



日本生物学オリンピック 2025

本選 東京大会

実習試験 2(大問 2)

問題冊子

- 問題冊子，解答用紙 2 枚，注意事項，メモ用紙，実習試験 2 に関するお知らせが配布されているかを確認しなさい。
- 問題冊子の表紙，解答用紙（2 枚とも），メモ用紙の所定欄に受験番号，氏名を記入しなさい。
- 注意事項をよく読むこと。

問題冊子は，監督員の合図があるまでは開けてはいけません。

受験番号	氏名

準備作業

指示に従って以下の作業を進めます。

1. コンピュータがスリープしている場合、スリープを解除してください。パスワードは”biology”です。

更新が始まった場合、バッテリーの異常を知らせる表示が出た場合など、スリープ状態が解除されない場合は挙手して申し出てください。Copilot のウィンドウが開いたら直ちに閉じてください。インターネットへの接続は禁じます。一部のパソコンには Excel がインストールされていますが、Excel の使用は禁じます。起動させないでください。

2. FIJI と R のウィンドウが開いており、両ソフトウェアが起動していることを確認してください。

もし FIJI が起動していない場合は、デスクトップ上の FIJI のフォルダまたはショートカットを開き、**ImageJ-win64.exe** というファイルを開いて FIJI を起動してください。FIJI が起動した後に「There are updates available. Do you want to start the Updater now?」というウィンドウが開いたら、「Remind me later」をプルダウンメニューから選択し、OK を押してください。もし R が起動していない場合は、デスクトップ上の R のショートカットを開いて R を起動してください。解答中に FIJI と R が終了してしまった場合は、この手順に従って起動してください。

3. R の設定を行います。

R のウィンドウを選択し、**library(“ggplot2”)**と入力して実行し、ggplot2 パッケージを読み込んでください。**setwd(“C:/Users/biology/Desktop/Data”)**と入力して実行し、作業ディレクトリを設定してください (hp のコンピュータを使っている方は、**setwd(“C:/Users/user/Desktop/Data”)** と入力して実行してください)。

list.files()と入力して実行し、[1] “Data.csv” “第 2 問”と表示されれば問題ありません。

デスクトップの Data フォルダの第 2 問のフォルダを開き、40 個の画像ファイルがあることを確認してください。回答初めの合図があるまで画像ファイルを開いてはいけません。

次頁以降は問題用紙のため、解答はじめの合図があるまで めくってはいけません

問題1 次の文章を読み、問1から問7に答えなさい。解答後に指示1と指示2に記された作業を行いなさい。次ページに参考コマンド集があるので、適宜使用しなさい。

海洋シアノバクテリアは炭素固定と窒素固定による第一次生産物の供給を介して海洋生態系の基盤を支えている。食用の海産底生動物を養殖する際の餌として用いるために、あるシアノバクテリアに注目してその最適増殖条件を調べることにした。培養液に一定量の生菌を入れ、異なる温度と pH のもとで一定時間培養したのちに集菌し、培養液に入れた菌の乾燥重量と、培養後の菌の乾燥重量とを比較し、その差を記録したものが Data.csv である。一列目が乾燥重量の増加量 (mg/L) であり 2 列目が培養液の水素イオン指数 (pH)、三列目に培養時の温度 (°C) が記されている。

以下の問いは R を用いて解答しなさい。

問 1. 24°C で培養した後の乾燥重量の増加量を pH6、pH7、pH8、pH9 のそれぞれについて答えよ。

問 2. 培養温度が高い方が多くの菌が得られるか調べたい。24°C で培養した後の乾燥重量と 30°C で培養した後の乾燥重量の間に違いがあるか、R を用いて t 検定を行い、 p -value を答えよ。ただし pH の違いは無視しなさい。

問 3. pH8 で培養したときの温度と乾燥重量の増加分の関係を散布図で表し、その結果をデスクトップに保存しなさい。R Graphics のウィンドウを選択して Active にしたのちに、ファイル/別名で保存/PNG を選んで、ファイル名を「問 3」と「受験番号」を含むようにしてデスクトップの Data という名のフォルダに保存しなさい。

問 4. pH8 で培養したときの温度と乾燥重量の増加分の相関係数 r を答えなさい。また、この結果からどのようなことが言えるか答えなさい。

問 5. R を用いて lm 関数を使い、pH6 から pH9 までの結果を全て用いて乾燥重量の変化を pH で説明できるか、線形回帰分析して調べなさい。summary 関数を使って結果を表示させ、乾燥重量の増加を pH により説明できると言えるか根拠とともに答えなさい。ただし、有意水準を 0.05 とする。

問 6. 乾燥重量の変化を温度と pH の二つの変数で説明できるか線形重回帰分析により調べなさい。温度と pH のそれぞれについて、乾燥重量の変化を説明すると言えるか、根拠とともに答えなさい。

