



TOPPERSプロジェクトの最新状況と 本日の発表内容について



2019年11月20日

高田 広章

NPO法人 TOPPERSプロジェクト 会長
名古屋大学 大学院情報学研究科 教授
附属組込みシステム研究センター長
APTJ株式会社 代表取締役会長・CTO

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

TOPPERSプロジェクトの概要と 最新状況

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!

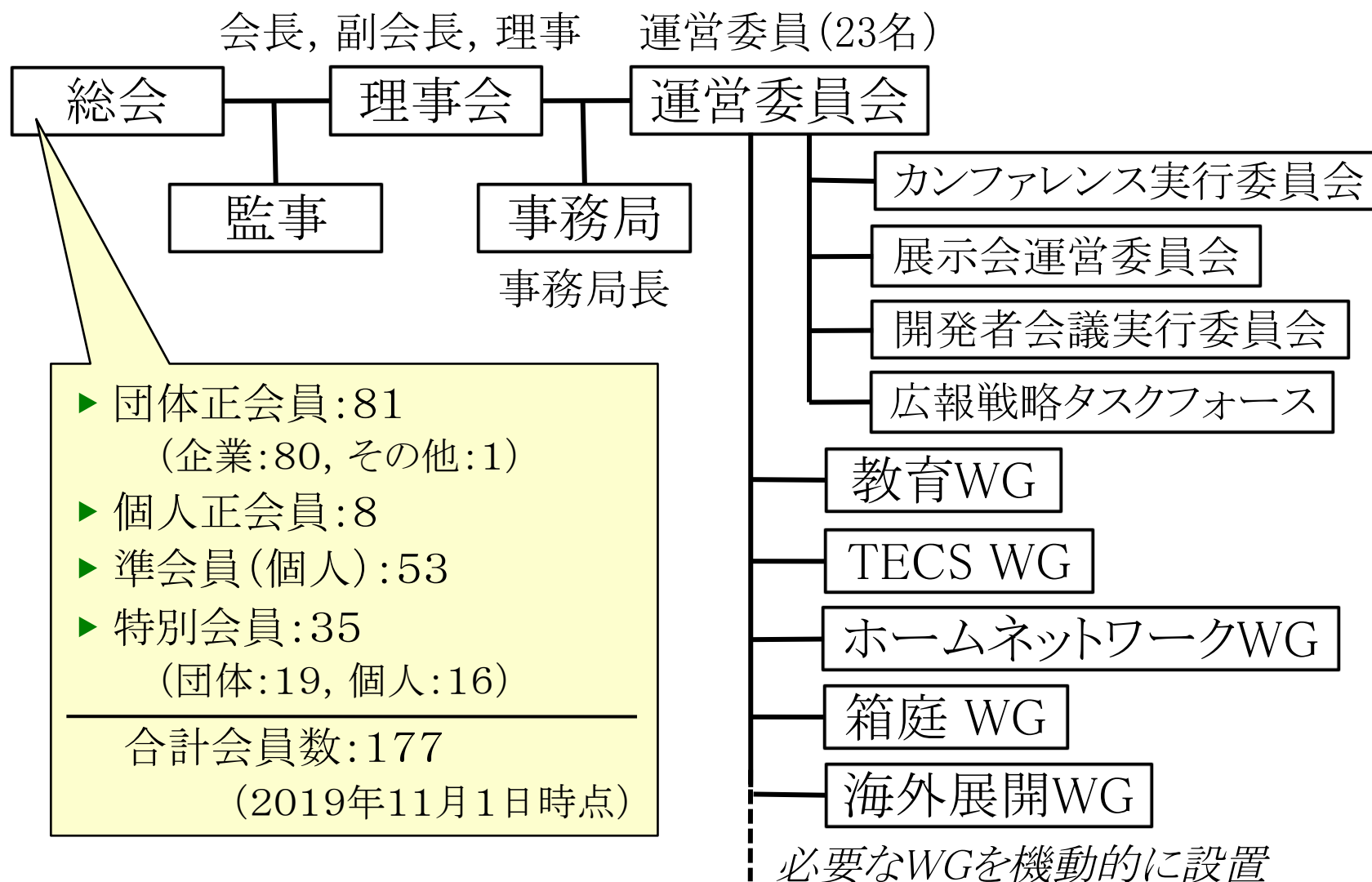
プロジェクトの狙い

- ▶ 決定版のITRON仕様OSの開発 ← 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

TOPPERSプロジェクトの組織と会員



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

第3世代カーネル(ITRON系)

- ▶ TOPPERS/ASP3カーネル, TOPPERS/HRP3カーネル
- ▶ TOPPERS/FMP3カーネル, TOPPERS/HRMP3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

ミドルウェア

- ▶ TINET, FatFs for TOPPERS
- ▶ 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)
- ▶ TOPPERS BASE PLATFORM (ST, CV, RV)
- ▶ SafeG (高信頼組込みシステム向けデュアルOSモニタ)
- ▶ EV3RT (LEGO Mindstorms EV3向けSPF)
- ▶ MDCOM (MultiDomain Communication Module)

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
- ▶ 基礎ハードウェア設計セミナー教材
- ▶ 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



エスクード (スズキ)



スカイラインハイブリッド (日産)



IPSiO GX e3300 (リコー)



H-IIIB (JAXA)



Cell³iMager duos
(SCREEN
ホールディングス)



OSP-P300
(オークマ)



SoftBank
945SH
(シャープ)



