

プロローグ

ARMの歴史 — ARM1からARM7まで

二宮 功

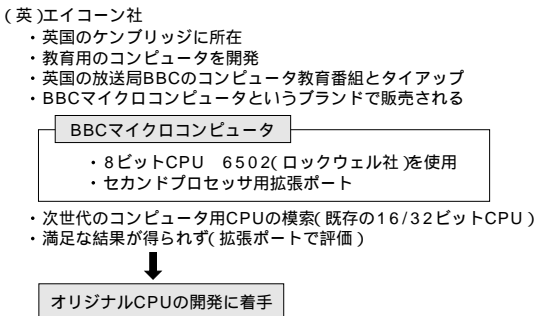
1 ARMの歴史

歴史というと多少大げさになるかもしれないが、少し振り返って紹介させていただきたい。ARMの歴史という場合、ARM社の歴史と、プロセッサとしてのARMコアの歴史という二つの側面がある。まずARMの名前の起源から紹介する。

ARMの名前の起源

1982年当時、英国のAcorn(エイコーン)社では、パーソナルコンピュータの設計、開発、製造、販売を行っていた。このコンピュータは、おもに教育用に開発され、英国の会社のみならず学校に広く普及した。

【図1】開発の背景



このコンピュータは、BBCマイクロコンピュータというブランド名で、英国の放送局であるBBCとタイアップしたことにより名づけられた。BBCの教育番組で、このエイコーン社のコンピュータが使用されたことで、予想を上回る売り上げを記録した。使用されたCPUは、ロックウェル社の6502だった。

この成功を基に、次世代のコンピュータに使用するCPUをどれにするか検討が開始された(図1)。16/32ビットのCISCやRISC CPUを調査し、実際に評価をした。具体的にはBBCマイクロコンピュータの拡張スロットに、各CPUを搭載したボードを装着して性能が測られた。そして32ビットのRISC CPUに的が絞られた。

しかしいずれも、教育用という用途やシステム価格の低コスト化、ある程度の高性能、そして低消費電力という課題を満たすものはなかった。当時のRISCのCPUは、ミニコン/ワークステーション用に開発され、性能のみが追求されていたためである。CPUチップの消費電力が高く、発熱のため低価格のプラスチックパッケージが使用できず、高価なセラミックパッケージが使用されていた。また、システムとしては高性能だが、価格が高く消費電力が大きかった(表1)。

最初のARMコア『ARM1』

エイコーン社は、パーソナルコンピュータのハード

【表1】
ARMのRISC設計アプローチ

一般的なRISC(当時)	ARMのRISC
性能(スピード)のみ追求	システムの価格性能比の追求(価格・性能・消費電力のバランス設計)
ワークステーションなどのハイエンドをターゲット <ul style="list-style-type: none"> ● 高性能、高価格 ● 高消費電力、セラミックパッケージ ● 低いコード効率 ● 複雑なシステム設計 ● ASIC化は困難 	PCや組み込み機器をターゲット <ul style="list-style-type: none"> ● やや高性能、低価格 ● 低消費電力、プラスチックパッケージ ● 高いコード効率 ● シンプルなシステム設計 ● ASICマクロセル

/ソフトを開発する技術集団だった。そのため、半導体の設計、プロセッサの設計/開発の経験はまったくなかった。しかし、自分達の要求に最適なCPUが見当たらなかったため、みずからCPUを設計/開発することを決意した。プロセッサを使用してハードを設計するハードウェア技術者、ソフトを開発するソフトウェア技術者、その双方の視点から32ビットRISC CPUの開発が着手された。

開発目標としては、性能は6502の10倍、しかも価格や消費電力を上げることなく低コストを目指した。初めてのプロセッサの開発という点を踏まえ、設計後のテストなどの容易性を考慮しつつ、ハードのみではなく、ソフトの有効利用も考慮して開発が進められた。

このエイコーン社の技術者によって最初に開発されたプロセッサは、ARM(Acorn RISC Machines)1と名づけられた。論理回路の設計からチップのレイアウトの設計までを行い、半導体の製造は米国のVLSIテクノロジー社に委託した。

