

農業の6次産業化・スマート化を担うAI技術者育成プログラムの開発・実施

農業 IT テキスト教材

清風情報工科学院

農業IoTオーバービュー

【アグリビジネスオーバービュー追加編】

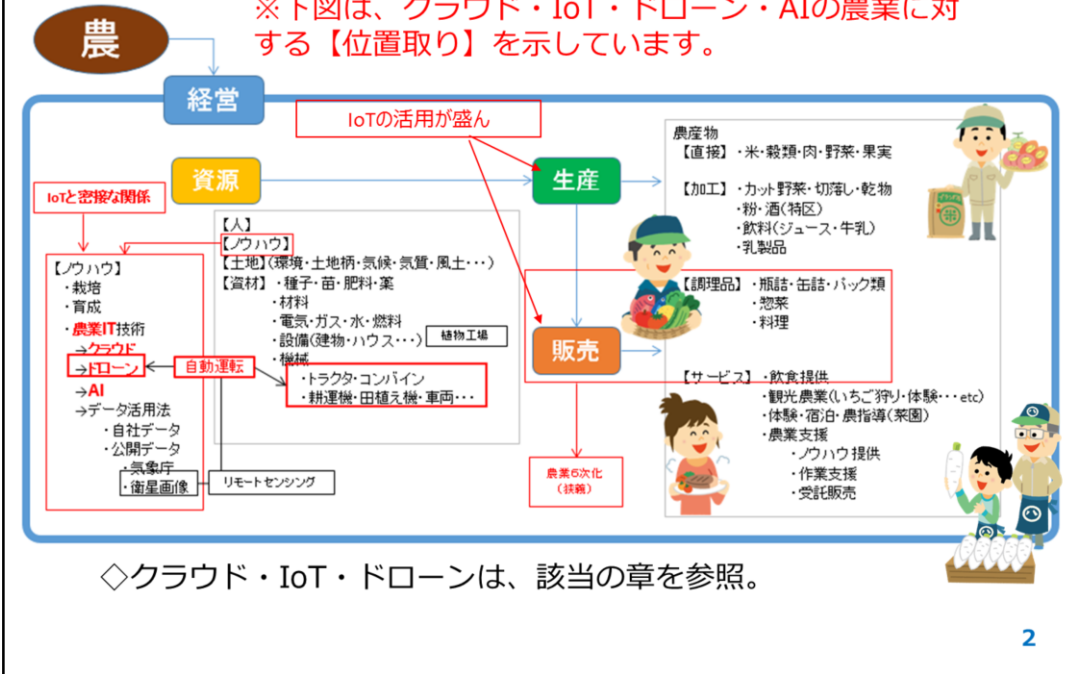
目次

1. 全体像
2. クラウド
3. IoT
4. ドローン

1. 全体像

◇農を志す個人や共同体が経営する中身が、農業の対象物です。

※下図は、クラウド・IoT・ドローン・AIの農業に対する【位置取り】を示しています。



1. 全体像

農業に深く関係し、既に利用されていたり、今後さらに利用が広がるIT系の技術について説明するまえに、それらと農業との位置関係を把握するために、図を描きました。少しの間、それぞれの項目と農業との位置関係について、考えてみます。

農業に【生業：なりわい】として取り組む場合、必ず【経営】が必要です。そして、経営するには【資源】が必要で、その資源を活用して【生産】を行います。

生産の結果、収穫したものは流通を通じて(または直接)販売されます。

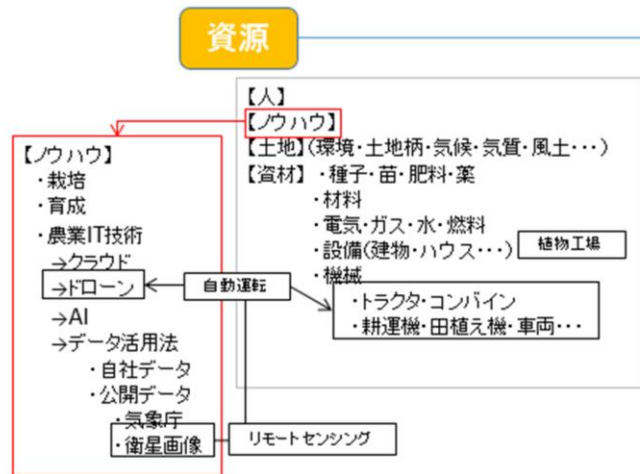
キーワードとして図に表れている【クラウド】は、IoTと密接な関係があり、IoTの進展があるからこそ現在の【クラウド】があると言って良いでしょう。【クラウド】は、【農】を構成している経営・資源・生産・販売の全ての部分で利用されるようになっており、図の全体の背景にクラウドが存在すると考えて良いでしょう。また【IoT】は、農業生産活動の中で、施設の管理や資源の活用に応用されているだけでなく、販売時のPOSなどのシステムも、IoT技術が用いられています。モノが先に開発されて、後から法律が出来るような経過を経ている【ドローン】は、農業においても生産現場での活用意欲が大きく、これもIoT技術の進展により、現在の姿があるわけです。この数年で急激にその力を現してきた【AI】は、まだまだ細かな点で至らない所があるにせよ、人に変わって【概ね間違いの無い判断】をしてくれる点では、農業生産だけでなく販売や仕入れなどにも、今後大きく寄与することは間違いありません。

※クラウドは、後の章 2.クラウド を ドローンは 4.ドローン を参照してください。

1. 全体像

1. 1 資源

◇農業に関わる資源は、人・ノウハウ・土地・資材などです。



◇資材には、種子・苗・材料・電気・ガス・水・設備があり
機械は、自動運転機能を持つトラクタが、TVの効果で広く
知られることとなった。

3

1. 1 資源

◇農業に関わる資源

1. 【人】

人は生産活動を行う人材だけではなく、一般企業と同様に、事務作業や経理、営業、仕入、広報(広告・宣伝)、人事等々、沢山の役割があります。昔ながらの個人経営農家は、これらをすべて家族で分担して行ってきたのですから、大変な仕事量をこなしていたこととなります。

2. 【ノウハウ】は、次項で説明します。

3. 【土地】

土地は、田畑や、ハウスなどです。農業ITに関係することでは、位置情報が大切です。最近の農作業記録簿のシステムでは、圃場の位置(緯度・経度)形状などを登録できて、そのうちどの部分を利用しているか、土壌性状の分布などをマップに重ね、さらに衛星画像と連動しているものもあります。GPS機能の向上で、トラクターなどはCM単位の精度で作業できるようになっているので、今後は、土地利用効率を以下に向上するか、また土地に無理が出ない様に、精度良い管理をどのように行うかが大切になります。巧く行けば、これもノウハウとして他事業に提供できる可能性があります。

4. 【資材】

資材というと、材料(ビニールシート・鉄筋・アングル・袋・商品パッケージ・ラベル...)などが思いつきやすいのですが、ここでは、種子や苗・肥料

・薬剤も資材となります。種子・苗は生産の材料ですが、肥料・薬剤は、適正使用が義務付けられていて、出荷後の残留農薬検出などが起こらないように、農作業記録簿システムへの入力が行われなければなりません。肥料は、やりすぎも品質が低下する元になり、原価が上がり利益が減少してしまうだけでなく、土壌に残る栄養成分で、次の作への影響も懸念されます。他の材料については、使い捨てになるものと、再利用可能なものとの区別を行い、無駄のない管理を行います。

資材の内、機械はIoT技術とGPS技術の向上により、自動運転システムが搭載されたものが、既に販売されています。現在の位置精度は2～3cmとされています。ドローンもGPS機能搭載とIoT技術でジャイロセンサーなどを活用したフライトコントロールシステムが使われているので、使い易くなっています。自動離着陸や指定航路飛行やワンクリックリターン機能などで、安全なものが利用できるようになっていますが、200g以上のものは、法律の規制がありますので、十分な事前確認と準備が必要です。

設備の中に記載の【植物工場】は、栽培植物の為の完全な環境制御が組み込まれているので、IoT技術の塊とも言えます。

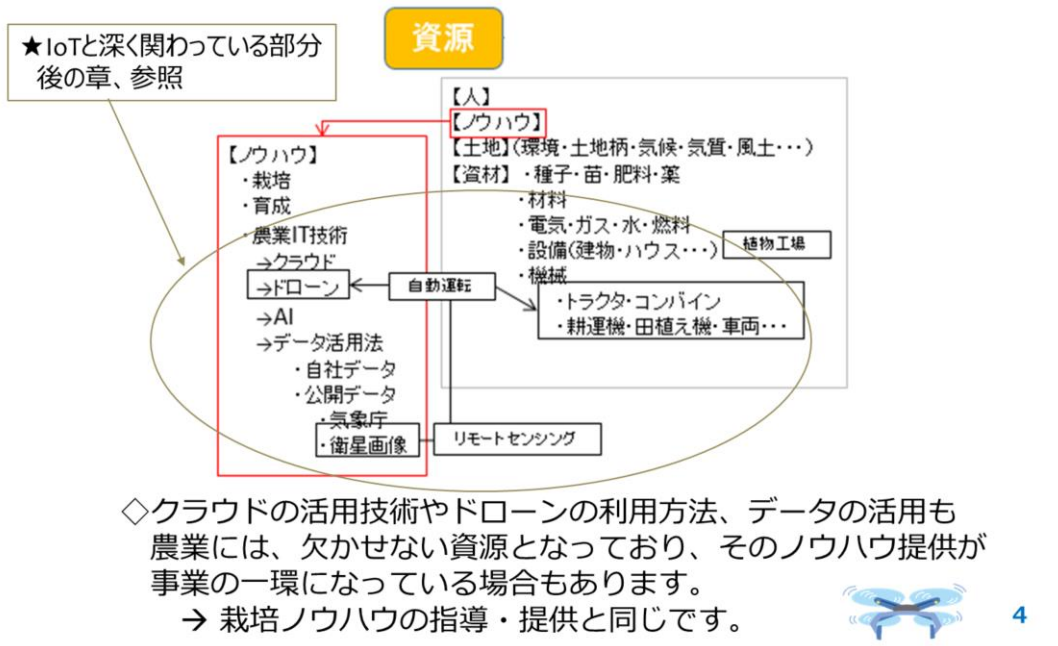
その他、灌水バルブや、電照(照明)、温度管理ユニットなどにも、マイコンが内蔵されて、これらもIoTの塊です。

現在既に農業は、IoT無しでは行えない生業なのです。

1. 全体像

1.1 資源

◇農業IT技術の使い方もまたノウハウで、資源の1つです。



2. 【ノウハウ】

生産のコツ(例えば、施肥のタイミング、夏場の水やりの量や時刻、収穫時期の判断や、収穫後の後始末と、次の策への準備...etc)など、数えるときりがなく、用語の統一も最近まで行われていなかったのも、文章での伝承も難しかったのですが、それらをコンピュータのデータとして標準用語で記録して、誰でも生産できるノウハウをもとにしたアドバイスを、AIに担わせようとする動きが進んでいます。マイコンによる画像認識やAI処理のアルゴリズムも試用例が出てきています。

IT技術を持った(IT企業で仕事をしてきた)担い手(跡継ぎ)の方が、実家に戻り、その技術を生かして独自の選別を行ったりしている事例もあります。現代の農業IT技術は、PC・マイコン・センサー・通信・DBなどのいわゆるIT技術がすべて利用できるのも、情報系と制御系の技術訓練を行うと、具体的な内容がよりよく理解できます。ここでは、詳細な解説は行いませんが、マイコン・センサー・通信など、いわゆるマイコン制御技術者は、農業分野でも、ますます需要が高まるでしょう。

PCの性能向上が著しいのは、皆さんもご存知の事でしょう。そこには、PC中枢にあるCPU＝マイコンの性能向上が著しいからです。これまでは、PCでしか実現できなかったインターネットへの接続や、長距離無線通信などが、マイコン単独でできるようになってきました。また、クラウド上のコンピュータに情報を送って処理を行う場合、データ量や環境によっては、長時間かかることがあります。それは、フィールド側で、データを処理する能力が低かったために、取得したデータをすべてクラウドに送ってしまうしかなかったからです。これからは、クラウド側コンピュータも同様に、性能向上しているマイコンの恩

恵を受けて、フィールドで取得したデータをフィールドで吟味する。あるいは、フィールドとクラウド間に1クッション置いて、そこでデータの吟味や前処理を行うことが可能になるのです。クラウドの前、フィールドの淵で処理を行うでこれらを、エッジコンピューティングと呼びます。

【クラウド】という記述は、【ノウハウ】に含めましたが、生産に深く関わる生産履歴や、販売管理でも利用されていますので、利用範囲は全般となりますが、生産系の部分で特に、環境制御などに関わる場所では、ある程度の高速応答を求められるので、クラウドではなく、IoTデバイスでの処理か、または1段上位のエッジコンピューティングで処理します。

図で、【ノウハウ】と【資材】の一部は、IoTと深い関わりがあり、IoT技術を活用することが、これからの農業には必須です。

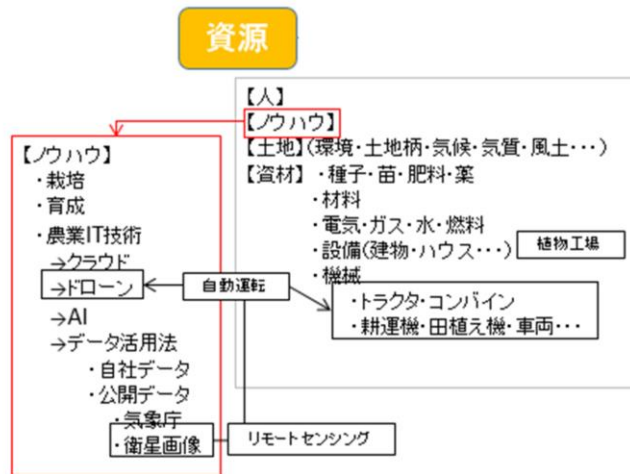
※図の○で囲んだ部分は、IoTと深く関わっていて、農業に関わるこれらの部分を総称して【農業IoT】と呼んでいます。

個別の詳細については、後の章 3.IoT を参照して下さい。

1. 全体像

1.1 資源

◇IT技術を持つ後継農家がキウリのAI選別実証を行っている。



◇公開データとして、気象庁データベースが自由に利用できる。
利用方法を具体例で示している。

5

◇データ活用法にある、公開データ例として、アメリカのランドサット衛星画像データと気象庁が公開している気象データがあります。

◇ランドサットの画像データは、USGS(アメリカ地質調査所: United States Geological Survey)のWEBページから誰でも入手できます。USGSのWEBページでは、衛星の撮影スケジュールがカレンダーで示されていて、地球上のどの地域を何時撮影するか(または撮影されたか)が分かります。
必要な、画像データは、入手した後、専用のソフトウェアで処理することで、植生や地温、土地の利用状態などが分かる画像を合成できます。
ソフトウェアはQGISやGRASS GIS、ArcGISなど、公開されているものが利用できます。

◇気象データは、気象庁が記録・整備しているデータベースを利用することで、過去のデータを地域を指定して入手できます。

気象庁のデータについては、次項で説明します。

1. 全体像

1. 1 資源

◇気象庁では、気象データをどのように利用して農業に活かすか、事例を交えて具体的に解説しています。

The screenshot shows the homepage of the Agricultural Meteorology Portal Site. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Disaster Information, Various Data/Information, Knowledge/Explanation, Information about the Agency, and Inquiries/Requests. A search bar is also present. Below the navigation bar, there is a section titled '農業気象' (Agricultural Meteorology) with a brief introduction. A link for 'はじめに' (Getting Started) is provided, along with a PDF manual for site usage. A grid of weather data categories is displayed, including Low Temperature (低温), High Temperature (高温),日照 (Sunlight), Rain (降雨), Snow (降雪), and Hail (ひょう). The text '農業気象ポータルサイト' (Agricultural Meteorology Portal Site) is visible on the right side of the grid.

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/nougyou/nougyou.html>

6

◇農業気象ポータルサイトでは、その利用方法を事例で丁寧に解説しており、データ処理初心者でも、容易に必要なデータの取得と、利用が出来るようになっています。PDFのマニュアル解説書もあり、誰でも地域と期間を指定して、気象データを取得できます。取得したデータは、Excelなどのソフトウェアでも容易に利用できます。

1. 1 資源

◇農研機構と連携して、気象変動による農作物への被害軽減対応成果などが示されています。

農研機構との共同研究（農業分野）：

気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究

農業分野における気候予測情報を用いた気候リスク管理の様々な成功事例の創出を目的として、気象庁は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）と平成23年度から平成27年度にかけて共同研究を行いました。本研究により、水稲の冷害・高温障害の軽減に向けた2週間先の農作物警戒情報の有用性や赤かび病対策で重要な小麦の開花期予測の改善などの成果が示されました。

ここでは、その概要について説明します。詳細については、共同研究報告書をご覧ください。

▶ [農研機構との共同研究報告書について](#)

共同研究報告書の概要

共同研究では、以下の農研機構の農業研究センターが参加しました。

- ・ 北海道農業研究センター
- ・ 東北農業研究センター
- ・ 中央農業総合研究センター
- ・ 近畿中国四国農業研究センター
- ・ 九州沖縄農業研究センター

※名称は2016年3月現在

ここでは、各農業研究センターとの取り組みの概要を紹介します。

北海道農業研究センター

収穫もれしたジャガイモ（野良イモ）が越冬して発芽し雑草化する、ジャガイモの作付け後に育てる作物の生育を阻害し、また、混雑や各種病害虫の温床にもなるため、除草が不可欠となり、大規模農業では深刻な労働負担となっています。野良イモは土壤凍結に伴い凍死しますが、積雪があると、その雪が断



- 気候の影響を軽減してみませんか？
- 解説：気候リスクを認識する
- 解説：気候リスクを評価する
- 気候と影響との関係を見積もる
- 影響を与える気候の可能性を見積もる
- 解説：気候リスクへ対応する
- 設計値を使って見直しを立てる
- 予測値を使って見直しを立てる
- 気候リスク管理の実例
- 清涼飲料分野
- 畜産流通分野
- スーパーマーケット及びコンビニエンスストア分野
- ドラッグストア分野
- アパレル：気温と売上の関係
- アパレル：気温予測の活用
- 農業：水稲の冷害・高温障害対策
- 農業：小麦赤かび病対策
- 農業：水稲の刈り取り遅延の予測
- 農業：農研機構との共同研究

◇農研機構とは、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の略称です。

南北、東西に細長い形をした日本の、多様な気候風土にあわせた農業生産技術の開発や、地域に特有な農業資源を高度に活用する5つの地域農業研究センターがあり、各研究部門が、それぞれの分野での基礎的・基盤的な技術開発を行っています。内部組織として、研究開発とビジネスの橋渡しを行う食農ビジネスセンターや産官学連携を行う生物系特定産業技術研究支援センター、日本の植物の品種登録や種苗管理を担う種苗管理センターなどがあります。

◇気象庁は、農研機構との共同研究として「気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究」を行っており、その成果を生かして、水稲の冷害・高温障害の軽減に向けた2週間先の農作物警戒情報の有用性や赤かび病対策で重要な小麦の開花期予測の改善などの具体的な方法を公開しています。

