

# 高性能・多機能形インバータ 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」

“FRENIC-MEGA (G2) Series” High-Performance, Multifunctional Inverters

鷹見 裕一 TAKAMI, Yuichi

矢山 高裕 YAYAMA, Takahiro

山澤 航太郎 YAMAZAWA, Kotaro

近年、汎用インバータはさまざまな用途に拡大してきており、制御性能の向上に加えて省エネルギー（省エネ）や耐環境、予防保全・予知保全のニーズが高まっている。今回開発した「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」は、従来よりも高速な演算処理と独自のモータ制御技術の進化により制御性能を向上するとともに、PM モータに標準対応し、省エネを強化した。また、JIS C60721-3-3、IEC 60721-3-3 の Class 3C2 に対応し、耐環境を強化した。また、トレースバック機能、寿命予報のメンテナンス機能、カスタマイズロジック機能により、多種多様な用途に適用することができる。

General-purpose inverters have been recently expanded to various applications, and in addition to enhancing control performance, they are being required to improve energy saving, environment resistance, and preventive maintenance. Our newly developed “FRENIC-MEGA (G2) Series” improves control performance through faster processing and advancements in our proprietary motor control technology. It also enhances energy saving capability supporting PM motor drive as standard and environmental resistance complying with JIS C60721-3-3 and Class 3C2 of IEC 60721-3-3. Its functions for traceback, predicting product life for maintenance, and customizable logic allow it to be used for various applications.

## ① まえがき

近年、汎用インバータの性能や機能は大きく向上し、その応用範囲は単純な可変速駆動装置から工作機械や水平・上下搬送機へと拡大している。これらの用途に「FRENIC-MEGA (G1) シリーズ」を提供してきた。一層の性能や機能の向上の要望に応えるために、高性能・多機能形インバータ「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」を開発した。

## ② 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」の概要

図1に FRENIC-MEGA (G2) シリーズの外観を、表1に機種ラインアップを示す。本シリーズは、従来機種の FRENIC-MEGA (G1) シリーズとの互換性を確保しつつ、IoT (Internet of Things) を見据えたさまざまな通信オプションや FA システムに対応した機能を拡充している。



図1 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」

表1 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」の機種ラインアップ

機種分類	電源電圧	出力
ベーシック	三相200V	0.4 ~ 90kW
	三相400V	0.4 ~ 630kW
EMCフィルター体型	三相200V	0.4 ~ 90kW
	三相400V	0.4 ~ 630kW
直流リアクトル内蔵	三相200V	30 ~ 55kW
	三相400V	30 ~ 55kW
通信オプション	DeviceNet* <sup>1</sup> 、CC-Link* <sup>2</sup> 、PROFIBUS-DP* <sup>3</sup> T-Link、SX-Bus、EtherNet/IP* <sup>1</sup> PROFINET-RT* <sup>3</sup> 、MODBUS* <sup>4</sup> TCP EtherCAT* <sup>5</sup> 、CANopen* <sup>6</sup>	

\*1 DeviceNet, EtherNet/IP: ODVA, Inc.の商標または登録商標

\*2 CC-Link: 三菱電機株式会社の商標または登録商標

\*3 PROFIBUS-DP, PROFINET-RT: PROFIBUS User Organizationの商標または登録商標

\*4 MODBUS: Schneider Automation, Inc.の商標または登録商標

\*5 EtherCAT: Beckhoff Automation GmbHの商標または登録商標

\*6 CANopen: CAN in Automationの商標または登録商標

また、上下搬送機などの制動負荷の大きい用途の機種は、ブレーキ回路内蔵タイプを標準とし、従来の 22 kW から 55 kW (200 V 機種) / 75 kW (400 V 機種) に出力を拡大した。さらに、動作周囲温度の上限は従来の 50 °C から 55 °C に高温化した。また、JIS C60721-3-3、IEC 60721-3-3 の Class 3C2<sup>(注1)</sup>の耐環境性能に対応し、トレースバックや内蔵している IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの寿命予報などを搭載しメンテナンス機能を向上させている。

