

# インバータ制御用高速マイクロコンピュータ

—SHシリーズ・H8シリーズ—

Microcomputers for Inverter Control

岩下裕之\* *Hiroyuki Iwashita* 根本敬継\* *Takatsugu Nemoto*  
武智賢治\* *Kenji Takechi* 富田浩之\*\* *Hiroyuki Tomita*

高精度, 高応答を実現する高性能32ビットRISC CPU (1命令/1クロック) 実行

タッチパネルやEEPROMと通信を行うシリアルインタフェース

モータ電流やセンサ入力的高速検出するA-D変換器

デッドタイムを自動生成し, キャリヤ周波数20 kHzの3相PWMパルスが出力可能なタイマユニット

DSPを不要にした16ビット乗算器 (16ビット×16ビット: 150 ns)

多機能化によって増大するプログラム量に対応した大容量ROM(64 kバイト)・RAM(4 kバイト)

注: 略語説明  
EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)  
PWM (Pulse Width Modulation)  
DSP (Digital Signal Processor)

乗算性能 (10<sup>6</sup>回/s)

高性能化

32ビットRISC SH7034

16ビットマイコン

ドライストーン (MIPS)

## インバータ制御をワンチップで実現する, 高性能32ビットシングルチップRISC SH7034

ワンチップに, RISC CPUのほかDSP機能, PWM, A-D変換器, シリアルインタフェースなどの周辺機能を加え, 大容量ROM, RAMを集積した。その結果, 高精度インバータ制御に要求される高速演算, パルス出力機能などがワンチップで処理できる。

インバータ制御が産業から家電機器まで広く普及するのに伴い, 制御精度の向上とともに, 低騒音化, 小型化, 低価格化がますます望まれている。

このため, インバータ制御の中心となるマイコン(マイクロコンピュータ)への期待は大きい。例えば, 低騒音化に不可欠なキャリヤ周波数の向上を実現するパルス発生回路の内蔵, システムの小型化を可能にするさまざまな周辺機能の内蔵, および制御の高

精度・高機能化とともに増加するプログラム量に対応する大容量メモリの内蔵などのニーズがある。

一方, 制御のフルデジタル化や高応答化のためには, CPUの高性能化が必須(す)となる。16ビットのH8/300Hシリーズや32ビットのSuper H RISC engineファミリーは, これら幅広いニーズにこたえ, ワンチップでのインバータ制御を実現可能にした。

\* 日立製作所 半導体事業部 \*\* 日立製作所 産業機器事業部

### 1 はじめに

近年、インバータ制御を使った応用機器はFAなどの産業機器だけでなく、エアコン(エアコンディショナー)などの家庭用電化製品にも著しく普及してきている。これらの応用機器は、年々高性能化や小型化が進み、使用環境も今までのように工場中心ではなく、人の生活環境へと広がってきている。これに伴い、インバータ機器を制御するマイコンには、高速CPUや周辺機能の内蔵だけではなく、高キャリア周波数化を実現するようなインバータ制御用の3相PWM出力機能を持ったタイマが内蔵された、専用のマイコンが必要とされている。

日立製作所は、これらのニーズに対応したインバータ制御用のタイマを内蔵したマイコンを製品化している。ここでは、日立製作所のオリジナルアーキテクチャである16ビットマイコンH8/300HシリーズのH8/3042、およびDSP機能内蔵の高性能32ビットRISC SH7000シリーズのSH7034のインバータ制御応用について述べる。

### 2 インバータ制御のマイコンへのニーズ

インバータ制御のマイコンへのニーズを表1に示す。インバータ制御がエアコンなどの家電製品に採用されたことによって、使用環境は人の生活環境にも広がり、低騒音化が望まれている。インバータ特有の騒音である電磁ノイズを低減するには、PWMキャリア周波数の高周波数化(16~20 kHz)が必要である。これを実現するために、デッドタイムを自動生成する3相PWM出力機能をハードウェアでサポートした専用タイマとCPUの高速化が必要となる。

さらに、システムの小型化に伴い専用タイマ以外に、メモリやA-D変換器、シリアル通信機能などの周辺機能を内蔵した、ワンチップでインバータ制御が可能なマイコンが求められている。

