

星のお知らせ

福井教室 申込不要

- 第133回 2019年 5月18日(土) 時間: 14:00-16:00
- 第134回 2019年 7月27日(土) 場所: 名古屋大学 理学部B館5階 B5講義室
- 第135回 2019年 9月28日(土) ※日程・会場変更の可能性あります。下記、福井康雄のwebでご確認ください。



NHK文化センター宇宙講座 2019『空洞の宇宙』 要申込・有料

開催日時: 各日 水曜日18:30-20:00(全12回)
 開催場所: NHK文化センター 名古屋教室
 名古屋市中区東栄1-13-3
 NHK名古屋放送センタービル 6階大会議室

NHK文化センター・宇宙講座にお申し込みが必要です。

<お問い合わせ・お申込み>
 NHK文化センター 名古屋教室 TEL: 052-952-7330

受講料 一般:27,495円
 NHK文化センター会員:24,115円
 中学生以下:13,000円

名古屋大学星の会
 会員はNHK文化センター
 会員と同額
 で受講できます。

| | | |
|--------|-------|--------------------|
| 4月3日 | 福井康雄 | はじめに |
| 4月17日 | 市来浄興 | 宇宙大規模構造形成と観測的宇宙論 |
| 5月15日 | 川村静児 | 重力波天文学 |
| 5月29日 | 飯嶋徹 | 最先端加速器で探る初期宇宙の謎 |
| 6月5日 | 森島邦博 | 宇宙線によるピラミッドの新空間の発見 |
| 6月19日 | 福井康雄 | 星の形成 |
| 7月3日 | 立原研悟 | 円盤に刻まれた惑星誕生の謎 |
| 7月17日 | 渡邊誠一郎 | はやぶさ2のリュウグウ滞在記 |
| 9月4日 | 重森正樹 | ブラックホールの中には何があるのか |
| 9月18日 | 福井康雄 | 宇宙線の起源 |
| 10月2日 | 福井康雄 | 新しい発見 |
| 10月30日 | 福井康雄 | まとめ |

星の会総会および講演会

2019年 6月29日(土) 時間: 13:30-17:00
 場所: 名古屋大学 理学南館 坂田・平田ホール

NHKラジオ第2 文化講演会(再放送)

『宇宙への夢 果てしなく』【講師:福井康雄】

2019年 5月1日(水・祝) 時間: 17:00-18:00

NANTEN2へのご寄付をお願いします。

2,000円以上のご寄付は、税金控除の対象になります。
 ご寄付のお申込みは、天体物理学研究室にご連絡ください。
 TEL:052-789-2837
 ※星の会講演会、福井教室でも受け付けております。

福井康雄のホームページが新しくなりました。 是非ご覧ください。

ビデオメッセージバックナンバー、最新の研究内容などが紹介されています。
<https://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/~fukui/>

※各詳細は名古屋大学 星の会事務局までお問い合わせください。TEL 052-789-2837(受付時間 月~金 10:00-17:00)

編集後記

実験教室の取材をしました。梅村先生のご指示のもと、4人の科学部の学生さんたちがてきぱきと進行を担っていました。皆さん緊張した面持ちで、それでも自ずと瞳を輝かせながら、慣れた手つきでわかり易く説明をなされました。流石、彼らは子供たちのための出張実験のスペシャリストです。2時間の教室のために準備と片付けがまるっと1日、お疲れ様でした。(勿論、他の皆さまも。)実験のプロデュースには、材料や道具、手順などの吟味にもっともっと手間暇をかけていることと察します。今回は部の存続の危機を乗り越え、復活を遂げたところのこと。さらなる飛躍とご活躍を祈念いたします。(星の会会員・間瀬圭子)

表紙説明

NGC6744。くじかく座の方向、約3000万光年の距離にある銀河で、その形は我々の銀河系に良く似ていると考えられている。銀河系に「お伴」のマゼラン雲があるように、NGC6744にもNGC6744Aという伴銀河が存在する点も、似ていると言えよう。ただし、銀河系の大きさ10万光年に対して、NGC6744の大きさはそのおよそ2倍である。



