

UECS を利用した環境制御温室教材の製作と、 スマート農業分野への授業展開の研究

長野県下伊那農業高等学校
腰原 裕一

1. はじめに

日本の農業は就農者の高齢化と新規就農者数の低迷により、多くの課題を抱えている。農林水産省統計部の農林業センサスによると、農業従事者の平均年齢が2020年の概数値で67.8歳である。このままでは、日本の農業の担い手が大幅に減少し、耕作放棄地が多くなり、農村では今までの生態系が維持できなくなってしまう。

これらの課題を解決するために、情報通信技術（ICT）やモノのインターネット（IoT）を利用した『スマート農業』への取り組みが始まっている。労働力を補い、農業を発展させていくためには、ICTやIoTを利用して効率化と省力化を推し進める必要がある。そのために、農業高校生がICTやIoTを利用した『スマート農業』に触れ、労働力を技術で補うことを学び、『スマート農業』を実践していく授業を農業高校は研究、実践していくことが求められている。

本研究では、ユビキタス環境制御システム（UECS）を利用した環境制御温室教材の製作に取り組んでいる。これは、園芸用ハウスに温度・湿度・二酸化炭素・日射量などのセンサ類や換気扇、ヒーター等のアクチュエータ類を設置し、分散したコンピュータがネットワークを介して制御を行うシステムである。今までのコンピュータ1台による中央集中管理システムとは異なり、規模の小さい園芸用ハウスでも、コストを抑えて収益が上がるように設計されたシステムである。中山間地域では、大規模な農業が展開できないため、UECSのようなシステムを利用することで収益を得られる農業ができると考える。

本研究では、このようなスマート農業に取り組む人材を育てるために必要な、教材の製作や授業の展開を試みる。

2. 環境制御温室教材の製作

ビニールハウスやガラス温室などの園芸施設は、過酷な気象環境から植物を保護し、天窓の開閉や暖房機などによって、気温や湿度などを調整する。しかし、園芸施設の外の気象は時々刻々と変わるため、農業従事者が園芸施設内の気温に常に気を配って、天窓の開閉や暖房機、換気扇の操作をしないといけない。このような作業を農業従事者の代わりにコンピュータが行う複合環境制御温室が1980年代に販売され、導入がある程度進んだ。写真1は本校の複合環境制御温室である。しかし、設備が高価であるとともに、大規模施設



写真1 下伊那農業高校の複合環境制御温室

設でないと採算が合わないため、日本で主流の中小規模・軽装備施設に導入することが難しく、普及が進まなかった。

今回の研究で製作する環境制御温室教材には、中小規模・軽装備施設でも導入が容易であるように設計された UECS を利用する。

2-1. UECS とは

UECS は、ユビキタス環境制御システム (Ubiquitous Environment Control System) の頭文字で、「ウエックス」と発音する。UECS の特徴としては、従来までの 1 つの制御装置が環境制御温室の全てを管理する集中管理システムとは違い、気温や湿度などを測定するセンサや、天窓の開閉などを行うアクチュエータが、それぞれネットワークでつながっており、互いに通信を行う自律分散システムである。これは、様々な「モノ」がインターネットに接続され、情報交換することにより相互に制御する『IoT (Internet of Things)』と同じ考え方により設計されている。

UECS では、気温や湿度のセンサの数を自由に変更できるため、後からセンサを追加することも容易にできる。このため、中小規模・軽装備施設でも費用を抑えて導入し、必要に応じてカスタマイズすることができる。

もう 1 つの特徴として、UECS の規格のオープン化がある。システムの販売元が、UECS 研究会が公開している UECS の通信規約に基づいて通信機器を製作するため、各社の機器が混在していても、自律分散システムで動作するようになっている。図 1 に示すロゴマークの付された製品は、UECS のネットワークで他の機器との接続・共存が可能である。一般的な集中管理システムには、他の企業との互換性がない機器が使われている場合があり、企業が撤退してしまえば、代替品が無くなって、全ての機器を交換しなくてはならないことがある。しかし、UECS 対応機器であれば、別の企業のもので代替ができるという利点がある。

