

◆◆TOPPERSプロジェクト プレス発表会◆◆  
マルチプロセッサ対応リアルタイムOSの開発に成功  
ローランドがTOPPERSプロジェクトの開発成果を採用

2005年4月18日

高 田 広 章

NPO法人 TOPPERSプロジェクト 会長  
(名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授)

Email: [hiro@ertl.jp](mailto:hiro@ertl.jp) URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

---

Hiroaki Takada



## 本日の発表内容

- (1) マルチプロセッサ対応リアルタイムOSの開発に成功  
～ TOPPERS/FDMPカーネルとして  
オープンソース化へ ～
- (2) ローランドがTOPPERSプロジェクトの開発成果を採用  
～ TOPPERSプロジェクトの開発成果が急速に普及 ～

## プレゼンテーションの流れ

### TOPPERSプロジェクトの概要

- ▶ プロジェクトの目的・狙い・組織と会員・経緯
- ▶ 主な開発成果, TOPPERSライセンス, 発展の方向性

### TOPPERS/FDMPカーネルの概要

- ▶ マルチプロセッサ利用の現状と必要性, OSの必要性
- ▶ TOPPERS/FDMPカーネルの仕様, 実装, 利点と特長
- ▶ 関係者のコメント, 今後の展開

### 急速に普及するTOPPERSの開発成果

- ▶ TOPPERSの利用事例が急増, シェアが急増
- ▶ ローランドがFI4カーネルを採用, その他の利用事例

### TOPPERSプロジェクトで進行中の活動と今後

- ▶ 組込みコンポーネント仕様, 割込み処理モデルの標準化
- ▶ TOPPERSカンファレンス2005

# TOPPERSプロジェクトの概要

# TOPPERSプロジェクトとは？

TOPPERS = Toyohashi Open Platform for  
Embedded and Real-Time Systems



## プロジェクトの活動内容

- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組込みシステム構築の基盤となる各種のオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

**組込みシステム分野において、Linux のような位置  
付けとなるOSの構築を目指す！**

## プロジェクトの推進主体

- ▶ 産学官の団体と個人が参加する産学官民連携プロジェクト
- ▶ 2003年9月にNPO法人として組織化
- ▶ それ以前は、名古屋大学（2002年度までは豊橋技術科学大学）高田研究室を中心とする任意団体として活動

## TOPPERSプロジェクトの狙い

! 日本の主要産業に重要な役割を果たしている組込みシステム分野で、ITRONによって築いてきた日本発の技術を維持・発展させていきたい

### 現世代のリアルタイムOSの決定版の構築

- ! 約20年間に渡るITRON仕様の技術開発成果をベースに
  - ▶ ITRON仕様の標準的なオープンソース実装を用意することで、企業の開発投資をより先端的なソフトウェア部品や開発環境の開発に向ける
  - ▶ ITRON仕様の実装が絞られることで、ソフトウェアの移植性が向上し、それらにサポートが集中する
- ↓
- ▶ ITRON仕様がかかえる「過剰な重複投資」と「過剰な多様性」の問題が解決（または軽減）

## 次世代のリアルタイムOS技術の開発

- ▶ 組み込みシステムの要求に合致し，ITRONの良さを継承した，次世代のリアルタイムOS技術を開発する

**Linuxと類似のOSをもう1つ作っても意味がない！**

**！**汎用OS向けに開発された技術をそのまま導入するのではなく，組み込みシステムに向けた技術を開発する

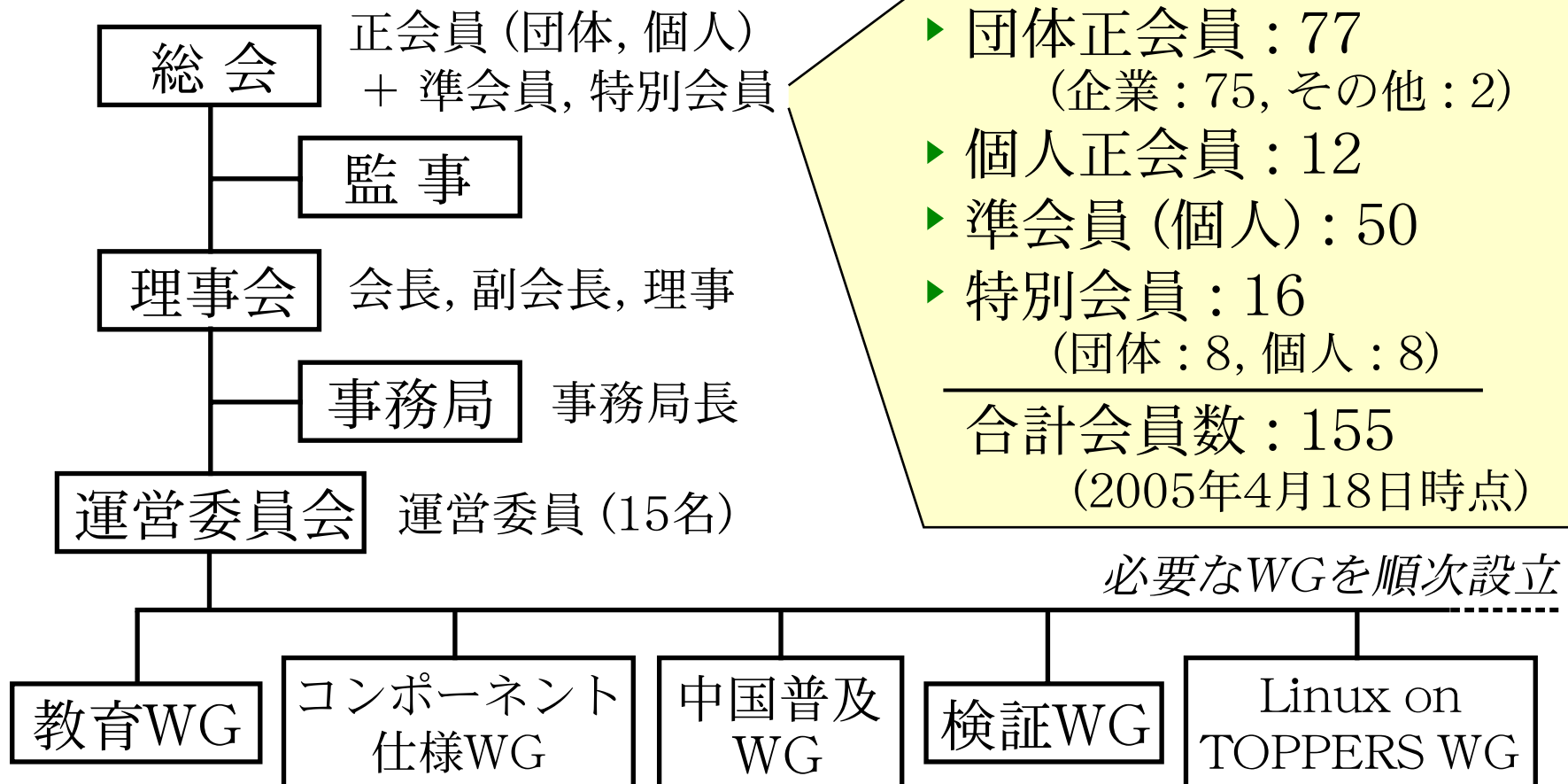
- ▶ オープンソースソフトウェア化により，産学官の力を結集することが可能に
- ▶ 標準化よりもソフトウェア開発の方がスピードが速い

## 組み込みシステム技術者の育成への貢献

- ▶ オープンソースソフトウェアを用いた教育コースや教材の開発と，それを用いた教育の場を提供するなどの活動を通じて，組み込みシステム技術者の育成に貢献する
- ▶ 開発した教育コンテンツもオープン化する

# プロジェクトの組織とこれまでの経緯

## TOPPERSプロジェクトの組織と会員



## これまでの経緯

- ▶ 2000年11月 JSPカーネルの最初のバージョンを公開
- ▶ 2001年11月 この時点でメンバが4組織に．産業界への普及活動を開始
- ▶ 2002年4月 組込みシステム業界の有力4社が参加
- ▶ 2002年11月 TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会  
が活動を開始
- ▶ 2003年2月 JSPカーネルが松下電器産業のカラオケマ  
イクに採用される
- ▶ 2003年9月 NPO法人設立．教育WGの活動を開始
- ▶ 2004年2月 TINET, DLMを配付開始
- ▶ 2004年4月 FI4カーネル, RLLなどを配付開始
- ▶ 2004年6月 第1回 TOPPERSカンファレンス開催
- ▶ 2004年11月 OSEKカーネルを配付開始

## これまでの主な開発成果

### TOPPERS/JSPカーネル

- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様のスタンダードプロファイルに準拠したリアルタイムカーネル
- ▶ TOPPERSプロジェクトの最初の開発成果. Release 1.4により, 現世代のリアルタイムOSとして高い完成度に
- ▶ 実システム・教育等への豊富な利用事例
- ▶ 約15種類のターゲットプロセッサに対応 (増加中)

### TOPPERS/FI4カーネル

- ▶ JSPカーネルをベースに,  $\mu$ ITRON4.0仕様に規定されたすべての機能を持つよう拡張したリアルタイムカーネル
  - ! JSPカーネルで機能不足となるアプリケーションへの適用を狙う
- ▶ JSPカーネルをベースとして開発

## IIMPカーネル（トロン協会にて開発・配付中）

- ▶ JSPカーネルをベースに，メモリ保護などの保護機能を追加したリアルタイムカーネル
- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様 保護機能拡張（ $\mu$ ITRON4.0/PX仕様）に準拠
  - ！ 組み込みシステムの要求に合致したオーバヘッドの小さいメモリ保護機能を実現
- ▶ 仕立て直して，TOPPERSプロジェクトの開発成果物として配付する計画

