

# TOPPERSで学ぶ ブーツ・シーケンス

邑中 雅樹

本稿では、TOPPERS/JSP カーネルを例にして、フットプリントの小さいOSのブート動作と、BIOSやブート・ローダとの協調動作を行う際の注意点を解説する。題材にはTOPPERSを用いているが、ブート処理についてはいずれのOSやマイコンでも共通した話題である。

(編集部)

近年の組み込みOSは、大規模化の一途をたどっています。ハイエンドの領域では、BIOSやブート・ローダとカーネル本体の分離は当たり前になってきているのを、本誌の読者は肌で感じていると思います。このような流れの中、RedbootやDas U-Bootなど、高機能なブート・ローダに注目が集まっています。また、UEFI(Unified Extensible Firmware Interface)のようなBIOS(Basic I/O System)の標準化に期待が集まっています。その一方で、BIOSやカーネルなどの境界があいまいな、ごく小規模な組み込みシステムの世界も今だに存在しています。

このような広がりを見せている組み込みシステムの中で、μITRON仕様OSは、Linuxを搭載する規模(メモリが数Mバイトの世界)から、カーネルが載る限界に近い規模(メモリが数十Kバイトの世界)まで幅広く使用されています。

オープン・ソースのμITRON仕様OSの代表的な実装であるJSP(Just Standard Profile)カーネルも、組み込みシステムの現実をかんがみて、さまざまなターゲットに移植されています。この原稿を執筆している時点(2007年10月)のJSPカーネルの最新版「TOPPERS/JSP 1.4.3」が、公式に提供しているターゲットの一覧を表1に示します。これら以外にも、さまざまなシステムのターゲット依存部がサポート業務を行っている法人から個別にリリースされています。

注1: 例えば、OSEK系ではTime-Triggered OSや保護機能拡張が、独自拡張を含むカーネルとして存在する。また、μITRON系では、機能分散マルチプロセッサ用のFDMPやメモリ保護機能付きのHRP、次世代カーネルの基盤実装であるASPなどに独自拡張が見られる。

本稿では、JSPカーネルのブート・プロセスについて、68000(m68k)ターゲットを例にした概要を示します。その上で、さまざまなターゲット・ボードがある中でどのようなバリエーションがありえるのか、幾つかの例を示します。それは、BIOS/ブート・ローダのバリエーションをふかんにすることにつながるのかもしれませんが。

## 1. JSPカーネルの背景

JSPカーネルについては本誌で何度も取り上げられていますが、本題に入る前に、JSPカーネルについてもう一度おさらいしたいと思います。

TOPPERSカーネルの種類とその類似点

TOPPERSプロジェクトは、μITRON系とOSEK系の2種類のカーネルを主に開発・保守しています。

また、近年のTOPPERSプロジェクトは、それぞれの系列のベース仕様を踏まえつつ、組み込みソフトウェアの要求に応える独自の拡張を行う傾向にあります<sup>注1</sup>。限られたページの中では、これらすべてについてのブートストラップを説明できません。そこで今回は、最も採用例が多いと思われるJSPカーネルについて解説を行います。

JSPカーネルは、TOPPERSプロジェクトの活動の源流となったカーネルです。言い換えると、ほかのTOPPERSカーネルは、実装の根底にJSPカーネルの影響を色濃く受けています。各カーネルの事情により細部で異なる点はありますが、JSPカーネルを押さえておけば、ほかのTOPPERSカーネルのブートストラップを理解するのは比較的容易です。



μITRON 4.0 仕様の概要  
JSP カーネルが、割り込みや CPU 例外、デバイス・アクセスといった低レベルのハードウェア・アクセスに対してどのような前提をおいているのかを知るために、その基礎となっている仕様について触れます。

JSP カーネルのベースとなっているカーネル仕様は、社団法人 トロン協会発行の μITRON 4.0 仕様が規定しているスタンダード・プロファイルです。また、デバイスへのアクセスについても、同じくトロン協会が策定したデバイス・ドライバ・ガイドラインに準拠することが推奨されています。

デバイス・ドライバ・ガイドラインについては、PDIC (Primitive Device Interface Component) というドライバ・モデルが提唱されています。しかし PDIC は、Linux や T-Kernel のようにインターフェースを明確に定義するものではありません。非常に制約の緩いデバイス・ドライバ・モデルであることから、BIOS が絡んだとしても JSP カーネルのデバイス・ドライバ周りに致命的な問題が生じることはほとんどありません。