1985年当時、半導体のプロセス技術は3μmで、25,000トランジスタという規模だった(表2)。しかし、このチップは世の中に出ることはなかった。性能が予想どおりには出なかったためである。

ARM2とARM3

ARM1の開発の結果から改良を加えてできたのがARM2である。クロックが12MHzで、6MIPSの性能を達成した。この6MIPSというのは、当時としてはかなりの性能であった。これはエイコーン社のパソコン「アルキメデス」に搭載された。OSも自社で開発され、RISC-OSと名づけられた。以後、この自社のOSが今日まで使用されている。

ARM2をさらにスピード面で改良したものがARM3、そして消費電力の面で改良したものがARM2aSと呼ばれたチップである。ARM3はデスクトップ型のパソコンに、ARM2aSはハンドヘルド型のパソコンに使用された。

ARM社の設立

1990年11月、英国のケンブリッジの納屋で、夢に燃えるエイコーン社のARMの開発者12名がスピニアウトし、Advanced RISC Machines社が設立された。プロセッサの開発はエイコーン社からこの会社に任せられた。このとき、このAdvanced RISC Machinesの頭文字を取って『ARM』という名前が継承された。

ARM社で開発された最初のCPUはARM6と名づけられた。したがってARM4とARM5という型番は

【表2】ARM1/2/3/2aSの概要

ARM1
<ul style="list-style-type: none"> ● 1983年 - 1985年 ● (英)エイコーン社の設計チームによって開発される ● 6502(CPU)の命令セットと類似環境 ● 32ビットのRISC ● 3 μm・CMOSプロセス, 25,000トランジスタ
ARM2(ARM1の改良版)
<ul style="list-style-type: none"> ● 命令セットの改良(乗算, 演算) ● コプロセッサインターフェース ● 25,000トランジスタ ● 2 μmプロセス 5.4mm² ● 12MHz, 6MIPS ● エイコーン社のパソコン「アルキメデス」に採用(1987年)
ARM3(ARM2の改良版・性能面)
<ul style="list-style-type: none"> ● 4Kバイトのオンチップ・キャッシュ(データと命令) ● 300,000トランジスタ ● 1.5 μmプロセス ● 25MHz, 10MIPS ● エイコーン社のデスクトップコンピュータに採用(1990年)
ARM2aS(ARM2のスタティック版)
<ul style="list-style-type: none"> ● 低消費電力, ASICコア ● ハンドヘルド, ポータブルシステムの開発者が注目 ● 日本のアーケードゲームに採用(1992年)

存在しない。そしてARM7, ARM8, ARM9, ARM10と開発が進み、現在発表されているものではARM11が最新版となっている。次のコアの開発も現在進行中である(図2)。

1998年に、社名をAdvanced RISC Machines Ltd.からARM Ltd.に変更し、持ち株会社ARM Holdings Plcの傘下になって、現在に至っている。日本法人のアーム(株)は、ARM Ltd.の子会社である。

ARM社のおもな業務は次に記すように、それまでにない知的財産権のライセンスを行う会社として、今でいうIP(Intellectual Property)という言葉がない頃から、ライセンス業務を手掛けている。

