

デジタルカメラとパソコンを用いた簡易な面積測定法

小谷野 伸二

緒 言

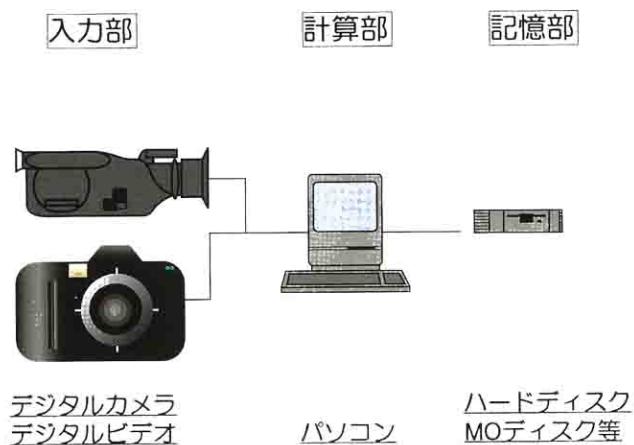
ある物体の面積を測定しなければならないような場面は様々なケースで生じる。害虫防除の研究分野では、害虫による作物の被害解析や植物と昆虫の相互作用を研究する上で、植物の葉の受けた食害量を正確に測定することが重要になっている。また、害虫の個体群動態を正確に把握するには、個体数の正確なモニタリングが求められる。理想的には、これらは連続的に非破壊的に測定されることが望ましい。しかし、これらの測定は野外の圃場あるいはフィールドという条件で行われることが普通で、実際の測定には困難を伴うことが多い。従来から、このような測定のために、アナログあるいはデジタル葉面積計を始め様々な手法が開発されてきた（井村、1996）が、大型であることや高価で操作が複雑で普及しにくかった。圃場でサンプリングした材料を室内に持ち込んで測定するという手法では、測定できる分野が限られるということもあった。また、普通の光学カメラで撮影するという手法も、フィルム代や現像代がかさみ、現像するのに時間がかかるという欠点があった。

今回、最近比較的安価になってきたデジタルカメラとパソコンを用いて、野外でのデータ入力とその後の測定・算出が簡単にできるシステムを確立したので、あわせて本システムの応用昆虫学の分野における応用例として食葉性害虫による葉の食害面積と害虫の産下した卵塊面積の測定について紹介したい。

材料および方法

1. 装置の概要（第1図）と測定手順

入力装置として市販のデジタルカメラ（DS-1S®、リコー株製）を用いた。本機種は、オプションでメモリーカード（24M）を装着すると、画質モードを低画質にした場合492枚、普通画質にした場合246枚の画像が一度に取り込める。面積を算出するために用いる画像は低画質で十分である。撮影できる距離範囲は、数cmから無限大で、通常の撮影条件であれば問題はほとんどない。撮影時には、被写体とともに長さ（または面積）の標準となるスケールを写し込む必要がある。筆者は、 $1 \times 1 \text{ cm}$ の格子入りの透明アクリル板（以下、格子板）を使い、格子の一辺をスケールとして用いた。撮影した画像はビデオ出力端子（S映像端子）からビデオケーブルを経由してパソコンに直接送ることができるが、パソコン側にビデオ入力端子がない場合は、メモリーカードを経由して画像を取り込む。撮影後の面積の計算にはパソコンを用いた。まず、ビデオ入力端子に接続したデジタルカメラから画像をパソコンに取り込むには画像入力用ソフトを用いた。画像が極端に暗いとか、余計なものが写りすぎているとかで必要であれば、リタッチソフトを用いて画像を加工する。最終的には画像処理ソフトで面積を測定するが、細かい作業は状況に応じて異なる。ただし、面積測定には前述の標準のスケールを計算の基準として用いるので、このスケール入力は正確に行う必要がある。画像のファ



第1図 画像解析装置の構成と撮影風景

イル(ファイル・サイズはPICT形式でおよそ0.8MB)は、JPEG形式などに圧縮(およそ1/20ぐらいになる)保存できる。撮影してから面積測定が終了するまでかかる時間は、撮影枚数、処理画像の複雑さにもよるがほぼ数時間以内である。

