

# *The Scientific Seiko*

No.43



上巻

大阪星光学院 天文部

# *The Scientific Seiko No.43* 目次

---

・はじめに	高 I T.	上 P.2
・火星移住計画	中 3 K.	上 P.4
・人工衛星	高 I K.	上 P.8
・ギリシア神話	中 2 H .	上 P.15
・氷天体	中 3 S.	上 P.20
・太陽系外惑星	中 3 O.	上 P.28
・宇宙の大きさ	高 I T.	上 P.33
・マルチメッセンジャー天文学	高 I K.	上 P.40
・太陽系の成り立ち	中 3 H.	上 P.43
・すばる望遠鏡	高 I N.	上 P.47
・火星の秘密	中 3 F.	上 P.51
・冥王星	中 2 I.	下 P.2
・太陽系外惑星に生命はいるのか？	中 3 T.	下 P.7
・星のペア 二重星	中 3 O.	下 P.14
・太陽観測衛星「ひので」	高 I N.	下 P.19
・はやぶさ	高 2 T.	下 P.27
・火星	中 3 K.	下 P.35
・グリニッジ天文台紀行	高 I Y.	下 P.42
・宇宙の謎ブラックホール	中 3 O.	下 P.47
・おわりに	高 2 T.	下 P.50

# はじめに

---

今これを読んでいるあなたがどんな方なのかは、今この文章を書いている僕にはわかりませんが、しかしあなたが天文部に、宇宙に興味を持ってこの冊子を手に取られたことだけは確かなことでしょう。僕としては、一人でも多くの方に宇宙の魅力をお伝えしたいのですが、まずはあなたにこの冊子を読んでいただけることを嬉しく思ってございます。それだけでもう嬉しいというか、感動的なことでございますが、それとまた同じくらい素晴らしい、無限の可能性を秘めたバカでかい空間が「宇宙」ということでしょうか。

僕は今、大阪の夜空を眺めながらこの文章を書いておりますが、それにしても今日はよく晴れています。街が明るくとも、見える星は見えるんですね。山奥にいったらそれはもうたいそう星が見えますけれども、僕は明日大事なテストがあって、遠くに出かけるには忙しすぎます。皆様も何かとお忙しくいらっしゃるかと思います。そんな日々の夜にちょっとだけ夜空を眺めたら、心も落ち着いて、何かいいことがあるかと思います。

人類はこの世界のさまざまな「不思議」を解き明かし、便利な科学文明を築き上げてきました。その中でも、未だ未知の可能性に溢れた宇宙というのは、この便利な生活の中で感動を忘れつつある現代人に喜びを与えてくれるものだと思うし、その喜びは星空を眺める人なら誰にでも与えられることでしょう。

いつかは、宇宙を旅できることを願います。

72期 T.

今年度より活動報告編が本編などの空白にコラム的に掲載しますのでこれから部員の感想文がちょこちょこ出てくるかとは思いますがその前にSF2023以降の天文部行事を本編の前に簡単に紹介させていただきます。

## 2023年度天文部南部合宿報告

高2 T.

2024年1月6日、7日に天文部で南部合宿に行きました。当時は南部学舎が改修工事のため使用できず(教室の後ろの方で寝るぐらいは出来ました)グランドメルキュール和歌山みなべ(通称南部ロイヤル)に素泊まりするという例年とは異なることをしました。観測自体は例年通りでき今年度は観測後もゆっくりする時間がとれてこれも良いのかなと思っています。部員が感想として詳しいことは書いてくれると思うので私はこれぐらいで。

## 2024年度天文部夏季遠足

高2 T.

2024年8月9日にバンドー神戸青少年科学館に遠足で行きました。  
当日はまず各自展示をまわりその後プラネタリウムを見学しました。  
プラネタリウムを部誌のネタにした部員も多かったので印象に残ったのかなと勝手にうれしくなっています。

前日に南海トラフ巨大地震臨時情報が出た影響もあり部員全員は参加できませんでしたが逆に今回が初の天文部らしい活動になった部員もいて各々楽しんでくれたのではないかなと思っています。

## 火星移住計画について

### 1. はじめに

今、世界で火星移住計画というものが進められているのをしっていますか？

火星移住計画とはその名前のまま人類が火星に移住するという計画です。

夜空に小さく浮かぶ赤い星に移住するこの計画について詳しくは知らない方も多いと思いますので自分の部誌で紹介したいと思います。

### 2. なぜ移住するのか？

火星移住計画と聞いてまず浮かぶ疑問は「なぜ移住するのか」だとおもいます。

現在私たち人類が住んでいる地球では食べ物に困ることは全くなくこのまま地球に住んでいても何一つ不自由ないように感じますがそれでも移住するのにはおもに3つの理由があります。

- 地球温暖化

知らない人はいないであろうこの地球温暖化ですが、近年では夏でもない季節に最高気温が25度を超える夏日が続くなど地球沸騰化とまで言われるようになっています。このままでは地球は到底人が住めるような場所でなくなってしまうため、温暖化が進んでいない火星に逃げてしまおうというもの

- 人口増加

日本では少子高齢化が進み人口減少が加速していますが世界ではむしろ人口増加が進んでおり過剰に増加した人類に食料の供給が追い付かなくなり、居住地が不足してしまう恐れからある程度の数の人類を送り込みそれらの問題を解決しようというもの

- 科学の進歩

火星にはかつて海があった可能性が高く、生命が誕生していたかもしれないの、調査して地球外生命体の発見につなげたいというもの

これらの目的を達成するために現在世界で火星移住計画が進められています。

### 3. なぜ火星なのか

別の惑星に移住する理由はわかりましたがなぜほかの天体でなく火星なのでしょうか？

- 地球型惑星である

移住する惑星の条件として、当然拠点など居住できる建物をたてられることが必要である。その点水星、金星、火星の地球型惑星は岩石などで構成されているため建物を建てられるが木星、土星、天王星、海王星の木星型惑星は実体のないガスで構成されているため建物を建てられない候補から除外される

- 距離が近い

火星は太陽系の惑星の中で地球との最短距離がおよそ 5580 万 km と金星の 3950 万 km に次いで二番目に近いため優れている

- 温度

火星は地球より太陽から遠いため平均表面温度はおよそ -65°C とかなり低いが、金星ではおよそ 464°C、水星はおよそ 167°C と到底人が生活できる気温ではないので残る候補は火星のみである

これら三つの主な理由があり、移住先の惑星は火星に縛られるようです。

### 4. 移住は可能なのか？

移住する理由やなぜ火星なのかは理解できましたが、本当にほかの天体に移住することなど可能なのでしょうか？

これまでに挙げられている課題としては、

- 火星に到着するまでの工程およそ 8000 万キロを 3 カ月から 6 カ月で航行中絶え間なく宇宙線を浴びなければならぬが、そのことに対する対策はできるのか
- 火星には地球のような磁場がないため宇宙線が降り注ぐが身を守ることはで

きるのか

- 放射能を浴び続けた火星の土壤で十分に健康的な食糧を生産することはできるのか
- あるかどうか定かではなくあったとしても放射能に汚染されている可能性が高い水をどのようにして確保するのか
- 大気が地球に比べるとほとんどない環境で生活するにおいて必要性が高い火を安全におこせるのか
- 火星では高頻度で発生するといわれる砂嵐に対策できるのか
- 大気が薄いため地球のように隕石が来ても燃え尽き流れ星となるものが少なくなり危険ではないか
- 地球の三分の一ほどしかない重力を受けながら健康を保てるのか

など現在の科学技術では解決することが困難と考えられる問題が山積みとなっており、これらの課題を解決しなければ移住することはできません。

現在対策として火星を大気があり水がある惑星に作り変えるなどの案がありますがどの案も現実味があるとは言い難く火星に移住するのはほとんど不可能であると言えると思います。

## 5. 自分の考え

これらのことから火星移住計画は非常に夢のある計画ではありますが現在では実現するのがかなり難しいようです。

ですがスペース X 社など多くの企業が火星移住計画を過去に発表し、実際に移住する人を募集していたので火星に移住してみたい方は調べてみてはいかがでしょうか。

## 6. 参考文献

[火星移住プロジェクトが現実的に困難な8つの不都合な理由 | 宇宙の謎まとめ情報図書館 CosmoLibrary](#)

[なぜ人類は火星を目指すのか？#2 | ツギノジダイ \(asahi.com\)](#)

[太陽系データノート\\_2016.pages \(city.nagoya.jp\)](#)

[太陽系の各惑星の表面温度の比較 | アストロピクス \(bookbright.co.jp\)](#)

[なぜ移住計画が火星なの？火星の歴史も含めてわかりやすく解説 - 宇宙探検隊 \(uchutankentai.com\)](#)

### 活動報告編

8/9、兵庫県神戸市にあるバンドー神戸青少年科学館に遠足に行ってきました。僕は今年度に天文部に入部したので初めての遠足で少し緊張していましたが、楽しむことができたのでとてもよかったです。

当日の天気は晴れで屋外はとても暑くクーラーの効いた館内に入りとてもない爽快感に包まれました。館内では様々な科学的なことにかかわる実験を楽しめたり、化学が応用されたさまざまな技術や生命の中隠された神秘的な機構を体感することができました。さらに五階の天体観測室では天体望遠鏡で光が弱められた太陽を観測することができ、くっきり黒点（周りより温度が低くなった部分）も観察できました。

さらにプラネタリウムも見ることができ、僕達が観たプラネタリウムでは火星の惑星からサンプルを採取する計画についての映像も観ることができ、とても天文部として有意義な遠足になったと感じました。

個人的には、自分は天文部に入ってからあまり時間が経っていないくて同学年の人たちともあまり交流できていなかったので交流を持つことができた点ではとても良いものとなったし、これからもこういう行事には積極的に参加していきたいと思いました。

# 人工衛星

高1 K.

