

ユビキタス環境制御システム通信実用規約に基づいた 施設園芸用管理ソフトウェアの開発[†]

安場 健一郎・黒崎 秀仁・高市 益行・鈴木 克己

(平成 23 年 8 月 31 日受理)

Development of a Management Software for Protected Horticulture Based on the Practical Protocol of Ubiquitous Environment Control System

Ken-ichiro Yasuba, Hidehito Kurosaki,
Masuyuki Takaichi and Katsumi Suzuki

I 緒 言

ユビキタス環境制御システム (Ubiquitous Environment Control System: UECS) は、集中管理用のコンピュータ無しで統合環境制御が可能な、環境制御機器自身にコンピュータを搭載して自律的に環境制御するシステムである (Hoshi ら, 2004)。UECS では、各環境制御機器に搭載されたマイコンボードがローカルエリアネットワーク (LAN) を利用して情報通信を行い、各機器は所有する情報を共有し、環境制御している (林ら, 2004)。UECS で使用する通信文のことを共用通信子 (CCM) と呼び、UECS 対応機器のことをノードと呼ぶ。各ノードは自身が保有する情報を他のすべての機器に対して送信し、情報を共有している。各ノードは、数多くの得られた情報のうち、自身の動作に必要な情報のみを利用して動作している。気象ノードでは気温を表す CCM を他のすべての機器に送信するが、暖房機ノードでは、受信情報のうち気温に関するものを解釈し、暖房機の動作方法を決定する。また、動作情報を示す CCM を LAN に送信している。また、複雑な制御を実施する場合には、一般的なパーソナルコンピュータ (PC) から遠隔操作の CCM を送信して、一部もしくはすべてのノードを管理することが可能である。

UECS を利用した統合環境制御により、CO₂ 施用、気温、湿度調節を実施すると、トマトの長期多段栽培で 10 a 当たり 40 t の収量を得ることが可能であった (安場ら, 2011)。また、温室内空気のエンタルピを指標とした換気制御と細霧噴霧を利用した気温湿度同時制御法など、複雑な環境制御が簡単に実施可能であり (安場ら, 2010 b)、UECS の有用性を検証してきた。

UECS では CCM を収集することで、機器の動作情報、気温や湿度などの気象観測情報を把握可能である。そのため、UECS 機器の情報を記録するとともに簡易コンソール機能を有するソフトウェア (安場, 2010 a) や警報メール機能などを搭載したソフトウェア (黒崎ら, 2006) が開発されている。

しかし近年、今まで使用してきた通信ルールの不具合を解消するため、UECS の通信実用規約がバージョン 1.00-E 10 として改正された。2011 年 7 月現在、UECS 研究会の WEB ページ (<http://www.uecs.jp/>) からこの規約はダウンロード可能である。しかし、上記のソフトウェアは新しい規約に対応していない。また、UECS 導入温室で効率的に環境制御を実施するためには、機能的にもより高度なソフトウェアが必要である。

機能強化が望まれることの 1 つに、湿り空気に関する計算がある。湿り空気の最も一般的な測定項目は気温と相対湿度である。ただ、これらの情報のみでは、温室内

の湿り空気の状態を把握するには不完全である。潜熱を利用した加湿冷却時には、エンタルピは冷却限界を知る上で重要な情報となる。また、絶対湿度や飽差は、それぞれ、除湿量の推定や植物が乾燥状態にさらされている程度を示す指標として重要である。一方、細霧の運用にとって、また、省エネルギーにとって有用な情報である換気率を計算するノードが開発されている(安場ら, 2009)。管理ソフトウェアで計算が可能であれば、ノードを利用することなく簡単に換気率が把握できるようになる。本研究で開発した管理ソフトウェアでは、気温や相対湿度などの受信情報からこれらの数値を計算し、温室内の湿り空気や換気率を簡単に把握できるよう試みた。

近年は、インターネットを利用した情報利用サービスが一般的に用いられている。このようなサービスでは、データベースソフトで各種のデータを保存し、必要に応じて様々な切り口からデータを取り出して利用するのが一般的である。UECS 温室で収集したデータもデータベースに蓄積していくことで、データの新たな利用方法が開発されるかもしれない。そこで、管理ソフトウェア

を用いて、ライセンスや2次利用が自由でオープンソースのデータベースである PostgreSQL にデータを保存することを試みた。

既開発のソフトウェアにも日報機能があるが、運用上必要な最低限のデータしか把握できなかった(黒崎ら, 2006)。温室内で1日の情報で知りたい項目には最大値、最小値、平均値などがあり、日報メールで把握できれば温室の管理上有用であるため、これらの計算値を日報メールで送信する機能の実装を試みた。

以上のように本研究では、UECS の通信実用規約バージョン 1.00-E 10 導入温室で利用可能な、データ収集と収集データの活用および解析が簡便化することを目的として、新たな機能を実装した管理ソフトウェアを開発した。

II 材料および方法

1 管理ソフトウェア開発環境と動作環境

UECS の通信実用規約バージョン 1.00-E 10 に準拠し

```
<?xml version="1.0"?>
<UECS ver="1.00-E10">
  <DATA type="SoilTemp.mIC" room="1" region="1" order="1" priority="29">23.0</DATA>
  <IP>192.168.1.64</IP>
</UECS>
```

