

■ 『ゾウリムシの個体群における密度効果の数学的解析』 授業案

高等学校「生物」に「個体群と生物群集」という単元がある。個体群における個体数の増加率は、個体群を取り囲む環境要因によって制限を受けてしまう。ここでよく知られているのが、成長曲線という個体群の成長を表すグラフである。これは、横軸に時間・縦軸に個体数をとったときの、個体群の成長のようすを時系列で表したものである。

この一連の授業では、ゾウリムシの個体数を実際にカウントすることにより、成長曲線をグラフ上にプロットする。一方、増加率と個体数の関係に着目させ、グラフを数式モデルで表現できないか考察する。そして、実際の個体群の増加の様子が、数学的解析により予測できるかどうか試みる。

クラス：5年理系生物 16名(男子6名、女子10名)

単元名：生物と環境 ～個体群と生物群集～

教材観：地球上に生息する様々な生物は、地球の物理的環境によって影響を受けている。また、それぞれの生物間にも多彩な関係性が存在している。この生物間の関係性が、地球の物理的環境にも影響を与えることがある。生徒がこの単元を学ぶことを通して、地球という閉じられた空間の中で、生物が生息するためには何が必要なのか、またどんな考え方が大切なのか、具体的に関係性を取り上げながら考えさせたい。

身近な生態系や個体増殖のモデル化を行い、その変化を視覚化するとどうなるか探究する内容で、数学の大きな分野の一つである微分方程式の一端にも触れる。大学で学ぶ展開とは異なり数学的な解法の操作としてではなく、自然や社会現象を解析する手段・変化を捉える見方としての側面が実感でき、「未来を見通す」ことの興味深さに触れられる内容とした。このテーマは「ロジスティック・モデル」という、モデル化の考え方と関係する。

単元の指導計画：

1. 個体群動態 (6時間)	第1時	生物の成長曲線(生物学的意味)	2/15(月)
	第2時	成長曲線の数学的意味	2/16(火)
	第3時	個体数の計測のしかた(カウントの方法、実習)	2/17(水)
	第4時	条件の違いによる結果を予想し、一週間の実験計画を立てる(公開授業)	2/19(金)
	第5時	実験のセッティング	2/23(火)
	第6時	実験結果をもとにした数学的解析、ゾウリムシの成長曲線を実際に描く	2/29(月)
2. 個体群内の相互作用 (1時間)	第7時	動物の社会(群れ)	
3. 個体群間の相互作用 (2時間)	第8時	種間関係(競争と共生)	
	第9時	間接効果	
4. 生物群集 (2時間)	第10時	他種との共存	
	第11時	環境形成作用	

公開授業 条件の違いによる結果予想(仮説設定)と実験計画の立案

本時の目的

数式処理ソフト(GeoGebra)で成長曲線を描き、成長曲線の形体変化とパラメーターの関係を理解させる。
現実のパラメーターの範囲を想定し、実際に実験値と予測値ができるだけ等しくなる条件を考える。