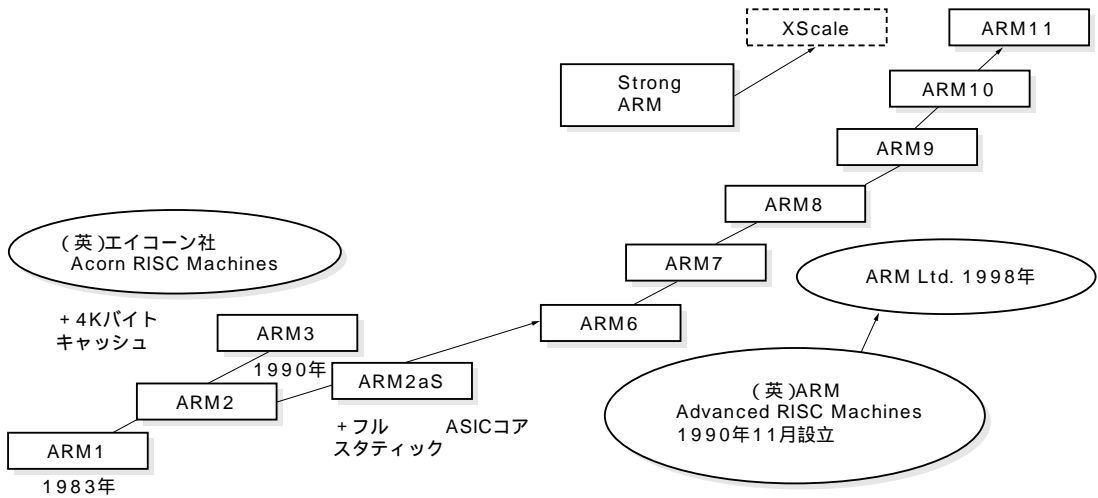
- ARMプロセッサの設計/開発
- 半導体メーカーへの製造販売権のライセンス
- コンパイラ, リンカ, デバッグなどのソフトウェアツールの開発
- ハードウェアのボード, ICEツールの開発
- コンサルタント/トレーニング/サポートなどのサービス
- サードパーティ製ツール/OSメーカーへのサポート

2 ARM6の時代

ARM6とそのファミリー

まずここで、ARM社の製品番号の付け方を簡単に

【図2】ARMの変遷



説明させていただく。たとえば、ARM6シリーズにはARM6, ARM60, ARM610という名前が出てくる。コアというのは、回路的には一つのブロックを意味し、それだけでは実際に使用できる半導体の製品にはならない、ほかの回路ブロック(メモリやユーザーの論理回路など)と組み合わせ、必要なASICやSoC(System On Chip)を開発する。そして、組み上がった全体のブロックのまわりに、ボンディングパッドとよばれる入出力端子を付けると、これがパッケージされたチップの入出力ピンへ接続されて、半導体の製品として完成する。

ARM6はCPUコア(図3)そのもの、ARM60はARM6のコアにボンディングパッドを付けて製品にしたもの、またARM610はARM6のコアにさらにキャッシュメモリを搭載し、ボンディングパッドを付けた製品である(正確にはARM610は、ARM600というあまり知られていない製品からの派生品)。番号が1桁の場合はCPUコアを、2桁の場合はパッドをつけた半導体の製品を、3桁の場合はキャッシュメモリをもつ製品を意味している。

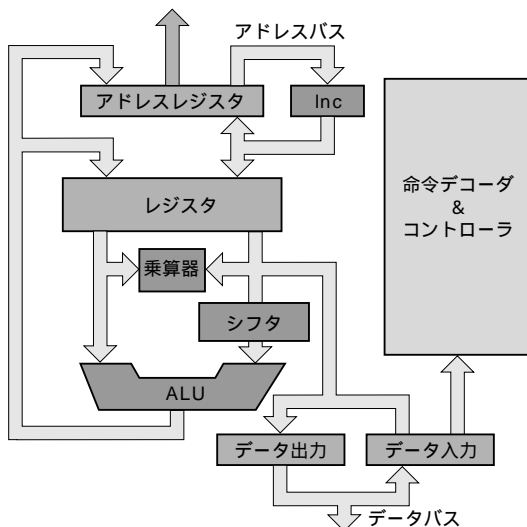
アプリケーション例

代表的なものとして、ARM60は3DOリアル(松下電器など)というマルチメディアプレーヤに採用された。また、ARM610はエイコーン社のパソコンにも採用されたが、それ以外ではアップルのNewtonというPDAに採用された。また、携帯電話にも採用が検討されていたが、まだ大きな動きにはなっていなかった。

ARM6シリーズとライセンス

この頃に、ARMをライセンスした半導体メーカーは、米国ではVLSIテクノロジー社とTI社、欧州では英国のGECプレッシー社、日本ではシャープ(株)の3社であった。

