

# 生産現場における LPWA 無線の活用に関する研究

平川寛之・清水章良・中村卓

## Study on Utilization of LPWA Radio in Production Site

Hiroyuki HIRAKAWA, Akio SHIMIZU and Takashi NAKAMURA

### 要 約

IoT 機器の応用範囲の拡大に伴って、従来のスタンドアロン型の利用からネットワークを通じたデータの収集や制御が求められるようになった。このようなアプリケーションの多くは、少量のデータを定期的にやり取りすると同時に低電力駆動（多くはバッテリー動作）が必要となり、これらの特性に見合った通信手法として LPWA (Low Power Wide Area) 通信が注目されている。本研究では、LPWA 通信の一つである LoRa/LoRAWAN に着目し、オープンソースのソフトウェアを組み合わせることで実用可能なシステムの構築を目指すとともに、実環境での LoRa/LoRaWAN の特性を検証した。結果として、屋外での通信距離は、直線で 1km 程度、屋内では鉄筋コンクリートの建物で、中 2 階を挟むフロア間での通信が確認できた。LoRAWAN については、オープンソースのソフトウェアを用いて RaspberryPi 上にネットワークサーバ・アプリケーションサーバを構築した。

### 1. 緒 言

近年、様々な産業においてセンサネットワークを活用し、生産現場に関連する多くのデータを収集し、生産活動の効率化に活用する動きが盛んになっている。これらの通信手段として、配線が不要である利便性から無線通信が重要な位置を占めている。特に最近では、消費電力が少なく、数 km～数十 km の長距離通信が可能な LPWA 無線通信を用いて、センサネットワークを構築する手法が注目されている。本研究では、近年、特に注目を集める通信規格である LoRa/LoRaWAN に着目し、ネットワークの構成に必要なアプリケーションを小型ボードコンピュータである RaspberryPi 上に構築するとともに、実環境での通信実験を行った。

ここで LoRa とは、スペクトラム拡散<sup>1)</sup>を用いた通信方式で、低電力（条件次第で、バッテリー駆動で数年の運用が可能）で数 km 程度の長距離通信が可能な反面、低ビットレート（数百 bps 程度）を特徴とした通信規格である<sup>2)</sup>。日本では、920MHz 帯の ISM バンドで運用が可能である。

また、クラス A, B, C の 3 つの通信カテゴリが用意されており、双方向の通信も可能である。このような特徴から、無人で広範囲で長期間の連続したデータ収集などの用途に向いている。

また、LoRaWAN とは、LoRa を物理層とした通信システム規格のことで、センサノード、ゲートウェイ、ネットワークサーバ、アプリケーションサーバ（以降、これらをまとめて LoRaWAN スタックと呼ぶ）などで構

成される。

LoRaWAN は LoRa Alliance<sup>3)</sup>が策定・公開している規格で、最新バージョンは 1.1 であり、誰でも無料で閲覧可能である。構成されるネットワークトポロジは単純なスター型となり、ノード間でのマルチホップには対応していない。従って、ノードが通信可能な範囲内にゲートウェイを設置する必要がある。ゲートウェイ、ネットワークサーバ間は、光回線やセルラー通信のような既存の IP 網を利用することになる。（図 1）

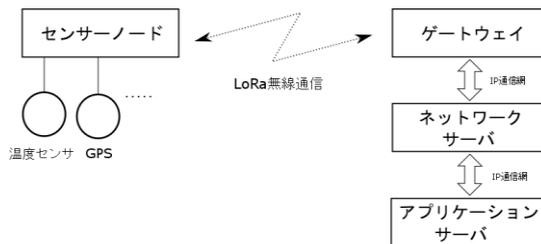


図 1 LoRaWAN システムの構成

本研究では、まず、LoRa 変調を用いて、屋内・屋外での通信の検証を試みた。

この中で、実環境での通信可能距離、条件等が確認できた。また、手軽なワンボードマイコンである RaspberryPi に LoRaWAN ネットワークサーバを実装し、動作の確認を行った。

