

## ホワイトペーパー

# IoT エンドポイント向け ルネサス RL78 クイックソリューション

2019年1月

## 概要

ルネサス RL78 マイクロコントローラユニット (MCU) ファミリーは、低消費電力や高効率な CPU パフォーマンスといったデバイス性能に加え、ワイヤレスでのデバイス間通信やデバイス・システム間通信といったコネクティビティ機能がサポートされているので、さまざまな IoT (Internet of Things) センサやエンドポイントへの実装が非常に容易になっています。ユーザーは、RL78 MCU を使ってデータ処理や信号処理をエッジセンサに近い位置で実現しネットワークレイテンシを短縮し、リアルタイムなレポート処理を可能にする「ニアセンサ処理に最適なプラットフォーム」を構築することが可能です。RL78 MCU は、高度に統合されたアーキテクチャ、堅牢な開発サポート環境、優れた設計ツール、さらにセキュリティや安全機能が組み込まれているため、コンパクトでエネルギー効率の高い IoT システム開発を低コストで実現することができます。

さらに、ルネサスは IoT 製品のいくつかの実用例をプラットフォーム化して、ユーザーズマニュアル、ソースコード、サンプルコード、回路図、プリント基板 (PCB) のレイアウトなど、ダウンロード可能なドキュメントとソフトウェアのライブラリを含む完全なリファレンスデザインを、「RL78 クイックソリューション」という名称で展開しました。このリファレンスデザインは、ユーザーズマニュアル、ソースコード、サンプルコード、回路図、部品表、プリント基板 (PCB) のレイアウト、Gerber ファイルなど、ダウンロード可能なドキュメントとソフトウェアのライブラリを含む完全なリファレンスデザインキットになっています。このクイックソリューションを利用することで、お客様は IoT 製品のプロトタイプ開発を加速し製品化までの時間を大幅に短縮することができます。

## コネクテッド IoT システムにおいてニアセンサ処理を実現

大規模 IoT システムには、膨大な量のデータやアナログ現象を監視、収集、送信するための何千ものネットワークセンサーが組み込まれています。一方では、こういったデータをより迅速に送信・処理し、迅速なインテリジェンスを提供するという要求が、これまで以上に高まっています。従来の IoT ネットワークスキームは、IoT データ処理を中央に一元化していました。ネットワークエッジのセンサーノードがイベントを検出し、すべての生データを中央の監視ポイント (ネットワークのエッジから遠いケースが多い) に送信して処理します。こういった中央集中処理方式においては、ノイズの多い通信リンクを介してデータ信号が送信されると、データ待ちの時間やデータ破損の事態が発生する可能性もあります。大規模 IoT システムが、製造、公共安全、輸送、医療といった重要なインフラ環境で使用される場合、中央集中処理方式は、極めて利便性の悪い処理方式であり、さらには危険な状況を引き起こす可能性もあります。

「ニアセンサ処理」と呼ばれる最近の IoT ネットワークアーキテクチャは、データ処理や信号処理をセンサに隣接する場所に配置することによって、こういった問題に対処します。データを送信する前に、センサ出力をフィルタ処理

すれば信号品質やシステムの信頼性が向上します。ただし、デジタル信号処理は非常に数値計算量が多く消費電力も大きくなるので、これまではネットワークエッジ側に負担させることが困難でした。

ニアセンサ処理とは、小型化・軽量化・低消費電力（SWaP: Size, Weight And Power）を備えた新世代の超小型センサ・サブシステムであり、同時にコスト、待ち時間、帯域幅、システムの複雑性などの軽減も必要となります。したがって、効果的にニアセンサ処理を実現するためには、効率的な信号処理、高速ウェイクアップ時間、リモート機器・ポータブル機器として電力消費やバッテリー寿命を最適化できる電力管理機構などが備わっている必要があります。さらにエッジ側のリアルタイムデータ処理効果をシステムとして有効活用するためには、個々のニアセンサ・サブシステムには、確実にデータ送信ができ低コストで設計が容易なワイヤレス接続機能が必要になります。

