

ET2013 TOPPERSセッション



NPO法人化10周年!

TOPPERSプロジェクトの 概要と最近の活動

2013年11月21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

- ▶ TOPPERSプロジェクトとは？、プロジェクトの狙い
- ▶ 主な開発成果, 主な利用事例

最近の取り組みと最新の成果

- ▶ 重点的に取り組んでいるテーマ
- ▶ TOPPERS新世代カーネル
- ▶ 次世代車載システム向けRTOS
- ▶ TECS, mRubyとの連携, SafeG, スペースワイヤOS
- ▶ ECHONET Liteミドルウェア, Mindstorms EV3向け開発

今後の方向性と計画

- ▶ 組込みシステムの変化, 次の10年を見据えた活動指針
- ▶ 第3世代のリアルタイムカーネル, パーティショニング規格

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

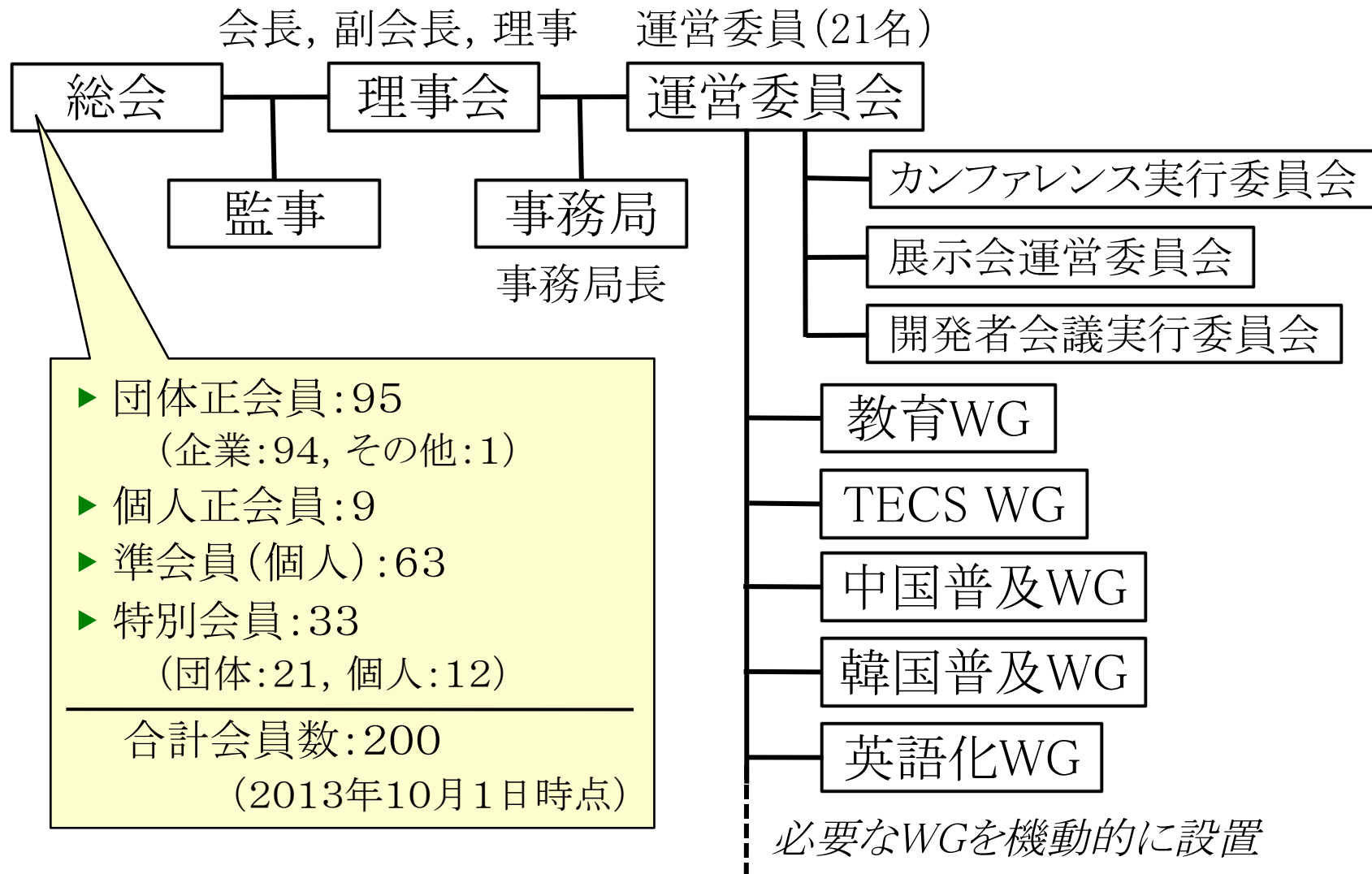
- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

