

LoRaWAN 開発テクニカルセミナー

-2017/09/01 & 08-

Ver2.0

株式会社Braverige

小橋泰成/CTO/KTO

- 主催：福岡ソフトリサーチパーク
- 運営：NPO法人 QUEST
- 協賛団体：福岡市/ 西日本電信電話(株)/ (株)エヌ・ティ・ティ ネット
- 協力企業：セムテック・ジャパン(合)/ (株)マクニカ

本セミナーの主旨

- ・LPWA技術で最も有力とされるLoRaWANの技術的情報を整理し、各ユーザー様が深い知識を元に開発を進められる事を目標とします。
- ・IoT機器というカテゴリが成長するためには必要な技術知識を公開し、より性能の高い機器開発を目指す。
- ・IoT機器の性能の最大化を目的とし、噂や伝聞に惑わされることなく開発の効率を上げます。
- ・Fukuoka City LoRaWANへ、各社の参入と実証実験と実運用を容易にします。

【第一部】

- ①LoRaWAN導入に於ける知識
- ②920MHz帯(サブギガ帯)の知識
- ③LoRaWANを理解するのに必要な技術情報の解説
- ④LoRaWAN通信のPHY構造の理解
- ⑤LoRaWAN通信のクラスとペイロード
- ⑥LoRaWAN組込開発のAPI解説

【第二部】RFモジュールを使いこなす！

- ①ANTENNAとは?
- ②実際のANTENNA周りを設計する手法
- ③RFモジュールとMCUモジュール

【第三部】IoTハードウェア設計の重要ポイント

【第四部】IoT設計に必要な知識とデバイス

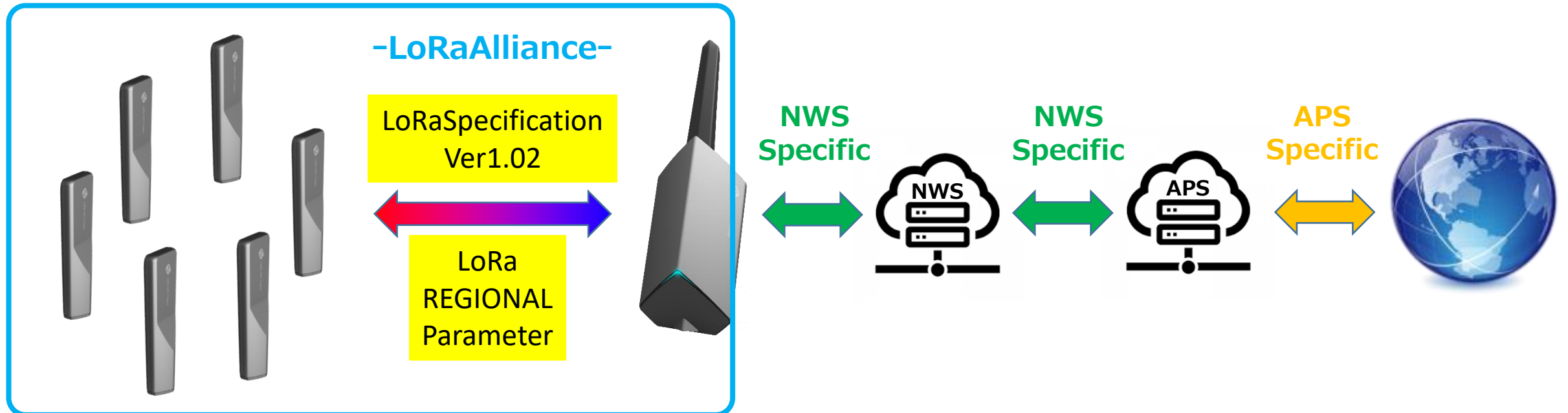
LoRaとは？

- Long Range変調方式の略で、LoRa変調と呼ばれます。
変調とは、FM変調・AM変調・FSK変調・などの1つです。
- 使用する周波数は、サブGHz帯です。1GHzの横なのでサブです。
国毎に使える周波数が異なります。

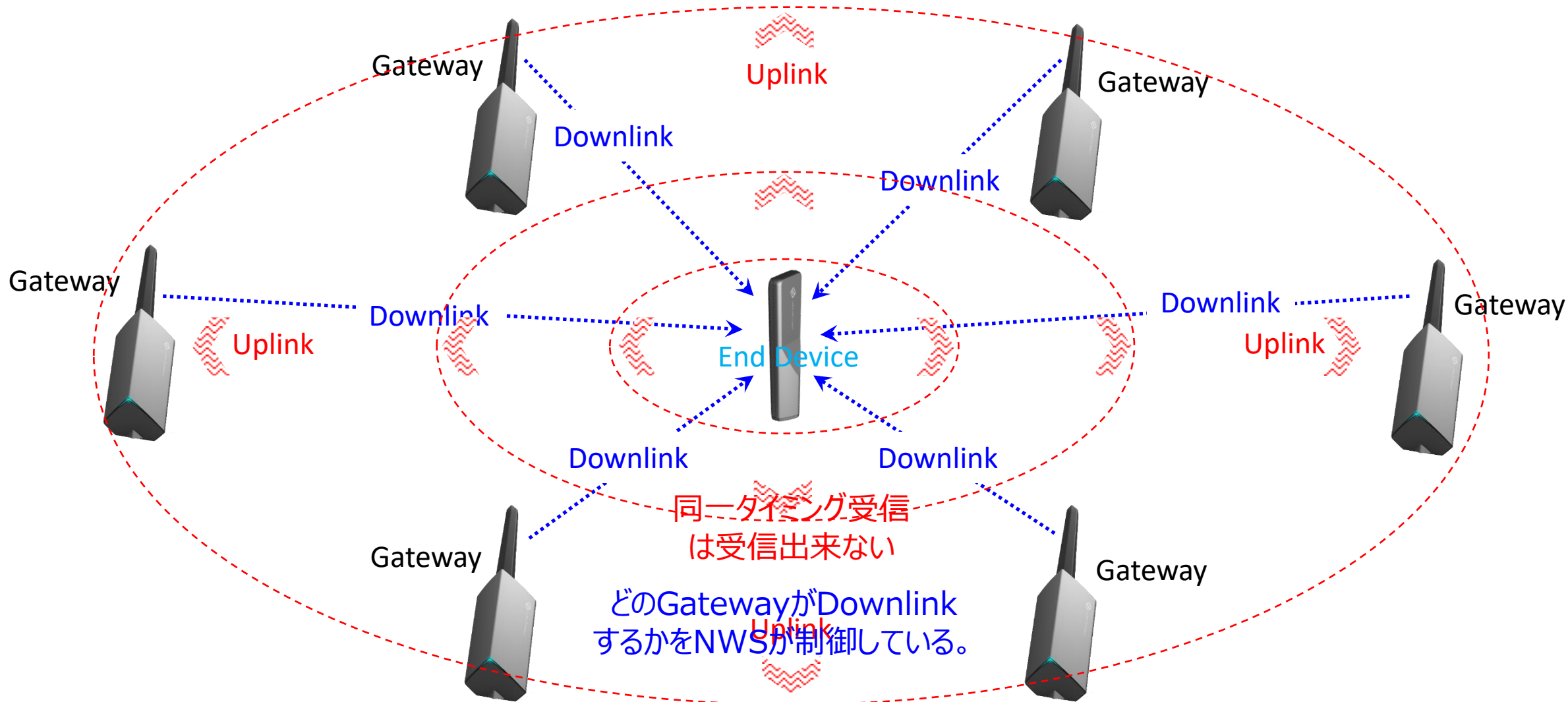
JP: 920MHz帯 / US: 915MHz帯 / EU: 868MHz帯

LoRaWANとは？

- EndDevice(子機)とGateway(中継機)でWANを組む取り決め
- LoRaAllianceがEndDevicie~Gateway間の通信方式を決めています。
- Gateway~Networkの取り決めは特にされてません。



何故Network Server(NWS)が必要なのか？



LoRaWANで使用する送信周波数帯域

日本電波法	特定小電力	簡易無線局
使用周波数帯域	920.6 ~ 928.0MHz	920.6 ~ 923.4MHz
チャンネル帯域		
チャンネル	38ch	15ch
占有帯域	125kHz	125kHz
最大送信電力	≦+13dBm (20mW)	≦+24dBm (250mW)
連続送信可能時間	≦4sec/≦400mS	≦4sec/≦400mS
キャリアセンス規定(LBT)	有り	有り
電波法申請	ATD-108	ATD-108
法律上の使用申請	不要	申請書が必要
Aチャンネル		
仕様可否	ネットワーク事業で使用可	ネットワーク事業で使用不可(2017Q2現在)
その他	Fukuoka City LoRaWAN/独自運用可能	独自運用可能

日本の電波帯域 (電波法 T-108)

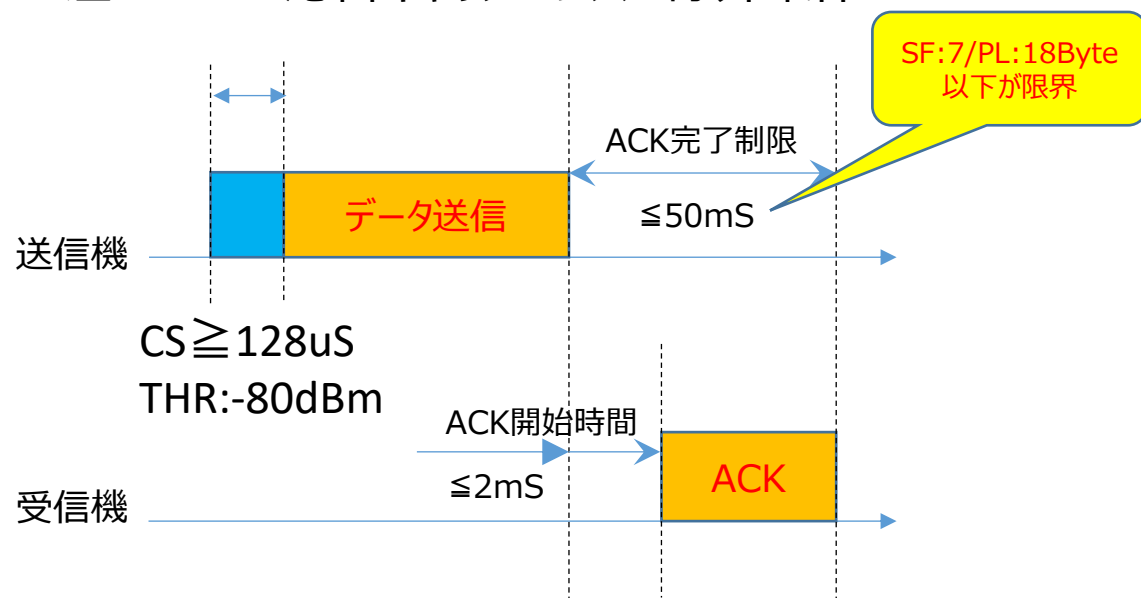
CH	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
中心周波数(MHz)	920.6	920.8	921.0	921.2	921.4	921.6	921.8	922.0	922.2	922.4	922.6	922.8	923.0	923.2	923.4	923.6	923.8	924.0	924.2	924.4	924.6	924.8	925.0	925.2	925.4	925.6	925.8	926.0	926.2	926.4	926.6	926.8	927.0	927.2	927.4	927.6	927.8	928.0
簡易無線局 (≦250mW =+24dBm) ※空中線利得：≦3dBi ※周波数偏差： ≦±20ppm	・キャリアセンス：≧5mS ※除外条件無し ・送信時間制限：≦4sec ・休止時間：50mS ・Duty制限：無し								・キャリアセンス： ≧128uS ※注1 ・送信時間(Ttx)制限： 6mS~≦200mS ・休止時間：2.0mS ・総送信時間/H： ≦360sec(10%)																													
									・キャリアセンス： ≧128uS ※注1 ・送信時間(Ttx)制限： 200mS~≦400mS ・休止時間：10 x Ttx ・総送信時間/H： ≦360sec(10%)																													
特定小電力無線局 (≦20mW =+13dBm) ※空中線利得：≦3dBi ※周波数偏差： ≦±20ppm	・キャリアセンス：≧5mS ※除外条件無し ・送信時間制限：≦4sec ・休止時間：50mS ・総送信時間/H：無し																・キャリアセンス：≧128uS ※注1 ・送信時間(Ttx)制限：6mS~≦200mS ・休止時間：2.0mS ・総送信時間/H：≦360sec(10%)																					
																	・キャリアセンス：≧128uS ※注1 ・送信時間(Ttx)制限：200mS~≦400mS ・休止時間：10 x Ttx ・総送信時間/H：≦360sec(10%)																					

NTTネオメイト仕様LoRaWANチャンネル

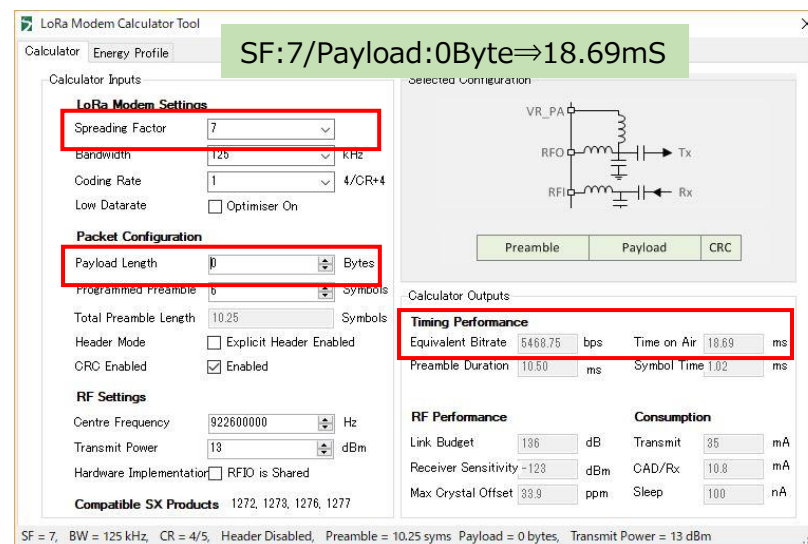
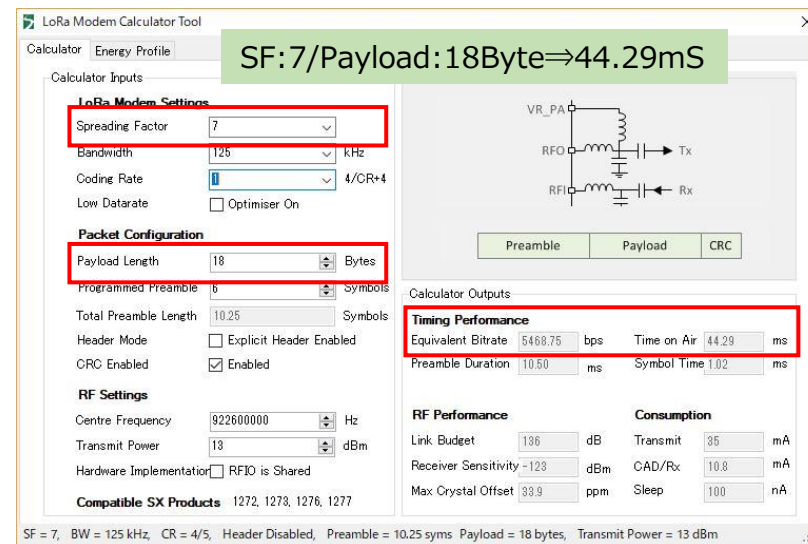
CH	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
中心周波数(MHz)	920.6	920.8	921.0	921.2	921.4	921.6	921.8	922.0	922.2	922.4	922.6	922.8	923.0	923.2	923.4
NTTネオメイトCH					(固) Rx2(SF9/DR3)	CH2	CH3	CH4	Ping	Beacon				Join1(DR2)/ABP(ChRe _q)	Join2(DR2)/ABP(ChRe _q)
設定					SF: 8~10				SF: 9	SF: 9				SF: 7~10	SF: 7~10
LoRaAlliance Regional Specification V1.02														(固) Default(SF10/DR2)	default/Beacon/Ping
特定小電力無線局 ($\leq 20\text{mW} = +13\text{dBm}$) ※空中線利得： $\leq 3\text{dBi}$ ※周波数偏差： $\leq \pm 20\text{ppm}$	<ul style="list-style-type: none"> ・キャリアセンス：$\geq 5\text{mS}$ ※除外条件無し ・送信時間制限：$\leq 4\text{sec}$ ・休止時間：50mS ・総送信時間/H：無し 														

キャリアセンス除外条件

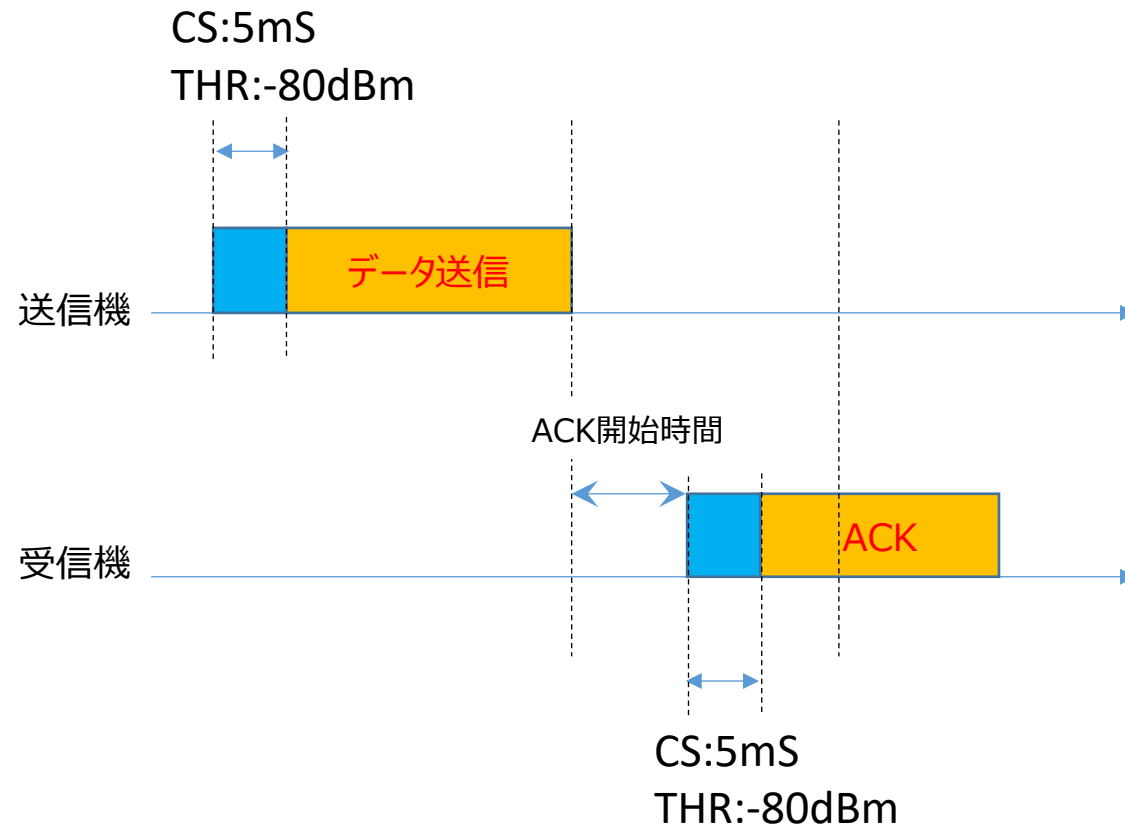
※注1：ACK応答キャリアセンスの除外条件



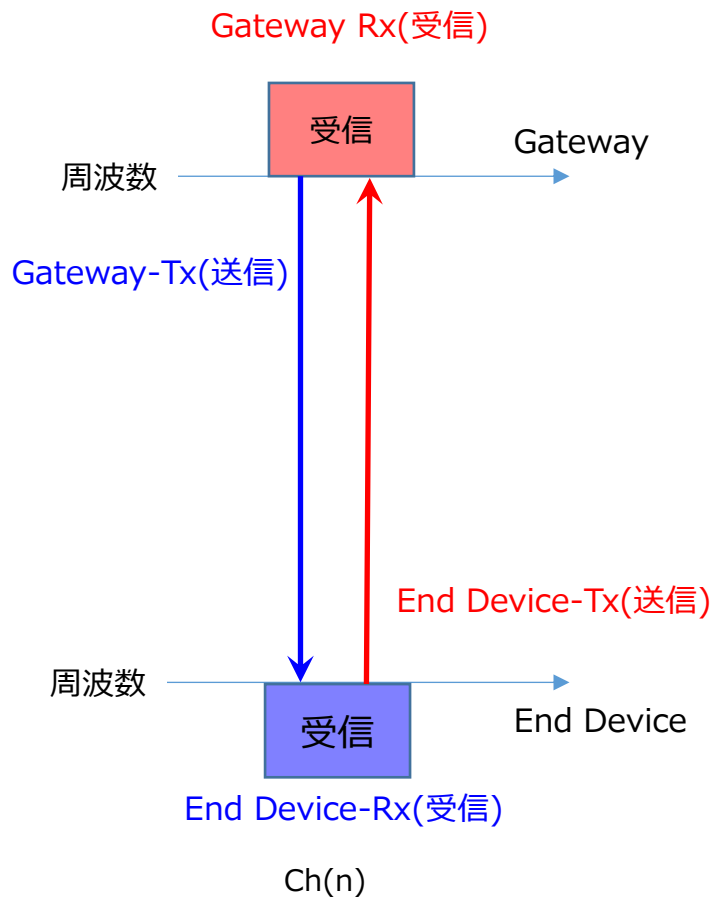
SF7/PL:18Byte以下のACKでないとキャリアセンスは必須
⇒現実的では無いので、キャリアセンスを行う。



