

TOPPERSプロジェクトの現状と今後

～TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会が活動開始～

2002年11月20日

高田 広章

TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会 代表
(豊橋技術科学大学 組込みリアルタイムシステム研究室)

hiro@ertl.ics.tut.ac.jp

Hiroaki Takada

本日の発表内容

- ▶ TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会が活動開始
～ 来年4月を目処にTOPPERSプロジェクト推進組織
の設立を目指す ～

プレゼンテーションの流れ

- ▶ ITRON仕様の現状と課題
- ▶ TOPPERSプロジェクトの概要と狙い
- ▶ TOPPERSライセンス (フリーソフトウェアの利用条件)
- ▶ プロジェクトのこれまでの開発成果
- ▶ プロジェクトメンバ企業の取り組み (新製品の紹介 2件)
- ▶ 進行中の開発プロジェクトと今後の開発計画
- ▶ プロジェクトの発展の方向性
- ▶ TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会が発足

Hiroaki Takada

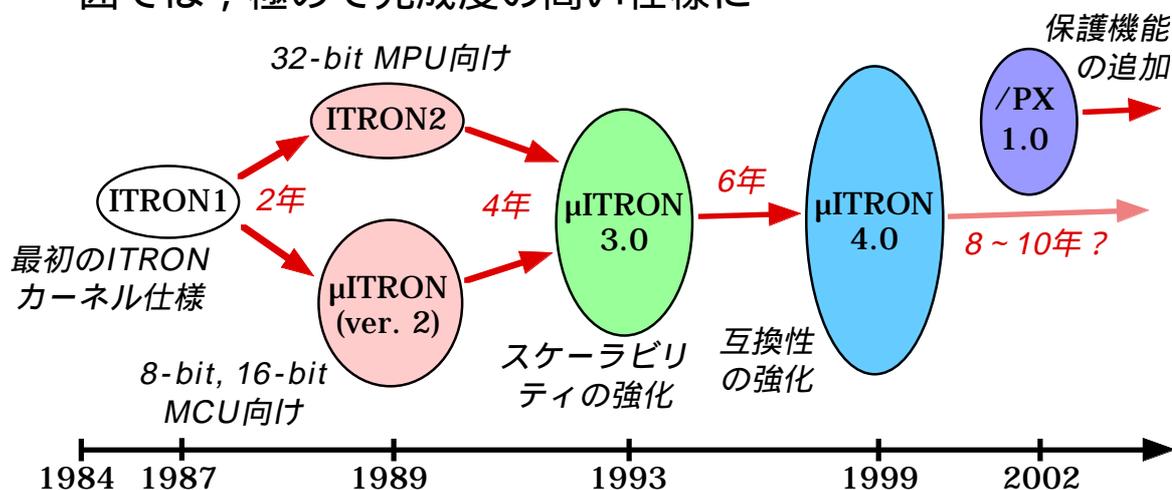
ITRON仕様とその現状

- ▶ TRONプロジェクトにおいて標準化を推進してきた組み込みシステム用のリアルタイムOS仕様
- ▶ ITRON仕様に準拠して数多くのリアルタイムOSが実装されている
- ▶ 組み込みシステム用のリアルタイムOSのデファクト標準仕様として、広く用いられている
 - ▶ トロン協会の調査によると、最近開発された組み込みシステムの30～40%が、ITRON仕様OSを利用
 - ▶ 組み込みシステム用のOSの中でのシェアは40～50%に
 - ▶ 特にコンシューマ向けの小規模な組み込みシステムの分野でシェアが高い
- ▶ 誰もが自由に実装できるオープンな仕様
 - !それに準拠して実装されたOSはオープンとは限らない

Hiroaki Takada

ITRONカーネル仕様の歴史と現状

- ▶ プロジェクト開始からこれまでの約20年間に、4世代のITRONカーネル仕様を策定・公開
- ▶ μ ITRON4.0仕様は、現世代のリアルタイムOS技術の範囲では、極めて完成度の高い仕様に



Hiroaki Takada

組込みシステム開発の最近の動向

組込みシステムの変化

半導体技術の進歩

- ▶ 組込みシステムの適用分野が拡大
 - ▶ digital consumer (携帯電話, デジタル家電, ITS, ...)
 - ▶ → ubiquitous computing へ
- ▶ 従来からの組込みシステムの大規模化・複雑化
 - ▶ 機器の複合化・デジタル化・ネットワーク化
 - ▶ ユーザインタフェースの高度化
 - ▶ コンピュータ制御による高機能化・高付加価値化
- ▶ 開発期間 (time-to-market) の短縮やコストダウンに対する強い要求
 - ▶ → システムの品質・信頼性の確保が大きな問題に
- ▶ ソフトウェアとハードウェアの境界の流動化