このように、UECS は今までの環境制御とは違った考え方で設計されたシステムであり、中小規模・軽装備施設への導入による利点が大きいと考えられる。



図 1 UECS規格の準拠により掲出可能となるロゴマーク

2-2. 教材の設計

今回製作する UECS を利用した環境制御温室教材は、教材として製作され制御装置が古くなって使われなくなってしまった温室教材を利活用し、スマート農業に関する学習ができるように設計を行い製作した。

教材の設計では、文献 1 で取り上げられている例を参考にし、既存の教材の換気扇やヒーターなどのアクチュエータは、そのまま利用した。一方、各種のセンサや、制御装置は新しいものを購入し、UECS を利用できるように一新した。センサ類については温度、湿度、及び二酸化炭素のセンサを新しく購入し、制御装置はシングルボードコンピュータの Raspberry Pi に株式会社

ワビット社製の UECS-Pi Basic という汎用の環境制御ソフトウェアを利用した。なお、UECS-Pi Basic は無償で利用できる。センサやアクチュエータは、UECS の通信方式を利用してシングルボードコンピュータに情報を入力し、処理したデータを元に UECS を通してアクチュエータに信号を送り制御を行う。また、センサのデータを学校に配備されたタブレットを利用してモニタリングし、データの活用方法について学べるようにした。

2-3. 製作した教材

UECS を利用した環境制御温室教材を写真 2 に示す。教材は授業の展開を考え、同じものを 5 つ製作している。

次に教材の概要を説明する。環境制御温室教材は写真 2 の右側にある透明な板で囲まれた温室部と、左側にある操作パネル部からなる。操作パネル部を写真 3 に示す。操作パネルは、既存の温室教材の操作パネルであったものをそのまま利用した『メイン操作パネル』と、今回新しく追加した装置の制御を行う『サブ操作パネル』からなる。これらの操作パネルは、電源の ON、OFF 機能と、手動、自動の切り替えを行うスイッチが配置されている。

