

事例 遺伝の法則

指導のポイント

平成17年度高等学校教育課程実施状況調査では、遺伝分野の課題が次のように指摘された。

「遺伝の法則」、「表現型と遺伝子型の関係」、「遺伝子と染色体の位置関係」についての基礎的事項や基本的な概念で、十分身に付いているとはいえない部分がある。

実験結果を基に考察したり、グラフに表現したりすることに課題がある。

「遺伝の法則」の知識を活用するには、科学的な思考力、特に数学的な理論に基づく論理的な思考力を必要とする。例えば、次のやり取りは、真である命題の逆は必ずしも真ではない(生徒Bの疑問)という基本的な論理が身に付いていないことを示している。

教師の発問：AB型とO型の兄弟がいる。この兄弟の両親の遺伝子型の組み合わせは何か。

生徒Aの回答：AOとBOです。

生徒Bの疑問：両親がAOとBOの組み合わせだったら、A型とB型の子もいるはずでは？

上記の疑問に対しては、この両親から多数の子どもが生まれた場合にA型、B型、AB型、O型の子が同じ割合でいる可能性があることを理解させる必要がある。メンデルによるエンドウの交配実験において、表現型の分離比は、あくまで確率論に基づく理論値であり、実験値には当然誤差がある。したがって統計的に意味のある大きさをもった集団でないと傾向値が出てこない(大数の法則)。メンデルは多数の種子を得てカウントしたからこそ、そこに一定の法則を見出せたのである。

遺伝現象が確率論に基づくことを体験できる実習としては、トウモロコシ(*Zea Mays*：通称ピーターコーン)の胚乳の色の比(黄色：白色 3：1)を確認する下記の方法がある。

トウモロコシを各班に配布し、黄色の種子と白色の種子の数をカウントさせる。

種子1列分、1本分それぞれのデータを発表させ、比のバラツキが大きい(黄色：白色=3：1とならない)ことを確認させる。

各班のデータを合計して母数を大きくすると理論値(黄色：白色=3：1)に近づくことを確認させる。

しかし、「トウモロコシの種子を数えるのは時間がかかり進行しづらい」、「胚乳の色の判別が困難な種子やかなり小さい種子も含まれるため、カウントしづらい」、「F₂の表現型とその分離比しか確認できない」、「コストが高く(1本約200円)、長期間繰り返し使用できない」等の課題がある。

そこで、上記の課題を解消し、コンピュータの活用を通じて、確率論に基づく理解を導く指導方法を設定し、次のワークシートにまとめた。ねらいと概要は以下の通りである。

ワークシート：一遺伝子雑種の交雑モデル実験

一遺伝子雑種で配偶子の分離比および子の分離比を求める場合、統計的に意味のある大きさをもった集団である必要があることを実感させるために、母数が小さいと誤差が大きいことを確認させた後、どのようにしたら誤差が小さくなるかについて思考させる。また、実験データを分かりやすく表現する方法(グラフの作成)について思考させる。

目的

- ・ 遺伝の問題で分離比（配偶子の分離比および子の分離比）を求める場合、統計的に意味のある大きさをもった集団である必要があることを実感する。
- ・ 実験データを分かりやすく表現する方法について思考する。