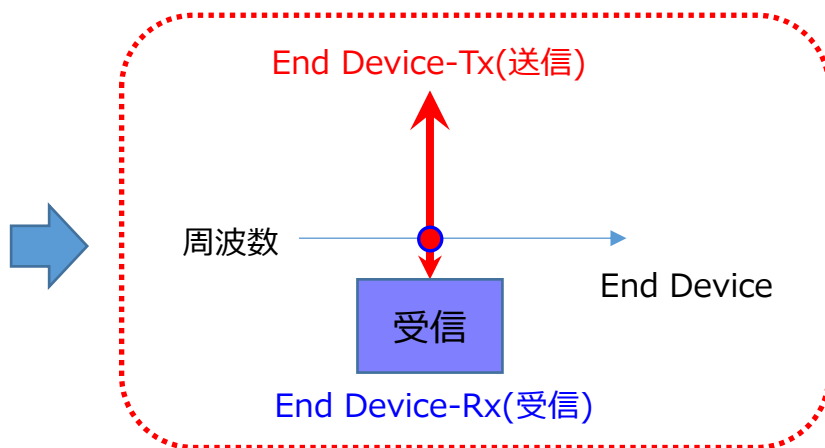
キャリアセンス条件



送信周波数と受信周波数が同じ



1本のアンテナからTx送信し、同時に相手からTxをRx受信する
⇒自分のTx送信が、自分のRxにも入力されます。
⇒壊れます。Gateway側も同様です。

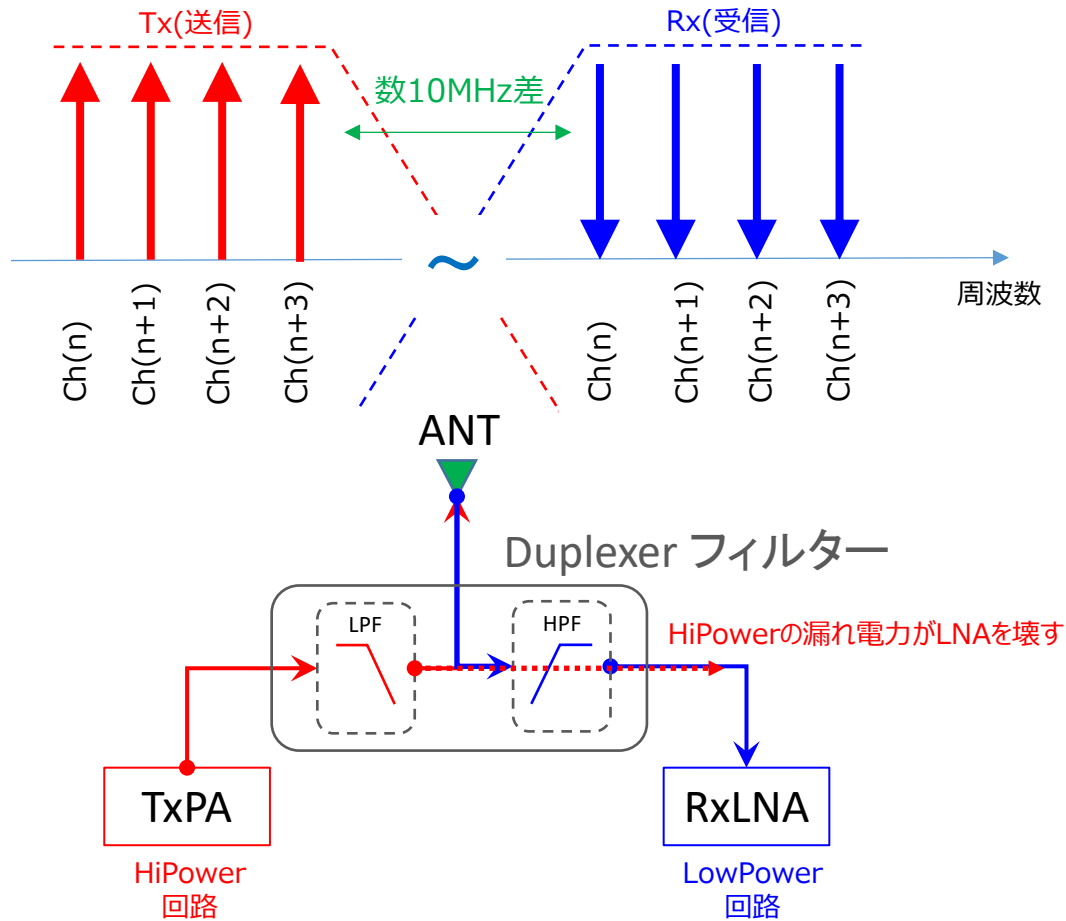


有限な電波の有効利用
する視点ではアリ！

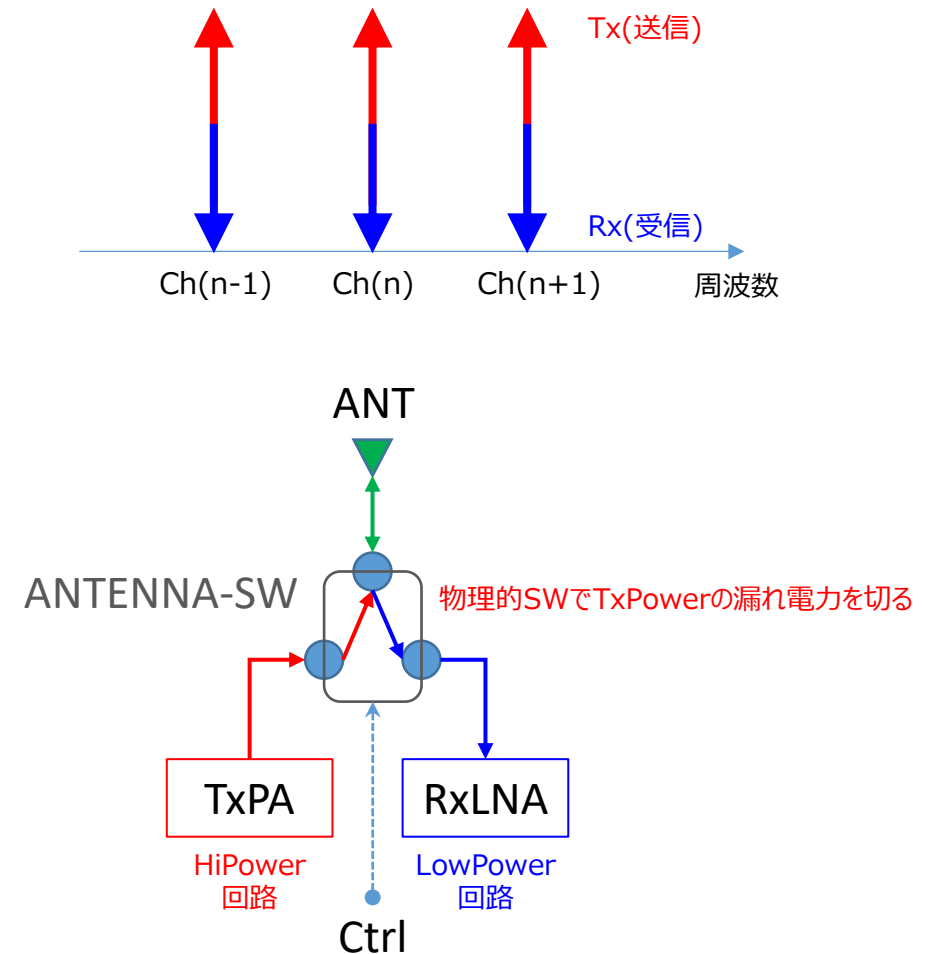
送信・受信のCHを変えても同じです。

半二重通信と全二重通信について

全二重方式
(送受信CHが別れている)

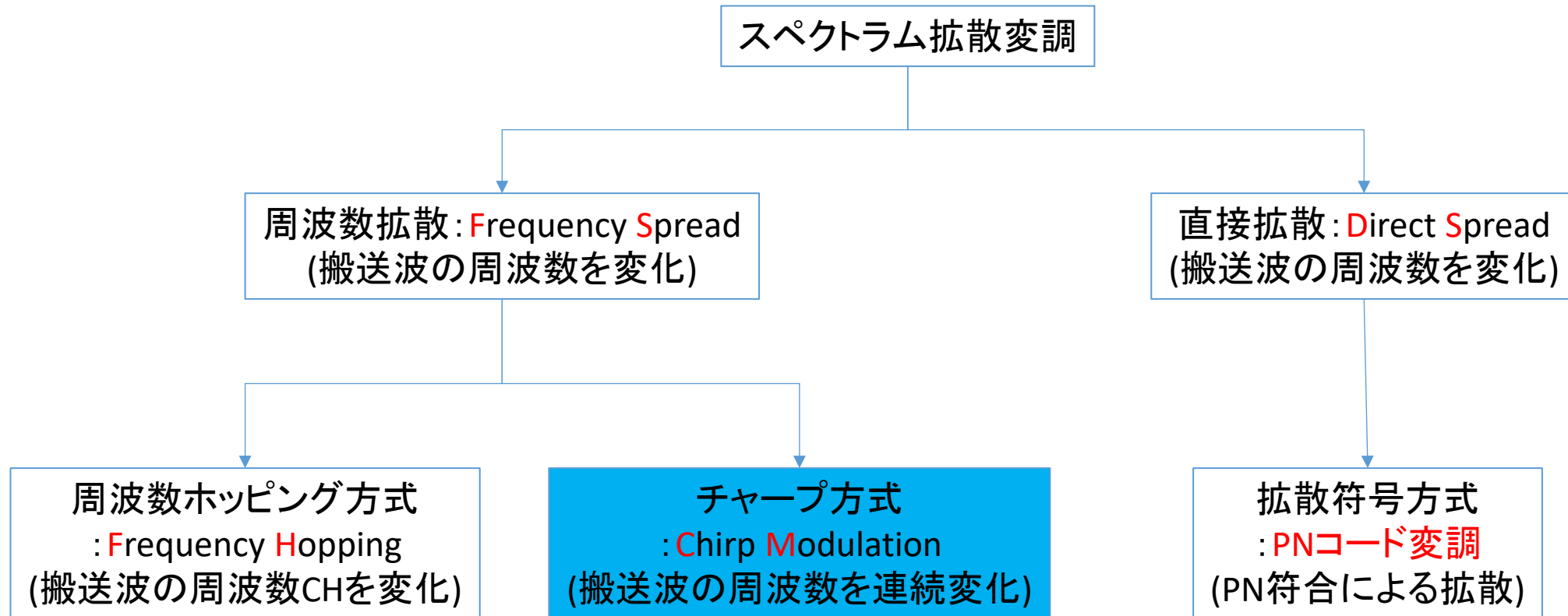


半二重方式
(送受信CHが同一)



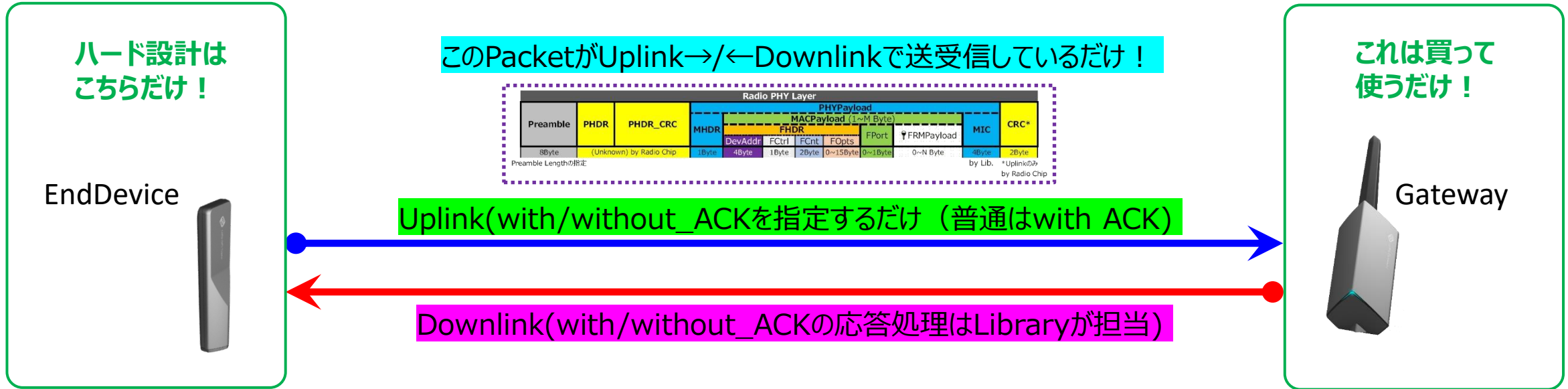
LoRaWAN変調で出てくるSF(SpreadFactor)とは？

LoRa変調では、チャープ型スペクトラム拡散方式が使われています。



まあ、そんなもんか～！と覚えておくだけで良いです！詳しく調べる必要も無い。

LoRaWANの通信とは？



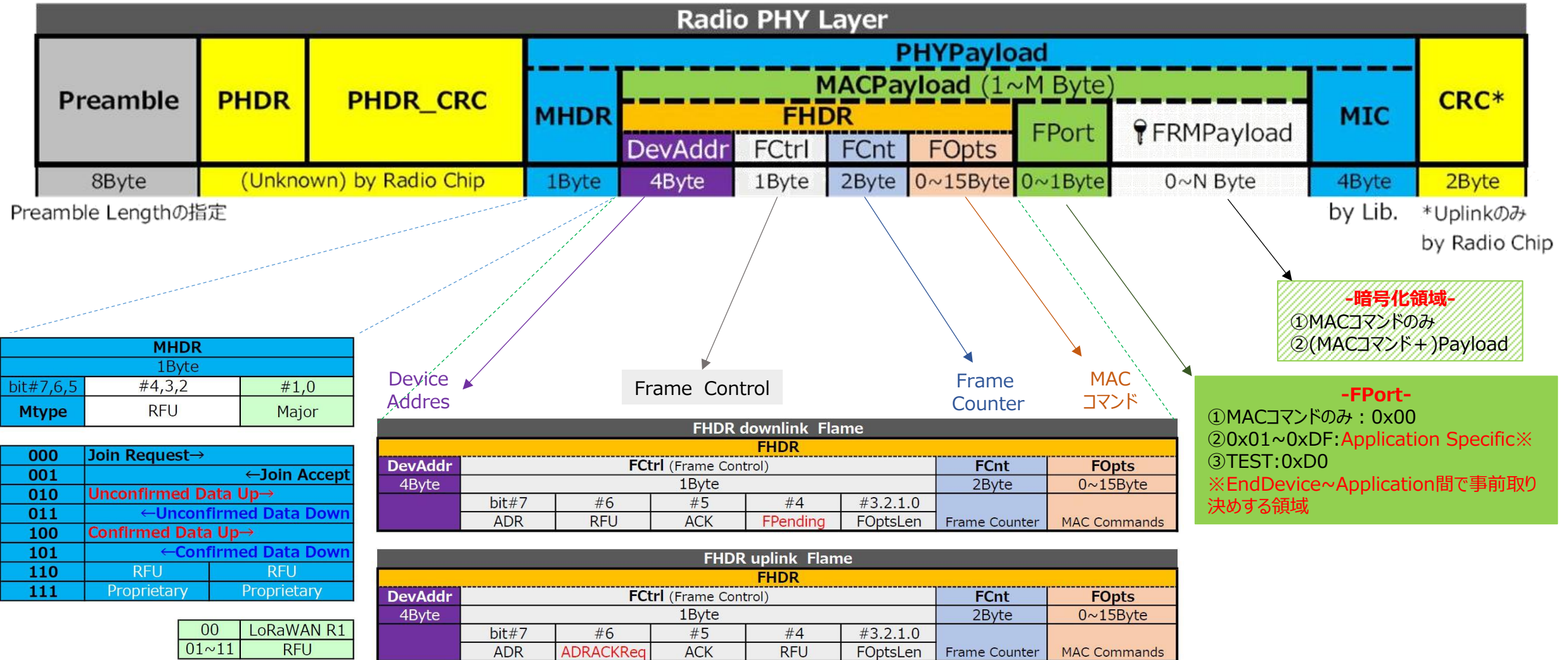
通信のシーケンスに三種類有ります。

Class-A : 基本のUp/Down通信方式 (以下B/Cもコレで始まる)

Class-B : Beacon同期したDownlink通信(一般非推奨)

Class-C : 送受信を繰り返すUplink/Downlink通信(一般非推奨)

LoRa-Packet(Radio PHYレイヤー)構造



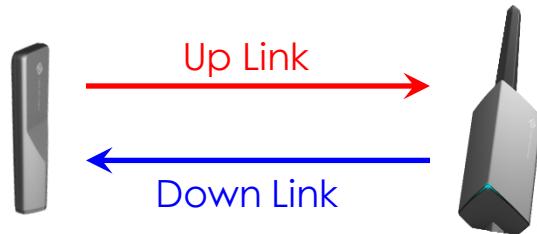
詳しく見ればこの様な通信をしているんだな~程度の理解でOKです

Mtype(Message Type)

LoRaの通常通信コマンドはUp Link/Down Link共通

LoRaの通常通信コマンドは2種類(ACK不要・要)と考えて良い

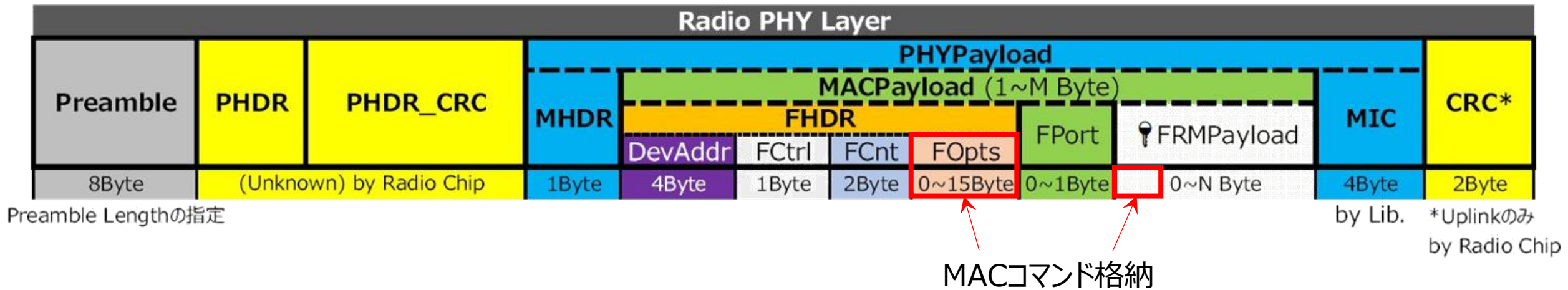
※BLEの様にダイナミックなコマンドはない。



*PHY Payload ¥MHD/Mtype

Mtype	Description (Up Link/Down Link)	解説
	Up Link	
000xxxxx	Join Request	OTAAで使用
001xxxxx	Join Accept	OTAAで使用
010xxxxx	Unconfirmed Data Up	ACK
011xxxxx	Unconfirmed Data Down	ACK
100xxxxx	Confirmed Data Up	ACK要求
101xxxxx	Confirmed Data Down	ACK要求
110xxxxx	RFU	(Reserved)
111xxxxx	Proprietary	User拡張用途

LoRaWANで言われるMACコマンドとは？

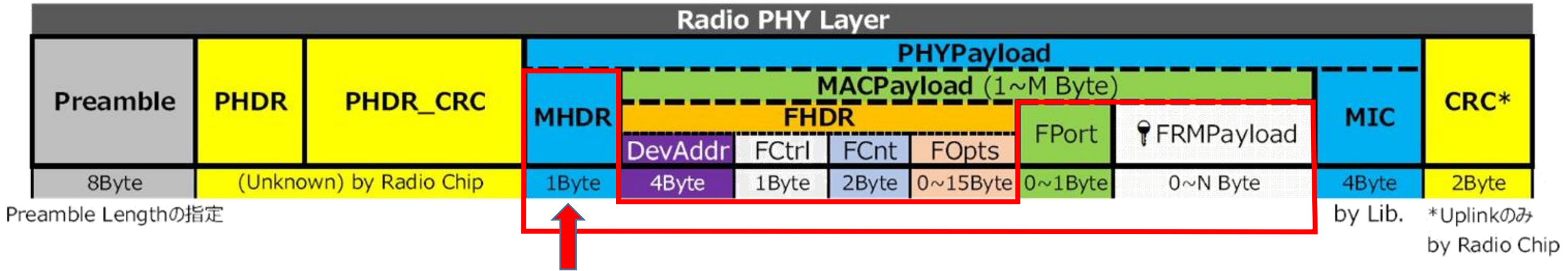


MACコマンドはNWSとエンドデバイスLibrary間によって制御されるコマンド
ここで交換されるコマンドとデータ内容はNWSとエンドデバイスLibrary間でのみ扱われます。

「MACコマンド」は、エンドデバイスのアプリケーション・アプリケーションサーバー・アプリケーションには見えません

アプリケーション側は、「知らなくてよい」

Applicationユーザーが使用する領域は？



MHDR(Mtype)とFRMPayloadのみを制御すれば良い

FRMPayload長とDR(SF)と送信時間長(DwellTime)の関係は知っておかないといけない。

LoRaWAN_ネットワークの基本Joinシステム (Ver1.02)

① LoRaWANネットワークにJoinする為のKEY

End-Deviceメーカーが取得→

DevEUI[8Byte]

AppEUI[8Byte]

AppKey[16Byte]

←Applicationメーカーが取得

←Applicationメーカーが決める



OTAA

② LoRaWANネットワークで通信する際のKEY交換

DevAddr[4Byte]

AppsKey[16Byte]

NwkSKey[16Byte]

→NWSが割当てる、UniqueなID

→MACコマンド+PayloadのKEY (Fport: 0x01~0xDF)

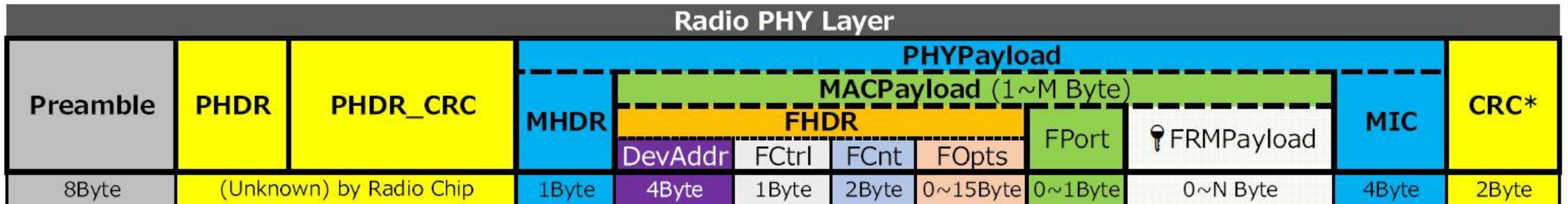
→MACコマンドだけのKEY (Fport : 0x00)



ABP

③ LoRaWANネットワークで通信

※Ver1.1では変わる様です



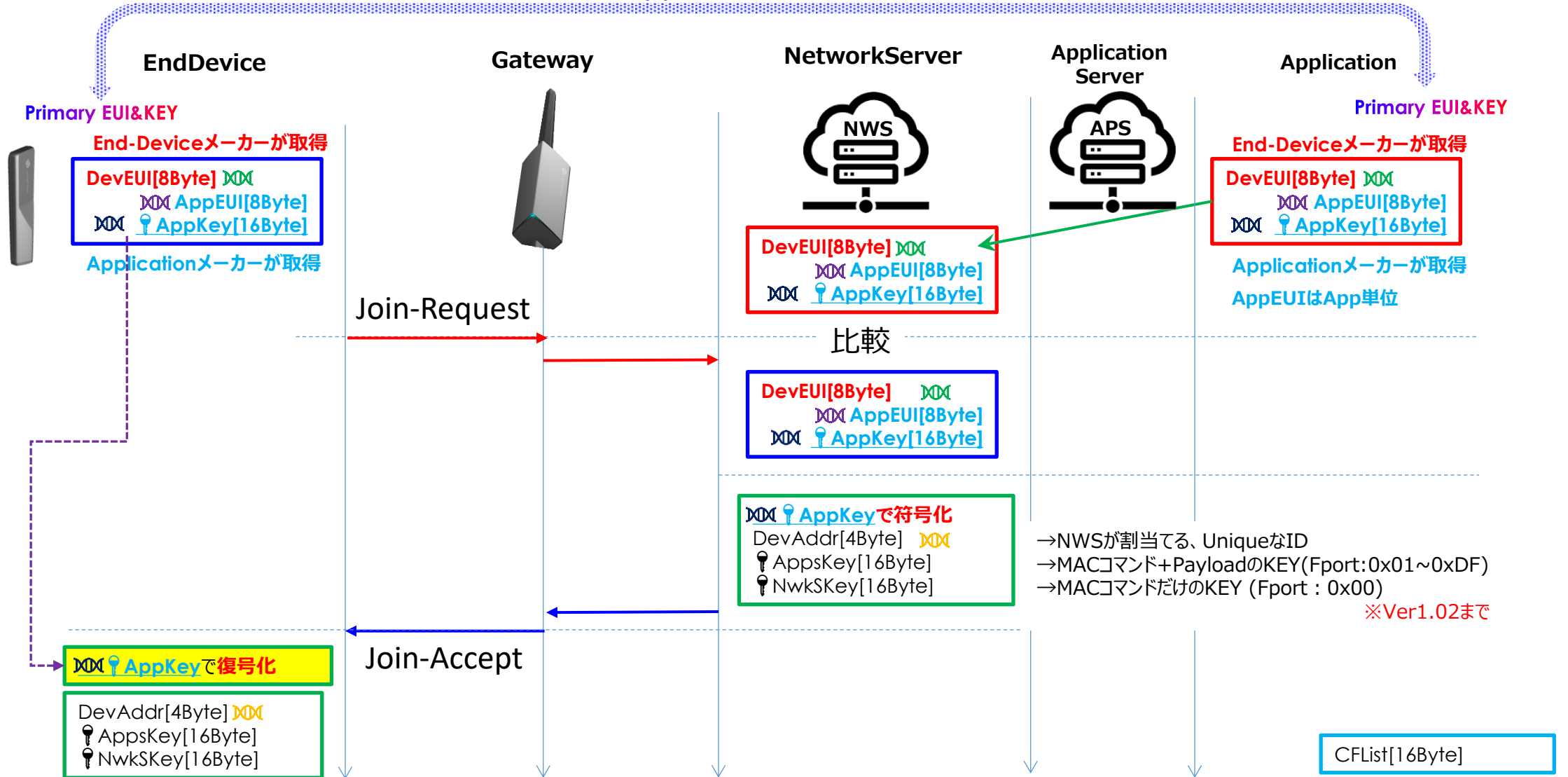
Preamble Lengthの指定

by Lib.

