

TOPPERSプロジェクトの最新状況

2010年11月16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

附属組込みシステム研究センター長

Email: hiro@ertl.jp URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

目次

TOPPERSプロジェクトの概要

- ▶ プロジェクトの狙い, 主な開発成果, 主な利用事例
- ▶ TOPPERS新世代カーネルの必要性と開発状況

スペースソフトウェアプラットフォーム連携研究開発拠点の設置

- ▶ スペースワイヤの現状と課題
- ▶ NCES-JAXA共同研究の概要
- ▶ スペースワイヤOSの普及発展体制

TOPPERS/SSPカーネルの一般公開について

- ▶ 開発の背景, 体制, 仕様の概要, 実装の概要

TOPPERSプロジェクトの活動状況

- ▶ 次世代車載システム向けRTOSに関するコンソーシアム
- ▶ TECS, SafeG
- ▶ 次の10年を見据えた活動指針

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

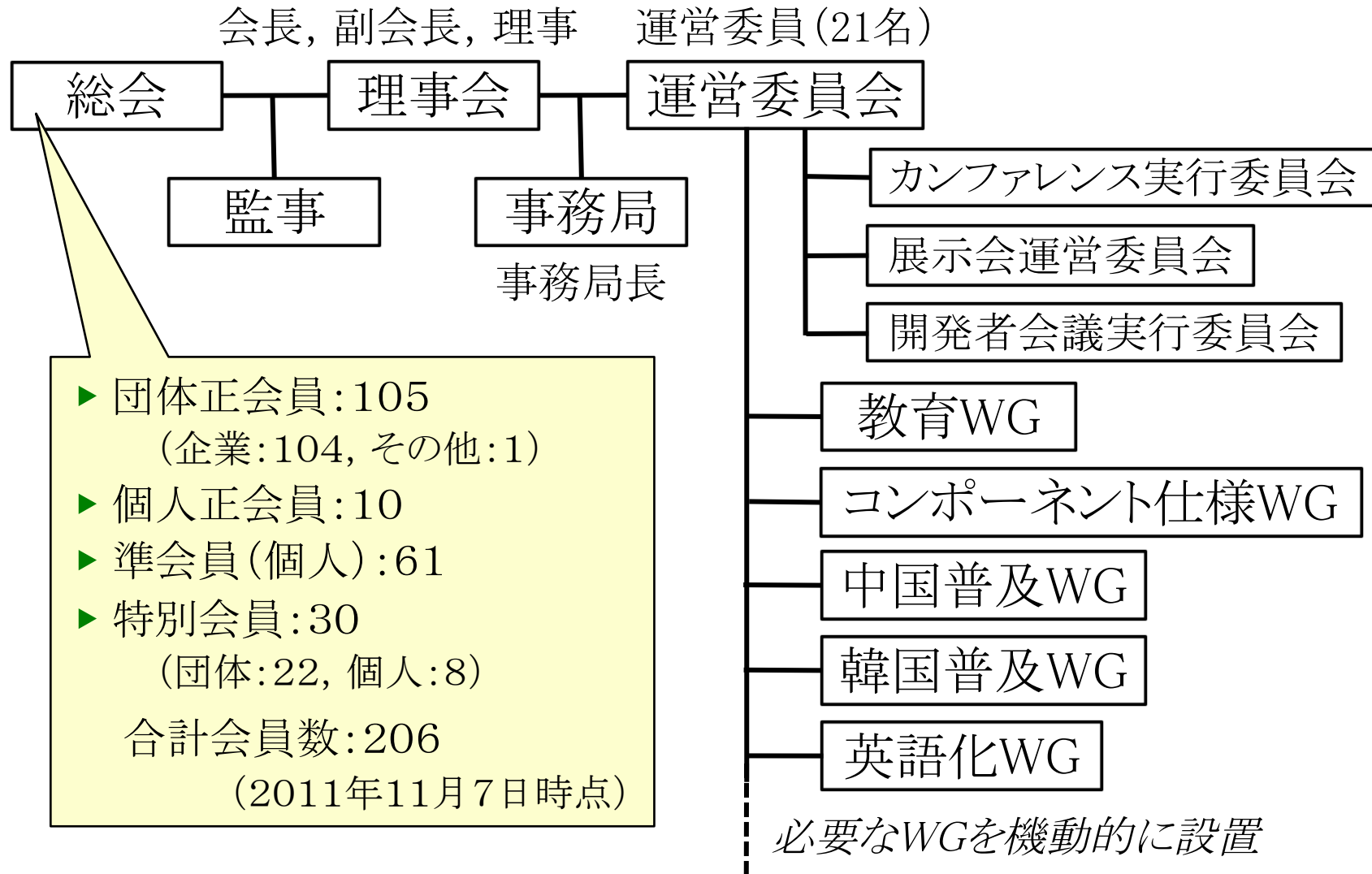
- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

組込みシステム分野において、Linuxのように広く使われるオープンソース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プロジェクトの組織と会員



TOPPERSプロジェクトの狙い

決定版のITRON仕様OSの開発 **ほぼ完了**

- ▶ 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を解決(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するし, ITRONの良さを継承する次世代のリアルタイムOS技術を開発

Linuxと類似のOSをもう1つ作っても意味がない!