(Credit: ESO, <https://www.eso.org/public/images/eso1118a/>, CC BY 4.0)

名古屋大学星の会

(題字:加藤延夫 愛知県芸術文化センター 元総長)

名古屋大学星の会 事務局
 〒464-8602 名古屋市中種区不老町
 名古屋大学理学部天体物理学研究室内
 TEL 052-789-2837
 電子メールアドレス hoshikai@a.phys.nagoya-u.ac.jp

「名古屋大学星の会」は、NANTEN2と、名古屋大学の宇宙研究を応援する一般市民の集まりです。

〈巻頭特集〉

- 02 重力波天文学 ◎早川 貴敬/福井 康雄
- 04 <「科学のたまご」を君のところに 実験教室> 愛しのクリスタルを育てよう
- 06 南天の開拓に乗り出す ◎福井 康雄
- 10 <Kidsコーナー> ケプラーの法則

およそ100年前にアインシュタインによって予言された重力波は、2016年に初めて重力波望遠鏡LIGOによって直接検出が報告され、2017年にはその功績に対してノーベル物理学賞が贈られた。日本でも今年秋の本格的な観測開始に向けて、KAGRAの準備が進められている。本稿では、新時代の天文学である、重力波天文学について概観していきたい。

重力波天文学

文＝早川貴敬／福井康雄（名古屋大学）

重力波とは？

質量を持った物体が存在すると時空にゆがみができる。その物体が加速運動をすると、時空のゆがみが波として伝わっていく。これが「重力波」である。トランポリンの上に乗った時のことを想像してみよう。トランポリンに人が立つと、人のいるところが凹む。飛び跳ねれば、周りに振動が波として伝わる。これが「時

空のゆがみ」と「重力波」だ。軽い人がそっと動けば弱い「重力波」が、重い人が激しく動けば強い「重力波」が発生する。ただし、本物の重力波の影響は非常に小さいので、現実には観測できるような重力波が発生するのは、太陽よりも何十倍も重いブラックホールや、中性子星が合体する時、または超新星爆発の時、そして宇宙初期のビッグバンなど、宇宙で起きる激しい現象に限られる。



図1 世界で初めて重力波直接観測に成功した、アメリカのLIGO重力波観測所 (Credit: Caltech/MIT/LIGO Lab)

図2 2つのブラックホールが接近・衝突して重力波が放射される様子の模式図 (Credit: LIGO/T. Pyle)

重力波をどう検出する？

光を見るというのは、網膜、フィルムやCCDなど、光が何かに当たった時に起きる化学反応や物理現象を利用している。電波や赤外線、紫外線やX線でも原理は同じだ。しかし、重力波は地球ですらやすやすと通り抜けてしまうのでこの方法は使えない。

重力波が届くと空間がゆがむ。つまり、2点の間の距離が伸び縮みする。どれくらい伸び縮みするかと言えば、「地球と太陽の間の距離（1億5000万km）が水素原子1個分変化する」程度である。そんなわずかな距離の変化をとらえるために、マイケルソン干渉計という手法が使われている（図3）。レーザー光が往復する距離をできるだけ長くすること、邪魔な振動＝雑音をできるだけ取り除くことで性能が向上する。

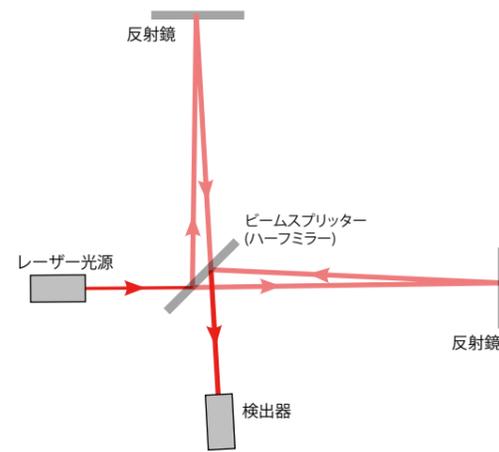


図3 マイケルソン干渉計の概略。一つの発振器から出たレーザー光を、直角に交わる2つの方向(L字形)に分けて往復させてから重ね合わせると、干渉縞と呼ばれる模様で測定できる。2方向の距離の差が変化すると干渉縞が変化するので、それによって重力波を検出することができる。KAGRAなど実際の観測装置には、この図では省かれている、測定精度を上げるための装置が多数使用されている。(Credit: Stannered, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interferometer.svg>, Japanese translation by T. Hayakawa, CC BY-SA 3.0)

