

RL78/G1D

Bluetooth®のビーコンへの応用

要旨

Bluetooth low energy のビーコン機能を利用してアプリケーションを構築しているシステムや製品が増えています。

ビーコン機能を利用したアプリケーション応用例、ビーコン端末に対する要求、ビーコンの送信データのフォーマット、ビーコンの実装方法について解説します。

対象デバイス

RL78/G1D(R5F11A), RL78/G1D モジュール(RY7011)

関連資料

名称	ドキュメント番号
RL78/G1D ビーコンスタック ユーザーズマニュアル	R01UW0171
RL78/G1D ビーコンスタック 基本機能 サンプルプログラム	R01AN3045
RL78/G1D ビーコンスタック 接続確立とビーコンデータ更新 サンプルプログラム	R01AN3313

目次

1. ビーコンのアプリケーション	3
1.1 POI (point-of-interest) 情報	3
1.1.1 クーポン配布	3
1.1.2 屋内測位サービス	4
1.2 トラッキング	5
1.2.1 人	5
1.2.2 落とし物発見	6
1.3 センサーデバイス	6
1.3.1 狭所設置センサー	6
1.3.2 機器制御	7
2. ビーコンに対する要求	8
2.1 低消費電力	8
2.1.1 電池交換の頻度	8
2.1.2 電池レスでの利用	9
2.2 通信距離	10
2.2.1 測位の精度	10
2.2.2 通信範囲	10
2.3 各種データの送信	11
2.3.1 複数データの対応	11
2.3.2 同一チャンネルの送信	11
3. ビーコン・フォーマット	12
3.1 ID データ送信	12
3.1.1 iBeacon	12
3.1.2 Eddystone-UID	13
3.2 センサーデータ送信	14
3.2.1 Eddystone-TLM	14
3.2.2 独自フォーマット	15
3.3 そのほか	16
3.3.1 URL (Eddystone-URL)	16
4. ビーコンの実装	17
4.1 ブロードキャスト (アドバタイジング)	17
4.2 オブザーバー (スキャン)	18
5. 最後に	20
改訂記録	21

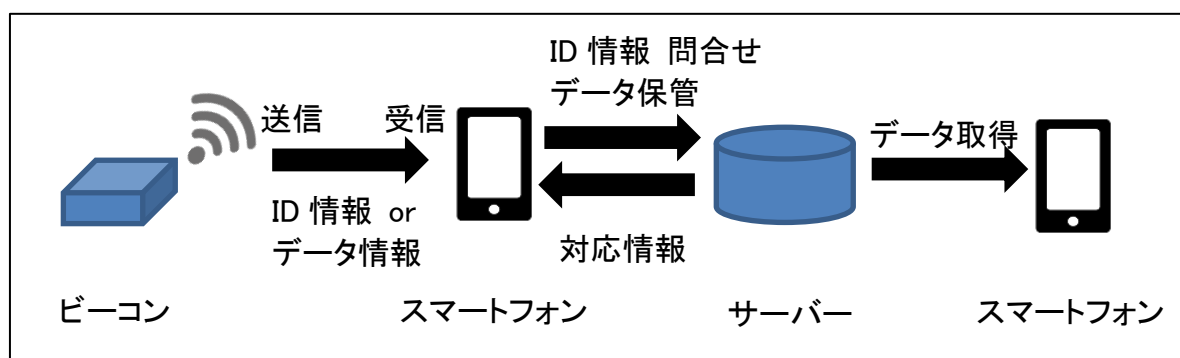
1. ビーコンのアプリケーション

Bluetooth low energy のビーコンは、Bluetooth low energy のブロードキャスト通信です。ブロードキャストは、1 対多(1:m)のデバイス通信を実現するために使用されるネットワークポロジです。そして、少量のデータを送信する発信機で、数ミリ秒～数秒に 1 回、半径数十メートル範囲に信号を送信します。

局所的な情報共有に最適化されており、POI(point-of-interest) 情報、道案内サービス、人のトラッキング、落とし物発見等に利用され、容易に観測できないセンサー情報の伝達に利用することができます。

仕組みとしては、スマートフォンがビーコンを受信すると、ビーコンの ID 情報をもとにサーバーに ID 情報に対応する情報を問合せし、対応情報の取得やサーバーへのデータ保存を行います。サーバーに保存されたデータは、他のスマートフォンからも取得することができます。

図 1 ビーコンアプリケーションの仕組み



1.1 POI (point-of-interest) 情報

特定のポイントの情報を示す POI は、「目標物」を指し、店舗や製品の位置を示すのに利用されています。地図上のあらゆるものが POI として設定できます。

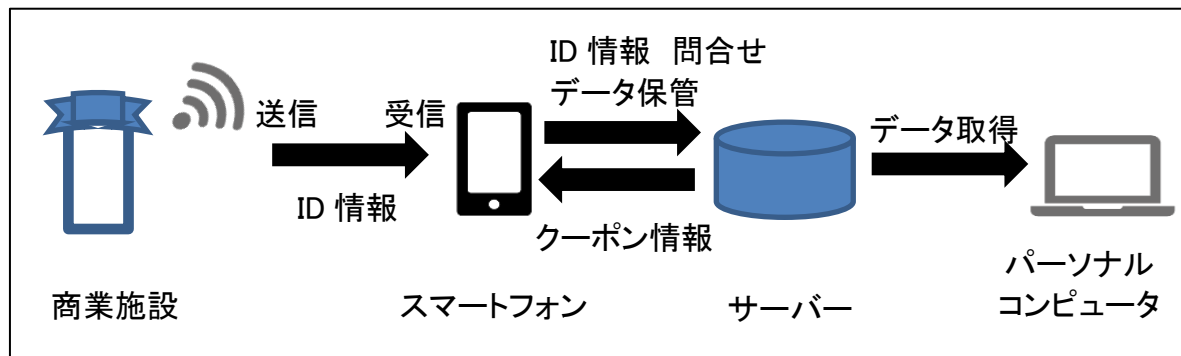
1.1.1 クーポン配布

スマートフォンの SNS アプリケーションとの連携などで、商業施設に近づくとその商品やクーポン情報が届く仕組みです。

スマートフォンが商業施設に設置するビーコンの ID 情報を受信すると、スマートフォンは他の通信回線でサーバーに ID 情報をもとに、商品やクーポン情報の問合せをし、ID 情報に対する情報を取得します。