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

- ▶ 高品質な組込みシステムの効率的な開発を支援

組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（第2世代カーネル）

TOPPERS/ASPカーネル

TOPPERS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/HRP2カーネル

- ▶ 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

TOPPERS/SSPカーネル

- ▶ 機能を最小限に絞り込んだリアルタイムカーネル

TOPPERSテストスイートパッケージ(TTSP)

TOPPERS/ATK2 (Automotiveカーネル バージョン2)

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとしたリアルタイムカーネル

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

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

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

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

基礎3実装セミナーの教材

- ▶ RTOSを用いた組み込みプラットフォームの構築手法

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
- ▶ 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)



UA-101 (Roland)



XW-P1 (カシオ)

産業機器等への組み込み事例



キザシ (スズキ)



H-IIIB (JAXA)

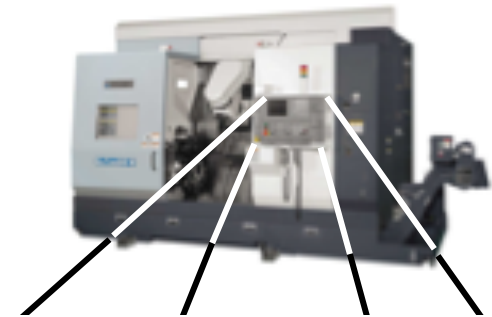


ASTRO-H (JAXA)
<開発中>

アーク溶接機
DP-350
(ダイヘン)



分光測色計 CM-3700A
(コニカミノルタ)



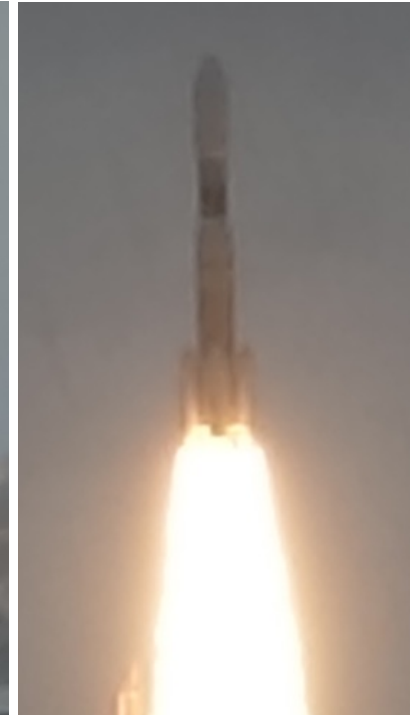
NC装置 OSP-P200
(オークマ)



HDDデュプリケータ
Demi XG3031 (YEC)

TOPPERS宇宙へ飛び立つ！

- ▶ TOPPERS/HRPカーネルが用いられた誘導制御計算機等を搭載したH-IIBロケットが、2012年7月21日に、種子島宇宙センターから打ち上げに成功



撮影: 高田広章

最近の取り組みと最新の成果

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

- ▶ 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

- ▶ 車載制御システム向けプラットフォーム(AUTOSAR仕様)
- ▶ 宇宙機向けソフトウェアプラットフォーム
- ▶ 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)

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年以上が経過
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

