

# TOPPERSプロジェクトの最新状況と 本日の発表内容について

2013年5月8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

- ▶ マルチコアに対応した車載システム向けRTOSの一般公開について
- ▶ エレクトロビット社のAUTOSARプラットフォームとATK2の統合に成功

### TOPPERSプロジェクトの最新の活動状況

- ▶ 軽量Ruby (mRuby) フォーラムとの連携
- ▶ ECHONET Lite規格に対応する通信ミドルウェアの開発

# 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

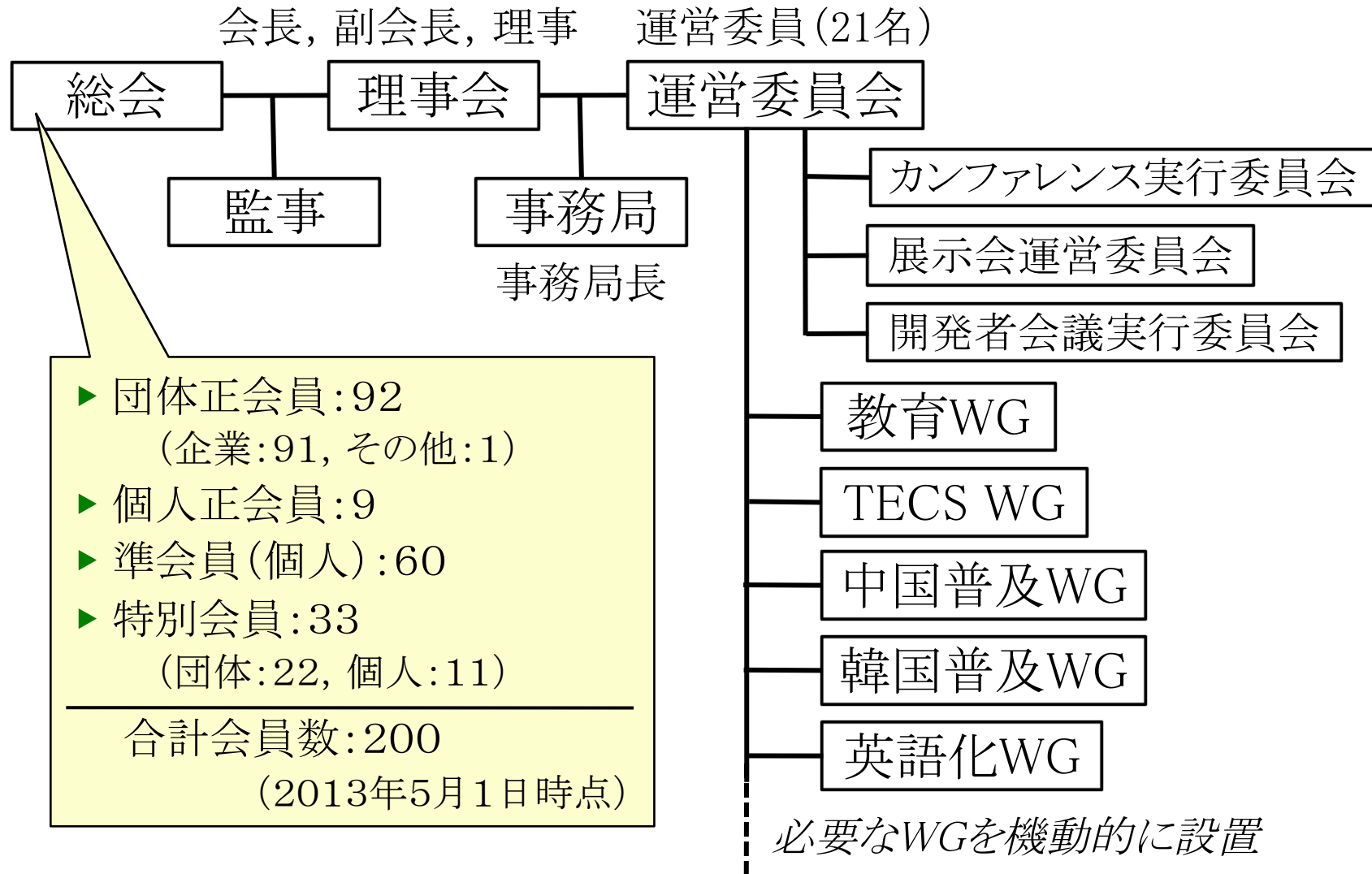
- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組み込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

