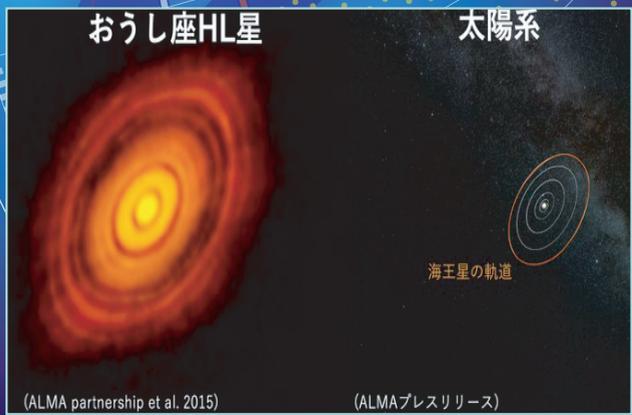


会報

Vol.71

あそびる astronomer

astronomer



惑星形成



NPO法人 花山星空ネットワーク

## あすとろん 第71号 目次

第18回通常総会報告	西村昌能	1
アルマ望遠鏡で探る惑星形成 -太陽系の起源に迫る	野津翔太	2
宇宙塵からみた太陽系の話	野口高明	7
第34回講演会	上善恒雄	11
主鏡の焦点距離に対する一考察	上杉憲一	14
デジカメで金星を撮ってみた	景山浩二	17
大宇陀アトラスの思い出	作花一志	20
天文観察いろは【7】 光学望遠鏡のしくみ(1)	黒河宏企	21
土星の環消失とその後	中川 均	27
左回り右回り	編集子	28
ノルウェー・トロムソ・オーロラ紀行	遠藤恵美子	31
お知らせ	事務局	

表紙画像 惑星形成  
野津翔太氏提供 p2 参照

裏表紙画像 トロムソ上空のオーロラ  
遠藤恵美子氏提供 p31 参照

## 第 18 回通常総会報告

西村昌能（NPO 法人花山星空ネットワーク理事長）

### 会員の皆様

第 18 回通常総会が梅雨入り間近の 2025 年 6 月 8 日（日）に京都大学理学研究科セミナーハウスを会場に開催されました。「あすとろん」をお送りしているメール便では、信書が同封できないことと上昇した通信費の削減のため、今年度から電磁的方法で、正会員へ、総会の出欠と欠席の際の表決をお願いし、また、会誌「あすとろん」に同封できない議案の一部をグーグルドライブからダウンロードして頂く事をおこないました。ご希望される会員には、電子メールや、ハガキでの回答方法も利用しました。皆様には、ご協力を頂き、誠にありがとうございました。今後とも、どうぞよろしくお願い申し上げます。

さて、総会会場への参加は 24 名、電磁的表決、書面による表決は 119 名で、正会員の総会参加数は合計 143 名でした。当日の正会員は 260 名でしたので、過半数の参加を得て、総会は成立しております。

第一号議案：2024 年度事業報告書及び活動計算書の件

第二号議案：2025 年度事業計画書及び活動予算書の件

第三号議案：定款変更の件

第四号議案：第 10 期役員選任の件

上記の議案のうち、第一号から第三号までの議案は、何れも賛成数 87 名、反対数 0 名、委任 56 名で、可決されました。また、第四号議案は賛成数 85 名、反対数 0 名、委任 57 名、無表決 1 名で可決されました。

以上ご報告させていただきます。



総会に参加された会員のみなさま

## アルマ望遠鏡で探る惑星形成 - 太陽系の起源に迫る -

野津翔太（東京大学大学院理学系研究科）

### はじめに

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 助教の野津翔太です。現在は東京大学で研究・教育活動に取り組んでいますが、学部生・大学院生時代は京都大学宇宙物理学教室に在籍し、花山天文台での観望会のお手伝いなど NPO 花山星空ネットワークの活動にも定期的に参加させて頂き、大変お世話になりました。今回の講演会では先生方や NPO 会員の皆さまと久々に色々お話することができ、個人的にも貴重な機会となりました。研究会・議論などで今後も定期的に京都大学を訪問予定ですので、引き続きどうぞよろしくをお願いします。

2011 年、超巨大電波望遠鏡「アルマ望遠鏡」が科学観測を開始しました。それから 14 年の観測を経て、惑星形成の現場である原始惑星系円盤の理解が大きく進展しました。今回の第 34 回講演会での私の講演では、アルマ望遠鏡による惑星形成の現場の観測結果をご紹介した上で、「太陽系や太陽系外の惑星はどのように作られたのか」「惑星が作られる現場で、水や有機分子がどのようにして作られ、地球の様な惑星に供給されたのか」などの根源的な問いに対し、現状の理解や今後の研究の見通しについてご紹介させて頂きました。以下では講演内容の一部を振り返りながら、最近の惑星形成研究の進展を改めてご紹介したいと思います。

### アルマ望遠鏡とは

アルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計）は南米チリ北部・標高 5000m のアタカマ砂漠に建設された超巨大な電波望遠鏡です。2011 年に科学観測を開始し、欧州・北米・東アジア（日本・韓国・台湾）と建設地のチリを合わせた 22 の国と地域が連携して運用しています。観測の邪魔になる大気（水蒸気）が少なく、また土地が平らで広いことから、この場所が選ばれました。66 台の電波望遠鏡（パラボラアンテナ、うち 54 台が口径 12m, 12 台が 7m）を広い場所にたくさん並べ、それらを連動させて一つの超大型電波望遠鏡として使う、電波干渉計という仕組みを使っています。電波干渉計はアンテナ間の距離を話すほど望遠鏡の視力が向上する（=天体の細かい構造を見ることができる）様になるため、アンテナ間の距離は最大で

16km まで広げることがあります。因みにアンテナは固定式ではなく、台車に乗せて動かすことで、解像度を変えることができます。

アルマ望遠鏡で観測する電波（ミリ波・サブミリ波）は、宇宙の中の極低温のガスや塵（ダスト）から放射され、これらを調べる事でガスやダストの分布や量・運動・性質を調べることができます。星が生まれる現場である分子雲（暗黒星雲）や、生まれたばかりの星の周り（原始惑星系円盤）にはガスやダストが豊富に存在するため、これらをアルマ望遠鏡で詳細に観測することで、「星や惑星が生まれる過程」や「惑星形成の現場に存在する水や有機分子の分布」などにも迫ることができます。

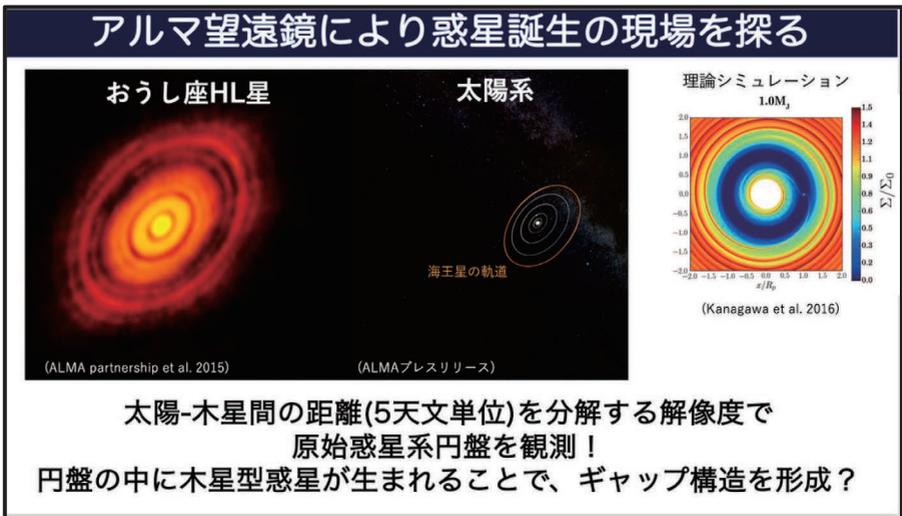


図 1 アルマ望遠鏡で見てきた惑星形成の現場

上の図 1 中のオレンジ色の画像は、おそらくアルマ望遠鏡で観測された天体画像の中で最も有名なものの一つ、おうし座 HL 星の原始惑星系円盤のダスト放射の観測画像です。太陽系に置き換えると太陽-木星間の距離（5 天文単位）を分解する高い解像度で観測できたことで、円盤の中に多数の黒い筋模様（ギャップ構造）があるのが分かりました。理論シミュレーション研究から、円盤の中で木星サイズの惑星が形成されることで、このようなギャップ構造が形成された可能性が提案されています。アルマ望遠鏡以前の観測では解像度が 10 倍~100 倍程度悪かったので、このようなギャップ構造は見ておらず、まさにアルマ望遠鏡で惑星形成現場の観測研究の扉が開かれたと言えるでしょう。この画像は正式な論文出版（2015 年）に先駆けて

2014 年秋に公開されましたが、2 ヶ月後に開催された国際学会に私も参加したところ、こちらの画像についての議論が大変な盛り上がりだったことを記憶しています。

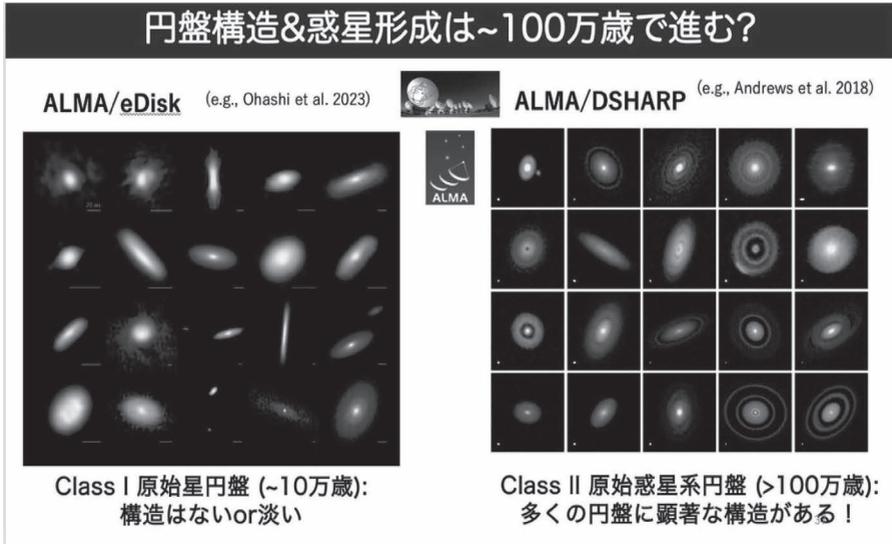


図 2 原始惑星系円盤サーベイ観測：惑星形成は 100 万歳で進む？

おうし座 HL 星の円盤観測画像はアルマ望遠鏡科学観測開始から 3 年程で公開された画像ですが、その後より多数の原始惑星系円盤を高い解像度で観測するサーベイ観測も進みました。上の図 2 では年齢数百万歳の原始惑星系円盤 (Class II, 右) と、それより若く円盤が形成されて間もない天体 (Class I, 左) のダスト放射のサーベイ観測の結果を示しています。興味深いことに、年齢数百万歳の円盤 (右) では多くの天体に顕著なギャップ構造などが確認できる反面、年齢数十万歳の若い円盤 (左) ではその様な顕著な構造が確認できません。このことから、円盤の構造形成・木星サイズの惑星の形成は、星の誕生から 100 万歳を超えるタイミングで進むことが示唆されます。

