

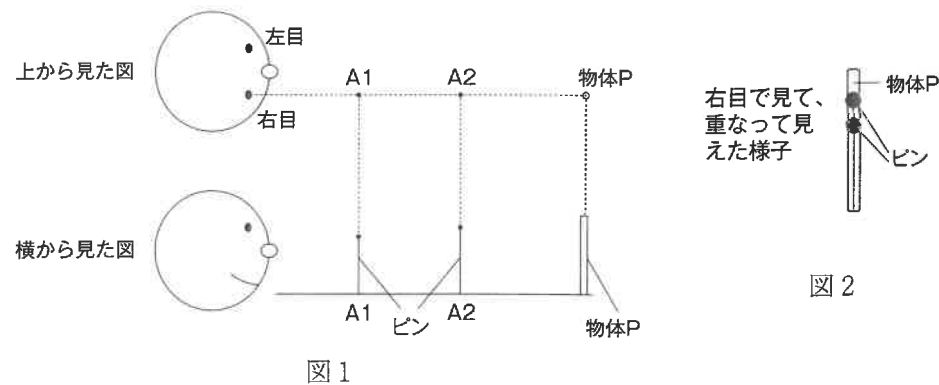
1

てつお君は物が見えるしくみに興味を持ち、調べていく中で「一般的に人が物体を見るとき、光が物体の表面で反射し、反射した光が人の目に入射することで、人は物体を認識している。」ということがわかりました。そこで、空気中の光の経路（通り道）を調べるために、次の実験1を行いました。

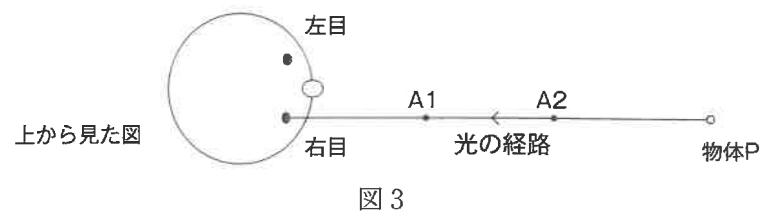
実験1

図1のように物体Pを右目で見ながら、図2のように物体Pと重なって見えるようにわずかに高さの異なるピンをA1、A2の位置に立てた。左目はふさいで置く。

結果、上から物体PとA1、A2の位置を調べると一直線上にあった。

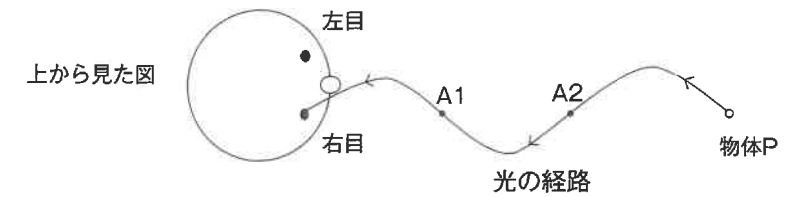


光の空気中の進み方について、物体とピンが重なって見えるということは、物体Pで反射した光がA1、A2の位置を通過し、右目に入射したことになります。つまり図3のように光は空気中を直進すると考えられます。



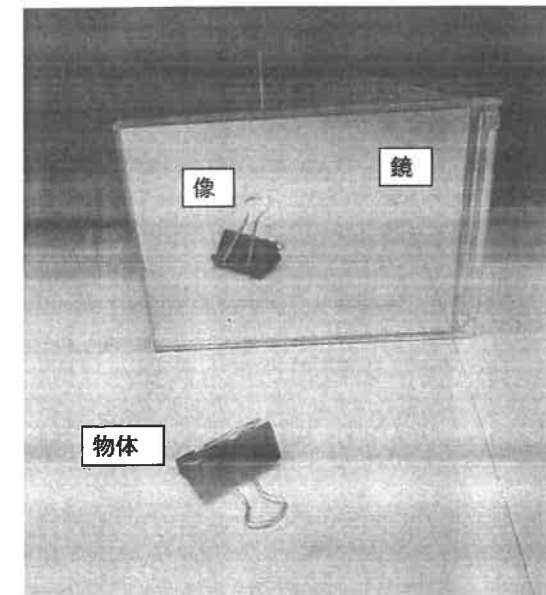
- (1) てつお君は実験1について、「物体Pで反射した光が空気中を左右に曲がり、図4の経路で右目に入射した」という可能性もあると考えました。

実際には、図3のように光は空気中を直進しますが、実験1の結果だけならば、図4の考え方も可能です。図4の光の進み方をしていないことを証明するには、実験1に加え、新たなピンをどこに立てて、どのような見え方をすれば良いですか。



光は空気中を直進することがわかりました。

てつお君は、次に平面鏡に映る物体のようすについて調べました。物体に反射した光は鏡に反射し、人の目に入射することで、人は物体を認識していることがわかりました。実際には鏡の奥に物体はありませんが、目に入射する光の延長線上に物体があるように感じられます。鏡の奥に見える物体を像といいます（写真1）。



てつお君は鏡の奥に見える像の位置を、次の実験2を行って調べることにしました。

実験2

図5に示すように観測エリア内から、鏡に映る物体Pの観測を行い、実験1のピンを立てる方法を利用して、物体Pで反射した光が鏡に反射して目に入射するまでの光の経路を調べた。実験では観測エリアで顔を動かさずに、左目と右目のそれぞれで実験を行った。

