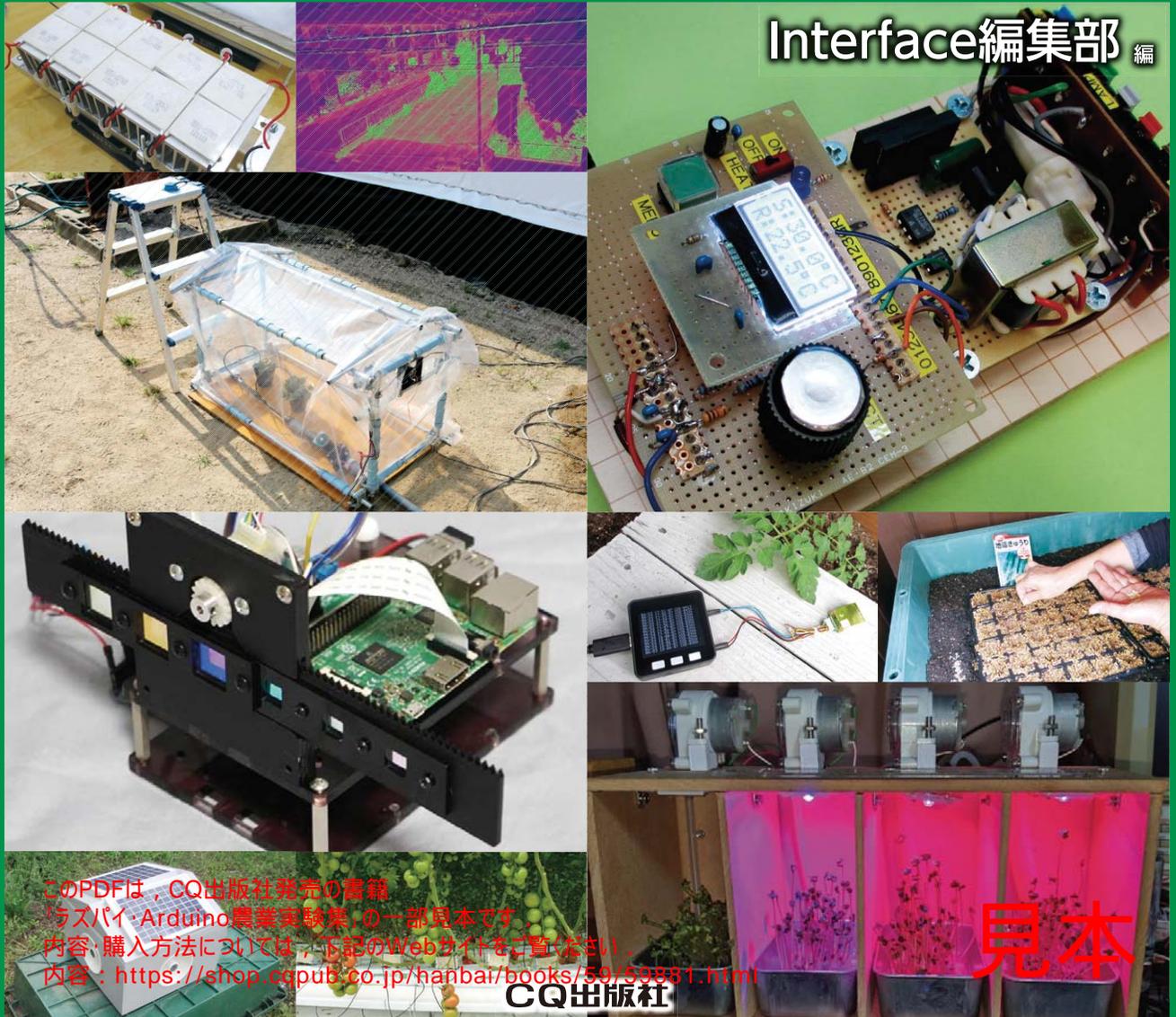




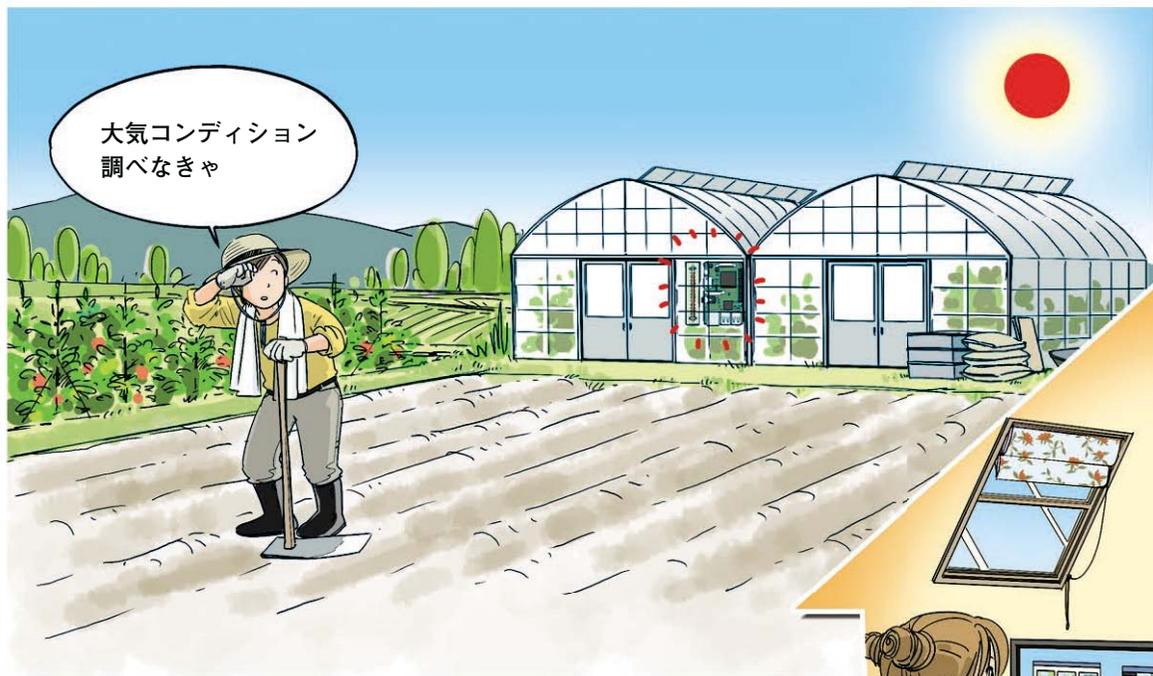
Raspberry Piからはじめるカメラ撮&IoT栽培

ラズパイ・Arduino 農業実験集



