

第1章

家電の制御から情報端末までをカバーする
SuperHファミリとは

●阿部 直樹●

はじめに

SuperHファミリは、『安価でかつ高性能なシステムを実現できるようなCPU！』という開発コンセプトでスタートしました。それまでの組み込み用途のマイクロコンピュータは、安価なら性能が低く高性能なら高価という、ごく当たり前のストーリーで展開されていました。

そのような中で、常識を覆すようなコンセプトを掲げて開発されたSuperHファミリには、RISC方式の弱点だったコード密度の低さと、ハーバード・アーキテクチャでなければ処理速度が望めないといった問題から、さらにはコピキタス・コンピュータ社会を旨とするための小型化や低消費電力化を解決するさまざまな創意工夫が盛り込まれています。

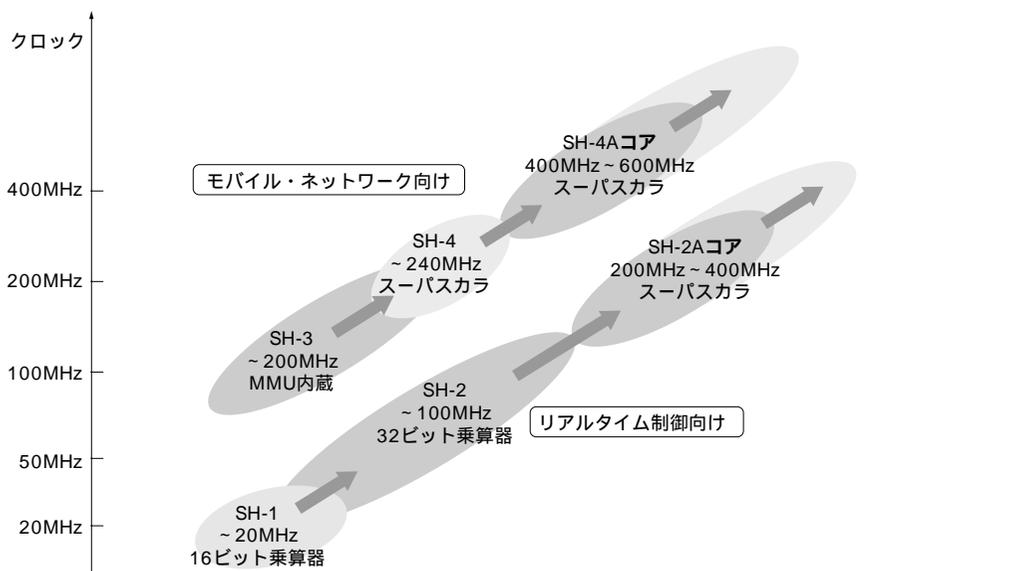
SH-1から始まったSuperHマイコンの開発は、CPUコアの展開によってSH-2、SH-3、SH-4へと進み、現在はSH-2の後継であるSH-2A、またSH-4の後継であるSH-4Aが開発されています。さらに、64ビット化されたSH-5以降のCPUコアも米国SuperH Inc.よりリリースされ、システム・オン・チップ(SoC)コアとしても利用できるようになりました。