### アルマ望遠鏡で探る水・有機分子の起源

惑星形成が起きる原始惑星系円盤は、マイクロメートルサイズのダスト微粒子から微惑星・惑星を作る物理進化の現場であると同時に、水や有機分子などの化学進化が起きる現場でもあります。円盤で形成された水や有機

分子は、地球表層の海や生命関連分子の起源とも関連するため、その量や分布を調べることは大変重要です。私たちの研究グループでも、アルマ望遠鏡を用いた円盤内の水や有機分子が出す放射の観測を通じ、これらの起源を探っています。以下図 3 では、オリオン座 V883 Ori という、現在激しい質量降着を起こしている原始星 (FU Ori 型星) の円盤における水・有機分子の観測結果を紹介しています。発見された複雑な有機分子のメタノールに対する存在度を見積もると、円盤が形成される前の分子雲の値に比べ 10 倍程度増加している一方、太陽系内の彗星とよく似た値を示していて、原始惑星系円盤の形成とともに、ダスト表面で有機分子の生成が進むことが示唆されました。

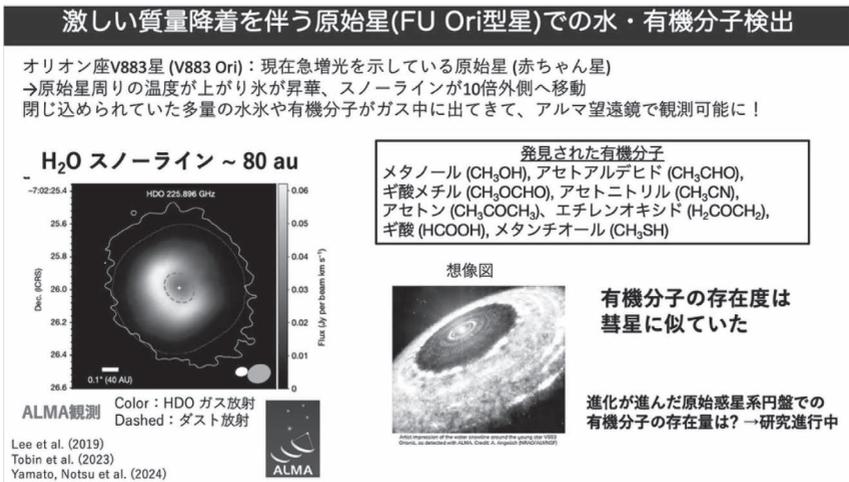


図 3 原始星での水・有機分子の検出



# 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



## 第13回 2025年9月24日(水)～26日(金) 飛騨天文台自然再発見ツアー



募集対象:18歳以上 募集定員:20名(先着順) 宿泊場所:1日目:民宿長七(飛騨天文台の麓)  
集合・解散場所:JR高山駅 ☆集合:9月24日15時20分 2日目:KKR平湯たから荘(平湯温泉)  
☆解散:9月26日12時30分  
詳しい内容は7月下旬にNPO法人花山星空ネットワークのホームページに掲載します  
お問い合わせ:電子メール:hosizora@kwasan.kyoto-u.ac.jp 又は 電話:075-581-1461

## 第114回 花山天体観望会「名月と名曲」

日時:2025年10月4日(日)18:00～21:45 場所:京大理学研究科花山天文台



内容:(1)月や土星に関する講演会  
(2)天文台屋上での邦楽名曲の演奏会  
(3)45cm屈折望遠鏡で土星を観望  
(4)小望遠鏡による月と土星の観望、星座教室

対象:小学生以上  
交通:地下鉄東西線蹴上駅～天文台間  
で送迎車を運行します。  
申込方法など詳細は  
ホームページをご覧ください

# 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



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**

京都市中京区西大路通御池上ル二筋目東入ル80m

www.aozorasha.co.jp

あおぞら印刷

## 宇宙塵からみた太陽系の話

野口高明（京都大学理学院研究科）

### はじめに

「うちゅうじん」を研究していると言いますと、かなりの方が「宇宙人」と誤解されるのですが、ここでお話するのは、地球外起源の微粒子のことです。すなわち、「うちゅうじん」というのは「宇宙塵」ということになります。地球外物質というと、みなさんがすぐに思いつかれるのは「隕石」だと思います。隕石は大きさ約 2mm よりも大きな地球外物質のことで、大きさ 2mm 以下のものが宇宙塵です。大きな隕石を研究すれば楽だろうに、何を好き好んでホコリのような大きさのものを研究するのだろうかと思われるかも知れません。確かに大きさで、いん石と宇宙塵は区別されているのですが、隕石のほとんど全てと宇宙塵は異なる種類の太陽系の小天体からやってきているので、わざわざとても小さいものを研究しているのです。

### 宇宙塵はなぜ小さい？

隕石のほとんどが大きく、宇宙塵が小さいと言いましたが、より正確に言うと、大きさが大きいところでは隕石が宇宙塵よりも圧倒的に数が多く、逆に、大きさが小さいところでは宇宙塵が隕石よりも圧倒的に数が多いということです。こうした違いに最も関係していると考えられるのは、硬さ（正確に言うと引っ張り強度）だと考えられます。壊れやすい物質からなる天体に他の天体が衝突して破片が飛び散ったとします。そうすると、もろい物質からなる天体からは大きさが大きい破片よりも小さい破片の方が非常にたくさん飛び散ることが想像できるかと思います。他方、硬い物質からなる天体に他天体が衝突した際に飛び散る破片には、相対的に大きさの大きいものが多くなると予想されます。

同様のことは隕石の種類ごとでも生じる可能性があることもご想像がつくかと思います。太陽系がどのような元素をどれだけ含んでいるかを検討するのに基本となる隕石として、CI（シーあいと読みます）コンドライトという隕石があります。この隕石は 77000 個以上もある隕石の中でわずか 10 個しかありません。ところが、はやぶさ 2 探査機とオサイリス・レックス探査機が調査した小惑星リュウグウとベヌー（ベンヌともいわれます）はどちらもこの CI コンドライトにととてもよく似た物質からできていました。CI コ

ソライトと似たような物質からできている小惑星はたくさんあるのですが、これらの小惑星のかけらはとてももろいため、地球の大気圏を通り抜けて隕石として手に入るのは非常にわずかということなのでしょう。

### 宇宙塵のふるさと

壊れやすい物質からなる天体が宇宙塵のふるさとだと述べましたが、その代表的な天体が、彗星と小惑星リュウグウに似た物質からなる小惑星です。これらの天体から放出された「塵」は、惑星と惑星の間の空間（惑星間空間といいます）に広く分布しています。空の暗いところで日没後数時間経って太陽が沈んだ方角から立ち上がってくるように見える「黄道光」の原因となっている物質です。黄道光は、黄道面とその周囲に分布している宇宙塵（正確には黄道光ダストといいます）が散乱した太陽光です。余談ですが、今回講演させていただき、まれには京都でも早朝黄道光が見えると伺い、とても驚きました。

これら 2 つの天体についてもう少し詳しく説明します。彗星は太陽に近づくとき「尾」を生じる天体として知られ、ときに「ほうき星」とも言われます。彗星には 2 種類あることはご存じの方もあるかも知れませんが、ひとつは、昨年秋にちょっと話題になった紫金山・アトラス彗星のように一回太陽のそばを通ったあと、本当に再び戻ってくることがあるか分からないような非周期と公転周期が 200 年以上の彗星です（講演では 1997 年のヘール・ボップ彗星を挙げました）。そしてもう一つは、公転周期が 200 年未満の彗星である短周期彗星です。どちらも近日点（太陽に最接近する点）に近づくとき尾を発生します。彗星の尾には、揮発性物質が電離してできたイオンの尾と、揮発性物質が彗星を飛び出す際に彗星を作っている固体物質のかけらである「塵」が放出されることで作られるダストの尾（細かな塵が太陽光を散乱して尾として見えます）があります。そのほか、近日点付近では砂粒くらいの大きめのダストも放出されます。これは彗星の軌道上に分布します。地球の軌道が彗星の軌道と交差したときに、この大きめのダストの集まりと出会うと、いわゆる流星群が見られます。ダストの尾の塵と彗星軌道上に放出された塵が、地球で手に入る宇宙塵の主要なものひとつだろうと考えられています。

もうひとつは、小惑星リュウグウに似たもろい物質からなる小惑星から放出される塵です。小惑星リュウグウから試料を回収したはやぶさ 2 探査機は、パチンコ玉よりやや小さいタンタルという金属でできた弾を小惑星に打ち込むことで、リュウグウの岩が割れて跳ね返ってきたかけらを回収しました。講演で動画をお見せしましたが、多量の岩くずが飛び散っていたのがお分かりになったと思います。つまり、大して大きな力を与えなくとも小

惑星リュウグウ表面の岩は割れてたくさんの破片が作られるのです。小惑星の表面には、他の天体のかけらが時折高速（たとえば、10 km/s といった速度）で衝突してきます。こうしたもろい物質からなる小惑星が小さくて、天体の持つ重力が小さければ、容易に多量の塵がこうした小惑星から放出されることとなります。彗星や小惑星から放出された塵は、太陽光からの圧力を受けて、少しずつ角運動量を失って、軌道半径が縮んでいき、ついには地球にやってくることとなります。火星と木星の間にある小惑星が最も集まっている場所から地球まで数万年で到達できると考えられています。

木星の公転周期と整数比の公転周期を持った小惑星の軌道が不安定になり、地球と交差するような軌道を持つ地球近傍小惑星となります。そうした地球近傍小惑星のなかで小ぶりなものが隕石となります。そして、地球の厚い大気圏を通り抜けて地表まで到達するのは硬い（引っ張り強度が大きい）物質です。このため、隕石のほとんどすべては硬い岩石質の物質なのです。

## 代表的な宇宙塵

彗星と小惑星リュウグウに似た物質からなる小惑星が、宇宙塵の代表的な源と考えられると先に述べました。図 1 はこれらを起源とすると考えられる宇宙塵の典型的なものの走査電子顕微鏡で撮った像を示します。(a) に示したのが彗星起源の可能性の高い宇宙塵です。1 $\mu\text{m}$  (1/1000 mm) よりも細かな物質がふわふわと集まったように見えます。中央左端付近にはエンスタタイト・ウィスカーという針のように伸びた鉱物が写っています（その表面にさらに別の鉱物も付着しています）。この針状の鉱物は、彗星起源の可能性が高いとされる宇宙塵にしばしば含まれます。(b) には小惑星リュウグウとよく似た物質からなる小惑星起源の宇宙塵です。(a) と比べると密に詰まった組織を持つことが分かります。宇宙塵のあちこちに、特殊な形態を持つ磁鉄鉱（フランボイド状：木苺状、球果状：一点から放射状に針状結晶が成長、プラケット状：仮とじ本のように隙間がある薄板の集まり）と磁硫鉄鉱（磁性を帯びた硫化鉄）が含まれていることが分かります。これらの間を埋める暗く見える物質は粘土の仲間です。また、この写真ではすぐには分かりませんが炭酸塩鉱物というものもたくさん含まれています。これらの鉱物は、小惑星が作られたときには、（磁硫鉄鉱の一部をのぞき）これらの鉱物は存在せず、元々含まれていた別の鉱物と氷が融けてできた水がよく反応して作られたものです。

CI コンドライトは太陽系の元素がどのような割合で存在しているかを決めるのに不可欠な物質としてとても重要なものです。太陽の光球を観測して得た元素の存在割合の値と合わせて、太陽系の元素の存在割合を決めます。そういう重要な隕石と、小惑星リュウグウ、ベヌーの物質、そして、図