農業&自然センシングで 広がる世界

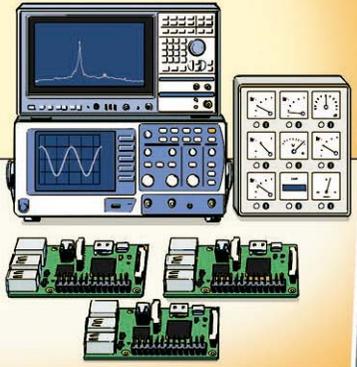
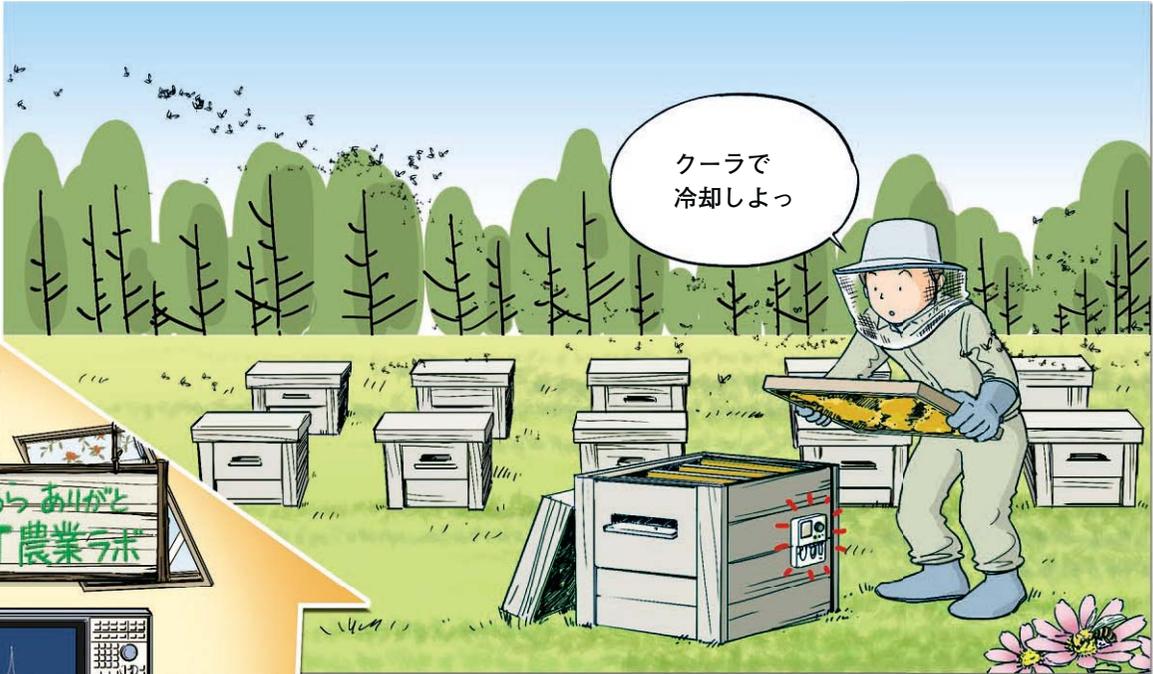
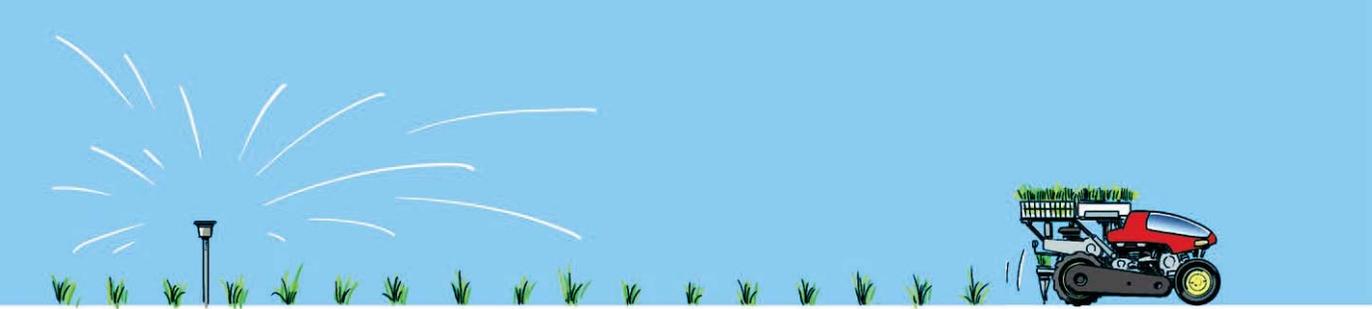
編集部



