

自治体向け IoT 入門

－ テクノロジーで地域を変える －



CMエンジニアリング株式会社

2024 年 3 月

本資料の位置づけと対象読者

この資料は、モノのインターネット（IoT）の概念と適用例や効果、導入時の手順についての解説が含まれています。

CM エンジニアリング株式会社（以下、弊社と記載）が提唱する概念や将来の技術に関する記述もあり、これらの概念を弊社ワイヤレスセンシングプラットフォーム（Tele-Sentient）で実現することを目指しています。そのため、読者には IoT について広く理解していただき、賛同する利用者やパートナーとの連携を意図しています。

対象読者は以下の通りです。

- IoT の概念について学びたい方
- IoT を活用してデジタルトランスフォーメーション（DX）の実現や課題解決を考えている方

IoT の普及を加速するには、会社や組織を跨ぐネットワークの構築が非常に重要です。

IoT を活用してデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進し、地域活性化を目指す方は、ぜひ本資料をご参照の上、お問い合わせください。

2024 年 3 月

CM エンジニアリング株式会社

1. IoTの概要 (IoT: Internet of Things)

本章ではIoTがどのようなものかについて簡単にご説明します。IoTは、日常生活や公共の分野において革新的な変化をもたらす技術であり、私たちの周囲の環境をより賢く、効率的にする可能性を秘めています。ここでは、IoTの基本概念、主要な特徴、そして自治体における応用例に焦点を当て、この先進的な技術がどのように私たちのコミュニティやサービスを向上させるかについて解説します。

1.1. IoTとは何か

IoT (Internet of Things) は、インターネットに接続されたデバイスやセンサが相互に通信し、データを収集・交換する技術のことです。これにより、物理的な世界とデジタル世界が融合し、リアルタイムの情報収集と分析が可能になります。

図 1-1 では、一般的なIoTシステムの構成イメージを示しています。

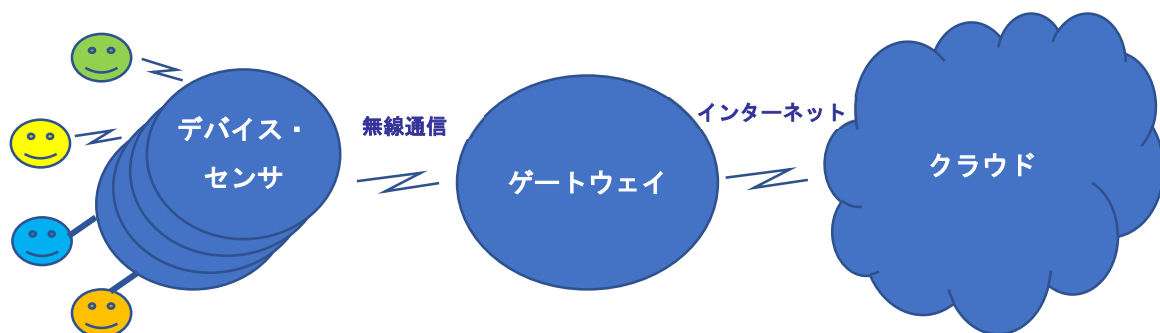


図 1-1 IoTシステムの構成図

1.2. IoTのメリット

IoTの主な特徴として、以下の内容があげられます。

- 相互接続性：IoT デバイスはインターネットを介して連携し、情報を共有します。
- 自動化とリモートモニタリング：デバイスは自律的に動作し、遠隔地からの監視や制御が可能です。
- 効率性とデータ駆動型意思決定：収集されたデータは分析され、より効率的な意思決定や問題解決に役立ちます。

2. IoT の具体的な応用例

本章では、IoT の具体的な応用例をいくつか挙げ、それらについて簡単にご説明します。

2.1. 簡単な事例

モニタリングシステムに関して考える際、現代社会ではその適用範囲が非常に広いことがわかります。都市部や郊外の環境、工場、オフィス、家庭内の機器や雰囲気、動植物の状態、工場の生産設備の稼働状況、体の不自由な高齢者や乳幼児のケア、道路交通や公共施設の混雑状況など、モニタリングが必要とされる状況は多岐にわたります。その範囲は広大で、ほぼ無限とも言えるほどです。ここでは、いくつかの代表的なモニタリングシステムの例を考察してみましましょう。

2.1.1. 工場設備のモニタリング

工場設備の稼働状況と故障予兆の事前把握は、安定稼働と停止による損失の回避に非常に重要です。これは設備の予知保全と呼ばれています。

- 故障対応の迅速化：故障の早期発見と故障箇所の特定時間の短縮には、センサ情報が重要です。機械が故障した場合、迅速な修理が可能になります。
- 予防保全：設備の運転状況を継続的に監視し、故障が発生する前に異常状態を特定します。
- エネルギー管理：設備の稼働時間を把握し、エネルギー消費を削減します。

例として、工場内の多数の空調設備を考えてみましょう。これらの設備に対して、機器自体の状態や周辺環境をセンシングし分析することで、故障の兆候を早期に発見し、設備管理者にタイムリーに情報を提供するシステムが有効です。