結果、左目だけで見た場合、B1、B2の位置にそれぞれピンを立てると、2本のピンと物体Pが重なって見えた。

また、右目だけで見た場合、C1、C2の位置にそれぞれピンを立てると、2本のピンと物体Pが重なって見えた。

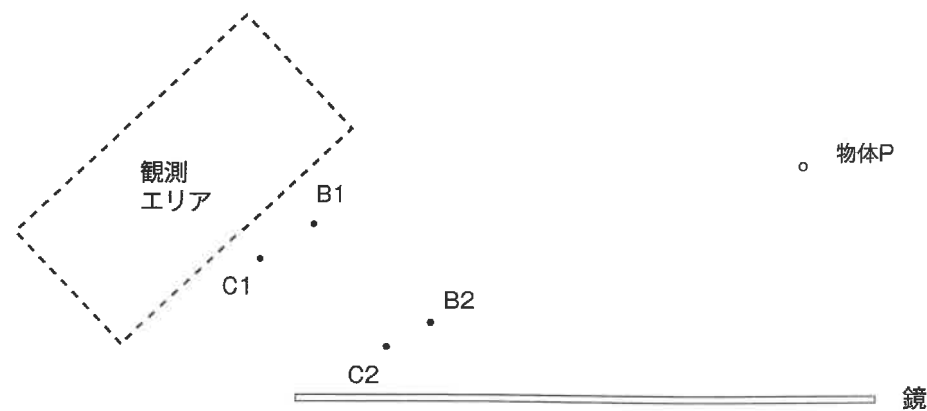


図5（上から見た図）

(2) 実験2の結果を用いて、次の①～③を作図しなさい。ただし、それぞれ下線部に注意して作図し、①～③以外の線は描かないこと。

- ① ピンの位置B1、B2を利用して、物体Pから鏡の表面に反射して観測エリア内に入射するまでの光の経路を描く。
- ② ピンの位置C1、C2を利用して、物体Pから鏡の表面に反射して観測エリア内に入射するまでの光の経路を描く。
- ③ ①②の目に入射する光線の延長線上に物体があるように見えることを利用して、物体Pの像の位置を描く。

(3) なぜ実験2では、目に入射する光の経路を1本ではなく2本調べたのか。実験の目的をふまえ、理由を答えなさい。

てつお君は物体Pの位置や顔の位置を変えながら、実験2と同様の実験をくり返し行い、像のできる位置を調べました。その結果、物体Pの位置が決まれば、顔の位置が変わっても、像の位置は変わらないことがわかりました。さらに、像は、鏡を対称軸として、物体Pと線対称の位置にできることがわかりました。

(4) 図6のように、鏡に映る物体Pを見ることを考えます。上記の下線部の内容を用いて、次の①と②それぞれを描きなさい。作図に必要な線は残し、不要な線は描かないこと。

- ① 物体Pの像の位置
- ② 物体Pから鏡の表面に反射して、観測者の右目、左目それぞれに入射するまでの光の経路

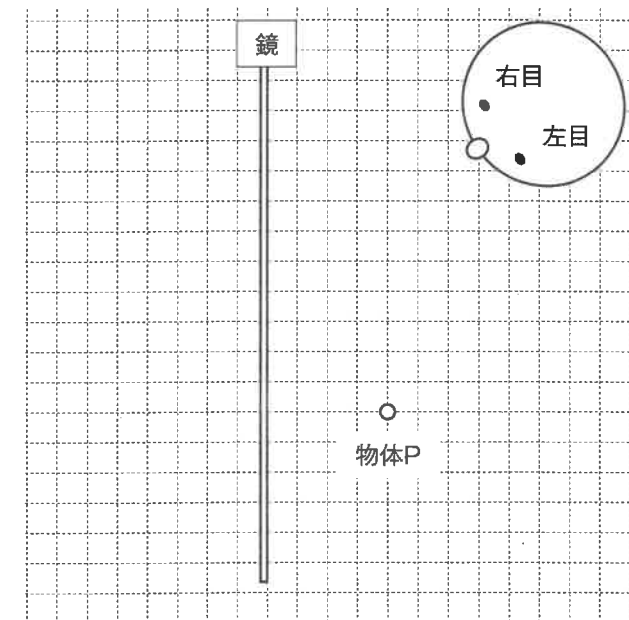


図6

- (5) 図7は右手を伸ばしたてつお君と鏡を上から見た図です。図7のように右目と左目、および右手の先端Hを結ぶ線が鏡と平行になるように立ち、鏡に映る手の先端Hを見ることを考えます。右目だけで鏡を見て、鏡に映るHと重なって見えるように鏡の表面上に印Rをつけます。同様に左目だけで鏡を見て、鏡に映るHと重なって見えるように鏡の表面上に印Lをつけます。

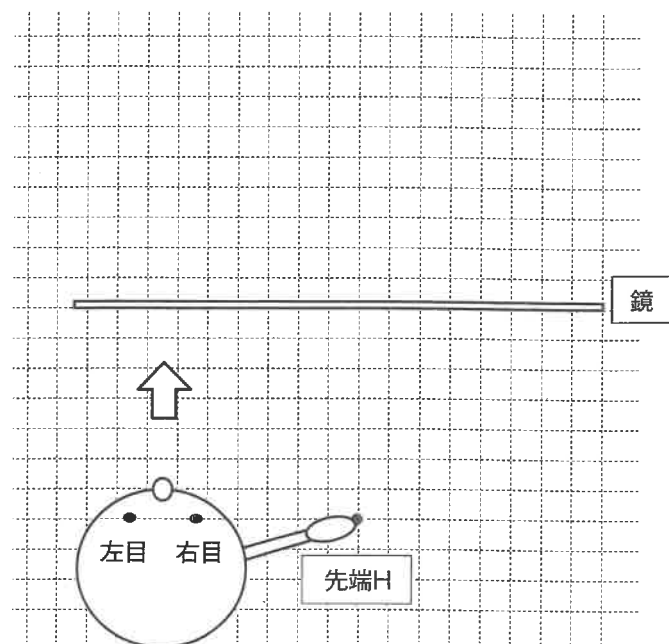


図7

このページは白紙です。

- ① 鏡の表面上のRとLを解答用紙の図中に作図しなさい。作図に用いた線は消さないこと。
- ② 印RとLを鏡の表面につけた後、鏡に対して垂直方向（図中の矢印の向き）に鏡へ1歩近づき、同じ姿勢で鏡に映る手の先端Hを見ます。
右目だけで鏡を見ると、Rの位置に対して鏡に映るHはどのように見えますか。次より最も適切なものを選びなさい。
同様に、左目だけで鏡を見ると、Lの位置に対して鏡に映るHはどのように見えますか。最も適切なものを選び、記号を答えなさい。

(ア) 右側に見える (イ) 左側に見える (ウ) 重なって見える

2

次の問いに答えなさい。

2種類の昆虫AとBを考えます。

昆虫AとBは、卵から出た1齢幼虫が成長と脱皮をくり返し、2齢幼虫、3齢幼虫を経て4齢幼虫になります。成長した4齢幼虫は脱皮、変態してさなぎになります。さなぎは脱皮して成虫になります。

