

---

---

# 地域先進技術研究部門 電気・通信系

2019 年度活動サマリー・研究成果・業績リスト

## 地域先進技術研究部門

(部門長)

松江英明 教授  
(電気・通信系担当)

(副部門長)

板橋正章 教授  
(機械系担当)

(部門研究員)

(電気通信系)

市川純章 教授  
石井隆生 教授  
布 房夫 教授  
杉田 誠 准教授  
田邊 造 准教授  
山口一弘 講師  
平谷雄二 教授

(機械系)

今村友彦 准教授  
志村 穰 准教授  
武藤 英 准教授  
上矢恭子 講師  
渡辺 毅 助教  
石井隆生 教授  
源野広和 客員教授  
須川修身 客員教授

## 地域先進技術研究部門 電気・通信系 報告書

### 1) 当部門の活動サマリー

当部門では要素技術が異なる4件の研究テーマに対して、それぞれ個別に研究開発活動を展開してきた。それらは、①山間部の水源地に設置する浄水装置の稼働状況常時監視システムの開発、②IoTによる観光・災害・買物難民支援の情報および3D点群地図データを用いた大分県国東市（過疎化地域）のバーチャルリアルシティ化への取り組み、③LPWA/Wi-Fi/Wi-SUNを活用したIoTハイブリッドセンサーネットワークおよびレーダーセンシング技術を統合した介護支援システムの研究開発、④農業分野への応用を目指したIoTシステムの研究開発、である。

①山間部の水源地に設置する浄水装置の稼働状況常時監視システムの開発について、諏訪圏ものづくり推進機構主催のSEE研究会に参画し、環境・エネルギーに係わる個別研究プロジェクト（中小企業連携）の支援に取り組んできた。当個別プロジェクトの水処理研究では、SDGsの「安全な水の供給」と厚生労働省の課題である『水道水中の耐塩素性病原生物（クリプトスポリジウム）の安全な水の供給』と『水道水中の耐塩素性病原生物（クリプトスポリジウム）の除去設備が高価なことにより普及が進まない（以下、クリプト対策）』をテーマに膜ろ過装置開発を手掛け、試作機製造を完成し、同病原生物の除去が検証済みである。同病原生物の除去は山間部の遠隔地にある浄水場にて処理されるが水質検査は常時行われていない。現状では装置の異常検知は可能だが、異常発生時は人手が出向き異常内容を確認して対策が行われるため初期動作が遅れている。今後、少子化が進み監査者が減少していく中で、益々遠隔地の浄水状況を適切に監視することが望まれている。

こうした装置開発において、連携企業体に不足しているノウハウは、インターネット回線、およびインターネット上のクラウドサービスを活用したシステム開発、およびデータ分析である。そこで、本学、地元企業6社、茅野市、NPO諏訪圏ものづくり推進機構と共同で開発を推進した。第一段階は、この監視システム構築を支援し、その次の段階では、そこから得られた稼働状態のデータから、故障診断、メンテナンス時期の判定へとつなげていく必要がある。本年度の実施期間で達成した事項は、耐塩素性病原生物対策用装置からの流量、差圧、通水圧力等のセンサーデータをエッジコンピュータで収集し、インターネット上のクラウドに保存とWEBサービスによるリアルタイム監視システムである。構築および検討したシステムとして、1)稼働状態の監視（異常検出）、2)IoTネットワークによるリアルタイム情報収集、3)ソーラー電源によるIoT環境実験、4)省電力の広域無線通信（LPWA）への展開検討、である。これらの状況は令和2年2月に1紙で報道された。

②IoTによる観光・災害・買物難民支援の情報および3D点群地図データを用いた大分県国東市（過疎化地域）のバーチャルリアルシティ化への取り組みについて、茅野市と同様に大分県国東市においても、常住人口の減少・お年寄りの増加が深刻な問題である。特に大