**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)

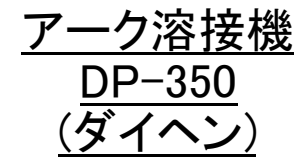
## 産業機器等への組み込み事例



キザシ (スズキ)

H-IIB (JAXA)

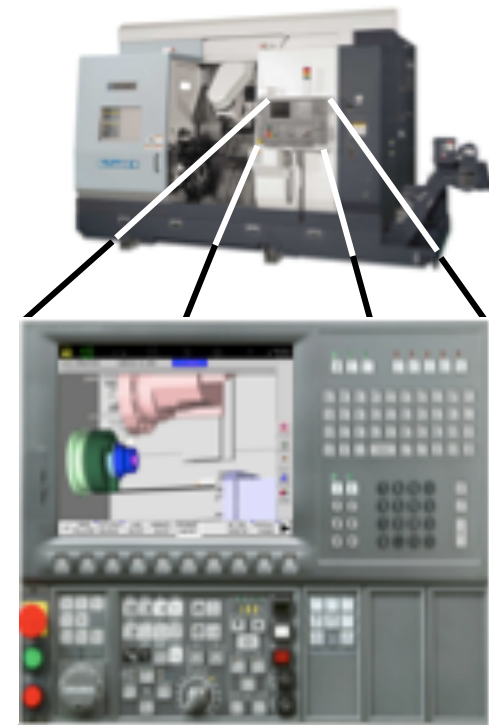
ASTRO-H (JAXA)  
<開発中>



分光測色計 CM-3700A  
(コニカミノルタ)



HDDデュプリケータ  
Demi XG3031 (YEC)



NC装置 OSP-P200  
(オークマ)

# マルチコアに対応した車載システム向け RTOSの一般公開について

## 配布開始するソフトウェアとドキュメント

### TOPPERS/ATK2カーネルのマルチコア対応版

- ▶ 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) のサブセットのマルチコア対応に相当する機能を持つRTOS
- ▶ RTOS用のコンフィギュレーションツール
- ▶ マルチコア対応のプロセッサは、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 (マルチコア対応)

- ▶ 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

## **TOPPERS/ATK2**

### **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)

### **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・利用の現状**

- ▶ 2013年1月より、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版を、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中
- ▶ 複数の自動車部品メーカーが採用を検討中

## 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
  - ▶ ATK2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

### 今回の改訂内容

- ▶ AUTOSAR OS仕様のマルチコア対応仕様（AUTOSARリリース4.0.3からOS仕様書に取り込まれた）を取り込んだ

### 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

外部仕様書と設計書の要求タグの数

(2013年5月現在)

|                   | 仕様種別 | 件数    |
|-------------------|------|-------|
| 外部仕様書<br>(470ページ) | COS  | 427   |
|                   | OS   | 575   |
|                   | OSa  | 150   |
|                   | NOS  | 735   |
|                   | IOS  | 206   |
|                   | 合計   | 2,093 |

- ▶ COS<sub>xxx</sub> … OSEK/VDX OS仕様からきた規定
- ▶ OS<sub>xxx</sub>, OSa<sub>xxx</sub> … AUTOSAR OS仕様からきた規定
  - OSa<sub>xxx</sub> … AUTOSAR OS仕様にはない要求タグ(抜けている)
- ▶ NOS<sub>xxx</sub> … NCES独自の規定
- ▶ IOS<sub>xxx</sub> … ATK2の実装規定