モニタリングの具体例は以下の通りです。

- 工場内 100m 四方での無線データ通信によるデータ収集
- 10~20m のスペースごとに 1 台の空調設備を設置
- 1 つのスペースに設置されるセンサの数は 10 個
- 状態の計測は 1 日に 3 回
- 室温の計測は 10 分に 1 回

センシング対象となる状態情報には、空調機器筐体表面の電流・電圧、振動、温度、および空調機器内部の各部位の状態などが含まれます。

図 2-1 では、設備予知保全のモニタリングのイメージを示しています。

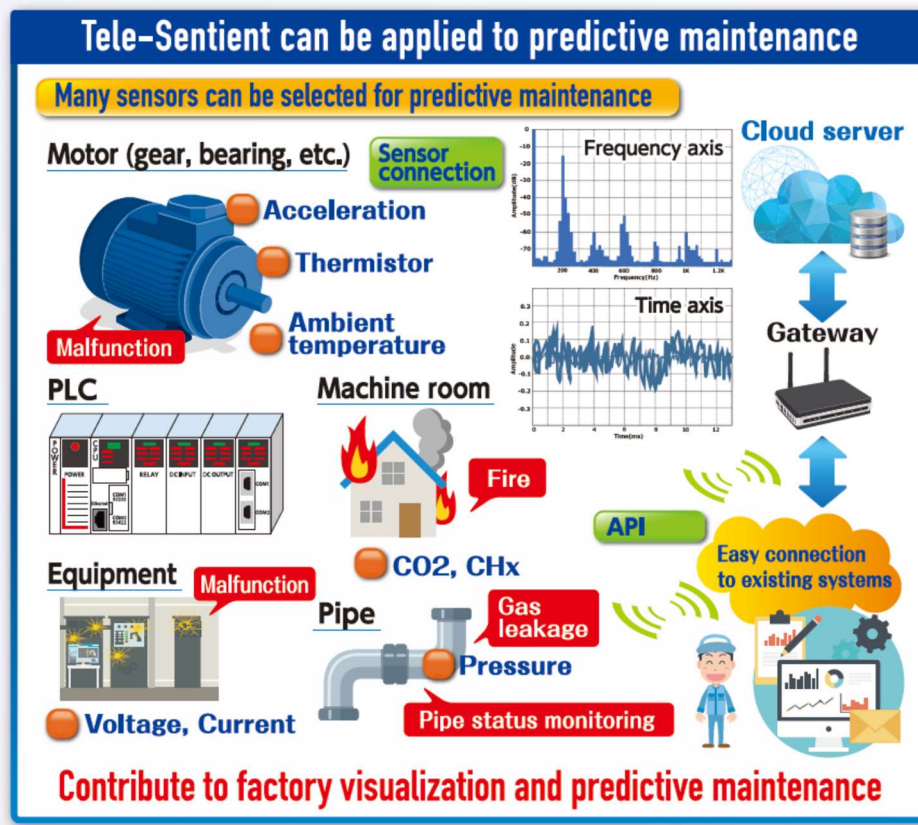


図 2-1 設備予知保全でのモニタリング

2.1.2. 建造物の劣化・疲弊モニタリング

近年、日本を含む多くの国では、建造物の老化が進んでいます。老朽化しつつあるこれらの建造物の異常を捉え、IoTを活用した劣化診断のスクリーニングを行う取り組みが進められています。特に、数十年前に建設された建造物の多くが耐用年数の限界に近づいています。これまでは比較的長い間隔で点検が行われていましたが、IoTの活用により定点観測や継続的なモニタリングが可能になり、迅速かつタイムリーに異常を検知することが可能になります。

タイムリーな異常検知は、管理者が詳細な調査を行うためのきっかけとなり、大きな事故が発生する前に補修工事を行うことが可能になります。これにより、安全性の向上とともに、建造物の長期的な維持管理にも貢献することが期待されます。



図 2-2 空き家劣化状況のモニタリング

2.1.3. 植物栽培のモニタリング

これまで、農業は情報システム（IT）とは無縁の一次産業と見なされてきましたが、最近ではこの考え方に変化が見られています。農業従事者の高齢化やノウハウの継承問題に加え、生産性向上や作物の病害対策を通じたコスト削減や品質向上のために、ITの活用が重視されるようになっています。

農業のIT化では、IoTシステムの活用が欠かせません。IoTシステムを用いて、農作物やその生育環境を直接モニタリングすることが可能です。例えば、以下のような取り組みが有効です。

- 圃場での作物の生育環境モニタリング
- 生産管理システムとの連携

多くのセンサを用いて様々なポイントでセンシングすることで、一つの圃場内でも温度、日照、肥料分布などのばらつきが明らかになります。異なる場所の圃場では、作物の生育環境や状況が大きく異なることも珍しくありません。このように、IoTシステムを活用することで、農業の精