分県国東市においては、市町村合併を繰り返しながら 2006 年に国東市が誕生後も、総務省統計局・国勢調査の結果から人口減少に歯止めがかからず、現在 27,886 人（男子 13,320 人、女子 14,566 人）にまで減少している。特筆すべきことは、女性人口の急激な減少により、近い将来、国東市では女性人口より男性人口が多くなることが予想されている。今後、市町村合併を繰り返せば、人口当たりの面積が大きくなり、市民の生活に加え、行政サービスも崩壊する可能性がある。そこで、本学、他大学、企業などと共同で国東市のバーチャルリアリティ化に向けて次の 3 つに取り組んだ。1) [観光資源の有効利用] 国東市の情報に加え、国東市に関する SNS 情報の収集・解析、2) [災害時対策] 建築・防災減システムのためのシミュレーション開発、3) [買物難民支援とバス位置推定] 3D 点群地図にバス追跡と商店チラシのマッピング、である。この様子を令和元年 11 月のシンポジウムにおいて発表、また、2 件の学会発表を行った。

**③ LPWA/Wi-Fi/Wi-SUN を活用した IoT ハイブリッドセンサーネットワークおよびレーダーセンシング技術を統合した介護支援システムの研究開発**について、本プロジェクトでは、医療・介護分野において介護者の稼働負荷を軽減するため、センサーネットワークおよびセンシング技術を統合した IoT システムを開発することを目的とした研究開発である。本部門の研究開発資金と総務省戦略的情報通信研究開発事業（SCOPE）からの資金とを合わせて実施したもので、実用化を意識した研究開発目標を設定して推進した。本学、県内/地元企業などと共同で以下の 3 つについて研究開発を行った。1) Wi-Fi によるマルチホップ/メッシュネットワークのルーティング技術の研究開発、2) 高度センシング技術の研究開発、3) LPWA と GPS を組み合わせた小型端末の研究開発、である。共同研究者のメンバーとともに実証実験場所を介護施設「ななきの家」において、「ななきの家」経営者等との意見交換会 2 回を含めて計 5 回の打ち合わせを行い研究開発の進捗状況などを共有しつつ進めてきた。また、本研究成果を発表する場として本施設内の実環境において動作確認実験を実施してきた。この動作確認実験では、想定されるユーザ、関連する企業、開発実施主体の自治体、報道関係者など 30 名余の参加を得て実施し、これまでの研究開発成果の確認をおこなうとともに実用化に向けた開発課題も明確化することができた。この状況は 2 紙と民放 1 局で報道された。また、得られた成果をまとめて 7 件の学会発表を行った。

**④ 農業分野への応用を目指した IoT システムの研究開発**について、本学、県内企業、県内高校、他大学と共同で LPWA（Low Power Wide Area）通信方式を活用し、低価格な農業用 IoT システムの研究開発を行った。開発した IoT システムを用いて集約したデータを解析し、さらにそのデータを AI 技術を活用することによって、農産物の育成管理情報を得るシステムの構築を目指している。具体的な課題は次の 3 項目である、1) 小型 LPWA 無線端末の開発、2) AWS を活用したクラウドネットワークの開発、3) AI を活用した農作物の生育評価手法の開発、である。その結果、安定して温湿度、CO<sub>2</sub>、土壌などの環境情報データを蓄積するシステムを構築できた。得られたデータはデータ収集、加工、可視化を AWS クラウド上に構築した。また、これらのデータと生産物の画像データとの関連性を含めて育成管理情報システムの基礎検討を進めてきた。この状況は、令和 2 年 1 月に駒ヶ根市で開催された「マッチングフォーラム in 駒ヶ根」において、デモ実験などの動態展示を行った。また、

3件の学会発表を行った。

## 2) 研究開発の概要と研究業績

### ① 山間部の水源地に設置する浄水装置の稼働状況常時監視システムの開発

担当：市川 純章

図1にMF膜ろ過（Microfiltration Membrane）方式の装置概要を、また、図2にIoTネットワークによるリアルタイム情報収集に係るブロック図を示す。

本年度の実施期間で達成した事項は、耐塩素性病原生物対策用装置からの流量、差圧、通水圧力等のセンサーデータをエッジコンピュータで収集し、インターネット上のクラウドに保存とWEBサービスによるリアルタイム監視システムである。以下に構築したシステムについて述べる。



