



第12回 科学の甲子園ジュニア 全国大会

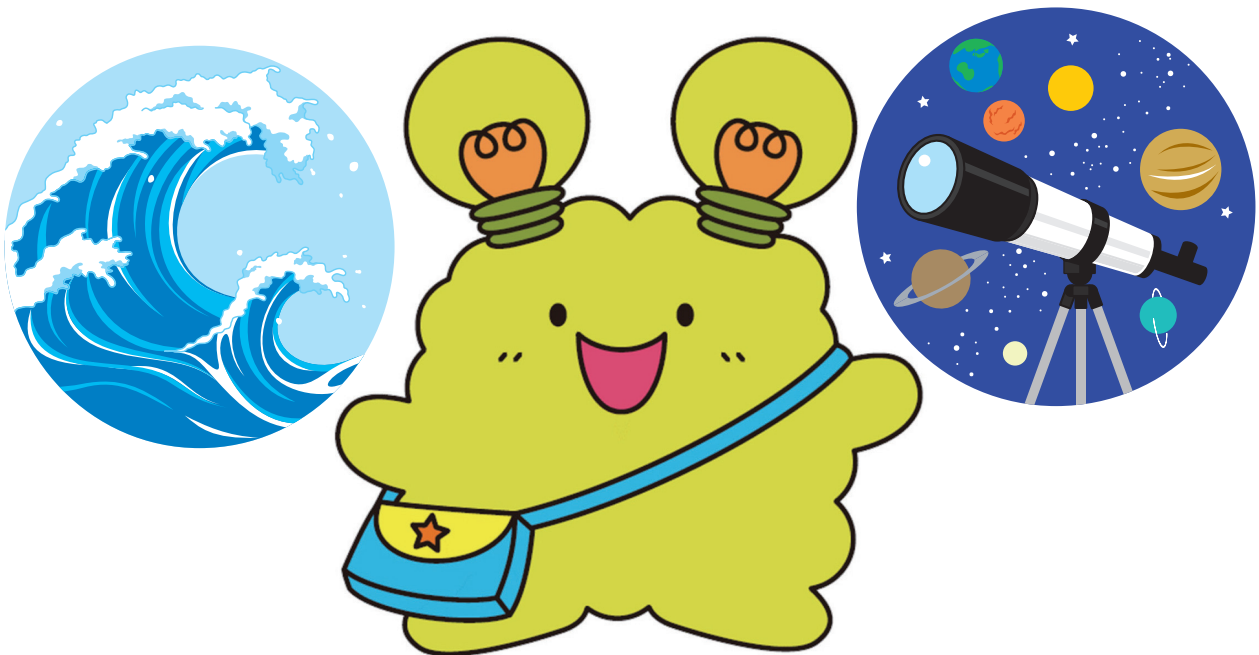
実技競技①

二つのフロンティア ～海から宇宙へ～

- ◆課題1 「海の中にも波がある」
- ◆課題2 「惑星旅行：私たちはどこにいる？」

⌘ 問題と手順 ⌘

競技時間 90 分



目次

◆はじめに	2 ページ
◆課題 1	3 ページ
問題	5 ページ
手順	6 ページ
タブレットの使い方	7 ページ
◆課題 2	9 ページ

◆はじめに

暴風や大波に翻弄^{ほんろう}されながらも、人類は小舟^{あやつ}を操って島々に渡って生活圏をひろげ、大航海時代には帆船で大洋を行き来した。また、夜空を見上げては星座の間を移動する惑星を追い、望遠鏡で星々の姿を観察した。その中で、様々な不思議に出会い、それを解明しようとしてきた。

現代の調査船による海洋調査や、探査機による惑星探査も、このようにして積み重ねられた知識や技術があって可能になったものである。深海底や地球以外の惑星に旅行できる日も、そう遠くない未来かもしれない。

未来のジュニア・ハイスクールの生徒、むさし、はりま、さくらの3人と、海と太陽系の探検に出かけよう。

「問題と手順」および「手引き」を熟読し、フェアな精神・互譲^{こじょう}の精神で競技^{のぞ}に臨み、科学の甲子園^{まんきつ}を満喫して欲しい。

【Episode 1】

科学技術の驚異的な発展により，地球人類の生活圏は地球から月，そして火星にまでひろがりました。しかし，それでも，海には人類にとって未踏^{みとう}の場所が残されています。

ジュニア・ハイスクールの生徒，むさし，はりま，さくらの3人は，ジャパン・サイエンス・トラベルが主催する「ジュニア海洋ツアー」に参加中です。これから「波」の奇妙とも思える性質の実験^{いど}に挑むところです。