KAGRA、そして世界的な観測体制

KAGRA（神岡のKAと重力波gravitational waveのGRAを合わせた愛称、読みは「かぐら」）は岐阜県の神岡鉱山跡に作られた、今年の秋に本観測を開始予定の重力波望遠鏡だ。KAGRAは、地面の振動が少ない（地表の1/100）地下200メートルの固い岩盤の中に、3キロメートルの腕を2本もつトンネルを掘削して設置されている。現時点で世界最高性能の重力波望遠鏡だが、それ1台だけでは重力波天文学は成り立たない。

単に重力波を検出すること、「重力波天文学」の最も大きな違いは、どの方向から重力波がやってきたか測定することだ。そのためには、最低でも3箇所に観測装置を用意して、到達時刻のわずかなズレを測定する必要がある。より多く、より離れた場所で観測するほど高い精度が得られる。現在稼働中のLIGO（アメリカ、南部ルイジアナ州と北西部ワシントン州の2箇所）、Virgo（イタリア）、そこにKAGRAが加わることで天文学的な精度は飛躍的に向上する。KAGRAによって重力波天文学の新時代が切り拓かれようとしており、期待が集まっている。



図5 世界の重力波天文台

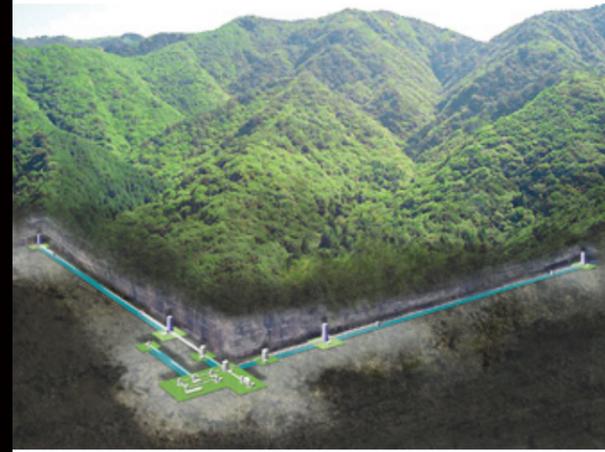


図4 (左) KAGRA検出器俯瞰・透視図。(右) KAGRAアームトンネル。東京大学宇宙線研究所提供。

愛しのクリスタルを育てよう

文=間瀬圭子(星の会会員)

写真撮影=高嶋芳章(星の会会員)

