

# FPGAでARM Cortex-M1 プロセッサを使う《ハードウェア編》

— M1-ProASIC3/M1-Fusion レビュー

浅井 剛

FPGA向けのCPUコアは、これまで独自アーキテクチャによるものが多かった。このため、低コストで利用できることは分かっていても、採用に至らなかった場合も少なくないだろう。しかし最近になって、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や汎用マイコンで広く普及しているアーキテクチャのCPUコアが、FPGA向けに低コストで提供されるようになってきた。本稿では、FPGAで利用可能な英国ARM社のCPUコア「Cortex-M1」を取り上げる。米国Actel社が自社のFPGA向けに提供するCortex-M1は、ライセンス料、ロイヤリティ共に無償で利用できる。 (編集部)

英国ARM社のCortex-M1は、2007年3月に発表されたFPGA向けに最適化されたソフト・マクロのCPUコアです。搭載可能なFPGAとして、米国Actel社のM1デバイス(M1-Fusion, M1-ProASIC3, M1-IGLOO)があります。筆者は同社の開発キット「Cortex-M1 スターター・キット」を利用する機会があったので、主にハードウェア(FPGA)設計における使用感を紹介します。

## 1. Cortex-M1 コア搭載可能FPGA と開発環境

### ● ARM Cortex シリーズの概要

ARM社のCortexファミリには三つのシリーズがあります。本稿執筆時点(2008年9月)でリリースされているCortexシリーズのプロセッサを表1に示します。

2004年の発表と同時にリリースされたのがマイコン向けのCortex-M3です。FPGA向けに最適化されたCortex-M1は2007年3月に追加されると同時に、米国Actel社が最初のライセンスとして搭載可能製品を発表しました(p.34のコラム「Cortex-M1とCortex-M3の違い」を参照)。現在では、米国Altera社のFPGA(Cyclone III)向けの開発キットが米国Arrow Electronics社から提供されています。ARM社では米国Xilinx社のFPGAでも動作するとしていますが、Xilinx社およびサード・パーティが取り扱いを始めたという情報を筆者はまだ得ていません。

表1 ARM Cortexシリーズの概要

シリーズ		キャッシュ容量 (命令/データ)	TCM	メモリ管理	バス	Thumb	DSP	Jazelle	特徴
Cortex-A	ARM Cortex-A8	可変	-	MMU + TrustZone	AMBA 3 AXI	○	○	○	複雑なOSとアプリケーション向け
	ARM Cortex-A9 MPCore	16K/64K	-	MMU + TrustZone	AMBA 3 AXI	○	○	○	
	ARM Cortex-A9 シングル・コア	16K/64K	-	MMU + TrustZone	AMBA 3 AXI	○	-	○	
Cortex-R	ARM Cortex-R4 (F)	0K~64K	可変	MPU	AMBA 3 AXI	○	○	-	リアルタイム制御向け
Cortex-M	ARM Cortex-M1	-	○	-	AMBA 3 AHB-Lite+APB	○	-	-	低コストの組み込み向け
	ARM Cortex-M3	-	-	MPU (オプション)	-	○	-	-	

TCM : Tightly Coupled Memory, MMU : Memory Management Unit, MPU : Memory Protection Unit

### Keyword

FPGA, CPUコア, ARM, M1-Fusion, M1-ProASIC, M1-LGLOO, Cortex-M1, Cortex-M3, CoreConsole, Libero IDE, SoftConsole

表2 Actel社のCortex-M1搭載可能デバイスの概要

ここではCortex-M1プロセッサを搭載可能としている品種だけを抽出している。表中の△は、本稿執筆段階で入手可能になっていない。

M1デバイス	システム・ゲート数					
	25万	40万	60万	100万	150万	300万
M1 Fusion	○		○		○	
M1 IGLOO	○		○	△		
M1 IGLOOe						△
M1 ProASIC3L			○	△		△
M1 ProASIC3	○	○	○	○		
M1 ProASIC3E					△	△

表2にCortex-M1を搭載可能なActel社のFPGAの概要を示します。Actel社のCortex-M1対応FPGA(型名がM1で始まる品種)を使えば、Cortex-M1をライセンス料、ロイヤリティ共に無償で利用できます注1。