図1 MF膜ろ過（Microfiltration Membrane）方式の装置概要

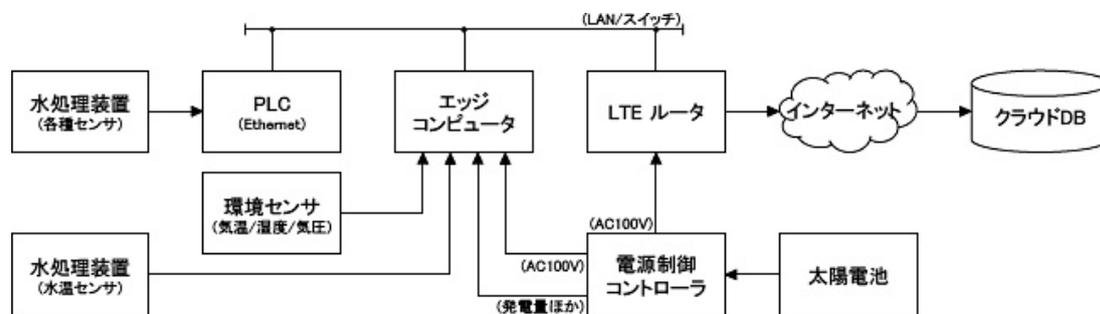


図2 IoTネットワークによるリアルタイム情報収集に係るブロック図

#### 1) 稼働状態の監視（異常検出）

- ローカルのストレージ、ならびにクラウドのデータベースにデータを蓄積する。
- 蓄積したデータを分析し、異常を検出する抽出条件を検討する。
- 異常検出条件を実データから抽出し、故障・異常の検知を可能とする。
- 実機に意図的に異常を発生させ、検知の試験を行う。
- 継続的な傾向分析を行い、未知の異常検出について模索する。

#### 2) IoTネットワークによるリアルタイム情報収集

- 各種センサの値をエッジコンピュータで取得し、ローカルのストレージに保存する。
- あわせて、LTE回線を用いてクラウドのデータベースにアップロードする。
- クラウドのデータベースを可視化しWEBサービス等からモニタを可能とする。

3) ソーラー電源による IOT 環境実験

- 無電源地区での稼働を想定して、ソーラー電源での IoT 環境実験を実施する。
- ソーラー発電および商用電源から IoT 機器に給電する電源制御コントローラを実装する。
- ソーラーパネルの発電量などを IoT 機器で監視・保存し実現性の検証を可能とする。