本章ではSuperHのファミリ展開と周辺機能の特徴、およびその使い方について説明します。

1. SuperHファミリの展開

SuperHファミリは、ルネサステクノロジが開発している32ビットのRISCマイコンの総称です。

SuperHファミリは、世界初の組み込み向けシング



時間

図1 SuperHマイコンのロードマップ

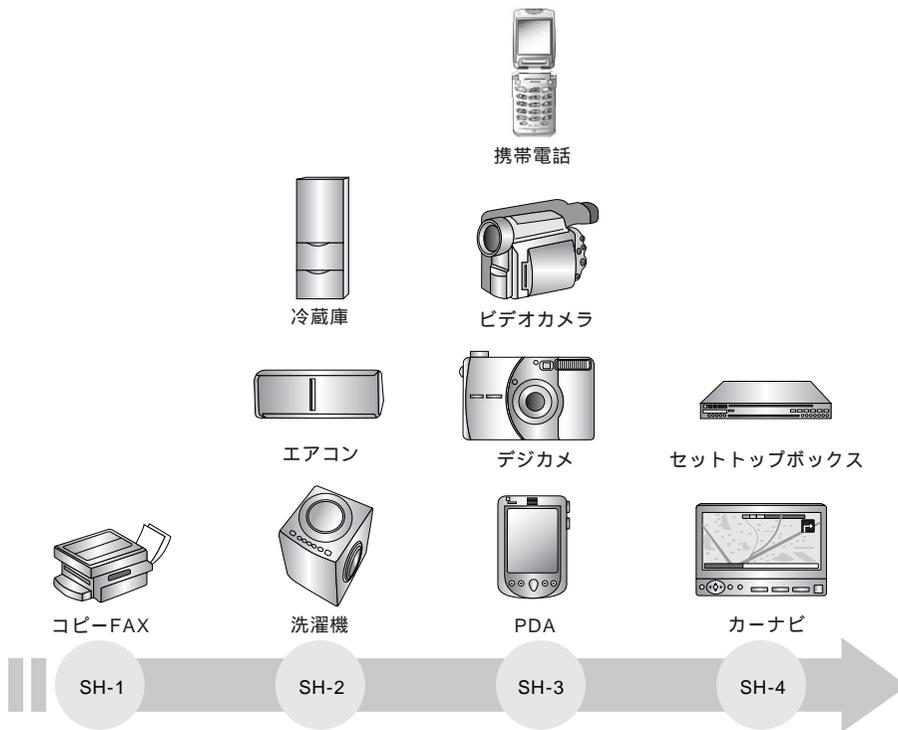


図2 SuperHマイコンが使われている機器の例

ル・チップRISCとしてSH-1が1993年にリリースされて以来、さまざまなアプリケーションやユーザ・ニーズに適合したCPUコアが開発されてきました。たとえば、家庭用ゲーム機(セガサターン)に使用されたSH-2, Windows CEに対応し, PDA向けに開発されたSH-3, SuperHファミリの最上位でアミューズメント機器や, ナビゲーション・システムに使われているSH-4など, さまざまなCPUコアがこれまでに開発されています。

また, これらのCPUコアに高速積和演算機能を付加し, VoIPやJPEG処理を高速化するSH2-DSP, SH3-DSP, 単精度浮動小数点演算器を内蔵し, 高度なエンジン制御に利用されているSH-2Eもあります。さらに, コントローラ用として高速化, 小メモリ化を旨として命令を追加されたSH-2A, そしてプロセッサとしての演算能力を向上させる命令を追加したSH-4Aがあります。図1にSuperHのロードマップを, 図2にSuperHが使われている機器の例を示します。

SuperHの生い立ちについては, ルネサステクノロジのホームページ(<http://www.renesas.com/jpn/>)に詳しく紹介されているので, そちらを参照してください。

ここでは, SuperHの安価かつ高性能という開発コンセプトについて詳しく紹介します。

● より高性能に

SuperH製品群はユーザ・ニーズに合わせて開発されています。ユーザ・ニーズの中でも演算性能に対するニーズがもっとも求められています。たとえば, 電話機を考えると, 話せばよかった黒電話の時代から, FAXや携帯電話へと進化し, 現在では携帯テレビ電話まで市場に登場しています(図3)。

また, 電子玩具では, 有線のON/OFF制御カーからラジオ・コントロール・カー, TVゲーム機へと進化し, 現在はLANを使用したネットワーク・ゲームすら当たり前前の時代になりました。家電品もON/OFF制御から古典的なPIDによるインバータ制御へ, さらにはモータならセンサレス・ベクトル制御へとより高性能, より長寿命, より省エネ化へと進み, 演算する方式やデータ量が桁違いに増えています。

どの分野においても扱う情報量が爆発的に増え, 同時に処理の高速化が求められているのです。

これらのユーザ・ニーズに応えるため, SuperHは動作周波数をSH-1の20MHzからSH-4Aの400MHzへと20倍以上もの高速化を実現しました。そして, ス