〈注1〉 Class 3C2: 地域全体に工業活動が分散している、または交通量の多い都市地域で生じる汚染が通常レベルの場所

### ③ 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」の性能・機能

#### 3.1 制御性能

FRENIC-MEGA (G2) シリーズでは、従来よりも高速なMCU (Micro Controller Unit) の採用と、これまで培ってきた独自のモータ制御技術のさらなる進化によって、図2および図3に示すように、電流応答は1,000 Hz以上、速度応答は200 Hz以上を実現した。どちらも従来に比べて2倍の応答速度である。

これにより、外乱による機械への影響を低減し、これまで以上に高い性能の要求に応えることができる。昇降機などの上下搬送における走行振動の低減、伸線機や印刷機などの加工品質の安定化に貢献する。

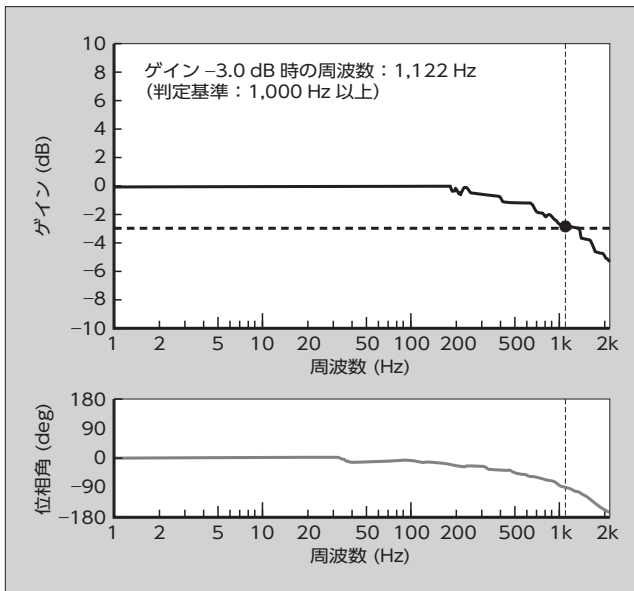


図2 電流応答特性

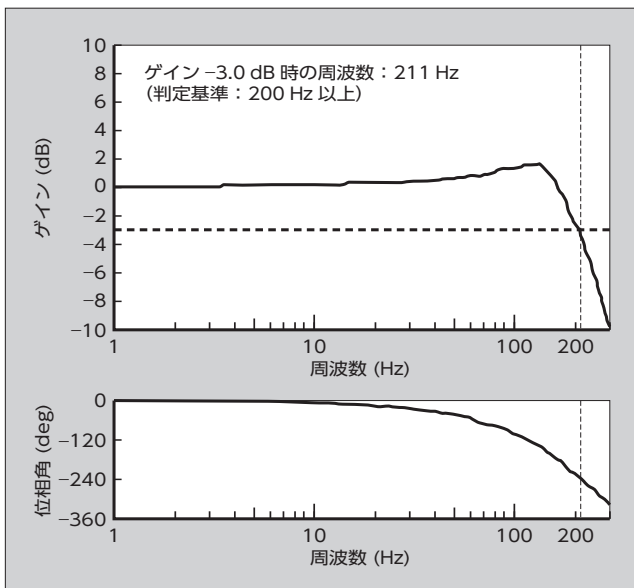


図3 速度応答特性

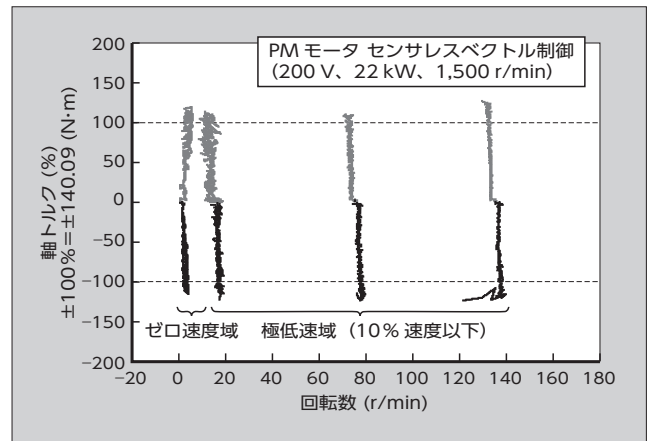


図4 低速域での速度-トルク特性

FRENIC-MEGA (G2) シリーズで実現した、従来よりも向上したモータ制御技術の一部を次に述べる。

#### (1) PMモータのセンサレス制御でのゼロ速度トルク発生

従来のPMモータ（永久磁石形同期電動機）のセンサレスベクトル制御では、低速度で安定した速度推定ができずゼロ速度でのトルク発生が困難であるため、低速度域での駆動が要求されないファン・ポンプなどの用途以外には適用が困難という課題があった。