- ▶ 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

組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発

- ▶ 高品質な組み込みシステムの効率的な開発を支援

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を開発し, それを用いた教育の場を提供

主な開発成果（第1世代カーネル）

TOPPERS/JSPカーネル **最初の開発成果**

- ▶ μ 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/FI4カーネル **IPA**

- ▶ μ ITRON4.0仕様のすべての機能を持つよう拡張

TOPPERS/ATK1 (Automotiveカーネル バージョン1)

- ▶ 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

TOPPERS/FDMPカーネル **IPA**

- ▶ 機能分散マルチプロセッサ向けのリアルタイムカーネル

TOPPERS/HRPカーネル **JAXAと共同開発**

- ▶ メモリ保護機能などの高信頼システム向けの機能を追加
- ▶ JAXAが検証を実施

主な開発成果（新世代カーネル）

TOPPERS/ASPカーネル **新世代カーネルの出発点**

- ▶ JSPカーネルに対して、信頼性・安全性・ソフトウェアポータビリティ向上のための各種の拡張・改良
- ▶ 拡張パッケージにより、オブジェクトの動的生成をサポート

TOPPERS/FMPカーネル

- ▶ ASPカーネルをマルチコアプロセッサ向けに拡張

TOPPERS新世代カーネル統合仕様書

- ▶ μ ITRON4.0仕様をベースに、最近10年の新しい要求に対応できるように改良・拡張したカーネル仕様
- ▶ 作成中（ASP, FMP, HRP2カーネルの仕様記述は完成）

TOPPERSテストスイートパッケージ（TTSP）

- ▶ TOPPERS新世代カーネルのテストスイート
- ▶ 独自の記法によるテストシナリオと、そこからテストプログラム生成するためのツールを含むパッケージ

主な開発成果（ミドルウェア）

TINET 経済産業省 地域コンソ

- ▶ ITRON TCP/IP API仕様に準拠したコンパクトなTCP/IPプロトコルスタック
- ▶ IPv4とIPv6の両方に対応

FatFs for TOPPERS

- ▶ FAT12/16/32に対応したファイルシステム

CAN/LINミドルウェアパッケージ 経済産業省 地域コンソ

- ▶ CANとLIN向けの通信ミドルウェア

RLL (Remote Link Loader) IPA

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

主な開発成果 (TECS, SafeG, ツール)

TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

- ▶ 各種のソフトウェアモジュールを部品化し、必要な部品を組み合わせることによって大規模な組込みソフトウェアを効率的に構築するための技術 (仕様とツール)

SafeG

- ▶ 1つのマイクロプロセッサ上で、汎用OSとRTOSを安全に共存して動作させるデュアルOSモニタ

TLV (TraceLogVisualizer)

- ▶ RTOS等のトレースログを可視化するためのツール

TOPPERS Builder

- ▶ Eclipse/CDTを用い、TOPPERSカーネルを用いた開発を支援する統合開発環境
- ▶ CD-ROMだけで立ち上げられるCD-ROMイメージを用意

主な開発成果（教育コンテンツ）

初級実装セミナーの教材

英語版、中文版も用意

- ▶ RTOS上に組み込みソフトウェアを構築する手法の基礎を、実習を通して学習するセミナーの教材

中級実装セミナーの教材

中文版も用意

- ▶ ネットワークプログラミングやシステム設計手法を学習

基礎1実装セミナーの教材

- ▶ 小規模な組み込みシステム開発とRTOSの基礎を学習

基礎2実装セミナーの教材

- ▶ RTOSの解説とサービスコールの実装体験を行う

独立の教育コンテンツ

- ▶ TOPPERS版鹿威し、TOPPERS二足歩行ロボット教材
- ▶ 組み込み技術者向けTECS教育教材
- ▶ ETロボコン向けTOPPERS活用セミナー教材

開発成果物の主な利用事例

コンシューマ機器への組み込み事例



PM-A970 (エプソン)



DO!KARAOKE
(松下電器産業)

945SH
(シャープ)



IPSiO GX e3300 (リコー)



GT-541 (ブラザー工業)



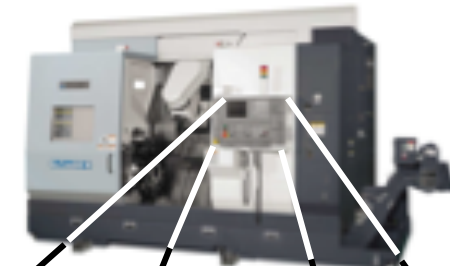
UA-101 (Roland)

