

# LPWA基板ボード開発と測定による一考察

岩 倉 洋 平

はじめに

Low Power Wide Area (以下, LPWAと略す)は, 省電力且つ広域にネットワークを展開できることから, Internet of Things (以下, IoTと略す)の新たなネットワークサービスとして広く利用される事が期待されている<sup>1)</sup>。

IoTの中における無線通信ネットワークの種類に関しては3G, 4G, 5G, LPWA, Wi-Fi, NFC, Bluetooth等の近接から遠距離まで様々なタイプ<sup>2)</sup>があるが, それぞれの特性に適切なネットワークを利用する事が望ましい。香川県内においても民間のIT事業者が各ネットワークサービスの導入を進めている。

平成30年に株式会社STNet(本社所在地:香川県高松市)がスタンシステム株式会社(本社所在地:徳島県徳島市)らと「LPWAを活用した徳島県発のIoTサービス事業創出への取り組み」を発表しており, 令和2年には「LPWA版有害鳥獣捕獲監視サービス」<sup>3) 4)</sup>を開始した。また, 令和元年度には国土交通省国土地理院四国地方測量部が地理空間情報の活用に関する香川地域連携協議会の中で, 株式会社五星(本社所在地:香川県三豊市)が「LPWAを活用したICT防災について」として報告している。<sup>5)</sup>

このように事例は出てくるものの, IoT導入の中でも香川県は団体や企業の報告事例が未だ少ないと

考えている。

筆者はIT人材不足と言われている昨今, 地方地域にIoTを活用した事業を進めていく為には, さらなる人材育成と人材創出が課題と考えており, 2018年, 2020年, 2021年公益財団法人かがわ産業支援財団主催の「高度産業人材育成事業(IT研修)」にて民間企業や個人の開発者向けに講師として人材育成を行ってきた。これら講義の中でもWi-Fiによる実習は行ったが, LPWAを用いた実習を行うにはネットワーク環境, 必須となる技術要件, 時間的制限などの様々な課題があり, 推進活動を控えている。

経済産業省と独立行政法人情報処理推進機構(以下, IPAと略す)が推進している「地方版IoT推進ラボ」<sup>6)</sup>の制度では各自自治体のIoTに関する取り組みが公開されている。四国地方に限定すれば, 2022年12月時点での都道府県別活動記事の数は, 表1のように徳島県14件, 愛媛県と高知県が8件, 香川県が1件となっている。

表1 地方版IoT推進ラボ・四国地方の登録数と活動状況

都道府県	名称	ラボ別活動記事(件)	県別活動記事(件)
愛媛県	愛媛県IoT推進ラボ	2	8
	新居浜市IoT推進ラボ	6	
香川県	高松市IoT推進ラボ	1	1
高知県	高知県IoT推進ラボ	8	8
徳島県	徳島県IoT推進ラボ	9	14
	神山町IoT推進ラボ	1	
	美波町IoT推進ラボ	4	

令和4年12月20日受理  
連絡先 〒769-0201 香川県綾歌郡宇多津町浜一番丁10番地  
香川短期大学 経営情報学科  
TEL 0877(49)5593 FAX 0877(49)5252  
Email iwakura@kjc.ac.jp

これら課題を解決するには、IT事業者によるIoT事業の推進が一つではあるが、同時に高等教育機関においても先端IT人材育成の仕組み作りをする事で、企業や社会における課題を早期発見し問題解決に導く人材を創出できると考えている。その為、IoT及びLPWAに関わるIT人材育成と普及を目指して研究活動に取り掛かる事とした。

## 1. 目的

本稿では、研究活動に辺りLPWAの独自ボードの開発と測定を実施し、活動結果を報告するとともに、課題を整理し今後のLPWAによる利用分野の可能性について考察する。さらには、香川県内のIT人材育成の可能性を考察したい。