2. 入力画像による面積測定の信頼性の検討

まず、撮影時に生じる誤差の可能性として、平面の面積を測定する場合の被写体からの距離と角度を変えて見た。測定方法はそれぞれ以下のように行った。距離については、前述の格子板をカメラのレンズ面と平行に設置し、デジタルカメラのズームレンズの遠距離側でピントを合わせ、遠い方から一定距離ごとに撮影し、1で述べた方法で面積を測定した。本報で使用した機種では、およそ50cmまでは自動的にピント調整できるので、撮影者はシャッターを押すだけでそれ以外の操作は行う必要はない。角度については、格子板から30cmの距離にカメラを固定し、格子板の角度(レンズ面と平行においていたときの角度を0°とした)を変え撮影し、それぞれの角度での面積を測定した。

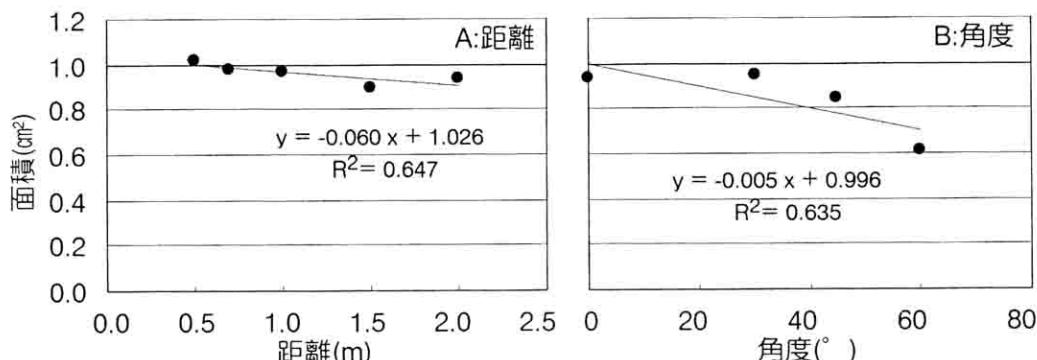
次に、標準のスケールを指定・入力するときの誤差の可能性として、角度を変えて撮影したとき、スケールを

採る位置によってそれ自体の長さがどの程度の誤差を生じるかを見た。角度についての画像を用い、一番手前に写っている格子の1辺の長さを対照に採り(1cmとし)、手前から奥に向かって5格子分ずつ移動したときの辺の長さを測定した。スケールを横方向と縦方向に採った場合についてみた。

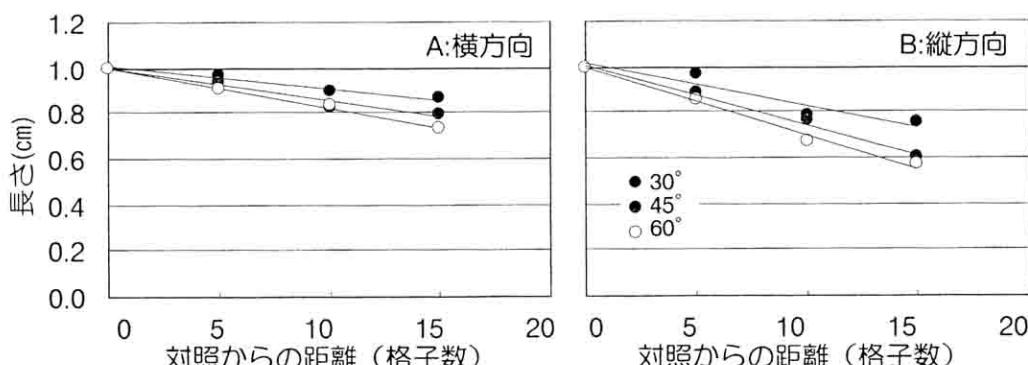
結果および考察

1. 信頼性の検討の結果

入力画像から正しく面積が測定できなければ、いくら簡単な装置とはいえ実用的ではない。そこで、撮影距離と角度による測定誤差の結果を第2図に示した。正しく面積測定が行われれば測定値はいずれも1.0cm²となるはずである。距離に関しては、2mからの撮影で1×1cmの格子を測定して0.93cm²と高い信頼性を示した(第2図A)。一方、角度を変えた場合、45°までは0.84と比較的高い信頼性があったが、60°では、0.61と低い値となった(第2図B)。しかし、面積測定にこのシステムを用いることが想定される場面が栽培中の作物であれば、撮影者と被写体の距離はおそらく2m以内であろうし、撮影者が立ったまま地上の作物を撮影する場合の被写体