とき・ところ=2019年2月17日 刈谷市・夢と学びの科学体験館

石田退三記念財団が主催する

“「科学のたまご」を君のところに”と題した企画が、刈谷市の「夢と学びの科学体験館」で開催されています。

内容は、主に小学生を対象とした天文学講座や実験教室などです。

今回は、今年の2月に行われた実験教室を覗いてみましょう。



科学部メンバーが実験の手順を指導



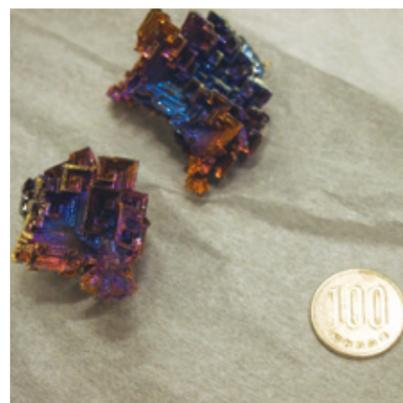
塩化カルシウムの結晶の観察



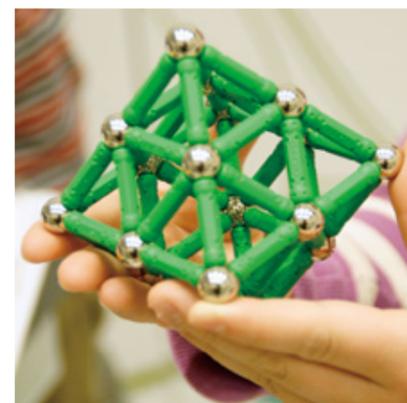
やったことをワークシートにまとめる



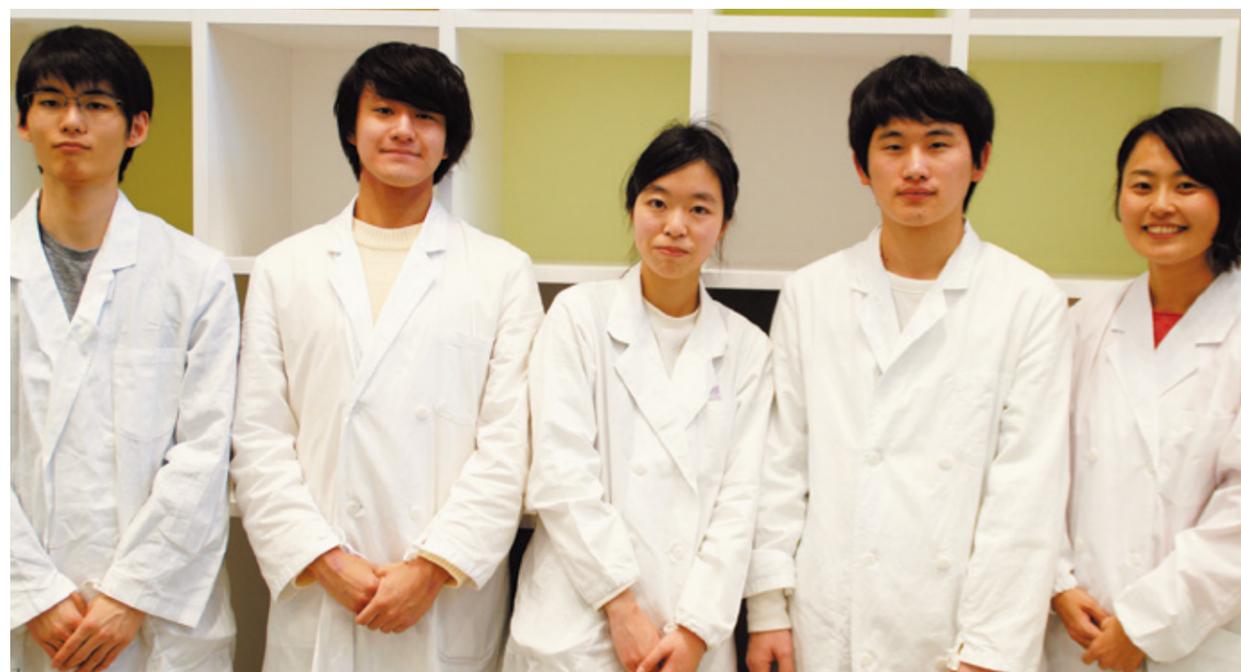
スポンジの表面で成長した尿素の結晶



ビスマスの結晶



ジオマグで組み立てた結晶構造模型



梅村先生(右端)と名大科学部のメンバー

会場は、本格的な実験室です。ここに科学者のたまごたち、16名の男子、女の子たちが集まりました。講師は名古屋大学博物館の梅村綾子先生、実演してくれるのは名古屋大学科学部の学生さんたちです。メニューは、以下の4点でした。

〈メニュー〉

- 1 有機化合物の尿素が結晶成長する様子を触媒(洗剤とPVA=ポリビニルアルコール=合成洗濯糊)の濃度を変えて比較する。
- 2 無機化合物の塩化カルシウムを過冷却状態にし、刺激を与えて結晶化していく様子を観察する。
- 3 金属のビスマスを融かし、冷却過程で出来た結晶を観察する。
- 4 マグネットでくっつくブロック玩具「ジオマグ」で結晶構造を組み立て、八面体と立方体の関係を学ぶ。