*Uplinkのみ
by Radio Chip

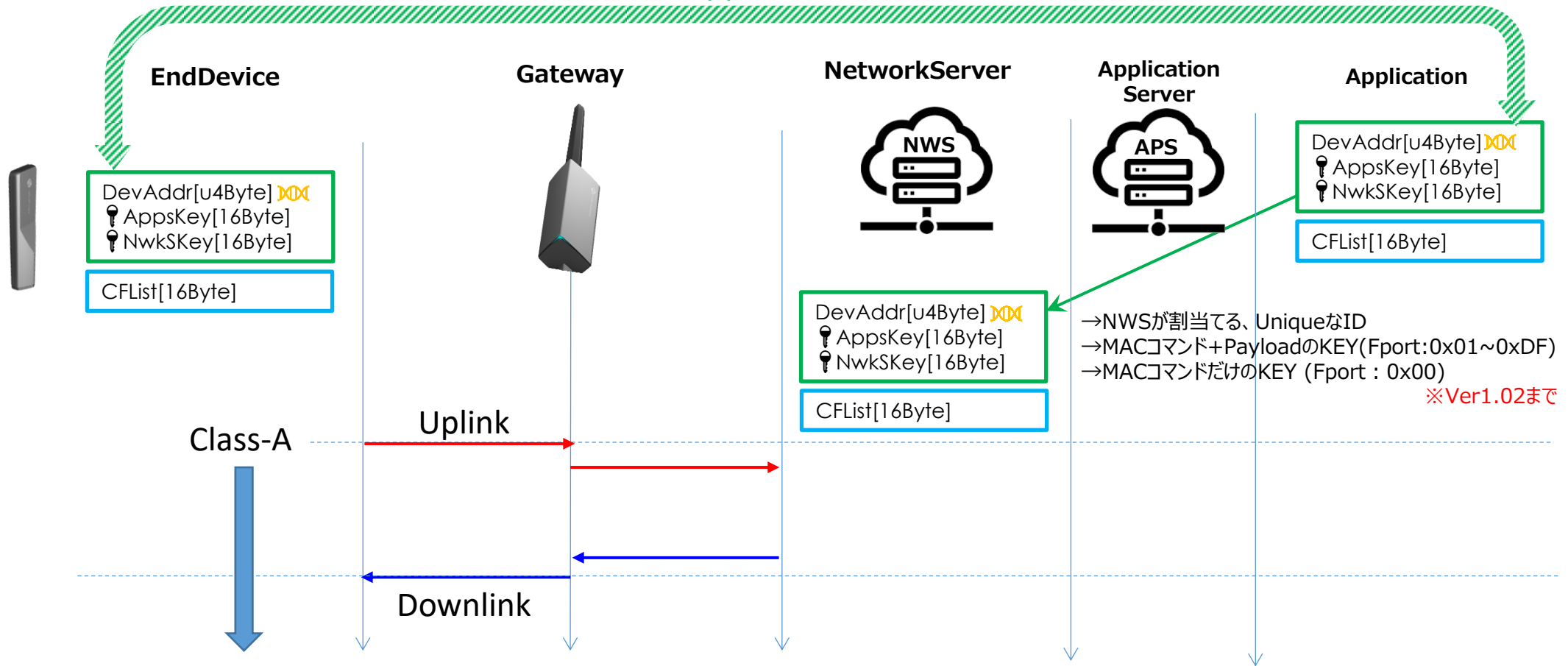
OTAA(Over the Air Activation)とは？ (Ver1.02)

End-DeviceとApplication間で事前に登録済み



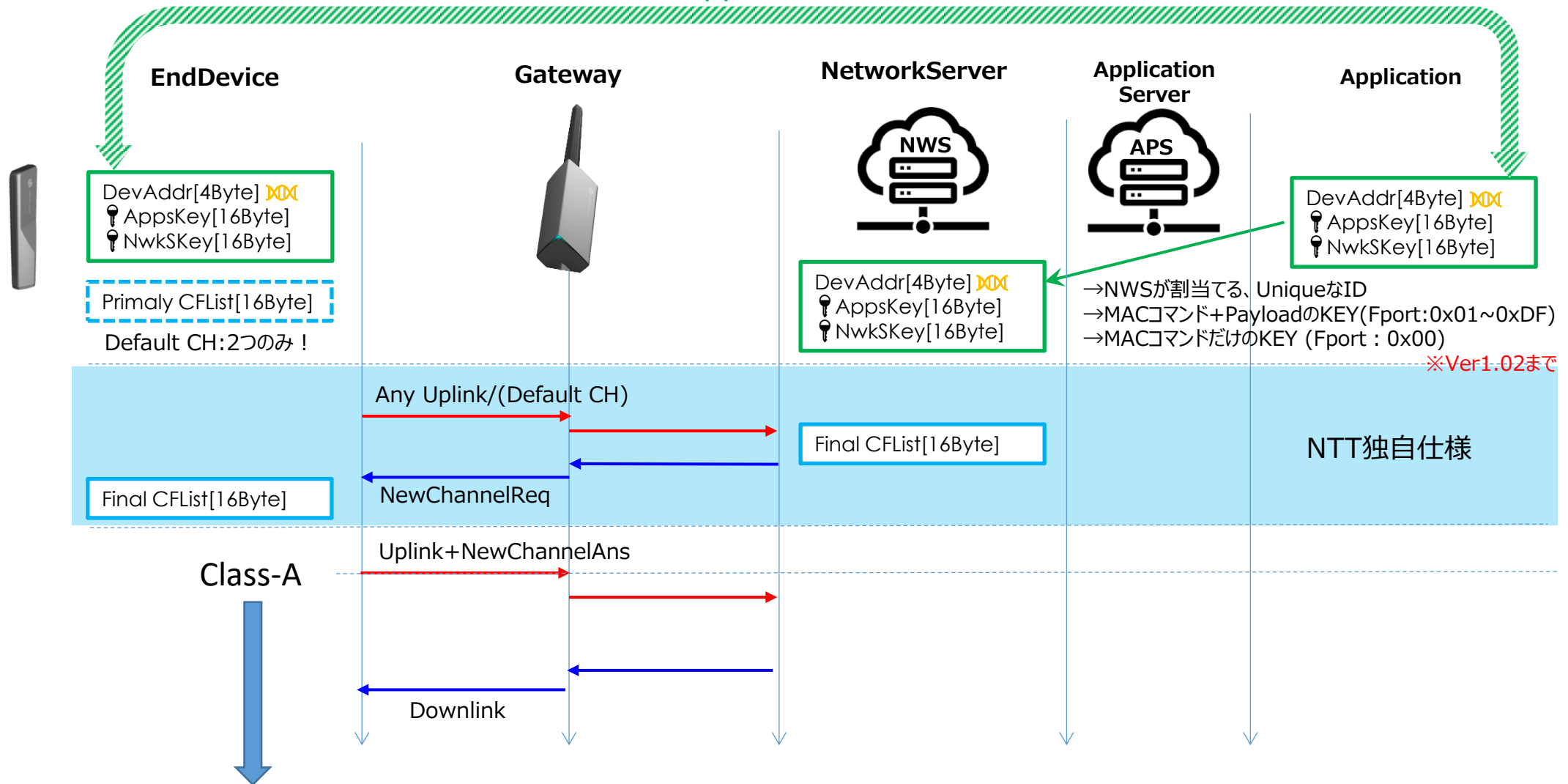
ABP(Activation By Personalize)とは？ (Ver1.02)

End-DeviceとApplication間で事前に登録済み

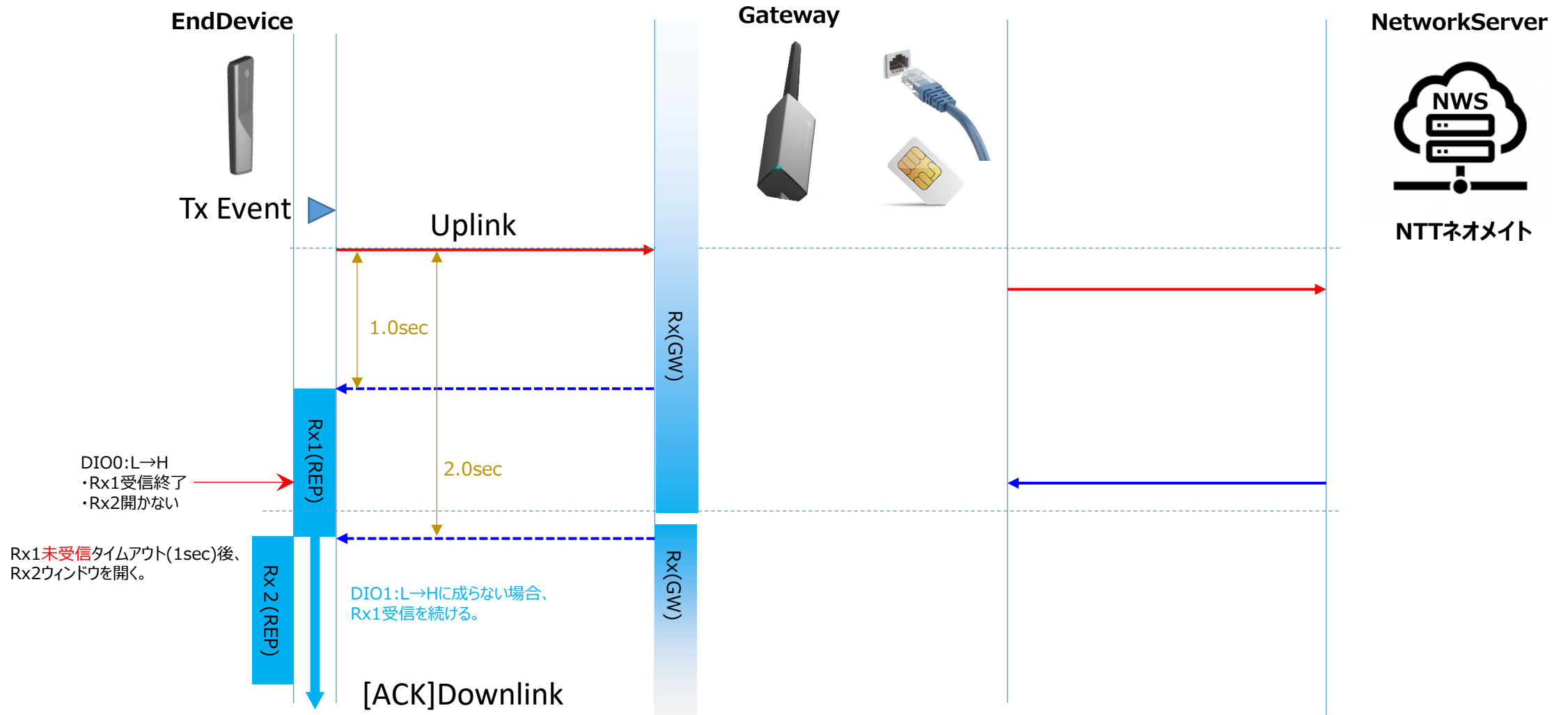


FukuokaCity LoRaWANにおいて、ABPを使う場合

End-DeviceとApplication間で事前に登録済み



Class-A (LoRaWANの基本通信)



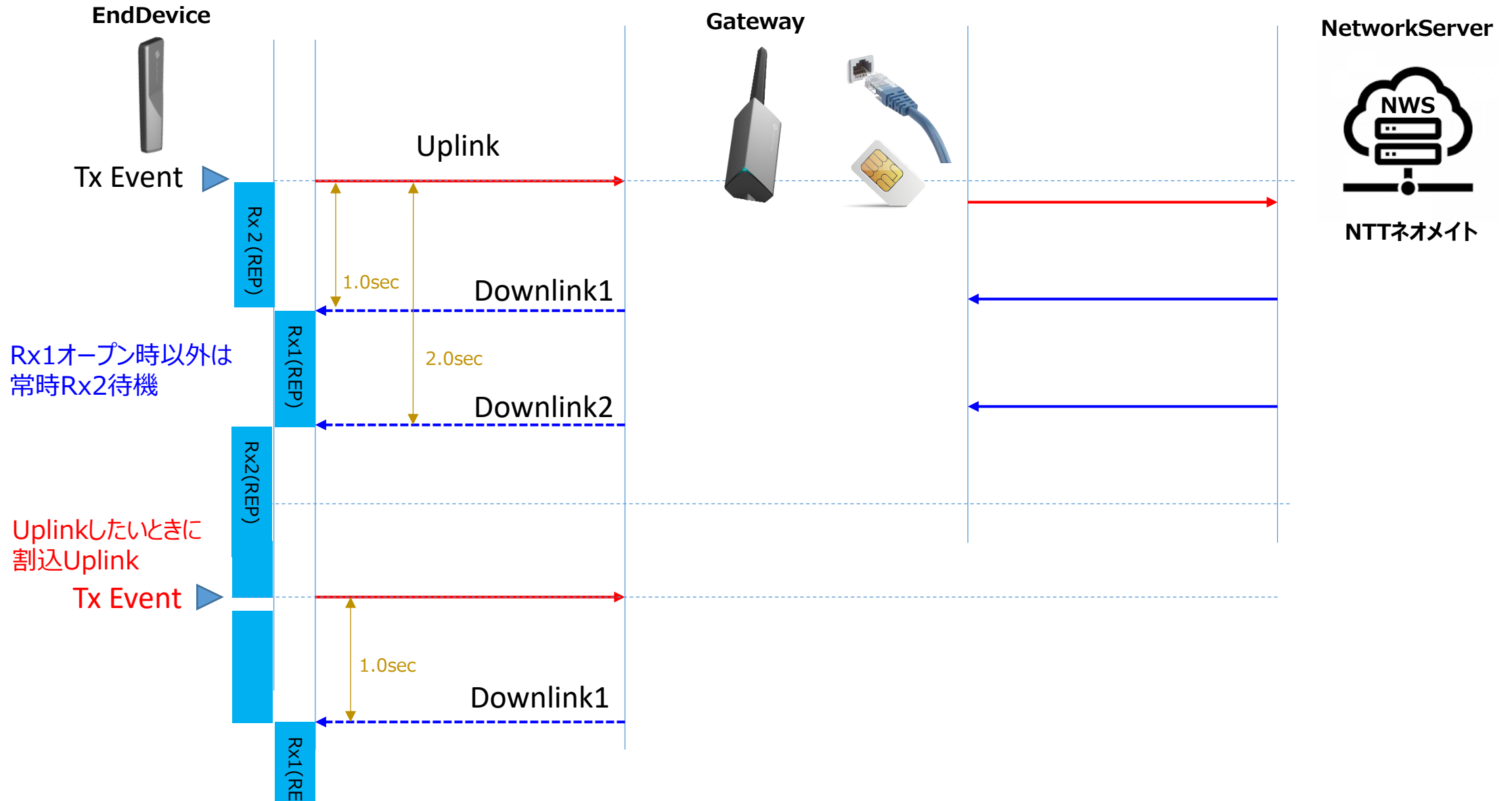
Class-B (LoRaWANの基本通信)



Class-B (補足：細かい所)



Class-C (LoRaWANの基本通信)



送信できるPayload長は？

LoRaWANではDwell Mode（実効送信時間）に2種類あります。これは、NWS側から要求されます。

LoRaWANで送受信できる実効ペイロード長リスト

DR	SF/BW	↑ Uplink MAC Payload Size(M)		↓ Downlink MAC Payload Size(M)		NWSが指定
		[↓TxParamSetup]Dwell Time設定		[↓TxParamSetup]Dwell Time設定		
		NoLimit	400mS	NoLimit	400mS	
		FHDR + Fport +FRMPayload [Byte]				
0	SF12/BW125kHz	59	Cannot(≥663.5mS)	59	Cannot(≥663.5mS)	
1	SF11/BW125kHz	59	Cannot(≥413.7mS)	59	Cannot(≥413.7mS)	
2	SF10/BW125kHz	59	19	59	19	NTTネオメイト推奨DR
3	SF9/BW125kHz	123	61	123	61	
4	SF8/BW125kHz	250	133	250	134	
5	SF7/BW125kHz	250	250	250	250	
6	SF7/BW250kHz	250	250	250	250	
7	FSK:50kbps	250	250	250	250	
8		RFU				
:		:				
15		RFU				

基本デフォルト

基本デフォルト

送信時間：SF12/BW125kHzで59Byte送信時：2.236秒 ⇒電波法上の4秒送信制限内

BLEでのデータペイロード必要例：

ADR(Adaptive Data Rate)

Libraryで制御するので気にしなくても良い。ただし、ADR:ONが基本

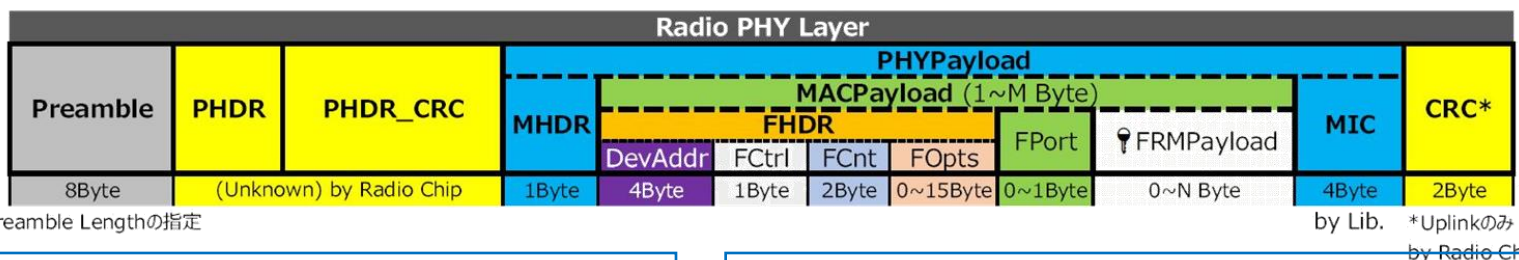
LoRaWANで送受信できる実効ペイロード長リスト

DR	SF/BW	↑ Uplink MAC Payload Size(M)		↓ Downlink MAC Payload Size(M)		NWSが指定
		[↓TxParamSetup]Dwell Time設定		[↓TxParamSetup]Dwell Time設定		
		NoLimit	400mS	NoLimit	400mS	
[FHDR]+[Fport]+FRMPayload [Byte]						
0	SF12/BW125kHz	59	Cannot(≥663.5mS)	59	Cannot(≥663.5mS)	
1	SF11/BW125kHz	59	Cannot(≥413.7mS)	59	Cannot(≥413.7mS)	
2	SF10/BW125kHz	59	19	59	19	
3	SF9/BW125kHz	123	61	123	61	NTTネオメイト推奨DR
4	SF8/BW125kHz	250	133	250	134	
5	SF7/BW125kHz	250	250	250	250	
6	SF7/BW250kHz	250	250	250	250	
7	FSK:50kbps	250	250	250	250	
8	RFU					
:	:					
15	RFU					

NWSで
通信確実性
を上げる方向



NWSで
なるべく下げる
事で、通信開放



FCnt

- ADR_ACK_Count: Uplinkしたのに無ACKの回数
- ADR_ACK_Limit: パラメータ①
- ADR_ACK_Delay: パラメータ②

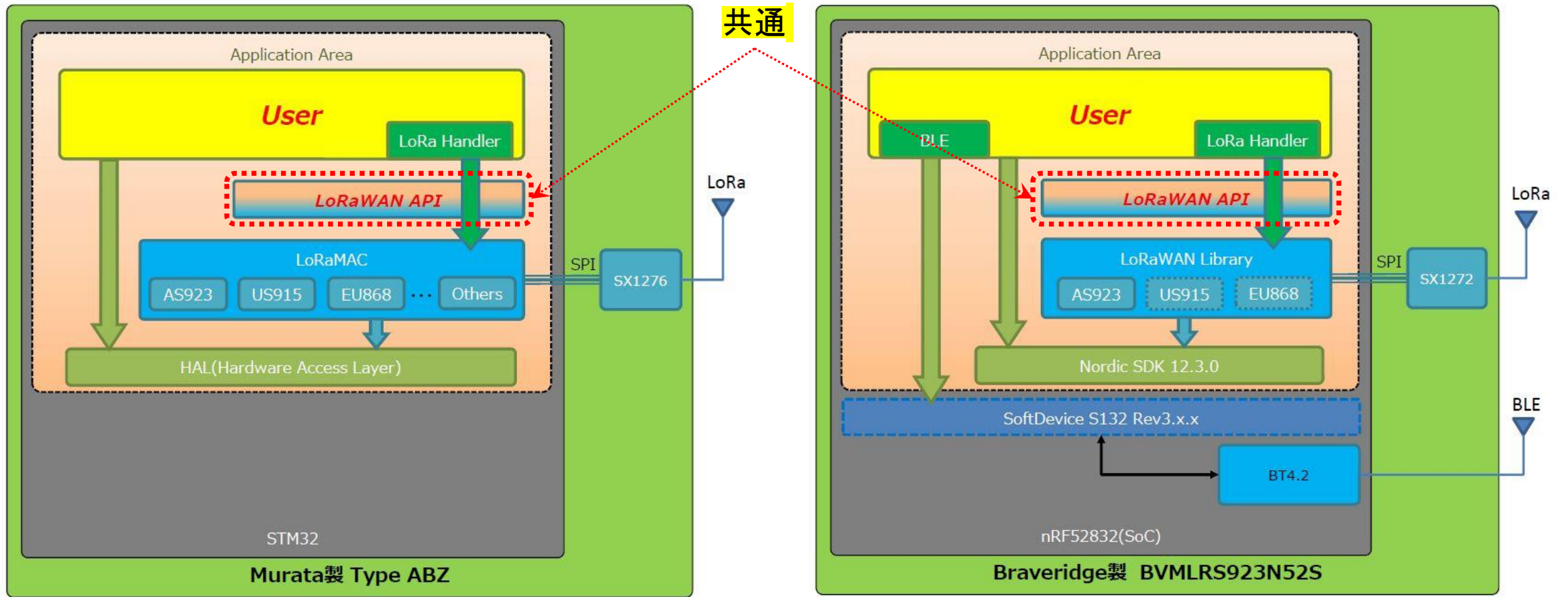
【条件】



【ACTION】

- REGIONAL PARAM資料に記載。運用で変える場合あり。
- ADR_ACK_Count ≥ ADR_ACK_Limit ⇒ ***
- ADR_ACK_Count ≥ ADR_ACK_Limit + ADR_ACK_DELAY ⇒ ****

