

生物育成環境の情報化と評価・活用に関する授業実践

A practical education to evaluate and use information visualization of environment for easy to understand about biota

下保敏和, 鈴木賢治, 佐藤亮一, 平尾篤利

Toshikazu Kaho, Kenji Suzuki, Ryoichi Sato, Atsutoshi Hirao

Keywords: ICT 活用, 非破壊計測, 時系列データ

1. はじめに

平成 20 年に文部科学省から発表された「中学校学習指導要領解説 技術・家庭編」の中で、「C 生物育成に関する技術」として、栽培または飼育を行なうことを求めている^[1]。中学校技術における生物育成に関する授業実践は、木材加工や情報に比べて少なく、またどのような点を評価するのかについて、試行錯誤している状態である。指導要領で求めている「技術の適切な評価・活用する能力」を育成するには、単に植物や動物を育てるだけでは十分ではない。

さて、産業の発展の中で、機械化や自動化、情報化が行なわれてきた。このような変化は、工業製品の生産によく見られるような工場のオートメーション化が、代表的な例であろう。情報産業では、ロボットによる Web 検索情報の自動収集という例もある。農業分野でも、トラクタの活用に代表されるような農業の機械化から始まり、収穫作業や防除作業を自動で行なう農業用ロボットも開発されている。技術はいろいろな領域で応用されるため、技術を適切に評価・活用するためには、いろいろな領域を関連付けて学習することが必要である。指導要領においても、育成環境をプログラムにより計測・制御を行ない、「D 情報に関する技術」と関連付けるような例が出されている。

1990 年代、大規模農業における肥料や農薬などの資材の大量投入による環境問題の発生を受けて、低投入で持続的な農業を達成するために、情報技術を有効に活用して、農作業を最適化しようとする精密農業が始まった^[2]。精密農業が始まったころは、ほ場内の空間的なばらつきを計測し、ばらつきに応じた管理を行なう、局所作物管理手法 (Site Specific Crop Management) が主な最適化手法であった。農業にお

いて、このような最適化手法を取れるようになったのは、ふたつの技術が普及した影響が大きい。ひとつは、アメリカの軍事用に使われていた全地球測位システム (GPS) が、民生用に利用することができるようになり、目印に乏しいほ場の中で数メートル以内の誤差で位置を知ることができるようになったことである。もうひとつは、コンピュータ能力の増大により、地理情報システム (GIS) が個人所有レベルのコンピュータで実用的に利用可能になったことである。このように、新たな技術の普及とともに、あたらしい技術が生み出されている。

近年、個人用携帯情報端末の普及により、多種多様な情報収集と情報検索が、普段の生活の中で簡単に行なうことができるようになった。この新たな技術を活用して、生物育成環境を情報化し、可視化することは、技術教育で扱うのに効果的な題材であると考えられる。

2. 生物生育環境の情報化

2016 年に開講した ICT 活用と価値の情報化 B において大学生に対して授業実践を行なった。6.5cm 径のポットに青シソを一株ずつ植え、60 ポット用意した。群落を形成したシソの状態を図 1 に示す。受講生ひとりにつき一株を決めておき、毎回の講義に自分が選んだ株について非破壊計測を行ない、化成肥料を与えた。また、学生が選んでいないポットから、破壊計測する株を選んだ。

2.1. 葉面積の情報化

通常植物は、光合成により CO_2 を同化して生長するため、主な同化器官である葉の量を知ることは、植物の生産能力を知るためには重要である。葉は光合成を行なうと同時に呼吸も行うため、単位面積当



図1: 群落を形成した植物体

りの葉面積 (葉面積指数: LAI) には、見かけの光合成に最適な値が存在する。

光の透過量を計測し葉面積に換算する葉面積計が一般にはよく利用されているが、今回はもっと簡便に計測するために、方眼用紙と写真を用いた方法を用いた。

方眼紙を用いた計測方法は以下の通りである。まず、計測対象の葉を方眼用紙に当て、葉の輪郭を方眼用紙に書き写す。次に、方眼用紙の計測単位とする枠の大きさを決め、完全に葉の領域内部にある枠の数と、葉の輪郭を含んでいる枠の数を数える。葉の輪郭を含む枠の面積は、計測単位に設定した枠の半分の面積とする。したがって、面積は以下の式(1)によって求まる。

$$S = s(n_a + n_p/2) \quad (1)$$

S 葉面積

n_a 完全に葉の内部にある枠の数

n_p 葉の輪郭を含む枠の数

s 枠ひとつの面積

これを計測対象面上にあるすべての葉に行ない、葉面積を積算することで、LAIを求めることができる。また、設定する枠の大きさを $20 \times 20\text{mm}$ 、 $10 \times 10\text{mm}$ 、 $5 \times 5\text{mm}$ と変えることによって、量子化サイズについて考察を行うことができる。設定した枠の大きさを小さくし、より細かくデータを離散化した方が誤差が小さくなるが、測定するための労力が大きくな

ることを体験することができた。

次に画像から求める方法についても実験を行なった。通常は、葉の領域とそれ以外の領域に二値化して、葉の領域の画素数を数え、1画素の面積をかけることで、葉面積を求める。しかし、今回は二値化については取り扱わないこととし、方眼紙の手法を応用して葉面積を求めた。まず、各自の携帯電話やタブレットにより葉の写真を取得する。次に表計算ソフトのセルの大きさを正方形になるように設定し、撮影した画像を挿入し、葉の領域にあるセルの数を数えた。表計算ソフトのセルの大きさや、画像の拡大率を変化させることが可能であることから、量子化サイズを自由に設定することができる。方眼紙を使った場合よりも簡単にセルの数を数えることが可能であり、葉の輪郭をなぞる必要もなく、写真を撮って転送する手間があるが、紙媒体である方眼紙を用いるより容易に計測可能であることを体験することができた。ただし、画像中の葉が実際の大きさがわからないと、葉面積に換算できないことと、葉を斜め方向から撮影することにより測定誤差が大きくなることを確認した。