1(b)の宇宙塵は皆よく似たものなのです。不思議なことに、太陽系の元素の存在割合を決めるのに重要な物質がみな水と強く反応した物質なのです。

ところで、図 1(a)の宇宙塵は彗星起源の可能性が高いという回りくどい言い方をしています。スターダスト探査機はヴィルト第 2 彗星から放出された塵サイズの試料を持ち帰ったのですが、試料採集方法の特性によって、図 1 (a)に示したような細かな物質はみな溶解してしまい回収することができませんでした。それで、今でも彗星が図 1 (a)に示したような物質を多く含むのかは分かっていません。数十年後に、彗星の本体 (彗星核といえます) に着陸してサンプルを持ち帰るまでは答え合わせはお預けです。

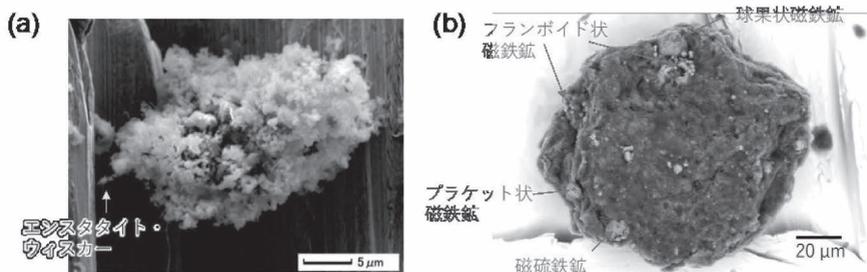


図 1 代表的な宇宙塵 2 種の走査電子顕微鏡像 (a)彗星起源の可能性の高い宇宙塵 (二次電子像)、(b)小惑星リュウグウに似た物質からなる小惑星起源の宇宙塵 (反射電子像) 1 μm は、1/1000 ミリ

### まとめ

硬い岩石質の小惑星からやってきた隕石と、もろい物質からなる小惑星と彗星では、発生したときの大きさの傾向 (大きいものが相対的に多いのか、小さいものが相対的に多いのか) が異なります。硬い岩石質由来である隕石の大部分は、地球近傍小惑星の一番小さなものと考えてよく、小惑星帯の特定の場所で、木星の強い重力のせいで軌道が不安定になったものが地球にやってきます。それに対して、塵を多く発生する、小惑星リュウグウ、ベヌーのようなもろい物質からなる小惑星と彗星は、それらから発された塵が太陽光の圧力を受けて徐々に軌道が小さくなりついには地球に到達します。このように、隕石と宇宙塵では地球にやってくるまでの経路が大きく異なり、両者を調べることで太陽系を作っているいろいろな小天体の物質が何からできているかが分かります。その結果、太陽系を作った物質や、太陽系で初期に作られた物質はどのようなものだったのか、太陽系はどのように作られていったかを理解することができるのです。

宇宙塵は小さくとも重要な太陽系の歴史をひもとく鍵といえるでしょう。

## 第 34 回講演会

上善恒雄 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

2025 年 6 月 8 日に開催された第 34 回講演会について報告します。今回も京都大学理学研究科セミナーハウスでの対面形式と ZOOM のハイブリッドで行われました。

講演会に先立ち、西村理事長から開会の挨拶と創立 18 年になるこの NPO の活動概要、花山天文台での年 6 回の天体観望会、子ども飛騨天文台天体観測教室、飛騨天文台自然再発見ツアー、12 月の講演会、会誌「あすとろん」について紹介がありました。作花一志先生からは京都千年天文学街道ツアー「安倍晴明コース」、「京大花山天文台ハイキング・太陽スペクトル観望コース」、「鬼門と天門コース」、「渋川春海と貞享改暦コース」、「アストロトーク」の告知がありました。



本号の「あすとろん」に講演内容についての詳しい原稿を投稿いただいておりますし、紙面の都合もありますので、ここでは当日の質疑応答を簡単にまとめておきます。

### 1. 宇宙塵から見た太陽系の話

講演会第一部は一本潔京都大学名誉教授の司会で進められました。ご講演者は京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室（地鉱と呼ぶそうです）の野口高明教授で、野口教授は京都大学理学部地質学鉱物学教室ご卒業後、茨城大学理学部、九州大学基幹教育院などを経て現職。ご専門分野は隕石学。十数年間は地球表面から内部の研究を行なっていたが、その後宇宙に研究対象が広がったそうです。

**質問:** ふかふかの宇宙塵というのは地球大気に通過した時にガラス状になってしまうのを回避する粒子があるということですか。

野口:小さいものは 500 度ぐらいまで上がった後はあっという間に減速して形を保って大気圏を 2、3 ヶ月かけて落ちてきている。

質問:流星痕の映像が面白かったのですが、真ん中の光は何ですか。

野口:室内からガラス越しに撮ったのでそれが写り込んでいるようです。

以下はチャットからのご質問ですが、野口先生から会場とは別に詳しくご回答を頂きました。

質問:宇宙塵表面が特徴的なモサモサ状になるのはなぜですか？

野口:彗星起源の可能性が高いと考えられている宇宙塵のことですね？ モサモサして見えるのは、1 ミクロン (1/1000mm) もないようなとても細かな鉱物が隙間だらけの状態ではゆるく詰まっているからです。なぜ隙間だらけの状態では彗星本体 (彗星核) の内部に存在することができたのでしょうか？ 天体内部では必ず圧密を受けるはずで隙間は保持できるはずがないのですが、この隙間には氷 (揮発性物質の固体のこと) の粒が存在していたため、天体内部に存在していても圧密されずにいられたと考えられています。この宇宙塵が宇宙空間に放出されて細かな氷粒が昇華しフリーズドライされて、モサモサした形状になったと考えられます。

質問:珍しいとされるロダー石とはどのようなものでしょうか？

野口: $(\text{Na}, \text{K})_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$  という化学組成を持つ鉱物です。アルカリ元素を含む珪酸塩鉱物 (岩石を作る最も多い種類の鉱物) はほぼ必ずアルミニウムを含みます。ところが、この鉱物はアルカリ元素をそれなりに含んでいるのにアルミニウムを含みません。このため、地球上では数カ所からしか見つかっていません。どれも晶洞 (岩石中の空洞) に産します。隕石では、鉄隕石やエンスタタイト・コンドライトという隕石にしか見つかっていません。ところが、彗星起源の可能性が高い宇宙塵 4 個に 1 個位の割合で含まれています。その理由は今のところは全く分かりません。そもそもこのことに気づいているのが、私とアメリカの研究者の方と 2 名しかいません。

質問:宇宙からの物質が大気圏突入時に大気との摩擦で熔融するのと、ゆっくり落下するのはどのくらいの大きさが境になっているのでしょうか？

野口: (1)突入速度、(2)地球への突入方向、(3)大気への突入角 (地面に鉛直方向を 90 度とします)、(4)突入してくる物質の大きさ・(5)密度・(6)形状といったことが関係してきます。

突入速度が大きい、地球に正面衝突する方向で突入、大気への突入角が大きい、衝突してくる物質が大きい・密度が大きい・隙間が少ないといったことがあれば、大気圏突入時に熔融してしまう可能性は大きいです。数値を書きたくないのは、これらの条件がお互いに影響するため、具体的な数値は書きにくいからです。ただ、大きさ  $50 \mu\text{m}$  ( $0.05 \text{ mm}$ ) より小さいモサモサした形状の宇宙塵は大気圏突入時に加熱を受けても熔融していないものが 90%以上になります。大きさ  $0.2 \text{ mm}$  程度になると、部分的あるいは完全

に溶融したものが 60%以上になります。大きさ 1 mm 程度の宇宙塵でしたらほとんどすべてが溶融しています。

ところが、逆に大きさ約 10 mm を超えるような隕石サイズになると、表面の 1 mm 程度が溶融していますが、内部は無傷となります。表面の溶けているところは溶融皮膜（フュージョン・クラスト）といいます。中身が無傷なのは、大気圏突入で表面が溶けても大気の動圧によってすぐに剥がされて、次々新鮮な面が出ては溶融し剥がされるという「溶離 アブレーション」という現象が起きているため、内部になかなか熱が伝わらないからです。これを人工的に起こすようにして、地球帰還カプセルの内部に熱が伝わらないようにと、宇宙飛行士を安全に地球に帰還させるのに使われています。「大気との摩擦で溶融する」ではありません。超高速で突入してきた物体が、自分の全面の大気を断熱圧縮することで大気が高温になり、その輻射熱によって溶融します。流れ星の物質が加熱されるのも同じ機構です。

## 2. アルマ望遠鏡で探る惑星形成 -太陽系の起源に迫る-

次に京都情報大学院大学教授の作花一志先生により進められました。ご講演者は東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻地球惑星システム科学講座で助教を務められる野津翔太先生です。京都大学理学部出身でオランダ・ライデン大学や理化学研究所などを経て現職。本 NPO にも学部 1 年生の頃から協力をいただいてきたが今や世界を股にかけて活躍されています。双子の野津湧太先生も同じく京都大学理学部ご出身で現在はコロラド大学において宇宙研究者として活躍されています。

**質問:**冥王星は  $\text{H}_2\text{O}$  スノーラインよりはるかに遠いのに岩石質なのはなぜ？

**野津:**外側ほど惑星形成に時間がかかる。微惑星になったぐらいのタイミングで太陽系形成が終わったので惑星になりきれなかった。

**質問:**観測にはどれだけのアンテナを使いますか。

**野津:**66 台全部を使う。12m アンテナはまばらに設置して細かい構造を観測する。7m アンテナは集中的に設置する。解像度が落ちるが周りの構造がわかる。これらを組み合わせて使い分けをする。

**質問:**円盤は極低温なのに  $\text{CO}_2$  からメタノールなどができるのでしょうか。

**野津:**ダスト表面反応という。C,O に水素がつく反応は低温でもできる。

**質問:**恒星には必ず惑星があると言い切れないですか。

**野津:**自分自身は全てとは言い切れないと思う。材料物質が惑星を完成させるよりも早くなくなってしまうと途中で終わってしまうかもしれないけれど、太陽系と同様の進化をすると同様な形成がなされる。

## 主鏡の焦点距離に対する一考察

上杉憲一（NPO 法人花山星空ネットワーク）

### 主鏡の焦点距離の質問

ある天文台の見学会で、反射望遠鏡の主鏡の焦点距離を聞いたところ、リッチー・クレチアン光学系[1]なので主鏡だけでは結像しない(主鏡と副鏡の2枚で結像する)ので主鏡の焦点距離はない。代わりに主鏡と副鏡を合わせた合成焦点距離の回答が返ってきた。

「主鏡の焦点距離はない」というのはその通りであるし、主焦点に観測装置がないのでサイエンスの面から考えると、合成焦点距離を言っておけば答えになると思われたように思う。

ただ、同じリッチー・クレチアン光学系の反射望遠鏡で、同じく主焦点に観測装置のない京都大学せいめい望遠鏡の主鏡の焦点距離は 5m となっており、頂点における曲率半径 10m を 1/2 にした値である。[2] [3]

また、すばる望遠鏡の主鏡の焦点距離は 15m とホームページに記載されている。(補正光学系を入れた主焦点の焦点距離は 16.4m)