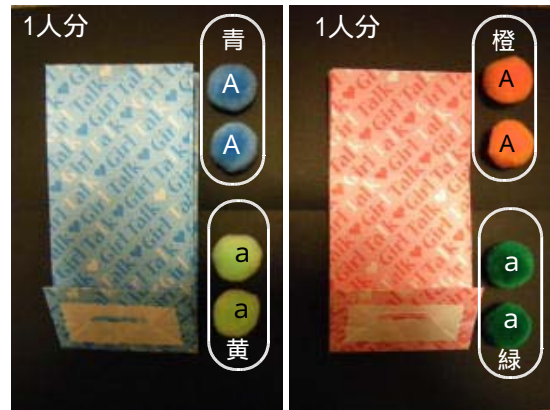
準備（2人分）

- ・ 手芸用ボール^{*1} 8個

青・黄・橙・緑の4色×2個
 直径30mm程度で、柔らかく転がりにくい
 ものがよい。
 （コインやおはじきは落とすと音がする。）

- ・ 紙袋^{*2} 2枚

赤・青2色
 縦175mm 横90mm マチ50mm



配偶子モデル

方法

- 1) 遺伝子型Aaの個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比

袋の中にAのボール2個とaのボール2個を入れる。

（減数分裂で1つの母細胞から生じた4つの配偶子に相当する）

袋の中に手を入れ、中のボールを無作為に1つ取り出し、結果（A or a）を記録する。

（受精する配偶子に相当する）

ボールを袋の中に戻す。

～ を計10回繰り返す。

- * ここで、データの集計方法と効果的な表記の仕方を考える。

（事前にExcelなどで集計表を作成しておき、プロジェクターで投影する。）

各自で求めた10回分のデータをPCに入力する。

発問1 表のデータを見て分かることは何か？

生徒はここで、「データにバラツキがある」ことに気付く。

発問1 なぜ理論値の「1:1」とならないのか？どのようにしたら理論値に近づくか？

生徒から「母数を増やせば誤差が小さくなる」との意見が発表されるとよい。

隣の生徒のデータと合わせて、20回分の分離比を求め、発表する。（データ入力）

4人分のデータを合わせて、40回分の分離比を求め、発表する。（データ入力）

更に母数を増やし、次第に理論値（A : a = 1 : 1）に近づいていくことを確認する。

（グラフ作成）

* 1 手芸用ボール：14個入りで¥100程度

* 2 紙袋：12枚入りで¥100程度

-) 遺伝子型 A a の個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比
 袋の中に A のボール 2 個と a のボール 2 個を入れる。
 2 人 1 組となり、各自の袋から無作為に取り出したボール (受精する配偶子) を 1 つずつ示し、組み合わせてできた子の遺伝子型 (AA or Aa or aa) を記録する。
 ボールを袋の中に戻す。
 ~ を計 10 回繰り返す。
 2 人 1 組で求めた 10 回分の分離比を求め、発表する。(データ入力)
 (と同様に、生徒はバラツキが大きいことに気付く。)
 次第に母数を増やし、理論値 (AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1) に近づくことを確認する。(グラフ作成)

結果

遺伝子型 A a の個体がつくる配偶子の
 遺伝子型とその分離比を答えよ。

$$A : a = 1 : 1$$

遺伝子型 A a の自家受精により得られる
 子の遺伝子型とその分離比を答えよ。

$$AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$$

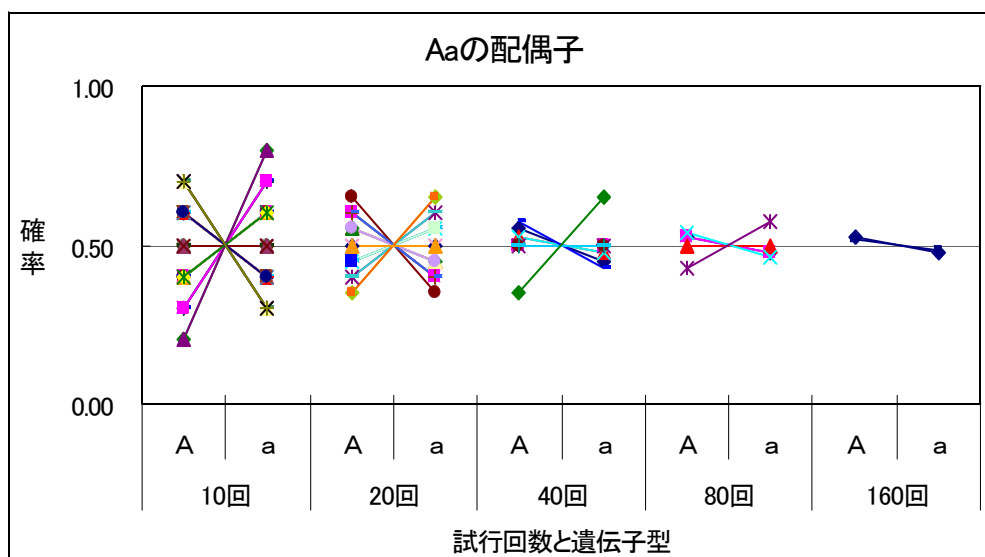
(例)

