

# 温室用ユビキタス環境制御システムの開発・普及

星 岳彦

(東海大学開発工学部)

## Development and popularization of a ubiquitous environment control system for greenhouses

Takehiko HOSHI

(School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University)

### 1. はじめに

このたびは、伝統と栄誉ある日本農業気象学会普及賞を授与されることになり、大変ありがたく思いますとともに、身の引き締まる思いです。ご推薦下さいました高倉直名誉会員、また、学会賞審査委員会の林陽生委員長をはじめ委員の皆様、岡田益己学会長をはじめ学会の関係者に深謝申し上げます。私が本学会に入会したのは、大学学部4年の時ですので、かれこれ30年になります。これまで、学会の活動を通じて、多くのことを学ばせていただきました。そして、議論を通じて研究開発に関する多くの有益な示唆をいただきました。心より御礼申し上げます。一方、私が学会や会員の皆様にとりだけのご恩返しができるかにつきましては汗顔の至りでございます。今回受賞の対象になりましたユビキタス環境制御システムは、この技術を良いものと認めてくださり、支えてくださいました数多くの皆様のお力で今日がございます。私一人の力では決して成し遂げることができなかったもので、そのご恩を忘れないためにも、以下では、開発の歴史につきまして書かせていただき、そのことを記録に留めたいと存じます。

### 2. ユビキタス環境制御システム開発の歴史

#### 2.1 マイコン環境制御システムの草分け

マイコンが登場し、施設園芸に応用した日本での初期の研究論文が、当時東京大学(現農村工学研究所)の高倉直先生ほか1979年に農業気象に投稿された「温室の複合制御用マイクロコンピュータシステムの試作」で

あったと記憶しています。温室の環境制御にもマイコンを使う時代が到来したのです。そして、1980年代中ごろに製品が盛んに販売されるようになりました。

やがてバブル景気、植物工場ブームなどが訪れ、マイコン環境制御システムの製造・販売に参入する企業は大企業からベンチャーまで20社以上に増えました。しかし、業界団体ではなく、もちろんプラットホームなどありません。日本のパソコンが某メーカー1社でほぼ牛耳られていた成功体験を各社思い描き、皆、ばらばらの規格で勝手に製造し、農林省の補助金で施設への導入を争っていました。そもそも、コンピュータによる環境制御システムを導入してペイするのは、3000~5000m<sup>2</sup>以上の温室であるという経験則があります。日本では、当時、1棟300m<sup>2</sup>、農家1戸で1000m<sup>2</sup>程度の経営面積が標準でしたので、補助金というメリットを除いて、導入の経営的メリットはあまり感じられないのが実情でありました。ただ、優れたアプリケーションソフトウェアが開発されれば、それを目的に導入が広がる余地はありましたが、それも上記のようにまだ小さなパイを先んじて奪い合い、マーケットを広げる工夫を怠ったので、多くの生産者が導入するまでにはいきませんでした。

#### 2.2 ソフトウェアとプラットホームの重要性

各社でほとんど同じようなハードウェアを作っても、施設園芸生産の生産性を上げ、省力化するソフトウェアが無ければ、マイコン環境制御システムはやがてじり貧になってしまいます。業界でばらばらのパソコンへのシステムの接続規格を統一し、ソフトウェアが共通に動く仕組みを作ることが大切と考えました。農林水産省の「園芸施設等設置コスト低減指導事業」に「高度環境制御標準化委員会」が設置され、社団法人日本施設園芸協会と委員長の千葉大学古在豊樹先生の支援を得て、共通アプリケーションソフトウェアの動作するプラットホーム作りに着手し

<http://www.soc.nii.ac.jp/agrmet/sk/2011/F-1.pdf>

2011年9月22日掲載

Copyright 2011, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

<http://www.agrmet.jp/sk/2011/F-1.pdf>

ました。リレーショナルデータベースのスキーマで標準化するために、膨大な時間を費やし、現 MKV ドリームの布施順也氏の超人的な努力のもと、規格は完成しました。しかし、時すでに遅かったのです。多くの企業は、規格に対応する事業を起こす経営的体力もすでになく、山武(現アズビル)の渡辺 勉氏が協議会等で業界等に働きかけて下さいましたが、普及を見ることなく終わりました。そして、マイコン環境制御システム関連の多くの企業や事業部は、整理統合されて行きました。プラットホームも無しに、ハードウェアを作って売ることしか頭になかった結末でした。