UA-101 (Roland)



PM-A970(エプソン)

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

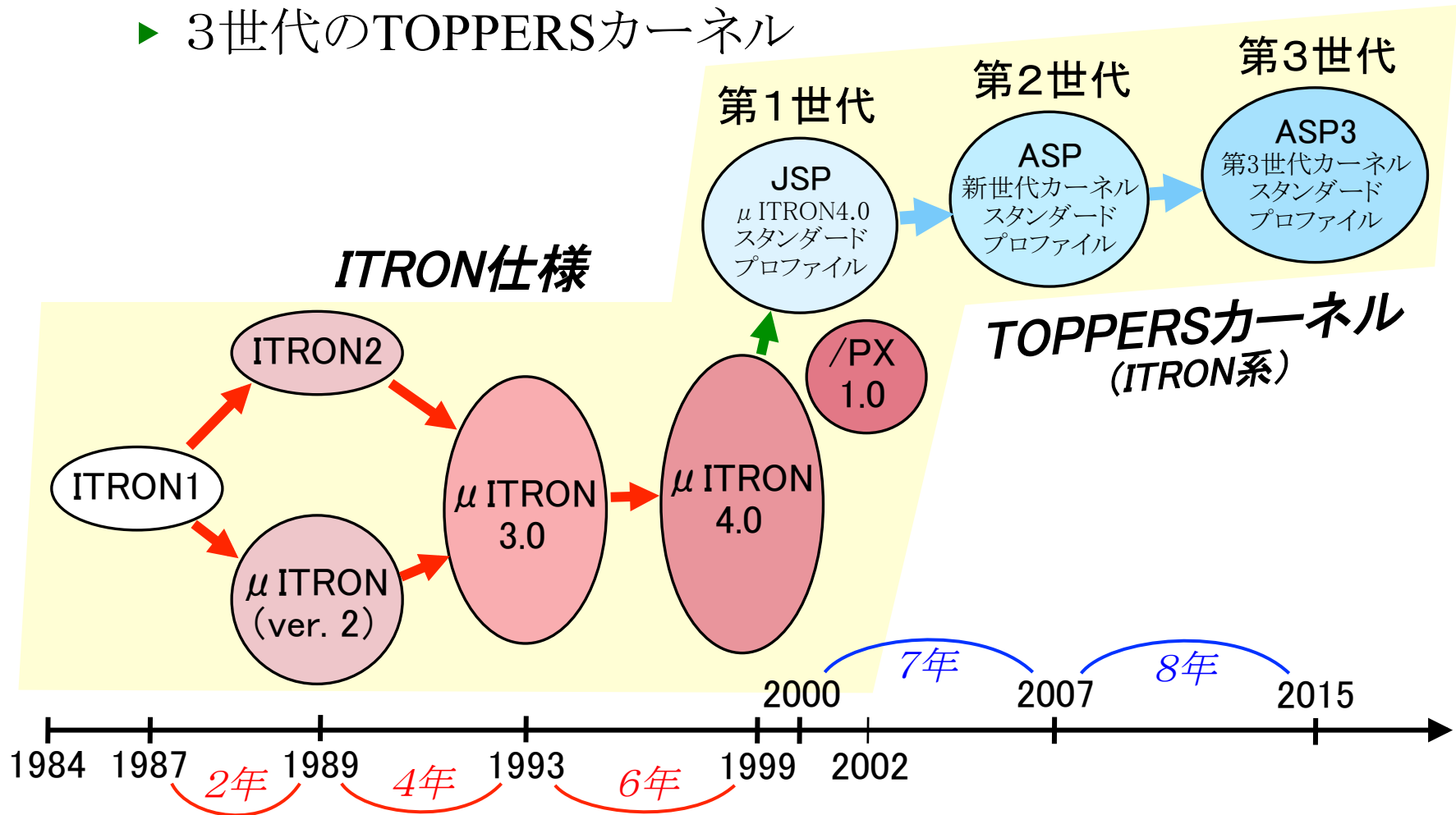
- ▶ 車載制御システム向けSPF(AUTOSAR仕様ベース)
- ▶ TOPPERS BASE PLATFORM, ホームネットワーク
- ▶ シミュレーション環境, 開発支援ツール
- ▶ 仮想化技術(SafeG), ドメイン間通信(MDCOM)