◇農研機構の5つの農業研究センターでは、気象庁との共同研究で次のような成果を公開しています。これらは、全て気象庁WEBページから閲覧できるようになっています。

1. 北海道農業研究センター

収穫もれしたジャガイモ（野良イモ）が農業に与える労働負担軽減の指針公開

2. 東北農業研究センター

「Google Mapによる気象予測データを利用した農作物警戒情報」の運営

3. 中央農業総合研究センター

1kmスケールの気象予測及び観測部分のメッシュ値を作成

4. 近畿中国四国農業研究センター
小麦の最重要病害である赤かび病対策法
5. 九州沖縄農業研究センター
玄米の「気象対応型追肥法」の開発

1. 1 資源

◇小麦の赤かび病対策の例

背景と目的

高温多湿な日本では、赤かび病（図1）は小麦の最重要病害です。赤かび病は収量を低下させるだけでなく、小麦粒中にかび毒を蓄積させます。かび毒の濃度が低くても長期間摂取し続けると体重低下や成長抑制などが引き起こされる可能性があるため、食品の安全性上の問題となっています（[農林水産省 2008](#)）。このため、収穫された麦の中に赤かび粒が確認されると規格外となり、さらに、かび毒の濃度が1.1ppmを超えると出荷できなくなるなど、その影響は甚大です。



図1 小麦赤かび病の写真（[農林水産省 2008](#)）

小麦は開花期に赤かび病に感染しやすいため、赤かび病対策には開花期の薬剤防除が基本となります。近年は無人ヘリコプターを使った薬剤散布による防除が主流となりつつあり、防除予定日を2～3週間前に決定する必要がある一方で、防除実施日が開花期からずれるほど発病度は高くなってしまふことから、開花期予測が重要となってきています。

◇共同研究成果の例

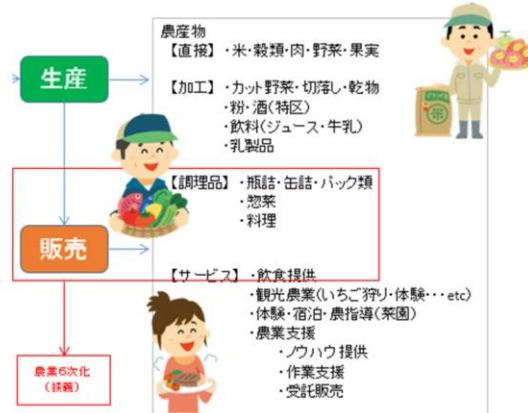
◇図は、小麦の赤かび病対策の例です。高温多湿な日本では、赤かび病は小麦の最重要病害で、収量低下だけでなく、小麦粒中にかび毒を蓄積させます。収穫麦中に赤かび粒が確認されると規格外となり、さらに、かび毒の濃度が1.1ppmを超えると出荷できません。小麦は開花期に赤かび病に感染しやすいため、開花期の薬剤防除が基本対応策です。気温予測により小麦の開花期を予測して、対応を行う事例です。

◇WEBには、具体的にどのようにすれば、開花期が予測できるのか、気象庁のデータを取得する方法なども含めて、説明されています。

1. 全体像

1. 2 生産・販売

◇生産したものを販売して対価を得ます。一般に、規格外品も処分せずに、加工品にして販売しています。



◇加工技術も向上して、調理までした料理を飲食店として販売し、6次産業化している法人も多くありますが、飲食の提供だけでは、狭い意味の6次化となります。

※農業者が生産・加工・流通・調理・販売を行うことで6次化。

9

◇生産と販売は取り扱う対象が同じです。生産効率の向上の為に、作業内容や施肥・投薬と成長の記録が必須で、これには当然コンピュータシステムが利用されます。

収穫したものがすべて対価に変わるわけではないので、そこに在るロスを出る限り最小限に抑えるためにも、コンピュータシステムが使われます。

◇施設園芸では、人が液肥成分・濃度を常に維持管理するのは、大変です。これらはIoTコンピュータにより、現地の水の成分や気候と生産する品種などに応じた設計が行われた値に自動調整・投入されます。

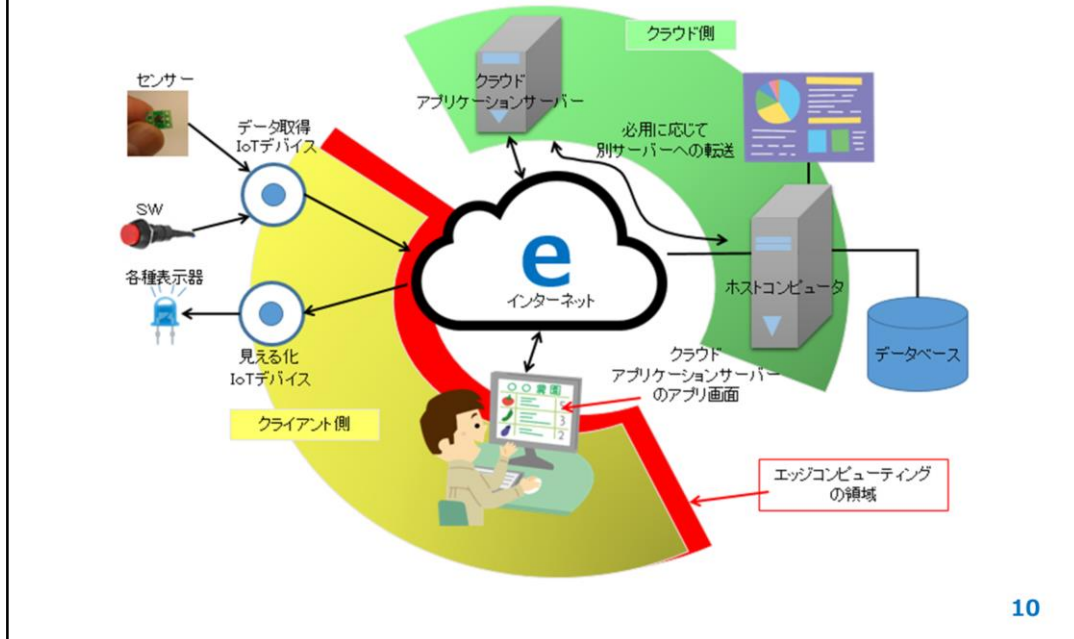
◇販売では、スーパーやコンビニ利用されるPOSレジや自動入金機などの利用も多くなっています。POSを用いている農産物直売所では、一定時刻でPOSデータを取りまとめ、出荷元農家に現在の店頭在庫情報をメールで通知し、追加出荷を促すなどして、売り上げに寄与しています。

◇もともと農家は、自家栽培した生産物の調理法にも長けているので、それらを加工・調理して飲食を提供する直売所も増えています。政府の農業6次化助成を利用して、レストラン事業に乗り出す農業生産法人もあります。

2. クラウド

2. 1 【クラウド】=【クラウドコンピューティング】

◇利用者から見えない存在



2. 1 【クラウド】は、一般には【クラウドコンピューティング】を指す言葉とされています。

クラウドは、利用者側からはその実態は目に見えませんが、クラウド側から見ると、クラウドサーバーが単独で稼働するシステムであったり、複数のクラウドサーバーが協調して稼働するシステムであったり、また特定企業の為だけに稼働している専用システムや、汎用的なサービスをグローバルに提供するために、汎用クラウドシステムであったりします。

◇図は、IoTデバイスも含めた利用者側(クライアント側)とクラウド側の概要を示すものです。利用者のPC画面に表示されているのは、クラウドに存在するアプリケーションサーバ内で稼働しているプログラムの表示画面です。利用者側PCには、アプリケーションプログラムをインストールする必要がありません。ライセンスを購入するだけで、複数のユーザーPCで同じアプリケーションが利用できます。アプリケーションで使用するデータは、利用者PCに置くことも、クラウド上の別ホストに置くこともできます。利用者側PCが壊れても、代わりに用意したPCをインターネットに接続すれば、元の様に利用できます。そのような場合に容易に対応するためには、データもクラウドに置くことが望ましいでしょう。

◇IoTデバイスをインターネット経由でクラウド上のホストコンピュータに接続すれば、ビッグデータになるようなフィードの情報も、容量を気にせず蓄積できます。現場の見える化IoTデバイスに、クラウド上から通信すれば、遠隔で現場の状況をコントロールする事もできます。

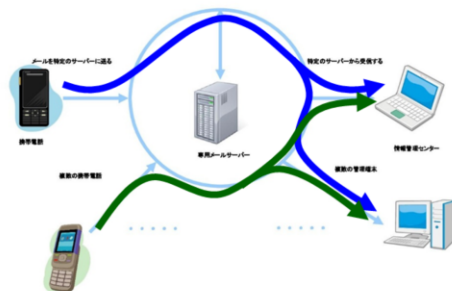
◇これらのIoTデバイスをインターネットに接続する前に、小規模のコンピュータを置き、データや情報の前処理などを行う考えが出てきています。これがエッジコンピューティングです。これを利用すれば、クラウド上のサーバーやホストコンピュータへのデータトラフィックを抑えることができ、インターネット回線の有効利用ができます。エッジコンピューティングは、マイクロコンピュータの性能向上がもたらす当然の結果です。

◇次頁から、クラウドコンピューティング、WEB利用の実例を紹介します。

2. クラウド 応用事例

携帯電話のE-mail機能を利用した農業情報システム

- 携帯電話のE-mailは、PCと同等。画像も添付可能。
- 同胞で多数の宛先に送信が出来る。
- 受信側も多数の相手から受信が出来る。→これは、家族などが手分けして農作業するとき、記録も手分けが出来るということ。
- 地域や部落、組合などでネットワークを作り、PCからのメールでも同様に行える。



11

◇携帯電話のE-mailを利用した、農業情報システムの例

1. E-mailで、農業に関する事柄をキーワードを付けて送信し、受信側でキーワードの内容に応じた分類整理を行うもの。
2. 受信機能をExcelに持たせたので、初心者でも短い時間で運用が始められる。また、送信元は、何か所でも制限がなく、送信内容に、発信元IDなどを付ければ容易に情報の識別ができます。
3. 情報をExcelで受信し、分類整理するので統計・解析が行い易いのもメリット。ワークシートとDBの連携により、別ホストによるRDBMSサービスの利用と連動も可能。
4. 文字・数字情報だけでなく、画像も送れるので、農業情報には最適のシステム。

2. クラウド 応用事例

wiseman ①

携帯メール連携日記

問合せ・ご注文は、お電話で
04-7153-9778
有限会社ワイズマン



Agree

知的所有権・著作権は、有限会社ワイズマンが保有しています。

1. 携帯メール連携 営業日記

2. 価格:

- PCソフト費 28,000円+消費税
- メールアカウント 20,000円+消費税
(1年ごとに更新)

※メールアドレス更新で、ソフトのバージョンアップは
無償提供されます。
※このシステムは、インターネットにつながったパソコンと
Excelが必要で、FAXサービスも行なって
おります。 お問い合わせ下さい。

有限会社ワイズマン
〒277-0888 船市新船台2-1-122
電話 04-7153-9778

日録「Agree」はザット、こんなことができます。

1. 家族で携帯連絡の記録。(写真入り)
2. 薬剤飲念管理。
3. 産肥管理。
4. 出荷(売上)管理。
5. 注文管理。
6. 資材・購買管理

この機能は、別途です。
制農園版に達すると、
警告メールを自動返信。



作業・降水
晴雨・山
天気・曇り
作物・トマト

携帯画像・動画

これが
携帯メールが・・・!!

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	日	時	分	秒	日	時	分	秒	日	時	分	秒	日	時	分	秒	日	時	分	秒
2	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
3	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
4	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
5	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
6	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
7	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
8	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
9	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
10	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
11	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
12	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
13	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
14	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
15	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
16	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
17	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
18	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
19	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
20	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
21	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
22	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
23	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
24	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
25	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
26	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
27	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
28	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
29	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153
30	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153	9778	04	7153

こうなる
Excelシートに・・・!!

※わずか5分 DEMOをこらもいだけば、一目瞭然!!!

E-mailで送信したものがExcelで受信・分類・整理される
写真の添付も可能

◇図は、E-mail を利用した農業情報管理システムの資料の一部です。

携帯メールで送信した内容が、Excelのワークシート上に分類・整理されている様子が
分かります。

◇メール本文に【キーワード:内容】(区切りはコロン)のフォーマットで記述すること
で、受信側がキーワードの列を検索して、情報をスタックします。

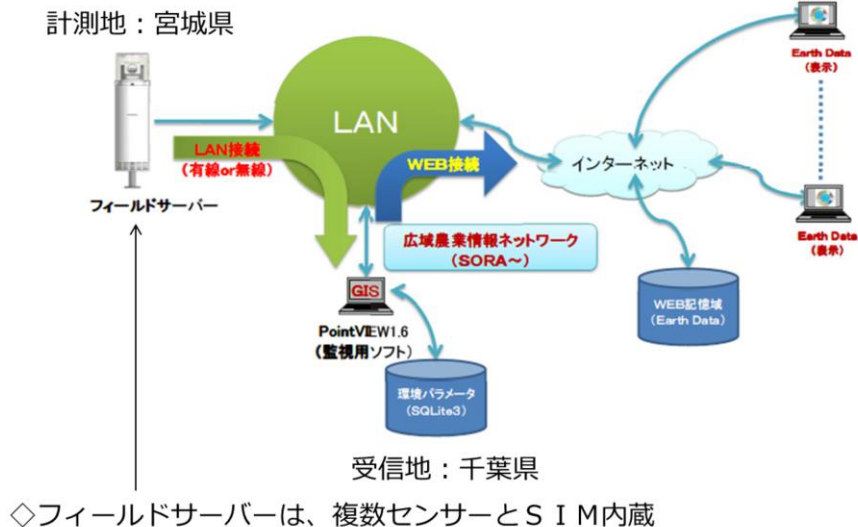
◇ワークシートの列に特定キーワードのデータが集まるので、数字を記述すれば、短
時間で統計解析ができます。

◇添付する画像は静止画にも、ムービーにも対応しています。ワークシート上の行をダ
ブルクリックすると、添付画像がある場合は、ワークシート背景に画像が表示されま
す。添付がムービーの場合は、専用ソフトが立ち上がり再生されます。画像は、何
枚添付してもOKです。

◇このシステムも、クラウドに置かれている、メールサーバーを利用しているという点で、
クラウドの応用と言えます。

2. クラウド 応用事例

◇環境パラメータネットワークの例（宮城県で計測して、千葉県でデータ処理）



13

◇図は、フィールドサーバーを利用した環境パラメータネットワークの例です。

1. フィールドサーバには複数のセンサーとSIMカードが内蔵されており、計測したデータをインターネット経由で遠隔地に送信しています。
事例では、宮城県登米市に3台設置したフィールドサーバーで計測したデータを、千葉県柏市で処理しました。
2. この実証実験では、フィールドサーバーの電源は、バッテリーを用いましたが、現在は太陽光発電による、無給電計測にも対応しています。

◇次頁にフィールドサーバー設置の様子を示します。

2. クラウド 応用事例

◇フィールドサーバー設置の様子（宮城県登米市）



14

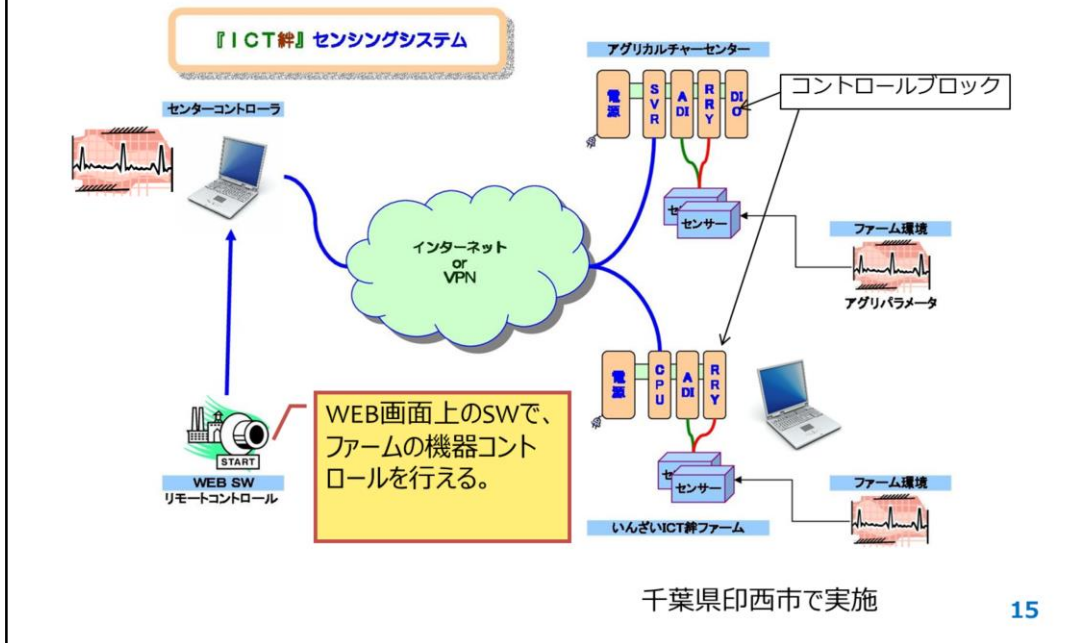
◇現地(宮城県登米市)の農業生産法人「とねやしき農場」の路地に2台、ハウス内に1台のフィールドサーバーを設置しました。

◇電源は、乗用車用バッテリーを用いました。

◇温度・湿度・日照・放射線量などのセンサーが搭載されています。

2. クラウド 応用事例

◇複数個所の施設をWEB経由で管理



◇ICT絆センシングシステム の例

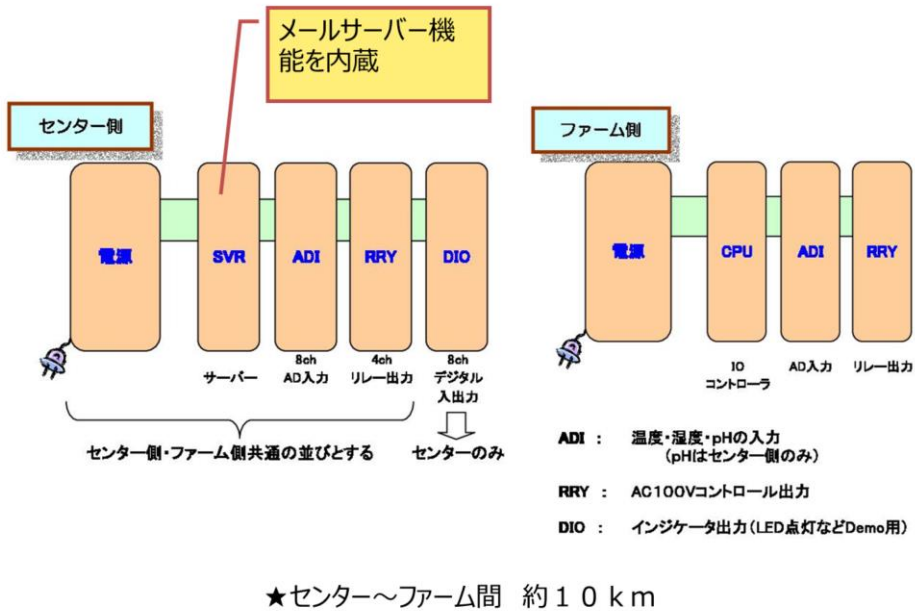
◇千葉県印西市にて、植物工場、ビニールハウス、アグリカルチャーセンターなどを無線・有線ネットワークでインターネットやVPNに接続し、センシングした情報を複数箇所同時に管理しています。

