
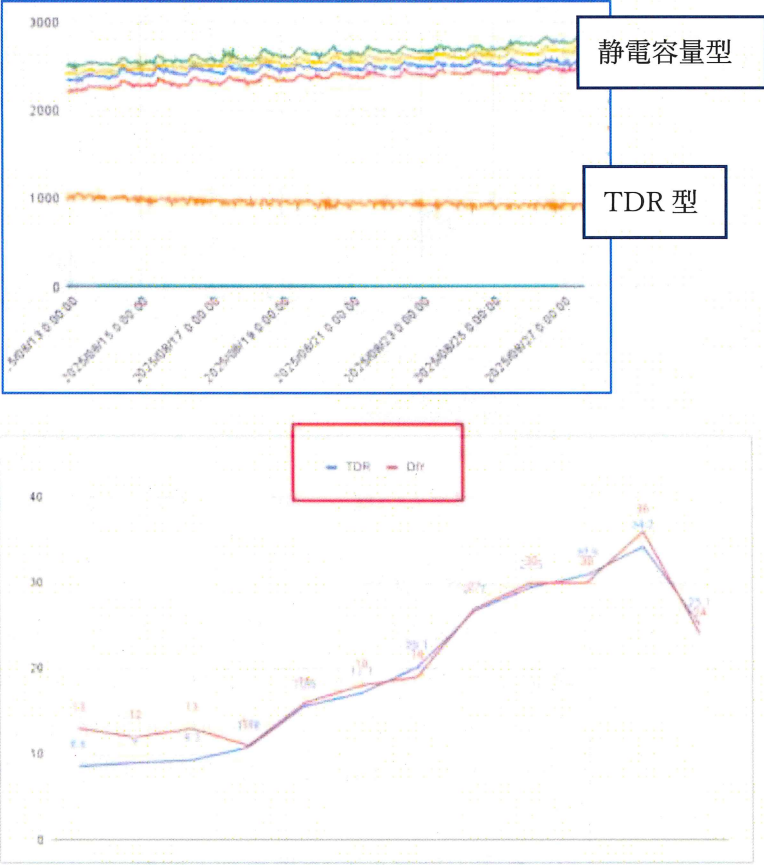
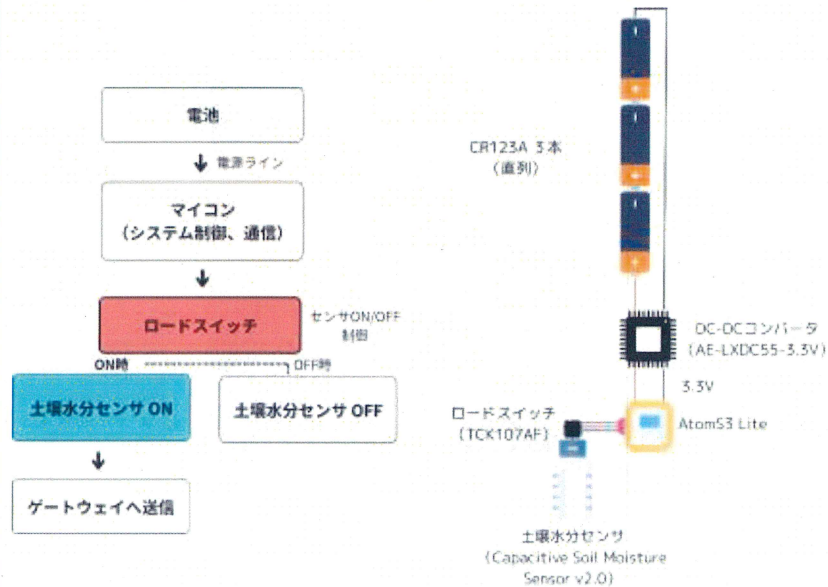