問 7. 問 5 と問 6 の結果の違いについて理由とともに説明しなさい。

解答後の作業

指示 1 : R のファイルメニューから履歴の保存.. を選択し、デスクトップの Data という名のフォルダに履歴を保存しなさい。ファイル名には問題番号 (問題 1) 受験番号と名前を含めなさい。

指示 2 : 第 2 問に進む前に R を終了させなさい。再度 R を起動させ、準備作業 3 を行いなさい。

参考コマンド集

1. `abs()`
2. `acos()`
3. `asin()`
4. `atan()`
5. `cbind()`
6. `cor.test()`
7. `cos()`
8. `data.frame()`
 - a. `x1`, `x2` というベクトルがある場合、`x = data.frame(x1, x2)` と入力すると `x1` を一列目、`x2` を二列目にした、`x` というデータフレームが作成される。
 - b. `x = data.frame(matrix(nrow = 3, ncol = 3))` と入力すれば、3 行 3 列の `x` というデータフレームが作成される。値は入っておらず、`x[1, 1] = 12.34` と入力すれば、1 行目 1 列目の値が 12.34 となる。
9. `getwd()`
10. `geom_histogram()`
11. `geom_point()`
12. `ggplot()`
13. `hist()`
14. `library()`
15. `list.files()`
16. `lm()`
17. `read.csv()`
18. `sqrt()`
19. `summary()`
20. `sin()`
21. `tan()`
22. `t.test()`
23. `x[,]` (`x` というデータフレームの 1 行目の 3 列目のデータを取り出す時 : `x[1, 3]`)

問題2 次の文章を読み、問1から問6に答えなさい。解答後に指示3と指示4に記された作業を行いなさい。問題1のRの参考コマンド集を適宜使用しなさい。

ドイツの動物学者であるOscar Hertwigは1884年に細胞分裂の起こる方向は、細胞の形によって決定されることを提唱した。この仮説を検証するために、細胞分裂期における細胞の輪郭、染色体、および紡錘体の写真を撮った。これらの画像データから細胞の形と細胞分裂の方向を定量的に測定してHertwigの仮説を検証する方法を考え、その方法・解析・結果について述べなさい。なお、問題文中の「結果を可視化する」とは、測定した結果の数値データはグラフや表などの形で整理して示すことを指すものとする。

問1. ①～⑩の写真を見て、細胞分裂の方向と関係があると考えた細胞の形の要素のうち、最も適切なものを一つ答えなさい。なお、ファイル名は以下のようになっている。

A_RGB.tif : 細胞の輪郭、染色体、紡錘体の三重染色像 (写真A)

A_red.tif : 写真Aの赤色のシグナルのみを抽出した白黒画像

A_green.tif : 写真Aの緑色のシグナルのみを抽出した白黒画像

A_blue.tif : 写真Aの青色のシグナルのみを抽出した白黒画像

問2. 問1の解答で述べた関係性を検証するために、細胞の分裂方向を定量的に計測したい。細胞の分裂方向を計測し、データを可視化するための具体的な方法を説明しなさい。ただし、以下の解答例の通り、どのような方法で細胞の分裂方向を測定し、その結果を可視化するのか、その手順を具体的に記述すること。

【解答例：核の面積を測定する場合】

核の染色の画像を二値化して核の領域を抽出する。このときの閾値はXとする。次に、analyze particle を用いてそれぞれの領域の面積を測定する。核の面積の分布を箱ひげ図を用いて可視化する。

問3. 問2の解答で述べた方法を用いて①の細胞の分裂方向を計測し、数値で答えなさい。

問4. 問1の解答で述べた細胞分裂の方向と関係があると考えた細胞の形の要素を定量的に計測したい。細胞の形を計測し、データを可視化するための具体的な方法を説明しなさい。

問5. 問4の解答で述べた方法を用いて①の細胞の形を計測し、数値で答えなさい。

問 6. 問 2, 問 4 の解答で用いた計測方法を用いて①～⑩の細胞について同様の計測を行い、細胞の分裂方向と, 問 1 の解答で述べた細胞の形の関係性について検証しなさい。ただし、何らかの形でデータを可視化すること。可視化した結果のグラフ・表などのデータについては電子データとして解答用フォルダに保存すること。作成したグラフは、R Graphics のウィンドウを選択して Active にしたのちに、ファイル/別名で保存/PNG を選んで、ファイル名を「問 6」と「受験番号」を含むようにしてデスクトップの Data という名のフォルダに保存しなさい。

解答後の作業

指示 3 : R のファイルメニューから履歴の保存.. を選択し、デスクトップの Data という名のフォルダに履歴を保存しなさい。ファイル名には問題番号 (問題 2)、受験番号、および名前を含めなさい。

指示 4 : この後、問題 1 を解答する場合は、R を終了させてから再度 R を起動させ、準備作業 3 を行いなさい。