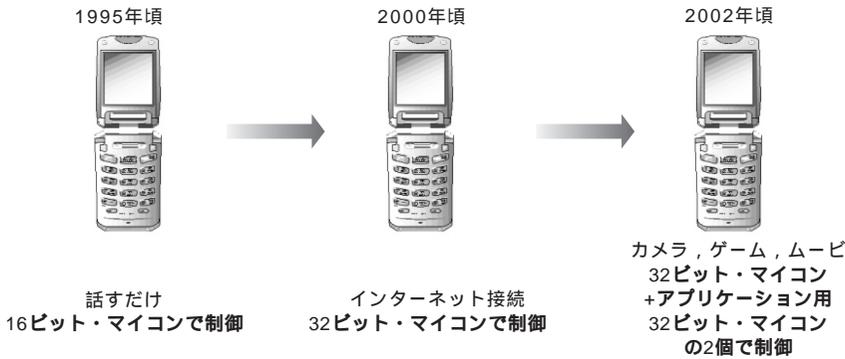


図3 携帯電話の進化

ーパスカラ方式による2命令の同時実行や、DSP/FPU機能の内蔵、新規命令の追加など、アーキテクチャの改良も行われています。

● よりコンパクトに

現在のユーザ・システムは、高性能化を求めながらかつ軽量化、小型化される方向にあります。システムを小型化するには二つの側面があります。

一つは、搭載するプリント基板をはじめとして部品を小さくすることです。これはSoCという方向で、メモリや周辺機能をオンチップにすることです。そのようなニーズに応えるため、SuperHは最大で1Mバイトを超える大容量メモリやA-D変換器、高機能タイマなどの豊富な周辺機能を製品化しています。

また、内蔵メモリ・インターフェースを強化し、SDRAM、パーストROMなどの各種メモリを外付け回路なしで直結することができます。一方では、SuperHをコアとしてユーザ・システムをチップ化し、SoCに対応させています(図4)。

もう一方の側面は、電源回路までもを含めた小型化です。SuperHはメモリ・インターフェースやほかの

内蔵周辺機能を含めて、トータルで低消費電力なマイコンです。ボード面積も小さく、低消費電力であるため電源回路も小さくできます。

● よりローパワーに

地球環境を考えると、すべての機器がローパワーで動作することが望ましいことは言うまでもありません。マイコンで高度な制御を行い、消費電力を下げることに成功したエアコンや冷蔵庫などは良い例でしょう。製品全体の消費電力が下がると、相対的に制御回路の消費電力の割合が増えて見えます。つまり、マイコンも低消費電力でなければなりません。中でもバッテリーを電源とする機器では、特にローパワーであることが重要です。

SuperHマイコンは、16ビット命令でバスを効率良く利用しており、CPU回路も小さいため低消費電力です。この特徴を活かすため、SuperHマイコンはソフトウェアで制御できるパワー・マネージメント機構を内蔵しています。CPUのみを停止するスリープ・モードや、指定したブロックのみの機能を停止するモジュール・スタンバイ・モードなど、きめ細かな設定をソフトウェアで実現できます。

また、特にローパワーを要求される携帯電話システムの画像や、音声を処理するSH-Mobileでは内部回路の電源分離を行い、待ち受け時の消費電力を極限まで低下させています(図5)。

● より効率のよい開発を

マイコンを利用したシステム開発では、ソフトウェアの開発コストがかかります。したがって、効率よく開発できる開発環境がなければ安いマイコンを採用した意味がありません。SuperHは上流のツールから下流のエミュレータに至るまで使いやすい環境を入手しやすいマイコンです。

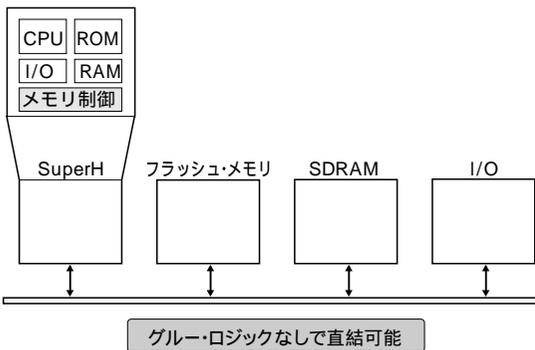
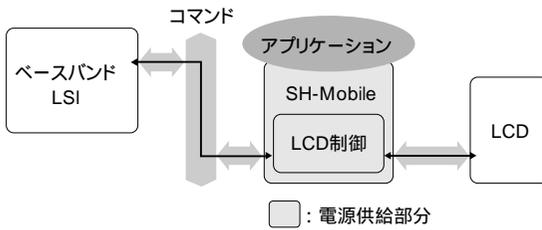
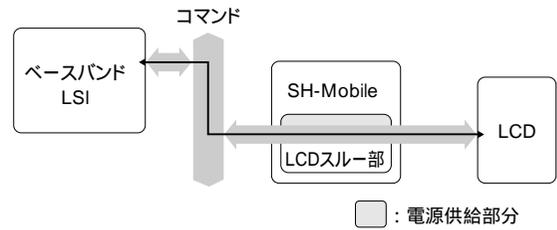


図4 バス・ステート・コントローラ内蔵とSoC

SH-MobileがLCD表示を制御



(a)アプリケーション動作時

ベースバンドLSIから直にLCD表示を制御する。
LCDスルー部だけに電源供給できるようにし、超低消費電力を実現

(b)待ち受け時

図5 電源分離回路内蔵による低消費電力の実現

RISC方式は、固定命令長とパイプライン構造によって高性能を発揮できます。しかし、1クロックで動作する単純な命令だけに限って実装されているため、同じ処理を行うとCISC方式に比べてより多くの命令数を必要とします。