### 主鏡の焦点距離とドームの大きさの関係

望遠鏡を収納するドーム（エンクロージャー）の大きさを決定する因子はいろいろあるが、主鏡の焦点距離も重要な因子の一つである事をご承知の通りである。

そこで、ドームの大きさを表す指標をドームの直径とし、経緯台式の反射望遠鏡の主鏡の焦点距離とドームの直径を整理してみた。(表 1)

表 1 主鏡の焦点距離とドームの直径

望遠鏡名	主鏡の焦点距離	ドームの直径
ぐんま天文台	3m	11m
なゆた望遠鏡	3m	12m
せいめい望遠鏡	5m	14m
すばる望遠鏡	15m	40m

表 1 をグラフ化すると図 1 となる。このグラフをみるとデータ数が少ないもののかなり良い相関が得られた。(黒線は線形近似)

この図から、主鏡の焦点距離を短くすればコンパクトなサイズのドームを実現することができる事が分かる。

ドームのサイズが小さくできれば建設資材、輸送費、建設費が安くなり、また、空調費用(温度・湿度管理)も抑えられメリットは大きい。

但し、なゆた望遠鏡の場合は、公開天文台でもあるので観望会時の想定収容人数からの要求も加味してドームの大きさを決めたようである。[4]

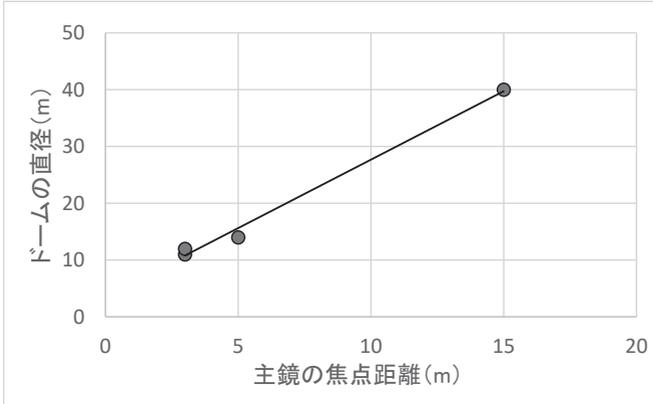


図 1 主鏡の焦点距離とドームの直径

### 主鏡の焦点距離を短くする

主鏡の焦点距離は短くするには、望遠鏡の口径を小さくする方法があるが、それでは集光力が落ちてしまう。集光力(望遠鏡の口径)を落とさずに主鏡の焦点距離を短くするには、主鏡の焦点距離を口径で割った値( $F$ 値)を小さくする必要がある。

小さな  $F$  値(明るい)を実現するには光線を大きく曲げなければならず、高度な光学設計や高精度の鏡の計測・製造技術、観測時の姿勢の変化や温度・風等に対応できる精密で高速な制御の実現が必要である。

しかし、 $F$  値が小さい望遠鏡を実現すれば、ドームのサイズを小さくできる事に加えて、鏡筒の長さが短くなるため高い指向精度も確保し易く風の影響などの影響も受けにくいというメリットもある。

主な望遠鏡の主鏡の  $F$  値と完成年を表 2 と図 2 に整理してみた。尚、TMT の完成年については仮に 2030 年としてグラフ化した。

(黒線は線形近似)

表 2 主鏡の F 値と完成年

望遠鏡名	主鏡F値	完成年	口径
ぐんま天文台	2.0	1999年	1.5m
すばる望遠鏡	1.8	1999年	8.2m
なゆた望遠鏡	1.5	2004年	2.0m
せいめい望遠鏡	1.3	2018年	3.8m
TMT	1.0	2030年?	30m

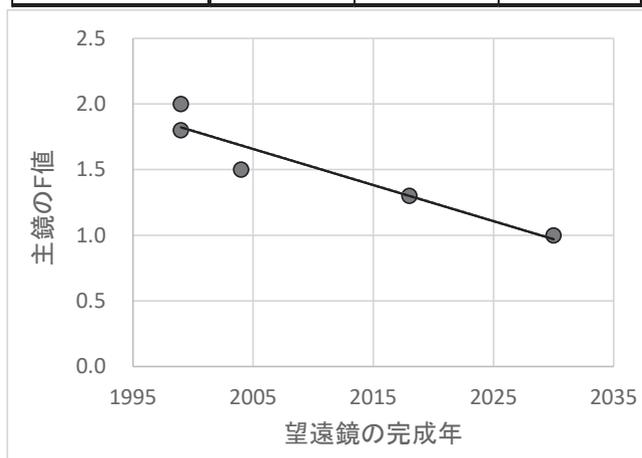


図 2 主鏡の F 値と完成年

図 2 を見ると完成時期が新しくなるにつれて F 値が小さくなっている。研究開発が常に進められて設計・製作・運用上の課題を克服し、より小さな主鏡の F 値（明るい）の望遠鏡が実現されている事が良く分かる。

### まとめ

主鏡の焦点距離に対する考察から性能（集光力など）と経済性（設備サイズなど）という相反する要求を両者ともに満足するように望遠鏡が進歩し続けている事が理解できたので、小話とともに投稿させて頂いた。

### 参考文献

- [1] 『望遠鏡光学・反射編』吉田正太郎著 誠文堂新光社,P.167-175
- [2] M.Kurita, et al.2020,Astronomical Society of Japan,Vol.72,No.3 48-3
- [3] 『望遠鏡光学・反射編』吉田正太郎著 誠文堂新光社,P.38
- [4] 『兵庫県立西はりま天文台公園』坂元誠、圓谷文明,Astron.Obs.16,P.2

# デジカメで金星を撮ってみた

景山 浩二 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

## 1. はじめに

デジカメで撮ってみたシリーズ[1]の続編として、金星を撮影しました。金星は地球のすぐ内側を公転する惑星[2]で、図 1 に示すように満ち欠けする様子が観察できます。2024 年 11 月から 2025 年 3 月にかけて、宵の明星として視直径が大きくなりながら欠けていく様子を撮影した画像を紹介します。

本記事の画像はデジカメ (ニコン Coolpix P950,  $f=357\text{mm}$ ,  $F6.5$ ) で撮影した動画 (3840 x 2160, 30fps) から切り出した静止画をシフト&アド処理[3]した後アンシャープマスク処理[4]で高周波領域を強調して作成しました。

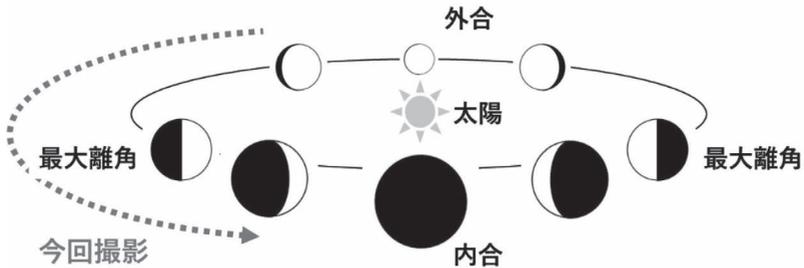


図 1 金星の視直径の変化と満ち欠け

金星は地球の内側を公転していて、2024 年 11 月から 2025 年 3 月にかけて宵の明星として視直径が大きくなりながら欠けていく様子 (図中の鎖線) を撮影。

## 2. シフト&アド処理、アンシャープマスク処理と大気揺らぎ

デジカメを三脚に固定して動画を撮影した後で、地球の自転により移動する金星像を 2 倍補間して正規化相互相関でシフト量を計測し重ね合わせて平均 (シフト&アド処理[3]) します。その後アンシャープマスク処理[4]によって画像の高周波領域を強調しました。図 2 には大気揺らぎの影響を比較するために、シーイングの良い日 (図 2 (a)) と悪い日 (図 2 (b)) それぞれについて、動画から切り出した静止画と、シフト&アド処理後のアンシャープマスク処理画像を示しています。図 2(a)からは、シーイングが比較的良好の日でも大気揺らぎによって各フレームの金星像が歪んでおり、シーイングの悪い日 (図 2 (b)) では、より大きく歪んでいることが分かります。

## デジカメで金星を撮ってみた

そしてそのアンシャープマスク処理画像では、金星のエッジ部分が少し滲んでいるように見えることが確認できます。

シフト&アド処理とアンシャープマスク処理は、パイソン言語で作成した自作のコードで行いました。

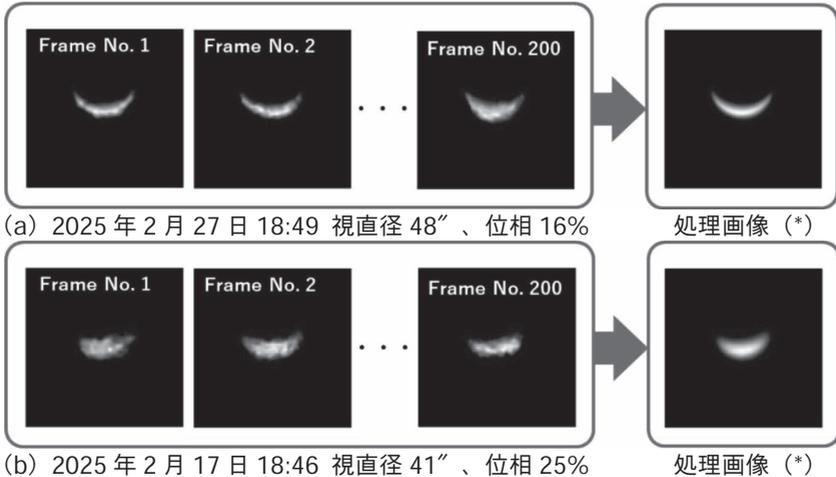


図2 シフト&アド処理、アンシャープマスク処理と大気揺らぎ

(a) はシーイングが比較的良好な日の画像。(b) はシーイングが悪い日の画像。

(a)、(b)ともにシフト&アド処理のあとアンシャープマスク処理で高域成分を強調してある。シーイングが良い日 (a) でも1フレームの静止画では大気揺らぎによる画像の歪みが認められる。シーイングが悪い日 (b) では歪みがより大きいことが分かる。結果として処理画像のエッジ部分が滲んでいる。

(\*) 処理画像 シフト&アド処理のあとアンシャープマスク処理した画像

焦点距離 357mm, F6.5, 4K 動画(30fps), ISO100, (a)1/1250 秒、(b)1/2500 秒

### 3. 欠けながら視直径が大きくなる金星 2024年11月~2025年3月

図5には、2024年11月から2025年3月にかけて金星が欠けながら視直径が大きくなっていく様子を示しています。図3に示すように、シフト計算の際に得られた金星の移動軌跡を近似した直線の傾き角から「上が北の画像」を作成し、各画像の太陽の方向をそろえるために金星の暗縁部方位角(図4)を調べて[5]、上が北の画像を暗縁部方位角回転して右側から太陽光があたる金星画像を作成しました。この間視直径は16"から56"まで大きくなりながら、欠け具合を示す位相(%表示, 100%が「満金星」、0%が「新金星」)は71%から6%まで大きく減少しています。図5の6枚の画像は、撮影した24日分の画像の中からシーイングが比較的良好、視直径と位相の変化を観察するのに適切なタイミングを選んだものです。



図3 金星の移動軌跡と天の北極  
フレーム間のシフト量を算出する際に得られる金星の移動軌跡を直線で近似してその傾き角と直行する方向が天の北極。

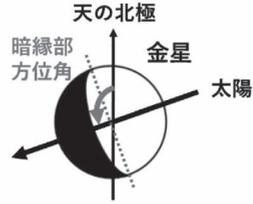


図4 金星の暗縁部方位角  
金星が欠ける様子を観察し易くするため暗縁部方位角だけ金星画像を回転して右側から太陽光が当たる画像を得る。



11月21日	1月10日	2月8日	2月19日	2月27日	3月10日
視直径 16"	視直径 24"	視直径 36"	視直径 42"	視直径 48"	視直径 56"
位相 71%	位相 51%	位相 33%	位相 23%	位相 16%	位相 6%

