

Internet of Plants (IoP) の挑戦

高知大学 IoP 共創センター 北野雅治
mkitano@kochi-u.ac.jp

1. はじめに

農業は、季節や天候等の環境に左右される作物の生理生態（光合成、蒸散、養水分吸収、転流、栄養成長、生殖成長等）に全面的に依存し、光合成産物を利用する「モノづくり産業」とも言える。その生産者は光合成をする作物（生物学的一次生産者）であり、農家は栽培者及び経営者と位置付けられ、全ての営農作業が、作物の生理生態を最適化するための作業といっても過言ではない（図1）。

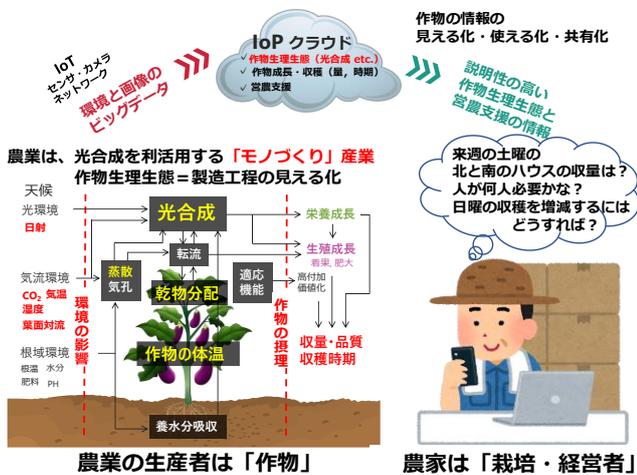


図1 作物の生理生態とIoP農家

工場で生産する製造工業では、製造工程がリアルタイムで完全に可視化され、経営者や技術者の創意工夫やICT、AI等の先端技術群によって、自在の高度化、効率化（最適制御、自動化等）が進められ、需要に応じた四定生産（定時、定量、定品質、定価格）が実現している。しかしながら、農家の営農現場では、環境データ（日射、気温、湿度、CO₂濃度）の可視化は普及しつつあるが、製造工程ともいえる作物の生理生態の定量的な時系列（過去、現在、未来）情報は、営農現場での実測が困難なために、農家の日々の営農において定量的な可視化と機能化（使える化）が実現されておらず、ICT、AI等の先端技術の機能や農家の創意工夫が十分に発揮されない状況のままである。

2. Internet of Plants (IoP)の概要

営農現場での作物生理生態の時系列情報の可視化、機能化、共有化を可能にする仕組みとして、Internet of Plants (IoP) (図2) の概念を5年ほど前に提唱し⁽¹⁾、その社会実装が3年ほど前から高知県の施設園芸で進められている。IoPにおいては、営農現場

の環境センサとカメラのネットワークからの環境情報と作物画像情報がIoPクラウドに集められ、メインエンジンである作物生理生態AIエンジンと営農支援AIエンジンの駆動によって、IoPクラウドを介した作物生理生態情報の可視化、機能化、共有化が日々の営農現場において実現される。メインAIエンジンからの情報を駆使するスマートなIoP農家群の創意工夫と、それらを学習して共有できるAIエンジンとのPDCAサイクルによって、産地における営農技術の高位平準化と自律的進化の仕組みが形成され、作物の生理生態に基づく合理的な営農管理、労務管理、生産調整等によって、天候、需給関係等の変化に、「無駄なく無理なく」柔軟に対応できる四定生産（定時、定量、定品質、定価格）をめざした営農が実現することが期待されている。

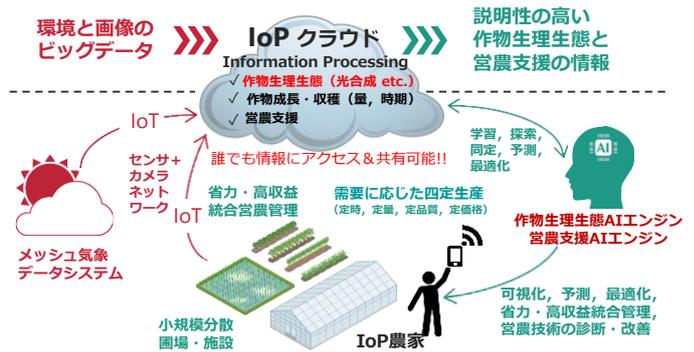


図2 Internet of Plants (IoP)の概要とAIエンジン

3. IoPメインAIエンジン

IoPメインAIエンジンは、作物生理生態AIエンジンと営農支援AIエンジンで構成されている。作物生理生態AIエンジンにおいては、多様な生理生態に関する理論的モデル群（例えば、個葉の光合成生化学的機構モデル、熱収支モデル等）、半経験的モデル（気孔反応モデル、個葉蒸散モデル等）、AI画像認識技術等を駆使することによって、作物群落及び個体の複雑な生理生態に対して説明性の高い情報群を創出し、説明性の高い少量の学習情報で効果的に機能できる新規のHybrid AIモデル群（図3）群を、IoPの中核モデルとして採用している。

Hybrid AIモデル群を組み込んだ作物生理生態AIエンジン（図4：果菜類の例）が構築されており、営農現場での実測が容易な環境データと画像データから、実測不可能な作物群落及び個体の光合成、蒸散、体温、