Firmware開発



User ApplicationのFirmware開発①

■ LoRaWANライブラリ_API仕様

<<Uplink送信用関数>>

LoRaMacStatus_t LoRaMacMlmeRequest(MlmeReq_t *mlmeRequest);

Join Requestする際に使用します。

Callする際は、パラメータにDevEUI、AppEUI、AppKeyを指定します。

LoRaMacStatus_t LoRaMacMcpsRequest(McpsReq_t *mcpsRequest);

Uplinkする際に使用します。

送りたいFRMPayloadの生成と、Confirm/Unconfirmの指定、FPortの指定をします。

ADR OFFの時は送信するDatarateも指定します。

<<初期化用関数>>

LoRaMacStatus_t LoRaMacInitialization

(LoRaMacPrimitives_t *primitives, LoRaMacCallback_t *callbacks, LoRaMacRegion_t region);

Parameter details

LoRaMacPrimitives_t

MacMcpsConfirm

LoRaMacMcpsRequestに対するCallbackの登録

Class-AのUplink~Downlinkまでの一連の通信が完了した場合にCallbackされます

Unconfirm/Confirmのどちらの場合もCallbackされます

MacMcpsIndication

LoRaMacMcpsRequestに対するCallbackの登録

Rx1及びRx2において、Downlinkを受信した場合にCallbackされます。

MacMlmeConfirm

LoRaMacMlmeRequestに対するCallbackの登録

Join Request~Join Acceptが完了(Rx1/Rx2終了)すると、Callbackされます。

Joinの成功/失敗に関わらずCallbackされます。

User ApplicationのFirmware開発②

LoRaMacCallback_t

NULL固定。使用しません。

LoRaMacRegion_t

Regionを指定します。

今回のライブラリではAS923固定になります。

<<パラメータ設定用関数>>

```
LoRaMacStatus_t LoRaMacChannelAdd( uint8_t id, ChannelParams_t params );
```

```
LoRaMacStatus_t LoRaMacChannelRemove( uint8_t id );
```

LoRaのUplinkに使用するCHの追加・削除を行います。

```
LoRaMacStatus_t LoRaMacMibSetRequestConfirm( MibRequestConfirm_t *mibSet );
```

```
LoRaMacStatus_t LoRaMacMibGetRequestConfirm( MibRequestConfirm_t *mibGet );
```

LoRaMACで使用しているパラメータのset、get用の関数です。

※パラメータの詳細はLoRaMac.hを参照してください。30個程度のパラメータになります。

<<チェック関数>>

```
LoRaMacStatus_t LoRaMacQueryTxPossible( uint8_t size, LoRaMacTxInfo_t* txInfo );
```

送信したいフレーム長が送信可能かどうかを、送信前にLoRaMAC(ライブラリ)へ問い合わせます。

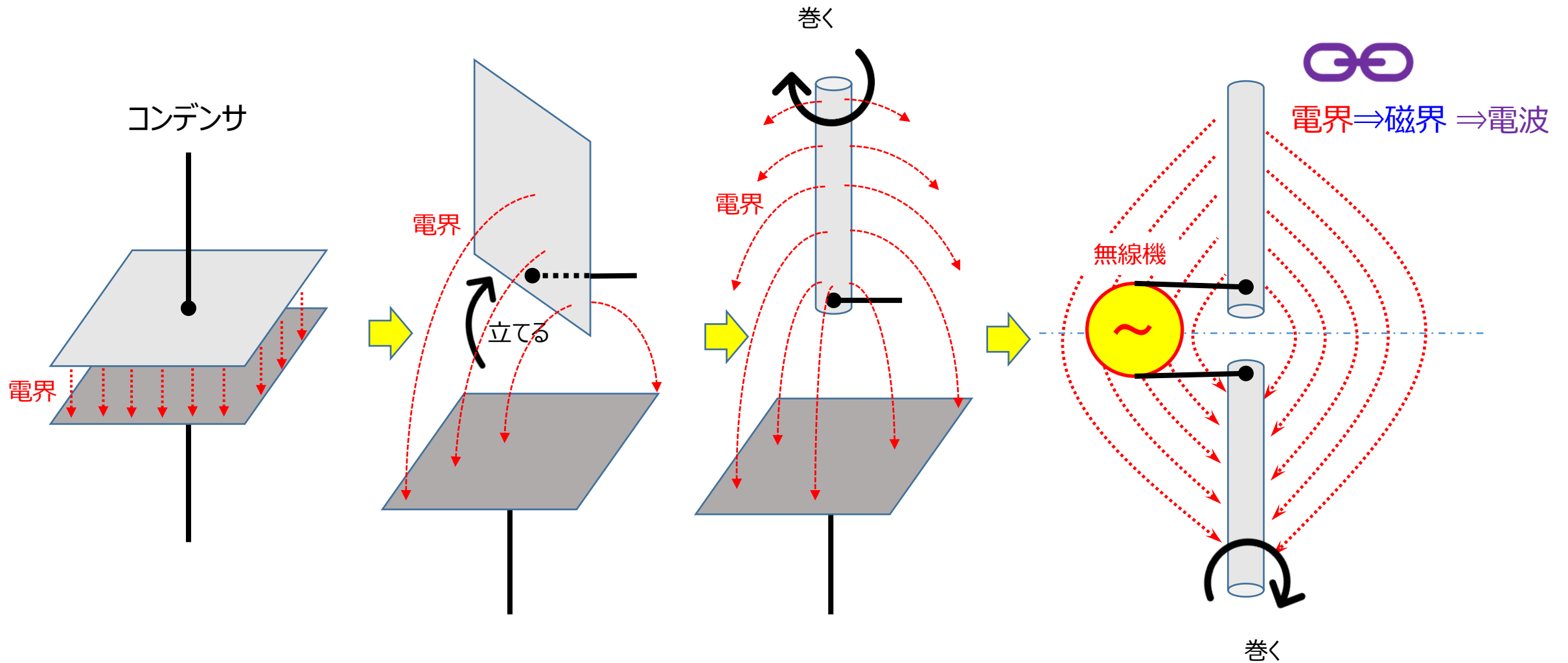
スケジュールされたMACコマンドを考慮し、送信可能かどうかを返答します。

OKの場合は、送信の関数をCallします。

NGと判定された場合は、NACKが返ります。

LoRaWANモジュールを使いこなす！

ANTENNA(ダイポールアンテナ)って何でしょう？



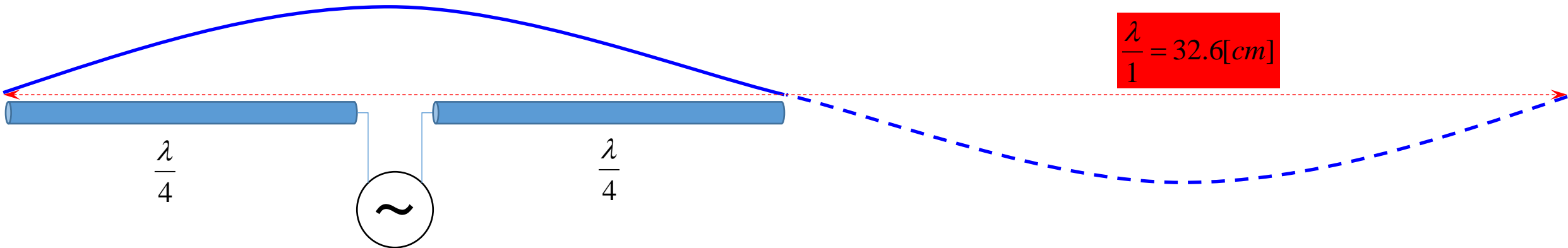
周波数と波長を復習します。

電磁波の速度 (=光の速度)

$$\lambda[m] = \frac{v[m/s]}{f[Hz]} = \frac{300,000[km/s]}{920[MHz]} = \frac{300[Mm/s]}{920[MHz]} = \frac{300}{920} = 0.326[m] = 32.6[cm] \leftarrow 1\text{波長}\lambda\text{の長さ}$$

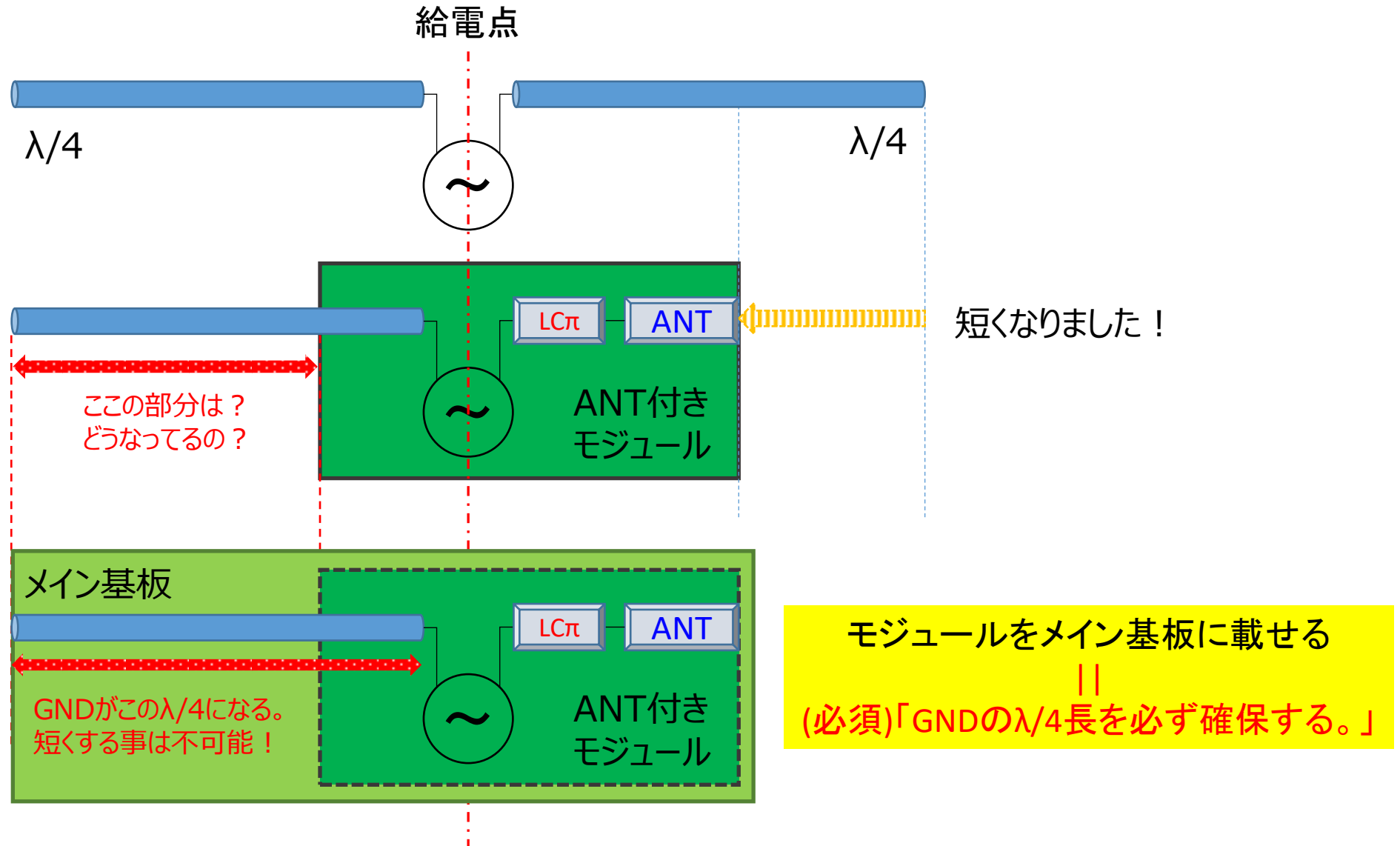
$$\frac{\lambda}{4} = \frac{32.6[cm]}{4} = 8.1[cm] \leftarrow \lambda/4\text{が、必要なアンテナの長さの指標。『四分のラムダ』として覚えます。}$$

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{32.6[cm]}{2} = 16.2[cm] \rightarrow \text{丁度よい1次共振点 (長縄跳びを回すイメージを考えると)}$$



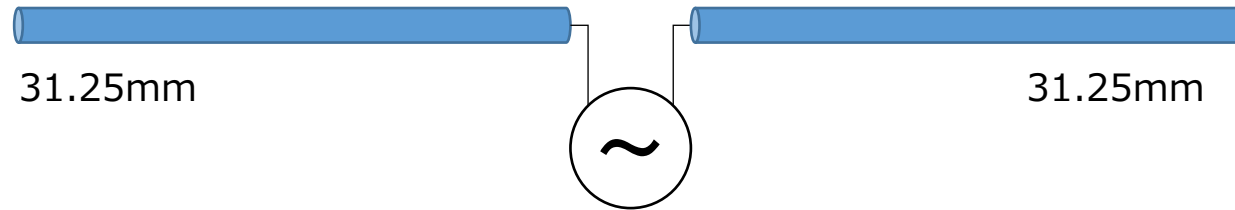
フロントエンド(送信・受信)

実用的アンテナへ変更する流れ



では、巷の設計を覗いてみます。(2.4GHz-BLEの例)

$$2.4GHzの波長(\lambda) = 125mm \quad \frac{\lambda}{2} = 62.5mm \quad \frac{\lambda}{4} = 31.25mm$$



巷のBeacon類

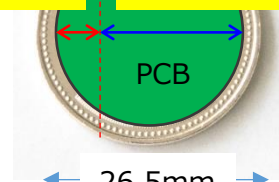


26.5mm

← 24.0mm →

せめて5mmの
ANT領域確保

残り19mmの
GND領域残



26.5mm

GND長 = $\lambda/4 = 31.25mm$ でしたよね？

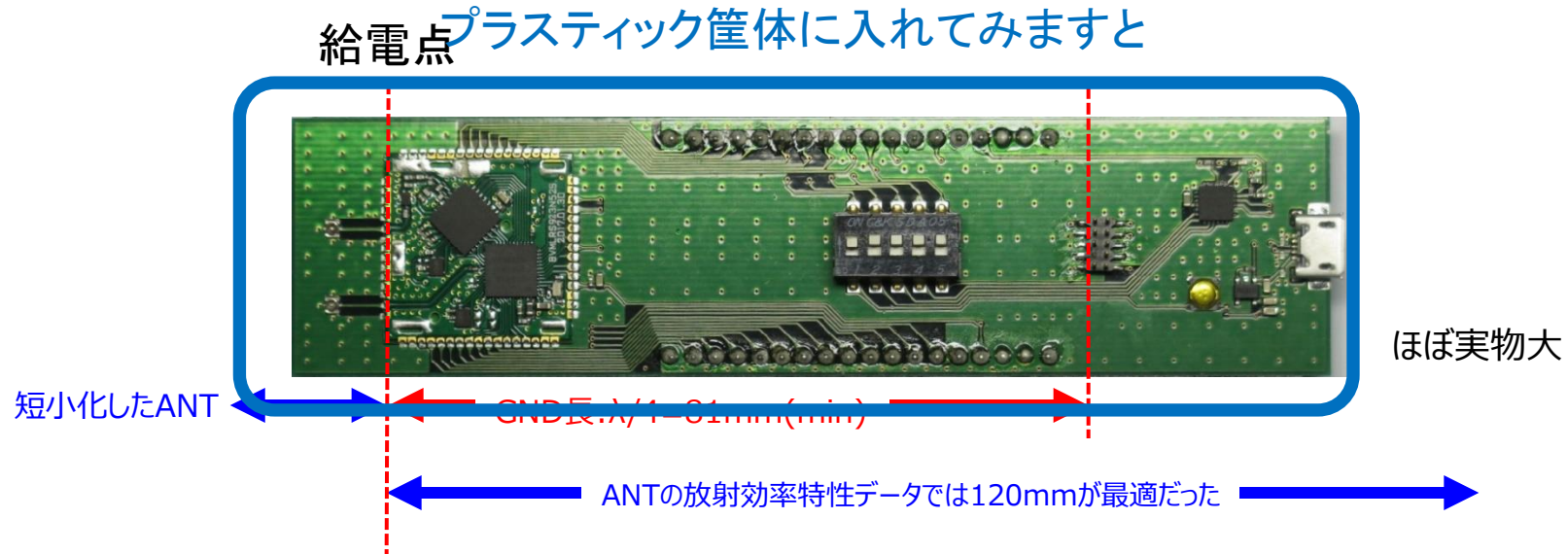


マトモには飛ばない



しかも、アンテナの真下にボタン電池 orz..

実際のサイズ感を確認してみます(920MHzの例)

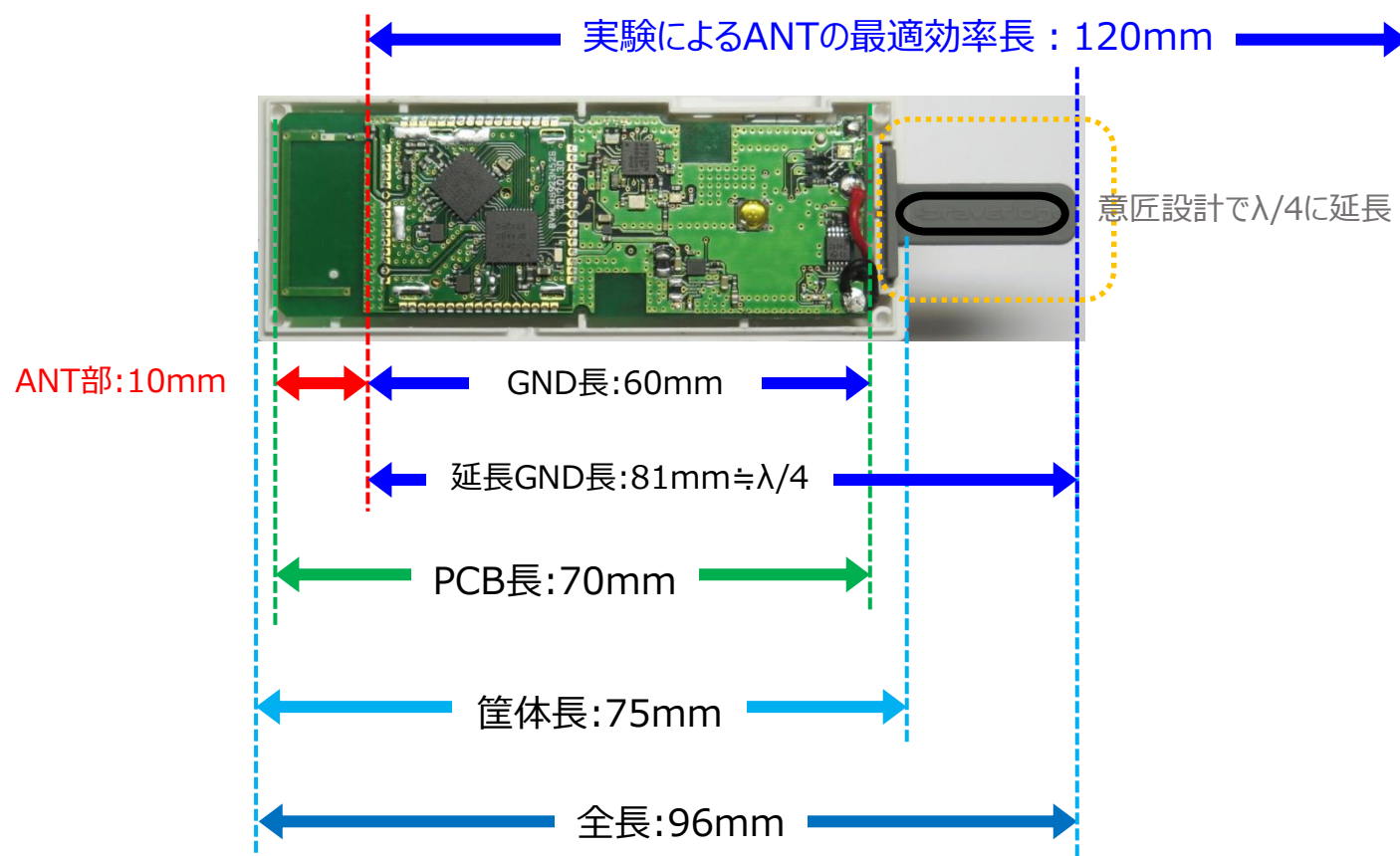


920MHzの『正しい製品サイズ』はこの大きさ以上です。

しかも、これは絶対に避けられません。

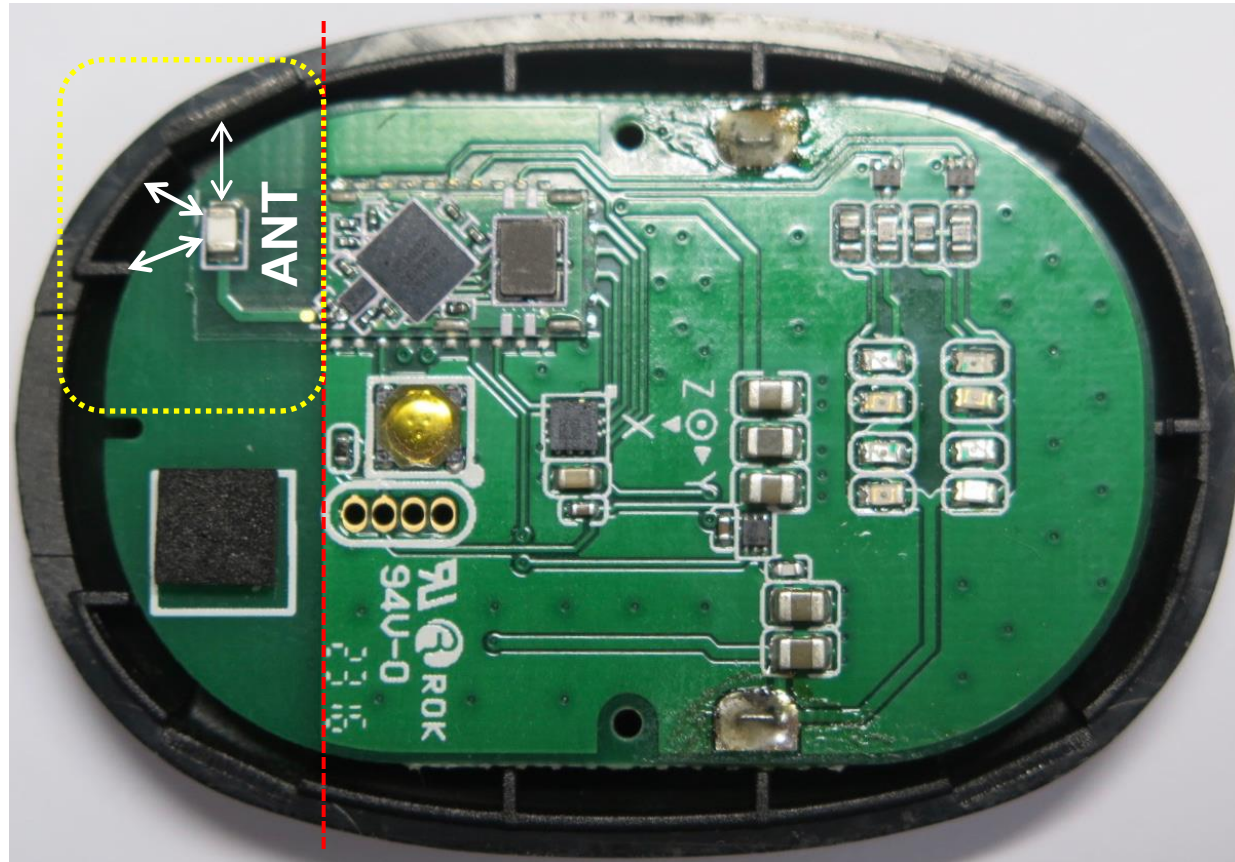
予想以上に920MHz機器は大きい！

解決アイデア例(920MHz機器)



