

先端技術研究開発促進・人材育成支援事業
IoT/DX 技術

事例集

宮崎県工業技術センター

令和5年11月

1. はじめに

当センターでは、令和2年度から4年度にかけて、宮崎大学工学教育研究部、都城工業高等専門学校電気情報工学科と連携し、県内中小企業のものづくり現場を実証フィールドとして、IoT、画像認識、AI、ロボティクス等の先端技術導入による生産性向上や働きやすい業務環境の創出・改善に繋がる共同研究開発に取り組みました。

また、令和5年3月には、本事業の「研究成果発表会」を開催しました。

そこで、この度、本事業の成果並びに当センターで蓄積したIoT/DX 関連技術について、事例集としてまとめましたので、ご活用ください。

2. 事例

1) 先端技術研究開発促進・人材育成支援事業による共同研究開発事例

【事例1】 作業者の腰部負担を推定するアプリの開発	P 2
【事例2】 作業者の視線を解析するシステムの開発	P 3
【事例3】 音の違いで装置のトラブルを検知するデジタル技術の開発	P 4
【事例4】 機械加工機の異常振動モニタリング技術の開発	P 5
【事例5】 工場内作業の見える化技術の開発	P 6
【事例6】 作業者に自動追従する搬送ロボットの開発	P 7
【事例7】 工場内計器類の指示値等を自動計測するシステムの開発	P 8
【事例8】 製造機械の稼働時間を可視化するシステムの開発	P 9
【事例9】 異物等検知 AI による外観検査システムの開発	P 10

2) 先端技術研究開発促進・人材育成支援事業によるその他事例

【事例10】 バーコードと Excel を用いた加工機の稼働状況の可視化	P 11
【事例11】 簡易型ロボットアームを用いた把持制御システムの開発	P 12

3) その他事例

【事例12】 M5Stack マイコンを用いた安価な遠隔監視システムの開発	P 13
【事例13】 IoT システムのノイズトラブル原因特定技術	P 14

3. 問い合わせ先

本事例集に掲載された開発装置（システム及びIoT/DX 関連技術）を用いて製造現場での生産性向上、業務環境改善などを図りたい、あるいは事業化したいなどの要望がありましたら、以下問い合わせ先にご連絡ください。

宮崎県工業技術センター 機械電子部

TEL0985-74-4311 FAX0985-74-4488

E-mail:mitc-kiden@pref.miyazaki.lg.jp

事例 1

作業者の腰部負担を推定するアプリの開発

期間	令和2年度～3年度
体制	<ul style="list-style-type: none">宮崎大学工学教育研究部 工学科電気電子工学プログラム担当 田村 宏樹 教授（システム開発担当）株式会社共立電機製作所、株式会社システム技研（実証実験協力）宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

スマートフォンに搭載されている加速度センサ及びジャイロセンサで計測した腰部角度・大腿部傾斜角度と、あらかじめ入力した作業者（身長・体重）及び作業内容（物の重量）の情報から作業内容にあった腰部負担を分析し、数値化するシステムを開発しました。

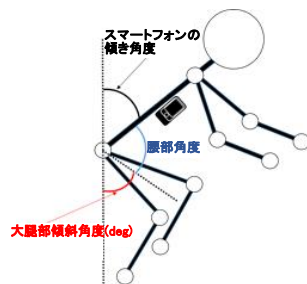


腰痛予防デジタルヘルスアプリ
よーぶくん

成果紹介

胸ポケットに入れたスマートフォン（iphone 限定）を用いて、腰痛リスクを提示するアプリ「腰痛予防デジタルヘルスアプリ よーぶくん」を開発し、令和4年9月に体験版をアップルストアにリリースしました。

本アプリは、作業者の体重・身長、及び抱える物の重量などを入力することによって、腰部負担の数値を推定するとともに、腰部負担が腰痛リスク基準（3400N）を超えた場合、アラートを出す機能を有しています。



計測原理



使用イメージ



腰部負担推定値表示画面

考えられる活用事例

重量物を抱えることがある作業者に、本アプリをインストールしたスマートフォンを持たせることにより、腰痛リスクを予防することが可能となるため、より安全な作業環境を創出することが期待できます。

