

ディペンダビリティに関する  
定期意見交換会(第3回)

# TOPPERSプロジェクトの概要と 最近の取り組み



2016年4月12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/>

## TOPPERSプロジェクトとは?



- ▶ 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!**

### プロジェクトの狙い

- ▶ 決定版のITRON仕様OSの開発 ← **ほぼ完了**
- ▶ 次世代のリアルタイムOS技術の開発
- ▶ 組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発
- ▶ 組み込みシステム技術者の育成への貢献

### 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



## 主な開発成果物

一般公開しているもの

### 第1世代カーネル

- ▶ TOPPERS/JSPカーネル, TOPPERS/FI4カーネル
- ▶ TOPPERS/ATK1 (Automotiveカーネル バージョン1)
- ▶ TOPPERS/FDMPカーネル, TOPPERS/HRPカーネル

### 新世代(第2世代)カーネル

- ▶ TOPPERS/ASPカーネル, TOPPERS/SSPカーネル
- ▶ TOPPERS/FMPカーネル, TOPPERS/HRP2カーネル

### AUTOSAR関連

- ▶ TOPPERS/ATK2 (Automotiveカーネル バージョン2)
- ▶ TOPPERS/A-COMSTACK, TOPPERS/A-WDGSTACK
- ▶ TOPPERS/A-RTEGEN

2015年度にリリース

### 第3世代カーネル(ITRON系)

- ▶ TOPPERS/ASP3カーネル

2015年度にリリース

### ミドルウェア

- ▶ TINET, FatFs for TOPPERS
- ▶ CAN/LINミドルウェアパッケージ
- ▶ TOPPERS/ECNL (ECHONET Lite通信ミドルウェア)
- ▶ RLL (Remote Link Loader), DLM (Dynamic Loading Manager)

### ツール, その他

- ▶ TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)
- ▶ SafeG (高信頼組込みシステム向けデュアルOSモニタ)
- ▶ TLV (TraceLogVisualizer)
- ▶ TOPPERS Builder

### 教育コンテンツ

- ▶ 初級・中級実装セミナー教材
- ▶ 基礎1・基礎2・基礎3実装セミナー教材
- ▶ 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)

SoftBank  
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



エスクード (スズキ)



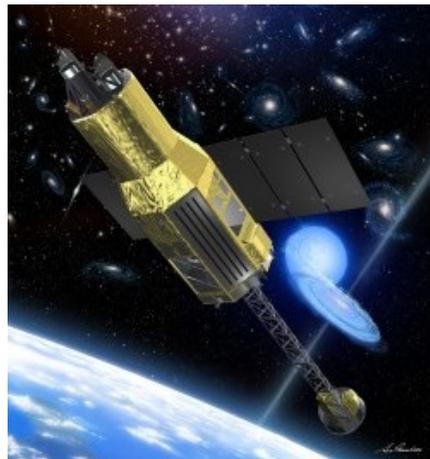
スカイラインハイブリッド (日産)



分光測色計  
CM-3700A  
(コニカミノルタ)



H-IIIB (JAXA)



提供: JAXA, イラスト: 池下章裕  
ひとみ (ASTRO-H)  
(JAXA)



NC装置 OSP-P300  
(オークマ)

アーク溶接機  
DP-350  
(ダイヘン)



HDDデュプリケータ  
Demi XG3031 (YEC)

## 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 GPLやBSDライセンスより自由に使えるライセンス条件とする
- ▶ 成果をアピールすることが開発資金獲得に繋がることから、どこでどう使われているかをなるべく知りたい

### ライセンスの内容

- ▶ 派生物をオープンする義務は課さない。派生物を販売するビジネスも可能
- ▶ 機器に組み込んで使用する場合の実質的な義務は、利用したことを報告することのみ … **レポートウェア**

## 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

## 重点的に取り組んでいるテーマ

※ SPF:ソフトウェア  
プラットフォーム

### 次世代のリアルタイムカーネル技術

- ▶ TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)
- ▶ 車載システム向けRTOS(AUTOSAR OS仕様からの発展)

### 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SPFと開発支援ツール

- ▶ 車載制御システム向けSPF(AUTOSAR仕様ベース)
- ▶ 仮想化技術(SafeG, A-SafeG), ホームネットワーク
- ▶ 宇宙機向けSPF(SpaceWire OS)
- ▶ 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SPFと教材の提供

## 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
- ▶ ティックレスの高分解能時間管理と外部時刻同期
- ▶ 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 … 今後の課題