### 2. 実験方法

#### 2-1 屋外での通信試験

屋外での、LoRa 変調による通信試験を行うため、以

下の構成で実験装置を試作した。

- ・親機
  - LoRa トランシーバ
    - Dragino GPS/HAT/Semtech SX1276
  - マイコンボード
    - RaspberryPi 3B+
- ・子機
  - LoRa トランシーバ
    - kiwi Technology TLM922S-J03/Semtech SX1272
  - マイコンボード
    - Arduino MEGA ADK
  - GPS モジュール
    - 秋月電子通商 AE-GYSFDMA/ 太陽誘電 GYSFDMAXB

構成を図2に示す。

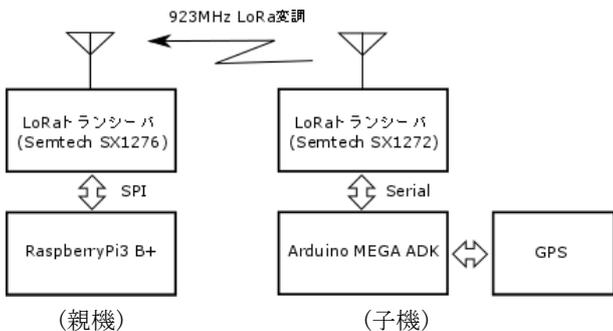


図2 通信試験の構成

親機と子機の外観を図3, 4に示す。

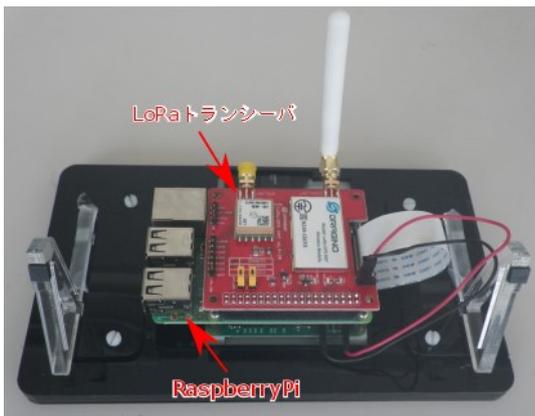


図3 親機(RaspberryPi 上に LoRa トランシーバを実装)



図4 子機(Arduino 上に LoRa トランシーバを実装)

本実験では、親機を甲府技術支援センター研究管理棟4階の東端の出窓付近に設置し、子機はショルダーバッグに入れて、徒歩で移動した。この際、子機の位置情報を確認するために、GPSによる測位を行いながら、その位置情報を親機側に転送する形で通信試験を行った。

親機側では、位置情報を受信すると同時に、その地点での信号強度(RSSI)を記録した。

なお、LoRa変調における送信パラメータは表1の通りである。

表1 通信パラメータ

周波数	923.4MHz
帯域幅	125kHz
拡散率	12
PowerFactor	23 (SX1272の最大出力)
CRC	ON
エラー時の再送信	無し
データ長	28byte

### 2-2 屋内での通信試験

図2~4と同様の構成で、甲府技術支援センター内での通信試験を行った。この際、親機は研究管理棟4階のメカトロ研究室に設置し、子機は所内の各所で通信状態の確認を行った。

### 2-3 LoRaWANスタックの実装

LoRaWANを運用するにあたって、現在、有料もしくは無料で利用可能なサービスがいくつか展開されている。それぞれに一長一短があって、条件が合えばこれらのサービスを利用することも有力な選択肢の一つになるが、料金やカバーエリア、セキュリティ、運用の安定性などから独自にネットワークを構築したい要望も数多くあることが想定できる。今回は、オープンソースで利用可能

なLoRaWANスタックを安価なワンボードマイコンであるRaspberryPi上に実装することを試みた。

RaspberryPi上で動作可能なLoRaWANスタックは、幾つか配布されている。代表的なものがTheThingsNetwork<sup>4)</sup>である。当初、このスタックの実装を試みたが、インターネットへの直接の接続が必要なこと、ドメイン名が必要なことなどにより、現状の当センターのネットワークでは運用が困難であることから、今回は採用を見送った。代わりに、実績は少ないものの、これらの制限のないChirpstack<sup>5)</sup>の実装を試みた。

### 3. 結果

#### 3-1 屋外での通信実験

2-1 節で示した条件により実測を行った結果を図5に示す。地図上の点線が移動経路、矢印は移動方向、経路中のマークは通信が成功した地点を表す。地図中の市松模様の部分は、田園地帯を表し、この範囲には大きな遮蔽物はない。