## 1. はじめに

今年3月、ベンチャー企業「スペースワン」が、民間企業ではじめて、人工衛星を搭載した小型ロケット「カイロス」の打ち上げを行いました。そこで今回は、人工衛星について書きたいと思います。

## 2. 人工衛星とは

「人工衛星」とは何かを考える前に、「衛星」について考えてみます。衛星とは、定常的に惑星の周りを周回している天体のことといいます。例えば、地球にとっての衛星は月です。人工衛星とは、文字通り「人工」の「衛星」ということになります。人工衛星と正式名称で呼ばず、単に衛星と略されることもあります。ただし、小惑星のサンプルリターンに成功した「はやぶさ」な

どは、人工衛星ではなく「探査機」に分類されます。これは、ミッションの主な目的が、衛星の持つ本来の意味である定常に惑星の周りを周回し、観測を継続することではなく、対象の天体まで航行し、探査することだからです。基本的には、人工衛星は地球を周回しているもの指すことが多く、それ以外の天体を対象とするものを「探査機」と表現することが多いです。

### 3. 衛星の軌道

それぞれの人工衛星が周回する軌道は、主にその高度によって以下の 3 種類に分けられます。

#### (1) 低軌道 (Low Earth Orbit, LEO)

高度 2,000km までの軌道で、約 90~120 分で地球を 1 周します。地球表面の一部しか見ることができない反面、高い空間解像度で観測することができます。

#### (2) 中軌道 (Middle Earth Orbit, MEO)

地上 2,000km から 36,000km の軌道で、LEO の衛星よりも広

く地球を見ることがあります。

### (3) 静止軌道 (Geostationary

Earth Orbit, GEO)

高度 36,000km の軌道で、この軌道上の衛星は地球の自転と同じ速度で移動するため、地球上のほぼ同じ場所を観測し続けることができます。



## 4. 人工衛星の仕事

人工衛星は、その目的によって大まかに以下のように分類することができます。

### (1) 地球観測衛星

時々刻々変化する地球環境（大気、海洋、陸域、雪氷圏）の長期的な観測を目的とし、代表的な軌道は LEO, GEO です。陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」、(ALOS-2) 気候変動観測衛星「し

きさい」(GCOM-C)、水循環変動観測衛星「しづく」(GCOM-W)、ひまわり8号などがこれにあたります。

## (2)通信衛星、放送衛星

無線通信の中継や放送が主な目的で、軌道はものによって様々です。光衛星間通信システム(LUCAS)、技術試験衛星9号機などがこれにあたります。

## (3)測位衛星

位置情報の計測に必要な信号の送信が目的で、代表的な軌道はMEOです。準天頂衛星システム「みちびき」などがこれにあたります。

5. 人工衛星はなぜ地球の周りを回り続けることができるのか  
動いている物体は外から力が加わらない限り、いつまでも一直線に同じ速度で動き続け(等速直線運動)、静止している物体は外から力がかからないかぎり永遠に静止しようとします。これをニュートンの第1法則(慣性の法則)といいます。

ここで摩擦の無いテーブルの上を一定の速度でまっすぐ転がっているビー玉があるとします。そのビー玉の進行方法に対し指で斜めにちょっと弾くと、当然ビー玉の進む方向が変わります。その先でまた、ビー玉を弾くと、さらに進む方向が変わります。

ビー玉を弾く向きをある 1 点に向けることで、ビー玉はその 1 点を中心とした多角形を描いて一周します。このビー玉を弾く回数を増やしていくことでビー玉の動きは次第に円に近づいていきます。この力を連続的にある 1 点に向けて加え続けることで、ビー玉は円を描くように運動します。

等速直線運動をしているビー玉に常に中心に向かう力を加えるにはどのようにすればいいでしょうか。ビー玉に糸を付けて反対の端を一点に固定すれば良いのです。この中心に向けて引っ張る力を向心力といい、衛星が地球の周りを回り続ける原理となっています。

つまり、直線に動き続けようとする力（慣性力）と、中心へ向けようとする力（向心力）のベクトルの合成により物体は円運動

を続けるということです。人工衛星が地球に落ちていても、人工衛星が水平に早い速度を持っていること、そして、地球が丸いことによって、いつまでも地上に到達しないのです。人工衛星の進む力を大きくすれば、地球周回軌道から飛び出し、人工衛星の進む力を小さくすれば、地球の中心に向かって落下してしまいます。

## 6. カイロス

「カイロス」は宇宙事業会社「スペースワン」が運営し、和歌山県串本町に整備された日本初の民間ロケット発射場「スペースポート紀伊」から今年3月9日に発射された初号機は、国内のベンチャー企業による人工衛星打ち上げでは初の試みとなりました。



「宇宙宅配便」をコンセプトに開発されたカイロスロケットの強みは、手軽さにあるそうです。全長は国内主力ロケット「H2A」の約3分の1にあたる18メートル、重さも23トンと軽量

で、固体燃料を使うことで発射までの準備期間を短縮し、衛星の受け渡しから4日での発射を可能にしたそうです。また、管制手順を自動化し、異常発生時の破壊指令もロケット本体が自動で行うことで打ち上げの省人化を実現したそうです。2020年代中に年間20回を打ち上げ、最終的に世界最高頻度の宇宙輸送サービスを目指すそうです。まずは、12月に行われる予定の2号機の打ち上げに期待したいと思います。

## 7. 最後に

ここまで人工衛星について書きましたが、今後の人工衛星の技術の進歩によって、人間が宇宙に手軽に行くことが出来るようになったり、さらに便利な生活を送ることが出来るようになったりするかもしれません。この先にどのような未来が待っているのか楽しみにしたいと思います。

# プラネタリウム作成記

高1 K.

今僕はこれを最後の最終締め切り(最終締め切りとは何度も言われました)の数時間前に書いているわけですが、今回が2回目となる活動報告編で、天文部のSFの伝統であるプラネタリウムの作成記録としてこれを書かせていただこうと思います。

プラネタリウムの話が始まったのは1学期の終わりか2学期の頭であったように思いますが、当初はドームを例年の段ボール製をやめて、骨組みからなるしっかりしたものを作ろうと話しました。でも、そんなものを作ろうとしたら、当然予算が足りるわけもなく、結局は段ボールで妥協することにしました。それでも、せっかくならと、例年はスーパーのライフで段ボールをいただいていた所、今回はコーナンで少しばかり良い段ボールを購

入することにしました。今はその段ボールを切るまでして、前日・前々日の最終準備に備えたところです。

プラネタリウムはドームと投影機から成りますが、今年は投影機も作りたいということも話しておりました。しかし投影機は例年透明半球を用いますが、卒業された先輩(藤田先輩というとても偉大な方です)に伺ったお店での取り扱いがなく、僕としては作りたい気持ちが強いのですが、どのようになるか今となっても未定です。

ここまで、自分なりにこれまでのプラネタリウム作成について書かせていただきました。プラネタリウムがどうなるかは当日まで分からないわけですが、**面白いものを作る**という覚悟を表明して僕の活動報告を終えさせていただきます。

# ギリシア神話

74期中学2年Cクラス H.

## はじめに

みなさんはオリオン座を知っていますか？オリオン座はギリシア神話に出てくる英雄オリオンから来たものです。みなさんも、ギリシア神話という神話があり、ゼウスが全ての神の王ということぐらいは知っていると思いますが、それでもやっぱりギリシア神話について全然わかっていないかもしれません。ギリシア神話は天文学の入り口となっているので、ギリシア神話について知識を深めていきましょう。

## ギリシア神話の歴史

ギリシア神話の始まりは紀元前15世紀頃まで遡ります。ギリシア神話は口承(=口で伝えていく)によって伝えられていきました。紀元前8世紀になるとホメーロスが二大叙事詩“イーリアス”と“オデュッセイア”を作り口承形式の神話を完成させた。この詩を吟遊詩人たちが多少違えども、伝えていき古ギリシア人にギリシア神話が根付いた。そして、紀元後1世紀頃にアポロドーロスが“ギリシア神話”という本を書き、これによってギリシア神話の骨格が完成した。その後、ローマでは、古ローマ人の価値観に合わせたローマ神話という、ギリシア神話とほぼ同じものが完成しています。それらのあと、少し違えどもギリシア神話は今へと語りつがれてきた。

## ギリシア神話の構成

ギリシア神話にはほんと～に大きく分けて3つの時代があります。

- ① 世界の起源(世界の始まり)
- ② 神々の物語(オリンポスでの物語)
- ③ 英雄の物語(人間の起源、英雄の物語)

口承によって伝えられているので多少違えどもギリシア神話を書きます。

## ① 世界の起源

まず、暗黒の神“エレボス”と夜の神“ニュクス”が生じた。そこから、空隙の神“カオス”が生じた。そして、カオスの中から大地の神“ガイア”、天の神“ウラノス”、暗冥の神“タルタロス”、愛と美の神“エロス”が生じた。この4人を中心としてたくさんの様々な神が発生した。例えば、死の神“タナトス”、睡眠の神“ヒュピノプス”、闘争の神“エリス”などである。また、その発生してきた神からも神が生まれ神はとても多くなった。そして、最初の神の王としてウラノスが選ばれた。