表1 マイコンへのインバータ制御のニーズ

インバータ制御が家電製品にも採用されたことにより、低騒音化、小型化などが要求されている。

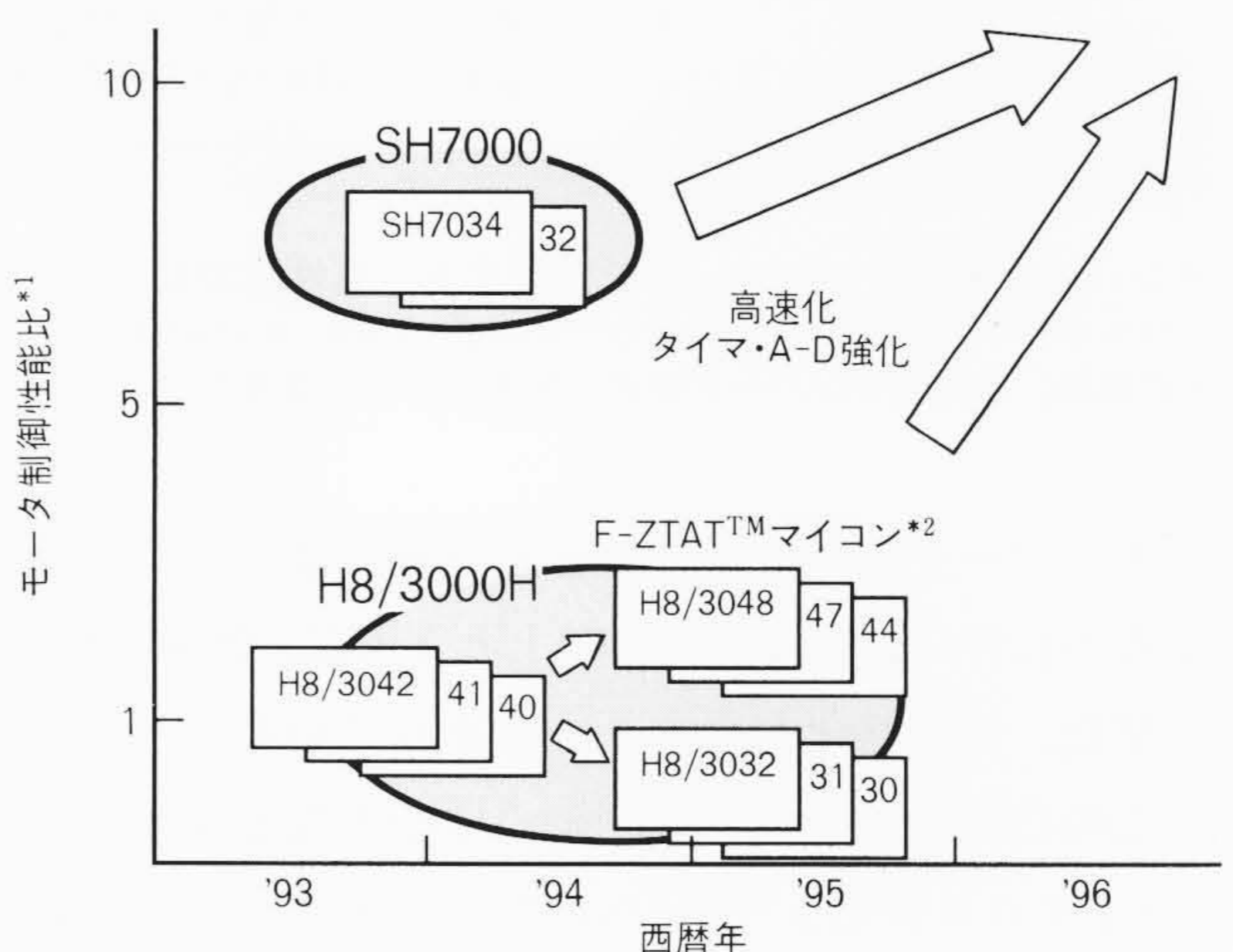
機器動向	実現手段	マイコンへのニーズ
低騒音化	高キャリア周波数化	●CPUの高速化 ●3相PWM出力用タイマ内蔵
小型化	インバータのモジュール化	●大容量メモリ内蔵 ●保護回路など周辺機能内蔵
高精度化	ベクトル制御	●PWM出力、A-D変換器の高分解能・高精度化
高速応答	高速演算処理	●CPUの高速化