卵 → 1齢幼虫 → 2齢幼虫 → 3齢幼虫 → 4齢幼虫 → さなぎ → 成虫

卵から成虫になれる個体はごくわずかで、昆虫AとBでは、成長してそれぞれの段階へ進める個体の割合が異なります。

表1は、昆虫AとBが10000個の卵からスタートして、自然界で段階ごとに数を減らしていくようすです。表1の個体数とは、各段階での初期個体数を示しています。例えば昆虫Aでは10000個の卵のうち、卵の段階で1665個が死亡し、8335個体が1齢幼虫になりました。また、2齢幼虫の段階で表1の(ア)の数が死亡し、5005個体が3齢幼虫になりました。

同様に昆虫Bでは、卵の段階で表1の(ウ)の数が死亡し、1齢幼虫になれたのは3000個体です。

表1の死亡率とは、ある段階まで成長できた個体のうち、その段階で死亡する個体の割合を(%)で示したものです。例えば昆虫Aでは卵の段階での死亡率は

$$\frac{1665}{10000} \times 100 \text{ で、整数では17\%です。}$$

表1

成長の段階		A			B		
		個体数	死亡数	死亡率	個体数	死亡数	死亡率
卵		10000	1665	17%	10000	ウ	エ %
1齢幼虫		8335			3000		
2齢幼虫		6670	ア	イ %	900	オ	カ %
3齢幼虫		5005			270		
4齢幼虫		3340			81		
さなぎ		1675			24		
成虫		10			7		

(1) 次の()を適切に補いなさい。

昆虫の卵から幼虫が出てくることを(①)と言います。また、幼虫やさなぎが脱皮、変態して成虫に変わることを(②)と言います。

(2) 表1の(ア)～(カ)を整数で答えなさい。

図1は、段階ごとの変化を見るために、表1の個体数を折れ線で結んだグラフです。昆虫AとBでは、個体数の減り方が異なることがわかります。

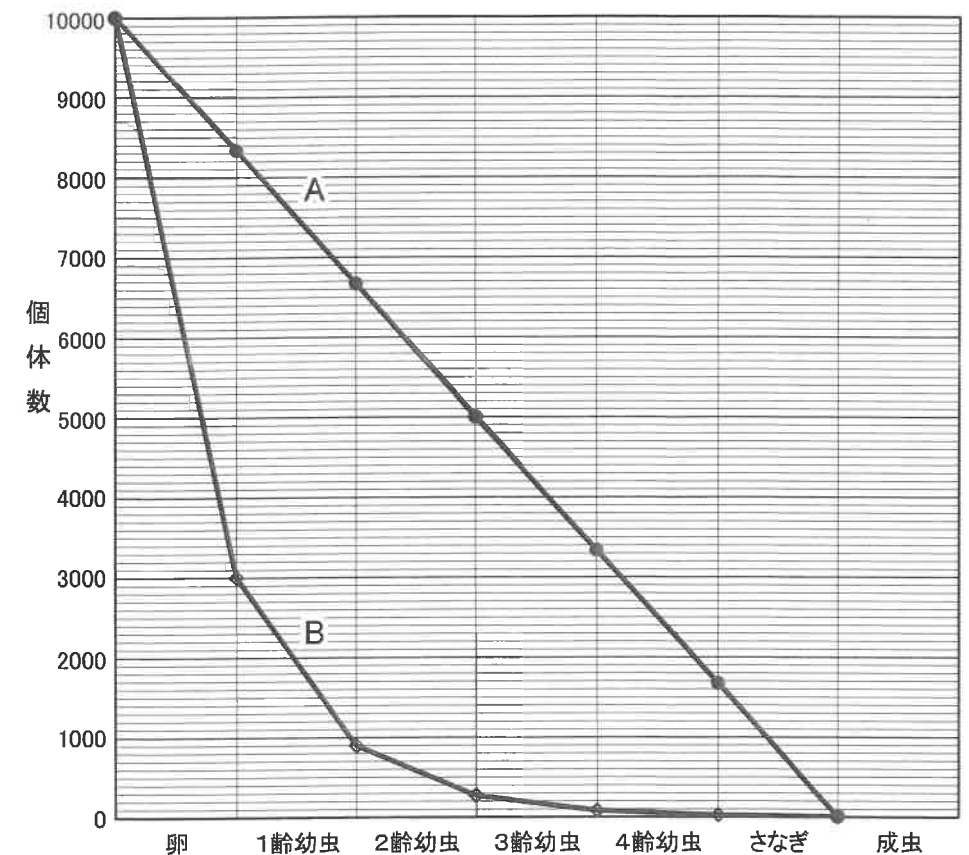


図1

図1の場合、縦軸の目盛りは均等な間隔で、同じ目盛り分なら、長さも同じです。例えば、10目盛り上がるときの長さはどこでも同じで、1000ずつ数が大きくなります。図1の縦軸は、長さで数の差を表しています。

