

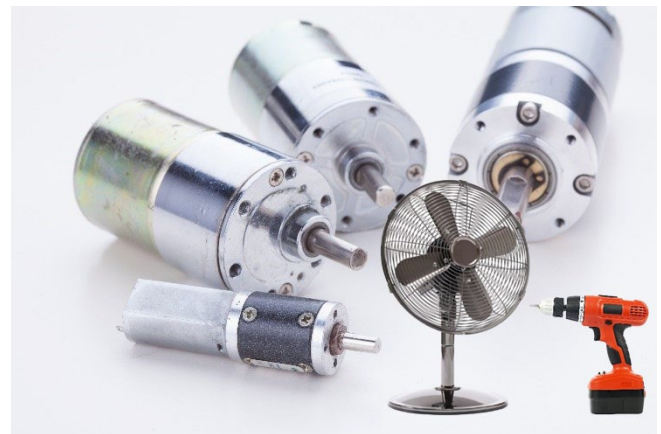
市場が求める高性能・小型化パワーツールやファンモータアプリケーションを構築

上野雄貴, Sr Staff Engineer, Product Marketing,

ルネサス エレクトロニクス株式会社、エンベデッドプロセッシング事業部

概要

近年、住宅や商業インフラへの投資の増加に伴い建設に使用するパワーツールの需要が高まり、パワーツールの出荷数量の増加と共に小型化やエネルギー密度の増加、高性能化が進んでいます。また、家電・住宅設備のファンアプリケーション(扇風機、エアコン、換気扇、空気清浄機、掃除機、ドライヤ等)で幅広くモータが活用されており、静音化、高速回転・高出力化、小型化を求められています。



パワーツールやファンのモータ制御では、要求仕様も異なりますが、高速回転、高トルク、高応答性と共に消費電力の低減など高性能・高効率化が求められる一方で、市場での価格競争力を保つため、回路基板の小型化、コスト低減の課題もあり、バランスの取れたシステム設計が求められています。

本資料では、これらのアプリケーションにおけるモータ制御システムの課題を提示し、ルネサス RA ファミリの新製品である RA2T1 マイコンの活用することで、問題解決する方法について紹介します。

パワーツールアプリケーションの課題と RA2T1 MCU の活用

パワーツールについて DIY 向けとプロユースがありますが、使用されるモータはブラシ付きモータかブラシレス(永久磁石同期)モータの2種類です。特にプロユース向けについてはほとんどの市場ニーズが小型軽量で高出力かつメンテナンス性が高いブラシレスモータとなります。ブラシレスモータはブラシ付きに比べて回路や制御方法が複雑になりマイコンを使った制御方法が標準となっています。

現在のパワーツールでは、ブラシレスモータの制御にホールセンサを利用した 120 度通電制御が広く採用されています。ホールセンサ信号から回転子(ロータ)の位置を検出できるため起動から低速-高速の領域で高トルクを実現でき制御ソフトもシンプルにできます。しかし、ピーク電流やトルク変動が大きくなるため、部品選定時の耐圧マージンや、バッテリー効率の低下といった課題もあります。