一方、産業機器では機器の高性能化が進み、高精度・高応答のベクトル制御を実現するために、CPUの演算処理能力の向上が望まれている。入出力機能であるPWMパルスやA-D変換器の分解能アップなども、トルク脈動の低減に不可欠なものである。これらのニーズに対応した日立製作所のインバータ制御用マイコンについて以下に述べる。

### 3 インバータ制御用マイコンの特長

日立製作所では、図1に示すようにインバータ制御用マイコンを製品展開している。

H8/3042, 3048, 3032の各製品は、16ビット高性能CPUをコアとしたH8/300Hシリーズの製品である(表2参照)。H8/3042は1993年から量産が開始されている。同じ周辺機能で、異なる内蔵メモリのH8/3041, H8/3040もある。H8/3032, H8/3048は、H8/300Hシリーズの中で最も新しい製品である。H8/3032は、H8/3042の下位の位置づけであり、機能を絞り込んだ製品である。H8/3042と同じように内蔵メモリの異なるH8/3031, H8/3030もある。H8/3048は、H8/3042の上位の位置づけであり、フラッシュメモリを内蔵した製品もラインアップしている。日立製作所は、この製品のようにフラッシュメモリを内蔵したマイコンをF-ZTAT™マイコンと呼んで展開を図っている。



注：\*1 (H8/3042を1とした場合の性能比)

\*2 (F-ZTAT™(Flexible-Zero Turn Around Time)マイコンは、日立のフラッシュメモリを内蔵したマイコンの総称である。)

図1 インバータ制御マイコンの製品展開

インバータ制御マイコンとして16ビットのH8/300Hシリーズ、および32ビットRISCのSH7000シリーズの二つのシリーズで品ぞろえを図っている。

表2 インバータ制御マイコン製品の概要一覧

インバータ制御マイコンとしてH8/300Hシリーズ, およびSH7000シリーズがある。システムの規模, 必要とされる性能に合わせた選択が可能である。

製 品	H8/3042	H8/3032	H8/3048	SH7034	SH7032	SH7021
C P U	16ビット	16ビット	16ビット	32ビットRISC	32ビットRISC	32ビットRISC
動作周波数	16 MHz	16 MHz	16 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
16ビット×16ビット	1.5 μs	1.5 μs	1.5 μs	0.15 μs	0.15 μs	0.15 μs
32ビット÷16ビット	1.5 μs	1.5 μs	1.5 μs	1.3 μs	1.3 μs	1.3 μs
P W M 出力機能	6相PWM出力	6相PWM出力	6相PWM出力	6相PWM出力	6相PWM出力	6相PWM出力
デッドタイム	自動生成	自動生成	自動生成	自動生成	自動生成	自動生成
分解能	62.5 ns	62.5 ns	62.5 ns	50 ns	50 ns	50 ns
P W M出力OFF	あり	あり	あり	なし	なし	なし
2相エンコーダ入力	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル	1チャンネル
A - D 変換器	10ビット/8チャンネル	10ビット/8チャンネル	10ビット/8チャンネル	10ビット/8チャンネル	10ビット/8チャンネル	—
シリアル	2チャンネル	1チャンネル	2チャンネル	2チャンネル	2チャンネル	2チャンネル
R O M / R A M	64 kバイトROM 2 kバイトRAM	64 kバイトROM 2 kバイトRAM	128 kバイトROM 4 kバイトRAM	64 kバイトROM 4 kバイトRAM	— 8 kバイトRAM	32 kバイトROM 1 kバイトRAM
パッケージ	QFP100	QFP80	QFP100	QFP112	QFP112	TQFP100

これらの製品は, キャリヤ周波数20 kHzの3相PWM出力が可能なタイマ機能を内蔵している。このタイマはデッドタイムを自動生成し, 3相分のデューティを設定すれば, 正相・逆相合わせて6相の波形を出力する機能を持っている。また, ドライバ部の破壊を防ぐために, 外部信号で直接PWM出力を停止する機能もある。そのほかにも, サーボ制御用に2相エンコーダパルスを入力してアップ・ダウンカウントする機能や, 速度計測をするためのパルス幅測定機能などを持っている。