Hiroaki Takada

大規模化する組込みソフトウェアとITRON

大規模化する組込みソフトウェア

- ▶ ITRON仕様OSのシェアの高いコンシューマ向けの「小さい」機器でも, ソフトウェアは大規模に
- ▶ ITRON仕様を, 大規模なソフトウェアにも適するように発展させる必要性

ITRON仕様からの新しい展開

- ▶ μ ITRON4.0仕様 保護機能拡張
 - ▶ 弱い標準化の発展 (従来標準化の延長)
- ▶ T-Engineプロジェクト <http://www.t-engine.org/>
 - ▶ BTRONの技術を導入して機能拡充を図る
- ▶ TOPPERSプロジェクト <http://www.ertl.jp/TOPPERS/>
 - ▶ オープンソースソフトウェア化による展開

Hiroaki Takada

ITRON仕様OSの課題

しばしば指摘されるITRON仕様OSの問題点

- ▶ 開発環境やツールが不足
 - ▶ ソフトウェア部品が不足
 - ▶ 扱える技術者が少ない
 - ▶ ソフトウェアの移植性が悪い
- リアルタイムカーネル
そのものの技術的な問題
を指摘する声は多く
ない

! 過剰な重複投資

~ 多くの会社が同様のソフトウェア開発を実施

- ▶ ITRON仕様OS自身や、その上で動作するTCP/IP
プロトコルスタックは約10種類もあるが...

! 過剰な多様性 (1つになるのが良いとは思わないが)

- ▶ ITRONをサポートしたいが、どのITRON仕様OSに
対応すればよいの？

Hiroaki Takada

TOPPERSプロジェクト

TOPPERS = **T**oyohashi **O**pen **P**latform for **E**mbedded
and **R**eal-Time **S**ystems

プロジェクトの目的

- ▶ 組み込みシステム構築の基盤となる各種のソフトウェアを
開発し、良質なフリーソフトウェアとして公開すること
により、組み込みシステム技術・業界の発展に資する

組み込みシステム分野における Linux を目指す!

プロジェクトの推進主体

- ▶ 豊橋技術科学大学 組み込みリアルタイムシステム研究室
(高田研究室) を中心として、プロジェクトの趣旨に賛同
してソフトウェアの開発 / 保守を分担する組織 / 個人に
より推進

Hiroaki Takada

TOPPERSプロジェクトの狙い

!日本の主要産業分野で重要な役割を果たしている組み込みシステム分野で、日本独自のITRON仕様の技術を維持・発展させていきたい

過剰な重複投資と多様性の問題の解決

- ▶ ITRON仕様OSをフリーソフトウェア化することにより、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OSの実装の種類が減ることにより、ソフトウェアの移植性が向上する。また、ソフトウェア部品や開発環境の対応がそれらに集中する



- ▶ ITRON仕様OSの問題の多くが解決 (または軽減)

Hiroaki Takada

次世代リアルタイムOS技術の確立

- ▶ ITRON仕様をベースとして、次世代のリアルタイムOS技術を確立する
 - ▶ 組み込みシステムの要求に合致し、ITRONの良さを継承したリアルタイムOS技術の開発が望まれている

Linuxをもう1つ作っても意味がない!

- ▶ フリー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なる
- ▶ 標準仕様を策定 (ITRON仕様のアプローチ) するよりも、ソフトウェアを開発した方がスピードが速い

組み込みソフトウェア技術者の育成

- ▶ 組み込みソフトウェア技術者教育のための場と題材を提供する

Hiroaki Takada

TOPPERSプロジェクトの動き

これまでの経緯

- ▶ 2000年11月 TOPPERS/JSPカーネルの最初のバージョンを公開．以後，数回のバージョンアップ
- ▶ 2001年5月 第3回LSI IPデザインアワードにおいて，TOPPERS/JSPカーネルがIP優秀賞を受賞
- ▶ 2001年11月 この時点でTOPPERSプロジェクトへの参加組織が4つに．産業界への普及活動を開始
- ▶ 2002年3月 IIMPカーネルの開発が完了 (2002年4月に発表．6月より無償配布を開始)
- ▶ 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 この時点までに，新たに7組織 (個人1を含む) が参加．さらに，検討中の組織が複数