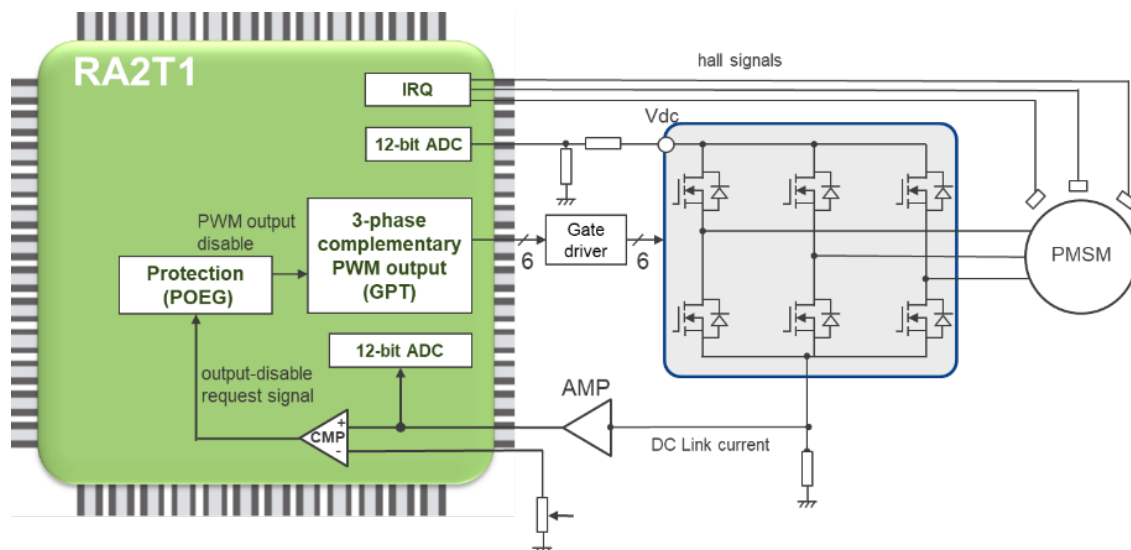


図 1 : ホールセンサを利用した制御ブロック図例

この課題の解決策として、ベクトル制御を採用する方法があります。

ベクトル制御は 120 度制御の 60 度ごとの 6 つの通電方向に比べてロータの位置に対して細やかな制御が可能となるため、ピーク電流やトルク変動を抑える効果があります。これによりインバータ回路の部品の耐圧マージンを小さくすることができます。また印加電圧も理想的な正弦波状になるため、120 度通電制御での高調波成分が無くなり、バッテリー効率もよくなります。制御にはモータに流れる電流を検出する必要があり、既存の回路基板の過電流検出用の DC リンク電流検出回路を使うことでも実現できます。DC リンク電流を使った方法は 1-シャント電流検出方式とも呼ばれ、電流測定タイミングの工夫が不可欠です。3 相電流のうち、2 相が ON で 1 相が OFF/1 相が ON で 2 相が OFF となる瞬間、すなわち電流が一意に決まるタイミングでサンプリングを行う必要があります。

ここで、RA2T1 が提供する GPT タイマによる A/D 変換開始トリガ連携機能により、電流測定タイミングを自由に設定可能です。PWM 波形のデューティ幅に応じて、特定のタイミング A/D 変換開始トリガをかけることが可能で、意図したタイミングでシャント抵抗に流れる電流の検出が実現可能です。GPT によりインバータのスイッチングを行う場合、相補 PWM モードにより三角波比較法を元にした対称の三角波カウンタにより PWM 波形を生成します。出力したい 3 相 PWM の波形によっては A/D 変換に必要なサンプリングのための ON 時間を維持できない場合があります。この問題を解決するため GPT タイマには対称の PWM 波形をずらし非対称な波形にすることで、電流検出のための各スイッチング素子の ON 時間を確保する機能を持ちます。また、内蔵コンパレータと POEG による PWM 遮断機能も備えており、過電流検出への対応も容易です。



値の誤差を排除します。結果として、高精度な電流検出が可能となり、制御アルゴリズムの安定性と応答性が向上します。また、A/D 変換時間のずれに伴う電流の補正処理が不要となるため、ソフトウェア負荷を低減し制御精度の向上に貢献します。