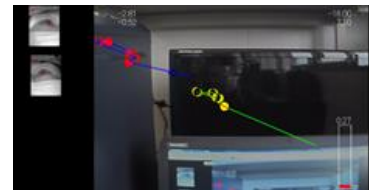
事例 2

作業者の視線を解析するシステムの開発

期間	令和2年度～3年度
体制	<ul style="list-style-type: none"> 宮崎大学工学教育研究部 工学科電気電子工学プログラム担当 田村 宏樹 教授（システム開発担当） 株式会社システム技研（実証実験協力） 宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

ものづくり現場での熟練者と初心者の視線の違いを見える化し、作業効率を向上させることを目的に、視線検出装置を用いて対象物を見ている時間（停留時間）や視線の角度（視野角）を解析し、個人の特徴量を数値化するシステムを開発しました。



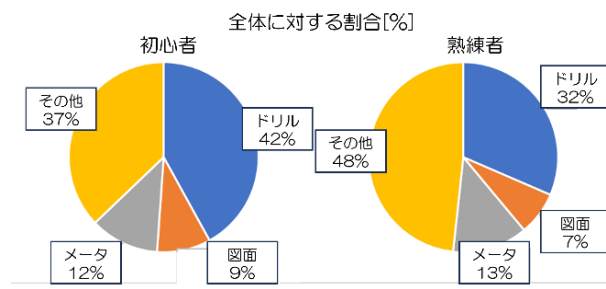
視野カメラの画像

成果紹介

左下図は、工作機械（ドリル）による穴開け加工中の様子です。作業者が注意しなければならない対象物（ドリル）の範囲を緑枠として指定し、視線の位置を赤丸で示しています。対象物の抽出は、人工知能モデル（Yolo）を用いた事前学習により可能にしました。自動抽出した対象物の位置と視線情報から個人の特徴量を数値化できるようにしました。右下図は、作業者が対象物を注視した回数・時間を熟練者と初心者と比較した結果です。熟練者はドリルを見る時間が多く、初心者はドリル以外の場所を見る時間が多い結果となりました。本研究により、視線検出装置と人工知能モデルを組み合わせることにより、作業者の視線の違いを見える化することが可能となりました。



ドリルの範囲と視線の位置



視線解析結果

※この結果は高性能な視野検出装置を用いた場合となります。

考えられる活用事例

作業者の技能のバラツキや熟練の度合いを見える化することができます。例えば、組み立て作業や外観検査など、工程ごとの視線を解析することで、作業の効率化や生産性向上に寄与することができます。簡易的な視野カメラで代用できるので、安価なシステム構築が可能です。

事例
3

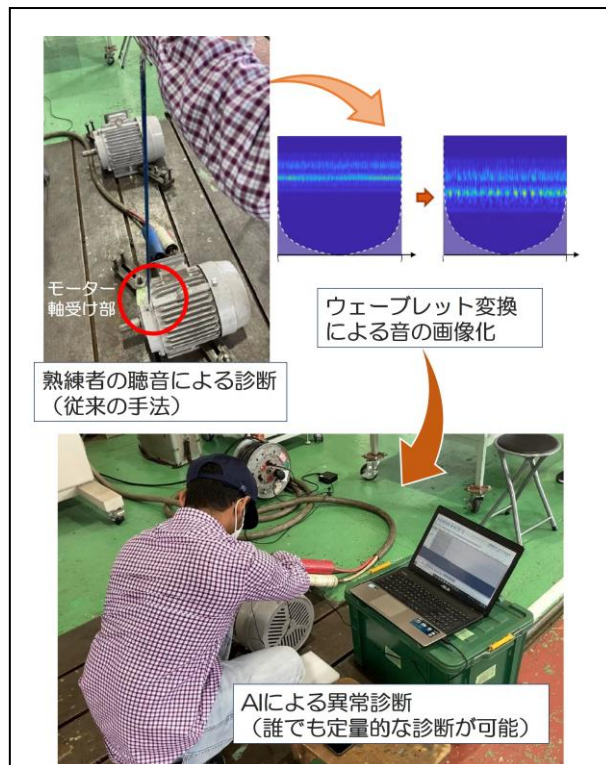
音の違いで装置のトラブルを検知するデジタル技術の開発

期間	令和4年度
体制	・宮崎大学工学教育研究部 工学科電気電子工学プログラム担当 田村 宏樹 教授（システム開発担当） ・株式会社興電舎（実証実験協力） ・宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