## ② 神々の物語

ウラノスの妻はガイアだったのだが、ウラノスとの間に生まれる子が醜過ぎてガイアはウラノスの末息子である時の神“クロノス”をそそのかして、ウラノスを倒させました。この事件により、ウラノスより支配権を奪ったクロノスは第二王権を作りました。クロノスはウラノスとガイアの間に生まれた自分の兄妹たちに世界を支配する権限をそれぞれに与えた。ここで、主に重要な12人の神をタイタン12神と呼ぶ。また、タイタン族にも子孫が沢山いた。しかし、クロノスはガイアからクロノス自身も息子に王権を取られるという呪いの予言を受け、子を全て飲み込んでしまった。しかし、ゼウスは母レテによって匿わって成年に達したとき叛旗を覆した。まず、クロノスを睡眠薬で眠らせてから、ハデス、ポセイドンその他の神々を救った。この後、ゼウスの兄妹たちとクロノスの兄妹たち、タイタンマキアが起こる。この戦いでゼウス達は勝ちました。

その後、くじでゼウスを天空の神、ポセイドンを海の神、ハデスを冥界の神と定めた。しかし、それに怒ったガイアはギガントス族を作りゼウス達と戦わせ、ギガントマキアを起こした。これも、ゼウスたちが勝ったが、これでも、ガイアは諦めずとてつもなくでかい怪物テュポンを作り出したもののこれまた失敗に陥り、ゼウス政権が確立した。

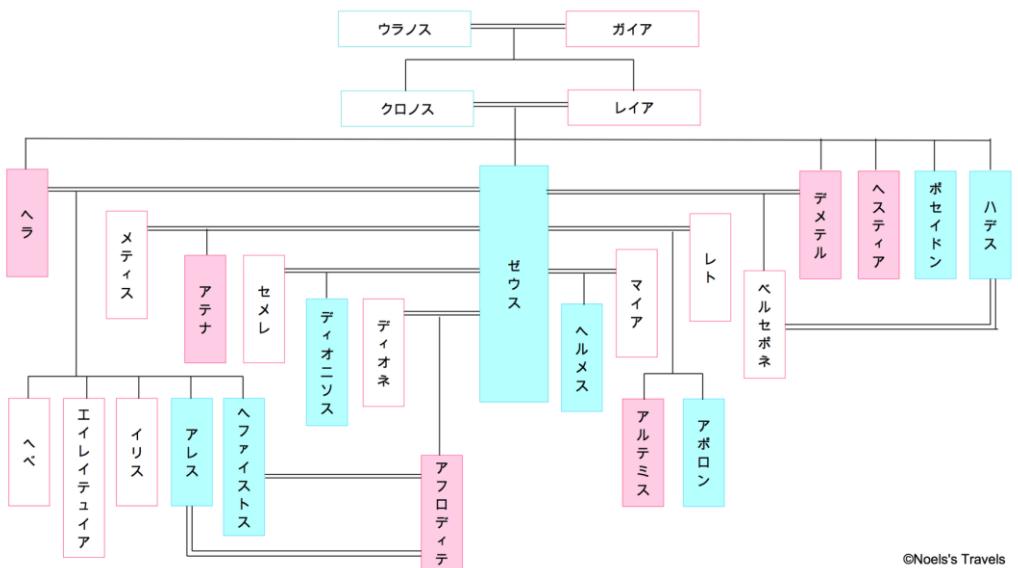
この政権はオリンポス山の頂上にあるとされ、主要な神は、オリンポス12神と呼ばれた。その12神がギリシア神話の物語の中心である。

神	役職	神	役職
ゼウス	天空	アテナ	知恵
ヘラ	愛	アフロディーテ	美

ポセイドン	海	アルテミス	狩、月など
デメテル	穀物	ヘスティア	家、竈門
アポロン	音楽、医術、太陽など	ディオニソス	宴
アレス	戦争	ハデス	冥界
ヘルメス	伝令、商業、盗人など	ペルセポネ	春
ヘパイトス	鍛冶		

(最後のヘスティア、ディオニソス、ハデス、デメテルはどれが12神のうちのい一人なのかよくわかつていません。)

### 家系図



この図を見ても分かる通りゼウスは父のクロノスから、クロノスは父のウラノスから、王権を奪っていることがわかります。

この後、オリンポスの神と精霊などとの物語がありますが今回書くととても長くなるのではじります。

### ③ 人間の物語

古ギリシア人は人は神が作ったのではなく、土から自然にできたという考えがありました。そして、神と人間の子が英雄になります。ヘラクレスはゼウスと人の子、アキレウスは海の女神“テティス”と人の子、オリオンはポセイドンと人の子です。

この英雄たちが、トロイア戦争を起こしたり、巨人と戦ったり、神を救い出したりし

ます。しかし、英雄は基本悲惨な目に遭います。これまた書くととても多くなると思うし、ここまで読んでくれている人もそろそろ疲れてくると思うので、やめておきます。

## 星座とギリシア神話

ここから、やっと天文部らしいことを書きます。星座とギリシア神話の関係の代表例 3 つ出します。

### ① いて座とケイロン

英雄の教育係である馬人ケイロンは教え子のヘラクレスから誤って毒の矢を刺されてしまう。ケイロンは不死でしたが、あまりにも痛すぎて、不死の力を失い、死を選びました。それに悲しんだゼウスがケイロンを星座としました。

### ② カシオペア座とペルセウス

エチオピア王妃カシオペアは美貌の持ち主で、海に住むネーレイスに恨まれてしまい海の悪魔に襲われました。しかし、そこに退治したばかりのメドウサの首を持ったペルセウスが現れて、海の悪魔を退治してペルセウスとカシオペアは結婚して幸せん暮らしました。

### ③ みずがめ座とガニュメデス

ガニュメデスはあまりにも美しくオリンポス山に連れ去られてしまいました。そのことに悲しんだ父のために、ゼウスはみずがめ座としてガニュメデスを見れるようにしました。

## 最後に

大阪星光学園はカトリックの学校なので書いておきますが、決してギリシア神話は正しいわけでもありませんが、ギリシア神話は想像力を豊かにすることもできるし、物語はとても面白いです。ギリシア神話はとてもたくさんの本で成り立っているので、今回全部は書けませんでしたが、機会があれば調べてください。

星座は古ギリシアの天文学などがもとになって作られています。さらに、アポロ計画、アルテミス計画など、天文とギリシア神話は切っても切り離せようになっています。もし天文に興味があるならこれまた調べると面白いと思います。では、最後まで読んでいただきありがとうございました。

## 活動報告編

### 天文部南部合宿

和歌山にある南部学舎に着いたのは、5:00 頃で、そこからずっと庭で遊んでいました。そのおかげで、とても疲れてしまいました。9:00 ぐらいになると星の観察が始まり、そこからしばらく星を見ていました。しかし、12:00 頃になると遊びすぎて、眠いし、寒いしとても地獄でした。それでも、やっぱり先輩や同級生と面白い話もできたので、最高の一日でした。僕は目標の徹夜を完遂しすることは g できませんでしたが、とても良いひと時でした。

中2 H.

氷天体について 73期 S.

氷天体と書いてなんと読むでしょう？実は特別な読み方がありそうですが、普通に  
こおりてんたいでいいのです。少し拍子抜けでした。

氷天体とはその名の通り表面が氷で覆われている天体です。氷は少なくとも覆われ  
ていれば氷天体です。氷といっても天文学では水以外の低分子物質の固体のことも  
指すらしいです。

僕がこのテーマにしたのは、つい最近ニュースで氷天体に関するものがあったから  
です。そのニュースとは氷天体が地球からの捜査機で汚染されてしまうのを防ぐ対  
策を国際宇宙空間研究機関がまとめ改定されるというものです。地球の探査機に付



着した物質が調査する天体を汚染すると持ち帰った試料が地球かその星に由来するかわからなくなってしまいます。氷天体は生命が存在する可能性が高いとして注目されています。というのも氷天体には地下に海があるものもあるからです。木星より向こう側には多くの氷天体が存在します。

ではなぜ水が生命誕生に不可欠なのでしょうか？

地球の生命にとって必要なものとは、液体の水、エネルギー、有機物だと言われて



います。地球の存在するような生命を探すのであればこれら三要素が満たされている天体を探すのが妥当だということがわかります。水が生命の存在に必ず必要とは限らないようです。生命活動とは化学反応なので液体は重要な可能性が高いと言われています。気体なら物質は薄まってしまい、固体は広がらないのです。

というわけで水が必ずしも必要かはわからないが、生命体がいる可能性が高いので注目していると考えられます。

### 代表的な氷天体

木星や土星の周りを回っている衛星のほぼ全ては表面が氷で覆われています。有名なもので言えばエウロパやガニメデなどです。



エウロパ

木製の第二衛星で 1610 年にガリレオに発見されたガリレオ衛星の一つである。

木製の周りを 3 日半で公転している。直径は 3100 キロメートル

金属鉄からなる核を持つ

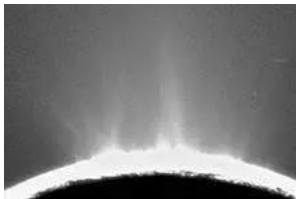
比較的明るいので双眼鏡でも観察できる。また酸素を中心とした薄い空気を持つ。

そのためクレーターは少ない。

また太陽系にある既知の天体で最も表面が滑らかで、地下には水の海が存在する  
し、そこに地球外生命体が存在する可能性があるということで議論されている。

表面から下の海に化学物質を吸収していることが示唆されており、塩が表面に見ら  
れるいくつかの地形を覆っている。

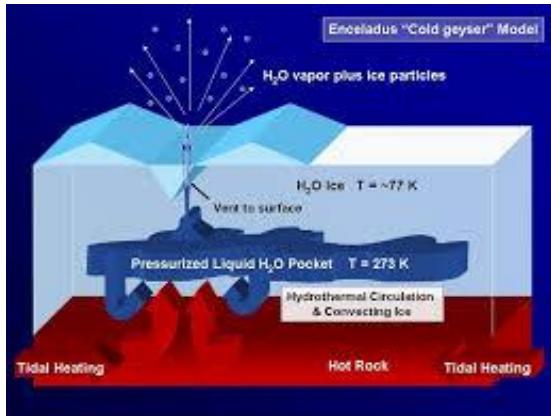
氷火山という現象により水蒸気の噴出が検知されている。



氷火山（土星の衛星エンケラドゥス）

氷火山とは

人類は初めて 1989 年にボイジャー 2 号が海王星の衛星トリトンの近くを通過したときに氷火山という現象を知った。氷の火山は溶岩ではなく水やアンモニアのような揮発性（蒸発しやすい）の物体を火山のように放出している。噴火するためのエ