次に、図2のようなグラフを作ると、図1とは異なる特徴をグラフから見つけることができます。図2は、縦軸の目盛りが図1と異なります。

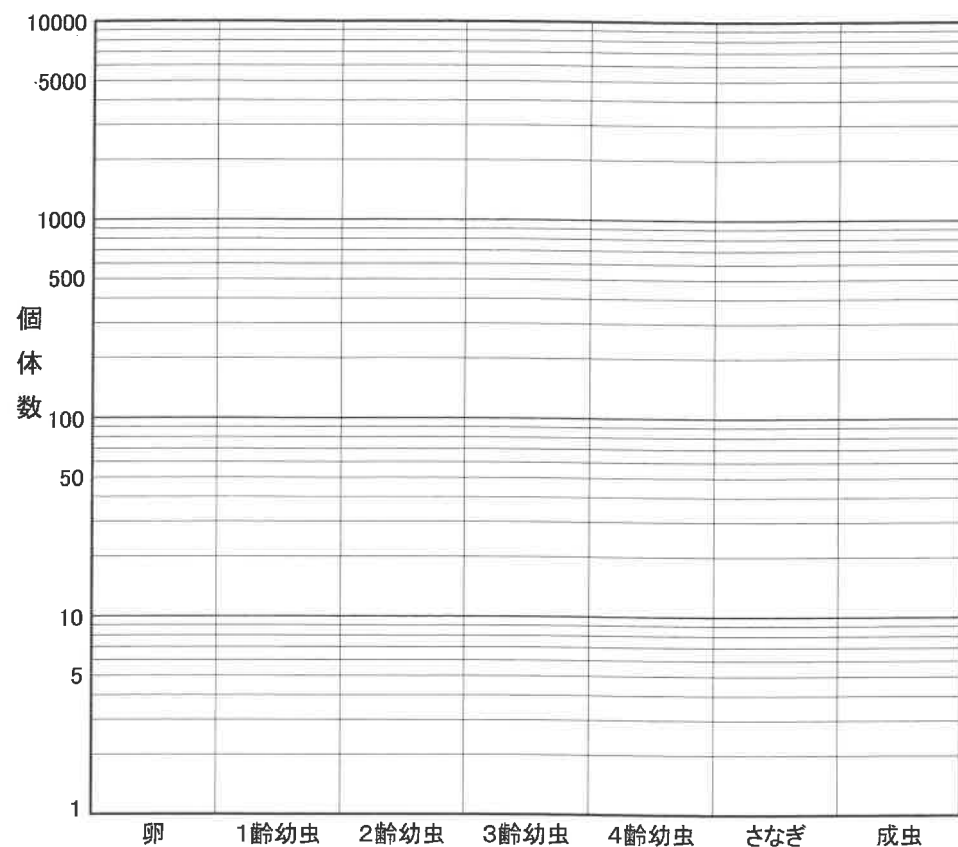


図 2

(3) 図 2 について、次の () に適する数を答えなさい。

図 2 は、縦軸の目盛り幅が均等ではありません。一番下の目盛りは 1 です。1 から 10 までと 10 から 100、100 から 1000、1000 から 10000 までが同じ長さになっています。

1 の 1 つ上の目盛りが 2、その上が 3 です。10 の 1 つ上が 20、その次が 30 です。100 の 1 つ上が 200、その次が 300 です。1000 の 1 つ上が 2000、その次が 3000 です。

例えば、1 から 10 まで、2 から 20 まで、600 から (あ) までが同じ長さで作られていて、(い) 目盛り上がるごとに、もとの数の 10 倍になります。反対に、一番上の 10000 に $\frac{1}{10}$ を (う) 回かけると、一番下の 1 になります。

1 から 2 までと、2 から 4 までは、目盛りの数は異なりますが、長さは同じです。4 から 8 まで、(え) から 10000 までの長さも 1 から 2 までの長さと同じです。10 から 30 までの長さは、30 から 90 までの長さや 200 から (お) までの長さと同じです。2000 から 400 までの長さは、50 から (か) までの長さと同じです。

図 2 の縦軸は、長さの違いで、何倍の違いなのか、何分の 1 の違いなのか、を表すことができます。

図 1 と同じ印を使って、図 2 に昆虫 A と B の個体数を書き込むと図 3 のようになります。ただし、次の (サ) ~ (ス) の点は記されていません。

(サ) A の成虫 (シ) B の 1 齢幼虫 (ス) B の 2 齢幼虫

(4) 図 3 に (サ) ~ (ス) の個体数を、図 1 と同じ印で記入し、(サ) ~ (ス) の記号を書き入れなさい。

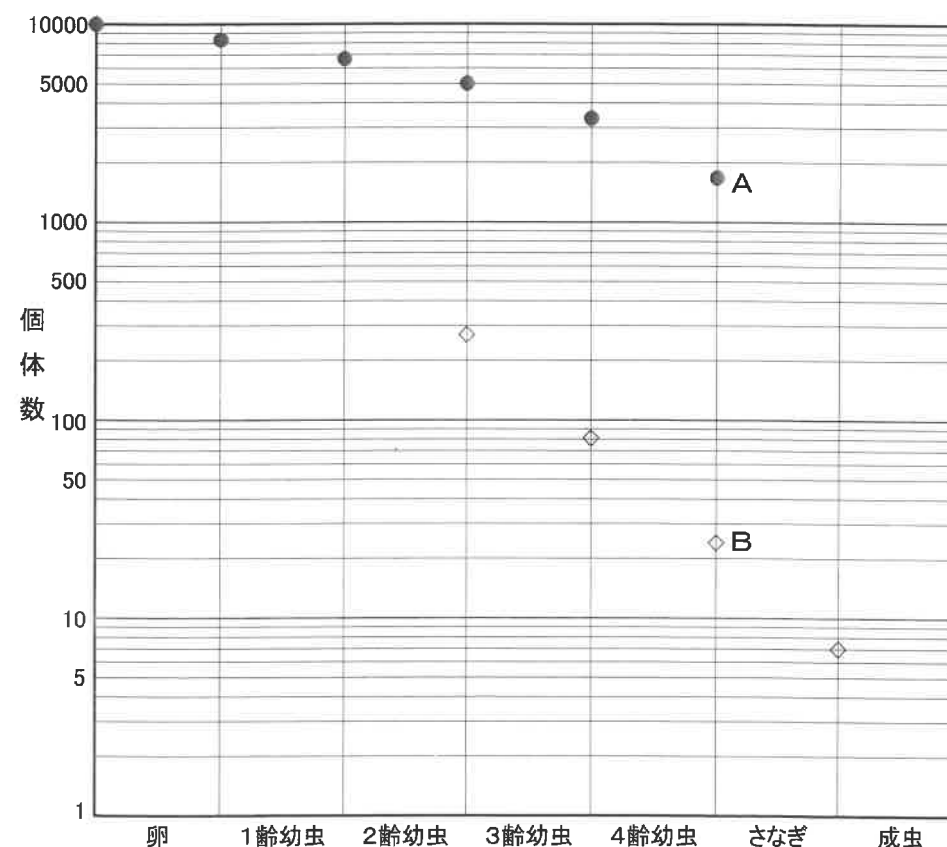
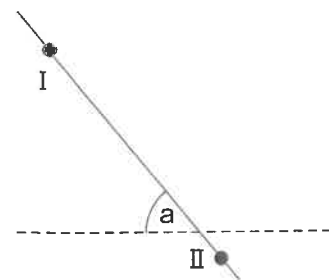