◇WEBシステム画面に設けたボタンで、遠隔機器のコントロールができます。

◇この実証には、WEBコントロールブロックを利用しましたが、今では、マイコンの能力が向上しているので、複数マイコンの組み合わせで実現でき、費用削減が可能です。

2. クラウド 応用事例

◇コントロールブロック概要



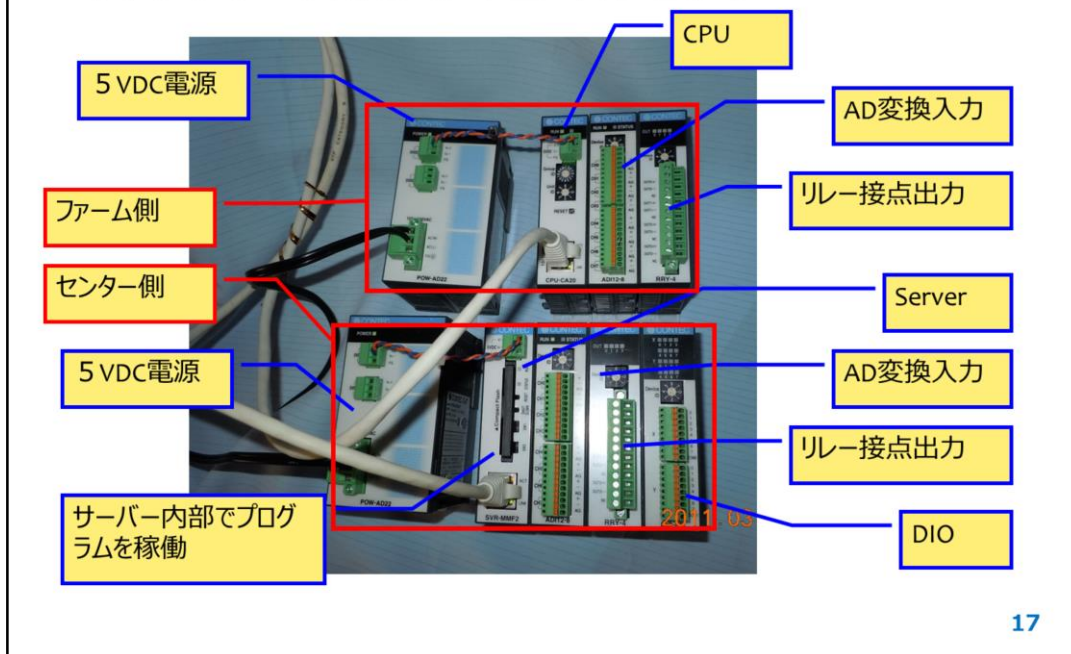
16

◇コントロールブロックは、単機能のユニットを連結した組み合わせ利用が出来ます。必要な機能ブロックだけを利用することができるので経済的です。

◇このシステムを使うためには、プログラムが必要ですが、ブラウザ上でブロックを組み合わせるように開発ができるので、誰でも短時間に開発が行えます。

2. クラウド 応用事例

◇ネットワーク対応コントロールブロック



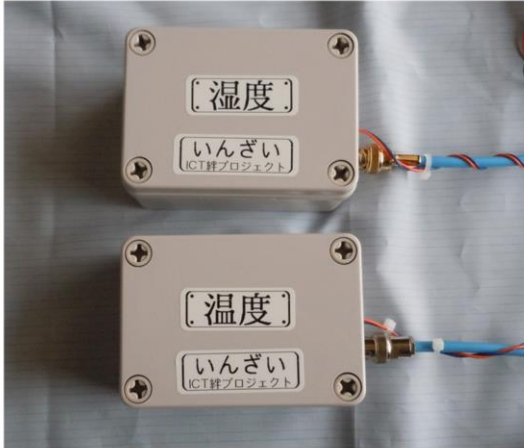
◇図は、実際のコントロールブロックを示します。このコントロールブロックは、もともと産業用PLCに似せて作られているので、単機能のブロックが何種類もあり、それらをつないで利用することになっています。PLCは、ラダー図でプログラムを書きますが、それと同じようにWEB画面でブロックを組み合わせて、設定することで決まった動作をさせることができます。

◇この例では、機器の実証という意味合いもあり、これらのブロックを使用していますが、現在では、PLCでもコントロールブロックでもマイコンでも、同等のものが開発できます。

2. クラウド 応用事例

◇センサーモジュール

- センサーモジュールは、電池を内蔵して、プラスチックパッケージとした。



- 写真右側から出ている同軸ケーブルがセンシングデータ出力です。
- 橙・青のペア線がセンサーの電源スイッチラインです。
- 両方のケーブルとも、コントローラに接続しスイッチングを行うとともに、環境パラメータをセンシングします。
- 本来、防水型のパッケージですが、気温・湿度を測るのでケース右側面に換気孔をあけてあります。

18

◇センサーモジュールは、コントロールブロックの仕様(アナログ入力)に合うものを設計しました。

◇センサー駆動の為に電源も必要なので、プラスチックケースに電池内蔵となっています。

◇温度・湿度を別々のセンサーで計測しています。現在では、温湿度が1つのモジュールで計測できるセンサーが、基板単体で入手できるので、それを使えば、も1つのケースにすべてが収まります。

2. クラウド 応用事例

◇ケース側面の換気孔と電源ライン

□ 計画初期段階で設計したのは、ACアダプター電源駆動でしたが、現場で引き回すケーブルの本数が多くなってしまい、その中にAC 100Vのラインが含まれて、水に濡れる可能性もあることなどに配慮し、内蔵電池駆動としました。



□ 電池駆動では、電池寿命が心配です。電池交換頻度を減らすために、なるべく電池が長持ちするように、電源ラインをスイッチングすることとしました。

□ システムには、リレーユニットが含まれていて、これにつないで、電源ON/OFFします。WEB画面制御です。

19

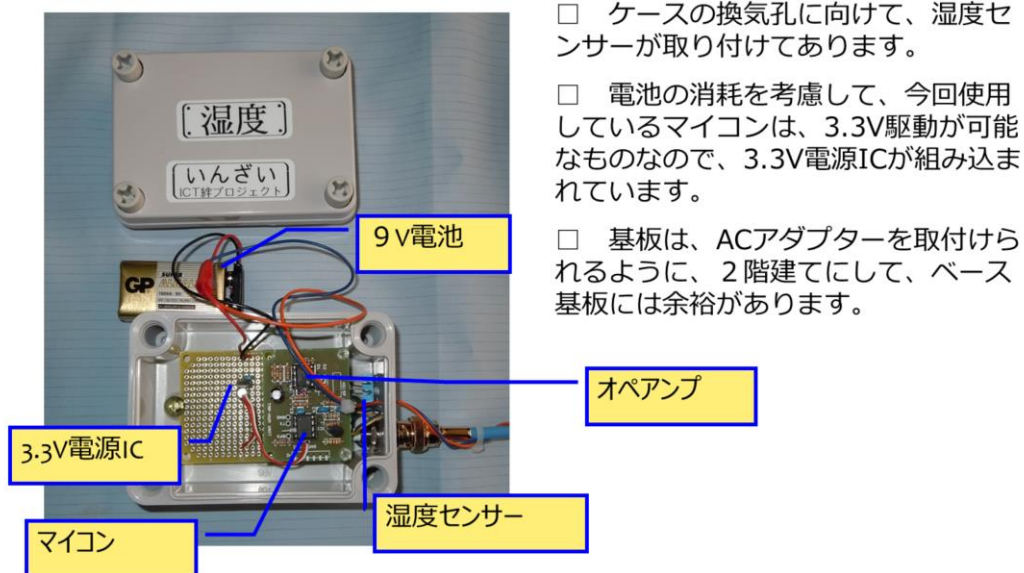
◇ケースは、その都度状況に応じて加工する必要があるので、加工しやすいプラスチックケースを選択しています。

◇このようなケースは、とても多くの形状とサイズがあるので、用途に応じて、柔軟に選択ができ、入手性も良好です。

3Dプリンタなどの活用も視野に入れて、設計すると適用範囲が広がります。

2. クラウド 応用事例

◇センサーモジュール内部



20

◇センサーモジュール内部を示しています。

湿度例ですが、センサー出力電圧が小さいので、オペアンプで増幅しています。アナログ出力の湿度センサーです。

◇最近では、センサーのデジタル化が進んでいて、ほとんどのセンサーでデジタル出力の物があるので、入手できる場合は、デジタルセンサーを使う方が、余計な電気回路を設計せずに済みます。また、アナログセンサーは、1つで1つのADC(AD変換器)を使いますが、デジタルセンサーはシリアル通信で、マイコンと接続するものが多く、同じ通信ラインに、複数のセンサーを接続できて、便利です。

◇このスライドを見ると、クラウドのようよう事例ではなくてIoTそのものに見えますが、全体としては、このユニットは、クラウド(WEB・Internet)利用の事例ですので、勘違いしないで下さい。

2. クラウド 応用事例

◇WEB上のコントロールパネル

センサーユニット電源SW

環境パラメータリスト

Monitoring(Applet)

Main Control Panel

アグリカルチャーセンター

温度 湿度

湿度°C 湿度%

E-mail 1分毎

ICTファーム

温度 湿度

温度°C 湿度%

ID	Device Type	Size	Stat	Run	Err
0	AC12-A	300	0	0	0
1	RRY-A	300	0	0	0
2	DIG-SS	300	0	0	0

いんざい ICT 絆プロジェクト

終了時は、このウィンドウを閉じてください。

インターネット | 保護モード: 有効

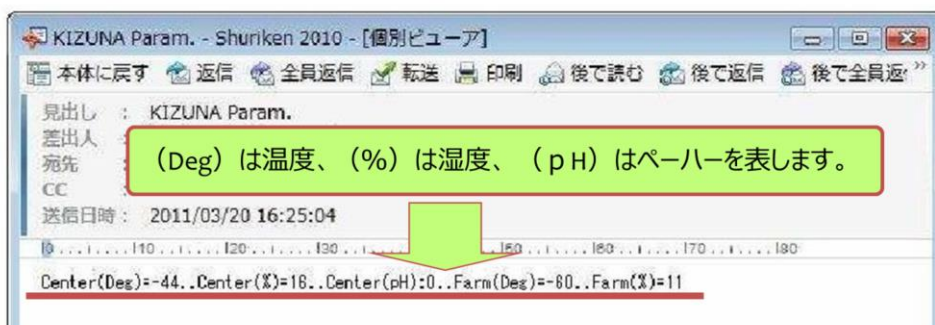
◇WEB上のコントロールパネルを示します。WEBで作成した画面にボタンを配置して機能設定を行うと、それが外部機器の電源SWとして働いたりします。作り方は、Visual Basic の画面と、ボタンのプログラムに似ています。この場合のプログラムは、もっと簡単で、ステートメントの記述は必要ありません。温度と湿度は、グラフ表示されています。

◇このような、WEBコントロールパネルが複数頁に亘って作成できるので、昔の様な制御盤は、ここでは必用がありません。大型液晶タッチパネルも容易に利用できるので、比較的規模の大きな農業ITシステムの開発も楽になっています。

2. クラウド 応用事例

◇メールによる環境パラメータリンク

- メインコントロールパネルの『環境パラメータ』リクエストボタンをクリックすると、登録したアドレスに、メールが送られてきます。
- 携帯電話にも送れますので、常に外部監視ができます。

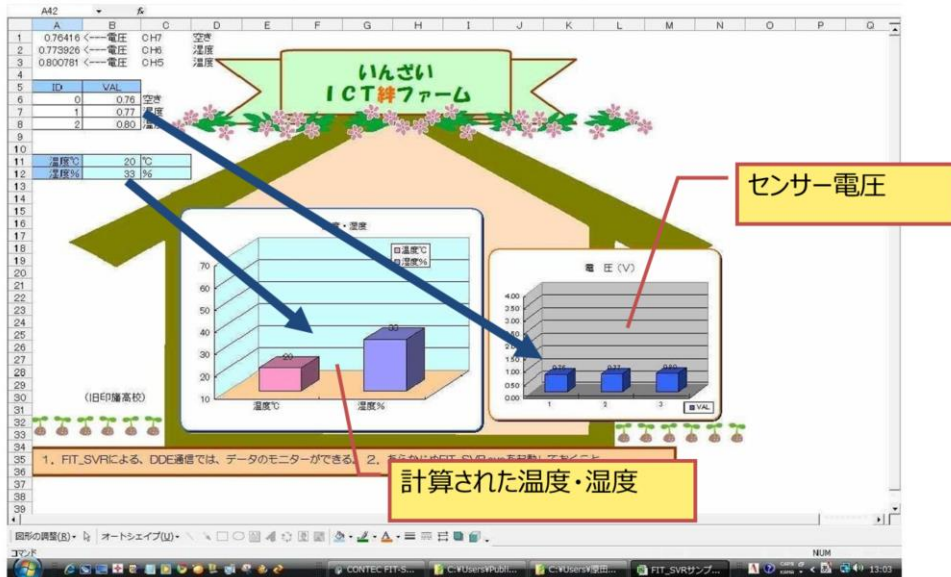


22

- ◇コントロールブロックは、特定のアドレス宛に測定値をメール送信できます。この機能は、PLCと全く同じです。自動で一定時間ごとに計測を行い、メール送信すれば、クラウド上のRDBMSにデータを蓄積できて、後の解析で大きな貢献をします。
- ◇閾値による判断を行えば、緊急時連絡メールを送信することもできるので、活用の幅が広がります。
- ◇クラウドコンピューティングは、事務処理などの効率化だけでなく、このような事にも利用できるのです。

2. クラウド 応用事例

◇Excelによるファームモニタリング



23

◇Excelによるファームモニタリング

コントロールブロックには、計測したデータをユーザーが自由に編集してレポートを作成したり、グラフを作ったりできるようなライブラリが提供されています。

コントロールブロックは、少し古い規格ではありますが、ライブラリの提供で自由度が増しているのは、最近利用されることが多くなった、Pythonなどと同じです。

新しいデバイスでも、ライブラリのまとめ方によって以前に作ったソースコードが、そのまま利用できるようになります。性能が向上しても使い方が変わらないのは、ユーザーにやさしい設計です。

図は、ワークシート関数としてライブラリを呼び出して、コントロールブロックからセンサー計測値を取得しています。それを、見やすいグラフにするのはユーザーが行っています。

2. クラウド 応用事例

◇DynamicDNS対応WEBカメラ

今回用いたWEBカメラ（リモートコントロール・マイク・スピーカ内蔵）です。
PoE（Power Over Ethernet：LANケーブルで電源供給）するので、カメラ配線が1本で済みます。



24

◇DDNS — Dynamic DNS は、プロバイダがその都度割り当てるグローバルIPアドレスを、特定のパスでアクセスできるようにするサービスです。
これに対応したカメラは、WEB経由で画像を配信することもできるし、リモート側（画像を見る側）から、カメラのズームや向きを変えたりすることが可能です。

写真のカメラは、Pnasonic製ですが、屋外使用OKの防水タイプのもので、このカメラをワイヤレスルータ（次頁）を持ちいてWEB接続し、複数農地やハウスなどを遠隔監視しています。

2. クラウド 応用事例

◇ワイヤレスルーター

場所によっては、インターネット環境が無い、または構築できない場所があります。そのような場所では、無線ルーターが活躍します。最近のWiFiルーターは、プロバイダー契約のバリエーションが豊かで、『1日』や『1か月』単位での契約が可能で、その間つなぎ放題です。これで、どこでもカメラが使えます。

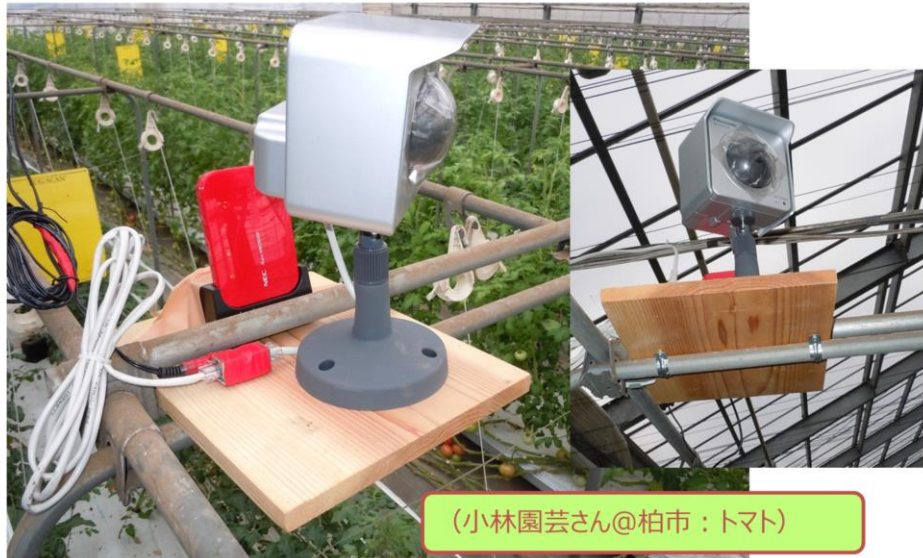


25

◇普通は、農業用ハウスにインターネット回線が設備されている例は、多くありません。むしろ無い方が普通です。そのような場所でもワイヤレスルーターがあれば、さまざまな機器をネット接続することができます。カメラの画像もそうですが、各種センサー計測値や、設備・機器もWEB接続して、遠隔監視や遠隔制御ができます。

2. クラウド 応用事例

◇カメラ設置場所：トマトハウス



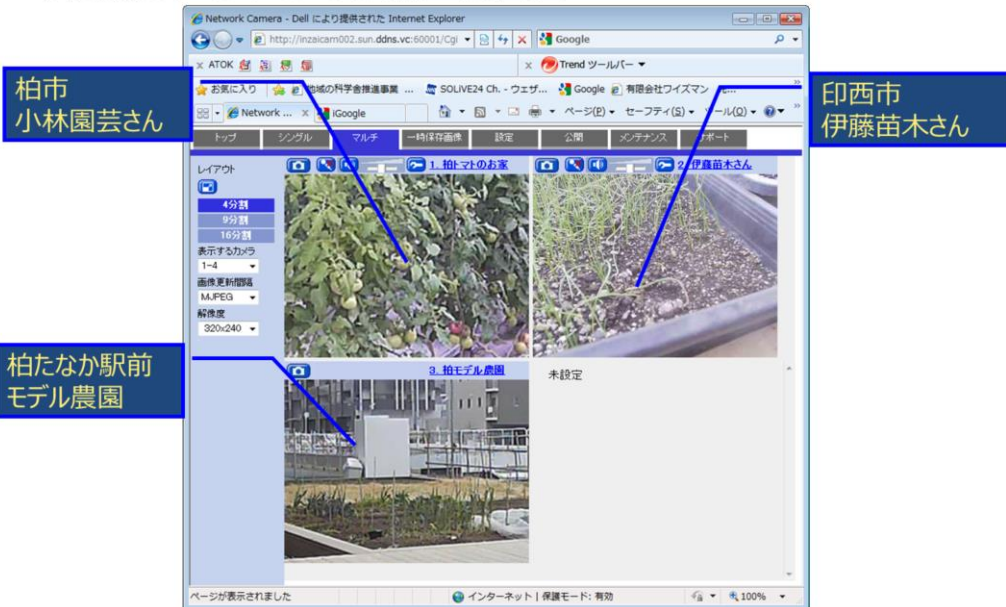
★赤い装置はルーター

26

◇先のカメラをワイヤレスルーターでネットに接続した例です。この実証例では、千葉県柏市のトマトハウスに設置して30kmほど離れた千葉県印西市から遠隔監視を行っています。もちろん、インターネット接続なので距離には関係なく、監視する側とカメラ側がインターネットに接続していれば、どこからでも監視ができ、カメラのリモートコントロールも可能です。カメラからの信号出力が得られるものもあり、そのようなカメラを使うと、映像を見ながら現地の、例えばヒーターや照明をコントロールしたり、灌水を行うこともできます。

