

交配シミュレーションで「3:1の法則」と大数の法則のつながりを体験する学習

対象	中学生（13～15歳）	実施形態	グループ学習（自由学習型）	使用教材	メンデルシミュレータ（07-08）、学習の手引き、ワークシート
活動時間	自由学習型（目安 40～50分）			使用機器	タブレット端末または PC（グループに1台以上）

🎯 学習目標

- 1 $Aa \times Aa$ の交配でF2世代に顕性（丸）：潜性（しわ） = 3:1 が生じる理由を、遺伝子の組み合わせ（AA / Aa / aa）と結びつけて説明できる。
- 2 実験回数が少ないと結果がばらつき、多くなるほど3:1 に近づくことをデータで確認し、大数の法則として説明できる。
- 3 メンデルが膨大な数のエンドウ豆を数えた意義を、実験回数と確率精度の関係から考察できる。
- 4 07-01（サイコロ）で学んだ大数の法則が、生物の遺伝という異なる分野でも同じように働くことを理解できる。

🕒 活動の流れ（タイムテーブル）

フェーズ	目安	学習者の活動	指導者のかかわり
① 準備・予想	5分	ツールを開き、自動表示された100回の結果を確認。 ワークシートAに予想を記入する。 WS-A Q1：理論比率の予想（3:1を知っているか） / Q2：10回で3:1になるかどうか	正解を言わない。「まず実験してみよう」と促す。07-01経験者には「サイコロと似ているかも」と接続の伏線を張る。
② 回数変化の実験	15分	10→100→1000→10000回の順に実行し、各回の比率をワークシートBに記録する。 WS-B③ 同じ回数で複数回試し、ばらつきの大きさも確認させる。	「10回するとき比率はどうだった？ 10000回では？」と問いかける。「結果が毎回違う」という気づきを歓迎し、なぜばらつきかを考えさせる。
③ 繰り返し実験	8分	同じ回数（100回）で何度も実行し、結果のばらつき幅を観察する。 「毎回3:1にならない」ことをデータで確認させる。	「100回を10回繰り返したら、比率はどの範囲でバラついた？」と記録を促す。10000回と比べてばらつきの大きさの差に気づかせる。
④ 考察	10分	ワークシートCに気づきを記入し、「メンデルがなぜ大量実験をしたのか」をグループで議論する。 WS-C 07-01（サイコロ）の大数の法則との共通点を引き出す。	「メンデルは数千個の豆を数えた。なぜそんなに必要だったの？ 今回の実験でわかったことと結びつけてみよう」と問いかける。
⑤ まとめ	5～8分	「実験回数と確率の関係」をグループで一文にまとめ、発表または共有する。 WS-D	「大数の法則」「分離の法則」の言葉を使ってまとめられているか確認する。07-01との共通性を補足し、確率の普遍性（生物でも数学でも同じ法則が働く）を伝える。

⚠️ 自由学習型の運用ポイント

- ▶ ツールを開くと100回の結果が自動表示される。最初から実験結果が見えるので、予想は「実際に試す前に記入する」よう先に促す。
- ▶ 早く終わったグループには「100回を20回繰り返して平均を出そう」などの追加実験を提示する。
- ▶ 07-01（サイコロ）未実施の場合は「回数を増やすほど理論値に近づく」という大数の法則を簡単に説明してから始める。

★ 各フェーズの指導ポイント

① 予想フェーズ（導入）

- ・「3:1」を知識として知っている生徒も、「なぜ3:1になるのか」「少ない回数でもなるのか」は別の問い。知識と体験を分けて進める。
- ・ツールを開いた時点で100回の結果が表示されているため、予想は必ずツールを開く前か、グラフを見る前に記入させる。

② 回数変化の実験

- ・10回では比率が大きくばらつくことが多い。「3:1」から大きく外れた結果が出たときこそ「なぜ？」を考えるチャンス。
- ・10000回では毎回ほぼ3:1 (2.9~3.1:1) に収まることを確認させ、回数の効果を実感させる。

③ 繰り返し実験

- ・同じ100回でも毎回結果が異なることを体感させる。「確率とはばらつきを含んだ長期的な傾向」という理解につながる。
- ・「10回を10回繰り返した平均」と「100回を1回やった結果」を比べると、サンプル数の意味が実感できる。

④ 考察・⑤ まとめ

- ・「メンデルが数千個の豆を数えた理由」の考察は、WS-C⑥の核心。「少ない回数では法則が見えなかったから」という答えを引き出す。
- ・07-01（サイコロ）との共通性（大数の法則）を意識的に接続する。「生物でも数でも同じ法則が働く」という普遍性の気づきが深い学びにつながる。

● 想定される生徒の反応と声かけ例

生徒	「10回やったら丸:しわ = 9:1になった。シミュレータがおかしい？」	対応	「おかしくないよ。10回では確率のばらつきが大きいから、3:1から外れることがよくある。100回・1000回と増やしてみて。どうなる？」
生徒	「10000回やったら毎回ほぼ3:1になった。これって07-01のサイコロと同じじゃない？」	対応	「その通り！ サイコロも遺伝も、回数が増えるほど理論値に近づく。これが大数の法則だよ。生物でも数でも同じ確率の法則が働いているんだ。」
生徒	「なんで丸:しわが3:1になるの？ 仕組みがわからない。」	対応	「Aa×Aaの交配では、AA・Aa・Aa・aaの4通りができる。手引きの図を見てみよう。AAとAaは丸い種子（3通り）、aaだけしわ（1通り）。だから3:1になるんだよ。」
生徒	「メンデルは数千個の豆を数えたって書いてあるけど、大変すぎない？」	対応	「今日の実験でわかったように、100回では結果がばらつくよね。メンデルの時代にシミュレータはなかったから、実際に豆を数えるしかなかった。数千個数えることで初めて3:1という法則が見えてきたんだよ。」

📄 評価の観点

観点	評価できる状態の例	確認方法
知識・理解	Aa×Aaの交配でF2世代に3:1が生じる理由を遺伝子の組み合わせ (AA/Aa/aa) と結びつけて説明できる。	ワークシートA① 発言観察
思考・判断	実験回数とばらつきをデータで示し、大数の法則として説明できる。	ワークシートC⑤ グループ議論
表現・発信	「メンデルが大量実験した理由」を確率のばらつきと結びつけて説明できる。	ワークシートC⑥・D 発表
主体的な学び	同じ回数で複数回試すなど、自発的に追加実験を行っている。07-01との共通性に自ら気づいている。	行動観察

🔑 この教材の特徴と活用上の注意

- ▶ **07-01との接続**：サイコロ（07-01）で学んだ大数の法則が生物の遺伝でも同じように働くことを意識的に接続する。理科と数学・情報の横断的な学びになる。
- ▶ **遺伝の簡略化**：このシミュレータはAa×Aaの1遺伝子モデルのみ。実際の遺伝はより複雑だが、「確率と遺伝のつながり」の入門として位置づける。
- ▶ **端末の台数**：グループ1台でも交代で操作するよう役割分担を促す。記録担当・操作担当を分けると効率的。