

## 栽培管理と作物の認知に関する考察

誌名	農業氣象
ISSN	00218588
著者	蔵田, 憲次 大原, 源二
巻/号	44巻1号
掲載ページ	p. 33-36
発行年月	1988年6月

## 栽培管理と作物の認知に関する考察

蔵田 憲次\*・大原 源二\*\*

( \* 東京大学農学部  
\*\* 野菜・茶業試験場施設生産部 )

Considerations on Crop Management and Crop Cognition

Kenji KURATA\* and Genji OHARA\*\*

( \* Department of Agricultural Engineering, University of Tokyo,  
Bunkyo-ku, Tokyo 113  
\*\* Department of Protected Cultivation, National Research  
Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea,  
Taketoyo-cho, Aichi 470-23 )

### 1. はじめに

いままでの農学研究は、生理生態的な研究をはじめ、作物や家畜など生産手段である生体を対象とする研究を中心に展開してきた。この結果、生体や生態に関する多くの知見が集積されてきた。また、農業は栽培者や飼育者がいて、はじめて成立する生産行為であることから、この栽培者や飼育者を研究の対象とする人間工学的あるいは労働科学的な検討もなされてきた。

しかし、生産行為としての農業は、栽培者(飼育者)と作物(家畜)の両者を含む系として成り立っている。すなわち、栽培者(飼育者)は作物(家畜)の状態を判断し、それに対して、なんらかの処置を施すことによって、生産を行なっている。作物(家畜)は栽培者にその状態を表わす情報を発し、栽培者(飼育者)はその情報を読みとって、判断し、処置している。この視点から、農業を扱った研究例は筆者らの知るかぎり無い。本報告は、以上の観点から栽培行為をみたときの問題点に関する一考察である。なお、以後の考察では、対象を作物に限定する。

### 2. 栽培管理

栽培管理は次の3つのプロセスから成り立っている。

#### 1) 生育状態の認知

作物の外観から、その生育状態や生理状態をよみとるプロセスである。たとえば、「過繁茂である」とか「水

不足である」という判断をすることである。作物の外観だけからこの判断を下すとは限らないが、多くの場合、外観に頼っているのが現状であろう。この過程で失敗すれば、栽培上大きな問題となる。あるいは作物の状態を特定のカテゴリーに分類できず、複数の可能性を保留したまま次のステップに進む場合もあろう。経験や学習がその認知能力に関係している。

#### 2) 適切な処置の推論

認知された生育状態に基づいて、どのような操作を施せばよいかを推論するプロセスである。「水不足である」という判断ならば、「灌水する」という推論が導きだされる。しかし、多くの場合もっと複雑で、この過程でも経験と学習が重要である。

#### 3) 操作

推論結果に基づいて、具体的な操作を施す段階である。経験によって培われた技能とともに生産意欲や労働力などが関係する。

実際の生産現場では、必ずしも理想的な形で栽培管理が行なわれているわけではない。多くの失敗もあるものと思われる。栽培管理の失敗は、以上の観点からは、認知の失敗、推論の失敗、操作の失敗に分類できよう。そして、それぞれの段階で、経験、学習、記憶、意欲などの認知科学的あるいは心理学的な要因が関係している。今までの農学研究では、この認知科学的あるいは心理学的な視点が比較的薄かったように思われる。

### 3. 技術の時代

現在は技術の時代といわれる。ここでは、武谷三男の技術論にそって、技術を「客観的法則性の意識的適応」と定義する。同様に、技能は「客観的法則性の無意識的適応」と定義する(田村, 1987)。技術の時代といわれる理由は、従来技能といわれてきたものが技術の領域に取り入れられつつあるからであろう。すなわち、経験や学習を通して体得してきた技能が、コンピュータ制御などによって代わられている。技能の技術化は、したがって、客観的法則性の意識化が前提となる。意識化された法則性は転移は容易であるが、体得された技能は、経験・学習を通してしか伝授されない。

栽培管理は、技能の色彩の濃い分野である。本報告の基本的な立場は、栽培管理の技術化である。すなわち、標準的な、あるいは標準以上の(篤農技術の)栽培管理法を意識化して、第三者が容易にそれを取入れられるようにすることである。当然のことながら、栽培管理のコンピュータによる自動化も長期的な目標として、視野のなかにある。

### 4. 総合特性値

以下の議論では、前述の栽培管理の3プロセスのうち、最初のプロセス、すなわち認知の問題を中心に論ずる。

作物の生育診断では、しばしば生育型が問題になる。生育型は、標準的な型他に、徒長型、過繁茂型、抑制型、老化型などに分けられる。栽培者はどのようにして、外観から生育型を判定しているのであろうか。また、将来的にコンピュータを利用して、栽培管理の自動化を進めるときに、どのような判断パラダイム(判断のための枠組み)が必要となるのであろうか。

ある単一の物理的に測定が可能な要素の大小だけから判断できるならば、その判断は困難ではない。しかし、物理的に測定可能な要素でも、いくつかが複合された結果生じる値に基づいて判断される場合、事情は異なる。このような値は、一般的に総合特性値と呼ばれ、生育型は総合特性値の1つであると考えられる。