一方、これと並行する形で、「農業生産においてコンピュータのソフトウェアや情報は大きな武器になる。研究者・技術者ががんばって、その可能性をプロトタイピングで示そう。」などと、中央農業研究センターの二宮正士氏(現東大)、平藤雅之氏らが呼びかけて、AI(人工知能)ブームのころ実施された農業情報化プロジェクトをはるかにしのぐ、長期間でかつ大型のプロジェクト研究が実施されていきました。「増殖情報プロジェクト(1997-2000)」とそれに引き続いて実施された「データベース・モデル協調システムプロジェクト(2001-2005)」です。これらでは、ちょうど生物進化におけるカンブリア紀の大爆発のように、当時、およそ農業に役立つだろうと考えられるほとんどすべての情報技術が導入され、試され、数多くの試作システムができました。たとえば、農業センサーグリッドシステムとして有名なフィールドサーバや、気象データのブローカーシステムであるメットブローカーなどです。フィールドサーバは、その後、三重大学の亀岡孝治先生がアルファ(ALFAE)という組織を立ち上げ、アグリサーバとして普及を進めています。

### 2.3 自律分散型システムの発想

このプロジェクトに最初から参加して、試行錯誤で様々なシステムを検討していくうちに、機器にコンピュータを組み込んだ分散型の環境制御システムを作り、その通信規格で標準化し、施設園芸機器の製造企業が規格に合わせた機器を製造してもらえたら、たとえマイコン環境制御システム関連の企業が無くなっても、日本の施設園芸の情報化が達成できるのではないかと考えたのです。また、2003年頃、大阪府立大学の池田英男先生(現千葉大学)、静岡大学 糠谷 明先生、東海大学 林 真紀夫先生など、栽培系を中心とした研究者の呼びかけで、園芸産業の将来の夢を語る懇話会の活動にも参加し、農業工学とは別の立場から、生産現場に求められている情報化について、議論し、考える機会を得ることができました。このころから、あまり複雑な凝ったシステムより、むしろ、わかりやすい小さなシステムを作らないと普及しないとい

う気持ちが強くなりました。

施設園芸を対象にした自律分散型の環境制御システムについては、四国総研の中西美一氏ほかが1996年に最初の学会発表をした「スマート温室」という先駆的研究があります。このシステムは、四国電力が中心になり、農業以外の分野まで拡張されて「オープンブラネット」という商標で製品が開発されました。また、同じ頃、東芝が全く別の開発チームで「ネットビー」という商標の同じ通信規格を持つ、施設の環境制御もターゲットに入れた製品を発表しました。これらは、将来の施設園芸を支える素晴らしい技術として大いに期待いたしました。しかし、時期尚早であったためか、温室の施工業者等に自律分散型の特長があまり理解されず、とても残念なことに、結局、集中型のシステムに戻ったものが製品化され販売されるようになってしまいました。さらに残念なことに、採用した通信規格がそれほど広く普及しなかったため、付帯機器の価格が安くならず、残念ながら、ほとんど普及を見ませんでした。

このような失敗にめげてはいけません。出発点の発想は正しいはずですが、データベース・モデル協調システムプロジェクトの研究資金の支援を受けて、基本的な構想は出来上がりました。エヌアイシステム(現ステラグリーン)の林 泰正氏の類まれなシステム開発スキルにより、試作機の開発が完了し、プロジェクトの成果として試作システムが出来てきました。しかし、大学には検討の結果を試すフィールドが無く、農村工学研究所の佐瀬勲紀氏、石井雅久氏、奥島里美氏の協力を得て、研究所の試験圃場でテストをさせていただきました。このときの佐瀬氏ほかのご理解と温かいご支援がなければ、研究から現場技術へのUECSの飛躍はなかったと思います、とても感謝しております。

そのシステムを何と呼ぼうかと考えました。ユビキタス(ubiquitous: 遍在する)という形容詞は、この頃流行し始めていました。1993年にゼロックスのマーク・ウェイザー氏が論文で使用した、「ユビキタス・コンピューティング」という語が、コンピュータ関連での使用の始まりです。1989年ごろに東大の坂村 健先生も同様の思想(トロン)を提案しましたが、当時は貿易摩擦による政治の思惑に翻弄され、大きな波にはなりません。これらに共通する発想は、「コンピュータのICはもはや高いものではない、どんなものにも内蔵し、いつでもどこでも誰もがコンピュータを使えるようにし、便利で快適な生活をしよう」というものです。この発想を施設園芸の環境制御システムに導入し、どの環境制御機器やセンサにもコンピュータが内蔵されており、それらが自律的にしかも協調して環境制御をするようにしようと、ユビキタス環境制御システム(UECS: ウェックス, Ubiquitous Environment