配偶子の遺伝子型	A	a
1回目	✓	
2回目	✓	
3回目		✓
4回目	✓	
5回目		✓
6回目	✓	
7回目	✓	
8回目	✓	
9回目	✓	
10回目		✓
計	7	3

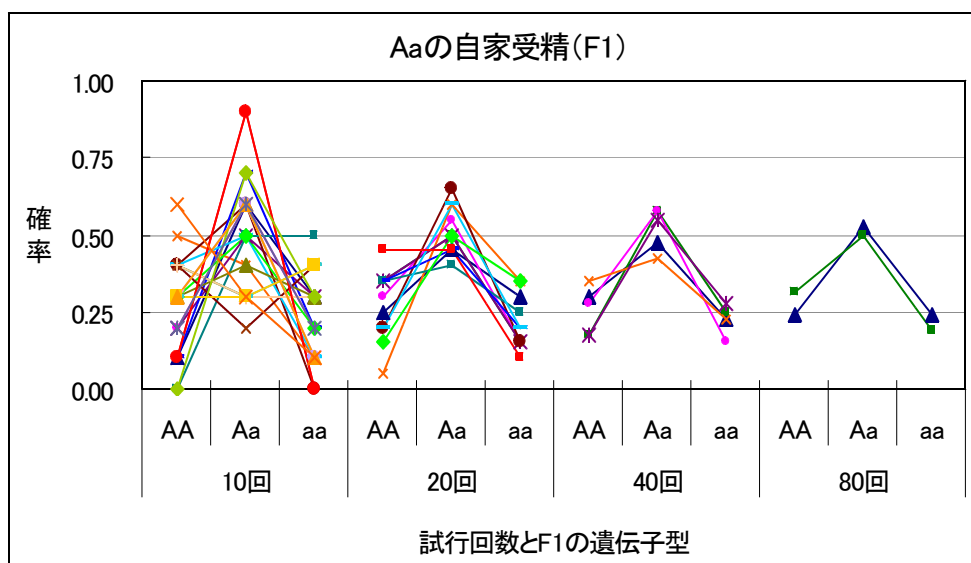
子の遺伝子型	AA	Aa	aa
1回目		✓	
2回目			✓
3回目			✓
4回目	✓		
5回目			✓
6回目		✓	
7回目		✓	
8回目	✓		
9回目		✓	
10回目		✓	
計	2	5	3