4) 省電力の広域無線通信 (LPWA) への展開検討

少量の価値あるデータのみを LPWA に乗せての運用を検討する。

- インターネット上のクラウドデータによる運用から価値あるデータに絞ることで、通信量に制限のある LPWA による運用の可能性を検討する。

■研究業績

●報道掲載

「企業 6 社で開発の浄水装置」, 長野日報, 2020 年 2 月 13 日

② IoT による観光・災害・買物難民支援の情報および 3D 点群地図データを用いた大分県国東市 (過疎化地域) のバーチャルリアルシティ化への取り組み

担当: 田邊 造

図 3 に地上即位プラットフォームの概要を示す。

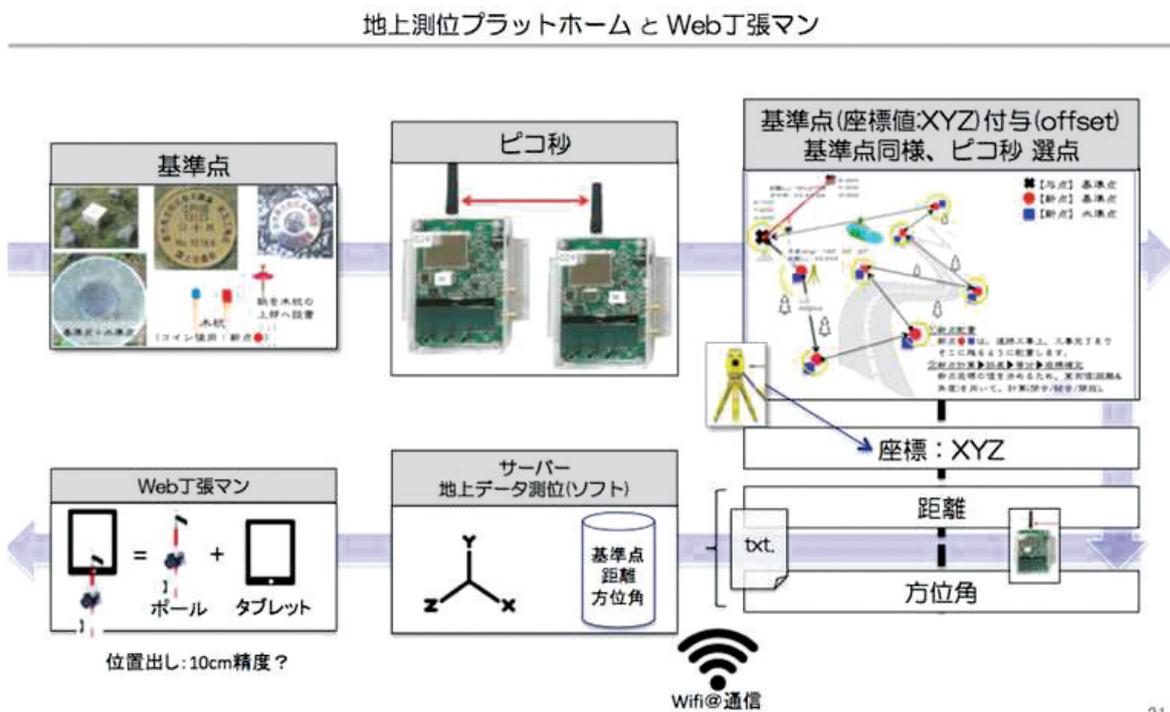


図 3 地上即位プラットフォームの概要

3つの研究開発課題の概要を以下に述べる。

### 1) [観光資源の有効利用] 国東市の情報に加え、国東市に関する SNS 情報の収集・解析

株式会社コイシと合同会社 Kiah がドローンで取得した国東点群地図データを 3D 映像アプリ開発に成功した。世界中の誰かが国東市に関する SNS 情報をリアルタイムに話題の位置をマッピングするサーバ構築のハードウェアとサーバのソフトウェアの開発に成功した。また国東市でユーザの気になる観光場所や観光名物に関する解析結果レポートを国東市・行政課と観光課に週 1 回送っている。現在も様々な情報が自動的に 3D 点群データにアップされており、解析結果をもとに国東市役所・行政課と観光課および国東地地域おこし協力隊が、facebook で関連情報をアップしてる。今後は現在のシステムを用いて、新型コロナウイルス感染症による観光客が激減した飲食店を応援する方法について、オードブルの配達などを検討する予定である。

### 2) [災害時対策] 建築・防災減システムのためのシミュレーション開発

災害時の高レジリエンスに対応した建築・防災減システムのプロジェクトとして、国東市・東京理科大学の工学部建築学科伊藤拓海先生、同大理工学部経営工学科石垣綾先生、株式会社コイシ、合同会社 Kaith と実施した。

### 3) [買物難民支援とバス位置推定] 3D 点群地図にバス追跡と商店チラシのマッピング

国東市飲食店が田邊研究室 HP から登録して目玉商品やチラシをアップロードすると、登録した飲食店などをバスが通る時に次の図のように本日の目玉商品やチラシをポップアップするようにした。加えて、このシステムの国東市のサイクリングのイベントで実施して、シンポジウムで実証実験の報告を行った。

#### ■研究業績

##### ●学会発表

- [1] “観光・生活・災害の情報の抽出と地図にマッピングするシステムの開発,” 電子情報通信学会・信越支部大会, 2019 年 09 月 28 日, 長岡技術科学大学。
- [2] “地図上のバス移動追跡に連動する PULL 型地域情報提供システムの開発,” 電子情報通信学会・総合大会, 2019 年 03 月 17 日~20 日, 広島大