また、パイプライン動作を妨げる命令の並びになっていると、一時的にパイプラインを止めて待つ(ハードウェアによるインターロック機構)か、あるいは命令の並べ替えをしなければなりません。そのためRISC方式のマイコンは、アセンブリ言語による開発は時間がかかるわりに性能が出ないとされています。そのため、コンパイラとセットでない正しい性能評価ができないともいわれています。

開発当初からSuperHは、C言語によるプログラミングを意識したアーキテクチャが採用されています。そのためルネサステクノロジを始め、GNUなど多くのC/C++コンパイラがあるので選択肢も豊富です。さらに、コンパイラのフロントエンドの言語解析能力やバックエンドのコード生成能力も競争によって高性能化されています。

こうしたC言語向きのCPUアーキテクチャとコンパイラの適正な競争により、C/C++による開発でも小さなコードになり、より速く、場合によってはアセンブリ言語の開発よりコード効率や実行時間が短くなります。

最近の組み込み機器では、より多くの情報をリアルタイムに処理しなければならないため、リアルタイムOSの導入が必至となりつつあります。SuperHマイコンにはITRON仕様OSやOSEK仕様OS、さらにはT-Kernel、TOPPERSなど、多くのOSをインプリメントできるように標準プラットフォームのボード(写真1)や教育、研修までもサポートしています(図6)。

ルネサステクノロジが提供している統合開発環境HEW(High performance Embedded Workshop)には、C/C++コンパイラ、アセンブラ、リンカ、シミュレータ、スタック解析ツールなどが含まれています。この評価版はルネサステクノロジのWebページより入手することができます。シミュレータには、`printf`や`scanf`などの標準入出力に対応したコンソール機能やメモリ内容を画像データとして表示したり、波形として表示する機能もあります。

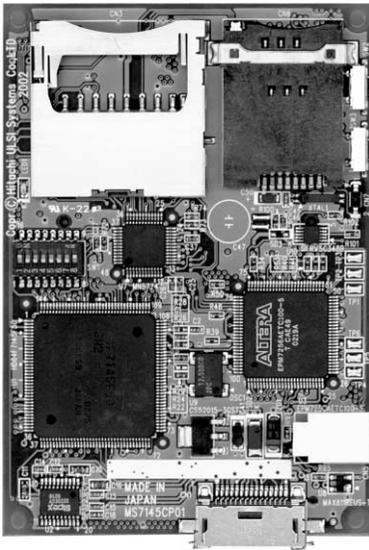
また、最新バージョンではタイマ機能もシミュレーションできるようになっており、評価ボードがなくてもかなりのところまでデバッグができます。さらに、SuperHのパイプライン動作を表示する機能もあるので、クリティカルなプログラムの開発にも利用できます。ぜひ、ダウンロードして試してみてください。

なお、リアルタイムOSはインターフェース仕様が明確です。さらに、モデルウェアやドライバまでトータルなサポートが充実しているのもSuperHの特徴です。

多くのサード・パーティがこれらの開発環境を幅広くサポートしており、誰でも簡単に開発をスタートすることができます。

2. SuperHコントローラとプロセッサ

これまで、SuperHは用途に合わせたCPUコアの開発が行われてきました。主にシングルチップ用途で、 μ ITRONなどのリアルタイムOSを使ったシステムにコントローラとして用いられるSH-1とSH-2を『SuperHコントローラ』と言います。また、MMUを搭載し、汎用OSまで搭載できるSH-3とSH-4を『SuperHプロセッサ』と言います。



(a)



(b)

写真1 T-Engine ボードの外観

現在、ルネサステクノロジでは、これらのCPUコアの後継コアとして、自動車や産業機器などのメカトロニクス制御/モータ制御、OA機器/民生機器のシステム・コントロールなどのリアルタイム制御向けに命令を追加して、アーキテクチャを改良したSH-2A、そしてますます高性能化するモバイル機器やネットワーク・システムに対応した400MHz以上の高速動作を実現するSH-4Aを製品化しています。

