

第94回(2023年度)日本農学大会プログラム

日 時:2023年4月5日(水)午前10時より

会 場:東京大学弥生講堂 (文京区弥生1-1-1)

開催方法:対面、オンライン配信

参加方法:会場参加 直接会場におこしください。

WEB参加 (要事前参加登録)

https://us02web.zoom.us/webinar/register/WN_lGK2i4CwSv-nWLXwsXSqdQ

プログラム:

10:00~10:40 開会挨拶 日本農学会会長 大杉 立

日本農学賞授与式、

読売農学賞授与式 読売新聞社 編集局科学部長 安田 幸一

写真撮影

10:40~12:10 受賞者講演(午前の部)

10:40 「植物揮発性物質が媒介する生物間コミュニケーションに関する基礎・応用研究」

京都大学 名誉教授 高林 純示

11:10 「いもち病菌の菌群分化ならびにホストジャンプ機構の解明」

神戸大学大学院農学研究科 教授 土佐 幸雄

11:40 「リグニンの形成と構造に関する研究」

名古屋大学大学院生命農学研究科 教授 福島 和彦

12:10~13:10 ----- 昼食休憩 -----

13:10~15:10 受賞者講演(午後の部)

13:10 「カイコバイオファクトリーによる組換えタンパク質生産に関する研究」

静岡大学グリーン科学技術研究所 教授 朴 龍洙

13:40 「施設植物生産の先駆的農業情報工学研究と自律分散環境制御技術の普及」

近畿大学生物理工学部 教授 星 岳彦

14:10 「エビ類の生理生化学的研究と新養殖技術開発への応用」

国際農林水産業研究センター 水産領域 プロジェクトリーダー Marcy Nicole Wilder

14:40 「流域水循環・水環境における農業用水管理の評価と改善に関する研究」

京都大学 名誉教授 渡邊 紹裕

15:10~15:30 ----- 休憩 -----

15:30~16:30 パネルディスカッション「農学の課題と展望 2023 ― 農学の芽を大きく育てるには―」

パネリスト

日本農学賞・読売農学賞受賞者

コーディネーター

日本農学会副会長

渡部 終五

16:30~ 閉会挨拶 日本農学会副会長 大政 謙次

16:50~19:00 受賞祝賀会 弥生講堂

施設植物生産の先駆的農業情報工学研究と自律分散環境制御技術の普及

星 岳 彦

近畿大学生物理工学部教授・博士(学術)

自律分散システム、知的情報処理(応用 AI)、データサイエンスを中心に、高度施設植物生産のための先駆的農業情報工学応用研究を 1984 年から推進した。成果は、施設園芸・植物工場の生産性・競争力の強化を目指すスマート農業発展の礎になった。近年では、ファブラボ製造して研究者・生産者が自作導入可能な、フェノミクス解析に資する各種低コスト生体情報センシングシステムを研究開発した。さらに、植物生産情報の高度活用を資する各種情報プラットフォームを提案した。

高度環境制御システムを誰でも研究・開発・製造できる、インターネット (IoT) 化自律分散型オーブンプラットフォームであるユビキタス環境制御システム(UECS)を 2004 年に考案し、実用化した。そして、高性能化・製品化を推進する研究・普及組織を創設し、社会実装を達成した。さらに、施設生産者が自作・自費導入できる汎用コンピュータ基板を使った低コスト UECS を開発・実用化し、日本に多い中小規模生産施設のスマート化による増益を実証した。篤農家が独自の環境制御法を植物生産施設で実現できるようになり、農業情報工学技術の現場活用の有用性が立証された。

1. はじめに

激変する放射・対流環境の大海原に浮かび、植物を載せ、太陽放射エネルギーを受けて帆走する船に、温室・ハウスを例えることができる。植物の成育状態を知り、換気窓などを帆のごとく操り、最小のエネルギー投入で収穫という目的地に向けて巧みに操舵する。気候・気象に抗えなかった作型を、これらの植物生産施設は少し調節可能にし、計画生産に導く。また、増収・高単価化にも貢献する。ヒトに代わり、より上手・繊細・楽に、これらの作業を行うのがセンサ、コンピュータと、それらを機能させるソフトウェアである。1971 年に世界初のマイクロプロセッサ(マイコン)が発表された。日本では、1979 年に高倉

らが最初の温室用マイコン環境制御装置を開発し、施設植物生産現場のコンピュータ利用研究が始まった。低性能・高価格だった当初のマイコンでは導入経済効果が得られず、国内施設への普及は進まなかった。