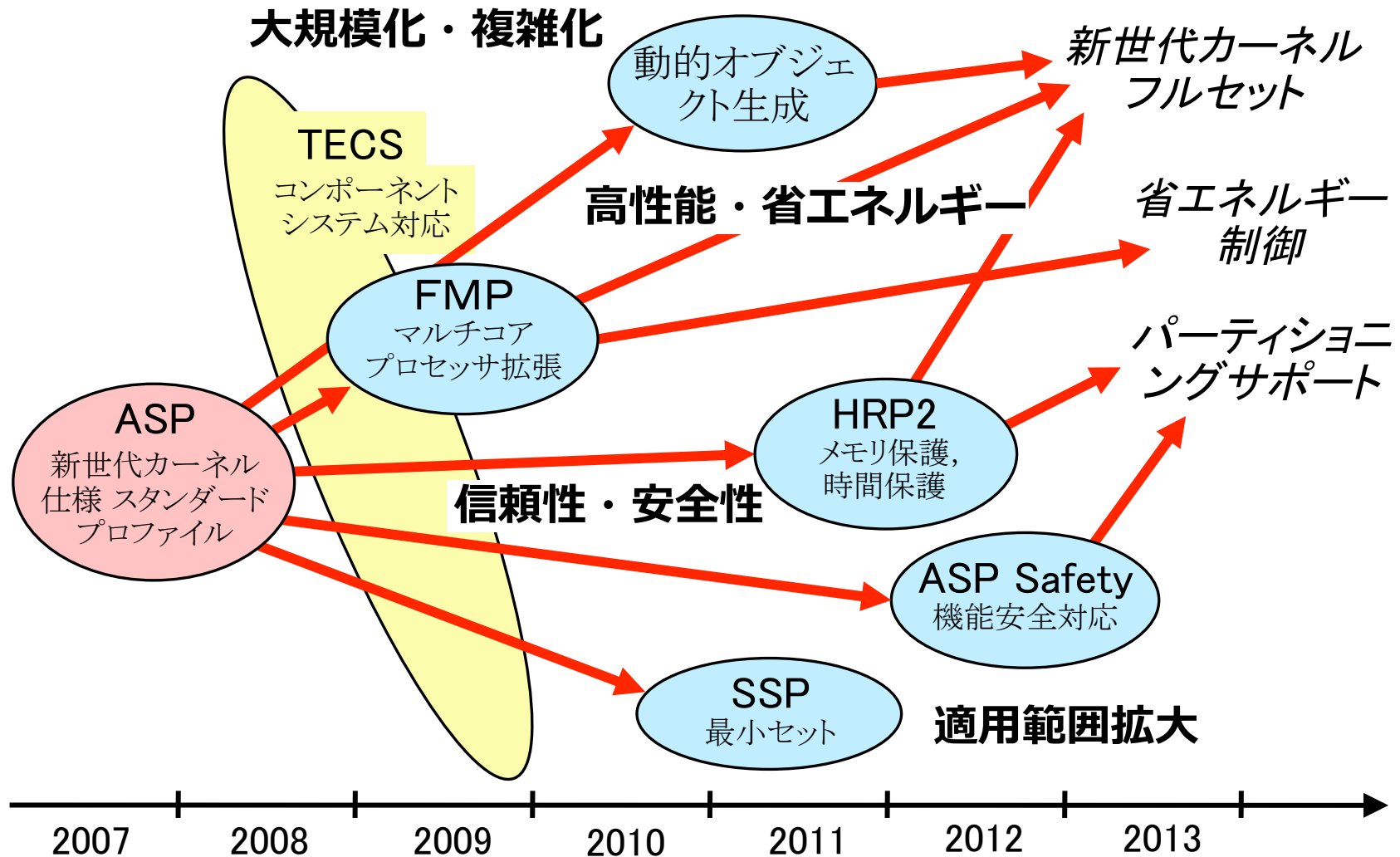
- ▶ マルチコアプロセッサ対応
- ▶ 保護機能(メモリ保護, 時間保護)
- ▶ 機能安全対応, 省エネルギー制御
- ▶ ソフトウェアの部品化への対応

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



次世代車載システム向けRTOS

TOPPERS/ATK2

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとした次世代の車載制御システム向けのリアルタイムカーネル
- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES)を中心に、13社(2013年度は11社)の企業が参加するコンソーシアム型共同研究(ATK2コンソ)において開発
- ▶ 最初のバージョンを2013年1月に、マルチコアプロセッサに対応したバージョンを2013年6月にリリース

TOPPERS/AP-COM, AP-RTE

- ▶ ATK2上で動作する通信スタック(AUTOSAR COMおよびCANIF仕様ベース)とRTEジェネレータ
- ▶ ATK2コンソにおいて開発中
- ▶ 2013年度末にリリース予定