技術者育成のための教材開発

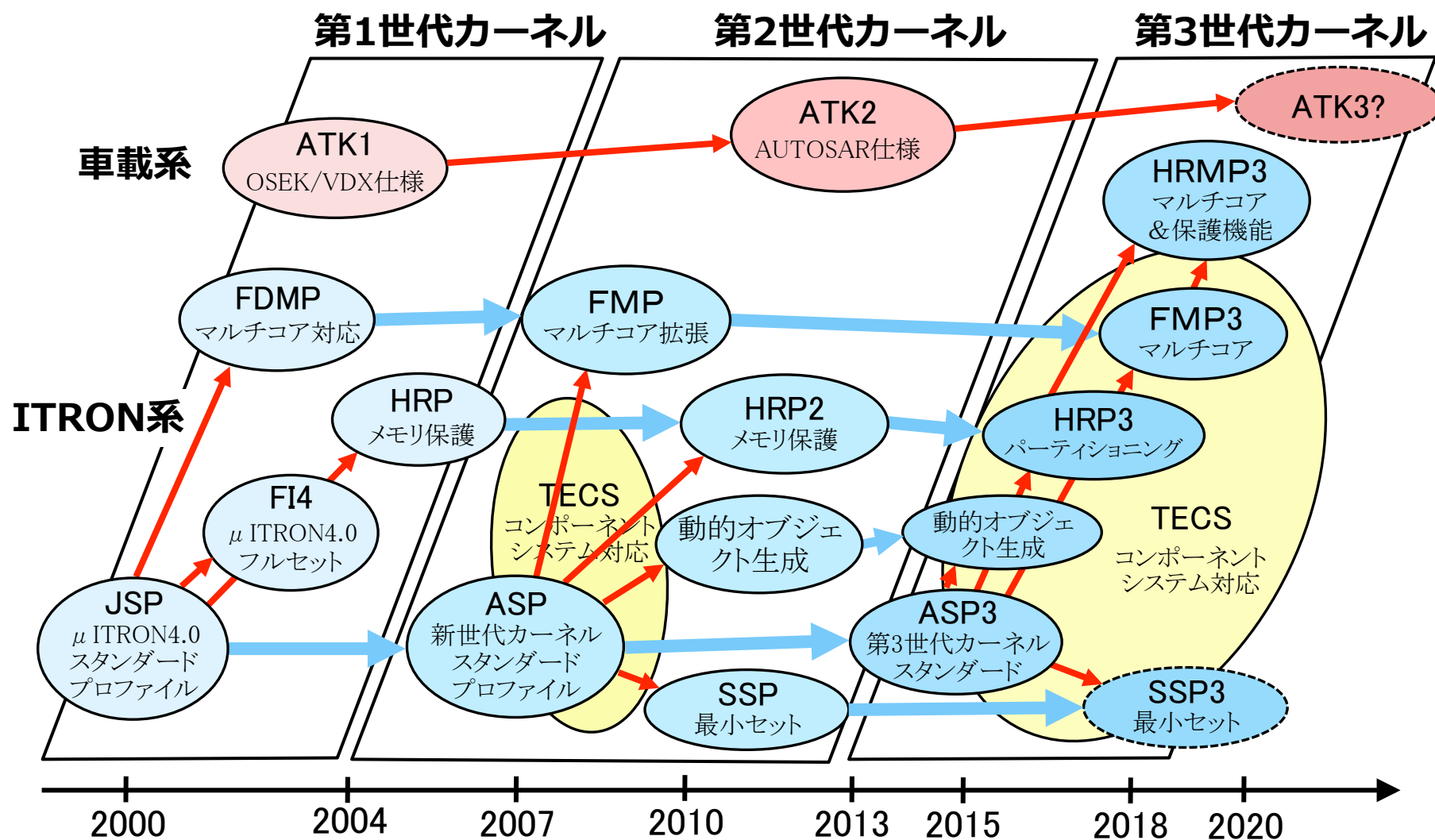
- ▶ プラットフォーム技術者の育成
- ▶ ETロボコン向けSPFと教材の提供

ITRON仕様～TOPPERSカーネル：30年超の歴史

- ▶ 4世代のITRON仕様
- ▶ 3世代のTOPPERSカーネル



TOPPERSカーネル開発ロードマップ



第3世代カーネル (ITRON系) の必要性

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 *Safety*
- ▶ ティックレスの高分解能時間管理と外部時刻同期 *Connectivity*
- ▶ マルチコアにおける動的ロードバランシング *Ecology*
- ▶ 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 *High performance*

- ▶ タスク例外処理機能 … 複雑さと比べて使われていない
- ▶ メールボックス … 安全性の高い機能で代替

TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)へ

- ▶ 新しい世代のリアルタイムカーネルと位置付けた方が, 大胆な仕様変更 (特に, 機能の削除) が可能

TOPPERSの組み込みソフトウェアプラットフォームが64ビットRISC-Vに対応

本年5月9日付けの発表内容

- ▶ SiFive社が開発したRISC-Vプロセッサを搭載したHiFive1ボードに対して, TOPPERS/ASPカーネルのポーティングを行い, オープンソースソフトウェアとして一般公開
- ▶ それを核とした組込みソフトウェアプラットフォーム TOPPERS BASE PLATFORM(RV) V0.1.0を開発し, TOPPERSプロジェクトの会員向けに配布を開始

本日の発表内容

- ▶ 64ビットRISC-Vプロセッサを搭載したSipeed社の Maixduinoボードに, TOPPERS/ASPカーネルのポーティングを行い, オープンソースソフトウェアとして一般公開
- ▶ Maixduinoボード向けのTOPPERS BASE PLATFORM(RV)も開発中