##### ●実証実験報告

- [1] サイクルツーリズム「西瀬戸海道・5つの星ライン」シンポジウム開催, 2019 年 11 月 29 日~30 日

③ LPWA/Wi-Fi/Wi-SUN を活用した IoT ハイブリッドセンサーネットワークおよびレーダーセンシング技術を統合した介護支援システムの研究開発

担当：布 房夫、山口 一弘、松江 英明

介護支援システムに関する研究開発課題の全体を図4に示す。

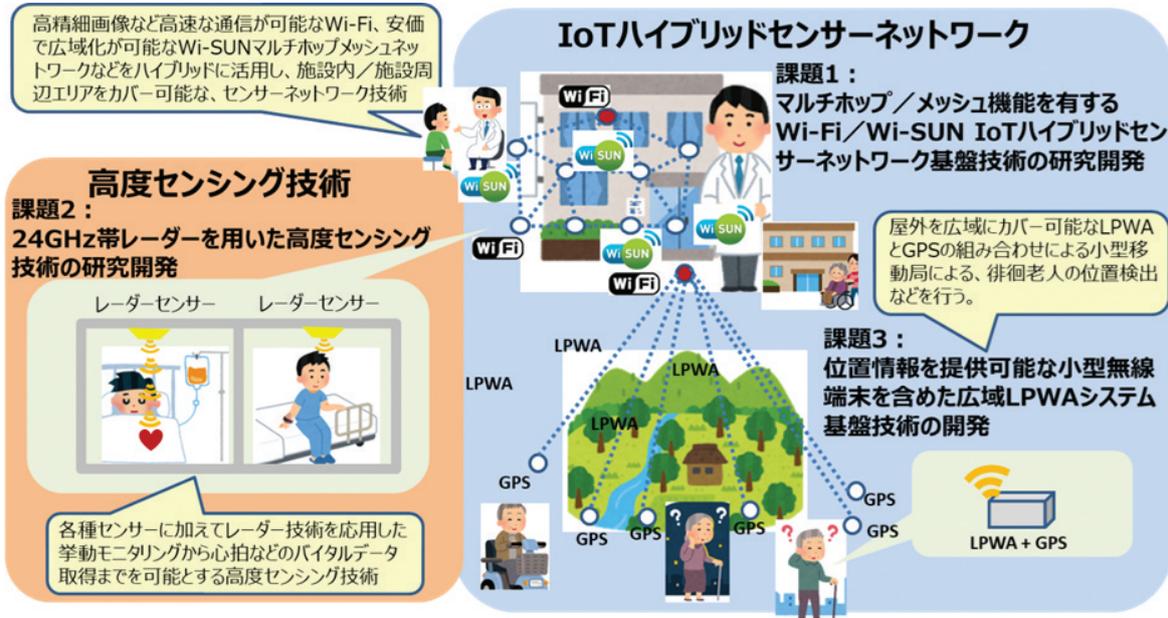


図4 介護支援システムにおける3つの研究開発課題

3つの研究開発課題の概要を以下に述べる。

1) Wi-Fiによるマルチホップメッシュネットワークのルーティング技術の研究開発

Wi-Fiによるマルチホップメッシュネットワークのルーティング技術の研究開発については、昨年度は、実証実験において実機を用いた実験系を構築し、現状技術の性能を確認するとともに、経路制御機能についてはトラフィックロードバランスを考慮した新たな経路選択方式を提案した。本年度は、計算機シミュレーションにおいて、これまで無線端末単体で実施されていた輻輳判定を周辺状況を考慮し実施するとともに、通信品質クラスを考量することでロードバランスを高精度で判定する方式を提案した。また、実機を用いた通信実験では、Wi-Fiでのマルチホップ通信の実力値を定量的に評価するとともに、現状における問題点を明らかにし（詳細は学会にて発表済み）、問題点を解決するための仕組みや通信方式について検討を行った。計算機シミュレーション、通信実験等によりWi-Fiでのマルチホップ通信の有効性を定量的に確認した。