2. クラウド 応用事例

◇複数カメラによる遠隔監視画面



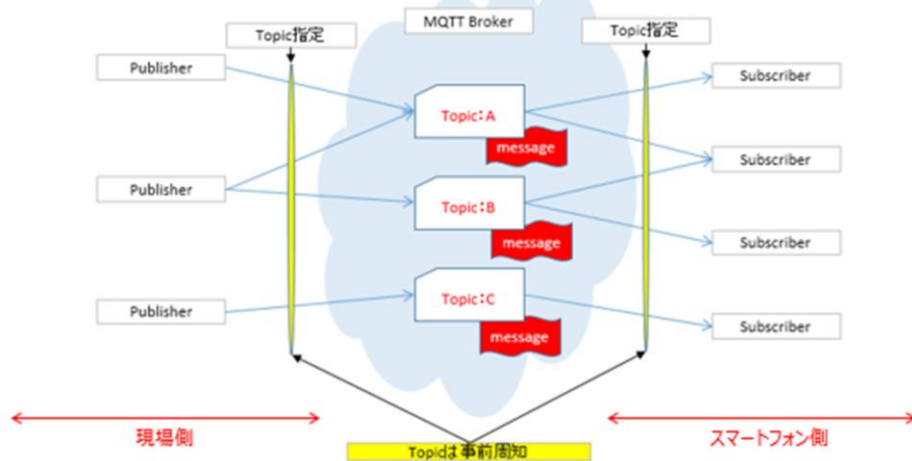
27

- ◇都合3台のカメラを接続して(柏市2台、印西市1台)遠隔監視を行いました。マルチモニター画面は、カメラに内蔵のWEBアプリが表示しています。
- このように、WEBに接続できる機器には、内部に利用しやすいWEBアプリを内蔵しているものが多くあります。防犯目的で利用されている監視カメラ画像をエンドレスで記録するビデオレコーダにも同様の機能があります。また、画像内の特定の部分を直前の画像と比較して、変化があった場合(侵入者が横切ったり、火災が発生したり)にメール発信する機能などもあります。

2. クラウド 応用事例

MQTT : 短いメッセージの発行と購読

◇ Message Queue Telemetry Transport



28

◇WEBサービスの1つにMQTTというものがあります。MQTTはMessage Queue Telemetry Transportの略で、短いメッセージを頻繁にやり取りすることに特化したサービスです。

◇このサービスを利用すると、メッセージレベル(テキストレベル)での遠隔地との連携が容易に実現できます。
以下、このMQTTについて説明します。

◇短いメッセージなので、マイコンでの利用にも向いています。WiFi接続できるマイコンでこれを利用することにより、容易にIoTデバイスが開発できます。
マイコン開発言語対応のMQTTライブラリが開発・公開されていて自由に利用できます。

◇図はMQTTの利用方法を描いています。図の左側が現場(IoTデバイス)、右側がスマートフォン等です。中央の雲(クラウド)の中が、IoTデバイスが発行するメッセージを仲介するWEBサービス(MQTT Broker)です。

1. まず、メッセージの発行者側(Publisher:IoTデバイス)とそのメッセージの読者側(Subscriber:スマートフォン等)で、特定のメッセージを交換するためにTopicというキーワードを決めます。
2. 読者側は購読したいTopicをあらかじめMQTTサービスに登録しておきます。
3. メッセージ発行者がメッセージをTopicと共にMQTTサービス(MQTT

Broker)に送ると、MQTT Brokerは、そのTopicのメッセージ購読希望者に対してメッセージを配信するというものです。

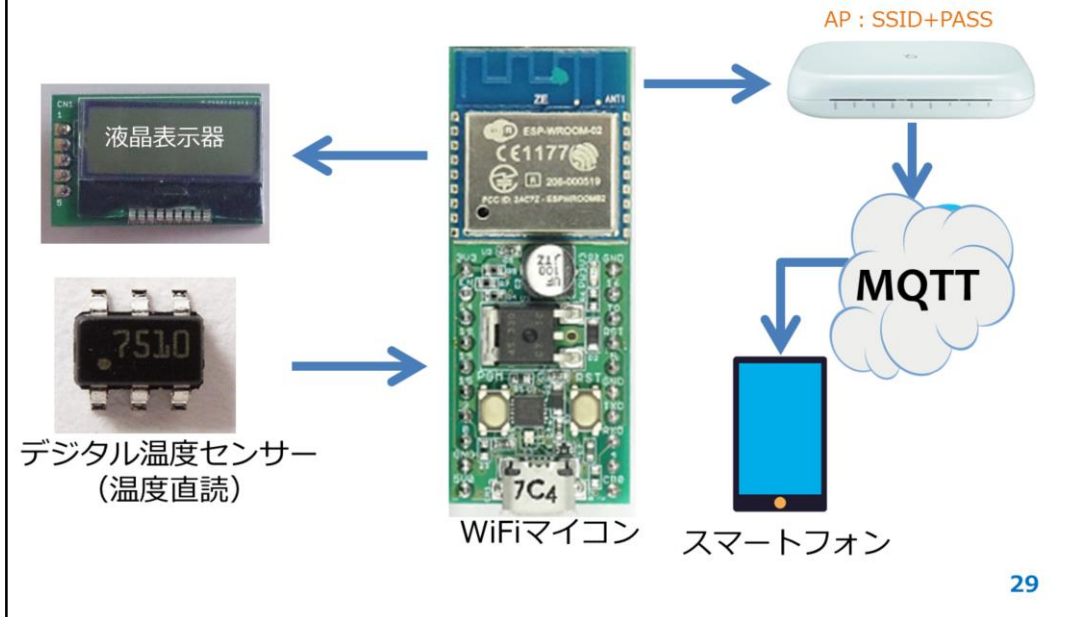
◇実際には、MQTT Brokerが登録されている全てのTopicと購読者に対してメッセージを送るのではなく、購読者側の端末プログラムがMQTT Brokerに問い合わせをかけて、新しいメッセージが発行されると、それを読み出す処理をしています。

◇購読者が何人いても良く、これまで実験したところではタイムラグもほとんど感じません。そして、ユーザー登録など必要のない無料利用できるMQTT Brokerも数多くあります。短いメッセージに特化しているからできることなのでしょう。

◇購読者側(Subscriber)のシステムは、タブレットやスマートフォンアプリの利用も可能です。もちろんプログラミングを行って、独自システムを開発することも可能です。また、MQTT Brokerは、WEB上の外部サービスを利用する事もできますが、例えば社内サーバーなどでの運用も可能です。

2. クラウド 応用事例

◇マイコンによるWEB連携 温度通知



◇図は、MQTTを利用してIoTデバイスからクラウド経由で温度を受け取る例です。

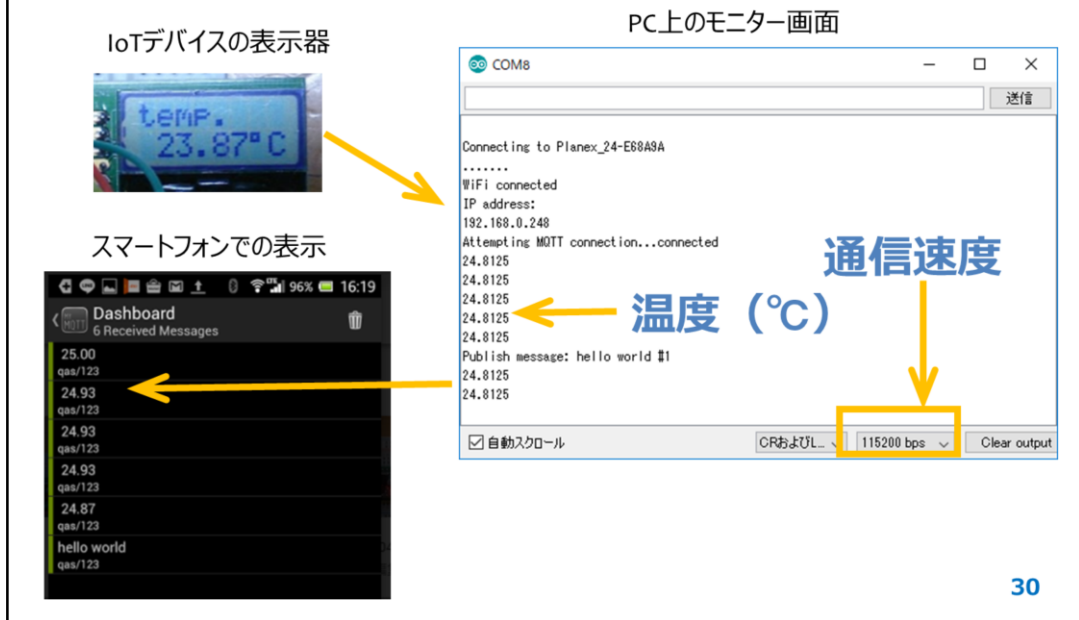
◇WiFi機能を持つマイコンが、容易に入手できるようになっています。このマイコンで、WiFiアクセスポイントに接続して、センサーで取得した温度を表示しつつ、そのデータをMQTTを利用して送信すると、複数の携帯端末でその内容を受信できます。スマートフォン側にはアプリが必要ですが、MQTTに関連するアプリは、非常に多く公開されていてほとんどが無料で利用できます。またAndroidだけでなくiOS用もPC用もありますので、あらゆるデータWEB経由通知には、大変便利です。

◇通知するだけでなく、マイコン側でMQTTメッセージを受信することもできるので、WiFiマイコンで開発したIoTデバイスを、遠隔制御することも可能です。

◇現在では、クラウド利用はIoTデバイス利用と密接に関わっているので、どちら側からのアプローチでも出来るようなデバイスを開発できるスキルがあると、農業に限らず、大変広い範囲に対応できるエンジニアとして活躍できます。

2. クラウド 応用事例

◇温度通知の動作確認



30

◇MQTTを利用して温度測定・表示・通知を行っている例です。

◇計測した温度を液晶表示器に表示、同時にPCモニタにシリアル通信で送信し、さらにMQTTでメッセージとして発信し、それをスマートフォンで受信している様子です。ここまでできれば、何をメッセージとして発信するかを考えることで、応用範囲がさらに広がります。

◇スライドでは、Androidスマートフォンで、MQTT Dashboardというアプリを利用している様子を示しています。

2. クラウド 応用事例

例：SWの状態をWEBに通知、スマートフォンで遠隔監視する。



31

◇IoTデバイスがインターネットに情報を通知する方法は、メールのような仕組みと理解しても良いでしょう。

例えば、多くのIoTデバイスが各々の受け持ちの情報をWEB上のサービスに【見出しを付けたメール】で通知すれば、見出しでデータの種類が判別できます。WEBサービスは、沢山の相手 (IoTデバイス) から送信されたメールを受信します。メールを利用したことも多いと思いますが、受信した順に見出しが並び (もちろん並び替えもできます)、見出しによって内容を判断して処理できます。IoTでは処理要求は、多くのIoTデバイスから沢山送信されますが、受信の段階で、1列に並べられ基本的に受信した順に処理されます。処理を行うのは単独のWEBサービスなので排他制御を心配する必要がありません。(メールの受信時間順に処理を行うというルールです。)

スライドに示すのは、SWの状態をWEB経由で通知するシステムの例です。SWのON/OFF状態を持ちますが、必要なのは、ON→OFFまたは、OFF→ONの変化があったことです。この変化を検出するのはマイコンの得意な仕事で、それをインターネット経由でMQTT (図中で雲の中にある) というWEBサービスに送っています。SWは、製品が一つ出来上がったときの信号と考えればわかりやすいでしょう。野菜加工工場で、製品が一つできる都度、このSWがOFF→ON→OFFと変化すると考えましょう。

MQTTはすでに説明しましたが、短いメッセージ (文字情報) に特化したWEBサービスで、送信者が見出し (Topicと言う) を付けてメッセージを送ると、同じ見出しで読み出し登録をしているユーザー側でメッセージが読めるというWEBサー

ビスです。多くのコンピュータ言語用のライブラリが開発されているので、PCはもちろんタブレット、スマートフォン、マイコンでもこのサービスを利用することができます。

上図左側にあるSWを野菜加工工場の機械に取り付けられた生産カウンタ用のSWと考えれば、このSWがOFF→ON→OFFと変化した時に製品が一つ完成したので、それをこのシステムでWEBに通知すると、時々刻々変化する生産実績を、複数個所で見ることができます。つまり、WEBを利用した現場の見える化が実現できます。このメッセージは、複数個所(何か所でもOK)で読み出しできるので、あるシステムでは、時々刻々変化する生産の様子をグラフでダイナミックに表示し、別のシステムでは、データベースにアクセスして、生産実績数を更新し、さらに他のシステムでは、生産予定数までの残数を現場に表示し・・・etc と、広がりのあるシステムが構築できます。

2. クラウド 応用事例

◇情報通信の方法

- ・インターネット通信
 - ↓
 - TCP/IPプロトコル → OSに依存しない
 - ↓
 - ソケットライブラリ（各種言語向け）
 - ↓
 - Python による例示
- ・その他の通信
 - ↓
 - ①. パラレル通信
 - ②. シリアル通信

32

◇情報通信の方法

◇既に説明したMQTTのようなWEBサービスに、メッセージを送るようなインターネット通信は、TCP/IPプロトコルを利用しています。TCP/IPプロトコルは、OSに関係しないので、Windows、Linux、UNIX、MAC、Android間でも通信が行えます。このプロトコルを実装したマイコンがあれば、PCとマイコンをインターネットで接続できて、双方向で通信ができます。

◇これらのいろいろなOSやマイコン間のTCP/IP通信を行うには、作成するプログラムでTCP/IPを容易に使えるようにした【ソケットライブラリ】を利用することが多く、このライブラリを使えば複雑なTCP/IPプロトコルを使ったシステムが誰にでも開発できます。サーバーとクライアントとして、ソケットライブラリを使用したPythonのプログラム例を以下に示します。

◇サーバー側のプログラムが行うべきことは、

1. socketでソケットを作成
2. bindでアドレスとポート番号を指定
3. listenでクライアントの接続を待つ
4. acceptでクライアントの接続を受け付ける
5. sendやrecvを使ってクライアントのデータの送受信を行う
6. closeでソケットを閉じる

の順で処理します。

サーバー側のPythonソースコード例:

```
#-----  
from _future_ import print_function  
import socket  
from contextlib import closing  
  
def main():  
    host = '127.0.0.1'  
    port = 4000  
    backlog = 10  
    bufsize = 4096  
  
    sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)  
    with closing(sock):  
        sock.bind((host, port))  
        sock.listen(backlog)  
        while True:  
            conn, address = sock.accept()  
            with closing(conn):  
                msg = conn.recv(bufsize)  
                print(msg)  
                conn.send(msg)  
    return  
  
if __name__ == '__main__':  
    main()  
#-----
```

◇クライアント側のプログラムが行うべきことは、

クライアント側では、

1. ソケットを作成
2. connectを使ってサーバに接続
3. 通信完了後にclose

です。

クライアント側のPythonソースコード例:

```
#-----  
from _future_ import print_function  
import socket  
from contextlib import closing  
  
def main():  
    host = '127.0.0.1'
```



```

port = 4000
bufsize = 4096

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
with closing(sock):
    sock.connect((host, port))
    sock.send(b'Hello world')
    print(sock.recv(bufsize))
return

if __name__ == '__main__':
    main()
#-----

```

◇上記のプログラム例では、IPアドレスがローカルアドレスになっていますが、遠隔地とソケット通信を行う場合は、グローバルアドレスを指定します。

◇セキュリティを考慮した遠隔地とのソケット通信では、外部からのアクセスができないVPNを利用すれば、社内の一般的なローカル環境をそのままインターネットに乗せることができます。

◇上記のプログラム例にある `import socket` で取り込んでいるソケットライブラリは、他の言語用にも開発されています。言語が異なる環境であっても同じアルゴリズムが使えます。

マイクロソフトオフィスのVBAにもソケットライブラリがあるので、Excelからでもインターネット通信が出来ます。

◇その他の通信:

IoTデバイスを分解・整理する際に説明する【その他の通信】(IoTの章参照)には、大別するとパラレル通信とシリアル通信の2つの方式があります。

特にシリアル通信はいろいろな機器・コンピュータとの通信の基礎となる技術で、昔から広く利用されています。

◇ここでは、詳しく解説しませんが、I2C通信 (I2Cインターフェース) やSPI通信 (SPIインターフェース) というシリアル通信の仲間は、マイコンとセンサーや表示器等、周辺デバイスとの間の通信で広く利用されています。2つ前のスライドで示した液晶表示器やデジタル温度センサーはI2C I/Fでマイコンと接続されます。

◇パラレル通信の中身は、普通のDI/DO (デジタル入出力) だと考えればよいでしょう。1本の信号線でデータ中の1bitを通信します。1byte=8bitで8本の信号線が必要です。送信側と受信側で同期をとるためには、さらに信号線が必用となるので、現在はほぼ使われていません。

◇シリアル通信は、1本の信号線で1bitずつ情報を送ります。同期するためのStart Bitとエラー検出の為にパリティビット、通信終了を示すStop Bitを付加して、これにデータのビット数8bitを加えて、1byte分の通信ができます。パラレル通信と比べ

ると、原理的には、通信時間が長くなりますが、信号線の数が少なくて済むことで、現在もコンピュータ間だけでなく、多くの設備や装置間で多用されています。

◇クラウドを利用する場合、直接はTCP/IPを利用しますが、そこにつながるコンピュータとマイコンや周辺デバイス間では、シリアル通信が使われるので、両者を合わせて、クラウド間通信方法と考えるのが良いと思います。

3. IoT

◇IoTとは・・・

機器制御システム から 情報処理システム に
またがる、横断的コンセプト
(2016年：東京大学：坂村教授[TRON、ubiquitous])

機器制御 → センサから情報を取り込む
情報処理 → 情報をDB化し統計・分析する
★これらがインターネットにつながる

・インターネット
米国防省の研究（1970年代始まる）
↓
プロトコル（TCP/IP）（通信規約のこと）
↓
民間利用許可→オープン化
↓
利用の広がり＝普及（現在に至る）

33

◇IoTとは・・・

【IoT】という言葉聞いたことがある人も多いでしょう。その言葉が何を意味するのかを考えます。

◇IoTとは、機器制御システムから情報処理システムにまたがる、横断的コンセプトとしての位置づけもあります。情報をDB化して、統計・分析を行い、何らかの傾向・特性などを見つけて、制御の舵を切るものです。これらが一体となったモノが、インターネットに繋がる、そのことを指してIoTと言っている場合もあります。

1. インフラとプロセッサの性能向上

◇インターネットは、もともと米国防省の研究で開発されたプロトコル(TCP/IP)がオープン化されて民間利用が可能になったことで、PCの性能向上と共に利用が急速に広がったものです。世界中の人たちがこの恩恵を受けています。