モーターの軸受けの異常を診断する技術として、これまでは熟練者が軸受けからの音を聴き異常を検知する手法が採用されてきました。

本研究では人間の感覚ではなく、AIによって同様の異常検知を実現することを目標に、軸受けの振動音の計測・解析を行い、解析結果と軸受けの状態との関係性を検証しました。



成果紹介

対象とする現場では、従来、熟練者が軸受けからの音を聞いて、軸受けの状態を推定しており、推定には高い信頼性がありました。

本研究では、デジタル聴診器を用いてノートパソコンに収録し、ウェーブレット変換により音を画像化する手法で正常な軸受けと異常のある軸受けの振動音を比較し、振動波形に異なる特徴があることが分かりました。

考えられる活用事例

機械加工分野での装置の異常診断を始め、運転音の違いによって異常の診断に繋がる分野への活用が期待できます。

**事例
4****機械加工機の異常振動モニタリング技術の開発**

期間	令和4年度
体制	・宮崎大学工学教育研究部 工学科電気電子工学プログラム担当 田村 宏樹 教授（システム開発担当） ・株式会社 SHIN-SEI（実証実験協力） ・宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

機械加工を担当する熟練者は、加工機から生じる振動により異常の有無を判断してきました。本研究では、AI を用いて異常を検知することを目標に、機械加工機から生じる振動を計測・解析し、その結果と切断加工機の状態との関係性を検証しました。

成果紹介

対象とする機械加工機に加速度センサを取付け、3軸方向の加速度データを計測しました。計測した加速度データは、工場内で専用の計測用計算機上に記録されるようにしています。

記録したデータは、AutoEncoder^{*}と呼ばれるモデルで解析し、機械加工機の異常を検知しました。具体的には、機械加工機の通常状態のモデルを作成し、通常ではない異常時には入力と出力が一致しない状態になることで、異常の判別を行っています。

※ディープラーニングのモデルの1つ。入力されたデータを一度圧縮し、重要な特徴量だけを残して、再度復元処理するモデル。



振動計測環境



計測用計算機



加速度データの様子

考えられる活用事例

機械装置から生じる振動の計測による稼働状態の監視や、得られた計測値を解析することによる機械装置の異常予兆診断に活用することが期待できます。

事例
5

工場内作業の見える化技術の開発

期間	令和2年度～3年度
体制	<ul style="list-style-type: none"> 宮崎大学工学教育研究部 工学科情報通信工学プログラム担当 ティティズイン 教授（システム開発担当） 株式会社共立電機製作所（実証実験協力） 宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

配電盤の組立工程における作業工数を計測するため、工場内の天井に設置されたネットワークカメラから得た動画像から、作業者のヘルメット領域と作業グループを識別し追跡するシステムを開発しました。



作業者のヘルメット領域と作業グループの識別

成果紹介

4Kカメラの映像を画像認識技術とAI技術を用いて解析することで、作業者のグループ識別（左下図）及び追跡を行えるようになりました。また、作業者の行動を「見える化」するため、動線軌跡が確認できるユーザーインターフェースを作成しました（右下図）。これにより、工場での作業の見える化が可能になったため、現在ある仕事の無駄を省くことで、少ない労働力でも、今以上の経済的効果を生み出すことが可能になると考えられます。



各グループのマーク



動線軌跡が確認できる
ユーザーインターフェース

考えられる活用事例

作業者の工程を認識し、動線の改善や効率の向上及び正確な原価計算などに繋がる指標を作成できるようになります。また、作業員の位置推定による安全性確保(例えば、作業中に意識を失ったことを検出するなど)にも貢献できるシステムとして期待できます。