令和7年度地域連携支援事業補助金 事業報告書（ダイジェスト版）

プロジェクト名	京丹後市での黒大豆育成を支援する土壌水分量可視化 IoT システム
代表者	井上 一成 福知山公立大学情報学部教授
連携先	京都府丹後農業改良普及センター
実施期間	令和7年6月～令和8年2月
事業の背景・目的	本研究は、土壌水分量の可視化を目的とし、農業生産者不足という本質的な課題の解決を目指。黒大豆は、育成期間中に水分が不足していても、葉が健康的な緑色を保つ特性がある。そのため一般的な植物に見られるようなしおれや葉の黄変・焼けといった視覚的な変化が黒大豆には現れにくく、外部から目視で土壌の水分不足を判断することが難しい。そこで本研究では、安価に導入可能なセンサーを用いた IoT システムを開発し、土壌水分量を経時的に測定・可視化することで、正確な水分管理を支援する。
事業内容	<p>本事業で研究する IoT システムの全体図を示す。</p>  <p>The diagram illustrates the IoT system architecture. It is divided into four layers: Edge Device Layer (エッジデバイス層), Gateway Layer (ゲートウェイ層), Cloud Storage Layer (クラウドストレージ層), and Visualization Application Layer (可視化アプリケーション層). In the Edge Device Layer, a Raspberry Pi (ラズベリーパイ) and a soil moisture sensor (土壌水分センサー) are connected. Data is transmitted (データ送信) to the Gateway Layer, which is a Cloud Server (クラウドサーバー). The Cloud Server stores data (データ蓄積) and transfers it (データ転送) to Google Sheets (Google スプレッドシート). Finally, the data is transferred (データ転送) to a visualization app (土壌水分可視化アプリ) on a smartphone or tablet (スマートフォン/タブレット), which displays a heatmap of soil moisture levels.</p> <p><b>エッジデバイス層</b></p> <p>① 安価な抵抗センサー、静電容量センサーセンサーの利用 高価なハードウェアを開発するのではなく、安価なセンサーと親機 (TDR) との測定値の差異を事前に検証・学習し、ソフトウェアによるキャリブレーション(補正)によって、TDR と同等の精度を実現することを目指す。</p> <p>② 省電力型マイコンを乾電池で駆動 高価で大型の蓄電池を使用するのではなく、安価で小型な乾電池によって栽培期間(およそ6か月)にわたる連続稼働が可能なマイコンおよびセンサーの制御機構を目指す。</p>

	<p><b>ゲートウェイからクラウド、可視化アプリ層</b>                  農地に設置したセンサーで取得した土壌水分量のデータは、ゲートウェイで集約された後、クラウドへ転送され、Google スプレッドシート上に保存する。本事業では、Flutter を用いてスマートフォン上で動作するアプリケーションソフトウェアを開発し、取得データをリアルタイムで可視化する。</p>
<p>事業の成果</p>	<p><b>安価な静電容量センサーとソフトキャリブレーション</b>                  ノイズ除去後の実験データを解析し、TDR センサーと本研究で得られたデータとの相関を算出した。さらに、事前に測定した各個体の「乾燥状態」と「湿潤状態」のデータを用いて、正規化を行うアルゴリズムを実装した。</p>  <p>補正後の本研究によるセンサー測定値  <u>あたかも TDR 測定したように見える</u></p>

### 乾電池で半年以上連続稼働が可能な省電力機構



通電中に定常的な電流が発生するため、非測定時にも消費電力が増加するという課題を解決するために、非測定時にセンサーへの電力供給を遮断できる構成(ロードスイッチ)を検討し、測定時のみセンサーに給電することで、待機時の無駄な消費電力を低減することを目指した。

**乾電池3本で計算値218日(半年以上)の連続稼働が可能な省電力制御を示した。**

### 可視化アプリケーション

開発したアプリの中で最も利用頻度が高いのは、畑全体の土壌水分量を俯瞰できるヒートマップ画面(Home画面)である。

#### ホーム画面

##### 場所選択

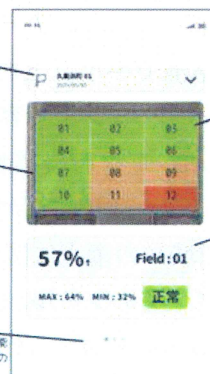
複数の畑で設置されることになるのでそれらを選択する機能

##### ヒートマップ

本ソフトウェアの中央機能。各センサーの値を色に変換する。  
\*センサーの数は変更できるが望ましい。  
\*画像に画像写真を置くことで、どの畑なのか、どの位置か、というのを分かりやすく。