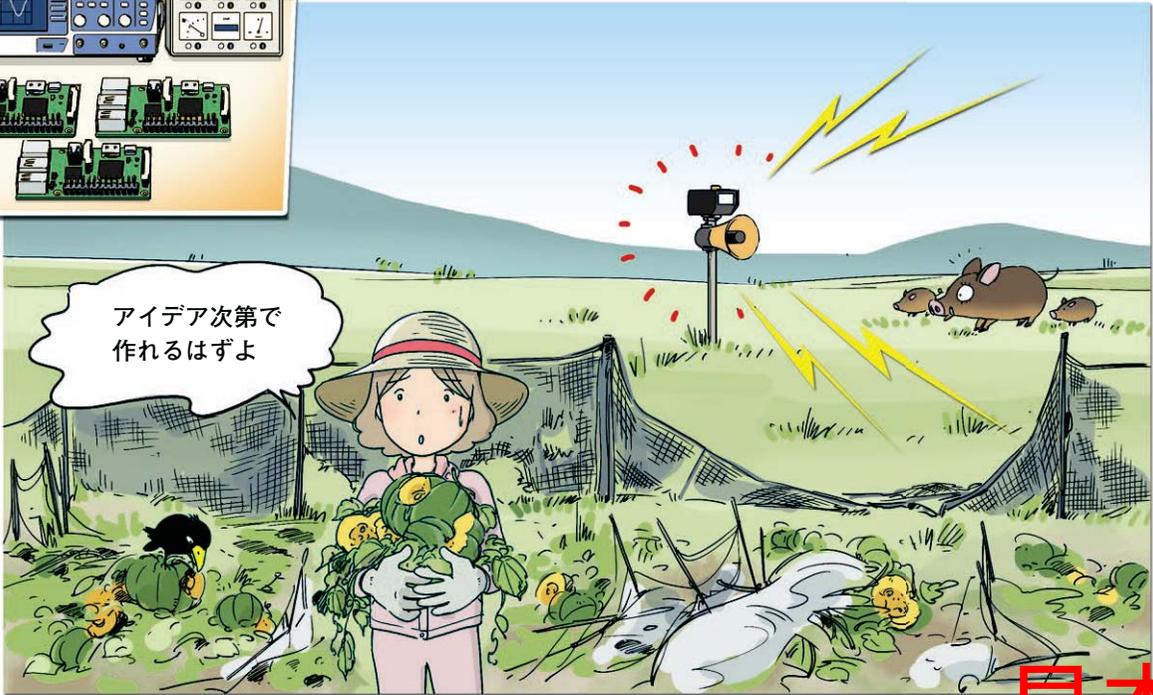
農業×エレクトロニクス



見本



世界は広がる



見本

永遠のテーマ 「水やり」自動制御装置

黒崎 秀仁



(a) 取り付けたところ



(b) 内部



(c) 水道管に電磁弁



(d) 今回の水やりターゲットになるカンキツ系の植物たち

写真1 農業 & 植物栽培の永遠のテーマ…自動水やり装置の自作に挑戦してみた

本稿では、農業 & 植物栽培の永遠のテーマともいえる「自動水やり制御」に挑戦してみます(写真1, 図1)

農業での永遠のテーマ「水やり」

● 水やりは現代農業においても悩ましい難題

人類が農業を始めてから、とても長い年月が経っていますが、人類はいまだに植物にどのくらい水を与え

たらよいか悩み続けています。その理由は幾つもあります。

まず、植物がどれだけ水を必要としているのかを、とても予測しにくいことがあります。植物が根から養分とともに吸い上げた水を光合成に利用して、気孔から水蒸気として放出することは蒸散作用として中学校で習います。しかし、どの程度水を吸うかは、土壌の状態、肥料濃度、葉面積、光、風、湿度などによります。