RISC-Vプロセッサ, SoC, ボード

RISC-Vプロセッサとは？

- ▶ オープンソースの命令セットアーキテクチャ
- ▶ 近年注目を集めており、組み込みシステムに採用したいという声も高まっている

対応したプロセッサ, SoC, ボード

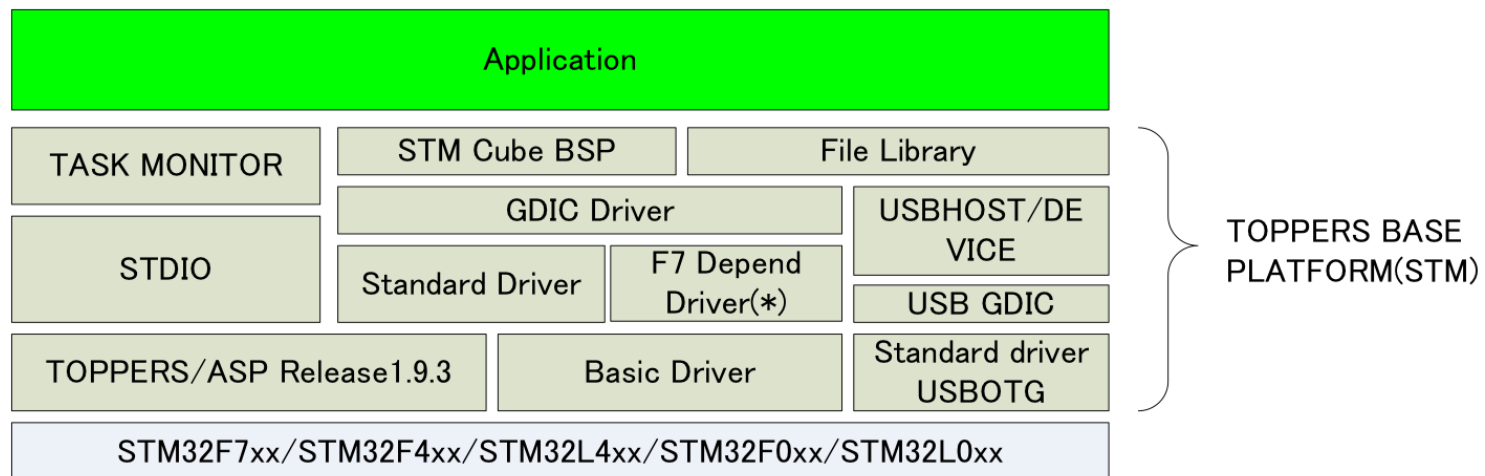
- ▶ HiFive1 (ボード名) ... SiFive社
 - ▶ FE310-G000 (SoC名) ... SiFive社
 - ▶ E31 Standard Core (コアのIP名) ... SiFive社
 - 32 ビットのRISC-Vプロセッサ (RV32IMAC)
- ▶ Maixduino (ボード名) ... Sipeed社
 - ▶ K210 (SoC名) ... Kendryte社
 - 64ビットRISC-Vプロセッサ (RV64IMAFDC) 2個搭載
 - Neural Network Processorも搭載

TOPPERS BASE PLATFORM

- ▶ 教育WGにおいて、リファレンスシステムとなりうるソフトウェアプラットフォームを開発

TOPPERS BASE PLATFORM(ST)

- ▶ 12種類のSTM32 nucleo/Discoveryボードに対応
 - ▶ ARM Cortex-M0/M3/M4/M7を搭載
- ▶ 各種の周辺デバイスをサポート
- ▶ 基礎教育用(基礎1, 新基礎2, 新基礎3セミナーで利用)



DICアーキテクチャの採用

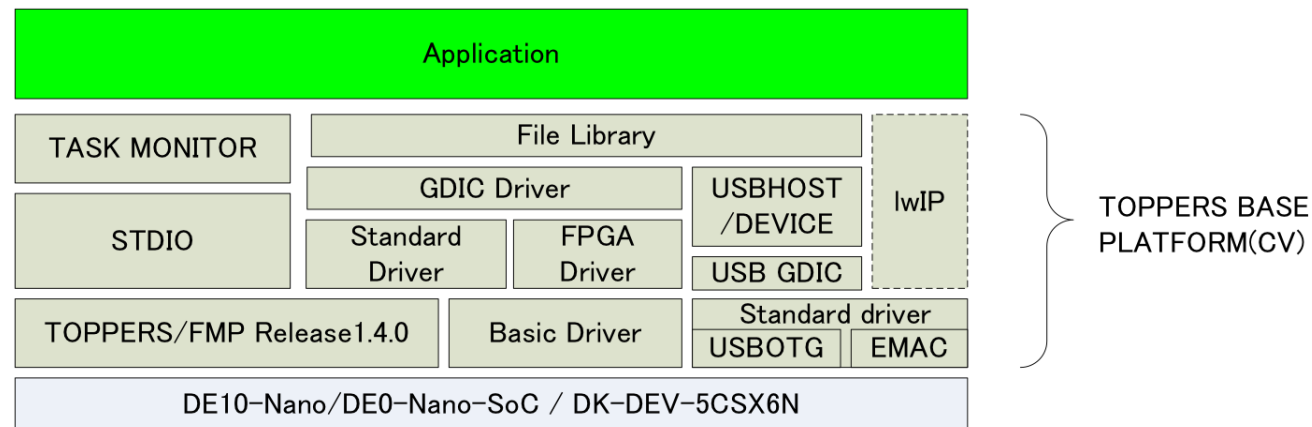
- ▶ デバイスドライバ, ミドルウェア群を, DIC (Device Interface Component) アーキテクチャに基づき, 階層化して構築

