

この問題は、あなたの創造力、論理的な思考の能力、それを文章や模式図などで表現する能力、および、生物学の基礎的知識を知ることが目的としています。設定は基本的に架空であり、記載されている事項以外は、自由に状況を設定して答えてください。ただし、どのような設定をしたかを明確に表現することに留意してください。

評価にあたっては、受験生一人一人の経歴や志望研究分野による問題の難易度の違いを考慮します。

以下の問題文を読み、問 1～4 に答えてください。

- ※ 必要に応じて、模式図や表などを効果的に用いることが推奨されます。
- ※ 複数解答が求められているときには、できるだけ異なった観点からの解答が望まれます。
- ※ 解答用紙の指定のスペースからはみ出さないようにしてください。

三島市にある三島ホテルパークには二つの明らかに異なる「タイプ」のホテルがあります。ひとつのタイプは青い光を放ち、ジグザグ様の軌跡で飛行します。もうひとつのタイプはオレンジ色の光を放ち、ねじれた軌跡で飛行します。このような特徴は個々のホテルの一生を通して変わりません。「青-ジグザグタイプ (Blue Zigger、以下 BZ と呼ぶ)」と「オレンジ-ねじれタイプ (Orange Spiraler、以下 OS と呼ぶ)」の飛行パターンを図 1 に示します。

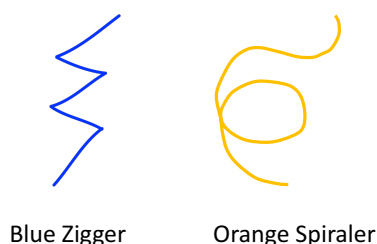


図 1 ホテルの表現型。二つのタイプの典型的なパターンを示す。

谷田高校の生徒たちは 10 年以上、ホテルパークでデータを集めていました。彼らは、パーク内のホテル集団は単一種 (BZ タイプと OS タイプは交配する) であることを明らかにしています。

2016 年の 7 月に、1000 匹のホタルを観察したところ、以下のような結果でした。

「青-ジグザグタイプ」	BZ	382
「オレンジ-ねじれタイプ」	OS	614
「青-ねじれタイプ」	BS	3
「オレンジ-ジグザグタイプ」	OZ	1

問 1 a

BZ と OS の表現型の違いが、二つの遺伝的違いに起因すると仮定した場合、どうして集団内に「青-ねじれタイプ」BS や「オレンジ-ジグザグタイプ」OZ はまれにしか観察されなかったのか、二つの異なる可能性を提唱してください。答えに計算は必要ありません。

問 1 b

BZ と OS の表現型の違いを、二つではなく、単一の遺伝的違いで説明してください。答えに計算は必要ありません。どのような仮定をしたのかを記述してください。

図 2 は「青-ジグザグタイプ」(BZ) と「オレンジ-ねじれタイプ」(OS) の比率を 10 年間観察した結果です。ホタルは毎年、冬 (2 月) と夏 (7 月) に一度ずつ収集しました。これ以外の表現型は非常にまれ、または観察されませんでした。