事例
6

作業者に自動追従する搬送ロボットの開発

期間	令和2年度～3年度
体制	・宮崎大学工学教育研究部 工学科機械知能工学プログラム担当 李 根浩 准教授（システム開発担当） ・株式会社システム技研（実証実験協力） ・宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

作業者の下肢の動きをセンサで計測し、得られたデータから下肢動作の推定・追従を行い、全方位置動を可能とする搬送ロボットを開発しました。

これにより、使用環境のマップや現在位置を示すライン・マーカが一切不要で、運搬作業の効率化、作業の負担軽減に貢献します。

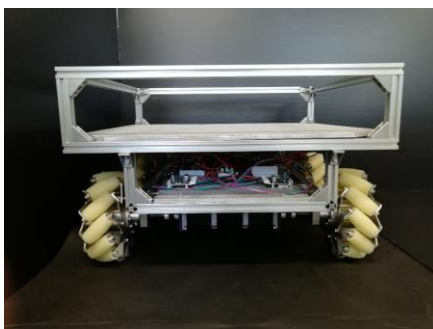


開発した搬送ロボット

成果紹介

センサを用いて作業者の下肢の動きを計測することにより、作業者の前後左右の動きに追従する小型（600×600）の搬送ロボット（最大積載重量40kg）を開発しました。

なお、本搬送ロボットは、自動追従機能のほか、無線コントローラを用いて手動で操縦することも可能です。



土台



コントローラ

考えられる活用事例

工場内で、部品保管棚からの部品取り出し作業など、台車を少しずつ動かしながら作業する場合などに、本搬送ロボットを活用することによる省力化が期待できます。

**事例
7**

工場内計器類の指示値等を自動計測するシステムの開発

期間	令和3年度～4年度
体制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都城工業高等専門学校電気情報工学科 臼井 昇太 教授（システム開発担当） ・ 創宮株式会社（実証実験協力） ・ 宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

製造業の多くは、作業内容が数値化・可視化されておらず、技術伝承が難しいという問題を抱えています。そこで、IoT 機器と可視化技術を用いて、工場内計器類の指示値等について自動計測を行い、さらに計測データ、警報通知などをフィールドに提供できる小型で安価なシステムを開発しました。

成果紹介

対象とする現場では、省力化のために、1)制御盤の電流値、屋外ガスタンクの残量を自動監視し、さらに2)製造瓦の含水率を可視化したいとの課題がありました。

1)に対しては、電流計等をエッジ AI カメラで撮影・画像認識し、異常と判断される場合、その警報を LPWA*でクラウドサーバに送信し、LINE で担当者に通知するシステムを構築しました。

また、2)については、含水率をセンサとシングルボードコンピュータで計測し、そのデータを LPWA でクラウドサーバに送信し、ブラウザで閲覧できるようにしました。

※LPWA…送信データ量は少ないものの、送信距離が長く、かつ格安な通信サービス



考えられる活用事例

工場内にあるアナログ計器類の指示値などを遠隔で自動監視したい用途に活用することが期待できます。

事例
8

製造機械の稼働時間を可視化するシステムの開発

期間	令和3年度～4年度
体制	・都城工業高等専門学校電気情報工学科 臼井 昇太 教授（システム開発担当） ・創宮株式会社（実証実験協力） ・宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

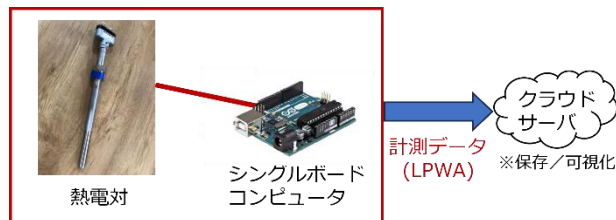
研究開発の概要

製造機械の稼働状況を可視化するために、稼働開始時刻・終了時刻をトリガー入力とし、シングルボードコンピュータを用いてその入力を自動計測し、さらにLPWAにより、インターネットを通じて稼働時間の計測データをフィールドに提供するための小型で安価なシステムを開発しました。