アンテナの「筐体や外的影響」

アンテナ周辺とプラスチック筐体が近い場合(2.4GHzの場合)



モジュールのマッチングが合っている状態から



メイン基板実装後、同調点 f_c :2.4GHzがズれる



周辺の金属・プラスチックによる影響でズれる



マッチングしていた筈の f_c が30~50MHz低くなる。

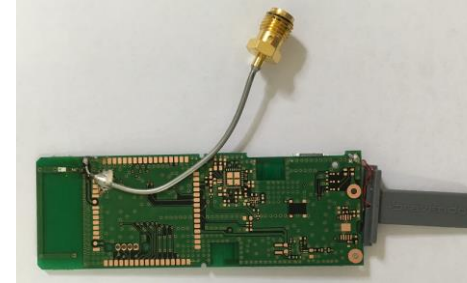
プラスチック筐体も含め、
組込状態で、再度ANTマッチングが必要！

プラスチックの影響(920MHz)の実際

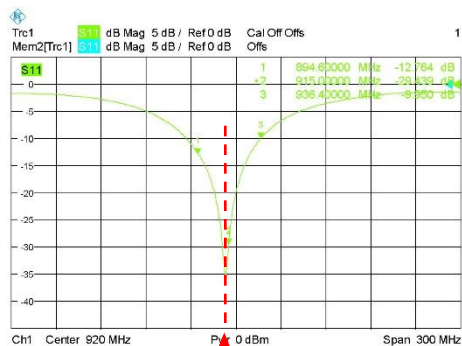
筐体にいれた完成品



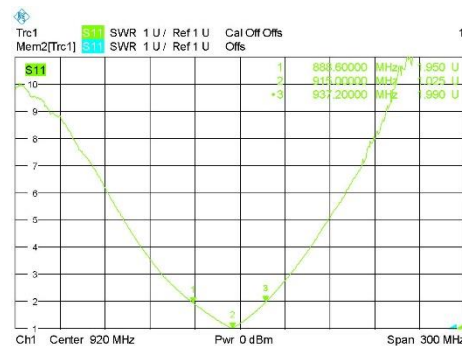
基板状態(モジュール+メイン基板)



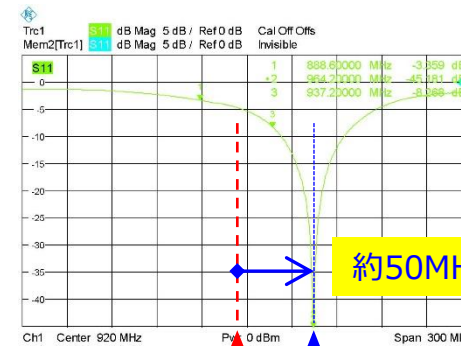
LoRaWANエンドデバイス
ヒュームトラッカー
(GPS/BLE/活動量計/気圧)



中心周波数:915MHz



Date: 0.F22.2013 03:22:13

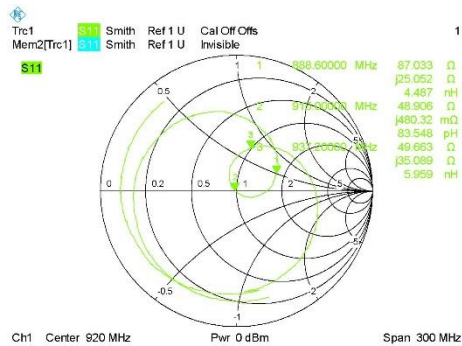


中心周波数:915MHz

約50MHz移動



Date: 0.F22.2013 03:24:00



Date: 0.F22.2013 03:22:50

キャビに入れた状態で
中心周波数にマッチング



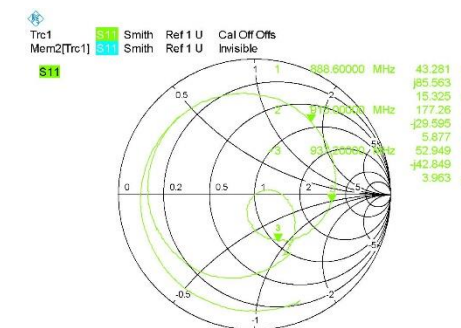
基板単品(キャビ無)で測定:
中心周波数が+50MHz上がる

キャビに入れると、
中心周波数が-50MHz下がる



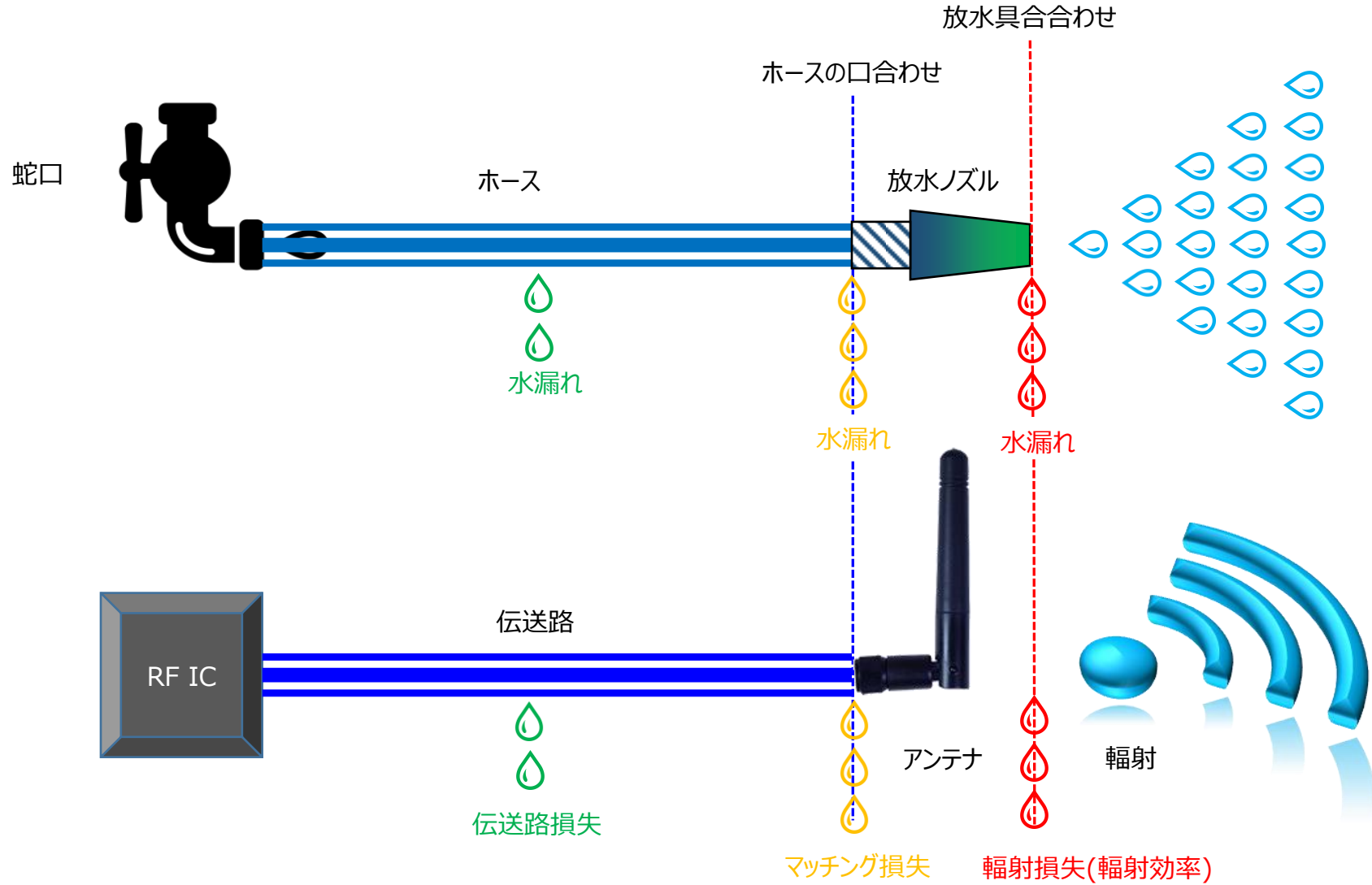
基板単品(キャビ無)で
中心周波数にマッチング

日本の920MHz帯域は920.6~928.0MHz(7.4MHz幅)
LoRaWAN使用帯域は920.6~923.4MHz(2.8MHz幅)



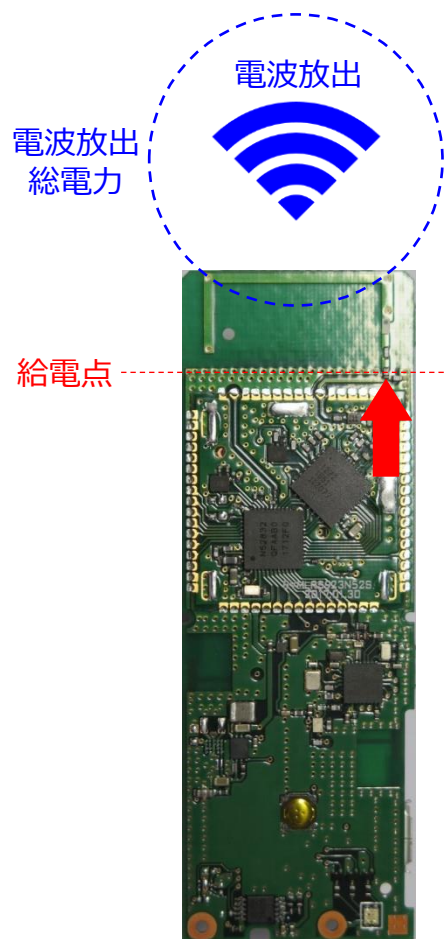
Date: 0.F22.2013 03:23:47

アンテナマッチングと輻射効率



輻射効率の問題

「ANTマッチング」と『輻射効率』の違い



ANTから空間に放出される
総電力 : Z[dBm]

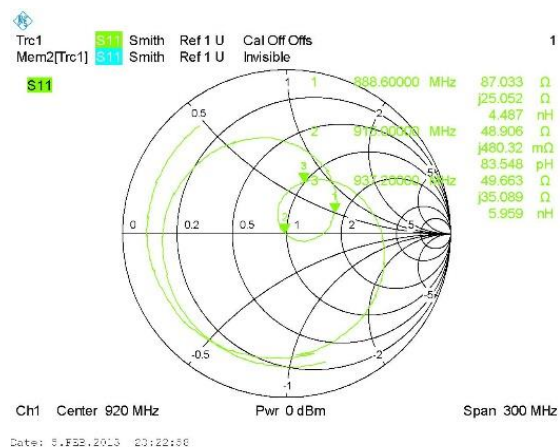
$X[dBm] \cong Z[dBm]$ が理想:輻射効率特性

$X[dBm] \cong Y[dBm]$ が理想:アンテナマッチング

RF回路からANTへ入力される
総電力 : Y[dBm]

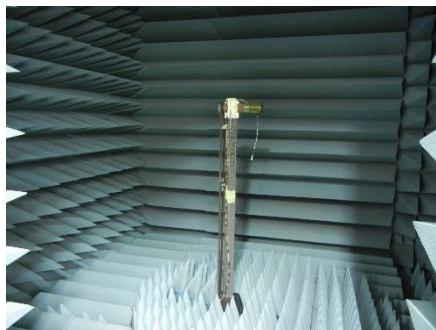
RF回路からANTへ入力される
総電力 : X[dBm]

このアンテナマッチングはやっている。

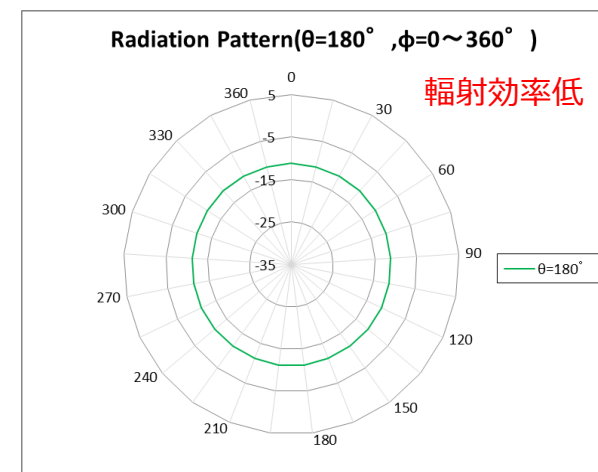
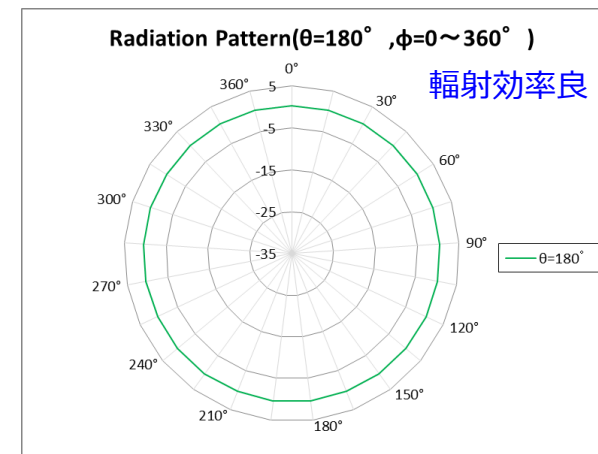


LoRaWAN
ヒューマントラッカー
を例に説明

『輻射効率』は電波暗室で測定します。



測定結果



Braveridgeが、輻射効率測定環境準備済みです。
公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団
社会システム実証センター
〒819-1122 福岡県糸島市東1963-4
(TEL)092-331-8510
(Mail)admin@Jiss.ist.or.jp
※最寄り駅：JR前原駅～タクシー

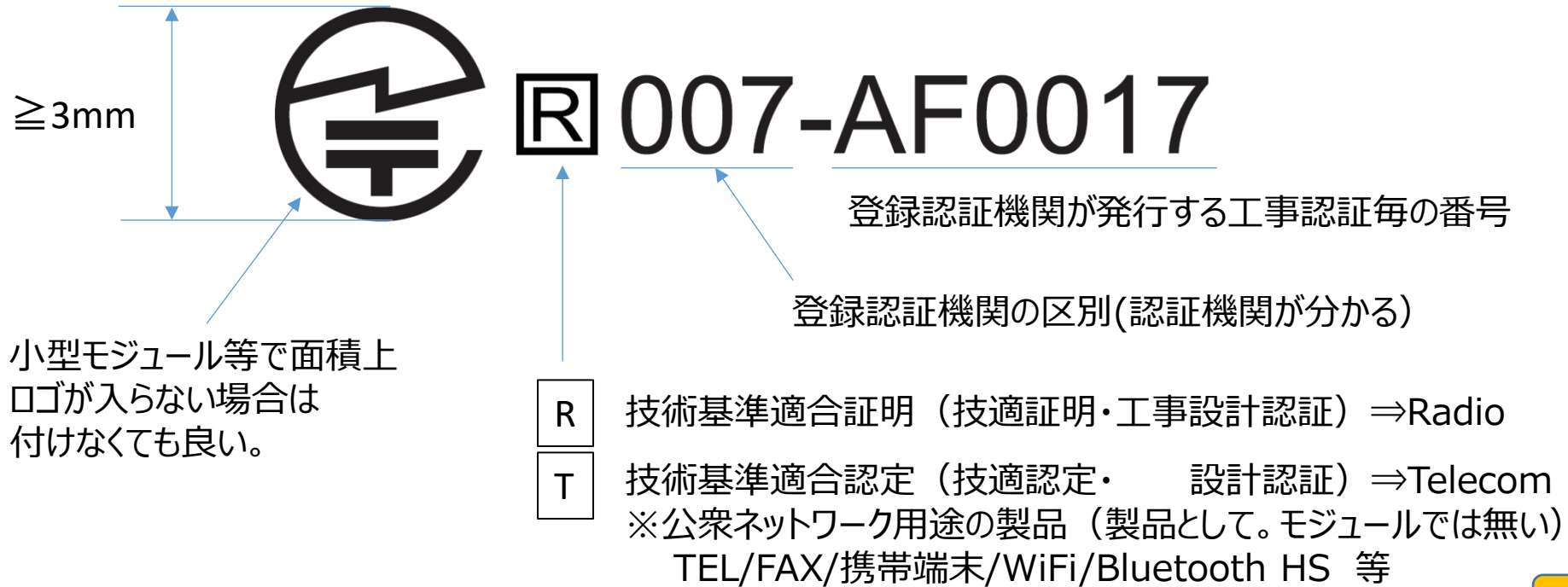
内蔵アンテナか外部アンテナか？

タイプ	内蔵Antenna モジュール	外付けAntenna モジュール
構成		
ANTマッチング	済	未 (ANTが無い為)
電波法	済	済
Alliance認証	済	済
ANTタイプ	モジュール固定	自由選択(注)
最終再ANTマッチング	不可能 (電波法違反)	可能
筐体の影響補正	不可能 (電波法違反)	可能
完成品(製品)性能	<<<<最大RFパフォーマンス	≒最大RFパフォーマンス

←電波法取得時に「ANTリスト」申請

どちらがベターですか？

電波法ロゴについて



電波法 第38条の7 第2項

「2 適合表示無線設備を組み込んだ製品を取り扱うことを業とする者は、総務省令で定めるところにより、製品に組み込まれた適合表示無線設備に付されている表示と同一の表示を当該製品に付することができる。」

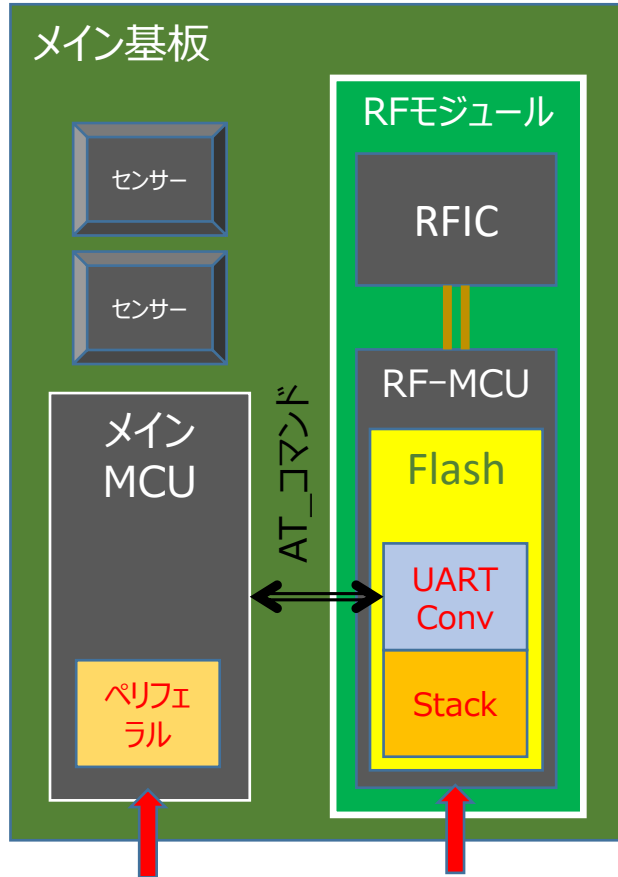
「表示しても良い」!

【無難な最終解釈】

- ・完成品(製品)に電波法のロゴを入れておく方が良い。
- ・完成品に表記スペースが無い場合は、①化粧箱に入れる。 ②マニュアル・取説等に記載する。でOK!

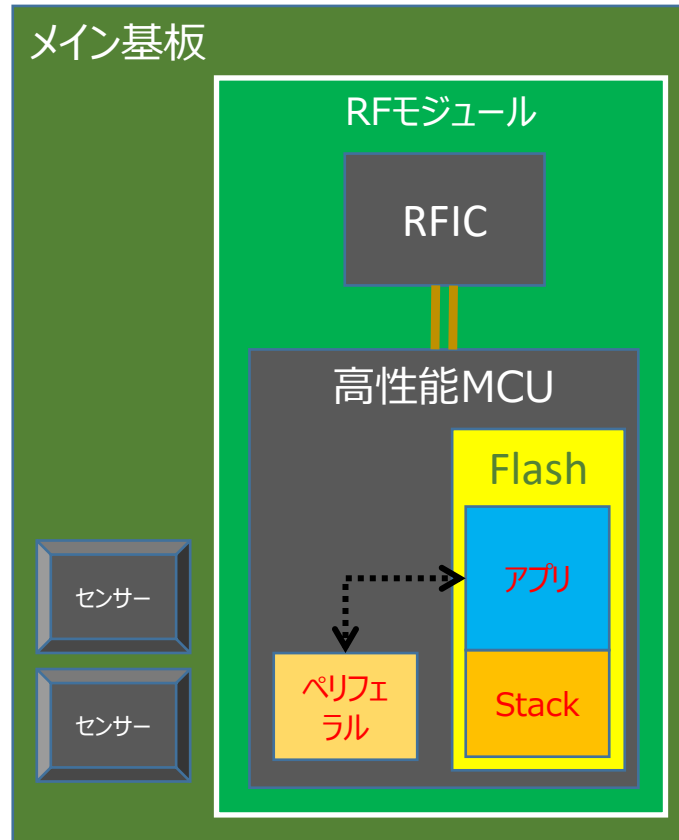
モジュールのタイプ(構成)

古い_モデム方式
(3チップUARTコマンド制御)

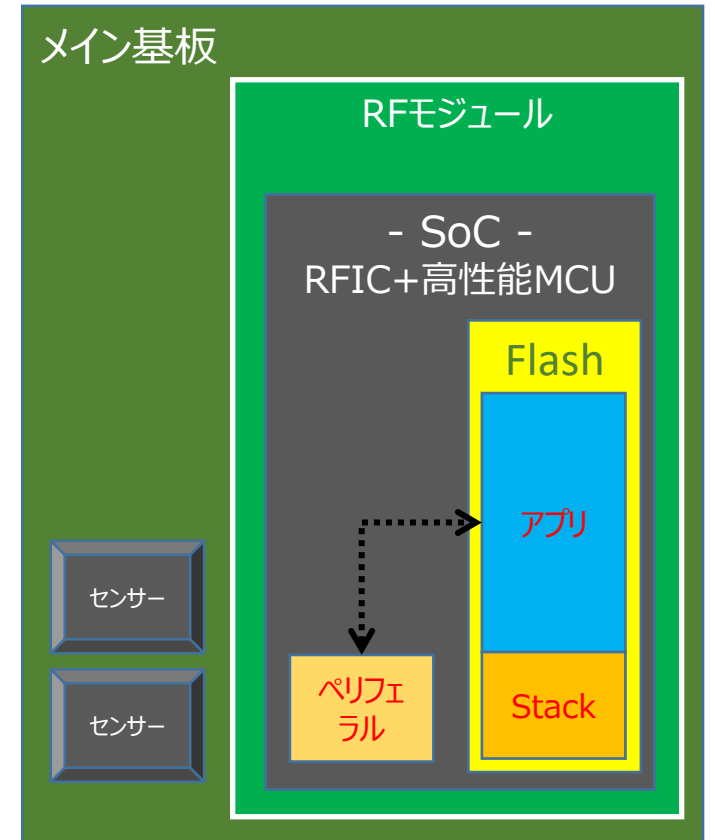


マイコン2個構成で高コスト!
! 無駄!

