

# TOPPERS/ATK2の一般公開について &TOPPERSプロジェクトの最新状況

2012年11月14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](mailto:hiro@ertl.jp) URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

## 目次

### TOPPERSプロジェクトの概要

- ▶ プロジェクトの組織と会員, プロジェクトの狙い
- ▶ 主な開発成果, 主な利用事例
- ▶ 重点的取り組みテーマ

### 本日の発表項目

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとした次世代車載システム向けRTOS TOPPERS/ATK2の一般公開について

### TOPPERSプロジェクトの活動状況

- ▶ TOPPERS新世代カーネル, パーティショニング機能仕様
- ▶ TECS, SafeG, スペースワイヤOS

### 今後の活動方針

- ▶ TOPPERSの新しい取り組みテーマ

# 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

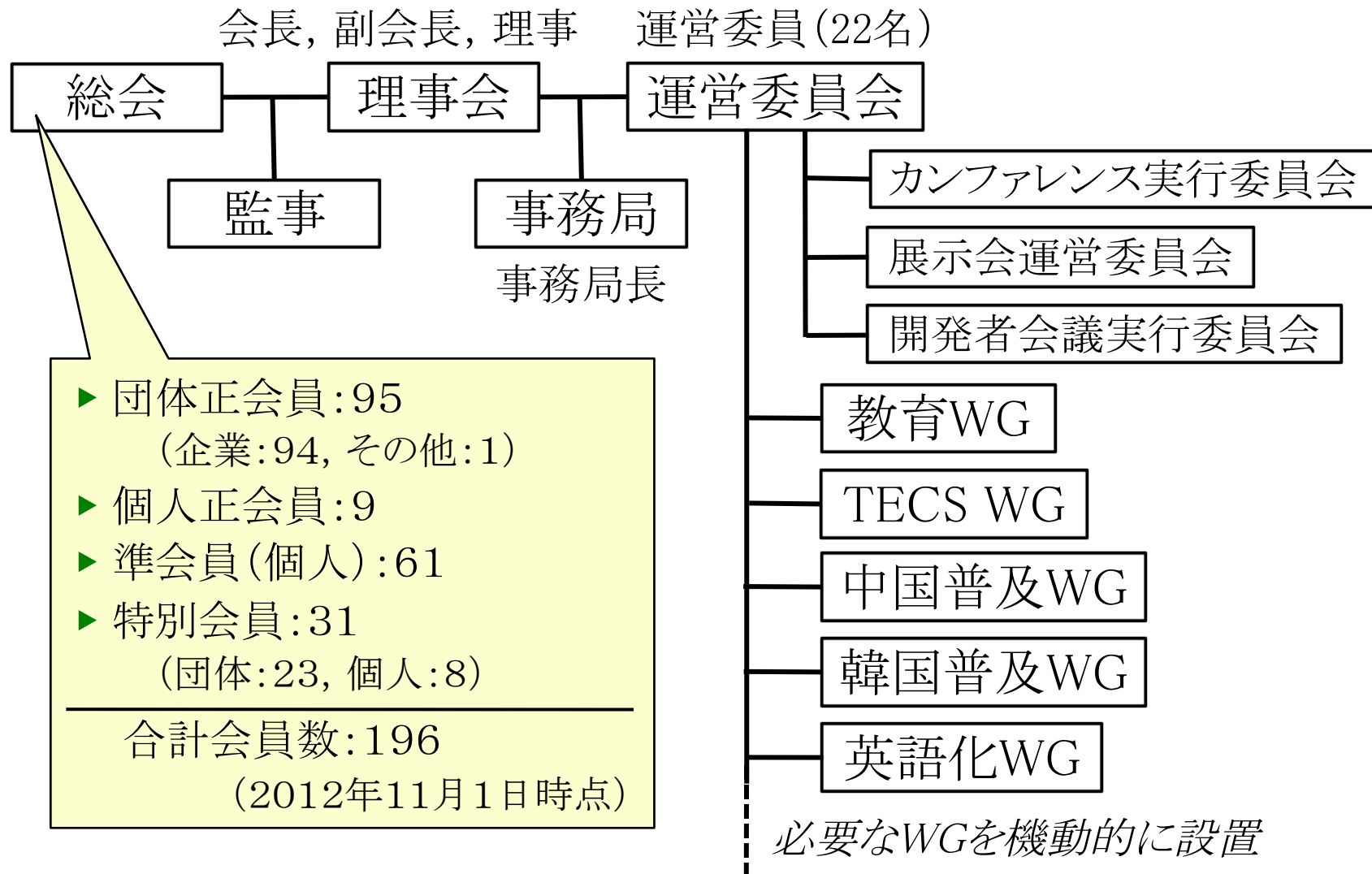
- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組み込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