USBホスト／デバイスミドルウェア

- ▶ TOPPERS BASE PLATFORM向けに新規に開発

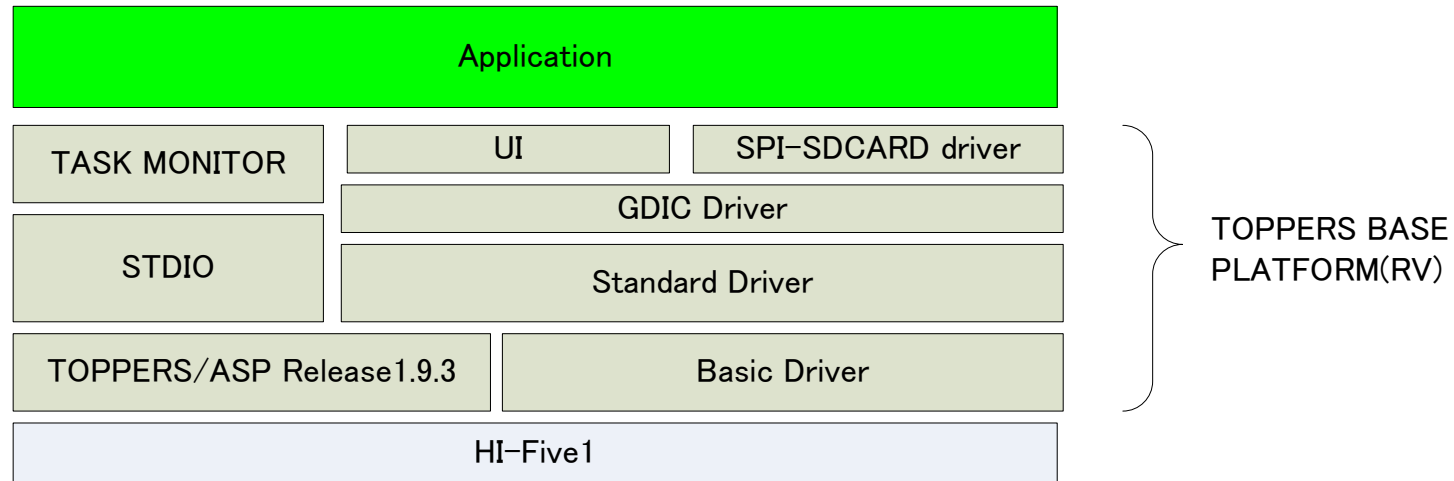
TOPPERS BASE PLATFORM(CV)

- ▶ DE0-Nano-SoC開発キット (Intel社 Cyclone V SoC (ARM Cortex-A9×2 + FPGA)) に対応



TOPPERS BASE PLATFORM(RV)

- ▶ HiFive1ボードとMaixduinoボードに対応



- ▶ 現時点では、会員向けに早期リリース(ASPカーネルは、一般公開)

課題

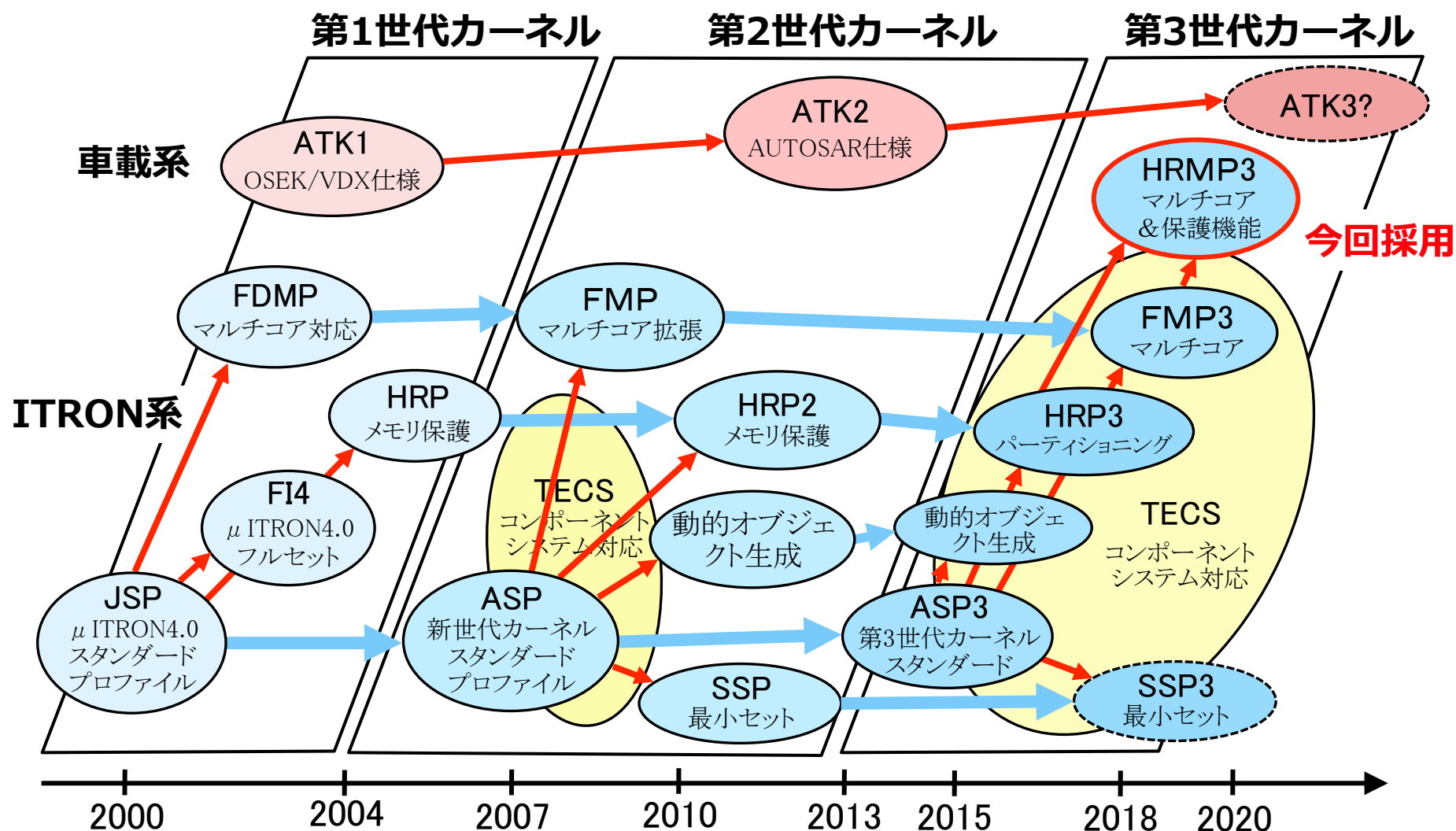
- ▶ K210の詳細なドキュメントが公開されていない
 - ▶ 開発したデバイスドライバの品質面での評価ができない
 - ▶ デュアルコアにも対応できていない