ルネサス RL78 ファミリの MCU は、より高速でミッションクリティカルな IoT システムに必要なニアセンサ処理をサポートするための多くの機能を提供します。無線接続は IoT データを送信するための鍵であり、特定の RL78 MCU には無線通信機能（RF）が内蔵されています。RL78 MCU は、オンチップ A/D・D/A コンバータ、プログラマブルゲインアンプ、コンパレータ、オペアンプ、アナログマルチプレクサなど、多くの統合アナログ周辺機能がサポートされています。RL78 MCU は、同クラスのマイクロコントローラに比べて電力効率が大幅に向上しており、バッテリー寿命が大幅に向上します。データサンプリング点のすぐそばでデータ処理や信号処理が行えるため、待ち時間を減らしリアルタイムなレポートを可能にする IoT センサシステムに最適なプラットフォームです。

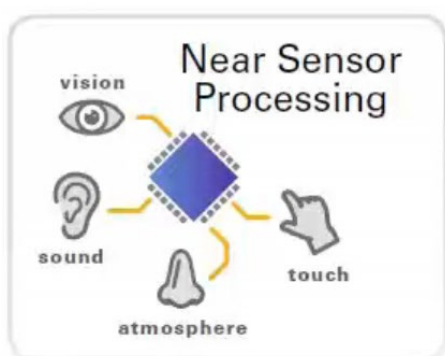


図 1. ニアセンサ処理方式は、多様で処理量が大きなアナログセンサーの IoT 化に最適

### ニアセンサ処理に必須の無線接続機能

色々な無線通信方式の中で、Bluetooth® Low Energy と Sub-GHz 帯無線通信、この 2 つの無線通信方式が、デバイス・デバイス間通信およびデバイス・システム間通信といったニアセンサ処理を行うシナリオで最も有効な通信方式と考えます。

### Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy は、Bluetooth ワイヤレス技術の低エネルギー・モードです。Bluetooth Low Energy の電力効率は、ポータブル、バッテリー駆動、および非常に低エネルギー消費動作が必要な機器に最適です。

Bluetooth Low Energy が魅力的な理由は、IoT デバイスをスマートフォンやタブレット端末に無線接続できる点です。Bluetooth Low Energy は、ビーコンアプリ（スマートフォンに情報をプッシュするための機能）、ヘルスケア・フィットネス用アプリ、家電・ホームオートメーション・小売や、位置情報サービス、その他多くの新しい IoT アプリケーションに最適です。

ルネサス RL78/G1D マイクロコントローラは、低消費電力 Bluetooth Low Energy トランシーバ、シリアル I/O、A/D コンバータなどの豊富な周辺機能を実装：RL78/G1D は、4.3 mA の RF 送信電流（0 dBm 出力時）と 3.5 mA の RF 受信電流という業界最小レベルの消費電流特性を実現しています。またワイヤレス通信によるファームウェアのアップデートが可能な RL78/G1D 専用のソフトウェアスタックをサポートしていますので、ソフトウェアのメンテナンス効率を大幅に高めています。



図 2. RL78 / G1D モジュールはアンテナと RF 回路を内蔵

アンテナ接続に必要な回路が MCU に内蔵されているため、アンテナ回路設計を単純化できるだけでなく、多くの外付け部品が不要となるため、最終製品のコスト削減にも役立ちます。また、RL78/G1D は MCU、アンテナ、RF チップ用の 32 MHz 水晶振動子などを 8.95 x 13.35 x 1.7 mm の小型パッケージに集積したモジュールも用意しています。さらに、このモジュールは RL78/G1D の周辺機能ピンを継承しているため、モデム設定用だけでなく、MCU としての機能を組み込みシステム用に活用できます。

また、電波状況に応じて無線特性と消費電流を自動的に最適化する機能があります。Bluetooth Low Energy は、最大 20 m までの距離を低消費電力動作が可能になります。

## Sub-GHz (Wi-SUN)

2.4 GHz 帯域を使用する Bluetooth Low Energy に対し Sub-GHz 帯無線通信技術は 920 MHz 帯域の電波を使用します。Sub-GHz デバイスは、1km レンジでデータ通信を行うことができ、Wi-Fi や Bluetooth Low Energy とは異なり障害物や干渉にも強いという特徴があります。

Sub-GHz 帯無線通信は、スマート農業、ビル管理、照明、災害対応、防犯、セキュリティ、ファクトリオートメーション、物体検知、リモートコントロールなどの幅広い分野の IoT アプリケーションに最適です。