図5 欠けながら視直径が大きくなっていく金星 2024年11月～2025年3月

位相は71%から6%へと欠けていき、視直径は16"から56"へ大きくなった。

Nikon Coolpix P950 焦点距離 357mm, F6.5, 三脚に固定して撮影

動画 (3840 x 2160, 30fps) ISO100~200, 露出 1/1250 秒~1/3200 秒

シフト&アド処理[3] (400 フレーム) の後、アンシャープマスク処理[4]

#### 4. おわりに

欠けながら視直径が大きくなっていく金星をデジカメで撮影しました。引き続き、デジカメで様々な天体の撮影/観察を進めたいと考えています。

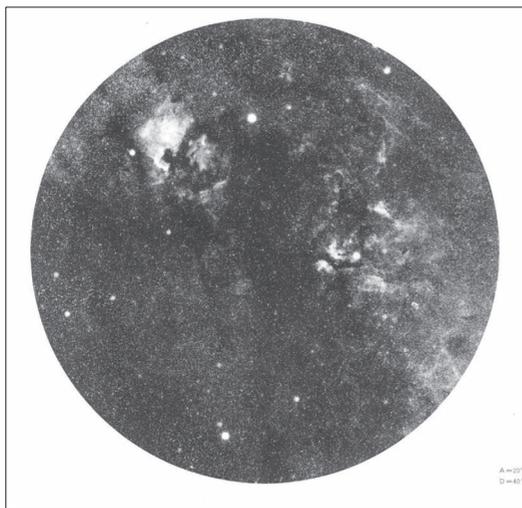
#### 参考文献

- [1] デジカメで撮ってみたシリーズ 景山浩二 あすとろん 64~68, 70 号
- [2] 金星の満ち欠けと等級 国立天文台  
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/topics/html/topics2007.html>
- [3] シフト&アド処理  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Speckle\\_imaging#Shift-and-add\\_method](https://en.wikipedia.org/wiki/Speckle_imaging#Shift-and-add_method)
- [4] アンシャープマスク処理  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Unsharp\\_masking](https://en.wikipedia.org/wiki/Unsharp_masking)
- [5] 金星の暗縁部方位角 天文年鑑 2024 年、2025 年 誠文堂新光社

## 大宇陀アトラスの思い出

作花一志（京都情報大学院大学）

下図は京都大学宇宙物理学教室の大宇陀観測所（奈良県大宇陀町）で撮られた北天銀河  $H\alpha$  写真の一部です。



銀経 80 度銀緯 0 度、はくちよう座の天域である。  
左上に北アメリカ星雲、ペリカン星雲、その右の明るい星はデネブ、中央右に IC1318 が見える。  
散光星雲と暗黒星雲が入り混じっている

この観測は 1978 年～1979 年に小暮先生の主導のもとに小林義生、辻村民之、佐々木敏由紀、宮島一彦、仲野誠の諸氏および筆者で行われました。K1420 と呼ばれた小型シュミット望遠鏡を用い  $H\alpha$  域の写真観測です。観測が終わればパンドールと富士フィックスで現像します。悪戦苦闘の結果、夏冬の川に沿って 83 枚の写真集が出来上がりました。詳しくは天文月報 Vol75, No11 をご覧ください

先日 98 歳で亡くなられた小暮先生には半世紀以上にわたり公私とも大変お世話になりました。論文指導は定年退職後も続き、種々の著書もいただきました。岡山での木曾での大宇陀での観測、中でも共同でこのアトラスを作成した観測が最も深く思い出されます。

昭和 100 年を駆け抜けられた多忙な毎日でしたが、星の郷・天の川のほとりにごゆっくりお休みください。

## 天文観察いろは【7】 光学望遠鏡のしくみ（1）

黒河宏企（NPO 法人花山星空ネットワーク）

### 光学望遠鏡の発明

望遠鏡を発明したのはオランダの眼鏡製作者で、二枚のレンズで遠くのものが見えることに偶然気付いたと云われていますが、その噂を聞いたガリレオ・ガリレイ（1564-1642）は、自分で製作した望遠鏡を世界で初めて天体に向けました。1609年のことです。

ガリレオは早速 1610 年に『星界の報告』（伊藤和行訳）を発刊して、その望遠鏡による観測結果を興奮気味に述べています。

その本の第一章には、「10 ヶ月ほど前、あるオランダ人によって覗き眼鏡が考案された、という噂が我々の耳に届いた」と書かれており、また彼は同様なものを作ろうと、屈折の理論に基づいて考察を重ねた結果、「労苦も費用もまったく惜しまず、ついには非常に優れた器械を製作することができた」と、誇らしげに記しています。

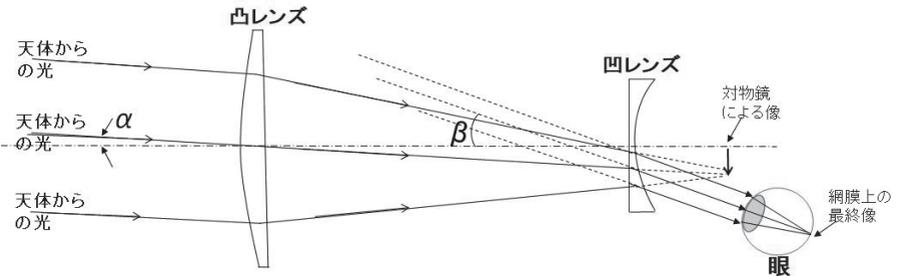


図 1：ガリレオが自作して天体を観察した望遠鏡の光学系

また、彼は「両方とも片側は平面であるが、もう片面は一方は凸状の球面、他方は凹状の球面である」と書いていますので、その光学系は図 1 のようなものであったと考えられます。但しここでは、その原理を説明するために、二つのレンズの大きさやその間の距離などを、実際の比率とはかなり違うように描いています。

上記の『星界の報告』によれば、ガリレオは、このように自作した望遠鏡で、まず月や星雲・天の川、木星などを観測しました。

それ以来 416 年後の現在に至るまで、多くの天文学者が望遠鏡を進化さ

## 天文観察いろは【7】光学望遠鏡のしくみ（1）

せながら、さまざまな天文現象を望遠鏡で見たり撮影したりして天文学を発展させて来ている訳です。

このような人間の目で見ることのできる可視光の望遠鏡を光学望遠鏡と呼んでいます。

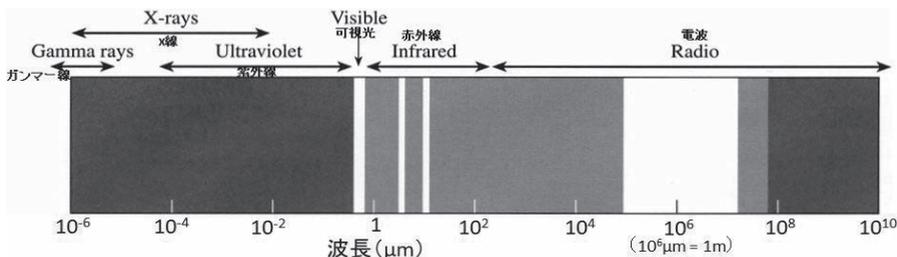


図2：電磁波の波長分布

天体からは波長の長い電波から波長の短いガンマー線まで色々な電磁波が地球に届いており、その中で可視光は図2に示されているように、 $0.4\mu\text{m}$  くらいから  $0.7\mu\text{m}$  くらいまでの非常に狭い波長領域に相当する電磁波に過ぎません。

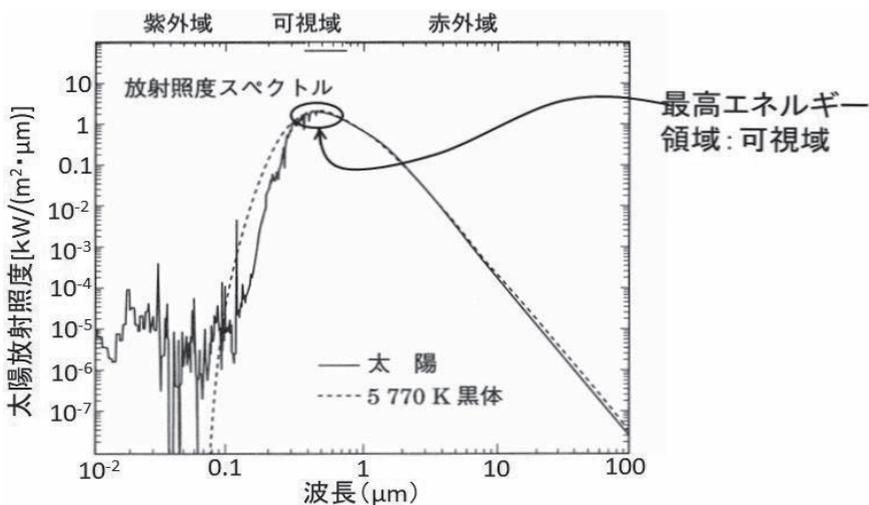


図3：太陽放射照度の波長分布

しかし我々の恵みの母である太陽が放射しているエネルギーの波長分布は、図3に示されているように約  $0.5\mu\text{m}$  の波長付近で最も高くなっています。この太陽からの放射エネルギーの最も高い波長に感度を持つように、我々の目は進化したものと考えられることでしょう。

それに対して、最近では電波、赤外線、紫外線、X線、 $\gamma$ 線など色々な波長で見る望遠鏡が開発されて天体観測の手段は大きく広がっていますが、やはり我々の天文観察「いろは」は自分の目で見るのが基本となりますので、ここでは光学望遠鏡についてもう少し詳しくみておきましょう。

## ガリレオ望遠鏡とケプラー望遠鏡

図 1 で示されているように、凸レンズと凹レンズを用いたガリレオの望遠鏡では、物体は正立像として拡大されるので、地上の物体を見るのに適していました。最初の頃、ガリレオはこの望遠鏡の素晴らしさを貴族達に見せて名声と報酬を得ていましたが、その後は天体を見ることに専念して、数々の新発見をすることになります。図 1 を見ながら、この望遠鏡の原理をもう少し詳しく確認しておきましょう。

図 1 には、望遠鏡中心線から角度  $\alpha$  だけ傾いた方向から入射した光線が、凸レンズ（対物鏡）と凹レンズ（接眼鏡）を通った後、最終的に眼球の網膜に結像する光路を描いています。また、凹レンズが無い場合に対物鏡だけによってつくられる倒立像も右端に矢印で示しています。

この倒立像の位置に接眼鏡の焦点位置を合わせれば、凹レンズで屈折された光線は望遠鏡中心線と  $B$  の角度を成す平行光線として眼球に入り、網膜上に天体像を結像することになるのです。

このことは云いかえると、裸眼では角度  $\alpha$  の大きさに見える天体が、望遠鏡を通すと角度  $B$  の大きさに拡大されて見えるということです。

ガリレオは、この望遠鏡でまず月を観測して、上記『星界の報告』の第二章に発表しています。月の表面はこれまで長い間信じられていたような「磨かれたように平坦なもの」ではなく、「不規則で、ごつごつしていて、地球の表面と同じく山や谷や海で覆われている」と、月面の凹凸のスケッチを示しながら具体的に確信をもって述べています。

