

4. ImageJ を用いたリンゴ果実面積の計測

1) はじめに

果樹栽培において、余分な果実を間引く摘果は非常に重要な作業である。摘果せずに果実を成らせすぎると、果実が小さくなるだけでなく、糖度が下がり、翌年の花芽が少なくなる。高品質な果実を安定生産するためには、早期に摘果する必要がある。

例年、先進園芸技術開発プロジェクト（以下、園芸プロ）では、5月から6月の実習でリンゴの摘果を行う。実習を通して、リンゴの結実特性や摘果作業が果実品質に及ぼす影響について学んでいる。しかし、対面実習ができなくなったため、学生が摘果することができなくなってしまった。

そこで、摘果が果実品質に及ぼす影響を学んでもらうために、異なる時期に摘果した幼果を用意し、画像解析で幼果の面積を計測することにした。通常、果実の大きさを計測するには、重量を量ったり、縦径・横径をノギスで測ったりする。しかし、植物は調査期間がしばしば限られるため、大量のサンプルを短期間で計測する際に、それらの方法は必ずしも適切ではない。一方、フリーの画像解析ソフトであるImageJ (Rasband, 1977-2012)を用いれば、忙しい時期に写真だけ撮影しておき、後に写真から果実面積を求めることが容易である。普段画像解析になじみのない学生たちに、こういった手法があることを知ってもらうことは、卒業研究を進めるうえで有意義であると考えた。

表4-1 本実習の基本情報.

①授業の基本形態	遠隔授業（対面の要素なし）
②遠隔授業の形態	Zoomによるリアルタイム（ただし、圃場からの中継方式ではなく、実習で行う作業・調査のための素材を事前準備した）。
③資料・使用ソフト等	事前に、説明資料（PowerPointファイル）と写真データ（JPGファイル）をクラウドサーバの共有フォルダにアップロード。解析手順の説明動画をYouTubeにアップロード。学生は、実習日までに解析ソフトImageJを各自のパソコンにインストール。
④実施日時	2020年6月17日(水) 13:00～16:00
⑤科目（受講者）	プロジェクト実習Ⅰ（園芸プロ所属3年生9人、4年生2人）
⑥担当者等	担当：北本尚子（果樹栽培学）

2) 方法

(1) 教員による授業前の準備「摘果時期が異なる幼果の準備と写真撮影、動画作成」

材料は、フィールド教育研究センターに植栽されている14年生の‘ふじ’4樹とした。比較する摘果時期は、花の満開日である5月15日、満開日から14日後の5月29日、満開日から28日後の6月12日の3時点とした。リンゴでは、1つの花芽から出る5～6小花のかたまりを1花（果）そうといい、通常は、中心の花（果）のみを残して摘果する。そこで、今回も各摘果日において、各樹6果そうをランダムに選び、中心果のみを残して摘果した（図4-1）。6月12日、摘果処理して残しておいた中心果を全て切り落とし、写真撮影した（図4-2）。写真データは、クラウドサーバの共有フォルダに保存した。

次に、ImageJを用いて幼果面積を計測する動画を作成した。Zoomを利用して、①クラウドサーバから写真データをダウンロードする手順、②ImageJを用いて幼果面積を計測する手順、③計測した面積をエクセルファイルにコピーする手順を録画した。得られた録画ファイルは、動画編集ソフトを用いて、45分間の動画に編集し、YouTubeにアップロードした。