Hiroaki Takada

TOPPERSプロジェクトメンバ (加入順)

- ▶ 豊橋技術科学大学 組込みリアルタイムシステム研究室
- ▶ 宮城県産業技術総合センター
- ▶ 苫小牧工業高等専門学校 情報工学科
- ▶ (資)もなみソフトウェア
- ▶ (株)アドバンスドデータコントロールズ
- ▶ (株)イーエルティ
- ▶ (株)エーアイコーポレーション
- ▶ (株)ソフィアシステムズ
- ▶ 豊田工業高等専門学校 情報工学科 アーキテクチャ研究室
- ▶ (株)日立システムアンドサービス
- ▶ 高木悠成 (フリーのソフトウェア技術者)
- ▶ YDKテクノロジーズ
- ▶ 三洋電機セミコンダクタカンパニー
- ▶ (株)ヴィッツ ← 本日付けで加入
- ▶ メトロワークス(株) ← 本日付けで加入

Hiroaki Takada

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やBSD (旧版) より自由に使えるライセンス条件とする
- ▶ 大学としては成果をアピールする必要があり、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うことを許すように、デュアルライセンスに (実際には、BSD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

Hiroaki Takada

上記著作権者は、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が、以下の(1)~(4)の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) 本ソフトウェアを再利用可能なバイナリコード (リロケータブルオブジェクトファイルやライブラリなど) の形で利用する場合には、利用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) 本ソフトウェアを再利用不可能なバイナリコードの形または機器に組み込んだ形で利用する場合には、次のいずれかの条件を満たすこと。
 - (a) 利用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) 利用の形態を、別に定める方法によって、上記著作権者に報告すること。
- (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、上記著作権者を免責すること。

Hiroaki Takada

TOPPERS/JSPカーネル

JSP = **J**ust **S**tandard **P**rofile

- ▶ μ ITRON4.0仕様に準拠したリアルタイムOS
- ▶ 名前が示す通りスタンダードプロファイル以上でも以下でもない (実際には、若干の拡張機能を持つ)
- ▶ 2000年11月に公開．現在 Release 1.3

開発の目的

- ▶ μ ITRON4.0仕様の評価，リファレンス実装
- ▶ 研究・教育機関における研究・教育のプラットフォーム
- ▶ μ ITRON4.0仕様カーネル上のソフトウェア部品 (IP) 開発のプラットフォーム (JSPであることに意味がある)
- ▶ 評価目的・プロトタイプ開発への利用
- ▶ 実製品への適用

! 開発そのものは研究活動の一環とは位置付けていない!

Hiroaki Takada

ターゲット環境 (Release 1.3 配布開始の時点)

- ▶ モトローラ M68040
- ▶ 日立 SH1, SH3/4, H8, H8S
- ▶ ARM ARM7TDMI, インテル i386
- ▶ NEC V850, 三菱 M32R
- ▶ Xilinx MicroBlaze
- ▶ TI TMS320C54x
- ▶ 他のプロセッサへポーティングしたという報告も

シミュレーション環境

- ▶ Linux, Windows 上のシミュレーション環境
- ▶ カーネル本体 (プロセッサ依存部) 以外は共通

開発環境

- ▶ GNUのソフトウェア開発ツール (gcc, gdb など) が標準
 ➔ 開発環境まで含めてすべてフリーで構築可能

Hiroaki Takada

TOPPERS/JSPカーネルの特徴

- ▶ 読みやすく改造しやすいソースコード
 - ▶ ターゲットの違いを吸収する部分を除いて #ifdef を追放
 - ▶ 定量的な評価は難しいが、読みやすさには自信あり
- ▶ 他のターゲットへのポーティングが容易な構造
 - ▶ 実行性能を落とさないプロセッサの抽象化
- ▶ 高い実行性能と小さいRAM使用量
 - ! 大部分をC言語で記述したカーネルとしては
- ▶ LinuxおよびWindows上でのシミュレーション環境
 - ▶ プロトタイプ開発を支援するためのデバイスエミュレーション機能 → プロトタイプ開発, 教育用に最適
- ▶ フリーソフトウェアのみで開発環境まで構築可能