図 3

右のような2つの点IとIIを通る、右下がりの直線を引きます。直線とグラフの横軸とのなす角 a の大きさを、直線の傾き角と呼ぶことにします。

図1と図3では、グラフにおける傾き角が持つ意味が異なります。



(5) 次の〔 〕に適するものを○で囲みなさい。

図1では、昆虫①〔A・B〕において各段階の傾き角がほぼ等しい。

図3では、昆虫②〔A・B〕において各段階の傾き角がほぼ等しい。

表1から、昆虫Aは各段階での③〔死亡数・死亡率〕が等しく、昆虫Bは各段階での④〔死亡数・死亡率〕が等しいことがわかる。また、死亡数に注目すると、1齢幼虫における死亡数が多いのは昆虫⑤〔A・B〕である。死亡率に注目すると、さなぎにおける死亡率が大きいのは昆虫⑥〔A・B〕である。

図1では、グラフの傾き角から⑦〔死亡数・死亡率〕の違いがわかり、図3ではグラフの傾き角から⑧〔死亡数・死亡率〕の違いがわかる。

上の昆虫AとBは実在しない昆虫ですが、次に実在する昆虫Cについて考えます。

昆虫Cはガの仲間で、サクラやヤナギの葉を食べる害虫として知られています。昆虫Cの幼虫は、脱皮をくり返して7齢幼虫まで成長し、さなぎを経て成虫になります。卵から出た幼虫は糸を吐いて網状の巣を作り、集団で生活します。その後、ある齢の幼虫になると単独で生活をするようになります。単独での生活を始めると、他の昆虫や鳥に食われるので、急に死亡率が大きくなります。

ある年、昆虫Cの4287個の卵について、自然の状態での成長を追跡しました。図4に各段階での個体数を示します。

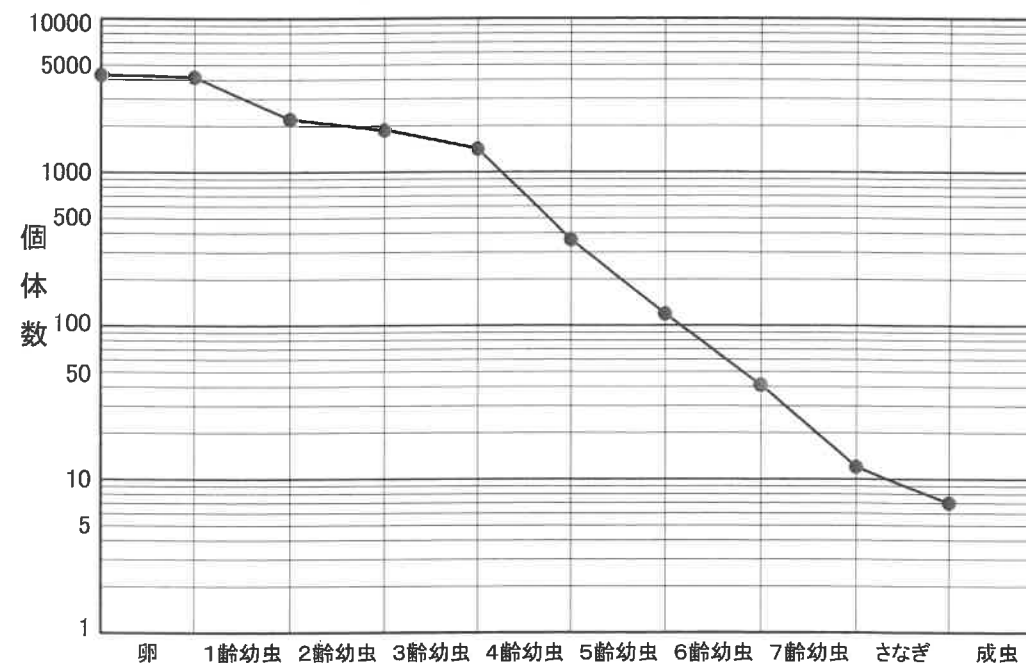


図4

(6) 図4から昆虫Cについて考えられることとして、〔 〕に適するものを○で囲み、()を適切に補いなさい。

7齢幼虫とさなぎを比較すると、死亡数が多いのは①〔7齢幼虫・さなぎ〕の段階である。また、死亡率が大きいのは②〔7齢幼虫・さなぎ〕の段階である。

さなぎまでの各段階のうち、最も死亡率が小さいのは(③)の段階である。

巣での集団生活をやめて単独での生活を始めるのは、(④) 齢幼虫だと考えられる。

次の問いに答えなさい。

2019年2月7日早朝、関東平野の東部を中心に広い範囲で濃い霧が発生しました。図1のように東京スカイツリー周辺では、ビルがすっぽりと霧におおわれ、東京スカイツリーは霧の中からそびえ立っているように見えました。近隣の交通機関は、通勤通学時に運休や大幅な遅れが生じ、大きな支障が出ました。



図1 東京スカイツリー周辺の霧のようす

図2の天気図は、2月6日から2月8日のそれぞれ午前9時のものです。天気図の中で、Lは低気圧、Hは高気圧を表します。数字は中心の気圧を示しています。

低気圧の中心からは、性質の異なる空気の境界線（前線）も描かれています。また、図の中に描かれている曲線は、等しい気圧を結んだ等圧線とよばれる線です。

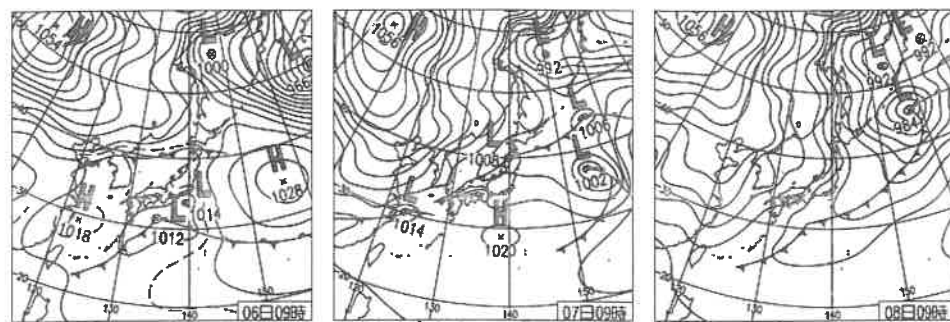


図2 2019年2月6日、7日、8日の日本付近の天気図

図3は、つくば市、^{あびこ}我孫子市、千葉市の位置を示しています。次ページの図4は、各都市における2月6日12時から2月8日12時までの、気温の変化を表しています。