ネルギー源は惑星が及ぼす潮力（重力の違いにより生じる力）で、衛星が変形し摩擦熱で氷が融解されているという説があるがまだ仕組みは、はっきりしていない。

エンケラドゥス



土星の第二衛星

発見者はハーシェルという反射望遠鏡を最初につくった人です。

直径は 498 キロメートルで生命の可能性を持つ星として知られている。

反射率が極めて高く太陽系の中で最も白い星である。

南極付近で活発な地質活動をしている証拠であるひび割れが見つかった。

また水蒸気の放出も確認されている。なんと毎秒 250 キログラムの水蒸気が宇宙空

間に放出しているのが捉えられた。

内部海については深さ 10 キロと推測されていたが近年の調査で 26~31 キロであ

ることが示唆されている。これは地球の平均海洋深さより深い。

生命に必要とされる有機物と熱源、液体の水の 3 つが揃っていることから地球外生

命体の有力な候補地である。

DNE の構成要素であるリン酸も発見されている。

部誌を書いて

氷天体を調べると切っては離せない生命がいるかという話がたくさん出てきて面白  
かったです。

地球外生命体はいたとしたら個人的に地球のものとは違う形であって欲しいで  
す。

参考資料

三菱電機オフィシャルサイト

Jun Kimura Osaka Univ

MTT テクノロジー

## ウィキペディア

### 活動報告編

天文部の活動で一学期に最も印象に残ったのは、体育大会で壊れた望遠鏡を覗きながらクラブ対抗リレーを走ったことです。体勢が面白かったので、走り終わった後に友達にものすごくかっこよかった（面白かったってことです wwwwww）と言われてうれしいのか恥ずかしいのかよくわからない気持ちになりました。

天文部の活動に 1 学期用事が重なり、あまり参加できなかつたため 2 学期は積極的に参加したいと思います。

73 期 B組 S.

# 太陽系外惑星

73期 O.

## 0. はじめに

皆さんは宇宙人がいるとおもいますか。また、宇宙の中に地球と環境が似た惑星があると思いますか。実際はあります。発見もされました。今回はそのことについて触れていこうと思います。

## 1. 生命が活動できる条件

まず生命が誕生できる条件として中心星から適度な距離を保っていることが必要です。その領域を生命生存可能領域（ハビタブルゾーン）といいます。例として水星は太陽に近すぎてとても暑く大気も吹き飛ばされてしまうので生命は存在しません。また、冥王星や海王星は太陽から離れすぎて寒すぎてこれもまた存在することができません。なのでこれまで太陽系外惑星は見つかっていましたが、生命が生存できるような星はありませんでした。しかし少し前それが見つかりました。

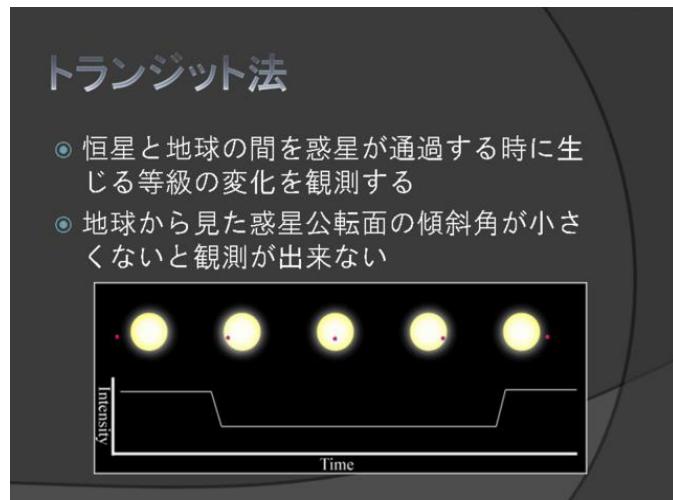
## 2. ケプラー-1649c

ケプラー-1649c これが発見された太陽系外惑星です。場所は白鳥座の方向に 300 光年先にある赤色矮星ケプラー-1649 を公転している太陽系外惑星です。地球と比較した際最も環境が似ていって「現在見つかっている太陽系外惑星の中で最も地球に似た惑星」とよばれているそうです。



### 3. トランジット法

普通惑星は光っていないため見つけることが困難です。この惑星はトランジット法というものによって発見されました。トランジット法とはある天体が別の天体の前を通過する際に観測する方法です。例えば、地球から見たときに惑星が太陽の前を通過する現象が「トランジット」と呼ばれます。トランジットを観測することで、惑星のサイズや軌道、その他の物理的な特性を測定することができます。特に、系外惑星(他の星の周りを回る惑星)を発見するために広く利用されています。



れています。

#### 4. ケプラー-1649c のデーター

半径: 約 1.06 倍の地球半径

質量: 詳細な質量は不明ですが、地球と似たような質量を持つと考えられています。

表面温度: 表面温度の推定値は約 230K (-43°C, -45°F) で、地球よりもかなり冷たいですが、主星からの放射によっては生命が存在する可能性がある範囲です。

公転周期: 約 19.5 日

軌道: 主星のハビタブルゾーン(液体の水が存在する可能性がある領域)内に位置していると考えられています

#### 5. 主星 (ケプラー-1649) のデーター

タイプ: 赤色矮星 (K型)

距離: 約 300 光年

質量: 約 0.64 倍の太陽質量

半径: 約 0.67 倍の太陽半径

## 6. 最後に

宇宙は広くいつもたくさんのニュースであふれています。僕はこの太陽系外惑星のニュースはニュートンという雑誌で知りましたがほかにもたくさんの魅力的なニュースが載っていました。皆さんもぜひそのような雑誌を手に取ってみてください。

参考文献

Wikipedia

ニュートン（雑誌）

宇宙はどれくらい大きいのか、これは多くの人にとって謎のままであり、天文に関する本では誤魔化して書かれることも多いようです。そこで、今から宇宙の大きさについて議論することにしましょう。宇宙の大きさといつても、次の2通りに分けて話す必要がありそうです。

- ①観測可能な宇宙の大きさ
- ②観測可能な宇宙の外（本当の宇宙の大きさ）

### 1. 『観測可能な宇宙の大きさ』とは

宇宙を観測するのに、いちばん便利な方法は、光（電磁波）です。ところで、「光速」についてご存知でしょうか。光速（または光速度）は約30万km/s（正確には299,792,458 [km/s]）ですけれども、この速度がまた、面白い性質を持っているのであります。

- ①光速度不变の原理
- ②光速度は宇宙の制限速度
- ③光を追い越す方法（おまけ：最後にちょっとだけ書いておきます）

光速度不变の原理については、「真空中の光速度は、どんな観測者から見ても不变である」という内容ですが、これではよく分からぬかもしれませんので、もっと詳しく書いておきましょう。

昔むかし、AINシュタインという偉い人は、光の速度について考えていました。彼は、自分が鏡を持ちながら光の速さで走った時、その鏡に自分の顔は映るのか、と考えました。皆さんもちょっと考えてみてくださいな。

顔が見えるのは顔が光を反射しているからですよね？すると、鏡に自分の顔が映るには顔が反射した光が鏡に当たる必要があります。ところが、鏡は光と同じ速度<sup>1</sup>で動いていることになります。（速さが同じなのはどちらも光速だからです。また、顔で反射した光のうち、鏡に映り込むのは光速で鏡を追いかけなければいけませんから、向きも同じになるというわけですね。）

このように考えると、鏡に自分の顔は映らないのではないか、と思いますよね。もっとも、実現するのはたぶん無理でしょうが。

ここでAINシュタインさんは、こんな奇妙なことがあるはずがない、と考えたのです。ところが、鏡に自分の姿が映ることを説明するには、どうすればよいでしょうか？

<sup>1</sup>速度というのは、向きと大きさを持った「ベクトル」です。ここでは速さと向きが同じというわけですね。

誰にとっても同じ速さで光が進んだらいいのです。静止している人にとって30万km/sの光が、鏡を持って走っている人にとっても30万km/sだったら問題ないでしょう。ただし、静止している人からしたら、光は永久に鏡に追いつかないように見えます。

そのために、人によって時間の進み方が異なる、とすればいいのです。そうはいっても、楽しい時間はすぐに過ぎる、とかそんなテキトーな話ではないですよ。

静止している人からしたら、光が鏡に追いつく時は来ないように見えます。いっぽうで、光速で走っている方からしたら、光はすぐに鏡に映ります。そこで、早く運動している人や物に流れる時間は遅れる、と考えてはどうでしょうか？つまり、光速で走っている人が感じた一瞬のうちに、静止している人が長いこと待つてやっと光が鏡に追いついたように見える未来に飛んで行ったということになります。（これだけでは完全に説明できませんから、実際には時間以外に、空間にも歪みが生じます。これが特殊相対性理論につながります）

