

2形質の交配で「9:3:3:1」を発見し、3:1との関係をデータで確かめる体験学習

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	独立の法則シミュレータ（07-09）、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

- 2つの形質が独立して遺伝するとき、F2世代に9:3:3:1の比で4種類の表現型が現れる理由を、3:1×3:1の組み合わせとして説明できる。
- 07-08（分離の法則・3:1）との接続を理解し、「丸の合計（黄+緑）≈75%」が07-08の顕性75%と一致することをデータで確認できる。
- 「しわ・緑」が最も少ない（6.3%）理由を、「しわ（25%）×緑（25%）=6.25%」という確率の積として説明できる。
- 試行回数が増えるほど9:3:3:1に近づくことを確認し、大数の法則が2形質の場合でも同様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256回の初期結果を確認。ワークシートAに予想を記入する。 WS-A Q1：最多・最少の組み合わせ/Q2：「しわ・緑」の確率を07-08の知識から計算	「07-08でしわの確率は何%だったか覚えてる？ 緑は？ その2つを掛け算するとどうなる？」と伏線を張る。正解は言わず実験で確かめさせる。
② 回数変化の実験	15分	16→256→1000→10000回の順に実行し、4種の割合をワークシートBに記録する。 WS-B③ 理論値行（56.3%/18.8%/18.8%/6.3%）と比較しながら記録させる。	「16回ではどんな結果だった？ 10000回では？」と問いかける。「4つの棒の高さの比」が9:3:3:1に近づく様子に注目させる。
③ 07-08との接続確認	8分	10000回の結果で「丸・黄+丸・緑」の合計を計算し、07-08の75%と照合する。 WS-B④ 「丸の合計がほぼ75%になる」ことで、独立の法則と分離の法則のつながりを確認する。	「丸・黄と丸・緑を足した数字を計算してみよう。07-08で丸が75%だったのと同じか？」と問いかける。2つのシミュレータが同じ法則の上にあることを気づかせる。
④ 考察	10分	ワークシートCに気づきを記入し、「しわ・緑が最少の理由」と「独立の意味」をグループで議論する。 WS-C	「しわ・緑が6.3%になるのはなぜ？ しわ（25%）と緑（25%）、それぞれ独立して起こるとしたら？」と計算の考え方を引き出す。
⑤ まとめ	5～8分	「独立の法則と9:3:3:1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	「独立」「9:3:3:1」「3:1×3:1」という言葉を使ってまとめられているか確認する。07-10（できすぎ疑惑）への接続を予告してもよい。

▲ 自由学習型の運用ポイント

- ▶ 07-08（分離の法則）を先に実施していることが前提。未経験の場合は「しわの確率は25%、緑の確率は25%」という前提知識を先に説明する。
- ▶ ツールを開くと256回の結果が自動表示される。予想は開く前か、グラフを見る前に記入させる。
- ▶ 早く終わったグループには「256回を10回繰り返して、しわ・緑の%がどの範囲でばらつくか調べよう」という追加実験を提示する。

★ 各フェーズの指導ポイント

① 予想フェーズ（導入）

- ・WS-A②「しわ・緑の確率を計算する」は、07-08の「しわ=25%」と「緑=25%」を掛け合わせる（ $0.25 \times 0.25 = 0.0625 = 6.25\%$ ）という発想を引き出す鍵。正解を言わず「実験で確かめよう」と促す。
- ・ツール初期表示の256回グラフを見て「4本の棒の高さの比」を直感的に読ませてから予想を記入させると効果的。

② 回数変化の実験

- ・16回では4種類のどれかが0個になることがある。「なぜ0個になった？」を考えさせると、少ない試行でのばらつきの大きさへの理解につながる。
- ・10000回で「丸・黄 56~57%、しわ・緑 6~7%」に収まることを確認させ、理論値との一致を実感させる。

③ 07-08との接続確認

- ・「丸・黄（56.3%）+丸・緑（18.8%）=75.1%」が07-08の顕性75%とほぼ一致することへの気づきが、独立の法則の核心。「2つの形質は互いに影響しない」ことをデータで証明する場面。
- ・計算が苦手なグループには「丸の棒2本の高さを足してみよう」と視覚的な操作から促す。

④ 考察・⑤ まとめ

- ・「しわ・緑が6.3%の理由」の考察は「しわ（1/4）×緑（1/4）=1/16」という確率の積の考え方に誘導する。数式は使わず「25%の中の25%だから」という直感的な説明でよい。
- ・「独立」の意味は「形の遺伝が色の遺伝に影響しない」。07-09を経験した後に07-10（できすぎ疑惑）に進むと、「メンデルのデータがどれほど理論に近いか」への興味が高まる。

● 想定される生徒の反応と声かけ例

生徒	「16回やったら『しわ・緑』が1個も出なかった。おかしくない？」	対応	「6.3%という確率は、16回では1個出るかどうかギリギリだよ。0個になることも十分ある。256回・10000回と増やして確かめてみよう。」
生徒	「丸・黄と丸・緑を足したら75%になった。07-08と同じだ！ なんで？」	対応	「それが独立の法則のポイント！ 形（丸/しわ）の遺伝は色（黄/緑）の遺伝と関係なく起こる。だから、色がどちらでも丸になる確率はいつも75%になるんだよ。」
生徒	「9:3:3:1って覚えにくい。なんでこの比になるの？」	対応	「3:1（形）×3:1（色）を掛け算すると出てくるよ。丸（3）×黄（3）=9、丸（3）×緑（1）=3、しわ（1）×黄（3）=3、しわ（1）×緑（1）=1。2つの法則の組み合わせだから9:3:3:1になるんだ。」
生徒	「『独立』って何が独立しているの？」	対応	「形（丸/しわ）の遺伝と、色（黄/緑）の遺伝が、互いに影響し合わないということ。丸の種子でも黄・緑どちらにもなれるし、しわの種子でも同じ。形が決まっても色は決まらない、これが『独立』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	9:3:3:1が「3:1×3:1」の組み合わせから生じることを、形質の独立性と結びつけて説明できる。	ワークシートD 発言観察
思考・判断	「しわ・緑（6.3%）=しわ（25%）×緑（25%）」という確率の積の考え方で説明できる。	ワークシートC⑤ グループ議論
表現・発信	「丸の合計≈75%」のデータをもとに、07-08との接続を説明できる。	ワークシートB④・D 発表
主体的な学び	16回を複数回繰り返してばらつきを調べるなど、指示外の追加実験を自発的に行っている。	行動観察

🔑 この教材の特徴と活用上の注意

- ▶ **07-08との接続**：分離の法則（3:1）の理解が前提。「丸の合計≈75%」という07-09の発見が07-08と同じ数値になることが、独立の法則の核心的な理解につながる。
- ▶ **最小試行回数16について**：16は4×4のパネット方格の組み合わせ数。少ない回数で実験すると「しわ・緑」が0個になりやすく、希少な表現型のばらつきを体感するのに効果的。
- ▶ **07-10への接続**：9:3:3:1を理解した後に07-10（できすぎ疑惑）に進むと、「メンデルがこれほど理論値に近いデータを出したこと」の驚きが深まる。