Hiroaki Takada

TOPPERS/JSPカーネルの利用状況

- ▶ 評価目的・研究教育目的で利用している事例は数例あり
- ▶ シミュレーション環境をプロトタイプ開発に利用している事例も聞いている
- ▶ 試作機に適用したという報告あり (報告義務に伴う報告)
- ▶ 製品への本格的な利用はこれから

TOPPERS/JSPカーネルのダウンロード状況

- ▶ 2002年9月までの累計ダウンロード数: 8504件
- ▶ 毎月着実に増加

TOPPERSユーザズメーリングリスト

- ▶ 約250名が登録
- ▶ コンスタントに質問・回答やバグ報告等が流れる
- ▶ メーリングリストの内容はウェブサイトでも公開

Hiroaki Takada

IIMPカーネル

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルをベースに， μ ITRON4.0仕様保護機能拡張 (μ ITRON4.0/PX仕様) に準拠した保護機能を追加
 - ! 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
- ▶ トロン協会が，情報処理振興事業協会 (IPA) による「情報技術開発支援事業」の採択テーマの1つとして開発．開発成果物の権利は，IPA とトロン協会に帰属
- ▶ 異なるタイプのメモリ保護ハードウェアを持つ3種類のプロセッサ (ARM 940T, SH-3, Pentium) に実装
 - ➔ 各種のプロセッサに容易に移植可能
- ▶ 2002年3月に開発完了．6月にフリーソフトウェアとして配布開始 (ライセンス条件はTOPPERSライセンス)

Hiroaki Takada

プロジェクトメンバ企業の取り組み

(株)エーアイコーポレーション

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルと IIMPカーネルに対するサポートサービスを提供．保証サービス (バグフィクスを約束する) やポータリングサービスを提供
- ▶ IIMPカーネルをベースに，ダイナミックローディング機能の実装を開始 (後述)

(株)アドバンスドデータコントロールズ

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルをベースとしたOSである eFOSi を，同社の販売するGHS社のソフトウェア開発環境に無償でバンドル

(資)もなみソフトウェア

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルに対するサポートサービス (関連情報や開発環境の提供，受託開発など) を提供

Hiroaki Takada

(株)ソフィアシステムズ

- ▶ 同社製のICEでTOPPERS/JSPカーネルをサポート

(株)イーエルティ

- ▶ 豊橋技術科学大学と共同で“Linux on ITRON”を開発中

三洋電機セミコンダクタカンパニー

- ▶ 同社製のマイクロプロセッサ Xstormy16 にTOPPERS/JSPカーネルをポーティング

(株)ヴィッツ

- ▶ TOPPERS/JSPカーネルに対する統合開発環境を開発中
(後述の地域新生コンソーシアム事業の一環)

メトロワークス(株)

- ▶ 同社製の統合開発環境 CodeWarrior を、TOPPERS/JSPカーネルに対応させるための開発を予定

Hiroaki Takada

(株)日立システムアンドサービス

!TOPPERSプロジェクトの成果を利用した新製品を開発．本日付けで発表

- ▶ T-Navi (仮称)
 - ▶ パソコン上で μ ITRON仕様OSを用いた組み込みソフトウェア開発をサポートするツール
 - ▶ ハードウェアとの並行開発を可能にするために、デバイスエミュレーション機能を提供
 - ▶ デバッグ支援のためのカーネルトレーサを装備
 - ▶ TOPPERS/JSPカーネルのWindows上でのシミュレーション環境を利用．これにより、ツール開発期間が短縮．また、同じ仕様のカーネルでターゲット環境への移行も可能に

Hiroaki Takada

YDKテクノロジーズ

! TOPPERSプロジェクトの成果を利用した新製品を開発．本日付けで発表

- ▶ MIREF
 - ▶ Xilinx社のソフトプロセッサコア MicroBlaze を使用し，Ethernet上での TCP/IP による通信を実現する評価ボード．TOPPERS/JSPカーネルを利用
 - ▶ 評価ボードには，FPGA (公称56万ゲート相当)，SRAM (256KB)，フラッシュメモリ (2MB)，Ethernet PHYなどを実装
 - ▶ Ethernet MAC IP (10/100Base に対応，時間制限版)，TOPPERS/JSPカーネル，TCP/IPプロトコルスタック ySOCK2 (試用版) を添付