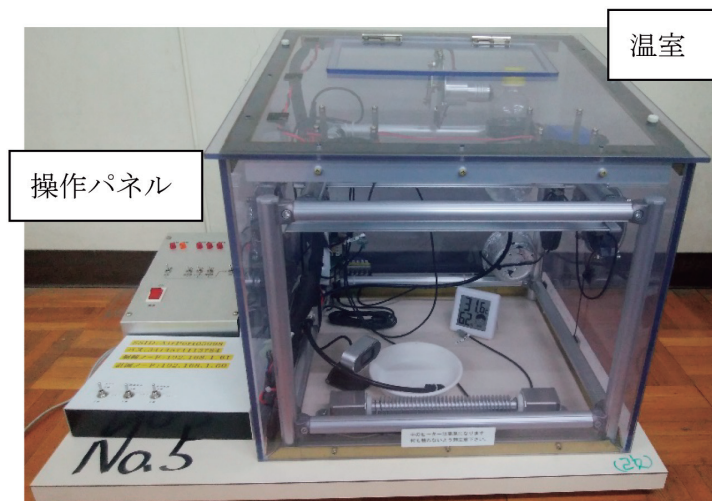


写真 2 製作した環境制御温室教材

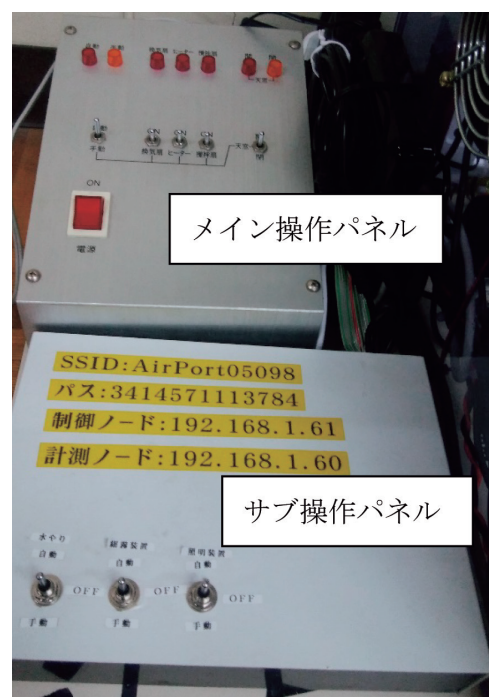


写真 3 操作パネル

温室部の中には写真 4 から写真 9 に示すように様々な機材が配置されている。表 1 にこれらの機器のリストを示す。

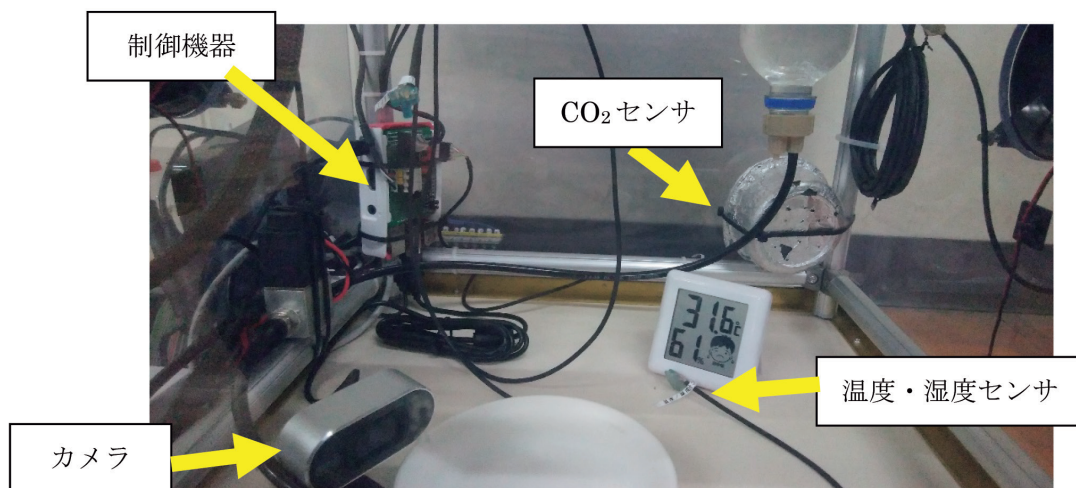


写真4 温室内の機器(正面)

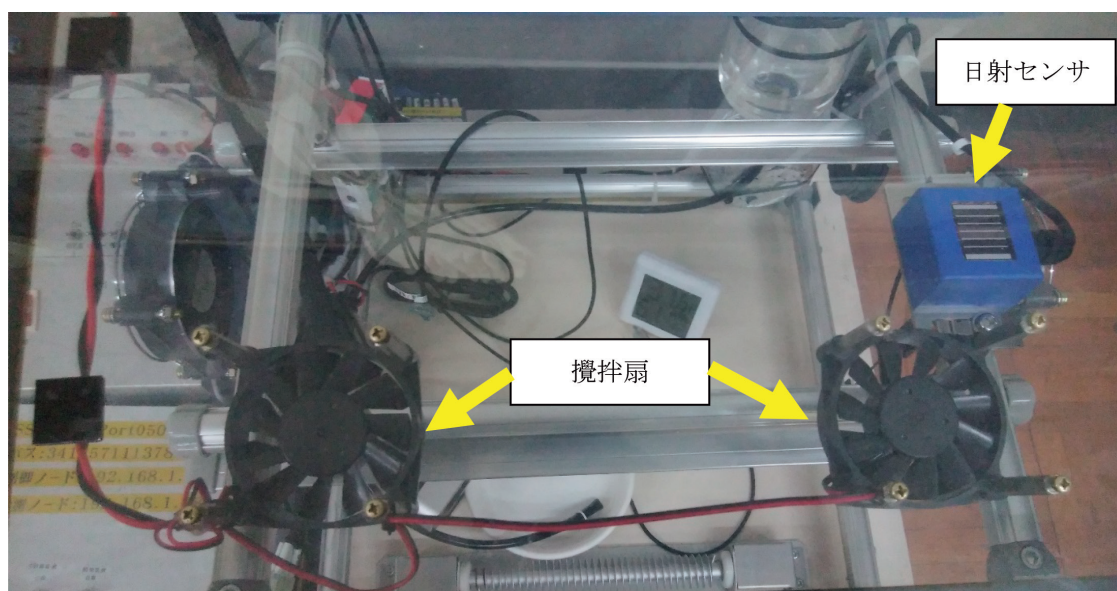


写真5 温室内の機器(上面)