図-1 UECS の通信文のフォーマット

UECS での情報通信と環境制御にはこのフォーマットの通信文が利用される。通信文は LAN を利用してすべての機器に対して送信される。xml で記載された通信文の UECS タグではさまれた間の情報を有効な情報とする。UECS タグの ver 属性には、通信実用規約のバージョンを示す文字列が挿入される。type 属性は情報の種類を示し、この場合、SoilTemp.mIC (この場合地温をイメージ) が 23.0 であることを示す通信文である。type 属性値の意味、単位は UECS 対応機器開発者によって定義される。room, region, order の各属性値はこの通信文が影響を及ぼす環境制御機器の範囲を指定するための数値、priority 属性はこの情報の優先順位を指定するための数値である。IP タグの値は自身の IP アドレスを表す。

表-1 開発した管理ソフトウェアを利用するために必要なライブラリ

ライブラリ名 (ファイル名)	ライブラリ作成元
jfreechart-1.0.13.jar	Object Refinery Limited
jcommon-1.0.16.jar	Object Refinery Limited
mail.jar	Oracle
activation.jar	Oracle
commons-net-ftp-2.0.jar	Apache Software Foundation
postgresql-8.4-701.jdbc3.jar	PostgreSQL Global Development Group
uecs_1_00_E10_03.jar	

開発した管理ソフトウェアの直下に lib フォルダを作成し、その中にこれらのライブラリを配置する必要がある。

uecs_1_00_E10_03.jar は管理ソフトウェア作成時に並行して開発を行ったライブラリである。

(A) test.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ROOT>
  <PRESET_CCM>
    <DATA type="InAirTemp" room="1" region="1" order="0" priority="15" name="室内気温"/>
    <DATA type="InAirHumid" room="1" region="1" order="0" priority="15" name="室内湿度"/>
    <DATA type="WAirTemp" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外気温"/>
    <DATA type="WAirHumid" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外湿度"/>
    <DATA type="WRadiation" room="0" region="0" order="0" priority="15" name="屋外日射"/>
    <DATA type="SoilTemp.nTC" room="1" region="2" order="3" priority="29" name="培地温"/>
  </PRESET_CCM>
  <ABSHUMID temp="温室内気温" rh="温室内湿度"/>
  <DATA type="InAbshumid" room="1" region="1" order="0" priority="29" name="室内絶対湿度"/>
</ABSHUMID>
<VENTILATION>
  <CONST lightThrRate="0.7" lightRefRate="0.15" thermoThrRate="5.8" ratioFilmToFloor="2.6"/>
  <RECVALLIE inAirTemp="室内気温" inAirHumid="室内湿度" wAirTemp="屋外気温" wAirHumid="屋外湿度" wRadiation="屋外日射"/>
  <VENTI>
    <DATA name="室内換気率" type="VentiRate.xOC" room="1" region="1" order="0" priority="29"/>
  </VENTI>
  <EVAPD>
    <DATA name="室内蒸発乾燥速度" type="EvapoRate.xOC" room="1" region="1" order="0" priority="29"/>
  </EVAPD>
</VENTILATION>
<GRAPH>
  <GRAPH_MIN title="気温・湿度" rangeleft="0" rangeright="3" width="400" height="300">
    <DATA axis="left">室内気温</DATA>
    <DATA axis="left">屋外気温</DATA>
    <DATA axis="right">室内湿度</DATA>
  </GRAPH_MIN>
  <GRAPH_DAILY title="気温" range="0" width="400" height="300">室内気温</GRAPH_DAILY>
</GRAPH>
<DAILYREPORT>
  <REPORT name="室内気温"/>
  <REPORT name="室内湿度"/>
</DAILYREPORT>
<ALERT>
  <LEVEL name="室内気温" thread="over" value="35" min="10"/>
</ALERT>
</ROOT>

```

(B) SendSchedule.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ROOT>
  <SEND_ONE_TIME year="2011" month="3" day="10" hour="18" minute="0">
    <DATA type="MinVentiMark" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="換気窓設定温度">23</DATA>
    <DATA type="AHOrderTemp" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="暖房設定温度">14</DATA>
  </SEND_ONE_TIME>
  <SEND_ROUTINE hour="18" minute="0">
    <DATA type="HFHeatTemp.afP" room="0" region="0" order="0" priority="29" name="HF暖房設定温度">18</DATA>
  </SEND_ROUTINE>
</ROOT>

```

図-2 管理ソフトウェアの設定ファイルの記載例

(A) の test.xml は UECS の LAN で受信した情報の処理方法を記載する。(B) の SendSchedule.xml は UECS の LAN に通信文を送信するための処理方法を記載する。SendSchedule.xml が更新されると、管理ソフトウェアは変更されたことを認識して、自動的に新しい設定内容に従って LAN に送信する。

た CCM を解釈することを管理ソフトウェアの開発目的の1つとした。この規約のデータ通信の CCM は図-1の形式である。UECS の開発当初から利用されてきた CCM に UECS の通信実用規約のバージョンおよび機器の IP アドレスの情報が付与されている。

開発にはプログラミング言語として JAVA TM SE Development Kit 6 (Oracle) を使用した。管理ソフトウェアは JAVA TM SE Runtime 6 (Oracle) をインストールした PC 上で、表-1 で示したソフトウェアライブラリを利用して動作するようにした。また、管理ソフトウェアはイーサネットの UDP 16520 番ポートを占有する仕様とした。そのため、同じ PC で、このポートを利用するソフトウェアを同時に利用できない。

管理ソフトウェアには 1) 通信文のログ機能、2) グラフ作成機能、3) 日報メール機能、4) 警報メール機能、5) 湿り空気に関する計算機能、6) 簡易コンソール機能を搭載した。