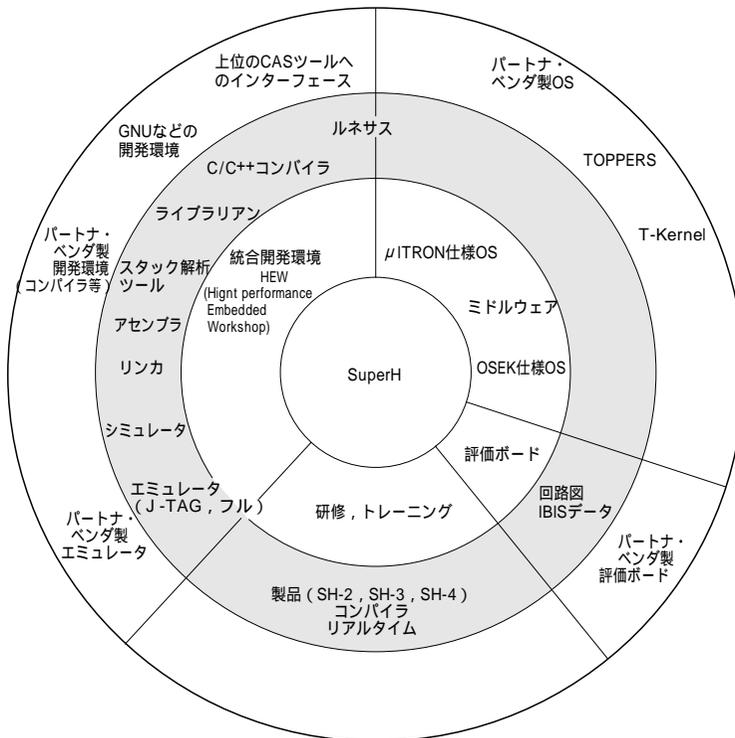


図6 SuperHマイコンの開発環境

そこで次に、それぞれのファミリごとに特徴を紹介しましょう。

● SuperHコントローラ

SuperHの中でもSH-1, SH-2, SH-2AをCPUコアとした製品は、SuperHコントローラと呼ばれています(写真2 : p.13)。SuperHコントローラは、エアコンや洗濯機といったインバータ家電や、FAX、プリンタなどの民生機器、そして自動車やロボット、ACサーボなどの産業機器など、非常に多くの分野で使用されています。SH-2では、SH-1に加えて32ビット乗算命令、積和命令を追加してより強力なリアルタイム制御を可能にしています。

これらSH-1, SH-2のSuperHコントローラは、主にシングルチップ・マイコンでROM/RAM内蔵品です。周辺機能は10ビットのA-D変換器やモータ制御用タイマであるMTU(Multi Function Timer Pulse Unit)、またデータ転送にはDMA(Direct Memory Access Controller)やDT(Data Transfer Controller)があります。なおSCI, I²C, USBといった通信系の

モジュールも1チップ化されています。豊富なROM/RAMのパリエーションがあり、製品選択の幅が広いこともSuperHコントローラの強みです。

また、SH-2Aコアは民生・産業・自動車分野において高速化、高性能化、コンパクト化といったニーズに応えています。アーキテクチャには2命令の同時実行が可能なスーパスカラ、そして命令バスとデータバスを分離したハーバード・アーキテクチャを採用し、高性能化を実現しました。

動作周波数も200MHzと従来のSH-2(80MHz)と比較して2倍以上のクロック周波数となっています。加えて2ウェイ・スーパスカラなので、DhrystoneベンチマークではSH-2の104MIPSからSH-2Aの360MIPSと3.5倍の演算性能になりました。

さらに、割り込み優先度分の汎用レジスタ・バンク、構造体や配列に対するアクセス強化命令、周辺機能のレジスタへアクセスするためのビット操作命令、32ビットの1命令乗除算といった新規命令を追加し、コード効率を大幅に削減しました。