新しい方式
(2チップMCUモジュール方式)

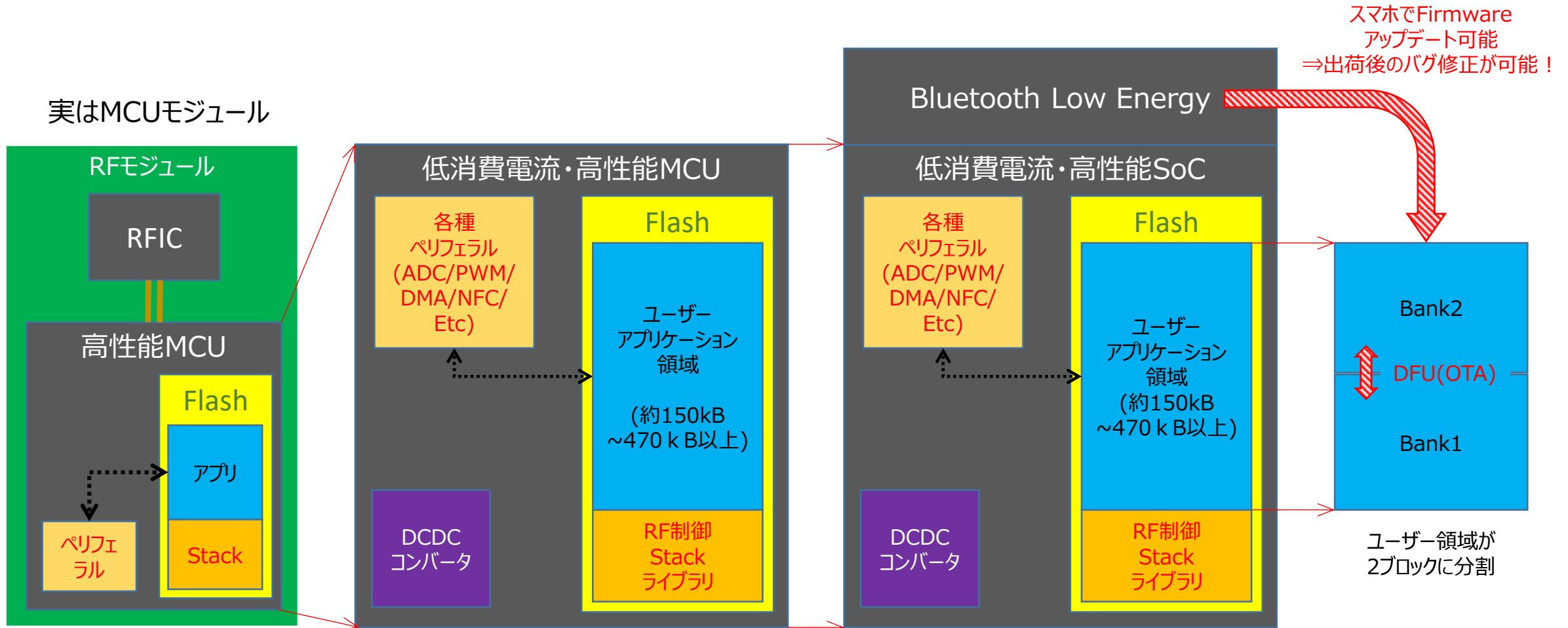


新しい方式
(1チップMCUモジュール方式)



MCUモジュールとは？

マイコンは常に進化しています。IoT機器開発では早く切替えすべきです。



ハードウェア設計の重要ポイント

ICを使ったシステムを動かす三要素！

ソフトエンジニア・ハードエンジニア・メカニカルエンジニアもコレを覚えておいてください。

1. 電源
2. クロック
3. Enable(RESET)

ICやモジュールや製品が「動かない！」と騒ぐ前に、この三要素は確実か？を確認する！

99%の確率で、この三要素を満たしてないのが動かない原因！

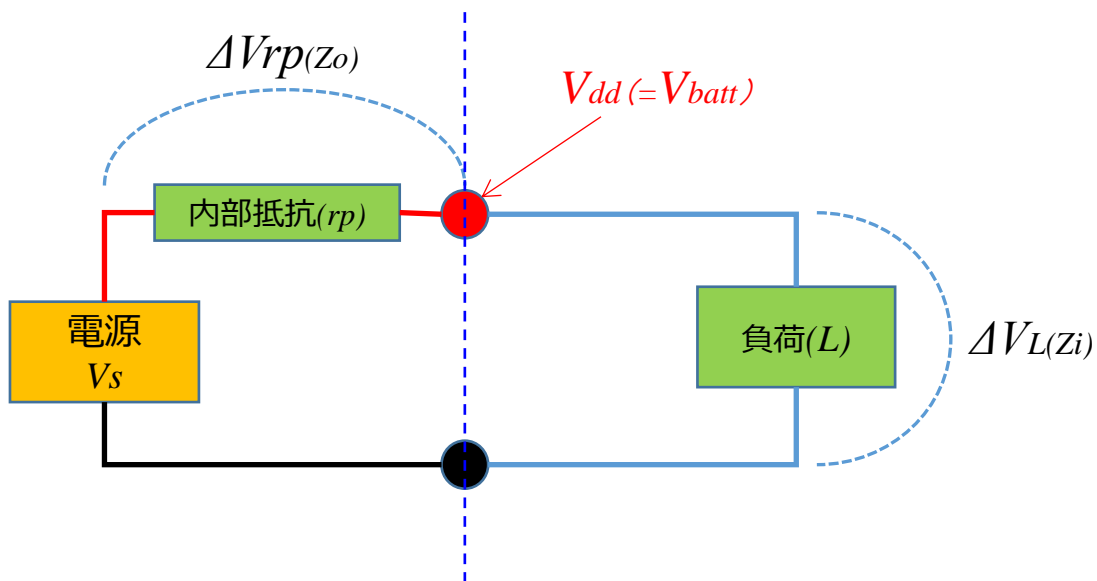
電源の理解①

ほぼ全ての電子機器は直流DC電源で動きます。

交流AC電源は、モーター・ヒーター等でしか使いません。しかもその制御は直流機器で制御します。

IoTで使用する電源は、

1. 電池
2. 安定化電源(LDO出力/DCDC出力)



$$V_s = \Delta V_{rp}(Z_o) + V_{dd}$$

V_s を、内部抵抗(r_p)と負荷(L)で、分圧してる。

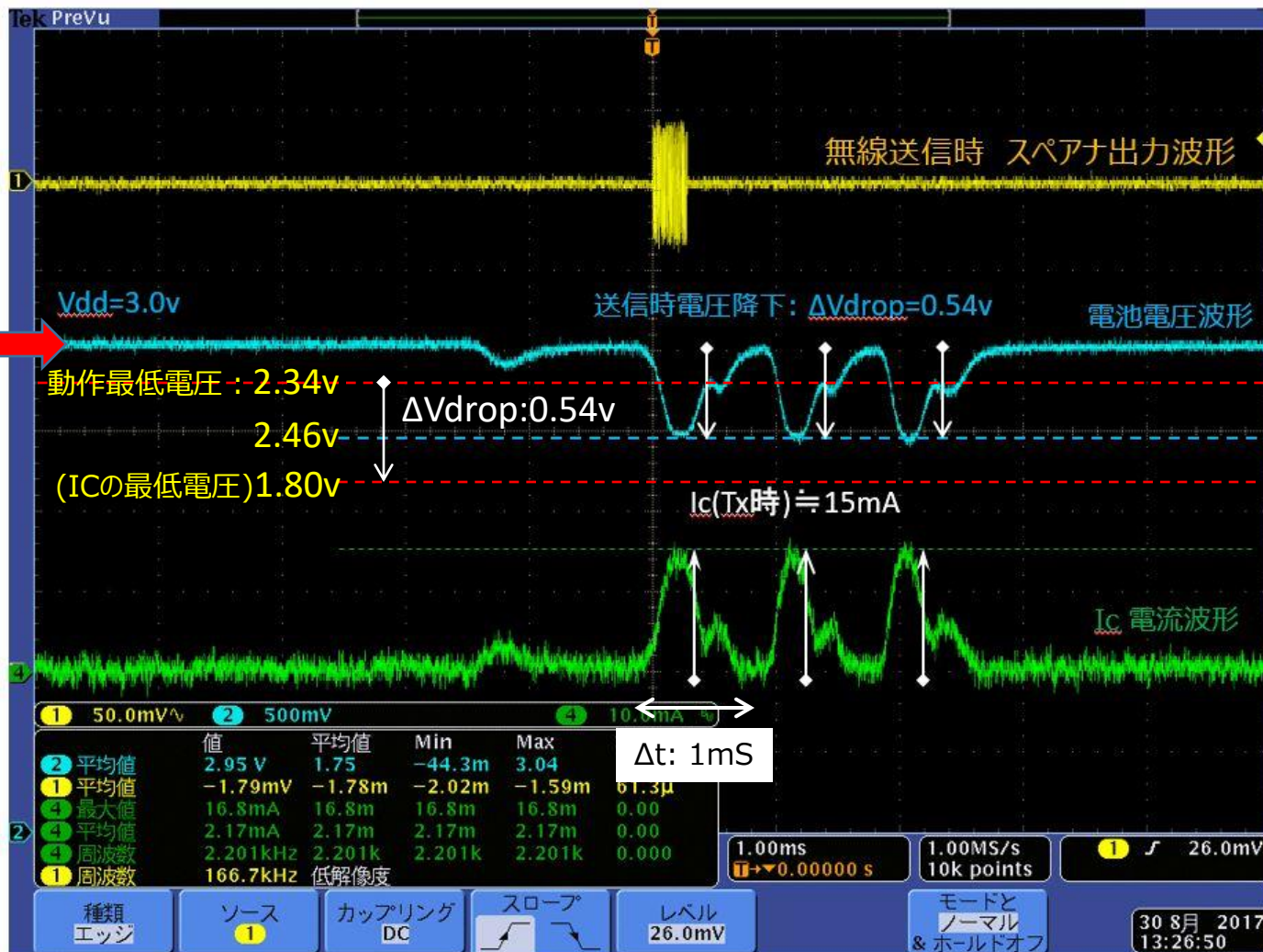
$V_{dd} (= V_{batt})$ は付加(L)に流れる電流で変動する□□

もし、内部抵抗(r_p)=負荷(L)に成ったら、
 V_L は、 $V_s/2$ になる！ 電圧が電源 V_s の半分になる！

電源の理解② (電源インピーダンスの影響)



BLEでBeacon送信
Bluetooth SMART



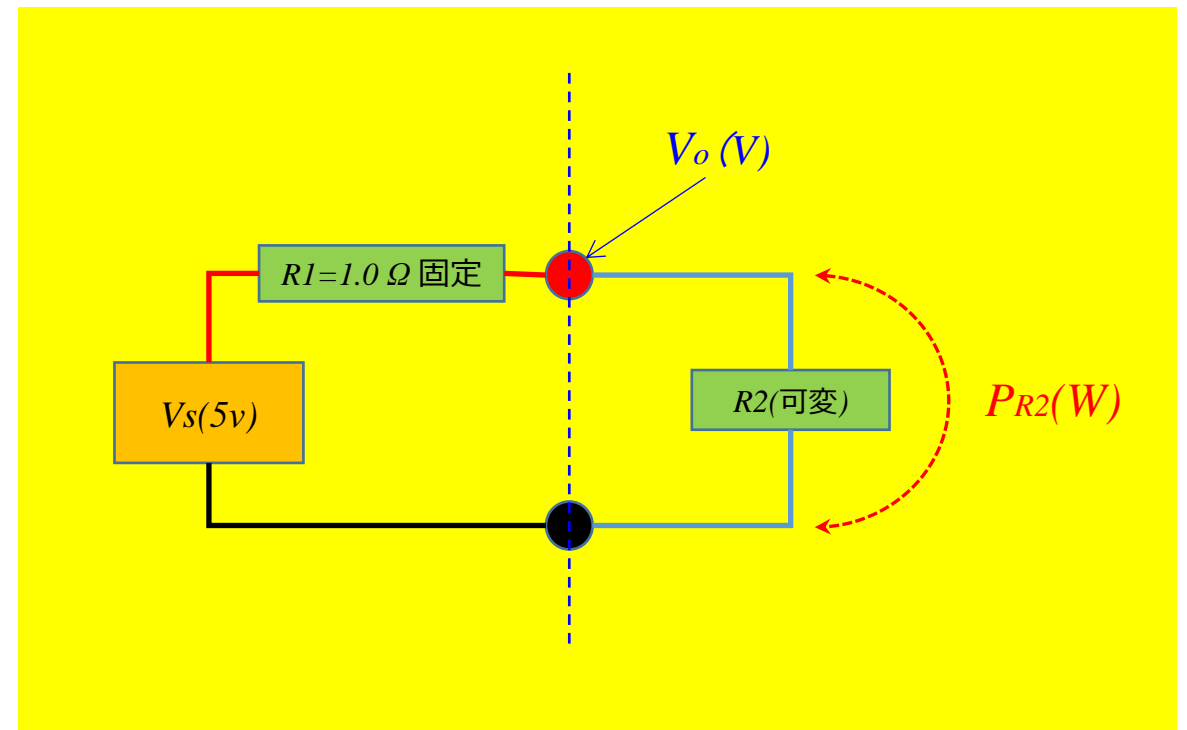
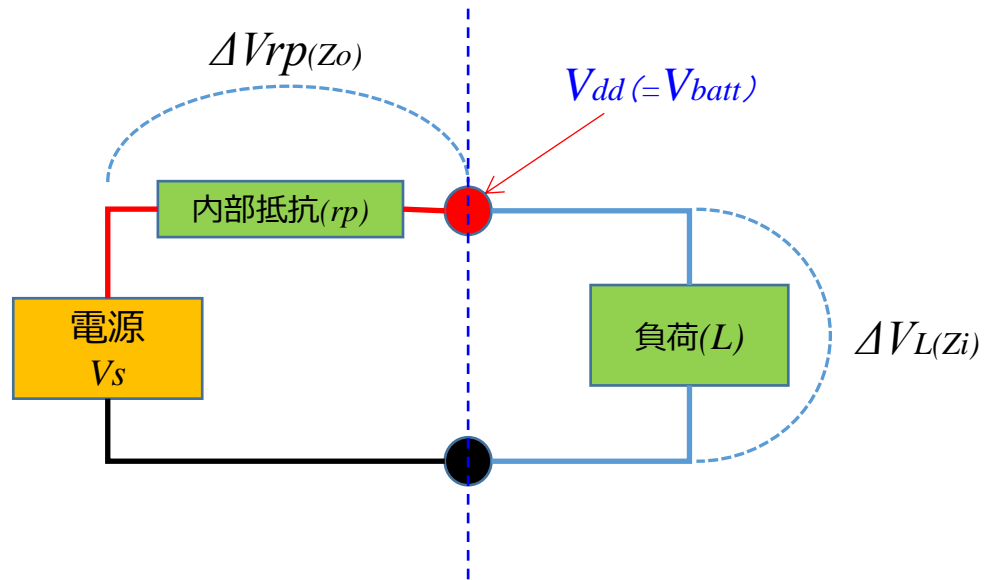
BLEは、1mS間のみの
15mAロード電流で0.54V
ドロップします。

LoRaWAN 送信時間:
400mS~
~2.236秒[SF12/59Byte]

LoRaWANのエンドデバイスに
ボタン電池は使えない!

インピーダンスマッチング（おまけ）①

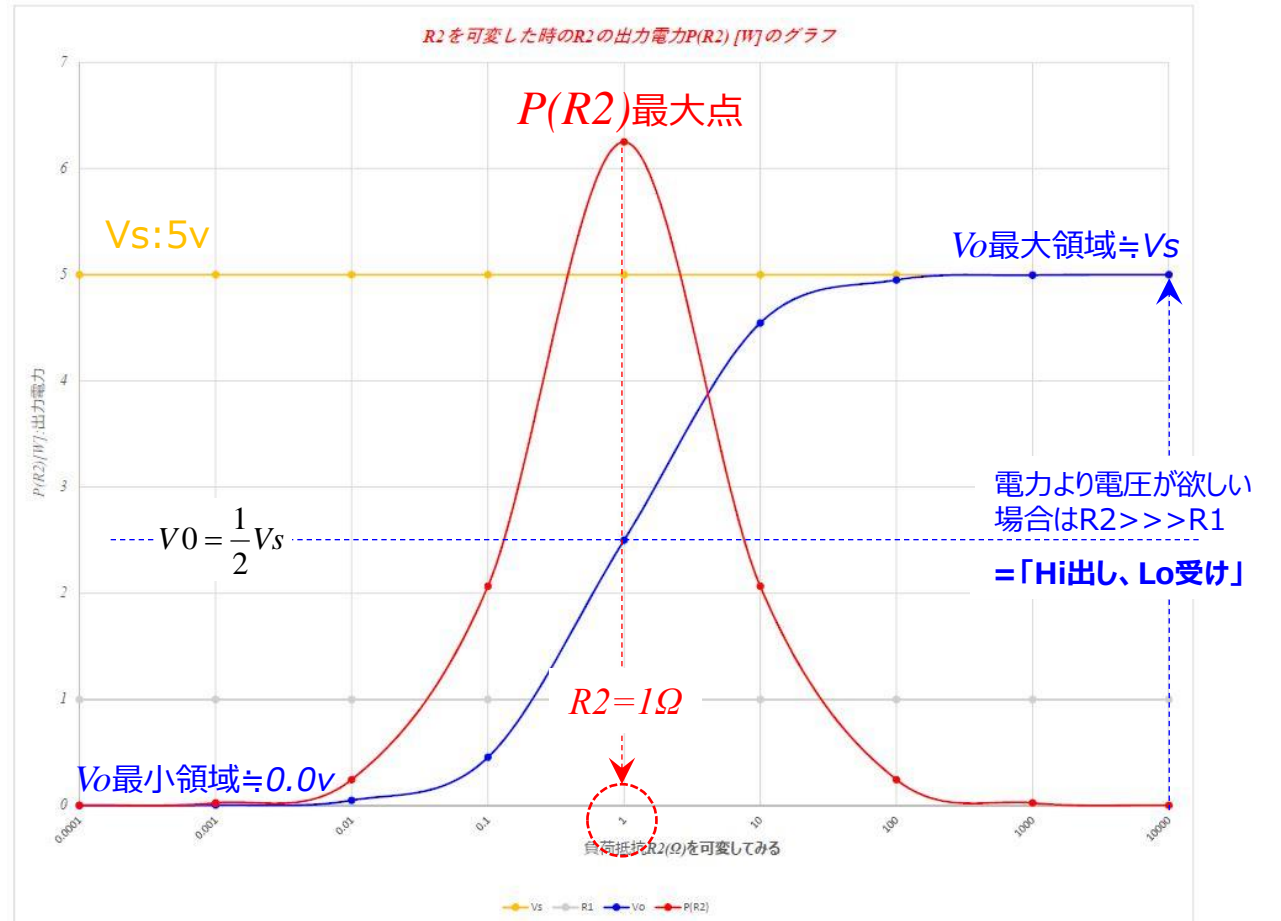
電源を理解する次いでに、『インピーダンスマッチング』も理解してしましましょう！



インピーダンスマッチング (おまけ) ②

R1固定→R2可変→Vo結果→P(R2)結果

Vs[V]	R1[Ω]	R2[Ω]	Vo[V]	P(R2)[W]
5	1	0.000001	0.000005	0.0000250
5	1	0.00001	0.000050	0.0002500
5	1	0.0001	0.000500	0.0024995
5	1	0.001	0.004995	0.0249501
5	1	0.01	0.049505	0.2450740
5	1	0.1	0.454545	2.0661157
5	1	1	2.500000	6.2500000
5	1	10	4.545455	2.0661157
5	1	100	4.950495	0.2450740
5	1	1,000	4.995005	0.0249501
5	1	10,000	4.999500	0.0024995
5	1	100,000	4.999950	0.0002500
5	1	1,000,000	4.999995	0.0000250



クロック(クリスタル)の理解①

クリスタルの種類

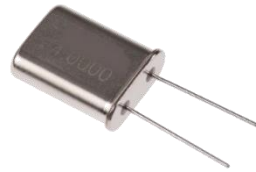
水晶発振子

SMD水晶発振子

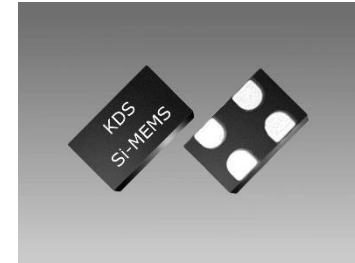
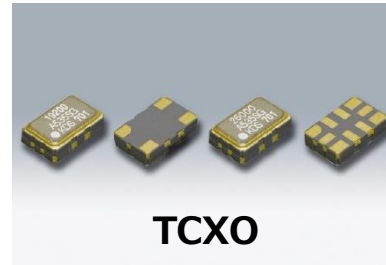
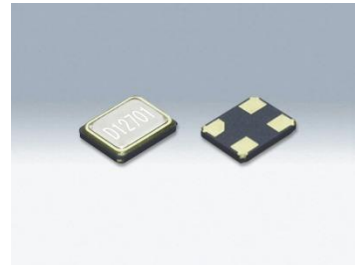
SMD水晶発振器

MEMS発振器

MHz帯用



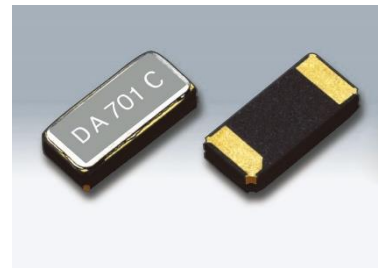
最近は16MHz以上が殆ど



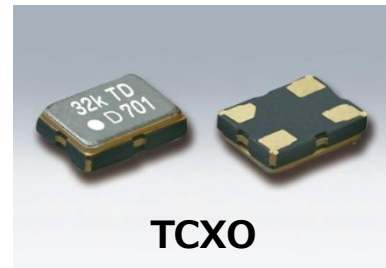
kHz帯用
(音叉型)



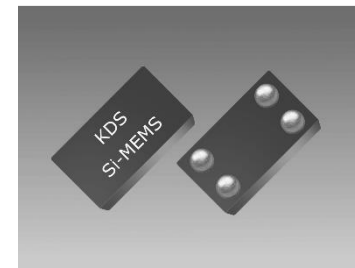
必ず！32.768kHzです。
クォーツ時計は全て、
32.768kHzを使用しています。
精度誤差は、時計の月差
を参考にして下さい。
±30[s/月]程度以上