2 ユーザー設定ファイルに関して

ユーザー設定ファイルは、管理ソフトウェアと同じフォルダ内に world wide web consortium で勧告されたマークアップ言語である xml で記載される。管理ソフトウェアは情報の処理方法を記した test.xml と CCM を送信する方法を記した SendSchedule.xml という2つのユーザー設定ファイルに従って動作する。これらのファイルの記載例を図-2に示す。test.xml を用意しない場合には下記 4.a で示す、通信文記録機能のみが利用できる。

test.xml ファイルには ROOT タグを1つだけ記述し、<ROOT>と</ROOT>の間に記載された内容によって管理ソフトウェアは動作する(図-2(A))。ROOT タグ内には PRESET_CCM タグ、ALERT タグ、DAILYREPORT タグ、GRAPH タグをそれぞれ1つ、ABSHUMID タグ、VAPDEF タグ、ENTHALPY タグ、VENTILATION タグを複数個記述できる。

SendSchedule.xml ファイルには ROOT タグを1つ

だけ記述し、ROOT タグ内に SEND_ONE_TIME タグ、SEND_ROUTINE タグを複数個記述できる (図-2 (B))。これらのタグの記述方法に関しては後述する。

3 別名の登録に関して

test.xml ファイル内 ROOT タグ内の PRESET_CCM タグは受信した CCM に別名を登録するために使用する。ここで別名登録した CCM はグラフの作成、日報などの管理ソフトウェアの他の機能を利用するために使用する。

図-1 で示した CCM の DATA タグの type, room, region, order, priority の各属性値が、別名登録用の DATA タグ内の type 以下の属性値と一致した場合には、name 属性値で表した情報として認識することとした。例えば、

```
<DATA type="SoilTemp.mIC" room="1" region="1" order="1" priority="29" name="培地温"/>
```

と、記述があれば、図-1 で示した通信文は別名“培地温”で表される情報として、管理ソフトウェアで解釈され、その別名はその他の機能を利用する際に利用する。

なお、CCM の type 属性値はデータの種類が記載され、room, region, order の各属性値は0以上の整数値が記載される。環境制御機器はこれらの値がすべて一致した場合には自身と関係のある情報として解釈する。0の場合は該当する属性すべてに関連のある情報として解釈する。priority 属性値は0~30の値をとり、情報の優先順位を表す。

4 管理ソフトウェアの機能

a 通信文記録機能に関して

管理ソフトウェアを起動すると、起動したフォルダ直下に DATA という名前のフォルダ (DATA 保存フォルダ) が作成され、そのフォルダ内にコンマ区切りフォーマット (csv) のテキストファイルを作成する。管理ソフトウェアが受信した値のうち1分ごとの最新の値をテキストファイルに追記する。ファイル名は uecslog_YYYYmmDD_HHmms.csv で、ファイル名の中の YYYYmmDD_HHmms の部分は起動した時間を表す。例えば、2011年2月11日10時27分35秒に起動した場合には uecslog_20110211_102735.csv という名前のファイルにデータを保存する。

また、通信文の受信状況をリアルタイムに閲覧可能とするために、1分ごとの最新の情報を示した html 形式のファイル uecstable.html および xml 形式のファイル recivedata.xml を作成する。これらのファイルは DATA

保存フォルダに作成され、1分ごとに更新される。

b グラフ作成機能について

管理ソフトウェアは test.xml ファイル内の GRAPH タグ内に記述があった場合には、グラフを作成する。作成可能なグラフは2種類あり、1つは1分ごとの最新の受信値を24時間分、もう1つは毎日23時59分に1日の受信した最大値、平均値、最小値を30日分プロットするグラフが作成可能である。これらの描画条件はそれぞれ、GRAPH タグ内の GRAPH_MIN タグおよび GRAPH_DAILY タグで記載する。また、これらのタグは GRAPH タグ内に複数個記載できる。

図-2の GRAPH_MIN タグの title 属性値には作成するグラフのタイトルを、rangeleft, rangeright 属性値にはグラフの左右縦軸に示す文字列、width, height 属性値には作成するグラフのサイズ (横と縦のピクセル数) を記載する。GRAPH_MIN タグ内の DATA タグの axis 属性には left, right のいずれかを記述することで左、右軸どちらを基準に作図するかを設定し、タグの値は PRESET_CCM タグであらかじめ登録した別名を記載する。つまり、図-2の例であれば、CCM の type, room, region, order, priority の各属性値の値が InAirTemp, 1, 1, 0, 15 である通信文を受信したら温室内気温、WAirTemp, 0, 0, 0, 15 であれば屋外気温として左軸を基準とし、InAirHumid, 1, 1, 0, 15 であれば温室内湿度として右軸を基準とした時系列グラフが1分ごとに作成される。GRAPH_MIN タグ内の DATA タグは複数個記述できる。

図-2の GRAPH_DAILY タグは1日の最大、平均、最小値をプロットするための設定を記すが、タグの title, width, height 属性の値は、GRAPH_MIN タグのそれと同義であり、range タグは縦軸に表す文字列を示す。GRAPH_DAILY タグの値は PRESET_CCM タグで登録した CCM の別名を記述する。図-2の GRAPH_DAILY タグの例では温室内気温の最大、平均、最小値を示した時系列グラフが作成される。

グラフは DATA 保存フォルダに保存、更新される。

c 日報メール機能について

管理ソフトウェアは test.xml 内の DAILYREPORT タグの内容に従って、日報メールを23時59分に送信する。DAILYREPORT タグ内の REPORT タグの name 属性で示した文字列が別名登録されていれば、その値の1日の最大、平均、最小値と受信回数を電子メールにて