◆ 課題1 「海の中にも波がある」

さくら「さっきの講義で、『深海は人類にとって未だに謎の世界』というのを聞いて、びっくりしたわ。」

はりま「僕も驚いたよ。21世紀頃には，人類は地球上のあらゆる場所にたどり着いたと思っていたからね。それに，深海ではないけれど，講義に出てきた海で起こる不思議な現象も面白いと思ったよ。」

むさし「あーシベリア沖で船のスクリュープロペラをいくら回しても，船が進まなくなっちゃって話ね。海の中に波ができるってことだけど，本当にそんなことがあるのかなあ。」

さくら「それをこれから実験してみましようってことよね。」

むさし「どうやって海の中の波なんかを見るんだろ。」

はりま「ほらほら，そろそろ実験の説明が始まるよ。失敗ないようにしっかりと聞こうよ。」

密度^{注1}が一様な流体（気体と液体の総称）の中におかれた物質は，その物質の密度が周囲の流体の密度より大きい場合には沈降し，小さい場合には上昇する。その結果，密度の小さい流体と大きい流体の境界面は，静止状態では必ず水平になり，密度の大きい流体が下側になる。これを密度成層と呼ぶ（図1）。

注1：密度は1 cm³あたりの質量（g）と思ってよい。

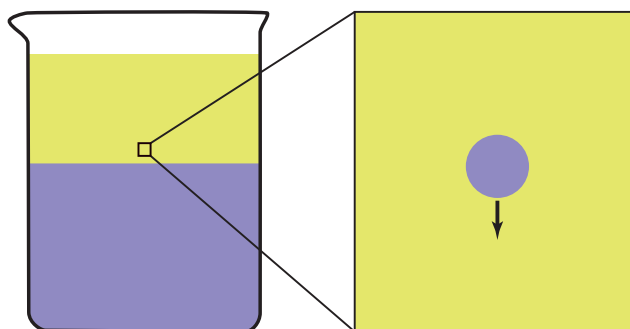


図1 密度成層の様子

海水の密度は、塩分が高いほど、水温が低いほど大きくなる。それらは淡水の流入や海水の流れ方などで場所によって異なり、密度の小さい海水と大きい海水の境界面が形成されることがある。この境界面は水平で、静止状態では密度の大きい海水が下側に、密度の小さい海水が上側となる。こうした層構造を密度成層と呼び、その境界面を界面と呼ぶ。海水は界面に水平方向に沿って広がり易いのに対し、界面に対して上下方向には混合しにくい傾向にある。この界面をかく乱すると、海で見られる波（表面波）と同じような「内部波」という波動が生じる。

見えない波である「内部波」について、水槽^{すいそう}の中に界面を作り、その波が伝わる速度を測る実験を通して理解を深めよう。

実際の海においては、内部波により不思議な現象が生じることがある。1893年、ノルウェーの探検家フリョフ・ナンセンが北極海を目指し、シベリア沖のノルデンショルド群島付近を航行していた時、いくらエンジンでスクリュプロペラを回しても船が進まなくなったことがあると記録されている。これは、船のスクリュプロペラがちょうど界面の高さにあったため、スクリュプロペラのエネルギーが内部波の造波に使われてしまったことなどによると考えられている。

本当に、そんな波が海の中に作られているのだろうか、水槽^{すいそう}の中に密度成層を再現して、内部波をつくりだして、その性質を明らかにしてみよう。

今回の水槽^{すいそう}実験は、現実の10分の1程度の縮尺で実験していると考えられるので、水槽^{すい}で発生させた内部波の大きさや速さが、実際の船の大きさや速さと近い場合には、より大きな影響が発生する可能性が高いのである。