作物栽培で問題となる総合特性値は、生育型に限らない。当学会の62年度全国大会時の見学会で、カーネーション栽培温室を見学した。カーネーションの収穫は、熟練を要するそうである。茎の切断位置の決定が難しい。そのことを、図1に図解した。図1で、aに花が咲いて、bには咲いていないとする。将来、bに開花すると判断した場合は、cで切断する。将来、bには開花しないと判断した場合は、dで切断する。将来bで開花するか、否かの判断は非常に微妙で、素人にはできないそうであ



図1 カーネーションの開花と切断位置の模式図

る。おそらく、熟練者は、bの葉の色、形や数を見て、将来の開花の可能性あるいは不可能性を、総合的に読み取っているのであろう。このbでの開花の可能性も葉の色、形などから得られる総合特性値の1つである。第三者にも開花の可能性を判断できるようにするには、どのような種類の物理的測定を必要とし、どのような推論過程をたどるのかを明かにする必要がある。

トマトの栽培では、苗作りが重要といわれ、俗に苗半作といわれる。よい苗、わるい苗の判断も同種の問題である。「わかわかしい」、「みずみずしい」という作物を形容する言葉も、その意味する内容は万人に理解されているようであるが、その内容を物理的に測定できる要素の組合せで表わそうとすると、途端に難しくなる。これらの断念は、抽象的には理解できても、その具体的内容の難しさに困惑させられる総合特性値である。

### 5. 生体情報と総合特性値的栽培管理

2節で述べた栽培管理の第一プロセスでは、総合特性値の判断が重要である。ここでいう栽培管理とは、栽培熟練者による、特別な測定器を用いない管理のことである。唯一、栽培者がもちいるものは、自分の目や皮膚感覚などの五感であろう。篤農家といわれる栽培者ほど、特殊な測定器具を用いないのが現状のようである。五感のうち、特に、視覚が重要と思われるので、以後の議論では、視覚情報に関する総合特性値だけを扱う。

最近の農業環境工学あるいは、それに関連する分野の書物には、必ずといってよいほど「生体情報」や「生体反応計測」と題する章が含まれている。そこで取り上げられている項目は、光合成、呼吸、蒸散、体内水分、葉温、気孔開度などである。これらは、いずれも特殊な装置を用いてはじめて測定可能な項目である。これらの項目の測定結果を制御や管理に応用しようとする場合を、篤農家の目による総合特性値の判断に基づく管理と対比

してみよう。「生体情報」という言葉には、総合特性値も含まれてよいはずであるが、ここでは、慣例にしたがって、計測器による測定値に基づく管理を、生体情報による管理、総合特性値に基づく管理を、総合特性値的管理と呼ぶ。

生体情報による管理の場合、作物の1つあるいは、複数個の反応計測で、栽培管理を決定する。その場合、作物の生長、生育、形態形成などの状態やその変化の方向を測定結果から知ることができるであろうか。現在の植物生理学の知識と、制御、管理に応用可能な測定器による測定結果だけで、栽培管理に必要な情報は十分に得られるのであろうか。蔵田(1983)は、光合成速度を指標とした作物生育の最適制御の結果を報告している。現時点から考えると、その実験が必ずしも成功とはいえない理由の1つは、光合成速度の測定だけでは、作物の状態を包括的に把握できないことにあるのではないか。今後、生体情報に関する研究は増えると思われるが、この問題は看過できないと考えられる。

それでは、総合特性値的管理ではどうであろうか。光合成速度や気孔開度などの生理学的な反応は直接には外観には反映されない。各生理学的な反応が複合されて、外観が変化するものと考えられる。したがって、外観には生理学的な情報は含まれているが、逆に外観から各生理学的な反応を分離、推定することは困難である。この点が、生体情報と総合特性値の情報の“質”の違いであろう。それでは、各生理学的な反応が複合された情報(総合特性値)は、栽培管理に必要な情報を十分提供しているのであろうか。この点に関しては不明な部分が多いが、次のことはいえよう。熟練栽培者の目による総合特性値の判定の裏には、過去の膨大な栽培経験が潜んでいるのである。この栽培経験をもとに、栽培者は、目でみることによってほぼ直感的に作物の状態を把握しているのではないか。その把握のなかには、作物の光合成速度や蒸散速度などは含まれていないが、計測器による反応測定よりは、はるかに多くの栽培管理に必要な情報が含まれているのではないか。そして、その把握した内容の表現が、栽培特有の総合特性値による表現となるのではないか。

総合特性値的管理を生体情報による管理と対比して、その特性を表1に示した。同表の総合特性値的管理の欄のカッコで示した項は、将来、この管理をコンピュータで行なう場合の特性を示している。以上の議論の他に、総合特性値的管理は、非破壊的計測であること、部分の計測ではないことなどの長所をもつが、コンピュータに総合特性値の判断をさせることを想定すると、多くの未解決の問題が山積みしている。最大の問題は、4節で議