密化と効率化が実現されます。

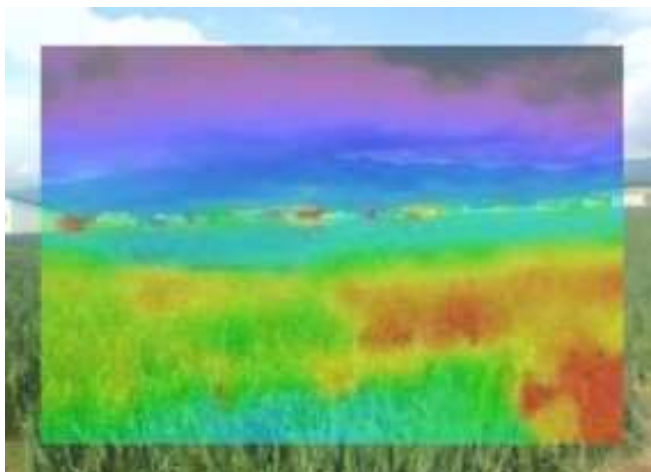


図 2-3 圃場における温度分布

図 2-3 は、弊社が実際の畑で行った圃場の IoT 実証実験の例です。遠赤外線サーモグラフィを用いて圃場の温度分布を定点観測し、撮影しました。この画像からは、同一畑内にも温度の高い場所と低い場所が存在することが明らかです。圃場内の農作物の生育環境には差があり、得られた温度データは葉の表面温度を示しており、植物の生育状態や光合成活性度に地域差があることが確認できます。

このことから、農業における IoT システム導入に際しては、圃場の地質や特定の場所に適した地産地消のためのきめ細かなセンサ配置によるセンシングが有効であることが分かります。

上記写真で使用された遠赤外線サーモグラフィでは、観測点の高さによって撮影結果が変わる可能性があります。正確な情報を得るためには、上空からの撮影が望ましいです。また、サーモグラフィは温度情報のみを提供するため、圃場や植物のモニタリングには、土壌センサ、環境センサ、日照センサ、風向風速センサなどを圃場内に配置し、総合的な情報を採取することが必要です。

すべての関連情報を統合して解析し、圃場全体を面としてカバーする環境モニタリングを行うことで、より精密な農業生産が実現できます。また、一つの圃場で得られた経験値を解析し、そのノウハウを他の圃場に適用することも可能です。

2.1.4. ホームセキュリティ、高齢者モニタリング、在宅ケア支援

一人暮らしの高齢者数が増加する中で、在宅でなくても外出先から高齢者の見守りを行うニーズが高まっています。また、高齢者の日常生活をサポートするシステムの需要も増えています。

家屋内の状況をモニタリングすることは、利用者にとって多くのメリットをもたらします。例えば、各部屋に温度センサやCO2センサを設置することで、高齢者の健康状態や生活状況を間接的に把握することが可能です。

温度センサを利用すれば、火災発生などの非常時の状況もモニタリングできます。

図 2-4 に示されているように、様々なセンサからのデータが家屋内のホームネットワークを通じて収集され、インターネットにアップロードされます。これにより、利用者は勤務先や外出先からでも状況を確認できるというメリットがあります。

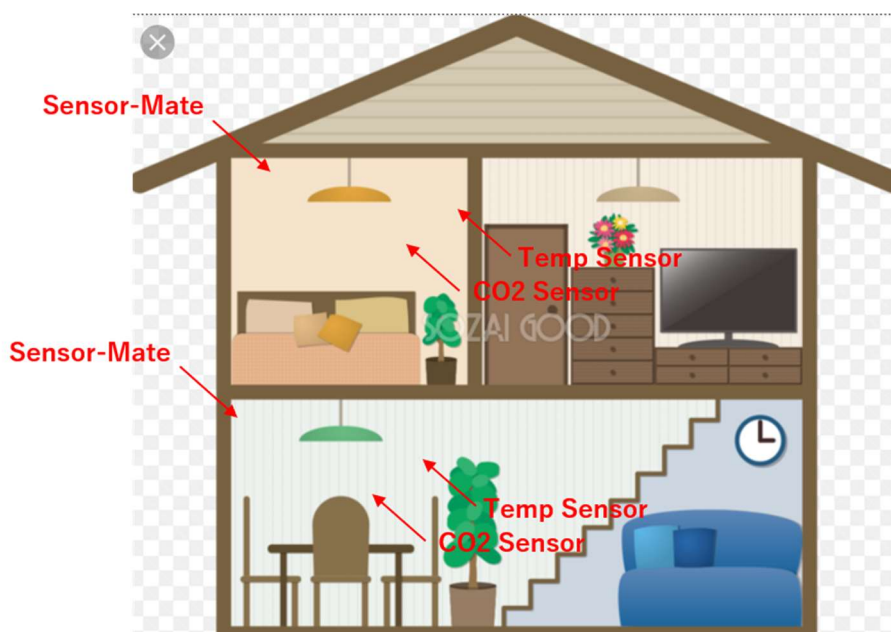


図 2-4 家屋内のモニタリング

2.1.5. 換気シミュレーター

日本産業衛生学会の「換気シミュレーター」では部屋にいる人数、部屋のサイズ、室内での活動状況などを入力することにより、室内の二酸化炭素（CO2）の濃度を推定し、これに基づいて換気の良し悪しを見積ることができます。このシミュレーターは部屋の状態を入力必要がありますが、ここにセンシング技術とIoTを活用することで、センサでCO2量を測定し見積り結果を自動で出力することができます。

