

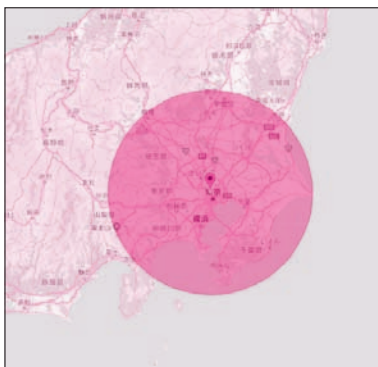
# 第3部 注目の最新広域無線LoRaとELTRESの技術

## 第5章

その① チャープ・スペクトラム拡散,  
その②  $\pi/4$ QPSK

# 20 mWで100 km圏通信! LoRa 2つのキー・テクノロジー

加藤 隆志 Takashi Kato



920 MHz帯特定小電力無線を利用したデータ通信「LPWA」には、いくつかの方式があります。本章では個人でも実験を行いやすい「LoRa」に焦点を当てて、変調方式から混信時の信号分離の仕組みまでを解説します。  
(編集部)

### LPWA通信の本命「LoRa」

- フェージングやドップラーに強いチャープ・スペクトラム拡散を採用

LoRa方式は、スペクトラム拡散通信の一種です。よく知られているPN符号(疑似ノイズ)を使った拡散(図1)とは異なり、図2のような周波数が連続でスweepする「チャープ信号」を使ったチャープ・スペクトラム拡散です。

チャープ・スペクトラム拡散方式を採用する理由は、周波数あたりの電力密度の高い信号であると同時に、広い帯域を利用できるためです。

後で詳しく説明しますが、電力密度の高い信号はS/Nを改善し、遠距離通信に有利です。広い帯域が使えれば、移動体通信で重要なフェージング耐性やドップラー耐性に有利です。

- ▶ レーダでおなじみのチャープ信号で高S/N通信

チャープ信号は、パルス方式に比べて周波数あたり

のエネルギー密度を上げられることから、微弱な信号でもS/Nを上げられるため、地下探査レーダに使われます。ミリ波レーダの時間方向の分解能を上げるために、チャープ信号が使われています。

自然界では、クジラが使う超音波レーダがチャープ信号だそうです。彼らがチャープ・スペクトラム拡散を使う理由は、われわれと同じかもしれません。

- 出力20 mWでも100 km離れた場所と通信できる
- チャープ・スペクトラム拡散を使ったLoRa方式は、他の通信にはない次のような利点を持ちます。
- (1) パワーが一定のFM変調の一種なので、送信アンプのリニアリティが悪くても構わない。つまり安価な非線形デバイスを使え、かつノンリニア動作させることで低消費電力化できる
  - (2) スペクトラム拡散なので妨害への耐性、フェージング耐性が高い
  - (3) チャープ・スペクトラム拡散は周波数あたりのエネルギー密度が高く、S/Nを向上しやすく、遠距離通信が可能になる。レートによるが、S/N = -20dBでも実用範囲
  - (4) 帯域や拡散率をさまざまに設定でき、同一チャネルで複数の通信が重なっても、お互いの干渉を避けられる
  - (5) ドップラー・シフトがあってもわずかな周波数と

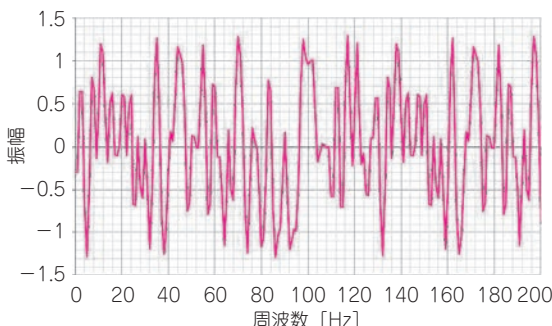


図1 通常のスペクトラム拡散信号の波形  
この疑似ノイズ波形をベースバンドに乗算して拡散する

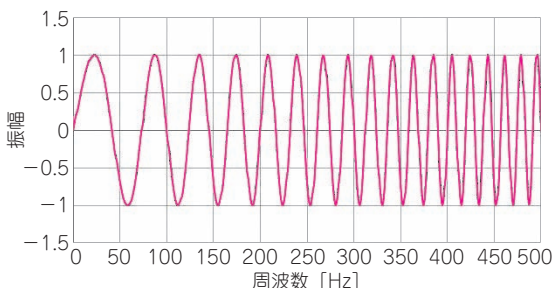


図2 ロー・パワー遠距離通信のかぎ「チャープ方式スペクトラム拡散」の信号  
このチャープ信号をベースバンドに乗算して拡散する