サーバーに蓄えられた ID のデータにより、スマートフォンユーザーの行動を把握して、マーケティングに利用することができます。

図 2 クーポン配布

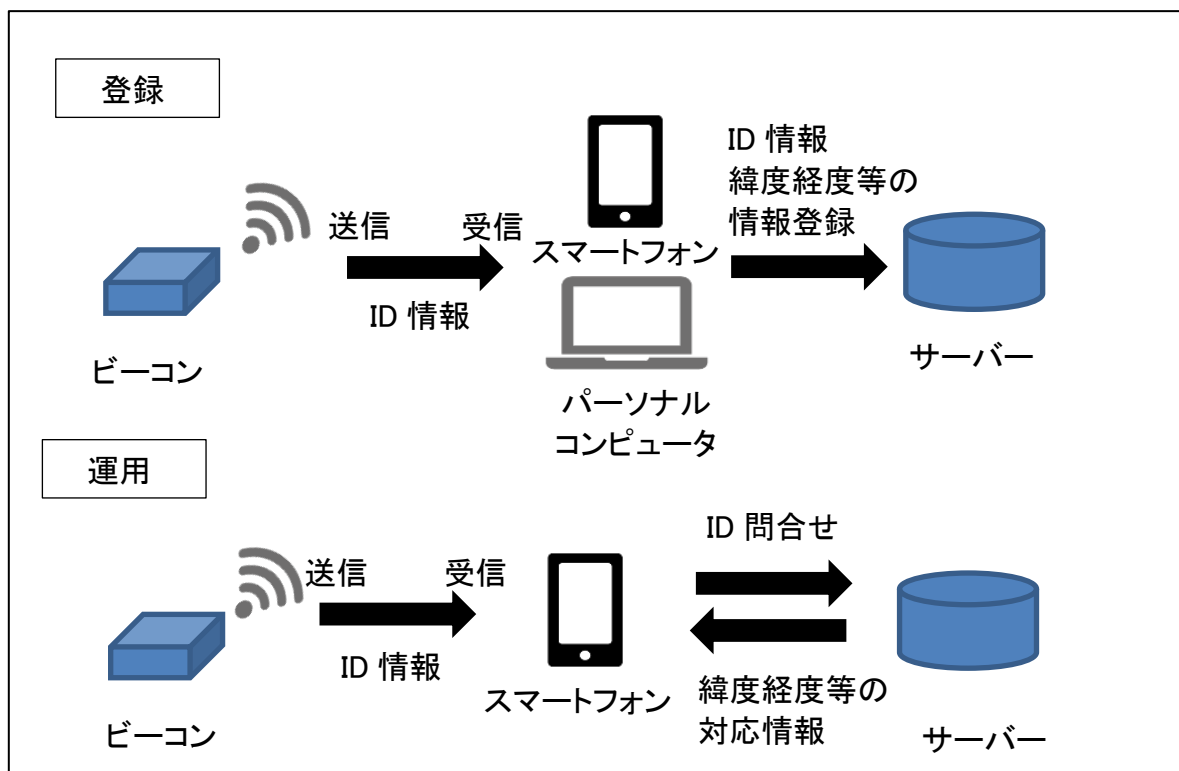


1.1.2 屋内測位サービス

一般に、屋外の測位技術としては GPS が利用されています。一方、ビーコンは GPS の電波の届かない屋内のスポット測位のために利用されています。現在、ビーコンの ID 情報と位置情報を結びつける仕組みが整いつつあります。このような用途には、低消費電力のビーコン端末が求められます。

屋内測位サービスではビーコンの設置時、ビーコンの ID 情報と場所の緯度経度等の情報を登録します。実際の運用の際は、ビーコンの ID 情報を受信したスマートフォンがその ID 情報をもとに緯度経度等をサーバーに問合せし、情報を取得して地図アプリに位置を表示します。