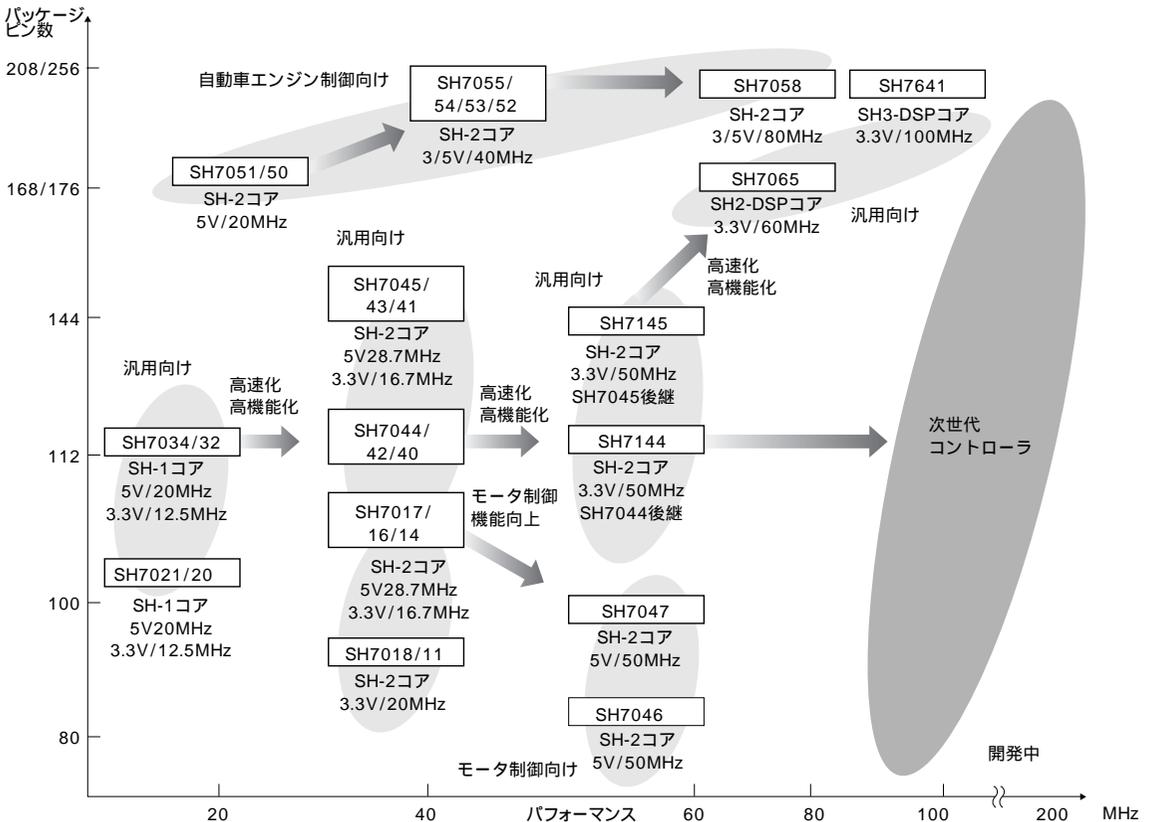


図7 SuperHコントローラのロードマップ

表1 SuperHコントローラ・ファミリのラインナップ

CPUコア	型名	ROM		RAM	キャッシュ	動作周波数 (MHz)			PLL	電圧 (V)	外部バス									
		タイプ	容量 (Kバイト)	容量 (Kバイト)	容量 (Kバイト)	CPU	バス	周辺			バス幅	DRAM	エリア							
SH-1	SH7020	M	16	1		20	20	20		5.0 (3.3)	8/16	16M	4M×8							
	SH7021	M, Z	32			(12.5)	(12.5)	(12.5)												
	SH7032			8		20	20	20	5.0 (3.3)	8/16	16M	4M×8								
	SH7034	M, Z	64	(12.5)		(12.5)	(12.5)													
	SH7034B			4		20	20	20	3.3											
SH-2	SH7011			4	1K命令	20	20	20		3.3	16		4M×4							
	SH7014			3		28.7	28.7	28.7						×1, ×2, ×4	5.0	8/16	16M	4M×4 +16M×1 (DRAM)		
	SH7016	M	64						4	20	20	20	3.3						8	
	SH7017	F	128	4		28.7	28.7	28.7						×1, ×2, ×4	5.0	8/16	16M	4M×4 +16M×1 (DRAM)		
	SH7018	F	160						4	28.7	28.7	28.7	×1, ×2, ×4						5.0	8/16
	SH7040	F, M	64	4 (内2Kバイトを1Kバイトのダイレクトマップ命令キャッシュに利用可能)		28.7	28.7	28.7						×1, ×2, ×4	5.0 (3.3)	8/16	16M	4M×4 +16M×1 (DRAM)		
	SH7041	M	64						4	28.7	28.7	28.7	×1, ×2, ×4						5.0	8/16/32
	SH7042	M, Z	128	4		28.7	28.7	28.7						×1, ×2, ×4	5.0	8/16/32	16M	4M×4 +16M×1 (DRAM)		
	SH7043	M, Z	128						4	28.7	28.7	28.7	×1, ×2, ×4						5.0	8/16/32
	SH7044	F, M	256	4		28.7	28.7	28.7						×1, ×2, ×4	5.0	8/16/32	16M	4M×4 +16M×1 (DRAM)		
	SH7045	F, M	256						4	28.7	28.7	28.7	×1, ×2, ×4						5.0	8/16/32
	SH7144	F, M	256	8		50	50	40						×1, ×2, ×4	3.3	8/16		4M×4		
	SH7145	F, M	256						8	50	50	40	×1, ×2, ×4						3.3	8/16/32
	SH7046	F	256	12		50	50	40						×1, ×2, ×4	5.0	8		256K		
	SH7048	M	128	4																
	SH7148	M	64						4											
	SH7108	M	128	4																
	SH7106	M	64						4											
	SH7104	M	256	8																
	SH7101	M	32	2																
SH7047	F	256	12																	
SH7049	M	128	8																	
SH7109	M	128	4																	
SH7107	M	64		4																
SH7105	M	256	8																	
SH7050	F, M	128	6	20	20				20	×1, ×2, ×4	5.0	8/16							4M×4	
SH7051	F	256	10																	
SH7052	F	256	12	40	40				20	×4	3.3	8/16							4M×4	
SH7053	F	256	16																	
SH7054	F	384	16																	
SH7055	F	512	32																	
SH-2E	SH7055	F	512	32	40				40	20	×4	3.3	8/16							4M×4
	SH7058	F	1024	48	80					20	×4, ×8	3.3	8/16							4M×4
SH2-DSP	SH7065	F, M	256	8	60	30	30	×1, ×2, ×4 (プログラマブル)	3.3	8/16/32	64M×2	64M×4 +32M×4								
SH3-DSP	SH7641			144	16	100	50	33	×1, ×2, ×4, ×8 (プログラマブル)	3.3 (内部1.9)	8/16/32	64M×2	64M×4 +32M×4							