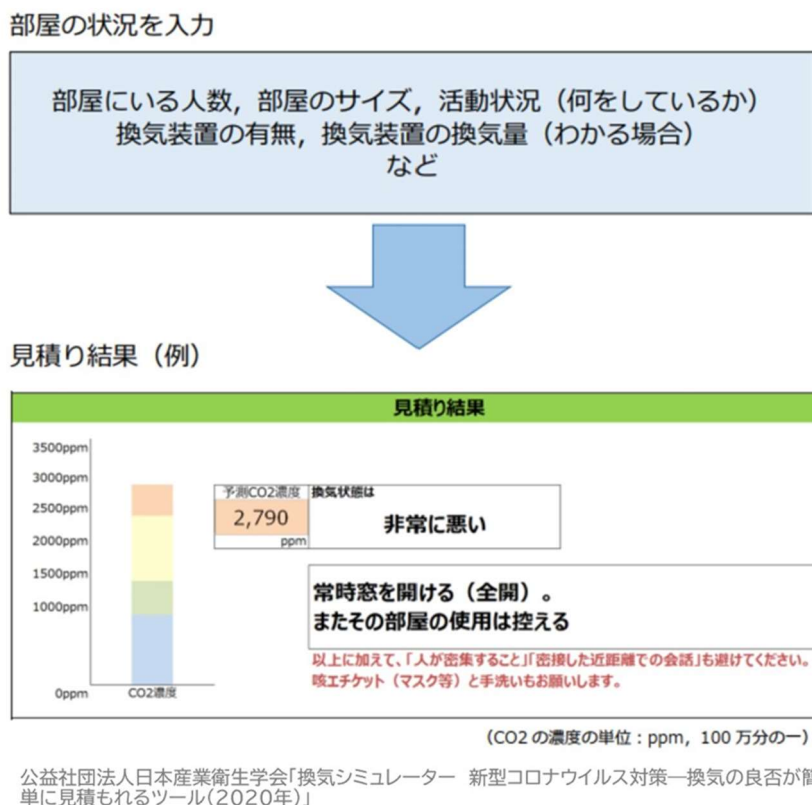


図 2-5 換気シミュレーター

新型コロナウイルスのパンデミック以降、電車内や飲食店等など、換気のために出入口の扉や窓を開けている光景を目にすることが多くなっています。しかし、冷暖房設備を使用しながらの換気は、電力消費量の増加に繋がっています。また、人の有無や密度などを考慮せずに換気しているため、実際に適切な換気であるかは不透明であり、場合によっては過剰に換気を行い、電力を無駄にしている可能性もあります。それらの問題を、センシング技術とIoTの活用によって解決します。

屋内の有害物質を削減するために、CO2濃度の上限値（1000ppm）を設定した換気が義務付けられていました。感染症対策には換気は重要ですが、換気の指標がなくCO2濃度や人の在室状況を問わずに一律換気を行っているため、センシング技術によって換気効果の見える化を行います。

2.2. 応用の可能性

前項では、様々な IoT システムのアプリケーション例を紹介しました。この節では、IoT システムが創出する価値について、いくつかの具体的な事例を用いて探求します。

以下の3つの領域において、IoT システムがどのように価値を生み出すかを検討します。

1. 収益向上支援：IoT システムによる収益の増加
2. メンテナンスコスト削減支援：IoT システムを活用した維持管理費の削減
3. 人手不足解消支援：IoT による労働力不足の問題への対応

さらに、IoT システムは様々なアプリケーションを通じて省力化、安全性の向上、安心感の提供などの価値をもたらすことが期待されます。

2.2.1. 収益向上の支援

この項では、IoT システムの導入による収益向上支援の具体例に焦点を当てます。

例として、あるトマト農家がハウス栽培で収穫量を増やす方法を考えてみましょう。現在の収穫量は年間10a 当たり 25 トンであり、これを 1.5 倍に増やす目標が設定されました。

収穫量増加のための改善点を模索する中で、CO₂ 濃度の最適化が検討されました。現在は CO₂ 濃度の調整を行っていない状況ですが、IoT システムを利用してハウス内の CO₂ 濃度を制御することで収穫量を増やすことが可能になると考えられます。