	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入	<ul style="list-style-type: none"> 成長曲線を思い出す $y(t) = \frac{k}{1 + \left(\frac{k}{a} - 1\right)e^{-rt}}$	<ul style="list-style-type: none"> 教師が予備実験で得た「ゾウリムシの成長曲線(実測値をエクセルでグラフ化)」を生徒に示し、成長曲線の特徴を復習させる 	成長曲線の特徴を説明できる【知】
展開1	<ul style="list-style-type: none"> 成長曲線の3つのパラメーターを思い出す ○aはyの初期値 ○kはyの環境収容力 ○rはt=0のときの増加率 ・iPad miniのGeoGebraを用い、パラメーターの意味を実感する ・aとkとrの関係性について書き出す ○aの値がkに近ければすぐにグラフは増加しなくなる ○aの値が小さすぎると、最大個体数に至るまでに時間がかかる ○aの値が小さくても、rが大きければ最大個体数に至るまでの時間は短縮できる ○kの値が大きければ、最大個体数に至るまでに時間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ☆関数の3つのパラメーターは何を意味していましたか? ・一人1台分のiPad miniすべてに、GeoGebraと成長曲線の関数を入れておく ☆グラフのパラメーターを動かして、それぞれの関係性について気が付いたことを書き出してみよう ・パラメーターを自由に動かし、グラフの形態変化を確認させることで、パラメーターがどんな環境要因によって変化するのか考えさせる 	<p>数理生物学的に導いた成長曲線を説明できる【知】</p> <p>GeoGebraを動かして、変化の動きを探求できる【関】</p> <p>1つのパラメーターを動かして、それに伴う2つのパラメーターの動きを見つけ出し、表現できる【思】【数】</p>
展開2	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 20px; padding: 10px;"> <p>課題1</p> <p>今、ゾウリムシが11,000cellsいる培養液が200mLある。 この培養液のゾウリムシを新しい培地に植え継いで、2日目に10,000cellsいるフラスコ培養液を作ってほしい。植え継ぐ条件と培養方法を提案しなさい。 ただし予備実験の培養条件は以下の通りである</p> <p>植え継いだ時の総個体数(初期値 a)は、1,600cells 増加しなくなった時の総個体数(環境収容力 k)は、12,000cells 植え継いでから最大個体数に至るまでの日数(t)は、7日間 培養液の総量は、1×レタス培養液 200mL 培養温度は、28C°</p> </div>		
	<ul style="list-style-type: none"> ・課題について考える ○予備実験の結果に近いグラフを 	<ul style="list-style-type: none"> ・グループで課題に取り組ませる 	実験の結果を数学的に考察し、適切なパラメー

	<p>GeoGebra で描こうとする</p> <ul style="list-style-type: none"> ○パラメーターを動かして、課題を満たす条件を探す ○グラフの傾きを大きくする ○環境収容力(k)を大きくする ○初期値(a)を増やす 	<ul style="list-style-type: none"> ・適宜生徒へアドバイスをする 	<p>ターを決定できる【思】</p> <p>【数】</p>
展開3	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>課題 2</p> <p>課題 1 を満たす培養条件(仮説)を、検証するための方法を立案しなさい</p> </div>		
	<ul style="list-style-type: none"> ・関数のパラメーターと環境要因との対応を考える ○初期値(a)を大きくするためには、植え継ぐときのゾウリムシの総個体数を増やす ○環境収容力(k)を大きくするためには、培養液濃度(餌濃度)を高める、もしくは、バクテリア培養容器(物理的環境)を大きくする。 ○増加率(r)を大きくするためには、ゾウリムシの分裂速度を上げる ・環境要因を設定したら、その環境要因を実際に再現するための実験条件を具体的に考える ○a を大きくするためには、高濃度のゾウリムシを事前に用意しておく必要がある ○a を大きくするためには、同じ密度ではあるが培養液の量を多くする必要がある ○k が大きくなるようにするためには、1) 物理的環境サイズ(培養器の大きさ)を大きくする、もしくは、2) 栄養条件を良くする(培養液の濃度を高める、餌をより多く与える) ○r の値を大きくするためには、培養温度を上げる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゾウリムシの培養方法を思い出させ、グラフと実験を対応させるようにする ・仮説のグラフに近い結果になるような培養方法を立案させるために、具体的な数値(温度、濃度の倍率、個体数)を考えさせる 	<p>パラメーターを環境要因に変換することができる【思】</p> <p>設定した環境条件を実際の実験へと変換することができる【技】</p>
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・実験計画をまとめる ○植え継ぎに必要なゾウリムシの総個体数 ○培養液の量と濃度 ○培養するときの温度 ○植え継ぎに必要な器具類と機器 	<p>☆事前準備に必要な情報は必ず書き込むようにしよう</p>	

評価の観点(理科) : 【関】…関心・意欲・態度、【思】…思考・判断・表現、【技】…観察・実験の技能
【知】…知識・理解

評価の観点(数学) : 【関】…関心・意欲・態度、【数】…数学的な見方や考え方、【表】…数学的な技能
【知】…知識・理解