そのほかの周辺機能としては, 10ビットA-D変換器, 8ビットD-A変換器(H8/3032系を除く), 調歩同期式・クロック同期式切替可能なシリアルインタフェース, マイコン暴走監視用のウォッチドッグタイマ, およびA-D変換器やシリアルインタフェースと内蔵メモリ間のデータのやりとりを行うダイレクトメモリアクセスコントローラ(H8/3032系を除く)などを内蔵している。この豊富な周辺機能により, H8/3042は外付け部品なしに, ワンチップでインバータ制御が可能である。

SH7034は, 組込み用32ビットRISC SH7000シリーズの製品で, 1993年10月から量産されている。この製品は, 16ビット乗算器を内蔵しており, DSP並みの高速演算(16ビット乗算: 150 ns以下)を実現できる。さらに, ほとんどすべての命令を1サイクルに1命令(50 ns: 20 MHz動作時)で実行できる高速CPUをコアとしたマイコンである。また, 組込み用であるため, タイマやメモリなどの周辺機能を内蔵している。特に, インバータ制御機能として, H8/3042と同等の3相PWM出力機能が

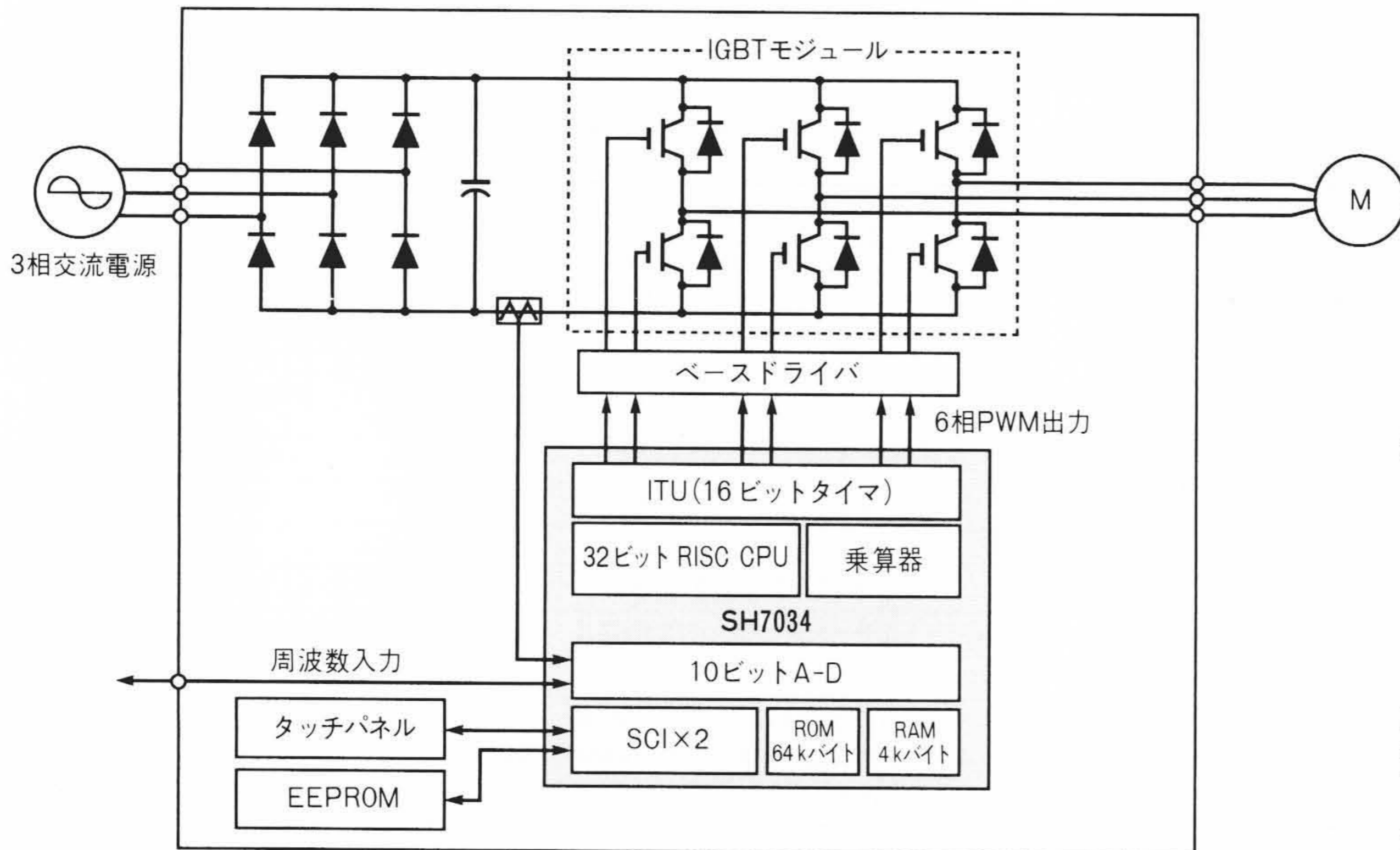
内蔵されており, 高キャリヤ周波数に対応可能である。A-D変換器は, 1チャンネル当たり6.7 μsで変換を行い, 電流制御の高速応答を可能とする。そのほかにも, H8/3042と同様に調歩同期式・クロック同期式切替可能なシリアルインタフェース, マイコン暴走監視用のウォッチドッグタイマ, およびダイレクトメモリアクセスコントローラなどを内蔵している。