## TOPPERS/OSEKカーネル

- ▶ 自動車制御システム分野での国際標準であるOSEK/VDX OS仕様に準拠したリアルタイムカーネル
  - ！ 自動車制御システム分野での普及を狙う
- ▶ JSPカーネルの開発成果を活用する形で開発

## TOPPERS C++ APIテンプレートライブラリ

- ▶  $\mu$ ITRON仕様準拠のカーネルをラッピングするC++用のテンプレートライブラリ
- ▶ JSPカーネルとFI4カーネルの両方に対応

## TOPPERSカーネルテストスイート

- ▶ JSPカーネルとFI4カーネルが、 $\mu$ ITRON4.0仕様に合致しているかを検証するために必要なテストプログラム
- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様のスタンダードプロファイル部分のテスト内容は、「 $\mu$ ITRON4.0検定仕様書(案)」に基づく
- ▶ それ以外の機能をテストするテストスイートを追加

## モデルベース開発支援 (BridgePoint for JSP)

- ▶ モデル駆動型アーキテクチャ (MDA) をサポートする開発ツールの BridgePoint の生成するコードを、JSPカーネル上で動作させるためのランタイムおよびツール

## TINET

- ▶ ITRON TCP/IP API仕様に準拠した組込みシステム用のコンパクトなTCP/IPプロトコルスタック
- ▶ FreeBSDのコードをベースに、メモリ使用量やオーバヘッドを減らすように改造
- ▶ IPv6にも対応 (KAMEのコードをベースに)

## RLL (Remote Link Loader)

## DLM (Dynamic Loading Manager)

- ▶ いずれも、モジュールの動的なローディングを行うためのミドルウェア。実現アプローチが異なる
- ▶ RLLは、サーバに格納されたりロケータブルファイルをサーバ側でリンクし、それをダウンロードして実行
- ▶ DLMは、ファイルに格納されたりロケータブルファイルを読み込み、それをロード・リンクして実行

## これまでに開発した教育コンテンツ

- ▶ 組込みシステム開発技術者の質・量両面での充実が必要であるにもかかわらず、技術者育成のための良い教材や場が少ない
- ▶ SESSAME (組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会) と連携して教育コンテンツを開発してオープン化

### 初級実装コースの教育コンテンツ

- ▶ 初級実装コース (リアルタイムOS上に組込みソフトウェアを構築する手法を、実習を通して体験・学習するコース) のセミナー講義テキスト, セミナー配付資料, セミナー環境設定用のプログラムなど

### 独立の教育コンテンツ

- ▶ TOPPERS版鹿威し
- ▶ 話題沸騰ポットシミュレータ

# TOPPERSライセンス

- ▶ TOPPERSプロジェクトで独自に開発したソフトウェアには、独自のライセンス条件（レポートウェア）を設定する

## 基本的な考え方

- ▶ 組み込みシステムの事情を考慮し、GNU GPLやBSDライセンス（旧版）より自由に使えるライセンス条件とする
- ▶ 成果をアピールすることが開発資金獲得に繋がることから、どこでどう使われているかをなるべく知りたい
- ▶ GNUソフトウェアとリンクして使えるように、デュアルライセンスに（実際には、BSDライセンスも選択できる）

## ライセンス文言の構成

- ▶ ソフトウェアの名称と各著作者の著作権表示
- ▶ 利用条件本体（次のスライドに掲載）
- ▶ 無保証規定

上記著作権者は、以下の(1)～(4)の条件か、Free Software Foundationによって公表されているGNU General Public LicenseのVersion 2に記述されている条件を満たす場合に限り、本ソフトウェア（本ソフトウェアを改変したものを含む。以下同じ）を使用・複製・改変・再配布（以下、利用と呼ぶ）することを無償で許諾する。

- (1) 本ソフトウェアをソースコードの形で利用する場合には、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定が、そのままの形でソースコード中に含まれていること。
- (2) 本ソフトウェアを、ライブラリ形式など、他のソフトウェア開発に使用できる形で再配布する場合には、再配布に伴うドキュメント（利用者マニュアルなど）に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。
- (3) 本ソフトウェアを、機器に組み込むなど、他のソフトウェア開発に使用できない形で再配布する場合には、次のいずれかの条件を満たすこと。
  - (a) 再配布に伴うドキュメント（利用者マニュアルなど）に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。
  - (b) 再配布の形態を、別に定める方法によって、TOPPERSプロジェクトに報告すること。
- (4) 本ソフトウェアの利用により直接的または間接的に生じるいかなる損害からも、上記著作権者およびTOPPERSプロジェクトを免責すること。

# TOPPERS教育コンテンツライセンス

- ▶ TOPPERSプロジェクトで独自に開発した教育コンテンツは、独自のライセンス条件によりオープンにする

## 基本的な考え方

- ▶ 教育コンテンツの内容を改変した場合には、改変した旨の記述をいれてもらう（同一性保持のため）

上記著作権者は、以下の(1)～(3)の条件を満たす場合に限り、本資料（本資料を改変したものを含む。以下同じ）を使用・複製・改変・再配布（以下、利用と呼ぶ）することを無償で許諾する。

- (1) 本資料を利用する場合には、上記の著作権表示およびこの利用条件が、そのままの形で資料中に含まれていること。
- (2) 本資料を改変する場合には、資料を改変した旨の記述を、資料中に含めること。ただし、TOPPERSプロジェクトの活動の一環として本資料を改変する場合には、資料を改変した旨の記述を含める必要はない。
- (3) 本資料の利用により直接的または間接的に生じるいかなる損害からも、上記著作権者およびTOPPERSプロジェクトを免責すること。

## 開発成果物の知的財産権に関する規則

### TOPPERSプロジェクトの開発成果物とは？

- ▶ プロジェクトの会員が開発し，次のいずれかの該当するソフトウェア
  - (1) TOPPERSプロジェクトの開発計画の一環で開発したソフトウェア
  - (2) TOPPERSプロジェクトが，それを開発した会員より，開発成果物として取り扱う（すなわち，オープンソースにする）旨の合意を得たソフトウェア
- ▶ 開発したソフトウェアを，(2) に該当する開発成果物とすることを，**コントリビュート**と呼んでいる
- ▶ 開発成果物に対する知的財産権は，それを開発した会員に帰属し，TOPPERSプロジェクトには譲渡しないことを原則とする

## 第3者の知的財産権に対する配慮

- ▶ オープンソースソフトウェアが、第3者の知的財産権を侵害していないことを保証することは極めて困難な課題
    - ! SCOによる対Linux訴訟
  - ▶ 知的財産権の侵害を完全に排除しようとする、開発者(特にボランティアの開発者)の参加が困難な事態に
- ↓
- ▶ プロジェクトの開発成果物が、第3者の知的財産権を侵害しないようにするための考え方が重要
    - ▶ ユーザの使いやすさと開発者の参加しやすさを折衷させる
    - ▶ 著作権(侵害していることが自覚できる)と工業所有権(特許権など、知らずに侵害する場合がある)を区別して考える

## 規則の関連部分 (抜粋)

第2条 TOPPERSプロジェクトの会員（以下、「会員」という。）が開発し、次のいずれかに該当するソフトウェアを、TOPPERSプロジェクトの開発成果物（以下、「開発成果物」という。）と呼ぶ。

- (1) TOPPERSプロジェクトの開発計画の一環で開発したソフトウェア
- (2) TOPPERSプロジェクトが、それを開発した会員より、開発成果物として取り扱う旨の合意を得たソフトウェア

第5条 会員は、自らが開発する開発成果物において、他者の著作権を侵害してはならない。

第6条 会員は、自らが開発する開発成果物に、自らが所有する工業所有権（特許権など）を利用する場合には、TOPPERSプロジェクトにその旨を通知するとともに、開発成果物を利用する場合に限って、当該工業所有権の実施を無償で許諾しなければならない。

第7条 会員は、開発成果物が何らかの知的財産権を侵害していることを発見した場合には、TOPPERSプロジェクトに直ちにその旨を報告しなければならない。

## プロジェクトの発展の方向性

### ビジネスの活性化を重視

- ▶ プロジェクト関連のビジネスを活性化させ、参加企業の研究開発投資を引き出すことが極めて重要
  - ▶ 企業がオープンソースソフトウェアの開発に直接貢献することは容易ではない（開発投資が回収できるビジネスモデルが描きにくい）

**何でもオープンにすればよいというものではない！**

- ▶ 一定のルール（ライセンス条件）のもとで、参加企業が自由にビジネスモデルを工夫する形態
- ▶ 組込みシステム分野では、オープンソースソフトウェアをベースにしたビジネスモデルが成立しやすい条件
  - ▶ 組込みシステム分野においては要求事項・プラットフォームが多様

## 国際展開・普及への取組み

- ▶ 欧米よりもアジア地域への展開を重視
- ▶ 中国普及のための作業をボランティアメンバーで行っていたが，中国普及WGに設置（2004年5月）
  - ▶ 中国語版ウェブサイトを開設
  - ▶ 初級実装コースの教育コンテンツを中国語に翻訳
  - ▶ 中国の大学での教育コース実施に向けて協議中
- ▶ ドキュメント類や教育コンテンツの英語化が急務に

## テーマ間の優先順位

- ▶ 技術開発したいテーマは多数あり，すべてを同時に進めるマンパワーは（残念ながら）ない
- ▶ 産業界における要求が高いテーマ（≡ 積極的に取り組むメンバーがいるテーマ）から順に取り組む