さあ、どんな内部波を起こすことができるのかチャレンジしてみよう。

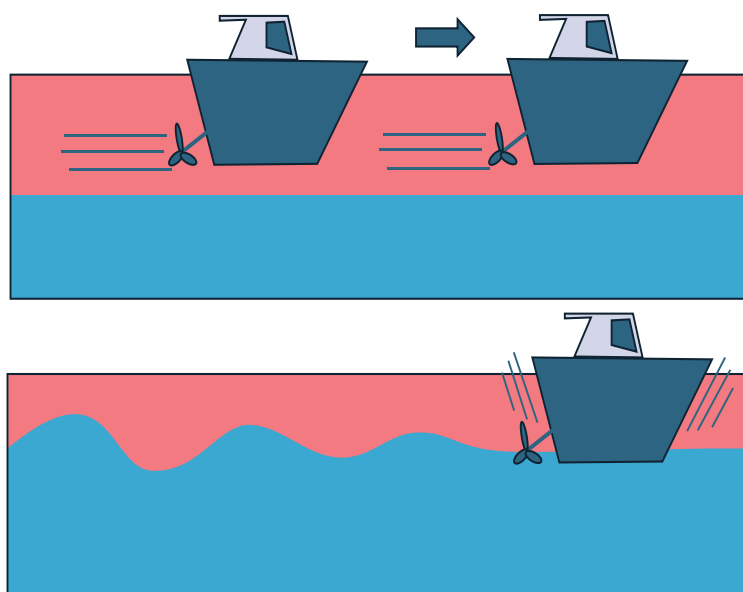


図2 内部波により船が進まなくなる!?

【問題】

水槽内に密度成層をつくり、界面に内部波をおこして、その伝わる速さ（位相速度）と波長を実測しよう。

食塩水と真水を用いて、海の中にできる密度成層を再現する。食塩水の濃度とは、食塩水全体の重さに対して、溶けている食塩の重さが占める割合を、%で表したものである。海水の塩の濃度は3.4%前後で、密度にすると約 1.025 g/cm^3 である。

内部波の伝わる速さを位相速度（ C ）と呼び、図3のように、1秒間に波形が進んだ距離として定義される。ここに、波形の同じところを結んだ長さを波長（ L ）と呼ぶ。