第2図 撮影距離と角度による信頼性



第3図 角度をつけて撮影したときのスケールの長さの歪み

との角度が45°以上になることはほとんどないと考えられる。

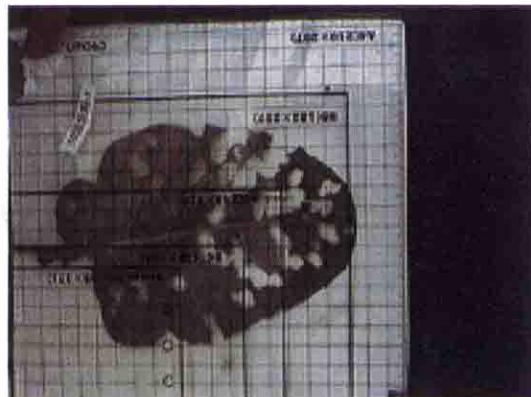
スケールの歪みによる測定誤差の結果を示した。角度と対照からの距離が大きくなれば歪みはそれに応じて大きくなり、特に縦方向で大きな歪みになった（第3図AとB）。仮に被写体に対し45°の角度で撮影した画像の面積を測定するとする。被写体が格子数15番目の位置にあったときスケールを対照の位置で採ると、例えば測定対象物の実際の面積が10cm²の場合、スケールによる歪みと被写体自体の歪みによる誤差により、測定値はおよそ $10 \times (0.8 \times 0.6)^2 = 3.84\text{cm}^2$ となった。しかし、これはかなり極端な例なので、通常ではこのようなことはまず無いと考えられる。

以上から、本システムを利用して面積測定をする場合、撮影時にはカメラのレンズ面と被写体を平行にすること、スケールを入力するときにはなるべく測定対象物の中央部分で採ることが必要と考えられる。

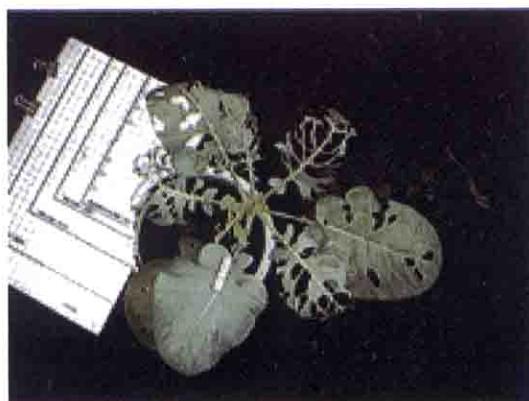
2. 本システムの応用例

(1) 食葉性害虫による葉の食害面積の測定

害虫による作物への影響は、害虫の密度、作物の被害度そして作物の減収というそれぞれ関連した要因から判断される。そのためには、これらひとつひとつの要因を厳密に定量化することが望ましいが、現実には様々な原因で容易に定量化できない。被害度については、食葉性害虫による葉の食害面積を測定した例が報告されている。瀬戸口ら（1986）は、サツマイモの害虫による葉の食害面積を測定方法にするのに、室内飼育による個体レベルでの摂食量の測定結果から野外個体群の摂食量の推定を行うことには問題点があるしながらも、室内飼育による摂食試験からサンプリングにより葉面積と乾物重の相関を求め食害葉面積を推定した。また、井上（1990）は、テントウノミハムシによる樹木の葉の食痕の面積を測定するのに葉を採取し持ち帰りノギスで食痕の幅と長さを測定・算出し、山本ら（1997）は、コブノメイガ幼虫により食害を受けたイネ葉身の面積を黒色フェルトペンで透明なOHPフィルムに写し取り自動葉面積計により測