# TOPPERS/FDMPカーネルの概要

## マルチプロセッサ利用の現状と必要性

- ▶ 近年，組込みシステム分野においてもマルチプロセッサの必要性・利用が広がる

### 典型例) 携帯電話機

- ▶ アプリケーションプロセッサとベースバンドチップ内のプロセッサ (別々のLSI)
- ▶ それぞれもまたマルチプロセッサ構成 (マルチコア型マイクロプロセッサ)
- ▶ 小さい消費電力で高性能を実現するためには，マルチプロセッサ構成が有利
  - ▶ 1GHzのプロセッサ1つよりも，200MHzのプロセッサ5つの方が消費電力が小さい (他の条件にも依存)
- ▶ 高性能なプロセッサは，コスト的にも不利になる場合が

## マルチプロセッサのタイプ

- ▶ 密結合マルチプロセッサ (共有メモリ)
    - ▶ 対称型マルチプロセッサ (SMP, SMT)
      - ! 携帯電話など, 汎用システムに近い組込みシステム分野で今後使われる?
    - ▶ 機能分散マルチプロセッサ
      - ! 実行すべき処理があらかじめ決まっている組込みシステムには, こちらの方が有効
      - ➡ マルチプロセッサ対応の主ターゲットとする
  - ▶ 疎結合マルチプロセッサ (分散システム)
    - ➡ 組込みコンポーネント仕様の枠組みで扱う
- 中間的な形態もあり, 明確な区別なし
- ! カーネルの実装方法で区別
    - 直接操作法 vs. 遠隔呼出し法

## 直接操作法と遠隔呼出し法

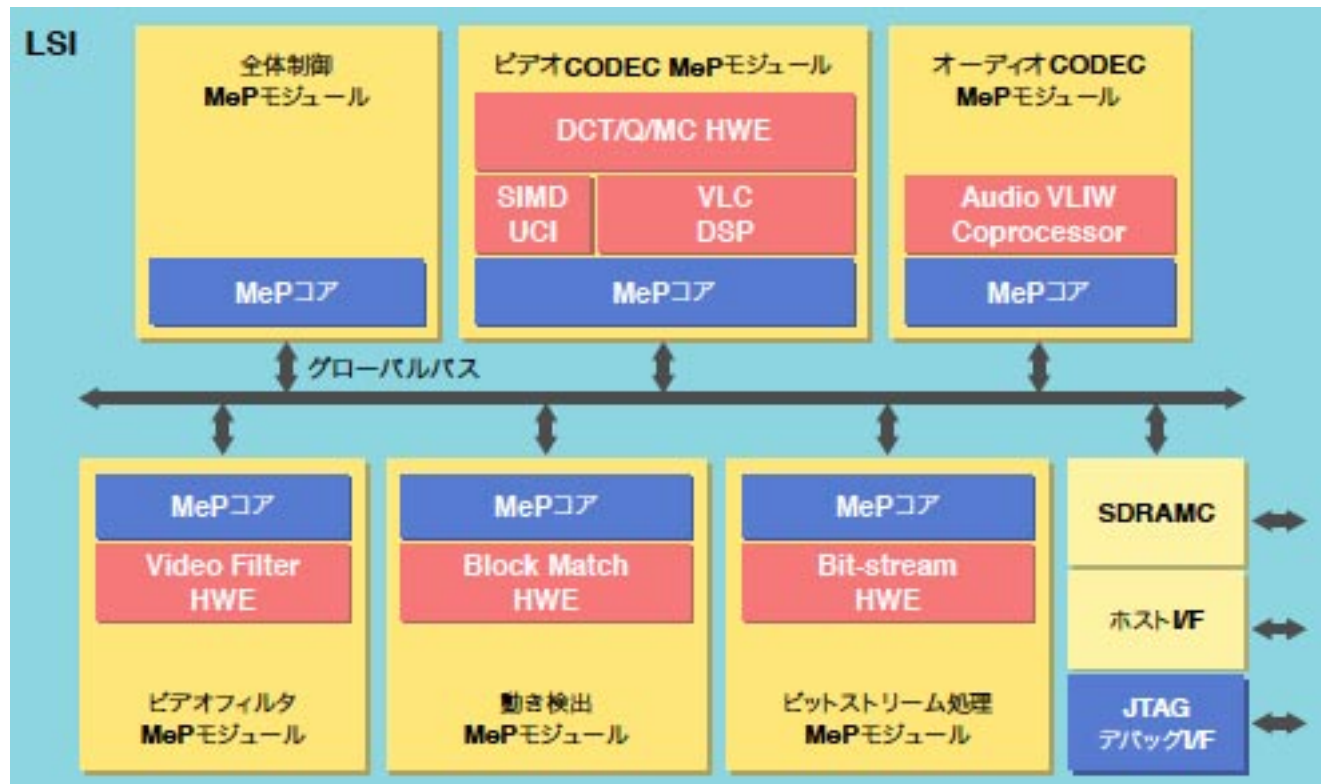
- ▶ 他プロセッサに属するオブジェクトに対する操作の2つの実現方法
- ▶ 直接操作法では、他プロセッサのローカルメモリ上にある対象オブジェクトの制御ブロックに直接アクセスする
  - ▶ 対象プロセッサでタスク切換えが必要になった場合にのみ、そのプロセッサに割込みをかける
- ▶ 遠隔呼出し法では、他プロセッサに操作を依頼する
  - ▶ 操作の度に、必ずそのプロセッサに割込みをかける
  - ▶ 操作を行う側のプロセッサは、依頼した操作が終わるまで待つことが必要



- ▶ 一長一短だが、他プロセッサのローカルメモリへのアクセスが高速なら、直接操作法が有利

## 機能分散マルチプロセッサの例

- ▶ 東芝 MeP (Media embedded Processor) プロセッサコアを用いたMPEG2コーデックLSIの構成図



※ 東芝半導体 製品カタログ「MeP (Media embedded Processor) 概説」より

## マルチプロセッサ向けOSの必要性

### これまでのマルチプロセッサ向けソフトウェア開発

- ▶ 各プロセッサに，独立にリアルタイムOSを載せる（プロセッサによっては，OSを載せないものも）
- ▶ プロセッサ間の同期・通信は，（OSではなく）アプリケーションソフトウェアで実現

### OSによるサポートの必要性

- ▶ アプリケーション毎にプロセッサ間の同期・通信を実現する必要があり，開発工数が増える
- ▶ ある処理を別のプロセッサに移そうとすると，同期・通信部分のプログラムの作り直しが必要



！ 静的な移し換えのみを考えている

- ▶ OSによる，タスク間同期・通信と互換のプロセッサ間同期・通信機能のサポートが望まれる

# TOPPERS/FDMPカーネルの仕様

## 基本方針

- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様のスタンダードプロファイルをベースにマルチプロセッサ向けに拡張
- ▶ マルチプロセッサ独自の機能は極力設けない

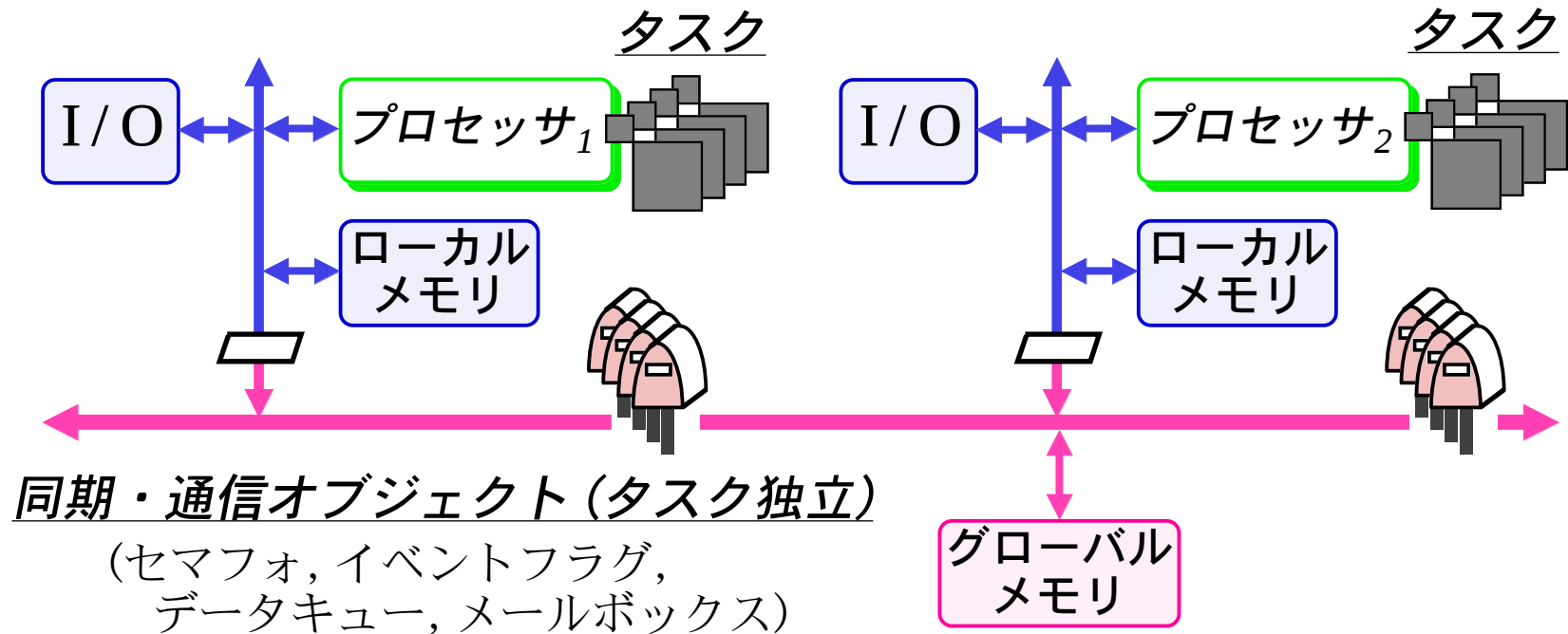
## オブジェクトのクラス分け

- ▶ カーネルオブジェクト (タスク, セマフォなど) は, いずれかのプロセッサに属する
- ▶ タスクは, それが属するプロセッサでのみ実行される
- ▶ タスクは, すべてのカーネルオブジェクトに (機能的には) 同じようにアクセスできる