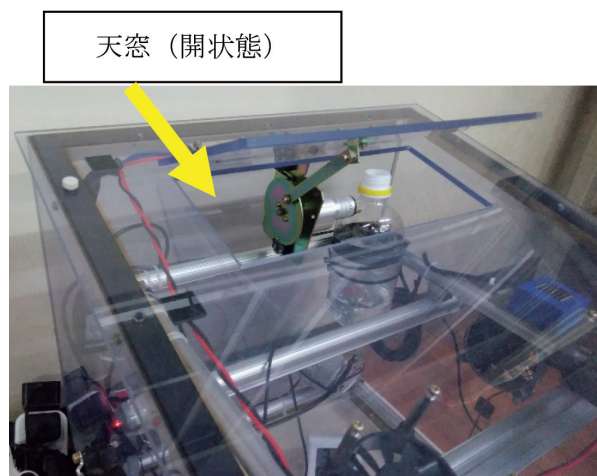


写真6 温室内の機器(天窗)

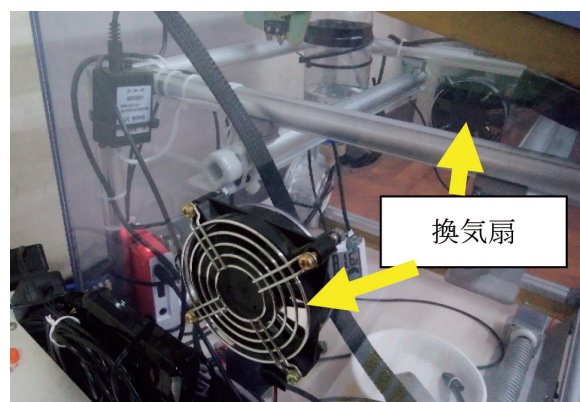


写真7 温室内の機器(側面)



写真8 温室内の機器(床面)

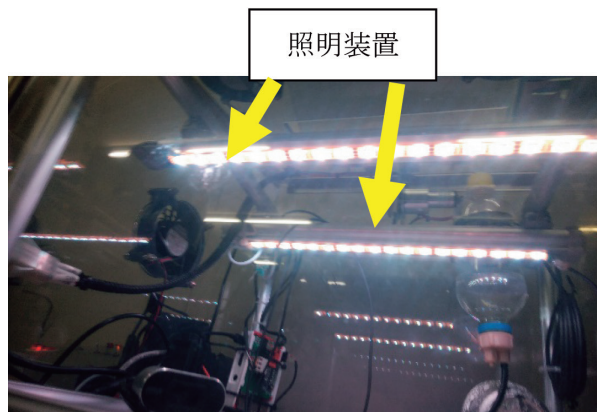


写真9 温室内の機器(照明)

表 1 環境制御温室教材の機器一覧

分類	名称	数量	製品名	メーカー
センサ	温度・湿度センサ	2	SHT-31	(株)ストロベリー・リナックス
	CO ₂ センサ	1	S-300G-3V	(株) ELT SENSOR
	日射センサ	1	PVSS-01	(株)三弘
	カメラ	1	CMS-V45S	サンワサプライ(株)
アクチュエータ	換気扇	2		
	攪拌扇	2		
	ヒーター	1		
	天窓開閉装置	1		
	照明装置	2	LSB2TS	OptoSupply
	水やり装置	1		
制御機器	UECS-Pi Basic 制御基板	2	RaspberryPi3 Model B	Raspberry Pi 財団

環境制御温室教材の温室部には写真4に示す制御機器があり、この制御機器にセンサが接続されている。制御機器にはWi-Fiを利用して、タブレットやノートパソコンからアクセスすることができる。制御機器にアクセスすると、図2のようなソフトウェアの画面が表示され、センサの現在の値を確認することができる。

UECS-Pi Basic					
トップ	詳細モニタ	CCM一覧	状態ログ	セットアップ	ログアウト

トップ

ノード状態

IPアドレス	現在時刻	日の出	南中	日の入り	状態
192.168.1.60	2021-08-08 18:37:09 [+09:00]	04:58	11:55	18:52	正常