**組み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

- ▶  $\mu$ 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/FI4カーネル

IPA

- ▶  $\mu$ 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/HRP2カーネル

- ▶ ASPカーネルにメモリ保護機能などを追加

### TOPPERS/SSPカーネル

#### 公募型事業

- ▶ 機能を最小限に絞り込んだリアルタイムカーネル

### TOPPERS新世代カーネル統合仕様書

### TOPPERSテストスイートパッケージ(TTSP)

- ▶ TOPPERS新世代カーネル用のテストスイート

## 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 (TraceLog Visualizer)

- ▶ 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)



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)

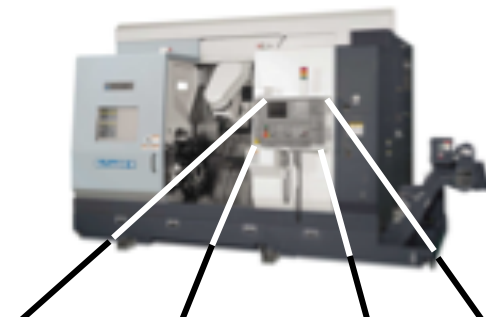


ASTRO-H (JAXA)  
<開発中>

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)



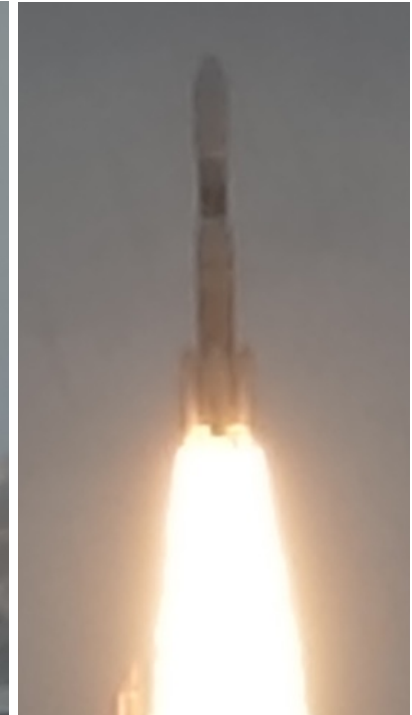
NC装置 OSP-P200  
(オークマ)



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

## 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

**AUTOSAR OS仕様をベースとした  
次世代車載システム向けRTOS  
TOPPERS/ATK2の一般公開について**

## TOPPERS/ATK2とは？

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースに開発した次世代の車載システム向けのリアルタイムOS (RTOS)

### 名称の意味

- ▶ ATK … “AuTomotive Kernel”の略
- ▶ 2 … バージョン番号

### 配布開始予定

- ▶ 2013年1月より, 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配布

### 開発の経緯

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES) が中心となり, 複数の企業と共同で実施している「次世代車載システム向けRTOSの仕様検討及び開発に関するコンソーシアム型共同研究」により開発

## 配布開始するドキュメントとソフトウェア

### 次世代車載システム向けRTOS外部仕様書

- ▶ AUTOSAR OS仕様(リリース4.0.3)をベースに, 同仕様の不都合と考えられる点の修正や, 曖昧な点の明確化などを行ったRTOSの外部仕様書

### ATK2カーネル

- ▶ AUTOSAR OS仕様のSC1(基本機能)のフルセットおよびSC3(メモリ保護拡張)のサブセットに相当する機能を持つRTOSのソースコード
- ▶ RTOS用のコンフィギュレーションツール. AUTOSAR XMLと静的APIの両方に対応
- ▶ 対応プロセッサは, 現時点ではNios II(アルテラ社のFPGA上で動作するソフトコアプロセッサ)のみ
  - ▶ 他のプロセッサへのポーティングが進行中