見本

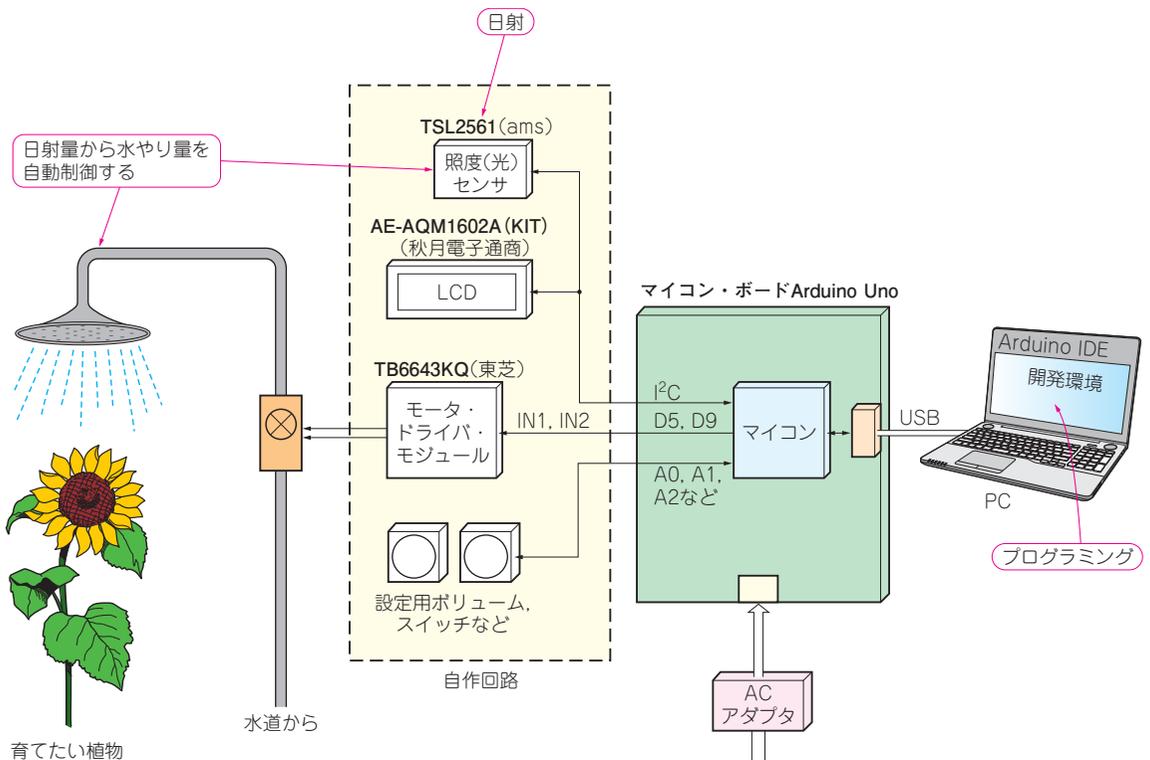


図1 自動水やり制御装置のハードウェア構成

な要因の影響を受けてしまい、予測することが困難です。

しかも、植物は能動的に気孔の開閉を制御していて、環境が悪化すると気孔を閉じて蒸散を停止してしまいます。ちゃんと水を吸えているのか、光合成できているのか、物言わぬ植物に聞くこともできません。

さらに厄介なことに、植物が欲するだけ幾らでも水を与えればよい、というわけでもないのです。水分を過剰に与えると果実の味は悪くなります。味が薄まってしまうのです。これはトマトなどの果菜類、果樹など果実を収穫し、食味が重視される作物で大きな問題になります⁽¹⁾⁽²⁾。

水やりを減らせば、果実の味は良くなりますが、だからといって、全く与えなければ植物は枯れてしまいますし、水が足りないと収量も減ってしまいます。これをギリギリのところまでコントロールするためのノウハウが無数に存在し、熟練した農家の腕の見せどころとなっています。いわゆる長年の経験と勘です。

水やり(灌水)制御方法あれこれ

● その1：タイマ制御

この難しい灌水を何らかの合理的な方法で自動化したいという要求は昔からありました。

最も簡単に灌水を自動化する方法は、毎日、決まった時間に一定時間弁を開くだけのタイマ制御です。雑な方法ですが、導入コストの安さから今でも非常に多く使われています。

● その2：タイマ+達人の手作業

しかし、これでは雨の日も晴れの日も同じように作動してしまい、細かく植物に与える水分を制御できません。そのため、熟練農家は最低限の水はタイマ制御で与え、後はその日の環境や植物の状態によって追加分を手動で灌水するという手の込んだことをやります。これはあまりにも初心者には難しいものです。

● その3：吸収した水の量を量る

他には、廃液を計測するという方法がありました。植物を鉢に植え、与えた水の量に対して、流れ出てきた水の量を量れば、どの程度、水が吸われたか分かります。これは、栽培ベッドなど廃液が回収可能な方法で栽培される作物に使われます。与えた水量に対して廃液が一定の割合になるようにすれば、植物に与える水量を合理的に制御できるはずなのですが、現在では廃液は容器にためて手作業で計測することが多いです。計測を自動化しようとする、廃液はゴミや肥料成分を含んでいるのでセンサの構造に気を遣いませ