---

ここで「光速度不変の原理」は分かっていただけたでしょうか。よくわからない、という方は、僕の下手な説明よりも科学雑誌なんかを見ていたいだいた方がよくお分かりいただけるかと思いますので、「ニュートン別冊 時間とは何か 改訂第3版」なんかをご覧くださいませ。

つまり、観測者が動いていても光速は同じように見えるくらい、時間の流れが調節される、といったところですね。

こう考えると、ある人が光速に達したら時間が止まってしまうのではないだろうか、という疑問が浮かびます。それはすなわち、その人は一瞬の間に無限の未来へ飛んでしまって（よいうに錯覚する）ということですね。実は、時間の遅れというのは、長い時間をより短く圧縮するようなものですから、早く動いている物体は重くなってしまうのです。その結果、どんな物体も光速に達するには無限のエネルギーが必要になるのです。つまり、光速に達することはできません。

これが、「光速度は宇宙の制限速度」ということですね。

それでは一度、今までに分かったことをまとめておきましょう。

- 
- ① 光の速さは、同じ条件<sup>2</sup>の下で誰がどうやって観測しても、同じようになる。
  - ② 光の速さが同じに見えるように時間が伸び縮みする。
  - ③ 光の速さを越すことはできない。

---

光の速さを追い越す方法については、同じ条件下では不可能とされていますね。ただし、宇宙には空間の歪みが存在しますから、それをうまく利用することで、光を追い越せる可能性が

---

<sup>2</sup> 光を通す媒体が同じである必要があります。特に、真空であればよいです。

あります。ただし、こうした理論の実現には多くの技術的課題がありそうです。歪んだ空間に「標準模型<sup>3</sup>」を適用できないというのもその一つです。

さて、前置きは終わりにして、そろそろ本題に移りましょう。

## 2. 観測可能な宇宙

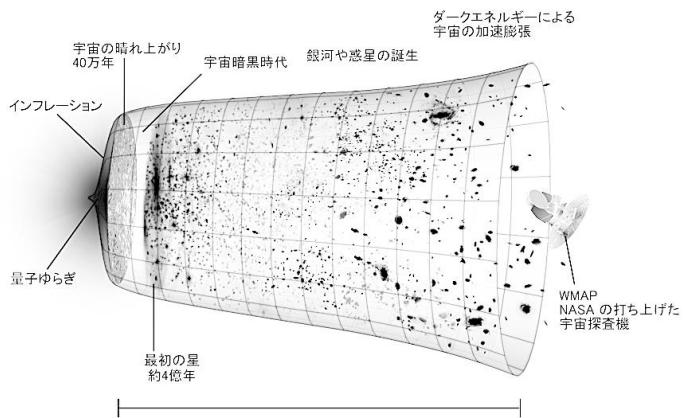
冒頭で書いておいた「観測可能な宇宙」とはなんのことでしょうか？

宇宙を観測するときは、可視光線でも赤外線でも紫外線でも、あるいはぜんぜん別の光でもなんでもいいけれども、とにかく光を使うでしょう。そして、この世で最も早い通信手段と思われている光さえも、ちゃんと制限速度が決まっているのです。

ここまで書いたらもうお気づきの方もいらっしゃるかとは思いますが、遠くのものほど、その昔の状態が見えているといえるのです。たとえば、4.22 光年ぐらいはなれたプロキシマ<sup>4</sup>を地球から観測すると、その4年ちょっと前の姿が見えているというわけです。

一方で、宇宙ができたのはおよそ 138 億年前、といわれていますね。右のような年表を見たことがある方も多いと思いますが、ここからもわかる通り、宇宙は長い年月をかけて膨張してきたのです。

宇宙が光速を超えて膨張しているか、地球が宇宙の



↑ Wikipedia 「宇宙の年表」より引用。印刷の都合で色を反転しています。

中心でない場合、138 億光年より遠い場所というのが存在して、そのような場所が光で観測されないことはお分かりいただけるでしょうか？（宇宙が光速を超えて膨張できるのか、とか宇宙に中心はあるのか、とかは次の章でお話ししましょう。）つまり、地球からおよそ半径 138 億光年以内の空間（厳密には大ウソです：後で書きます），というのが「観測可能な宇宙」です。その外側に宇宙が存在している可能性だって、じゅうぶんにあるのです。だから天文学の本なんかで、

<sup>3</sup> 20世紀最大の発見といわれ、主に素粒子のことを説明していますが、空間の歪みが激しい「特異点（数式にすると「0で割る」などの状況が発生することです）」などでは標準模型と相対性理論に矛盾が生じるか、成立しなくなることが知られています。

<sup>4</sup> ケンタウルス座 α 星 C、連星として知られています。地球と同じような系外惑星を持つことでも有名で、また地球からいちばん近い恒星もあります。

「宇宙の半径は 138 億光年である」なんて書いてあるのは嘘ですよ！

### 3. 宇宙は膨張している！

先ほどいきなり「宇宙は膨張している」なんて書きましたね。宇宙の膨張を知識として知っている人は多いと思うのですが、それとともに、いろいろ疑問が出る分野であるとも思うのです。

「なんで宇宙って膨張してんねん？」

「どんなふうに膨張してんねん？」

「なんでそんなこと分かんねん？」 などなど…

まずは、宇宙の膨張の様子や理由について議論しましょう。宇宙っていう空間は膨張しているんだよ、なんて言われてもよく分からんと思いますからね。

宇宙の膨張というのは、空間全体が膨らんでいるのです。そしてそれは、模様を書いた風船を膨らませる感覚に近いでしょう。すると、宇宙空間を通る光は引き延ばされ、宇宙中の物質とエネルギーは薄まることを意味します。

---

宇宙の膨張には「ダークエネルギー」というよく分からんエネルギーが関わっているというのが定説です。ダークエネルギーには、宇宙全体に均等に分布している、とかいう便利な設定があるんですね。ちなみに、正体不明の重力物質として、「ダークマター」の存在も示唆されており、これらが宇宙全体の約 95% を占めると言われています。

さらに面白いのは、ダークマターやダークエネルギーには、様々な異説も存在するのです（結局何が正しいかはまだ分かりませんが）。ここからは、ダークマターやダークエネルギーについて議論していきましょう。

そもそもダークマターというのは、存在が確認されている物質だけでは銀河を形成するだけの重力を生じることができない、というところに着目して便宜的に設定されたものです。簡単にいって、何かが強力な重力を発していなければ、銀河はバラバラになってしまう、ということになります。

一方で、ダークマターによる強力な重力の存在を仮定すると、宇宙空間を移動する銀河自体が観測可能な程度に減速する<sup>5</sup>といわれています。ところが実際にはその減速が観測されない。これから、ダークマターは存在しないという説がひとつあります。しかし、このように考えた場合、やっぱり「なぜ銀河は成立するのか」に戻ってしまいますから、まだまだ課題が多そうです。

あるいはぜんぜん違う説もあります。

---

<sup>5</sup> インドの天体物理学者、スプラマニアン・チャンドラセカールによる

みなさんには「超弦理論（超ひも理論）」をご存知でしょうか？この理論では、宇宙が 10 次元<sup>6</sup>か 11 次元で構成されているとして、私たちが認識できる 4 次元（3 次元空間+時間）以外の残りの次元は「カラビ・ヤウ多様体<sup>7</sup>」という複雑な形に納められていると考えます。さらに、超弦理論やプレーンワールド理論<sup>8</sup>によると、重力などは 4 次元以外の空間に影響を与えるのです。

そしてダークマターやダークエネルギーも余剰次元に閉じ込められている可能性があるのです。そしてその中に存在する奇妙な物質（標準模型では説明できない素粒子）が重力を作っていたり、宇宙の加速膨張に関与していたりする可能性があるのです。じつに感動的な話ですね。

では、その奇妙をちょっとだけ紹介しましょう。

まず、質量が負であったり、虚数<sup>9</sup>であったりする物質が（理論上）あります。負の質量が実際に観測されたことはありませんが、全く異なる性質をもつ余剰次元の空間では存在してもおかしくない粒子の一つです。なかでも、虚数の質量を持つ粒子「タキオン」は、光よりも早く動き、過去に遡ることができるかもしれません。

---

さて、ここまで宇宙の膨張に関する話のつもりが、だいぶ話が逸れてしまいました。では、私たち自身も、長さをはかるものさしも膨張しているのに、宇宙が膨張していることがなぜわかるのでしょうか？

先ほど宇宙の膨張について、「空間全体が膨らむ」と、さらにそこを通る「光も引き延ばされる」と言いました。じつは、光が引き延ばされると、波長が長くなるのです。

人間が見ることのできる可視光線は、およそ 400 nm から 800 nm の間です。そして可視光線のなかでいちばん波長が長いのが、赤です。ですから、宇宙の膨張によって光の波長が変わることを「レッドシフト（赤方偏移）」といいます。赤方偏移に初めて気付いたのがエド温・ハッブルで、きっと遠くの銀河ほど赤く見たのでしょう。

結局、宇宙は膨張しているのです！

現在の定説では、宇宙は膨張し続けて、エネルギーすべての物質が分散して、宇宙の温度は

---

<sup>6</sup> 空間にて互いに直交する軸と捉えれば良いでしょう。次元によって座標を表現しますから、数学で使う「 $x$  軸」などの表記は、一つの次元を表すことになります。

