会員さんのご参加と書面によるご参加をいただきまして、新年度に向けた案件が成立いたしました。本当にありがとうございました。

以下には今後の観望会スケジュールをあげています。花山天文台や飛騨天文台の望遠鏡などで天体を観望するのが、本NPOの大きな喜びです。是非、ご参加下さい。

8月4日（土）～6日（月）第11回子ども飛騨天文台天体観測教室

8月18日（土）第75回花山天体観望会：「火星と土星」

9月24日（月：祝日）第76回花山天体観望会：「名月と名曲」

10月6日（土）～8日（月・祝）第9回飛騨天文台自然再発見ツアー

## 編集後記

今回は表紙の写真、初めの2記事は京都大学の「せいめい新望遠鏡」です。今後の活躍が期待されますね。これから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9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る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です。

編集子

## 思案中のアオサギさん



### 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> をご覧下さい。

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できれば、  
(電子メール：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6月30日発行

定価：360円