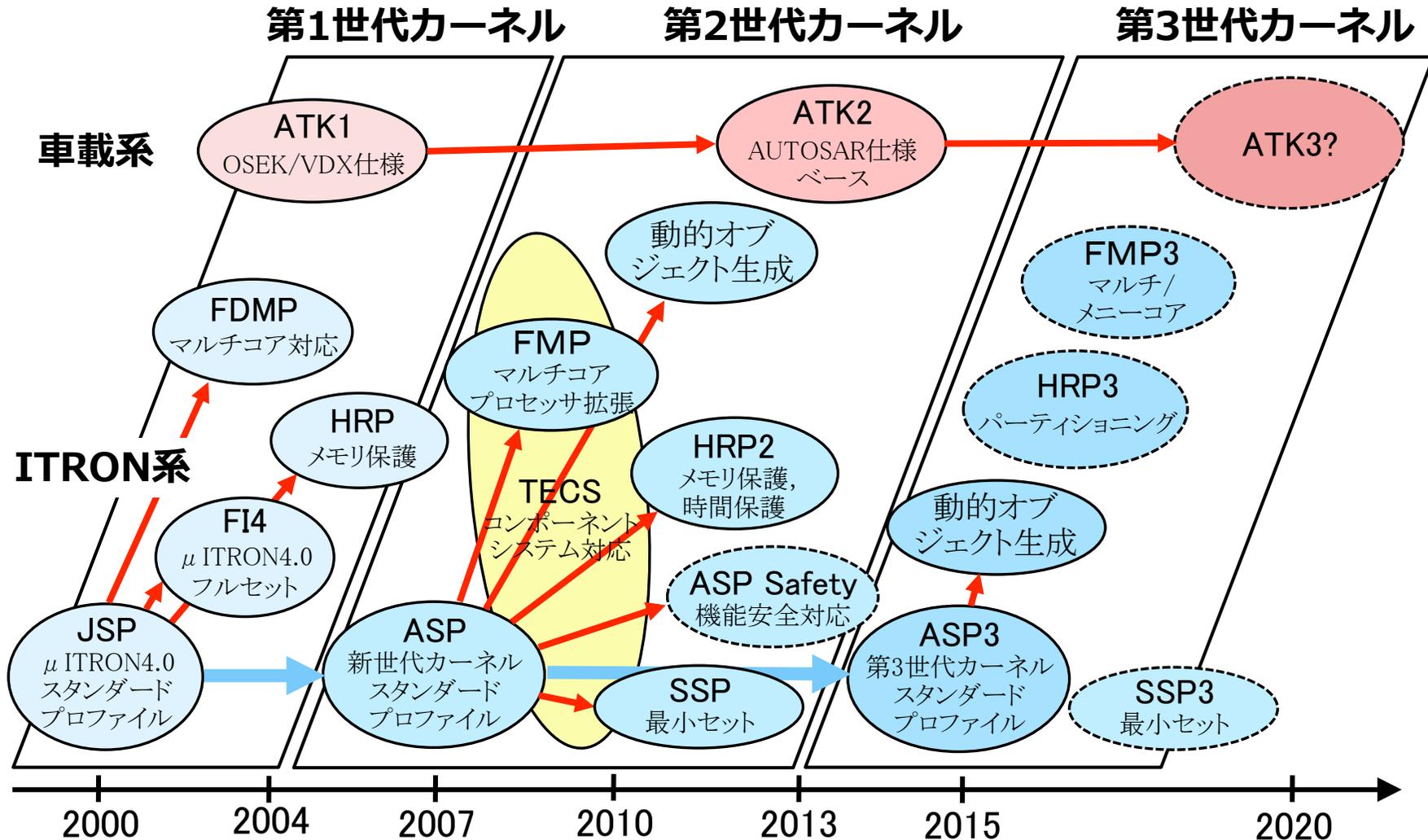
### 一方、廃止すべきと考えられる機能もある

- ▶ タスク例外処理機能, メールボックス

### 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, 大胆な仕様変更が可能
- ▶ 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



## TOPPERS/ASP3カーネル

### 位置づけ

- ▶ TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)の出発点
- ▶ TOPPERS/ASPカーネルの改良版

### 新しく実装した機能・特徴(主なもの)

- ▶ タスク終了要求機能 … タスク例外処理機能に代えて導入
- ▶ 高分解能(マイクロ秒単位)の時間管理
- ▶ ティックレスタイマ … 省電力化に貢献
- ▶ 外部時刻同期のための機能
- ▶ システムサービスをTECSを用いて構築
- ▶ Ruby版コンフィギュレータを採用