## 次世代車載システム向けRTOS外部仕様書

### 独自の外部仕様書の必要性と作成方針

- ▶ AUTOSAR OS仕様書は、OSEK/VDX OS仕様書との差分のみを記述してある
- ▶ 開発するRTOSの仕様をAUTOSAR OS仕様との差分で記述すると、差分の差分に（読解困難に）
- ▶ 両仕様を統合したものを、著作権の問題がないように書き直し、さらに独自仕様を追加した仕様書を作成

### 要求タグによるトレーサビリティの確保

- ▶ 要求タグにより仕様がどこから来た仕様かを追跡可能に
  - ▶ COSxxx … OSEK/VDX OS仕様より
  - ▶ OSxxx … AUTOSAR OS仕様より
  - ▶ NOSxxx … NCES独自仕様
  - ▶ IOSxxx … ATK2の実装仕様

## AUTOSAR OS仕様の問題点

### 大きい問題点

- ▶ 信頼関数実行中のタイミング保護違反と強制終了
- ▶ OSアプリケーション再起動時のタイミング保護の扱い
- ▶ 非信頼OSアプリケーションに属するISRの必要性  
⇒ 対応に迷う(実装を後回しにしている)

### 決まっていないこと(大きいもの)

- ▶ メモリ保護のコンフィギュレーション方法
- ▶ スタック領域の確保の方法  
⇒ NCES独自に仕様を策定

### 中程度の／小さい問題点, 不明確／曖昧な仕様

- ▶ 極めて多数(仕様としての完成度が低い)  
⇒ 積極的に修正(NCES独自仕様に)

## 修正した問題の例(1) ... 中程度の問題点

- ▶ 類似のシステムサービスなのに...
  - ▶ `StatusType GetTaskID(TaskRefType TaskID);`  
... OSEK/VDX OS仕様で規定
  - ▶ `ISRType GetISRID(void);`  
... AUTOSAR OS仕様で追加
  - ▶ ここまでなら、対称性がないというだけだが...
- ▶ OS367: 返り値の型が**StatusType**でないシステムサービスでは、エラーフックは呼び出さない
  - ▶ `GetTaskID`ではエラーフックが呼ばれるが、`GetISRID`では呼ばれない
  - ▶ `GetISRID`では、実行状態のISRが存在しないのか、エラーが発生したのか、判別できない
- ▶ そこで、返り値の型が**StatusType**でないシステムサービスでも、エラーフックが呼び出される場合があることを規定

## 修正した問題の例(2) … 中程度の問題点

- ▶ ユーザが用意する信頼関数は、返り値がない(void型)
- ▶ 信頼関数には構造体へのポインタを渡し、エラーを検出した場合は、構造体の中にエラーコードを書き込むことを想定
  - ▶ この仕様では、渡された構造体へのポインタが不正なものであった場合に、エラーコードを返すことができない
- ▶ そこで、信頼関数の返り値をStatusTypeに変更

## 修正した問題の例(3) … 不明確／曖昧な仕様

- ▶ OS542:プロテクションフックはSC2/SC3/SC4のみ使用可能
- ▶ OS245:CPU例外が発生したらプロテクションフックを呼び出す
- ▶ SC1でCPU例外が発生したらどうなるか？
- ▶ そこで、SC1でも、CPU例外が発生した際には、プロテクションフックを呼び出すことを規定

外部仕様書と設計書の要求タグの数

(2012年9月現在)

|                                | 仕様種別 | 件数    |
|--------------------------------|------|-------|
| 外部仕様書<br>(404ページ)              | COS  | 425   |
|                                | OS   | 399   |
|                                | NOS  | 633   |
|                                | IOS  | 165   |
|                                | 合計   | 1,622 |
| ATK2設計書<br>(604ページ)<br>※公開はしない | DOS  | 623   |