このSH7034の展開として, 内蔵ROMなしで内蔵RAM 8 kバイトのSH7032と, 下位の位置づけのSH7021/7020を製品化しており, いずれの製品も3相PWM出力機能を持ったタイマを内蔵している。SH7034を使用することにより, 従来DSPでしか実現できなかった高精度な制御がワンチップで可能となる。

#### 4 システム応用例

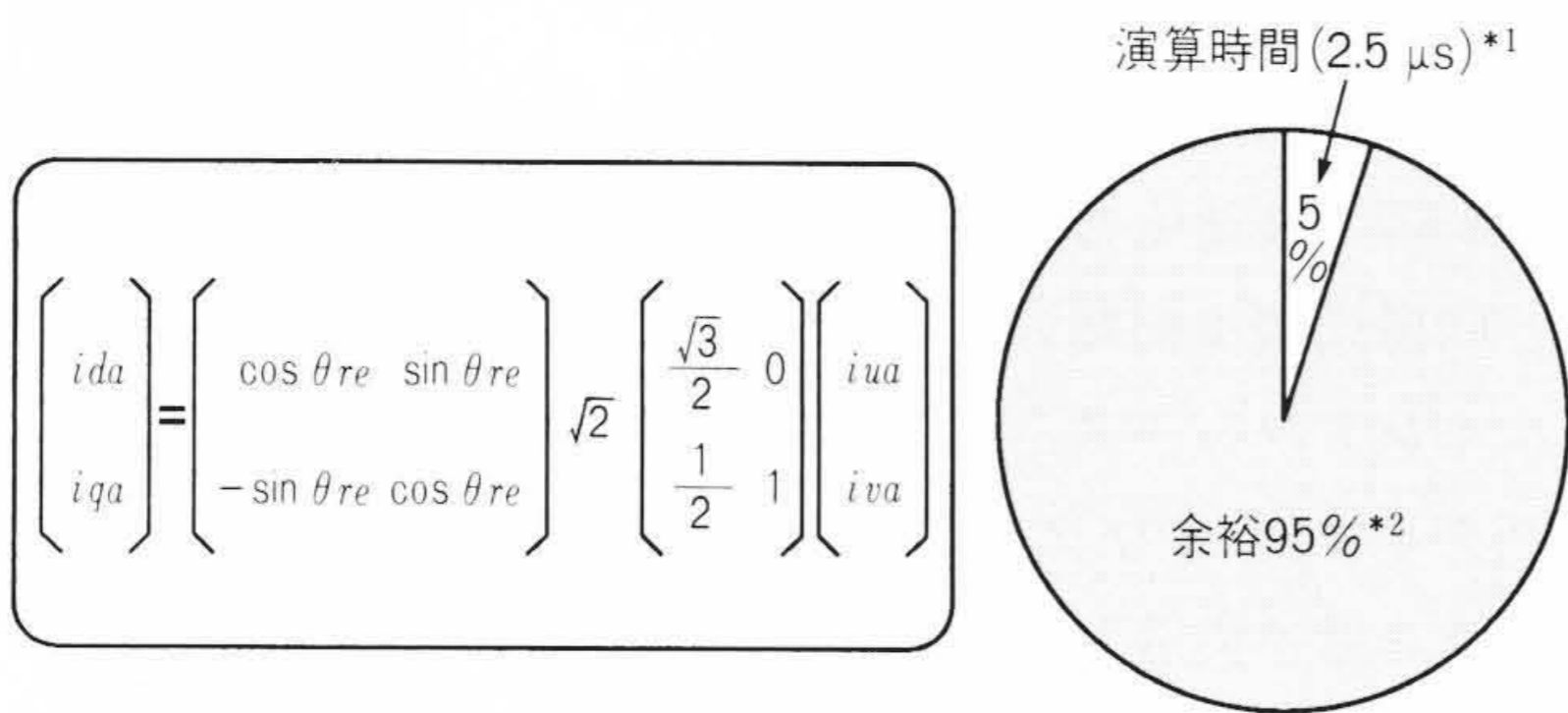
SH7034によるインバータ制御の構成を図2に示す。SH7034は, 従来DSPとゲートアレーで構成されてきたベクトル制御インバータの制御回路をワンチップで実現できる。