図 2-6 は、トマト農家が行った生育シミュレーションの結果を示しています。

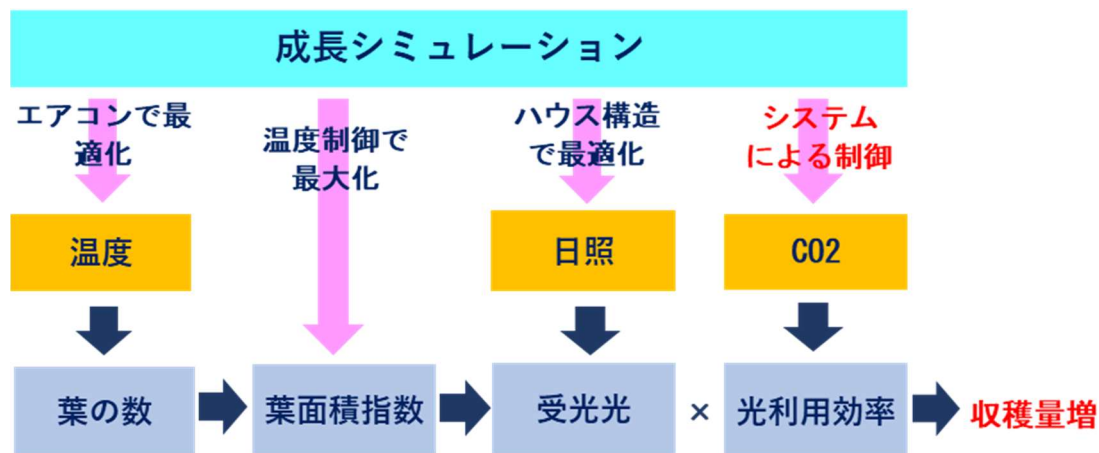


図 2-6 ハウス内の収量増シミュレーション

図 2-6 に示されている通り、植物の成長には温度と日照量の適切な制御が不可欠です。これに加え、ハウス内で CO2 濃度を直接コントロールすることにより、収穫量の増加が見込まれます。

- 現在の状況では、CO₂ 濃度は制御されていない
- 葉面積指数 (Leaf Area Index, LAI) は、温度の制御を通じて最大化することが可能
- 日照量は、ハウスの構造により既に最適化されている
- 温度はすでにエアコンによって最適に制御されている

これらの条件を踏まえた結果、CO₂ 濃度を精密にコントロールすることにより収穫量を 1.5 倍に増やすことが可能であるとの結論に至りました。これに基づき、図 2-7 に示すような IoT システムの構築を計画しました。

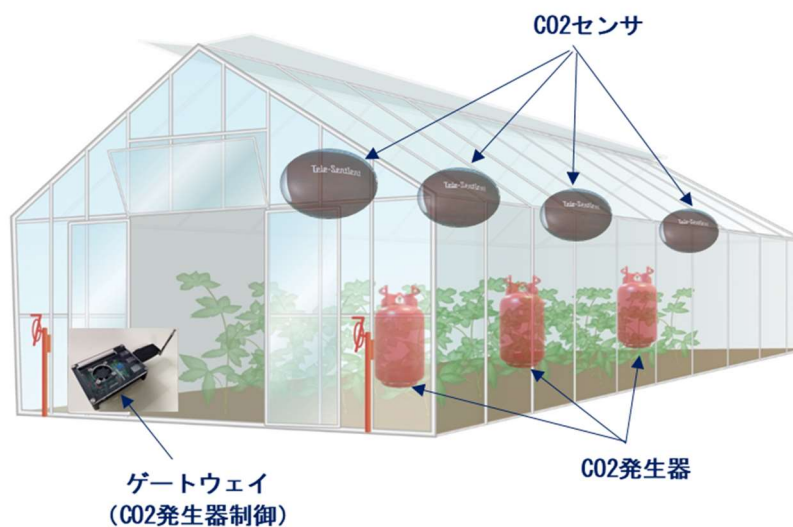


図 2-7 CO₂ 濃度制御自動化システム

このシステムは、IoT 技術を活用して CO₂ 濃度を常時モニタリングし、CO₂ 生成装置を用いて制御を自動化するものです。

このシステムの導入による損益効果を評価するために、表 2-1 に示す損益計算書を作成しました。

表 2-1 IoT による CO2 濃度制御システム導入前後の損益計算書

トマト収穫量/10a		現在 (25t/10a) (千円)	導入後 (37.5t/10a) (千円)
収益/10a		8,800	13,200
変動費/10a		3,520	5,280
固定費		2,200	2,200
CO2制御費	減価償却費 (10年固定) (CO2発生装置4台)	0	68.750
	減価償却費 (10年固定) (CO2発生装置10台)	0	27.500
	減価償却費 (固定率10年) (制御ソフト)	0	41.250
	ランニングコスト (CO2抑制のための燃料費等)	0	41.250
	人件費	0	27.500
	保守費用	0	137.500
利益		3,080	5,376

IoT システムの導入による初期投資は増加するものの、それを上回る収益の向上が見込まれます。

このシステムを実現するためには、CO2 センサの小型化、低消費電力化、低コスト化が鍵となります。数多くの CO2 センサを配置することで多角的に環境をモニタリングし、最適な状態に制御することが可能になります。

現在市場にある CO2 センサは、一般的に消費電力が大きく、価格も高いものが多いです。しかし、価格を大幅に下げ、外部電源や内蔵バッテリーを必要としないエネルギー・ハーベスティング（自己発電）技術を利用することで、センサの購入コストおよび運用コストの大幅な削減が期待されます。これにより、センサや IoT システムの普及が促進されます。