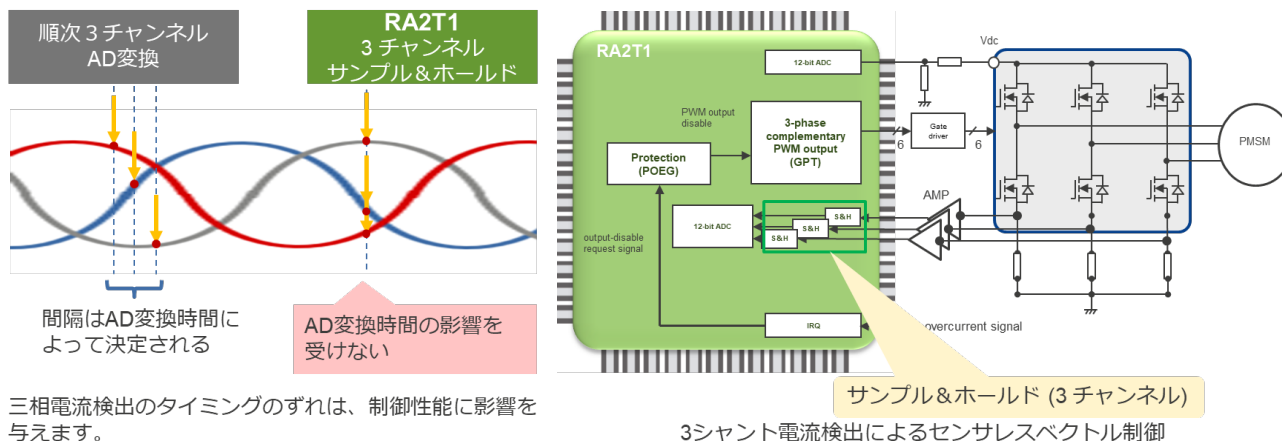


図3：RA2T1のA/Dコンバータのサンプル&ホールド機能例

## モータ制御 MCU RA2T1

ルネサスは長年にわたりモータ制御向けに多数多くのMCUを開発しており、RAファミリのArm(R) Cortex(R)-M23コア搭載RA2シリーズで初モータ制御向けASSP製品として、RA2T1グループを展開します。シンプルかつ小型なファン制御、パワーツール、冷蔵庫のコンプレッサなど、1モータ制御向けに機能を最適化しており、民生機器におけるモータ駆動の高効率化と小型化のニーズに応えます。

RA2T1に搭載している1モータ制御向けに最適化された各機能は、前章で紹介した課題を解決するための機能である、デッドタイム生成機能付き対称/非対称の相補PWM波形出力に対応するGPTタイマ、3つの独立サンプル&ホールド機能搭載の12-bit A/Dコンバータ、GPTタイマによるAD変換開始トリガの連携機能、2チャンネルの高速コンパレータなどがあります。システム保護機能として過電流検出時にPOEGによるPWM出力遮断機能も対応しています。