図 3 屋内測位サービス



1.2 トラッキング

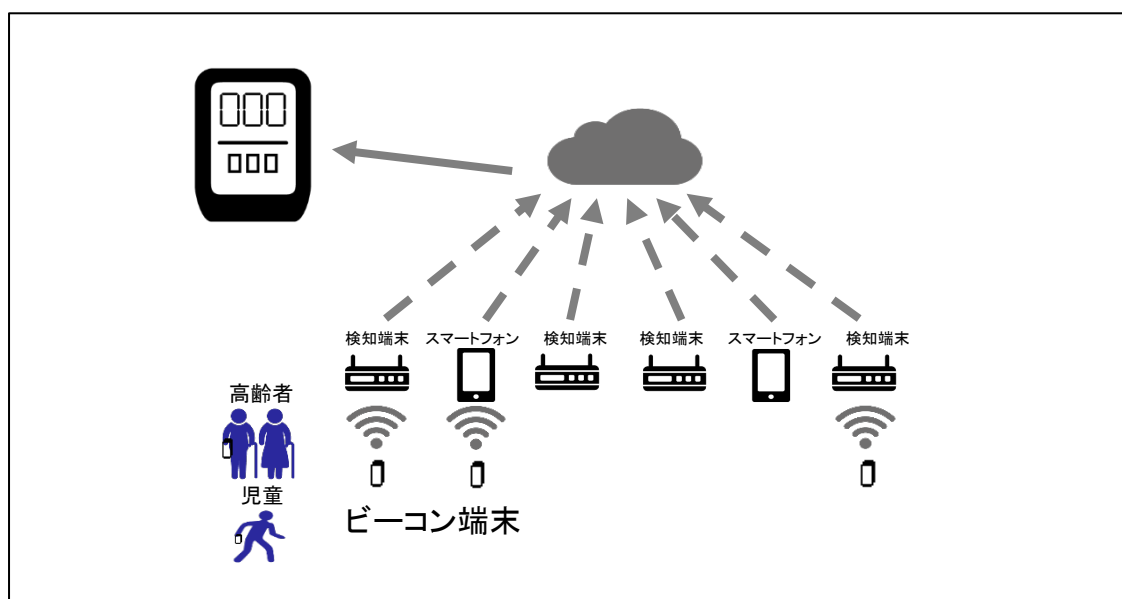
人や物の動態の位置検出に利用されています。

1.2.1 人

人のトラッキングでは、高齢者や児童等がビーコン端末を所持します。そのビーコン端末の電波を受信するために、施設や主たる場所に検知端末を設置します。設置場所の例としては、児童向けには学校、高齢者向けには公民館、また自宅や公共の場所などが挙げられます。その他、地域のボランティアの人が保有するスマートフォンにビーコンの ID 情報を受信するための特別なアプリケーションをインストールして利用するケースなども考えられます。検知端末やスマートフォンが受信したビーコンの ID 情報と、それぞれの検知端末やスマートフォンの位置情報をサーバーに保存します。

サーバーに保存された ID 情報と位置情報は、関連する限定した人のみに、スマートフォンの地図アプリケーション上に示すことができます。これにより、ビーコンを所持している人の位置情報を把握でき、見守り端末に応用できます。

図 4 人のトラッキング



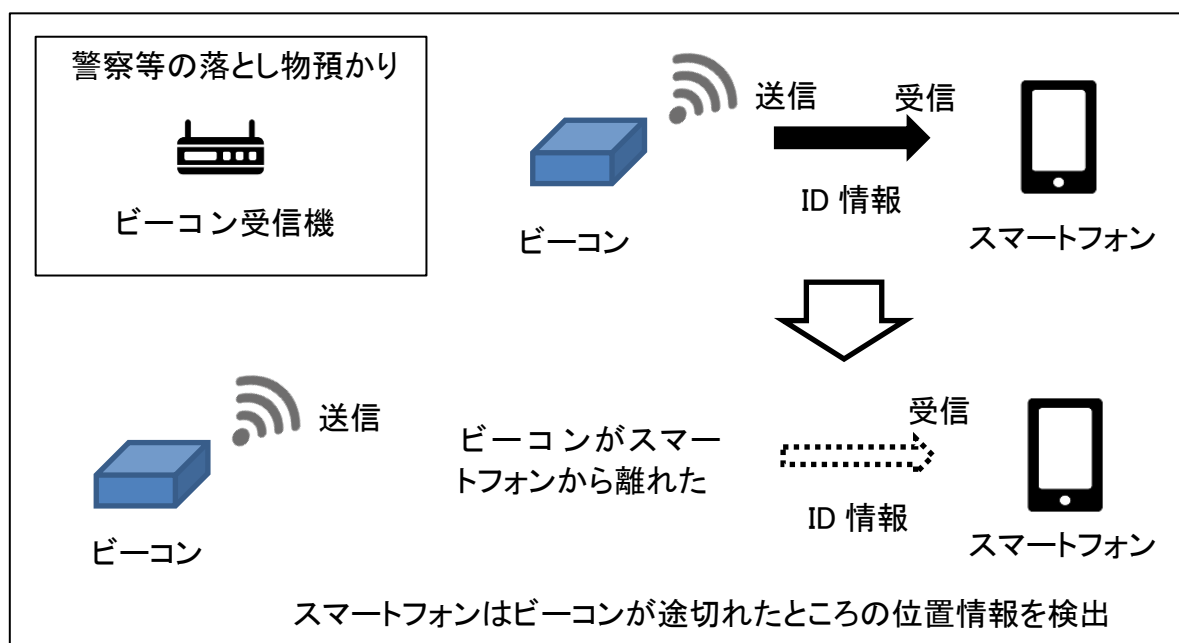
1.2.2 落とし物発見

落とし物発見には、紛失したくない物にビーコン端末を付けて利用します。スマートフォンのアプリケーションはビーコン電波を随時受信して使用します。

スマートフォンはビーコンの受信が途切れた時、認識している位置情報を記憶します。この仕組みで、ビーコン端末がスマートフォンの近くにいつまであったのか時間と場所を把握することができます。

また、警察等の落とし物預かり所にビーコン受信機がある場合、そのビーコン受信機がそこにあるビーコンの ID 情報を受信し、ID 情報をサーバーに保存します。もし、探している物が落とし物として届けられた場合、そのビーコンの ID 情報をもとに、ビーコン端末が落とし物預かり所にあることがわかります。

図 5 落とし物発見



1.3 センサーデバイス

温度等のセンサーデバイス情報は、利便性のため、オープンに不特定多数にブロードキャストして使用する用途があります。例えば、容易に状態を確認できない狭所や目視不可の場所に設置するセンサーなどです。

1.3.1 狭所設置センサー

狭所にあるメーター値やフィルタ交換タイミングをビーコンのデータで通知する使い方があります。このような使い方では低消費電力での動作が求められます。

低消費電力動作のために、たとえばメーター値やフィルタの状態が変わった時のみ、一定期間にビーコンのデータを通知する使い方ができます。

正常動作確認のために一定タイミングでビーコンを送信する必要がある場合は、ビーコンの送信間隔をあけることで、低消費電力動作が実現できます。

1.3.2 機器制御

機器制御にもビーコンが利用されています。機器に連携するセンサー等の状態のデータをビーコンで送ります。機器がビーコンのデータを監視して、データに合わせて機器を適切に動作させることができます。用途として、表 1 センサー応用のような使い方ができます。