見本

入門
IoT
画像
大気
土壌
アイデア

IoT簡易ビニールハウスの製作実験

安場 健一郎, 須田 隼輔

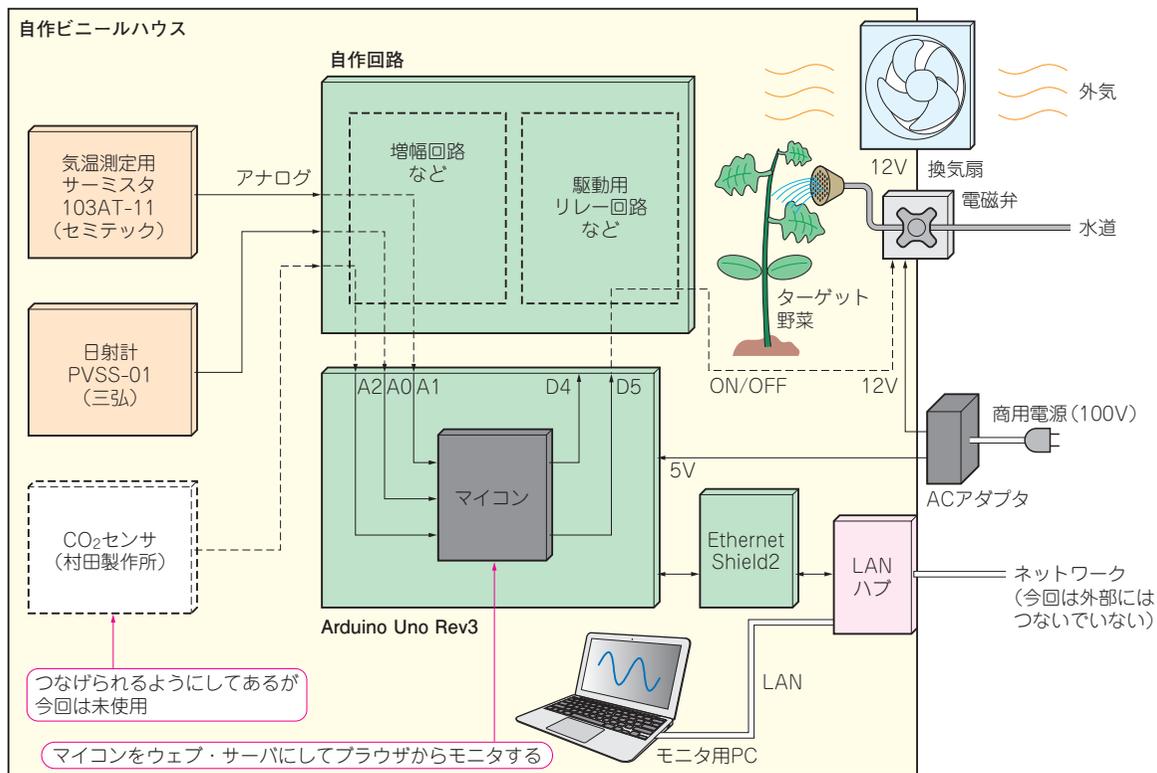


図1 自作ビニールハウス&制御システムの構成

農業で野菜などを作るのに、ビニールハウスなどを使って作物に雨が当たらないようにして栽培する方法があり、施設栽培と呼ばれています。皆さんの食卓に上っている、トマト、キュウリ、ナス、ピーマン、ホウレンソウなど多くの野菜がこういった施設で栽培されています。施設の中は、放っておくと冬は低温に、夏はかなりの高温になります。そのため、施設の中で冬は暖房をしたり、夏は換気をしたりしますが、それぞれ過度の温度調節をしないようにする必要があります。それを自動化すると、省力的に野菜を生産できるようになり便利です。

施設園芸の環境制御は、今まで手動もしくはタイマやサーモスタットなどで実施していましたが、最近で

はコンピュータ制御が普及し始めています。

しかし施設栽培用のコンピュータは概して高価です。施設で本格的に栽培するには長期間の安定性(すぐ壊れるようなものを使うことはできない)、正確性などが求められますので仕方ありません。

ただ、最近のラズベリー・パイやArduinoを利用すれば、かなり安価に施設の環境制御が可能になります。マイコンで収集したデータを後から解析することも簡単です。

今回、簡易なハウス栽培の環境制御をイメージして、Arduinoを利用して環境制御用のコントローラを製作し、短期間動作テストを試みました(図1、写真1、写真2)。

見本



(a) 自作したハウス



(b) 今回は取りあえず鉢植えに水やり(灌水)する

(c) 日射計

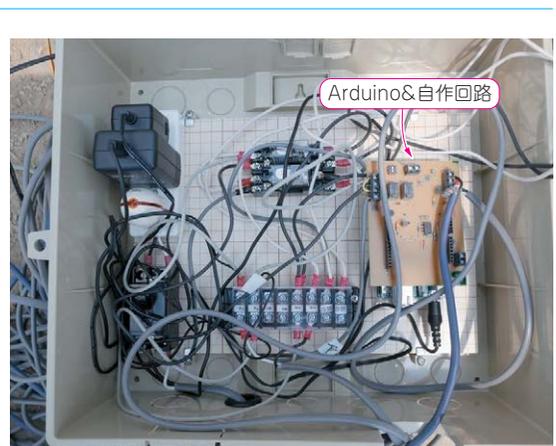


写真2 ビニールハウス制御装置も自作する

右の方にArduinoで作成したコントローラと自作の制御基板がある。換気扇と電磁弁を動作させるため、リレー回路を追加している

写真1 IoT農業の実験を手軽に行えることを目指して簡易ビニールハウスを自作する

(b)の右側にある電磁弁で灌水自体は制御し、電磁弁が開くと左の方にあるチューブを通して植物体に水が灌水される

ハードウェア

Arduinoを利用して、気温、日射量、CO₂濃度を測定して、換気扇と自動灌水を行うノードを作成しました。気温の測定にはサーミスタ103AT-11(セミテック)、日射量はPVアレイ日射計PVSS-01(三弘)を使用しました。CO₂センサは今回使用していませんが、今後は村田製作所のセンサを接続できるようにしました。これらのセンサは電圧で測定値を出力するため

(サーミスタは5V電源と10kΩの抵抗と直列に接続する)、センサ出力を必要に応じてOPアンプで増幅し、Arduinoのアナログ入力端子に接続しました。これらの測定値を基に、換気扇を動作させるようにします。日射量は積算値を計算し、設定した積算日射量を超えるごとに灌水を行います。

出力はリレー接点としています。今回換気は換

見本

マルチスペクトル植物カメラの自作に挑戦

エンヤヒロカズ

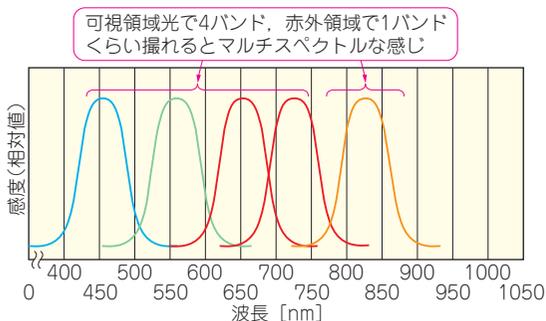


図1 特定の波長の光を複数撮影できるカメラをマルチスペクトル・カメラという
植物をはじめとする生体画像センシングで注目されている

植物の画像センシングで注目「マルチスペクトル・カメラ」

● マルチスペクトル・カメラとは

通常の広い波長領域ではなく、ある特定の波長領域のみの信号を複数取り出せるようなカメラが存在し、マルチスペクトル・カメラと呼ばれています。可視光領域を4以上(3の領域では通常のRGBカメラと同じなので、マルチスペクトルをうたうには少なくとも4