葉面積、受光量、栄養成長、開花数、果実肥大、着果負担、収穫（収量、収穫所要日数）等の時系列情報の可視化にむけて実装が進められている。現在までに、作物生産の基本原資ともいえる作物群落及び個体の光合成速度、根系の養水分吸収を駆動する蒸散速度、果菜の着果数及び出荷量等の時系列情報を、営農現場で取得容易な環境情報と作物群落の1点画像のみを用いて可視化することを、世界で初めて実現している。

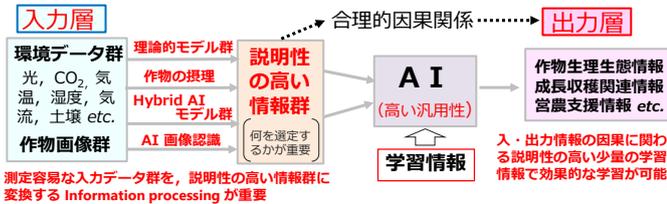


図3 作物生理生態の Hybrid AI モデル

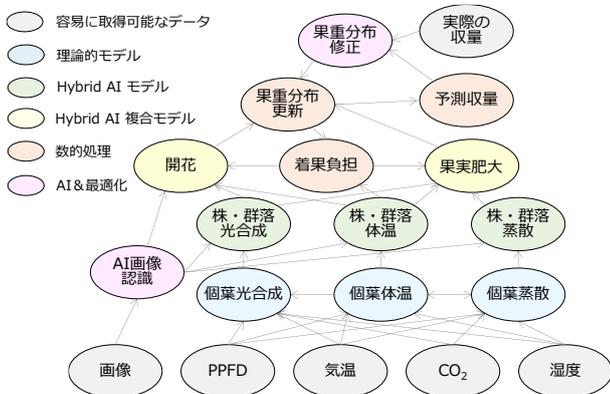


図4 作物生理生態 AI エンジン(果菜類)の構成

さらに、作物生理生態 AI エンジンからの出力情報に基づく合理的な営農支援情報として、生理生態（光合成等）、成長（葉面積、開花数等）、収穫（収量、収穫日）の予測情報、環境制御・作物管理・労務管理・省エネルギー等の最適化情報、収穫（収量・収穫日）調整のための情報、分散施設の統合管理のための情報、営農技術の診断と改善等の情報群を提供する営農支援 AI エンジンの開発が進められている。

4. サステナブル農業への寄与

作物生理生態 AI エンジンから出力される作物群落（または個体）の蒸散速度と光合成速度の情報によって、蒸散に駆動される根系の養水分吸収に基づく、過不足の無い合理的なかん水制御と肥培管理、さらには光合成速度に応じた無駄のない CO₂ 施用が可能になり、Low emission 型のサステナブル農業の確立に寄与することも期待される。

5. 農家発ボトムアップイノベーション

農業においては、その開始以来、営農経験のない行

政者や技術者・研究者による農業施策や技術開発によるトップダウンの支援が進められてきたが、日本農業の現状を考えると、トップダウンの支援だけでは充分だったとは言い難いと思われる。IoP からの情報を活用する IoP 農家群のスマート化と創意工夫によって、図5に示すような農家発のボトムアップのイノベーションが、従来のトップダウンの支援と連動して、農業の自律的進化をもたらすことが期待される。高知大学においては、世界初の「IoP 共創センター」が、全学研究教育施設として今秋新設される予定である(図6)。農学とデータサイエンス、AI 技術等との異分野融合による新たな学術として「情報共創学」を先導するとともに、IoP の機能（情報の見える化・使える化・共有化）の強化と一次産業のデジタル・トランスフォーメーション（DX）をめざす研究開発が、農家を含めた産官学の一蓮托生の「共創」によって展開される。



図5 農家発ボトムアップイノベーションの駆動

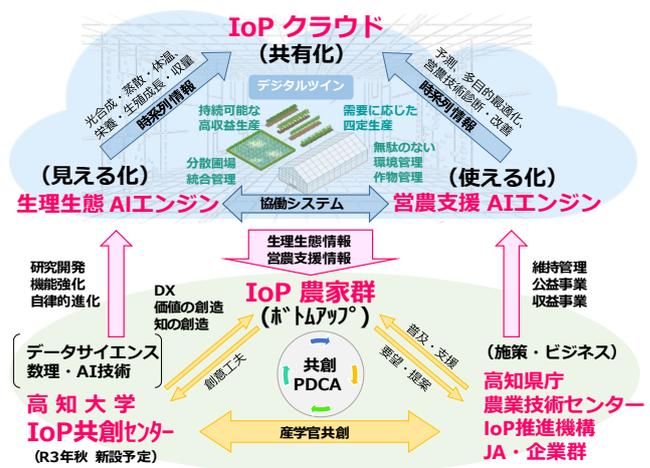


図6 IoP の共創の目指す姿

参考文献

(1) M. Kitano *et al.* (2021), Internet of Plants (IoP) Empowers Bottom-up Innovations in Greenhouse Horticulture, *Environ. Control in Biol.* (in press)