

LoRa 通信方式による山林内からの IoT センサデータの取得実験

Experiments on acquiring IoT sensor data from inside a mountain forest using the LoRa communication method

○リコ・アハマド・マウラナ¹, 杉野弘明¹, 溝口 勝¹

Riko Ahmad MAULANA¹, Hiroaki SUGINO¹, Masaru MIZOGUCHI¹,

1. はじめに

福島県飯舘村は 75%が山林でその合間に集落がある。原発事故後帰村してここで農業を営む村民は電気柵などで里山の農地を守っているが、秋の収穫期にはサルやイノシシなどの獣害被害が絶えない。被害を最小限に抑えるためには動物たちがいつどこから出没するのか、山林内における動物たちの行動を追跡する必要がある。そこで、本研究では低消費電力・広域の無線通信式として最近注目されている LPWA(Low Power Wide Area)のうち、プライベート LoRa を用いて山林内に設置した IoT センサーによる温湿度モニタリング実験を行った。

2. 方法

(1)通信システム

LoRa の通信技術を使って山林内の温湿度モニタリングシステムを試作した。システムは、温湿度 IoT センサー子機 (ES920LRTH2, EASEL 製)、ゲートウェイ基地局と中継器(ES920GWX2, EASEL 製)、大型ソーラーパネルを有する基地局用電源(特注：ミサオネットワーク)、基地局のデータ受信用サーバ、サーバデータ表示用の WebUI ソフト(EASEL 製)から構成される。(図 1)

(2) LoRa 通信機と基地局の設置場所

福島県飯舘村佐須地区で通信実験を実施した。予め電波伝播シミュレーター CloudRf (図 2 : Cloud RF. FARRANT CONSULTING LTD.) により得られたデータを用いて、線形計画法により目標カバー率を計算し、電波が届くと思われる 16 地点で木の幹に子機を地上 1.5m の高さに設置した。親機と子機の通信可能な最長距離は 2.7 km ある。(図 3)

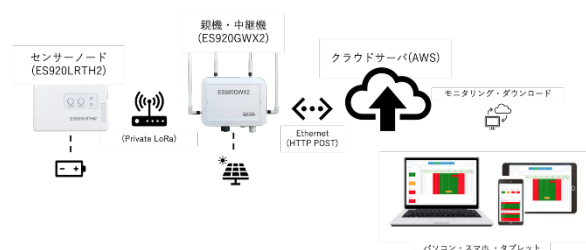


図 1 LoRa 通信システムの構成図

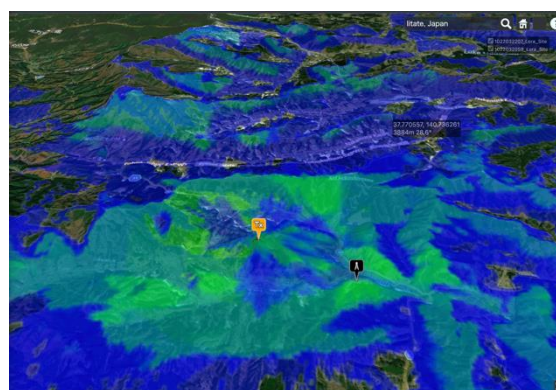


図 2 電波伝播シミュレーター CloudRf で予測された電波到達範囲。
(緑色が LoRa の電波が強い。黒印が親機、黄色印が中継器を示す)

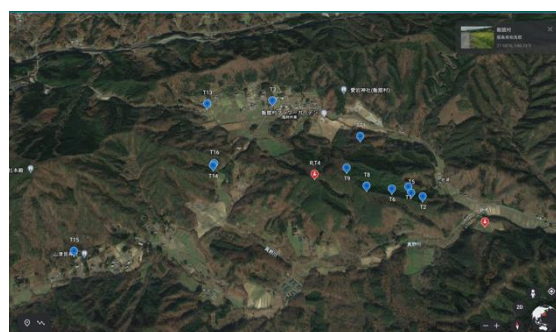


図 3 LoRa 通信機と基地局の設置場所 (Google Earth より)
赤色 (右) が親機、赤色 (左: 中央) が中継器、青色が子機の位置を示す。

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo
キーワード：スマート農業, IoT, LoRa, 山林, 環境データ