成果紹介

対象とする現場では、瓦焼成炉の稼働時間について、稼働開始時刻と稼働終了時刻をExcelシートへ手入力することで管理していましたが、これを自動計測により省力化したいとの課題がありました。

この課題を解決するために、炉内に挿入した熱電対とシングルボードコンピュータを用いて炉内温度を計測し、そのデータをLPWAでクラウドサーバに送信することにより、正確な炉内温度の可視化、及び稼働開始時刻と稼働終了時刻の取得が可能となりました。



瓦焼成炉の炉内温度を可視化するシステム



熱電対による計測装置



炉内温度の可視化例

考えられる活用事例

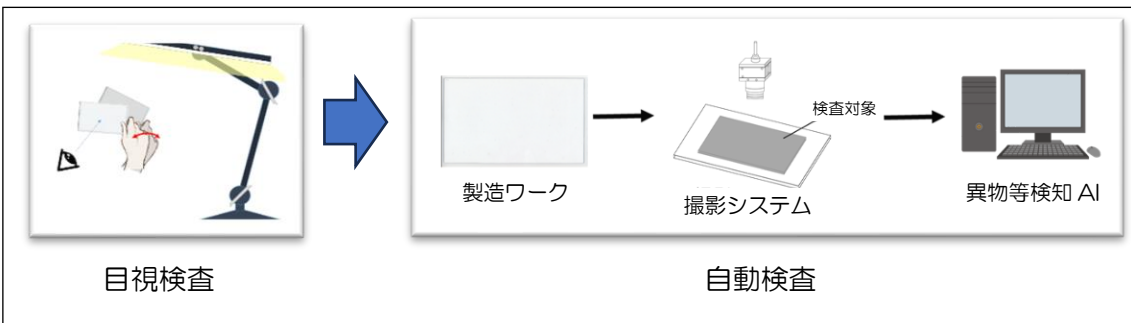
今回、炉内の温度を熱電対で計測することにより、稼働開始時刻と稼働終了時刻を可視化することができましたが、センサを変えることにより、他の製造機械にも活用することが期待できます。

**事例
9****異物等検知 AI による外観検査システムの開発**

期間	令和 4 年度
体制	・ 都城工業高等専門学校電気情報工学科 丸田 要 講師（システム開発担当） ・ 県内企業 1 社（実証実験協力） ・ 宮崎県工業技術センター機械電子部（普及担当）

研究開発の概要

製造ワークの外観検査は、職人が目視にて経験と勘に基づいて検査しているため、検査方法の数値化・可視化ができていないことから、自動化や技術伝承が難しいという課題がありました。本研究では AI を活用することにより、人間と同様の異常検知を実現するとともに、検査項目の可視化、外観検査の自動化を目標に実証実験を行いました。

**成果紹介**

対象とする現場では、目視で検査を行っている透明薄膜状製品の検査を自動化したいという課題がありました。

今回、YOLOv5 と呼ばれる AI モデルを活用し、ラインカメラ方式及びエリアカメラ方式により、人間と同等の検査速度での異常の検知、分類（異物、傷、汚れ）及び数値化を実現しました。

考えられる活用事例

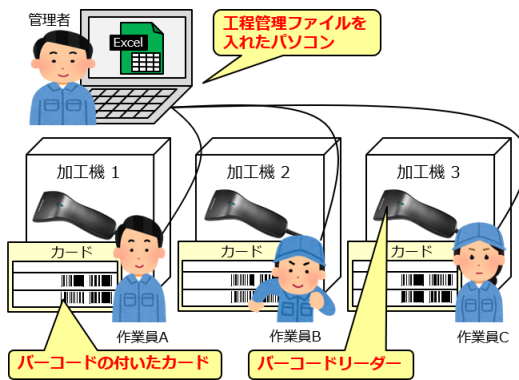
製造分野における外観検査にて異常を数値化することで、一定以上の品質精度を確保することができ、製品品質の安定化が期待できます。

