

# RL78 LoRa®ソリューション

## ご紹介

2020年12月2日

MCP-AA-20-0132

ルネサス エレクトロニクス株式会社  
I O T ・ インフラ事業本部 汎用M C U事業部  
汎用M C Uプロダクトマーケティング部

I O T ・ インフラ事業本部 コア技術開発統括部  
無線技術部

# はじめに

---

本書は、LoRaWAN® 及びLoRa®に基づくアプリケーションの開発を始める前に、LoRa®通信規格の概要、LoRa®に基づく開発環境、プロトコルスタック、無線評価ツールの理解を深めていただくためのガイドです。次ページより、下記について紹介します。

- LoRa®通信規格の概要
- LoRa®に基づく開発環境
- LoRa®に基づくソフトウェア
- LoRa®に基づく評価ツール

なお、文章中の[青字+下線で記述された部分](#)は、ウェブページまたはドキュメントへのリンクであることを示します。

# LoRa<sup>®</sup>通信規格の概要

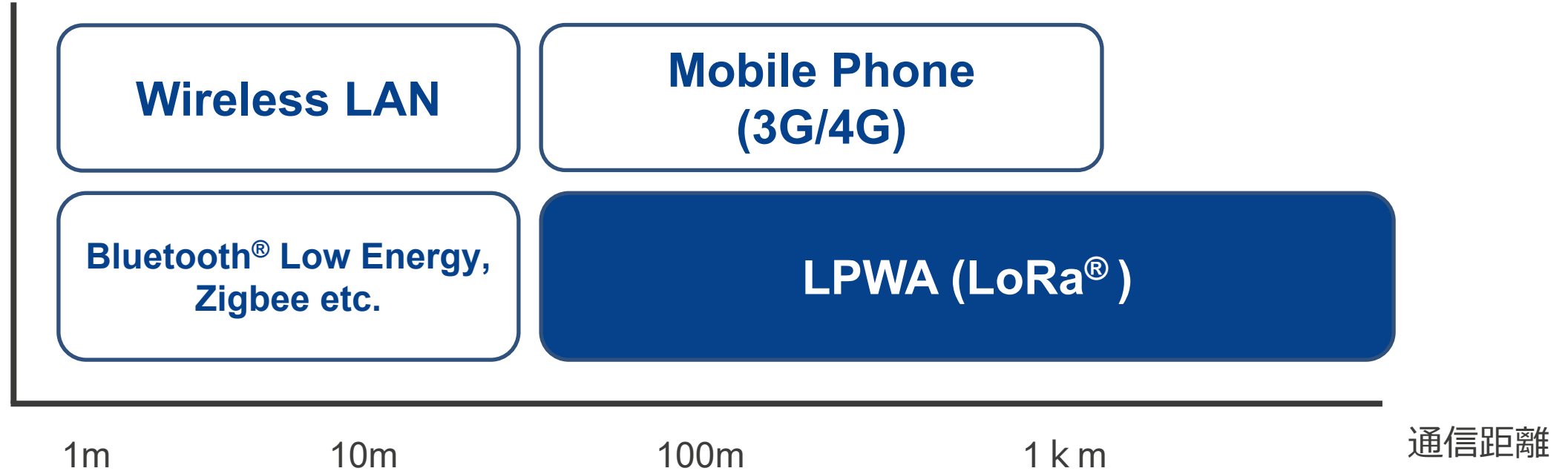
# 無線規格

LoRa<sup>®</sup>は、制御&センシングに向いている長距離通信の規格です。LoRa<sup>®</sup>は農村部で約10-15kmをカバーします。

通信速度/  
消費電力

高

低



# LoRa<sup>®</sup>とLoRaWAN<sup>®</sup>について

LoRa<sup>®</sup>とLoRaWAN<sup>®</sup>の関係は、LoRa<sup>®</sup>は変調方式であり、この変調方式を利用した標準プロトコルの規格がLoRaWAN<sup>®</sup>です。



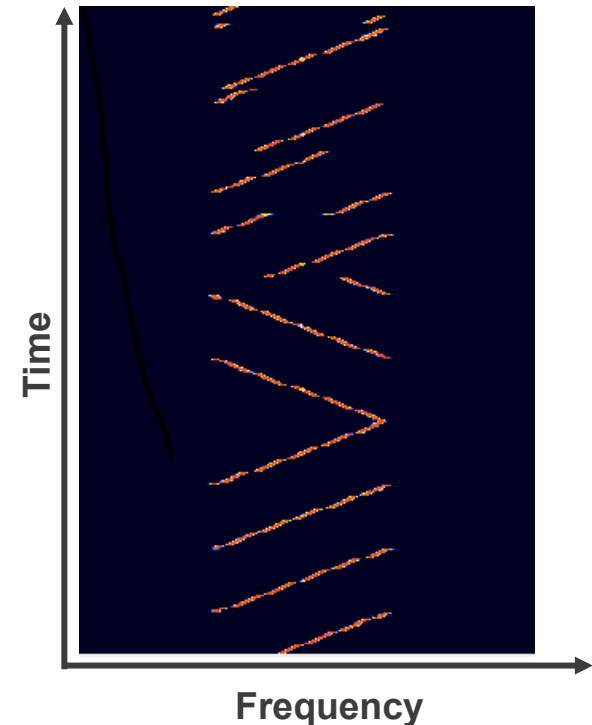
## ● LoRa<sup>®</sup> (Long Range)

- 長距離(約10-15km)、低データレート(数100bps~数10kbps)、低消費電力通信向けの変調方式。CSS(Chirp Spread Spectrum, チャープ・スペクトラム拡散)変調をベースとしている
- LoRa<sup>®</sup>上で動作する標準プロトコル(LoRaWAN<sup>®</sup>)が規格化されている
- LoRa<sup>®</sup>上で独自プロトコルを使用することも可能



## ● LoRaWAN<sup>®</sup> (LoRa Wide Area Network)

- LoRa Alliance<sup>®</sup>が仕様策定した、IoT機器向けの省電力、長距離通信向けの通信プロトコル
- 変調方式にはLoRa<sup>®</sup>とGFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)を使用



# LoRa®の普及

---

2015年にLoRaWAN®の標準化と普及をサポートする非営利団体のLoRa Alliance®が設立されました。会員数は現在500社以上が加盟しています。会員会社によりLoRaWAN®の標準化された製品、サービスが提供されています。これらが、システム構築を容易にするエコシステムになっています。

現在、157カ国で137の事業者がLoRaWAN®のサービスを提供しています。独自のLoRa®に基づく通信を含めば、もっと多くの事業者がLoRa®変調方式を利用しています。



<https://lora-alliance.org>

**137** LoRaWAN® Network Operators in **157** Countries

2020年6月1日現在

# LoRaWAN®の周波数帯

LoRaWAN®では、通信距離、回折性に優れた Sub-GHz周波数帯を利用します。

利用する周波数帯は、具体的には、“LoRaWAN® Regional Parameters”仕様書で国別に定義されています。

Sub-GHz帯の例)

Country	Frequency
United States of America(US)	902 - 928 MHz
Germany (DE)	863 - 870 MHz
France (FR)	863 - 870 MHz
Singapore (SG)	920 - 925 MHz
India (IN)	865 - 867 MHz
Australia (AU)	915 - 928 MHz
Japan (JP)	920.6 - 928.0 MHz (steps of 200kHz) 920.8 - 927.8 MHz (steps of 600kHz)