送信する。

図-2の例では、DAILYREPORT タグ内に REPORT タグが2つあり、それぞれ name 属性が温室 内気温と温室湿度であり PRESET_CCM タグ内で別 名登録されているため、これらの1日の最大、平均、最 小値を計算し電子メールにて送信する。また、電子メー ルには1日間の管理ソフトウェアの動作情報も同時に記 載される。

d 警報機能に関して

管理ソフトウェアは test.xml の ALERT タグ内の LEVEL タグの設定に従って、警報メールを送信する。 LEVEL タグ内の name 属性値に対応する別名登録がさ れている CCM があれば（警報対照 CCM とする）、モ ニターする。LEVEL タグ内の value 属性値には数値を 入力し、thread 属性には over もしくは under の文字 列を入力する。thread 属性値が over の場合は受信した CCM の値が value 属性値を上回った時、under の場合 は下回った時、警報状態であると判断する。警報状態が LEVEL タグ内の min 属性値で設定した分以上続いた 場合には警報状態であると判断し、警報メールを送信す る。例えば、図-2の場合には ALERT タグ内の name, thread, value, min 属性値がそれぞれ、温室 内気温, over, 35, 10 であるため、温室 内気温が 35℃以上の状 態が 10 分以上続くと警報メールを送信する。

e 湿り空気の計算に関して

管理ソフトウェアは test.xml ファイルの ROOT タグ 内の ABSHUMID, ENTHALPY, VAPDEF タグに記 載した内容に従って、絶対湿度、エンタルピ、飽差の計 算を1分ごとに行う。絶対湿度の場合 ABSHUMID タ グの temp, rh 属性に気温と相対湿度を示す別名を入力 する。ABSHUMID タグ内の DATA タグを利用して、 絶対湿度を示す CCM 及び別名を登録する。登録方法は CCM の別名を登録するのと同じである。ABSHUMID タグ内で別名登録した CCM は GRAPH, ALERT, DAILYREPORT タグの中で使用することができる。 図-2では ABSHUMID タグの使用例を示したが、 ENTHALPY タグ, VAPDEF タグも同様の書式で記載 すれば計算が自動的に行われる。

また、ROOT タグ内の VENTILATION タグに記述 した内容に従って、温室内外の熱収支から温室の換気率 と蒸発散速度を計算する。VENTILATION タグ内には CONST, RECVALUE, VENTI, EVAPO タグをそれ

ぞれ1つずつ記載する。CONST タグ内の属性値として lightThrRate, lightRefRate, thermoThrRate, ratioFilmToFloor があり、それぞれ、被覆日射透過率、 床日射反射率、被覆資材熱貫流率、被覆面積/床面積の 値を記載する。各属性値の意味は、既報（安場ら、 2009）に記載した内容と同じとした。RECVALUE タ グには inAirTemp, inAirhumid, wAirTemp, wAir Humid, wRadiation 属性値があり、それぞれ、温室 内気温、温室 内相対湿度、屋外気温、屋外相対湿度、屋外 日射を表す CCM の別名を記載する。これらの設定から、 1分おきに既報（安場ら、2009）と同様の方法で、換 気率と蒸発散速度の計算を行った。ただし、床面への熱 フラックスとカーテン開度の温室 内日射量への反映は省 略した。

計算した換気率と蒸発散速度はそれぞれ VENTI, EVAPO タグ内の DATA タグによって別名登録し、登 録方法は CCM の別名を登録するのと同じである。

f 簡易コンソール機能について

SendSchedule.xml ファイルの ROOT タグ内に記載 した内容に従って、CCM を LAN 内に送信する。 ROOT タグ内には SEND_ONE_TIME タグと SEND_ROUTINE タグをそれぞれ複数個記述できる。

SEND_ONE_TIME タグを利用すると、送信する日 時を指定して CCM を送信できる。タグ内の year, month, day, hour, minute 属性に年、月、日、時、 分を入力するとその時間に CCM が送信される。送信さ れる CCM は SEND_ONE_TIME タグ内の DATA タグ の内容となる。DATA タグの属性値の書式は test.xml の PRESET_CCM タグ内の DATA タグの書式と同じ である。それに加えて、通信したい送信文の値を DATA タグの値として記述する。

SEND_ROUTINE タグに記載された内容に従って毎 日定時に通信文を送信する。タグ内の hour, minute 属性に送信時刻を記述する。DATA タグの書式も SEND_ONE_TIME タグのそれと同じである。

例えば、図-2の例では 2011 年 3 月 10 日 18 時 0 分 に2つ、毎日 19 時 0 分に1つの通信文が管理ソフトウェ アから送信される。19時に送信される通信文の例を示 すと、動作している PC の IP アドレスが 192.168.1.11 の場合には、

```
<?xml version=1.0?>
<UECS ver="1.00-E 10">
<DATA type="HPHeatTemp.aHP" room="0" region=
```



図-3 管理ソフトウェア起動時の様子

ソフトウェア起動すると5つのタブ画面を持つ起動画面が現れる。コンソール画面ではソフトウェアの動作状況を表示。メール送信設定、FTP設定、PostgreSQL設定画面はそれぞれ、外部へのデータ送信に利用するアカウントなどの設定を行う。標準出力は、デバッグ用の画面であり、管理ソフトウェアで解析できない異常が発生した時に原因を解析するために利用する。

```
"0" order="0" priority="29">18</DATA>
<IP>192.168.1.11</IP>
</UECS>
となる。
```

g 外部へのデータ転送について

管理ソフトウェアの利用により、インターネットを通じて外部にデータ転送が可能である。先に示した日報と警報の電子メールを送信する機能はその1つである。

また、ファイルトランスファプロトコル (FTP) を利用して外部にデータ転送可能である。DATA保存フォルダ内の任意のファイルを10分おきに、外部で運用されているFTPサーバーに接続して転送することができる。