産業機器等への組み込み事例



キザシ (スズキ)

アーク溶接機
DP-350
(ダイヘン)



NC装置 OSP-P200
(オークマ)



H-IIIB (JAXA)
<開発中>



ASTRO-H (JAXA)
<開発中>



マイクロプレート
分析装置 AP-X
(協和メデックス)

重点的に取り組んでいるテーマ

次世代のリアルタイムカーネル技術

！ 高信頼性・安全性・リアルタイム性を追求

- ▶ TOPPERS新世代カーネル(ITRON仕様からの発展)
- ▶ 次世代車載システム向けRTOS(AUTOSAR仕様をベース)

ソフトウェア部品化技術

- ▶ TECS(TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

組込みシステム向けプラットフォームと開発支援ツール

- ▶ 各種のミドルウェアや仮想化技術
- ▶ 開発支援ツール(シミュレータ, 可視化ツール)
- ▶ 宇宙機向けソフトウェアプラットフォーム

技術者育成のための教材開発

- ▶ プラットフォーム技術者の育成
- ▶ ETロボコン向けプラットフォームと教材の提供

TOPPERS新世代カーネルの必要性

μITRON4.0仕様が公表されてから、すでに10年が経過
組込みシステムにおける要求の変化

- ▶ システム/ソフトウェアの一層の大規模化・複雑化
- ▶ これまで以上に高い信頼性・安全性
- ▶ 小さい消費エネルギーで高い性能

μITRON4.0仕様以降の各方面の技術開発成果

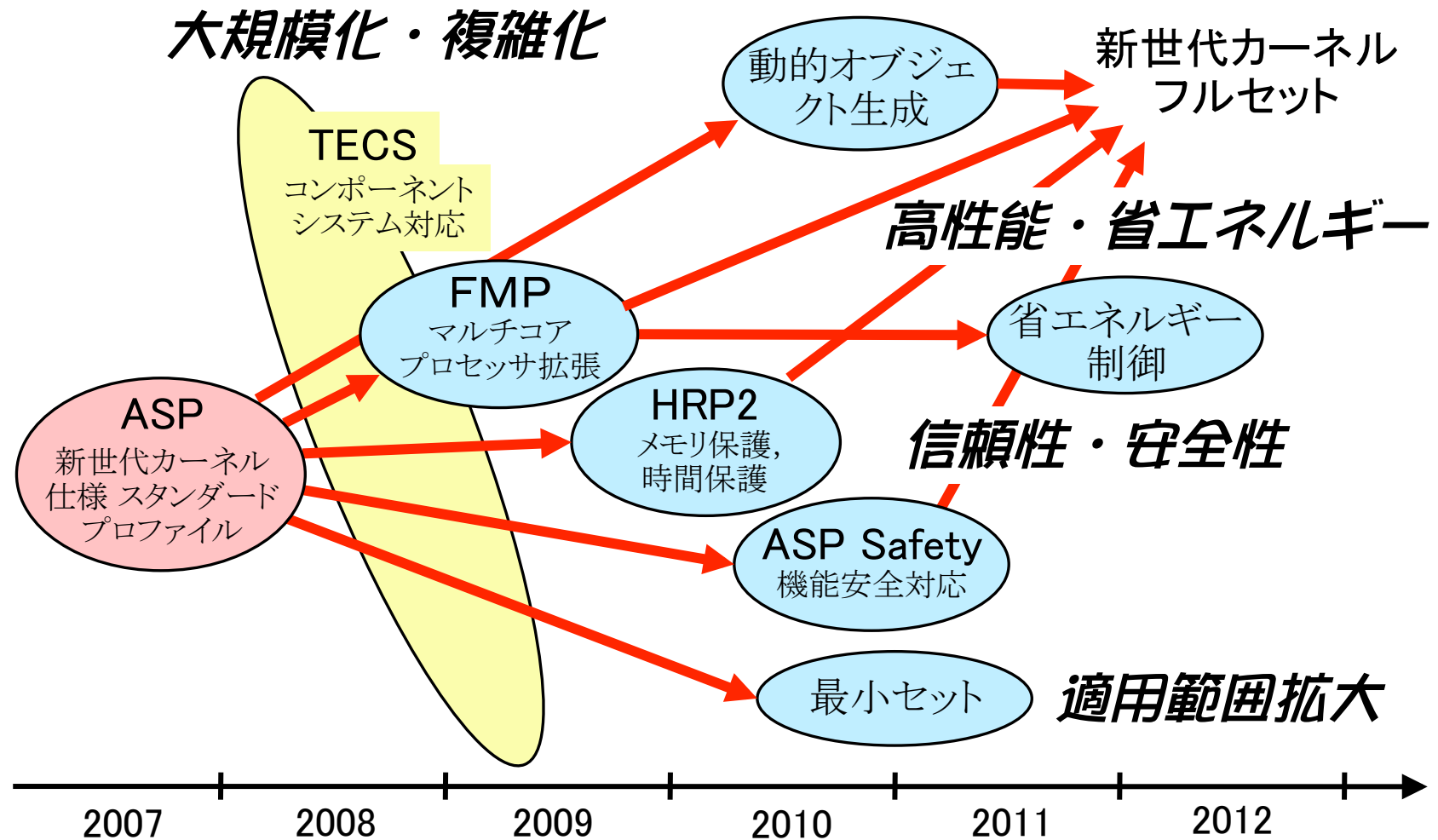
- ▶ マルチコアプロセッサ対応
- ▶ 保護機能(メモリ保護, 時間保護)
- ▶ 機能安全対応, 省エネルギー制御
- ▶ コンポーネントシステム対応