図3 観測した3都市と東京スカイツリーの位置

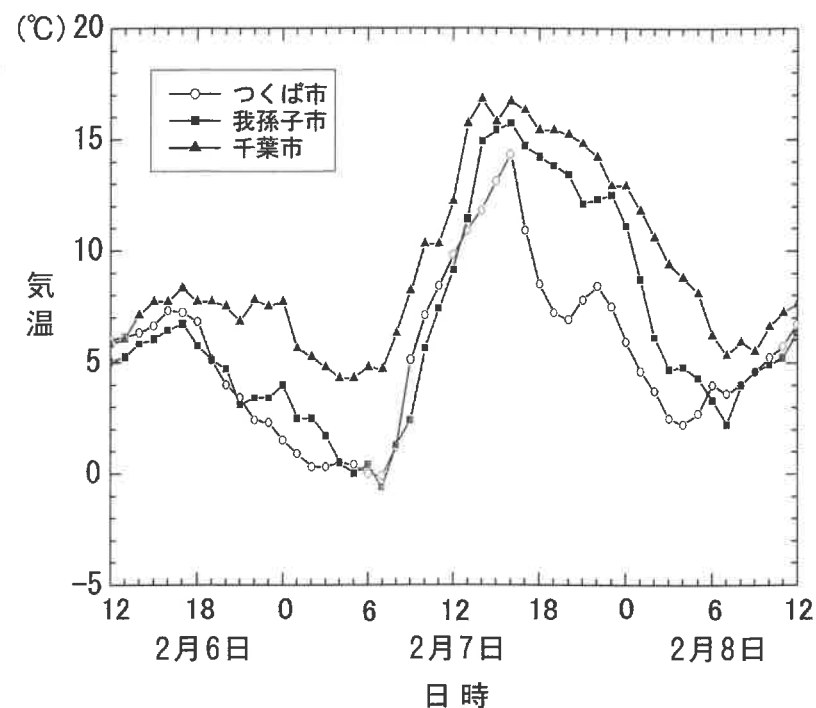


図4 観測した3都市の気温の変化

(1) 図2、図3、図4から、関東地方の気象のようすとして、正しい文をすべて選び、記号を答えなさい。

- (ア) 低気圧は、東から西へと進んでいく。
- (イ) 2月6日はくもり、もしくは雨模様で、日照時間が短かった。
- (ウ) 大陸からの高気圧が移動し、2月7日から晴れてきた。
- (エ) 2月7日早朝は、2月8日早朝より冷え込みが厳しい。
- (オ) 千葉市は海に近いので、他の都市よりも朝方の気温の低下が小さい。

空気には水蒸気が含まれています。 1 m^3 の空気に水蒸気が含まれる量には限度があり、温度によって異なることがわかっています。この限度を飽和水蒸気量とよびます。図5は、温度と飽和水蒸気量の関係を示しています。

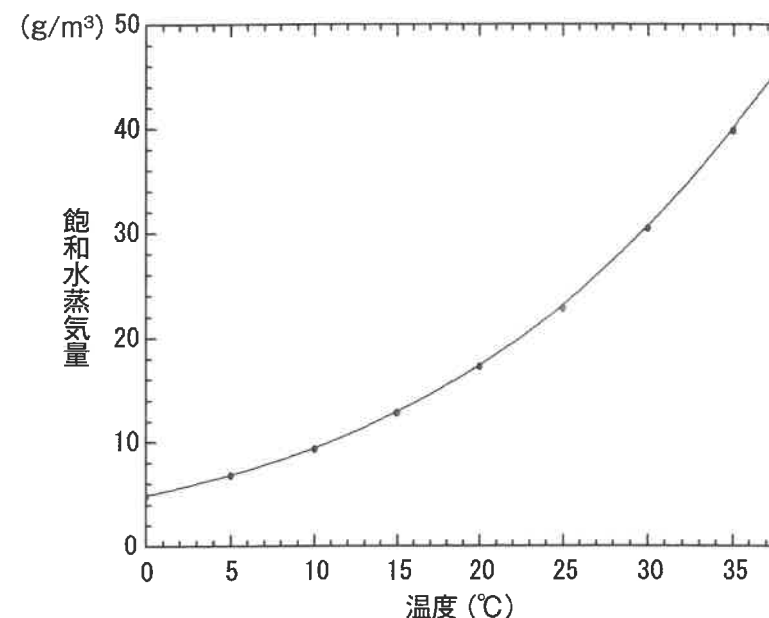


図5 温度による飽和水蒸気量の違い

(2) 次の()に適切な値を整数で答えなさい。

1 m^3 の空気について考えます。 30°C では、 30g まで水蒸気を含むことができます。実際に含まれている水蒸気が 15g だった場合、飽和水蒸気量に対する割合は50%なので、このときの湿度は50%である、といいます。したがって、 24g の水蒸気を含んでいると湿度は(ア)%ということになります。一方で、飽和水蒸気量が $24\text{g}/\text{m}^3$ となる温度は、(イ) $^\circ\text{C}$ です。 1 m^3 の空気に含まれる水蒸気量が飽和水蒸気量と等しくなる温度を露点温度とよびます。

水蒸気を含んだ空気を冷やしていくと、露点温度で湿度は(ウ)%となります。露点温度より低くなると、飽和水蒸気量を超えた分の水蒸気は、液体の水になります。霧や雲は、このように水蒸気を含んだ空気が冷やされることによって発生します。

水蒸気を含んだ空気を冷やすと、液体の水ができることを確かめる実験をしました。図6のように、ビーカーに水蒸気が発生しやすいようにぬるま湯を入れ、空気を冷やすために保冷剤をのせました。すると、ビーカー内にもやまとした白い霧のようなものがあらわれました。