データベース接続機能は、リレーショナルデータベースの1つであるPostgreSQL (The PostgreSQL Global Development Group) にデータを保存する機能である。インターネット上で運用されているPostgreSQLに1分ごとに最新の受信値を転送する。

h その他の機能について

管理ソフトウェアを立ち上げると、コンソール、メール送信設定、FTP設定、PostgreSQL設定、標準出力 (デバッグ用) の5つのウィンドウを持つ画面が現れる。

コンソール画面はPRESET_CCMで登録されていない通信文を受信した場合や、SendSchedule.xmlで記載

された内容に従ってCCM送信した場合などにその内容が表示される。また、日付変更時に画面がクリアされ、uecslog.txtファイルにその内容が追記される。管理ソフトウェアは、UECSの各機器に対して時間を送信する機能を有しており、ログ表示用画面の、“時間をLANに送信”というボタンをチェックすると、1秒ごとに現在時を、1分ごとに日付を示す通信文を送信する。

メール設定、FTP設定、PostgreSQL設定画面はそれぞれ、外部へのデータ送信に利用するアカウントなどの設定を行う。

標準出力 (デバッグ用) 画面は管理ソフトウェアで解析できない、何らかの異常が発生したときの原因解明に利用する。

V 結果および考察

a 管理ソフトウェアの動作状況

開発した管理ソフトウェアは愛知県武豊町にある野菜茶業研究所内のUECS導入温室2カ所で動作させた。Windows XP (日本マイクロソフト) を導入したPCで動作させ、少なくとも1ヶ月以上安定的に動作することを確認した。

b 収集データの表示機能について

図-4に管理ソフトウェアが作成したhtmlファイル

(A)

CCM受信状況
受信日時: 2011/03/16 10:27:00

CCM名	値	type/属性	room/region/order/priority/属性	アドレス(このコトはCCMからの情報)	UECSバージョン
温室北気温	19	InAirTemp	1/2/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室北湿度	87	InAirHumid	1/2/0/10	/192.168.1.50/none!	
COP(ダイキンHP)	30	COP.mHP	8/0/0/30	/192.168.1.100/192.168.1.100!	100-E10
温室南気温	18.3	InAirTemp	1/1/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室南湿度	99	InAirHumid	1/1/0/10	/192.168.1.50/none!	
屋外気温	7.5	WAirTemp	1/0/0/10	/192.168.1.50/none!	
屋外湿度	54	WAirHumid	1/0/0/10	/192.168.1.50/none!	
温室内CO2(SenseAir)	1013	InCO2Dens	1/0/0/29	/192.168.1.20/none!	
温室北CO2	1580	InCO2Dens	1/2/0/29	/192.168.1.20/none!	
温室南CO2	1755	InCO2Dens	1/1/0/29	/192.168.1.20/none!	
屋外CO2	400	WCO2Dens	1/0/0/29	/192.168.1.20/none!	
屋内WGBT	20.8	InWGBT.mWG	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
屋外WGBT	20.4	OutWGBT.mWG	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
日射・日射量	18.7	InWetTemp.mWG	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
日球温度	17.7	WetTemp.mWG	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	
凍球温度	23.4	GlobalTemp.mWG	1/1/10/10	/192.168.1.20/none!	