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

最近の取り組みと成果

- ▶ 2013年6月に、軽量Rubyとの連携機能などをリリース
- ▶ TINETのコンポーネント化, HRP2カーネルのサポート機能, TECS GUIツールなどを開発中

軽量Ruby (mRuby) フォーラムとの連携

軽量Rubyとは？

- ▶ Rubyを組み込み開発に適用できるよう軽量化し、2012年4月に公開されたオープンソースソフトウェア

TOPPERSプロジェクトと軽量Rubyフォーラムの協業

- ▶ TOPPERSプロジェクト TECS WGと軽量Rubyフォーラム ライブラリWGで、以下を趣旨とする協業を行うことを合意
 - ▶ 技術を広める活動で相互に協力
 - ▶ 両技術を組み合わせて活用する

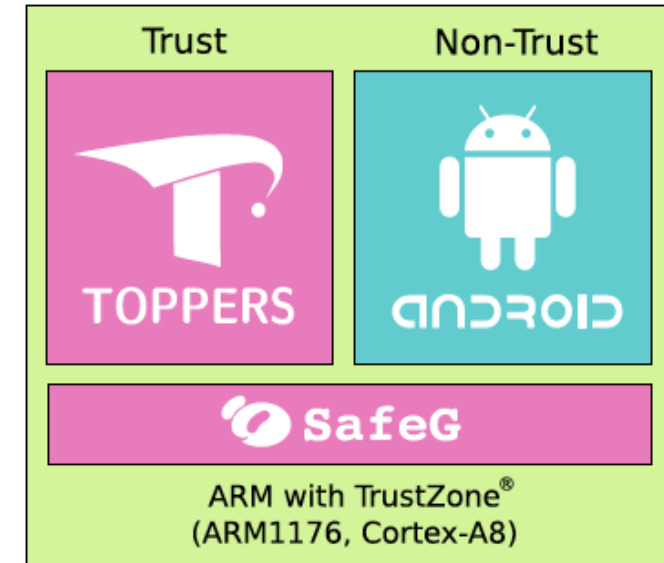
TOPPERSにおけるmRuby関連の開発

- ▶ mRubyをASPカーネル上にポーティングし、mRubyのリアルタイム制御への適用性を評価
- ▶ TECS Mruby Bridge Plugin (mRubyからTECSコンポーネントを呼び出すプログラムを自動生成するプラグイン)
- ▶ mRuby VMのTECSコンポーネント化

SafeG

SafeGの概要

- ▶ 1つのマイクロプロセッサ上で、汎用OS (LinuxやAndroid)とRTOSを安全に共存して動作させるデュアルOSモニタ
- ▶ ARM TrustZone技術を活用
- ▶ 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
- ▶ マルチコアプロセッサにも対応



最近の取り組みと成果

- ▶ 2013年3月に、Release 0.5をリリース
- ▶ FPGA内蔵SoC (Altera SoC FPGA, Xilinx Zynq) へポーティングを実施中 (近日公開予定)

スペースワイヤOS

スペースワイヤ(SpaceWire)とは？

- ▶ 次世代の宇宙機向け通信ネットワーク規格
- ▶ 国内外の科学衛星への採用が始まっている
- ▶ 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OSの構成

- ▶ カーネルにTOPPERS/HRP2カーネルを利用
- ▶ 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

研究開発の計画

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES)とJAXAの共同研究により開発
- ▶ TOPPERSプロジェクトより、オープンソースソフトウェアとして公開予定

ECHONET Liteミドルウェアの開発

ECHONET Lite(エコーネットライト)とは？

- ▶ エコーネットコンソーシアムが策定したスマートハウス向け制御プロトコルおよびセンサーネットプロトコル
- ▶ ISO規格およびIEC規格として国際標準化されている
- ▶ 2011年12月に、経済産業省に日本国内でのHEMS標準プロトコルとして認定された

開発のスキーム

- ▶ 「ソフトウェア開発委託事業」により開発を実施中
 - ▶ TOPPERSプロジェクトで開発テーマをECHONET Lite規格対応通信ミドルウェアに決定し、開発者を公募
 - ▶ 応募者の中から、コアーズ(株)を選定し、開発を委託
- ▶ 開発が完了したら(2013年度末を予定)、オープンソースソフトウェアとして公開予定