◇インターネットはインフラであり、普及には30年以上もかかっています。これに対して、電子デバイスの性能向上と技術の進歩は、どんどん加速してきました。

◇IoTデバイスとして小さな空間を占めるモノが、コンピュータを内蔵し「インテリジェント化」されて、オープンなネットワーク(=インターネット)につながる社会が到来しています。そして、その「インテリジェント化」の要(かなめ)であるプロセッサ(マイクロコンピュータ=マイコン)の能力がどんどん向上しているので、末端に位置する「モノ」の内部で処理できる情報処理能力も向上して、IoTデバイス側で

或いは、IoTデバイスを群で管理する「ノード」で情報を分類・整理・吟味してインターネット上のホストコンピュータに送る「エッジコンピューティング(※1)」も利用しやすくなってきました。

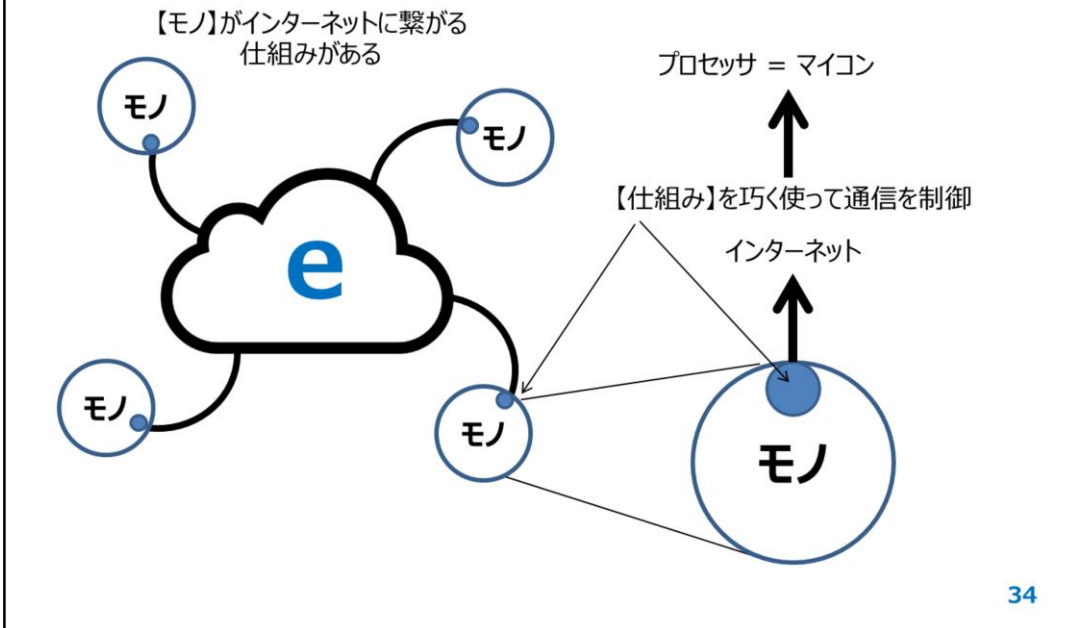
(※1)エッジコンピューティング：エッジ処理とも呼ばれ、「端末の近くにサーバを分散配置する」ネットワーク技法のひとつを意味します。ユーザや端末の近くでデータを処理することで、上位システムへの負荷や通信遅延を解消します。製造現場では、工場内に多数設置されたセンサや測定器から得られる大容量のデータに対し、高速またはリアルタイムなアプリケーション処理(データの見える化)を可能とします。

一方、インターネットを介してユーザから離れた場所にあるコンピュータを利用する「クラウドコンピューティング」は、遠隔であることから「クラウド(cloud)」つまり「雲」に例えられています。産業における、制御の実行や大きなデータのやり取りには、通信やクラウドでの処理時間がかかるといった課題が生じます。

クラウドを利用する場合のエッジコンピューティングでは、インターネットに送り出す工場内の「ふち(エッジ)」で、データを最適化処理します。これによってインターネットには必要なデータだけを送信するため、通信時の諸問題を解決することができるのです。

3. IoT

◇IoTデバイスモデル



◇IoTデバイスモデル

◇IoTデバイスに必要な機能を考えるために、IoTデバイスモデルを観察してみましょう。

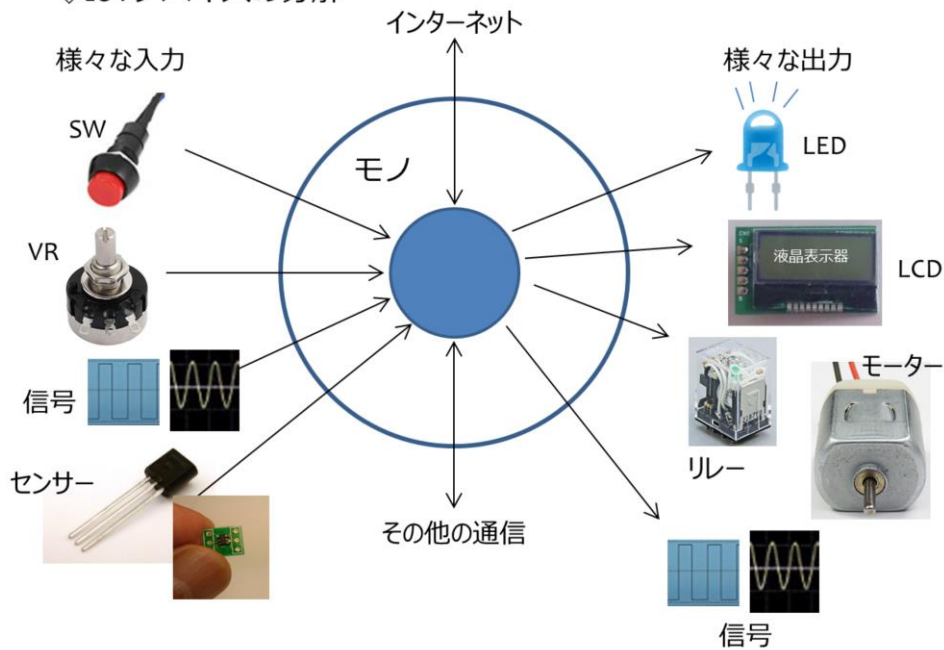
図は、IoTデバイスがインターネットに繋がっている様子を示しています。モノがインターネットに繋がるには、その仕組みが必要です。図では青い丸印が該当する部分です。モノは、その【仕組み】を巧く使って通信機能を制御して、インターネットと情報の交換を行っています。

通信を制御するためには、プロセッサ(=マイクロコンピュータ:マイコン)が必要です。小規模でも高性能のマイコンを利用することで、高度な通信制御が可能になり、同時にモノの外部デバイスとして、様々な別のモノを接続することができるようになりました。つまり【モノ】←→【モノ】←→【インターネット】という構図です。

【モノ】には他の【モノ】も接続できるので、単純機能のモノを数多く組み合わせれば、複雑だったり、手間が掛かったりすることも実現可能になります。それが容易にインターネットにつながるのです。

3. IoT

◇IoTデバイスの分解



35

◇IoTデバイスの分解

◇IoTデバイスを分解して調べる

モノはインターネットに繋がっていますが、同時に他の通信を行い外部の設備・装置やPCなどと連携することもあります。中枢部のマイクロコンピュータには、入出力ポートがあり、入力・出力とも様々な外部デバイスが繋がります。

◇入出力の代表的なものは、

入力:

- ・SW(デジタル入力)
- ・VR(可変抵抗器:アナログ入力)
- ・信号(デジタル信号もあればアナログ信号もある)
- ・センサー(出力が電圧のものが多いが、電流出力のものもあり、対象のデータにするには、換算計算が必要)
- ・デジタルセンサー(対象データが直接読める)

出力:

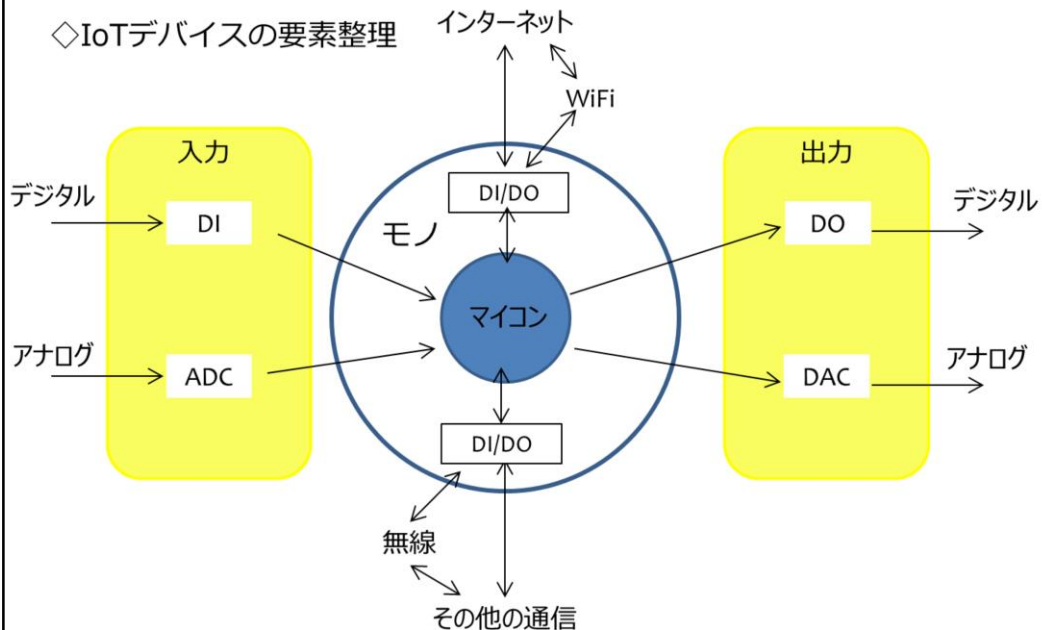
- ・LED(デジタル出力)
- ・LCD(液晶表示器:消費電力が小さいので、IoTデバイスに好都合)
- ・リレー(トランジスタなどを介して接続し、大きな電力を制御したり、シーケンス制御などに利用する)
- ・モーター(リレーと同様、トランジスタなどを介して接続する。モータードライバICなどを利用すれば、回転方向の制御などが容易に行える)

- ・信号(デジタル信号は、周期の制御がソフトウェアでコントロールできる。
電圧レベルの制御は、アナログ信号で行う)

入力・出力・その他の通信の先には、設備・装置・他のIoTデバイスが繋がります。上記の他にも、外部メモリやSDカードなど、マイコン内部には記憶しきれない容量のデータを、外部に保存し必要なときに読み出すデバイスもあります。そこに記憶できるデータは、デジタルデータなので、デジタル入出力の機能で使うことができます。

3. IoT

◇IoTデバイスの要素整理



36

◇IoTデバイスの要素整理

◇分解したIoTデバイスの要素

ここまでの分析から分かる、IoTデバイスの構成要素を再び整理すると、図の様になります。

1. 入力は

- ①. DI(デジタル入力)
- ②. ADC(アナログ値の入力はデジタル値に変換してコンピュータで処理するため、アナログーデジタル変換器を介して入力する)

2. 出力は

- ①. DO(デジタル出力)
- ②. DAC(アナログ出力は、コンピュータが取り扱うデジタル値から直接出力できないので、デジタルーアナログ変換器を介して出力する)

3. インターネット通信

- ①. ワイヤ(ケーブル)を使ってインターネット通信を行う
- ②. WiFi等の無線を使ってインターネット通信を行う

4. その他の通信

- ①. ワイヤ(ケーブル)を使って通信を行う
(今までのシリアル通信→例:Rs-232c)

②. 無線を使いワイヤレスで通信を行う
(2.4GHz帯を用いたもの、LoRa(※1)など)

(※1)LoRaとは、LPWA(Low Power, Wide Area)という、少ない消費電力で広いエリアをカバーする無線通信方式の一つで、IoT向けの通信ネットワークに用いられています。LPWAは、免許不要の周波数帯域を利用するものと、免許が必要な周波数帯域を利用するものに大別できます。LoRaは前者で、1GHzよりも低い「サブギガ帯」と呼ばれる周波数帯域を利用します。日本では、免許不要の特定小電力無線局が利用できる周波数帯(920~928MHz)がこれに相当します。最大伝送速度は250kbps程度で、伝送距離は最大10km程度。LoRaはオープンな通信規格であり、広く普及させるためにLoRa Allianceという非営利団体が組織されています。LoRaによるネットワークを「LoRaWAN」と呼びます。

3. IoT

◇IoTデバイスの要素

前の図で分かるように、IoTデバイスは、

- ①. デジタル入出力
- ②. アナログ入出力

の使い方を理解すれば、概ね利用できる。

また、大量のデータを処理したい場合は、外部デバイスとしてメモリカードなどを利用するが、これもデジタル入出力の範疇である。

特殊な制御方法の一つとして、デジタル出力でアナログ出力を模擬する、PWM制御（パルス幅制御）という手法がある。

37

◇IoTデバイスの要素

◇大量のデータを利用する場合は、IoTデバイスではデータ蓄積目的の通信だけを行って、処理はホストコンピュータに任せるのが良い方法です。ホストコンピュータは、情報をテキストファイル・表・DB化して、統計・分析を行います。

このときのホストコンピュータを置く位置によって、

- ①. クラウドコンピューティング
→ 全てのデータをクラウドに送り、クラウド上のサーバーで全てのデータを処理する。
- ②. エッジコンピューティング
→ IoTデバイスに近い所にサーバーを置き、そこで、中間処理して必要なデータのみ、クラウドに送る。

に分かれます。

以下、このようなIoTを導入する例を示します。

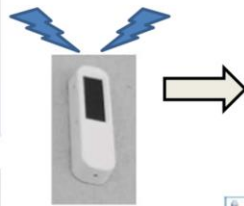
IoTと農業の例（1）

◇EnOceanという無線規格センサー ヨーロッパで開発

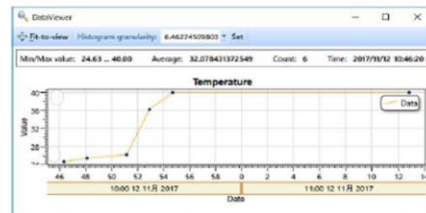
STM431J



2種類のセンサー
搭載可能



USB400J



メーカー無償提供アプリ

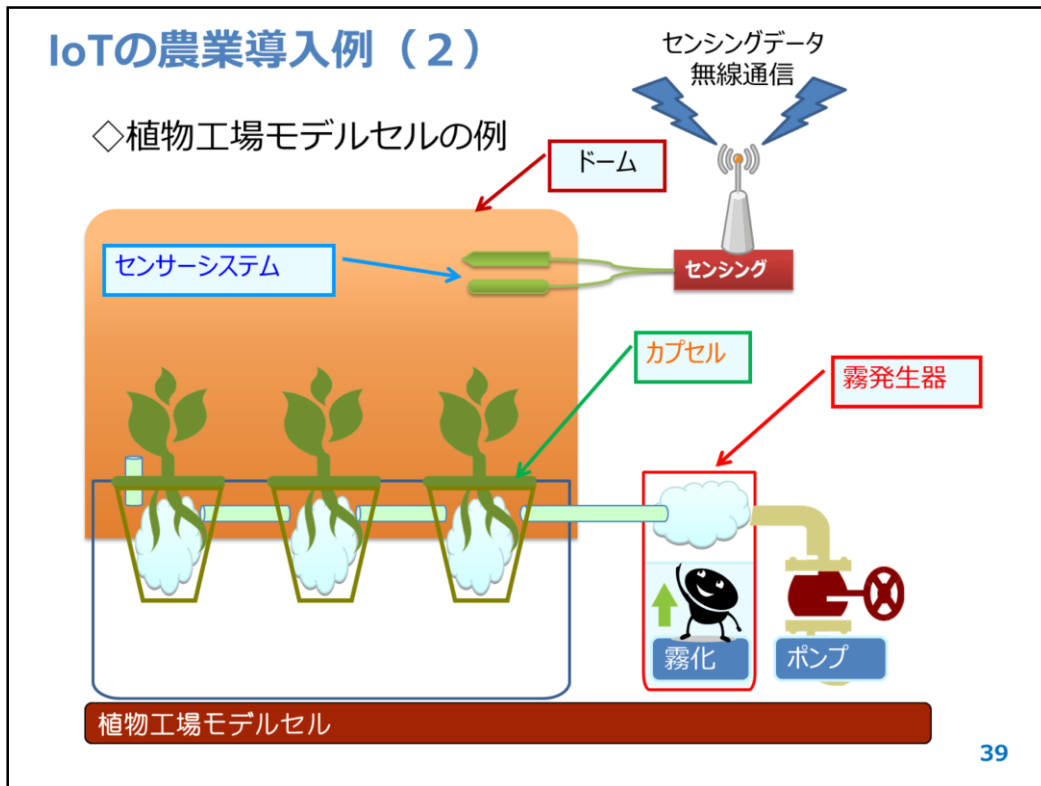
※独自アプリ開発可

38

◇IoTを農業に導入する例（1）EnOcean

図は、ドイツ:ミュンヘンの会社が提供している無線技術を使ったセンサーで、エンオーシャンと呼びます。もともと、ドイツのジーマンスという会社の研究所で開発された技術を使っていますが、そのメンバーらがスピノフして設立した会社が現在、この技術や製品を提供しています。日本ではロームが、総代理店になっています。写真の物は、長さ約5cmで、スプリングの様なアンテナが飛び出ています。基板の片面には小さな太陽光発電用のパネルがあり、蛍光灯程度の明るさがあればどこでも無電源で計測をして、測定値を無線送信できるものです。ただし、マイクロ太陽光発電ですから、頻繁に通信ができないので、1～数分に1回程度の計測と通信に限られます。

受信機は、USBメモリの様なスティックで、PCに接続すると、仮想COMポートとして認識されて、COMポート経由で出た受信ができます。アプリケーションも、芽かき公開の無償の物が提供されており、マルチチャンネルで多数のセンサを取り扱えるようになっています。必要であれば、シリアル通信のアプリケーションを開発することで、自由にシステムを構築することが可能です。



◇IoTを農業に導入する例（2）植物工場モデルセル

実際の植物工場を用いて実験することは容易にできません。そこでモデルを設計しそこにIoT技術を応用する実装を行った実施例を示します。

一般の植物工場は殆どが水耕栽培によって植物を栽培しています。しかし、水は重く、一度水路を作ると、変更が難しいうえに、

水路中に藻やカビなどが発生しない様に管理するのは、とても手間のかかる事です。そこで、水の代わりに、霧を用いた植物栽培の実験モデルを設計し、実際に植物を栽培しました。