μITRON4.0仕様で完成度が低かった箇所の改良

- ▶ システムコンフィギュレーション手順など

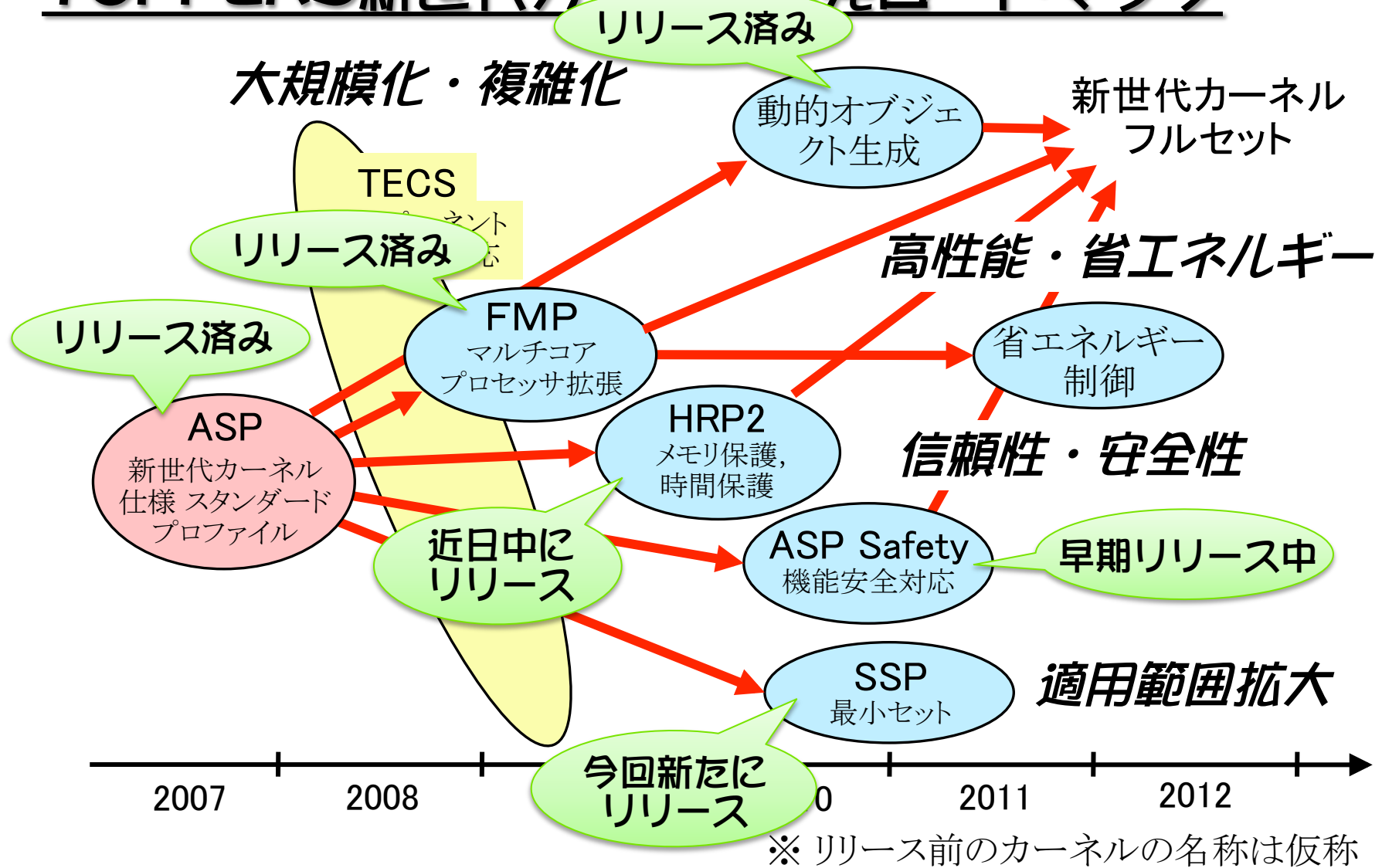
→これらの要求にこたえる新しいカーネル仕様が必要

TOPPERS新世代カーネル開発ロードマップ



※ リリース前のカーネルの名称は仮称

TOPPERS新世代カーネル開発ロードマップ



スペースソフトウェアプラットフォーム 連携研究開発拠点の設置

発表の骨子

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES), 宇宙研究開発機構 (JAXA), TOPPERSプロジェクトの共同発表
- ▶ NCESとJAXAは, スペースワイヤOSの研究開発と普及発展を促進するための覚書を締結
- ▶ NCESは, この覚書に基づき, NCES内に「スペースソフトウェアプラットフォーム連携研究開発拠点」を設置