これを解決するために、モータを駆動する際の基本波周波数に高周波を重畳することにより、低速度域での速度推定を可能とした新しい制御方式を採用した。これにより、図4に示すように極低速およびゼロ速度域で100%以上のトルク発生が可能となり、低速のコンベアなどにも用途を拡大した。

#### (2) 誘導モータでの拾い込み<sup>(注2)</sup>の大幅な時間短縮

誘導モータでは、駆動中に瞬時停電などでインバータ出力が停止すると、モータ内に生じる残留電圧はモータの二次導体（かご）内で消費されて減衰する。一般的に、この残留電圧はモータの容量が大きいほど減衰しにくい。従来方式の拾い込みは残留電圧の影響を受けやすく、残留電圧が十分減衰するまで待つ必要があった。今回、PMモータの制御技術を応用し、瞬時停電発生によるインバータ出力遮断直後の残留電圧が高い状態でゼロ電圧を極短時間に2回発生させ、その際に生じる短絡電流のベクトル変化から回転速度を推定する新しい方式を開発した。これにより、図5に示すように、速度推定開始までの待ち時間の短縮と、速度推定結果の正確さ向上による周波数安定化時間の短縮によって、拾い込みが完了するまでの時間を従来方式の11sから1.5sに短縮でき、瞬時停電時のダウンタイムの短縮が可能になる。また、残留電圧の減衰が早く、ゼロ電圧印加に対する短絡電流が十分に流れない場合には、自動

〈注2〉 拾い込み：空転しているモータの速度をサーチして再始動する機能

〈注3〉 残留電圧：モータ鉄心の残留磁束とモータ回転速度によりモータ巻き線側に誘起する電圧。モータ回転数が高い場合、残留電圧が高くなる。

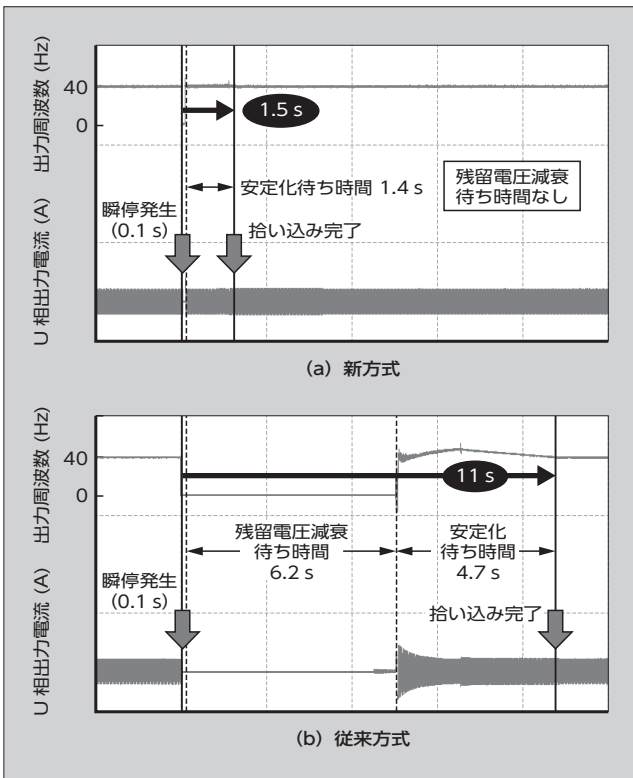


図5 拾い込み時間の比較 (400 V、315 kW)