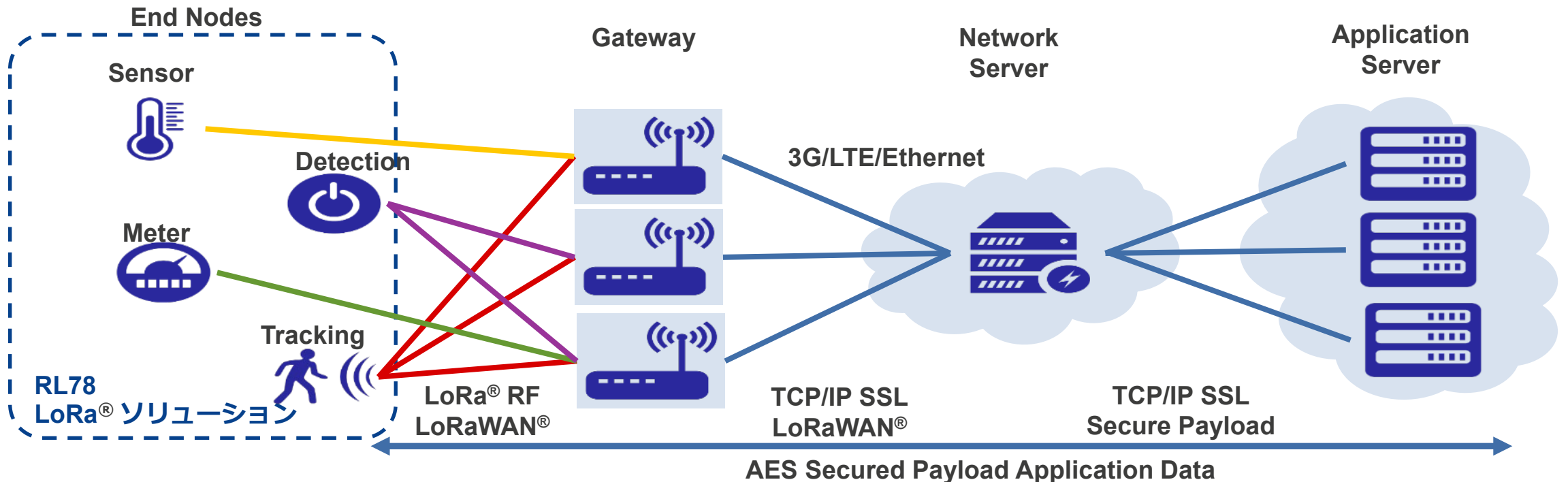
## Regional Parameters

<https://lora-alliance.org/search/Regional%20Parameters>

# LoRaWAN®: ネットワーク構成

LoRaWAN®のネットワーク構成。LoRa Alliance®がEnd NodesとGateway間の通信方式を策定

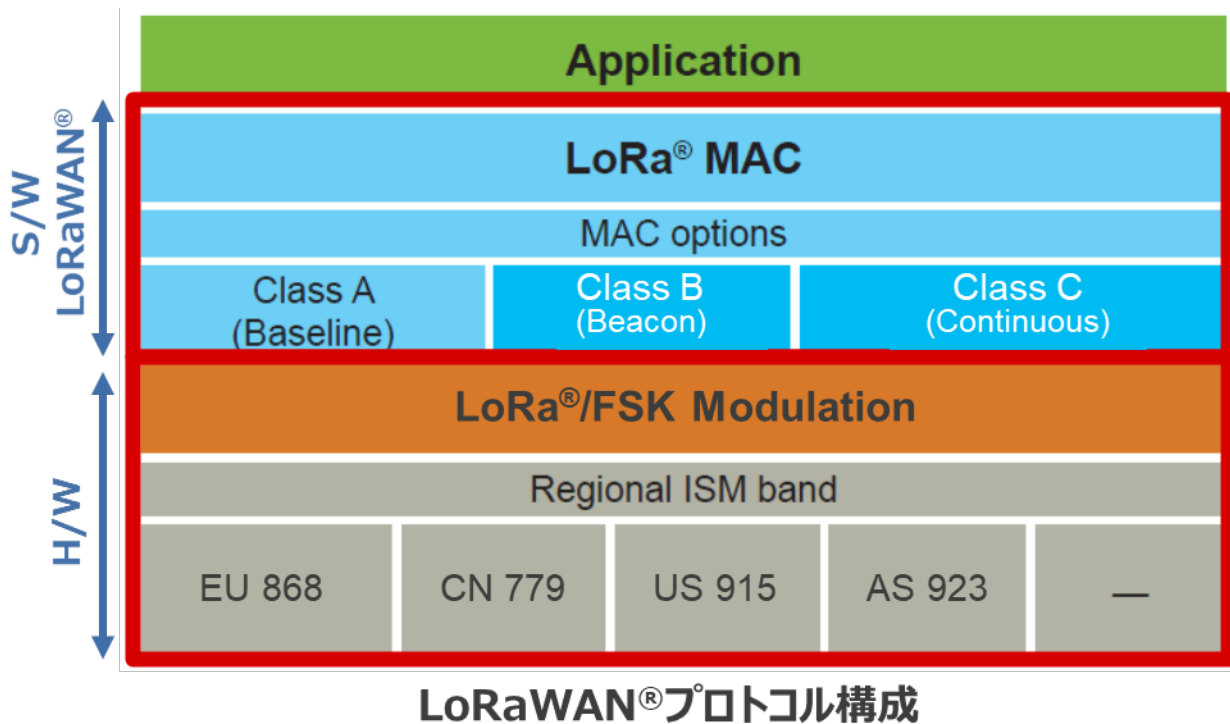
- **End Nodes:** 用途や環境ごとに異なる端末
- **Gateway:** Network Serverとの接続を仲介
- **Network Server:** LoRaWAN®の無線ネットワークを管理。End nodeとApplication Server間のデータ通信を仲介
- **Application Server:** End nodeからデータを収集、解析。End nodeを制御



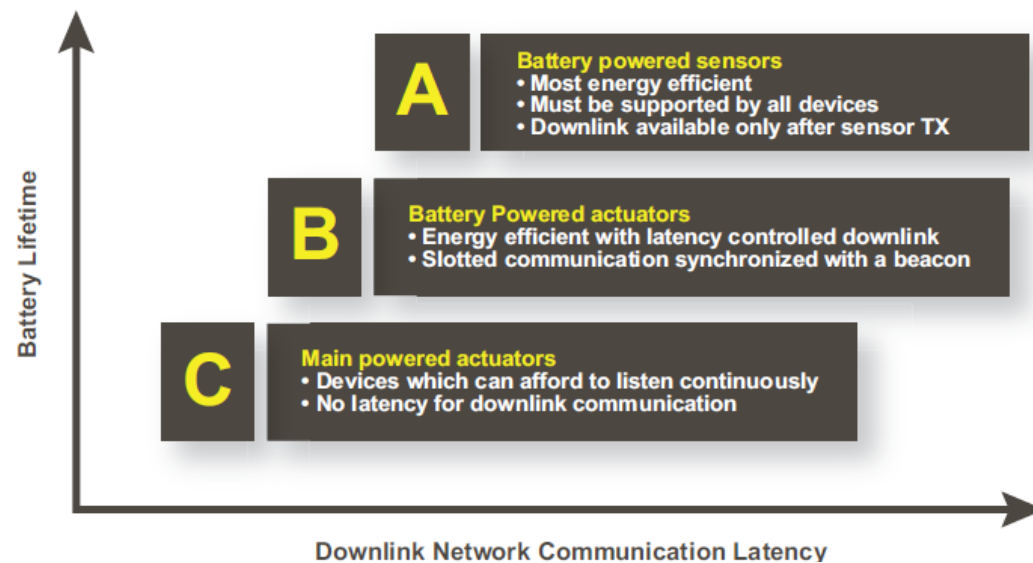


# LoRaWAN®: プロトコル構成・エンドデバイスのクラス

LoRa Alliance®は、MAC層を規定しています。PHY層は“LoRa®/FSK Modulation”から下の部分。その上にクラス別にMAC層が定められています。その上層はアプリケーションを実装する構成です。