スペースワイヤとその活用状況

スペースワイヤとは？

- ▶ 宇宙機内で、搭載コンポーネント間のデータ通信を行うための通信インタフェースおよび通信プロトコル仕様
- ▶ EAS/NASA/JAXA/ロシア宇宙機関を中心とした標準化委員会によって、仕様が策定・アップデート
- ▶ 国内においては、JAXA 宇宙科学研究所 (ISAS) が中心になって研究開発

スペースワイヤの活用状況

- ▶ 国内外の科学衛星への採用が始まっている
- ▶ 小型実証衛星1号機 (SDS-1, JAXAが2009年に打ち上げ) で、スペースワイヤの実証実験を実施
- ▶ X線天文台衛星ASTRO-H (JAXAが開発中) では、衛星全体の通信インフラとしてスペースワイヤを全面採用

スペースワイヤの課題

！スペースワイヤを，人工衛星だけでなく，他の宇宙機や産業分野へも普及させたい

リアルタイム性保証の仕組み

- ▶ リアルタイム性を保証するための仕組みが提案されているが，想定用途が狭く，仕様の柔軟性が低い
- ▶ スペースワイヤをより広い分野で活用するためには，リアルタイム性を保証するためのより柔軟な仕組みが不可欠

スペースワイヤをサポートするプラットフォーム

- ▶ スペースワイヤをサポートするハードウェアの開発が進む
 - ▶ SpaceCube2 (NEC/NTSpace)
 - ▶ SpaceCard (MHI)
- ▶ スペースワイヤをサポートするオープンなソフトウェアプラットフォームが望まれている

NCESとJAXAの共同研究

！ スペースワイヤ普及発展の課題を協力して解決
リアルタイム性保証の仕組み

- ▶ リアルタイム性を保証するためのより柔軟な仕組みを検討
国際標準化委員会へも提案していく

スペースワイヤをサポートするプラットフォーム

- ▶ スペースワイヤをサポートするソフトウェアプラットフォーム
(スペースワイヤOS)を開発
- ▶ カーネルには, TOPPERS/HRP2を利用
 - ▶ TOPPERS新世代カーネルの1つ
 - ▶ 打ち上げ予定のH-IIBロケットへの搭載が決まっている
TOPPERS/HRPカーネルの拡張・改良バージョン
- ▶ スペースワイヤ上での通信機能を実現するミドルウェア(提案したリアルタイム性保証技術を支援)を開発

研究開発の計画

- ▶ 2011年度
 - ▶ リアルタイム性保証手法の検討
 - ▶ それを支援するミドルウェアの仕様検討
 - ▶ HRP2カーネルのポーティング
- ▶ 2012年度
 - ▶ ミドルウェアの開発
 - ▶ 検証スイートの開発

ターゲットハードウェア

- ▶ SpaceCard (MHI)
 - ▶ JAXAとMHIが共同開発した耐放射線システムLSI (SOI-SoC) を搭載
 - ▶ 宇宙機への実装が可能なハードウェア

参考) TOPPERS/HRPカーネル, HRP2カーネル

TOPPERS/HRPカーネル

- ▶ 宇宙機などの高信頼システム向けのリアルタイムOS
- ▶ μ ITRON4.0/PX仕様をベースに仕様策定
- ▶ 名古屋大学(ソフトウェア開発を担当)とJAXA(検証を担当)の共同研究により開発
- ▶ 2007年にオープンソースソフトウェアとして配布開始

TOPPERS/HRP2カーネル

- ▶ HRPカーネルを拡張・改良したリアルタイムOS
- ▶ TOPPERS新世代カーネル仕様に準拠
- ▶ HRPカーネルに対して、コンフィギュレータがメモリ配置を自動決定する機能を追加
- ▶ 名古屋大学により開発中
- ▶ 近日中にオープンソースソフトウェアとして配布開始予定

スペースワイヤOSの普及発展体制

普及発展体制の必要性

- ▶ (一般論として)ソフトウェアを普及発展させるためには、それを保守していくための体制が不可欠

NCESとJAXAの協力による体制構築

- ▶ NCES-JAXA共同研究の終了後も、スペースワイヤOSを継続的に保守し、発展させていくための拠点を、NCESとJAXAの協力により構築
- ▶ そのための拠点として、NCES内に「スペースソフトウェアプラットフォーム連携研究開発拠点」を設置
- ▶ 保守・発展に必要な費用は、受益者(ユーザ)負担とする方針

