

## LoRa方式のチャープ変調を リアルタイムにモニタできる！ 920 MHz帯LPWAエア・モニタの 仕組みと観測例

浅中 和典  
Kazunori Asanaka

### 1 LoRaとエア・モニタの概要

#### 1.1 LPWAでのLoRaの位置付け

IoT (Internet of Things)用途で使われる無線通信規格は、3GやLTE、Wi-Fi、Bluetoothなど多岐にわたるものがありました。しかし、広範囲をカバーしつつ電池駆動で長時間通信が可能な低消費電力の通信方式は存在しませんでした。

そのような中、LPWAとして、SigfoxサービスとLoRaサービスがフランスで始まりました。さらにその後、NB-IoT (LTE Cat. NB1)とLTE Cat. M1が、3GPPリリース13においてLTE規格に取り入れられ

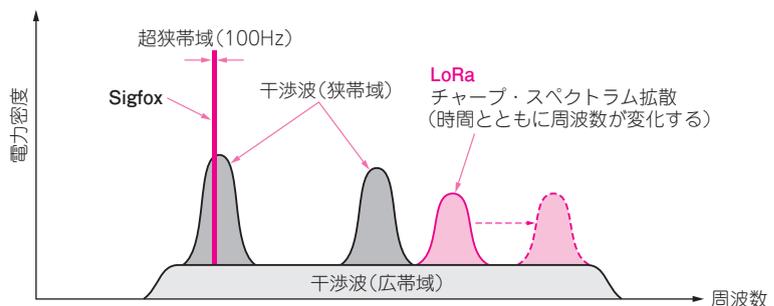
ました。LPWAとはLow Power Wide Areaの略で、文字通り低消費電力で広域カバレッジを実現する無線通信技術のことです。

代表的なLPWAを表1に示します。Sigfoxは上りビット・レートが100 bpsと非常に低速で、キャリア占有帯域も100 Hzと非常に狭いため、単位周波数あたりの電力密度が高くなります。このため熱雑音や干渉に対するマージンが高く、長距離通信が可能です。

これに対して、LoRaのビット・レートは240 bps～37.5 kbpsと比較的高く、Sigfoxのような狭帯域通信ではありません。そこで耐干渉性を向上させるために、チャープ・スペクトラム拡散方式(以下チャープ方式)を採用しています。SigfoxとLoRaのスペクトラムを比較したのが図1です。

〈表1〉各種LPWAサービスの無線方式

項目	Sigfox	LoRa	NB-IoT (LTE Cat. NB1)
ビット・レート	上り：100 bps 下り：600 bps	240 bps～37.5 kbps	～200 kbps
キャリア占有帯域	上り：100 Hz 下り：800 Hz	125 kHz, 250 kHz, 500 kHz	180 kHz
変調方式	上り：シングル・キャリア SSB-SC + D-BPSK 下り：マルチ・キャリア ISB + GFSK	チャープ・スペクトラム拡散	上り：BPSK/QPSK + SC-FDMA 下り：QPSK + OFDM



