

デジタル顕微鏡を活用した授業プランの検討

体細胞分裂のデジタル画像を用いて探究的に学ぶ授業

小島 晶夫

デジタル顕微鏡で撮影した画像と添付ソフトを用いて、体細胞分裂の過程図を作成して観察結果をまとめたり、体細胞分裂像の分析や分裂指数の計算などを行い、生徒が主体的・探究的に学習する授業プランについて検討した。

[キーワード] 高等学校理科 デジタル顕微鏡 授業プラン 探究 体細胞分裂

はじめに

ここ数年、スーパーサイエンスハイスクール指定校を中心に高等学校でもデジタル顕微鏡が導入されるようになり、授業や科学系部活動の研究などに活用され始めている。しかしながら、授業における活用については現時点では教師主体の活用に限られており、生徒が主体的に活動する授業プランの開発が待たれるところである。そこで、デジタル顕微鏡（SIMADZU GLB-B1500MBTa）で撮影した体細胞分裂の画像について、生徒自身が添付ソフト（Motic IMAGES 2000 version1.2）を活用して結果をまとめたり、探究的に結果を分析し、学習するという想定で授業プランを検討してみた。本稿では、観察結果をまとめる例として体細胞分裂の過程図の作成、観察結果を分析する例として体細胞分裂像の分析や分裂指数の計算について述べる。

1 体細胞分裂の過程図の作成

準備

デジタル顕微鏡（SIMADZU GLB-B1500MBTa）、添付ソフト（Motic IMAGES 2000 version1.2）をインストールしたパソコン、体細胞分裂の過程図の作成用紙（jpg形式で作成）、根端、プレパラート作成器具・薬品

方法

(1) 根端の0～2mm部を固定・解離・染色してプレパラートを作成する。

(2) Moticを起動する。

(3) デジタル顕微鏡でプレパラートを観察し、体細胞分裂各時期の高倍率画像をそれぞれ数枚撮影し、名前を付けてパソコンに保存する。

(4) 図1のように、開くをクリック 撮影した画像が入ったファイルの場所、撮影した画像ファイル名を指定 開くをクリックし、指定した画像を呼び出す（中央と右サイドに出る）。

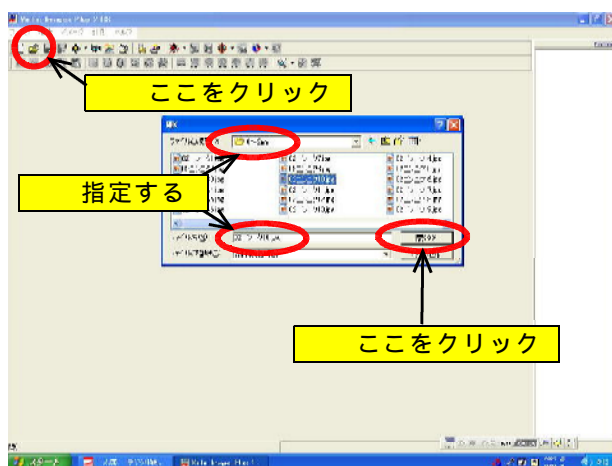


図1 画像の呼び出し

(5) 図2のように、範囲指定の方法を選択しクリック（図は四角形を選択、他に円や不定形などがある）分裂像を中心にドラッグしながら選択範囲を指定（指マークで大きさを調整することも可能）コピーをクリック