## 2. 事前準備

準備段階として、通信方式の選定とネットワークの実装方法、及び実際の開発作業が必要となる。本活動では通信方式LoRaを採用し、プライベートネットワークを選定した。LPWAの特徴と選定理由、基板ボードの開発における設定値は次の項にて記載する。

### 2. 1. LPWAの種類

LPWAのネットワークを実現させる為には、まず通信方式の選定を行い、次に選定した通信方式のサービス形態を検討していく必要がある。

無線通信を実現する為に必要な機器を設置するにあたり、無線免許を必要としないアンライセンスバンドを選定対象とし、さらに通信機器のGateway側がLPWAN (Low Power Wide Area Network) として公開ネットワークだけでなく、プライベートネットワーク設置可能なLoRaを採用した。LoRaは「long range」から由来しており、採用根拠としてはそのコミュニティと近年の動向にある。オリジナルのライセンス特許はフランスのCyCleo社が取得し、アメリカのSEMTECH社が買い取り、LoRa通信チップの商品化とオープンソース化を進めている。オープンソース化によって様々な技術者が技術の改変やサービス化を行っていく事で、広く社会活

動に浸透する事が期待される。また、IoT領域の標準化団体としてLoRa Alliance®が発足され、その加盟数も2017年時点で420社を超えている<sup>7)</sup>。本稿では導入費のみで実装が可能であるPrivate LoRaによる実装とした。Private LoRaであれば通信維持費が別途かからない為である<sup>8)</sup>。参考として表2に代表的なライセンスバンドと案ライセンスバンドの通信方式を記す。

表2 LPWA通信方式一覧とライセンス

ライセンス種類	方式
アンライセンスバンド	Sigfox LoRaWAN Wi-Fi HaLow Wi-SUN ELTRES ZETA
ライセンスバンド	NB-IoT LTE-M Cat.NB1

江口ら<sup>9)</sup>は、Private LoRaを用いて車と車の情報共有、及び中継の為の仕組みを提唱した。自由空間伝播モデルの理論式にあてはめ、直接波における受信電波強度 (RSSI) を求め、その値によって設定した閾値の中継転送を行うかどうかの判断と実現手法を提唱した。このようにPrivate LoRaによる実装は柔軟な無線通信の制御が可能となる。

### 2. 2. 基板ボードの開発

基板ボードの開発は香川県内企業と共に基板ボード「LoRa Factory」を開発した。まずは本研究におけるシステム概要を図1に記す。

図1の見通し5kmは予想値であり実測値ではない。GatewayにもLoRa Factoryを使用し、無線通信によるMachine to Machine (M2M) を実現する。IoTのエッジ側から送信されたデータは長距離無線通信によってGatewayにて受信され、ホストPCにて記録される。

次に、LoRa Factoryとモジュール構成図を図2に、各モジュール説明を表3、PIN説明を表4に記す。

開発を行う上で無線通信モジュールに関しては、電波法に準拠するよう技術基準適合証明等（以後、技適と略す）が取得できているモジュールを採用した。GPIOはDigital PINとAnalog PIN, I2C, UARTのインターフェースを実装している。

本モジュールは3台作成し、1台をホスト、2台をIoTのエッジ側装置として用意した。この基板ボードの特徴を以下①から⑧に記す。

- ① LoRa Factory同士の通信費は不要である。
- ② 屋外では容易に数Kmの長距離通信が可能となる。屋外では容易に数Km（直線的に見通しの良い海上等では10Km程度まで）の通信が可能となる。
- ③ 工場などの屋内では障害物があつたとしても通信が可能である。既によく利用されているWi-Fiの2.4GHz/5GHz帯と違い920MHz帯である為、干渉がおきにくく安定したデータ送信が可能である。

④ オープンソース・ハードウェアArduinoの設計に基づいている。Arduino互換性であるという事は、ソフトウェアの開発環境であるArduino IDEにおいても互換性を持っている。LoRa Factoryの設計データもArduinoの設計データであるEAGLEファイルに準ずる。オープンソース・ハードウェアがゆえにCC-BY-SAライセンスに準ずる。