学生には、実習当日までに自分のパソコンにImageJをインストールしておくよう指示した。

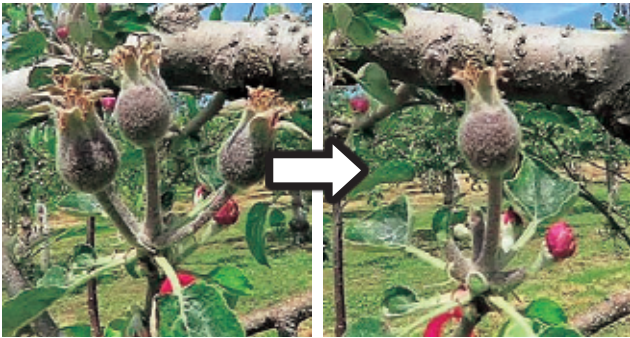


図4-1 リンゴの果実を摘果したところ。中心果のみを残し、周りの幼果は鋏で間引く。



図4-2 樹ごとに撮影した写真。幼果を摘果日ごとに並べて撮影した。欠損により6幼果得られない区が一部あった。

(2) 授業の進行

- ① (Zoom：導入) 説明資料を共有しながら、実習の目的と試験設計を教員が説明した。事前にどのような結果が得られるか学生に予想してもらい、チャットに書き込んでもらった。
- ② (各自の作業) 学生にはZoomミーティングをいったん退室してもらい、説明動画を倍速で視聴しながら幼果面積を計測してもらった。Zoomミーティングは常に開けたままにしておき、不明な点がある際は自由に入室して教員に質問できるようにした。
- ③ (Zoom：各自の作業結果報告) 1時間半後Zoomミーティングに全員が再入室した。解析の進み具合や感想について発表してもらった。
- ④ (Zoom：データ解析と考察) 説明資料を共有し、あらかじめ教員が作成しておいた幼果面積のヒストグラムを示して、摘果日ごとに幼果面積に違いがあるか議論してもらった。次に、統計解析の結果を示し、他機関での調査結果も示しながら、摘果時期が果実サイズに及ぼす影響について理解を深めてもらった。
- ⑤ (Zoom：振り返り) 画像解析の感想をチャットに書き込んでもらい、画像解析が役にたつ場面や注意点について議論した。

3) 結果

(1) 教員による授業前の準備「動画作成に苦労した点」

ImageJで画像解析する際には、設定に関わる画面を複数開く必要がある。Zoomで手順を説明する際には、それらの画面を毎回共有画面に切り替える必要があるが、切り替えを忘れてしまうことがあった。そうすると、動画の途中から手順とは関係ない画面が共有されたまま説明だけが続くことになる。共有される画面は緑色の枠で示されるため、枠の色に注意しながら、何度も撮影を繰り返し、編集して1本の動画にした。

(2) 授業の進行

① 導入

摘果時期が果実サイズにどのような影響を及ぼすか、事前に学生に予想してもらい、チャットに書き込んでもらった。ほとんどの学生が「早く摘果するほど果実が大きくなる」と予想した。中には「早いほど栄養が1つの果実に行きやすくなるのでは」と理由に言及する学生もいた。一方で、「摘果が早すぎると授粉や生育が悪い果実も残しそうなので、ある程度幼果が出来てからのほうがよさそう」と発言する学生もおり、議論が深まった。

② 動画視聴による画像解析

各自、動画を視聴しながら画像解析に取り組んでもらった。着手後、すぐにZoomミーティングに再入室してきた学生がいた。写真をうまくダウンロードできないとのことだった。学生側の画面を共有しながら対応したところ解決できた。10分ほどすると、数人の学生がパラパラと再入室してきた。動画の画面と異なる画面が出てくるとのことだった。画面を共有して確認すると、説明動画では、背景が白色になる(図4-3)のに対し、学生たちは黒色になるようだった。ソフトのバージョンによりデフォルトの設定が異なっているようだった。背景が黒色のままでも問題なく解析できることがわかったので、そのまま続けるように指示した。その後も断続的に学生が再入室して質問してきた。ほとんどが「幼果をうまく抽出できない」という内容だった。実は、写真を撮影したときに、背景を単色とせず、1cmメッシュのカッター版を用いたため、一部の幼果では、幼果と背景を自動的に区別できなくなっていた(図4-4)。動画では、対処方法も説明していたのだが、慣れない学生にとっては難しい作業のようだった。その際は、その果実は無視して、次に進むよう指示した。