2.2. 植被率の測定

対象を真上から、鉛直下向きに撮影した画像から、植被率の計測を行なった。図2に植物体撮影の様子を示す。植被率は、真上から見た時に葉が地表面を覆っている割合を示したものである。割合であり無次元であることから、撮影画像中の葉のサイズが不明な場合にも問題なく算出可能である。植被率は、葉面積指数と一定の関係があることが知られており、植被率を葉面積指数の代わりに使うことがよく行なわれる。画像中にある葉の割合が少ない時は葉の画素数を、葉の割合が多い時は背景の画素数を数えることで、容易に計測可能である。葉面積の場合と同様、通常は二値化する場合が多いが、今回は、表計算ソフトに画像を挿入して、セル数を数えることにより求めた。

2.3. 草丈・草高の時系列データ

毎週の講義の時間に、定規により測定を行なった。図3に草高の計測の様子を示す。草丈とは、葉や茎



図 2: 植物体の撮影

をまっすぐに伸ばして一番長いところの長さである。草高とは、自然の状態では地表から一番高い所までの距離である。したがって、草丈の方が草高より大きい数値になる。草丈は、安定して計測可能であるが、非接触で計測するのは困難である。草高は、非接触で計測可能であるが、植物体がかじれたり、倒れたりすると値が変化するため、安定した計測が難しいという問題点がある。植物体の高さは、有機物の現存量との関係が大きいことが知られており、草丈や草高から植物の生長度合いを知ることができる。また、作物として見た場合に、おおよその収穫量を推定する場合に便利な指標である。

何回かの計測から、各自で生育予測モデルを作成し、次の草丈や草高を予測を試みた。そして、実際に計測してみて、予想と一致していたか検討した。



図 3: 草高の計測

2.4. 生産構造図の作成

植物体がどの位置で光合成を行なっているかを判断するためには、葉や茎が存在している高さを示す生産構造図を作成することが有効である。植物体の葉や茎が存在している高さを示す図である。葉を立てて群落の下の方にまで光を届くようにしているイネ科型と、葉を水平に近くして、群落の上の方だけで光合成している広葉樹型の二つに大きく分けられる。今回使用しているシソは、広葉樹型である。作成方法を以下に示す。

1. 草高を測定して、4以上の整数で割って、刻み量を決める。
2. 刻み量ごとに、上から植物体を切り取る。
3. 高さごとに切り取った植物体を、葉と茎に分けて、それぞれ封筒に入れる。ただし、葉の長さも幅も計測しておく。
4. 通風乾燥を行なう。ただし、これは授業では行なわず、教員が行なっておく。
5. 常温まで冷ました後に、高さごとの葉と茎の乾燥質量を測定する。

高さ方向の刻み量が少ないと、傾向がつかみにくいと考えられるため、高さ方向には4つ以上プロットできるよう刻み量を設定させた。通風乾燥には時間がかかるため、1回分の講義では行なうことができない。数時間の乾燥でも誤差は少ないが、一般には60-80度で数日間行なう。今回は、80度48時間の乾燥を行なった。通常植物は含水比が高く、乾燥させると非常に軽いため、植物体の量にもよるが、高精度の秤が必要である。今回は、1mg単位の電子天秤を用いたが、1つしか電子天秤を用意することができず、全員で質量を計測するのは大変であった。また、今回は十分な大きさの通風乾燥機を用意することができたが、一般には用意するのが難しいと考えられる。中学校で実践するには、大学や研究機関の協力がなく、必要とされる設備の面で難しい。

3. 情報活用

時系列データとして1週ごとに草丈と草高を取得したため、第3週までのデータで第4週のデータを

予測する課題を提示した。植物がどのような生育パターンを示すとか、回帰モデルの説明はせずに、自由な発想でモデル式を作成するように指示した。一般には、気象や肥料の量に大きく影響を受けるが、そのような影響を無視して、等差数列と等比数列で予測する学生が多かった。実際に植物体が小さく、呼吸量が小さい場合には、指数関数的に生育していくため、最初の3回のデータからは、等比数列に当てはめ可能に見える変化を示している。当然、予想した4回目の値と実測値にはずれが生じるが、このずれの原因は何であるか考察することで、植物の生育に興味を持ったのではないかと考える。最終的には、7回目までの時系列データが集まり、最初は等比数列で表現できそうな変化であったものが、最後の方は等差数列に近い変化を示すようになっていたことを確認した。この段階で乾物生長速度 (CGR) やみかけの光合成量についての知識を与えた。そうすることによって、植物の生育速度と現存量に関する関係が理解できたと考えられる。今回は、限られた講義時間の中で実践を行ったので、モデル式に回帰するようなことは扱わなかった。一部の学生は、近似曲線を求めており、重回帰のための題材とすることも可能であろう。また、せっかく葉面積指数 LAI を求めたのに、LAI と草丈、草高の関係を考えさせる題材を設定できなかった。情報の活用を工夫すると、もっと学習効果を上げられるのではないかと考えられる。

参考文献

- [1] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 2008.
- [2] 澁澤栄, 精密農業, 朝倉書店, 2006.