### 開発状況とリリース状況と今後の計画

- ▶ 2016年2月に一般公開(Release 3.0.0)
- ▶ 今後, 各種のプロセッサへポーティング

## AUTOSAR仕様ベースのSPFの開発

### 問題意識と取り組み

- ▶ AUTOSAR仕様準拠SPFは、海外企業が開発競争で優位に。近い将来、すべて海外製になる可能性も
- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES) と複数の企業によるコンソーシアム型共同研究で取り組み

### ATK2コンソーシアム

- ▶ 2011～2013年度に実施。13社が参加

### APコンソーシアム ※ AP: Automotive Platform

- ▶ 2014年度に開始
- ▶ 2015年度の参加企業は28社 (オブザーバ参加を含む)
- ▶ 主な研究開発項目
  - (a) TOPPERS/ATK2の機能安全規格対応
  - (b) 時間パーティショニング機能の検討・開発
  - (c) BSWモジュールの開発 (ウォッチドッグスタックなど)

APコンソーシアムの参加企業(28社)

\*は部分参加

†はオブザーバ参加

- ▶ アイシンコムクルーズ(株)
- ▶ イーソル(株)
- ▶ (株) ヴィッツ
- ▶ (株) 永和システムマネジメント†
- ▶ SCSK(株)
- ▶ APTJ(株)
- ▶ (株) OTSL†
- ▶ オムロン オートモーティブエレクトロニクス(株)†
- ▶ 京セラ(株)†
- ▶ (株) サニー技研
- ▶ (株) ジェイテクト
- ▶ スズキ(株)
- ▶ (株) デンソー \*
- ▶ 東海ソフト(株)†
- ▶ (株) 東海理化電機製作所 \*
- ▶ (株) 東芝
- ▶ (株) 豊田自動織機
- ▶ (株) 豊通エレクトロニクス†
- ▶ 日本電気通信システム(株)
- ▶ パナソニック(株)†
- ▶ パナソニック アドバンスドテクノロジー(株)
- ▶ 富士通テン(株)
- ▶ 富士ソフト(株)
- ▶ マツダ(株)
- ▶ ルネサス エレクトロニクス(株)
- ▶ 矢崎総業(株)
- ▶ ヤマハ発動機(株)†
- ▶ 菱電商事(株)†

# 新しい時間パーティショニングスキームの提案

## 提案の背景

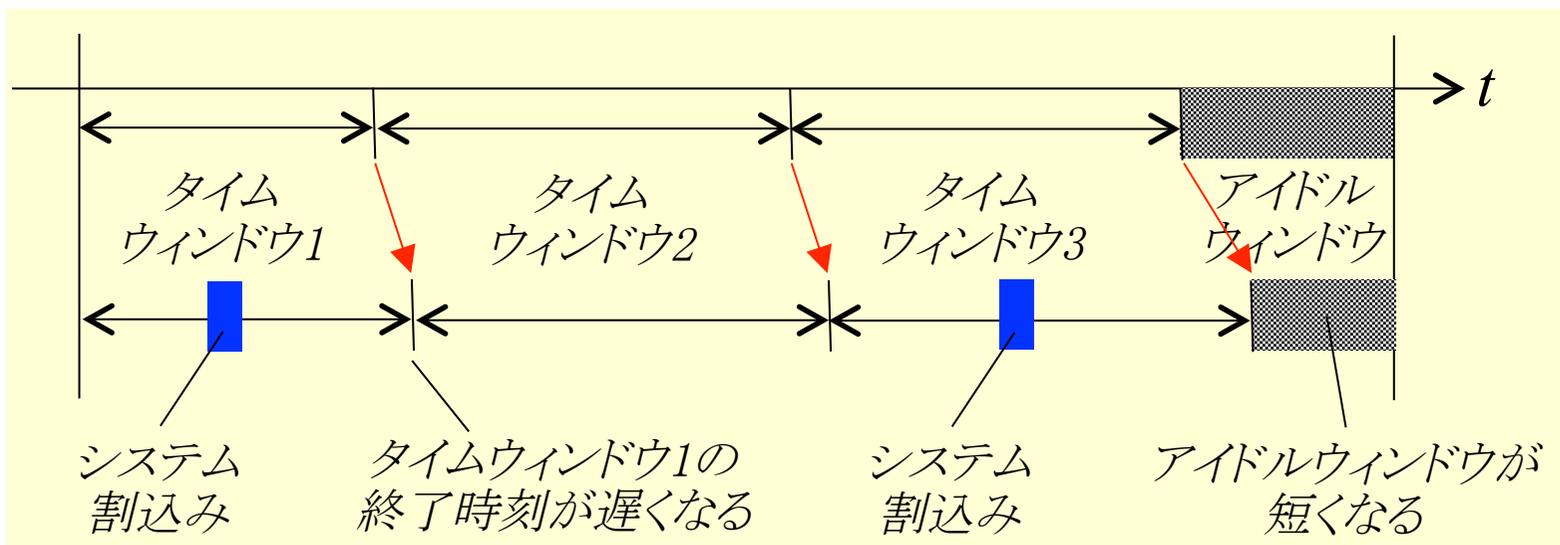
- ▶ パーティショニング機能の必要性の高まり
  - ▶ 機能安全規格への対応が求められる中で、ソフトウェアの開発/検証コストを最適化するために不可欠
  - ▶ アプリケーション統合 (ECU統合) の鍵となる技術
- ▶ 良い時間パーティショニングの規格がない
  - ▶  $\mu$ ITRON仕様は、時間保護のための機能が不足
  - ▶ AUTOSAR OS仕様の時間保護は問題が多い
  - ▶ ARINC 653 (航空機向けアプリケーション統合のためのOS仕様) では厳格過ぎる