Hiroaki Takada

進行中の開発プロジェクト

バージョンアップ機能を持ったμITRON仕様OS

- ▶ エーアイコーポレーションを代表とする企業等のグループが，情報処理振興事業協会 (IPA) による「重点領域情報技術開発事業」の採択テーマの1つとして開発を開始
 - ▶ (株)エーアイコーポレーション
 - ▶ 富士通デバイス(株)
 - ▶ (株)デンソークリエイト
 - ▶ 豊橋技術科学大学
- ▶ IIMPカーネルをベースに，ソフトウェアモジュールのダイナミックローディング機能を実現
 - ▶ **! 組み込みシステムの要求に合致した技術開発を目指す**
- ▶ 2003年3月までに開発完了予定．大部分をフリーソフトウェアとして配布予定 (仮称: TOPPERS/IDLカーネル)

Hiroaki Takada

組込みシステムオープンプラットフォームの構築と その実用化開発

- ▶ 1大学・2高専・4公設試験所・6企業からなるコンソーシアムが、平成14年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(東北地域)の採択テーマの1つとして開始(管理法人は、みやぎ産業振興機構)
- ▶ TOPPERS/JSPカーネルを核に、各種のプロセッサへのポーティング、ソフトウェア開発環境の整備、TCP/IPプロトコルスタックなどのソフトウェア部品の開発、製品への適用などの研究開発を行う
- ▶ このプロジェクトをきっかけに地方の公設試験所によるサポートネットワーク構築を狙う
 - ▶ 地方の中小の機器メーカーに対する組込みシステム技術の支援が可能に

Hiroaki Takada

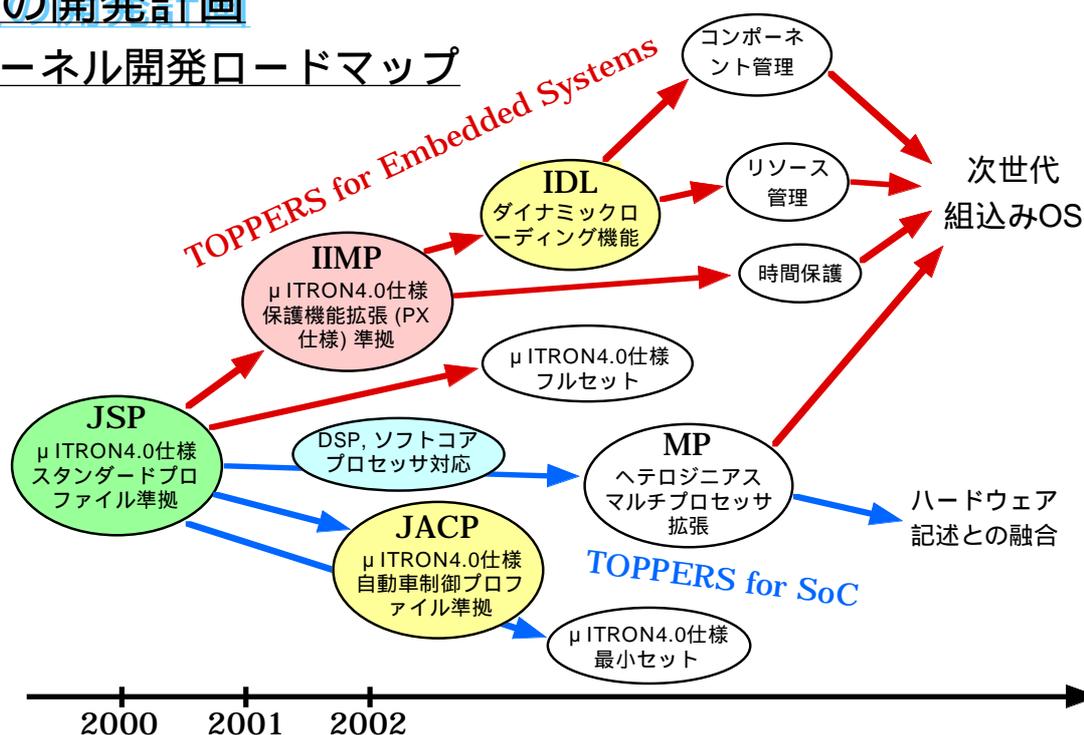
進行中の開発項目

- ▶ TOPPERS/JSPカーネル、IIMPカーネルをより多くのプロセッサにポーティング
 - ▶ MIPS系, M16C, Nios, PowerPC系など
- ▶ μ ITRON4.0仕様の他のプロファイル準拠のカーネルの開発(各規模の組込みシステムをカバー)
 - ▶ 自動車制御用プロファイルなど
- ▶ 組込みシステム向けのコンパクトなTCP/IPプロトコルスタック(ITRON TCP/IP API準拠)
- ▶ ITRONデバッグインタフェース仕様への対応
- ▶ 各種のデバイスドライバやライブラリ
- ▶ ヘテロジニアスマルチプロセッサ対応のカーネル
- ▶ “Linux on ITRON”(TOPPERS/JSPカーネルとLinuxのハイブリッドOS)