**ルネサス RL78/G1H は超低消費電力 RL78 コアと Sub-GHz 帯無線機能を統合：** この RL78 MCU は業界をリードする低消費電力で、Sub-GHz RF トランシーバは最小 5.8 mA (3.3 V 時) の消費電流で RF 受信の待機動作を行えます。RL78/G1H は RL78 MCU と Sub-GHz RF トランシーバと組み合わせ、バッテリーでの長時間動作が実現できます。

ルネサスは、IEEE 802.15.4g/e 用の支援機能をチップに内蔵しています。評価ボード、便利なスターターキット、および Wi-SUN アライアンス認証取得のソフトウェアスタックなどを、Sub-GHz 帯無線通信ソリューションとして提供しています。これにより、Sub-GHz の IoT アプリケーションをすぐに開発することが可能です。RL78/G1H は、アンテナ回路設計を簡素化するためのバラン回路とフィルタ回路を内蔵しています。さらに他の RL78 MCU と同様に、多数の高機能周辺機能も内蔵しています。これらの回路を内蔵することで、20 個以上の周辺部品を削減ができ、部品／実装／管理コストや、基板設計の再設計を削減できます。

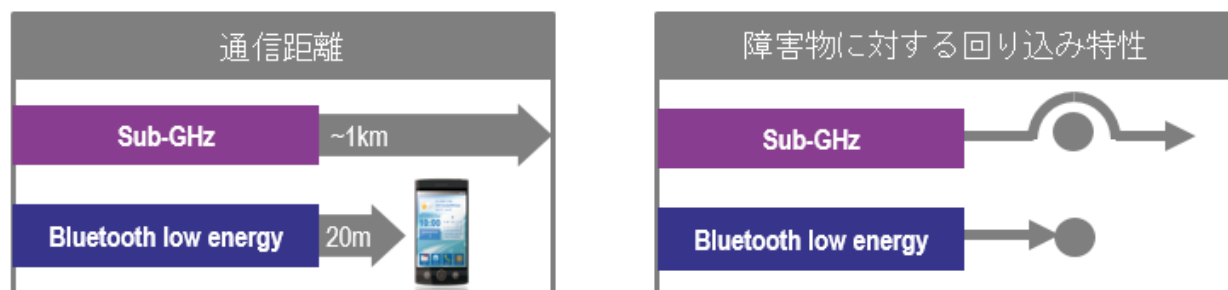


図3. Bluetooth Low Energy と Sub-GHz をサポートすることで IoT システムのさまざまなワイヤレス接続要求に対応できます

これらのソリューションを採用するシステムベンダーは、すべてのサードパーティ製デバイスとの相互接続性を確保できるため、Wi-SUN 規格を使用した家庭用エネルギー管理システム (HEMS: Home Energy Management Systems) 製品の認証を簡素化できます。

## エネルギー消費を大幅に削減する真の低消費電力デバイス

ニアセンサ処理に必要な MCU には、ネットワークエッジに必要なワイヤレス・コネクティビティ技術に加えて、データ取得点のすぐそばで大容量のデータ処理や信号処理を実行するための高効率な CPU 性能が必要です。

RL78 ファミリーは、2つの方法で真の低消費電力を実現します。それは、MCU 自体の消費電力を減らすことと、エンドアプリケーションのより効率的なエネルギー管理を可能にすることです。

ルネサス RL78 MCU は、スタンバイ・ストップモード（クロック停止で RAM 内容を保持）で  $0.23\mu\text{A}$  の超低消費電力を実現する動作、スタンバイモード（NOP 命令を実行しながら待機）で  $66\mu\text{A}/\text{MHz}$  の低消費電力を実現する動作、そして CPU ランモードで  $144\mu\text{A}/\text{MHz}$  の消費電流を実現する動作などサポートしています。CPU ランモードは、 $32\text{MHz}$  動作で最大  $51.2\text{ DMIPS}$  の性能を発揮し、市販されている同クラスの  $8\cdot 16$  ビット MCU と比較してはるかに高い性能を提供しています。