センサー

No.	名称	現在値	更新日時	設定
1	気温①	31.9 [C]	2021-08-08 18:37:08	⚙
2	相対湿度①	61 [%]	2021-08-08 18:37:08	⚙
3	絶対湿度①	20.4 [g m-3]	2021-08-08 18:37:08	⚙
4	露点温度①	23.4 [C]	2021-08-08 18:37:08	⚙
5	飽差①	13.2 [g m-3]	2021-08-08 18:37:08	⚙
6	気温②	31.7 [C]	2021-08-08 18:37:08	⚙
7	相対湿度②	59 [%]	2021-08-08 18:37:08	⚙
8	絶対湿度②	19.7 [g m-3]	2021-08-08 18:37:08	⚙
9	露点温度②	22.7 [C]	2021-08-08 18:37:08	⚙
10	飽差②	13.7 [g m-3]	2021-08-08 18:37:08	⚙
11	CO2濃度	454 [ppm]	2021-08-08 18:37:09	⚙
12	日射量	0.00 [kW m-2]	2021-08-08 18:37:08	⚙

図2 ソフトウェアの画面(UECS-Pi Basic)

3. 教材を利用したスマート農業の授業展開

スマート農業とは、ロボット技術や情報通信技術（ICT）を活用して、省力化・精密化や高品質生産を実現する等を推進している新たな農業のことである。スマート農業の中核である ICT を活用して、熟練農家の農業技術を若手農家に継承していくこともできる。

今まで農業を営むためには時間をかけて、農作物の生長を観察し、『勘』や『経験』を養うことが必要であった。しかし、ICT を活用して、センサから得られた情報を蓄積し、解析することにより、農作物の生育や病害を正確に予測し、高度な農業経営をすることが可能になってきた。

製作した環境制御温室教材は、実習や課題研究の授業で利用し、生徒が情報を蓄積し、解析する方法や知識を習得できるように活用していく計画である。

授業展開①『実践的なスマート農業を学ぶ』

製作した環境制御温室教材は、農業を学ぶ生徒が『スマート農業』の一端に触れ、農業を営むために必要な知識や技能を身につけることを目的としている。このため、文献2に書かれているように、『農業で収益を上げるにはどのようにしたらよいのか』ということに結びつけて、授業を展開していきたいと考えている。具体的には文献2を参考に表2にまとめた。

表2 授業展開のポイント

制御量	学習内容	実習内容
湿度	適切な湿度調整によって、灰色カビ病などの病害発生を抑制ができることを学ぶ。 また、病害発生を抑制のために使用する農薬を減らせることで、農薬を散布する労力を削減し、減農薬による安全・安心な農作物を提供することで、増収につながることを学ぶ。	作物の気孔を開かせるための飽差管理 1 温度・湿度を計測し、飽差を求める。 2 各種アクチュエータを利用して、装置内の温度・湿度を変える。 3 UECS を利用して、アクチュエータを制御し温度・湿度を一定に保ち、測定値を記録する。
CO ₂ 水 光	光合成のために必要な二酸化炭素や水は、供給する時間と量によって作物の収量に影響することを学ぶ。 また、二酸化炭素や水、光の制御による光合成の最大化が、作物の増収と品質向上につながることを学ぶ。	安定した光合成を行わせるための二酸化炭素の管理 1 二酸化炭素を計測する。 2 二酸化炭素を発生させる装置について学ぶ。 3 UECS を利用して、二酸化炭素の濃度を制御しつつ、測定値を記録する。
水 肥料 光	ハウス内の日射量などの情報から、農作物に必要な水、肥料を供給する最適な時間と量について学ぶ。 また、水、肥料および光、並びに温度制御に必要な燃料の利用効率向上が、増収につながることを学ぶ。	日射量に合わせたかん水の管理 1 日射量を計測する。 2 水やりシステムを利用して植物に水を与える。 3 UECS を利用して、日射量に応じた水やりを行う。

次に、授業の構成については3部構成として、基礎から応用まで身につくようにする。

第1部はセンサやアクチュエータについて学ぶ。各センサで測定する項目や、単位などについて知識を深める。また、気温と湿度のデータから、空気中にとどれくらい水蒸気が入る余地があるかを示す『飽差』を理解する。アクチュエータは換気扇やヒーター、天窓の開閉モータなど、指令を出して動く装置のことであり、これらについて稼働するために必要な費用と、稼働したことによる効果を学ぶ。

第2部として制御装置およびUECSの通信方法を学ぶ。教材の制御装置である『Raspberry Pi』の概要を学び、アクチュエータを動作させるために必要な制御機器の『リレー』について知識を深める。また、UECSが開発された背景に触れながら、自律分散システムの概要を学ぶ。