また次の第三章では、恒星の観測結果を発表していますが、これまで何世紀にもわたって論争の種となってきた乳白色の「天の川銀河の実体」は、「集まって塊になった無数の星の群れに他ならない」と断言しています。

更に最後の第四章では、「四つの惑星」の発見について発表していますが、これらは現在では「ガリレオ衛星」と呼ばれているものです。

この歴史的な大発見は、「1610年1月7日の夜1時に、...・木星のそばに小さいが非常に明るい三つの星があることに気がついた」のが発端でした。

ガリレオは最初これらを恒星だと思ったのですが、その翌日 8 日には、三つの星の木星に対する配置が大きく変わっていることに気付いたのです。その時からガリレオの大追跡が始まります。1月13日には三つが四つになっていることに気付いており、以後 3月2日までの約 2 か月にわたって毎

## 天文観察いろは【7】光学望遠鏡のしくみ（1）

日の木星と四つの惑星（衛星）の位置関係の変化を 31 ページわたって 65 枚の図を用いて説明しています。またこれらの観測のまとめとして、ガリレオは「地球の周りを巡る月と同じように、四つの惑星が木星の周りをめぐりながら、両方とも太陽の周りを回っている」と結論しています。「コペルニクスの地動説は正しい」との確信をここで得たに違いありません。

一方、ヨハネス・ケプラー（1571-1630）は、1911 年に屈折光学の本を出版して、その中で凸レンズ 2 枚を組み合わせた天体望遠鏡を提案しました。その光学系は下の図 4 のようなものであったと考えられます。但しここでもその原理を分かり易く説明するために、二つのレンズの大きさやその間の距離などを、実際の比率とはかなり違うように描いています。

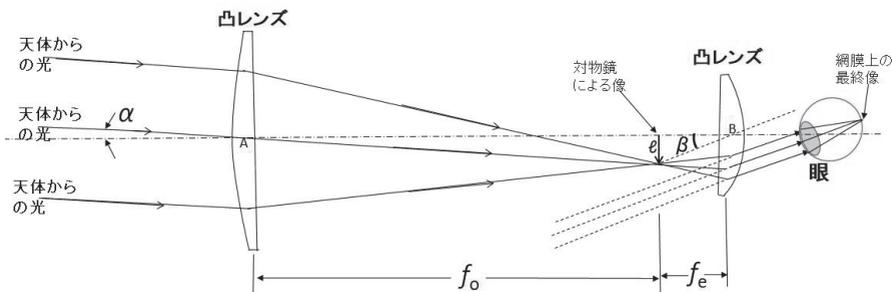


図 4：ケプラー望遠鏡の光学系

上の図に描いているように、望遠鏡中心線から角度  $\alpha$  だけ傾いた方向から入射した光線は、凸レンズ（対物鏡）によって結像しますが、この倒立像をその後ろに置いたもう一つの凸レンズ（接眼鏡）で拡大して見るのが、ケプラー望遠鏡です。

この対物鏡で作られた倒立像の位置に接眼鏡の焦点位置を合わせれば、凸レンズで屈折された光線は望遠鏡中心線と  $B$  の角度を成す平行光線として眼球に入り、網膜上に天体像を結像することになります。

このように、元々裸眼では角度  $\alpha$  の大きさに見える天体が、ケプラー望遠鏡を通すと角度  $\beta$  の大きさに拡大されて見える訳です。

図 1 のガリレオ望遠鏡では、対物鏡による像位置より前に接眼鏡を置くので、拡大倍率を上げると視野が急激に狭くなりますが、ケプラー望遠鏡では、対物鏡による実像の後に置いた接眼鏡で拡大するので、倍率を上げても比較的広い視野が保てます。また、その実像の位置に目盛の付いた十字線を置けば、天体の位置や大きさを正確に測定できるという利点もあります。但し、ケプラー望遠鏡では像が逆さに見えるので、このままでは地上

の物体を見るのには適しません、対物鏡と接眼鏡の間にもう一枚凸レンズを入れれば正立像を見ることができます（吉田正太郎著『望遠鏡発達史』）。

### 望遠鏡の倍率

天体観望会や天体観測教室で、「太陽と満月はどちらが大きく見えますか？」と質問することがあります。ここで言う「大きさ」とは「見かけの大きさ」のことを訊ねているのです。天体まで行って巻き尺でその大きさを測ることは出来ませんから、天体の大きさは図 5 のように、見かけの角度（視角）で測ることにしています。

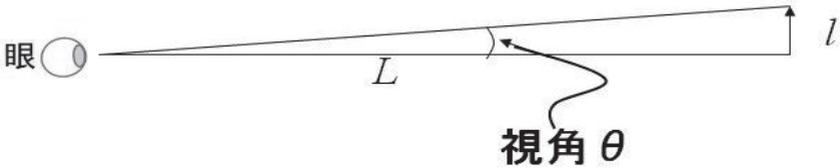


図 5：大きさの  $l$  物体を距離  $L$  離れた遠方から見た場合の視角  $\theta$

従って、望遠鏡の倍率も視角の拡大率で表すことが出来ます。既に図 1 と図 4 の光学系の説明で述べたように、望遠鏡の中心線に対して角度  $\alpha$  傾いて入射した光は望遠鏡で屈折して角度  $\beta$  に拡大されて眼球に入ります。言い換えれば裸眼で見る時は視角  $\alpha$  の大きさに見えるものが望遠鏡を通して見ると視角  $\beta$  に拡大されて見えるということです。従ってこの望遠鏡の倍率  $M$  は  $\beta/\alpha$  と表せるのです。

ところで、図 4 で対物鏡の焦点距離を  $f_o$  として、接眼鏡の焦点距離を  $f_e$  で与えています。対物鏡によって作られた倒立像の大きさを  $\ell$  とすると対物鏡の凸レンズの中心 A と倒立像の上下を結ぶ三角形で、

$$\tan\alpha = \ell / f_o \quad \text{が成り立ちます。}$$

また、接眼鏡の凸レンズの中心 B と倒立像の上下を結ぶ三角形では、

$$\tan\beta = \ell / f_e \quad \text{が成り立ちます。}$$

ところで、上にも述べたように、図 1 と図 4 には、分かり易くするために  $\alpha$  や  $\beta$  の角度を大きく書いていますが、実際に望遠鏡で拡大して見る視角は秒角や分角と非常に小さい角度だけです。この小さい角度をラディアン単位で表した場合には、 $\tan\alpha$  を  $\alpha$  ラディアン、 $\tan\beta$  を  $\beta$  ラディアンとそれぞれ近似できますので、上記の二つの式は、

$$\alpha = \ell / f_o, \quad \beta = \ell / f_e \quad \text{とそれぞれ近似できます。}$$

従って、 $\beta/\alpha = f_o/f_e$  となるので、対物鏡の焦点距離を接眼鏡の焦点距離で割れば望遠鏡の倍率  $M = \beta/\alpha = f_o/f_e$  が求まることになります。

天体観望の見学者から、「この望遠鏡の倍率は？」と時々訊かれますが、倍率は望遠鏡に固定している訳ではなく、焦点距離の違う接眼鏡に取り換えれば変わるので、「今何倍ですか？」と訊くべきなのです。

なお、上記のラディアン (radian) という角度の単位には馴染みがないかも知れませんが、 $\pi=3.14$  ラディアンが 180 度に相当します。従って、1radian は約 57 度で、1 度は  $0.0174\text{radian}$ 、1 秒は  $4.85\times 10^{-6}\text{radian}$  です。

### 望遠鏡の分解能

前節で説明しましたように、望遠鏡の倍率は対物鏡の焦点距離を接眼鏡の焦点距離で割った値ですから、接眼鏡を取り換えれば倍率を色々変えることが出来ます。しかし望遠鏡の分解能が悪かったり、大気の乱れが大きい時には倍率を上げてても鮮明な像の揺らぎが拡大するだけで、天体の細かい部分まで観察できません。

望遠鏡の分解能は、「二つの点光源が、はっきりと二つの別の点光源であると区別できる限界まで接近している時、即ちこれ以上接すると一つに見えてしまうような時に、その二つの点光源の視角の差  $\theta$ 」で定義されます。言い換えれば、「これら二つの点光源の回折像が上図のように、区別できる限界まで接している時の視角の差  $\theta$ 」です。

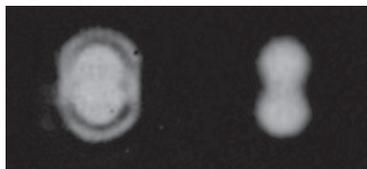


図 6：近接した二光源の回折像 (Jenkins and White : 1957)

この分解能はレイリーの評価基準 (Rayleigh Criterion) と呼ばれていますが、以下のような式で決まります。

$$\theta = 1.22 \times \lambda / D \quad (\text{ラディアン})$$

ここで、 $\lambda$  は光の波長、 $D$  は対物鏡の直径で、この式で計算される角度の単位は、前の節でも出てきたラディアン (radian) です。

例えば、ガリレオの口径 4 cm 望遠鏡の分解能をレイリーの式で計算してみると、 $\lambda=500\text{nm}=5\times 10^{-7}\text{m}$ 、 $D=0.04\text{m}$  とし、 $\theta=1.5\times 10^{-5}\text{radian}$  となるので、約 3 秒角となります。但しこれは、レンズが理想的に磨かれている場合の分解能ですので、初期のガリレオの望遠鏡はもう少し悪かったかも知れません。ガリレオが土星の環を分解できずに「土星に耳がある」と云ったそうですが、土星の視直径が約 20 秒角ですから、その 5 分の 1 くらいの分解能では、環の発見には至らなかったのでしょう。

- 参考文献：(1) 伊藤和行訳 (2017)：ガリレオ・ガリレイ著『星界の報告』  
(2) 吉田正太郎 (1994)：『望遠鏡発達史 (上)』  
(3) Jenkins and White (1957)：『*Fundamentals of Optics*』