的に従来方式に切り替えることによって拾い込み動作を確実に行うことができるように配慮している。

### 3.2 トレースバック機能

アラーム発生時の故障解析を容易にするために、トレースバック機能を搭載した。トレースバック機能とは、アラームが発生する直前・直後のインバータの状態を時系列データとして取得し、記録する機能である。新多機能キーパッド (4章参照) と組み合わせることにより、日時情報を付与したデータを microSD カードに最大 100 件保存することができる。また、保存したデータは、PC 用支援ツール「FRENIC-Loader 4」(富士電機 Web サイトから無料でダウンロード可能) を用いて読み出すことができる。図6に、トレースバック機能で記録したアラームが発生した直前と直後の波形の例を示す。このように、ユーザーはアラーム発生前後の情報を、後から解析できる。

### 3.3 予防保全・予知保全機能

FRENIC-MEGA (G2) シリーズでは、表2に示す豊富な予防保全・予知保全機能を持ち、新たな機能として IGBT モジュールの寿命予報と冷却能力低下警報を追加

〈注4〉 microSD : SD-3C LLC の商標または登録商標

〈注5〉 「FRENIC-Loader 4」の富士電機 Web サイトにおける無料ダウンロード URL

<https://www.fujielectric.co.jp/products/inverter/frenic-megag2/download/>

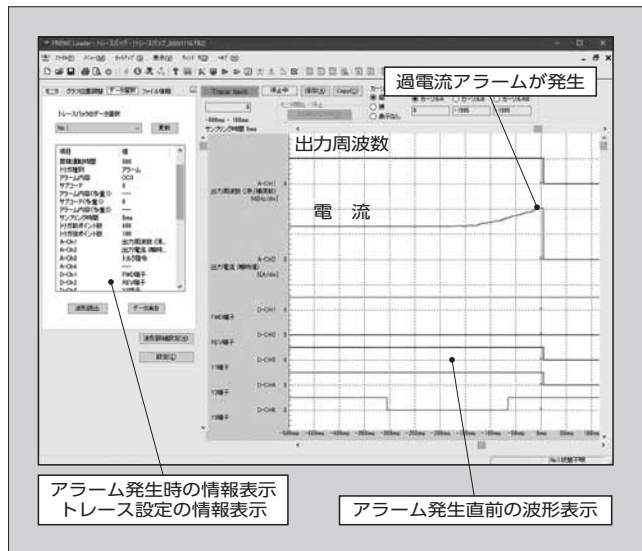


図6 PC用支援ツール「FRENIC-Loader 4」によるトレースバック機能

表2 予防保全・予知保全機能

分類	機能
予防保全	累積運転時間
	主回路コンデンサの電圧印加時間
	プリント基板上コンデンサの電圧印加時間
	冷却ファン運転時間
	モータ累積運転時間
予知保全 (予兆保全)	モータ起動回数
	主回路コンデンサ容量診断
	IGBT寿命予報 (新機能)
	冷却能力低下警報 (新機能)

した。

#### (1) IGBT モジュールの寿命予報

インバータの重要な構成要素である IGBT モジュールの寿命をインバータの運転状況 (負荷や温度などの累積) を基に推定し、寿命到達前にメンテナンスが必要であることを知らせる。

#### (2) 冷却能力低下警報

冷却フィンが目詰まりなどで生じるインバータの冷却性能の低下を、温度センサが測定したインバータ内の温度を基に推定し、清掃や点検が必要であることを知らせる。

### 3.4 カスタマイズロジック機能

カスタマイズロジック機能は、インバータに内蔵した簡易 PLC (Programmable Logic Controller) 機能であり、ユーザーが作成したプログラムをインバータにアップロードして任意の機能を拡張できる。この機能を FRENIC-MEGA (G1) シリーズに搭載し、数々の機種を経て機能を進化させてきた。表3に示すように、FRENIC-MEGA (G2) シリーズにおいては、最大プログラム規模や利用可能な機能を強化し、ユーザパラメータやユーザアラームの

表3 カスタマイズロジック機能の主な仕様比較

項目	FRENIC-MEGA (G2) シリーズ	FRENIC-MEGA (G1) シリーズ (従来品)
最大プログラム規模 (プログラムステップ数)	260	10
処理対象信号	デジタル信号 アナログ信号	デジタル信号
主な機能	〔全113種〕 論理演算、タイマ、 アナログ演算、 セレクタ、フィルタ、 ビット抽出、 機能コード操作	〔全54種〕 論理演算、タイマ
ユーザパラメータ	60点	なし
ユーザアラーム	5点	なし
最小実行サイクル	1 ms	2 ms
マルチタスク	対応 (5並列)	非対応
プログラミング環境	PC用支援ツール 「FRENIC-Loader 4」	なし (パラメータの直接編集のみ)