注1：Cortex-M1を使用するためには、M1対応デバイスを購入する必要がありますので、厳密にはFPGAの価格に含まれていることになる。Actel社が公表している価格は、M1対応品種もM1非対応品種も同一規模品であれば同じである。

## コラム Cortex-M1とCortex-M3の違い

筆者が調べた範囲でCortex-M1とCortex-M3の違いについて説明します。

### (1) バイナリ・レベルの互換性

Cortex-M1プロセッサはCortex-M3プロセッサの下位品種です。Cortex-M3プロセッサはバイナリ・レベルの上位互換性があります。ARM社のドキュメントには、CCR(Condition Code Register)、NVIC(Nested Vectored Interrupt Controller)、SCS(System Control Space)の使い方に注意すればスムーズに移行できると記載されています。

### (2) ハードウェア仕様上の違い

表A-1にハードウェア仕様上の主な違いを示します。Cortex-M1プロセッサは、Cortex-M3プロセッサと比較して、外部割り込みの本数が大幅に縮小されていること、メモリ保護機能がないこと、並びにシステム・デバッグ用の内部ペリフェラルの機能が抑えられている点が目立っています。また、FPGAターゲットのCortex-M1のみ、TCM(Tightly Coupled Memory)をサポートしています。

なお、表A-2に示すように、システム・デバッグ用の内部ペリフェラルで、Cortex-M3ではサポートされている機能がCortex-M1では削除されている場合、ペリフェラル名が変更になっています。筆者はメモリ・マップだけを見た時は別モジュールかと思いました。しかし、レジスタの詳細を比較していくと、Cortex-M1のレジスタは

Cortex-M3のサブセットになっていることが分かりました。「名は体を表す」かもしれませんが、もう少し汎用的な名称で統一してもよいのではないかと思います。

### (3) Actel社のCortex-M1に固有の違い

Actel社が提供しているCortex-M1(バージョン2.4.103)では、ARM社の仕様上はカスタマイズ可能な項目ながら固定化されている部分があります(表A-3)。

OS extensionには、

- SVC(SupreVisor Call) 命令サポート
- Tread/Handlerモードによるr13(SP)の切り替え：(SP\_processとSP\_main)
- Integrated system timer

が含まれています。OS(Operating System)を移植する上で重要な機能がサポートされていないのは残念です。

またCPU外部からの割り込み入力は1本しかありません。これは外部ペリフェラルとして用意されている割り込みコントローラ(モジュール名CoreInterrupt)を使うことで拡張できます(図A)。しかし割り込み管理が2重になってしまうだけでなく、外部ペリフェラルからの割り込みがすべて同じ割り込みレベルになってしまうため、できればNVICに一元化されることを希望します。

またCortex-M1にもいくつかのリビジョンがあります。CPU IDを確認したところActel社が提供しているのはr0p1でした(執筆時点での最新版はr1p0)。

表A-1 ハードウェア仕様上の違い

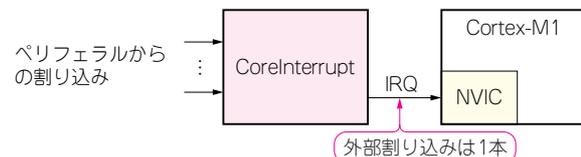
項目	Cortex-M3	Cortex-M1
外部割り込み	240本	32本
メモリ保護	あり	なし
バス・フォールト検出	あり	なし
割り込み優先度	0~255	0~3
ハードウェア・ブレイクポイント数	8	4
データ・ウォッチ・ポイント数	4	2
Tightly Coupled Memory	未サポート	サポート

表A-2 モジュール名称の違い

Cortex-M3	Cortex-M1
DWT(Data Watchpoint and Trace) unit	DW(Data Watchpoint) unit
FPB(Flash Patch and Breakpoint) unit	BP(BreakPoint) unit

表A-3 Actel社のCortex-M1に固有の違い

機能	固定値
TCMサイズ	0
乗算器タイプ	small
OS extension	未サポート
割り込み入力数	1



図A CoreInterruptによる外部割り込み拡張