表 1 センサー応用

分類	アプリケーション	用途
Home Appliance	エアコン	遠隔の温度・湿度監視
Home Appliance	空気清浄機	空気の汚れをくまなく監視
Home Appliance	ポット	熱センサーで沸騰通知、揺れを感知停止
Home Automation	セキュリティ	侵入者を検出(ガラス破り)
Smart Home	オーニング(Awning)	雨、明るさで開閉
Smart Home	照明(外灯)	明るさでオン／オフ
Smart Home	防犯システム	人感センサーで通知
Building Automation	照明、空調	人感センサーを元に、各種システム制御
Building Automation	ドア	音により開閉
Hobby	散水(ガーデニング)	土の状態、温度を監視して散水
Hobby	ペット監視	ペットの状態通知
Hobby	犬のお散歩グッズ	犬の引っ張る力を通知

2. ビーコンに対する要求

ビーコンには、低消費電力・通信距離・データの送り方について要求があります。

2.1 低消費電力

ビーコン発信機は、コイン型電池や小型バッテリーで動作することが多いです。常に一定間隔で電波を送信し続けるため、可能な限り低消費電力で動作することが求められます。

2.1.1 電池交換の頻度

電池動作アプリケーションの電池交換は、交換電池の準備、電池を交換するための煩雑な作業などのため、なるべく手間を省くことがユーザーに望まれます。そのため、電池交換のタイミングを見計らうために、電池寿命の見積もりが重要となります。

下記の計算式でバッテリーの電力量とアプリケーションの消費電力から電池寿命が求められます。また、一般的にバッテリーの使用可能な電力量は、自己放電を加味して、全体の 80%になるといわれています。

$$(\text{バッテリーの電力量[Wh]} * 0.8 / \text{アプリケーションの平均電力[W]}) / 24[\text{h}] = \text{電池寿命日数[days]}$$

例えば CR2032 の容量が 220mAh の場合、電圧 3V で電力量は 660mWh になります。そして、Bluetooth low energy 端末の平均電流が 20uA の場合、電圧 3V で 60uW = 0.06mW が平均電力になります。

$$(660\text{mWh} * 0.8 / 0.06\text{mW}) / 24 \approx 366 \text{ 日}$$

この場合、1 年間電池が持つ計算になります。ビーコン端末の送信間隔を変更して、平均電力を小さくできれば、電池交換の回数を減らすことができます。

主な電池の容量の目安を参考に記載します。

コイン型 CR2032 は 220mAh@3V、単 5 型アルカリ乾電池は 800mAh@1.5V、単 4 形アルカリ乾電池は 1,100mAh、単 3 形アルカリ乾電池は 2,400mAh です。

これらの情報を元に電池を選択します。但し、これらの電池容量はメーカーにより異なり、使用時の電圧降下も考慮に入れる必要があります。

なお、RL78/G1D の消費電流の概算値は、Web Simulator 消費電流計算ツールで求めることができます。

Web Simulator 消費電流計算ツール

<http://resource.renesas.com/resource/lib/jpn/websimulator/index.html>

2.1.2 電池レスでの利用

電池の交換回数を減らす究極の使い方は、電池レスです。

電池レスでも、動作には当然エネルギー源が必要です。電池レスのエネルギー源としては、振動、加速度、衝撃、荷重、太陽光等が考えられます。

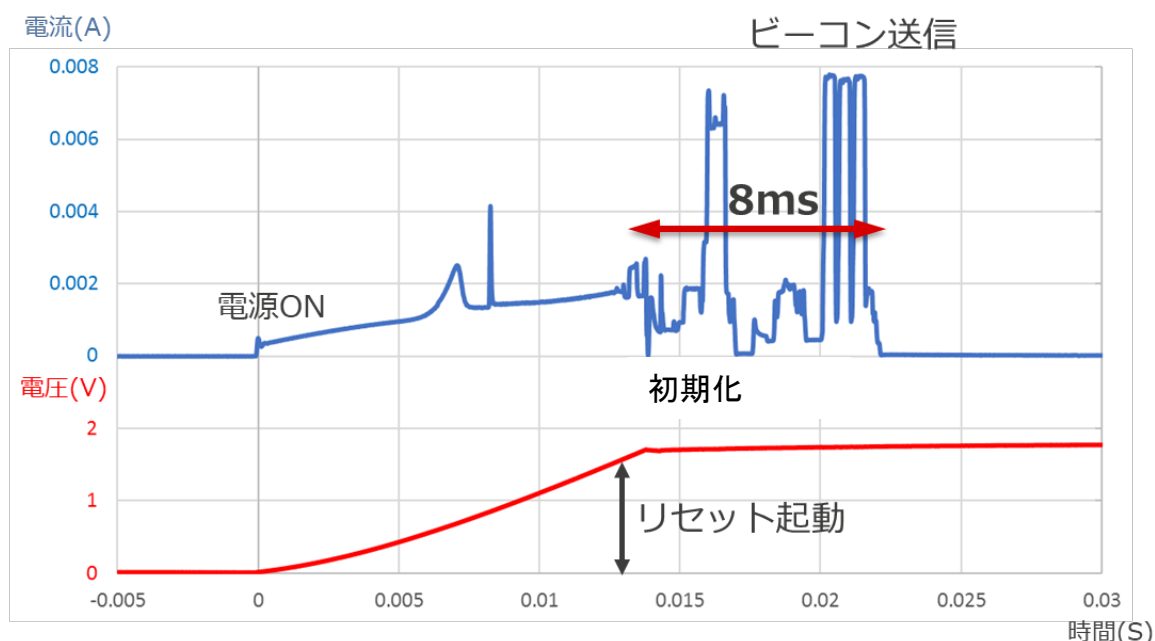
これらのエネルギーは、発電方法により交流／直流の違いがあり、また発電される電圧も異なります。微小エネルギーを整流し直流にして、コンデンサ等にチャージして使用します。コンデンサは安価な小さい容量のものが求められます。そして、小さいコンデンサで動作するために、低消費電力で短い時間で起動することが求められます。