Hiroaki Takada

今後の開発計画

カーネル開発ロードマップ



Hiroaki Takada

高機能化に向けての開発

- ▶ 保護機能の導入, ダイナミックローディング機能の導入に続いて, コンポーネント管理機能の仕様検討と実現が重要な課題に

➡ 次世代リアルタイムOS技術の確立を目指す

SoC対応に向けての開発

- ▶ 複雑化するSoCへの組み込みソフトウェア開発を支援するための方向性
- ▶ ヘテロジニアスマルチプロセッサ対応を経て, ハードウェア記述との融合を目指す

ソフトウェア部品の開発

- ▶ 技術的に成熟したソフトウェア部品 (TCP/IP, ファイルシステムなど) を開発し, フリーソフトウェア化

Hiroaki Takada

プロジェクトの発展の方向性

ビジネスの活性化を重視

- ▶ 参加企業の研究開発投資を引き出すためには、その周辺にビジネスが成立することが極めて重要
 - ▶ 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
- ▶ 組み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
 - ▶ 組み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

Hiroaki Takada

組み込みソフトウェア技術者の育成

- ▶ 組み込みシステムは日本の主要産業において重要な役割を果たしており、組み込みソフトウェア開発技術者の質・量両面での充実が必要
 - ➔ 組み込みソフトウェア開発技術者の教育が重要だが、良い教育の場・題材が提供されていない
- ▶ 組み込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 (リーダ: 飯塚悦功 東京大学教授, SESSAME) との連携を進める
- ▶ 公設試験所や大学・高専を教育の場として活用
 - ▶ 良いカリキュラムと教材の提供が必要
 - ▶ JSPカーネルはすでに教材として活用されている

海外展開の戦略

- ▶ 欧米よりもアジア地域への展開を重視

Hiroaki Takada

TOPPERSプロジェクト組織化

- ▶ プロジェクトの一層の発展のためには、プロジェクト推進団体を立ち上げることが必要に
 - !大学の研究室が事務局では運営に限界
- ▶ NPO法人、有限責任中間法人などの形態を検討
- ▶ 事務局を(社)トロン協会に委託する方向
- ▶ 来年度始めの発足をメド

TOPPERSプロジェクト組織化準備委員会

!活動開始を本日発表

- ▶ プロジェクト推進団体の構成や規則等を検討
- ▶ 現在のプロジェクトメンバに加えて、新しい団体への参加を期待する組織にも参加依頼

Hiroaki Takada

組織化準備委員会メンバ(順不同)

- ▶ 高田 広章 (豊橋技術科学大学) *
- ▶ 吉田 徹 (宮城県産業技術総合センター) *
- ▶ 脇坂 新路 (日立製作所)
- ▶ 工藤 健治 (富士通デバイス)
- ▶ 橋尾 政憲 (日立システムアンドサービス) *
- ▶ 檜平 扶 (ソフィアシステムズ) *
- ▶ 河原 隆 (アドバンスドデータコントロールズ) *
- ▶ 加藤 博之 (エーアイコーポレーション) *
- ▶ 邑中 雅樹 (もなみソフトウェア) *
- ▶ 竹内 良輔 (リコー)
- ▶ 英 和則 (デンソークリエイト)
- ▶ 二上 貴夫 (東陽テクニカ / SESSAME)
- ▶ 中野 隆生 (トロン協会)

* は現プロジェクトメンバ

Hiroaki Takada

アドバイザー

- ▶ 坂村 健 (東京大学)
- ▶ 飯塚 悦功 (東京大学)
- ▶ 安浦 寛人 (九州大学)
- ▶ 門田 浩 (NECエレクトロニクス)
- ▶ 田丸 喜一郎 (東芝)

今後のスケジュール (予定)

- ▶ 2003年2月 TOPPERSプロジェクト推進団体の構成や規約等をフィックス．初期会員の募集を開始
- ▶ 2003年4月 プロジェクト推進団体の発足．初回の総会を開催

Hiroaki Takada