

No.6 系統樹・分子時計 —— 木村中立説・同義/非同義置換で読む

導入

系統樹の問題で「枝の長さから分岐時期を求める」設問は、高校の「塩基配列の違いを数える」レベルでは解けない。木村資生の中立進化説（ほとんどの変異は中立であり、置換速度は一定）と、同義置換・非同義置換の違いを知れば、分子時計の計算・系統樹の読み取り・自然選択 vs 中立進化の論述が完全にできる。入試の系統樹問題の最難問をこの2つの概念でカバーする。

授業目標

- 木村の中立進化説の内容と分子時計の概念・前提条件を正確に説明できる
- 同義置換（サイレント置換）と非同義置換（アミノ酸置換）の違いと進化速度の差を論じられる
- 塩基置換数・分岐年代・分子進化速度の計算を系統樹問題で正確に行える
- 自然選択が働く遺伝子 vs 中立な遺伝子の判別を同義/非同義比（dN/dS）で行える

授業構成（90分）

時間	内容
0～15分	衝撃体験：「この遺伝子に自然選択は働いているか」問題 → dN/dS比で即判別
15～40分	木村中立説・分子時計・同義/非同義置換の概念と計算方法の解説
40～65分	系統樹の分岐年代計算・dN/dS比を使った自然選択の検出実習
65～90分	旧帝大・理学部過去問（系統樹・分子進化）を大学知識で解く演習

課題

授業後：指定の系統樹データを使い、「分子時計を仮定した場合の分岐年代」と「自然選択の有無の判定」を論述せよ。

備考

理（生物）・生命科学系対応。分子進化・系統学の出題が多い大学（東大・京大・理学部全般）を志望する受験生に特に推奨。

AP SEIKO 講座概要

教授伝授シリーズ ～出題者・採点者・合否判定者の視点から教える～

難問解法 大学の知識で難問を楽に解く

No.7 血中濃度グラフ —— 薬物動態1コンパートメントモデル

導入

薬学部・医学部の血中濃度グラフ問題は、「時間とともに減少する曲線」をただ読むだけでは得点できない。1コンパートメントモデル ($C(t) = C_0 \cdot e^{-(k_{el}t)}$) と半減期・消失速度定数・AUC (血中濃度時間曲線下面積) を使えば、初回通過効果・蓄積率・定常状態濃度の計算まで論証できる。この「1本の式」が薬物動態問題の全体を整理する。

授業目標

- 1コンパートメントモデルの式 ($C(t) = C_0 \cdot e^{-(k_{el}t)}$) と消失速度定数・半減期の関係を説明できる
- AUC・クリアランス・分布容積の定義と計算を正確に行える
- 複数回投与時の蓄積・定常状態濃度の計算を論述できる
- 薬学部・医学部の血中濃度グラフ問題を大学薬物動態学で完全処理できる

授業構成 (90分)

時間	内容
0～15分	衝撃体験：高校化学・生物の範囲では解けない血中濃度問題 → 1コンパートメント式で即解決
15～40分	1コンパートメントモデルの解説・半減期/ k_{el} /AUC/クリアランスの計算体系化
40～65分	反復投与・蓄積率・定常状態濃度の計算実習
65～90分	薬学部・医学部過去問 (血中濃度グラフ計算・論述) を大学知識で解く演習

課題

授業後：「半減期6時間の薬を6時間ごとに反復投与した場合の定常状態血中濃度」をコンパートメントモデルを使って計算・論述せよ。

備考

薬・医対応。薬物動態の出題が多い大学 (薬学部全般・医学部の一部) を志望する受験生に特に推奨。対数計算の習熟があると効果が高い。

AP SEIKO 講座概要

教授伝授シリーズ ～出題者・採点者・合否判定者の視点から教える～

難問解法 大学の知識で難問を楽に解く

No.8 免疫・二次応答

—— クローン選択・アフィニティ成熟・クラススイッチ

導入

入試の免疫問題で「二次応答では抗体産生が速く大量になる」という事実は書いても、「なぜそうなるのか」を分子・細胞レベルで論述できる受験生はほとんどいない。クローン選択説・アフィニティ成熟（体細胞超変異+選択）・クラススイッチ（IgM→IgG/IgE/IgA）の3つの概念を理解すれば、二次応答の機構、ワクチンが有効な理由、アレルギーの分子機構まで一本の線で論証できる。

授業目標

- クローン選択説（バーネット）の概念と抗原特異的なリンパ球活性化の機構を説明できる
- アフィニティ成熟（体細胞超変異+胚中心選択）の仕組みと高親和性抗体出現の理由を論じられる
- クラススイッチ（CSR）の機構とIgGの特性（長半減期・胎盤通過）を論証に使える
- 二次応答・ワクチン有効性・IgE介在アレルギーを3概念で統一的に論述できる