クする。

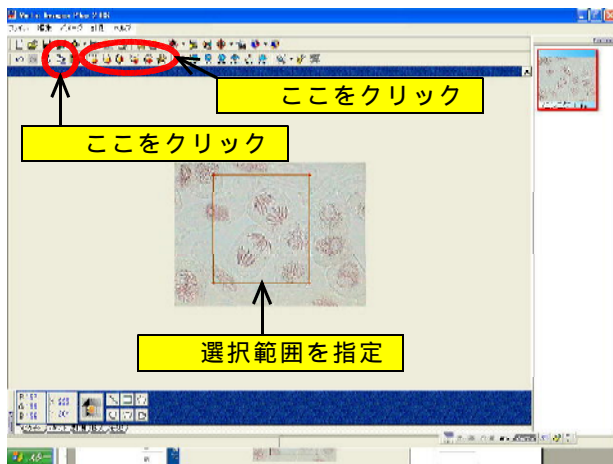


図2 範囲指定とコピー

(6) 図3のように，開くをクリックし，ファイルの場所を指定し，あらかじめ作成しておいた用紙（図ではtest-paper）を選択開くをクリックし用紙を呼び出す。

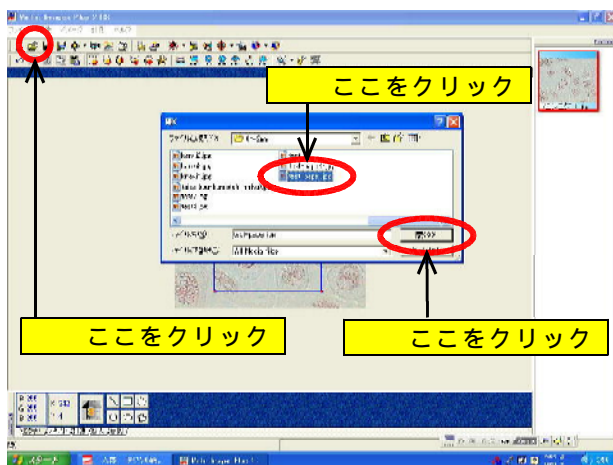


図3 用紙の呼び出し

- (7) 図4のように，貼り付けをクリックすると，用紙上にコピーした画像が出る。
- (8) 図5のように，画像をドラッグして用紙上の適した場所（図では後期）に移動画像左上の矢印をクリックし，用紙上に貼り付ける。
- (9) 同様の手順で間期，前期，中期，後期，終期全ての画像を用紙に貼り付け，体細胞分裂過程図を完成させる。



図4 用紙上に画像を出す

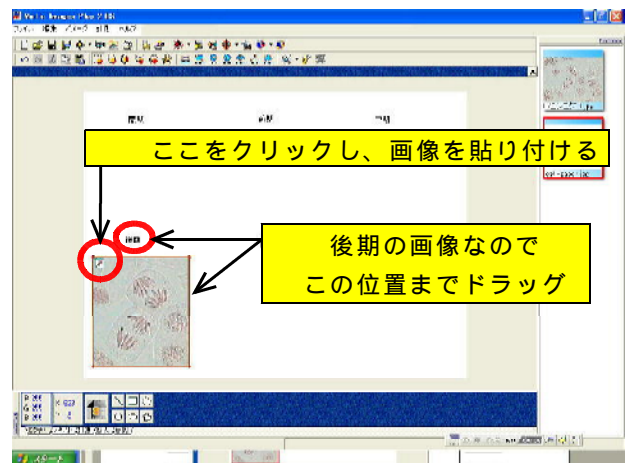


図5 用紙上への画像の貼り付け

結果例

作成した体細胞分裂過程図の一例を，図6に示す。

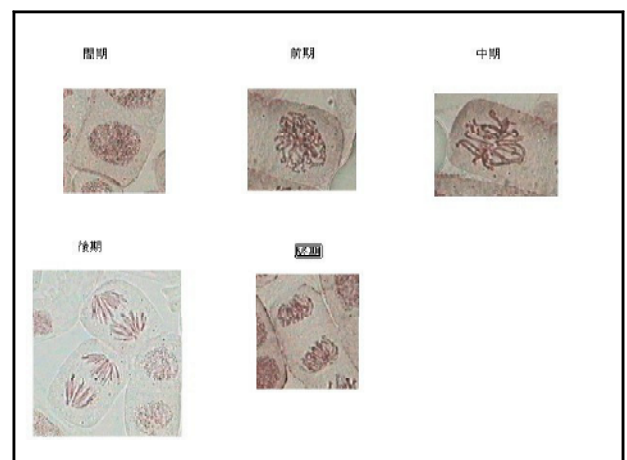


図6 体細胞分裂過程図の一例

2 デジタル画像を用いた分裂像の分析 準備

デジタル顕微鏡 (SIMADZU GLB-B1500MBTa),
添付ソフト (Motic IMAGES 2000 version1.2)
をインストールしたパソコン, 根端 0 ~ 2 mm部
の体細胞分裂中の細胞のプレパラート, 根端 4
~ 6 mm部の成長した細胞のプレパラート