## 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(ATK2コンソ)
- ▶ 2011年度～2013年度の3年計画で実施中

### 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仕様をベースに、問題点を修正
- ▶ 策定した仕様に基づいたRTOSの実装
  - ▶ トレーサビリティの取れたRTOSの設計書も作成
- ▶ RTOS上で動作する通信スタック(COM等)とRTE(Runtime Environment)ジェネレータの開発
- ▶ RTOSと通信スタックの検証スイートの開発

### 研究開発成果の取扱い

- ▶ 開発したRTOS, 通信スタック, RTEジェネレータは, 開発終了後, オープンソースソフトウェアとして一般公開
  - ▶ 開発終了から1年遅らせるのはやめることに
- ▶ 検証スイートと設計書は, コンソーシアム参加企業は自由に使用できる. 参加企業以外には有償でライセンス

### 参加企業

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| ▶ (株) ヴィッツ             | ▶ (株) 豊田自動織機                   |
| ▶ (株) 永和システム<br>マネジメント | ▶ 日本電気通信システム(株) [2012<br>年度まで] |
| ▶ (株) OTSL             | ▶ パナソニック アドバンステクノロジー(株)        |
| ▶ (株) サニー技研            | ▶ 富士通VLSI(株) [2012 年度まで]       |
| ▶ (株) デンソー             | ▶ 富士ソフト(株)                     |
| ▶ (株) 東芝               | ▶ ルネサス エレクトロニクス(株)             |
| ▶ トヨタ自動車(株)            |                                |

## **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
  - ▶ 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
  - ▶ 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

# AKTSPによるテスト件数

(2013年5月現在)

|                |                | SC1        |              | SC3FL2     |              |
|----------------|----------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                |                | シングル<br>コア | マルチコア<br>追加分 | シングル<br>コア | マルチコア<br>追加分 |
| システムサービステスト    |                | 6,841      | 23,303       | 37,717     | 82,862       |
| エラー処理<br>テスト   | 不正終了           | 3,839      |              | 29,093     |              |
| 保護違反時<br>処理テスト | スタックモ<br>ニタリング | 240        |              | 790        |              |
|                | CPU例外          | 62         |              | 148        |              |
|                | メモリ保護          |            |              | 42,648     |              |
|                | タスク強制<br>終了    |            |              | 1,655      |              |
| IOCテスト         |                |            | 3,710        |            | 11,736       |
| 合計             |                | 10,982     | 27,013       | 112,051    | 94,598       |

## **ATK2の今後の開発計画**

### **ATK2コンソの開発目標(2013年度末まで)**

- ▶ 次世代車載システム向けRTOS外部仕様書
- ▶ RTOSの実装(ATK2)
  - ▶ SC1 … SC1(基本機能)のフルセット相当の機能
  - ▶ 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
  - ▶ SC1-MC … SC1のマルチコア対応
  - ▶ SC3FL2-MC … SC3LF2のマルチコア対応
- ▶ RTOSの設計書
  - ▶ 外部仕様書からのトレーサビリティが取れたもの
- ▶ RTOSの検証スイート(AKTSP)
  - ▶ 開発したRTOSの機能範囲に対応
  - ▶ 外部仕様書からのトレーサビリティが取れたもの

## ATK2コンソの開発目標(2013年度末まで) – 続き

- ▶ 通信スタック(COM, CANIF)
  - ▶ AUTOSAR COM仕様, CAN Interface (CANIF) 仕様をサブセット化した通信スタック
- ▶ 通信スタックの検証スイート
  - ▶ AUTOSARのコンフォーマンステストを実行できる環境
- ▶ RTEジェネレータ
  - ▶ 開発したRTOSと通信スタックの範囲に限定したもの
- ▶ デモアプリケーション

## その他の開発計画

- ▶ 各種のプロセッサへのポーティング

## その先の計画

- ▶ 2014年度以降の活動スキームを検討中

# エレクトロビット社の AUTOSARプラットフォームと ATK2の統合に成功

## 成果の概要

### 実施した開発内容

- ▶ TOPPERS/ATK2上で、エレクトロビット社のAUTOSARプラットフォームEB tresos AutoCoreを動作させる開発を行い、基本動作を確認
  - ▶ 言い換えると、EB tresos AutoCore中のOS部分を、ATK2に置き換えた