ビーコンの電源供給からデータを送信する電流波形の一例を下記に示します。マイコンが起動、短い時間で初期化を実行、ビーコンを送信します。その後、マイコンをスリープモードにし、電力の使用量を減らします。

太陽光発電のように持続的に発電をするエネルギー源の場合、スリープモード時にビーコンのデータ送信ができるレベルの電力をコンデンサにチャージして、一定期間後に送信を実行します。これからわかるように、パケット送信に必要な電力量が少なければ、短い間隔でビーコンのデータを送信することができます。

また、衝撃のように単発的な発電をするエネルギー源の場合、衝撃のたびにマイコンを起動、初期化を実行、ビーコンを送信、エネルギー源が減ることで電圧が下がりビーコンの送信を終了する使い方になります。この場合、なるべくビーコンのデータが受信側に伝わるように、短い間隔で多くのビーコンを送信するようにすると効果があります。

図 6 電流波形の一例



2.2 通信距離

ビーコンを使った測位では、電波の減衰する特性を利用して発信機と受信機間の距離を推定することができます。また、局所的な認識のため、近接範囲での通信を求める場合があります。

2.2.1 測位の精度

ビーコンの使用する 2.4GHz は多くの機器が使用している周波数帯域です。また、比較的弱い送信パワーで使用する通信規格であるため、電波干渉等の電波の特性について知っておく必要があります。

一般的に電波の特性は、距離の二乗に反比例して減衰します。障害物が何もないければ直進します。障害物の材質により反射や吸収等の現象が起こります。周波数が低いと回り込みます。類似電波が有ると電波を強めたり弱めたりします。

特に 2.4GHz の場合、障害物の材質により反射や吸収等の現象が起こります。環境により通信距離が変わることに注意が必要です。

受信強度 (RSSI=Received Signal Strength Indicator) は、下記の計算式で示すことができます。電波状態を示す伝搬環境係数 n によって通信距離のカーブは異なります。

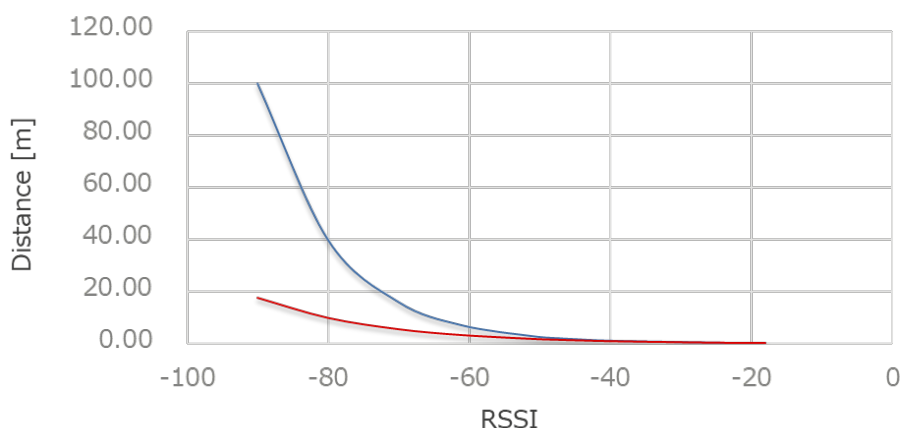
$$\text{RSSI} = \text{TxPower} - 40 - (10 \cdot n) \cdot \log_{10}(\text{Distance}) \quad n: \text{伝搬環境係数}$$

$$\text{Distance} = 10^{((\text{TxPower} - \text{RSSI} - 40) / (10 \cdot n))}$$

青(上線)は伝搬環境が良い場所で $n=2.5$ の場合、赤(下線)は伝搬環境が悪い場所で $n=4.0$ の場合です。RSSI 値が小さい時では、距離の算出結果が大きく異なります。

そのため、iBeacon では、Immediate (非常に近い)、Near (近い)、Far (遠い) のように示すことになっています。このように、およその距離の判断ができる程度と理解しておいてください。

図 7 RSSI vs Distance



2.2.2 通信範囲

ビーコンを POI(point-of-interest)として利用する際、通信範囲の制限をしたい場合と、なるべく広範囲に通信をしたい場合があります。

通信範囲を制限したい場合、送信出力を下げるのが一つの手段です。また、設置場所の高さや、アンテナの設置向きを考え、検証をしながら設置をする必要があります。

2.3 各種データの送信

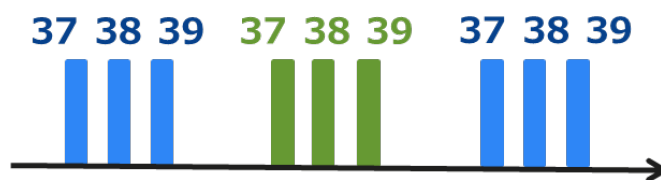
ビーコンは、各種アプリケーションへの応用用途が増えています。そのため、複数データの対応等の要求があります。

2.3.1 複数データの対応

ビーコンによるデータ送信には、ID データ送信、センサーデータ送信、独自フォーマットで何らかのデータを送信等のケースがあります。そこで、1 種類のデータのみでなく、複数種類のデータを送る使い方ができます。