RL78 MCU には、ポータブルアプリケーションのバッテリー寿命を最適化するために不可欠な電源の効率的な使用をさらに促進する電力管理システムがあります。RL78 MCU 自体は、 $+3\text{V}$  電源を使用して  $32\text{ MHz}$  で動作した場合、全周辺機器を有効にした状態でも  $20\text{ mW}$  未満の電力しか消費しないので、家電業界が目標とする AC ライン使用時に  $100\text{ mW}$  未満の待機電力を容易に実現することができます。RL78 MCU は、デバイスが3つの低電力動作モード（Snooze, Halt and Stop）のいずれかにあり、使用していない CPU や周辺機器を無効にすることで MCU 自体の電力をさらに削減することができます。

バッテリー寿命を最大限に延長するポイントは、CPU をできるだけアイドル状態にして、アクティブ時には可能な限り効率動作する柔軟性を確保することです。CPU の **Run モード** では、CPU の最大性能が要求されない場合はオンチップオシレータをさらに低い周波数に切替えて消費電流を低減することができます。**Halt モード** では CPU 処理は停止しますが、すべての周辺機能は動作します。このモードでは、Halt モードに入る前に動作していたシステムクロックが維持されているので、システムクロックの再起動が必要なく CPU 動作を迅速に元の動作状態にすることができます。HALT モードでは、CPU が動作しているときと比較して、MCU 全体の電流を最大  $80\%$  節約できます。**Stop モード** に入った場合、ウォッチドッグタイマーやパワーオンリセット（PoR）回路といった電圧検出器は、両方ともすべての RAM データを保持したまま動作していますが、MCU の消費電力はわずか  $0.53\mu\text{A}$  になっています。さらに、 $15\text{ kHz}$  の低速クロックと  $32\text{ kHz}$  のサブクロックを動作させることができるので、日付・時刻のリアルタイムカウンタや LCD コントローラのドライバブースト回路、さらには周期動作処理に必要な  $8$  or  $12$  ビットのインターバルタイマーの動作も可能です。これらストップモードで動作するすべての周辺機能は低消費電力で動作し、その消費電力は  $1\text{ mA}$  未満です。

RL78 には、**Snooze モード** と呼ばれる特別な低電力モードが追加されています。この機能は、従来の低電力 MCU にはありませんでした。Snooze モードでは、CPU にはクロックを供給せず、シリアル通信と ADC コンバータがストップモードから高速オンチップオシレータクロックで起動し動作します。したがって、スヌーズモードはデータがキャプチャされるまで CPU の介入が不要であるという点で Halt モードと似ています。よって CPU 動作が不要な分、MCU の電流消費を節約できます。このモードは、バッテリー寿命を大幅に延ばすため、バッテリー駆動システムに最適です。

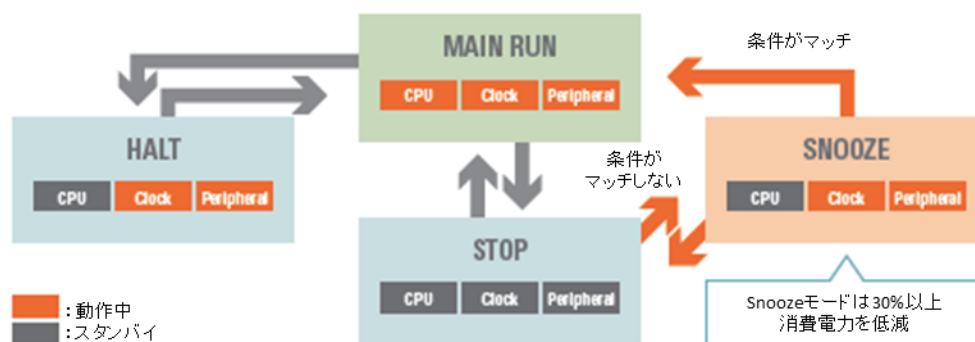


図4. RL78 にはバッテリー寿命を最大化するための3つの低電力動作モードがあります

---

## エッジノードでより多くのデータ処理を可能にする優れた CPU パフォーマンス

RL78 MCU は、他の MCU と比較できないほど高い消費電力対性能を実現しています。RL78 は、RAM、制御レジスタ、および周辺機能用のフル 16 ビットデータバスを備えた最適化ハーバードアーキテクチャ型の 16 ビット CPU を採用しています。そして 3 段パイプライン処理によりシングルプロセッサながら命令レベルの並列処理を実現しているため、最大 32MHz のクロック速度で、命令の 86% が 1 または 2 クロックサイクルで実行されます。この優れたアーキテクチャにより、RL78 MCU は 32MHz 動作で 1.6 DMIPS/MHz または約 51.2 DMIPS の Dhrystone ベンチマークを獲得しています。そして、このクラスで最も広い 1.6V~5.5V の動作電圧も提供します。