【図3】ARM6のブロック図

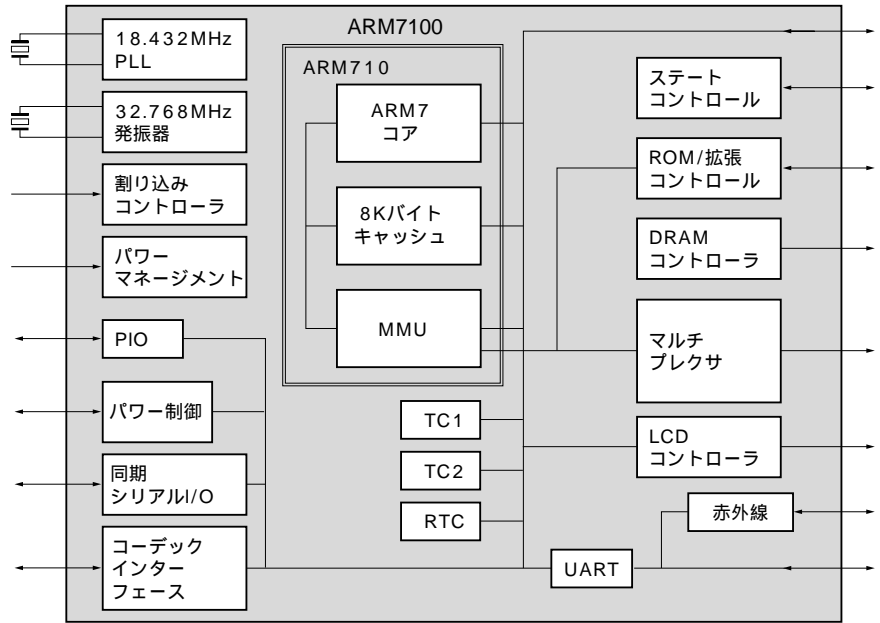


3 ARM7の時代

ARM7とARM710

ARM6の次に開発されたのがARM7である。当時はCMOSの半導体の電源電圧が5Vから3Vへ移行する期間であった。ARM6は、5Vのみの動作で、3Vに

【図4】
ARM7100の概要



対応していなかった．そこで，ARM7では3V対応に回路を改良した．これにより，より低消費電力になった．それ以外の部分はほぼARM6と同一であり，ARM6とソフトウェアの互換性は保たれている．

ARM6に対するARM7と同様に，ARM610に対してARM710が開発された．ARM7コアにキャッシュやMMU，ライトバッファが搭載された．そしてさらに，他の機能ブロックを追加して，より高密度に集積されたARM7100やARM7500というチップが開発された．この4桁番号の製品をARMではシステムチップと呼んでいた．

ARM7100

ARM7100(図4)は，ARM7コアやキャッシュ，MMU，そして各周辺ブロックを高集積化したもので，PDA用として開発された．実際に英国のサイオン社は，このチップを同社のPDA「シリーズ5」に採用した．

ちなみに，サイオン社のPDAには，オリジナルのOSとしてEPOCが搭載されている．後に，このEPOCというOSは，サイオン社と世界の通信大手メーカー数の出資で，ライセンス専門会社「シンピアン社(英国)」が設立され，各社へのライセンスが開始されている．

なお，現在EPOCはシンピアンOSと改名されている．
ARM7500

このチップは浮動小数点演算アクセラレータ(FPA)

回路を加えて，ARM7500FE(図5)というチップとして開発された．ARM7100と同様に，ARM7コアとキャッシュ，MMU，そして各周辺ブロックを集積している．用途としては，セットトップボックス(STB)やネットワークコンピュータ用に開発されている．ほとんどの機能がこのシステムチップに組み込まれているため，部品点数が少なくコストパフォーマンスの高いシステムを構築できる．