MAC層は3種類のClassがあります。各Classの動作を次ページ以後に示します。



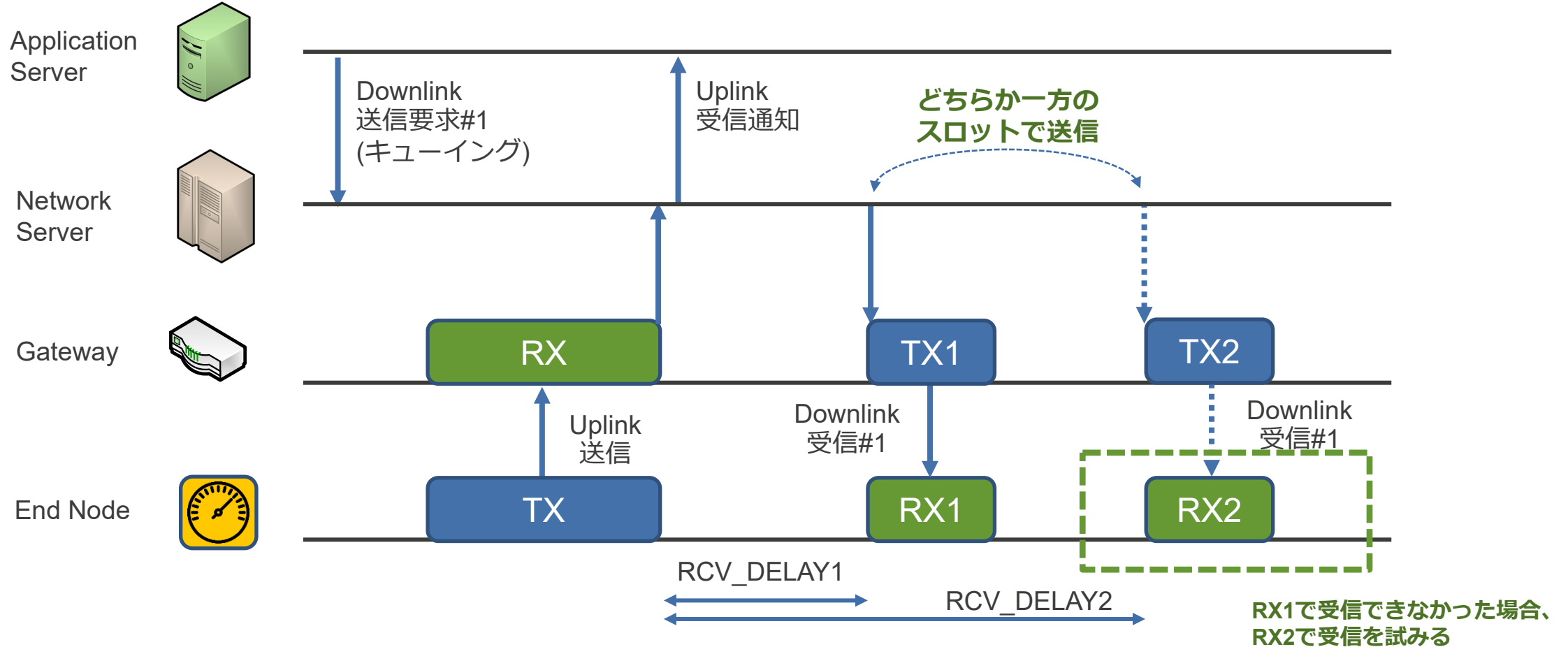
Class	Uplink (送信)	Downlink (受信)	動作モード	電池駆動
A	非同期	送信後に受信	間欠動作	◎
B	非同期	同期(スロット)	間欠動作	○
C	非同期	非同期	常時動作	-

出典：LoRa Alliance® 資料

# LoRaWAN®

## Class A: バッテリー動作するセンサー等のエンドデバイス向け

一番エネルギー効率がよく、全てのデバイスでサポートします。Downlinkは送信後のみ受信が可能。  
Class A基本動作は、Uplink送信後に、Downlink受信可能 (2スロット)



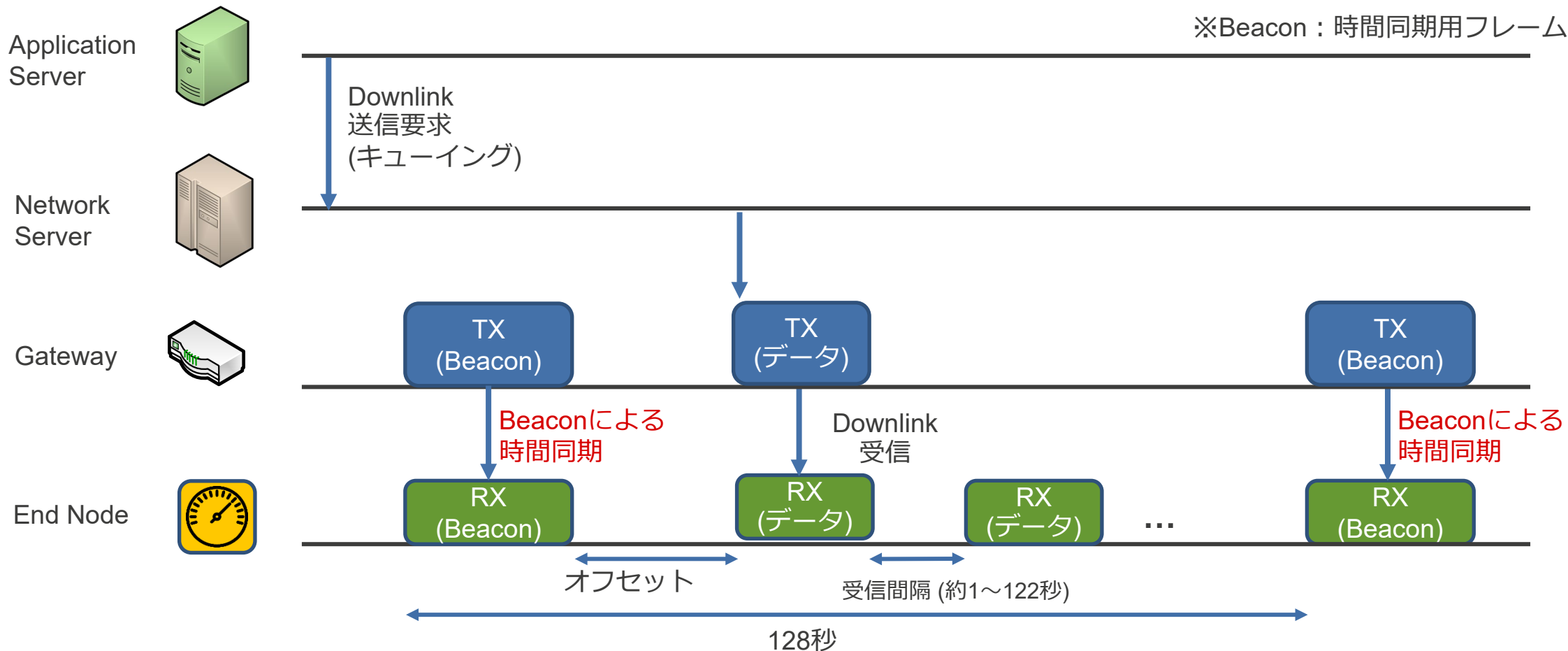
# LoRaWAN®

## Class B: バッテリー動作するアクチュエータ、メーター等のエンドデバイス向け

エネルギー消費を抑えつつ、定期的に受信が可能です。Downlinkのレイテンシーが向上。

Class B基本動作は、Class A動作 + 同期受信 (Downlinkレイテンシー向上)