RL78 MCU は、乗算・積和・除算といった命令に対しハードウェアによる演算機能を提供しているため、乗算と MAC 演算はそれぞれ 1 サイクルと 2 サイクルで実行されます。最大 4 つの独立した DMA チャンネルをサポートしているため、2 クロックサイクルで RAM とペリフェラル間のデータ転送が可能です。ただし、RL78 MCU グループの中には、ペリフェラルデータ転送機能の柔軟性とチャンネル数を増やすための DTC 機能（データ転送制御）を備えているものがあります。

## IoT システム開発に対する RL78 のその他の利点

RL78 MCU ファミリーは、IoT アプリケーション設計・開発に必要なサポートや簡素化のために様々なオプション機能を提供します。

- **幅広いスケラビリティ**：ピン数は 10~128 ピン、フラッシュメモリは 1 KB~512 KB と 1000 以上の組み合わせでパッケージやメモリのバリエーションが利用可能です。同じシリーズ内で最小コードフラッシュサイズから最大コードフラッシュサイズまで容易に拡張でき、以前に作成・デバッグしたドライバコードを書き換えることなく、より多ピンの MCU に移行することで I/O や周辺機能を増強できます。ソフトウェア資源は、RL78 ファミリー全体で再利用できます。
- **UL/IEC 60730 規格の認証を取得した品質・信頼性・セキュリティ・安全性**：RL78 MCU には、通常動作を常時監視しシステムの信頼性を高めるための安全機能が複数備わっています。RL78 MCU は、フラッシュメモリに保存されている重要なソフトウェアコードおよびデータに対して「常時オン保護機能（always-on protection）」が備わっています。RL78 フラッシュメモリには、実績ある 130 ナノプロセスのフラッシュセル構造を使用し、フラッシュメモリ 32 ビットごとに 38 ビットの「最低電力 ECC（Error Correction Coding）」を行います。もし、フラッシュメモリが ECC 修復範囲を超えて変更された場合は、RL78 CRC（巡回冗長検査）機能がグロスエラーを識別できるため、ソフトウェアによって直ちに MCU を安全にシャットダウンさせる事ができます。さらに、RL78 フラッシュメモリは、リバースエンジニアリングによって顧客アプリケーションコードをハッキングから防止するために、パスワード保護を付加したオンチップデバッグ（OCD）機能をサポートしています。
- **設計リソースの包括的エコシステム**：これには、開発ツール、ソリューションキット、オンラインリソース、およびパートナーネットワークが含まれ、設計と開発のコストを最小限に抑え、市場投入までの時間を短縮します。

## 人気 IoT 製品向けの RL78 クイックソリューションの紹介

クイックソリューションは、ユーザーの RL78 ベースの IoT 製品開発を支援し簡単開発できるリファレンスキットです。現在 20 種のクイックソリューションが利用可能であり、家庭用電化製品、ポータブル医療、パーソナルヘルスケア、ビル・産業用オートメーション、家電などのアプリケーションに対応し、それぞれの IoT セグメントにおける開発課題の解決と商談機会の拡大を支援しています。

RL78 クイックソリューションは、開発ユーザーが新規に IoT アプリケーションを試作する際に直面する最も困難な設計課題をサポートします。特に、IoT センサーノードのワイヤレス機能の設定、IoT ネットワークエッジにあるリモートデバイスのバッテリー寿命の延命化のための低電力化機能などが含まれます。



さらにすべてのソリューションは、[ルネサス Web サイトからダウンロード](#)でき、ユーザーマニュアル、回路図、部品表、ソースコード、およびプロジェクトファイルなどが含まれています。設計ユーザーが新製品の原型となるプロトタイプを短時間で簡単に開発するために必要なリソースがすべて揃っています。