以上必要)の波長領域で独立した信号として取り出すことが可能です(図1)。

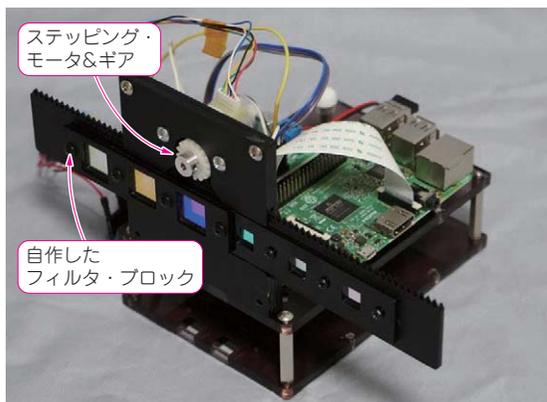
従来はこのようなカメラは特殊な光学系を用いて実現されており、高価で研究用途で用いられるものが多かったのですが、安価なフィルタが入手可能になり、イメージセンサの性能向上も相まって、農業分野でも使われることが増えてきているようです。しかしながら依然として通常のカメラよりは高価でなかなか手軽に試してみるという状況にはなっていないようです。

● ラズパイで安価なマルチスペクトル・カメラの自作に挑戦

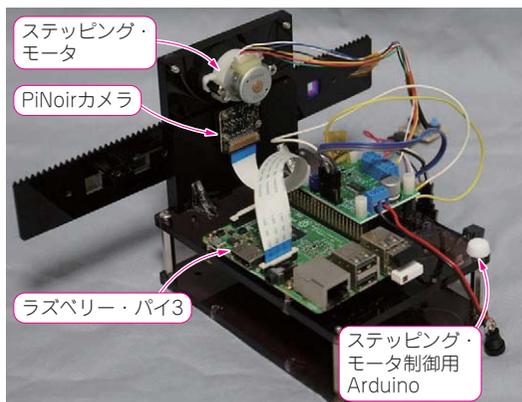
今回ラズベリー・パイ(Raspberry Pi)のカメラを用いてマルチスペクトル・カメラの製作にチャレンジしました(写真1)。ラズベリー・パイ用のカメラは安価かつ高性能で入手が容易というメリットがあります。またラズベリー・パイを使用することで、撮影後のデータ処理やネットワーク連携などの応用が容易に行えるというメリットがあります。

撮影した植物の植生状態を写真2に示します。

植物計測には赤外線の感度も重要ですので、カメラにはRaspberry Pi Camera Module 2 NoIR(以降、PiNoir)を使用しました(写真3)。



(a) カメラに重ねる光フィルタをステッピング・モータを動かして選択できる



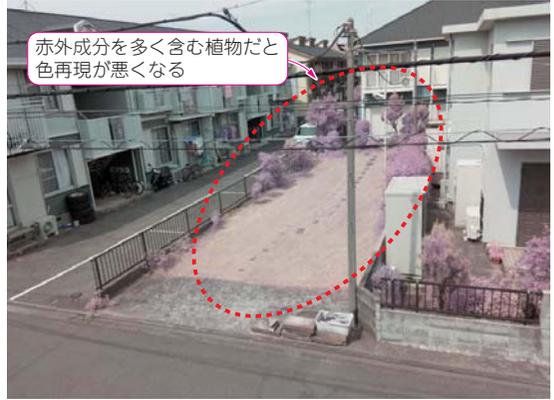
(b) ステッピング・モータの制御には今回Arduinoを使用

写真1 ラズベリー・パイと光フィルタを使って自作したマルチスペクトル・カメラ

見本



(a) 赤外線なし画像(赤外カット・フィルタIRCFあり)



(b) 赤外線あり画像(赤外カット・フィルタIRCFなし)

写真2 赤外線(IR)の有無で見え方がガラッと変わる特徴を生かすと植物センシングが行える

ラズパイ・カメラの基本的な分光特性

カメラは通常は赤青緑の光の3原色のデータを出力します。また近赤外線領域まで感度を拡張したPiNoirではRGBの各チャンネルに赤外線成分が重畳する形で信号が得られます。図2に一般的なCMOSイメージセンサの分光感度特性を示します。

R, G, Bの各チャンネル共におのおのの色に対応する波長領域を中心に広い波長帯域の光に対して感度を有しており、また800nmより波長の長い赤外線領域にも感度を有しています。通常のカメラ場合は赤外線遮断フィルタ(IRCF)が装着されており650nmより波長の長い領域の成分はカットされています。PiNoirはIRCFがありませんので、赤外線領域も光電変換されます。