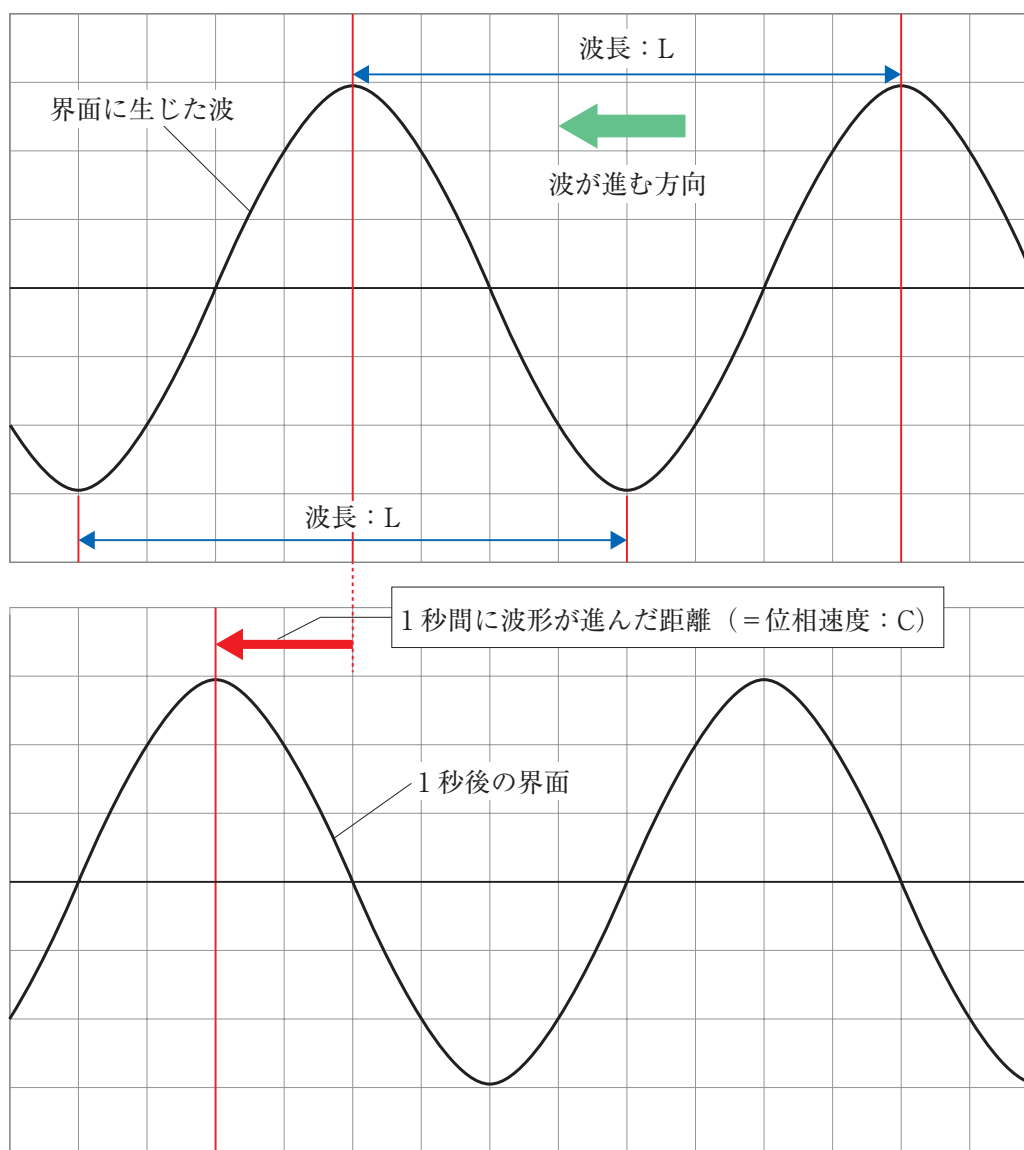


図3 波が伝わる様子

問1 10%の食塩水と、真水を用意し、染料で色を付けたあと、それぞれの密度を手順に従い小数第3位まで計算して求めなさい。

問2 ビデオで見た手法に従い、実験水槽^{すいそう}内に、問1で作成した2つの液体を用いて密度成層を作成しなさい。造波パドルを用いて上層と下層の境界面に内部波を発生させ、その波長と位相速度を測定しなさい。

異なる波長の内部波を起こし、そのうち2つのケースについて波長と位相速度を解答欄に記入しなさい。

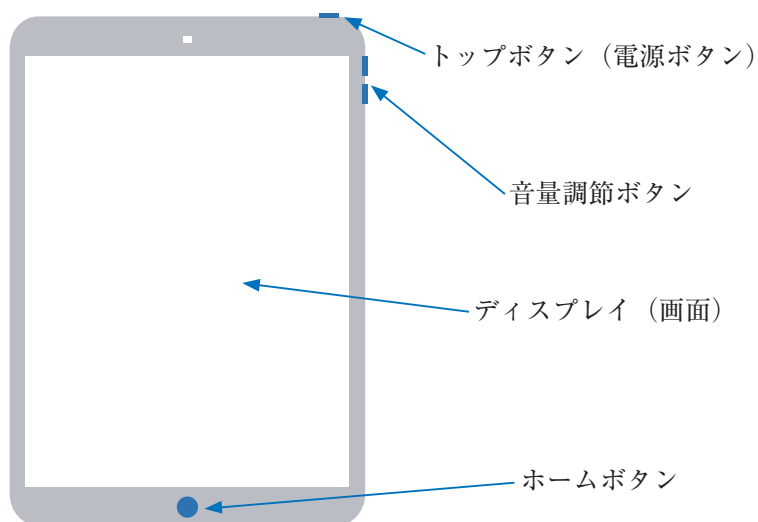
[手順]

- ① 食塩水の作り方・密度成層の作り方・内部波の作り方を示したビデオを視聴する。ビデオは、会場のスクリーンで繰り返し視聴が出来る。
※ タブレットに保存してあるビデオ再生も可能。電子天秤・キッチンスケールの使い方は、説明書をよく読むこと。
- ② 計量カップとキッチンスケール、ペットボトルを用いて濃度10%の食塩水を作る。この時、ペットボトルから水500 mLをバケツに捨て、約1500 mLにしてから食塩を入れること。食塩は溶けにくいので、よくかき混ぜる必要がある。これを青く染める(染料はスプーン小に一すくい程度、多量に入れないように)。なお、濃度10%は厳密である必要はない。10%程度の食塩水ができればよい。
真水は赤く染める(染料はスプーン小に一すくい程度、多量に入れないように)。
- ③ 上記で作成した10%の食塩水と真水の密度を正確に小数第3位まで求める。これには、メスシリンダーと電子天秤を用いる。密度を解答欄に記入する。
- ④ 水槽^{すいそう}の外側(目盛りと反対側)にコピー用紙を貼る。
- ⑤ ビデオを参考に、食塩水と真水の密度成層を作成する。上手に密度成層が作れなかったら手順①～③を繰り返す必要があるので、慎重に作業をして欲しい。
- ⑥ はっきりした境界面ができた状態で、内部波を起こしてその波長と位相速度を求める。測定には、タブレット(ビデオ撮影)を用いる。
 - ・ビデオには物差しとストップウォッチがきちんと映るように工夫する。
 - ・ビデオを参考に、内部波を起こす。食塩水と真水の界面付近に造波パドルを入れて上下に動かしたり、造波パドルの板を水平に動かすなどして、界面に小さな動きを与えることで水槽^{すいそう}内を進行する内部波を起こす。
 - ・内部波を直接観察、または撮影したビデオを用いて波長と位相速度を求める。
 - ・何回か実験をして、2回分の結果の波長と位相速度を解答欄に記入する。