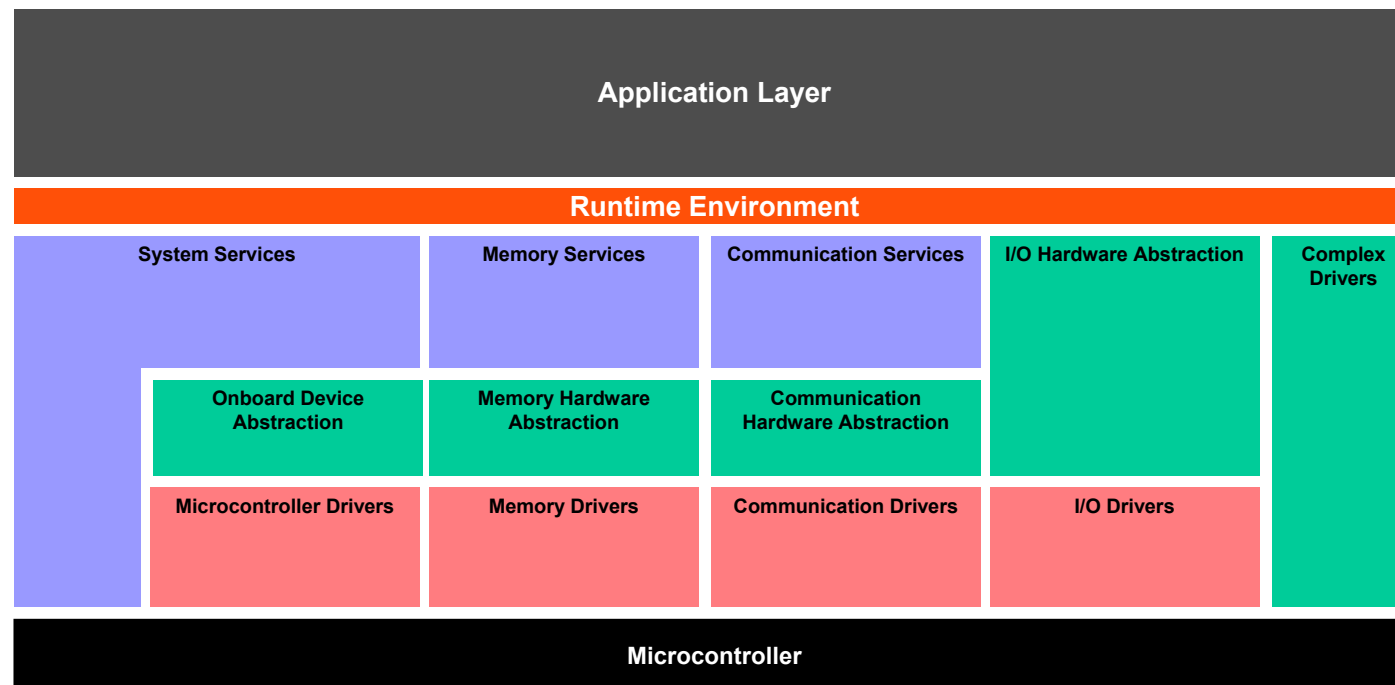
### 実施体制

- ▶ 名古屋大学 大学院情報科学研究科 附属組込みシステム研究センター(NCES)とエレクトロビット日本株式会社(EB Japan)の協力により実施
  - ▶ 統合の実作業は、EB Japanが担当
  - ▶ NCESは、ATK2を使うための技術支援

# AUTOSARプラットフォームの全貌

## BSW (Basic SoftWare) 層の構成

- ▶ 4つの機能グループ(システム, メモリ, 通信, I/O)のサービスが, それぞれ3つの階層(サービス層, ECU抽象化層, マイクロコントローラ抽象化層(MCAL))で構成