## 土星の環消失とその後

中川均（豊中天文協会、NPO 法人花山星空ネットワーク）

5 月 7 日まで環の消失現象がありましたが、太陽に近いや天気恵まれな  
い、低空で気流が悪いなどなかなかうまく観察、撮影ができませんでした。

5 月下旬に見ると環が薄く見えほぼ一直線といった感じでした。

衛星も環の延長線上に見えるようになりました。

次の 5 月 6 日の写真は気流が悪く写りはまいちですが、環の影のよう  
なものは写っていますが環は写っていません。眼視でも見えませんでした。

5 月 29 日の写真では環は薄いですが写っています。

眼視では厚みはないですがはっきり一直線で見えました。

昨年の地元での観望会でも、みなさんのイメージの環と違うようでスタ  
ッフもよく説明しましたし質問もされました。

今年も 11 月に環ほぼ消失現象があるようで、その時は土星の位置条件が  
いいので珍しい消失がよく見えるかもしれません。



2025 年 5 月 6 日 04 : 23

セレストロン C9 D235mm F2350mm

赤道儀 タカハシ EM-1 追尾

1.5×テレコン+ADC+ZWO224MC

4000 フレーム AS3 で 50%スタック

Rejistax、フォトショップ EL9 で画像処理



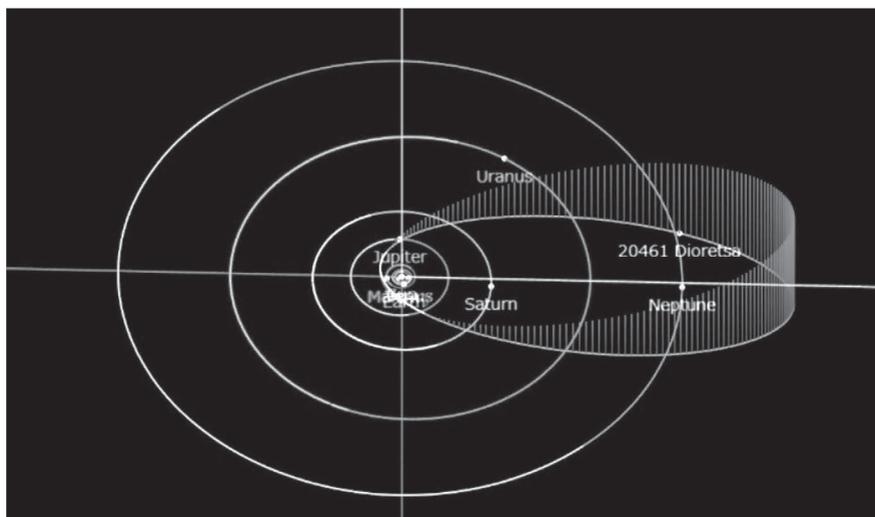
2025 年 5 月 29 日 04 : 03

機材データは左と同じ

## 左回り右回り

編集子

ほとんどの惑星は（準惑星小惑星カイパーベルト天体も含めて）軌道傾斜角が 20 度以下で、公転は反時計回りである。しかしごくまれに時計回りのものがあり、その最初に発見された小惑星は **(20461) Dioretsa** と名付けられた。このネーミングが面白い、なんと逆スペリングだ。

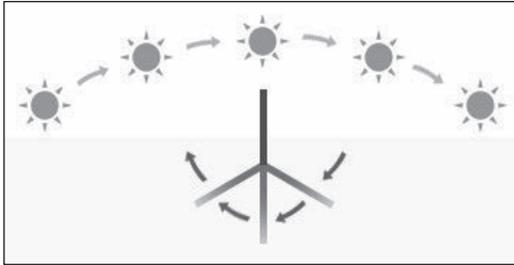


[https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb\\_lookup.html#/?sstr=Dioretsa](https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=Dioretsa)

Dioretsa の公転周期 117 年、離心率 0.90 で扁平な逆回り軌道を描く。図は木星～海王星辺りまでの軌道図で、それに付いている縦線は黄緯が正である領域を表している。太陽系が形成される過程で、原始太陽系円盤は回転して元々の回転方向が引き継がれているため、公転方向が揃っていると考えられる。ただし逆行小惑星や彗星の場合はそうはならない。ハレー彗星をはじめ大彗星に逆回りが多い。ヘールボップ彗星のように軌道面と黄道面が垂直に交わるものも珍しくない。反時計回り小惑星は全体の約 0.3% でそのほとんどはカイパーベルトに属しているところを見ると、彼らは太陽系の原型が形成された後に捕まったのかもしれない。

## ではそもそも「時計回り」とは？

晴れた夜北の空を眺めていると周極星は天の北極の周りを時計の針と逆方向に進みますね。ところが南天では時計回りだ。人類が初めて時計を作ったのは夜空の星の運動ではなく、昼間の太陽の運動の反映である日時計の影の動きだろう。垂直に立てた棒の先の影を追っていくと時計ができる。これが時計回りの始まりで発見したのは数千年前のシュメール人だろうか



## 京の都では左京右京

筆者が初めて京都に来た時、駅の案内図に右に左京、左に右京と書いてあるのが不思議だった、どこにも説明は書いてない、誰も説明してはくれない、これひょっとして間違いではないか？しかしどの地図を見ても左京区右京区はそのままの配置である。しばらく後に平安神宮に行ってみると、「左近の桜、右近の橘」の配置が逆ではないか、ああこれは帝が南面した時の配置なのだと気が付いた。平安初期は桜よりも梅の方が一般的だったそうだが。源平合戦の時に源義平（頼朝の長兄）が平清盛を追いかけたのはこんな狭い場所だったのか。

律令制の役職では左大臣右大臣、左大将右大将、左京亮右京亮・・・左の方が上位らしい。源実朝も織田信長も右大臣までは昇進しているが左大臣は藤原氏に限られているようである。でも順位が下がることを「左遷」と言うが、逆のことは右遷とは言わない。

安倍晴明も晩年どんな役職か知らないが左京権大夫を務めている。

現在わが国の交通規則では歩行者は右側通行だが 1949 年までは左側通行だった。武士が左側に帯刀していた為、すれ違う時に刀の鞘が触れ合わないよう、争いを避けるよう、左側を歩いていたらと言われていた。時代劇に登場する旅人は皆左側通行しているかどうか注意して見てみよう。

現在エスカレーターでは原則左詰めなのはその習慣が残っているのかもしれない（地域によって異なる場合もある）。

## 左回り右回り

陸上のトラック競技は、左回りで行われる。野球でバッターは打ったら一塁方向に走り、左回りで本塁に帰る。まさか三塁方向に走ることはない。またフィギュアスケーターがスピンする時、ほとんどの選手は左回りである。羽生結弦のアイスショーをご覧ください。これは右利き左利きには関係ないようである。

座標上の任意に点を極座標で表す時、この点と原点を結ぶ線分が x 軸となす角を反時計周りに測って定義される。x 軸より上位にある y 軸上の点の偏角は 90 度で下位にある場合は -90 度である。この定義を 3 次元に拡張すればベクトルの外積や電磁気学のフレミングの法則などが理解できる。

星も人も反時計回りがデフォルトなのかもしれない、少なくともわが太陽系では。広い宇宙の中には時計回りの世界があるかも、そこでは時計回り優先の文化が栄えているかもしれない・・・と思うのもまた楽しからずや。

この独断的なエッセイを書いているさなか、とんでもない快(怪)情報が入ってきた。C/2025 N1 (3I/ATLAS) とされる彗星で、軌道傾斜角は 175 度というからほぼ黄道面を逆回りだと思ったら、ところが離心率が 6.1、ほとんど直線的に太陽に突入しようとしている。今年の 10 月末には火星軌道の内側に入るがすぐに脱出するそうだ。この珍彗星は太陽系外から飛来して来た 3 番目の天体といわれている。下表にその 3 天体と類似の彗星の諸量をまとめた。

### 恒星間天体や他の天体の軌道離心率などの比較

名称	符号	分類	軌道 離心率	移動速度 (太陽から見た場合)	
				太陽系突入時	太陽最接近時
ATLAS彗星	3I	恒星間天体	6.1515	58.0 km/s	68.3 km/s
ボリソフ彗星	2I	恒星間天体	3.3565	32.3 km/s	43.9 km/s
オウムアムア	1I	恒星間天体	1.2011	26.4 km/s	87.4 km/s
ポーウエル彗星	C/1980 E1	太陽系の天体	1.0577	3.9 km/s	23.3 km/s
ATLAS彗星	C/2024 L5	太陽系の天体	1.0374	3.1 km/s	23.0 km/s

<https://sorae.info/astronomy/20250703-3i-atlas.html>

## ノルウェー・トロムソ・オーロラ紀行

遠藤恵美子 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

### 日記より

[3月4日(火) 現地オーロラツアー2日目] 20年来の夢が叶った!

トロムソからツアーバスに乗り込んで約3時間、街灯りの全くない所でバスが止まった。早速車外へ。見上げると満天の星空。一粒一粒がくっきり輝いている。中でも北斗七星が大きく縦に掛かっている。山際には三日月が明るい。しばらく顔を上げうっとり眺めていた。と、視界の下端で何かが動いた。目を向けると山際、月の近くから緑の帯が立ち上がり、スルスルと流れながら広がった。それを皮切りに、天空のあちこちで緑のカーテンが揺れながら現れ踊り出した。



写真1



写真2



写真3



写真4



写真5

## ノルウェー・トロムソ・オーロラ紀行

オーロラは変幻自在。天頂から放射状に放たれた光線も軽やかに揺れ動く。目に飛び込むまま頭の中は光の乱舞。緑ばかりではなく赤いオーロラも出現！この幸運を天に感謝。1時間近く大自然の醍醐味を満喫！



写真 6



写真 7



写真 8



写真 9 オーロラと北斗七星

### トロムソ

トロムソは北緯 69 度 40 分 58 秒、東経 18 度 56 分 34 秒、スカンディナヴィア半島西岸のノルウェイ王国の北部にある面積 21km<sup>2</sup> の小さなトロムソ島にある都市です。オーロラベルト内（磁気の北極点から測って緯度 70 ～65 度の領域）に位置し、オーロラウォッチングには絶好の立地です。

北極圏にありながら、メキシコ湾流（暖流）の影響で同緯度の他地域より気候は穏やかです。厳冬の 2 月でも平均最低気温：-5.5℃、平均最高気温：-1.1℃で、永久凍土也没有ありません。



図 1 ノルウェー・トロムソ

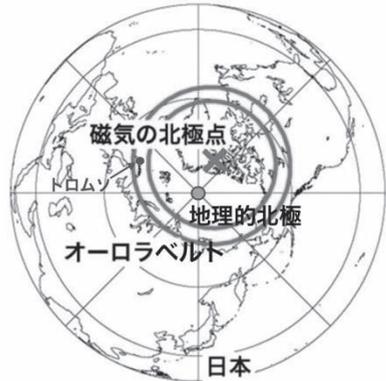


図 2 オーロラベルト



図 3 トロムソ島

古くからの漁業の街ですが、1968 年にトロムソ大学が開校され、国際的な北極圏研究の拠点となっている学術都市でもあります。北極大学博物館、水族館、北極・高山植物園、美術館、大学病院などがあり、人口 78,000 人のうち約 8,000 人の大学や研究所職員と約 10,000 人の学生が在住しています。

市庁舎や図書館、トロムソ大聖堂、トロムソ港がある街の中心部は島の南東部に集中しています。

交通は市街地から 3km ほどの西海岸にトロムソ空港（1964 年開港）があり、バス路線も充実しています。

東側の本土とはトロムソ橋（1,016m）とトロムソ海峡トンネルで、西側のクヴァル島とはサンネス海峡橋で接続されています。

下の 3 枚の写真は、3 月 5 日の街の時間変化です。当日の日の出は 6 時 50 分、日の入りは 17 時 02 分、昼間は 10 時間 11 分でした。



写真 10 日の出前 (6:28)



写真 11 昼過ぎ (14:14)



写真 12 夕方 (16:24)

## オーロラ紀行

「必ずオーロラを見る！」が唯一の目的。オーロラもお天気次第。ですから同じ場所に5日は滞在する必要があると考え、個人旅行を選びました。

[日程] 3月1日(土)～8日(土) (7泊8日、うち機内2泊)

[フライト]

○航空会社：Finnair

○機種：関空⇄Helsinki A350(約300席) / Helsinki⇄Tromso E190(100席)