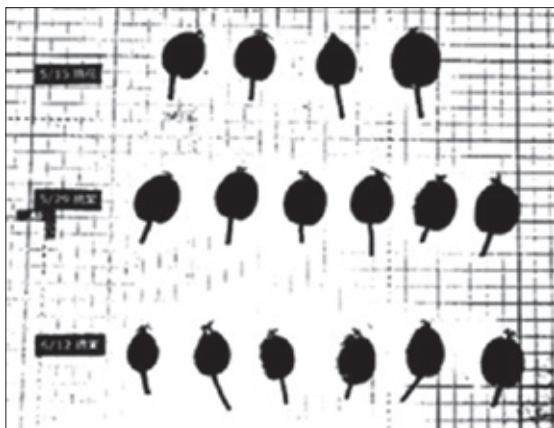


図4-3 画像を白黒2値化した図。幼果は黒色に変換されている。

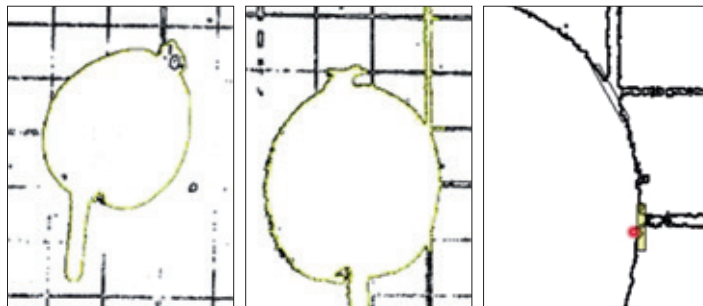


図4-4 幼果の自動抽出に成功した様子(左)と失敗した様子(中央)。中央の画像では、幼果と背景の1cmメッシュ線がうまく区別されていない。右図のように手動で線を引くと区別できるようになる。

③ 作業結果報告

解析の進み具体について報告してもらったところ、最後まで解析できた学生がいる一方で、幼果の抽出作業に手間取り1枚の写真しか解析できない学生もいた。さらに、パソコンに不慣れなため、面積の計測に至らなかった学生も一人いた。

④データ解析と考察

幼果面積のヒストグラム（図4-5左上）を見せ、摘果日ごとに差がありそうか議論してもらった。「差がありそう」や「ばらつきが大きいから差はないのではないか」など活発な意見が出た。分散分析の結果、摘果日間で幼果面積に有意差があること、Tukey-Kramerの多重検定の結果、満開日から28日後に摘果した区では、他の区と比べて幼果サイズが有意に小さいことを説明した（図4-5右上）。次に、結果の一般性を確認するため、長野農業改良普及センターの資料を示し、予備摘果が遅いと果実が小さく、糖度が低くなることを説明した（図4-5左下）。