なおビデオから波長や位相速度を測定するときに、画面に線などを引く必要がある場合は、タブレットをクリアファイルで挟んで、クリアファイルにマジックで線を描いてもよい。

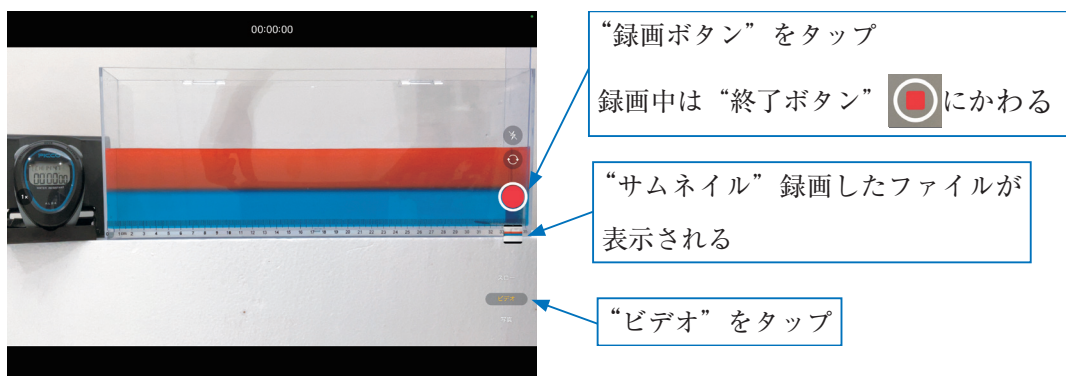
<タブレット (iPad) の使い方>


(1) 各部の名称



(2) ビデオの撮り方

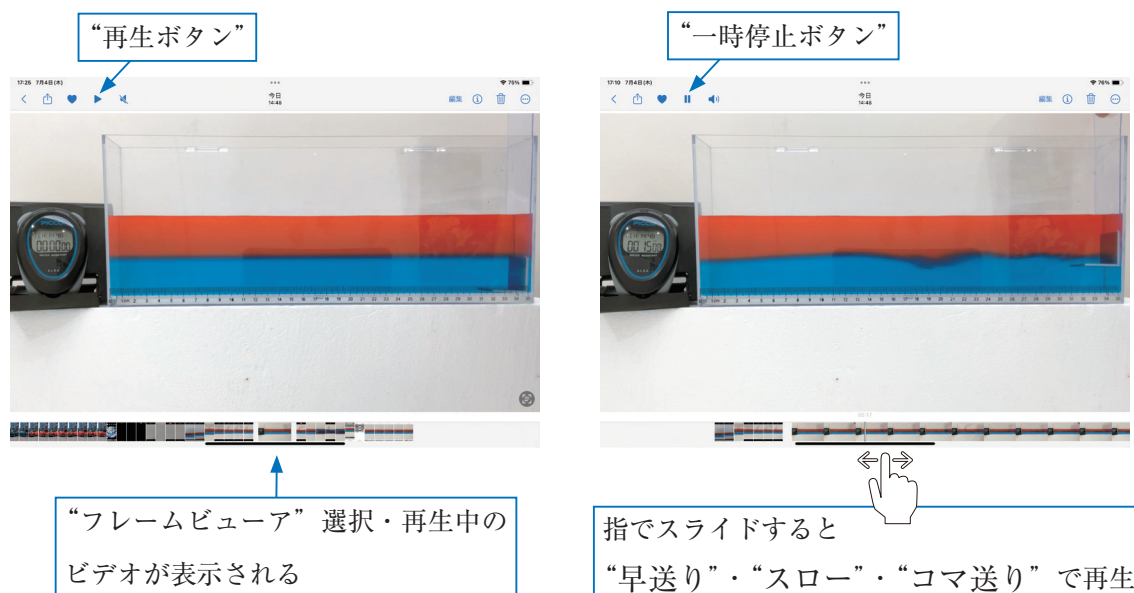
- ① ホームボタンを押し、画面を表示させる。またはトップボタンを押し、起動する。
- ② “カメラアプリ”のアイコン  をタップ（指で画面を軽く1回たたく）する。
- ③ タブレットを横向きにし、界面が真横から映るようにしてビデオを選択。