AUTOSAR Layered Software Architecture 3.0.0より

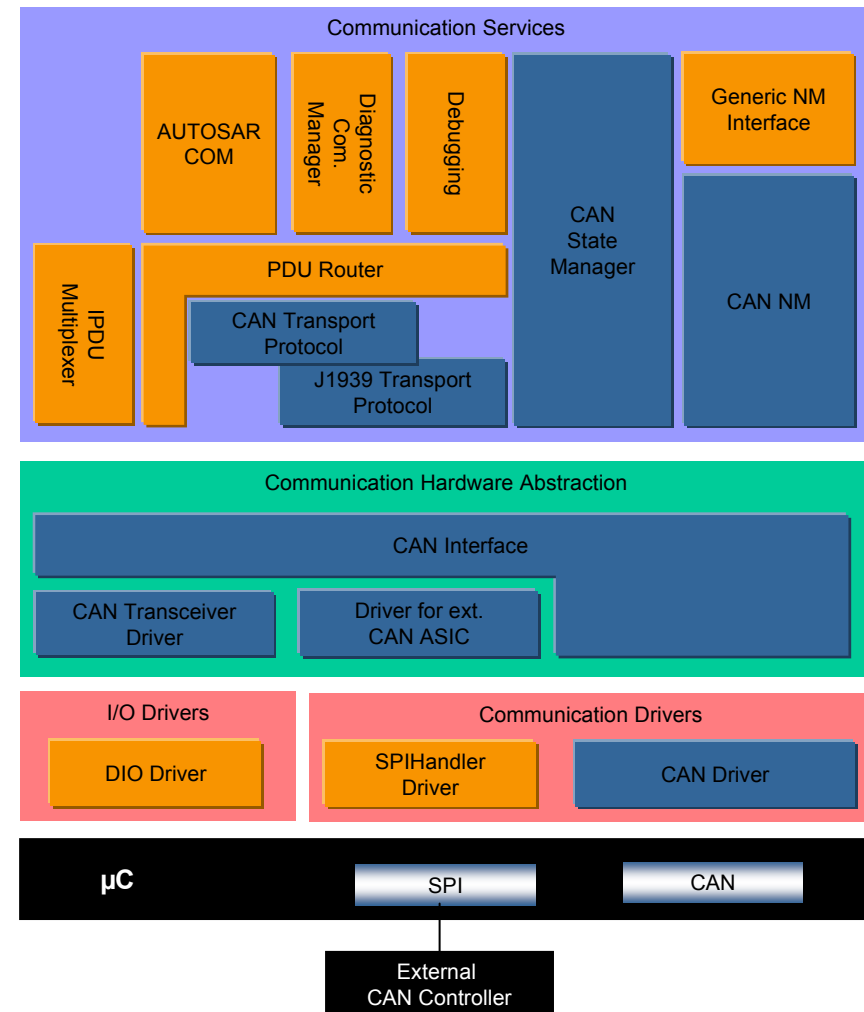
## System Servicesを構成するモジュール

- ▶ AUTOSAR OS (構成図で下まで突き抜けているのがOS)
- ▶ ECU State Manager (EcuM)
- ▶ Basic Software Mode Manager (BswM)
- ▶ Communication Manager (ComM)
- ▶ Watchdog Manager (WdgM)
- ▶ Time Service (TM)
- ▶ Synchronized Time-Base Manager (StbM)
- ▶ Crypto Service Manager (CsM)
- ▶ Diagnostic Log and Trace (Dlt)
- ▶ Development Error Tracer (Det)
- ▶ Function Inhibition Manager (FiM)
- ▶ Diagnostic Event Manager (Dem)

## CANのための通信スタックを構成するモジュール

- ▶ AUTOSAR COM
- ▶ Generic NM Interface
- ▶ CAN NM
- ▶ CAN State Manager
- ▶ PDU Router
- ▶ IPDU Multiplexer
- ▶ CAN Transport Protocol
- ▶ CAN Interface
- ▶ CAN Transceiver Driver
- ▶ CAN Driver

など



AUTOSAR Layered Software Architecture 3.0.0より

# エレクトロビットとTOPPERSプロジェクト

## エレクトロビット

- ▶ 車載組込みソフトウェアソリューションの最有力サプライヤの1つ
- ▶ AUTOSARプラットフォームの全体を製品として提供
  - ▶ EB tresos AutoCore