- ⑤ 省電力な為、電池運用のアプリケーションに適用可能である。
- ⑥ LoRa Factory同士で双方に通信できる。同装置で双方に通信できる為、インターネット回線

表3 モジュール名称及び説明

略称	名称及び説明
DC/DC	DC(直流)からDC(直流)コンバーター
LDO	リニアレギュレータ
FT232RL	USBシリアル変換IC
CPU	マイコンATMEGA328P-AUを採用
RTC	リアルタイムクロック
ES920LR3	920MHz帯LoRa/FSKモジュール

表4 PIN番号及び説明

PIN説明	PIN番号
GPIO	D3~D8
Analog Input	A0~A7
I2C	SDA, SCL
UART	Tx, Rx

Private LoRa

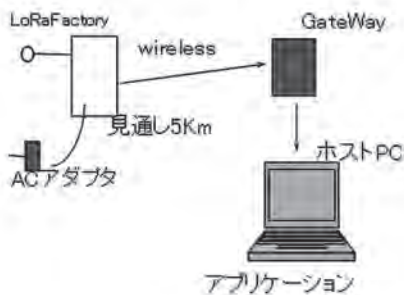


図1 Private LoRaシステム概要図

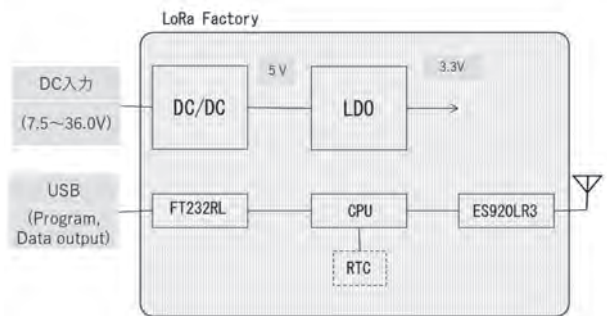
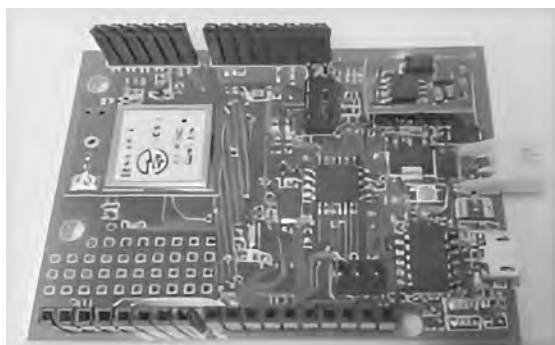


図2 LoRa Factoryとモジュール構成図

を介さないMachine to Machine（以降、M2Mという）通信もできる。また、片方をインターネット回線へのGatewayとして設置する事でIoTの構成を実現する事も容易である。

⑦ DC7.5VからDC35Vまでの電圧に対応している為、一般的な工場設備の電源や太陽電池のような電圧にも耐えうる電源の設計としている。

⑧ RTCを内蔵しており設定時刻に起動できる。RTCとはリアルタイムクロックの略であり、予め予約した時刻に装置起動する機能を指す。装置の省電力化を促すために、周期的に装置起動を行いセンサーからのデータ測定を行い、データ通信した後は直ぐにスタンバイ状態に戻す工夫がなされている。

### 2. 3. 送信時の設定

江口ら<sup>9)</sup>のようにRSSIによる電波強度測定を行う場合は、ES920LRモジュールへの設定値を逐次変更して行なう必要がある為、計測に時間がかかる。本研究は強度測定ではなく、地点間のデータ通信応答であるAcknowledge（以下Ack略す）の確認が目的である為、以下の通り固定値にて実施する事とした。設定値「Acknowledge使用」はONとし、通信後は節電の為スリープモードに状態遷移するような設計思想としている。

表5 ES920LRモジュールの主な設定値

設定内容	設定値
帯域幅設定	62.5kHz
拡散率設定	10
無線チャンネル番号	1
Acknowledge使用	ON
リトライ回数	3
転送モード設定	Payload

