

# LoRa-SF12の伝搬特性

## Propagation characteristics of LoRa-SF12

都築伸二 合田大騎 山田芳郎 (愛媛大学大学院理工学研究科; tsuzuki@sarah.ee.ehime-u.ac.jp)

### 1 はじめに

IoT やセンサネットワーク系サービス通信基盤を構築する場合には、従来であれば携帯キャリア会社が提供するLTE回線を用いて行っていたが、そのランニングコストやLTEのサービスエリア外での運用が課題であった。そこで近年、LPWA (Low Power Wide Area Network) と呼ばれる無線通信規格の1つであるLoRaWANが注目されている。この物理層の規格であるLoRa<sup>1</sup>の特徴は、

- 920MHz帯を用いるため、無免許で使用可能
- 伝搬距離が長く、最大10km程度の長距離通信が可能
- 低消費電力

とされている<sup>2</sup>。本報告<sup>3</sup>ではこれらの特徴のうち、距離通信性能について松山平野で実験的に求めた結果を述べる。

### 2 使用無線機

2016年10月7日(金)から15日(土)の期間、グリーンハウス社殿からLoRa評価機を借用して、以下の測定を行った。当該機の仕様を表1に示す。内蔵トランシーバIC<sup>[1]</sup>の設定はRF LINK社SimpleMACを用いて行なった。

表1: グリーンハウス社LoRa評価機の仕様

MAC	RF LINK社SimpleMAC922/92A
LoRaモジュール	RM-92AS
内蔵トランシーバIC	SEMTECH社SX1272 <sup>[1]</sup>
アンテナ	ANT-92XA (単一型λ/2)

### 3 送信機の設置場所と受信方法

送信機は表2のとおりP1からP5の5箇所に設置した。設置状況を図1に示す。屋外設置であるP2及びP3の場合は、塩化ビニルパイプ(全長2.2m)の上端から順にSF<sup>4</sup>値

表2: 送信機の設置場所

場所番号	場所と高さ	東経[度]	北緯[度]
P1	工学部2号館6階602号室内南側窓	132.770816	33.848267
P2	工学部2号館屋上(7階相当)	132.770845	33.848383
P3	理学部総合研究棟屋上(地上高28.65m)	132.774765	33.850646
P4	一般木造家屋2階室内南側窓	(非公開)	(非公開)
P5	P1と同じ602号室内北側本棚上	-	-

<sup>1</sup>データリンク層まで含めた規格がLoRaWAN

<sup>2</sup><https://soracom.jp/lorawan/>

<sup>3</sup>本研究は、総務省SCOPE事業(162309002)の成果の一部である。

<sup>4</sup>Spreading Factor; チャープ式による周波数スペクトル拡散係数の略号であり、SF値が大きいほど長距離まで伝搬するものの、bit rateは小さくなる。



(a) P1 (工学部2号館6階602号室内南側窓)



(b) P2 (工学部2号館屋上7階)



(c) P3 (理学部総合研究棟屋上)



(d) P4 (一般木造家屋2階室内南側窓)



(e) P5 (P1と同じ602号室内北側本棚上)

図1: 送信機の設置状況

を12,10及び7に設定した送信機を0.2m間隔で設置した。それぞれ異なる送信周波数(チャンネル番号)を用いて、同時に送信し続けた。なお、送信インターバルはSF7が1sec、SF10が5sec、SF12が10sec毎である。

受信側は、Windows PCのシリアルポートを使用して、受信周波数を設定し直してから、(送信インターバル時間)×10回[秒]間受信する動作を繰り返すスクリプトプログラムを作成した。なお、受信パケット毎に、ICが計測するRSSI(Received Signal Strength Indication)値を出力するように設定しておき、10回分時間内で受信したパケットの値の平均を以下で述べるRSSI値[dBm]とした。

### 4 屋外伝搬特性

LoRa受信機と上記Windows PCのスクリプトを動かしたまま鞆に入れて、徒歩、自転車、または自動車で松山平野内を移動した。なお自動車の場合は鞆から受信機を取り出しダッシュボードの上に置いた。