2) 高度センシング技術の研究開発

昨年度、介護施設への適用を考慮して安価でかつ計測範囲として2.5~4m程度を考慮して24GHzレーダーを選定し、計測距離2.5mの環境において、人の呼吸、心拍および生活挙動の検出を行ったが、今年度では、その計測距離を4mに拡張し、呼吸については計測

精度 80%を、また、心拍については被測定者のレーダー波から正対する条件下において計測精度 70%の目標を設定するとともに介護室から離れた管理人室までを遠隔で計測可能なよう Wi-Fi システムを適用した場合の動作確認実験を行うことを目標とした。実験概要を図 5 に示す。呼吸計測に関しては、4 m の計測環境、Wi-Fi システムを用いた 5 ホップネットワークを経由して遠隔計測する環境を実現して、計測した結果をリアルタイムに PC 上に表示可能な信号処理ソフトウェアを開発した。また、心拍計測方法として、昨年検討した方法について計測精度向上を目指して、微小変位の時間波形の局所的最大値に着目した計測方法を新たに検討した。実際の介護施設において、2 つの異なる大きさの室について、それぞれ被測定者数 2 人、総サンプル数 120（呼吸計測時）と 64（心拍計測時）で実験評価した。なお、基準値としては市販のウェアラブルセンサーを同時に使用して計測した。呼吸計測に関しては、2.3 m の小さな室から Wi-Fi 3 ホップの、また、4 m の大きな室から Wi-Fi 5 ホップのマルチホップネットワークを介して、被測定者が仰向けと横向きの 2 つのケース共に計測精度 80%以上を実現できることを確認した。一方で、心拍計測に関しては、2.3 m の小さな室から Wi-Fi 3 ホップネットワーク環境下において、レーダーからの電波と被測定者が正対する環境である仰向け状態で寝ている場合のみ検出精度 80%以上を実現できた。それ以外の 2.3 m 室での被測定者が横向き状態や、4 m 室での仰向け、横向きの状態では十分な検出精度が得られないことが判明した。以上の結果について令和元年 12 月に学会発表した。

### 3) LPWA と GPS を組み合わせた小型端末の研究開発

平成 30 年度に機能確認したブレッドボード試作機について、本年度は専用基板を開発するためのデバイスの選定、設計シミュレーションを行い、設計法を確立すること、また、試作端末および市販の端末を用いた伝送試験を実施し、端末におけるソフトウェア・ハードウェアの技術課題の抽出、端末数増加時のソフトウェア・ネットワークのスケラビリティの検証を実施することを目標としていた。

この目標に対し、専用基板設計には、平成 30 年度にブレッドボード試作および伝送実験した結果を基に通信モジュールなどの部品選定、今後の機能拡張のための部品選定を行い、基板設計を行い、専用基板を製作した。また、LPWA 通信方式として平成 30 年度に選定した LoRaWAN 通信方式によるシステムを現地にて展開した（図 9）。実環境下において、同時接続端末数を増やすとともに屋外広域において伝送試験を行い、ソフトウェア・ネットワークのスケラビリティの検証を行った。その結果、データを集約する側のシステムのソフトウェア面、ネットワーク面には十分な性能があることを確認した。一方で、端末側のソフトウェア面、ハードウェアの機能面に課題があることも確認した。

## ■研究業績

### ●学会発表

- [1] 柘植 晃, 布 房夫, 山口一弘, 古屋靖哲, 井口敦司, 松江英明, 「センサーネットワークとレーダーセンシング技術を活用した医療・介護支援システムの研究開発, -介護現場における機能確認試験結果と今後の課題について-」 電子情報通信学会, 無線通