## オブジェクトの指定方法

- ▶ オブジェクトのID番号の上位ビットでそれが属するプロセッサを指定

## オブジェクト管理の概念図



- ▶ 割込み処理やタスクスケジューリング処理は、プロセッサ毎に行う
  - ▶ あるプロセッサで割込みを禁止しても、他のプロセッサでは割込みが発生する

# TOPPERS/FDMPカーネルの実装

## カーネルの実装技術

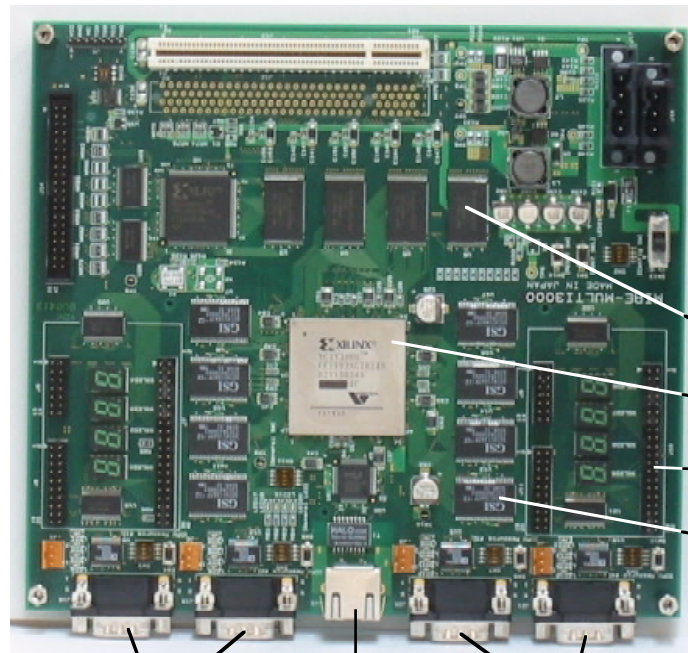
- ▶ 名古屋大学 大学院情報科学研究科 組込みリアルタイムシステム研究室とその共同研究者によるこれまでの研究成果に基づく

## カーネルの実装作業

- ▶ カーネル本体は、同研究室の本田晋也氏がTOPPERS/JSPカーネルをベースに開発
  - ▶ 開発にあたって、独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) の2004年度未踏ソフトウェア創造事業の支援を受けた
- ▶ コンフィギュレータは、同研究室から依頼を受けて、TOPPERSプロジェクト会員の高木信尚氏が開発

## 現時点でサポートしているプロセッサ

- ▶ 東芝 MeP (Media embedded Processor)
- ▶ 米国ALTERA社 Nios II (FPGA向けソフトコア)
- ▶ 米国XILINX社 MicroBlaze (FPGA向けソフトコア)



- ▶ 300万ゲート相当のFPGA
- ▶ FPGA上に Microblaze を複数搭載可能 (標準4個)

フラッシュメモリ  
FPGA (Xilinx Virtex-II)  
拡張用端子  
SRAM

RS-232C Ethernet RS-232C

MicroBlaze向けの開発用ボード

## TOPPERS/FDMPカーネルの利点・特長

- ▶ 機能分散マルチプロセッサ上でのアプリケーション開発を大幅に効率化
  - このようなリアルタイムOSはこれまでに例がない**
  - ▶  $\mu$ ITRON仕様準拠のAPIで各プロセッサ上のオブジェクトにアクセス可能
  - ▶  $\mu$ ITRON仕様OS向けのソフトウェア資産が活用可能
- ▶ 性能を重視した実装
  - ▶ プロセッサ数に対するスケーラビリティ
  - ▶ リアルタイム性（特に割込みに対する応答性）を損なわないための工夫
- ▶ 新たなターゲットプロセッサへのポーティングが容易
  - ▶ JSPカーネルがサポートしていると特に容易

## 関係者のコメント

### TOPPERSプロジェクト 会長／名古屋大学 教授 高田広章

TOPPERSプロジェクトでは、ITRON仕様を出発点として、次世代のリアルタイムOS技術を開発しています。今回開発に成功したTOPPERS/FDMPカーネルは、機能分散マルチプロセッサ向けのリアルタイムOSとして他に例のないものであり、ITRON仕様OSの中でのTOPPERSの先進性を示すと同時に、ITRON仕様自身の拡張可能性を示すものでもあります。また、我々の研究室での永年の研究成果に基づいたものであり、産学官と個人の協力により進めているTOPPERSプロジェクトのアドバンテージを示すものでもあると考えています。TOPPERSプロジェクトでは今後も、大学等での研究成果に基づいて、先進的な組込みシステム技術を開発していく計画です。その成果にご期待いただけると幸いです。

## 株式会社東芝 ソフトウェア技術センター長 江口和俊氏

システムの急速な高機能化、大規模化への要求と、これに相反するハードウェアの小型化、低消費電力化の要求を両立させるために、デジタル情報家電向けシステムLSIでは、機能分散型マルチコアアーキテクチャの採用が注目されています。弊社は、MeP (Media embedded Processor) によって、いちはやく機能分散型マルチコアアーキテクチャを実現するとともに、デジタル情報家電向けシステムLSI開発において業界をリードして参りました。しかしながら、さらなるシステム全体の高度化に対処し、より一層のシステム開発効率向上を図るには、機能分散マルチコアシステムLSIをサポートする、オープンソースベースの業界標準OSの登場が切に望まれております。このたび、TOPPERSプロジェクトが開発に成功しましたTOPPERS/FDMPはまさにこの要求に沿うものであり、弊社もTOPPERSプロジェクト会員として今回の開発に多少なりとも貢献できたことを喜ばしく思うとともに、普及に向けて一層の協力をする所存です。

**Hiroaki Takada**

## 日本アルテラ株式会社 代表取締役社長 日隈寛和氏

アルテラは、Nios IIソフトコア・エンベデッド・プロセッサとFPGAおよびストラクチャードASIC製品により、本格的に組み込み分野に取り組んでいます。TOPPERSプロジェクトが取り組んでいる機能分散マルチプロセッサ・システムのソリューションは、アルテラが顧客に提案しているソリューションと連携するもので、両者の組み込み開発における方向性が完全に一致していることを示しています。Nios IIの開発環境とサードパーティ各社からのサポートもますます充実し、FPGA/PLDが組み込み市場で貢献できる新時代が到来しました。

米国ザイリンクス社 シニアリージョナルマーケティング  
マネージャー サイドモサビ (Saeid Mousavi) 氏

ザイリンクスの低コストで高集積度のFPGAデバイスは、民生機器や自動車関係などのアプリケーションにおいてMicroBlazeソフトプロセッサコアの複数実装を可能にしています。そして、ITRONの特徴を活用することにより、よりパフォーマンスの高い、柔軟性をもった組込み型システムの設計を容易に実現できる環境をお客様に提供できるようになりました。

## TOPPERS/FDMPカーネルの今後の展開

### 配付計画

- ▶ 5月27日のTOPPERSカンファレンス2005をメドに会員向けに配付開始（早期リリース）
- ▶ 遅くとも年内には一般に配付開始

### カーネルの評価

- ▶ これまでに例のないリアルタイムOSであるだけに、アプリケーションへの適用による有効性の評価が重要
  - ▶ 機能的・性能的に十分か？
  - ▶ 必要ならマルチプロセッサ向けの新規機能を検討
- ▶ 現在、カーネルの性能評価を実施中