TOPPERS/HRMP3カーネルがJAXAの 次世代宇宙機向けマイクロプロセッサに 採用

本日の発表内容

- ▶ TOPPERS/HRMP3カーネルが, JAXAが三菱重工に委託して開発を進めている次世代宇宙機向けマイクロプロセッサ用のRTOSに採用されることに
- ▶ 次世代宇宙機向けマイクロプロセッサの概要
 - ▶ シリコンオンインシュレータ(SOI)技術を用いて耐放射線特性を持たせたSoC
 - ▶ ルネサスエレクトロニクス設計のRXv2 CPUコア(倍精度FPU付き)を2つ搭載
 - ▶ 2021年度に開発を完了する計画で, 開発が進行中
- ▶ HRMP3カーネルのポーティングと品質確保は, JAXAの信頼性基準に則って, 三菱重工が名古屋大学の協力を得て実施する計画

TOPPERSカーネル開発ロードマップ (再掲)



TOPPERS/HRMP3カーネル

位置づけ

“High Reliable Multiprocessor Profile”

- ▶ HRP3カーネルをマルチプロセッサ向けに拡張したもの (HRP3カーネルの上位互換)
- ▶ FMP3カーネルに対して保護機能／パーティショニング機能を追加したもの (FMP3カーネルのほぼ上位互換)
- ▶ マルチプロセッサ対応と保護機能の両方を持つITRON系カーネルは、TOPPERSプロジェクトでは始めて開発

開発の背景

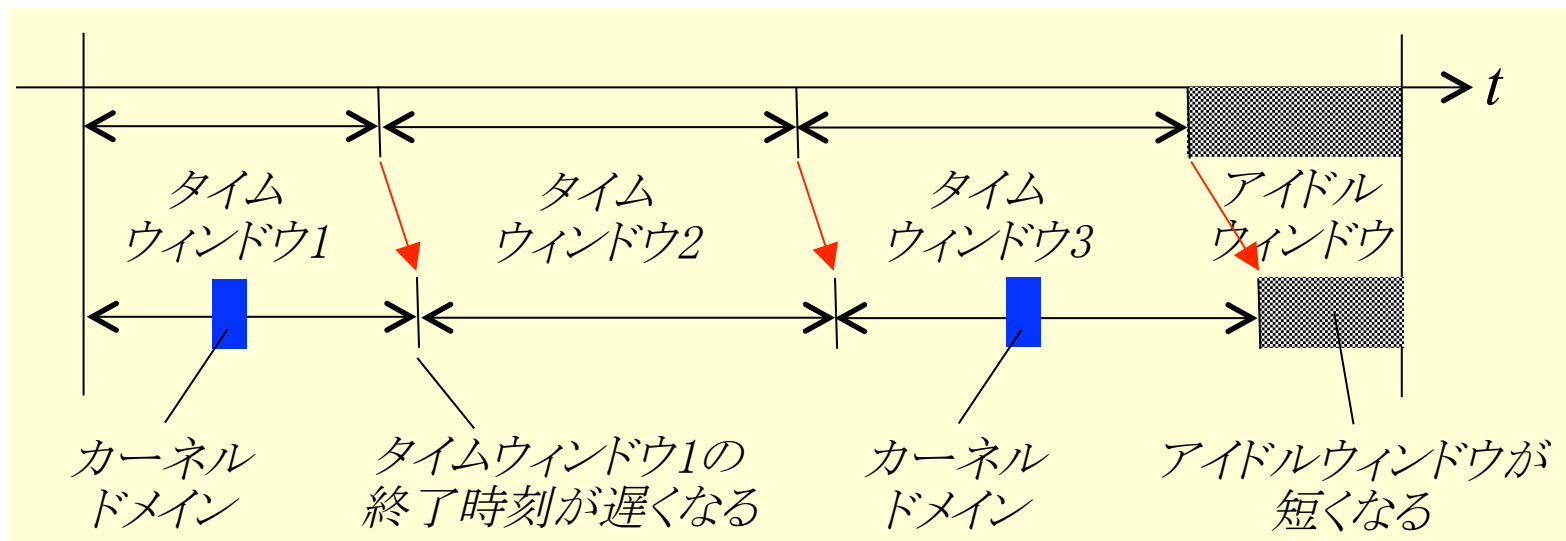
- ▶ 近年、高い信頼性が求められる組込みシステムの分野においても、マルチプロセッサの適用が求められている
- ▶ 高い信頼性が求められる組込みシステムを開発する産業分野からの要望を受けて開発を開始