以下に、2つの IoT サンプルデザインの開発に対応する2つの RL78 スマートソリューションを紹介します。

### 農業用水分センサ向け RL78 クイックソリューション

このクイックソリューションは、植物や土壌の温度や湿度を監視や自動給水機能を行う BLE 接続機能を備えたスマート農業用水分センサのためのドキュメントとソースコードを提供しています。

この水分センサは、24 ピン RL78/G11 MCU を使用して土壌の状態を測定し、RL78/G1D BLE 通信モジュールを使ってデータをスマートフォンのアプリに転送します。さらに、このソリューションは、モータ制御信号を出力するので給水バルブ制御が可能です。

このソリューションは、3つのセンサ抵抗を1つずつオンすることで、広範囲な土壌状態の測定が可能です。これは、ADC のアナログ入力を増幅するプログラマブルゲインアンプと組み合わせることで実現します。RL78/G11 はすべてのセンサーエッジ処理を実行し、さらに下記の4つの異なる処理を行います。

- 土壌が乾燥しすぎるとアラームとしてブザーが鳴ります。
- ウォーターバルブをオン/オフし、DC モーターHブリッジドライバーを介してモーターを両方向に駆動するソレノイドモーターの制御が可能です。
- 水分レベルの高低が範囲外になったとき、RL78/G1D BLE RF トランシーバを使って iOS または Android スマートフォンにアラート送信できます。
- 水分レベルの定期測定や他の定期イベントを実行するウェイクアップタイミングの設定

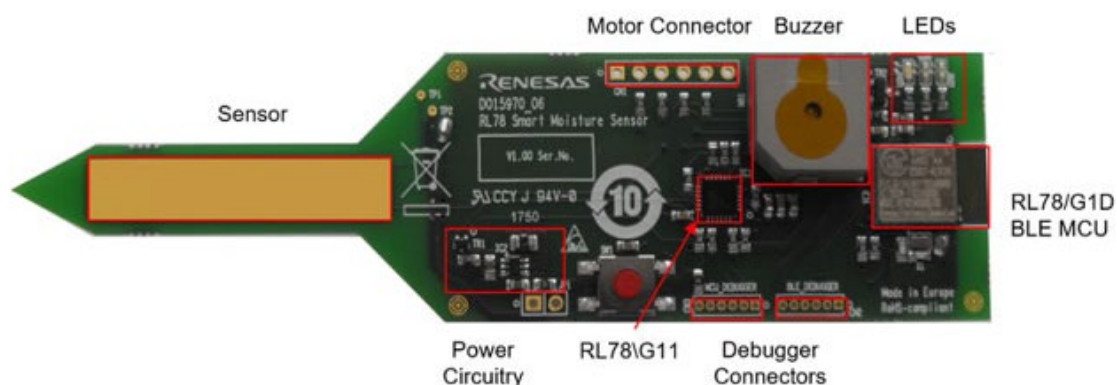


図 4. RL78/G11 と RL78/G1D BLE トランシーバを実装した水分センサ

センサ基板サイズを小さく抑えるために、4 x 4 mm QFN 表面実装パッケージと 1.5V AA のアルカリ電池 1 本しか実装していません。規格電圧を保証するために DC-DC ブーストコンバータを使用して、MCU に 3.3V を供給します。MCU がストップスタンバイモードのときは、0.35  $\mu$ A (typ) しか消費しません。

### スマートロック向け RL78 クイックソリューション

このリファレンス・ソリューションは、ユーザーがスマートフォンアプリを介してドアロックをリモートで開閉するスマートロックユニットを開発するために必要なすべてのドキュメントとソースコードを提供します。

このスマートロックソリューションの主な機能は次のとおりです：

- リモートキーによる開錠・施錠の実行と施錠状態の確認
- 低電流・低消費電力
- スマートフォンを介したキー制御
- キーが外れたときのアラーム機能とパスワード変更機能

このスマートロックは、BLE 内蔵の RL78/G1D MCU のみで構築されています（ただし、スマートロック制御は BLE 以外のワイヤレス通信でも可能）。まず、BLE プロトコルスタックライブラリとスマートロック制御プログラムを RL78/G1D に書き込みます。そして、このユニットに対応するアプリをスマートフォンにダウンロードすることで、BLE を使ったワイヤレス・スマートロック制御が実現します。