以上の結果から、軽微な遮蔽物がある場合での最大通信距離は1km程度であることが分かる。また、図5右下部の住宅地域では、ほとんど通信ができていない。

また、中央道の北側道路(図5の左上部分)では、中央道の大きな盛土が障害物になっているにもかかわらず、通信ができていたことが確認できた。



図5 屋外での通信試験結果

#### 3-2 屋内での通信実験

2-2 節で示した条件により通信試験を行った結果を図6に示す。ここで、○は十分な電波強度を得られた地点、△は若干のエラーが発生しつつも、通信が可能だった地点、×は通信不能の地点である。なお、研究管理棟5階、6階は3階、2階と同様と予想されたため、測定を省略した。また、デザイン棟2階については、企業が入居するインキュベーションルームであるため、立ち入りを控

えた。

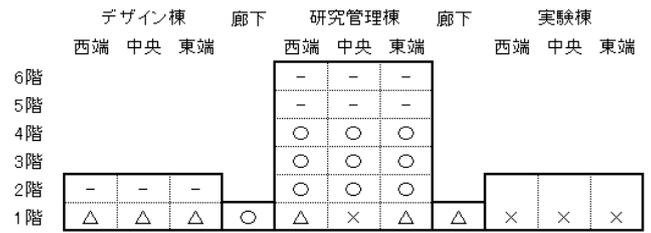


図6 屋内での通信試験結果

#### 3-3 LoRaWANスタックの動作確認

RaspberryPiのファイルシステムは、マイクロSDカード上に構築するため、必要なファイル等を当該SDカード上に配置し、必要な設定をおこなった。その結果、問題なく動作することが確認できた。(図7)

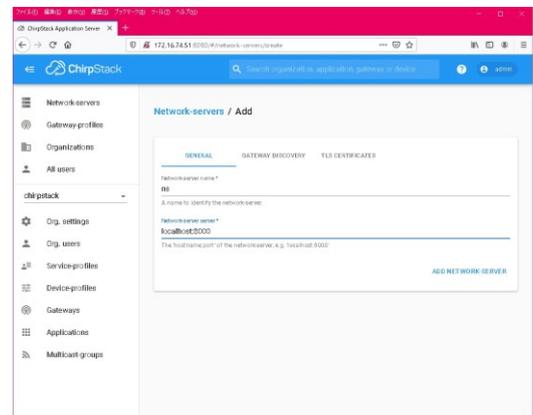


図7 アプリケーションサーバの動作画面

### 4. 考察

屋外での通信試験の結果では、事前に入手していた情報に対して、予想外に通信距離が短い結果となった。原因として、LoRa変調には複数のパラメータがあるための調整不足、アンテナのゲイン不足(特に親機側)などが考えられる。特にアンテナについては、諸般の事情で実験を開始するまでに入手ができなかったため、次年度以降、改めて評価を行う予定である。

屋内での試験結果についても、当初の期待を満足するものではなかったが、屋内ではゲートウェイを複数台設置することも比較的容易であるため、対処は可能であると考えられる。ちなみに、甲府技術支援センター程度の規模であれば、3台のゲートウェイで施設をカバーできるものと思われる。

### 5. 結言

LoRa/LoRaWANについて、屋内・屋外での通信実験、並びに、オープンソースのLoRaWANスタックの動作

を確認することができた.

今後は、LoRaWAN により複数台のゲートウェイによるネットワークを構築し、動作の検証を進めていきたい.

## 参考文献

### 1) スペクトラム拡散

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%82%AF%E3%83%88%E3%83%A9%E3%83%A0%E6%8B%A1%E6%95%A3> (参照 2020-5-14)

2) 斎藤城太郎, 石川義章: 新 IoT エリア無線①  
LoRaWAN の研究 (CQ 出版社, インターフェース  
2017.11) , pp.53 (2017)

### 3) LoRa Alliance : Home page

<https://lora-alliance.org/> (参照 2020-5-14)

### 4) THE THINGS NETWORK

<https://www.thethingsnetwork.org/> (参照 2020-5-14)

### 5) ChirpStack

<https://www.chirpstack.io/> (参照 2020-5-14)