Mindstorms EV3向けプラットフォームの開発

LEGO Mindstorms EV3

- ▶ LEGO Mindstormsシリーズ (ETロボコンで採用) の最新版
 - ▶ 2013年9月 発売
- ▶ 標準のOSはLinux
- ▶ 主なハードウェア仕様
 - ▶ プロセッサ: ARM9
 - ▶ メインメモリ: 64MB
 - ▶ ストレージ: フラッシュメモリ (16 MB), SDカード



開発中のプラットフォームの構成

- ▶ HRP2カーネル
- ▶ 各種のデバイスドライバ
- ▶ TECSサポート, mRubyサポート

TOPPERS開発者会議

TOPPERS開発者会議とは？

- ▶ TOPPERSプロジェクトの開発成果物の開発・利用に携わる方が集まり、合宿形式(1泊2日)で集中的に議論・開発する会議. 毎年1回, 秋に開催

第14回 TOPPERS開発者会議2013

- ▶ 2013年10月18日(金)～19日(土)に熱海にて開催
- ▶ 24名が参加(今回から, 非会員でも参加可能に)
- ▶ 招待講演: ECHONET Liteの仕様解説とミドルウェア実装上の課題

TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト

- ▶ TOPPERS開発者会議で審査を実施
- ▶ 今年度は, アプリケーション部門 3作品(銀賞, 銅賞×2), アイデア部門 2作品(銀賞, 銅賞)の受賞作品を選定

公式マスコットを決定！

公式マスコット決定の経緯

- ▶ NPO法人化10周年を記念して公式マスコットを作ることに
- ▶ 運営委員会でモチーフを検討. 小柄ながら空高く自由に舞う機敏な姿にTOPPERSプロジェクトのイメージを重ねて, 「ツバメ」に決定
- ▶ 「ツバメ」をモチーフに公式マスコットのデザインを募集
- ▶ 多数の応募の中から運営委員会において審査し, 松本美菜子さんの作品を公式マスコットに選定



今後の方向性と計画

組み込みシステムの変化

制御と情報処理の統合（統合システム，融合システム）

- ▶ 情報通信技術と組み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，スマートコミュニティ，エネルギーITS，…
- ▶ 組み込みシステムと情報システムを結合した大規模な統合システム（融合システム）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 (2011年度に策定)

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

第3世代のリアルタイムカーネルへ

求められている/求められつつある技術・機能

- ▶ 機能安全からの要求に応えられるパーティショニング機能
- ▶ ティックレスの高分解能タイマと外部時刻同期
- ▶ マルチコアにおける動的ロードバランシング
- ▶ メニーコアプロセッサへの対応