運転パターンは, ボリュームからの入力を10ビットA-D変換器で, タッチパネルからの指令はシリアル通信機能を使って受ける。この指令に従って高速32ビットCPUで演算を行う。3相PWM出力は, 内蔵のタイマによって行う。このタイマは, デッドタイムを自動生成し, 最高10ビット分解能のPWMパルスを出力することができる。また, キャリヤ周波数も任意に変更することが可能である。シリアル通信機能は, モータ定数などを格納するEE-



注：略語説明  
 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)  
 ITU (Integrated Timer Pulse Unit)  
 SCI (Serial Communication Interface)

図2 SH7034によるインバータ制御システム  
 内蔵するITUやSCIを使用したワンチップでの制御例を示す。



注：\*1 (SH7034動作周波数20 MHz時の演算時間)  
 \*2 (制御周期50 μs(キャリア周波数20 kHz)での、2相・3相変換の演算時間が占める割合を示す。)

図3 2相・3相変換のSH7034による演算時間  
 キャリア周波数20 kHzでの2相・3相変換の演算に要する割合はわずか5%である。

PROMとのデータ送受信に使用する。過電流検出や各種センサの入力は、A-D変換器で行う。メモリとして64 kバイトのROMと4 kバイトのRAMの大容量メモリを内蔵しているので、機能の拡張によるプログラム増にも対応が容易である。この内蔵ROMはマスクROM版とEPROM版が準備されており、EPROM版を使用することによってユーザーの細かな仕様要求にも対応できる。

ベクトル制御での電流制御部の2相・3相変換の演算時間によるSH7034のCPU性能を図3に示す。

SH7034は、16ビット乗算を150 nsで実行し、16ビット×16ビット+42ビットの積和演算を同じく150 nsで実行する。これにより、図3の行列演算を従来の16ビットCPUと比較して約7~8倍の2.5 μsで実行できる。これを、キャリア周波数20 kHz、制御周期50 μsでの占有率で表すと5%となる。これにより、SH7034を使用すれば電流制御部の応答を20 kHz以内にする事が可能であると考えられる。

## 5 おわりに

ここでは、インバータ制御用マイコンの特長とシステム応用例について述べた。

今後、さらに機器の高性能化が進むにしたがって、マイコンに対する高速化、専用化のニーズが強まるものと思われる。マイコンの動作周波数の向上や乗算器を取り込むなどして、演算処理の高速への対応を図っていく。また、ドライバ部に対する保護回路の内蔵やA-D変換器の精度向上などの専用化により、インバータの小型・高性能化に寄与する製品開発を進めていく考えである。

## 参考文献

- 1) 河崎, 外: DSP機能を内蔵したSHシリーズ, 日経エレクトロニクス, 1992年11月23日号, No.568, 99~112
- 2) 見城, 外: ACサーボモータとマイコン制御, 総合電子出版社