

植物向け計測技術

編集にあたって

袖美樹子 | 国際高等専門学校

植物生育管理向けセンサが変化してきている。今までは温度、湿度、CO₂ など環境データを測定するのが主であった。しかし近年 AI 画像処理技術を用いて植物の生育状況を数値化するなど直接植物の状態を非破壊な方法で測定することにより生育状況を管理するように変化してきている。

生体が発する種々の生理学的・解剖学的情報、たとえば心電、心音、X線の吸収率などから、生体を調節するために入力する情報を含めて生体情報^{☆1}というが、植物に対しても同様の考え方をうい、植物生体情報を取得し植物生育管理を行おうという考えに変化してきている。植物の成長には、光合成、呼吸、蒸散、転流などの生理現象が重要な要因となる。また光合成は気孔開度と密接な関係がある。そこでこれらの植物生体情報を測り植物の状態把握を行い、最適な生育制御を行うという考えである。たとえば光合成量と蒸散量の測定により詳細に植物の状況を確認することができるようになったので、積極的に環境を制御し、少ないコストで最大の収穫量を得るなど、生産を制御するというものである。

非破壊・非接触タイプの植物生体情報計測技術は、

Speaking Plant Approach (SPA) における最重要技術に位置づけられている。SPA とは、各種センサを用いて植物の生体情報を直接取得して、植物の生育状況などを診断し、その結果に基づいて栽培環境を制御することである。今後3～5年間の「人間(栽培管理者)の判断をサポートするための植物生育状況の数値評価技術」として生産現場に実装されるフェーズを経て、5～10年後には、「人間の代わりに環境制御に関する判断を行う技術」として環境制御システムに組み込まれることが想定されている。本特集では、SPAを支える技術やその活用例を分かりやすく解説いただいた。

第1の記事は、埼玉大学長谷川有貴氏による「生体電位測定による植物の健康診断—スマート農業の効率化から趣味の園芸サポートまで—」である。植物の生体電位は光合成や呼吸などにより変化が生じることが知られている。また安価な装置で測定が可能であり、かつ測定もそれほど複雑でないため植物の状況を数値で知る有効な方法と言われている。本稿では植物の生体電位の測定方法や測定によりどのような植物の変化を捉えることができるのかを分かりやすく解説いただいた。

第2の記事は、横浜市立大学／奈良先端科学技

☆1 小学館 日本大百科全書(ニッポニカ)より



術大学院大学爲重才覚氏，名古屋大学戸田陽介氏による「葉の気孔を計測するアシスト機能搭載顕微鏡システム—現場に優しい導入形態の試み—」である。葉の気孔の研究は光合成や作物収量にかかわる重要なテーマであるにもかかわらず，これまで葉の気孔の研究は人手観測により行われ，効率に問題があった。本記事はこれらの課題を情報処理技術でどのように解決を行ったかを解説いただいたものである。2025年度の大学入学共通テストから「情報」が加わることが発表された。現在高校では情報は必修科目になった。すなわち，情報を使いこなせる人材が大学に進み各分野に進むことを意味しており，今回紹介いただいた改革が各分野で進むと考えられる。情報を各分野の方が使いこなすことによりこれまで時間がかかり難しかったことが容易に行えるようになる良い例である。また，自ら開発をされたシステムでいくつもの新しい発見をされていることには頭が下がる思いである。

第3の記事は，室蘭工業大学パール・シュテファン氏，小林洋介氏による「トマト施設栽培支援のための画像処理システム」である。植物画像の計測技術を用いたトマトの生育管理手法を解説いただく。施設園芸ではデータ駆動型農業を用い，収集されるデータからCO₂濃度や水分量を調整し，甘いトマトや甘いいちごを量産するのが当たり前になっている。近年植物の生育状況をより詳細に管理するための指標を自動収集できるようになってきている。本記事では，光の受容量を示す指標となる葉面積指

数とトマト成熟度判定指数について紹介いただく。

第4の記事は豊橋技術科学大学／愛媛大学高山弘太郎氏による「植物の声を聴く—高度環境制御型農業のための生体情報計測—」である。作物の光合成と蒸散を生産現場において連続的かつリアルタイムに計測することを可能にした光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムを紹介いただく。近年生産コスト削減を目的に太陽光を用いた施設園芸の導入が進んでいる。人工光と違い光を制御することは難しく，不足分は人工光で補う必要がある。すなわち，人工光の必要照射量が分かればコストを最小限に抑えることができる。これを可能にするのが光合成蒸散リアルタイムモニタリングシステムである。