梅村先生は、「何を見るのか、どんな材料がどんな役割をしているのか、と考えながら観察しましょう。」とおっしゃいました。参加者の皆さんは、慣れない手つきながらも頑張って溶液を扱ったり、積極的に発言や質問をしたりしていました。もう少し声を聞いてみましょう。

「えっ?金属が融けるの?」「きれいな結晶!」「あっ、見えてきた!」「ああ、つぶしちゃった!」「作れたよ!」「洗剤が多い方がたくさんできると思っていたけれど、入れ過ぎるとできにくくなるのが不思議!」「楽しかった!また来たい!」

梅村先生:「どうしてかなと思ったら、そこからまた実験していく。答えはどこにあるのかわからない。それが研究だよ。」

館長の三木さん:「皆さんの心に生まれた科学のたまごを育てて行って欲しい。」

皆さんへのお土産は、構造色の美しいビスマスの結晶のペンダントトップ。

実験教室は来年もまた開催されるとのこと、どんな「たまご」がどんな風に育っていくのでしょうかね!



梅村 綾子(うめむら あやこ)先生
イギリスマンチェスター大学大学院にて「結晶成長の解明」をテーマにPhD取得(理学博士)。現在名古屋大学博物館 研究員として、研究のほか博物館の展示や活動を遂行する。加えて地域社会貢献は使命であるとし、語学と科学の教室「ふた葉プロジェクト」を主宰。2児の母。



石田 泰正(いしだ やすまさ)氏
星の会会員。石田退三記念財団理事長。財団の事業は、児童生徒、園児を対象とした教育の振興。1957年に「石田科学賞」を刈谷市に設定したことに端を発する。

南天の開拓に乗り出す

福井 康雄 Yasuo Fukui



1985年、星の赤ちゃんの発見を受けて、次の研究の展開を考えた。狙いを定めたのは、「南天」である。日本からは見えない宇宙は全天の半分近くである。まず、天の川の中心は南にあり、北天の「天の川」は全体の3分の1ほどしかない。大小マゼラン雲という天の川に最も近い銀河も、南半球からしか見えない。南天のガス雲観測を世界に先駆けて行うことができれば、インパクトは大きい。課題として不足はなかった。

考えどころは、よい観測サイトである。日本国内でのミリ波観測は、海外の良いサイトに比べて大

きく見劣りする。野辺山も標高は多少高いが、ロッキー山脈やヨーロッパの高地と比べると差は歴然である。日本は晴天率が低く、湿度も高い。折角良い受信機ができて「地球大気」が観測効率を制限してしまう。チリのアンデスは、標高が高く乾燥しており、絶好の地であった。

1987年に南天計画を立て、学会でも発表した。しかし、実際に可能性を調べると大きな壁があった。国の制度として国有財産である望遠鏡を海外に移す前例がなかったのである。正直なところ困ったが、なんとかしなくてはいけない。とりあえず、海外持ち出し用の2台目の望遠鏡をつくることから始めた。

三菱電機の通信機製作所で設計を開始した。望遠鏡計画の総予算3億円、1989年にこの予算額を文部省に申請した。特別推進研究という最高額の研究費である。早川先生に推薦をお願いしたのだが、「福井くんは予算をもらいすぎているので、応援しない」と断られた。そこで、エックス線の小田稔先生にお願いにいったところ、こころよく引き受けてくれた。当時、小田先生はこの予算の審査員の一人だった。ページ数の制限が特になかったので、100ページ以上の分厚い申請書をつくり、それなりに迫力があつたと思われる(翌年からページ制限が設けられた)。書類選考をパ