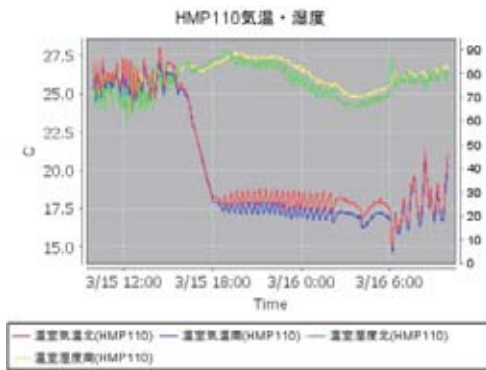
(B)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<UECS>
- <DATASERIES year="2011" month="3" day="16" hour="10" minute="29">
<DATA name="温室北気温" type="InAirTemp" room="1" region="2" order="0" priority="10">19.4</DATA>
<DATA name="温室北湿度" type="InAirHumid" room="1" region="2" order="0" priority="10">81</DATA>
<DATA name="COP(ダイキンHP)" type="COP.mHP" room="8" region="0" order="0" priority="30">30</DATA>
<DATA name="温室南気温" type="InAirTemp" room="1" region="1" order="0" priority="10">18.7</DATA>
<DATA name="温室南湿度" type="InAirHumid" room="1" region="1" order="0" priority="10">99</DATA>
<DATA name="屋外気温" type="WAirTemp" room="1" region="0" order="0" priority="10">7.5</DATA>
<DATA name="屋外湿度" type="WAirHumid" room="1" region="0" order="0" priority="10">54</DATA>
<DATA name="温室内CO2(SenseAir)" type="InCO2Dens" room="1" region="0" order="0" priority="29">1003</DATA>
<DATA name="温室北CO2" type="InCO2Dens" room="1" region="2" order="0" priority="29">1580</DATA>
<DATA name="温室南CO2" type="InCO2Dens" room="1" region="1" order="0" priority="29">1755</DATA>
<DATA name="屋外CO2" type="WCO2Dens" room="1" region="0" order="0" priority="29">400</DATA>
<DATA name="屋内WGBT" type="InWGBT.mWG" room="1" region="1" order="0" priority="10">20.8</DATA>
<DATA name="屋外WGBT" type="OutWGBT.mWG" room="1" region="1" order="0" priority="10">20.4</DATA>
<DATA name="日射・日射量" type="InWetTemp.mWG" room="1" region="1" order="0" priority="10">18.7</DATA>
<DATA name="日球温度" type="WetTemp.mWG" room="1" region="0" order="0" priority="10">17.7</DATA>
<DATA name="凍球温度" type="GlobalTemp.mWG" room="1" region="0" order="0" priority="10">23.4</DATA>
</DATASERIES>
</UECS>
```

図-4 管理ソフトウェアが1分ごとに作成する最新の受信情報を示したファイル

(A) html ファイル (B) xml ファイル. いずれもブラウザで表示した. いずれも下部の表示は省略している.

(A)



(B)

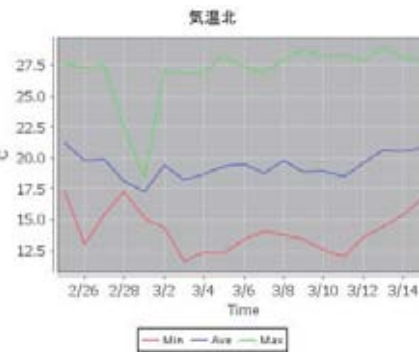


図-5 管理ソフトウェアが作成したグラフ

(A) 1分ごとの値をプロットしたグラフ (B) 1日の最大値, 平均値, 最小値をプロットするグラフ. jpeg 形式の画像ファイルとして作成された.

と xml ファイルをブラウザで表示した例を示す. 1分ごとにこれらのファイルが更新され, 最新の受信状況が把握可能であった. 管理ソフトウェアが作成したグラフを図-5に示した. 管理ソフトウェアを導入した PC に Web サーバソフトウェアの1つである Apache HTTP Server (Apache Software Foundation) をインストールし, DATA 保存フォルダのファイルを閲覧可能となるように設定を行うことで, 同一 LAN 内の他の PC から作成したグラフや html ファイルを閲覧する

ことが可能であった.

c データ収集機能に関して

管理ソフトウェアが作成した csv ファイルを表計算ソフトの Excel (Microsoft) で表示した例を図-6に示す. データ保存の標準的な形式である csv フォーマットで1分ごとのデータを保存できるため, 表計算ソフトウェアなどを利用してデータ解析が簡単に実施可能である. 管理ソフトウェアは UECS の通信文をデータログのよ

Time	Date	InAirTemp	InAirHumid	InAirTemp	InAirHumid	WAirTemp	WAirHumid	InCO2	DensCO2	DensCO2	DensCO2	DensCO2	WBGTT	WBGTT	WBGTT	WBGTT
2011/3/15 14:18	141755	26.4	76	25.8	100	17.9	45	368	506	565	346	281	27.7	26.4		
2011/3/15 14:19	141955	26.6	74	25.9	106	17.9	46	369	502	564	355	281	27.8	26.4		
2011/3/15 14:20	141955	26.6	78	25.8	97	17.9	45	363	502	565	352	283	27.9	26.6		
2011/3/15 14:21	142055	26.7	79	26.2	102	18.1	45	363	497	560	338	285	28.1	26.8		
2011/3/15 14:22	142155	26.9	92	26.2	88	18.1	46	362	493	558	355	287	28.3	27.1		