これは一例に過ぎませんが、IoT システムを導入することで、生産の最適化や人件費の削減などにより、多様な分野での収益向上が期待されます。

2.2.2. メンテナンスコストの削減支援

この項では、IoT システムの導入による製造現場のメンテナンスコスト削減への支援の具体例に焦点を当てます。

製造工場では、計画通りの生産量や納期を守るために、生産ラインの保守点検やメンテナンスが重要です。従来は故障後の修理や定期的な交換が行われていましたが、これらの方法は大きなメンテナンスコストを伴います。近年、設備の稼働状態をモニタリングし、必要に応じてメンテナンスを行う状態基準保全が注目されています。

たとえば、生産ラインのモータ制御機器や老朽化した空調設備の圧縮機器が故障すると、生産停止や納期遅延につながるリスクがあります。そこで、微細な状態変化をセンサで検知し、故障する前に対応することが求められています。センサの種類は対象機器によって異なり、モータ制御機器では振動や周波数、加速度が、圧縮機器では温度、圧力、電流、電圧が重要な指標となります。

どの計測値がどのような故障を示唆するかは、経験や知識が必要です。従来は現場作業者が音や振動などの感覚的な情報を基にアラームを発していましたが、IoT 化による状態基準保全では、センサ・データの解析を通じて故障を予知し、事前に対応することが可能になります。このような IoT 化は、事前の対応策として非常に有効であり、メンテナンスコストの削減に大きく貢献します。



図 2-8 PLC の温度監視システムの例

図 2-8 では、物流システムを制御するための PLC (Programmable Logic Controller : プログラム可能な論理回路による制御装置) に温度センサと無線通信装置を設置した例を示しています。この取り組みの主な目的は、PLC の温度状態を常時モニタリングし、故障や火災の予兆を早期に把握することです。物流拠点内の数十台の PLC に温度センサと無線通信装置を設置し、集められたデータをゲートウェイに集約します。これにより、工場のスタッフが常時 PLC の状況を把握できるようになっています。

対象機器のセンシング頻度は、その機器の稼働状況、稼働時間、稼働年数、および機器の特性に応じて異なりますが、短いものでは10分に1回程度、長いものでは1日に2~3回程度のセンシングを行うケースが多く見られます。

センサを駆動するための電圧昇圧や、微小な電圧や電流を増幅しノイズを除去することで、後段の回路で使用できる電気レベルに変換する前置回路は、AFE (Analog Front End) 回路と呼ばれ、IoT 機器の性能に大きく影響します。極めて低い電力でセンサを駆動することにより、例えば1日に2~3回のセンシングであれば、電池の寿命を10年以上に延ばすことが可能です。

弊社では、IoT システム・プラットフォームとして Tele-Sentient を開発しています。また、Tele-Sentient 上で動作するセンサ・ノードとして、Sensor-Node という小型モジュールを試作しています。試作段階でありながら、省電力、長距離無線通信、小型化、低コスト化を実現するための技術評価を行っています。

2.2.3. 人手不足の解消支援

この項では、IoT システムの導入による人手不足の解消支援に焦点を当てます。

例として、弊社で実施した営農支援の実証実験を挙げます。農業の実施には多くのノウハウや知見が必要ですが、特に以下の3点に焦点を当てて検討します。

- 作物の生育環境の把握
- 土壌状態の把握
- 病気発生条件と農薬散布のタイミング把握

作物の生育環境に関しては、IoT システムによる降雨量、日射量、温度、気圧、風向風速などの情報のセンシングを通じて、圃場の状態を遠隔で把握することが可能です。



図 2-9 気象センサの設置例

図 2-9 では、たまねぎ圃場に設置した気象センサの例を示しています。この例で使用されているのは一般的な気象センサであり、気象予報などに用いられるため、大きくて重たいのが特徴です。このため、これらのセンサは圃場の様々な場所に手軽に移動させて設置するのには不向きです。しかし、装置内部のセンサ素子自体は小型化可能であり、測定目的に必要なセンサのみを使って構成することで、使い勝手の良いセンサ・ノードを作ることが可能です。

図 2-10 には、このセンサでセンシングした結果を示しています。このような計測データの履歴を総合的に解析することで、各状態を正確に把握し、最適な作物の生育環境を維持するためのノウハウや知識を蓄積することが重要です。この知識は、将来的に自律した生育環境を実現するために不可欠です。