図7、図8、図9は、つくば市で観測された、気温、露点温度、および湿度の変化です。2019年2月6日12時から2月8日12時までの観測となっています。

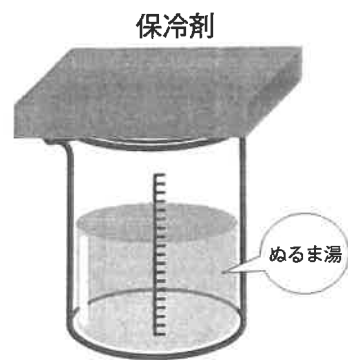


図6 霧の発生実験

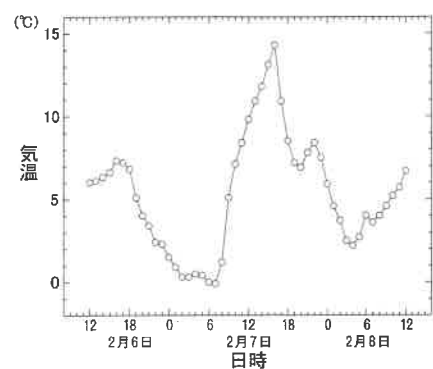


図7 つくば市の気温の変化

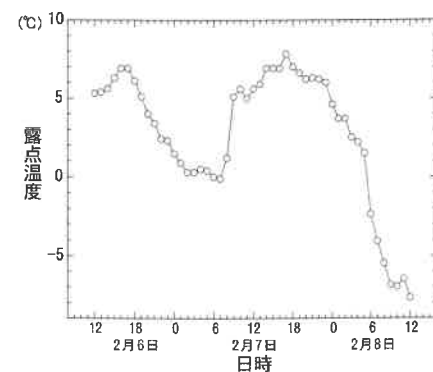


図8 つくば市の露点温度の変化

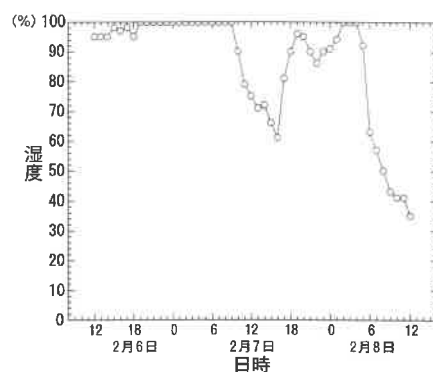
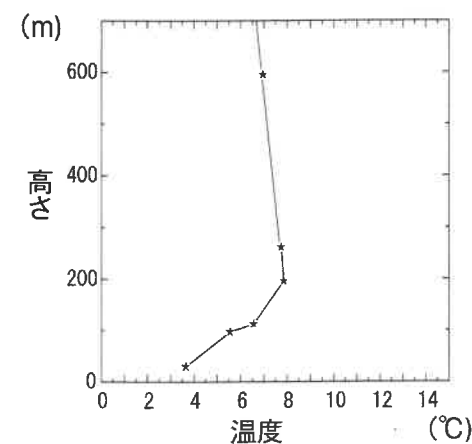


図9 つくば市の湿度の変化

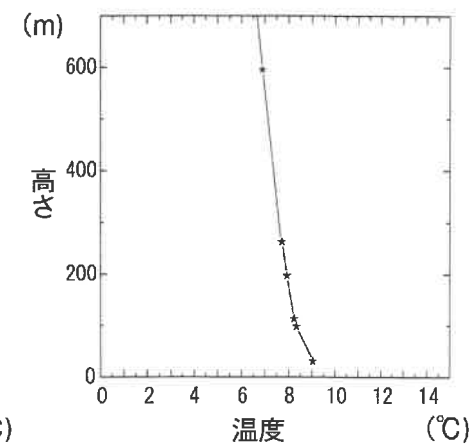
(3) 次の [] に適するものを選び、○で囲みなさい。

ビーカー内の白い霧は、①[上方・下方] からあらわれます。これは、ビーカー内の水蒸気が冷やされて②[凝結・蒸発] したからです。図7、図9から、2月6日は夜間も湿度が③[高い・低い] 状態が続き、気温は④[上昇・低下] していきました。そして、図6の実験の保冷剤にあたる⑤[地面・宇宙] が空気を冷やしたため、気温と露点温度の差が⑥[小さく・大きく] なっていました。このような条件で、2月7日朝に霧の発生が見られたと考えられます。

東京スカイツリーの高さは634mです。上空の水蒸気の量が地上付近と同じだとすると、図1のような霧が見られたことから、東京スカイツリー周辺での高さ気温との関係は下の図⑦[A・B] のようになっていたと推測できます。



A



B

肉眼で物体がはっきりと確認できる最大の距離のことを、視程^{してい}とよびます。
 空気中に汚染物質が多かったり、霧が発生していると、視程は小さくなります。
 図10、図11、図12は、千葉市における、2019年2月7日6時から16時までの気温、
 風速、および視程の変化の記録です。

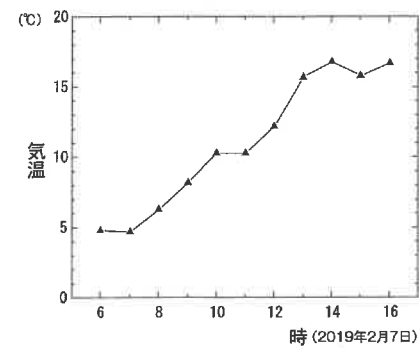


図10 千葉市の気温変化

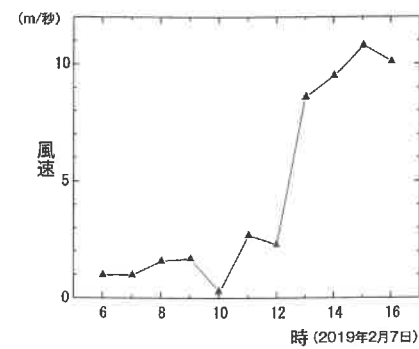


図11 千葉市の風速変化

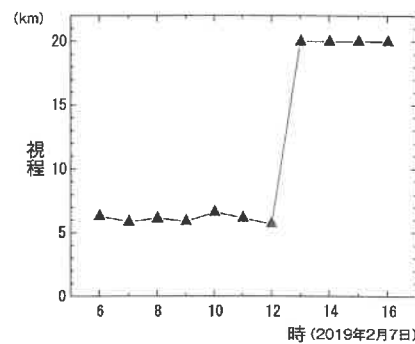


図12 千葉市の視程変化

(4) 次の [] に適するものを選び、○で囲みなさい。

霧が発生していた時間帯は、気温が①[高い・低い] だけではありませんでした。風が②[強く・弱く]、霧の発散が起こりにくかったと考えられます。視程は、③[6・9・12] 時頃から劇的に良くなっています。これは、風が④[強く・弱く] になったこと、気温が⑤[高く・低く] になったことが理由としてあげられます。