図は、その模式図です。

システムは、植物を栽培するカプセルと、それを固定するドーム、フォーム内環境を計測するセンサーシステムと霧発生装置などから成っています。

霧発生装置は、ポンプによりエアを送られるので、空気の流れて従って、チューブで連結されたカプセル内を順次移動して、養分と水分を植物に与えます。

IoTの農業導入例（2）

◇霧発生装置と霧搬送システム

◇容器に水を入れ(600cc)
霧化ユニットとポンプの電源を
入れてみましょう。



- ポンプ流量 2リットル／分
- 霧化量 300ml／h
- 霧化器容量 940ml

40

◇IoTを農業に導入する例（2）植物工場モデルセル

◇霧発生装置と霧搬送システム

霧は、水に超音波振動を加えて得ることができます。タンク内で霧を発生させて、そこにエアポンプで空気を送り込み、霧搬送ができます。

- ポンプ流量 2リットル／分
- 霧化量 300ml／h
- 霧化器容量 940ml

IoTの農業導入例（2）

◇完成した植物工場モデルセル



41

◇IoTを農業に導入する例（2）植物工場モデルセル

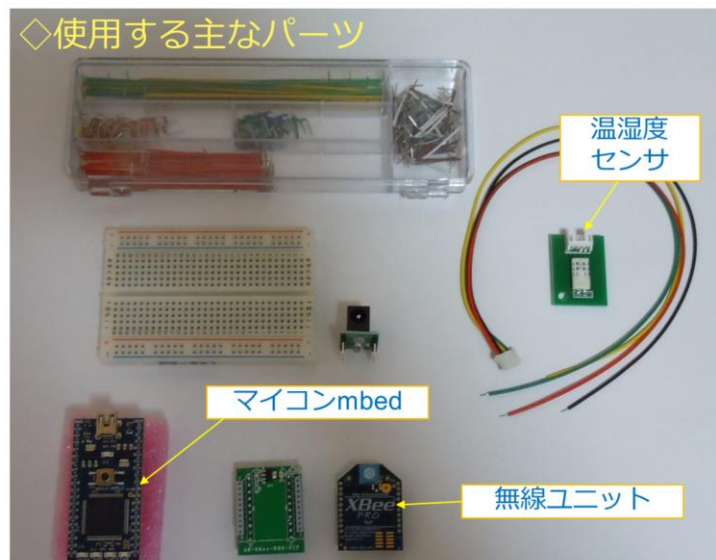
◇霧搬送システムでカプセルに霧が送られます。一定時間するとカプセルの内面には、結露ができます。植物の根には、細かい根毛があり、そこに結露することで根から養分と水分を取り込みます。カプセルは、霧が大気中に逃げるのを防ぐ働きもします。

図のカプセル上部に空いている穴に、発芽した種子をスポンジ材などで挟み、定植します。

IoTの農業導入例（2）

センサーシステムの主要パーツ

◇使用する主なパーツ



42

◇IoTを農業に導入する例（2）植物工場モデルセル

◇センサーシステム主要パーツ

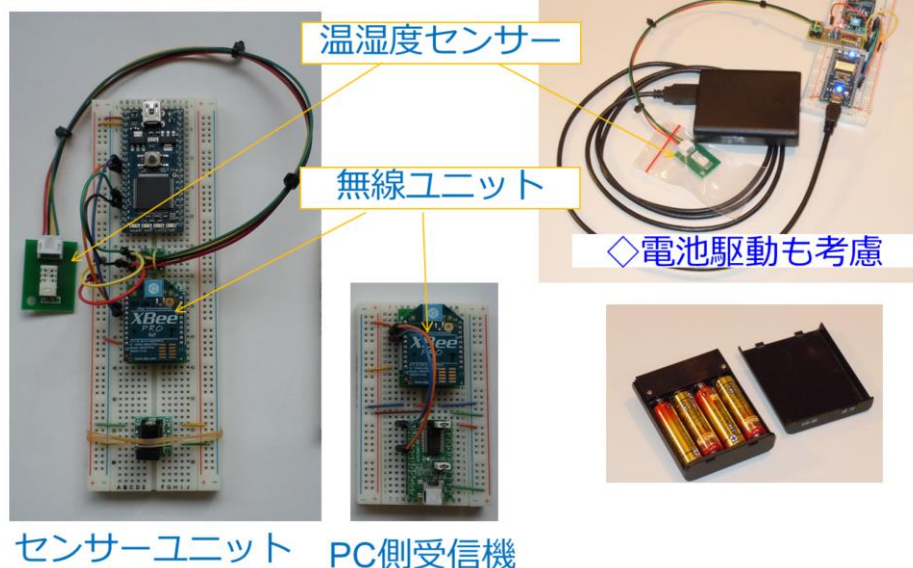
センサは、温湿度が1つのパッケージになったセンサを利用します。このセンサをマイコンにつなぎ、植物工場モデルセル内部の環境を計測します。

取得したデータは無線ユニットを介してシリアル通信で対向機(PC利用)に送信し、ロギングします。

PC側には、汎用のシリアル通信ソフトを導入し、受信したデータでログ記録を行えば、後にExcelなどで、グラフ化や分析が行えます。

IoTの農業導入例（2）

センサーシステムの作成例



43

◇IoTを農業に導入する例（2）植物工場モデルセル

◇センサーシステム制作例

図は、作成したセンサーユニットの様子です。マイコンは、プログラムを書込む際、PCに接続するためのUSBコネクタがあります。そのまま使用する場合、そこから電源が供給されますが、USBケーブルに電池を接続することで、移動可能になります。

IoTの農業導入例（3）

◇酒店（酒米を自主生産している）

200年の伝統をITアシスト!
日本酒
エレクトロニクス
第1回 重要工程①「米麴作り」時の温度センシング

用出 勲 穂

写真1 ストップコック一転後温度を測る

写真2 米と水の温度を測る

写真3 米と水の温度を測る

写真4 ストップコック一転後温度を測る

写真5 米と水の温度を測る

写真6 米と水の温度を測る

写真7 米と水の温度を測る

写真8 米と水の温度を測る

写真9 米と水の温度を測る

写真10 米と水の温度を測る

写真11 米と水の温度を測る

写真12 米と水の温度を測る

写真13 米と水の温度を測る

写真14 米と水の温度を測る

写真15 米と水の温度を測る

写真16 米と水の温度を測る

写真17 米と水の温度を測る

写真18 米と水の温度を測る

写真19 米と水の温度を測る

写真20 米と水の温度を測る

写真21 米と水の温度を測る

写真22 米と水の温度を測る

写真23 米と水の温度を測る

写真24 米と水の温度を測る

写真25 米と水の温度を測る

写真26 米と水の温度を測る

写真27 米と水の温度を測る

写真28 米と水の温度を測る

写真29 米と水の温度を測る

写真30 米と水の温度を測る

写真31 米と水の温度を測る

写真32 米と水の温度を測る

写真33 米と水の温度を測る

写真34 米と水の温度を測る

写真35 米と水の温度を測る

写真36 米と水の温度を測る

写真37 米と水の温度を測る

写真38 米と水の温度を測る

写真39 米と水の温度を測る

写真40 米と水の温度を測る

写真41 米と水の温度を測る

写真42 米と水の温度を測る

写真43 米と水の温度を測る

写真44 米と水の温度を測る

写真45 米と水の温度を測る

写真46 米と水の温度を測る

写真47 米と水の温度を測る

写真48 米と水の温度を測る

写真49 米と水の温度を測る

写真50 米と水の温度を測る

写真51 米と水の温度を測る

写真52 米と水の温度を測る

写真53 米と水の温度を測る

写真54 米と水の温度を測る

写真55 米と水の温度を測る

写真56 米と水の温度を測る

写真57 米と水の温度を測る

写真58 米と水の温度を測る

写真59 米と水の温度を測る

写真60 米と水の温度を測る

写真61 米と水の温度を測る

写真62 米と水の温度を測る

写真63 米と水の温度を測る

写真64 米と水の温度を測る

写真65 米と水の温度を測る

写真66 米と水の温度を測る

写真67 米と水の温度を測る

写真68 米と水の温度を測る

写真69 米と水の温度を測る

写真70 米と水の温度を測る

写真71 米と水の温度を測る

写真72 米と水の温度を測る

写真73 米と水の温度を測る

写真74 米と水の温度を測る

写真75 米と水の温度を測る

写真76 米と水の温度を測る

写真77 米と水の温度を測る

写真78 米と水の温度を測る

写真79 米と水の温度を測る

写真80 米と水の温度を測る

写真81 米と水の温度を測る

写真82 米と水の温度を測る

写真83 米と水の温度を測る

写真84 米と水の温度を測る

写真85 米と水の温度を測る

写真86 米と水の温度を測る

写真87 米と水の温度を測る

写真88 米と水の温度を測る

写真89 米と水の温度を測る

写真90 米と水の温度を測る

写真91 米と水の温度を測る

写真92 米と水の温度を測る

写真93 米と水の温度を測る

写真94 米と水の温度を測る

写真95 米と水の温度を測る

写真96 米と水の温度を測る

写真97 米と水の温度を測る

写真98 米と水の温度を測る

写真99 米と水の温度を測る

写真100 米と水の温度を測る

図1 温度管理のグラフ

図2 温度をモニターすることで効率よく米を蒸らす

図3 センサー(SHT10)とESP8266の接続回路

図4 温度管理のシステム構成

図5 温度管理のシステム構成

図6 温度管理のシステム構成

図7 温度管理のシステム構成

図8 温度管理のシステム構成

図9 温度管理のシステム構成

図10 温度管理のシステム構成

図11 温度管理のシステム構成

図12 温度管理のシステム構成

図13 温度管理のシステム構成

図14 温度管理のシステム構成

図15 温度管理のシステム構成

図16 温度管理のシステム構成

図17 温度管理のシステム構成

図18 温度管理のシステム構成

図19 温度管理のシステム構成

図20 温度管理のシステム構成

図21 温度管理のシステム構成

図22 温度管理のシステム構成

図23 温度管理のシステム構成

図24 温度管理のシステム構成

図25 温度管理のシステム構成

図26 温度管理のシステム構成

図27 温度管理のシステム構成

図28 温度管理のシステム構成

図29 温度管理のシステム構成

図30 温度管理のシステム構成

図31 温度管理のシステム構成

図32 温度管理のシステム構成

図33 温度管理のシステム構成

図34 温度管理のシステム構成

図35 温度管理のシステム構成

図36 温度管理のシステム構成

図37 温度管理のシステム構成

図38 温度管理のシステム構成

図39 温度管理のシステム構成

図40 温度管理のシステム構成

図41 温度管理のシステム構成

図42 温度管理のシステム構成

図43 温度管理のシステム構成

図44 温度管理のシステム構成

図45 温度管理のシステム構成

図46 温度管理のシステム構成

図47 温度管理のシステム構成

図48 温度管理のシステム構成

図49 温度管理のシステム構成

図50 温度管理のシステム構成

図51 温度管理のシステム構成

図52 温度管理のシステム構成

図53 温度管理のシステム構成

図54 温度管理のシステム構成

図55 温度管理のシステム構成

図56 温度管理のシステム構成

図57 温度管理のシステム構成

図58 温度管理のシステム構成

図59 温度管理のシステム構成

図60 温度管理のシステム構成

図61 温度管理のシステム構成

図62 温度管理のシステム構成

図63 温度管理のシステム構成

図64 温度管理のシステム構成

図65 温度管理のシステム構成

図66 温度管理のシステム構成

図67 温度管理のシステム構成

図68 温度管理のシステム構成

図69 温度管理のシステム構成

図70 温度管理のシステム構成

図71 温度管理のシステム構成

図72 温度管理のシステム構成

図73 温度管理のシステム構成

図74 温度管理のシステム構成

図75 温度管理のシステム構成

図76 温度管理のシステム構成

図77 温度管理のシステム構成

図78 温度管理のシステム構成

図79 温度管理のシステム構成

図80 温度管理のシステム構成

図81 温度管理のシステム構成

図82 温度管理のシステム構成

図83 温度管理のシステム構成

図84 温度管理のシステム構成

図85 温度管理のシステム構成

図86 温度管理のシステム構成

図87 温度管理のシステム構成

図88 温度管理のシステム構成

図89 温度管理のシステム構成

図90 温度管理のシステム構成

図91 温度管理のシステム構成

図92 温度管理のシステム構成

図93 温度管理のシステム構成

図94 温度管理のシステム構成

図95 温度管理のシステム構成

図96 温度管理のシステム構成

図97 温度管理のシステム構成

図98 温度管理のシステム構成

図99 温度管理のシステム構成

図100 温度管理のシステム構成

◇IoTを農業に導入する例（3）酒店の例

図は、日本酒の酒蔵で米麴造り際の温度管理をIoTで行おうと取り組んでいる例です。実はこの記事の筆者は、酒の材料となる米から作っている農家でもあります。もともとIT技術を学んでいて、一度は企業に勤めた方が、後継ぎとして農家を継ぎ、既に持っていたIT技術と、【その後の学び直しで得たIoTの技術】を生業に活かすパターンは、少しずつですが増えています。

図のシステムの内容は、米麴の菌が繁殖する際に発する熱による、温度上昇を常に管理できるように、測定した温度を無線で通知して、離れていても環境が把握できるようにするためのシステムです。先に示した、植物工場モデルセルのセンサーシステムもそうですが、今後、クラウドやWEBサービスと結び付けて、データ履歴も取得しながら管理ができるようなシステムに発展するでしょう。

IoTの農業導入例（4）

◇トラクターの自動運転技術の事例

本実証で導入・実証する製品・技術(水田輪作体系での自動運転トラクターの利用効果実証)

導入製品・技術名称 メーカー・研究機関名

製品・技術概要
 (本技術導入で実証しようとする事項)
 1. 135PSクラス大型トラクターでの
 耕うん(ロータリに加えスタブル
 カルチ等の牽引型作業機)作業
 を全自動で行う。
 2. 夜間自動運転が可能であることを
 実証する。

自動運転トラクター			
ベーストラクター+ロータリ			(135PSクラスを想定)
RTK-GPS+IMU	部品購入		
自動運転・自動作業装置(試作)	改造試作業		
走行・作業制御装置(補機)	(安全確保用カメラ、データ通信機材)		
稼働情報記録装置			
取付台座			
導入スケジュール	自動運転・夜間・走行可能トラクター試作 走行・作業制御装置試作完了 稼働情報記録装置実証		

45

◇IoTを農業に導入する例（4）自動運転トラクターへの応用

上図は、公開されている自動運転トラクターの仕様です。キャビンの屋根上には、衛星電波を受信するGPS用アンテナが設置されていて、この中にはマイコンが内蔵されています。現在では準天頂衛星システム「みちびき」などにも対応したものになっており、この実証実験よりさらに精度が向上しています。また、自動ステアリング装置やコントローラにもマイコンが内蔵されて、ネット通信が行われています。広大な農場の多い北海道では、政府の精密農業推進の動きと共に、トラクターを複数台従連自動運転を行い、圃場を一度トラクターが動けば、一連の耕作作業が終わるような取り組みも行われています。

IoTの農業導入例（４）

◇トラクターの自動運転技術の事例



46

◇IoTを農業に導入する例（４）自動運転トラクタへの応用

図は、自動運転トラクタのキャビン内の様子です。中央にあるハンドルは、通常は人が操作して舵を切り方向変換をします。自動運転時は、操舵も自動になりハンドルの根元にある自動操舵システムが、舵を切ります。旋回器は、大型特殊車両にあるものと同じです。急な旋回を必要としたり、自動で行う必用の無い場所では、旋回器で操舵します。ガイダンスシステムは、自動運転についての各種指令入力とシステムからの応答・表示を見る物です。

自動運転の指示にはシステムによってその方法がいくつかあります。一番手間のかからないシステムは、圃場の内側(または周囲)を手動操舵で一回りすると、システムが自動的に圃場の位置と大きさ形を認識して、畝間(畝と畝の間)、速度、耕うん深さ・・・etcを指示すれば、ボタン一つ押せば、トラクターが自動で綺麗に作業してくれます。畝の終端で旋回することがトラクターの自動運転にとっては、難しいようで、直進は自動化、旋回は手動で行うシステムもあります。

「それでは、無人にならないではないか！！」と、思われるかもしれませんが、それでも農家の方は助かるのです。なぜかと言うと、一般にトラクタなどの機械による耕うん作業などは、難しく、慣れた方でないと綺麗に圃場整備が行えず、熟練した人だけしかできませんでしたが、旋回が手動でも、直線部分が均一に高精度に作られれば、農業生産には問題なく、だれでも圃場整備ができることになり、結果として人手不足の解消に役立つ訳です。

IoTの農業導入例（4）

◇田植え機の自動運転技術の事例



◇IoTを農業に導入する例（4）自動運転トラクタへの応用（田植え機の自動運転）

図は、実験的に行っているのですが、圃場に水がありませんが、実際の田圃は、田植えの際に水張がされています。そこで、田植え機を直線的に、圃場の形状に沿って運転することは、なかなか難しいそうです。田植えの際にも、GPSを利用して高精度で苗が植えられていきます。何故、田植え時に高精度が必要なのかと言うと、植えられた苗は、夏に向けて順調に育つと、「分けつ」と言って、稲が株わかれをして本数が増えます。1本の苗が数十本に増えるのです。すると、断面積も広がります。田植えの精度が悪いと、分けつした後、稲の列が左右に大きくうねって、収穫時にコンバインのレーンに取り込まれずに、取りこぼされてしまう稲が出てきます。広ければ広いほど、また、分けつが多いほど（よく育っているほど）取りこぼしが多くなってしまいます。これを防ぐために、高精度に田植えを行う必要があります。

IoTの農業導入例（4）

◇田植え機の自動運転技術の事例



◇IoTを農業に導入する例（4）自動運転トラクタへの応用（田植え機の自動運転）

図は、運転者の手元のアップです。両手は、膝の上に置いた形で、旋回器にもふれていません。水を張った田圃で真直ぐに田植え機をコントロールすることも、慣れない人では難しく、稲を育てる以前の機械田植えが出来る人が限られてしまうのでは、農業になりません。そこで、田植え機の自動運転機能が効果を発揮します。先に紹介したトラクターの事例もそうですが、この自動運転システムは、キットが販売されていて、既存のトラクタや田植え機に後から取り付けることができるものがあります。と言う事は、機械を買い替えても、付け替えればよいので、農家にとっては大変好都合です。

IoTの農業導入例（4）

◇ロボットトラクター



49

◇IoTを農業に導入する例（4）自動運転トラクタへの応用

図は農水省のトラクター自動運転技術実証事業で公開されたロボットトラクターです。写真にはオペレータが写っていますが、よく見ると両手は膝の上に在り、何も操作していません。実証実験で周囲に人が沢山いますので、安全のためにオペレータが載っていたものです。ではどこで操作しているのかというと、トラクターに搭載されたコンピュータシステムが、畑をどのように耕すかを判断して、数cmの位置精度で自動走行しています。人の大きさと左下のタイヤのカーブを比べると、トラクタの大きさもおおよそ分かりますね。このトラクターは大きなものですが、もっと低出力のトラクタの自動運転も行われています。圃場面積に合わせた選択が可能です。キャビン内の天井部分には、遠方と広報に向けたカメラが搭載されていて、次に説明する管制部でリアルタイムに、圃場の様子が把握できるようになっています。

IoTの農業導入例（4）

◇ロボットトラクター



50

◇IoTを農業に導入する例（4）自動運転トラクタへの応用

◇ロボットトラクター管制部

キャビンに取り付けたカメラにより、図の様に離れているロボットトラクター管制部にも、トラクターからの映像や、計器類の指針、耕うん状態などがリアルタイムで送られてきます。これらすべてがIoT技術の成果と言えるでしょう。

管制部は、圃場から離れた場所に設営されていて、そこからトラクタに対して指示を出すこともできます。自動運転のトラクターなのに、何故管制部があるのかと疑問に思う方が居るかもしれません。図の管制部は、トラクタを1台管制するためにあるのではなく、複数台を同時管制するためにあるのです。北海道では既に実施例の多い、従連自動トラクタ運転ですが、一人の人が従連する2台のトラクタを管制するだけでなく、複数のトラクタや田植え機などの設備を、管制することが、目的の管制部です。