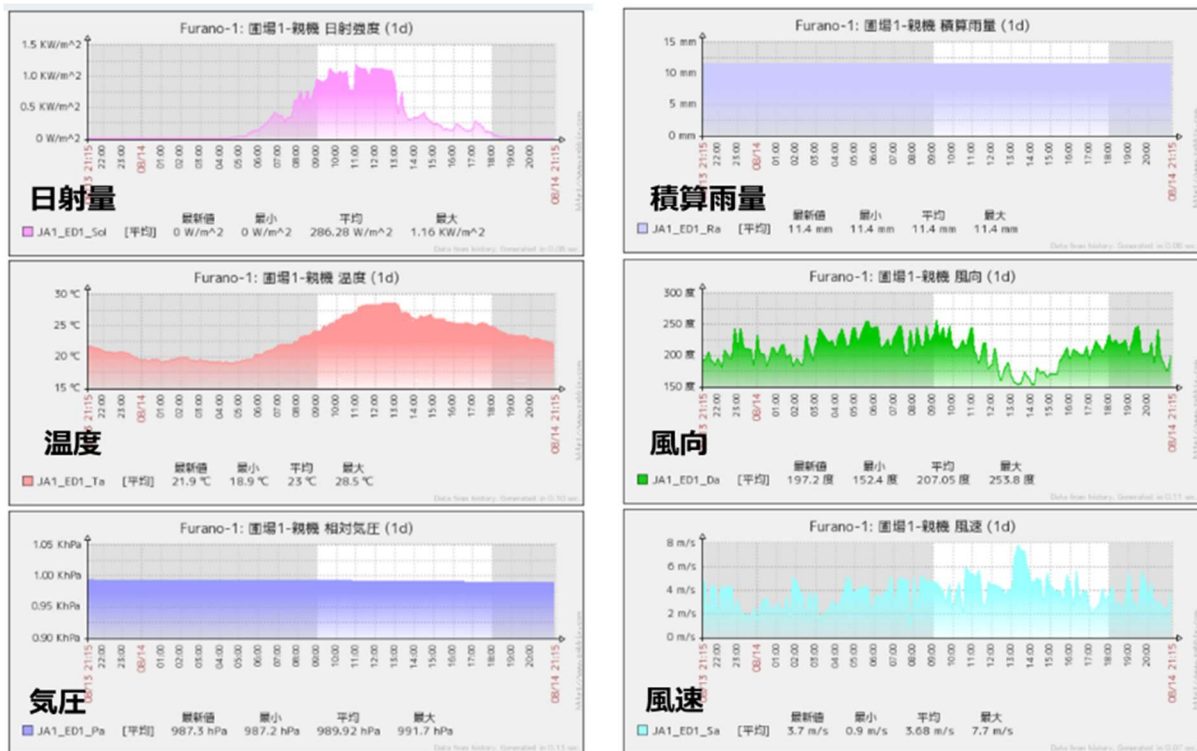


図 2-10 圃場での環境モニタリング

次に、土壌の状態把握に焦点を当ててみましょう。

図 2-11 では、圃場に設置された土壌センサの例を示しています。このセンサは土壌の水分量、温度、および電気伝導度 (EC: Electric Conductance) を測定する能力を持っています。これらのパラメータをセンシングすることにより、水やりの最適なタイミングや日当たりの調整による土壌温度の最適化、さらには土壌電気伝導度測定を通じて窒素肥料の供給状況を把握することが可能です。



図 2-11 土壌センサの設置例

図 2-12 では、土壌状態のセンシング結果の例を示しています。このデータは気象情報の解析と同様に重要で、今後は計測データの履歴を総合的に分析することが求められます。この分析により、各土壌の状態を正確に理解し、最適な条件を維持するための必要なノウハウと知識を蓄積することが重要になります。