**Sigfox**：帯域が非常に狭いため電力密度が高く、狭帯域の干渉波に対しても強い。  
**LoRa**：チャープ・スペクトラム拡散により、耐干渉性を向上させている。

〈図1〉SigfoxとLoRaのスペクトラム

## 1.2 LoRa信号を観測するための計測器

オシロスコープは全周波数帯域の電圧を時間軸で観測する計測器です。また、スペクトラム・アナライザは観測帯域内の電力を周波数軸で観測する計測器です。

狭帯域信号は図2に示すように、スペクトラム・アナライザを使って、周波数ごとに信号電力を積分することで、ノイズが加わった受信信号でも観測することが可能です。

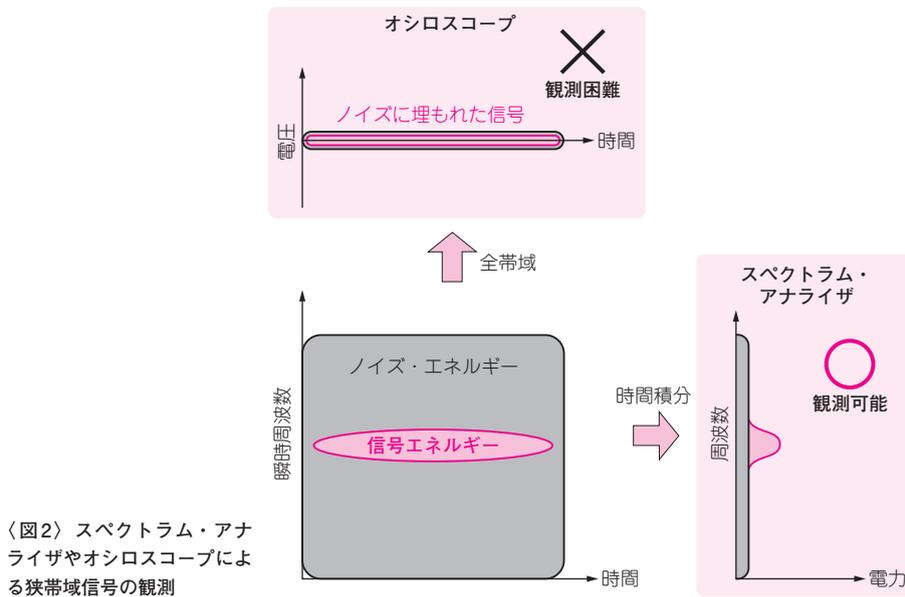
これに対してチャープ方式の場合は、瞬時周波数が

時間とともに変動するため、周波数ごとに信号電力を積分してもノイズに埋もれてしまい、観測が困難です。

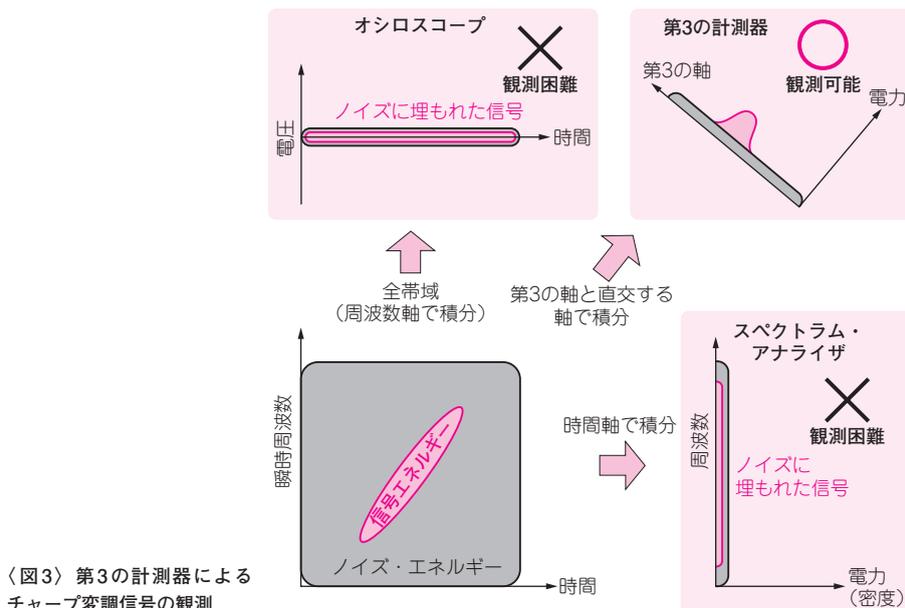
そこで、微弱なチャープ方式の信号を観測するためには、時間軸でも周波数軸でもない第3の軸で積分を行う計測器があれば良いのではないかと考えに至りました。この計測器の概念を表したのが図3です。

### 2 920 MHz帯 LoRaが採用している変調方式の概要

チャープ方式では、時間とともに瞬時周波数が変化



〈図2〉 スペクトラム・アナライザやオシロスコープによる狭帯域信号の観測



〈図3〉 第3の計測器によるチャープ変調信号の観測