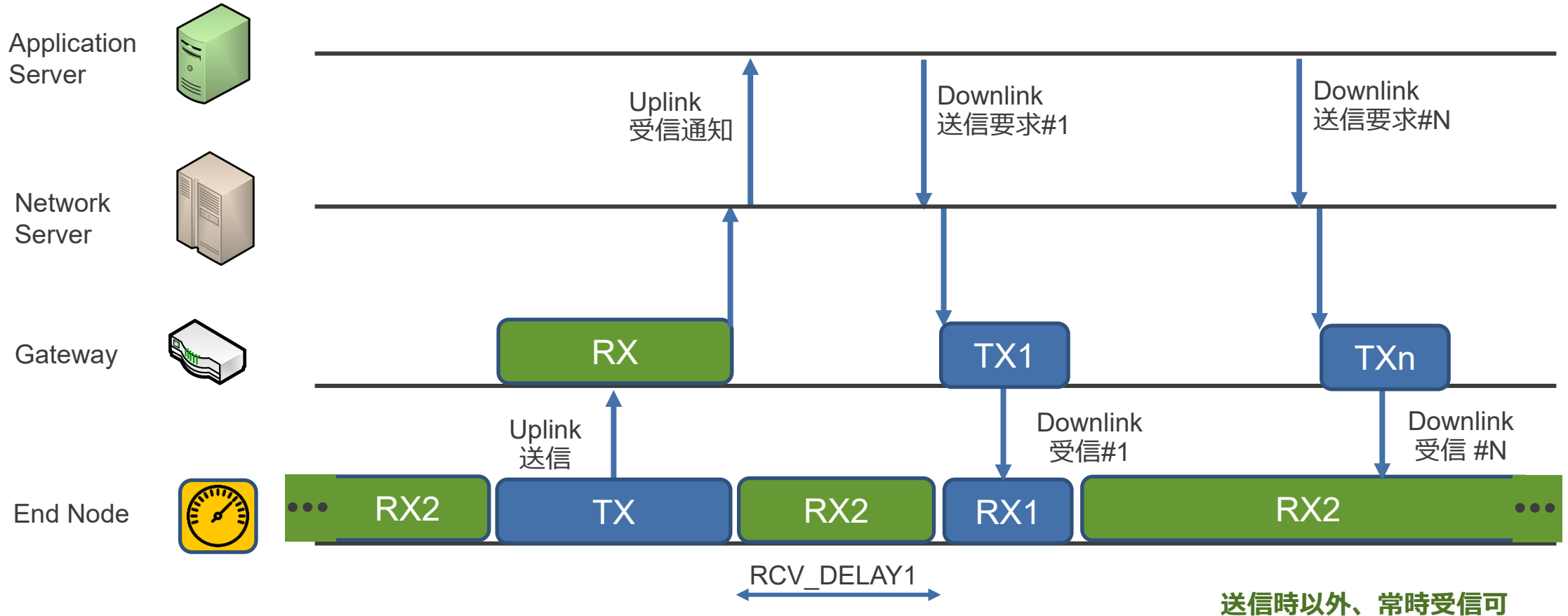
※Beacon : 時間同期用フレーム



# LoRaWAN®

## Class C: 電動アクチュエータ等のエンドデバイス向け

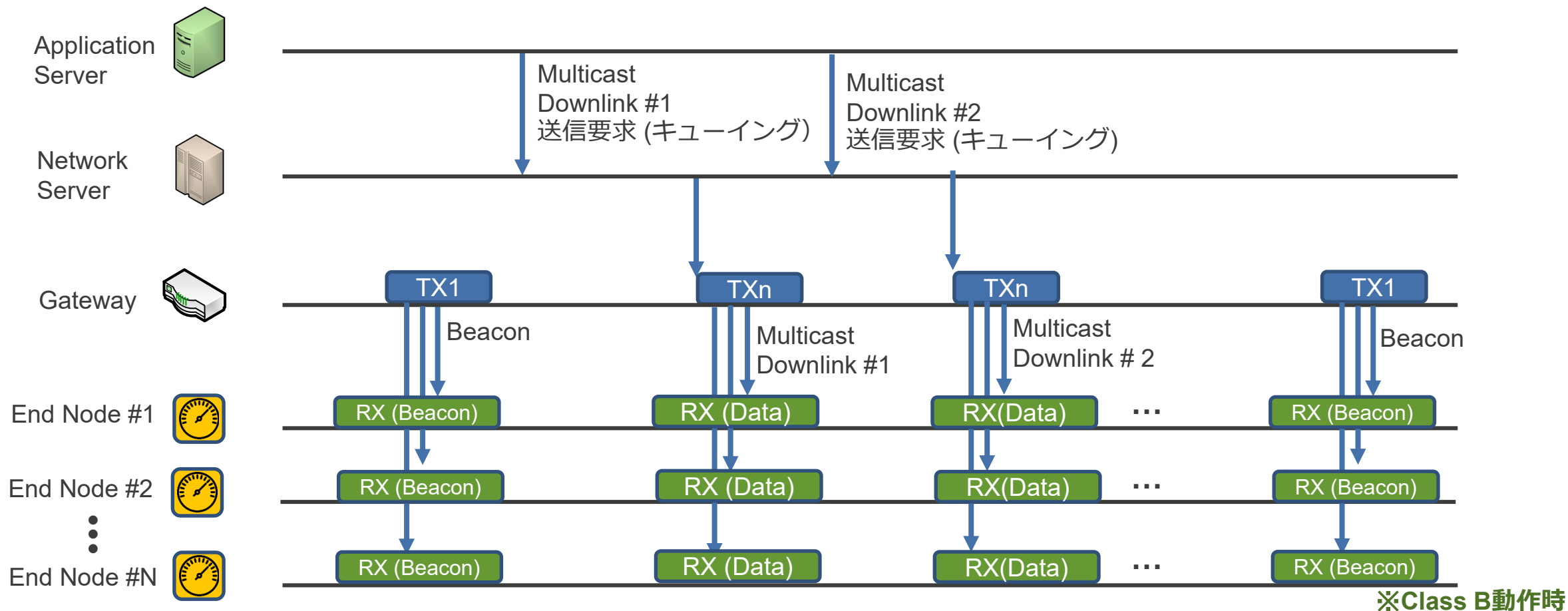
送信時以外は常に受信が可能です。Downlink通信をレイテンシーなしで受信が可能  
Class C基本動作は、Class Aの動作+常時受信可



# LoRaWAN®

## Multicast: Down Linkの同時送信

アプリケーションサーバから複数のEnd Nodeに同時にDownlinkの送信が可能です。  
Class BとClass C動作時に利用できます。



# 各CLASSに適したアプリケーション

## ● Class A

End Nodeから定期的にデータを送信するアプリケーションに適しています。他のクラスと比べて消費電流が少なく、バッテリーで長期間の動作も可能です。End Nodeは送信したタイミングでしかサーバからデータを受信できないため、サーバから任意のタイミングでEnd Nodeを遠隔制御するアプリケーションには適していません。

アプリケーション例：センサーデータ(温度、湿度等)一括収集によるHACCP管理等

## ● Class B

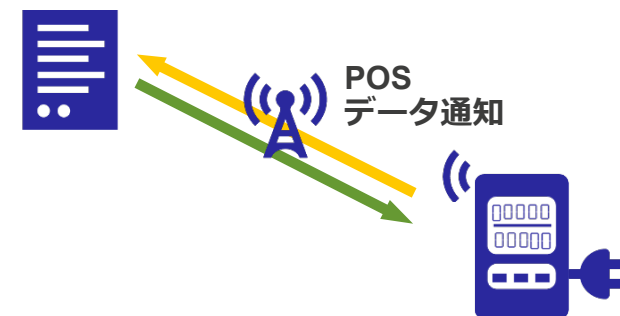
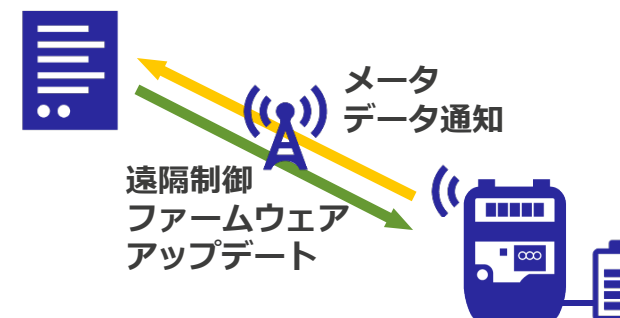
End Nodeから定期的にデータを送信すると共に、サーバからEnd Nodeを任意のタイミングで制御する必要のあるアプリケーションに適しています。定期的に受信状態になるため、アップリンク無しでも受信が可能です。また、Multicastも利用可能のため、サーバからMulticastを使って複数のEnd Nodeのファームウェアアップデート等を低消費で実現可能です。Class Aよりは消費電流は増加しますが、バッテリーで長期間の動作も可能です。機能性と消費電流のバランスの取れたクラスです。

アプリケーション例：ガスメータのデータ一括収集、緊急時のガス閉栓制御等

## ● Class C

End Nodeから送信するとき以外は常時受信状態になるため、常時給電されている環境で使用するアプリケーションに適しています。機能的にはClass AとClass Bを包含しています。

アプリケーション例：自動販売機のPOSデータ一括収集等



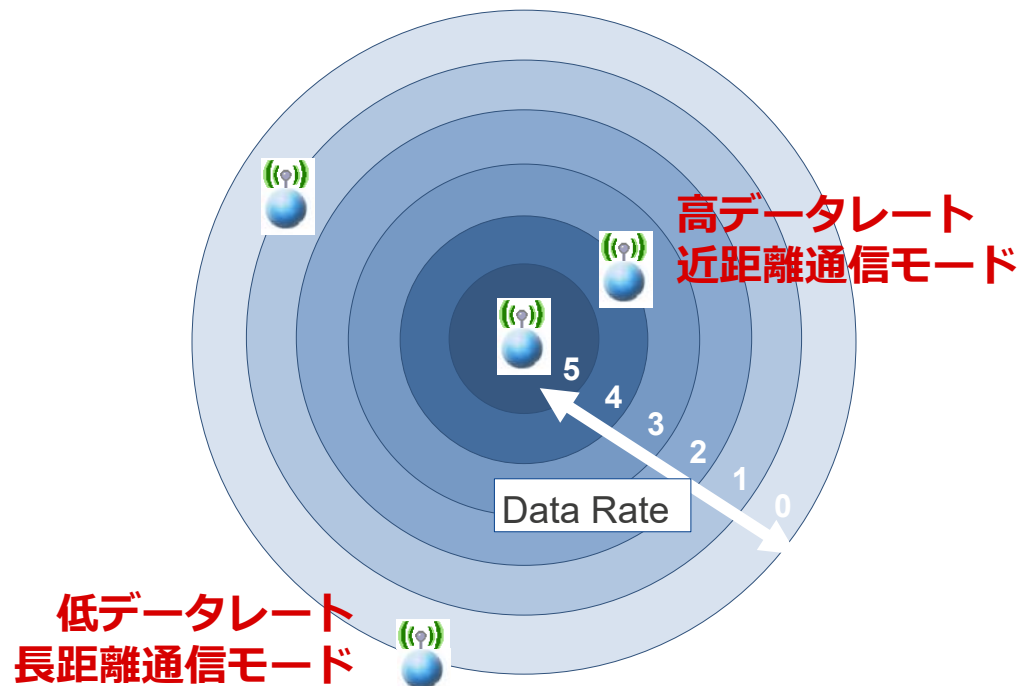
# LoRaWAN®: 通信速度 ADR (Adaptive Data Rate)