スケール入りの透明アクリル板を乗せ撮影する。



株全体の生育の様子の観察にも用いることができる。

第4図 害虫による葉の食害面積の測定例
および株全体の回復の観察例

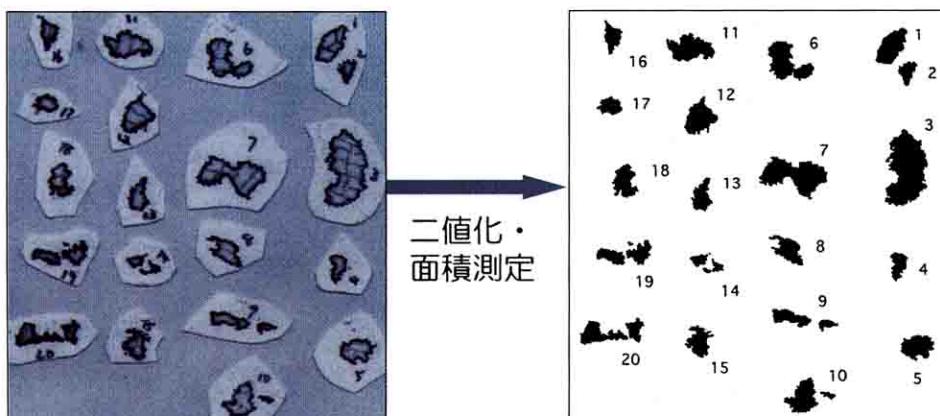
定した。さらに、井村ら(1996)は、新たに食害面積の測定法を開発したが、その応用例では光学写真を用い葉の画像を解析装置に取り込むという手のかかる手順が示され、構築されたシステムはやや複雑なものであった。以上のように、いずれも簡便な方法とは言い難く、また作物の同一個体の連続測定も困難である。

ここでは筆者の行ったブロッコリーの葉面積測定について紹介する。測定対象は、鉢植え株にヨトウガ幼虫を放飼し自由に食害させたものである。格子入りの透明アクリル板と白色厚紙で植物体に付いたままの食害された葉を挟み、アクリル板側からデジタルカメラで撮影した(第4図)。アクリル板と厚紙で挟むことにより、葉の多少の平面的な凹凸は抑え付けて撮影することができたが、葉面積計による測定もできないほどの極端な凹凸がある場合は撮影は困難だった。また、葉の除去によるサンプリングをせずに、撮影は非破壊的に行われる所以、被害を受けた葉の面積あるいは株全体の生育を経時的に追跡できた。さらに、撮影した画像がその場で確認できるので、撮影の失敗によるデータの取り損ねの危険性は低かった。作業は撮影者と被写体の支持者の2名で行っ

たが、使用したデジタルカメラにはコードレスのリリーズ機能があるので、状況によっては三脚等を活用すれば撮影者だけでも撮影可能である。

(2) 害虫の卵塊面積の測定

害虫の卵塊面積と含まれる卵粒数との関係は、卵を卵塊で産下する害虫の生態研究にとって重要であるため様々な種について求められてきた。しかし、導かれた卵塊面積・卵粒数関係を野外調査で活用するには簡便な面積測定の手法が不可欠である。今回のシステムを用いると、例えばキャベツの葉に産下されたヨトウガの卵塊を撮影(第5図)することで、予め求めてあった卵塊面積・卵粒数関係から卵粒数を求めることができ、葉の食害面積の時と同様に卵塊の除去によるサンプリングを行わないので、同一株上での経時的な追跡調査が可能であった。しかし、これが可能なのは卵粒が一平面上に分布しているか、立体的であっても何らかの規則性があり、単位面積/体積あたりの卵粒密度が均一な場合である。クワゴマダラヒトリも卵塊を産下するが、それらは卵が数段に積み上げられた母蛾のりん毛で被われた(本藤、1981)なかに不均一に分布しているので測定できなかった。



応用可能な例：ヨトウガ



応用できない例：クワゴマダラヒトリ

第5図 卵塊で産下する害虫の観察例

摘要

1. デジタルカメラとパソコンを用いることで、簡単な面積測定システムを確立した。
2. この面積測定システムの信頼性を確保するため、測定誤差を生じさせると考えられる条件について検討し、ほぼ妥当なシステムであると結論した。非破壊・連続的な調査に用いられる応用例として、害虫による葉の食害面積と害虫の卵塊面積の測定による野外での活用方法を紹介した。

引用文献

- 井村治・二宮正士（1996）. 画像解析を用いた葉の昆虫による食害面積の計測. 第40回日本応用昆虫動物学会要旨. p. 224.
- 瀬戸口脩・中川耕人・小林正弘（1986）. サツマイモの主要食葉性害虫3種の摂食量. 応動昆 30 : 93-98.
- 井上大成（1990）. テントウノミハムシ (*Argopistes*) 2種の樹上における生息習性の比較. 応動昆 34 : 217-226.
- 山本晴彦・本田善之・早川誠而・大方保祐（1997）. コブノメイガに食害を受けたイネ葉身の光合成・呼吸特性. 応動昆 41 : 115-119.
- 本藤勝（1981）. クワゴマダラヒトリの集合生活期における死亡要因と死亡過程. 応動昆 25 : 219-228.

Simple Method of Measuring Area
by Using Digital Still Camera and Personal Computer.

Shinji KOYANO