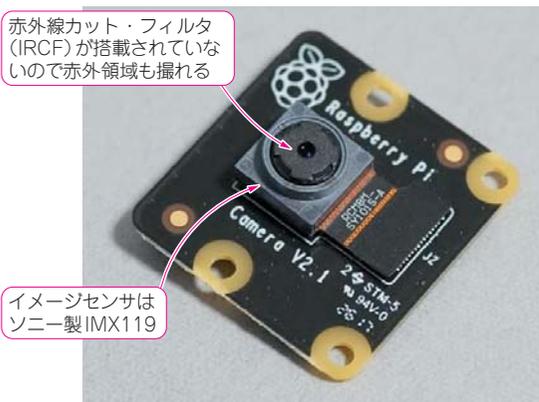


写真3 赤外線画像も撮影できるラズパイ用PiNoir V2で実験できる

特定波長の光を撮影するための光フィルタ

● 入手方法

今回の製作で一番重要な光学フィルタは、光学部品専門メーカ(セラテックジャパン)より購入しました。以下のウェブ・ページから個人でも購入可能です(URLは変更になることがある)。

<https://www.crtj.co.jp/sales/coating/>
 今回、可視光領域のダイクロイック・フィルタと赤外線バンドパス・フィルタ(700nm, 740nm, 810nm)を購入しました。購入から1週間以内で配達され、また1つ1つに検査データが付属していました。

● 波長領域

自然界にはさまざまな波長の光が存在します。植物の持つある特定の波長に対する反射の状態を取得することで植物の生育状態を知ることができると言われています。

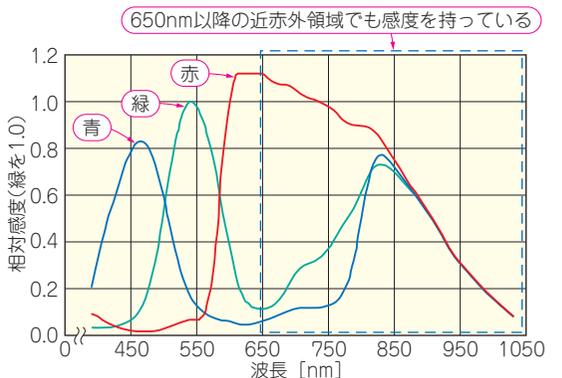


図2 CMOSイメージセンサの一般的な分光感度特性
 MT9V111(マイクロンテクノロジー)仕様書より

入門

IoT

画像

大気

土壌

アイデア

見本

ペルチェ冷却の実験研究

漆谷 正義



写真1 ペルチェ素子を使って温度センシング&冷却制御の実験を行う

上面は中が見えるようにプラスチックを貼ったが、現場では木製の蓋に交換する。積み重ねが可能である

● ペルチェ素子の一般的な用途

ペルチェ素子がよく使われるのはCPUの冷却です。また、電子冷蔵庫に使えばモータがないので騒音が気になりません。冷却と加熱が同じ素子のできるため、電子部品をチェックする恒温槽にも使われます。ここではペルチェ素子を使った冷却の基本実験を行ってみます。

きっかけ

● 日本に温暖化の影響あり

私たちは、ハチミツやローヤル・ゼリーはよく知っていますが、これを生産するハチミツ農家(養蜂家)の仕事はあまり目にするがありません。

筆者も同様で、特に養蜂に興味があったわけではありませんが、近隣の養蜂家からある相談を受けました。それは、最近の温暖化で、酷暑の時期にミツバチが死んでしまうということです。蜂は集団で一斉に羽根でおおいで巣を冷却します。しかし、あまりに温度が高くと、ハチの子と共にミツバチも死んでしまうそ



写真2 温暖化の影響で冷却の重要性が高まっている

うです。

この養蜂家の提案は、ペルチェ素子を使って2℃ほど冷やしたいとのことでした。ペルチェ素子はあまりなじみのない方が多いと思います。この養蜂家は、現役時代にFAロボットで有名な老舗の企業に勤務していたそうで、この分野(電気)に詳しく、ペルチェ素子で冷蔵庫(恒温槽)を作ったこともあるそうです。そこで、このアイデアを受けて、写真1のような冷却式養蜂箱を製作しました。また、ミツバチの天敵であるスズメバチが入らないような工夫も施しました。

今回のターゲット 「ミツバチ」について

● 生態と養蜂

ミツバチの種類には、ニホンミツバチとセイヨウミツバチがあります。現在、ハチミツ生産で利用されるのは、ほとんどが外来種のセイヨウミツバチです。

ニホンミツバチは、群れが常駐せず、集団で逃げることが多々あります。これに対し、セイヨウミ

注1: ミツバチが樹液に唾液を混ぜて作った巣の構成物質。抗菌作用があるので飲み薬として使われる。

動物にできるだけやさしい 撃退機を作る

漆谷 正義

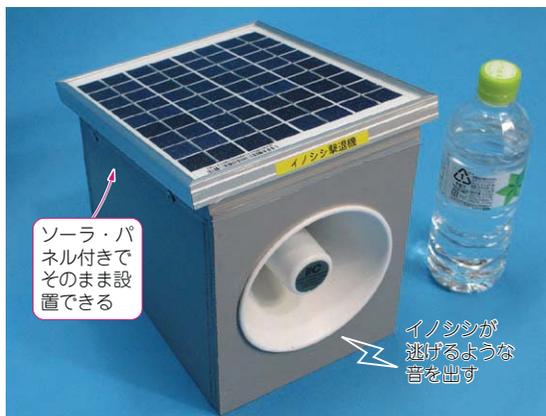


写真1 できるだけ動物にやさしい音声イノシシ撃退機
ソーラ・パネル型。出荷台数1200台超(執筆時点)