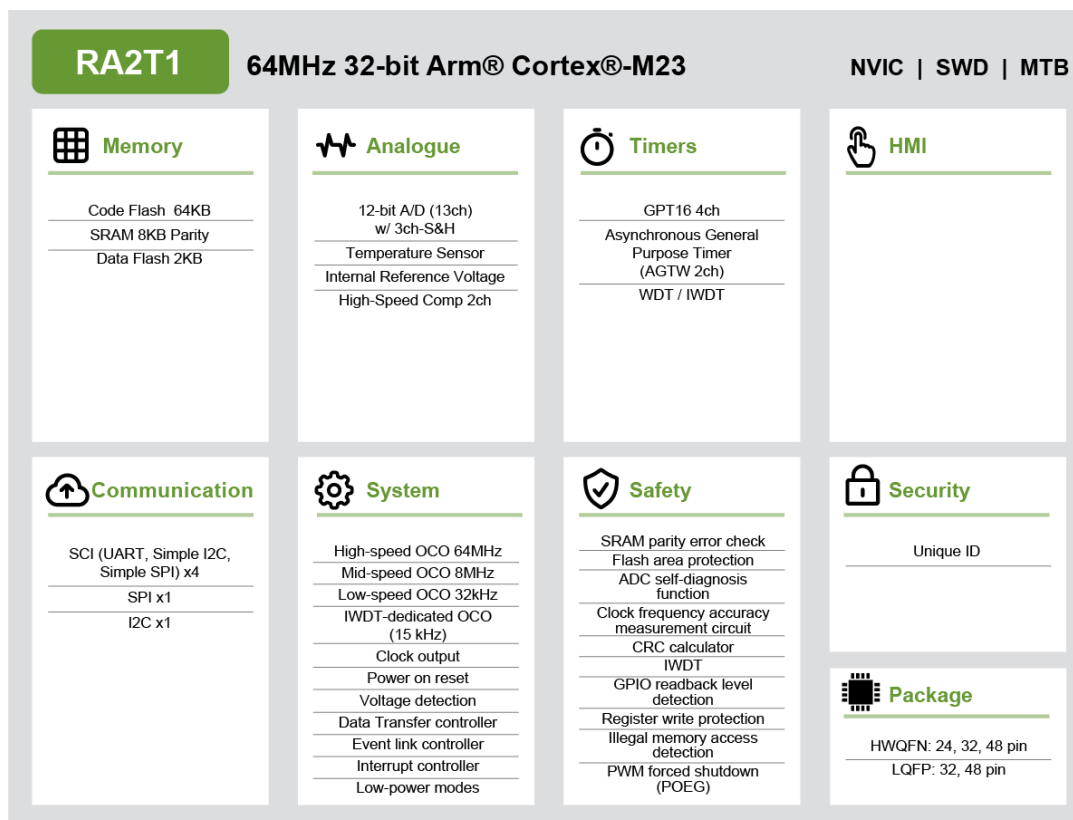


図 4 : RA2T1 の機能ブロック図

パッケージラインアップも豊富で、最小で 24-ピン QFN パッケージを提供しています。また、-40℃～125℃の広範な動作温度範囲に対応しています。これにより、高熱環境下や実装スペースに制約のあるアプリケーション、さらに低 BOM 要求が求められる製品設計に最適です。

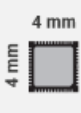

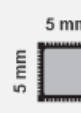


Code Flash/ RAM / Data Flash	Operating Temperature (Ta)	24-pin		32-pin		48-pin	
		RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1
64KB / 8KB / 2KB	-40 to +105°C	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1
	-40 to +125°C	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1	RA2T1
Pin Count Package Size Pitch		24pin HWQFN 4x4mm 0.5mm	32pin LQFP 7x7mm 0.8mm	32pin HWQFN 5x5mm 0.5mm	48pin LFQFP 7x7mm 0.5mm	48pin HWQFN 7x7mm 0.5mm	
Package view		 4 mm 4 mm 0.5 mm pitch	 7 mm 7 mm 0.8 mm pitch	 5 mm 5 mm 0.5 mm pitch	 7 mm 7 mm 0.5 mm pitch	 7 mm 7 mm 0.5 mm pitch	

図 5 : RA2T1 のパッケージラインアップ

また、モータ制御アプリケーションで需要の多い5V電源を採用しており、耐ノイズ性とアナログ入力のダイナミックレンジを確保できます。これにより、従来の5V電源システム資産を活用しつつ、より高い制御精度の実現が可能です。

## モータ制御開発環境

RA2T1では、速やかにモータ制御開発を実現するため、様々な開発環境を用意しています。前章で紹介した2つのアプリケーションをRA2T1で開発、評価が可能です。また、開発支援ツールを活用することで開発工数の削減にも寄与します。

### モータ制御用キット MCK-RA2T1

RA2T1のモータ制御用評価キットとしてMCK-RA2T1は、RA2T1を搭載したCPUボードにコネクタを介してインバータボード、およびBLDCモータも同梱されており、ボックスを開ければすぐモータを回すことができます。



図6：MCK-RA2T1 キット外観

インバータボードは1-シャント、2/3-シャント電流検出を簡単に切り替えられる仕様となっており、ホールセンサセンサレス120度通電制御や、センサレスベクトル制御等、用途に応じた様々なモータ制御アプリケーションを容易に評価可能です。

### モータ制御向けアプリケーションノート・サンプルプログラム

RA2T1では様々なモータ制御のアプリケーションノートとサンプルコードを提供しています。制御アルゴリズムに合わせた資料はWEBサイトよりダウンロードできます。

**アプリケーションノート:** 永久磁石モータを動作させるセンサレスベクトルなどのソフトウェアの制御内容をまとめています。加えて、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使用方法を説明しています。関数や制御フローなど詳細に記述しており、ユーザの開発・評価に非常に役に立ちます。

**サンプルプログラム:** 各アプリケーションノートには MCU にダウンロードすることができるサンプルコードが付属しています。各種パッケージソフトウェア、ドライバを使用しており RA2T1 では MCK-RA2T1 をターゲットボードにしています。モータ制御向けには主に制御アルゴリズム、システム制御、PWM 制御、AD 変換が含まれています。

現在、1 モータ制御向けに以下のアプリケーションを公開しており、今後もユーザの開発に貢献するコンテンツをリリースしていく予定です。

永久磁石同期モータのセンサレスベクトル制御のサンプルプログラムでは、前章「パワーツールアプリケーションの課題と RA2T1 MCU の活用」で紹介した、GPT タイマと AD 変換開始トリガの連携機能を用いた 1-シャント電流検出、および、「ファンアプリケーションの課題と RA2T1 MCU の活用」で紹介した、3-シャント抵抗による電流検出のセンサレスベクトル制御を実現しています。