### ソフトウェア開発環境に関する検討

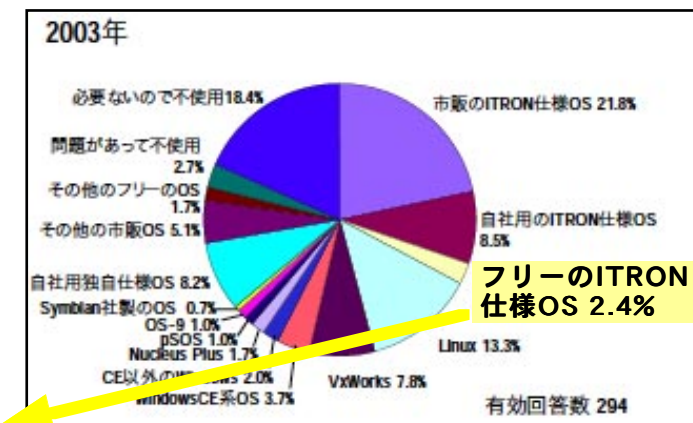
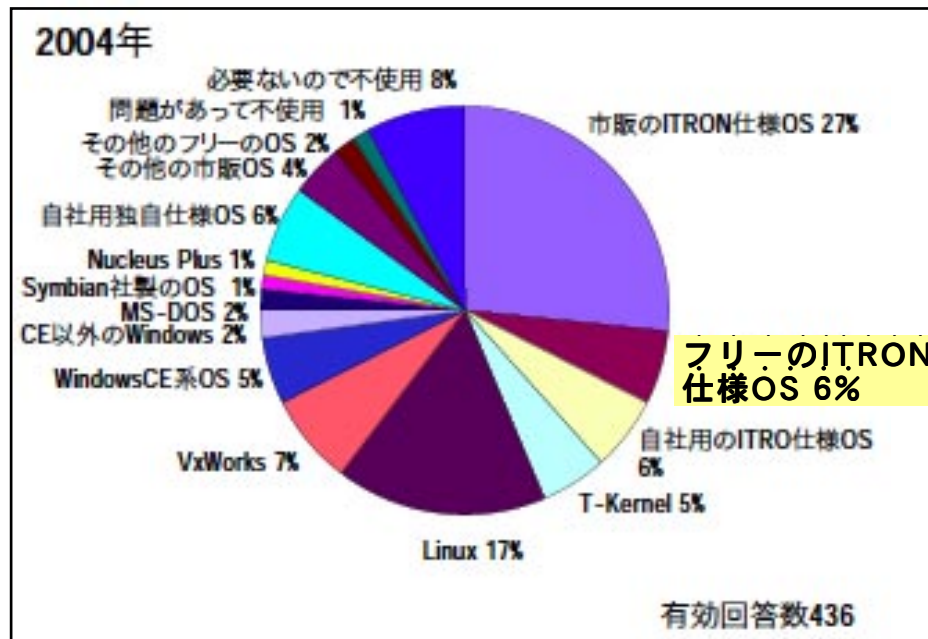
- ▶ マルチプロセッサ向けの開発環境（特にデバッグ環境）について検討していく計画

# 急速に普及するTOPPERSの開発成果

# TOPPERSの利用事例が急増

## シェアが急増

- ▶ トロン協会の調査によると、「フリーのITRON仕様OS」のシェアが、2003年の2.4%から2004年には6%に
- ▶ このほとんどがTOPPERSプロジェクトの開発成果と思われる



※ (社)トロン協会「2004年度組込みシステムにおけるリアルタイムOSの利用動向に関するアンケート調査報告書」より

## 機器への組み込み事例

### **最近報告された利用事例を紹介**

- ▶ Roland の KR-107, RG-7 と EDIROL UA-101
- ▶ アビックスの TimeSlit
- ▶ オークマのNC装置 OSP-P200
- ▶ 大日本印刷のネットワーク対応RFIDリーダライタ

## その他の利用事例

- ▶ CPUボードへのバンドル事例
- ▶ 開発環境への利用事例
- ▶ TOPPERS上で開発されたソフトウェア
- ▶ セミナー等での利用事例

**！報告を受けても、公表する許可をもらえない事例も多い**  
**！把握できていない利用事例も多数あると思われる**

## ローランドがTOPPERS/FI4カーネルを採用

### TOPPERS/FI4カーネル

- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様に規定されたすべての機能を持ったリアルタイムカーネル
- ▶ (資)もなみソフトウェアがTOPPERS/JSPカーネルをベースに開発
- ▶ 2004年4月からオープンソースソフトウェアとして一般に配付
- ▶ 独立行政法人 情報処理推進機構 (IPA) の2003年度オープンソフトウェア活用基盤整備事業の支援を受けた

### ローランドがデジタルピアノに採用

- ▶ TOPPERS/FI4の採用事例が公表される最初のケース
- ▶ 配付開始から1年で製品が出るのはかなり早いペース

## TOPPERS/FI4カーネルの採用機種

- ▶ Roland の KR-107 と RG-7
- ▶ KR-107 : デジタルインテリジェントピアノ
  - ▶ タッチパネル付き大型カラー液晶を搭載
  - ▶ 大容量USBメモリを接続可能
  - ▶ 「デジスコア」を使ったレッスン機能
  - ▶ リモコン, 赤外線通信機能「iかなでル」
- ▶ RG-7 : デジタルグランドピアノ
  - ▶ グランドピアノの響きを忠実に再現
  - ▶ 自動鍵盤付きの自動演奏機能
  - ▶ 外部ディスプレイをつないでスライドショー



KR-107



RG-7

ローランド(株) : <http://www.roland.co.jp/>

## TOPPERS/JSPカーネルの利用事例

- ▶ Roland の EDIROL UA-101
  - ▶ Hi-Speed USB (USB 2.0) オーディオインタフェース
  - ▶ 最高24bit/192kHz入出力
  - ▶ 10イン/10アウトに対応
  - ▶ コンパクトなハーフ・ラック・サイズ



UA-101



PC上でのミキシング画面

ローランド(株) : <http://www.roland.co.jp/>

## その他の機器への組み込み事例

### TOPPERS/JSPカーネルの利用事例

- ▶ アビックスのLED表示機 TimeSlit
  - ▶ 地下鉄のトンネル内に多数設置し，残像効果を利用して列車の窓に動画を表示
  - ▶ フルカラーの動画再生が可能
  - ▶ 仙台市地下鉄 北四番町ー北仙台間に設置済み

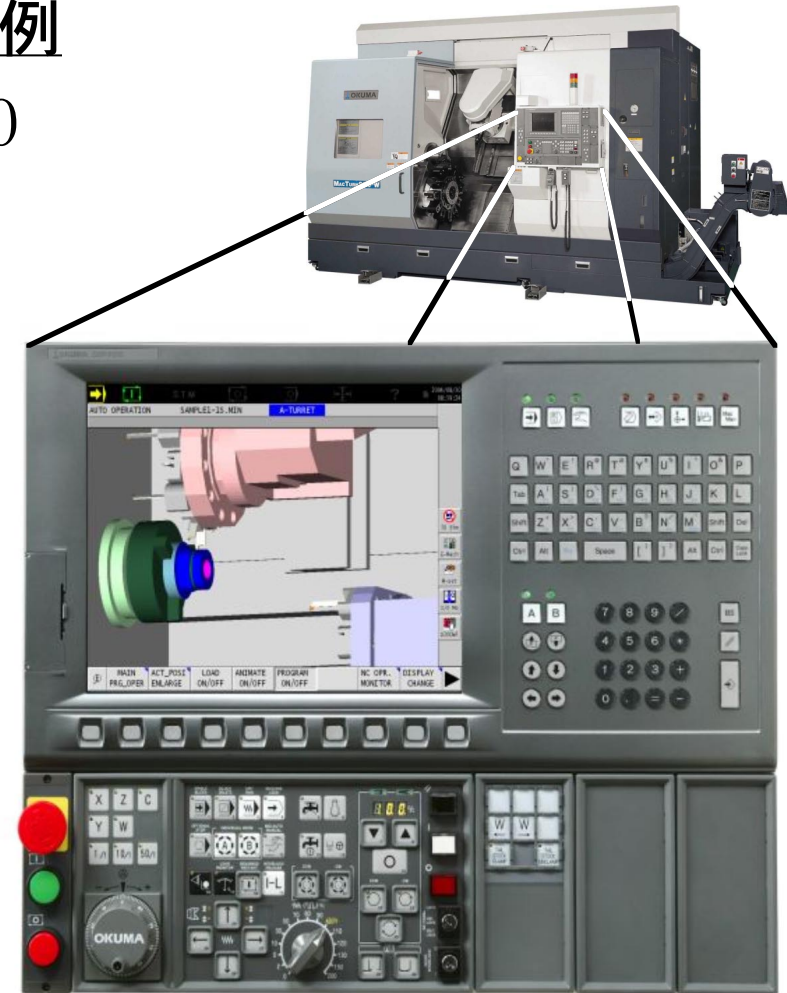
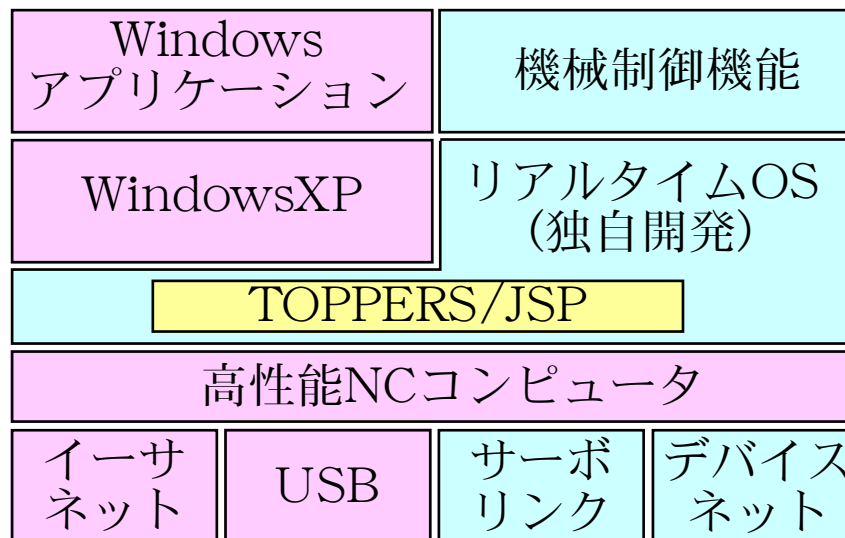


TimeSlit

アビックス(株) : <http://www.avix.co.jp/>

## TOPPERS/JSPカーネルの利用事例

- ▶ オークマのNC装置 OSP-P200
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルを核にしたリアルタイムOSとWindowsXPを融合させたハイブリッドOSを独自に開発



OSP-P200

オークマ(株) : <http://www.okuma.co.jp/>

## TOPPERS/JSPカーネルとTINETの利用事例

- ▶ 大日本印刷のネットワーク対応RFIDリーダライタ
  - ▶ 独自のアプリケーションの組込みが可能
  - ▶ ネットワーク (TCP/IP) 接続, 無線LAN (IEEE 802.11b) 機能搭載
  - ▶ ISO15693準拠RFID対応