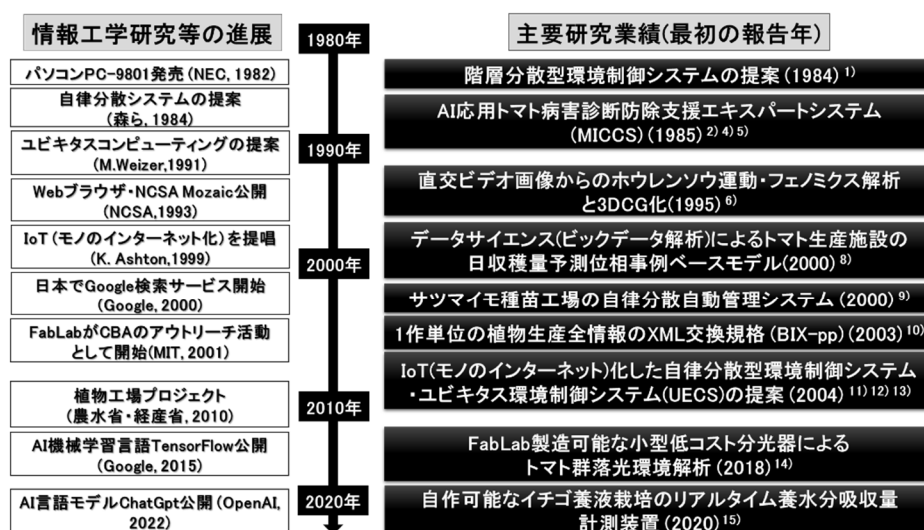


図1 情報工学の進展と主要研究業績を対応した年表

しかし、前述のとおり、施設植物生産には繊細な操作である環境調節が欠かせず、ムーアの法則のとおり急発展する情報工学を農業に活用すべき時代が将来必ず来ると信じ、1984年から研究開発を始めた(図1)。情報工学の新知見の発表の度に、植物生産に応用する先駆的研究開発を続けてきた。残念ながら、日本の農家1戸当たりの温室・ハウス平均面積は約25 a (dam²)(2018年)に留まり、約350 a (dam²)のオランダなどの欧米と比べ大規模化は進まず、初期投資の償却が困難で成果の広範な普及は難しかった。ところが、2010年頃からセンサ、コンピュータなどの電子デバイスの価格が我が国の生産現場の平均的施設規模でも償却可能に下がった。施設植物生産をはじめ、スマート農業として農業情報工学の研究成果を導入する気運が高まり、蓄積した研究開発成果が植物生産現場の生産性・収益性を高める有効な手段として急速に普及している。本稿では、以上の先駆的取り組みから社会実装に至る経緯を俯瞰する。

2. 農業情報工学発展に資したAI等先進的情報通信技術の先行研究

アナログ式複合環境調節装置がマイコン1台の温室・ハウスの環境制御システムに置換されつつある1984年に、施設環境制御システムが制御アルゴリズム表現プラットフォーム³⁾でPLC(SP)化され、施設生産者宅のパソコンにAIを搭載した多棟施設の統合的管理システム(HP)が設置され、そして、需給調整機能を有するクラウドサーバ(CP)の3層からなるオンライン知的階層分散型施設管理システムを発表した¹⁾。これは、今の施設植物生産スマート化が目指す正鵠を射り、発展途上にある農業情報連携基盤(WAGRI)へとつながる施設生産情報プラットフォーム構想^{7,10,11)}への展望を示した。

施設植物生産のリスク要因の第一は病虫害である。環境制御システムと連携した発生誘因制御を目指し、HP(パソコン)で動作するAI応用のトマト病害診断防除システムを開発した²⁾。IPM防除まで標榜した成果は、欧州で高く評価⁴⁾されただけでなく、高価なAIワークステーションのコンピュータしかできないと考えられていたAI情報処理を、パソコンで動作可能にしたシステム設計は当時高く評価され、知識を組み換え可能にした汎用AI診断ツール(MICCS)は、工業分野を含む広範な応用がなされた⁵⁾。

植物の運動や形態変化を施設環境制御のフィードバック情報へ活用する構想のもと、ガラス板越しに植物の葉端を手作業でプロットした植物運動に関する1880年のダーウィンの研究を、1995年頃にビデオカメラ2台の立体(3D)画像計測に置き換えて試みた⁶⁾。植物工場のハウレンソウ等で計測し、光環境の変化が運動に大きく影響することを3DCG等で示した。また、フェノミクス計測の先駆けとして、光強度による植物の色、形態などの表現型の変化を画像で示して、光照射強度の環境設定インターフェースへの使用例を提示した。そして、近年のFabLab製造技術で、植物生産研究者や生産者が自作可能な、生体情報をベースにした低コスト計測制御システムにつなげた^{14) 15)}。