この管制部は、将来は動き回る機械だけが対象ではなく、例えばロボットコンバインなどが収穫した米をトラックに移して、乾燥炉に搬入するなどの場合、設備側にもカメラやセンサなどを取り付けて、収穫時の水分量から乾燥炉の時間設定を自動変更したりするよような、農作業全般にわたって人の代わりに、仕事ができるようになることを目標としています。

※この実証実験では、管制部は圃場の横に停止した軽自動車の後部座席に設営されていて、図に見えるように、旋回器もあり、トラクタキャビンからの画像を見ながら、リモートで運転することも、自動運転することも可能になっていました。

IoTの農業導入例（5）

◇GPS

- ◇トラクタ等の自動運転が可能になった要素技術
- ◇全地球測位システムというアメリカの軍事技術
- ◇24個の衛星が地球を回っている。
- ◇複数個の衛星からの電波を受信し、位置を特定。
- ◇自動車・船舶・航空機などで利用。
- ◇測量・プレート運動・地殻変動の計測に利用
- ◇2地点間の水平相対位置精度 → 1cm
- ◇同高度差 → 数cm
- ◇農業機械（トラクタなど）に搭載するシステム。
耕作地を正確に移動しながら、土壌を瞬時に
検査し施肥濃度等をピンポイントで調整する等。
→ 精密農業を実現するIT技術の一つ。

51

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

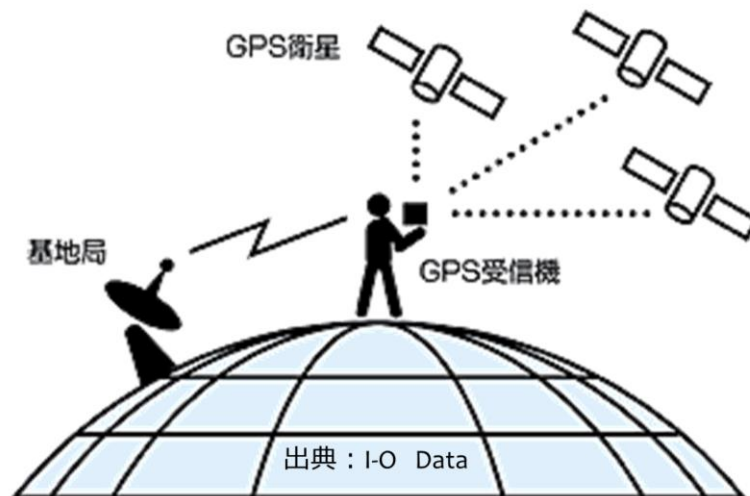
◇GPSとは

- ◇全地球測位システム Global Positioning Systemを指しています。
- ◇米国が打ち上げた24個のGPS衛星のうち、4個以上からの電波を同時に受けて、船舶・航空機・自動車などが自分の位置を知る装置。2地点間の相対位置を水平距離で1cm、高度差で数cmの精度で測定できるため、測地測量、プレート運動の実測、地震や火山の活動に関する地殻変動の観測などにも使われています。
- ◇農水省は、「強い日本の農業」を目指す取り組みの一つとして、精密農業を掲げています。GPSを用いた正確な測位によって、耕作地を自動で移動し、土壌の栄養分などを寸時に測定、肥料濃度の自動調整をピンポイントで行うようなシステムの開発を進めています。北海道など、比較的面積の広い圃場を耕作する市域では、EUに匹敵する300ヘクタールを超える規模の営農家が多く出現しており、既に実用域に達しています。アメリカ製の農業機械を試験導入したり、していましたが、既に説明したようにトラクターなどの自動運転の精度がGPSによって高精度になって、精密農業に貢献しています。

IoTの農業導入例（5）

◇地上局による位置補正

◇ディファレンシャルGPSサービス (位置情報補正サービス)



52

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

◇ディファレンシャルGPSサービス(位置情報補正サービス)：

GPSによる測位だけでは、そこから得られる位置情報に数10～数100メートルの誤差が生じてしまいます。走行中の車などでの使用であれば、その程度の誤差は瞬時に移動してしまうため問題になりませんが、歩行時での使用などではかなりの誤差になるのでその影響は無視できません。全国に設置されたGPS基地局からの信号によって、その誤差を補正するシステムが、ディファレンシャルGPSです。GPS基地局は固定されていて、あらかじめ座標が分かっている固定局です。その固定局でGPS測位を行い、そのズレで補正する方法です。

◇RTK-GPS(Real Time Kinematic GPS)：

ディファレンシャルGPSの固定局での補正值をリアルタイムに移動局に送信し、移動局では測位した位置をリアルタイム補正するというもので、この方法により精度が格段に向上します。数cm。

※既に説明したトラクター自動運転ではこのRTK-GPSが使用されています。

◇これまでは、基地局設置と運用には多くの費用が必用でしたが、個人で固定局を設置できるシステムが開発されて、既に固定局・移動局用ユニットが数万円で入手できるようになりました。移動局と固定局間の通信は、無線器またはインターネットを用いています。また、個人で設置した固定局情報を複数の移動局で使えるようにするための仕組みも考えられています。

IoTの農業導入例（5）

◇GPSの応用事例

GNSSを利用したUGVの自動運転
(UGV：Unmanned Ground Vehicle)



53

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

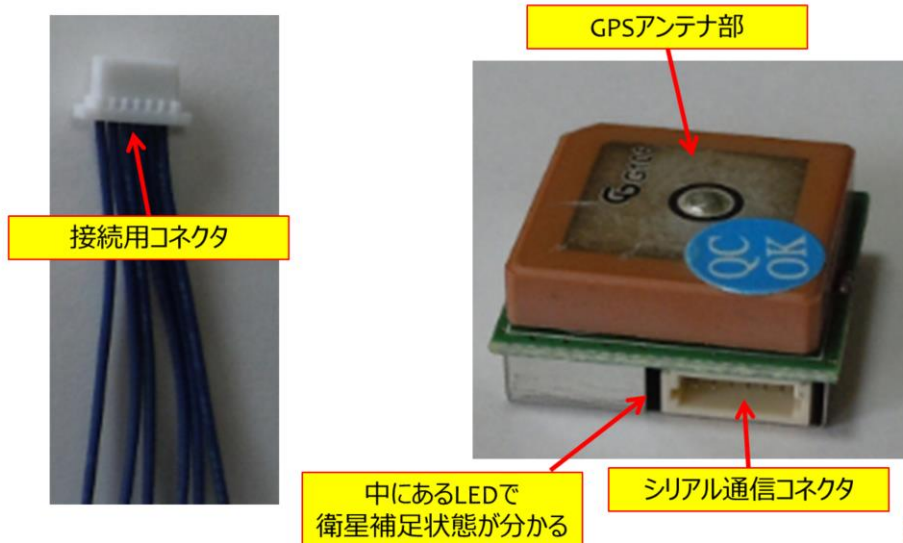
ハウス内をGNSSの位置情報をもとに自動で進みながら液剤を散布するUGV無人農業用車両(UGV:Unmanned Ground Vehicle)

※GNSSとは、従来アメリカのGPS衛星を利用した測位の誤差を、多数の衛星電波を同時に受信することにより、測位精度を飛躍的に向上させるものです。衛星電波が受信できる場所であれば、写真のようにハウス内でも利用ができて、その精度が生かせます。(狭いところほど精度が必用)

IoTの農業導入例（5）

◇GPSセンサーを利用した測位実験の例

◇コネクタを利用してPCなどと接続します。



◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

◇後に説明する各種マイコンモジュールで、GPSセンサを実際に使用して、自分の位置を測位して記録するシステムを、比較的容易に作成することができます。

図は、マイコンやPCののシリアルポートに直接接続できるGPSセンサです。2000円程度で、容易に入手できます。PC、またはマイコン側では、シリアル通信の受信部分をプログラムすれば、GPS衛星からの情報を受信できて、そのデータ(文字列)を解析すれば、座標や時刻などが分かります。

IoTの農業導入例（5）

◇GPS衛星の電文 NMEA0183フォーマット

- ◇CSV形式である
- ◇先頭は\$GPで、メッセージIDが続く
- ◇\$GPGGA → UTC（※）測位時刻
- ◇\$GPRMC → 緯度・経度・進行方位・速度
- ◇\$GPGSA → 捕捉している衛星番号など
- ◇\$GPVTG → 進行方位・速度
- ...

※UTC: Coordinated Universal Time
(協定世界時) 世界標準として使用されている標準時

55

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

- ◇NMEA0183フォーマットという様式でGPS衛星からのデータが送信されています。その要点を下記します。
- ◇GPS受信機からは、カンマ区切りのASCII文字列(要するにCSV)として情報が送られる。
- ◇一つのセンテンスがあまり長くないよう配慮され、多くの衛星を捕捉して大量のデータがある場合、複数のセンテンスに分割して送られる。
- ◇各センテンスは、\$GP に始まり、メッセージIDが続き、カンマ(,)で区切られた一つ以上のデータフィールドが続き、改行(CRLF)で終わる。
- ◇\$GP に続く「メッセージID」がそのセンテンスの意味を表わしている。次のようなものがよく使われている。

\$GPGGA - Global Positioning System Fix Data
\$GPRMC - Recommended Minimum Specific GNSS Data
\$GPGSA - GNSS DOP and Active Satellites
\$GPVTG - Course Over Ground and Ground Speed

\$GPGLL - Geographic Position, Latitude and Longitude
\$GPGSV - Satellites in View
\$GPZDA - Time & Date

※世界標準として使用されている標準時が UTC : Coordinated Universal Time (協定世界時) です。 JST (日本標準時) は UTC + 9 時間となっています。

IoTの農業導入例（5）

◇NMEA電文センテンスの意味

-NMEA0183フォーマットの例-
[GGA]

\$GPGGA,015153.20,4344.77249,N,14223.38761,E,2,08,1.1,138.8,M,28.8,M,1383.2,0129*7C

①測位時刻(UTC) ②緯度 ③経度 ④GPSのクオリティ 0:受信不能 1:単独測位 2:DGPS ⑤受信衛星数
⑥HDOP ⑦平均海面からのアンテナ高度(m) ⑧WGS-84楕円体から平均海面の高度差(m)
⑨DGPSデータのエイジ(秒) ⑩DGPS基準局のID ⑪チェックサム

[RMC]

\$GPRMC,015153.20,A,4344.77249,N,14223.38761,E,0.02,34.15,100708,04.1,E,D*60

①測位時刻(UTC) ②ステータス A:有効 V:無効 ③緯度 ④経度 ⑤対地速度(ノット) ⑥進行方向(度, 真北)
⑦日付(UTC) ⑧地磁気の偏角 ⑨モード A:単独測位 D:DGPS, N:無効 ⑩チェックサム

56

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

センテンスの意味

◇図にセンテンス文字列の構成を示します。

以下は、カラムの意味を説明しています。

◇GGAセンテンス

Global Positioning System Fix Data — 時刻、緯度経度、標高、測位状態などの基本情報

\$GPGGA,150737.000,3568.6156,N,13975.9678,E,1,08,0.00,48.1,M,00.0,M,,*5B

カラム 意味 例

1 データ形式 \$GPGGA

2 測位時刻(UTC) 150737.000

3 緯度 3568.6156

4 N:北緯

S:南緯 N

5 経度 13975.9678

6 E:東経

W:西経 E

7 GPSのクオリティ

- 0:受信不能
- 1:単独測位
- 2:DGPS 1
- 8 受信衛星数 08
- 9 HDOP(Horizontal Dilution of Precision) 0.00
- 10 平均海水面からのアンテナ高度 48.1
- 11 上記の単位(m) M
- 12 WGS-84楕円体から平均海水面の高度差 00.0
- 13 上記の単位(m) M
- 14 DGPSデータのエイジ(秒)
- 15 DGPS基準局のID
- 16 チェックサム *5B

◇RMCセンテンス

Recommended Minimum Course ー 時刻、緯度経度、速度、時期偏差情報

\$GPRMC,150737.000,A,3568.6156,N,13975.9678,E,0.54,0.00,010412,*,*0B

コラム 意味 例

- 1 データ形式 \$GPRMC
- 2 測位時刻(UTC) 150737.000
- 3 データの有効性
 - A:有効
 - V:無効 A
- 4 緯度 3568.6156
- 5 N:北緯
 - S:南緯 N
- 6 経度 13975.9678
- 7 E:東経
 - W:西経 E
- 8 対地速度(knot) 0.54
- 9 進行方向 0.00
- 10 日付(UTC):2012年4月1日 010412
- 11 磁気変動
- 12 地磁気の偏角
- 13 モード
 - A:単独測位
 - D:DGPS
 - S:シュミレーション
 - N:無効
- 14 チェックサム *0B

◇WPLセンテンス

WayPoint ー Waypoint情報

\$GPWPL,3568.615,N,13975.967,E,TP0278*41

カラム 意味 例

- 1 データ形式 \$GPWPL
- 2 緯度 3568.615
- 3 N:北緯
S:南緯 N
- 4 経度 13975.967
- 5 E:東経
W:西経 E
- 6 Waypoint名称 TP0278
- 7 チェックサム *41

◇VTGセンテンス

Course Over Ground and Ground Speed — 移動速度に関する詳細情報

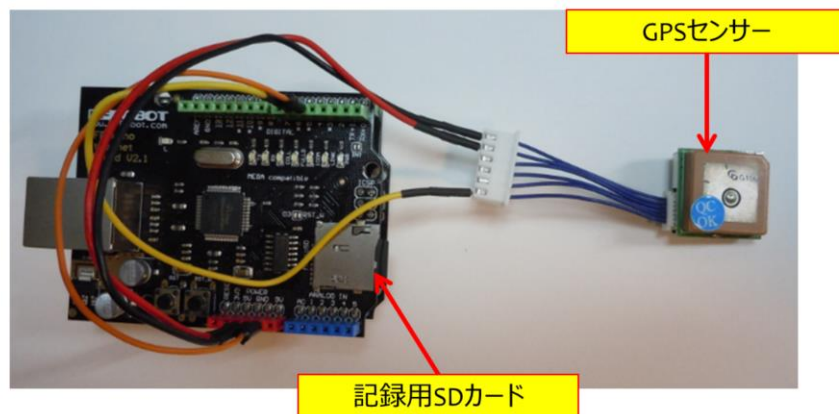
\$GPVTG,0.000,T,0,M,2.160,N,4.000,K*51

カラム 意味 例

- 1 データ形式 \$GPVTG
- 2 移動方向 0.000
- 3 上記の方位基準 T
- 4 移動方向 0
- 5 上記の方位基準 M
- 6 対地速度 2.160
- 7 上記の単位(knot) N
- 8 対地速度 4.000
- 9 上記の単位(Km/h) K
- 10 チェックサム *51

IoTの農業導入例（5）

◇Arduinoボードを使用した GPSによる移動経路記録システム



57

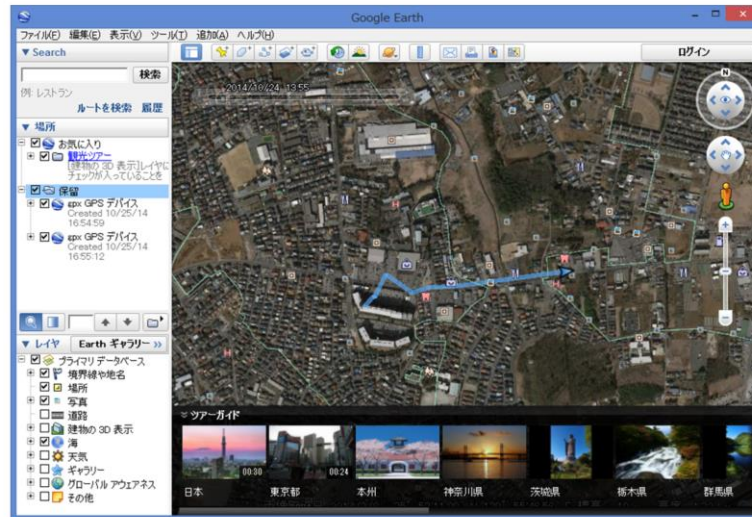
◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

図は、作成したGPSによる移動経路記録システムの様子です。

◇このシステムでは、SDカードが利用できるArduinoシールドを接続して、位置情報を記録します。USBケーブルで電池駆動して、屋外での移動経路を記録しました。

IoTの農業導入例（5）

◇GPSの応用事例－Google Earthによる移動経路表示



58

◇IoTを農業に導入する例（5）GPS

◇SDカードに記録されたデータは、Google Earthで読み込むことができ、マウス操作だけで移動経路を表示できます。

3. IoT

◇利用しやすいマイコンの例ーPICAXE (ピカクス)

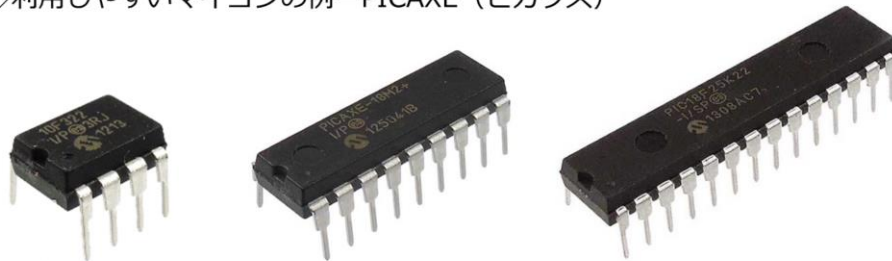


FIGURE 1: 6-PIN DIAGRAM, PIC10(LF320/322

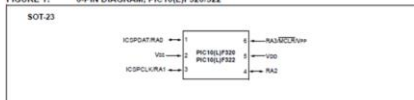


FIGURE 2: 8-PIN DIAGRAM, PIC10(LF320/322

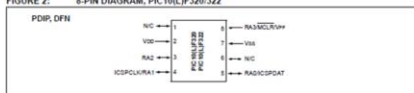


TABLE 2: 6 AND 8-PIN ALLOCATION TABLE (PIC10(LF320/322)

IO #Pin	#Pin	Analog	Timer	PWM	Interrupts	Pull-ups	CWG	NC0	CLC	Basic	ICSP
RA0	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RA1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RA2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RA3	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NC	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NC	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VDD	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VSS	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