TOPPERS/SSPカーネルの 一般公開について

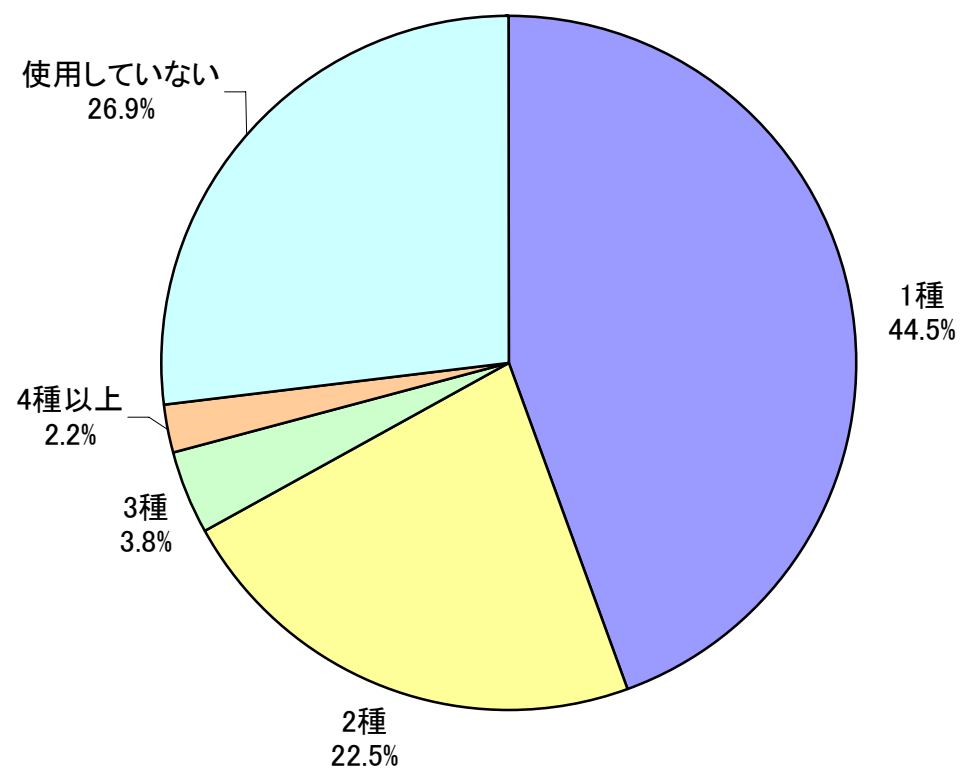
TOPPERS/SSPカーネル開発の背景と体制

開発の背景

- ▶ 組込みシステム開発にリアルタイムOSを使用することは一般的ではあるが、小規模な組込みシステムを中心に、リアルタイムOSを用いていない組込みシステム多い
- ▶ 2010年版組込みソフトウェア産業実態調査(経済産業省)によると、26.9%の組込みシステムがリアルタイムOSを用いていないという結果
- ▶ 小規模な組込みシステムに使用できるコンパクトなリアルタイムOSが望まれる
 - ▶ 一般的なリアルタイムOSへの導入としても有益

開発体制

- ▶ TOPPERS 2010年度公募型事業の採択テーマ
- ▶ 名古屋市工業研究所と杉本明加氏(個人会員)が開発



TOPPERS/SSPカーネルの概要

TOPPERS/SSPカーネルの仕様

- ▶ TOPPERS新世代カーネル仕様をベース
 - ▶ TOPPERS/ASPカーネルの下位互換
- ▶ μ ITRON4.0 仕様の「仕様準拠の最低機能」に適合するように機能を絞り込む
 - ▶ タスクの状態は、実行状態、実行可能状態、休止状態の3つのみ(つまり、待ち状態を持たない)
 - ▶ 優先度毎のタスク数を1つに制限

TOPPERS/SSPカーネルの実装

- ▶ 標準構成のサイズ(カーネルのみ, Cortex-M3, gcc)
 - ▶ ROM: 約3Kバイト
 - ▶ RAM: 24バイト
- ▶ 現時点では, Cortex-M3, M32C, M16Cをサポート

TOPPERSプロジェクトの活動状況

重点的に取り組んでいるテーマ（再掲）

次世代のリアルタイムカーネル技術

！ 高信頼性・安全性・リアルタイム性を追求

- ▶ TOPPERS新世代カーネル(ITRON仕様からの発展)
- ▶ 次世代車載システム向けRTOS(AUTOSAR仕様をベース)