<sup>7</sup> 多様体とは、次元の構造のことです。たとえば、あなたが世界地図を描くとしましょう。メルカトル図法で書いたり、正距方位図法で書いたり、いろんな図法がありますが、その一つ一つの図法が多様体、といったイメージです。地球の表面を地図で平面的に表現できるように、多様体は複雑な次元構造を幾何的に表現しようとする概念です。

<sup>8</sup> 4 次元の宇宙を、高次元の時空に浮かぶ膜としてとらえる理論。

<sup>9</sup> 2 回掛けて負となる数。 $\sqrt{-n}$  と表すことができ、記号  $i$  によって表現されます。

下がり、生命が途絶えて、宇宙は「無」になるといわれています。確かにダークエネルギーの存在を仮定すればそんなふうになりそうですが、この一連の「定説」も論理的整合性に欠けている部分が多く、まだどんな未来になるかは分かりません。しかし、宇宙はこれからもいろいろなものが存在するおもしろい場所であってほしいなと思います。

#### 4. 観測可能な宇宙 —お詫びと訂正—

この冊子を最初から読んでくださっている方は、そろそろ疲れてきた頃ではないでしょうか。ずっと同じところを見つめるのも目に悪いですから、いちどこの冊子を机に置いて、空を見上げてみてください。きっときれいな星空（？）が見えることでしょう。星がたくさんあるこんなおもしろい空間はどこまで続いているのでしょうか？

今の科学技術でわかっていることによると、先ほど書きました「観測可能な宇宙」の中はすべて、星が存在できるようになっているようです。

ところで、観測可能な宇宙の話をもう一度しましょうか。まずはお詫びと訂正です。観測可能な宇宙の半径は138億光年だ、とか偉そうに書いていましたが、本当は大ウソです。

観測可能な宇宙の半径は、（某有名テレビ局の科学番組でも138億光年と紹介されていましたが）およそ465億光年です。この話を聞くと、光が宇宙の制限速度を越えたかのような印象を覚えますよね。最初に紹介した相対性理論に反するようですが、いったいどうしてでしょう。

今は465億光年離れた場所でも、昔はもっと近かったと考えれば問題はありません。つまり、宇宙の膨張は光速よりも速かったというわけです。

あなたはこれを読んで、「光速より速いん！？」と思ったことでしょう。そのとおり、宇宙の制限速度であるはずの光速を超えた速さで広がるのです。これは空間自体が膨張しているからであって、特殊相対性理論によると、空間の膨張に速度の制約はかかりません。よって、物質が光速を超えているわけではない、というわけです。

そもそも、ものの速さというのは、空間を基準にはかっているわけです。速度の基準が動いていたりしたら（光の速度が測れても）一般的な物質の速度は測れませんからね。

#### 5. 観測不可能な宇宙 —宇宙は広い—

観測可能な宇宙の半径がおよそ465億光年であることがわかりました。ところで、わざわざ「観測可能な」と強調しているぐらいだから、観測不可能な宇宙も存在します。

観測不可能というのは、光が届かない、ということです。そして、観測できる範囲の端を「宇宙の地平面」といったりするのです。

観測不可能な宇宙を含めた実際の宇宙は、観測可能な宇宙よりも小さくても良いのです。その

場合には、遠くに見えている星の正体は何なのでしょうか。それはたとえば、「近くの天体の発した光が宇宙を一周して見えたために、遠くにあるように見える」などの可能性が考えられますね。

しかし実際には、宇宙は観測可能な宇宙よりももっと広いとされています。それは、「空間の歪み<sup>10</sup>」に起因します。

宇宙の端がもし存在するとすれば、その空間が極めて大きく歪んでいると考えられています。そのために、宇宙の端に近づくほどやはり空間が歪むはずです。いっぽうで、地球から近い宇宙空間の歪みは無視できるほど小さいため、宇宙の端はとてもなく遠いか、存在しないと考えるのが自然なのです。

---

<sup>10</sup> 地球儀の上に三角形を書いたら、内角の和が  $180^\circ$  より大きくなりますね。それが平面の歪みです。これを3次元に拡張したものが空間の歪みというわけです。

# マルチメッセンジャー天文学について

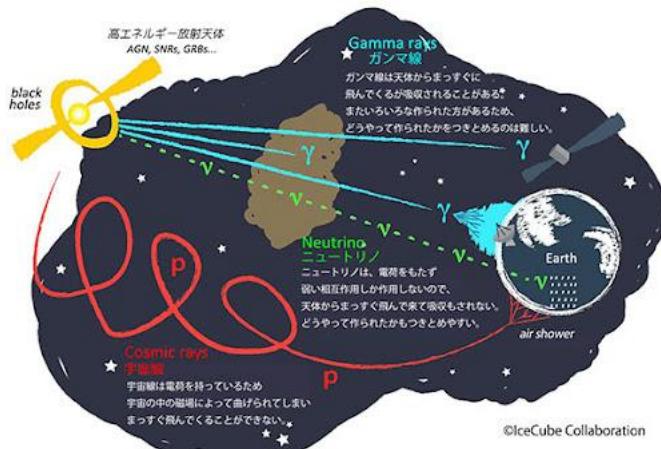
高校一年 A 組 8 番 K.

私は、マルチメッセンジャー天文学について書こうと思います。

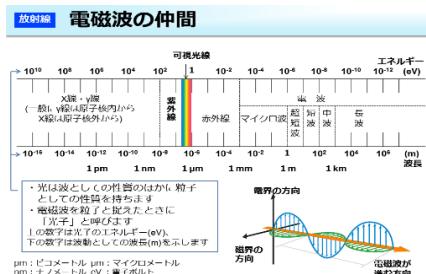
なぜマルチメッセンジャー天文学について書こうと思ったかは、NHKのラジオ深夜便でその内容についてやっていたことを思い出したからです。

## 1. マルチメッセンジャー一天文学とは何か

マルチ（複数の）メッセンジャー（何かのものを伝えるもの、伝達手段）という意味を重ねた言葉で、宇宙を飛び回る電磁波、重力波、ニュートリノ、宇宙線などをメッセンジャーに見立てて協調的に観測して、総合的にその現象を解明するという学問です。 ↓ 千葉大学のマルチメッセンジャー天文学について



電磁波 電場と磁場が空間を波動として伝わるもので、波長によって可視光線や赤外線、紫外線、X線などに分類される。 電磁波について by 環境省↓



**重力波** 変動する重力場が光と同じ速さで伝わる波。重力の変化によってできる波。

で、後で紹介する中性子星やブラックホール同士の合体などで顕著に出る。

ニュートリノ 電気的に中性で質量がとても小さい。弱い力しか働かないから、

(弱い力は電磁気力より弱く、届く距離がとんでもなく短い、正式な名前ですが英語を単に翻訳しただけなのであまり深く考えないでください) 基本なんでも通り抜けられるので、どこから来たかわかりやすい。

宇宙線 宇宙から飛んでくる陽子やヘリウムの原子核。いわゆる放射線の類。

## 2. マルチメッセンジャー天文学とその前段階の歴史

マルチメッセンジャー天文学の学問が発達する前に、天文学のメジャーな観測方法である電磁波（宇宙から届く電磁波は幅広い波長を持っていてそれぞれ天体现象の異なる側面がわかる）を観測する学問である多波長天文学と、電磁波以外の比較的最近発見された宇宙線やニュートリノ、重力波といった宇宙を観測する新たな手段とを組み合わせようとしたものです。

マルチメッセンジャー天文学が発展したきっかけの一つは、2017年に $4\text{ }0\text{ Mpc}$  ( $4\text{ }0\text{ メガパーセク、}$ ) 1. 3億光年彼方で中性子星同士が合体した時に発生した重力波(GW170817)をアメリカの重力波望遠鏡 advanced LIGO とヨーロッパにある advanced Virgo によって捉えられることができた上、国立天文台のすばる望遠鏡や名古屋大の IRSF 望遠鏡で光赤外線の観測に成功するなど、世界中で電磁波の観測に成功したことです。

これによって重力波と電磁波が両方観測され、中性子星同士の合体の起こった天体の把握ができたり国立天文台のグループが鉄より重い元素の生成されるプロセスの一つである「R プロセス」の過程で起こる放射性崩壊のエネルギーの電磁波の時間による変化を予測してほぼその通りに捉えることに成功したりしました。

## 3 今後のマルチメッセンジャー天文学に期待されていること

今後、何回も2017年のような重力波や電磁波、ニュートリノなどを同時に発見する機会は何度もあると思われますが、特にこの点が期待されているとされています。

### 1 どんな元素ができたのか？

R プロセスによってたとえば金や銀、プラチナといった元素はできたのか、それはいつもできるのかといったことは、まだこのような観測事例が1例しかないのでまだよくわかつていません。

2 どのような天体がそれらのメッセンジャーをここに届けたのか？

ほかにも、ニュートリノや重力波をもちいてどのような天体なのかをしらべることでより宇宙の理解が深まります。

3 今後、日本(自然科学研究機構)、米国(カリフォルニア大学・カリフォルニア工科大学)、カナダ(国立研究機構)、インド(科学技術庁)の国際協力事業で完成する予定の TMT (Thirty Meter Telescope、30 メートル望遠鏡) とよばれる光を集め部分（主鏡）が 30 メートルある巨大な望遠鏡をもちいて重力波で天体が作った元素の同定+ニュートリノを出す天体の同定などを目指しています。

4 あとがき やっぱり謎が多い宇宙をより多く知るのに複数の手法を使うのはいいと思いました。

## 5 参考文献

日本天文学会 天文学辞典 マルチメッセンジャー天文学

<https://astro-dic.jp/multi-messenger-astronomy/>

千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター (ICEHAP International Center For Hadron Astrophysics)

<http://www.icehap.chiba-u.jp/multimessenger/index.html>

すばる望遠鏡

<https://subarutelescope.org/jp/subaru2/science/3/>

CFCA(Center For Computational Astrophysics)(国立天文台の機関)

<https://subarutelescope.org/jp/subaru2/science/3/>

国立天文台 TMT プロジェクトについて

<https://www.nao.ac.jp/research/project/tmt.html>

国立天文台 物質の起源にせまるマルチメッセンジャー天文学

[https://www.nao.ac.jp/for-press/lecture/20201028-tmt/03\\_tanaka\\_lec20201028.pdf](https://www.nao.ac.jp/for-press/lecture/20201028-tmt/03_tanaka_lec20201028.pdf)

環境省 電磁波について

<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-01-03-05.html>

自宅の電子辞書の ニッポニカ 2014年版 ブリタニカ 2016年版

# 太陽系の成り立ちと惑星大移動

73期中3B組H.