日付 DATE	時間 TIME	都市 / 空港 CITY / AIRPORT	ターミナル TERMINAL	便名 FLIGHT No.	予約クラス BOOKING CLASS	座席クラス CABIN CLASS	予約 STATUS
01 MAR 2025 (SAT)	23:25	Osaka / Kansai International Arpt	1	AY068 Finnair	Z	Y	OK
	05:30 (02MAR)	Helsinki / Helsinki Airport					
	経由回数 (Via the number of times) : 0						
02 MAR 2025 (SUN)	06:30	Helsinki / Helsinki Airport		AY541 Finnair	Z	Y	OK
	09:10 (02MAR)	TROMSO / Tromso Airport					
	経由回数 (Via the number of times) : 1						
07 MAR 2025 (FRI)	09:35	TROMSO / Tromso Airport		AY542 Finnair	Z	Y	OK
	14:10 (07MAR)	Helsinki / Helsinki Airport					
	経由回数 (Via the number of times) : 1						
07 MAR 2025 (FRI)	17:00	Helsinki / Helsinki Airport		AY067 Finnair	Z	Y	OK
	12:50 (08MAR)	Osaka / Kansai International Arpt	1				
	経由回数 (Via the number of times) : 0						

図4 旅程 (総所要時間:往路16h45m、復路20h15m / 経由地:Rovaniemi)

○航空券代金：必ず行くと覚悟を決め、キャンセル不可の格安航空券。

¥200,320 <内訳>航空券 ¥95,000 / 海外諸税 (燃油込) ¥95,420  
航空施設使用量 ¥3,100 / 取扱手数料 ¥6,800

○航路：往路復路ともに紛争地域を避けるルートになっていました。

<往路>北極点通過ルート

関空から東進し茨城沖から太平洋、その後北上。アラスカとロシアの間のベーリング海峡を抜け、北極点を通過して南下、Helsinkiへ。



写真13 ベーリング海峡通過



写真14 北極点通過



図 5 北極点通過証明書(A5 サイズ)

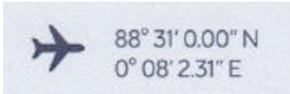


図 6 北極点経緯度表示の拡大

<復路>南下ルート

Helsinki から南下して東欧を縦断、黒海から東に転じカスピ海を横切り中央アジアを延々と飛行。北京を通過し関空へ。



写真 15 東欧を南下のち東進

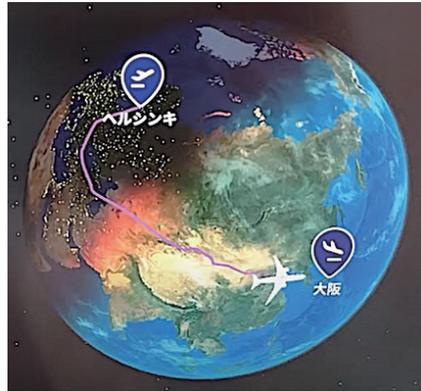


写真 16 中央アジアを横断

[宿舎] Airbnb でリーズナブルな宿を見つけました（オーナー宅の3階）。

トロムソ空港からタクシーで約8分、市の中心部までは500mの所です。

寝室、居間、ダイニングキッチン、シャワー、トイレ。調理器具と食器類、コーヒーメーカー、冷蔵庫、食洗機、洗濯機、物干し、ドライヤーも有りました。暖房は家全体が温かく快適。

初日と翌日は友人二人と娘と私の4人での宿泊でしたがゆったりくつろげました。難点を言えば、階段が急で私には少々きつかった事ぐらいです。

1泊 ¥22,581 (4人まで可) /清掃代金 ¥19,225  
料金合計 ¥132,130 (22,581×5+19,225)



写真 17 宿舎

[食事] 外食は1回のみ。観光客も多くどの店も満席。感じがよく、待ち人の少ない店を見つけテーブルに着く事ができました。4品をシェアし、ノルウェー料理と地ビールを楽しみました。



写真 18 「鯨のステーキ」の切り分け

1 Arctic 0,4	¥110,00	110,00	A
1 Arctic Fish 'n Ch	¥255,00	255,00	A
1 Espenost 0,33	¥52,00	52,00	A
1 Finnebiff	¥320,00	320,00	A
1 Fiskesuppe	¥235,00	235,00	A
1 Hvalbiff	¥310,00	310,00	A
1 Isbjørn Dag 0,4	¥110,00	110,00	A
1 Nordlys 0,4	¥120,00	120,00	A
<b>TOTAL</b>		<b>1 512,00</b>	

ビール (北極)	¥1,505
北極魚のチップス	¥3,490
アップルジュース	¥ 712
トナカイのシチューセット	¥4,379
魚のスープ	¥3,216
鯨のステーキ	¥4,243
ビール (白熊の日)	¥1,505
ビール (オーロラ)	¥1,642
合計	¥20,692

図 7 品目と料金とその和訳

市の中心部にはコンビニやスーパーが数軒あり、生鮮食品や加工品などの食材を買い求めて自炊。お店を見て回るのも楽しかったです。



写真 19 コンビニ



写真 20 スーパー店内



写真 21 土産物店内

[オーロラバスツアー] 3日連続予約。料金は¥16,319/1人/1回。

バスターミナル集合 18:15、出発 18:30、帰宅はだいたい 2:00。鑑賞地でビスケットとホットチョコレートの提供有り。温まりました。

第1日(3/3)：雪混じりの曇天。中止にはならず、バスはトロムソ橋を渡り、雲の切れる所まで走りに走りました。その甲斐あって、うっすらですがオーロラを目にすることができました。



第2日(3/4)：快晴。冒頭に記したように、オーロラ乱舞！満喫しました。

第3日(3/5)：曇り。上空で緑のオーロラが舞い回る姿が雲間から見え隠れしていました。

写真 22 3/3



写真 23 3/5-1



写真 24 3/5-2



写真 25 3/5-3



写真 26 3/5-4 娘とツーショット

昨年 5 月、近畿地方でもオーロラが観測され、太陽が活動期だということを実感しました。オーロラを見るなら今が好機。70 歳を超えた我が身にとって「10 年先（次の活動期）はもうない。今行かなくちゃ人生終われない！」と、一念発起。オーロラに賭けた旅を敢行した次第です。幸いにも願いは叶えられ、費用も防寒用品や土産代も含めて二人分総額 70 万円に収まり、期待以上に 8 日間の非日常を堪能できました。（また行きたいです←本音）

#### 写真と図について

写真 1~4, 10~16：筆者撮影

（13~16: Finnair 機内の座席背面モニター画面より）

写真 5~9, 22~27: Arctic Guide Service 提供

写真 17: 娘撮影

写真 18~21: 友人撮影

図 1, 3: Wikipedia トロムソ 地図に筆者加筆

図 2: 理科年表オフィシャルサイト 地学部 (2007.08.01) 筆者加筆

図 4: (株)エアトリ e チケット お客様控え一部抜粋

図 5,6: Finnair 発行の実物をスキャン

図 7: レストランレシートとその和訳 (NOK=¥13.6 換算)



写真 27 トロムソの夜景とオーロラ

## [余談]

旅にトラブルはつきものですが、今回は初日から見舞われました。

- 1、Finnair フライト遅延：行きも帰りも乗継ぎ便も
- 2、Helsinki：手荷物再検査：化粧品袋をリュックから取り出し忘れ  
パスポートの自動認証不調：4 度やり直してやっと成功
- 3、Tormos：ロストバゲージ：2 日間届かず！

トロムソ空港(9:50 着)で待てども待てども私達のバゲージは出てこず、友人達の 10:50 着便にもなく『ロス・バゲ』を確信。担当者に問い合わせると、暫くして「Helsinki でのフライト遅延による手配ミスからバゲージが後発便に回され、夜 11 時に着く。明日配送します」との事。他所へ運ばれてはいなかったのもので安心はしたものの、ほぼ着の身着のままで一晩（のち、二晩）過ごす羽目になりました。

ところが、翌朝、何の連絡もない！届かない！昨日教えられた連絡先にメールや電話を掛けても紋切り型の自動返信ばかり。業を煮やし、空港事務所に電話してやっと荷物部と連絡が取れたのですが、曰く「配送は提携業者の担当なので、この電話番号に連絡して下さい」と、そっけない対応。文句言っても始まらないので、そこに電話して話ではみたものの、お互いに英語は母国語ではないので曖昧なやり取りに終始。オーナーのご厚意で私達の留守中に届いた場合は受け取って下さることになり、安心して 4 人揃って街へ出かけました。

夕方 5 時帰宅。まだ届かず。困ったのはオーロラツアー。私は元よりブーツ(雪用爪付)着用、非常時用衣類もリュックに入れていたので着重ねで寒さ対策可能でしたが、娘はスニーカーにズボンもジャケットも日本レベル。この窮地を救ってくれたのは友人達でした。彼女達が予備のスキーウェアとブーツまで携えていたので、有り難く使わせてもらい、無事オーロラを楽しむことができました。

3 日目朝、やはり連絡なし！結局、バゲージは空港にある？らしいので、友人達のトロムソ出立に娘も同行し、直接空港荷物部で確認。バゲージを引き取って持ち帰り、やっと安堵できました。

波乱の幕開けでしたが、今回の経験から、海外旅行は何が起こるか分からないので、「最低限の必需品はパッキングせず、手荷物で持ち運ぶべし」という教訓と、「困難に遭遇した時に必ず助けてくれる隣人がいる」という思いを強くしました。そして、無事に帰国できたことに感謝したいです。

# 天文宇宙検定

1・2・3・4級試験日 **2025年11月16日(日)**



会場受験  
実施エリア

札幌・仙台・高崎・東京・名古屋・大阪・  
岡山(弥高山公園)・広島・高松・福岡・名護 予定  
※オンライン試験(2・3・4級)も実施予定です。  
※岡山会場は3・4級のみ実施します。

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 フェイブ・(公財)日本宇宙少年団・(一財)日本宇宙フォーラム

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

〒160-0008 東京都新宿区四谷三栄町 3-14

TEL 03-3359-7371 FAX 03-3359-7375 <https://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、クリアファイル～



# リポD

## SPACE PROJECT

リポビタミンDは宇宙開発を目指して  
がんばる人々を応援しています!

# リポビタミンD

指定医薬部外品 疲労回復・栄養補給

リポビタミンD公式  
宇宙応援ホームページ



# 事務局からのお知らせ

今年は、どうしたことか梅雨明けがかなり早く、高温の時期が続いて、かなり身体にこたえる厳しい気候となりました。皆様には、お変わりございませんでしょうか。

さて、ご存知の通り郵便料金が大幅に値上げされたことを受け、経費削減のため配送業者を変更しています。そのため「あすとろん」に、信書にあたる「会費納入のお願い」を同封することができなくなりました。そこで、メールで会費納入のお願いをさせていただいています。会費はNPOの活動を支える大きな力ですので、是非、早いうちの納入をお願い申し上げます。なお、会費納入につきましては、同封の払込取扱票をご利用いただくか、ホームページまたは寄付金申込書に記載の銀行口座へお振り込みいただきますようお願い申し上げます。

## 今後の日程

7月27日(日)～29日(火)第17回子ども飛騨天文台天体観測教室

8月3日(日)第113回花山天体観望会「月齢9.3の月」

9月24日(水)～26日(金)第13回飛騨天文台自然再発見ツアー

10月4日(土)第114回花山天体観望会「名月と名曲」

10月25日(土)第12回天体指導者養成講座

11月1日(土)第115回花山天体観望会「土星」

## 編集後記

梅雨明けが早かったせいで夏の夜空観望は期待できるのではないのでしょうか。みなさまからの楽しい夏の体験記をお待ちしています。次回原稿締め切り日は9月15日で、新刊図書やビデオなどの視聴感想文も歓迎です。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](mailto:astron@kwasan.kyoto-u.ac.jp) です。

編集子

# トロムソ上空のオーロラ



## 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 <https://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 <https://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

2025年6月30日発行