ARM7の半導体ライセンス

この頃，半導体ライセンスにヤマハや旭化成工業が加わり，日本で3社，世界全体で8社程度になった．

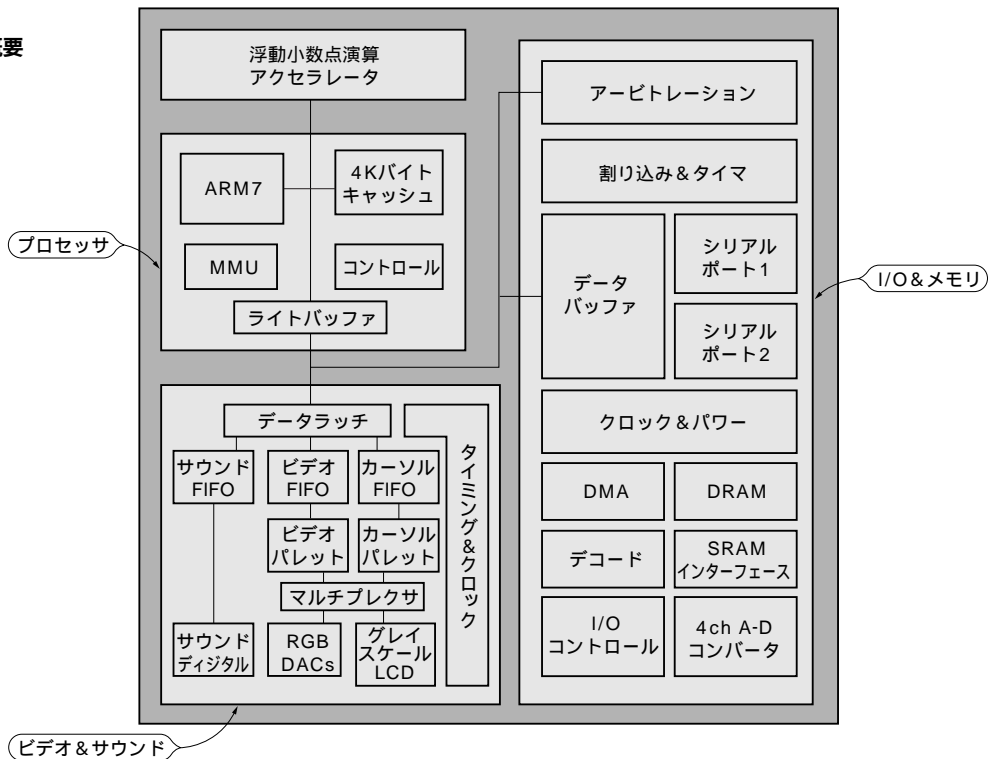
そしてARM7からARM7TDMIへ

ARM7からARM7TDMIに至るまでの間に，ARM7D，ARM7DM，ARM7DMIという派生品が生まれるが，結局ARM7TDMIで終結した．ARM7TDMIは，ARM7コアに四つのブロック(T，D，M，I)が追加されている．

MはMultiplierのMで，32×8ビットのハードウェアの乗算器を，DはDebug機能のDでJTAG用のICEに対応する回路を示す．また，IはIceMacrocellのIで，ハードウェアで2点までのブレーク機能を実現する回路を，そしてTはThumb(サム)の機能(後述)のTで，ARMの32ビットの命令セットに，新たに16ビットのThumb命令セットを実行するための回路を示す．

このTDMIは機能拡張なので，ARM7で開発されたソフトはARM7TDMIでもすべて動作可能である．さらに，16ビットのThumb命令を混在して使用でき

【図5】
ARM7500FEの概要



るようになった。

ARM7Tファミリ

ARM7T以降については後述の各章を参照してほしい。

携帯電話での広がりと半導体ライセンス

このThumbの機能をもったARM7TDMIは、コード効率と低消費電力という利点で、携帯電話で広く採用されるようになった。とくに、欧州ではGSM携帯電話で普及し、日本でも同様に採用が進んでいる。

また、ライセンスという点でもARM7TDMIは非常に普及し、ライセンスもARM7TDMI登場の頃で30社程度、2001年頃で40社程度、そして現在では100社以上になっている。このARM7TDMIコアが、ARM社を大きく成長させ、成功させたといつてもよいかもしれない。

にのみや・いさお