追加によって、より自由度が高く複雑なプログラムが作れるようになった。

表4に、FRENIC-MEGA (G2) シリーズのカスタマイズロジックを用いて実現可能な機能の一例と、必要なプログラムステップ数、実行サイクルを示す。

従来のFRENIC-MEGA (G1) シリーズのカスタマイズロジックで扱う処理はデジタル信号処理のみであり、ステップ数も少ないため、単一の実行サイクルで実行していた。FRENIC-MEGA (G2) シリーズでは、アナログ演算機能や設定パラメータアクセスなどの機能を追加したことにより、より複雑で高度な機能を追加することができる。

一方、このような高度な機能を単一のサイクルで実行すると演算時間が長くなってしまい、機能全体のパフォーマンスが低下する。そこで、FRENIC-MEGA (G2) シリーズでは複数のサイクルに分割してプログラムを実行するマルチタスク機能を採用した。これにより、例えば、装置の応答や機械のタクトタイムに影響する運転指令や速度指令などの切替えは1msサイクルで実施しながら、複雑なデータの処理は20msサイクルで行うなど、最適なプログラミングができる。

また、プログラミングはインバータの設定パラメータを直接編集する簡易的な方法のほかに、FRENIC-Loader 4

表4 カスタマイズロジックで実現できる機能の一例

アプリケーションの適用機器	プログラムステップ数	実行サイクル*1
伸線機	113	20ms
巻取機	180	20ms
撚線機	20	2ms
ホイスト	85	10ms
紡績 (トラバース)	91	10ms
ソーラーポンプ	200	20ms

\*1 マルチタスク機能不使用時の最小実行サイクル

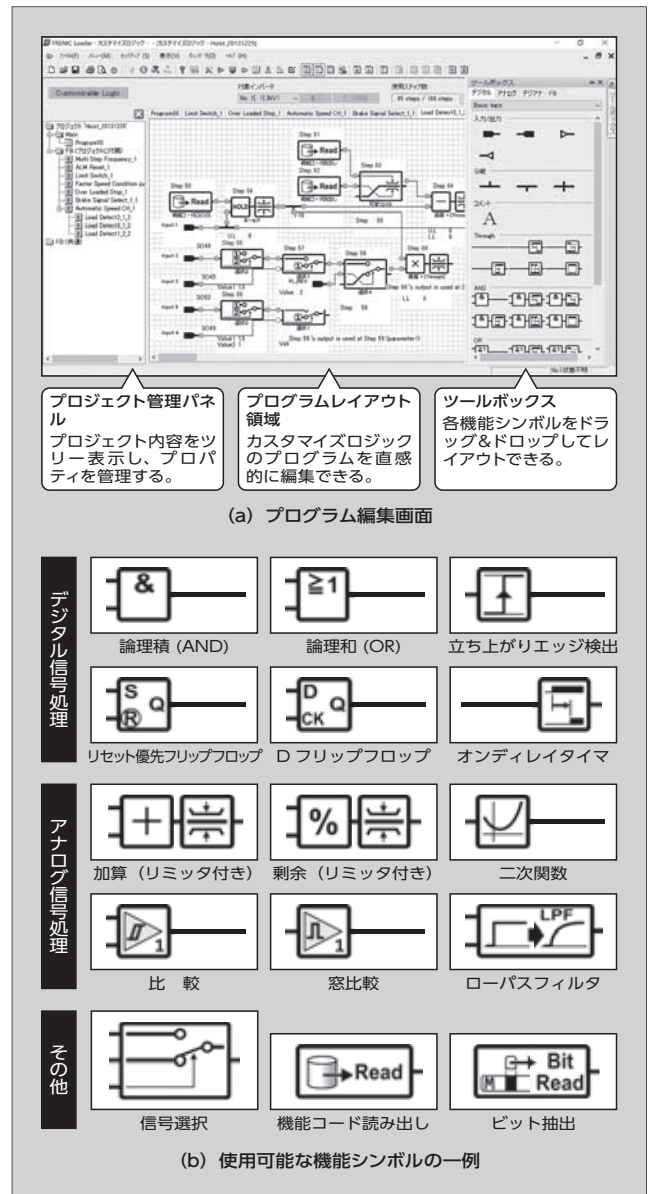


図7 PC用支援ツール「FRENIC-Loader 4」を用いたプログラミング

を用いることにより、図7に示すように高度かつ大規模なプログラムであっても、ブロック図のシンボルをドラッグ&ドロップし、配置・結線することにより、高度なプログラミング技術を必要とせず容易に作成できる。