- ▶ OSEK/VDX OS仕様およびAUTOSAR OS仕様の要求タグ(COS, OS)と、独自に規定した仕様の要求タグ(NOS, IOS)が、ほぼ同数に

# 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
- ▶ 高度な研究開発人材の育成事業の一環とも位置付け

## 研究開発の内容

- ▶ 次世代の車載組込みシステム向けのRTOS仕様の策定
  - ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとする
- ▶ 策定した仕様に基づいたRTOSの実装と評価
  - ▶ トレーサビリティの取れたRTOSの設計書も作成
- ▶ RTOS上で動作するBSWモジュール(COM等の通信ミドルウェア等)やRTE(Runtime Environment)の開発
- ▶ RTOSやBSWモジュール等の検証スイートの開発

## プロジェクトの期間

- ▶ 2011年4月開始
- ▶ 毎年更新で、3年程度継続実施の計画

## 参加企業(2012年10月時点)

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

## 研究開発体制(2012年10月時点)

- ▶ 参加企業から、計12名の技術者がNCESに常駐
- ▶ 名古屋大学の教員・研究員8名が参加

## 2011年度の開発成果

- ▶ 次世代車載システム向けRTOS外部仕様書
  - ▶ 未規定の仕様の規定, 曖昧な仕様の明確化, 誤記の修正などを実施
  - ▶ ATK2に依存した仕様も記載
- ▶ RTOSの実装と評価
  - ▶ ATK2-SC1 … SC1 (基本機能) のフルセット相当の機能
  - ▶ ATK2-SC3FL2 … SC3 (メモリ保護拡張) のサブセット (機能レベル2) 相当の機能
  - ▶ 設計書 (トレーサビリティの取り方も検討)
  - ▶ 通信ミドルウェアを搭載して, 機能と性能を評価
- ▶ RTOSのテストスイート (AKTSP: Automotive Kernel Test Suite Package)
  - ▶ ATK2-SC1, ATK2-SC3FL2に対応
  - ▶ システムサービス仕様のテストが中心

## 2012年度の開発項目

- ▶ ドキュメント
  - ▶ 外部仕様書, 設計書のリファイン
  - ▶ ユーザズマニュアルやポーティングガイド等の拡充
- ▶ RTOSのマルチコア拡張
  - ▶ ATK2-SC1-MC … ATK2-SC1のマルチコア拡張
  - ▶ ATK2-SC3FL2-MC … ATK2-SC3のマルチコア拡張
- ▶ RTOSのテストスイート
  - ▶ RTOSのマルチコア拡張に対応
- ▶ 通信ミドルウェア
  - ▶ AUTOSAR COM仕様ベース(サブセット化を実施)の通信ミドルウェアの実装
  - ▶ 通信ミドルウェアのテストスイートの開発
  - ▶ RTEを使用したアプリケーションの試作

## 研究開発成果の取扱い

- ▶ 開発したRTOSや通信ミドルウェアは、開発終了のおおよそ1年後に、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一般に無償配布
- ▶ 設計書と検証スイートは、無償配布しない
  - ▶ コンソーシアム参加企業は自由に使用できる
  - ▶ 他の企業には有償でライセンス

## 今後の計画

- ▶ 時間保護機能の実現 (RTOSおよびテストスイート)
  - ▶ AUTOSAR OS仕様のSC2準拠で開発するか、独自に検討中のパーティショニング機能仕様(後述)準拠で開発するかを検討中
- ▶ RTEや他のBSWモジュールの開発
- ▶ 他社のAUTOSAR OSとの互換性の評価

# **AKTSP (Automotive Kernel Test Suite Package)**

## **AKTSPとは？**

- ▶ AUTOSAR OS仕様に準拠したRTOSのテストスイート
  - ▶ ATK2以外のOSにも適用できるように、テストパターンに仕様の要求タグをつけ、それにより実施するテストを選択可能に

## **AKTSPの技術**

- ▶ TOPPERS新世代カーネル向けのTTSP (TOPPERS Test Suite Package) の技術を、AUTOSAR OS仕様に適用し、さらに発展させた
  - ▶ TTSPでは手作業で行っていたテストパターンの組み合わせの生成を、ツール(PictMaster)を使って自動化
  - ▶ 独自ツール(Automotive Kernel Test Generator)により、テストシナリオ(前条件, テスト対象の処理, 後条件の記述)からテストプログラムを生成