## TOPPERSプロジェクトとの関係

- ▶ AUTOSAR OS仕様準拠のRTOSを提供. 通信スタック, RTEジェネレータも提供の計画
- 部分的には競争相手の関係

## 双方にメリットのある協力関係を構築

- ▶ RTOSにはATK2を使いたいですが, 他のBSWモジュールも必要とするユーザに, EB trasos AutoCoreと組み合わせて使用するという選択肢を提供

# TOPPERSプロジェクトの 最新の活動状況

## 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

## 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

## 軽量Ruby (mRuby) フォーラムとの連携

### 軽量Ruby

- ▶ 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
- ▶ 高生産性・高可読性などのRubyの良さはそのままに、既存のC/C++アプリケーションとの共存が可能

### 軽量Rubyフォーラム (<http://forum.mruby.org/>)

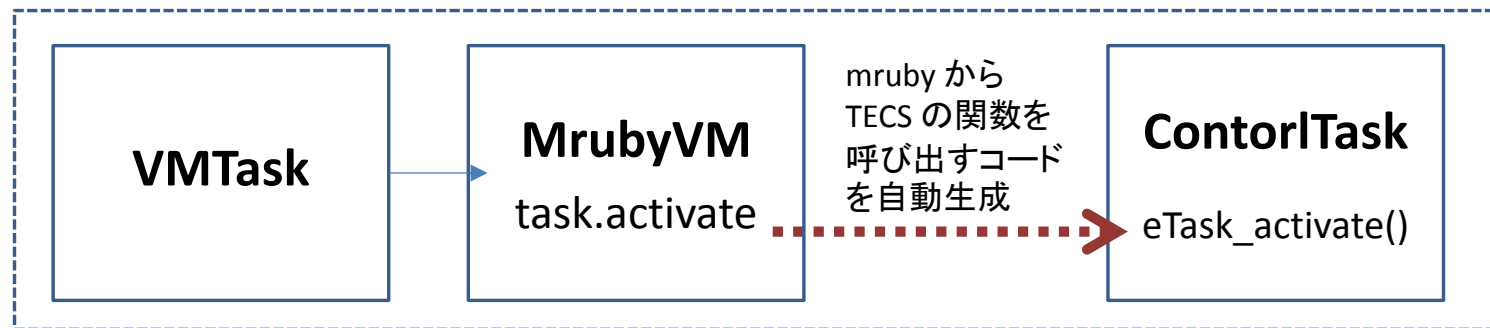
- ▶ 軽量Rubyの維持・メンテナンス・普及活動等を行うために2013年1月に設立されたNPO法人

### 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、以下の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

- ▶ TOPPERS/ASPとmRubyで、リアルタイム制御を実現
  - ▶ 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



- ▶ mRuby VMのTECSコンポーネント化

## **ECHONET Lite規格対応通信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**

- ▶ TOPPERSプロジェクトで開発テーマを決定し、公募により選定した企業に開発を委託する形でオープンソースソフトウェア開発を進める「ソフトウェア開発委託事業」として実施予定
- ▶ 2013年6月30日を応募期限として、開発を受託いただける企業(個人でも可)からの提案を募集中

# **TOPPERSカンファレンス2013**

## **開催概要**

- ▶ 日時:2013年6月21日(金)10:00～20:00
- ▶ 場所:大田区産業プラザ(PiO)(東京都大田区)

## **プログラム概要**

- ▶ 特別講演(1):組込みシステム分野の情報セキュリティ(新誠一(電気通信大学 情報理工学研究科 教授))
- ▶ 特別講演(2):HEMS認証支援センター(ECHONET Lite)の活動紹介と今後への期待(一色正男(神奈川工科大学 スマートハウス研究センター 所長))
- ▶ 基調講演: TOPPERSプロジェクトの現状と方向性(高田広章(名古屋大学))
- ▶ TOPPERSプロジェクト活動報告, 最新成果の技術解説, 開発事例の紹介など