2011/3/15 14:23	142255	27.1	80	26.3	88	17.9	45	368	490	555	348	289	28.5	27.1		
2011/3/15 14:24	142355	27.1	82	26.4	98	17.9	45	361	489	555	350	291	28.7	27.3		
2011/3/15 14:25	142455	27.1	71	25.7	90	17.9	45	361	485	548	348	29	28.5	27.1		
2011/3/15 14:26	142555	26.9	81	25.6	79	17.9	46	361	487	571	358	288	28.2	26.7		
2011/3/15 14:27	142655	26.7	75	25.7	81	17.9	45	361	486	574	348	286	28.1	26.5		
2011/3/15 14:28	142755	26.7	77	25.8	82	17.9	45	362	507	573	345	284	27.9	26.2		
2011/3/15 14:29	142855	26.8	80	25.9	83	18.1	46	363	511	570	348	283	27.7	26.1		
2011/3/15 14:30	142955	26.4	78	25.7	90	18.3	46	366	516	574	343	281	27.6	25.8		
2011/3/15 14:31	143055	26.2	69	25.3	89	18.3	44	366	517	578	343	278	27.2	25.9		
2011/3/15 14:32	143155	26	82	25.3	80	18.2	44	369	524	584	349	277	27	25.2		
2011/3/15 14:33	143255	26	70	25.3	85	18.1	45	371	524	586	346	275	27	25.1		
2011/3/15 14:34	143355	25.8	72	25.3	86	18.1	45	371	525	586	345	276	27	25.2		
2011/3/15 14:35	143455	25.9	72	25.2	83	18.2	45	371	526	586	350	276	27	25.2		
2011/3/15 14:36	143555	25.9	69	25.3	85	18.2	45	374	527	588	349	274	26.9	25.1		
2011/3/15 14:37	143655	25.5	70	24.6	83	18.2	44	374	533	587	346	27	26.4	24.6		
2011/3/15 14:38	143755	25	61	24.3	75	18.1	44	376	543	605	348	26.7	26	24.2		
2011/3/15 14:39	143855	24.8	69	24.2	78	18.1	45	379	546	609	342	26.2	25.8	23.7		
2011/3/15 14:40	143955	24.7	68	24.1	81	18.1	45	384	546	609	346	26.1	25.6	23.7		
2011/3/15 14:41	144055	24.7	69	24	81	18.3	45	387	547	608	350	26.1	25.5	23.7		
2011/3/15 14:42	144155	24.7	82	24.2	87	18.3	45	390	546	608	352	26.2	25.7	24		

図-6 管理ソフトウェアが作成した1分ごとの最新の値を記録したファイル
表計算ソフトで表示した。test.xml ファイル中の PRESET_CCM で登録が行われている
CCM に関しては1行目に別名が表示されるが、登録が無いものは1行目が空欄となる。

うに収集している。一般的なデータログのような入力点数の制限が事実上無く、UECS 機器を LAN に接続するだけで、管理ソフトウェアの利用により様々な情報を簡単に入手可能となると考えられた。

また、データベースである PostgreSQL をインストールした PC を設置すると、管理ソフトウェアを利用して UECS のデータ保存が可能であった。インターネット上に設置された PostgreSQL と管理ソフトウェアを利用することで、複数の UECS 導入温室で収集したデータを一つのデータベースで保存が可能となり、温室間のデータ比較が簡単になると考えられる。また、気温や湿度などの環境条件が厳しい温室内で PC を運用すると故障の危険が高くなる。外部のデータベースで運用可能になると、比較的 safely データ保存が可能になると考えられる。また、管理ソフトウェアを動作させる PC の能力には制限があり、作成するグラフのデザイン性などは限界がある。しかし、インターネット上のデータベースに保存し、より能力の高いコンピュータからデータを利用することで、視覚的にもすぐれたグラフの作成も可能となろう。その他、日報、警報メールサービスなども、洗練されたものが開発可能となるであろう。今後、データベースを利用する温室の管理に有益なソフトウェアが開発されれば、今回開発した管理ソフトウェアは低能力のコンピュータを用いてデータの転送のみを実施すればよく、インターネット上から高度なサービスを受けることが可能になると考えられた。

d 湿り空気に関する計算機能に関して

空気の飽差、絶対湿度、エンタルピは、設定ファイルに計算元となる気温と相対湿度を記述することで、html ファイルやグラフなどを利用して情報を閲覧可能であることを確認した。例えば、飽差は温室内の乾燥程度を空気に含まれる水蒸気圧の観点から示したもので、値が大きいと乾燥状態となり、作物管理上有益な情報である。飽差の日変化のグラフを確認した結果、飽差が大きい温室では、加湿処理を行うことで、作物が受ける水ストレスを軽減したりすることが可能となろう。

換気率や蒸発散速度も飽差などと同様の取り扱いが可能となる。計算が煩雑である換気率と蒸発散速度を計算するノードが開発されているが(安場ら,2009)、温室で PC を利用できる環境であれば、管理ソフトウェアの利用により、同様の計算を行うことが可能である。計算された換気率は、一定期間のデータを見て温室の隙間換気率を推定したり、換気率の大きい時には CO₂ 施用を控えたりする利用方法が考えられる。

e 電子メールを利用した機能に関して

日報メールを受信した内容を図-7に示す。設定ファイルに日報メール送信に関する設定を行えば、毎日温室内の状況を確認可能で、UECS 導入温室での日常管理を行う上で有用であると考えられた。例えば、トマトのロックワール栽培で灌水を行う場合には、廃液の量は灌水量を決める重要な情報となる。図-7の日報の情報から確認可能なことは、廃液(系統1)をカウントするノードからの受信がなく、廃液が1日無かった状態である。