第3部では第1部、第2部の知識を基礎として、実際のシステムの例を学ぶようにする。具体的には、表2に示した内容を学ぶ。

授業展開②『UECS-GEARの利用』

環境制御温室教材の温室部に、種子や植物などを設置し、観察をすることも教材利用の1つとして検討している。例えば、種子の発芽については、発芽するときに光を必要とする種子（光発芽種子）や光があると発芽しにくい種子（暗発芽種子）がある。これを観察するために、環境制御温室教材を2つ用意し、一方を布で覆うことで比較実験ができると考える。

観察には、農研機構の生物系特定産業技術研究支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業

(うち地域戦略プロジェクト)の研究課題「UECS プラットホームで日本型施設園芸が活きるスマート農業の実現」の成果として、公開されているソフトウェア『UECS-GEAR』を用いるのが有効と考えている。図3はUECS-GEARのトップ画面である。UECS-GEARは、モニタリングや、記録、これからの育成予想機能がある便利なツールである。

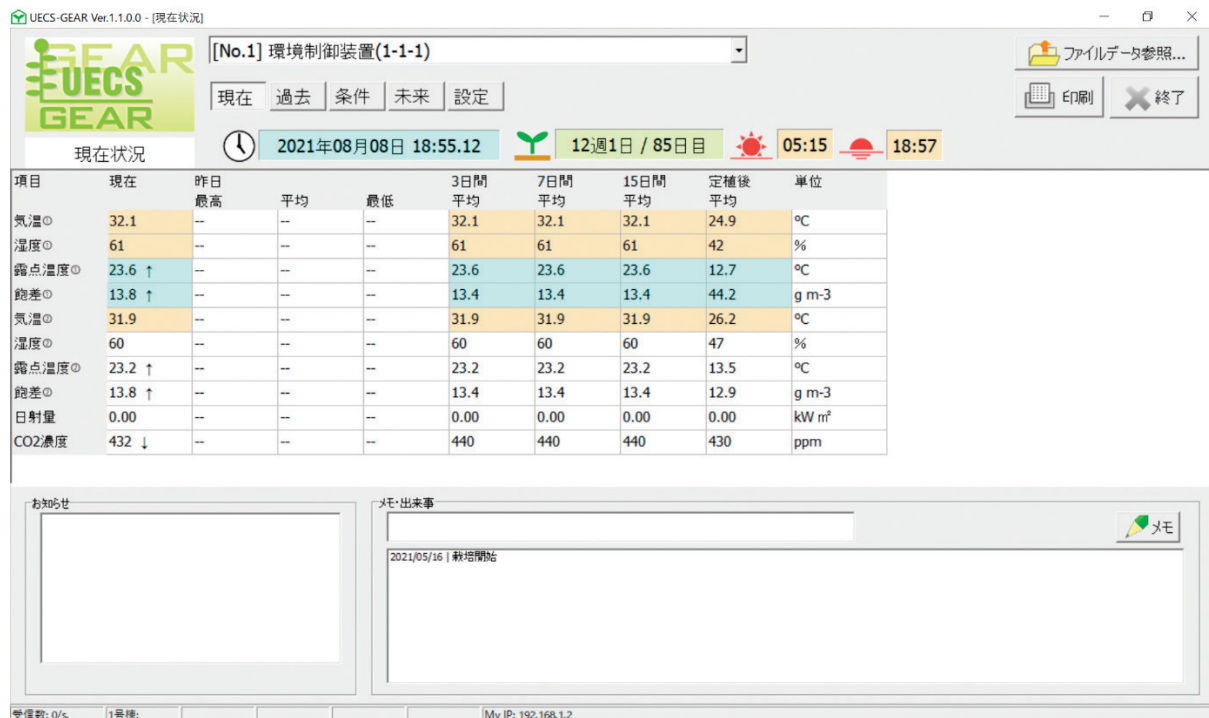


図3 ソフトウェアの画面(UECS-GEAR)

授業展開③『UECSロジック編集ツールの利用』

環境制御温室教材の操作パネル内には制御機器があり、この制御機器にアクチュエータの信号線が接続されている。制御機器にはWi-Fiを利用して、タブレットやノートパソコンからアクセスすることができる。制御機器はソフトウェアのUECS-Pi Basicが動き、図5に示すようにアクチュエータの現在の値を確認することができる。また、操作を「Auto」、「ON」、「OFF」などに変更することで、タブレットを使ってアクチュエータの動作、停止を行うことができる。