日本発の情報工学技術である、森らが1984年に発表した自律分散システム(DAS)を、生分解プラスチック原料生産用サツマイモ苗工場の管理システムに応用した⁹⁾。セル苗トレイに生産コストに相当する仮想通貨を持たせ、施設からの各種サービスを経済的金銭消費するように行動させた。セル苗トレイが求める環境の多数決により施設の環境分布が生じ、合目的な植物群落構造が創発され、生産の完全自動計画生産が達成できた。また、現在のデータサイエンス研究につながる、施設から得られる数百万個の

ビッグデータに基づく日生産量予測のための位相事例ベースモデリングの研究を実施し、多変量解析モデルより高精度で予測できることを示した⁸⁾。

3．UECS 等の情報基盤の創造・実用化研究と社会実装の推進

施設環境制御システムの普及が進まない状況を打破するため、DAS の持つ、易拡張性・耐故障性・高協調性を活かし、今では IoT として知られるインターネットベースの分散通信システムの隆盛の約 20 年前に、自律分散協調型環境制御システムである UECS を考案し、特許取得した¹¹⁾。農水省の支援を受け、2006 年に実用化した。民生品として安価に販売されているインターネット用通信機材、無償提供が多い応用ソフトウェア(アプリ)を流用でき、誰もが、高度施設環境制御システムを研究・開発・製造できる UECS は、国内だけでなくインターネット利用が急速に進展しつつある東アジアの各国からも注目された¹²⁾。

研究開発成果の社会実装のため、2006 年に研究開発・規格維持管理組合の UECS 研究会<<https://uecs.jp/>>、2012 年に製造販売の企業連合のスマートアグリコンソーシアム<<https://smartagri.uecs.jp/>>を創設し、多くの研究者・技術者・生産者と協力して UECS の研究開発を推進できるようになっただけでなく、非独占的に各企業が分業して研究成果の UECS 対応製品を製造・販売できるようにした。しかし、低価格化は思ったほど推進せず、植物工場普及事業、東日本大震災復興対策事業等の、公的補助金制度で導入する各地の先端技術展示施設が主で、日本の施設生産者が自費導入することは稀であった。研究開発成果が日本の施設生産現場に定着しない状況に悩んだ。

UECS 対応製品の価格を押し上げていた主因は、小ロット製造の IoT 実装 UECS 専用コンピュータ基板が高価だったためと、各製品の需要見込みが自動製造可能な生産数に未達で手作業の組み立て中心になり人件費が増大したためであった。そこで、Arduino、Raspberry Pi などの汎用低コストコンピュータ基板を使用し、生産者でも自作可能にして組み立て人件費不要にする UECS の発展研究を 2013 年より開始した。日本に多い中小規模生産施設に実際に導入してスマート化による増益を証明し、低コスト UECS として発表した¹³⁾。誰でも製品製造・自作可能にする情報、必要ソフトウェアは Web ページ<<https://smart.uecs.org/>>で無償提供した。その結果、自作紹介記事、書籍が多数出版され、利用する生産者が急増した。篤農家独自の環境制御法を所有施設で実現できるようになり、農業情報工学が実学として施設植物生産に真に貢献した。

以上実施した、農業情報工学の先駆的研究から施設生産者に役立つ実学としての社会実装までの歩みは、電子工学系学会誌や技術系雑誌にも数多く採り上げられ、工学技術が活用できる主分野の一つが農学・農業であるという認識を深められた¹⁶⁾。

4．謝辞

研究推進にご支援賜った学校法人近畿大学および東海大学、日本農学賞に推挙頂いた一般社団法人農業情報学会に謹んで感謝申し上げます。加えて、私独りで成し遂げることが不可能だった各研究開発に際して、ご指導ご鞭撻を賜り、共同で取り組み、ご支援を頂戴した国内外の大学、文科省、農水省、農研機構、各都道府県の研究/農政/普及部門、生産者、企業、研究室同僚・専攻学生ほか関係各位に心より御礼申し上げます。