新4m望遠鏡の完成を伝える「星の手帳」誌のグラビア記事。上段の写真左などには阿部昭会長の姿が見える。撮影は藤井旭氏。

スして、面接選考にのぞむ前日、小田先生のご自宅に電話し、面接の心構えなどご指南いただいた。「面接官は素人だと思ってわかりやすく、自慢話も一つだけ入れること」などのアドバイスのおかげで面接は首尾よく行き、初めての申請で予算が認められた。1991年、新4m望遠鏡が完成し祝賀会を行なったが、早川先生からも気持ちよくお祝いの言葉をいただいた。残念ながらすぐに

海外移設はできなかったもので、名大でしばらく観測をおこなうしかなかった。ここでは2流の観測に甘んじたが、研究の展開ではこのような時期もある。時間を有効に使おうと考えて分子雲の広域観測を北天で行ない、それなりに成果はあがった。

特別推進研究を終了した1992年以降、移設に向けた活動を本格化した。良い論文を書き、広く

社会に計画を発信することが基本であった。元名大総長の飯島宗一先生にお願いし、寄付金集めなどについて、貴重なお知恵を頂戴した。1994年には、旗揚げの講演会を名古屋市科学館で開催し、国立天文台台長の小平桂一先生に講演をお願いした。この時、元国立天文台台長の古在由秀先生、科学館館長の樋口敬二先生らに応援団に加わっていただいた。放送大学長の小尾信彌先生、財界からは、中部電力の田中精一氏、名鉄の犬飼栄輝氏らの応援が得られたのも、心強かった。ドラゴ

ンズの星野仙一氏も気持ちよく応援団に参加してくれた。学内では、当時の加藤延夫総長、西尾理弘事務長も熱心に後押しを惜しまれなかった。

このような応援のもと、移設のための寄付金活動を展開したのである。20年を経た今、国立大の運営費交付金が大きく減額され、現在、国立大学全体が大きな危機に瀕している。我がNANTEN2も例外ではない。昨年末から、再度声を大きくして皆さんからのご寄付のお願いを開始した。



表紙

南天計画の寄付金募集のパンフレット「南十字星をめざして」から。表紙(p8)、計画の説明(p9上)、推薦の言葉(p9下)。

計画の説明



推薦します

放送大学学長 小尾信彌 (おびしんや)

宇宙の研究はつねに、未知の天体の観測が突破口となって躍進を続けてきました。南の空は、これまで南半球に最先端の電波望遠鏡が乏しいこともあって、未開の領域とされてきました。そんななかで、世界に先がけてこの分野に進出しようとしているのが、名古屋大学の福井さんたちです。独自に開発した世界最高の性能をもつ受信器を具えた小型電波望遠鏡で行ってきた独創的な観測の成果は、世界の学界で高い評価も得ており、国際的な受賞や多くの招待講演がそのことを物語っています。

この望遠鏡をチリに移設して南天の観測を行おうという福井さんたちの構想は1988年に立案されましたが、なかなか実現には至っていません。計画の重要性、説得力は学界でも深く認識されているのですが、予算上の制約のために暗礁にのり上げています。この計画が実現して、星の誕生にかかわる分子雲の全体像の解明をはじめ惑星の誕生や生命の起源、星や銀河系など天文学の最前線の研究に画期的な貢献をすることを、わが国の、そして世界の学界が期待しています。

最近、名古屋を中心に南天天文台支援の動きが興り、募金に向けて一歩を踏み出したことは喜ばしい限りです。ぜひ皆様方の御支援で、この計画を実現に導いて頂ければと念願しております。

私も賛同します

| | | | |
|-------|----------------|-------|------------------|
| 飯島 宗一 | 愛知芸術文化センター 総長 | 田中 精一 | 中部電力株式会社 相談役 |
| 古在 由秀 | 前国立天文台台長 | 豊田章一郎 | トヨタ自動車株式会社 取締役会長 |
| 小平 桂一 | 国立天文台台長 | 樋口 敬二 | 名古屋市科学館 館長 |
| 清水 勝 | 河出書房新社 代表取締役社長 | 星野 仙一 | 野球解説者 (50音順) |