#### 4 新多機能キーパッド

FRENIC-MEGA (G2) シリーズは、従来と同様に7セグメントLEDで5桁表示のキーパッドを標準装備している。また、図8に示す新多機能キーパッドもオプションで用意している。大型液晶画面を採用し、平仮名、片仮名、漢字表記のほかに、19か国語表示に対応しており視認性を向上させている。また、microSDカードへのトレースバックデータの格納機能や、アラーム履歴に時刻データが付与できる時計機能を持っている。さらに、スマートデバイスにインストールしたアプリケーションである Mobile

特集 省エネルギー・小型化と生産性向上に貢献するパワーエレクトロニクス



図8 新多機能キーパッドの外観とBluetooth接続機能

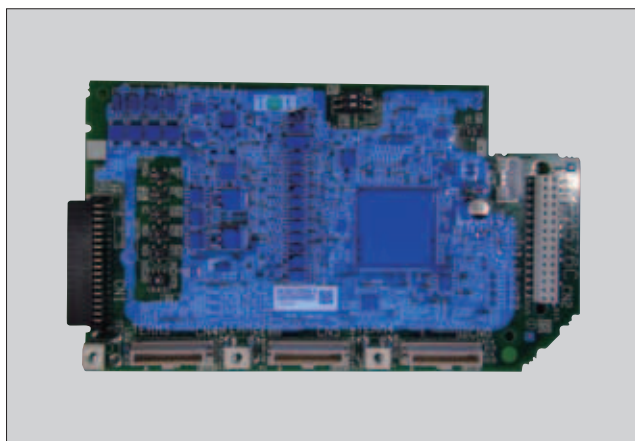


図10 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」のプリント基板



図9 新多機能キーパッド防水試験風景

Loader を用いて Bluetooth<sup>〔注6〕</sup> 接続を行い、スマートデバイス上で機能コード（インバータの設定パラメータ）の設定や、キーパッドの表示が視認しにくい場所に設置されたインバータの運転状態のモニタが可能である。

さらに、新多機能キーパッドは、耐防じん・防水のIP55に対応しており、粉じんや水飛沫（ひまつ）などにさらされる、盤扉面に取り付けて使用できる（図9）。

### 〔5〕 耐環境性の向上

近年は、硫化水素（または硫化ガス）や海塩粒子などに対する耐環境性の要求が高まっている。図10に、FRENIC-MEGA (G2) シリーズのプリント基板の外観を示す。プリント基板のコーティング材を耐環境性の高い材料とし、塗布領域を従来の部分コーティングから全面コーティングに拡大した。

さらに、IEC 60721-3-3 で定める腐食性ガスの影響を実験と米国 OLI 社の Corrosion Analyzer を使った腐食

シミュレーションとの間の相関を求め、腐食の進行を予測した。その結果を基に、インバータの耐環境性の向上に活用した。

これらにより、FRENIC-MEGA (G2) シリーズは、JIS 60721-3-3、IEC 60721-3-3 に定められた Class 3C2 に対応している。

### 〔6〕 あとがき

高性能・多機能形インバータ「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」について述べた。FRENIC-MEGA (G2) シリーズは、従来の汎用インバータよりも幅広い設備や用途に対応が可能である。今後も、市場の要求に応える汎用インバータの製品化を目指す所存である。



#### 鷹見 裕一

インバータの開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム インダストリー事業本部開発統括部パワエレ機器開発部。



#### 矢山 高裕

インバータの開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム インダストリー事業本部開発統括部パワエレ機器開発部。



#### 山澤 航太郎

インバータの開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム インダストリー事業本部開発統括部パワエレ機器開発部。

〔注6〕 Bluetooth : Bluetooth SIG, Inc. の商標または登録商標



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。