適用対象となるターゲットハードウェア

- ▶ プロセッサ数が4～8個程度以下のホモジニアスなマルチプロセッサシステム

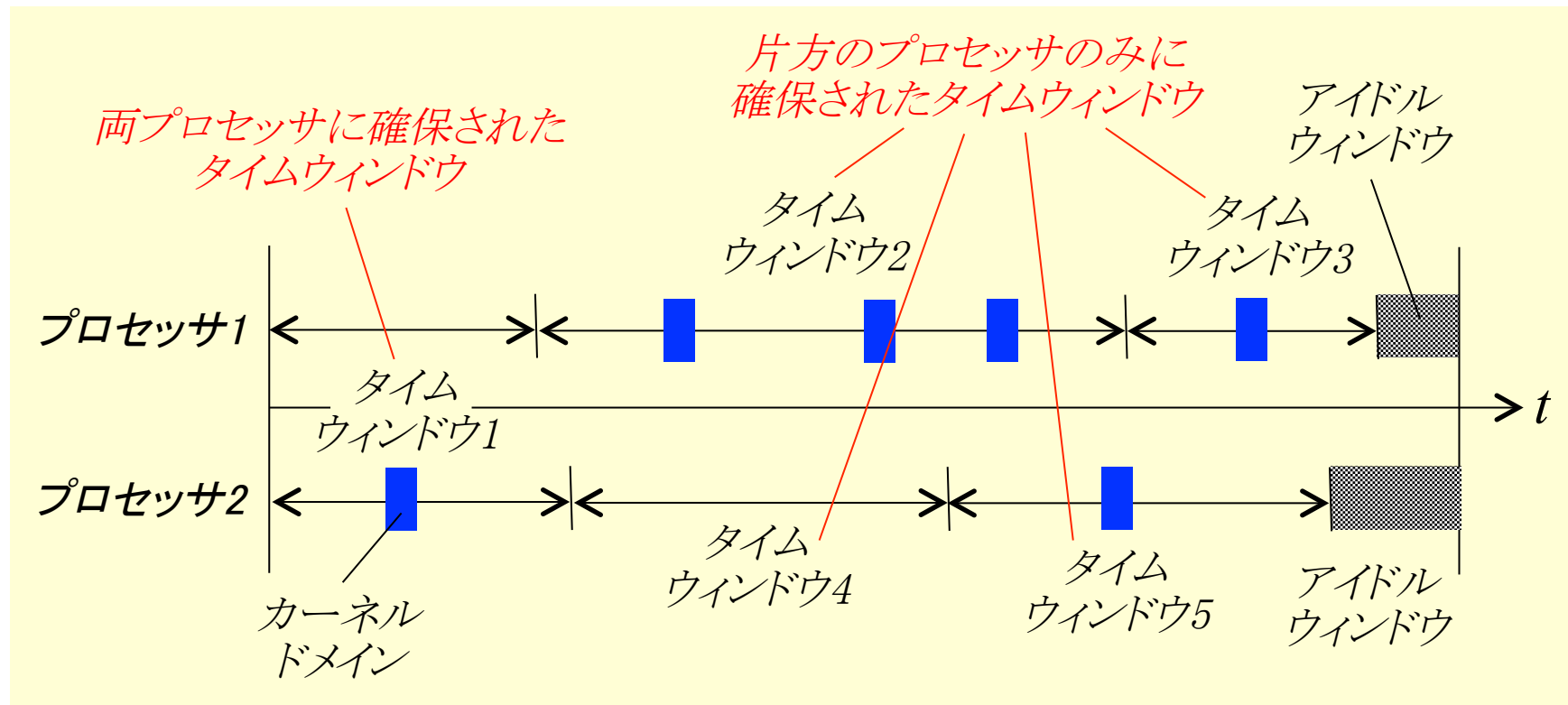
時間パーティショニング下のスケジューリング(HRP3カーネル)

- ▶ カーネルドメインに属する処理単位(割込みサービスルーチンなど)は, 常に実行できる
- ▶ ユーザドメインに属する処理単位は, 割り当てられたタイムウィンドウ内でのみ実行できる
- ▶ タイムウィンドウを割り当てられていないユーザドメイン(アイドルドメイン)は, 余った時間(アイドルウィンドウを含む)でのみ実行できる