### 主な用途

- ▶ 外来者管理システム
- ▶ 電子抽選システム



ネットワーク対応  
RFIDリーダライタ

大日本印刷(株) :

<http://www.dnp.co.jp/semi/j/tag/index.html>

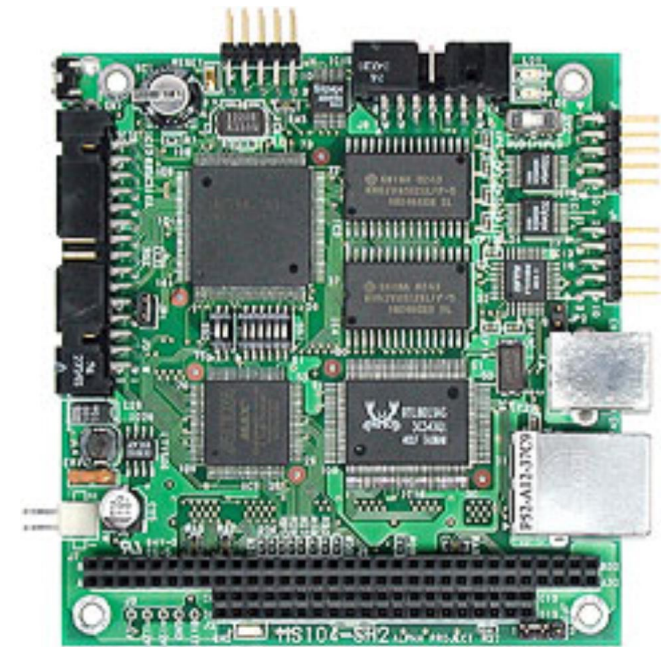
## CPUボードへのバンドル事例

### アルファプロジェクト MS104-SH2

- ▶ PC/104準拠SH-2 CPUボード
- ▶ TOPPERS/FI4カーネルとTINETを標準添付

#### ボードの仕様

- ▶ SH7145F (SH2) 50MHz
- ▶ フラッシュ 2MB, SRAM 1MB
- ▶ 10Base-T, USB1.1 (スレーブ)
- ▶ 高速シリアルI/F
- ▶ H-UDI/JTAGコネクタ
- ▶ PC/104規格準拠



MS104-SH2

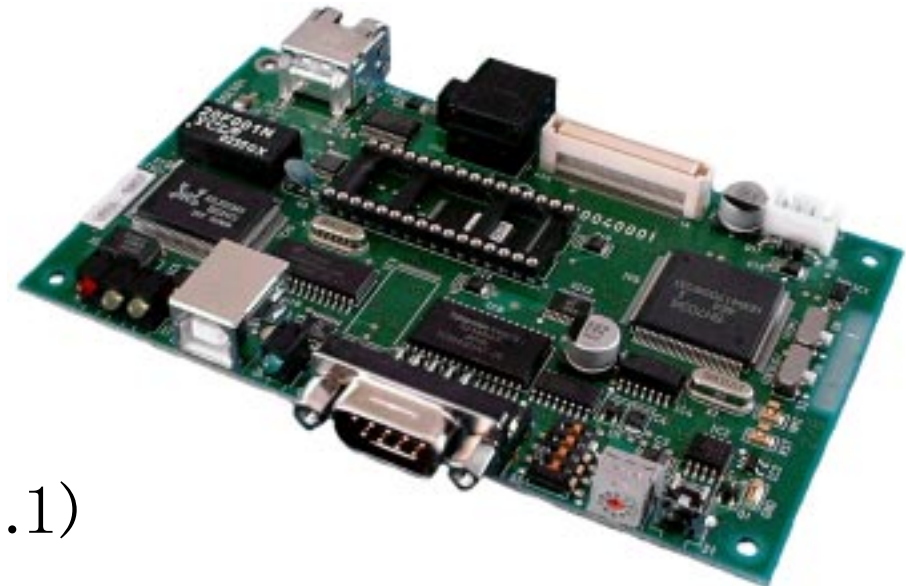
(株)アルファプロジェクト : <http://www.apnet.co.jp/>

## 中央製作所 $\mu$ ITRON搭載SH1CPUボード

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルとTINETを添付
- ▶ 経済産業省 地域新生コンソーシアム研究開発事業の一環で開発

### ボードの仕様

- ▶ SH7034 (SH1) 20MHz
- ▶ フラッシュ 256KB
- ▶ SRAM 512KB
- ▶ RS-232C, RS-485
- ▶ 10Base-T, USB (1.0, 1.1)
- ▶ アナログ入力 8回路  
など



$\mu$ ITRON搭載SH1CPUボード

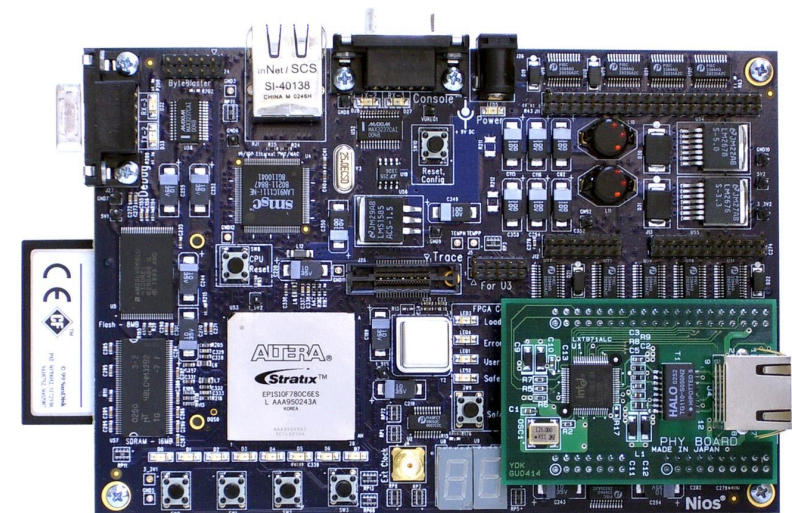
(株)中央製作所 : <http://www.cew.co.jp/>

## YDKテクノロジーズ yMAC-ES

- ▶ Nios IIに対応したEthernet MAC IPコア (yMAC-ES) の評価用キット
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルを添付
- ▶ Cyclone, Stratix に対応

### yMAC-ESの基本仕様

- ▶ IEEE802.3 (10Base-T), IEEE802.3u (100Base-T) に準拠
- ▶ MIIインタフェース (MIIマネージメントバスにも対応)
- ▶ フローコントロール機能等

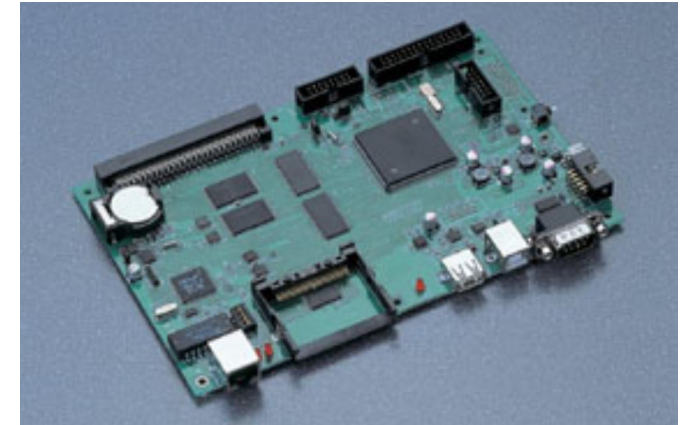


yMAC-ES

YDKテクノロジーズ : <http://www.ydkinc.co.jp/tec/>

## 北斗電子 スタータキット

- ▶ ルネサステクノロジ製の各種CPUボードに開発ソフトを添付したエバリュエーションキット
- ▶ 次の製品にTOPPERS/JSPカーネルとTINETを添付
  - ▶ SH7727スタータキット
  - ▶ SH7616スタータキット
  - ▶ H8S/2638Fスタータキット



SH7727スタータキット



H8S/2638Fスタータキット

(株)北斗電子 : <http://www.hokutodenshi.co.jp/>

## 協栄エレクトロニクス $\mu$ ITRON組み込み学習キット

- ▶  $\mu$ ITRON準拠OSが動作可能なハードウェアと組み込みソフトウェア開発に必要な環境・教科書を，学校・企業等の研修教材用にパッケージにした学習キット
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルを採用
- ▶ CPUにはSH2 (HD641765AF)を使用
- ▶ ハードウェア設計からソフトウェア設計までの教科書
- ▶ 各種のデバイスを搭載したオプションボードを用意



$\mu$ ITRON組み込み学習キット

(株)協栄エレクトロニクス：<http://www.kyoei-ele.com/>

## FREELINES H8/3048F評価ボード

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルを添付
- ▶ オプションでTINET開発キットを用意

### ボードの仕様

- ▶ H8 3048F 最大16MHz
- ▶ 内蔵フラッシュ 128KB
- ▶ 内蔵SRAM 4KB
- ▶ 外部SRAM 128KB
- ▶ PC/104, USB1.1
- ▶ RS-232C×2ch
- ▶ A/D×2ch, D/A×2ch  
など



FLDM-H8CPU-MB

(株)フリーラインズ : <http://www.freelines.co.jp/>

## 開発環境への利用事例

### CATS ZIPC

- ▶ ZIPCは、状態遷移表をベースとした、設計からシミュレーション、実装、試験までを統合したモデルベースの開発環境
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルのWindowsシミュレーション環境を、状態遷移表のホスト上のネイティブコードによるシミュレーションに利用
  - ▶ ZIPCが生成した $\mu$ ITRON仕様のAPIを含むプログラムを、Windows上でシミュレーション可能
  - ▶ ZIPCの状態遷移表上で、現在の状態表示、イベント表示、アクション表示、イベント発生などの機能