- ④ 録画ボタン  をタップして、録画を開始する。
- ⑤ 録画したら、終了ボタン  をタップして録画を終了する。

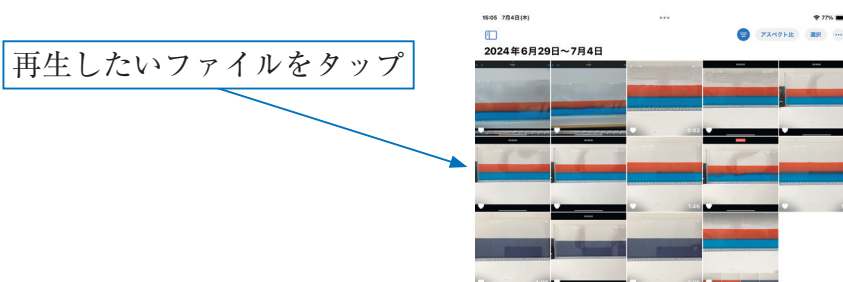
(3) 再生の仕方

- ① 録画ボタンの下に表示されている“サムネイル”をタップする。
- ② 再生ボタン▶️をタップすると、ビデオの再生が始まる。
- ③ 画面下部の“フレームビューア”を左右にスライドすると、ビデオの先や後に移動する。
- ④ 一時停止ボタン⏸️をタップすると、その場面で一時停止する。
- ⑤ 一時停止でスライドすると早送り・スロー・コマ送りで再生される。
- ⑥ “波長”や“波の位置”を測りたいところで一時停止し、静止画上で目盛りや時間を読み取る。(タブレットをクリアファイルで挟んで、クリアファイルにマジックで線を引いてもよい。)



※ 写真アプリから使う場合

- ① “写真アプリ”のアイコンをタップする。
- ② “ライブラリ”（撮影した画像・ビデオの一覧）が表示されるので、再生したいファイルをタップする。



【Episode 2】

ジュニア・ハイスクールの生徒、むさし、はりま、さくらの3人は、今度は、ハネダ・スペースポートに来ています。ジャパン・サイエンス・トラベルの「ジュニア太陽系ツアー」に参加して、ここから宇宙船に乗って、太陽系の惑星や衛星を観光するためです。

現在、科学技術の驚異的な発展により、ほんの数日で地球から太陽系外縁天体までを往復できるほどになっており、太陽系内の惑星や衛星を宇宙船で気軽に観光できるようになっています。3人は地球の海に続いて、地球の外の謎に向かおうとしています。

◆ 課題2「惑星旅行：私たちはどこにいる？」

【手順】

問題文をよく読み、各問に解答する。問6～問9に解答する時には、事前に問題をしっかりと読んで理解したうえで、天体望遠鏡による観測の結果を使って解答する。

- ① 天体望遠鏡の組み立て説明書をよく読み、天体望遠鏡キットを組み立てる。
- ② 天体望遠鏡を三脚につけ、観測エリアに運ぶ。入口から入って監督の先生のチェックを受ける。必ず、チーム全員で観測エリアに来ること。時間の指定はないが、一度に観測できるチーム数に限りがあるので、待ってもらうことがある。
- ③ 観測席のテーブルに三脚つきの天体望遠鏡を置き、天体Zおよび天体Wを観測し、それがどのような天体であるか確認する。交代して、チーム全員が観測すること。
- ④ 天体Zおよび天体Wは違う方向にあるので、観測席を移動して観測する。
- ⑤ 観測が終わったら出口通路から退出し、各チームの実技卓に戻る。
- ⑥ 観測外の時間は各問に解答する。

【問題】

次の文章を読んで、後の問1～問9に答えなさい。

むさし「まもなく出発時刻だね。」
 さくら「そうね。私、月を間近で見るのが楽しみなの。」
 はりま「月は、ついさっき…^(a)午後3時を過ぎたころに東の空低くに見えていたね。
 僕は真っ赤な が楽しみだなあ。」
 (もちろん、これは今日の地球における午後3時過ぎの話である)
 さくら「 なら、^(b)日の出の頃に南中してるわね。」
 はりま「わあ、すごく早起きしないと見られないねえ。僕なら早起きするくらいなら、
 夜更かししちゃうな。」
 むさし「実は、今朝、早起きして、自分の天体望遠鏡で金星を見たんだ。」

さくら「がんばったね(^_^)それで、どんな感じだったの？」

むさし「(c)ちょうど半分が欠けた半月形をしていたよ。」

はりま「そういえば、地球からはそろそろ日食が見られるよね？ これって ということだよ。」

むさし「じゃあ、今回ぼくらが行く(d) でも日食が見られるかな？ 楽しみだな！」

さくら「宇宙船が の上空のステーションαに着くまで、たくさんの惑星や衛星が見られるわね。ステーションαでも、望遠鏡でいろいろな星を見るイベントがあるし、とっても楽しみ。」