MTU(3)は3チャンネルのMTU, MTUは5チャンネル, DMA(n)はnチャンネルのDMAC, SCI(n)はn個のSCIモジュール
M: マイクロROM版 Z: ZTAT(EPROM)版 F: フラッシュ・メモリ版

データ転送	アナログ		シリアル	タイマ		H-UDI	パッケージ		
	A-D(10b)	D-A		16ビット	8ビット				
DMAQ(4)			SCIx2	ITU	CMT WDT		TFP-100		
DMAQ(4)	8		SCIx2	ITU			FP-112 TFP-120 QFP-112		
	7		SCI	MTU(3)		TIMx2	TFP-100		
DMAQ(2)	8(高速)		SCIx2	MTU(3) CMT	CMT WDT		FP-112		
	8		SCI	MTU(3) CMT			TFP-100		
DMAQ(4) DTC	4x2		SCIx2	MTU CMT	CMT WDT		FP-112 FP-144 FP-112 FP-144 FP-112 FP-144		
DMAQ(4) DTC	4x2		SCIx4 I ² C	MTU CMT		WDT	QFP-112 LQFP-144		
DTC	4x3		SCIx2	MTU MMT CMT		WDT		FP-80	
	8		SCIx3 HCAN2						
DTC	4x4		SCIx2						FP-100
DMAQ(4)	12+4		SCIx3	ATU CMT	WDT		FP-168		
			SCIx5 HCAN	ATU-II CMT			FP-208		
DMAQ(4)	12x2+8		SCI HCANx2	ATU-II CMT	WDT		FP-256		
DMAQ(4)	12x2+8		SCI HCAN2x2	ATU-II CMT WDT	WDT		FP-256		
DMAQ(4)	4x2	2	SCIFx3	TPU MMT CMT			FP-176		
DMAQ(4)	4x2		SCIFx3 USB I ² C	MTU CMT	CMT WDT		BGA-256		

図7にSuperHコントローラのロードマップを、表1にSuperHコントローラのラインナップを示します。

SuperHコントローラには、フラッシュ・メモリを内蔵した製品もあります。フラッシュ・メモリは、電氣的にデータの消去や書き込みができるROMです。フラッシュ・メモリは、一括またはブロック単位でデータを消去し、新たに書き込むことができ、データは電源の供給がなくても消えないという大きな特徴もっています。

また、プログラムによりオンボードで書き込みが可能なため、開発中や量産時、そして市場投入後もたいへん有効となります。SuperHのF-ZTATマイコンはクロック80MHzで動作し、かつ大容量の1Mバイトのフラッシュ・メモリを内蔵した製品を始めとして、さまざまな分野に対応した製品がラインナップされています。

● SuperH プロセッサ

SuperHコントローラに対して、SuperHマイコンのSH-3とSH-4、そしてSH-4AをCPUコアとした製品は、プロセッサ・ファミリとして製品展開がされています。図8に、SuperHプロセッサのロードマップを示します。