信システム研究会, NS2019-155, RCS2019-258 (2019-12), 徳島大学, 令和元年 12 月 20 日

- [2] 布 房夫, 山口一弘, 松江英明, 柘植 晃, 「IEEE802.11 メッシュネットワークにおける輻輳情報を用いた経路制御方法に関する一検討」電子情報通信学会, 無線通信システム研究会, NS2019-156, RCS2019-259 (2019-12), 徳島大学, 令和元年 12 月 20 日
- [3] 柘植 晃, 布 房夫, 山口一弘, 松江英明, 「医療介護施設現場を想定した施設内外を適度にカバー可能な Wi-SUN FAN によるマルチホップセンサーネットワークの構築」電子情報通信学会, 無線通信システム研究会, NS2019-157, RCS2019-260 (2019-12), 徳島大学, 令和元年 12 月 20 日
- [4] 山口一弘, 田崎英之, 松江英明, 井口敦司, 「LoRaWAN システムのフィールド実験による伝送特性評価と介護施設への応用事例」電子情報通信学会, 無線通信システム研究会, RCS2019-261 (2019-12), 徳島大学, 令和元年 12 月 20 日
- [5] 百瀬洸希, 山口一弘, 松江英明, 古屋靖哲, 斎藤光正, 「24 GHz 帯レーダー技術を活用した介護現場における人の生活挙動および呼吸, 心拍に関する遠隔計測システムの開発」電子情報通信学会, 無線通信システム研究会, RCS2019-262 (2019-12), 徳島大学, 令和元年 12 月 20 日
- [6] 百瀬洸希, 前田昇吾, 長瀬 渉, 山口一弘, 松江英明, 古屋靖哲, 斎藤光正, 「24 GHz 帯レーダーを用いた人の生活挙動および呼吸, 心拍計測の一検討」, WTP'2019, アカデミアポスターセッション, 東京ビッグサイト, 令和元年 5 月 29 日~5 月 31 日
- [7] 田崎英之, 長田良介, 前田昇吾, 長瀬 渉, 山口一弘, 布 房夫, 松江英明, 古屋 靖哲, 井口敦司, 柘植 晃, 「LPWA, Wi-Fi, Wi-SUN システムを有機的に活用した医療・介護支援システムの研究開発」, WTP'2019, アカデミアポスターセッション, 東京ビッグサイト, 令和元年 5 月 29 日~5 月 31 日

#### ●報道発表

- [1] 「IoT ハイブリッドセンサーネットワークおよび高度センシング技術による医療・介護支援システムの研究開発」に関する公開実験について (ご案内), 令和元年 10 月 17 日

#### ●報道掲載

- [1] 高齢者の見守りシステム 実用化へ公開実験, 茅野市民新聞, 令和元年 11 月 13 日
- [2] センサーで要介護者の動き感知 安曇野「ななきの家」で公開実験, 中日新聞, 令和元年 11 月 13 日
- [3] 医療介護支援システムの公開実験, 長野朝日放送 abn ニュース, 令和元年 11 月 13 日

#### ●ホームページによる研究成果の公表等

- [1] 大学ホームページ 教育・研究, 地域連携研究開発機構, 地域先進技術研究部門, 電気・通信系の報告書  
<https://www.sus.ac.jp/wp-content/themes/main/images/academy/2018result/>

research06.pdf

## ●その他

- [1] ワイヤレステクノロジーパーク 2019 (WTP2019), 東京ビッグサイト, 2019年5月29日～5月31日
- [2] 諏訪圏工業メッセ 2019, 諏訪市, 2019年10月17日～19日
- [3] ET&IoT Technology 2019, パシフィコ横浜, 2019年11月20日～11月22日