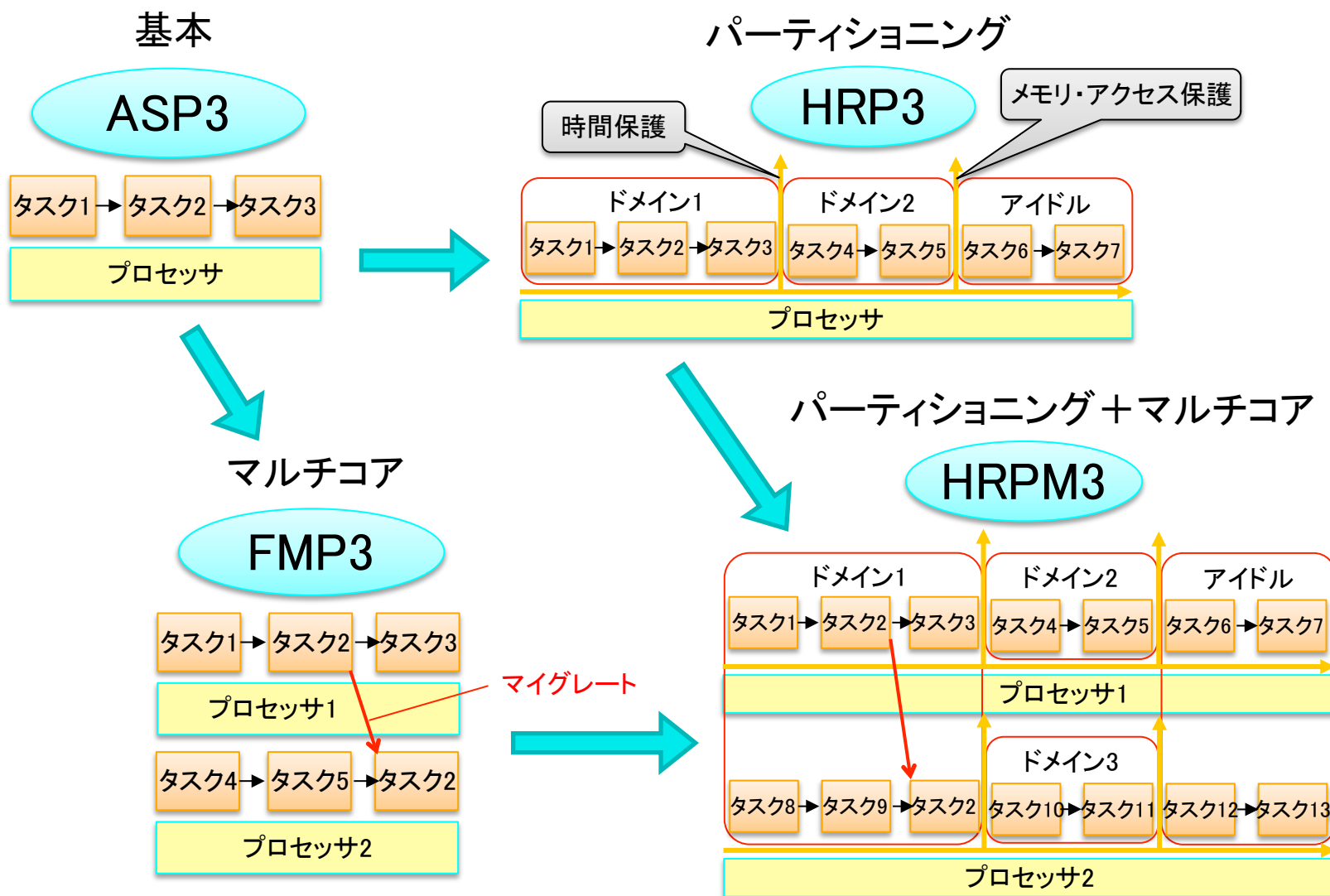


マルチプロセッサ＋時間パーティショニング(HRMP3カーネル)

- ▶ (基本的には)プロセッサ毎に、時間パーティショニング下のスケジューリングを行う
- ▶ 同じタイムウィンドウを、複数のプロセッサに確保することも可能



各カーネルにおけるタスクスケジューリング(イメージ図)



長期サポートバージョン (LTS) の設定

LTS設定の理由

- ▶ 組み込みシステムの中には、高い信頼性に加えて、長期間に渡ってメンテナンスすることが求められる分野が多くある
 - ▶ 信頼性の低下につながる可能性のある機能の拡張や変更を行わず、信頼性向上に必要な変更のみを行うことが求められる

HRMP3バージョン3.1をLTSに設定

- ▶ HRMP3カーネルのバージョン3.1をLTSと位置付けた
- ▶ 「TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)統合仕様書」のバージョン3.4についても、LTSとする

バージョン番号の付与

- ▶ HRMP3カーネル Release 3.1.0 を、LTSの出発点に
- ▶ 信頼性向上のための修正は、Release 3.1.1, 3.1.2, …
- ▶ 機能の拡張や変更を行ったものは、Release 3.2.0, …

今後のカーネル開発計画

開発済みのカーネルの改良・適用対象の拡大

- ▶ TOPPERS/ASP3, HRP3, FMP3, HRMP3の改良(品質向上, 設計書などのドキュメントの充実, 拡張パッケージの整備)を継続
- ▶ TOPPERS/ASP3, HRP3, FMP3, HRMP3を各種のターゲットプロセッサ(RISC-Vなど)へポーティング

第3世代カーネルの拡充

- ▶ TOPPERS/SSP3カーネル … 最小セットカーネル
 - ▶ TOPPERSプロジェクトの会員向けに, α 版をリリース済み
- ▶ メニーコアプロセッサ向けのカーネル(名称未定)
 - ▶ ターゲットSoCを何にするかが課題

より詳しく知りたい方のために

ET2019カンファレンス TOPPERSセッション

- ▶ 日時:11月21日(木)14:00～17:00
- ▶ 場所:会議センター 211+212
- ▶ プログラム
 - ▶ IoT/自動運転時代の仮想シミュレーション環境(コンセプト)のご紹介
 - ▶ TOPPERSで繋げるAzure IoT Hub接続サンプルアプリの紹介
 - ▶ 組込みシステムに適したコンポーネントシステムTECSの最新状況
 - ▶ TOPPERS第3世代カーネルの新しい機能と使い方
 - ▶ RISC/VをTOPPERSカーネルに対応させる ～SiFive社Hi-Five1/Kendryte社K210(MAixDUiNO)のリアルタイムカーネル実装をアーキテクチャを中心に解説～