Control System)と命名しました。

#### 2.4 ユビキタス環境制御システムの誕生

データベース・モデル協調システムプロジェクトが終了し、ユビキタス環境制御システムを実用的なものに完成するため、競争的資金研究プロジェクトに応募することにしました。そのためには、温室での栽培実証試験が欠かせません。そこで、野菜茶業研究所の高市益行氏に打診してみると、このようなまだ怪しげなものなのに、一緒にやってみましょうとのご返事をいただきました。また、実際に機器(ノード)を試作する温室機材企業とも組まなければなりません。株式会社 誠和の新堀行男氏と山口浩明氏、ネポン株式会社の馬場 勝氏、相原祐輔氏が厳しい経済環境の中、引き受けてくださいました。本当にありがとうございました。また、当初から一緒に開発を進めてきた林 泰正氏の所属するエヌアイシステム社長の猪野義道氏にもご協力を賜りました。こうして作った研究開発チームで、農水省の先端技術を活用した農林水産研究高度化事業に応募し、2004-2005年度に採択されました。

この開発で大きな争点になったのが、通信規格です。インターネットの通信規格であるEthernetを私は採用したいと強く感じました。これまでは、LonWorksを中心にやってきて、農業機械分野が標準にしている車載機器のネットワーク規格として広く使われているCANを使おうかなどのお話が出ていました。通信規格は普及しないと、部材の価格も下がらず、機器の入手も難しくなり、それで足をすくわれることが多いのです。LonWorksも一時は脚光を浴びましたが、ここのところの新規開発のスピードダウンを見ると、このまま伸びていくのかは不安でした。一方、制御という比較的リアルタイム性の高い用途に回線争奪方式であるEthernetを使用することに不安視する意見が多数出ました。この時点では確証はなかったのですが、結果として、この方式を採用したことは、良かったと私は考えています。

組込用コンピュータ基板(UES)とミドルウェア(EOLUS)を開発してもらうため、2004年度に林 泰正氏に数か月東海大学開発工学部に来てもらい、生物工学科4-322実験室に籠って開発に専念してもらいました。林氏は素晴らしい仕事をしました。このときの集中的な成果が、今のシステム開発の基礎になっています。これを超えるUECS対応のコンピュータ基板は未だありません。UECSが誕生したこの実験室があつた数年でなくなってしまうのは本当に寂しい限りです。

2005年の晩夏になり、誠和とネポンの試作機も完成し、野菜茶業研究所武豊研究拠点の低コスト耐候性ハウスにシステムを設置しました。野菜茶業研究所の高市益行氏、当時大学院生の塩沢栄地氏、内野宏美氏と、武

豊研究拠点に建設された暑いハウスの中、設置作業をしたのは印象深い思い出です。この後開かれた、低コスト耐候性ハウスと合同の発表会は、大盛況でした。野菜茶業研究所高収益施設野菜研究チームの高市益行氏、黒崎秀仁氏、安場健一郎氏は、UECSの共同研究者であり、それぞれの立場で様々な角度から技術を評価・改良して下さる、大変良きパートナーです。実証試験を実施し、各社のノードが自律分散協調してトマトを生産できることが確かめられました。2005年から今も、その時に導入したシステムは大きな故障なく稼働を続けています。

#### 2.5 ユビキタス環境制御システム研究会の発足とその後

2006年3月末で高度化事業が終了し、いくつかの課題が新たにでてきましたが、技術的にはほぼ実用化の目途が付きまして、そして、コンソーシアムを作り、さらに普及を目指すため、これまで、この技術の誕生を温かく見守って下さった方々を発起人をお願いして、ユビキタス環境制御システム研究会を立ち上げることにしました。ユビキタス環境制御システム研究会(<http://uecs.jp/>)の設立総会は、2006年7月18日午後、さいたま市見沼グリーンセンター中会議室で開催されました。現在は、特別会員1組織、正会員24組織、個人会員20名で、今後、さらに増えていく見通しです。UECS研究会の事務を現在担当いただいております一般社団法人ALFAEの一柳里江氏は、大変有能な方で運営がスムーズに進み感謝しております。

施設生産の大規模化(5000 m<sup>2</sup>超)、低コスト化の要請は日ごとに強まっておりますが、この要請に応えられる国産の環境制御システムはほぼ無い状態です。唯一、UECSが可能性のある選択肢として残される状態になってしまいました。このため、これまでに、一部導入を含め、アグリベスト(徳島)、布引いちご園(長野)、野菜茶業研究所2号施設(愛知)、カンジファーム(栃木)、大洋興業取手試験農場(現、MKVドリーム、茨城)、近畿中国四国農業研究センタ綾部研究拠点(京都)、神奈川県農業技術センタ(神奈川)、静岡県農林技術研究所(静岡)、東海大学沼津校舎(静岡)、青森県産業技術センタ(青森)、山梨県果樹試験場(山梨)の12か所の先進的施設生産・試験温室に既に採用されました。今年度は、さらに、千葉大学松戸キャンパス(千葉)、野菜茶業研究所植物工場(茨城)、三重県農業研究所(三重)、千葉大学柏の葉キャンパス(千葉)ほかの高度植物生産施設に導入の計画があります。補助金関連の施設が多いのが現状ですが、ぜひ、近い将来、生産者が自己資金で手軽に導入できるようにすることを目指しています。また、韓国、中国、中東などからも提案が来ておりまして、UECSの規格の中核であるUECS-CCMについて、各国語に翻