キッカケ

● 動物は学習する

イノシシ、シカなどによる農作物の被害は、過疎地ほど激しく、農業従事者の高齢化とあまって、事業縮小だけでなく、耕作放棄(農業からの撤退)も少なからず起きています。



図1 音で追い払うアイデアは昔からあるがイノシシが学習してしまう難点があった

害獣に対しては、電気柵や金網など種々の対策が講じられています。このうち、音声を利用した害獣駆除は、ラジオを鳴らす、爆竹音を出すなどがあります。しかし、効果が今ひとつで、害獣が学習してしまうのが難点でした(図1)。そこで写真1の最新型の「イノシシ撃退機」を作りました。イノシシを直接攻撃せず撃退できる、動物にできるだけ(?)やさしい装置です(図2)。

● ホンネ…若手エンジニア個人のやる気につながれば

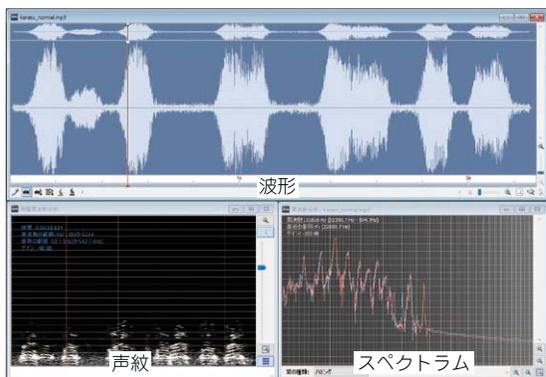
筆者は、地域の農家の協力で、害獣が苦しむ声を使った害獣駆除装置を開発・製作し、多数の農家の方に効果を確認していただきました。苦悶音だと害獣の学習効果も小さく、90%以上のユーザから「効果あり」と判断され、現在では、老後のライフワークとして同装置を製作・販売しています。

商売といっても、元手もなく、企画、設計、製造、販売を、全て1人でやっているの、製造の工夫や顧客対応、経理、お金の工面などの雑知識と馬力が必要です。このような経験は、個人で起業したいと考えておられる若いエンジニアの参考になるのではないかと思います。

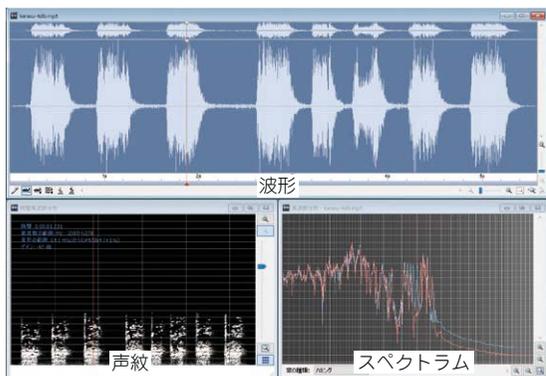


図2 改造版(写真1)はイノシシが捕獲を警戒していつも逃げにくれる

見本



(a) 通常の鳴き声



(b) 警戒時の鳴き声

図3 カラスには警戒しているときの鳴き声がある

動物にできるだけやさしい撃退機のアイディア

● 初代「カラス撃退機」

筆者は、田畑の多い田舎に住んでいるため、エレクトロニクスを応用して害獣駆除ができないかという相談を10数年来たくさん受けてきました。

中でも、以前実際に作った「カラス撃退機」⁽¹⁾(写真2)は、ソーラ・パネル搭載なので、畑に置いておくだけでよく、近くの農家からしばしば製作を頼まれました。警戒音には図3のように明らかなスペクトラムの差が見られます。それを利用してカラスの警戒音を鳴らすと、カラスが逃げ去るという原理です。

初め、回路はユニバーサル基板上で組んでいました。試作時期にパターンを起こすと、修正がきかない上に、コストや日数がかかります。不具合ゼロになってからCADに向かうのが得策です。

この「カラス撃退機」の配布は、格好のフィールド・テストになりました。圃場は、風雨にさらされる過酷な環境下ですので、予想外の不具合や故障が多数発生します。その都度、出かけたりに、返品されたりして、



写真2⁽¹⁾ 最初にしたカラス撃退機

効き目はあったけど、ケースが杉材で塗装もなくすぐ腐食することになった



写真3 害獣の音声を収録した牧場(福岡県みやこ町)

地道に1つ1つ調査、対応していくと、製品として「使える」レベルに近づいていきます。

コスト面でも、農家の方が、農場からの作物収入から逆算して、価格を「1万円」と弾き出しました。この販売価格から逆算して材料費を算出し、材料を決めてから回路を設計しました。「初めにコストありき」の設計手法です。



写真4 イノシシが狙う飼料用のわらのたば

見本

ISBN978-4-7898-5988-2

C3055 ¥2700E

CQ出版社

定価 2,970円(本体2,700円)⑩



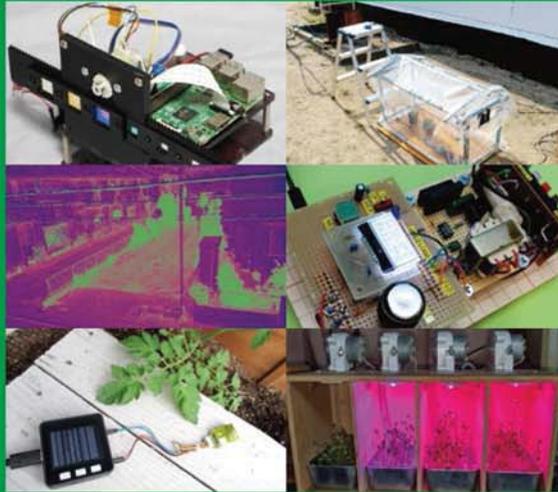
9784789859882



1923055027008



ラズパイ・Arduino 農業実験集



見本