LoRaWAN®の通信速度は、可変データレート(ADR)を使用し、効率よく通信が可能です。

- データレートは、信号強度や無線環境に応じて、ネットワークサーバからの指示で変更します。

信号強度 高：高データレートの近距離通信モード, 通信時間：短

信号強度 低：低データレートの長距離通信モード, 通信時間：長



例) データレート一覧 (AS923の場合)

Data Rate (Index)	Spread Factor / Bandwidth	Physical Bitrate	距離 (イメージ)
0	LoRa: SF12 / 125 kHz	250	数10km
1	LoRa: SF11 / 125 kHz	440	↑ ↓
2	LoRa: SF10 / 125 kHz	960	
3	LoRa: SF9 / 125 kHz	1760	
4	LoRa: SF8 / 125 kHz	3125	
5	LoRa: SF7 / 125 kHz	5470	
6	LoRa: SF7 / 250 kHz	11000	↓
7	FSK: 50 kbps	50000	

# LoRaWAN®: アクティベーション

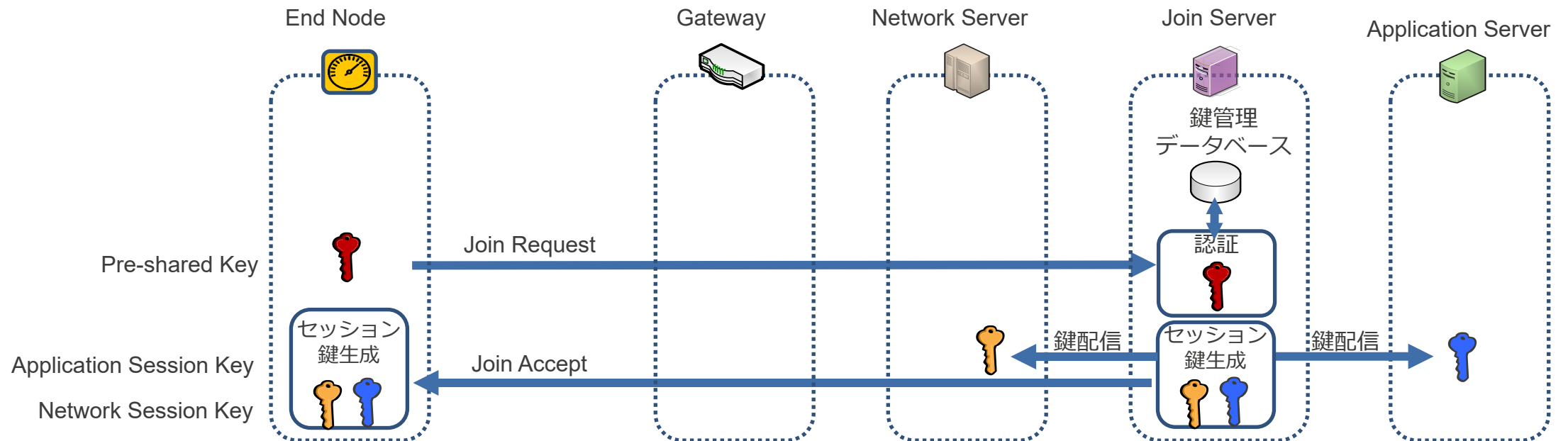
アクティベーション方法は、OTAAとABPの2種類があります。

- **Over The Air Activation (OTAA)**

ネットワーク参加時に、End NodeとJoin Server間で事前共有鍵(PSK)を用いて相互認証し、セッション鍵(Application Session Key , Network Session Key)を生成。

- **Activation By Personalization (ABP)**

工場出荷/初期化時等で、セッション鍵をEnd Nodeに直接設定。





# LoRaWAN®: セキュリティ

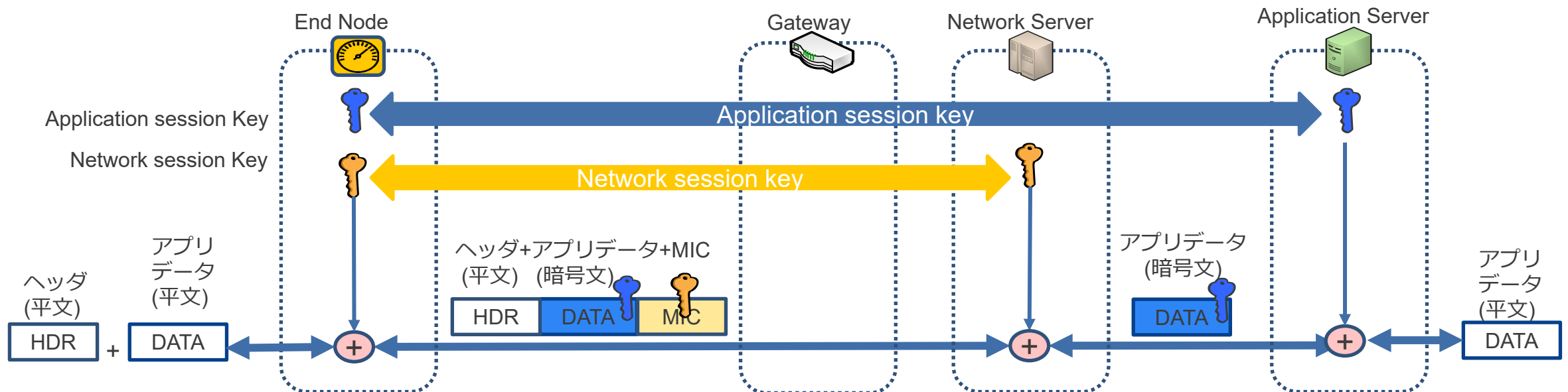
暗号化・改竄検出にデータ通信時、セッション鍵を用いてアプリデータを暗号化し、改竄検出コードを付加します。

- **Application session key**

End Node - Application Server間のアプリデータを暗号化。

- **Network session key**

End Node - Network Server間のフレームの改竄を検出するコード(MIC)を付加。



# LoRa® / LoRaWAN®のアプリケーション例

少量データ、低速、低頻度+定期的、広範囲のデータ通信用途に利用が進んでいます。

## < Metering >

- ・ガス（都市・プロパン）・水道フローメータの データ一括収集
- ・飲料など自動販売機 のPOSデータ一括収集



## < Industry / Building >

- ・交通網インフラのデータ管理・転送（バス・タクシー・レンタカー・自転車・信号機・街灯 等）
- ・構造物異変検知（トンネル・橋・ビル・看板などの老朽化）のデータ一括収集
- ・ビル管理 ドアの開閉・施錠、エアコン/照明/カーテン等の動作管理、エレベータ/エスカレータの動作・位置管理、倉庫の在庫管理等の一括データ管理  
域内 警報各種の発信
- ・農業・畜産管理 データ一括管理（水供給・家畜位置検出、鳥インフルエンザ検知 等）
- ・衛生管理 食品製造工程の衛生管理(HACCP)



## < Consumer / Home >

- ・ヘルスケア(Wearable)のデータ管理・転送
- ・子供、高齢者の見守りシステム

# LPWAに求められるもの

LPWAは、容易にネットワークを構築ができ、低消費電力の通信が求められます。

## - 容易にネットワークを構築

LoRa Alliance®は、LoRaWAN®ネットワークを規定。ネットワークは、LoRaWAN®に対応したエンドデバイス、ゲートウェイ、ネットワークサーバを準備することでネットワーク構築ができるエコシステムです。これにより、他のLPWAと異なり容易に独自ネットワークを構築できます。

## - 低消費電力の通信

LPWAは、数時間で1回の通知をするアプリケーションが多いです。

主な動作は、リアルタイムクロック、低電圧検出の最低限の動作でスリープ動作になります。スリープ動作の電流値が低いマイコンが求められます。



# LoRa®に基づく開発環境

# 開発環境の構成

ソフトウェア開発は、RL78/G14 Fast Prototyping BoardにSemtech SX1261/SX1262 Shieldを接続して使用することができます。