はりま「そろそろ宇宙船ゲートへ行った方がよくない？ 乗り遅れたら大変だよ。」

30分ほど後、むさし、はりま、さくらをはじめ、多くの少年少女を乗せた宇宙船は

に向けて出発した。

問1 文中の に入る、地球で見える日食の説明として適切な文を答えなさい。

問2 文中の下線部(a)に関して、この晩の月の位置に最も近い場所を、図1のA1～F8の中から一つを選んで、記号で答えなさい。

問3 文中の下線部(b)に関して、 に入る適切な惑星の天体名を漢字で答え、さらに、この時の の位置として最も近いものを、図1のA1～F8の中から一つを選んで、記号で答えなさい。

問4 文中の下線部(c)に関して、この日の金星の位置として最も近いものを、図1のA1～F8の中から一つを選んで、記号で答えなさい。

数十時間後、宇宙船は月や金星などをめぐった後に の上空にあるステーションαに到着した。ステーションαは の上空を西から東へ一日で一周しているため、少年少女達は、地球上同様に一日24時間で、かつ、東から昇って西に沈む太陽を見ながら生活することができる。

眼下に間近に広がる に少年少女達は大興奮である。確かに、巨大な望遠鏡がどれだけ発達しても、地球上からこの光景を体験することはできないだろう。

そして、ステーションαには大型天体望遠鏡が設置されており、「ジュニア太陽系ツアー」

では、これを用いた **Y** 上空からの天体観測が評判になっている。現在、ちょうど大型望遠鏡を使った天体観測の真っ最中のようなのだ。様々な天体を見ることができて、ツアーの参加者はみんな大興奮である。もちろん、三人も例外ではないようだ。

さくら「(天体望遠鏡をのぞきながら・・・) **Z** って、ここからみると、(e)こんな風に欠けて見えるんだねえ。さすがにこれを地球から楽しむことはできないわね。」

むさし「**W** は、(f)今日の真夜中頃に南中するみたいだね。**W** もよく見えるね。」

はりま「地球を見ることができるのも、このツアーならではだね。」

むさし「(g)今日あたり地球では日食が見えるはずだけど、さすがにここでは見えないかな。」

さくら「えーっ残念、でも本当に無理なのかしら？」

問5 文中の下線部(d)と(g)に関して、**Y** から見える日食について考えてみよう。**Y** の衛星Sについて考えると、**Y** と衛星Sの距離がどのくらいの場合に**図2**のような日食が見えるだろうか、その距離を求めなさい。なお、衛星Sの直径が1400 km、太陽の直径を140万 km、**Y** から太陽までの距離を14億 kmとする。

[手順] で述べたように、問6～問9は予め問題文を読み、実際に天体観測を行ってから考えてみよう。

問6 ステーションαから天体望遠鏡で地球を観測し、太陽からの光の影響を除去する処理を施したところ、まるい姿の地球が見られた。これと、天体**Z**、天体**W**の見え方から、ジュニア太陽系ツアーが行われているステーションαがある**Y**に入る適切な天体名を漢字で答え、さらに、この時の**Y**の位置として最も近いものを、**図1**の**A1～F8**の中から一つを選んで、記号で答えなさい。

問7 文中の下線部(e)に関して、この観測の時の天体**Y**と天体**Z**間の距離が何億kmになるか小数第2位まで求めよ。ただし、この時、太陽と天体**Z**を見込む角度は 33.0° であり、また、太陽と天体**Y**、太陽と天体**Z**の間の距離は、それぞれ、14.3億 kmと7.78億 kmである。また、**図3**の直角三角形を利用してよい。計算過程も示すこと。

問8 文中の下線部(f)に関して，この観測の時の天体 W の位置として考えられる最も近い場所を，図1のA1～F8の中から一つを選んで記号で答えなさい。

問9 このように，三人が天体観測を楽しんでいる時，地球とほぼ同じ方向におひつじ座が見えることが分かった。この時の地球上の日本の季節は，春・夏・秋・冬のうちのどれか答えなさい。