ソフトウェア部品化技術

- ▶ TECS(TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

組込みシステム向けプラットフォームと開発支援ツール

- ▶ 各種のミドルウェアや仮想化技術
- ▶ 開発支援ツール(シミュレータ, 可視化ツール)
- ▶ 宇宙機向けソフトウェアプラットフォーム

技術者育成のための教材開発

- ▶ プラットフォーム技術者の育成
- ▶ ETロボコン向けプラットフォームと教材の提供

次世代車載システム向けRTOSに関するコンソーシアム

プロジェクトの位置付け

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES)が設定した研究開発テーマに、複数の企業の参加を得て研究・開発を進めるコンソーシアム型共同研究
- ▶ 2011年11月時点で、11の企業が参加(さらに参加を検討している企業がある)

参加企業(2011年11月時点, 五十音順)

- | | |
|-------------|--------------------------|
| ▶ (株) ヴィッツ | ▶ 日本電気通信システム(株) |
| ▶ (株) OTSL | ▶ パナソニック アドバンステクノロロジー(株) |
| ▶ (株) サニー技研 | ▶ 富士ソフト(株) |
| ▶ (株) デンソー | ▶ 富士通VLSI(株) |
| ▶ (株) 東芝 | ▶ ルネサス エレクトロニクス(株) |
| ▶ トヨタ自動車(株) | |

研究開発体制

- ▶ 参加企業から、計12名の技術者がNCESに常駐(内2名はハーフタイムでの従事)
- ▶ 名古屋大学の教員・研究員6名が参加(内1名がフルタイムで従事)

研究開発の内容

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとした次世代の車載組込みシステム向けのRTOS仕様の策定
- ▶ 策定した仕様に基づいたRTOSの実装と評価
- ▶ 検証スイートの開発

研究開発成果の取扱い

- ▶ 開発したRTOS(検証スイートを除く)は、開発終了後、TOPPERSプロジェクトより、TOPPERS/ATK2の名称でオープンソースソフトウェアとして一般公開

プロジェクトの期間

- ▶ まずは, 2011年4月～2012年3月
- ▶ 3年間程度, 継続実施する計画

2011年度の取り組み領域

- ▶ RTOS仕様の策定
 - ▶ AUTOSAR OS仕様の問題点や曖昧な点を修正
- ▶ RTOSの実装と評価
 - ▶ AUTOSAR OS仕様のSC1(基本セット)のすべてとSC3(メモリ保護)の一部の実装
 - ▶ トレーサビリティの取れた設計ドキュメント
 - ▶ 通信ミドルウェアを搭載して, 機能と性能を評価
- ▶ 検証スイートの開発
 - ▶ 実装したRTOSのテストスイート
 - ▶ コードカバレッジ(MC/DC) 100%を目指す

TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

TECSとは?

- ▶ 各種のソフトウェアモジュールを部品化し、必要な部品を組み合わせることによって大規模な組込みソフトウェアを効率的に構築するための技術

TECS(コンポーネント技術)を用いる利点

- ▶ 大規模な組込みソフトウェアの見える化
- ▶ ソフトウェア部品の流通性・再利用性の向上
- ▶ 分散フレームワークによる分散システムの開発効率化

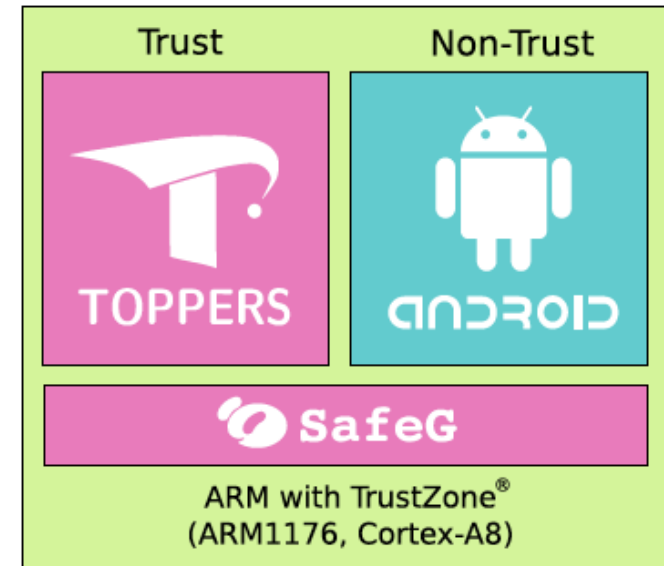
TECSの特徴とアプローチ

- ▶ コンポーネント間の結合を静的にし、最適化を可能に
- ▶ すべてのソフトウェアをコンポーネントとして扱える
- ▶ 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(現時点では未完成)

SafeG

SafeGの概要

- ▶ 1つのマイクロプロセッサ上で、汎用OS (LinuxとAndroid)とRTOS (ASPカーネル)を安全に共存して動作させるデュアルOSモニタ
- ▶ ARM TrustZone技術を用い、RTOSをTrust状態、汎用OSをNon-Trust状態で実行
- ▶ 汎用OSにセキュリティホールがあり、特権モードで不正なプログラムが動作しても、RTOS側を保護できる