## [RL78/G14 Fast Prototyping Board](#)

RL78/G14 Fast Prototyping Boardは、高機能なRL78/G14マイコンを搭載し、様々なアプリケーションの試作開発に特化した評価ボードです。E2エミュレータLite相当のエミュレータサーキットを内蔵し、追加のツール無しでプログラムの書き込み/デバッグが可能です。さらにArduino UnoおよびPmod™インターフェースを標準搭載しています。



RTK5RLG140C00000BJ

## [Semtech SX1261 Shield, Semtech SX1262 Shield](#)

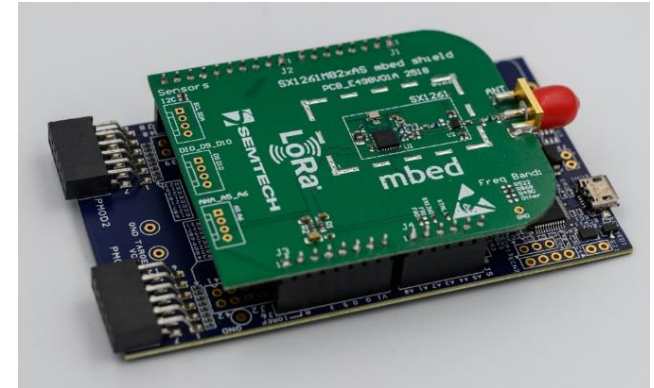
Semtech SX1261/SX1262 Shieldは、LoRa®に基づく変調をサポートするSub-GHz無線トランシーバを搭載し、Arduino Unoインターフェースを搭載しています。



SX1261MB2BAS 868 MHz mbed Shield  
SX1262MB2CAS 915 MHz mbed Shield

# 開発環境の接続

- RL78/G14 Fast Prototyping BoardとSemtech SX1261/SX1262 Shieldを接続して使用できます。
- パソコンからの制御評価には、Pmod™インターフェースに、DIGILENT [Pmod USBUART](#) を接続をして使用できます。
- E2エミュレータLite相当のエミュレータサーキットを内蔵しているのので、パソコンとUSBケーブルで接続するのみでデバックができます。



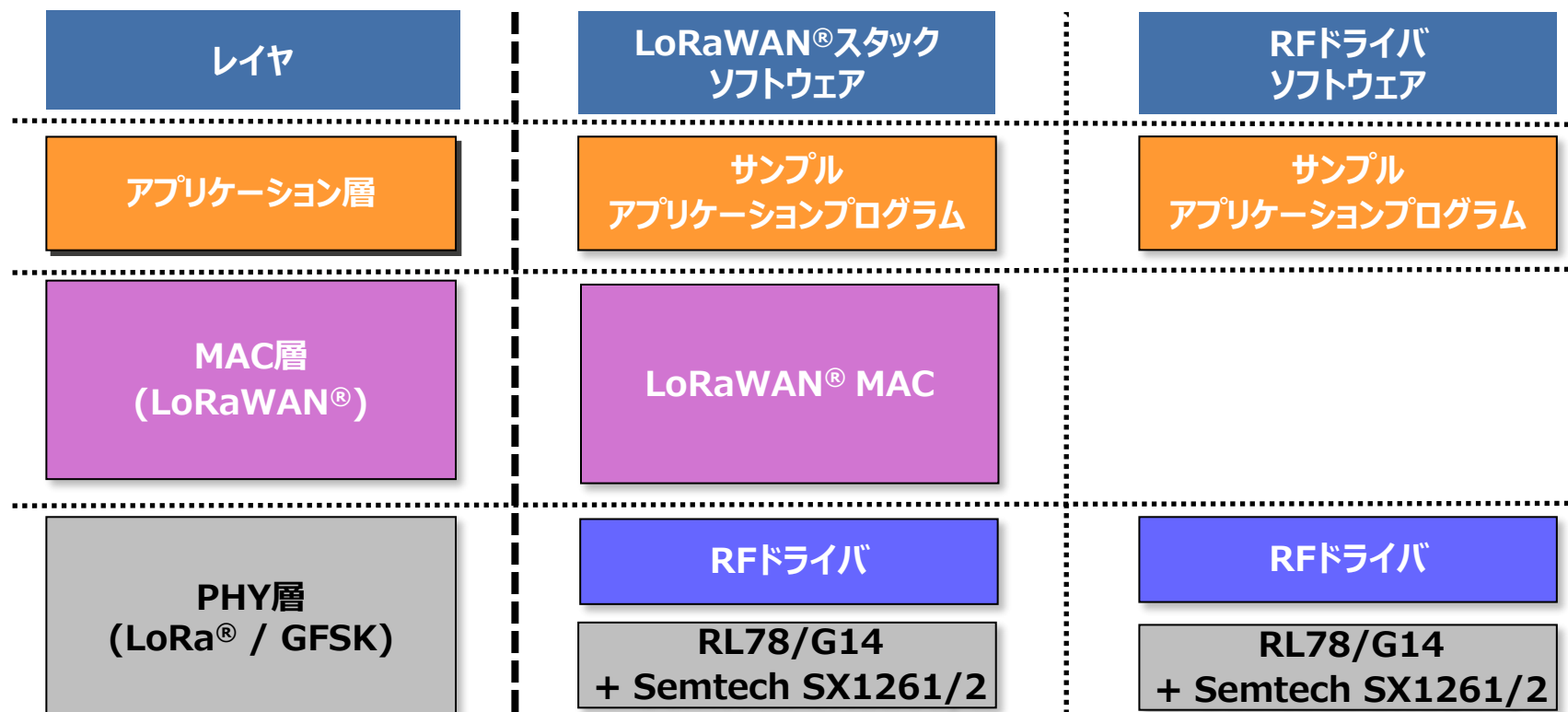
IDE(CS+/e2studio)でデバッグする場合は、EJ1をオープンにして下さい。  
IDEなしで単体動作させる場合は、EJ1のオープンにしてFlash Programmerでフラッシュ書き込み後、EJ1をショートしてエミュレータをリセットして下さい。

# LoRa®に基づくソフトウェア

# Renesas LoRa<sup>®</sup>通信ソフトウェア

LoRa<sup>®</sup> 通信ソフトウェアとして、2種類のソフトウェアをご用意しています。

- **LoRaWAN<sup>®</sup>プロトコルスタック** : LoRaWAN<sup>®</sup>仕様準拠。他社相互接続性が要求されるアプリケーション向け。
- **RFドライバ** : ユーザ独自プロトコルを利用可能。他社相互接続性が不要なアプリケーション向け。