強いて言うならば、割り込み駆動としたいシリアル通信デバイスにおいて、BIOS が絡んで割り込みを自由に使えない場合が問題となりえます。これは厳密にはデバイス・ドライバの問題というよりも、後述の割り込

表1 ターゲットの一覧

ディレクトリ名		開発環境
	プロセッサ(型番)	システム(開発元)
m68k		GNU 開発環境
	M68040( MC68LC040 )	DVE-68K/40( 電産 )
sh1		GNU 開発環境
	SH1( SH7032 )	KZ-SH1-01( 京都マイクロコンピュータ ) RISC 評価キット SH-1( CQ 出版 )でも動作
	SH1( SH7034 )	μITRON 搭載 SH1CPU ボード( 中央製作所 )
sh2		GNU 開発環境
	SH2( SH7145 )	AP_SH2F_6A( アルファプロジェクト )
	SH2( SH7615 )	HSB7615IT( 北斗電子 )
sh3		GNU 開発環境
	SH3( SH7709A )	MS7709ASE01( 日立超 LSI システムズ )
	SH3( SH7729R )	MS7729RSE01( 日立超 LSI システムズ )
	SH3( SH7727 )	MS7727CP01 ( 日立超 LSI システムズ )
	SH4( SH7750 )	MS7750SE01 ( 日立超 LSI システムズ )
sh3-ghs		GHS 開発環境
	SH3( SH7709A )	MS7709ASE01( 日立超 LSI システムズ )
	SH3( SH7727 )	MS7727CP01 ( 日立超 LSI システムズ )
h8		GNU 開発環境
	H8( H8/3052F )	AKI-H8/3052F( 秋月電子通商 )
	H8( H8/3069F )	AKI-H8/3069F( 秋月電子通商 )
h8-renesas		Renesas 社の開発環境
	H8( HSB8F3048BF25 )	H8/3048F-ONE スタータキット( 北斗電子 )
armv4		GNU 開発環境
	ARM9( ARM922T )	KZ-ARM9EXPCI-01( 京都マイクロコンピュータ )
	ARM9( ARM926EJ-S )	AZ9360MB( ワイ・デー・ケー )
armv4-ghs		GHS 開発環境
	ARM9( ARM920T )	Integrator/AP+CM920T ( ARM 社 )
	ARM9E( ARM966E-S )	Integrator/AP+CM966E-S( ARM 社 )
m32r		GNU 開発環境
	M32R( M32102S6FP )	M3A-2131G50( 三菱電機 )
	M32R( M32102S6FP )	M3A-ZA36 ( 三菱電機 )
m32c-renesas		Renesas 社の開発環境
	M32C	OAKS32( オークス電子 )
microblaze		GNU 開発環境
	MicroBlaze	MIREF( ワイ・デー・ケー )
	MicroBlaze	MIRE_MULT3000( ワイ・デー・ケー )
	MicroBlaze	MultiMedia Board( Xilinx 社 )
	MicroBlaze	Suzaku( アットマークテクノ )
tms320c54x		Texas Instruments 社の開発環境
	TMS320C54x( TSM320C5402 )	TMS320VC5402 DSK( Texas Instruments 社 )
xstormy16		GNU 開発環境
	xstormy16	三洋マイコン開発ツール( 三洋半導体 )
m16c-renesas		ルネサステクノロジー社の開発環境
	M16C( M30620FCAFP-CPU )	OASKS16 ( オークス電子 )
	M16C( M30262F8FG-CPU )	OAKS16-MINI( オークス電子 )
s1c33		GNU 開発環境
	SC33	DMT33209( セイコーエプソン )
	SC33	LUXUN2 ( セイコーエプソン )
s1c33-gnu33		GNU33 開発環境
	SC33	DMT33209( セイコーエプソン )
	SC33	LUXUN2 ( セイコーエプソン )
nios2		GNU 開発環境
	Nios2	NiosII Development Board ( Altera 社 )
v850		GNU 開発環境
	V850	TK-850/KJ1+( Application 社 )
	V850	TK-850/SG2 ( Application 社 )
tlcs900		東芝の開発環境( TOSHIBA IDE )
	TMP91CY22-CPU	Zup-F16 拡張ボード( タマデン工業 )