### 2. 4. ホストPC構築

ホストPC側もLoRa Factoryからの受信処理をする為、アプリケーションを構築する必要がある。実装はIBMの開発したNode-REDにて行い、受信はCOMポートとして受信させた。受信データはPC内の任意フォルダへCSV形式でファイル保存するよ

う処理を施した。

### 3. 測定方法

図3に示すように、本学をホストPCの場所とし2 km, 4 km圏内それぞれの観測地点からホストPCへの通信可否のみを確認する。圏域2 kmはRoLaの市街地利用にて凡そ実績としてとれている範囲であり、4 kmは小学生の通学距離の最高限度である<sup>10)</sup>。2 km, 4 kmの選定基準が異なるがLPWA設置による社会的な利用を考察するには十分な根拠であると考ええる。地理的条件として、本学は香川県綾歌郡宇多津町にあり、瀬戸内海に面している。また南側には山（青の山）がある。新興住宅地でもあり、高層ビルも点在する一般的な市街地である。

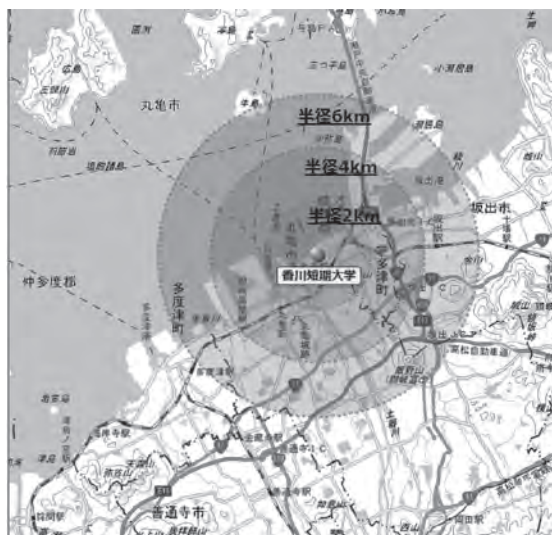


図3 本学からの圏域（国土地理院地理より）

### 4. 観測回数と観測地

本学にエッジ側から受信するホストPCを設置し、COMにより直接LoRa Factoryを接続する。機材はホストPC及びPCから接続したホスト側のLoRa Factory 1台、観測用として屋外からの通信発信用のLoRa Factory 2台（測定用1台、予備1台）をエッジ側として用意する。フィールド試験前に本学

7階の研究室から本学校庭への通信確認実験にて凡そ100m程度の通信を確認後に観測確認地点へ移動する事とする。人員はエッジ側とホストPC側の2人以上の体制とし、送信試行回数を各測定箇所にて3回ずつ行い、Ackの確認ができた時点でホストPC側に待機している者へデータ受信確認を音声通話にて行った。

## 5. 観測結果

観測の為の実験は2日に分けて実施した。観測地点は、市街地で届くとされている半径2km圏内を1回目の観測範囲として、2回目をその倍の4km圏内を候補地とし、観測結果を表6、7にそれぞれ示す。尚、結果のOKは3回の試行中1度でもAckが得られた場合をOKと記した。

1回目の観測結果として北浦漁港、宇多津町役場、青の山展望台、富士見緑地（ポートレース丸亀付近）からはAckが確認できたが、丸亀城大手二の

門前と東汐入川けんこう公園からはAckの確認ができなかった。いずれも測定地からホストとなる本学に向かって住宅街や、消防署、市役所などの高い建築物があり、電波到達に影響を与えた為と思われる。

2回目の観測では、本学が目視できる場所に関してはAckの確認ができた。また隣の市の丸亀城大手二の門前よりも、石垣の高台にある、三の丸見張り台や、本丸の天守からであれば通信ができる事が確認された。