## 0. はじめに

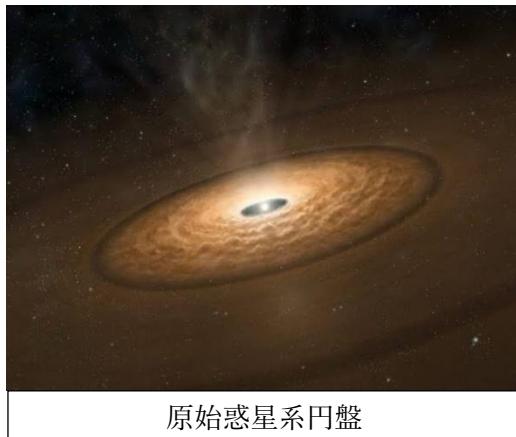
太陽系は約47億年前にでき、岩石惑星（水星・金星・地球・火星）と巨大ガス惑星（木星・土星・天王星・海王星）などで構成されている。では、太陽系はどのようにできたのだろうか。性質の差が生まれたのはなぜだろうか。また太陽系が形成される過程で今まででは説明できなかったものが説明できるかもしれない新説についても述べたいと思う。

## 1. 太陽の誕生

太陽系の形成にあたって一番重要なのは「太陽」である。では太陽はどうやってできたのだろうか。

太陽は分子雲という水素分子などの星の材料となる分子が集まっているガス雲が元となっている。（イメージとしてオリオン大星雲を想像してもらいたいと思う。）ここに超新星爆発という恒星の爆発によって起きた衝撃波によって分子雲の密度が変わることで、分子雲が収縮し、太陽系ができ、その中心に太陽ができたのだと考えられている。

分子雲が収縮し密度が高くなると原子が頻繁に衝突し熱が発生する。衝突が落ち着くと、太陽系の元となる原始惑星系円盤が形成され、中心が太陽となるからだ。



わかりやすくまとめると  
分子雲（材料） ← 衝撃波

↓

- a) 収縮する
- b) 密度が高くなる
- c) 原子がぶつかる
- d) 運動エネルギーが熱に（中心ほど  
    熱い）

原始惑星系円盤 太陽

## 2. 惑星の形成

太陽が形成されると惑星が形成される。惑星は太陽の形成後に残ったガスや宇宙の円盤からできたと考えられている。ちなみにこの仮説は降着円盤モデルと言われる。

(降着円盤モデルは中心にある重い天体の周りを公転しながら落下する構造のことである。)

ではどのように惑星は形成されたのだろうか。



まず太陽の周りを宇宙塵が太陽の周りを公転し、これが次々に衝突して微惑星を作った。

太陽から比較的近い場所である火星までは水やメタンが固体となるには温度が高すぎるため、金属などを中心とする岩石質の惑星ができた。ただ、金属などの物質は宇宙ではとても希少なので地球の質量の5%までにしか成長しなかった。が、その後は衝突を繰り返して今の形になったと考えられ

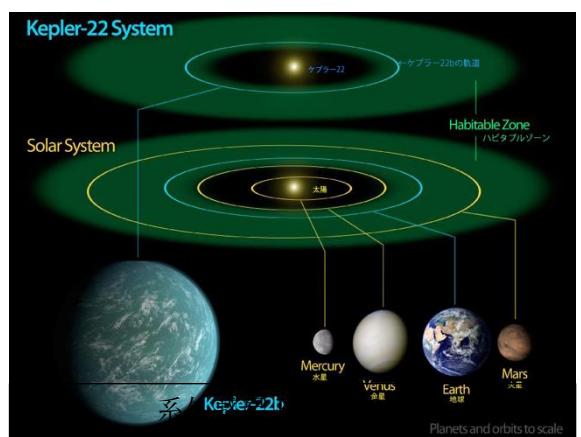
る。

木星からは、火星までは固体になることのできなかった水素やメタンなどが固体となるためガス性の星ができた。なぜ木星などの質量が大きくなったのかというと雪線（フロストライン）が関係してくる。雪線は揮発性の気体が固体になる境界線のことである。ここには蒸発した水が大量に溜まるため圧力差が生まれ、これによって雪線を超えての物質の移動が難しくなる。（不可能ではない）よって物質の塊ができ、それが木星の元になったと思われる。ちなみに、土星は木星より後にできたので利用できるガスが少なく、木星よりも小さくなつた。

## 3. 降着円盤モデルの欠点

この降着円盤モデルは1970～1980年ごろに確立された説だが近年スーパーコンピューターなど活用したシミュレーションによってこのモデルでは説明できないものが幾つも見つかった。

例えば水星と火星の質量が極端に小さすぎるということだ。金星の質量は地球の81%なのに対し、火星は地球の10%、水星

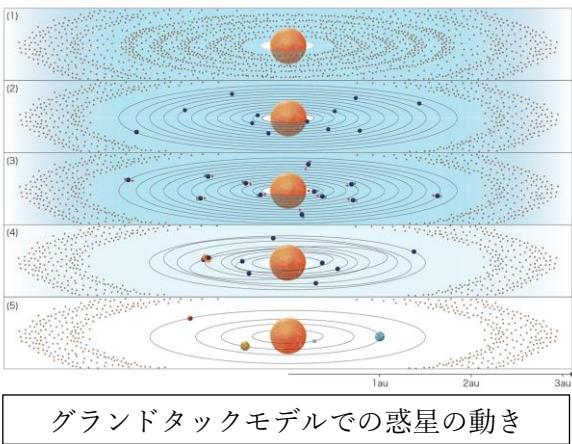


は地球の 5.5% しかない。また、火星と木星の間には小惑星帯があるが、これらの小惑星帯の質量も合計で地球の 0.03% しかない。しかし、太陽系の外側には「系外惑星」という太陽系の外側にある惑星が約 5000 個も見つかっている。この惑星たちは岩石惑星で水や生命体存在しているのかもといわれている。

(ここを詳しく触れると長くなるので今回は省略する。)

これらの惑星には地球よりも質量が大きい惑星もあり、この点から太陽系の岩石惑星が極端に低いということが分かると思う。

#### 4. 惑星大移動



グラントックモデルでの惑星の動き

このような不自然さを説明するための新説を「グラントックモデル」通称惑星大移動という。

この仮説を説明すると、原始惑星系円盤の中で木星が 3.5 天文单位（1 天文单位 = 地球と太陽との距離）で誕生し、円盤のガスの働きによって 1.5 天文单位の距離（今の火星の軌道）まで移動し、そこで U ターンし現在の位置まで移動したというものです。これに引き寄せら

れるようにして土星も移動したと言われています。

この巨大惑星の移動によって太陽系の内側、特に火星の軌道付近から小惑星帯まであたりの微惑星が弾き飛ばされ、岩石惑星の材料となるものが大きく減ったということが結論だ。この仮説はシュミレーションに基づくもので明確な根拠には欠けるが、太陽系の特性を理由づけるユニークなモデルになっている。

#### 5. 惑星の原型ができたその後

ここまででは惑星ができるまで、またできて数億年後の話だが最後にその後について述べる。惑星の眼形ができた後、グラントックモデルほどの移動は起きていないにしても確実に木星などの公転周期は変わっていると考えられており、この影響により隕石が多く発生し地球や水星、火星、月に衝突したと考えられている。この期間を後期後期重爆撃期という。この名残が月のクレーターである。

ちなみに現在も完全に終わっているわけではなく、少しの危険は孕んでいる。

## 6. 最後に

よく宇宙については宇宙の誕生などにフォーカスが当てられるが、この文章を通じて太陽系にも興味を持ってくれたら嬉しい。

## 7. 参考文献

Newton2024年8月号

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E7%B3%BB%E3%81%A>

[E%E5%BD%A2%E6%88%90%E3%81%A8%E9%80%B2%E5%8C%96](https://geo.w-human.com/e_science/s_system.html)

[https://geo.w-human.com/e\\_science/s\\_system.html](https://geo.w-human.com/e_science/s_system.html)

<http://www.esse.epms.es.tohoku.ac.jp/project.html>

### 活動報告編

#### 活動報告

前回の SF から今まで、ちゃんと参加できたのが合宿だけだったので(決してサボってるわけではなく前回の SF はクラスでいっぱいいっぱい、遠足はイマイチパッとしないから)合宿について述べたい。

今回の合宿はいつもよりイレギュラーでみなべの合宿で、校舎が工事でほとんど使はず隣のホテルを使うことになったが、そんなこともありながらもしっかり星を見ることができてよかった。(オリオン大星雲が撮れていたことに今気づいたがそれぐらいちゃんとみえた) その時は晴れて、街頭が明るい大阪では撮れない、見れないような星空を見てとても感動した。また OB の先輩達の話も聞けていろいろ参考にもなった。(教訓も得れて、駿台(大)学には行かないように頑張ろうと思った) 前回は寝ずにしっかり楽しめたので今年も楽しめるよう準備したい。

73期中3B組 H.