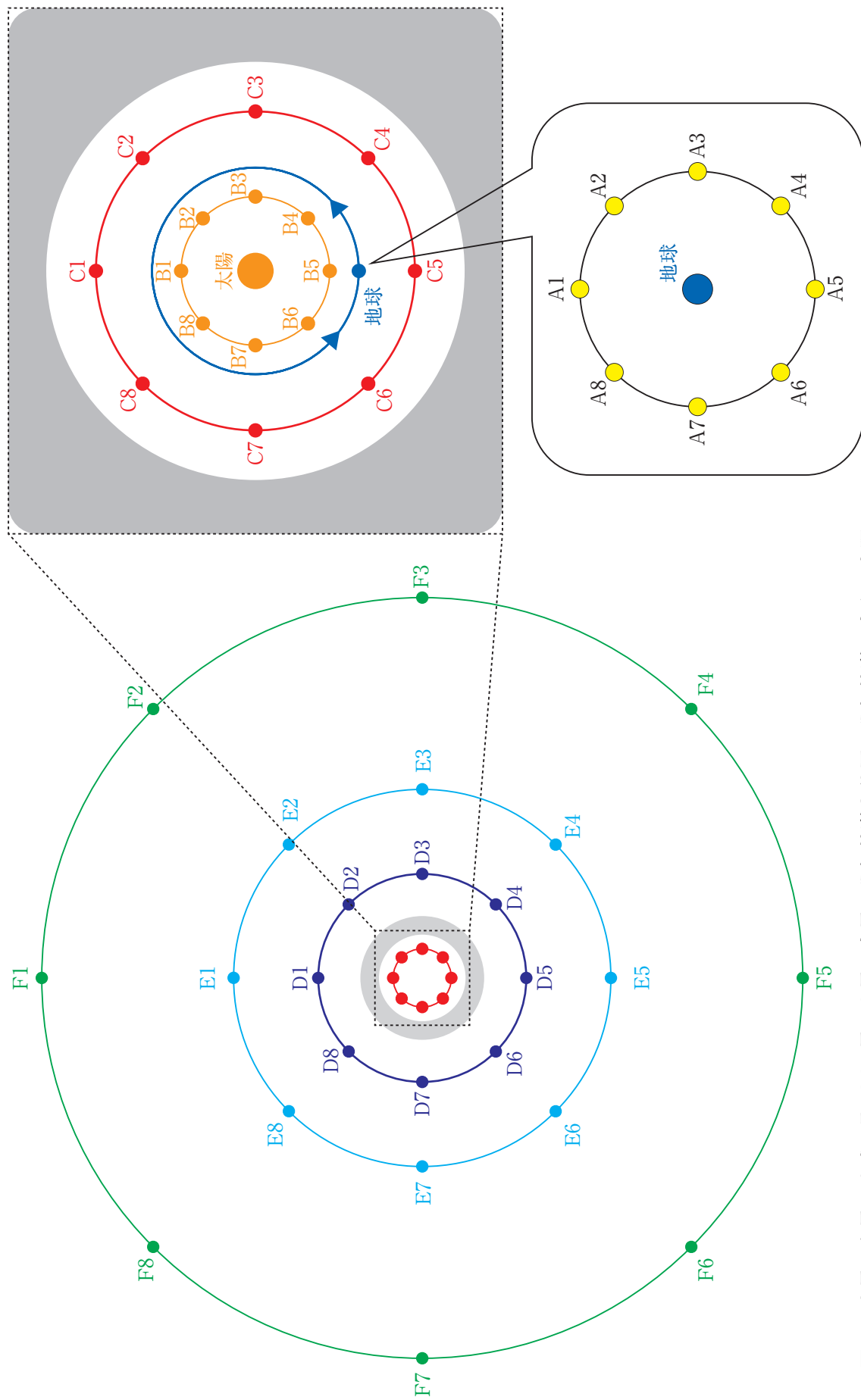


図1 火星，金星，地球，月，天王星，土星，木星の公転軌道と位置。公転軌道の中心は太陽で，網掛け模様の領域は小惑星帯。矢印は地球の公転方向を示す。



図2 Y から観測された衛星 S による日食のイメージ

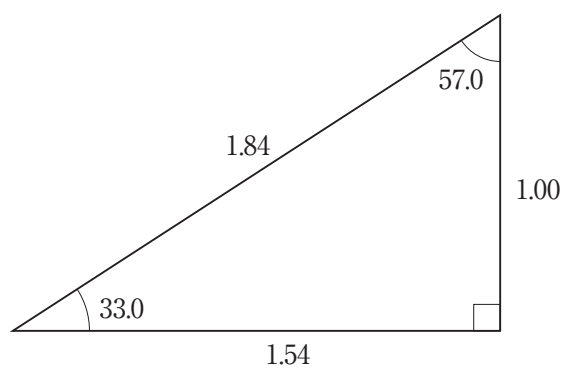


図3 問7で使用する直角三角形の三辺の比