59

3. IoT

◇IoTシステムで利用しやすいマイコンの例をいくつか紹介します。

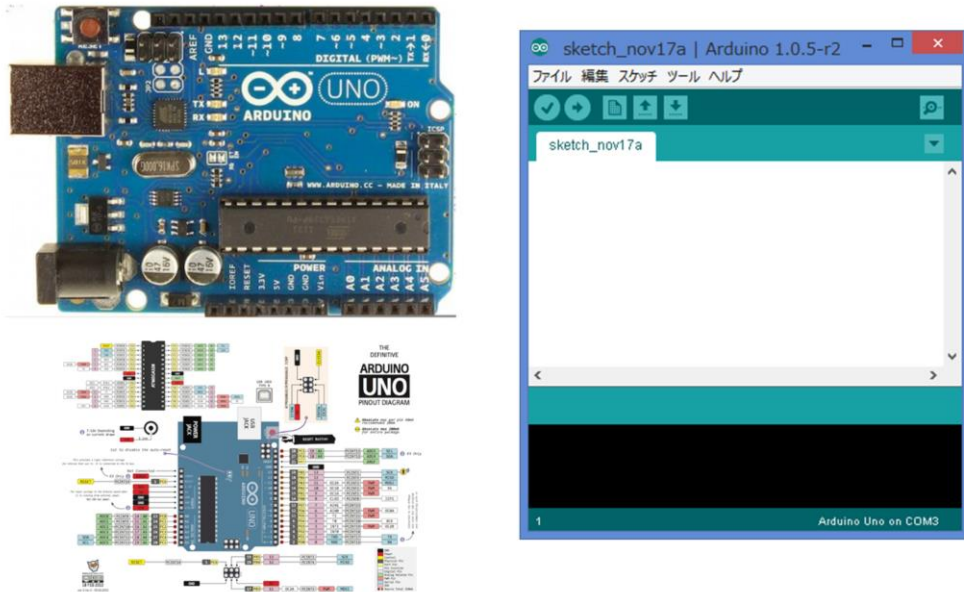
①. PICAXE

イギリスのRevolution Education Ltdという会社が開発した教育用マイコンチップです。マイクロチップ社のPICと言うマイコンに専用OSをインストールしたもので、開発言語としてPICAXE Basicが提供されています。提供開始からすでに10年以上経過していて、PICAXEチップ自体の単価も安く(300円~1000円程度)複数種類のチップが開発されていて、日本でも容易に入手できます。高校生程度の教育目的で開発されましたが、複雑なシステム向きではありませんが、開発環境もすべて無償で公開されていて、アニュアル類も整備されて、サンプルも豊富にあるので、実際に使ってみると、すう~っと、PICAXEの世界に入り込めます。開発環境が、日夜更新されて、versionアップが来る返されているもとは異なり、落ち着いているので、最初の導入・試行にはもってこいのチップです。プログラミング環境は、図右下のPICAXE EDITORが公開されていて、PICAXE BASICという言語で記述しますが、このPICAXE EDITORは、フローチャートやブロックによるプログラミングにも対応していて、小中高生にも理解しやすい環境が整っています。PICAXE BASICでは、割込処理も記述できるので、処理速度は遅いものの、マイコン全般の機能を学ぶには最適です。

IoTデバイスとして必須の通信機能としては、PICAXE自体にシリアル通信I/Fがあり、これを利用して外部モジュール(後に記載:無線マイコン)を介した無線通信やLANやインターネットへの接続を行うことができます。

3. IoT

◇利用しやすいマイコンの例ーArduino (アールデュイーノ・アルディーノ)



60

②. Arduino

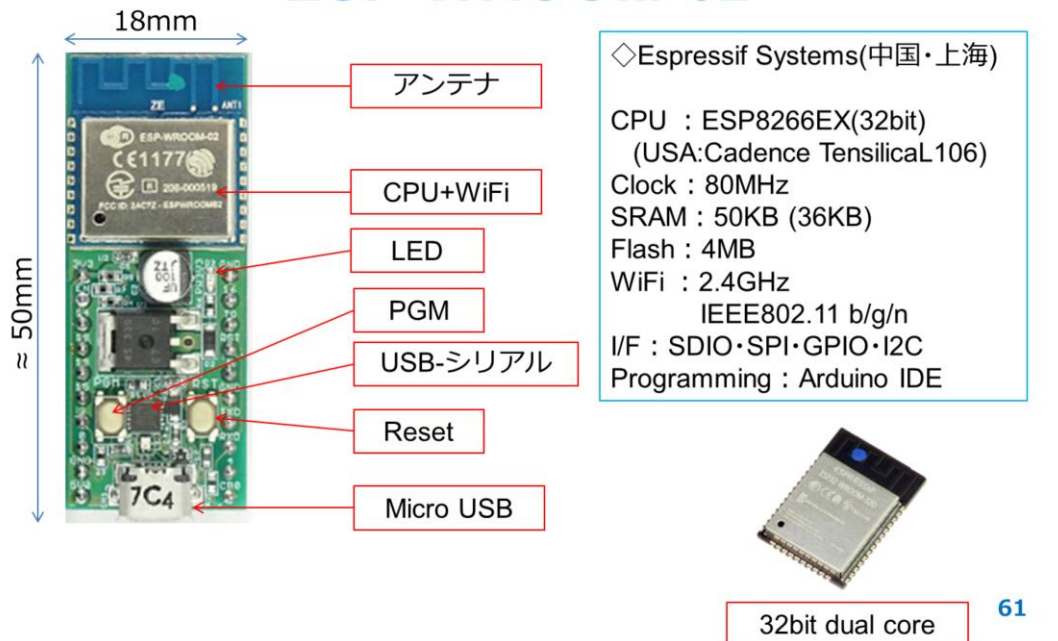
イタリアで、安価なプロトタイピングボードとして開発されたもので、2005年からプロジェクトが開始されました。図に示すArduinoUnoボードをはじめとする、多くの規格のArduinoボードの仕様が公開されているので、多数の国の、多数のメーカーの競争で大変安価に入手できるマイコンボードとなっています。開発環境はArduino IDE(図右下)が公開されていて、IDE中央の白いウインドウにC言語(一部C++機能もあり)でプログラムを記述します。マイコンへの書込みは、PCとUSBケーブルで接続して、コンパイル～書込み迄、1クリックで行えます。この利便性が他のマイコンボード開発にも伝搬した結果、このIDEは、マイコン開発の標準の姿となっています。多くの利用情報がネット上で盛んに公開されており、このボード単体では実現できないものは、ボード上に配置されているピンソケットで、シールドと呼ばれる基板を積重ねる(スタックする)ことで、機能拡張を行います。シールドや外部デバイスを開発しているメーカー各社が、自社製品のArduino用プログラム(スケッチと言う)と利用しやすい形にまとめたライブラリを公開しており、短時間で実現したいシステムのプロトタイプが開発できます。

ライブラリや対応しているマイコンボードも続々公開されています。IDEへのライブラリの新規追加・更新は、IDE上のクリックだけでできるようになっています。インターネットへの接続はボード単体では出来ませんが、拡張シールドをスタックすることと、該当するシールドのライブラリを追加する事で、比較的容易にIoTデバイスが完成します。

3. IoT

◇利用しやすいマイコンの例—ESP-WROOM-02

ESP-WROOM-02



③. WiFiマイコン ESP-WROOM-02

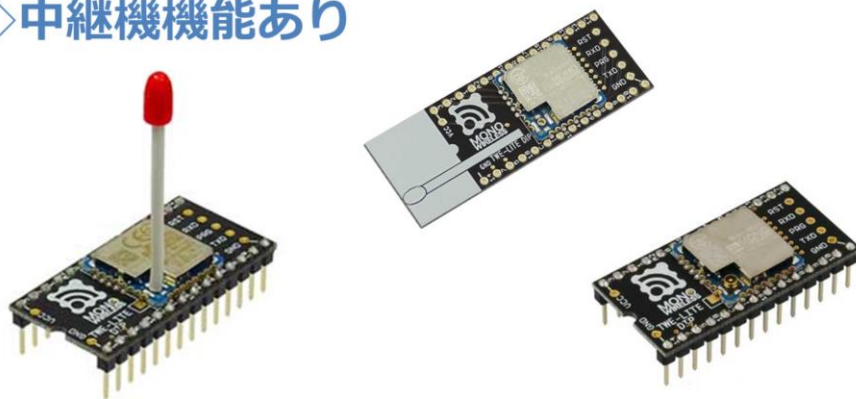
図は、中国:上海のEspressif Systems社が開発し提供しているWiFi機能を持つマイコンです。既に日本国内の技術的号を取得しているため、WiFiを安心して利用できます。このマイコンボード単体でWiFiに接続できて、プログラム次第でインターネットへの接続・通信ができます。開発環境は、既に説明したArduino IDEがそのまま利用できます。Arduino IDEのボードマネージャとライブラリマネージャで、該当のマイコンボードと必要なライブラリをインストールすると、スケッチ(プログラム)のサンプルが利用できるため、これらを元にして、僅かな変更でインターネットへの接続プログラムが開発できます。また、このマイコンボードに対応するWEBサービスプロバイダが、多くのシステムサンプルを公開しているため、それらを組み合わせることで目的のシステムへと、発展させることができます。

このWiFiマイコンボードは、単体で2000円程度で、容易に入手できて、3.3Vまたは5Vの電源に対応しているため、電池駆動のIoTデバイスシステムを開発することができます。さらに、高性能の32bit dual coreモジュール(図右下)も提供開始されていて、こちらも技適取得済みです。同じIDEで開発できます。このWiFiマイコンは、IoTデバイスの開発を爆発的に促進しています。

3. IoT

◇利用しやすいマイコンの例ーTWE-Lite (トワイライト)

- ◇出荷時に標準アプリ書き込み済み
- ◇配線するだけで使える
- ◇中継機機能あり



62

④. 無線マイコン TWE-Lite

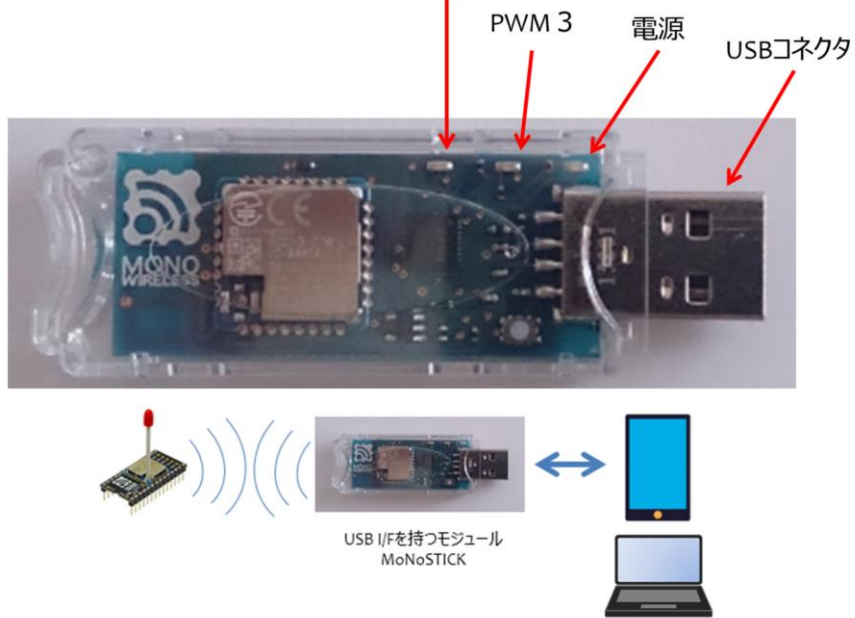
上図は、TWE-Lite(と書いてトワイライトと読む)無線マイコンモジュールです。金属のパッケージ内部に無線ユニットとマイコンユニットを内蔵しているので、このモジュール1台で無線通信のできるマイコンとして機能するように設計されています。写真中央のものは、白くプリントされた部分(アンテナの絵)の裏側にアンテナパターンが配置されているので、写真左側のようにアンテナ突起物がなくて、コンパクトになっています。右側のモジュールは、アンテナを外部に接続するための小さなコネクタが取り付けられているものです。同じ環境で無線通信距離を伸ばしたいときに利用します。無線通信距離性能は、約900mです。

このモジュールは、出荷時に標準の機能を持つアプリケーションが書き込み済みとなっています。この標準アプリケーションの機能範囲での利用であれば、配線をするだけで無線マイコンモジュールとして使用することができます(プログラミングレス)。無線というと送信機と受信機の間での通信を行うわけですが、このモジュールは設定を行えば、送信機と受信機の間に入って中継器として働き、全体での通信距離が伸ばせるという機能があります。中継機としては、送信機と受信機の間には2台まで設定できる設計となっています。

この無線マイコンは、1台およそ2000円で、マイコン内部のアプリケーションを書き換えて、単なる無線通信アダプタとして利用すると、既に説明したPICAXEのように無線機能を持たないマイコンでも、その機能を付加できます。

3. IoT

◇利用しやすいマイコンの例ーTWE-Lite MoNoStick DO 1



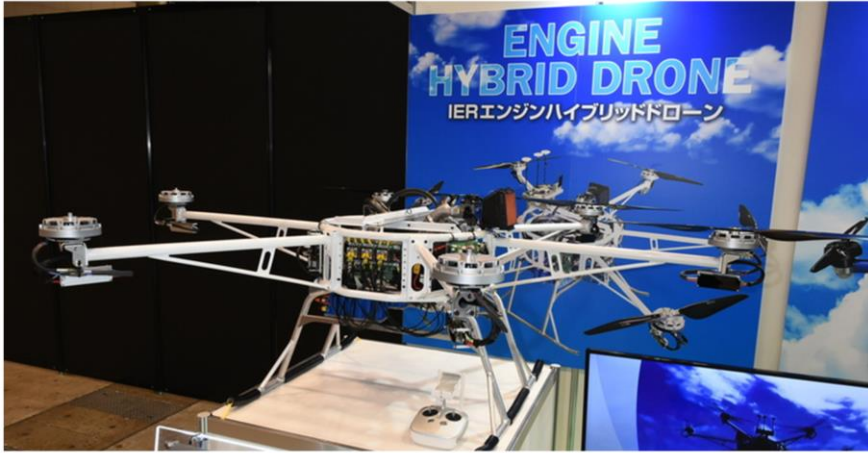
63

⑤. 無線マイコン TWE-Lite MoNoStick

この無線マイコンには、USB接続のできる機器が開発されています。このモジュールを使用することで、無線マイコンモジュールとPCやスマートフォンが連携するシステムを作ることができます。図はMoNoStickモジュールです。USBコネクタがあり、これでスマートフォンに接続をします。一見USBメモリとそっくりな外観です。内部には基板があり、無線マイコンモジュールと同様に金属ケースが中央にあります。この中にマイコンユニットと無線ユニットが入っています。基板左側のメーカーロゴが印刷されているあたりの裏側にアンテナパターンが配置されていて、無線通信が行えます。USBコネクタの付け根部分の上側には、小さいLEDが配置されています。それぞれ、電源、PWM3(PWM出力の3番)、DO1(デジタル出力の1番)のLEDです。スマートフォンとの連携は図の下ようになります。スマートフォンやPCからはこのMoNoStickは、シリアル通信ポートとして認識されます。スマートフォン、PCでシリアル通信からインターネットへのゲートウェイ機能を果たすアプリケーションを作れば、無線マイコンの長距離無線機能を活かしたIoTデバイスシステムが構築できます。

4. ドローン

◇エンジンで発電した電力でドローンのモーターを駆動するという、ハイブリッドドローン



◇12kgの最大積載量で2hrの飛行が可能

64

4. ドローン

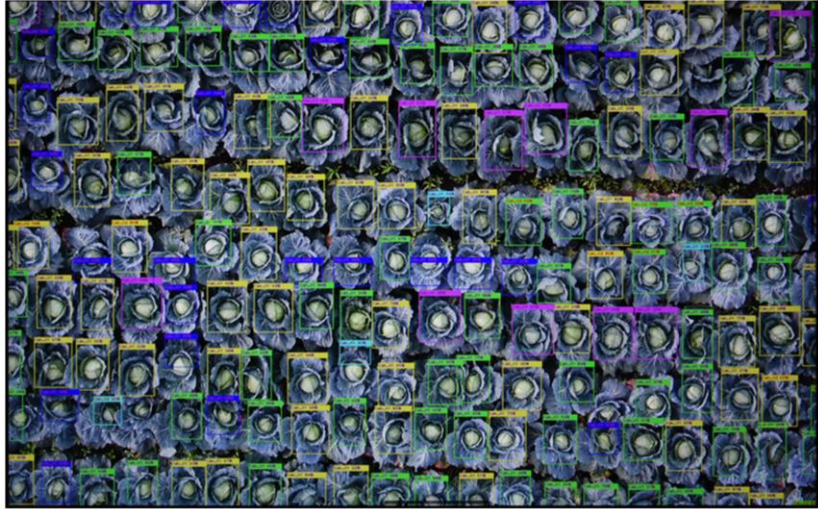
農業利用で要求される最大積載量と長時間飛行に対応して、大型化が目覚ましいドローンです。薬剤散布など対象物を運搬する機能が必要な作業では、最大積載量と飛行時間の長時間化が望まれています。それに対応してドローンは大型化しています。1機あたり数約万円から1千万円のラジコンヘリに匹敵するような機体も現れつつあります。

図は、フレームがすべてマグネシウム製となった、エンジンハイブリッドドローンです。エンジンハイブリッドと言うのは、日産自動車のe-POWERシステムと同じように、発電用にエンジンを積んで、その電力でロータを回転させるものです。写真の機体は、4ストローク単気筒350ccエンジンを搭載し、4～5リットルのガソリンで最大12kgのペイロードを擁して1時間程度の飛行が可能なものだそうです。最長では180分以上の飛行が可能で、物資輸送や測量、撮影に利用することができます。エンジンハイブリッド方式であれば、発電した電力を一度バッテリーに溜めてからモーターで消費するので、発電用のエンジンが停止しても、しばらくの間は、飛行が継続できます。しかし、このような機体は機体自体が重く大きいものとなるので、離発着場所は周囲に十分な安全空間の取れる、相当広い場所が必要になり、自然と広大な農地でしか利用できなくなります。また、後追い気味の法律も、このような機体には厳密な規制が掛かるはずですから、利用者側で安全な操縦技術も当然ですが、十分広い範囲の学習が必用です。最終的には、公認ライセンスなどが必要になってくる対象機体と考えられます。

大型化が進む一方で、日本の農地はまだまだ狭い圃場が多いので、そのような場所でも自在に飛行が出来て、運用の容易なドローンが開発されれば、農業への利用促進がさらに加速するでしょう。

4. ドローン

◇ドローンで撮影した画像を解析して、キャベツの収穫量を推定している事例。



65

4. ドローン

◇カメラによる圃場の画像を様々な利用することも可能になってきました。

ドローンで撮影した画像から自動的にキャベツの株を大きさごとに分類してその数を数えるという事例が紹介されています。同様の応用で、圃場の作物の収穫量の推定を行うシステムなどが、早い時期にアメリカで開発されて、既に利用されています。アメリカのばあい農場の面積が日本とは比較にならないほど広大なので、ドローンではなく、航空機による画像撮影による診断が先に開発されて、どちらかと言うとドローンは、1区画の狭い日本の農業に向いているのかもしれませんが。

しかし、本体開発やカメラの能力、画像解析などの技術革新が早く、法律が後からついてくる現状は、早い時期に改善されなければなりません。

4. ドローン

- ◇ドローン用マルチスペクトルカメラの例
重さ約80gで、一度に4波長+RGB画像の撮像が可能。
ジンバルに搭載可能な重量。衛星による広すぎる地域の撮像
よりも、日本の農業に向いている。



66

4. ドローン

◇ドローンは、衛星などと比較すると、個別に利用しやすい資源です。衛星による複数波長の画像を処理して得られる有用な情報が、ドローン搭載のカメラでも可能になっています。カメラの価格はまだ数十万円しますが、衛星画像処理と比較すると、かなり安い費用で圃場単位のタイムリーな情報収集ができるようになってきました。図に示すのは、僅か80gのカメラです。軽量ですので、ドローンのペイロード(最大積載量)に与える影響が小さく、既に取り付けられているカメラとの交換利用も可能です。撮像した画像データは、衛星によるリモートセンシングと同じ要領で、画像処理します。