図4 温湿度センサユニット子機 (左)・プライベート LoRa ゲートウェイ親機 (中央)・中継器 (右)

(3) 温湿度 IoT センサー子機

インターネットに接続されたゲートウェイ親機 (基地局) から山林の頂上の中継器までほぼ直線状に温湿度 IoT センサー子機を設置した。設置の際には雨や動物が侵入しないように、両端の空いた塩ビパイプに子機を入れ、さらにネット袋に入れて木の幹に固定した。(図4左)

(4) 基地局(親機)

ES920GWX2 は IoT 向け無線ネットワークの構築を実現する量産タイプのプライベート LoRa 用ゲートウェイ (防水&通信モジュール搭載型) である。商用電源のないフィールドでの利用を想定し、大型ソーラーパネルのオフグリッドから電力を供給した。

機器	名称	温度	湿度	電波	受信時刻	送信時刻	受信電波強度
正常	00001	26.2°C	85%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00002	26.1°C	84%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00003	26.0°C	83%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00004	25.9°C	82%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00005	25.8°C	81%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00006	25.7°C	80%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00007	25.6°C	79%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00008	25.5°C	78%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00009	25.4°C	77%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
正常	00010	25.3°C	76%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00011	25.2°C	75%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00012	25.1°C	74%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00013	25.0°C	73%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00014	24.9°C	72%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00015	24.8°C	71%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90
異常	00016	24.7°C	70%	2.1	2023-10-22 10:00:00	10:0-00:0	80-90

図5 WebUI ソフトによる温湿度モニタリング。表で温湿度番号の白色は親機、水色は中継器経由でからデータを受信していることを示す。緑色は通信が正常、赤色は電波強度が不十分で通信できていない (異常) であることを示す。

(5) 中継機

親機と同じ中継機 (ES920GWX2) を山林の頂上に設置した (図4右)。この中継器の電源はソー

ラーパネルで充電し続けるバッテリーである。山林内の日射量は小さいため電力消費を節約するためにタイマーで 30 分毎 ON-OFF する方式とした。

(6) サーバデータの表示ソフト

EASEL 社提供の WebUI ソフトで各地点の温湿度データが 10 分間隔で確認できる。この UI では温湿度データの他に、電波強度 (RSSI)、電池残量、受信時刻を見ることができる。(図5)

3. 結果と考察

(1) 電波の到達範囲

平地と違い、山林地では山と木が障害物となり通信先を見通して直接通信できないのではないかと危惧したが、想定外に通信ができた。これは山岳反射や山岳回折により電波が伝搬されたことによると思われる。平地では高い位置にアンテナを設置するために鉄塔などを建てなければならないが、山林では山頂や中腹にアンテナを設置することにより無線通信が可能であることがわかった。

市街地では数 km の到達範囲カバーできると報告されている (Elijah et al., 2021) が、場合によっては通信できない地点が所々に発生する。こうした通信不安定な地点の発生を改善する方法として LoRa-WAN にはない中継機能を持たせた独自プロトコルを採用することで広い範囲をカバーできるとの指摘もある。

まだ十分にデータ解析はできていないが、木の密度や山林内の環境 (特に湿度) によって通信の電波強度が変化するような現象もみられた。

4. おわりに

本研究では飯館村佐須地区の山林を対象にして実験したが、電波伝搬の評価と基地局配置の最適化を行うことで全国にある農山村地域における LoRa 通信のノウハウを提供できるようになることが期待できる。

参考文献: O. Elijah et al., "Effect of Weather Condition on LoRa IoT Communication Technology in a Tropical Region: Malaysia," in IEEE Access, vol. 9, pp. 72835-72843, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3080317.