AKTSPによるテスト件数

(2012年9月現在)

|                |                   | SC1   | SC3FL2 |
|----------------|-------------------|-------|--------|
| システムサービステスト    |                   | 7,066 | 38,995 |
| 保護違反時処理<br>テスト | CPU例外テスト          | 37    | 91     |
|                | スタックモニタリング<br>テスト | 120   | 435    |
|                | メモリ保護テスト          |       | 27,332 |
|                | タスク強制終了テスト        |       | 1,655  |
| 合計             |                   | 7,223 | 68,508 |

- ▶ メモリ保護機能は、テストすべき組み合わせの数が多く、テスト件数が多くなっている
- ▶ マルチコア拡張では、さらにテスト件数が増える見込み

# **AUTOSARの状況とNCESの取り組み**

## **AUTOSARプラットフォーム利用・開発の状況**

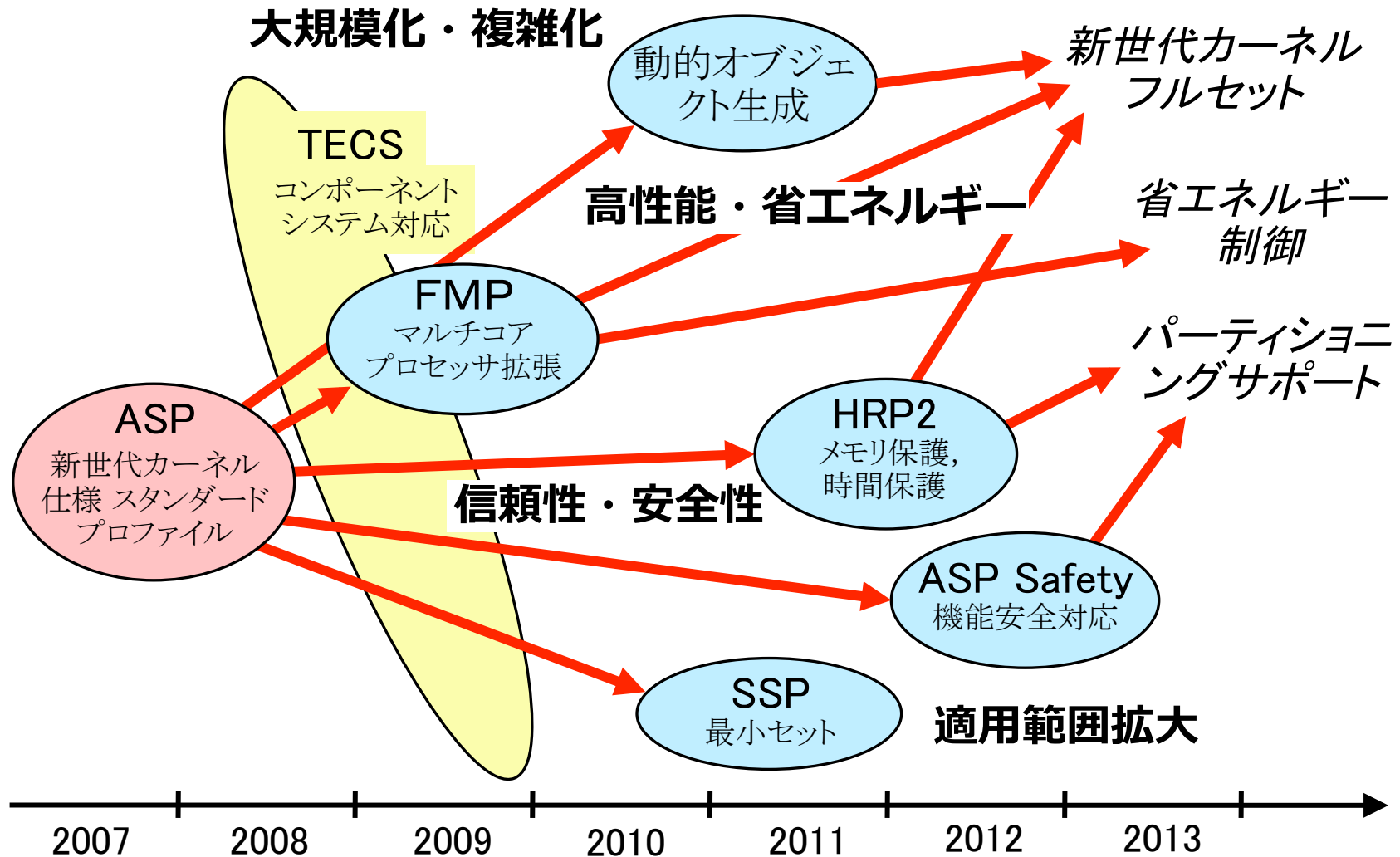
- ▶ 国際的には、高級車メーカを先頭に、AUTOSARプラットフォームの採用が広がりつつある
  - ▶ 国内の自動車メーカは、まだまだこれから
- ▶ AUTOSARプラットフォームは、欧州の2～3社のソフトウェアベンダがほぼ独占的に提供
  - ▶ それらのベンダは100人以上の技術者で開発
  - ▶ 国内で、これだけの規模でOSを開発できる企業は？
- ▶ この状況のままでは、近い将来に、車載制御システム向けのOSは寡占状態になる可能性も