5 . 主な関連研究業績

- 1) T. Hoshi and T. Kozai (1984) Knowledge-Based and Hierarchically Distributed Online Control System for Greenhouse Management. *Acta Hort.* **148**: 301-308.
- 2) 星 岳彦(1985) 農業用コンサルテーションシステム(古在豊樹監修) . 1-355 . インフォメーションサイエンス .
- 3) 星 岳彦・古在豊樹(1986) 制御式を用いたマイクロコンピュータ環境制御装置の開発 . 農業気象 . **42**: 45-50 .
- 4) T. Hoshi, T. Kozai (1988) Disease and Pest Diagnosis for Tomatoes. Knowledge Based Systems in Agriculture. 457-472. Deutschlands Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Frankfurt am Main. (ドイツ語・フランス語翻訳版有)
- 5) 星 岳彦・平藤雅之・本條 毅(編著)(1990) バイオエキスパートシステムズ . 58-104・159-167・181-185 . コロナ社 .
- 6) 星 岳彦・瀧口 武 (1995) ビデオカメラを用いたホウレンソウ葉の運動の連続計測 . 農業気象 . **51**: 123-130 .
- 7) 星 岳彦ほか(1999) 温室環境の遠隔計測・制御・解析用ソフトウェアの開発促進を目的とした環境計測制御システムにおける標準操作規約 .植物工場学会誌 .11: 157-164 .
- 8) T Hoshi, *et al.* (2000) A daily harvest prediction model of cherry tomatoes by mining from past averaging data and using topological case-based modeling. *Computers and Electronics in Agriculture.* **29**: 149-160.
- 9) T. Hoshi, *et al.* (2000) Design concepts of computerized support systems for large-scale transplant production. (C. Kubota and C. Chun Eds. Transplant Production in the 21st Century). 38-43. Kluwer academic publishers.
- 10) 星 岳彦ほか(2003) EDI のための植物生産における XML 情報交換規約の提案 . 農業情報研究 . **12**: 327-336 .
- 11) T. Hoshi, *et al.* (2004) Development of a Decentralized, Autonomous Greenhouse Environment Control System in a Ubiquitous Computing and Internet Environment. the 4th International Conference of the AFITA and the 2nd WCCA. 490-495.
- 12) 星 岳彦(2009) ユビキタス環境制御システム . (古在豊樹編著. 太陽光型植物工場 . オーム社) . 97-120 . (北京語・台湾語・韓国語翻訳書有)
- 13) T. Hoshi, *et al.* (2018) Ubiquitous Environment Control System: An Internet-of-Things - Based Decentralized Autonomous Measurement and Control System for a Greenhouse Environment. (Automation in Agriculture. IntechOpen) 107-123.
- 14) T. Hoshi, *et al.* (2018) Digitally Fabricated Mobile Spectrometer for Multipoint Continuous Spectroscopic Analysis of Light Environment in Greenhouse Tomato Canopies. *Environmental Control in Biology.* **56**: 149-155.
- 15) 星 岳彦(2020) オープンソースハードウェアと UECS プラットフォームによる自作可能なイチゴ高設栽培ベッドの精密培養液管理システム .農業情報研究 .**30**: 121-130 .
- 16) 星 岳彦(2021) 施設植物生産現場におけるセンシング・環境制御・AI 応用の歴史・現状・課題 . 電子情報通信学会誌 . **104**: 526-531 . (海外向け英語翻訳版有)

Pioneering Study on Agricultural Informatics Technologies and Social Implementation of Decentralized Autonomous Environmental Control Systems for Greenhouse Plant Production

Takehiko Hoshi

Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University

Since 1984, the awardee has continued to conduct pioneering research in applied information engineering for advanced greenhouse plant production based on decentralized autonomous systems, intelligent information processing (application of artificial intelligence), and data science. The groundbreaking results greatly contributed to the development of smart agriculture aimed at enhancing the productivity and competitiveness of greenhouses and plant factories. Recently, research on various low-cost bio-sensing systems for phenomics analysis, which can be manufactured in a FabLab and introduced by researchers and growers on their own, has been conducted. The awardee also proposed open information platforms that promote the advanced utilization of plant production information.

The Ubiquitous Environment Control System (UECS), which can be employed to research, develop, and manufacture advanced greenhouse environmental control systems, was introduced in 2004 and has been put into practical use. The UECS is the only open information platform of a decentralized autonomous system for greenhouse plant production based on Internet of things. In addition, the awardee established organizations for research and dissemination that support high performance, commercialization, and social implementation. A low-cost UECS using general-purpose computer boards, such as the Arduino, was then developed so that greenhouse growers could build and install it themselves at their own expense. Expert growers can now implement their original algorithms for higher environmental control in their greenhouses. The research and development by the awardee proved that agricultural informatics technologies have outstanding usability in the practical greenhouse plant production field.