## 標準化の必要性

- ▶ 各種のRTOSで、考え方がばらばらになるのは避けたい

## TOPPERS時間パーティショニングスキーム

- ▶ 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)



### 実装・リリース状況

- ▶ AUTOSAR OSの拡張
  - ▶ TOPPERS/ATK2の拡張機能として実装し、2015年5月と12月にリリース
    - TOPPERS/ATK2-SC1-TP:メモリ保護なし
    - TOPPERS/ATK2-SC3-TP:メモリ保護あり
- ▶ ITRON系RTOSへの導入
  - ▶ TOPPERS/HRP3カーネルに実装. 会員向けに早期リリース中(2016年度内には一般公開したい)

### プロモーション状況

- ▶ 2015年10月に東京で開催された第8回AUTOSAR Open Conferenceで発表
- ▶ ET2015カンファレンス等の場で技術紹介

## 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で生成

### 最近の取り組みと成果

- ▶ TECSコンポーネント図編集ツール(TECSCDE)およびLEGO Mindstorms EV3向けの「mruby on ev3rt+tecsプラットフォーム」を、2015年6月にリリース
- ▶ ASP3カーネルのシステムサービスを、TECSを用いて構築
- ▶ HRP3カーネルへの対応開発も進行中

## ホームネットワークWG

### 設立の経緯・目的

- ▶ TOPPERS/ECNLの利用促進や開発成果の発展のため、ECHONET Liteに限定せず、TOPPERSのホームネットワーク利用を促進する

### 活動内容(計画)

- ▶ ホームネットワークに関するプロトコルの調査
- ▶ ミドルウェアのポーティング・開発と公開
- ▶ ドライバやサンプルアプリケーションの開発と公開

### 体制と進め方

- ▶ 主査:長島宏明(コアーズ)
- ▶ まずは、メーリングリストとTrac/Wikiを用いて活動

# TOPPERS/EV3RT

## TOPPERS/EV3RTとは？

- ▶ LEGO Mindstorms EV3向けのSPF
- ▶ ETロボコン2015の公式プラットフォームに採用される(他に, MonoBrick, leJOS)

## TOPPERS/EV3RTの構成

- ▶ TOPPERS/HRP2カーネル+動的生成機能拡張
  - ▶ TOPPERS新世代カーネル仕様( $\mu$ ITRON仕様ベース)に準拠したメモリ保護機能を持つRTOS
- ▶ アプリケーションプログラムの動的ローディング機能
- ▶ 各種周辺デバイス向けのデバイスドライバとミドルウェア
  - ▶ 各種センサ, モータ, Bluetooth, SDカード, LCDなど



## IoT時代における組み込みシステムに必要な技術は？

### Smart Futureに向けての研究開発課題(再掲)

- ▶ Safety & Security
- ▶ Ecology (高エネルギー効率)
- ▶ Connectivity

! いずれもIoTの実現にも重要

### IoT実現のためにさらに必要な研究開発課題は？

- ▶ (ビッグ)データ活用のための技術
  - ▶ 名古屋大学における取り組み: Cloudia … 組み込みシステム向けデータストリーム管理システム (DSMS)

### IoT時代におけるRTOS

- ▶ センサノードには, Linuxは大き過ぎる. とは言え, ネットワーク接続が複雑で, RTOSくらいがちょうど良いのでは？