# ネットワーク構成例

LoRaWAN<sup>®</sup>プロトコルスタックとRFドライバでのネットワーク構成例です。

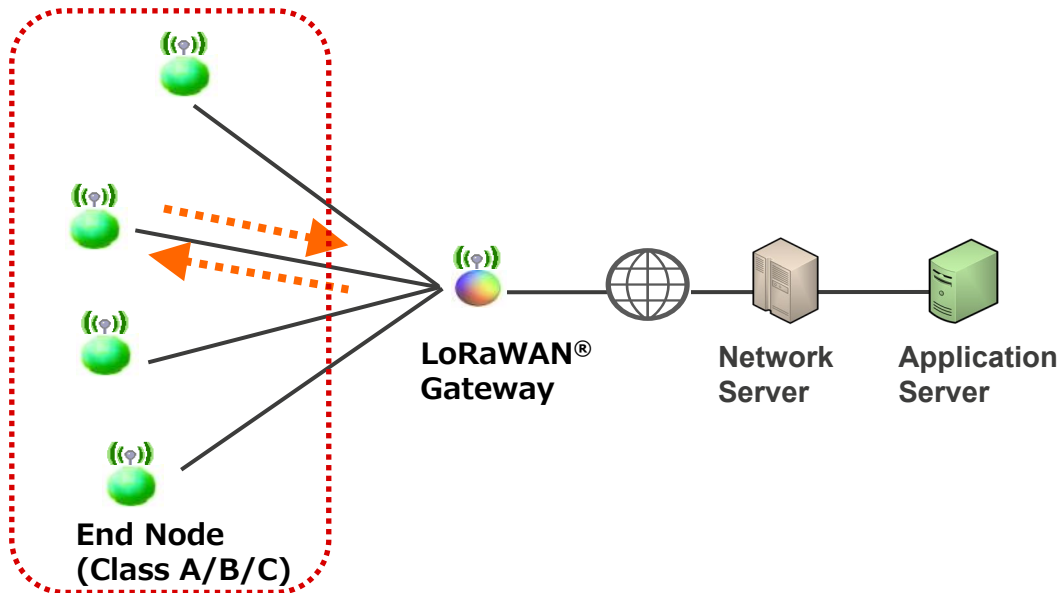
## LoRaWAN<sup>®</sup> プロトコルスタック

- ・標準化されたプロトコル
- ・マルチベンダでの相互接続性

## RFドライバ

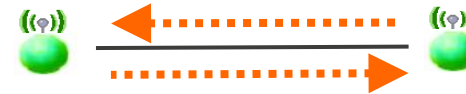
- ・独自プロトコルを利用可能
- ・様々なアプリケーションに柔軟に対応

### ■ LoRaWAN<sup>®</sup>ネットワーク

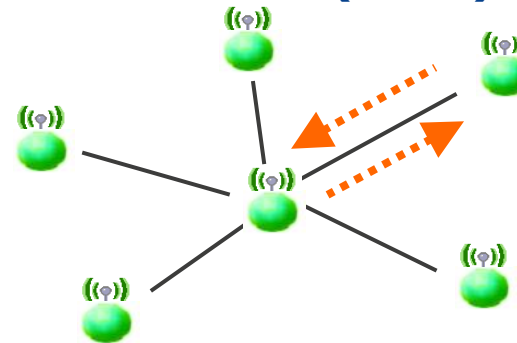


\* LoRaWAN<sup>®</sup>スタックはEnd Nodeをサポート

### ■ P2Pネットワーク(1対1)



### ■ スター型ネットワーク(1対N)



# ソフトウェアの利用

ソフトウェアは、一つのパッケージになっています。下記からダウンロードできます。

## LoRa<sup>®</sup>-based Wireless Software Package

はじめに、LoRa<sup>®</sup>-based Wireless Software Package Quick Start Guide (R22QS0033)をご参照してください。

Webサイト: LoRa<sup>®</sup> ソリューション <https://www.Renesas.com/jp/ja/application/communications/lora-solutions>

サンプルソフトウェアは3種類を提供しています。

- **RadioEvalApp**: ATコマンド動作RF評価プログラム
- **Ping-pong**: RFドライバを使用したシンプルアプリケーション
- **LoRaSample**: ATコマンド動作LoRaWAN<sup>®</sup>サンプルアプリケーション

RFドライバの  
サンプルソフトウェア

LoRaWAN<sup>®</sup>プロトコルスタックの  
サンプルソフトウェア

格納ディレクトリ: samples¥project

# ドキュメント

---

ソフトウェア関連のドキュメントを紹介します。

- RF評価には、RF評価プログラム ドキュメントを参照してください。
- 独自のLoRa<sup>®</sup>に基づく通信動作には、RFドライバ ドキュメントを参照してください。
- LoRaWAN<sup>®</sup>動作には、LoRaWAN<sup>®</sup> ドキュメントを参照してください。

## RF評価プログラム ドキュメント

- [Radio Evaluation Program Commands Reference \(R01AN0230\)](#) RF評価プログラムのATコマンド・リファレンスマニュアル

## RFドライバ ドキュメント

- [Radio Driver Reference guide \(R01AN0227\)](#) RFドライバ API仕様
- [Radio Driver for Japan Radio Regulations \(R11AN0393\)](#) 日本国の電波法に基づく規制に準拠させて使う情報

## LoRaWAN<sup>®</sup> ドキュメント

- [LoRaWAN<sup>®</sup> stack reference guide \(R01AN0288\)](#) LoRaWAN<sup>®</sup> API仕様
- [LoRaWAN<sup>®</sup> Stack Sample Application \(R1AN0231\)](#) LoRaWAN<sup>®</sup>のATコマンド・リファレンスマニュアル

# 実行

---

ATコマンド動作RF評価プログラムとATコマンド動作LoRaWAN®サンプルアプリケーションは、ビルト不要ですぐに試せるオブジェクトファイルが同梱されています。Flash Programmerでオブジェクトファイルをフラッシュに書き込んで実行して下さい。

- **RadioEvalApp:** ATコマンド動作RF評価プログラム

格納ディレクトリ: samples¥project¥e2studio7¥rl78g14fpb\_sx126x¥RadioEvalApp¥DefaultBuild¥

– **RadioEvalApp.mot** Windows GUIアプリケーション“Renesas LPWA Studio”とともに使用

- **LoRaSample:** ATコマンド動作LoRaWAN®サンプルアプリケーション

格納ディレクトリ: samples¥project¥e2studio7¥rl78g14fpb\_sx126x¥LoRaSample¥DefaultBuild¥

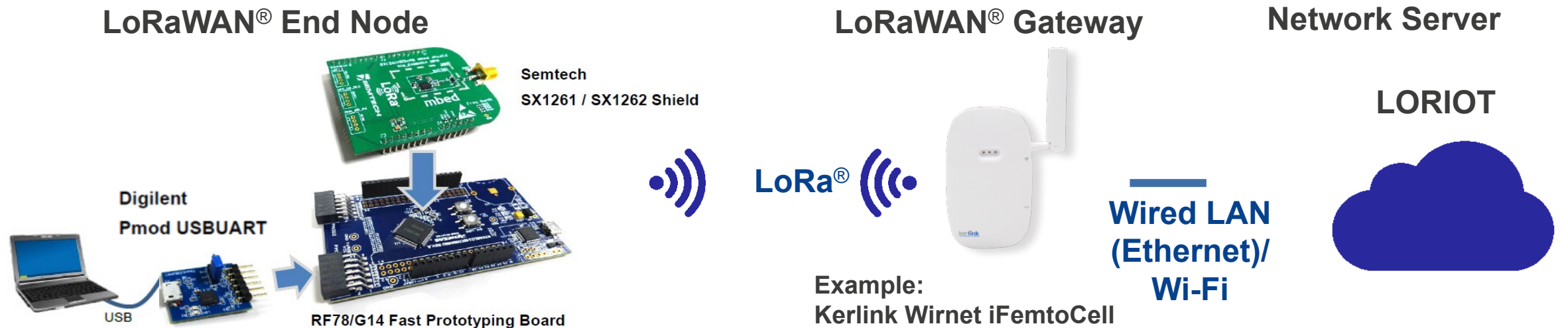
– **LoRaSample.mot**

# LoRaWAN®の環境

LoRaWAN®を試すには、LoRaWAN® GatewayとNetwork Serverを準備する必要があります。

Gatewayは、LoRaWAN®に対応した製品を購入することで利用できます。

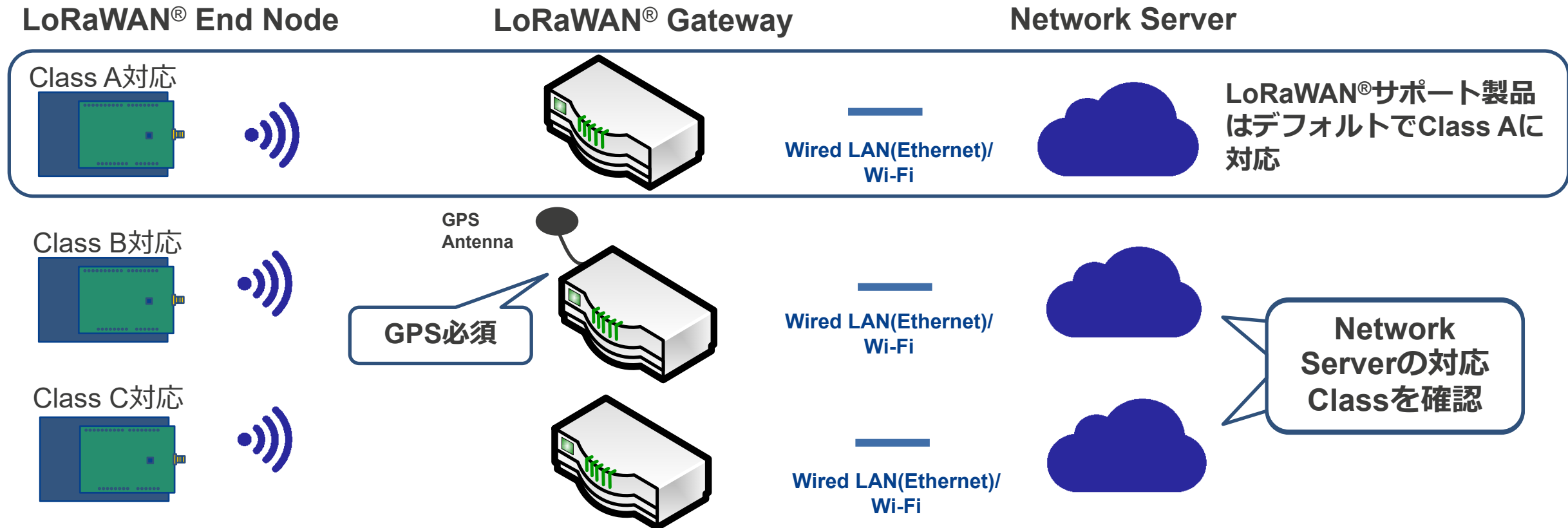
Network Serverは試しに利用する場合、PoC向けに無償で使用できるサービスを用意しているベンダーがあります。