訳する計画もあります。さらに、農業用センサーグリッドシステムであるアグリサーバ(旧フィールドサーバ)の通信規格にも UECS-CCM が採用され、農業気象計測に関する標準情報交換形式として徐々に浸透しつつあります。UECS の基本特許については、2004 年に出願、2009 年に第 4349573 号「温室の環境制御装置及びその環境制御法」として日本国特許原簿に登録されました。また、「ユビキタス環境制御システム」とロゴの商標も取得いたしました。

末筆ながら、本稿にお名前を記せませんでした UECS に直接間接にかかわられた多くの皆様に対しまして、心より御礼申し上げますとともに、今後も日本発のこの技術をどうかご支援いただきますようお願い申し上げます。

### 3. おわりに

我が国の施設園芸の右肩上がりの時代はすでに終結し、生産者、関連業界は、国際競争力を高め、質的向上を図らねばならない時代が到来しています。温室の中の見えない気象環境を「見える化」し、適切に制御する必要性は高まるばかりです。困難な状況に対処すべく、日本農業気象学会諸兄のご指導・ご鞭撻を今後も賜りますことを心よりお願い申し上げます。

#### 関連の論文等 (関連する主要なもののみ)

- 星 岳彦, 2008: ユビキタス環境制御システムによる施設園芸の ICT 化, 農業情報研究, **17**(1), 13–18.
- Hoshi, T., Hayashi, Y. and Shintani, K. 2008: A communication protocol for collaboration among the measurement and control nodes in a decentralized autonomous environment control system of greenhouses. *Proceedings of IAALD AFITA WCCA 2008*, Japan, pp.127–134.
- 星 岳彦, 新谷啓治, 林 泰正, 高市 益行, 2007: 施設園芸における結露および細霧落下用低コスト高感度検出器の開発. 植物環境工学, **19**(2), 96–100.
- 星 岳彦, 2006: ユビキタス環境制御技術の開発. 農業機械学会誌, **69**(1), 8–12.
- 星 岳彦, 2005: 効率化・低コスト化を達成するユビキタス施設環境制御システム. 施設と園芸, **131**, 22–26.
- Hoshi, T., Hayashi, Y., Shiozawa, E., Uchino, H. and Suzuki, T. 2004, A Decentralized Control and Data Processing System Using Internet

- Technology for Greenhouse Environment Management. *Proceedings of NIAE/SASJ2004*, Korea, pp. 93–100.
- Hoshi, T., Hayashi, Y. and Uchino, H. 2004: Development of a Decentralized, Autonomous Greenhouse Environment Control System in a Ubiquitous Computing and Internet Environment. *Proceedings of AFITA/WCCA2004*, Thailand, pp. 490–496
- 星 岳彦, 林 泰正, 横井真悟, 長谷川智行, 古在豊樹, 2002: 自律分散制御に基づく環境制御システム. 植物工場学会誌, **14**(3), 157–164
- Hoshi, T., Hayashi, Y. and Kozai, T. 2000: Design concepts of computerized support systems for large-scale transplant production. *Transplant Production in the 21st Century*, C. Kubota and C. Chun (eds.), Kluwer academic publishers, London, pp. 38–43.
- Hoshi, T., Sasaki, T., Tsutsui, H., Watanabe, T. and Tagawa, F. 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.
- 星 岳彦, 布施順也, 渡辺 勉, 奥矢 毅, 林 泰正, 倉島敏行, 1999: 温室環境の遠隔制御・計測・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**(3), 157–164.
- 星 岳彦, 1992: 植物工場における環境制御装置のオブジェクト指向ソフトウェア開発支援システム. 植物工場学会誌, **3**(2), 129–136.
- 星 岳彦, 1992: 図形と言葉で制御方法を表現した拡張ファジィ環境制御の基礎的検討. 農業気象, **47**(4), 225–232.
- 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**(1), 45–50.
- Hoshi T. and Kozai, T. 1984: Knowledge-based and hierarchically distributed online control system for greenhouse management. *Acta Hort.*, **148**, 301–308.