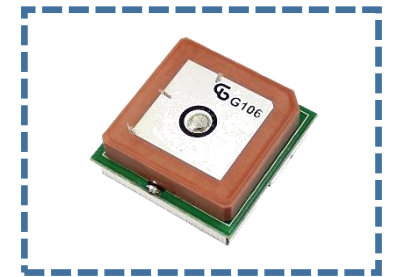
外部発振回路必要
発振回路はICに内蔵
±20ppm前後



発振回路内蔵
単独発信しICに注入
±1ppm前後



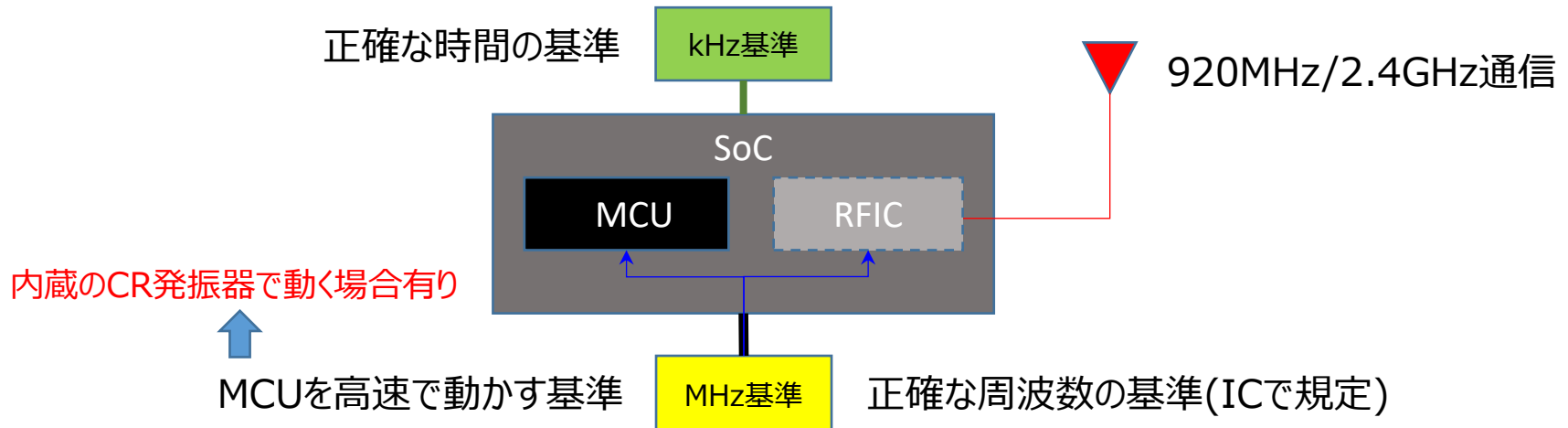
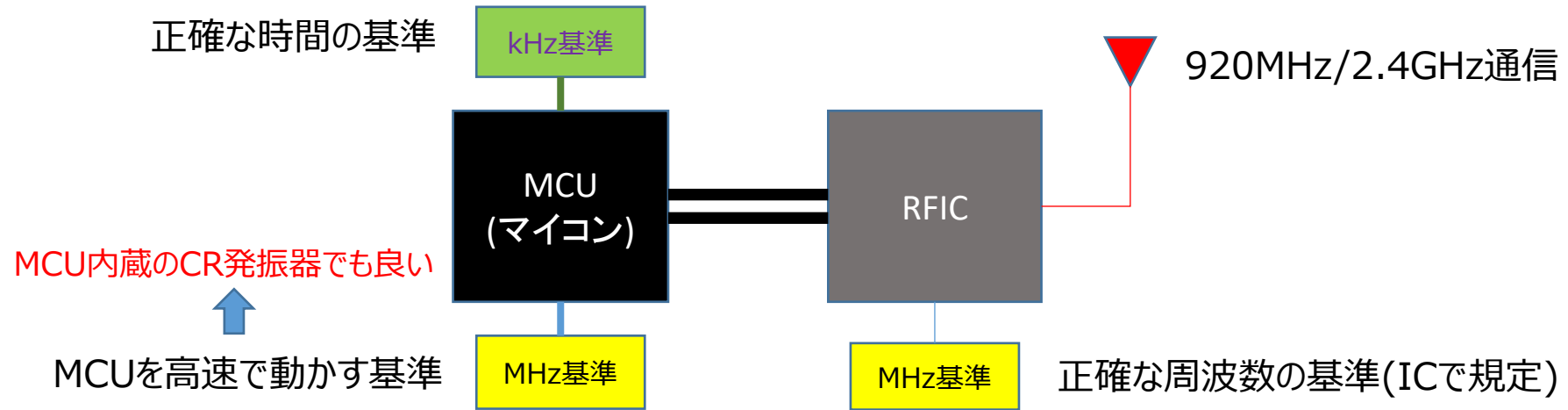
発振回路内蔵
単独発信しICに注入
±10~100ppm前後



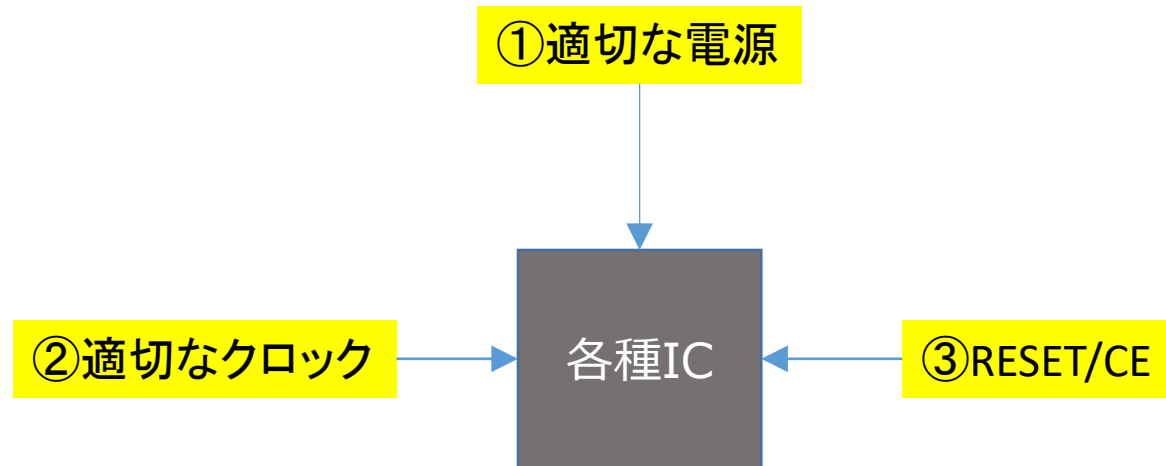
1ppS出力基準
パルス基準
 $1.5 \times 10^{-11} \sim 1.0 \times 10^{-12} [s/M]$
(参考値)

温度特性偏差・経年偏差があるので注意

クロック(クリスタル)の理解② 何故クリスタルが必要か？



Enable(Reset)



ICが動作する基本は、

①適切な電源が来る

↓

②適切なクロックが来る(MCU/RFIC等)

↓

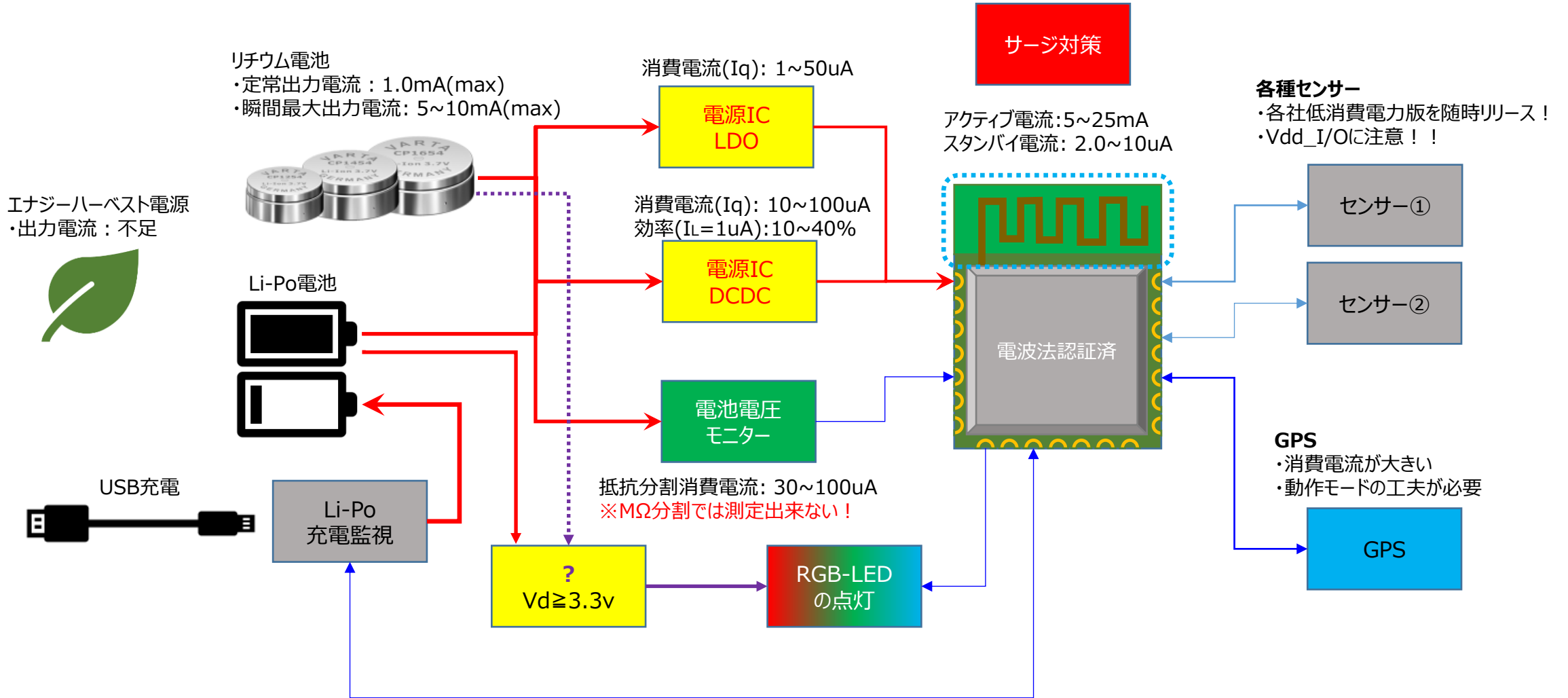
③RESETでスタートする。CEでスタートする。

ハードウェアが動かない場合は、まず最初にこれを確認します。

これが正しいければ、残りはソフトウェアにバグがあります。

IoT機器設計に必要な知識とデバイス

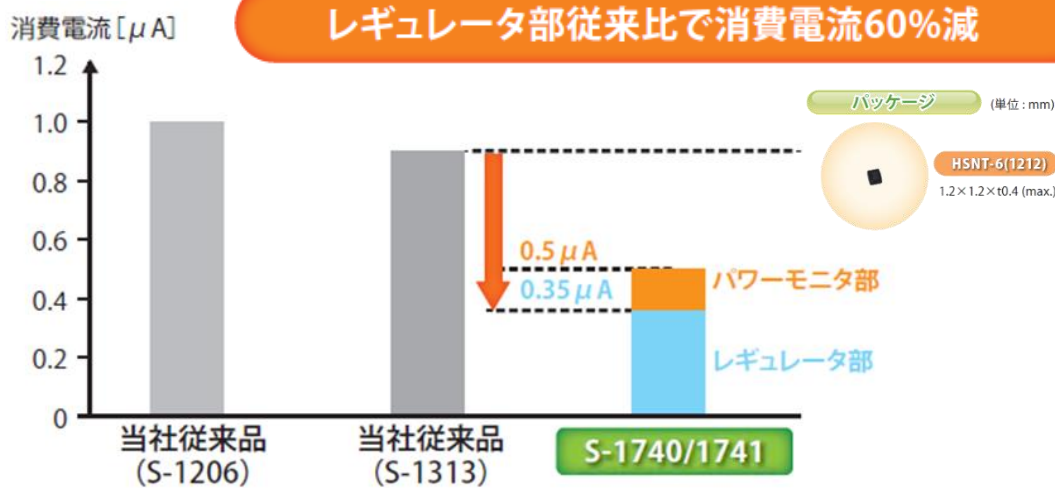
IoT機器設計で解決すべき問題点



超低消費電流
LODの開発

S-1741/1740シリーズ

超低消費電流 ~さらなるバッテリーの長寿命化に貢献

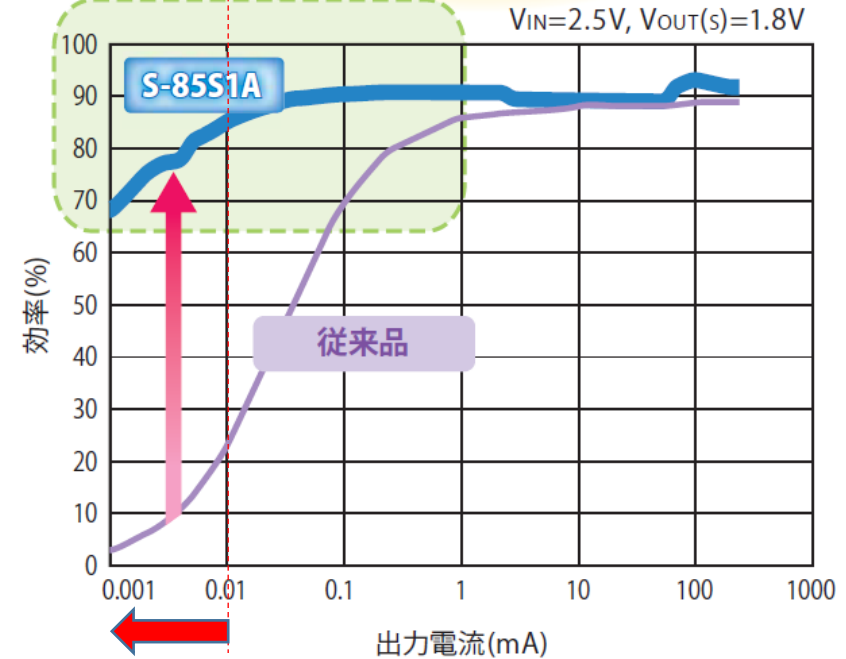


- $I_q=0.35\mu\text{A}$ (=350nA)の超低消費電流LDO
- バッテリモニター機能搭載 ※次ページ紹介

超低消費電流 & 軽負荷時効率改善
降圧DCDCコンバータの開発

S-85S1P

1mA以下の軽負荷動作時に効率が
飛躍的に向上!



$I_{Load} \leq 0.01\mu\text{A}$ 領域における効率の大幅改善

● バッテリモニター機能搭載 ※次ページ紹介

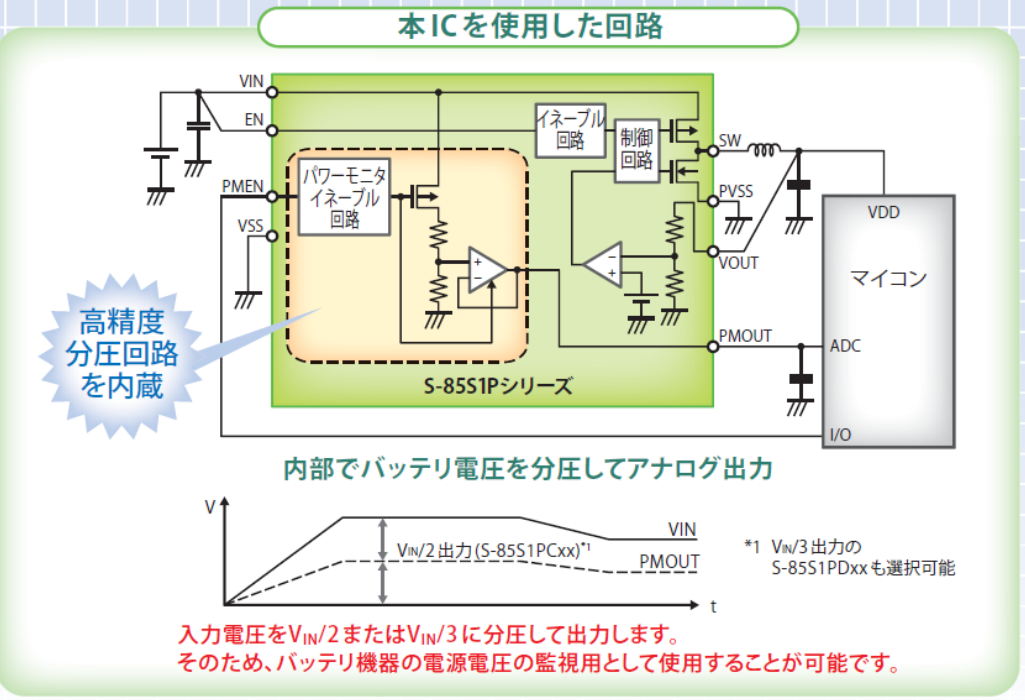
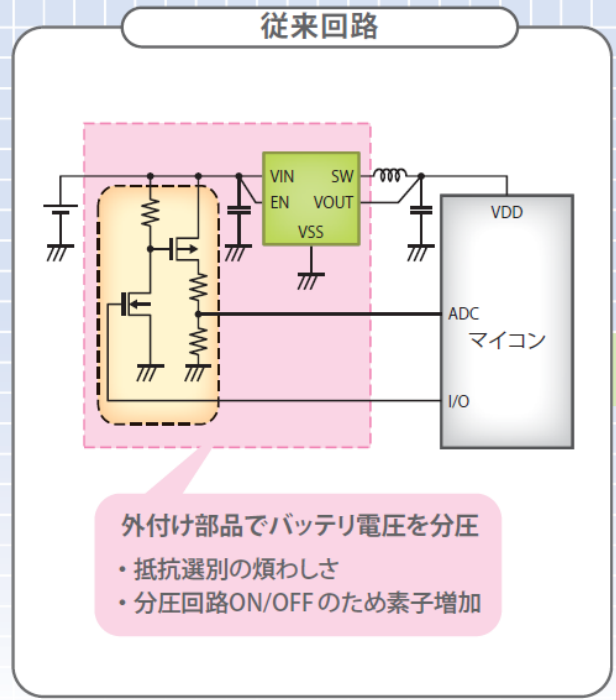
Battery Monitor機能

(LDO)S-1741/1740シリーズ

(降圧DCDC)S-85S1P

パワーモータ用出力機能によるバッテリー電圧監視

低電圧マイコンでも電圧監視が容易に可能!



- MΩ抵抗による分圧⇒ADC入力不可
- FETスイッチ制御⇒コスト高

- 電源ICのVin回路に「抵抗分割+バッファ」を追加

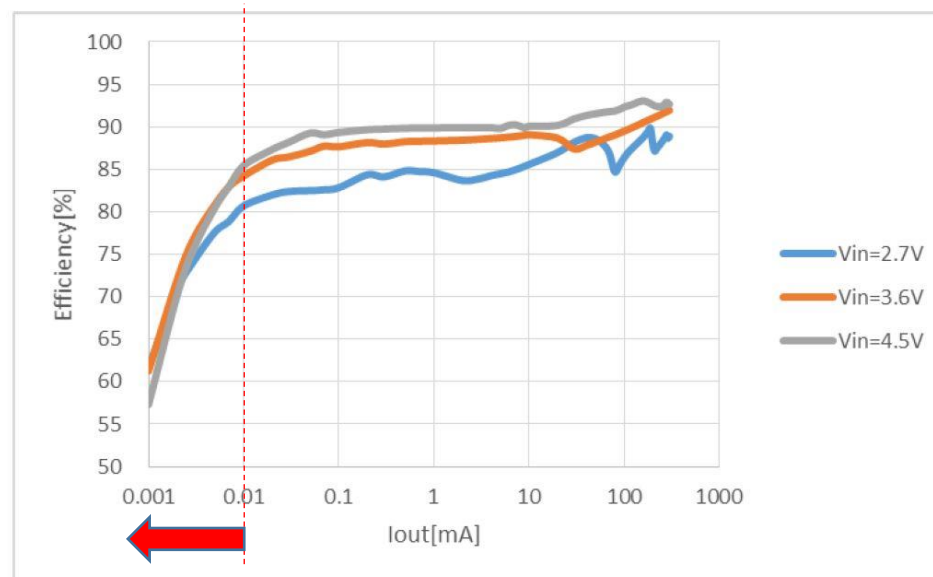
【コンタクト先】
 エスアイアイ・セミコンダクタ株式会社
 ・営業本部 (Tel)043-211-8032
 ・名古屋営業所 (Tel)052-957-2788
 ・大阪営業所 (Tel)06-6871-9474

昇降圧DCDCコンバータの新製品

RP604xシリーズ

- ・昇降圧DCDC
- ・超低 I_q :0.3 μ A(動作時消費電流)
- ・同期整流型
- ・軽負荷時($I_L=1.0\mu$ A)効率改善
- ・ V_{in} : ≥ 1.8 v
- ・ V_{out} :1.6v \sim 5.2v (0.1vステップ)
- ・CE付き
- ・オートディスチャージ選択可

Coming Soon!!