方 法

- (1) Moticを起動する。
- (2) デジタル顕微鏡でプレパラートを観察 し,
体細胞分裂各時期の高倍率画像をそれ ぞれ
数枚撮影し, 名前を付けてパソコンに 保存
する。
- (3) 図 7 のように, 開くをクリック 撮影
した画像が入ったファイルの場所, 画像ファ
イル名を指定 開くをクリックし, 指定し
た画像を呼び出す (中央と右サイドに画像が
出る)。

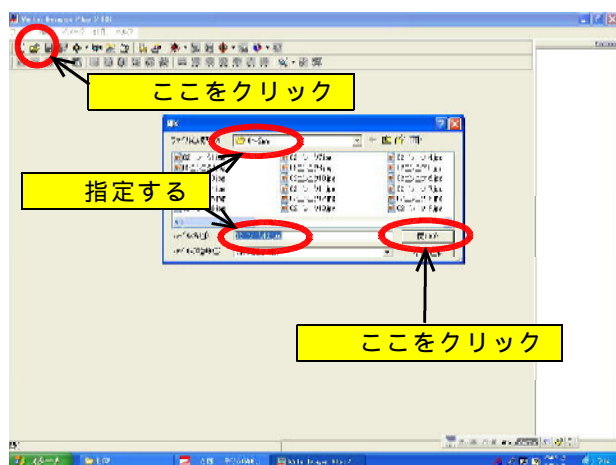


図 7 画像の呼び出し

- (4) 図 8 のように, 画面左下の計測タブをクリック 対物レンズの倍率と単位を合わせ
る。
- (5) 長さの測定 (例: 間期細胞の核の長径の計
測) の場合, 図 9 のように, 計測の直線を
クリック 核の長径の始点に + を合わせ終
点までドラッグすると 直線部の長さ (核
の長径) の計測結果が出る。いくつかの細胞
で計測を行い, 平均を出す。また, 同じ手順

で細胞の長径も計測する。

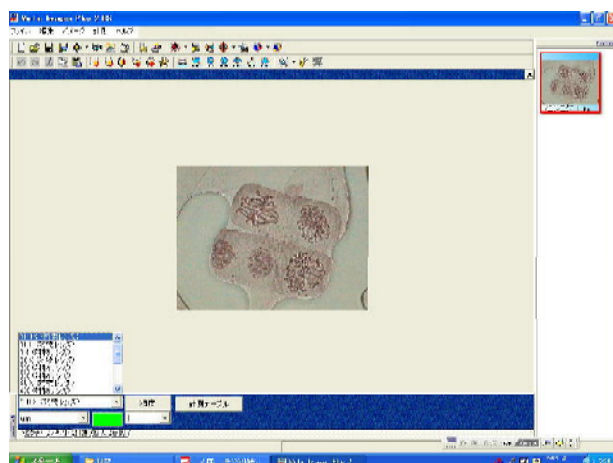


図 8 計測タブの倍率と単位の指定

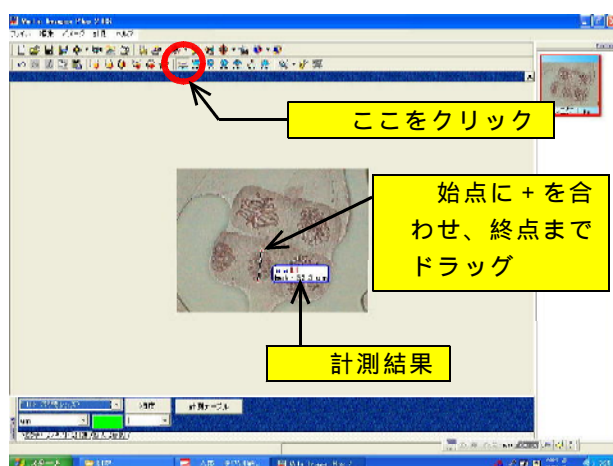


図 9 核の長径の計測

- (6) 半径・面積・円周の計測 (例: 前期の染色
体の広がり) の場合, 図10のように,
計測の円をクリック 広がった染色体の
中心に + 印を合わせ円周部までドラッグする
と 描いた円 (染色体の広がり) の半径・面積・円周が出る。いくつかの細胞
で計測を行い, 平均を出す。
- (7) 多角形の面積の計測 (例: 細胞の面積の計
測) の場合, 図11のように, 計測の多角形
をクリック 始点に + 印を合わせ, 細胞の
形にそってクリックし, 終点でクリックする
と 描いた多角形 (細胞の大きさ) の面積が出る。いくつかの細胞で計測
を行い, 平均を出す。