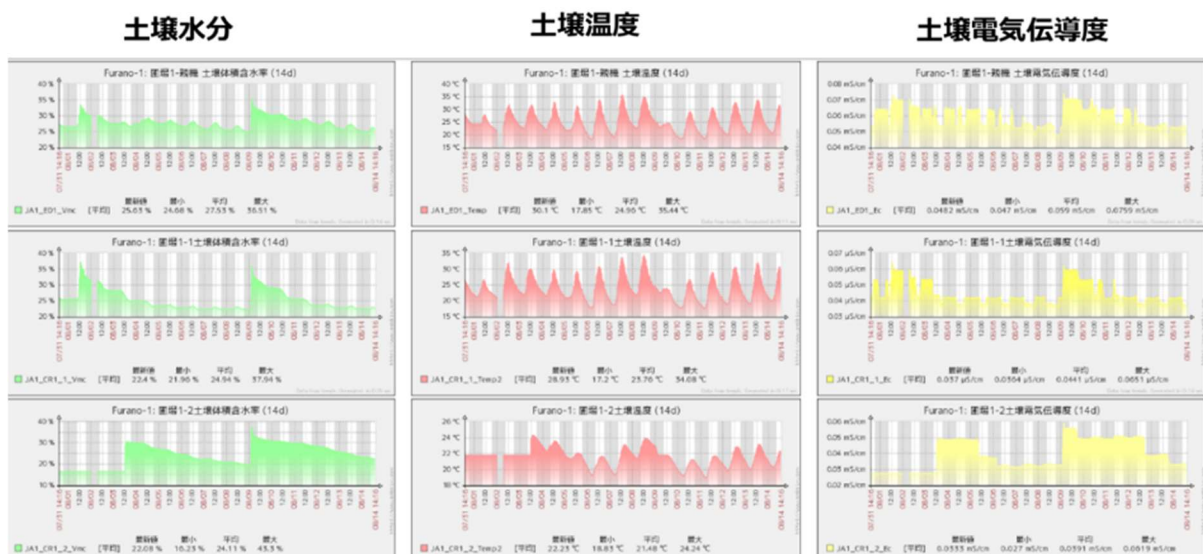


図 2-12 圃場での土壌モニタリング

これで作物の生育に必要な情報をセンシングする環境の整備が完了しました。次に、収集した情報をどのように活用するかについて説明しましょう。

まず、作物の病気発生条件の把握と農薬散布の最適化に焦点を当てます。

図 2-13 では、特定地域の農作物の病気発生条件に関する情報をまとめたものを示しています。



図 2-13 農作物の病気発生条件の例

この例では、病気発生の条件を以下のように規定しています。

- 農作物は強風や豪雨、高温多湿に対して脆弱である
- 酸性土壌を好まない性質がある
- 病気は、2日以上連続降雨や1時間に10mm以上の降雨の後、7日以内に発生しやすい
- 特に平均気温が18°C以上の時、発病する可能性が高い

先に述べたセンシング技術により、これらの条件に適合する状態かどうかを判断することが可能です。測定データと病気発生条件を照合し、その結果を農業従事者にメール等で通知することにより、農薬散布の必要性について情報を提供することができます。

さらに、注意を要する状態や異常の予兆が見られた場合は、センサのセンシング間隔を適宜変更し、より短い間隔での詳細な状態変化を通知することにより、迅速かつ適切な対応を促すことができます。

3. IoT プロジェクトの進め方

本章では、IoT プロジェクトの進め方について簡単にご説明します。

3.1. 基本ステップ

1. ニーズと目標の特定
 - 地域のニーズと課題を明確にし、IoT プロジェクトで達成したい具体的な目標を設定します
2. 技術とソリューションの選定
 - 必要な IoT 技術（センサー、デバイス、プラットフォーム等）を選定し、最適なソリューションを決定します
3. パイロットプロジェクトの実施
 - 小規模なテストプロジェクト（実証実験）を行い、課題解決の可行性を評価します
4. データ管理と分析
 - 収集したデータの管理と分析方法を計画し、どのように価値を生み出すかを定義します
5. 導入と展開
 - 成功したパイロットプロジェクトを基に、プロジェクトを広範囲に展開します
6. モニタリングと評価
 - プロジェクトの進捗をモニタリングし、目標達成度を定期的に評価します

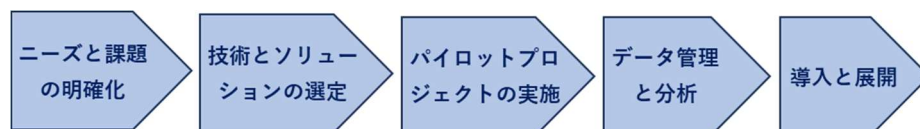


図 3-1 IoT プロジェクトの基本ステップ

3.2. 予算と資源

1. 予算計画
 - プロジェクトの全体的なコストを見積もり、必要な予算を計画します
2. 資源の確保
 - 必要な技術、人材、インフラなどの資源を特定し、確保の方法を検討します
3. 財政支援と助成金の活用
 - 政府や民間の助成金、財政支援プログラムを調査し、利用可能な資金源を探ります
4. コスト削減と ROI の分析
 - コスト効率の良いソリューションを選定し、投資対効果（ROI）を分析します

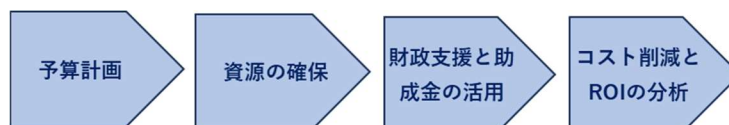


図 3-2 IoT プロジェクトの予算と資源

4. まとめ

この資料では、モノのインターネットである IoT システム、及び IoT について説明してきました。

また、これらの技術や商品が新世代の情報処理システムとして、世界に大きな変革をもたらす可能性についても触れました。

将来的には、すべてのモノがインターネットに接続される IoT システムが、これまでの経験とは異なる新しい価値を生み出すでしょう。

この資料が、読者の皆様に IoT システムの理解に役立つ一助となれば幸いです。

5. お問い合わせ先

本資料は CM エンジニアリング株式会社によって作成されました。
本資料の著作権は CM エンジニアリング株式会社に帰属します。
また、Tele-Sentient は CM エンジニアリング株式会社の登録商標です。

IoT システムや Tele-Sentient に関心をお持ちの方は、以下の問い合わせ先までご連絡ください。

CMエンジニアリング株式会社

<https://cmengineering.co.jp/>

<https://telesentient-iot.com/>

第1版 2024年3月

CMエンジニアリング株式会社

東京都品川区西五反田2丁目18番2号 Cocoro Gotanda Bldg.

<https://cmengineering.co.jp/>

<https://telesentient-iot.com/>