キャッツ(株) : <http://www.zipc.com/>

# TOPPERSをサポートする開発環境

## もなみソフトウェア PizzaFactory

- ▶ PizzaFactoryは、GNU開発環境やEclipseプラットフォームなどのオープンソースソフトウェアをベースとした、TOPPERSカーネル対応の開発環境バイナリディストリビューション
- ▶ 迅速な開発導入を支援
  - ▶ Windows上で動作. CoLinuxやCygwinなどのエミュレーション環境は不要
  - ▶ インストーラ起動後10分以内にサンプルアプリケーション(sample1)のビルド完了
  - ▶ Cygwinに比べてオブジェクト生成が10倍以上高速なコンパイル

(資)もなみソフトウェア:

<http://www.monami-software.com/>

# TOPPERS上で開発されたソフトウェア

## 日立システム $\mu$ VNC (マイクロバイエヌシー)

- ▶ 組込み機器に搭載することで、組込み機器から遠隔のPCをリモート操作可能とするソフトウェア
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルおよびTINETを利用

### 稼働環境

- ▶ CPU: SH3 (SH7727)
- ▶ ボード: MS7727SE01D

### 特徴

- ▶ 通信内容の圧縮, 暗号化
- ▶ 多様なOSを操作可能
- ▶ 画面の拡大・縮小機能



(株)日立システムアンドサービス:

<http://www.hitachi-system.co.jp/mVNC/>

## セミナー等での利用事例

### 名古屋大学 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム

- ▶ 社会人（主に企業の技術者）を対象とした組込みソフトウェア技術に関する教育コース（略称: NEXCESS）
- ▶ 文部科学省の科学技術振興調整費により実施
- ▶ 初級コースにおいて，JSPカーネルとTOPPERS初級実装セミナーの教材を利用
- ▶ 中級コース02において，JSPカーネルとTOPPERS中級実装セミナーの教材を利用
- ▶ 上級コース01において，JSPカーネルの内部構造を解説



NEXCESS講義風景

NEXCESS : <http://www.nexcess.itc.nagoya-u.ac.jp/>

## 宮城県産業技術総合センター 組込みシステム開発研修

- ▶ 地元企業の技術者を対象とした組込みソフトウェア開発に関する研修
- ▶ JSPカーネルと、TOPPERS初級実装セミナーの教材をH8マイコン向けに改編したものを利用



組込みシステム開発研修風景

## 宮城県産業技術総合センター リアルタイムOS活用技術研修

- ▶ 地元企業の技術者を対象としたリアルタイムOS活用に関する研修
- ▶ 教材としてJSPカーネルを利用

宮城県産業技術総合センター：

<http://www.mit.pref.miyagi.jp/embedded/>

## 名古屋市工業研究所 コンピュータ技術(短期)研修

- ▶ 地元中小企業の技術者を対象にした組込みソフトウェア開発に関する研修
  - ▶ JSPカーネルとTOPPERS初級実装コース教材のタスクモニタをM32Cにポーティングしものを教材として利用
  - ▶ その他のTOPPERSプロジェクトの開発成果(話題沸騰ポットシミュレータ, TOPPERS/OSEKカーネル, CANDライバ, LINドライバ, TINET) についても紹介／デモ
- ※ 成果と課題は, 情報処理学会全国大会にて発表(北海道立工業試験場と連名)

名古屋市工業研究所 :  
<http://www.nmiri.city.nagoya.jp/>

## キャッツ ワークショップ

- ▶ ZIPCとTOPPERS/JSPカーネルを利用したシステム開発のワークショップ「キッチンタイマーを作ろう」
  - ▶ 実際のシステム開発の中で、ZIPCとJSPカーネルがどのように活用できるかを体験できるワークショップ
  - ▶ 参加者同士でディスカッションしながら、キッチンタイマーの状態遷移表を作成。作成した状態遷移表から自動生成したコードと、JSPカーネルを利用したシステムフレームワークの組合せのノウハウを取得



キャッツ ワークショップ

キャッツ(株) : <http://www.zipc.com/>

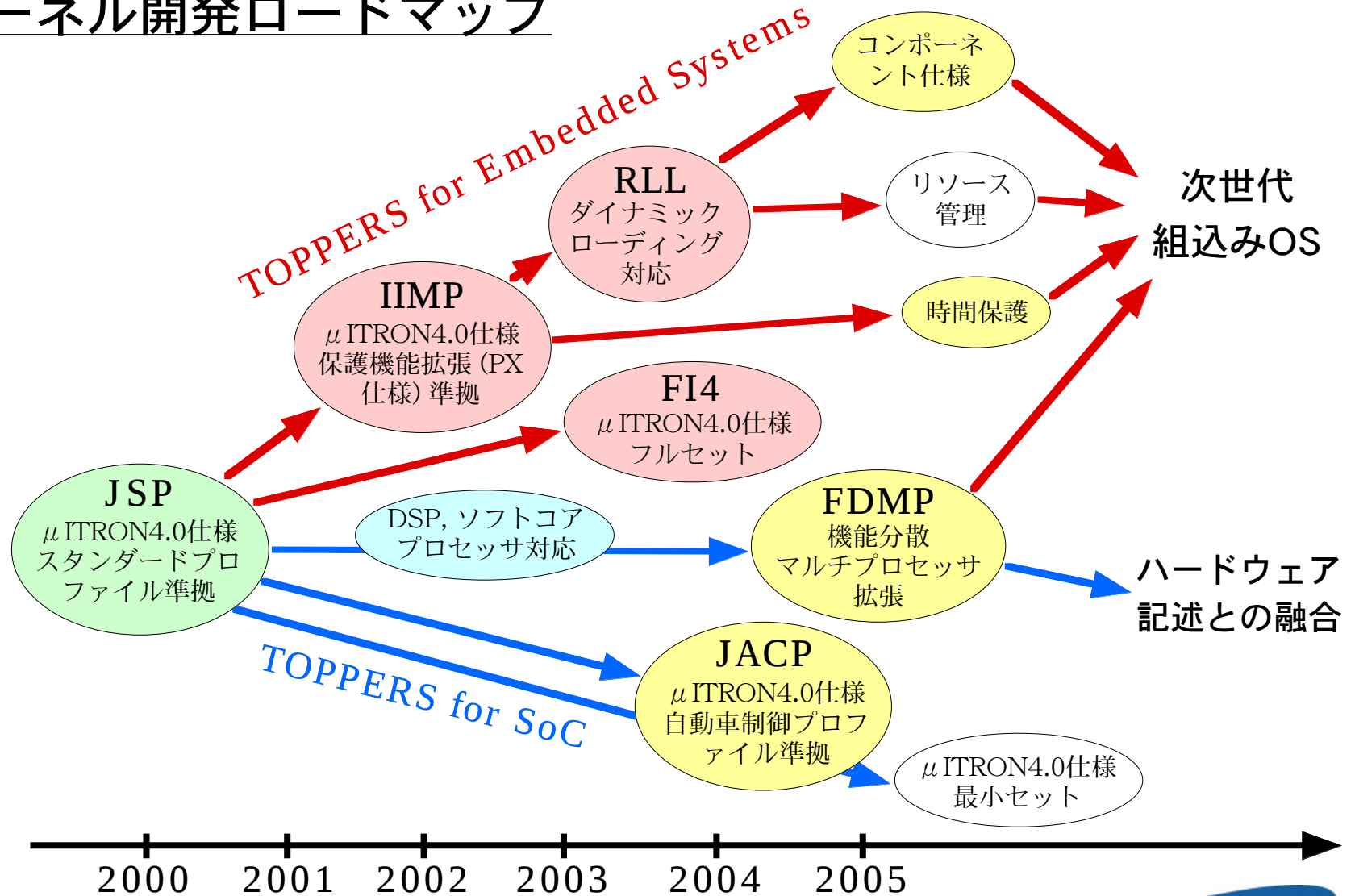
# TOPPERSプロジェクトで 進行中の活動と今後

# TOPPERSプロジェクトで進行中の活動

## 活動中のワーキンググループ (WG)

- ▶ 教育WG (主査: 竹内良輔)
  - ▶ 教育コースと教材の作成
  - ▶ 実験セミナーや講師向けセミナーの実施
- ▶ コンポーネント仕様WG (主査: 大山博司)
  - ▶ 組込みシステム向けのコンポーネント仕様の検討
  - ▶ インタフェースジェネレータの開発と実証実験
- ▶ 中国普及WG (主査: 山本雅基)
  - ▶ 対中国普及活動 (資料の中国語訳など)
- ▶ 検証WG (主査: 二上貴夫)
  - ▶ カーネルの検証手法と性能評価手法の検討
- ▶ Linux on TOPPERS WG (主査: 岸田昌巳)
  - ▶ “Linux on TOPPERS” の実装技術検討と実装

# カーネル開発ロードマップ



## 開発中のソフトウェア

- ! いずれもプロジェクトメンバによる開発
- ▶ TOPPERSカーネルの各種のプロセッサへのポーティング
- ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様の他のプロファイル準拠のカーネル
  - ▶ 自動車制御用プロファイル
  - ▶  $\mu$ ITRON4.0仕様最小セット
- ▶ “Linux on TOPPERS” (TOPPERS/JSPカーネルとLinuxのハイブリッドOS)
- ▶ 組込みコンポーネント仕様のインタフェースジェネレータ
- ▶ IIMPカーネルの仕立て直し (保守できる体制に)
- ▶ 各種のデバイスドライバやソフトウェア部品
- ▶ ITRONデバッグングインタフェース仕様への対応  
などなど