自動検査の結果を通して新人技術者への研修等、技術継承に活用することができます。

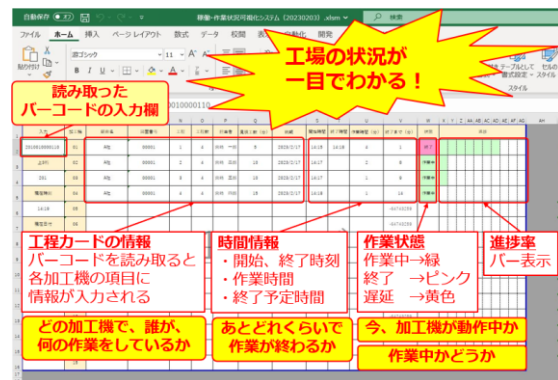
期間	令和2年度～4年度
体制	<ul style="list-style-type: none"> 宮崎県工業技術センター機械電子部（システム開発担当） 株式会社システム技研（実証実験協力）

研究開発の概要

ものづくり企業では、生産性の向上が重要な課題となっています。そのため、自社の工場の加工機の空き状況や各作業の進捗状況を把握することが必要となります。本研究では、作業者が携帯するバーコードを付けたカードと Excel VBA で作成した工程管理ファイルを用いることで、安価に、加工機の稼働状況や作業の進捗状況を可視化できるシステムを構築しました。



システム構成



工程管理ファイル画面

成果紹介

対象とする現場では、精密機械部品加工や金型用部品加工における生産性向上が課題となっており、加工機の稼働状況や作業の進捗状況をリアルタイムに把握する必要がありました。構築した本システムを用いて工場内で実証実験を行い、「今、どの機械が動いているか」や「誰が、何の作業を行っているか」、「あとどれくらいで作業が終わるか」などの情報を可視化できることを確認しました。また、この成果を元に、独自の生産管理システムの導入への足がかりとなりました。

考えられる活用事例

ものづくり企業において、生産性向上などを目的に、「作業状況を可視化したい」、「各作業の進捗状況を知りたい」、「加工機と作業員、作業内容などを紐付けしたい」といったことに、活用することができます。

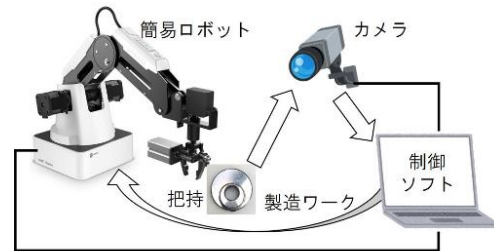
**事例
11****簡易型ロボットアームを用いた把持制御システムの開発**

期間 令和2年度～3年度

体制 宮崎県工業技術センター機械電子部とアルバック機工株式会社との共同開発

研究開発の概要

近年の人手不足の影響により、急務となっている製造ラインにおける手作業工程の自動化に取り組みました。具体的には、簡易型ロボットアームを用いて、工場内のラインで製造されたワークを把持し、別の位置に自動で移動するハンドリング工程について、実際の工場現場への導入(社会実装)を目指し、本簡易型ロボットアームの有用性について検証しました。

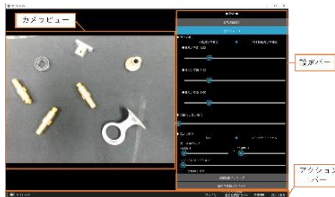


システム構成

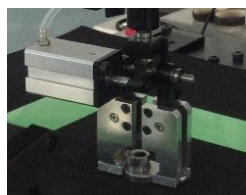
成果紹介

対象とする現場では、製造ワークを簡易型ロボットアームで把持し、別の装置上の受け治具にハンドリングする工程を自動化したいという課題がありました。

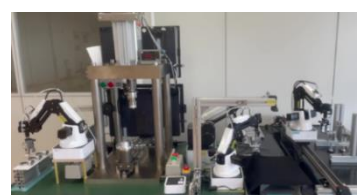
その際、非対称で、任意の位置に置かれたワークを把持する必要があることから、その位置と回転角をカメラ画像から自動認識し、かつ簡易型ロボットアームを制御するソフトを開発しました。さらに、把持するワークの形に合わせた把持補助用治具を開発することにより、本システムが実現しました。