また、FPU（浮動小数点演算ユニット）非搭載の ARM Cortex-M23 コア向けに、スケーリングパラメータを採用した固定小数点ベースのサンプルプログラムとして提供しており、固定小数点演算での開発に役立ちます。RA2T1 の評価やアプリケーション開発検討の際に、ぜひご活用ください。

## モータ制御開発支援ツール (Renesas Motor Workbench)

Renesas Motor Workbench(RMW) はモータ制御向けのデバッグツールです。Analyzer 機能では、リアルタイムで MCU 内部変数の読み書きおよび波形表示などを行うことができます。通常 MCU のデバッグには J-Link 等のデバッガと E2Studio 等の IDE 環境を用いて行うのが一般的です。デバッガによるデバッグはターゲットボードと PC 間の絶縁が基本的にされていません。インバータ回路はマイコンの入力電圧範囲を超える DC 電圧や AC 入力の場合があり、デバッガを介して USB と評価環境の GND が共通であることでノイズの影響や、初期評価時の意図しない動作による破損の恐れがあります。また、デバッガでブレーク等を行った場合には CPU が停止することで、GPT タイマのデッドタイム生成が機能しない可能性があるため、意図しない PWM 出力によりインバータの破損が起きる可能性があります。このような問題についても RMW 専用の通信ボード(MC-COM)を用いることで、インバータと PC を回路的に絶縁し CPU が動作した状態で評価を行うため、意図しない動作を防ぎ安全に評価を行うことができます。ルネサスの WEB サイトよりダウンロード可能です。

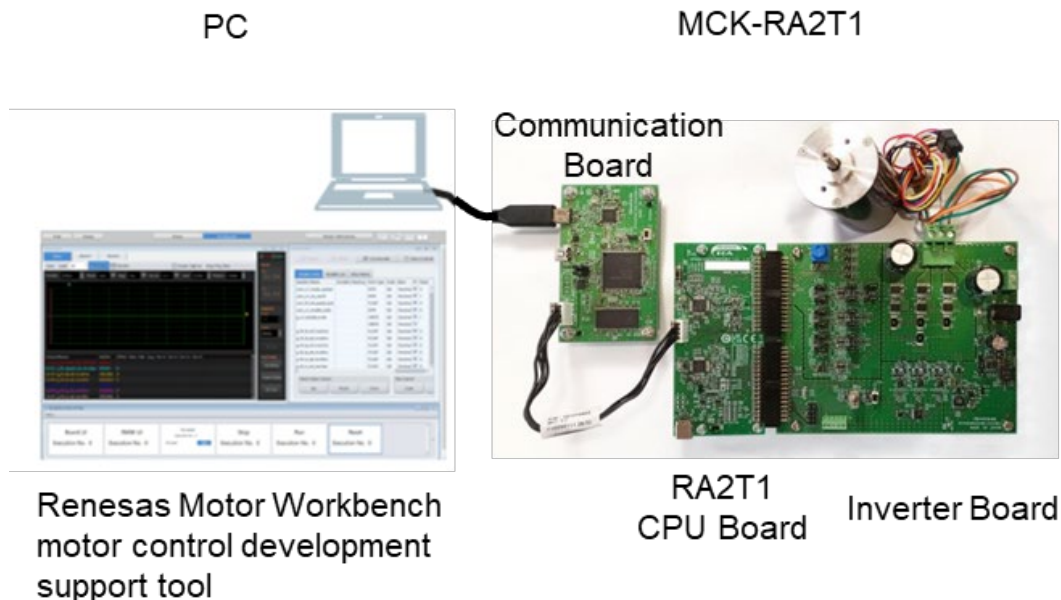


図7：Renesas Motor Workbench と MCK-RA2T1 の接続例

## QE for Motor

QE for Motor は、ワークフローに沿って操作するだけでルネサスが提供するモータソリューションを使用した開発が簡単に行える開発支援ツールです。総合開発環境 e2 studio の無償拡張機能であり、WEB サイトよりダウンロードできます。また、QE for Motor は Renesas Motor Workbench と連携しています。Renesas Motor Workbench に必要な設定を自動化しているため、GUI 上のボタンを押すだけでこれらの機能を使うことができます。