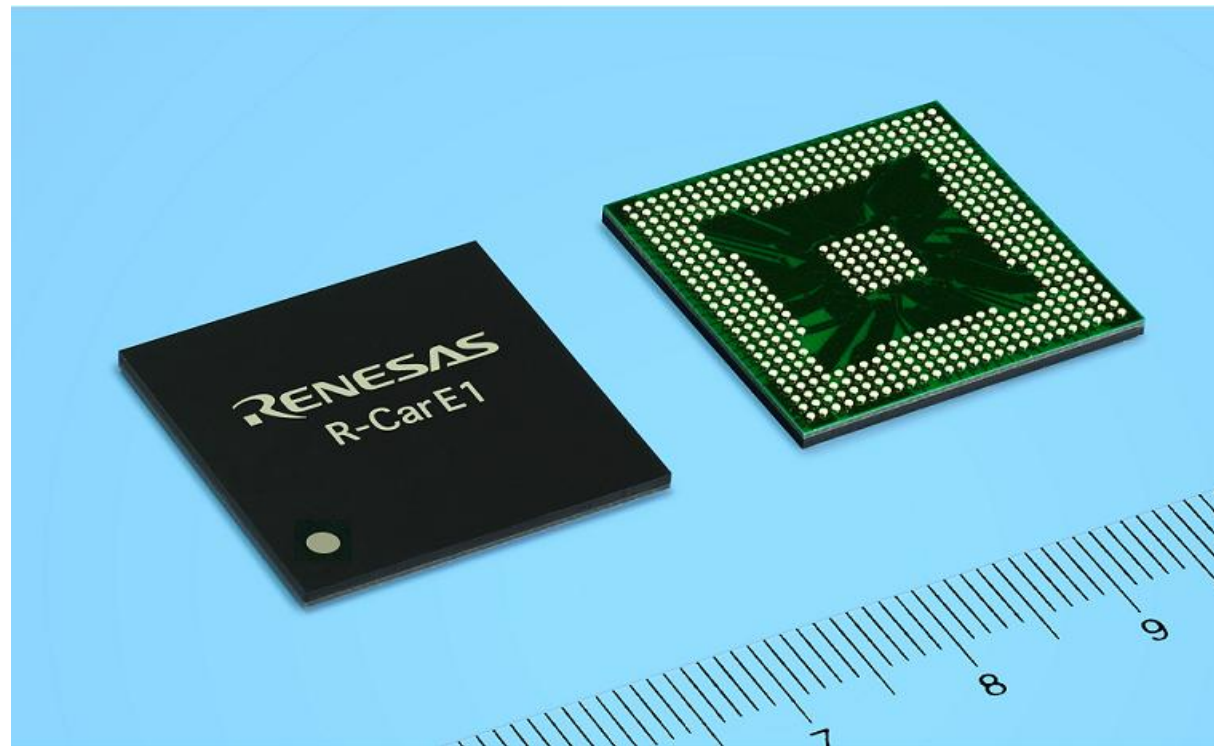


リリース・開発計画

- ▶ 2011年6月に、オープンソースとして配布開始
- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター&高田研究室で各種の拡張開発が進行中

ルネサス エレクトロニクス社との取り組み

- ▶ 名古屋大学 高田研究室とルネサス エレクトロニクス社と共同で, SafeGの実装実験を実施中
- ▶ 車載情報端末向け統合SoC「R-Car」シリーズの「R-Car E1」(ARM Cortex-A9 533MHzシングルコア)を使用



組込みシステムの今後の変化

制御と情報処理の統合（統合システム）

- ▶ 情報通信技術と組込みシステム技術を活用したスマート社会を構築することが世界的な流れ
 - ▶ スマートグリッド, エネルギーITS, スマート...
- ▶ 組込みシステムと情報システムを結合した大規模なシステム (System of Systems) の構築が重要に

ネットワークによる機能再配置 ← クラウドコンピューティング

- ▶ それぞれのサービスの複雑化はさらに進むと思われる
- ▶ すべての機器がネットワーク接続されれば, すべての機器が汎用・多機能である必要はない
 - ! パラダイムチェンジの時期の見極めが難しい

消費電力あたりの性能の向上

- ▶ 新しいハードウェア技術の導入が必要

次の10年を見据えた活動指針

Smart Futureのための組込みシステム技術

- ▶ 組込みシステム技術を、持続可能なスマート社会の実現 (Smart Future) のための重要な要素技術の1つと位置づけ、その研究開発と普及に取り組む
- ▶ それに向けての研究開発課題
 - ▶ Safety & Security
 - ▶ Ecology (高エネルギー効率)
 - ▶ Connectivity

コンソーシアムによるオープンソースソフトウェア開発

- ▶ 同じ技術に関心を持つプロジェクトメンバによりコンソーシアムを結成し、複数組織の協力によりソフトウェアを開発
- ▶ 開発したソフトウェアは、TOPPERSプロジェクトからオープンソースソフトウェアとして公開