$I_{Load} \leq 0.01\mu$ A領域における効率の大幅改善

$V_{OUT} = 3.3$ V

リチウム電池使用時

- ・電池の電圧状態に関わらず、3.3v出力可能！



RGB-LEDの安定な点灯が可能

※RGB-LEDの点灯電源としてのみでも有用！

電池の状態にかかわらず、

- ・指定電圧に固定します。



例) V_{in} :1.8v(2x 0.9v) \sim 3.4v(2x 1.7v)でも、常時 V_{out} :2.1v出力可能

例) V_{in} :2.7v(3x 0.9v) \sim 5.1v(3x 1.7v)でも、常時 V_{out} :3.3v出力可能

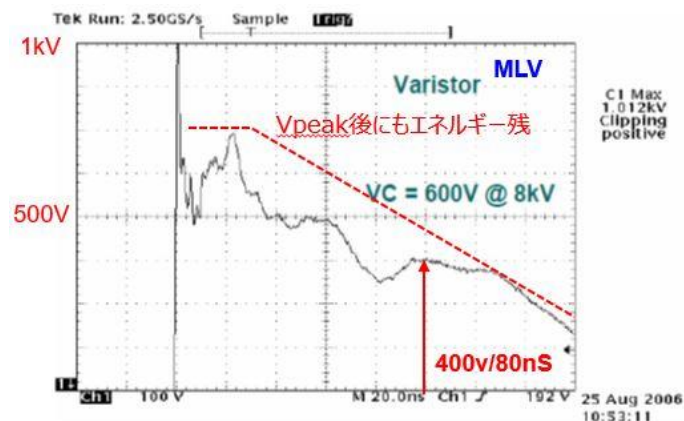
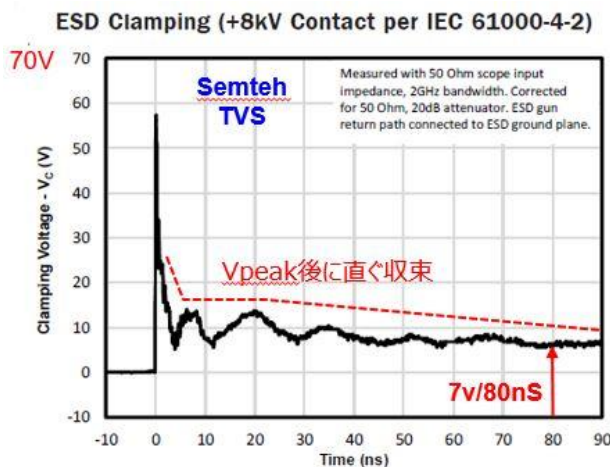
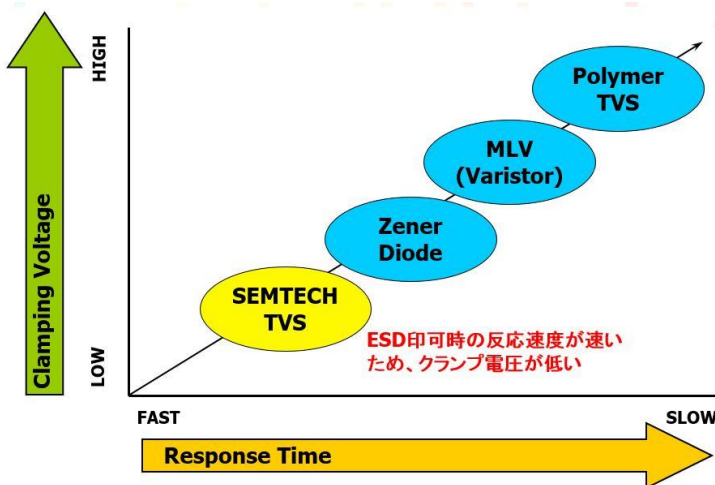
【コンタクト先】

(株) マクニカ

(Mail)Yamazaki-t@btc.macnica.co.jp

(Tel)06-6227-6911

サージ対策 TVSダイオード



RClamp3361Z

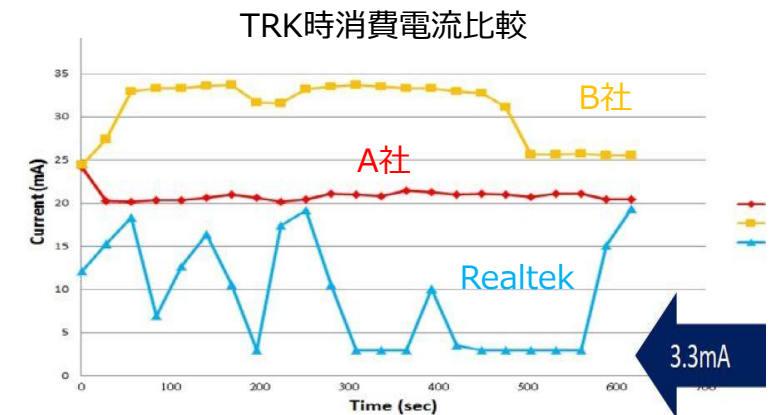
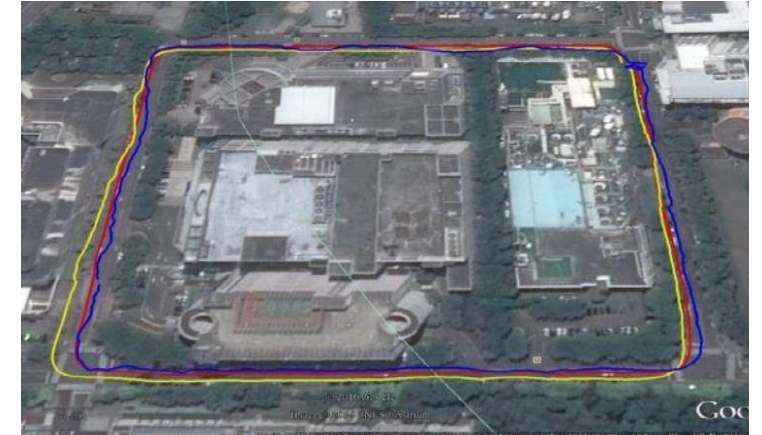
EOS/ESD Protection
 Junction Capacitance: 0.18pF
 Clamping Voltage: 6.5v
 ESD Clamping Voltage: 4v/4A

GPS機能の搭載

小型・低コスト・高性能の新世代GPSチップをリリース

Braverige社で低価格モジュールをリリースします!

機能	Spec	REALTEK	A社	B社	C社
GNSS 対応仕様	NMEA	V4.1	V4.1	V4.0	V4.1
	GPS/Glonass/Beidou	○	○	Flash	Beido TBD
	IMES(Japan)	○	○	N/A	N/A
Power Consumption	ACQ(GPS)	16.18mA			16mA
	TRK(GPS)	14.08mA			8mA
	Walking Mode(LP mode)	3.3~4.5mA	12mA	5mA	N/A
TTFF	TTFF(OpenSky)	<33s	<35s	<35s	<35s
	Sensitivity ACQ	-148dBm	-148dBm	-148dBm	-147dBm
	Sensitivity TRK	-165dBm	-166dBm	-165dBm	-165dBm
	Hot Start (BKUP Battモード)	1s	1s	1s	2s
Feature	Update Mode	~20Hz	~15Hz	~10Hz	
Size	Package	QFN4x4	QFN5x5	TFBGA5.3	XFBGA2.985
Vcc	Vcc Range	~5.5v	1.8~3.3v	1.8~3.3v	1.8v

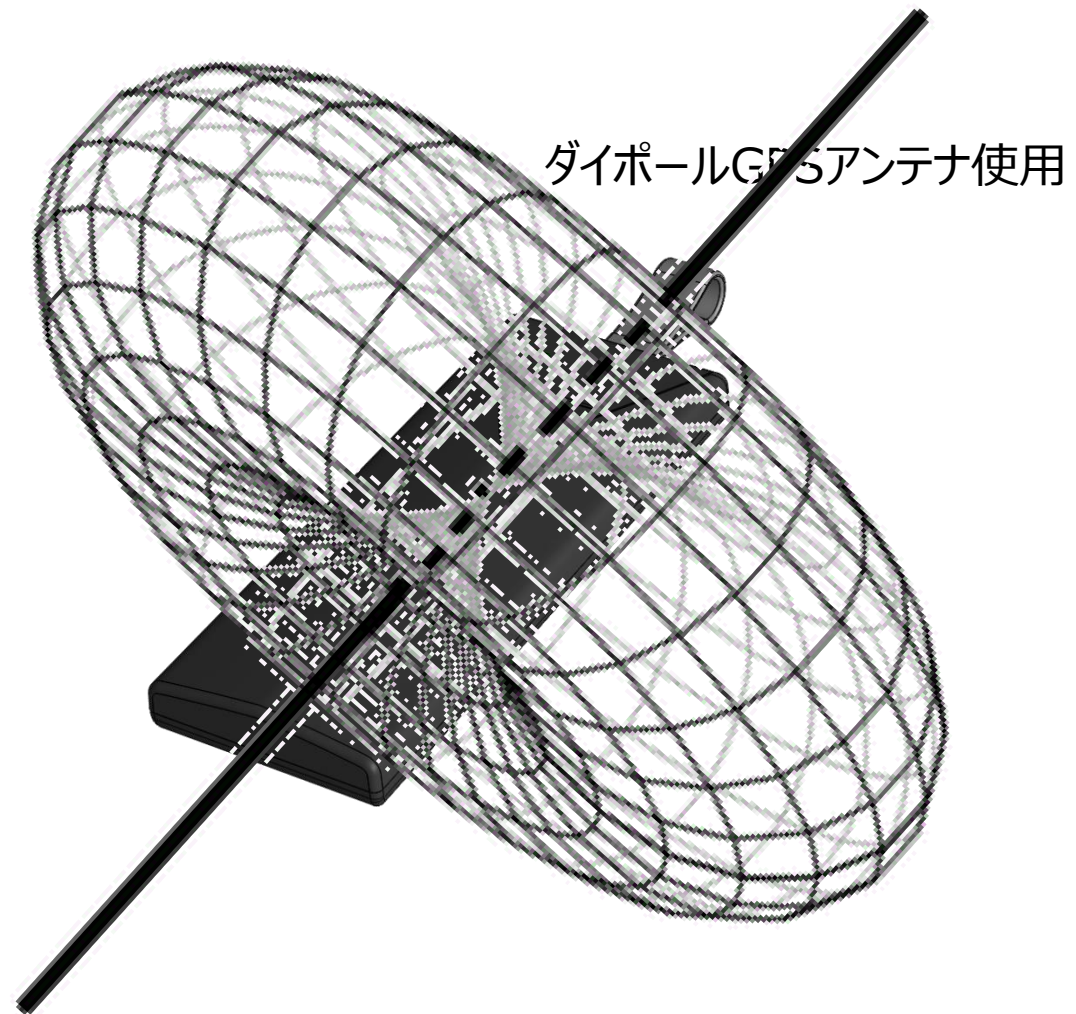
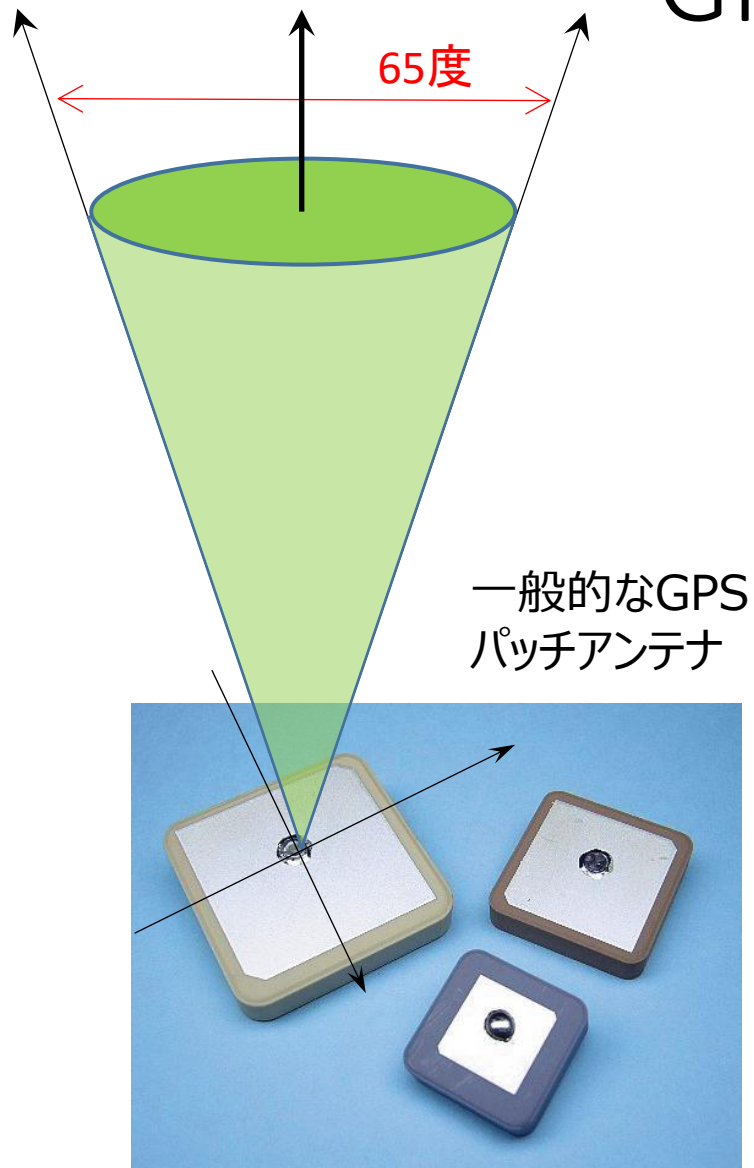


【コンタクト先】

三信電気(株) IoT事業U 事業推進部2課 岩澤

(Mail)iwasawa-a@sanshin.co.jp (Tel)03-5484-7245

GPSアンテナの指向性



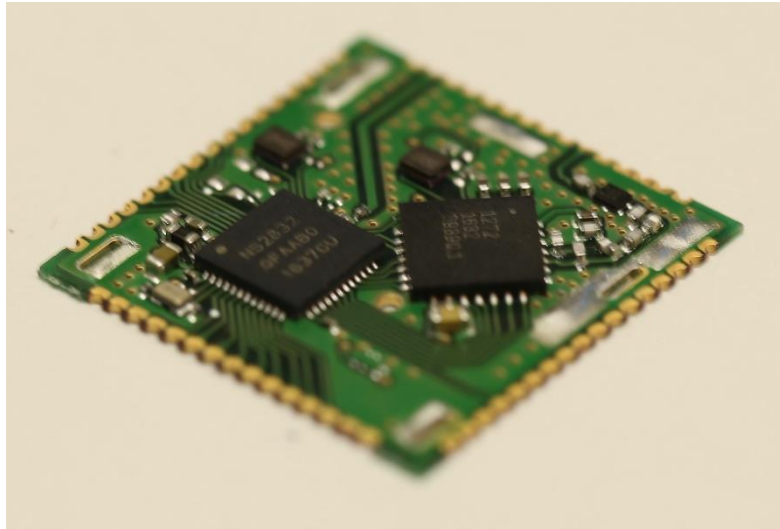
LoRaWANモジュール①

Type ABZ



- 860~930MHz LPWAモジュール
- Chipset: SX1276+STM32L
- TxPower: ~+18.5dBm (PAboost版)
- 消費電流: [Tx]128.0mA@+20dBm設定
[Rx]21.5mA@BW125kHz
- Peripheral: I2C/UART/USB/SPI
- Size: 12.5mm x 11.6mm x 1.76mm/LGA **(Very Small)**
- Temp: -40°C~+85°C
- ANTENNA : 外付け
- 電波法/FCC/CE (Radio準拠)

BVMLRS923N52S



- BLE-LoRaコンボモジュール
- Chipset: SX1272+nRF52832
- TxPower: ~+12.5dBm (Vcc:3.3v)
- 消費電流1: [LoRa_Tx]28mA@+13dBm設定、
[LoRa_Rx]21.5mA@BW125kHz
- 消費電流2: [BLE mode]5.4mA@Tx:0dm
- Peripheral: BLE/I2C/UART/SPI/PWM/easyDMA/NFC
- Size: 22.0mm x 22.0mm x 2.0mm/LGA
- Temp: -20℃~+85℃
- ANTENNA : 外付け ※アンテナList有り
- 電波法取得済み。LoRaWAN Alliance 認証申請中
- その他 : BLE経由でのFirmware Update対応
BLE&LoRaWANコンカレント動作モード対応
FSKモードでも電波法認証済み

【コンタクト先】

(株)Braveridge 営業部 梶山・稗田・安田

(Mail)lora-info@Braveridge.com (Tel)092-834-5789



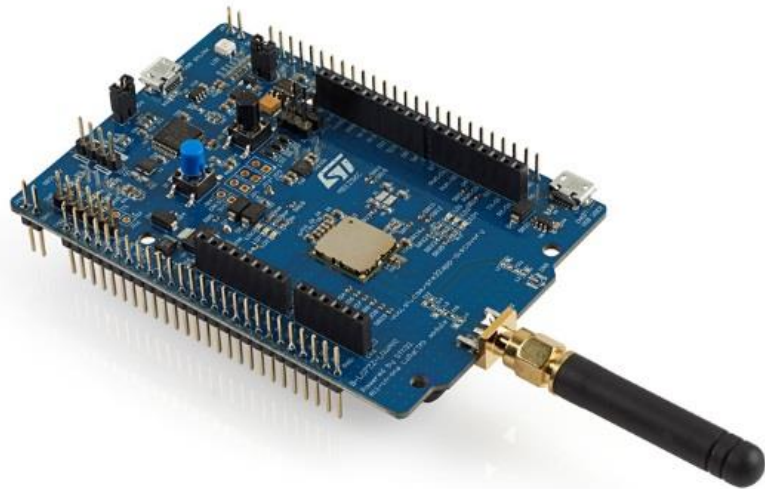
life.augmented

LoRaWAN開発環境①

特徴

村田製作所製 LoRaモジュール (CMWX1ZZABZ-091) 搭載

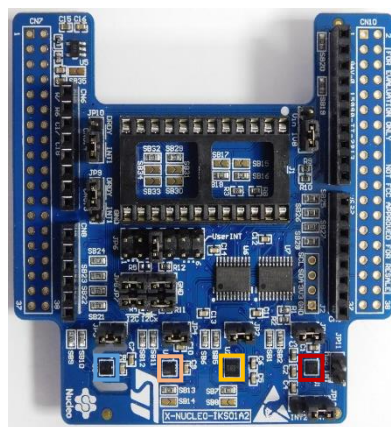
- ST製マイコン : STM32L072CZ ●Semtech製 LoRa™ RF IC: SX1276
- オンボードデバッガ (ST-LINK/V2-1) ●Arduino Uno V3 コネクタ
- SMAおよびU.FLアンテナ用コネクタ ●GPIOヘッダ
- 単4電池 x 3ホルダー (裏面)



【コンタクト先】

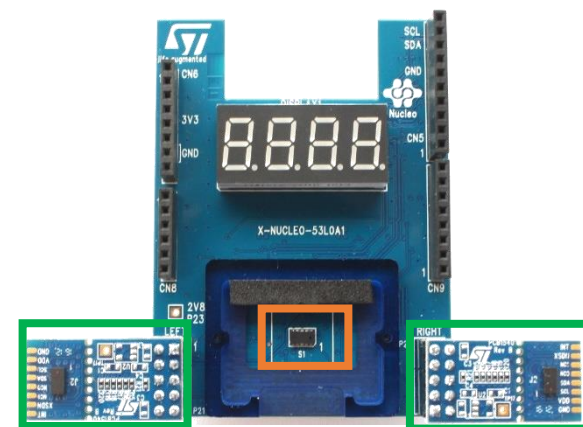
STマイクロエレクトロニクス(株) マイクロコントローラ製品部
(Mail)st-mcu-fun@st-jp.jp (Tel)03-5783-8240

モーション & 環境MEMSセンサ
X-NUCLEO-IKS01A2



- HTS221 温湿度センサ
- LPS22HB 大気圧センサ
- LSM6DSL 3軸加速度センサ+3軸ジャイロスコープ
- LSM303AGR 3軸地磁気センサ+ 3軸加速度センサ

FlightSense™ 測距センサ
X-NUCLEO-53L0A1



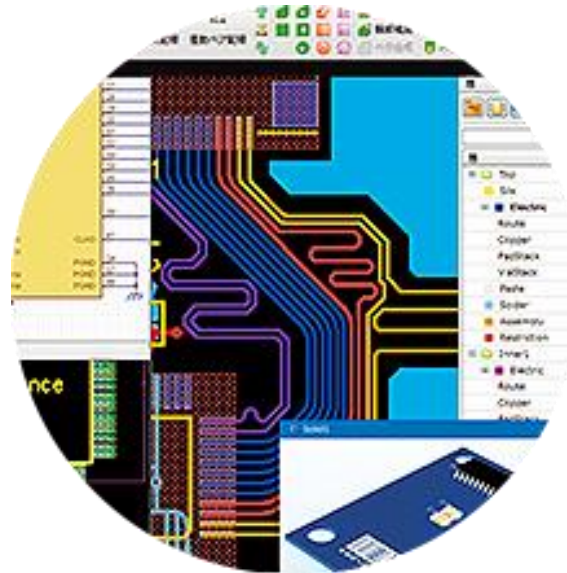
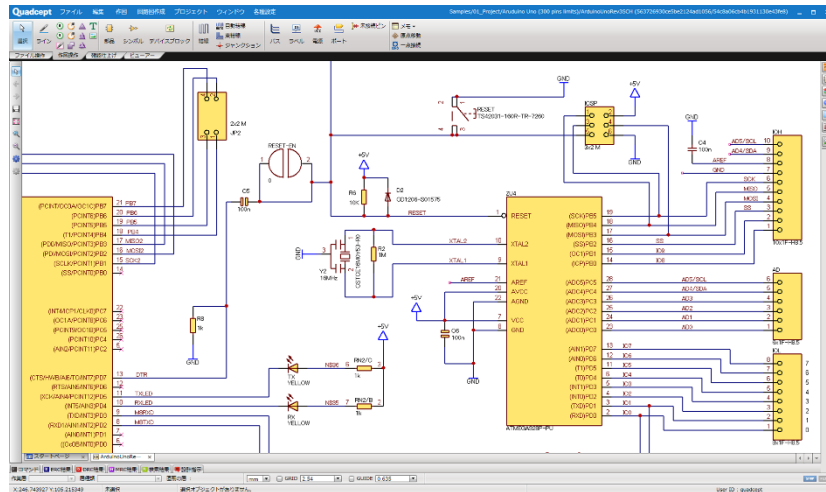
- VL53L0X 測距センサ サテライトボード
- VL53L0X FlightSense™ 測距センサ



Innovative EDA Solutions

Quadcept

BraveridgeのリファレンスCADですので、生データでの交換可能です。



業界最大規模のオンライン部品商社3社と
部品データベースを連携

設計工数 50% 削減



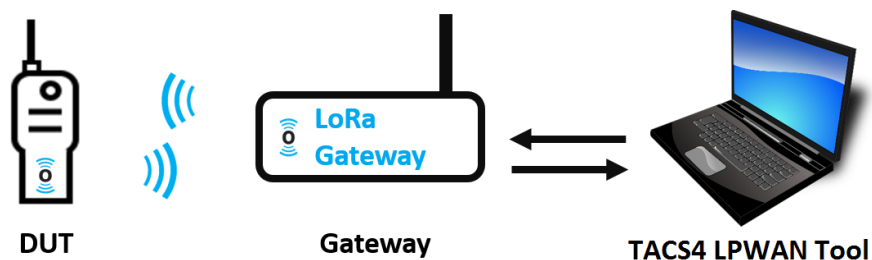
⇒基板試作の際にCAD上から部品の価格確認とオーダーが可能！

【コンタクト先】

<https://www.quadcept.com/ja/index.html>



LoRaWAN認証サービス および、国際型式認証サービス



【LoRaWAN認証試験サービス提供地域】

- EU 863-870Mhz
- US+Canada*¹ 902-928MHz
- South Korea 920-923MHz
- Asia AS923*² 923MHz

*¹ スペイン、アメリカで認証試験実施

*² 2017年8月からサービス開始

アジア10カ国（**日本**、ブルネイ、カンボジア、
インドネシア、ラオス、ニュージーランド、シンガポール、
台湾、タイ、ベトナム）

LoRaWAN認証サービスの提供と合わせて、上記AS923地域を含む、200以上の国と地域における型式認証の取得代行サービスを提供可能（その他にも各種無線規格や業界認証も合わせて対応）

「東陽テクニカ/DEKRA日本ラボ」

住所：東京都中央区日本橋本石町1-1-2

株式会社東陽テクニカ テクノロジーインターフェースセンター内

アクセス：<http://www.toyo.co.jp/company/access/>

TEL：03-3245-1245（直通）

E-mail：SLC_Lab@toyo.co.jp



LoRaWAN実験検証ラボ with電波暗室

LoRa™ Alliance Member

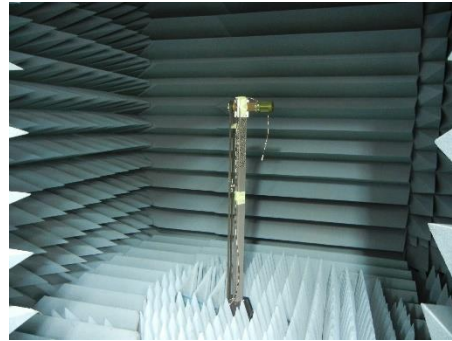


braveridge

MACNICA

社会システム実証センター

Experimental Center for Social System Technologies



公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団
社会システム実証センター
〒819-1122 福岡県糸島市東1963-4
※最寄り駅：JR前原駅～タクシー

各国向けLoRaWAN仕様
『LoRaWAN ThingPark
Developer Center(仮称)』
を準備予定！

Actility社の
『ThingPark Connected』
の事前検証と承認

電波暗室内での試験環境
・各国向けGateway&NWSによる
検証

※LoRaAlliance認証ラボではありません。
実験ラボです。

【コンタクト先】

(株)Braveridge 開発部 小橋 (Mail)lora-info@Braveridge.com (Tel)092-834-5789

LoRaWAN技術を活かして、
IoTビジネスを成功させましょう。

『LoRaWANテクニカルセミナー』

ご清聴有り難うございました。

株式会社Braveridge

小橋泰成/CTO/KTO

宮本竜弥/Software Manager

大川 由貴/RF Engineering Manager