制御ソフト



把持補助用治具



現場実装したシステム

考えられる活用事例

ものづくり企業において、生産性向上などを目的に、「手作業工程を一部自動化したい」といった要望に対して、本ロボットアームと開発した制御ソフトを用いて安価に実現することが可能です。

事例
12

M5Stack マイコンを用いた安価な遠隔監視システムの開発

期間	令和4年度
体制	宮崎県工業技術センター機械電子部 単独

開発の概要

温湿度センサ等の計測値を自動で保存し、スマートフォン等で遠隔に監視することができるシステムを安価に実現したいという県内企業様からの要望を受け、温湿度センサ、M5Stack シリーズのマイコン及び Ambient（データ送信制限回数内で無料のクラウドサービス）を用いたシステムを開発しました。



開発した遠隔監視システム

成果紹介

ノーコード型ソフト UIFLOW を用いて開発が可能な M5Stack シリーズのマイコンと温湿度センサ及び Ambient（データ送信制限回数内で無料のクラウドサービス）を用いて、スマートフォン等で温湿度を常時遠隔監視し、データを長期保存することができるシステムを安価でかつ短期間に試作することができました。

M5Stack シリーズは、温湿度センサ以外の専用センサも多種揃えているため、あらゆるセンサ情報を安価に自動遠隔監視・自動保存できるニーズに対応することが可能となりました。



UIFLOW



M5Stack マイコン
+ 温湿度センサ



スマートフォンによる閲覧
の様子（Ambient による）

考えられる活用事例

ものづくり企業において、手作業で行っていた温湿度の入力・保存を自動化することによって、これまで監視自体を行っていなかった温湿度などの情報を自動で取得することにより、省力化や品質向上を図ることができます。

事例
13

IoTシステムのノイズトラブル原因特定技術

期間	令和2年度～4年度
体制	宮崎県工業技術センター機械電子部 単独

概要

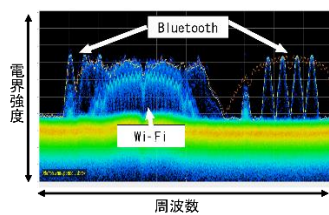
工場等の生産現場では、省力化や生産性向上を図るため、IoT等の新技術の活用が進んでいますが、中小企業においては、「導入後のトラブルに対応できない」ため、導入が進んでいません。そこで本研究では、県内中小企業等からのIoTシステム導入後のノイズトラブル相談に対応できるようにするため、フィールドでトラブルが発生した場合の原因の特定と原因に対応した対策方法を検討しました。



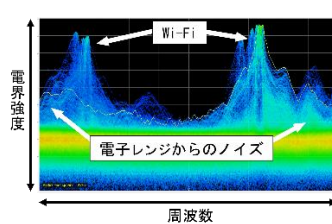
小型軽量広帯域アンテナによる測定

成果紹介

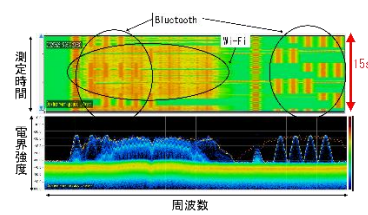
工場内で使用されるIoTシステムは、①周辺の無線機器の無線通信電波、②工場内の加工機等が発する電磁ノイズによりトラブルを起こします。これらの電磁波は、周波数やレベルが時間によって変動します。また、発生頻度が低いため、一般的なスペクトラムアナライザでは測定が困難でした。そこで、広帯域に電磁波を測定し、トラブル原因と思われる電磁波の周波数付近で周波数帯域幅を狭める、リアルタイム・スペアナを使用した測定方法を確立しました。これにより、実際波形の正確な把握と突発的な信号の捕捉が可能になりました。また、スペクトログラム測定が可能になったため、電波や電磁ノイズの発生タイミングと発生間隔が容易にわかるようになりました。



Wi-FiとBluetoothの干渉



Wi-Fiと電子レンジノイズの干渉



スペクトログラム表示

考えられる活用事例

ノイズトラブル原因の特定が容易になったことで、原因となる機器が使用する無線周波数や発している電磁ノイズと異なる周波数やチャンネルを使用することにより、トラブルを低減させることが可能です。