

山間地における LoRaWAN を用いた観測機器のデータ通信

和歌山大学 ○秋山演亮、山口耕司

国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 山田拓、柴田俊、小竹利明、
(株)エイト日本技術開発 海原荘一、谷田佑太

1. LoRaWAN の概要と優位性

LPWA (Low Power Wide Area) とは小電力で広範囲 (長距離) 通信を可能とする通信方法の総称で、SIGFOX・LoRaWAN・NB-IoT などの種類がある。一度に送ることができるデータ量が少ない (数十バイト) ため、画像や動画などの転送には不向きであるが、水位や温度湿度などの数値情報のデータ転送に適している。

いわゆるこれらの IoT 器機からの情報収集には、従来は Wifi や 3G/LTE などの回線が使われていた。しかし Wifi は自由に受信局 (ルータ) を設置することが可能で通信料も無料であるが、飛距離がせいぜい数十 m しかなくインターネットの接続口から遠く離れた器機のデータを受信するには不向きである。一方、3G/LTE 等の携帯電話回線を使うと受信可能範囲では携帯端末そのものがインターネット網に接続することが可能となるが、携帯電話の受信局は事業者が管理しており、国土の大部分を占める山間部等の事業収益が見込めない地域では自由に使用することが出来ない。また通信可能範囲でも高額 (月数千円) の利用料が必要となる。また Wifi も 3G/LTE も大容量の送受信を想定したシステムであるため消費電力が大きく、山間部のような電気送電網の外で利用することが困難である。一方、LPWA は小さなデータの送受信を想定したシステムであるため、少ない消費電力での運用が可能となる。また Wifi に比べて圧倒的な長距離通信 (数 km) が可能であるため、インターネット網から離れた場所に位置する器機のデータを受信することも可能であり、今後の需要増が見込まれている。

主要な LPWA 手法に於ける通信範囲とコストを比較す

表 1 主要 LPWA 方式の比較

通信方式	初期費用	受信局	サーバ
	運用費用		
3G/LTE NB-IoT	1~3万円	事業者	事業者
	数千~1万円/月		
Sigfox	数千~1万円	事業者	事業者
	1~2千円/月		
LoRaWAN	数千~1万円	自営	自営
	無料		
Wifi	数千~1万円	自営	(不要)
	無料		

と (表 1)、LoRaWAN の優位性が明らかとなる。3G/LTE や NB-IoT は国内 3 大キャリアが事業主体であり、運用収益は全て地方から中央に吸い上げられる構造にならざるを得ない。また Sigfox も国内では 1 社にしか運用が認められておらず、同様の経済構造を取っている。これら「キャリア」が運用する場合、「通信費」により稼ぐビジネスモデルをとるため、ランニングコストの低減には不向きである。また 3G/LTE や NB-IoT、Sigfox の受信局は事業者が設置するため、山間部等への通信範囲を自由に拡大できない。サーバも事業者提供のため、システム更新等を利用者が自由に行えない。Wifi は通信可能距離が他と比べて圧倒的に短く、LPWA の定義も充たさない。LoRaWAN は他の LPWA 手法と比べてランニングコストが安く (通信費が無料)、また受信局を自由に設置できることから通信可能範囲を簡単に広げることが出来るため、有意な通信手法であると言える。また衛星上に受信局を設置することにより、地球表面全体を受信可能領域と出来る (ただし衛星を使う場合は通信料が必要)。現在欧州では既に複数機の衛星を打ち上げており、来年度からは日本国内での運用も予定されており、今後は LoRaWAN を使った IoT 器機の運用が進むと考えられている。そこで本研究では LoRaWAN の実利用を見越し、その電波伝達に関する調査・研究を行った。

2. LoRaWAN による受信状況の調査

LoRaWAN 送信機に接続された GPS を搭載した車両により GW 周辺を走破することで、それぞれの位置からの GW 受信強度を計測することが出来る。受信されたデータを GW 事にまとめ、GW からの受信可能範囲の計測を年間を通じて実施した (図 1~図 3)。ただし GW 周辺を一樣に走破しているわけではないため、青 (信号強度-60dB 以上)・緑 (信号強度-100dB 以上)・橙 (信号強度-120dB 以上)・赤 (信号強度-140dB 以上) で示された信号マーカーは期間中 (2020 年 3 月~2021 年 3 月) に GPS 搭載車が走行した範囲内に限られる。