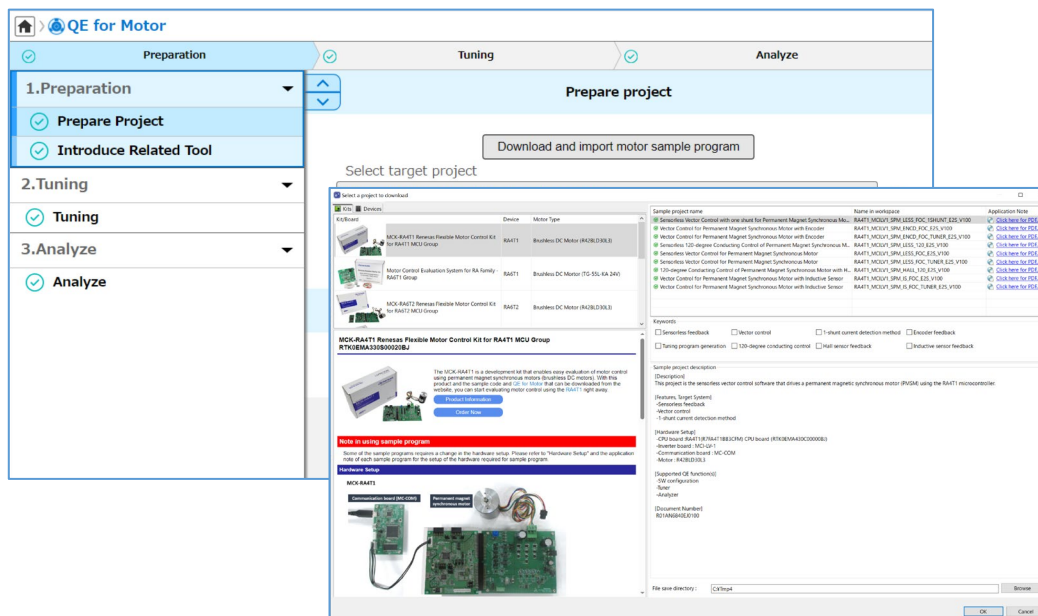


図8：QE for Motor の画面例

## まとめ

センサレスベクトル制御をベースとして、1シャント電流検出に対応する GPT タイマと A/D 変換開始トリガの連携機能、および、2/3-シャント電流検出に有効な A/D コンバータのサンプル&ホールド機能を用いた構成を中心に紹介しています。RA2T1 は、1 モータ制御向けに最適化した機能を搭載しているほか、125°C対応、24 ピン QFN パッケージ、5V 動作対応といった特徴を備え、小型化かつ低コストのモータ制御アプリケーションに最適です。さらに、固定小数点演算のサポートや開発支援ツールも充実しており、FPU 非搭載の Cortex-M23 コア環境においても効率的な開発が可能です。

これらの特長は、パワーツールやファンモータに限らず、様々な用途にも幅広く対応可能な構成となっています。特に近年、モータ制御システム全般において高性能化する一方で小型化や低コストの要求が高まっていますので、本資料でご紹介したアプローチを、ぜひ今後の製品開発にご活用ください。

## 詳細情報

- [RA2T1](#) : 64MHz Arm Cortex-M23 モータ制御用マイクロコントローラ
- [MCK-RA2T1](#) : Renesas Flexible Motor Control Kit for RA2T1 MCU Group
- [Renesas Motor Workbench](#) : モータ制御開発支援ツール
- [QE for Motor](#) : モータ対応開発支援ツール

ルネサスエレクトロニクスまたはその関連会社（Renesas）無断複写・転載を禁じます。全著作権所有。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、ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してリスクを負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含むがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかを問わず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他のいかなる損害についても、そのような損害の可能性について通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書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、米国および国際著作権法によって保護されています。ここで特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザは、公共または商業目的で、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。(Rev.1.0 Mar 2020)

### 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)

<https://www.renesas.com>

### 商標について

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。

### 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、最寄り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。

<http://www.renesas.com/contact/>