また、ビーコンは、データサイズに制限があるため、多くのデータを送るためには複数パケットに分割して送る使い方をします。

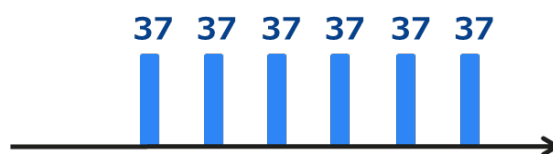
図 8 異なるデータを送信



2.3.2 同一チャンネルの送信

ビーコンは他の電波との衝突を避けるために、通常、送信／受信側もチャンネルを切り換える使い方をします。但し、受信側を独自の仕様で使用する場合は、受信側のチャンネルを固定、送信側もチャンネルを固定して、通信確度をあげる使い方ができます。

図 9 同一チャンネルのみに送信



3. ビーコン・フォーマット

3.1 ID データ送信

ビーコン・フォーマットの ID データ送信は、場所、物、人にユニーク ID を付け、その ID データを送信して、アプリケーションを実現します。

歴史的に iBeacon™ が初期に発表されたことや、iPhone® で使用されることで、iBeacon フォーマットが採用される場合が多いです。

3.1.1 iBeacon

iBeacon(アイビーコン)は、Apple 社が規定したフォーマットであり、Apple 社の商標です。アップルが 2013 年に発表したもので、iBeacon はビーコンの代名詞になっています。

iBeacon のデータ構成は、下記のデータを送る構成になっています。

- UUID
- Major
- Minor
- TX power

UUID は 128 ビットの識別子です。この識別子はある単位で共通のものを使用します。Major, Minor は、それぞれ 16 ビットのデータで、ビーコン前にユニーク値を使用します。一つの UUID で、Major/Minor の組合せで、多くの数量に利用できます。TX power は 8 ビットでビーコン自身から決められた地点の送信パワーを示します。詳細については、Proximity Beacon Specification を参照してください。ライセンスの同意をして下記から入手できます。

iBeacon

<https://developer.apple.com/ibeacon/>

先頭部分のフォーマットは、表 2 iBeacon フォーマットのようになります。

表 2 iBeacon フォーマット

Byte(s)	Value	Field	Description
0	0x02	Length	2 bytes
1	0x01	AD Type	<<Flags>>
2	0x06	AD Data	LE General Discoverable Mode (bit1) BR/EDR Not Supported (bit2)
3-29			Please Proximity Beacon Specification.

3.1.2 Eddystone-UID

Eddystone(エディーストン)は、Google 社が規定したオープン仕様です。iBeacon に続いて、Google が 2015 年に発表したものです。Eddystone-UID はユニーク ID を送るフォーマットです。Eddystone-UID のデータ構成は、下記のデータを送る構成になっています。

- Namespace ID
- Instance ID
- Tx power

Namespace ID は 80 ビットの名前 ID です。この ID は、FQDN の SHA-1 ハッシュ化した最初の 10 バイトを使用します。もしくは、UUID の 5～10 バイト目を削除したデータを使用することが推奨されています。Instance ID は 48 ビットのインスタンス ID です。この ID エリアを iBeacon で定義の Major/Minor の 4 バイトのように使用することができ、6 バイトまで拡張して使用することができます。TX power は 8 ビットでビーコン自身から 0 メートル地点での送信パワーを示します。フォーマットは、表 3 Eddystone-UID フォーマットのようになります。

表 3 Eddystone-UID フォーマット

Byte(s)	Value	Field	Description
0	0x02	Length	2 bytes
1	0x01	AD Type	<<Flags>>
2	0x06	AD Data	LE General Discoverable Mode (bit1) BR/EDR Not Supported (bit2)
3	0x03	Length	3 bytes
4	0x03	AD Type	<<Complete List of 16-bit Service Class UUIDs>>
5,6	0xAA, 0xFE	AD Data	Eddystone (0xFEAA)
7	0x17	Length	23 bytes
8	0x16	AD Type	<<Service Data>>
9, 10	0xAA, 0xFE	Service UUID	16 bit Service UUID, Eddystone UUID (0xFEAA)
11	0x00	Frame Type	UID
12	0xFF	TX Power	Calibrated Tx Power at 0 m
13-22		Namespace ID	Namespace ID, 10 bytes
23-28		Instance ID	Instance ID, 6 bytes
29,30		RFU	Reserved for future:0x00, 2 bytes

仕様の詳細は下記になります。

Google Beacon Platform

<https://developers.google.com/beacons/eddystone>

Eddystone-UID

<https://github.com/google/eddystone/tree/master/eddystone-uid>

3.2 センサーデータ送信

3.2.1 Eddystone-TLM

Eddystone(エディーストン)は、Google 社が規定したオープン仕様です。Eddystone-TLM は、バッテリー電圧、温度等を送るフォーマットです。Eddystone-TLM のデータ構成は、下記のデータを送る構成になっています。

- Battery voltage, 1mV/bit (2 バイト)
- Beacon temperature (2 バイト)
- Advertising PDU count since power-on or reboot (4 バイト)
- Time since power-on or reboot (4 バイト)

Eddystone-TLM は、非暗号、暗号を定義しています。非暗号のフォーマットは、表 4 Eddystone-TLM フォーマットのようになります

表 4 Eddystone-TLM フォーマット

Byte(s)	Value	Field	Description
0	0x02	Length	2 bytes
1	0x01	AD Type	<<Flags>>
2	0x06	AD Data	LE General Discoverable Mode (bit1) BR/EDR Not Supported (bit2)
3	0x03	Length	3 bytes
4	0x03	AD Type	<<Complete List of 16-bit Service Class UUIDs>>
5,6	0xAA, 0xFE	AD Data	Eddystone (0xFEAA)
7	0x10	Length	16 bytes
8	0x16	AD Type	<<Service Data>>
9, 10	0xAA, 0xFE	Service UUID	16 bit Service UUID, Eddystone UUID (0xFEAA)
11	0x20	Frame Type	TLM
12	0x00	TLM Version	
13,14		VBATT	Battery voltage, 1 mV/bit
15,16		TEMP	Beacon temperature
16-19		ADV_CNT	Advertising PDU count
20-23		SEC_CNT	Time since power-on or reboot

All multi-byte values are big-endian.