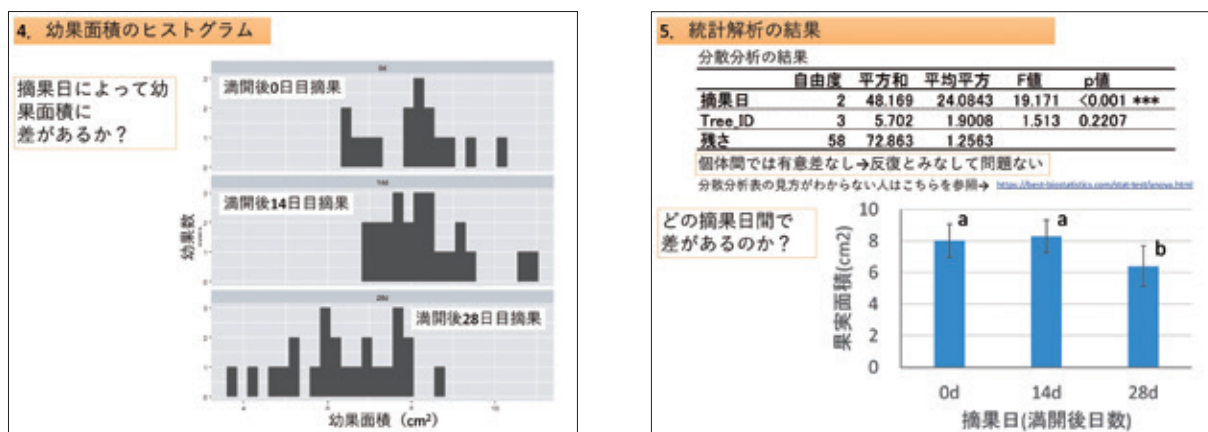


図4-5 データ解析と考察に用いた説明スライド。

⑤振り返り

最後に、画像解析の感想をチャットに記入してもらった（表4-2）。ほぼ全員が作業の大変さを訴えたが、「慣れるとはまる感じ」や、「思ったよりもシンプルな方法で、細かく解析できたので驚いたし、なんて便利なんだろうと思った。ぽんぽん数字が出てくるのを見るのは面白かった」と好意的な意見も見られた。また、撮影条件の改善点を指摘する学生や「うまくできなかったので、YouTubeで復習しようと思います」という学生もいた。

表4-2 画像解析に対する学生の主な感想。

画像解析の良い点	画像解析の悪い点
<ul style="list-style-type: none"> 目で見ると違いが数字ではっきりと分かる(3人)。 慣れると簡単(3人)。 慣れると一枚の解析が短時間で終わったので大量のサンプルがあるときに便利(2人)。 	<ul style="list-style-type: none"> 作業が大変(4人)。 撮影条件が悪いと、解析精度が低下し、対象物を自動抽出できず手作業が多くなる。撮影時には光条件などに注意が必要(4人)。

4) まとめ

本実習では、コロナ禍のため実施できなかったリンゴの摘果実習の代替として、ImageJを用いた画像解析を行った。その自己評価を表4-3に記す。実物に触れる実習ではないため、果樹の栽培環境や農業に対して理解が表層的になってしまう問題点がある。一方で、動画視聴による実習には、学生が自分のペースで解析できる利点もあると感じた。教員側からの支援体制を強化すれば、対面実習以上の効果も期待できる。

表4-3 本実習の自己評価。

<p>効果があったと思われる点</p>	<p>I. 摘果時期が果実品質に及ぼす影響について理解を深められた点。実データを用いることで理解が深まったと考える。また、調査からデータ解析までの一連の流れについても実習することができた。</p> <p>II. 動画視聴を用いたことで学生が自分のペースで解析できた点。対面実習ではパソコン作業やデータ解析が苦手な学生に進度を合わせるため、得意な学生にはしばしば待ち時間が生じる。対して、動画視聴による解析は、巻戻しや早送りができるため各自のペースで進めることができる。この点は対面実習にない利点と感じた。</p> <p>III. チャットの利用で議論が活発化した点。対面での授業では、積極的な学生に発言が偏りがちであるが、チャット方式では全員同時に意見を書き込むため、学生一人一人の意見を聞くことができる。その意見を教員がひとつひとつ取り上げることで、対面授業よりも議論が活発化し理解が深まったように感じた。</p>
<p>改善を要すると思われる点</p>	<p>i. 学生の進み具合を教員が把握できない点。Zoomミーティングに再入室してきた学生に関しては、解析の進み具合を把握できたが、そうではない学生については集合時間になるまで進度を把握できなかった。学生からのアクションに依存せずに進度を確認できる仕組みをつくる必要がある。</p> <p>ii. 果樹の栽培環境や生理生態に対して理解が深まらない点。果実品質に影響を及ぼす要因は、摘果時期だけではない。気温や降水量、病害虫や授粉の有無、樹勢など様々な要因が影響する。対面実習ならば、実際に摘果することでそのような要因の影響について自然に理解を深めることができるが、遠隔ではそのような機会を得ることはできなかった。</p> <p>iii. 実体験に裏打ちされた農業への理解が深まらない点。1本の樹を1人で予備摘果すると約1時間かかる。早期の摘果が良いといっても、実際の現場では数百本の樹を対象に摘果しなくてはならず時間との闘いになる。対面実習ならば、摘果にかかる時間や労力を体感することにより、農業への理解を深めることができるが、遠隔授業では実体験が伴わないため表層的な理解にとどまってしまった。</p>

<引用文献>

Rasband W. S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997-2012.