# すばる望遠鏡

72期高1 N.

## はじめに

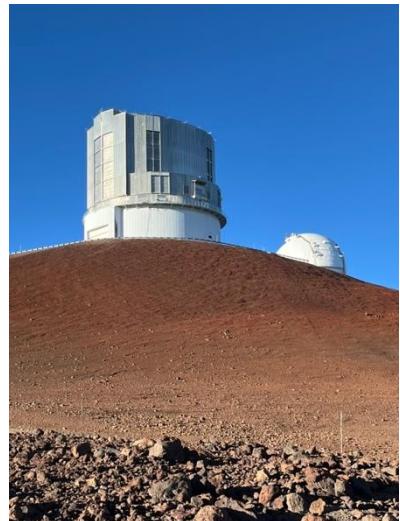
私は今年度の夏にアメリカハワイ州にあるすばる望遠鏡に訪れ、標高 4000m 以上の高地に位置するすばる望遠鏡の全貌を目に焼き付けることができました。また、今年度の学校主催の「サイエンスツアーア」では東京の国立天文台に行き、すばる望遠鏡について深く知ることができました。ということで、今年度の部誌にはすばる望遠鏡について僕の体験記を交えながら記していこうと思います。

## すばる望遠鏡とは？

すばる望遠鏡はハワイ島マウナケアの山頂域に設置されており、天体観測に最適な場所のひとつとして知られています。標高 4200m のマウナケア山頂は、気圧は平地の 3 分の 2 しかなく、地上の天候システムに影響されない高さにあるため、快晴の日が多く、乾燥しています。貿易風がハワイ諸島上空を滑らかに吹き、雲が山頂まで上ってくることはまれです。近くに大きな都市もなく、天体観測をさまたげ

る人工的な光はほとんどありません。

これらの好条件を求めて、マウナケアには複数の望遠鏡が設置されていて、すばる望遠鏡もその一つです。すばる望遠鏡のほかにも、ジェミニ望遠鏡、二つのケック望遠鏡という8～10m級の望遠鏡があります。



↑自身撮影

### すばる望遠鏡旅行記

私はすばる望遠鏡を見に行く現地のツアーに参加し、ハワイ島のホテル近くの停留所で合流して一つの大型車で行きました。山に差し掛かり、最初のうちは平気だったのですが、山の中腹あたりから霧に包まれ、急激に気圧が下がり、険しい山道に気分が悪くなりつつありました。気圧が下がると、高山病の危険性があるため深呼吸をして目的地に辿り着くまで耐え続けました。なんとか山頂及びすばる望遠鏡にはたどり着きましたが、道のりは楽ではありませんでした。とはいえ、山頂に着くとあたり一面雲に囲まれ、快晴の青空に驚きました。さらに、日没直前ということもあり、山の山頂から夕陽が沈んでいくのが鮮明に見えました。

## すばる望遠鏡の誇る高性能（サイエンスツアーにて）

すばる望遠鏡には4つの焦点があり、可視光線から波長の長い赤外線で宇宙を観測することができるさまざまな装置があります。画像を撮る撮像観測や光を虹のように色ごとに分ける分光観測などいろいろな方法で観測にあたっています。

また、すばる望遠鏡は円筒形のドームの形をしています。多くの実験や計算から天体観測の敵である天気の揺らぎを防ぐことができる最適解だったからです。

さらに、地球の天気のむらむらによる像の乱れを防ぐことのできる補償光学と呼ばれる装置を持っています。この装置により、赤外線を用いてシャープな画像を得ることができます。

## 終わりに

この夏の体験を通して、すばる望遠鏡は性能に優れていることがより知れました。ハワイ島マウナケアでの観測はそこに辿り着くまでが苦しい分、より高精度な研究結果が得られるということも身を通してわかりました。すばる望遠鏡を巡るツアーハワイ島の他にもハワイの星空を観察することもでき、非常におすすめです。天文に興味のある人は一度足を運んでみてはいかがでしょうか。

## 活動報告編

### 天文部 南部合宿 活動報告

今年度の南部合宿は昨年と同様、年明けの1月6日～1月7日の二日間にわたって行いました。天王寺駅で集合する組と部室で集合する組に分かれ、僕は部室から参加しました。例年は部室から天王寺駅まで望遠鏡など観測に必要な荷物を自分たちで運ぶのですが、今年は一人の先生が学校から車で南部学舎まで運んでくださり、自分たちで荷物を運ぶ必要はありませんでした。

また、今年度の合宿は南部学舎が改修工事のため一部の教室しか使用することができなかったので、近くのホテルを拠点とし、ホテルと学舎を行き来する形となりました。年明けということもあり、真冬の夜は極寒でしたが、ベンチコートを着てカイロを出し、コーンポタージュを飲んで寒さを凌いだのは今となっては楽しい思い出です。星空を見ながら先生や後輩との距離を縮めるのも天文部合宿の良いところではないでしょうか。

今年の観測は雲に左右されましたが、雲がかからない時間帯では例年と同様にプラネタリウム以上の満天の星空が堪能できます！寒さと睡魔に耐えながら過ごす合宿ですが、それ以上の楽しさ、ワクワクさが味わえました。来年は雲一つない快晴の夜空を楽しめることを期待しています。

72期高1 N.

## 活動報告編

### 2023年度南部合宿の思い出

今回の南部合宿は始まる前からドタバタで合宿一ヶ月前に顧問の先生に部員全員呼ばれなんだなんだと思ったら南部学舎が使えない。そのときはかなり焦りましたね…結局通称南部ロイヤルというホテルに泊まることで落ち着きました。今年は今まで一番寒かった気がしますが寒さと戦っている後輩達を微笑ましく見守りながらもうそんな歳かと恐れおののいたりしていました。今回の合宿は私にとってかなり成長したのは写真を撮るときにこっち向いて-と言えるようになりました！そんなことかいと思われるかもしれませんがあくまで人見知りの私にとってはとても大きな進歩なんです。

合宿は部員同士はもちろんOBの先輩方としゃべることが出来るのでこれからも大切にしないとなと思います。

71期高2 T.

# 火星の秘密

## 火星のデータ



火星

直径 6779.4km 質量  $6.4171 \times 10^{23}$ kg

自転周期 24.6597 時間 公転周期 686.980 日

## ※地球のデータ



地球

直径 12756.274km 質量  $5.972 \times 10^{24}$ kg

自転周期 23 時間 56 分 4.0905 秒

公転周期 365.24219 日

# ○火星の特徴

## ①地球との類似性

火星と地球のデータにもあるように、火星は地球と非常に類似性が高い。例えば、地球と火星は自転周期がどちらも約24時間である。また、火星の表面積は地球の4分の1ほどだが、これは地球の陸地面積である約1.5億km<sup>2</sup>とほとんど同じであり、さらには、火星は地球と同じように太陽に向かって自転軸を傾けているため、地球と同じように季節が存在する。そして、表面温度は最高でも20°Cほどである。

## ②火星の表面

火星は、主に玄武岩や安山岩など、いずれも二酸化ケイ素を含む岩石でできており、表面にはそれらの岩石のかけらや、二酸化ケイ素がむき出しになっている場所もあり、

そして表面のほとんどを覆っているのが**酸化鉄**である。

これは火星の表面が赤っぽい理由である。

## どうして火星移住計画が議論されているのか？

### ○どうして移住しなければならないのか？

現在の地球は、主に地球温暖化やアフリカ地域などの砂漠化、気候変動による災害や大気・海洋・水質汚染などの環境問題であふれているのが現状である。このままでは地球が人間の住めない星になってしまうことは容易に想像できるだろう。そのため、世界中の国々や研究者が、環境問題の解決策とともに、別の星への移住の必要性を訴え続けている。

### ○どうしてわざわざ「火星」なのか？

「火星の特徴」の箇所でも述べたように、**火星は地球と非常に類似性が高い**。これは移住先の星に火星が支持

されている最大の理由である。また、「火星の特徴」で述べたこと以外の理由として、**火星は環境が恵まれている**ということもある。火星にはわずかながらも大気が存在し、重力は地球の約3分の1で、重力面では極端に人間の生命に影響をもたらすことはないだろう。また、火星の暗い部分は海だと考えられている上、実際に2018年に欧州宇宙機関の

火星探査機「マーズ・エクスプレス」が**火星に液体の水が存在する証拠を発見している**。さらに、現在の火星には白い部分に氷が張っており、その下には湖があると考えられている。つまり、もう少し宇宙探査の技術が発達すれば、大気の問題や水分の問題を解決し、火星への移住が可能になるかもしれない。

## まとめ

これまで書いてきたように、火星の特徴と未来の宇宙

探査技術の発達で、火星への移住の可能性が見えてきた。この課題は、現代の人間にとっても未来の人間にとっても議論が不可欠な非常に重要なものだろう。

## 下巻へ続く

The Scientific Seiko No.43

発行日:2024年(令和6年)11月3日

印刷:本校印刷室

印刷協力:榎村 博仁、菅原 悠治

顧問:榎村 博仁、菅原 悠治

校正・企画:天文部員一同

製作・著作:大阪星光学院天文部

検閲:本校 SF 委員

次年度の参考にさせていただきたいのでアンケートにご協力いただけすると  
幸いです。



<https://forms.gle/u23ktgQRj3opiL3e6>