## 6. 考察

宇多津町役場と本学の間、及び丸亀城という歴史的重要な史跡と本学の間にてLPWAによるデータ通信が確認できた。これはエッジ側にさらにセンサー類を付属すれば、遠隔地にて現地の一定の状態が分かる事を示している。NFCやBluetooth、Wi-Fiのような近距離では各センサー近くにGatewayを備

表6 1回目観測結果

No	選定場所	選定理由	距離	結果
1	大学ロータリー	事前チェック	0.1km	OK
2	宇多津町北浦漁港	町の象徴的産業であり、海を介して電波強度は届きやすい。	1.7km	OK
3	宇多津町役場	町の象徴的場所であり、今後の政策中心地である。	1.5km	OK
4	青の山展望台	町の象徴的の山であり、展望台からは遮蔽物がない為直線的に届きやすい。	1.6km	OK
5	丸亀城大手二の門前	隣の市（丸亀）の象徴的史跡である。	2.6km	NG
6	東汐入川けんこう公園		1.5km	NG
7	富士見町緑地（丸亀ポート）	隣の市（丸亀）象徴的の娯楽スポーツ産業である。海辺であり、海を介して電波強度は届きやすい。	1.4km	OK

表7 2回目観測結果

No	選定場所	選定理由	距離	結果
1	瀬戸大橋記念公園駐車場横・海辺	坂出市の先端であり沙弥島に繋がっている。	4.9km	NG
2	番の州（ヤマト運輸倉庫裏・防波堤）	瀬戸大橋記念公園がNGであった為近距離で再度確認	2.4km	OK
3	丸亀城大手二の門	1回目試行の再試験	2.6km	NG
4	丸亀城三の丸・見張り台	丸亀市の象徴的史跡である。	2.6km	OK
5	丸亀城天守・本丸	丸亀市の象徴的史跡である。	2.7km	OK

ける必要があるが、本システムを利用する事で Gateway一カ所として、町中の様々なデータを収集できる事が予想される。

今後の活動として課題を4つ取り上げたい。1つ目は機能的課題である。LPWA構築の容易さ、実用的な利用想定をさらに検討していく必要がある。観測範囲の課題に関して4kmを超える場所についてはAckの確認ができていない。4kmを超える場所については、ES920LRの設定値を変更する事で信号到達が実現可能であると考えますが、設定値更新作業に専門的知識を伴う。また、IoT導入時に必須課題となるのがエッジ側の電源とネットワークリソースの確保である。これら2つの機能的課題が存在する。

2つ目に、経済的課題についてだが、LoRa Factoryは独自開発であった為、決して安価には作成出来なかった。しかしながらPrivate LoRaは通信料にランニングコストがかからない。これらを踏まえると、一定の広範囲且つ観測地点が多い場合に本システムの構成は有効ではないかと考える。循環型車両や移動範囲が限定的な移動体車両に取り付けて検証された実証実験なども今後は想定される。

3つ目にIT人材育成の課題に関して考察したい。経済産業省の「我が国におけるIT人材の動向」内の「デジタル人材と従来型人材に対する調査の概要」<sup>11)</sup>によれば、これまでのIT人材を従来型IT人材

と位置づけ、AIやIoTに関わるIT人材は先端IT従事者と区分けしている。坂口<sup>12)</sup>は、既にITエンジニアとして活躍している従来型IT人材に対して、STEAMベースのIT教育を提唱し、従来型IT人材を実際開発案件に基づく応用例を示し、先端IT人材へのリカレント教育と位置付けた。先端IT従事者の最終学歴についてみれば、大学卒業が56.8%と多く、短期大学は2.4%と少ない。

高等学校においても総合的探究の時間にて、社会とつながった実践的教育が行われるようになった事も踏まえれば、短期大学生を先端IT人材育成の対象として、教育する為の仕組み作りが出来るのではないかと考える。