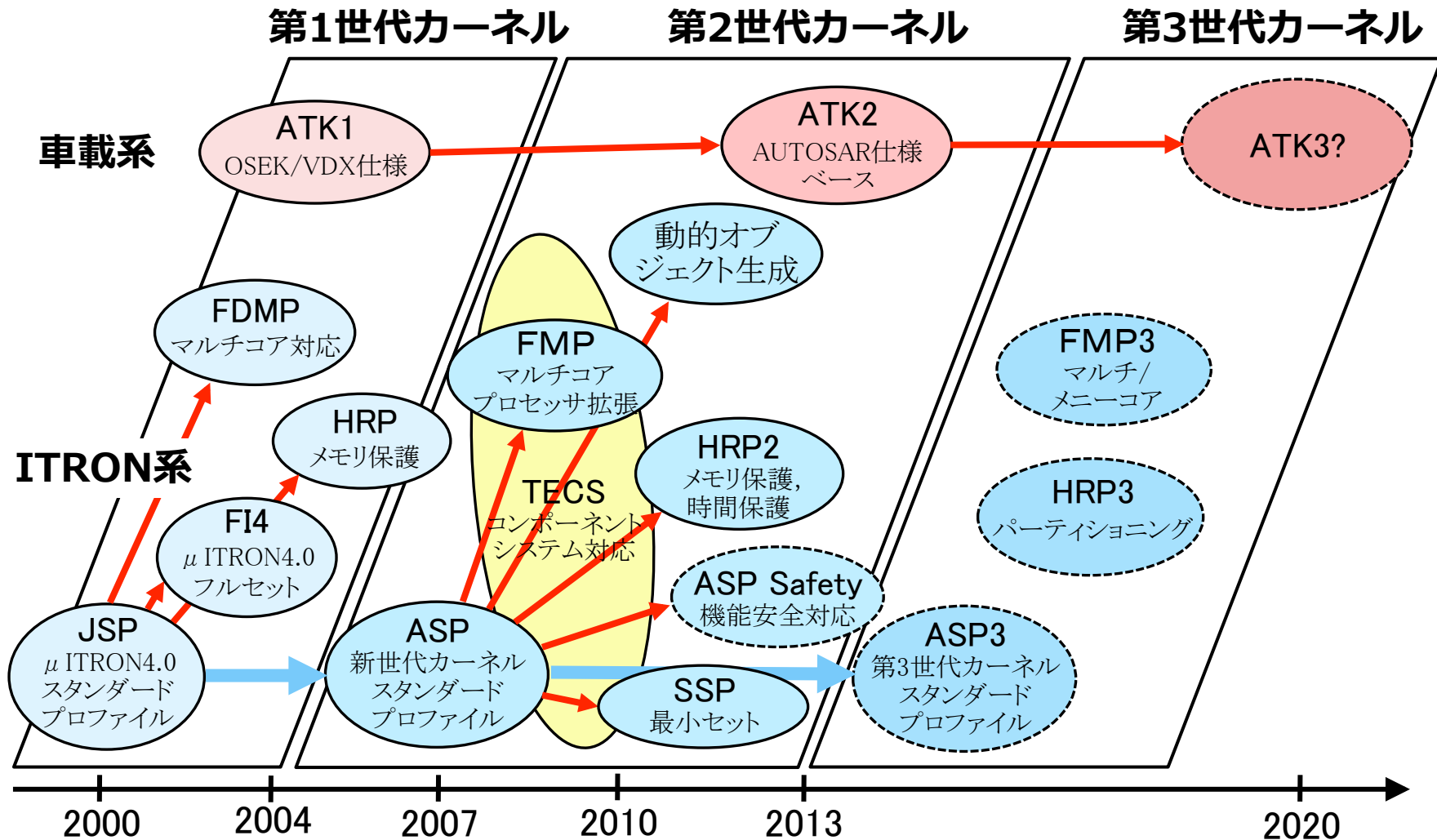
一方、必要性が低いと考えられる機能もある

例) タスク例外処理機能

TOPPERS第3世代カーネルへ

- ▶ 現状のリアルタイムカーネル(第2世代)の次の世代と位置付けた方が、大胆な仕様が導入できる
- ▶ 第3世代においても、2系列(ITRON系, 車載系)のリアルタイムカーネル開発は、引き続き維持していく