## 組込みコンポーネント仕様

### 組込みシステム向けにコンポーネント技術の必要な背景

- ▶ 複雑化・大規模化する組込みソフトウェア
- ▶ ミドルウェアを部品として購入して組み込むことが多くなっている
- ▶ デバイスドライバが流通していない
  - ▶ ポーティングにかかる手間と費用が大きく、部品として購入するメリットを低下させている
  - ➡  $\mu$ ITRON仕様ののような組み上げ型のRTOSには難しい状況
- ▶ 複数のプロセッサを使用するシステムが多くなっている
  - ▶ プロセッサ間通信を有効にサポートするプラットフォーム（分散フレームワークやマルチプロセッサOS）がなく、ソフトウェア開発が非効率

## なぜ「組み込みコンポーネント仕様」なのか？

- ▶ 汎用システム分野では、コンポーネント技術 (MS COM, JavaBeans など) が普及しているが、組み込みシステム分野では使われない (使えていない)
- ▶ その理由は、既存のコンポーネント仕様に、次のような問題があるため
  - ▶ オーバヘッドが大きい
  - ▶ コンポーネント間の結合を動的に行う
  - ▶ オブジェクト指向言語をベースにしている (組み込みシステム分野では、オブジェクト指向言語が普及していない)
  - ▶ 組み込みシステム分野で使われている多様なネットワーク (例えば、CANなどの制御用ネットワーク) に対応できない

## 組み込みコンポーネント仕様の特徴とアプローチ

- ▶ コンポーネント間の結合を静的に最適化する
  - ▶ コンポーネント間には静的に結合するのが基本
  - ▶ 状況に応じて、最適なコンポーネント間インタフェースをツールにより生成する（インタフェース生成）
  - ▶ 粒度の小さいコンポーネントを扱える
- ▶ システム内のすべてのソフトウェアをコンポーネントとして扱う
  - ▶ コンポーネント仕様によりプラットフォームの構築が可能
  - ▶ 多様なプラットフォーム（プロセッサ, OS, ネットワーク）に対応可能に
- ▶ ネットワークを超える遠隔呼出し（RPC）のためのコンポーネントをツールにより生成（RPC生成）

## 組込みコンポーネント仕様の検討状況・開発計画

- ▶ 2004年1月から「コンポーネント仕様WG」を設けて仕様検討を継続
  - ▶ 約1年をかけて基本仕様はほぼ固まってきた
- ▶ インタフェースジェネレータのプロトタイプを開発し、基礎評価を実施中
- ▶ インタフェースジェネレータ, RPCジェネレータ, 実証実験のためのサンプルプログラム, GUIツールを開発するために, 公的資金を申請中

# 割込み処理モデルの標準化

## 標準化の背景

- ▶  $\mu$ ITRON仕様では、割込み処理モデルは弱く標準化するに留めており、プロセッサ／カーネルにより大きい違い
  - ▶ 標準化によるオーバヘッドを避けるため
- ▶ ソフトウェア生産性の向上のためには、若干のオーバヘッドは許される状況に
  - ▶ 割込み処理のソフトウェアは構築が難しい

## 標準化の目標

- ▶ 割込み処理に関するソフトウェアの再利用性の向上
- ▶ オーバヘッドの増加は最小限に抑える
- ▶ プロセッサの割込みアーキテクチャの詳細を知ることなしに、アプリケーション構築を可能に

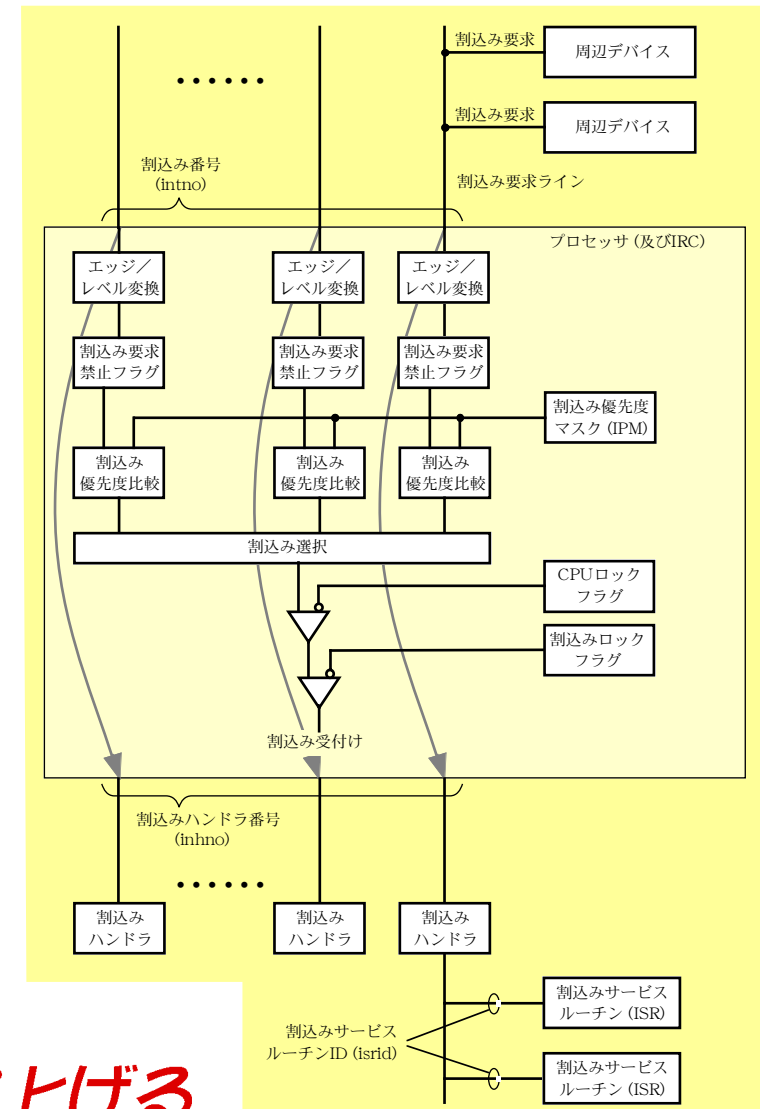
## 標準化のアプローチ

- ▶ ソフトウェアでエミュレートすることを考慮して，標準的な割り込み処理のアーキテクチャを定める (右図)

## 今後の計画

- ▶ 仕様を「TOPPERS標準割り込み処理モデル」としてまとめる
- ▶ JSPカーネルに適用し，妥当性を評価する
- ▶ ASP (Advanced Standard Profile; 仮称) カーネルとしてまとめていく

**現世代のRTOSの完成度をさらに上げる**



## 保護機能拡張

### メモリ保護

- ▶ IIMPカーネルを，TOPPERSプロジェクトの開発成果物として仕立て直す予定
- ▶ ハードリアルタイムシステムに適用するために，メモリ保護のためのハードウェアに踏み込んだ研究開発を実施
- ▶ その成果を，ITRON仕様カーネルとOSEK仕様カーネルの両方に適用することを予定

### 時間保護

- ▶ 各処理に与えられるプロセッサ時間（より一般には，時間分割されるリソース）を保護するための機能について研究開発を実施中
- ▶ ITRON仕様カーネルとOSEK仕様カーネルの両方に適用することを計画

## 品質・信頼性検証のための取組み

- ▶ 組込みシステムには、極めて高い品質・信頼性が求められるものが多い
  - ▶ TOPPERSは、最高レベルの信頼性が求められるシステム（宇宙機、自動車）にも適用できる品質の高いソフトウェアの開発を目指す
  - ! 機能と信頼性のトレードオフに留意が必要
- ▶ TOPPERSカーネルの検証手法の検討を行うために「検証WG」を設置. 2004年6月から活動を開始
  - ▶ ソフトウェアの安全性・信頼性に関する国際的な規格 (IEC61508など) について調査中
  - ▶ TOPPERSカーネルの検証を行い、その過程をドキュメント化してオープンに
- ▶ 性能評価手法も検討する（性能は品質の一部である）

# TOPPERSカンファレンス2005

- ▶ 5月27日(金) に東京市ヶ谷で開催. 参加者を募集中
- ▶ 副題: TOPPERSプロジェクトはどこへ?

## キーノートセッション

- ▶ TOPPERSが目指す組込みシステム開発の将来  
高田広章 (TOPPERSプロジェクト会長)
- ▶ TOPPERSプロジェクトの飛躍を目指す今年の活動  
加藤博之 (TOPPERSプロジェクト副会長)

## テクニカルセッション

- ▶ マルチプロセッサ対応の現状と今後の展開
- ▶ TOPPERS/OSEK開発状況と今後の展開について
- ▶ 宇宙機向け組込みソフトの信頼性検証について
- ▶ OSP-P200型NC装置におけるTOPPERSとWindowsの融合

## 特別講演

- ▶ 日本の組込みシステム開発力強化の施策  
門田浩 (ソフトウェアエンジニアリングセンター／NEC)
- ▶ 自動車の制御システム開発における最新技術動向  
谷川浩 (JasPar／トヨタ自動車)

## 曼陀羅セッション&懇談会

- ▶ TOPPERS曼陀羅 –TOPPERSプロジェクトはどこへ? –  
TOPPERSプロジェクトの進むべき方向性について、  
6つの切り口から参加者全員で自由闊達に意見交換
- ▶ 懇談会  
TOPPERS of the Year発表

 <http://www.toppers.jp/conference2005.html>