受信位置は、スマートフォン(SAMSUNG社Galaxy Nexus GT-19250)またはタブレット(ASUS社P01T-1)内蔵のGPSレシーバを用い、同じ鞆の中に入れておいて測定した。

飛距離が最も長いSF12モードの測定結果を図2に示す。このモードでは、ビットレートは293bps、最低受信可能電力は-137dBmである[1]。送信機は、表2のP1,2,3、及

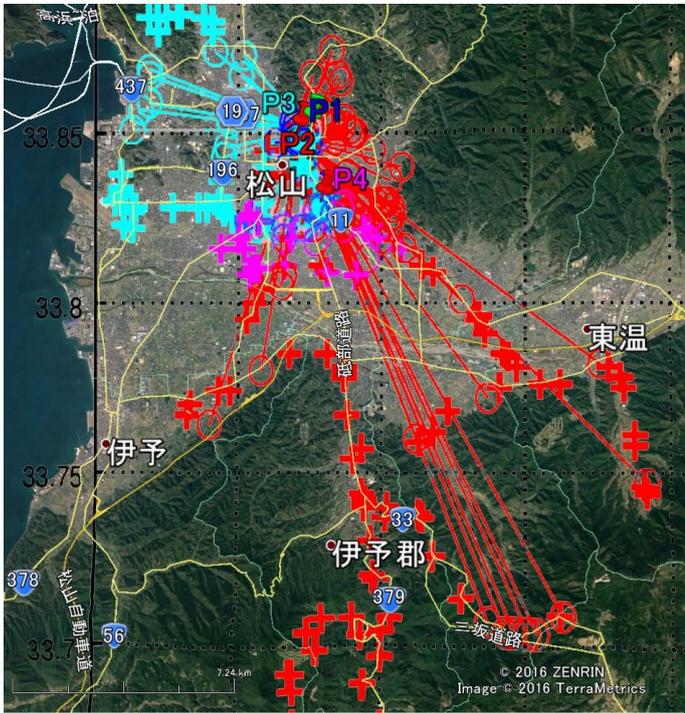


図 2: 受信可能地点. (SF12 の場合)

び 4 の 4 箇所である。電波を受信した地点を印で示し、送信地点との間を線分でつないでいる。一方、受信できなかった地点は+印で示している。

工学部屋上 (P2) 送信地点から見通せる (Line of Sight; LOS) 範囲 (南東方向: 皿が峰ふもとの上林地区。南南東: 三坂峠ドライブイン跡地。南南西: 伊予市行道山のふもと。) すべてで受信できた (図中の赤線印)。最も遠い距離まで届いたのは、工学部屋上 (P2) から南南東 17.8km の三坂峠であった。一方、周辺の受信不能地点 (+印) は、実際見通せない場所であった。

P2 地点から西方向はビルと山のため見通せず受信もできなかったが、理学部屋上 (P3) からは図中水色線のとおり海岸の三津方面まで受信できた。P4 (マゼンタ色) 地点は P2 と同様、地図上では南方向は開けているものの、実際には地上高が低い (木造家屋 2 階) ため見通しはきかない。そのため最遠でも 2.5km であった。

図 2 に示した受信できた場所と送信機との距離を横軸に、そのときの RSSI 値を縦軸にして書き直したのが図 3 である。LOS 地点と思われる赤色プロット点を、自由空間伝搬損失から算出される傾き  $-20\text{dB}/\text{dec}$  で直線近似した破線によれば、最低受信可能 RSSI 値 ( $= -137\text{dBm}$ ) に達する距離は 578km となった。また赤色プロット点の最高値 ( $r = 13\text{m}$ ) との差である実測受信ダイナミックレンジは、 $(-45 - (-137)) = 92\text{dB}$  であり、通常の無線機に比べてきわめて大きいことがわかる。

## 5 ビル内伝搬特性

工学部の研究棟 6 階の室内 (地点 P5) に、LoRa 送信機を図 2(e) に示したように設置した。そして、フロアあたり 9ヶ所の廊下 (高さは廊下面と同じ) にて、全 6 フロアで RSSI 値を測定した。それらの値を線形補間した結果を図 4 に示す。P5 地点が最も受信電力が大きく、そこから離れるにつれて小さくなる様子が示されている。もっとも遠い 1 階の  $(x, z) = (89, -18)[\text{m}]$  地点でも受信できており、最大減衰量は  $(-17.4 - (-93.8)) = 76\text{dB}$  であった。なお、窓からの回り込みもあるため各階で干渉縞が観測された。