TOPPERSカーネル開発ロードマップ



パーティショニング規格の検討

仕様検討の背景

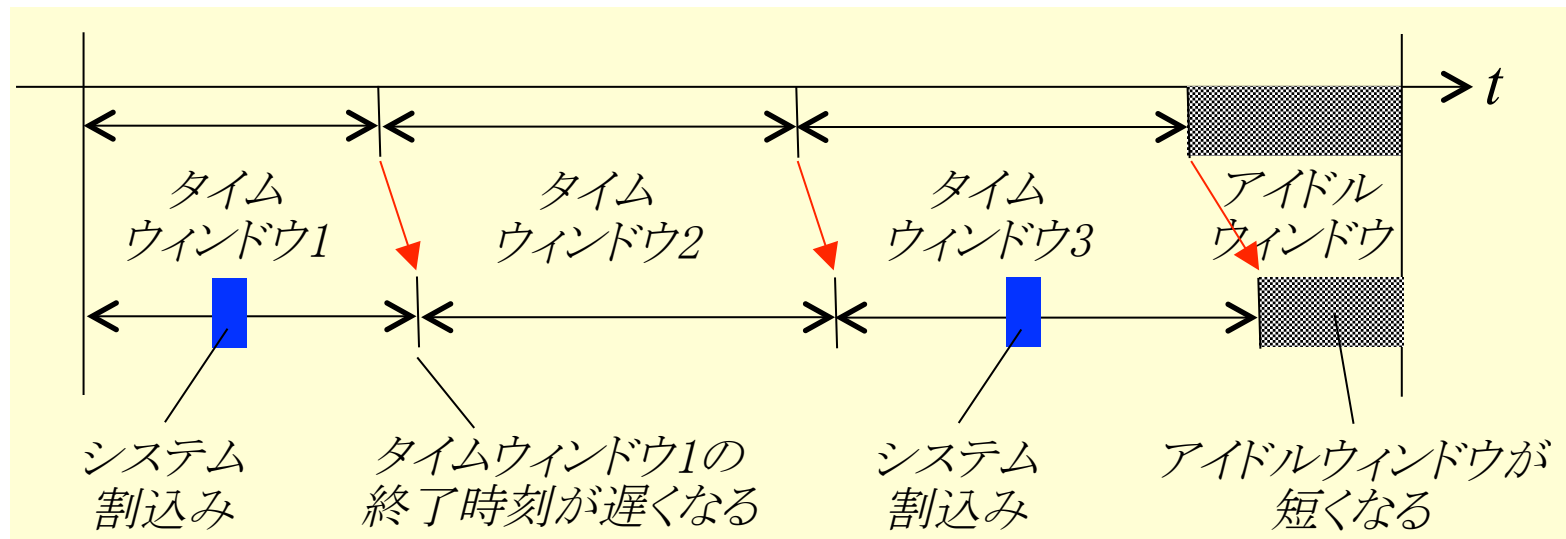
- ▶ 機能安全規格への対応が求められる中で、ソフトウェアの開発/検証コストを最適化するために、パーティショニング機能は不可欠
- ▶ 良いパーティショニング規格がない(AUTOSAR OS仕様は、時間保護に問題が多い)

策定した仕様におけるパーティション間の時間保護

- ▶ 各パーティションは、システム周期内で各パーティションを実行するタイムウィンドウを決める方式(航空機向け規格であるARINC 653で採用)をベースとして、システム割込み(タイムウィンドウによらずに受け付けられる割込み)を許すように拡張した方式でスケジュール
- ▶ パーティション内で複数のタスクを実行する場合には、従来のOSと同じ方式でスケジュール(階層型スケジュール)

システム割込みのタイムウィンドウへの影響

- ▶ あるタイムウィンドウの途中でシステム割込みが処理された場合、そのタイムウィンドウの終了時刻は、システム割込みの処理時間分、遅くなる
- ▶ システム割込みを使用する場合には、システム周期の最後に、システム周期内で要求されるシステム割込みの最大合計処理時間以上のアイドルウィンドウを置く



パーティショニング規格の策定経緯

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES), (株) ヴィッツ, (株) OTSL, TOPPERSプロジェクトの4者合同で検討し, パーティショニング規格を取りまとめ
- ▶ 2013年5月に, TOPPERS会員向けの公開
- ▶ 2013年11月に, 一般公開

パーティショニング規格の活用状況と計画

- ▶ NCES: TOPPERS/ATK2へ, 規格に基づいた機能の導入を検討する
- ▶ (株) ヴィッツ: 規格に基づいたRTOS TOPPERS/PARKおよびOwls Partitioningパッケージを開発した
- ▶ (株) OTSL: 規格に基づいた機能をPikeOSに実装する
- ▶ TOPPERSプロジェクト: 第3世代カーネルの1つとして, 規格に基づいたリアルタイムカーネルを開発する

皆様へのお願い

利用事例の報告に関するお願い

- ▶ 利用事例を紹介することは、さらなる採用の促進やプロジェクトの発展につながる → ユーザにも利益が返ってくるはず
 - (1) 利用事例の把握率を上げたい
 - (2) 利用事例を公開させていただける比率を上げたい
- ▶ *TOPPERSのユーザには、利用報告をお願いしたい*

会員増加への協力のお願い

- ▶ TOPPERSプロジェクトは、活動資金を、広く薄く負担していただくという考え方で運営
- ▶ *TOPPERSのユーザやサポータには、プロジェクトへの入会をお願いしたい*