市街地である和歌山市西山東地区において、信愛短期大学屋上に設置された GW からの通信状況は図 1 に示すとおりである。小高い山上に位置する信愛短期大学

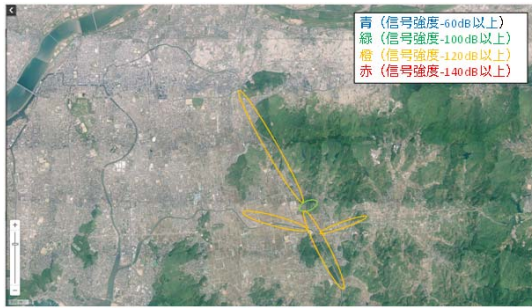


図 1 信愛短期大学屋上GWの受信範囲

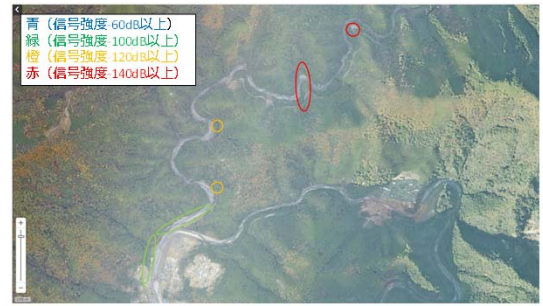


図 3 栗平地区のGWの受信範囲

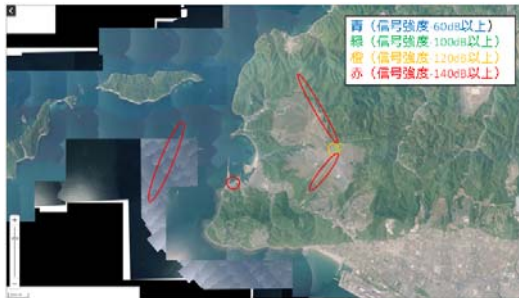


図 2 コスモパーク加太 GW の受信範囲

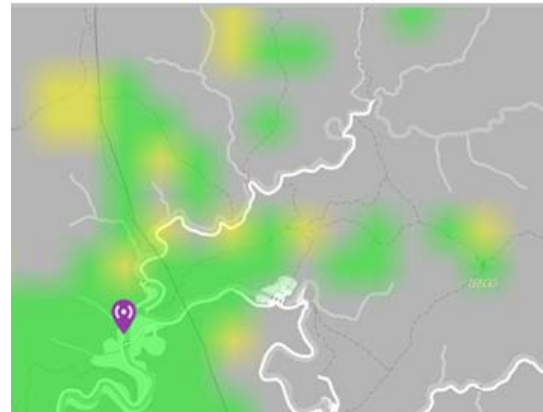


図 1 栗平地区電波伝搬シミュレーション

屋上からは周辺の低地平野約4~5kmに加え、和歌山大学周辺の山岳地域（GWからの距離は約10km）まで受信可能範囲が広がっていることがわかる。

一方、山岳部に位置する和歌山市コスモパーク加太に設置されたGWの場合、加太集落内では電波受信が出来ない領域があるが、防波堤や加太沖海上（加太漁協に協力を得て、漁船にLoRaWAN送信機付きGPSを搭載して計測を実施）では電波受信に成功しており、通信可能距離は約10kmに及んでいる。これは山岳麓では回折率の関係で受信が出来なかったが、山岳から離れた地域では受信が可能となったことが原因と考えられる。

一方、平野部を主体とする信愛短期大学GWの例では黄色で示す-120dBi以上の電波強度での受信が来てているが、主に山間部・海上部を主体とするコスモパーク加太の例では、赤色で示す-140dBi以上の電波強度による受信が確認できる。これは都市部を横切る西山東地区では他の電波発生源も多く、ホワイトノイズレベルが高いために埋もれてしまい、データ取得に至らなかったことが原因と考えられる。このようにLPWAを使ったIoTデータの受信環境を考える場合は、ホワイトノイズレベルの調査も重要である事がわかる。

2011年の紀伊半島大水害で大規模土砂災害が発生した栗平地区では現在も復旧作業が進められているが、土地所有権の問題等により、GWや中継機などが設置できる箇所が谷筋の管理道路周辺に限定されている。今

回、2週間にわたりGWおよび中継機を設置して、受信状況の調査を行った（図3）。GWと中継機の直線距離は約1kmであるが、線上には山の尾根なども存在していること、また中継器はこれら山のすぐ麓に位置することから、尾根を回折した電波が受信できている可能性は低いと考えられる。一方で谷筋に位置するため、複数回反射が必要ではあるが、山岳壁面での反射による通信の可能性も考えられる。

これら通信状況を調査するために、Radio Mobileなどの電波強度シミュレーションソフトも利用して、実際の状況との整合性を調査した（図4）シミュレーション図では、緑領域が信号強度-120dB異常を示しており、黄色領域は-120~-140dB信号強度と予測される地域である。シミュレーションの解像度を上げるとまだ実測結果と一致していない領域も多いため、今後栗平地区以外でもさらに詳細に実証試験を行い、本シミュレータにおける最適なパラメータ値を推定する必要がある。

3. 今後の課題

LoRaWANを用いた観測器機のデータ通信は有効であるが、効率の良い中継機の配置や衛星の利用などが、今後利用拡大のためには必要である。引き続き調査研究を実施する予定である。