植物工場は，光源にLEDを，土に代わって培養液を採用し，温度や湿度，空調などすべてが管理された環境の中で農産物を育てる仕組みである。しかしこの方法はコストの問題から実用化が難しいという課題があった。しかし，植物工場で植物生産が可能であることを証明し，各種パラメータにより生育を管理できることを示したことは植物栽培において大きな進歩をもたらした。これらの技術的基礎を元として施設園芸が飛躍的な成長を遂げている。今回はその一端を紹介いただいた。これらの技術に加えロボットによる自動収穫や自動間引きなどの技術により確実に農業は進化している。高齢化が進む日本の農業であるが，明るい兆しを感じていただければ幸いである。

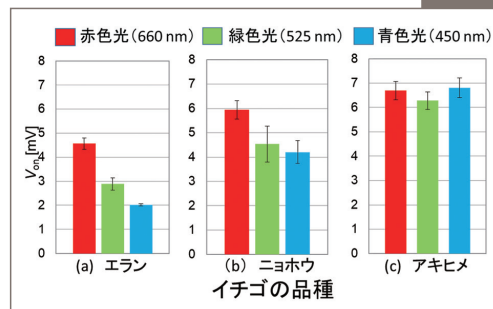
(2023年2月15日)

概要

1 生体電位測定による植物の健康診断 —スマート農業の効率化から趣味の園芸サポートまで—

長谷川有貴 | 埼玉大学

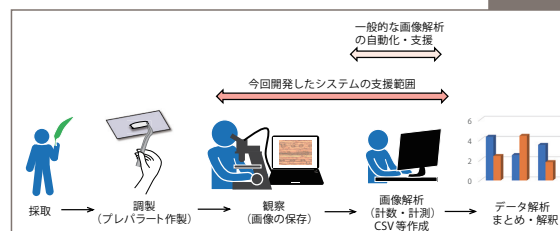
農業の現場では、スマート化が進み、環境制御された施設栽培の普及が進められているが、コスト削減のための効率的な栽培を実現するための生理活性評価手法として、リアルタイムかつ簡易な方法は画像として捉える技術があるくらいで、植物自身の情報から判断する技術の導入は進められていない。本稿では、植物の生理活性評価、つまり健康診断を実現する技術として、生体電位測定とその可能性について紹介する。



2 葉の気孔を計測するアシスト機能搭載顕微鏡システム —現場に優しい導入形態の試み—

爲重才覚 | 横浜市立大学／奈良先端科学技術大学院大学 戸田陽介 | 名古屋大学

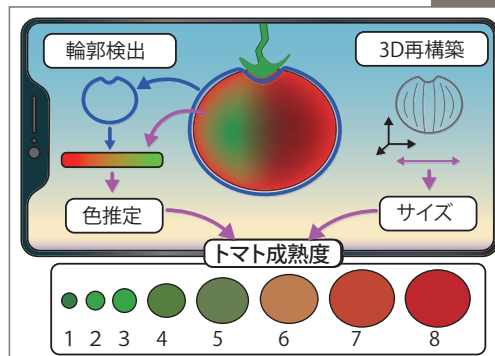
生物学系の顕微鏡画像に対して機械学習を利用した自動解析を実施する場合、顕微鏡ユーザにとってハードルがあり十分に活用が進んでいない。筆者らは植物の気孔密度などを計測する際の観察計測作業を効率化するため、深層学習による物体検出を利用した顕微鏡システムを開発した。ハードウェアのコストや開発コストを下げる方策、およびユーザインタフェースの工夫によりユーザに優しく実用的なシステムを構築できた。



3 トマト施設栽培支援のための画像処理システム

パール・シュテファン 小林洋介 | 室蘭工業大学

大規模な施設栽培の現場では専門スタッフであるグローワーが長年の勘と経験を頼りにさまざまな収集データをもとに栽培判断を下している。我々は大規模施設でトマト栽培にかかわるグローワーの日々の業務を画像処理を用いて支援することを目的に、画像から葉面積指数の推定値を求めるシステムとトマトの成熟度を推定するシステムを提案した。本稿ではこれらのシステムの考え方について述べる。



4 植物の声を聴く

—高度環境制御型農業のための生体情報計測—

高山弘太郎 | 豊橋技術科学大学／愛媛大学

最新の植物工場に導入されている環境制御システムの性能を十分に発揮させるためには、さまざまなセンサを用いて植物生体情報を計測して生育状態を診断し、その結果に基づいて栽培環境を適切に制御するスピーキング・プラント・アプローチ（SPA）の実装が必須である。本稿では、筆者らが開発した光合成計測チャンバと植物生体画像情報計測ロボットを概説し、SPA 環境制御の実現に向けた「植物の声を聴く」技術の社会実装を展望する。