アクチュエータ

No.	名称	モード	操作	現在値	更新日時	設定
1	天窓	自律	AUTO ▼	0[%]	2021-08-08 18:31:54	⚙️
2	換気扇	自律	AUTO ▼	OFF	2021-08-08 18:31:55	⚙️
3	暖房機	自律	AUTO ▼	OFF	2021-08-08 18:31:55	⚙️
4	照明装置	自律	AUTO ▼	OFF	2021-08-08 18:31:55	⚙️
5	細霧装置	自律	AUTO ▼	OFF	2021-08-08 18:31:56	⚙️
6	灌水装置	自律	AUTO ▼	OFF	2021-08-08 18:31:56	⚙️

図4 ソフトウェアの画面(UECS-Pi Basicのアクチュエータ)

環境制御温室教材では、温度を一定になるように制御するなど、プログラミングの知識が必要になる。そこで、プログラミングの知識が少ない者でも使えるソフトウェアを利用する。農研機構の生物系特定産業技術研究支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）の研究課題「UECS プラットホームで日本型施設園芸が活きるスマート農業の実現」の成果として、公開されているソフトウェア『UECS ロジック編集ツール』を用いるのが有効と考えている。図5はUECS ロジック編集ツールの画面である。

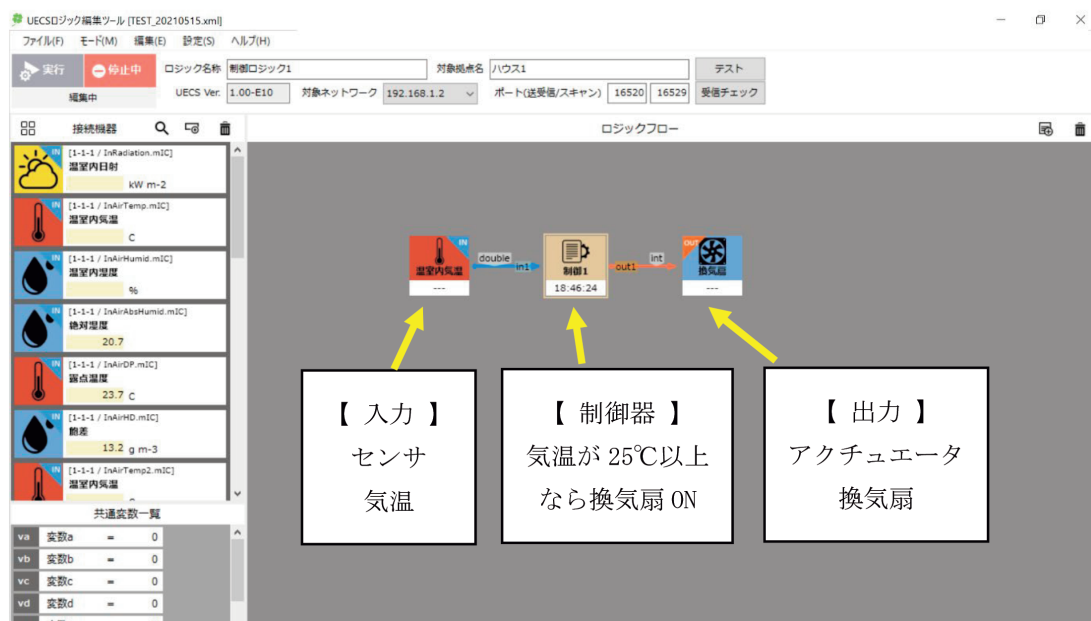


図5 ソフトウェアの画面(UECSロジック編集ツール)

UECS ロジック編集ツールは、図5に示した画面左側のアイコンから、必要なセンサやアクチュエータ、制御器などを選び、マウスでドラッグ&ドロップして登録し、連動させたいアイコン間を結線することで、制御ロジックを簡単に作成することができる。例えば、図5の中央に配置した3つのアイコンは左から、温室内気温センサ、制御器、換気扇である。このアイコンはそれぞれ結線され、制御器は25℃以上なら換気扇を動作させるように設定してある。この状態で、図5の左上の「実行」ボタンを押し、環境制御温室教材とWi-Fiの通信が確立すれば、気温が25℃以上になれば換気扇が自動で動き出し、25℃未満の温度になると換気扇が自動で停止する。このようにアイコンを並べて結線し、制御器の設定をすれば容易に制御をすることができる。