推薦の言葉

Kidsコーナー

太陽と月と
星と地球

ケプラーの法則



「ケプラー」って、
宇宙人みたいな名前だね。



そうだね。

ガリレオよりも少し後に生まれて、少し前に亡くなっているよ。ケプラーと一緒に働いていたティコ・ブラーエという人が16年もの間、天体観測をし続けて膨大なデータを残したよ。その遺産をケプラーが受け継いだんだ。そして、何年もかけてそのデータを解析し、3つの法則を見つけたよ。

さあ、今日は、ケプラーの法則の話しよう。



1

1つ目は、**楕円軌道の法則**だよ。

惑星の公転軌道は、円ではなく楕円だというわけだ。楕円には「焦点」が2つあって、その1つが太陽の位置になるよ。

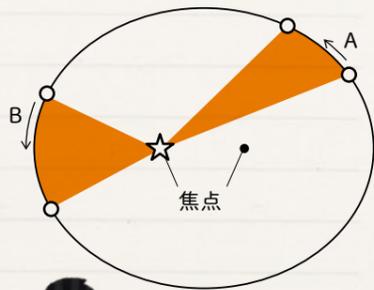
2

2つ目は、**面積速度一定の法則**だよ。

A、B別々の場所で、公転する惑星と太陽を結ぶ線が描く面積を考えよう。このとき、かかった時間が同じなら、面積も同じなんだ。

つまり、太陽に近いときには公転速度が早くなっているんだ。

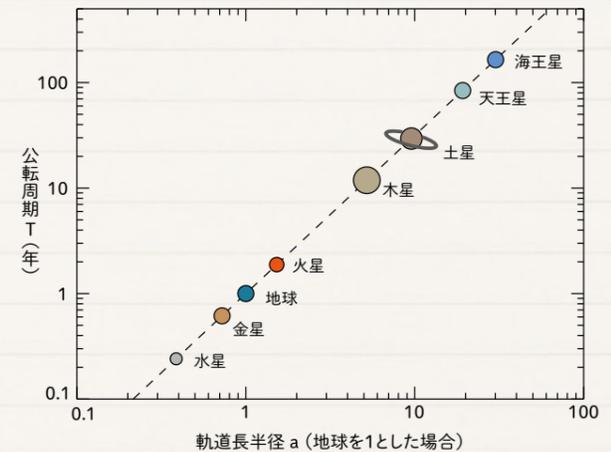
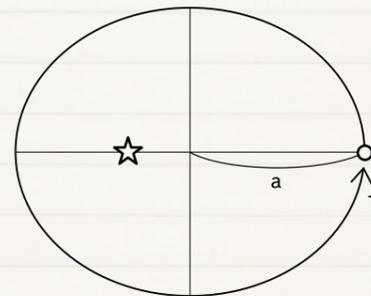
フィギュアスケートの選手がスピンを速くするときには、広げていた腕を回転の中心に寄せるのも同じことだよ。



3

3つ目は、**調和の法則**と言うよ。

惑星の軌道の長い方の半径(軌道長半径): a と、惑星が太陽の周りを一回りする時間(公転周期): T との関係が、グラフのようになっているよ。偶然ではないんだ。普通の目盛りじゃないから注意してね。このことからケプラーは、「惑星は太陽に磁力的ような力で引かれているみたいだ。」と言ったよ。まだニュートンが生まれる20年以上も前のことなんだ。

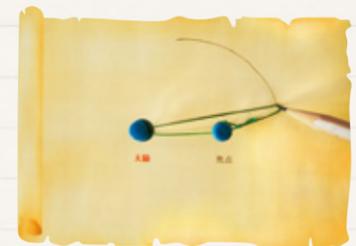


では一度、楕円を描いてみよう。

手順

1. 机を傷つけないように、雑誌などを敷く。
2. 太陽と焦点の位置にピンを刺す。
3. 糸を結んで輪を作る。
4. ピンに糸を掛け、糸がたるまないところの軌跡をえんぴつで描く。

- 準備する物
- 1 えんぴつ
 - 2 糸
 - 3 ピン、画びょうなど2個
 - 4 下敷き用の雑誌など



● 太陽
● 焦点

(文/星の会会員 間瀬圭子)

できたかな?