SuperHプロセッサは、大容量データ、大容量プログラムを必要とするアプリケーション用に開発されたCPUコアです。スーパーバイザ・モードとユーザ・モードの二つの動作モードを持ち、MMU(メモリ・マネジメント・ユニット)によるメモリ保護を実現できます。そのため、OSの搭載や大容量メモリの管理もできます。

SH-4では、FPU(浮動小数点ユニット)が搭載され、演算能力も強化されました。3Dグラフィック・エンジン向けに、4x4の行列とベクトルの間の乗算命令をもっており、3Dグラフィックス処理の座標変換、内積演算などのジオメトリ演算を高速に実行できます。

また、PDAなどの携帯機器をターゲットとするため、動作周波数の向上と同時に低消費電力も追求しています。SH-3の100MHzからSH-4の240MHzがそのラインナップであり、携帯用組み込み機器やプリンタなどの大容量メモリを使用するアプリケーションに広く採用されています。

そして、さらなる高速化の要求に応えるためにSH-4Aコアが開発されました。SH-4Aの最初の製品は400MHzで動作し、スーパスカラおよびハーバード・

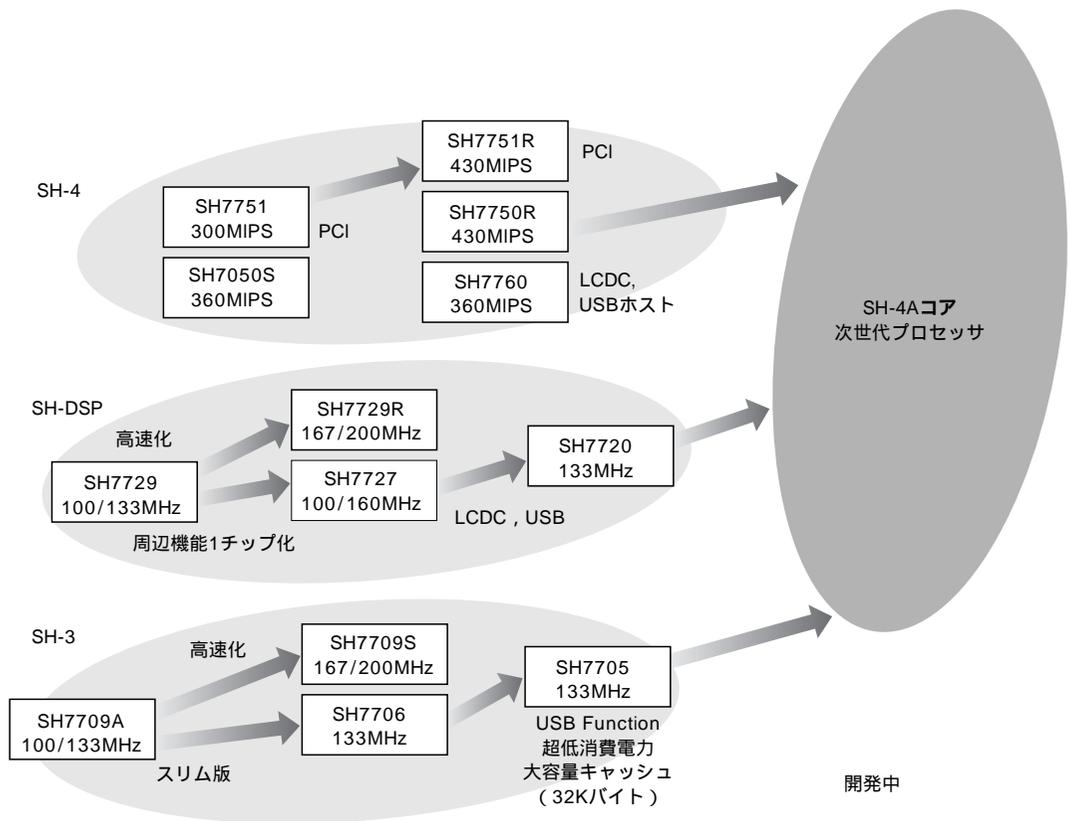


図8 SuperHプロセッサ・ファミリのロードマップ

アーキテクチャを採用し、大容量のキャッシュ・メモリを搭載することによって高速動作を実現しています。そして、データ転送やキャッシュ操作、FPUに

三角関数命令などを追加することにより、グラフィック演算をより高速に行うことができます。

あべ・なおき (株)ルネサス テクノロジ