仕様の詳細は下記になります。

Eddystone-TLM

<https://github.com/google/eddystone/tree/master/eddystone-tlm>

3.2.2 独自フォーマット

ビーコンのデータは、独自フォーマットで 사용할 수 있습니다. 이 형식은, 센서 데이터의 전송에 사용될 수 있는 경우가 많고, 센서의 데이터를 Manufacturer Specific Data に定義して利用します. Manufacturer Specific Data の先頭 2 バイトに、Company Identifier Code を付けます. Company Identifier Code は、Bluetooth SIG のメンバーになり、申請した企業に割り当てられる固有の数字です. 詳細は、Bluetooth SIG のウェブページを確認してください. フォーマットは、表 5 独自フォーマットのようになります.

カスタムデータとして最大 24 バイトを送ることができます. この部分に、センサーを識別する固有値、複数のセンサーデータに利用します.

表 5 独自フォーマット

Byte(s)	Value	Field	Description
0	0x02	Length	2 bytes
1	0x01	AD Type	<<Flags>>
2	0x06	AD Data	LE General Discoverable Mode (bit1) BR/EDR Not Supported (bit2)
3	Max 0x1B	Length	XX bytes (Max: 27 bytes)
4	0xFF	AD Type	«Manufacturer Specific Data»
5, 6	0xFFFF	Company ID	Company Identifier Code: 2 bytes (0xFFFF)
7-30		Custom Data	Custom element: Max 24 Bytes

Company Identifier Code の詳細は下記になります.

Bluetooth SIG – Company Identifier Code

<https://www.bluetooth.com/specifications/assigned-numbers/company-identifiers>

3.3 その他

3.3.1 URL (Eddystone-URL)

Eddystone(エディーストン)は、Google 社が規定したオープン仕様です。Eddystone-URL は、ウェブページに誘導する URL を送るフォーマットです。これは、2014 年に開始された Google の Physical Web プロジェクトで策定されました。その後、Google Chrome でサポートしていた時がありましたが、今はサポートをしていません。サービスを構築するには、独自のアプリケーションを用意して実現をするようになります。GitHub に Physical Web の情報がありますので、ご参照ください。

ビーコンのデータは、サイズに制限があります。そのために、ウェブページのURLは Short URL で利用することを想定しています。Short URL 作成のサービスは、Firebase Dynamic Links (FDL)、Ow.ly、Bitly 等のサービスがあります。このようなサービスを利用することで容易に Short URL を作成できます。

表 6 Eddystone-URL フォーマット

Byte(s)	Value	Field	Description
0	0x02	Length	2 bytes
1	0x01	AD Type	<<Flags>>
2	0x06	AD Data	LE General Discoverable Mode (bit1) BR/EDR Not Supported (bit2)
3	0x03	Length	3 bytes
4	0x03	AD Type	<<Complete List of 16-bit Service Class UUIDs>>
5,6	0xAA, 0xFE	AD Data	Eddystone (0xFEAA)
7	0x17	Length	23 bytes
8	0x16	AD Type	<<Service Data>>
9, 10	0xAA, 0xFE	Service UUID	16-bit Service UUID, Eddystone UUID (0xFEAA)
11	0x10	Frame Type	URL
12	0xFF	TX Power	Calibrated Tx Power at 0 m
13	0x00	URL Scheme	URL Scheme, 1 byte: 0x00 http://www. 0x01 https://www. 0x02 http:// 0x03 https://
14-30		Encoded URL	Length 1-17

仕様の詳細は下記になります。

Eddystone-URL

<https://github.com/google/eddystone/tree/master/eddystone-url>

GitHub Physical Web

<https://github.com/google/physical-web>

4. ビーコンの実装

4.1 ブロードキャスト（アドバタイジング）

ビーコン動作に特化したビーコンスタックを提供します。

ビーコンスタック関連は、表 7 ビーコンスタック ドキュメントを用意しています。ビーコン動作のサンプルプログラムは、「基本機能 サンプルプログラム(R01AN3045)」に同梱されています。プログラムは、約 15KB の小さなサイズです。したがって、無償の評価版でコンパイルができ、手軽に試すことができます。

また、Bluetooth low energy のコネクトモードを利用して、ビーコンの設定を変更できるようにするアプリケーションノート「接続確立とビーコンデータ更新 サンプルプログラム(R01AN3313)」を用意しています。

表 7 ビーコンスタック ドキュメント

名称	ドキュメント番号
RL78/G1D ビーコンスタック ユーザーズマニュアル	R01UW0171
RL78/G1D ビーコンスタック 基本機能 サンプルプログラム	R01AN3045
RL78/G1D ビーコンスタック 接続確立とビーコンデータ更新 サンプルプログラム	R01AN3313

ビーコンスタックのサンプルプログラムで、ビーコンを試す方法を示します。

設定は、ハードウェアの設定とアプリケーションの設定があります。ハードウェアの設定は、下記の設定があります。これらの設定により起動時の処理時間、動作タイミングの精度が変わります。用途に合わせて変更して使用します。

- MCU メイン・システム・クロック周波数
- RF 送受信動作で受信動作有無
- RF 内蔵 DC-DC コンバータの使用／未使用
- RF スロー・クロック供給源
- RF 内蔵オシレータのキャリブレーション有無