## ④ 農業分野への応用を目指した IoT システムの研究開発

担当：山口 一弘、松江 英明

農業分野への応用を目指した IoT システムの全体概要を図5に示す。

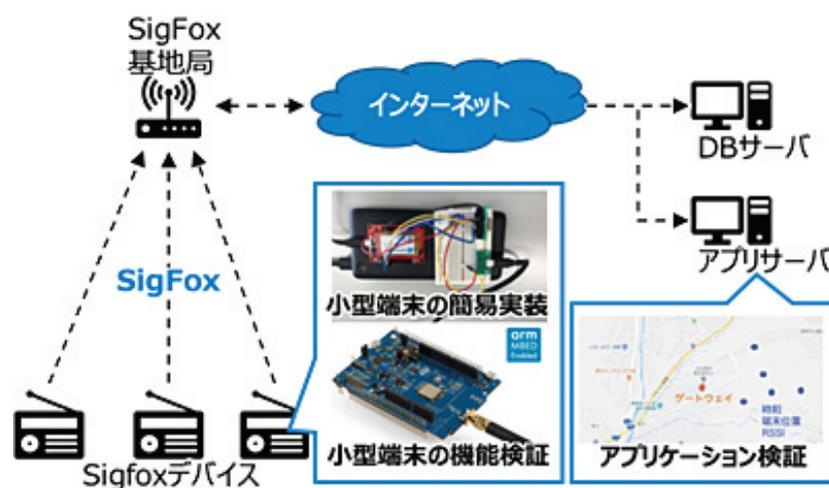


図5 農業分野への応用を目指した IoT システムの概要

3つの研究開発課題の概要を以下に述べる。

## 1) 小型 LPWA 無線端末の開発

LPWA 通信規格のそれぞれの通信機能を有する小型センサー端末を開発することを目標とし、本研究では LPWA 通信規格の1つである SigFox を用いた端末開発を行った。

SigFox 通信は、携帯電話回線のようにネットワークインフラは通信キャリアが用意し、ユーザは通信料を支払う形態での運用となる。LPWA 通信で使用されるデータは低速回線における無線通信で十分であるため、1 端末あたり数 100円/月程度のランニングコストが見込まれている。

本研究では、SigFox 通信機能を有する端末を開発し、開発した端末を用いて、実証実験現場である駒ヶ根市のフィールドにおいて通信試験を行った。また、駒ヶ根市の農家さんの圃場に SigFox 通信を活用したセンサーを導入し、通信試験、そしてセンシングしたデータを定期的にクラウドへと送信し、集約・可視化するクラウドネットワークを構築した。これらの研究成果について、学会発表（業績1参照）を行い、今後は電池寿命の検証、下り回線

の活用、などを行う予定である。

## 2) クラウドネットワークの開発

本研究では、開発した SigFox からのデータを集約することを中心として、複数のセンサー端末からの計測情報を収集することが可能なシステムを構築した。LPWA では通信規格ごとにネットワークインフラの運用が異なり、ユーザが自由にカスタマイズできる範囲に制限がかかる。このため、通信規格ごとの異なるセンサー端末からの情報を集約するクラウドプラットフォームを構築した。クラウド上へのデータ送信には、これまでの研究で実施してきた Wi-Fi、Wi-SUN、LoRa、ELTRES 通信もあわせて活用し、今回は新たに SigFox 通信を実装した。これにより、通信規格を問わずクラウドネットワークへと接続できる構成を目指した。これらについては、ポスター・デモ展示（業績3参照）を行った。

## 3) 農作物の生育評価手法の開発

農作物を定点で定期的に撮影する高精細画像計測システムを開発し、圃場へ設置を行った。得られた画像データをクラウド保存し、AI 技術を活用して解析することで、生育状態の把握を行った。さらに、別途計測する環境情報と合わせた解析や、時系列解析によって、今後の生育予測を行って、収穫日や収穫量を予想するアルゴリズムを検討した。これらの研究成果について、学会発表（業績2参照）を行い、今後は農家と情報共有することで、地域農業のさらなる活性化を支援したい。

### ■研究業績

#### ●学会発表

1. 長田良介, 山口一弘, 松江英明, 石澤育博, “Sigfox システムにおけるフィールド伝送実験評価とデータ蓄積, 可視化機能の開発および農園への適用例について,” 電子情報通信学会技術報告, vol. 119, no. 378, RCS2019-269, pp. 19-24, 2020年1月.
2. 源野広和, 小林一樹, 松江英明, “高精細画像モニタリングシステムを用いたイチゴ生育画像の計測・蓄積と解析,” 電子情報通信学会技術報告, vol. 119, no. 378, RCS2019-270, pp. 25-29, 2020年1月.

#### ●展示・発表

1. ポスター・デモ展示, 第7回全国ものづくり高大連携発表会 & マッチングフォーラム in 駒ヶ根, 2020年1月.