## 7. まとめ

LPWAの可能性はまだこれからである。既に事業活動におけるサービスはあるが、教育関連へのサービスは国内ではまだ提唱されておらず、STEAM教育分野としてとらえれば、デジタルアート分野にも活かせるのではないかと考えている。今後の継続的活動とした場合、考察にて述べたような課題も存在するが、今後は地域と連携した研究活動として実施していきたい。

## 謝 辞

本活動にて、基板開発に協力頂いた企業及び、LoRa通信の導通調査に協力頂いた本学学生である3名（鴨井 末於弥、岩部 陽、宮崎 柊羽）に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 総務省：平成29年版情報通信白書, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133220.html> (2022-11-01)
- 2) 総務省：令和2年版情報通信白書, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd111340.html> (2022-11-01)
- 3) 菱電商事株式会社, プレスリリース, <https://www.ryoden.co.jp/img/uploads/2017/09/LPWA>

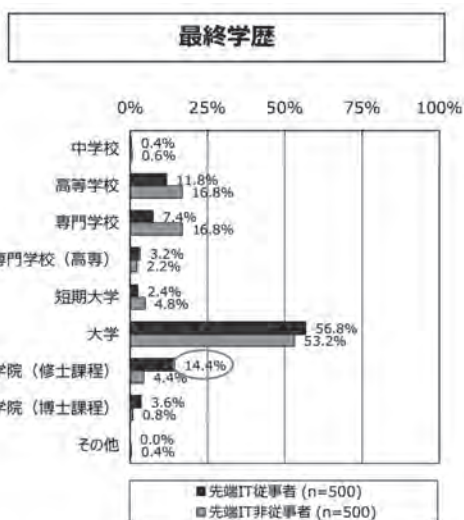


図4 IT人材の最終学歴<sup>10)</sup>

- %E3%82%92%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%81%97%E3%81%9F%E5%BE%B3%E5%B3%B6%E7%9C%8C%E7%99%BA%E3%81%AEIoT%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%93%E3%82%B9%E4%BA%8B%E6%A5%AD%E5%89%B5%E5%87%BA%E3%81%B8%E3%81%AE%E5%8F%96%E3%82%8A%E7%B5%84%E3%81%BF.pdf (2022-11-01)
- 4) 株式会社STNet : LPWA版有害鳥獣捕獲監視サービス, [https://www.stnet.co.jp/files/iot-yugaityoju\\_20200306.pdf](https://www.stnet.co.jp/files/iot-yugaityoju_20200306.pdf) (2022-11-01)
  - 5) 国土交通省国土地理院 四国地方測量部 : 令和元年度香川地域連携協議会, <https://www.gsi.go.jp/sikoku/sikoku41013.html> (2022-11-01)
  - 6) 地方版IoT推進ラボ事務局 : 地方版IoT推進ラボホームページ, <https://local-iot-lab.ipa.go.jp/area.php?k = shikoku> (2022-11-01)
  - 7) 総務省 : 平成29年度調査報告書, 付録2-2 概要調査\_IoTに関する活動状況の傾向分析, pp44-49, [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000572831.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000572831.pdf) (2022-11-01)
  - 8) 株式会社EASEL : テクニカルガイド-LoRaWANとプライベートLoRaの違い, <https://ease5.com/technical-guide/difference-lorawan-and-private-lora/> (2022-11-01)
  - 9) 江口 直輝, 野林 大起, 塚本 和也, 荒川 豊, 池永 全志 : Private LoRaを用いた車両間情報共有のためのデータ中継転送方式の実証評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 121, 176-180 (2022-03-03)
  - 10) 文部科学省 中央教育審議会 : 公立小・中学校の統合方策についての答申, [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chuuou/toushin/561101.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/561101.htm) (2022-11-02)
  - 11) 経済産業省 : 我が国におけるIT人材の動向, pp.18-23, [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/digital\\_jinzai/pdf/001\\_s01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_jinzai/pdf/001_s01_00.pdf) (2022-11-01)
  - 12) 坂口憲一, 日本教育工学会論文誌, 44 (3), pp.357-363, 2021-03-10