## **NCESにおける取り組みの意義**

- ▶ 日本の最重要産業の1つである自動車分野において、国産のOS／プラットフォームを維持・発展させることが重要
- ▶ OSが開発できる人材の育成の点でも意義がある

# TOPPERSプロジェクトの活動状況と 今後の活動方針

# TOPPERS新世代カーネル開発ロードマップ



## **TOPPERS新世代カーネルの開発状況**

### **TOPPERS/HRP2カーネル**

- ▶ 高信頼システム向けに、各種の保護機能(メモリ保護機能とオブジェクトアクセス保護機能, オーバランハンドラ機能など)を持ったリアルタイムカーネル
- ▶ 2012年5月に最初のバージョンをリリース. 改良が進行中

### **TOPPERS/FMPカーネル**

- ▶ マルチコアプロセッサ対応のリアルタイムカーネル
- ▶ 動的負荷分散機能の研究開発が進行中

### **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
- ▶ 2012年6月に改良版をリリース

### **新しい機能仕様の検討**

- ▶ プロセッサ時間のパーティショニング機能仕様の検討

# パーティショニング機能仕様の検討

## 仕様検討の背景

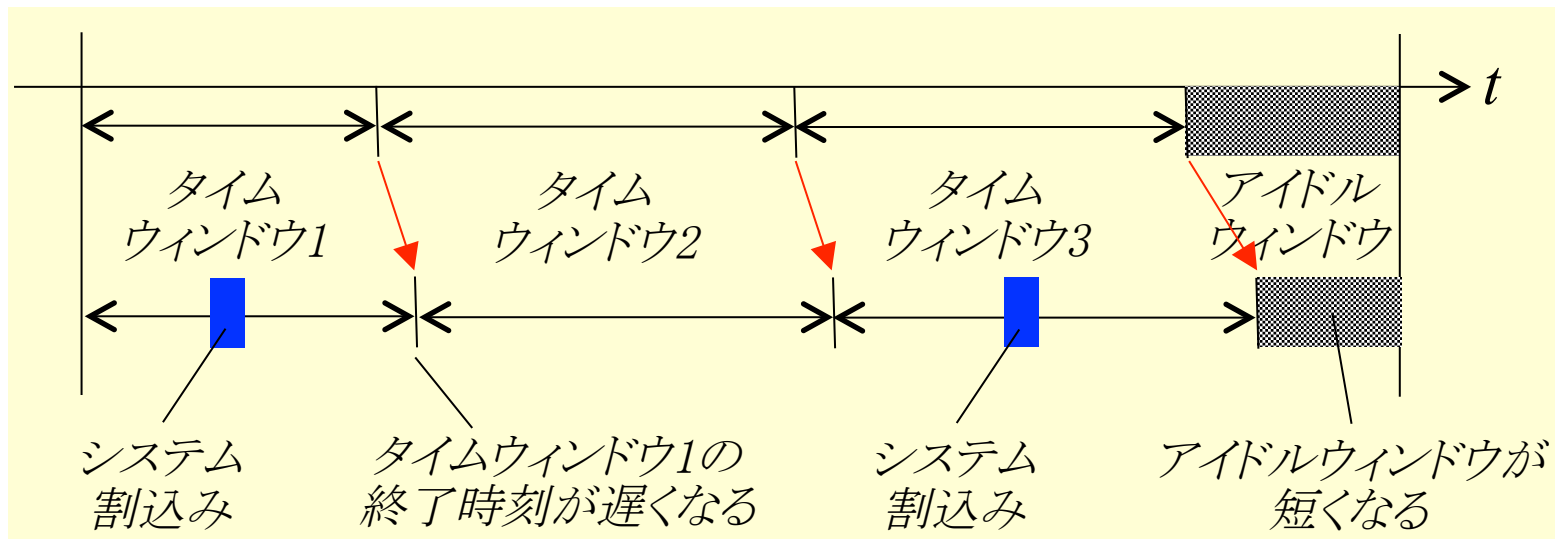
- ▶ 機能安全規格への対応が求められる中で、ソフトウェアの開発/検証コストを最適化するために、パーティショニング機能は不可欠
- ▶ 良いパーティショニング規格がない(AUTOSAR OS仕様は、時間保護に問題が多い)