表1 生体情報による管理と総合特性値的管理

	生体情報による管理	総合特性値的管理
測定器	高価、維持が難しい	(TVカメラとコンピュータだけ)
測定箇所	個体あるいは部位	群落全体
測定方法	破壊的測定が多い	非破壊的
情報	正確 部分的 短時間の変動を感知	あいまい 包括的 比較的長時間の変動を感知
ソフト	容易	(非常に難しい)

総合特性値的管理の欄で( )で示したものは管理をコンピュータ化した場合を示す。

論したように、どのようなパラダイム(枠組み)でもって、コンピュータに総合特性値を識別させるか、という問題であろう。

生体情報を制御や管理に応用する研究は数多くあるが、目でみて管理する従来の管理方法を分析した研究例は少ない。計測機器を用いた管理は、用いない管理よりも一見科学的である、という印象を与えるが、計測機器だけを信用し、目でみることをおろそかにすると、いままでに蓄積された管理技術をもおろそかにすることになる。

## 6. 総合特性値判定のためのパラダイムへの視点

栽培者はどのような推論パラダイムでもって、総合特性値を判定しているのであろうか。また、将来的に総合特性値的管理を自動化する場合、どのような判断パラダイムをコンピュータに付加すればいいのであろうか。これらの問いに答えるためには、認知科学的な研究や、その結果を検証する実験的な研究が必要であろう。ここでは、この問題に対する視点を述べるにとどめる。

### 6.1 概念のマッチングと配置関数

最近、画像理解を扱うコンピュータビジョンの研究が盛んである。ある画像をコンピュータが理解する場合、いろいろな方法が考えられる。その代表的な例の骨組を図2に示した。ある画像は、適当な処理を加えられたあと、各領域に分割される。分割は色の検出やエッジの検出により行なう。次に各領域ごとに、コンピュータのもつルールベース(概念記述の集合)との照合により、マッチングを行なう。たとえば、緑色であり、かつ、楕円形であり、かつ平板状であるならば、それは葉である、というようなルールをコンピュータに数多く与える。ある領域が、緑色で、楕円形で、かつ平板状であるならば、その領域が表わしているものは、上のルールとのマッチングにより、葉であると判定される。すべての領域がマ

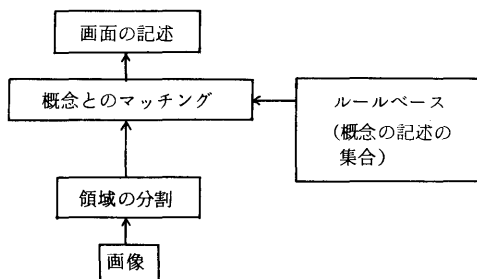


図2 画像理解の手順

マッチングできると、その画像はコンピュータに「理解」されたことになる。現在のところ、名詞の判定は、ある程度この方法で成功しているようである。

この概念記述とのマッチングによって、総合特性値の判定が可能であろうか。また、栽培者は、総合特性値の判定にあたって、マッチングを行なっているのであろうか。「みずみずしい」というような形容詞で表現される総合特性値も、このようなマッチングで判定可能であろうか。

あるいは、たとえば葉の色の分布から計算されるある配置関数のようなものがあるが、その関数の値がある値を越えるか否かで、総合特性値は判定されている（判定できる）のであろうか。これらを明かにすることは、技能を技術とするには、不可欠なことと考えられる。

## 6.2 時相論理

以上の議論は作物のある時点での静的な記述に基づいている。これに対し、総合特性値の判定には時間的な変化が関係しているという議論もある。たとえば、ある栽培者が同じ形態の作物をみても、以前の形態がどのようなであったか、したがって現在作物はどのように変化しているのか、の判断によって、生育型の判定が異なる可能

性がある。このように、時相論理が関係してくる場合、その判定パラダイムは、さらに複雑なものとなる。

## 7. おわりに

栽培管理は、栽培者の作物に働きかける一連の操作である、という視点から、いままでの農学には認知科学的な観点が希薄であったことを指摘した。本報告では、認知の問題を中心に議論した。そこで問題になるのが総合特性値であった。

総合特性値の問題は、二重の意味で、全体と部分の問題に関係している。1つは、総合特性値は、各生理学的反応が複合された結果であるという意味においてである。もう1つは、総合特性値の判定は、物理的に測定可能な要素の総合化を通して可能であるという意味においてである。両方の意味において、総合特性値からのアプローチは、部分から全体へという方向を示しているといえよう。全体から部分へという従来のアプローチへのアンチテーゼといえる。

本報告では、栽培管理の問題から総合特性値を扱った。しかし、総合特性値に対する問いの定立する領域は非常に広い。景観論やファッションの分野や、さらに美学の領域も関係している。総合特性値に関する研究が、理論面、実証面の両面で進展することが望まれる。

## 引用文献

- 蔵田憲次, 1983: 電算機による最適制御の問題点 — 東大における事例から —, Autumn Seminar 環境要因と作物生育を考える, 要旨集, 1-8, 日本農業気象学会若手研究者の会。  
 田村眞八郎, 1987: 技術の時代, 技術会議だより, 76, 1, 農林水産省農林水産技術会議事務局企画調査課。