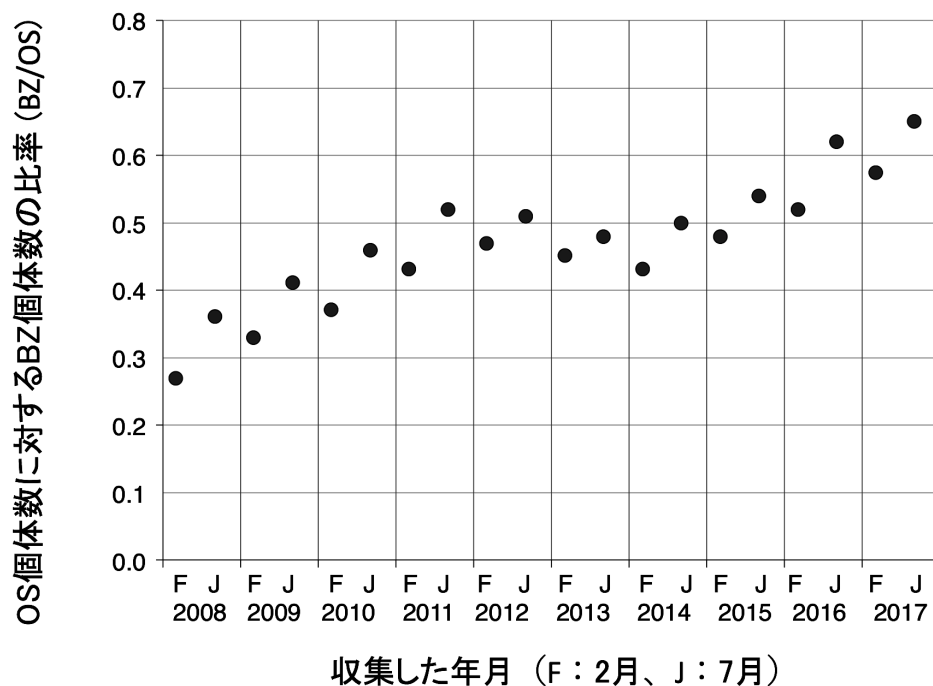


図 2 2008 年から 2017 年の三島ホテルパークでのホテルのタイプの比率

問題 2a

このグラフを見て、特に重要だと考えられるパターン/規則性を二つ記述してください。

問題 2b

問題 2a で記述したパターン/規則性から、2020 年 7 月の OS に対する BZ の比を予測してください。予測の理由・計算法も記述してください。

問題 2c

問題 2a で述べた二つのパターン/規則性の両方を説明できる二種類の仮説(仮説①、仮説②)を提唱してください。仮説とグラフのパターン/規則性との関係についても説明してください。

問題 2d

谷田高校の生徒は、図 2 に示した期間で別の観察結果を持っています。あなたが問題 2c で提唱した二種類の仮説(仮説①、仮説②)を検証するために、それぞれどのような情報があると役立つでしょうか。その情報によって、あなたの仮説がどのように支持または反証されるのかを明確に記述してください。

三島市と姉妹都市である葉山市にも独自のホタルパークがあります。葉山ホタルパークのホタルは単一の「タイプ」であり、個々の一生の間にその表現型を、**BZ**（青い光でジグザグ飛行）と **OS**（オレンジ色の光でねじれ飛行）の間で変化させます。

それぞれのホタルのゲノム配列を決定したところ、葉山のホタルと三島のホタルは、ゲノムの単一の領域のみ（**X** 領域）が異なっていました。この領域には以下のような蛋白質をコードする 5 種類の遺伝子が存在していました。

- X1** 転写因子
- X2** 受容体型膜蛋白質
- X3** 微小管制御因子
- X4** 蛋白質リン酸化酵素
- X5** 機能未知の新規の蛋白質

問題 3

葉山と三島のホタルの表現型を分子レベルで説明するモデルを提唱してください。解答には **X1-X5** 遺伝子のうち最低一つを含んでください。図を使うことを推奨します。あなたの仮説は、三島での異なる二種の「タイプ」（**BZ** と **OS**）の存在およびその混合型（**BS** と **OZ**）がまれなこと、そして、葉山のホタルが表現型を変化させることを説明する必要があります。

三島／葉山交流協会では両市の間での共同研究を募集しています。三島と葉山のホテルについてさらに理解するために、これまで（問題1－3）の結果と情報を基に、研究提案書を作成してください。図を使うことを推奨します。

問題4a 研究タイトル

問題4b 研究の動機・仮説

問題4c 実験方法

問題4d 予想される結果とその解釈（どのような結果によって、あなたの仮説が支持または反証されるのかを明確に記述してください）

This examination is aimed at measuring your creativity, your abilities in logical thinking and writing (including drawing schematics), as well as your basic knowledge in biology. The setting of the questions is basically imaginary. You are free to choose experimental settings unless they are described, but please describe your settings clearly in the answer sheet.