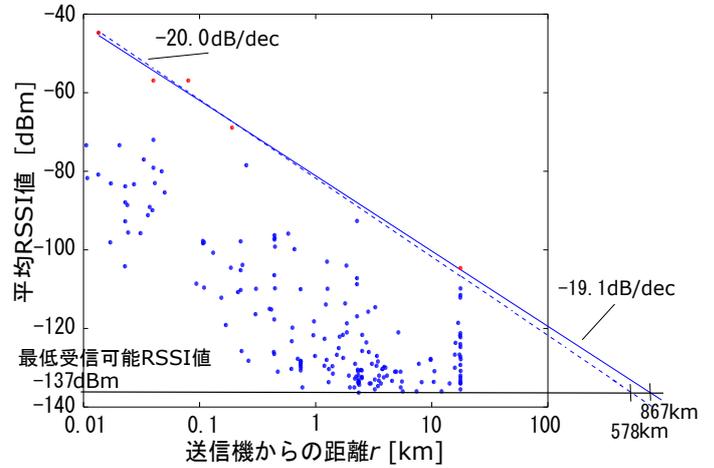


図 3: 屋外伝搬特性. (SF12 の場合)

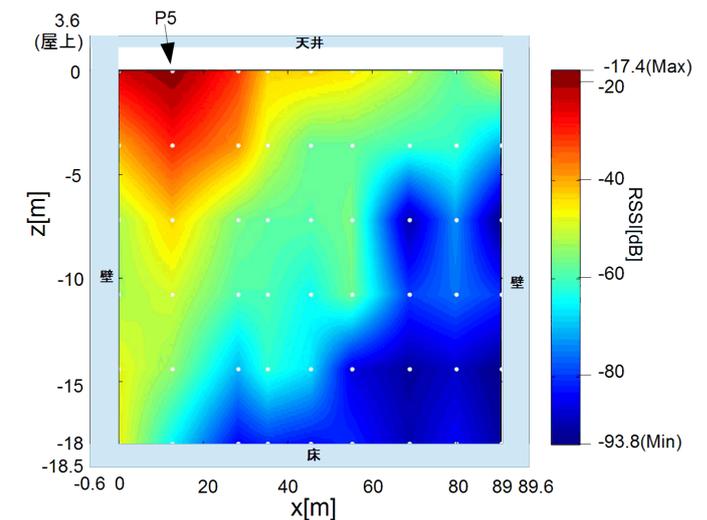


図 4: ビル内伝搬特性. (SF12 の場合)

## 6 おわりに

本稿では、LoRa の屋内外の電波伝搬特性について、松山平野にて実験的に調べた結果を述べた。SF 値を 12 に設定した場合、見通し (LOS) 範囲であれば最長 17.8km 遠方 (送信機設置場所から見える最遠の人が住んでいる場所) でも受信できた。この結果から LOS 範囲であれば 500km 以上伝搬することが予想できた。一方、見通しが悪い (木造家屋 2 階に送信機を設置した) 場合は、最遠でも 2.5km であった。

また、大学の研究棟内に送信機を設置して伝搬特性を調べた結果、(高さ × 長さ)  $= (22 \times 90) [\text{m}]$  のビル内全域で通信可能であったことを述べた。

これらの結果を踏まえて、文献 [2] で実施している「校区のお天気」センサーネットワーク用の無線回線は、LTE から LoRa に乗り換え可能と考えている。今後は、より精度の高い伝搬モデルを構築することが課題である。

## 参考文献

- [1] SEMTECH 社, SX1272/73 - 860 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver, DATASHEET, <http://www.semtech.com/images/datasheet/sx1272.pdf>, 参照日: 2016.12.28.
- [2] 都築、二神、渡部、山田、地理空間情報と環境情報を活用した災害避難共助支援による減災力向上に関する研究開発 - 初年度進捗報告 -, WIT2017, 松山市、2017年6月23日 (予定).