授業構成（90分）

時間	内容
0～15分	衝撃体験：「二次応答が速くなる分子的理由」問題 → 3概念で即論証
15～40分	クローン選択・アフィニティ成熟・クラススイッチの詳解と相互関係の整理
40～65分	ワクチン有効性・IgEアレルギー・自己免疫疾患への3概念の応用実習
65～90分	旧帝大・医学部過去問（免疫・二次応答）を大学免疫学で解く演習

課題

授業後：「同一抗原への2回目の免疫応答が1回目より速く強い理由」をクローン選択・アフィニティ成熟・クラススイッチを使って論述（400字）せよ。

備考

医・薬・生命科学系対応。免疫学の出題が多い大学（東大・京大・阪大・医学部全般）を志望する受験生に特に推奨。

No.9 個体群動態

—— ロジスティック成長式・Lotka-Volterra方程式

導入

生態学の個体群動態問題で「S字型成長曲線」を描けても、成長率・環境収容力・個体数の計算式が書けない受験生がほとんどだ。大学生態学のロジスティック成長式 ($dN/dt = rN(K-N)/K$) を使えば、個体群の成長・安定化・最大増加速度 ($N=K/2$) を定量的に論じられる。さらにLotka-Volterra方程式で捕食-被食関係の周期変動も処理できる。理学部生物系で最も差がつく分野の一つだ。

授業目標

- ロジスティック成長式の各パラメータ ($r \cdot K \cdot N$) の意味と式の挙動を説明できる
- 個体群成長率が最大になる条件 ($N = K/2$) を式から導いて論証できる
- Lotka-Volterra方程式の概念と捕食-被食関係の周期変動を定性的に論じられる
- 個体群動態の計算問題・グラフ読み取りを大学生態学の式で完全処理できる

授業構成 (90分)

時間	内容
0～15分	衝撃体験：「指数関数的成長 vs ロジスティック成長」のグラフと式の対比で違いを体感
15～40分	ロジスティック成長式の解説・ $K/2$ での最大成長率の導出・実際の個体群データへの適用
40～65分	Lotka-Volterra方程式の概念・捕食-被食の周期変動・競争排除の原理
65～90分	旧帝大・理学部過去問（個体群動態計算・論述）を大学知識で解く演習

課題

授業後：「環境収容力 $K=1000$ ・内的増加率 $r=0.5$ の個体群において、個体数 $N=500$ のときの成長速度と、個体群成長が最大になる条件」をロジスティック式を使って計算・論述せよ。

備考

理（生物）・生命科学系対応。生態学・個体群動態の出題が多い大学（東大・京大・理学部全般）を志望する受験生に特に推奨。

No.10 統計的有意差考察 —— p値定義・第一/二種過誤・検出力（検定力）

導入

実験考察問題で「 $p < 0.05$ だから有意差がある」と書くだけでは、採点者に「p値の意味を理解しているか怪しい」と判断される。大学統計学のp値の正確な定義（帰無仮説のもとで観測値以上に極端な結果が起きる確率）・第一種過誤（ α ：偽陽性）・第二種過誤（ β ：偽陰性）・検出力（ $1-\beta$ ）を使えば、実験考察の論述を統計的に完全に組み立てられる。難問解法シリーズの集大成として、統計的思考で「考察論述」を制する。

授業目標

- p値の正確な定義（帰無仮説下での確率）を自分の言葉で説明できる
- 第一種過誤（ α ）・第二種過誤（ β ）・検出力（ $1-\beta$ ）のトレードオフを論じられる
- 「 $p < 0.05$ だが臨床的に意味があるか」という効果量・NNTの視点を考察に組み込める
- 実験考察論述で統計的有意差の意味・限界・解釈を正確に論証できる

授業構成（90分）

時間	内容
0～15分	衝撃体験：「 $p=0.04$ の研究を信じるべきか」問題で第一種過誤と再現性の問題を体感
15～40分	p値の正確な定義・ α/β /検出力のトレードオフ・効果量・サンプルサイズ計算の概説
40～65分	実験考察への応用：統計的有意差・臨床的意義・研究デザインの限界を論述に組み込む実習
65～90分	旧帝大・医学部過去問（実験考察・統計論述）を大学統計学で解く演習

課題

授業後：「 $p=0.03$ の結果が得られた実験において、この結果をどこまで信頼できるか」を第一種過誤・検出力・効果量を使って論述（400字）せよ。

備考

医・薬・理（生物）対応。統計リテラシーシリーズと合わせて受講すると統計的思考が完成する。研究志向の強い大学全般を志望する受験生に特に推奨。