##### スワイプ機構

「場所選択」よりも直感的に操作可能。右から左にスワイプすることで、次の畑に選択。



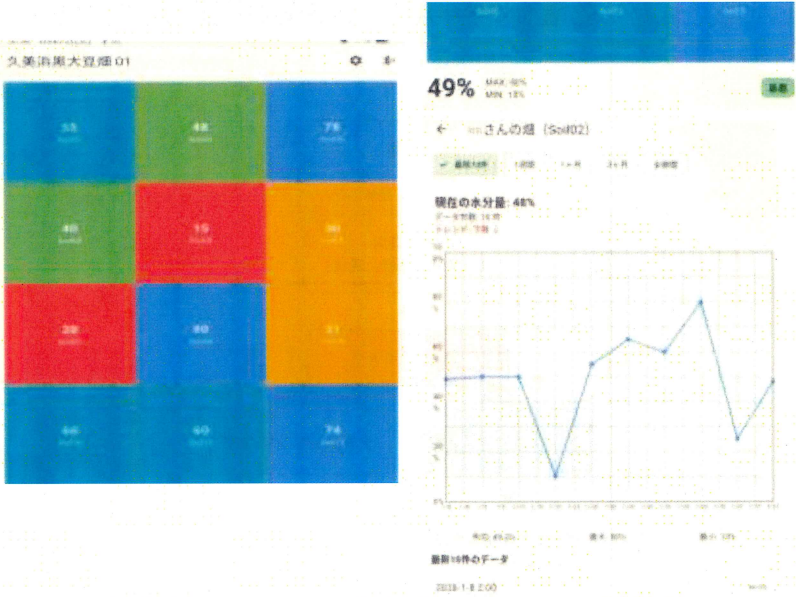
##### センサーの詳細

各センサーの番号を表示。センサー番号を押下で過去一週間の数値の推移グラフを表示。

##### 総合データ

畑全体の平均データと状態を表示。下記の3要素で構成される。  
\* 平均値 最大 最小の値  
\* 畑の番号  
\* 状態(正常 乾燥 湿潤)

画面は、「畑のどこが乾いているのか」「全体として湿りすぎていないか」を一目で把握できるようにレイアウトを設計した。

	 <p>各区画の水分変化をより詳細に確認できる仕組みも実装した。具体的には、ヒートマップ上に表示された各区画をタップすることで、その区画に対応するセンサーの時系列データを表示するグラフ画面へ遷移できるようにしている。</p> <p><b>学外発表</b></p> <p>“黒大豆の栽培を支援する土壌水分量センサー”、井上一成、京都フードテックエキスポ登壇、令和7年10月2日 けいはんな。</p> <p>“格安センサーの精度と実用化に向けて”、唐田光、今西亮太、井上一成、京都フードテックエキスポポスターセッション、令和7年10月2日。</p> <p>“電池で半年駆動が可能な農業IoTセンサー”、今西亮太、唐田光、井上一成、令和7年度電気学会関西支部研究発表会、令和7年11月30日大阪公立大学。</p>
<p>今後の課題・展望</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 静電容量型センサーとソフトウェアによる補正(キャリブレーション)</li> <li>・ 乾電池で半年以上連続稼働できる省電力制御</li> <li>・ スマートフォン上で容易に可視化するアプリケーションソフトウェアを開発した。京都府農業改良普及センターとの連携下で繰り返し実験を行い、その有用性を示すことができた。今後の発展としては、不足している領域への灌水に関する研究を予定している。一般に可視化は意思決定のためのツールと位置付けられている。減少傾向にある農業従事者の負担を軽減するためにも、可視化に続く次の段階として、制御機構の構築をテーマに取り組んでいきたい。</li> </ul>