# LoRaWAN®の環境(LoRaWAN® Gateway / Network Server)

LoRaWAN® Gateway、Network Serverは、LoRaWAN®プロトコルクラスのサポートの有無がに違いがあります。

- Class B対応のLoRaWAN® Gatewayは、Beaconの同期動作のため、GPSの搭載されている必要があります。
- Network Serverの対応Classを確認をしてください。



# LoRaWAN®の実行

---

LoRaSample (ATコマンド動作LoRaWAN®サンプルアプリケーション)での実行例です。

LoRaWAN®のClass Aの動作例は、LoRaWAN®チュートリアル を用意しています。

[Kerlink Wirnet iFemtoCell Gateway](#)、[Loriot Network Server](#) の設定例。そして、[Cayenne for LoRa®](#)の可視化を試す例をガイドします。下記をご参照ください。

- 日本語 :
- LoRaWAN® チュートリアル 設定・オペレーション方法
- <https://www.renesas.com/document/gde/lorawan-tutorial?language=ja>
- 英文 :
- LoRaWAN® TUTORIAL SETTING AND OPERATION METHOD
- <https://www.renesas.com/document/gde/lorawan-tutorial?language=en>

# LoRa®に基づく評価ツール



# 評価ツール

---

ツールは、[LoRa®-based Wireless Software Package](#) に含まれます。

ツールは2種類提供しています。

- **Renesas LPWA Studio:** Continuous Wave Transmit, Packet Transmit, SNIFFER (Packet Receive), PER/BER Test, Spectrum Scanの機能があります。
- **Renesas Power Estimator:**消費電力見積もりツール

格納ディレクトリ: samples¥tools

# ドキュメント

---

Renesas LPWA Studioでは、RF評価の実行ができます。2つのドキュメントを用意しています。

Renesas LPWA Studioでは、Continuous Wave送信, Packet送信, Sniffer(Packet受信), PER/BER Test, Spectrum Scanの機能があります。また、Renesas Power Estimatorでは、電池の持ち時間のイメージをつかむことができ、電池サイズの検討ができます。

## Renesas LPWA Studio

- [Renesas LPWA Studio \(R30UZ0095\)](#) RF評価プログラムのWindows GUIアプリケーション“Renesas LPWA Studio”

## Renesas Power Estimator

- [Renesas Power Estimator \(R30UZ0096\)](#) 消費電流見積もりツール

# RF評価の実行

## Continuous Wave送信, Packet送信, Sniffer (Packet受信), PER/BER Test, Spectrum Scanの実行

---

下記プログラムのHEXファイルを開発環境に書き込んでください。

- **RadioEvalApp**: ATコマンド動作RF評価プログラム

格納ディレクトリ: samples¥project¥e2studio7¥rl78g14fpb\_sx126x¥RadioEvalApp¥DefaultBuild¥

– RadioEvalApp.mot Windows GUIアプリケーション“Renesas LPWA Studio”とともに使用

- samples¥tools¥RLStduioのsetup.exeをクリックして、Renesas LPWA Studio をインストールをしてください。

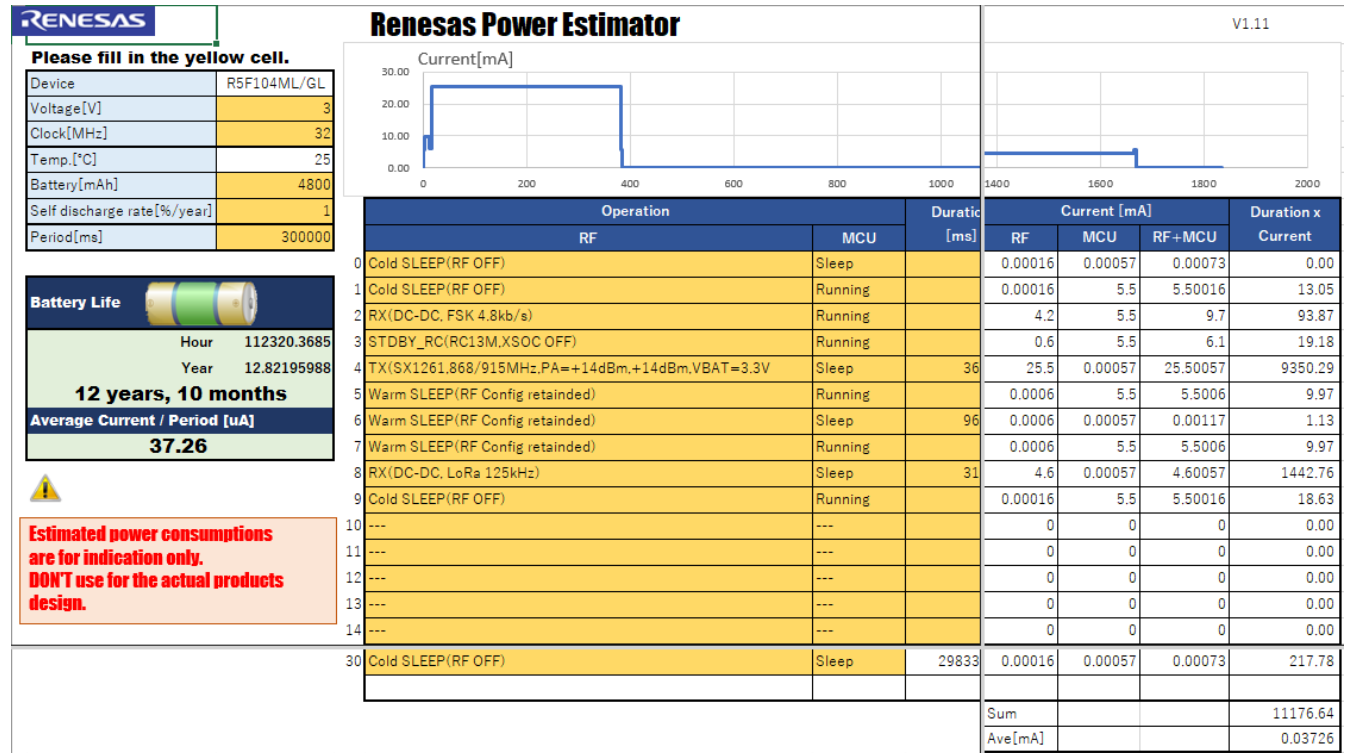
- 下記のマニュアルに参照して実行してください

[Renesas LPWA Studio \(R30UZ0095\)](#) RF評価プログラムのWindows GUIアプリケーション“Renesas LPWA Studio”

# 消費電力の見積もり

Excelで消費電力を見積もりできます。

- 下記にあるExcelを実行してください。  
samples¥tools¥RPEstimator
- 下記パラメータを設定
  - マイコンの動作周波数
  - 電池のパラメータ設定
  - RFとMCUの動作パターンを選択
  - 各パターンの期間を設定
- 電池の持ち時間が見積もれます。基板の条件でも異なる場合がありますので、評価時に実測を行ってください。



# その他

# LoRaWAN®応用のアプリケーションノート

---

LoRaWAN®応用のアプリケーションノートを用意しています。

LoRaWAN®ネットワークを介してRL78 IoTノードからクラウド（Azure / AWS）に送信されるセンサデータを視覚化する方法を紹介するアプリケーションノート

- [LoRaWAN® IoT Demo LPWA IoT Solution with Cloud \(R11AN0412\)](#)

Bluetooth® Low Energy 通信で LoRaWAN® 通信に必要なパラメータの設定を行い、LoRaWAN® 通信でセンサデータを LoRaWAN® Gateway へ送信する応用例のアプリケーションノート

- [Bluetooth® Low Energy & LoRaWAN® Application \(R01AN5282\)](#)

---

Renesas.com

\* Semtech、LoRa<sup>®</sup>、および LoRaWAN<sup>®</sup> は、Semtech Corporation の登録商標です。