< 集計方法 1 >

) 遺伝子型 A a の個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比

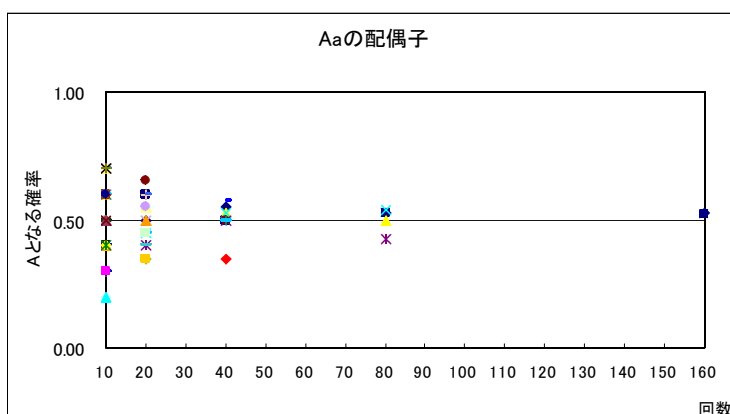


) 遺伝子型 A a の個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比



< 集計方法 2 >

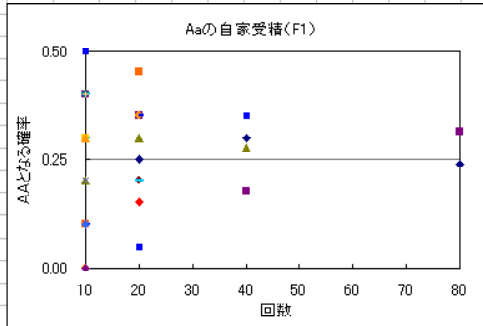
) 遺伝子型 A a の個体がつくる配偶子の遺伝子型とその分離比



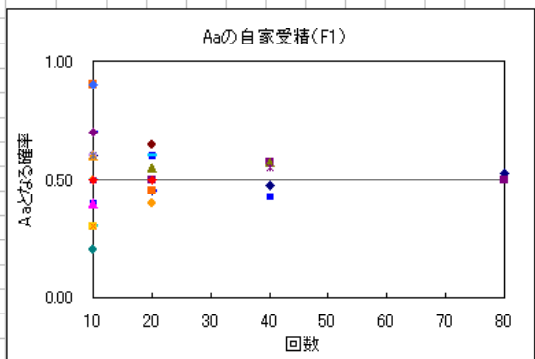
) 遺伝子型Aaの個体の自家受精により得られる子の遺伝子型とその分離比

班	10回			20回			40回			80回		
	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa
1	1	6	3	5	9	6	12	19	9	19	42	19
2	4	3	3									
3	2	6	2									
4	5	4	1	7	10	3						
5	2	5	3	6	11	3	7	23	10			
6	4	6	0									
7	0	5	5									
8	1	7	2	1	12	7						
9	4	5	1	7	10	3	11	23	6	25	40	15
10	3	5	2									
11	1	9	0									
12	3	4	3	4	13	3						
13	4	2	4	7	8	5	14	17	9			
14	3	6	1									
15	3	6	1									
16	4	3	3	7	9	4						
17	1	9	0	4	12	4	7	22	11			
18	3	3	4									
19	0	7	3									
20	3	3	4	3	10	7						
21	3	6	1	9	9	2						
22	6	3	1									
23	2	6	2									

	AA 10	AA 20	AA 40	AA 80
1	0.10	0.25	0.30	0.24
2	0.40	0.35	0.18	0.31
3	0.20	0.30	0.28	
4	0.50	0.05	0.35	
5	0.20	0.35	0.18	
6	0.40	0.20		
7	0.00	0.35		
8	0.10	0.35		
9	0.40	0.20		
10	0.30	0.15		
11	0.10	0.45		
12	0.30			
13	0.40			
14	0.30			
15	0.30			
16	0.40			
17	0.10			
18	0.30			
19	0.00			
20	0.30			
21	0.30			
22	0.60			
23	0.20			



Aa 10	Aa 20	Aa 40	Aa 80
0.60	0.45	0.48	0.53
0.30	0.50	0.58	0.50
0.60	0.55	0.58	
0.40	0.60	0.43	
0.50	0.50	0.55	
0.60	0.65		
0.50	0.40		
0.70	0.45		
0.50	0.60		
0.50	0.50		
0.90	0.45		
0.40			
0.20			
0.60			
0.60			
0.30			
0.90			
0.30			
0.70			
0.30			
0.60			
0.30			
0.60			



aa 10	aa 20	aa 40	aa 80
0.30	0.30	0.23	0.24
0.30	0.15	0.25	0.19
0.20	0.15	0.15	
0.10	0.35	0.23	
0.30	0.15	0.28	
0.00	0.15		
0.50	0.25		
0.20	0.20		
0.10	0.20		
0.20	0.35		
0.00	0.10		
0.30			
0.40			
0.10			
0.30			
0.40			
0.10			
0.10			
0.20			