## 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



# 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

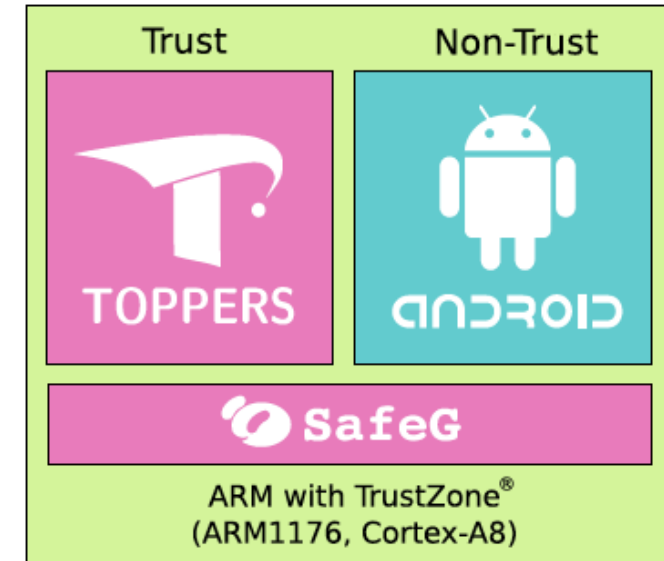
## 最近の取り組みと成果

- ▶ 2012年6月に、RPCをサポートしたバージョンをリリース
- ▶ 軽量Rubyとの連携機能などを開発中

# 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



## 最近の取り組みと成果

- ▶ 2012年7月に以下の機能を持ったバージョンをリリース
  - ▶ マルチコアプロセッサ対応
  - ▶ OS間通信機能
  - ▶ グローバルスケジューリング機能

# 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

- ▶ NCESとJAXAの共同研究により開発中
- ▶ 2011年度:ミドルウェアの仕様検討(特にリアルタイム性保証手法の検討)とカーネルのポーティング
- ▶ 2012年度:ミドルウェアの開発

# 今後の活動方針

## 組み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, エネルギーITS, スマート...
- ▶ 組み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 (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

## TOPPERSの新しい取り組みテーマ

### 情報セキュリティ技術の強化

- ▶ SafeGを要素技術として活用
  - ▶ ファイアウォールとしてのSafeG
  - ▶ 自己診断の機構としてのSafeG(二重の防御機構)

### ビッグデータに向けたデータ処理プラットフォーム

- ▶ 組込みシステム向けデータストリーム管理システム(DSMS)
  - ▶ NCESを中心とするコンソーシアム型共同研究において開発中のDSMS(Cloudia)を、将来はオープンソース化

### Smart Futureに向けたミドルウェア

- ▶ ECHONET Liteミドルウェア(計画中)