(8) 同様の手順で、4～6 mmの成長した細胞についても様々な計測を行って平均を出し、0～2 mm部の体細胞分裂が活発に行われている若い細胞での計測結果と比較する。

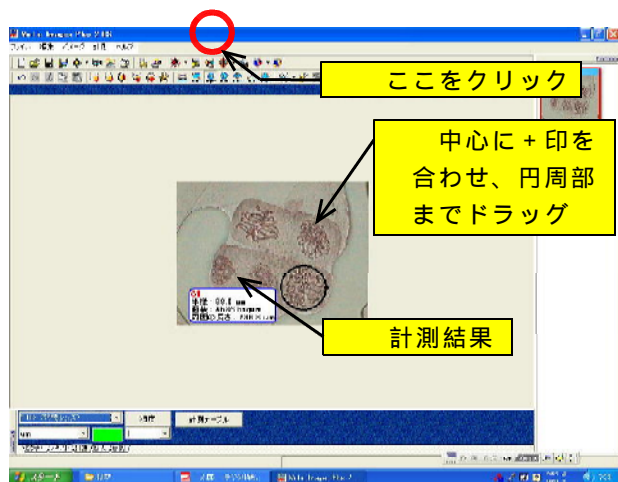


図10 半径・面積・円周の計測

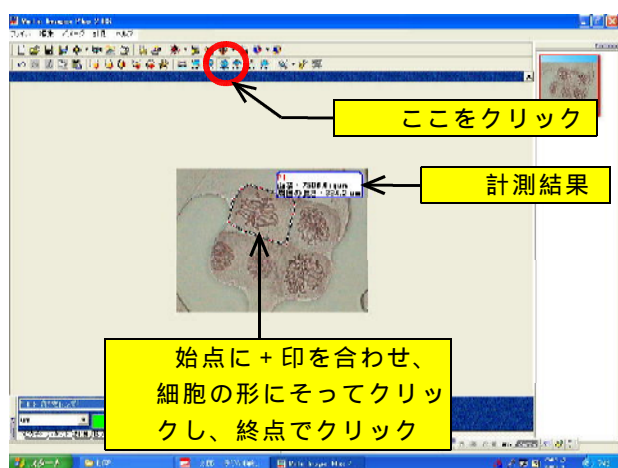


図11 多角形の面積の計測

結果例と生徒に指導するポイント

計測結果例（5細胞の平均値）を以下に示す。表1と3の結果より、植物細胞の成長について考えさせるよい。細胞そのものは伸長成長する

表1 間期の細胞長径（左）と核長径（右）

0～2 mm部の細胞	67.7 μm	45.8 μm
4～6 mm部の細胞	282.1 μm	45.2 μm

表2 前期の染色体と間期の核の大きさ

前期の染色体	2480.6 $\text{sq } \mu\text{m}$
間期の核	1987.0 $\text{sq } \mu\text{m}$

表3 細胞の面積

0～2 mm部の細胞	4487.3 $\text{sq } \mu\text{m}$
4～6 mm部の細胞	31048.1 $\text{sq } \mu\text{m}$

が、核の大きさは成長にかかわらず不変であることを考察させることができる。また表2の結果より、前期では染色体の広がり核の大きさをこえることから、間期から前期にかけての核膜の消失を考察させることができる。

3 デジタル画像を用いた分裂指数の計算 準備

デジタル顕微鏡（SIMADZU GLB-B1500MBTa）、添付ソフト（Motic IMAGES 2000 version1.2）をインストールしたパソコン、根端0～2 mm部の体細胞分裂中の細胞のプレパレート、根端4～6 mm部の成長した細胞のプレパレート