エネルギーハーベスティング向けは、下記の設定で起動時間を短くし、低消費電力の動作が実現できます。また、MCU 部は内蔵している LDO レギュレータで動作しているため、低い電圧ほど電力量が小さくなります。したがって、外部でレギュレータ等を使用する場合、MCU を最小動作電圧 1.8V の LS(低速メイン)モードで動作をした場合、1.8V に近い電圧で動作するのが、低消費電力になります。

消費電力の削減ができるように、詳細の設定は、「基本機能 サンプルプログラム (R01AN3045)」のエネルギーハーベスティング向けハードウェア設定を参照してください。

- RF 送受信動作では送信のみ有効に設定して RF 初期化時間を短縮
- RF 内蔵 DC-DC コンバータは使用する設定にして RF 送信電流を削減
- RF スロー・クロック供給源に RF 内蔵オシレータを選択して XT1 オシレータの発振安定待ち時間を削減

- RF 内蔵オシレータのキャリブレーションをなしに設定にしてキャリブレーション処理を削減

次にビーコンのデータ変更について説明します。

アプリケーションの設定は、ビーコン動作とスキャン動作の設定、ビーコン動作の初期値としてプログラムコードに設定することができます。

また、容易にユニークなビーコンの動作設定ができるように、指定したフラッシュメモリ領域にユニークコードを書き込むことができます。図 10 に Renesas Flash Programmer のユニークコードの設定例を示します。各種設定に加え、グレー色のところのようにビーコンのデータを設定することができます。詳細は、「基本機能 サンプルプログラム(R01AN3045)」の 6.2.2 システム動作設定を参照してください。

ユニークコードの書き込みは、ルネサスのフラッシュ書き込みソフトウェア「Renesas Flash Programmer」で容易に設定ができます。

図 10 Renesas Flash Programmer のユニークコードの設定例

```

1: // -----
2: // -- System Configuration for RL78/G1D Beacon Stack Sample Program --
3: // -- Device Part Number : R5F11AGJ --
4: // -----
5: format hex
6: area user flash
7: address 0x3f400
8: size 122
9: index data
10: 000001 B39A7856341200FFA00001070009FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFB0201060303AAFE1316AAFE10EE02676F6F2E67
6C2F3764694C5478000000001B0201060303AAFE1316AAFE10EE02676F6F2E676C2F3764694C5478000000001E1E0952656E
6573617320524C37382F47314420426561636F6E204461746100

```

4.2 オブザーバー（スキャン）

オブザーバーは、ビーコンパケットを受信するためにスキャンを実行して、ビーコン端末からのデータを受信します。受信チャネル、RSSI、パケットに格納された情報を UART で送信する機能をビーコンスタックのサンプルプログラムでサポートしています。

「基本機能 サンプルプログラム(R01AN3045)」では、UART のコマンドでスキャンの開始・停止と設定の変更ができます。またサンプルプログラムは重複フィルタリングと RSSI でフィルタリングを実行できます。

- 重複フィルタリングを有効にすると、同一のデバイスアドレスと Advertising データを含む同一 Advertising パケットを再度受信した場合に、ホストには未通知にできます。
- RSSI フィルタリングを有効にすると、受信した Advertising パケットの RSSI が閾値未満の場合に、ホストには未通知にできます。

サンプルプログラムは ASCII 形式またはバイナリ形式の UART に対応します。図 11 ASCII 形式 UART 送受信例は、White List を設定して、特定のデバイスのみを受信した場合です。このように容易にビーコンの受信を試すことができます。

図 11 ASCII 形式 UART 送受信例

```
ADV_IND      RANDOM 64:1D:DB:DD:82:5E 38ch -77dBm 14byte 02011A0AFF4C001005031C2BAA92
SCAN_RSP     RANDOM 64:1D:DB:DD:82:5E 38ch -81dBm 0byte
ADV_NONCONN_IND RANDOM 16:62:C8:BF:21:9B 38ch -65dBm 31byte 1EFF060001092002DE1062D0148983495CAB2789220F6DDD875FA00E7161AB
Stop Scan :OK
wlist pub74905000531e
Add White List :OK

Start Scan :OK
ADV_IND      PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 16byte 0201060C09524C37382D466173743031
SCAN_RSP     PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 0byte
ADV_IND      PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 16byte 0201060C09524C37382D466173743031
SCAN_RSP     PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 0byte
ADV_IND      PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 16byte 0201060C09524C37382D466173743031
SCAN_RSP     PUBLIC 74:90:50:00:53:1E 37ch -49dBm 0byte
```

5. 最後に

Bluetooth low energy のビーコン動作を各種アプリケーションに利用することで、より便利な製品やシステムを実現できます。

RL78/G1D(R5F11A), RL78/G1D モジュール(RY7011)を利用するビーコン端末は、「2. ビーコンに対する要求」のように、低消費電力、各種データの送信に対応ができます。

低消費電力により電池交換回数を減らすことができ、またエネルギーハーベスト技術を利用すると、電池交換不要の電池レスのビーコン端末を実現することもできます。

ルネサスの Bluetooth low energy ソリューションについては、下記ホームページをご参照ください。

Bluetooth low energy

<https://www.renesas.com/solutions/proposal/bluetooth-low-energy.html>

参考文献：

屋内測位のための BLE ビーコン設置に関するガイドライン Ver.1.0

(国土交通省 国土地理院 測地部)

表紙～第 3 章 <http://www.gsi.go.jp/common/000198740.pdf>

第 4 章～付録 <http://www.gsi.go.jp/common/000198741.pdf>

国土地理院 位置情報基盤 WG

<http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/ichikibanWG.html>

国土交通省 高精度測位社会プロジェクト

http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk1_000091.html

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.0	2019.05.14		新規

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後、切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違うと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.4.0-1 2017.11)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

iPhone®、iBeacon™は、米国および他の国々で登録された Apple Inc. の商標です。

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。