When we evaluate the answers, we will take your research backgrounds and future research interests into consideration.

Read the following story and answer Q1 to Q4.

** Effective use of schematics and/or tables is highly recommended.*

** When multiple answers are requested, answers from different angles are preferable.*

** Please write and draw your answers within the assigned spaces in the answer sheet.*

Mishima Firefly Park in Mishima city is home to a firefly population in which individuals fall into two clearly distinct “types”. One firefly type emits a blue-colored light and flies in a zig-zag pattern. The other emits an orange-colored light and shows a spiral flight pattern. These characteristics are stable throughout the lifetime of an individual firefly. The flight patterns for “Blue Ziggers” (hereafter called BZ) and “Orange Spiralers” (hereafter called OS) are shown in Fig 1.

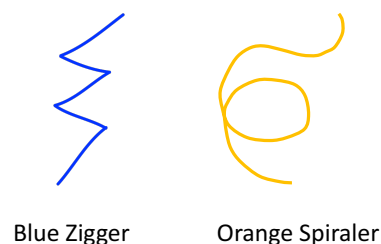


Fig 1. Firefly phenotypes. Typical patterns are shown for the two types.

Yata high school students have been collecting data at the firefly park for over 10 years. They have determined that the population consists of a single species (BZ and OS interbreed).

In July 2016, the observed counts among 1000 fireflies were as follows:

Blue Ziggers	(BZ)	382
Orange Spiralers	(OS)	614
Blue Spiralers	(BS)	3
Orange Ziggers	(OZ)	1

Q1a)

Assuming two genetic differences underlying the observed differences between BZ and OS fireflies, propose two possible reasons why Blue-Spiralers (BS) and Orange-Ziggers (OZ) were rare in this population. You do not need any numerical calculations in your answer.

Q1b)

Explain the observed differences between BZ and OS fireflies by assuming a single rather than two genetic differences. You do not need any numerical calculations in your answer but please state any assumptions that you make in your answer.

Fig. 2 below shows the ratio of Blue Zigger (BZ) to Orange Spiraler (OS) fireflies over a 10 year span. Collections were undertaken once in the winter (February) and once in the summer (July) every year. Other phenotypes were absent or very rare in all years.