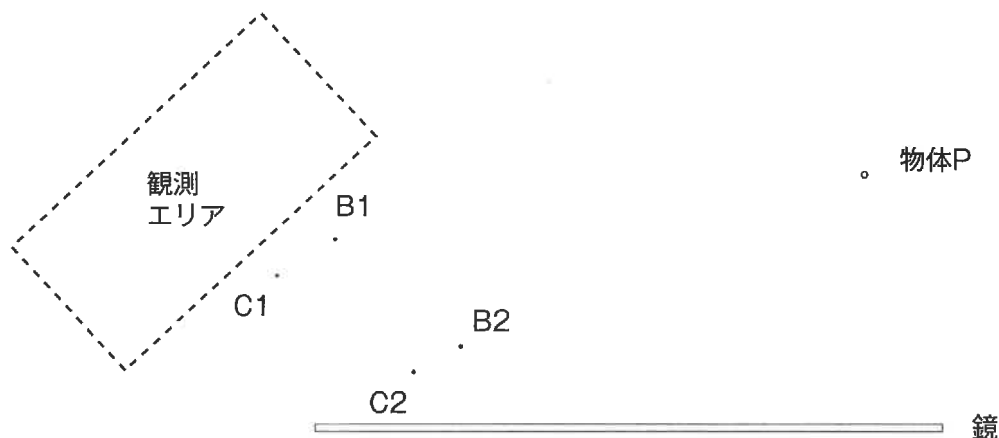
1

ピンの位置

(1)

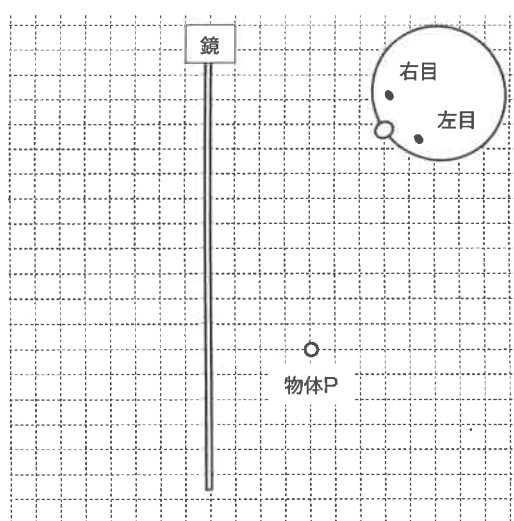
新たなピン
の見える方

(2)



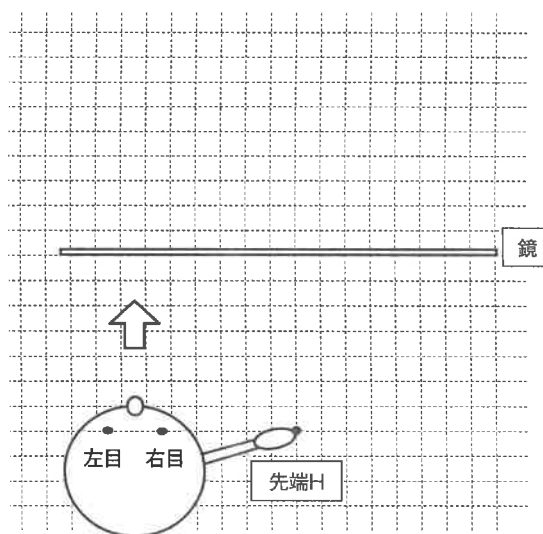
(3)

(4)



(5)

①



②

右目

左目

※

2

と

3

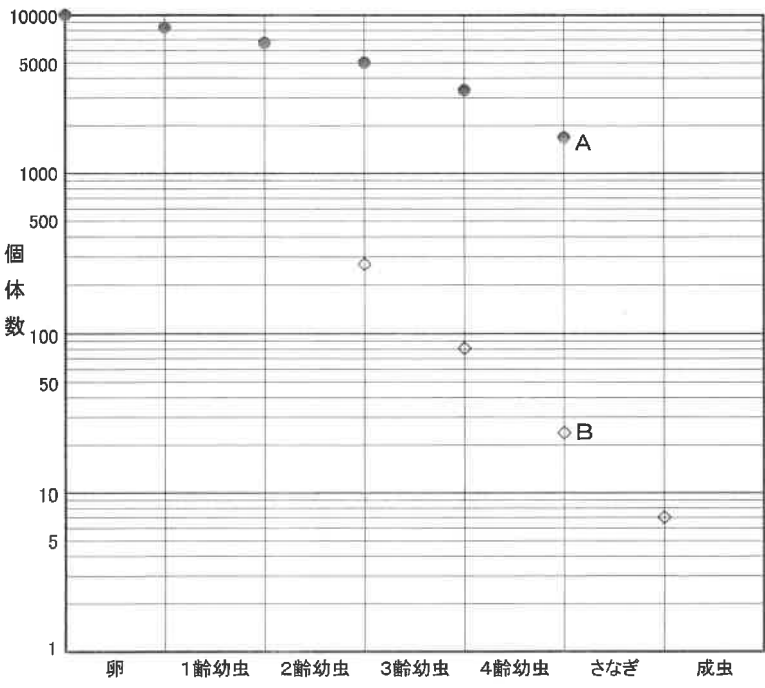
は裏面にあります

受 験 番 号				氏 名	

※

※

2

(1)	①		②			
(2)	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
		%		%		%
(3)	あ	い	う	え	お	か
(4)						
(5)	① [A ・ B]	② [A ・ B]	③ [死亡数 ・ 死亡率]	④ [死亡数 ・ 死亡率]		
	⑤ [A ・ B]	⑥ [A ・ B]	⑦ [死亡数 ・ 死亡率]	⑧ [死亡数 ・ 死亡率]		
(6)	① [7 齢幼虫 ・ さなぎ]		② [7 齢幼虫 ・ さなぎ]		③	④ 齢

※

3

(1)					
(2)	ア	イ	ウ		
	%	℃	%		
(3)	① [上方 ・ 下方]	② [凝結 ・ 蒸発]	③ [高い ・ 低い]	④ [上昇 ・ 低下]	
	⑤ [地面 ・ 宇宙]	⑥ [小さく ・ 大きく]	⑦ [A ・ B]		
(4)	① [高い ・ 低い]	② [強く ・ 弱く]	③ [6 ・ 9 ・ 12]	④ [強く ・ 弱く]	⑤ [高く ・ 低く]

※