```

UECSコンソールからのSYSLOG送信サービスです。
*** UECS日報サービス ***
培地含水率：最大(87)，最小(84)，平均(85.879)，1分ごと受信回数(1440回)。
天空東開度：最大(20)，最小(0)，平均(0.308)，1分ごと受信回数(1440回)。
天空西開度：最大(20)，最小(0)，平均(0.304)，1分ごと受信回数(1440回)。
腐液(系統1)：受信数は本日0でした。
腐液(系統2)：最大(29)，最小(0)，平均(14.929)，1分ごと受信回数(14回)。
腐液(系統3)：最大(25)，最小(0)，平均(13.286)，1分ごと受信回数(14回)。
腐液(系統4)：最大(510)，最小(0)，平均(271.6)，1分ごと受信回数(5回)。
温室内CO2(SenseAir)：最大(1080)，最小(337)，平均(698.338)，1分ごと受信回数(1440回)。
温室気温北(HMP110)：最大(26.9)，最小(14.1)，平均(18.761)，1分ごと受信回数(1440回)。
温室気温南(HMP110)：最大(26.4)，最小(14.3)，平均(18.29)，1分ごと受信回数(1440回)。
量水機東1(系統1)：最大(95)，最小(0)，平均(48.333)，1分ごと受信回数(45回)。
量水機東3(系統2)：最大(101)，最小(0)，平均(49.44)，1分ごと受信回数(50回)。
量水機東4(系統3)：最大(97)，最小(0)，平均(48.886)，1分ごと受信回数(44回)。
量水機東6(系統4)：最大(89)，最小(0)，平均(44.083)，1分ごと受信回数(48回)。
*** 日報サービスここまで ***
*** 以下、本日のシステムログです ***
2011/03/07 00:00:00 syslog.txtを更新しました。
2011/03/07 00:00:00 データ送信：<DATA type="ResetPulse" room="0" region="0" order="0"
priority="29">0.0</DATA>
2011/03/07 00:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 00:50:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 02:10:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 03:00:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 03:20:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 04:30:14 FTPエラーが発生しました(2)
2011/03/07 05:10:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 05:30:12 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 13:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 13:50:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 14:20:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 14:40:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 15:30:11 FTPエラーが発生しました(102)
2011/03/07 17:00:11 FTPエラーが発生しました(102)

```

図-7 管理ソフトウェアが送信した日報に関する電子メールの内容

毎日、test.xmlで指定した内容に従って、受信した通信文の最大値、最小値、平均値、受信回数を示したメール送信される。ソフトウェアが把握しているエラー情報や、ソフトウェアから発信される通信文の情報も同様に送信される。

このような情報から、灌水量を増やすといった判断が可能となる。UECSの通信実用規約にあった情報であれば、管理ソフトウェアで日報として送信可能である。拡張性の高いUECSと管理ソフトウェアを組み合わせることで、ユーザーが栽培管理上知りたい情報を自由にカスタマイズして、日報メール機能を利用して収集可能になると考えられる。同様のことは警報メール機能にもあてはまる。

f まとめ

通信実用規約 1.00-E 10 制定以前に利用されていた通信ルールは、通信文の定義に曖昧な部分があり、実際にUECSを運用する上でいくつかの問題があった。そのような不具合を解消するために通信実用規約が制定されたため、今後のこの規約の利用拡大が期待されている。新しい規約に速やかに移行させるためには、新しい規約に対応したソフトウェアが必要であり、開発した管理ソフトウェアは、不具合の少ない通信実用規約に移行するために有用であると考えられた。

管理ソフトウェアは最新の通信実用規約に対応しているだけでなく、湿り空気の計算機能、データベース保存

機能、日報機能などが搭載されており、UECS導入温室やUECS導入の植物工場でのデータ収集や温室内環境の管理に有効活用されることが期待される。

V 摘要

自律分散型の環境制御システムである、ユビキタス環境制御システム(UECS)の通信実用規約 1.00-E 10 に対応した管理ソフトウェアの開発を行った。開発した管理ソフトウェアはUECS対応機器から送信された情報を解析して1分ごとにデータをcsvフォーマットで保存可能である。湿り空気に関する計算を、受信した情報を元を実施し、データを保存できる。管理ソフトウェアは1分ごとに最新の受信情報を示したhtmlおよびxml形式のテキストファイルを作成する。また、1分ごとの受信情報や、1日の最高、平均、最低値を示したグラフを作成する。これらの情報をFTPによってアップロードすることが可能である。また、データベース接続機能を搭載した。電子メールを利用した、日報や警報情報の送信機能も搭載している。また、スケジュールを示した設定ファイルに従って、UECS機器に通信文を送信す

ることが可能である。開発した管理ソフトウェアは、UECS 導入温室でデータ収集や環境制御をするのに有用であると考えられた。

引用文献

- 1) 林泰正・星岳彦・高市益行・山口浩明・相原祐輔 (2004) : 施設におけるユビキタス環境制御システムの提案. 農及園. 70, 845-853.
- 2) Hoshi, T., Y. Hayashi and H. Uchino. (2004) : Development of a decentralized, autonomous greenhouse environmental controlling system in a ubiquitous computing and internet environment. *Proc. Of 2004 AFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture*. 490-495.
- 3) 黒崎秀仁・林泰正・星岳彦・高市益行 (2006) : ユビキタス環境制御システムに対応した温室監視ソフトウェア. 農業環境工学関連学会 2006 年合同大会発表要旨. 30.
- 4) 安場健一郎・黒崎秀仁・高市益行・大森弘美・川嶋浩樹・星岳彦 (2009) : 自律分散型環境制御システムを利用した細霧冷房支援のための温室換気率および蒸発散速度計算ノードの開発. 植物環境工学. 21, 162-168.
- 5) 安場健一郎 (2010 a) : 水の潜熱を利用した根圏および地上部冷却による施設生産における作物生育環境の改善に関する研究. 野菜茶研研報. 9, 211-270.
- 6) 安場健一郎・黒崎秀仁・高市益行・大森弘美・川嶋浩樹・星岳彦 (2010 b) : エンタルピ調節と細霧の噴霧を利用した温室内気温および湿度の同時制御システムの開発. 植物環境工学. 22, 29-35.
- 7) 安場健一郎・鈴木克己・佐々木英和・東出忠桐・高市益行 (2011) : トマト長期多段栽培における多収のための統合環境制御下での温室環境と収量の推移. 野菜茶研研報. 10, 85-92.

Development of Management Software for Protected Horticulture Based on the Practical Protocol of the Ubiquitous Environment Control System

Ken-ichiro Yasuba, Hidehito Kurosaki,
Masuyuki Takaichi and Katsumi Suzuki

Summary

We developed management software corresponding to practical protocol version 1.00-E 10 of the Ubiquitous Environment Control System (UECS), which is a kind of decentralized autonomous system. The software can be used to analyze the information sent from UECS nodes and saves the latest information as CSV-format files. Useful parameters for moist air are calculated from the information received and saved as files. The software also produces html- and xml-format files that record the latest information every minute. It makes trend graphs that show each of the values received every minute and the maximum, average, and minimum values for each day. These files and graphs can be uploaded by the software to an FTP server via the Internet. Daily reports and alert information can be distributed by e-mail. The software also transmits correspondence in accordance with the transmission schedule described in the configuration file. The new software is useful for data collection and environment control in greenhouses in which UECS has been installed.