方法

- (1) Moticを起動する。
- (2) デジタル顕微鏡でプレパートを観察し、体細胞分裂像を含む50～100個程度の細胞が写るように、低倍率で数枚撮影し、名前を付けてパソコンに保存する。
- (3) 図12のように、開くをクリック 撮影した画像が入ったファイルの場所、画像ファイル名を指定 開くをクリックし、指定した画像を呼び出す（中央と右サイドに画像が出る）。

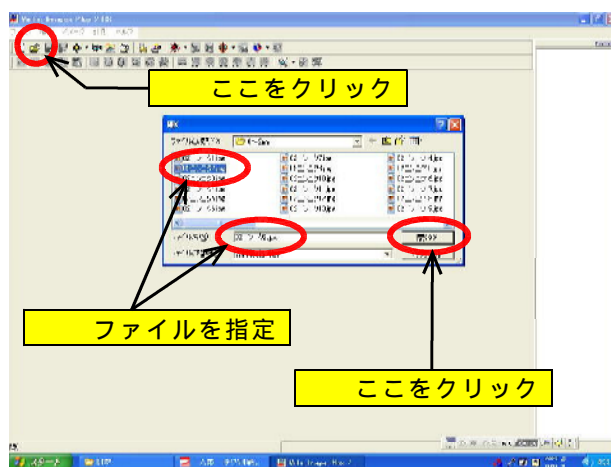


図12 画像の呼び出し

- (4) 図13のように、ピクチャの塗り色をクリック 色を選びクリック (図は赤) OKをクリックする。

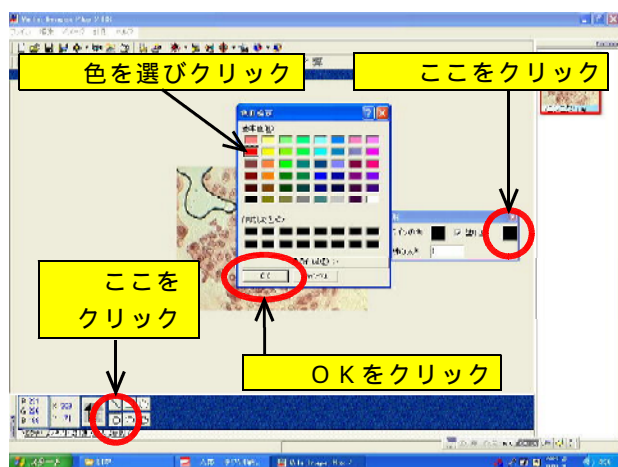


図13 塗り色の選択

- (5) 図14のように、矢印の先を目標 (図は中期の細胞) の中心に置きドラッグ 細胞に赤丸マークが描かれる 次の目標 (別の中期の細胞) の中心に矢印の先を置きクリック 赤丸マークが付く。この操作を繰り返し、中期の細胞全てにマークをしながら、中期の細胞数を数える。

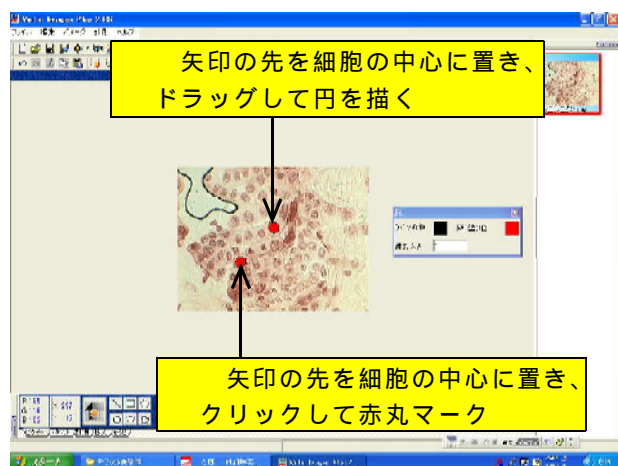


図14 マークの付け方

- (6) 図15のように、別の目標 (図では前期の細胞) の中心に矢印の先を置きクリックし、塗り色をクリック 色を選びクリック (図は緑) OKをクリックす

ると赤丸マークが緑丸マークになる。次に別の前期の細胞の中心に矢印の先を置きクリックすると、緑丸マークになる。この操作を繰り返し、中期の細胞全てにマークをしながら、中期の細胞数を数える。