また、制御器の設定は、通常モードと上級者モードがあり、上級者モードに切り替えることによって、プログラミング言語のC#を使って、プログラミングをすることができる。課題研究の授業では、環境制御温室教材を利用して、生徒自ら様々な制御に取り組み、プログラミングの学習にも利用できると考えている。

4. 結果

本研究は、スマート農業に取り組む人材を育てるために、教材の製作や授業の展開について検討をしてきた。教材の製作では、UECSを利用した環境制御温室教材を1台作り終えた。また、

残り4台を製作予定であり、同じ仕様のものを年度内に製作する計画である。

授業の展開については、データを活用し『農業で収益を上げるにはどのようにしたらよいのか』ということが身につくように内容を検討してきた。生徒が興味、関心を持って取り組めるように教材を上手に利用して授業の展開ができるように、さらに検討をしていく。

5. 考察

製作したUECSを利用した環境制御温室教材を本校の農業科の職員に紹介したところ、反響は大きかった。しかし、UECSや制御に対して、知識が少なく授業で利用できるか不安であるという声も少なからずあった。このことから、実習用のテキストの作成を早めに進め、職員に対する研修会を行い、授業を展開する準備が必要であると考えた。

スマート農業に取り組む人材を育てるためには、教える側の職員1人1人の知識、技能の向上が必要であり、ICTやIoTなどの新しい技術を学び、積極的に取り組む雰囲気作りが大切だと感じている。

6. 今後の展望

スマート農業に取り組む人材を育てるために、環境制御温室教材を使った授業を展開し、座学や実習を通して、基礎知識を習得させる。使用するテキストは実際に就農した後も使えるような形式で作成したいと考えている。

また、教材と同じシステムを校内の園芸用ハウスに設置し、費用について考えるとともに、収益がどのくらいになるのか予想することで、より実践的なことが学べるカリキュラムを作成していきたいと考える。

スマート農業では、ICTやIoT、AIの技術を使ってこれを実現しようとしている。今後は次の2つを目的にして授業の展開を考えていく。1つ目は、無駄なコストを省き、作物の成長を制御し、収穫時期と収穫量を作付け計画に沿うようにする技術を身につけることである。2つ目は、味や見た目など作物の付加価値をどのようにつけていくか考え、付加価値のついた作目が安定して供給できるように栽培する技術を身につけることである。この2つを目的とした授業は、まず課題研究の授業で取り組み、知見やノウハウが蓄積できたら、実習等の授業で展開していきたいと考える。

農業高校生がICTやIoTを利用した『スマート農業』に触れ、農業に興味、関心を持ち、農業に携わる職種に就きたいと考えるようになるような授業を展開していきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成をいただいた公益財団法人下中記念財団及び関係の方々に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 中野明正「ICT 農業の環境制御システム製作」(誠文堂新光社) p8-12 2018 年
- 2) 斉藤章「ハウスの環境制御ガイドブック」(農村漁村文化協) p10-13 2015 年
- 3) 角田公正 他「栽培環境」(実教出版) p169 2002 年
- 4) 木谷収 他「農業機械」(実教出版) p158 2019 年
- 5) 星岳彦「UECS-GEAR 説明書」2020 年
- 6) 農研機構「UECS 用ロジック開発ツール活用マニュアル 1」2019 年



腰原 裕一 先生
(こしはら ゆういち)

<略歴>

1987 年 9 月 長野県生まれ
2009 年 3 月 筑波大学第三学群工学システム学類 卒業
2009 年 4 月 腰原製作所 勤務
2012 年 4 月 長野県松本工業高等学校 勤務
2014 年 4 月 長野県蘇南高等学校 勤務
2016 年 4 月 株式会社 Doog 勤務
2019 年 4 月 長野県下伊那農業高等学校 勤務
現在に至る

<研究歴>

2020 年 農作物の生長過程の記録からはじめるスマート農業の導入研究（長野県農業教育研究会研究会誌 第 53 号 p30-33）

<勤務校>

長野県下伊那農業高等学校
〒 395-0804 長野県飯田市鼎名古熊 2366-4
電話 0265-22-5550