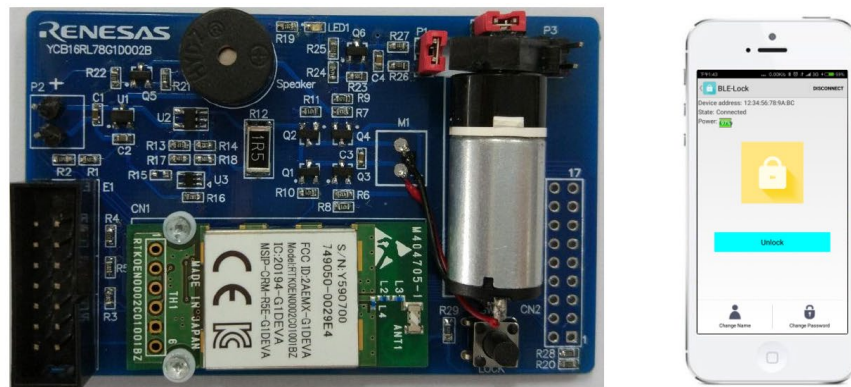


図 5. RL78/G1D MCU を使ったスマートロックシステム

スマートロックのセキュリティを保証するために、正しいパスワードを入力してスマートロックを解除する必要があります。ユーザーは、スマートフォンアプリでスマートロックのアンロック（開錠）・ロック（施錠）状態をリモートで確認することもできます。そして内蔵のアラームモードは、ロック状態でロックチェーンが切断されたときにアラームが作動します。こういったスマートロックの安全機能とスマートフォンアプリのパスワード管理機能により、スマートロックの安全性とセキュリティ機能が向上します。

スマートロックは、ドアロック部の開閉ラッチ動作を DC モーターで駆動します。モーターの電流検出回路によってラッチ位置を検出します（モーターがプリセット位置に達するとモーターはロックされ、電流が増加します）。スマートロックがロック状態のとき、ロック機構が外れるとブザーが鳴ります。ユーザーはスマートフォンアプリを介して開錠・施錠、アラーム解除を行うことができます。ユーザーパスワードは RL78 / G1D の内部データフラッシュに保存されています。スマートロックは、電源として単三電池を 3 本使用します。

## 結論

ルネサスの高性能・低消費電力 RL78 MCU は、IoT ネットワークエッジでニアセンサ処理を実装するのに最適な MCU です。これらの MCU は、強力な信号処理を実行し、同時にリモート・ポータブル応用でバッテリー寿命を最適化する電力管理モードをサポートします。RL78 MCU のこういった機能により、高機能・低消費電力の IoT センサや他のエンドポイントの開発が可能となります。低電力ワイヤレス通信は、ニアセンサ処理のもう 1 つの重要な機能です。特定の RL78 MCU は、BLE およびサブ GHz 無線機能を内蔵しているので、簡単にワイヤレス通信機能が追加でき、かつ費用対効果の高い IoT デバイスの開発が可能です。ルネサスクイックソリューションには、ダウンロード可能な、ユーザーマニュアル、回路図、部品表、ソースコード、およびプロジェクトファイルが含まれています。

---

©2019 ルネサスエレクトロニクスアメリカ Inc. (REA) 無断複写・転載を禁じます。Bluetoothは米国 Bluetooth SIG, Inc.の登録商標です。ルネサスはこの商標の使用を許諾されています。その他のすべての商標および商品名はそれぞれの所有者のもので、REAは、ここに記載された情報は提供された時点で正確であると確信していますが、その品質や用途に関していかなるリスクも負っていません。すべての情報は、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行から生じるかにかかわらず、いかなる種類の保証もなしにそのまま提供されます（商品性、特定目的への適合性、または非侵害に関する制限なし）。REAは、そのような損害の可能性について助言されたとしても、ここでの情報の使用またはそれに依存することから生じるいかなる直接的、間接的、特殊的、間接的、付随的、またはその他のいかなる損害についても責任を負いません。REAは、予告なしに、製品を中止したり、その製品の設計や仕様、あるいはその他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際的な著作権法によって保護されています。ここに特に許可されている場合を除き、ルネサスエレクトロニクスアメリカの書面による事前の許可なしに、閲覧者またはユーザーは、いかなる公的または商業目的のために、この資料の修正、配布、公開、送信、派生作品の作成をすることは許可されていません。