図15 マークの色の換え方

- (7) 同様にして、それぞれ色を変えて間期 (図では黄色)、後期 (図では無し)、終期 (図では青) の細胞にもマークを付け (図16)、各時期の細胞数を集計する。

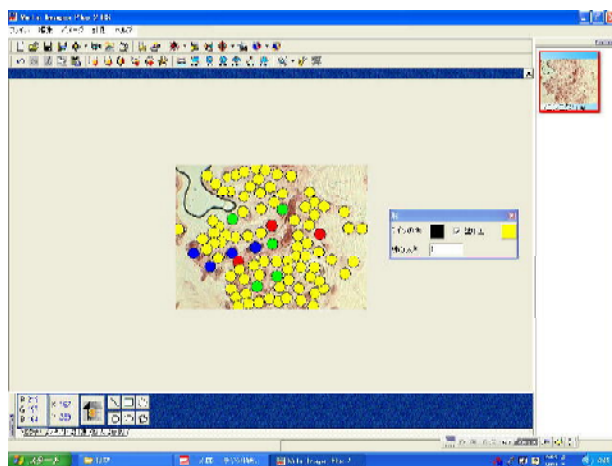


図16 マークが終わった画像

- (8) 数枚の画像で、方法(1)～(6)までを行い、各分裂期の細胞数を集計し、次の式で分裂指を計算する。

$$\text{分裂指数} = \frac{\text{ある分裂期の細胞数}}{\text{全細胞数}}$$

結果例と生徒に指導するポイント

表4は図16の計測結果、表5は図16を含む5枚の画像の計測結果の合計である。

表4 図16の計測結果

分裂期	間期	前期	中期	後期	終期
色	黄	緑	赤	桃	青
細胞数	81	5	3	0	4

表5 5枚の画像の計測結果例の合計

分裂期	間期	前期	中期	後期	終期
色	黄	緑	赤	桃	青
細胞数	341	26	11	3	12

分裂指数は、細胞周期における間期の長さや分裂期の長さ、また、分裂期における前期、中期、後期、終期の長さの割合を示す¹⁾。より信頼度の高い分裂指数を算出するためにはサンプル数が多い程よく、クラス全体で集計した値を用いるとよい。表5の計測結果例から分裂指数を計算した場合は以下ようになる。

- ・間期： $341 \div 393 = 0.868$
- ・前期： $26 \div 393 = 0.067$
- ・中期： $11 \div 393 = 0.028$
- ・後期： $3 \div 393 = 0.008$
- ・終期： $12 \div 393 = 0.031$

このような結果より、細胞周期に対する分裂期の長さを考えさせるとよい。表5の計測結果例からも前期～終期の分裂指数の合計が0.134（13.4%）しかなく、分裂期がごく短いことを考察させることができる。また、表5の結果をさらに円グラフなどにまとめさせ、分裂期の中でも中期、後期、終期の各過程が短時間で進んでもことも考察させることができる。さらに、細胞周期や分裂期の時間があらかじめわかれば（例：タマネギの根端の分裂期は83分、エンドウの根端の分裂期は110分、ムラサキツユクサの根端の分裂期は340分、ソラマメの根端の分裂期は155分など²⁾）、それぞれの時期の具体的な時間を算出することもできる。

おわりに

本稿で述べた3本の授業プランは、それぞれ1時間の授業時間に対応したものではない。複数のプランを組み合わせたり、一部を課題にするなど形態を工夫し、生徒や学校の実態に合わせた形で実施することが望ましいと考えている。

また、この授業プランは、デジタル顕微鏡が生徒2人～4人に1台配置された学校での実践を想定したものだが、仮にデジタル顕微鏡の台数が少なくても、グループによる課題研究であれば十分対応できると考えている。

いずれにしても、今後、何校かで授業実践を行い、その成果や課題をもとに授業プランの改善を図っていきたい。

参考文献

- 1) 矢杉龍一他 生物学辞典 pp.1262 岩波書店 1996
- 2) 荒木忠雄他 現代生物学図説 pp.16-22 倍風館 1981

（こじま あきお 生物研究室研究員）