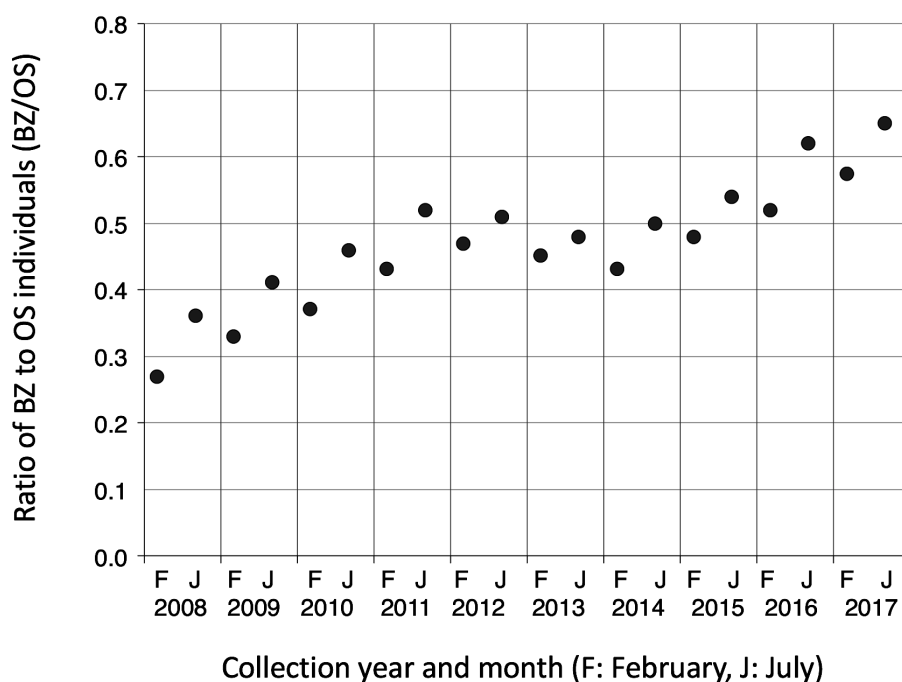


Fig. 2. Ratio of firefly types in Mishima Firefly Park from 2008 to 2017.

Q2a)

Describe two key patterns/regularities in the graph.

Q2b)

Based on the patterns/regularities you described in Q2a, predict the ratio of BZ to OS in July 2020. Please be sure to describe your reasoning and/or calculation in addition to your prediction.

Q2c)

Propose two different hypotheses (hypothesis ① and hypothesis ②) each of which explains both of the patterns/regularities you described in Q2a. Please be sure to explain how they relate to the patterns/regularities in the graph.

Q2d)

Yata high school students have other observation data from the time period shown in Fig. 2. What additional information would help to test each of the hypothesis you proposed in Q2c (hypothesis ① and hypothesis ②)? Please clearly describe how the information would support or refute your hypotheses.

Hayama, a “sister city” to Mishima, has its own firefly park. In Hayama Firefly Park, the firefly population consists of a single “type” that switches between BZ (blue color emission / zig-zag flight) and OS (orange color emission / spiral flight) phenotypes within their lifetime.

Whole genome sequencing of fireflies in Mishima and Hayama showed that their genomes differ only at a single region (region X) that encodes the following proteins.

X1	Transcription factor
X2	Receptor-type membrane protein
X3	Microtubule regulator
X4	Protein kinase
X5	Protein with unknown function

Q3

Propose a model at the molecular level to explain the difference between Hayama and Mishima firefly phenotypes. Your answer should include at least one of the genes (X1-X5). Schematics are encouraged. Your idea should explain the two main phenotypes (BZ and OS) in Mishima and the rarity of “mixed” types (BS and OZ). In addition, your hypothesis should explain the switching of the color/flight phenotypes in the Hayama population.

Q4

The Mishima/Hayama exchange foundation supports collaborative research projects between these cities. Write a proposal to further understand the biology of Mishima and Hayama fireflies based on the findings or information given above (Q1-Q3). Please use schematics where helpful.

Q4a) Title of the project

Q4b) Motivation/specific hypothesis

Q4c) Experimental design

Q4d) Possible results and interpretation (please state how particular results will support/refute your hypothesis)

問1a 可能性 1

可能性 2

問 1b

問 2a パターン/規則性 1

パターン/規則性 2

問 2b 予測した比

理由・計算法

問 2c 仮説 ①

仮説 ②

問 2d 仮説 ①

役立つ情報

情報によって仮説がどのように支持または反証されるのか

仮説 ②

役立つ情報

情報によって仮説がどのように支持または反証されるのか

問 3

問 4a 研究タイトル

問 4b 研究の動機・仮説

問 4c 実験方法

問 4d 予想される結果とその解釈

Q1a) Possible reason 1

Possible reason 2

Q1b)

Q2a) Patterns/regularities 1

Patterns/regularities 2

Q2b) Predicted ratio

Reasoning/calculation

Q2c) Hypothesis ①

Hypothesis ②

Q2d) For hypothesis ①

Additional information

How the information would support or refute your hypothesis

For hypothesis ②

Additional information

How the information would support or refute your hypothesis

Q3)

Q4a) Title

Q4b) Motivation/specific hypothesis

Q4c) Experimental design

Q4d) Possible results and interpretation