



TOPPERSプロジェクトの最新状況と 本日の発表内容について



2018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!

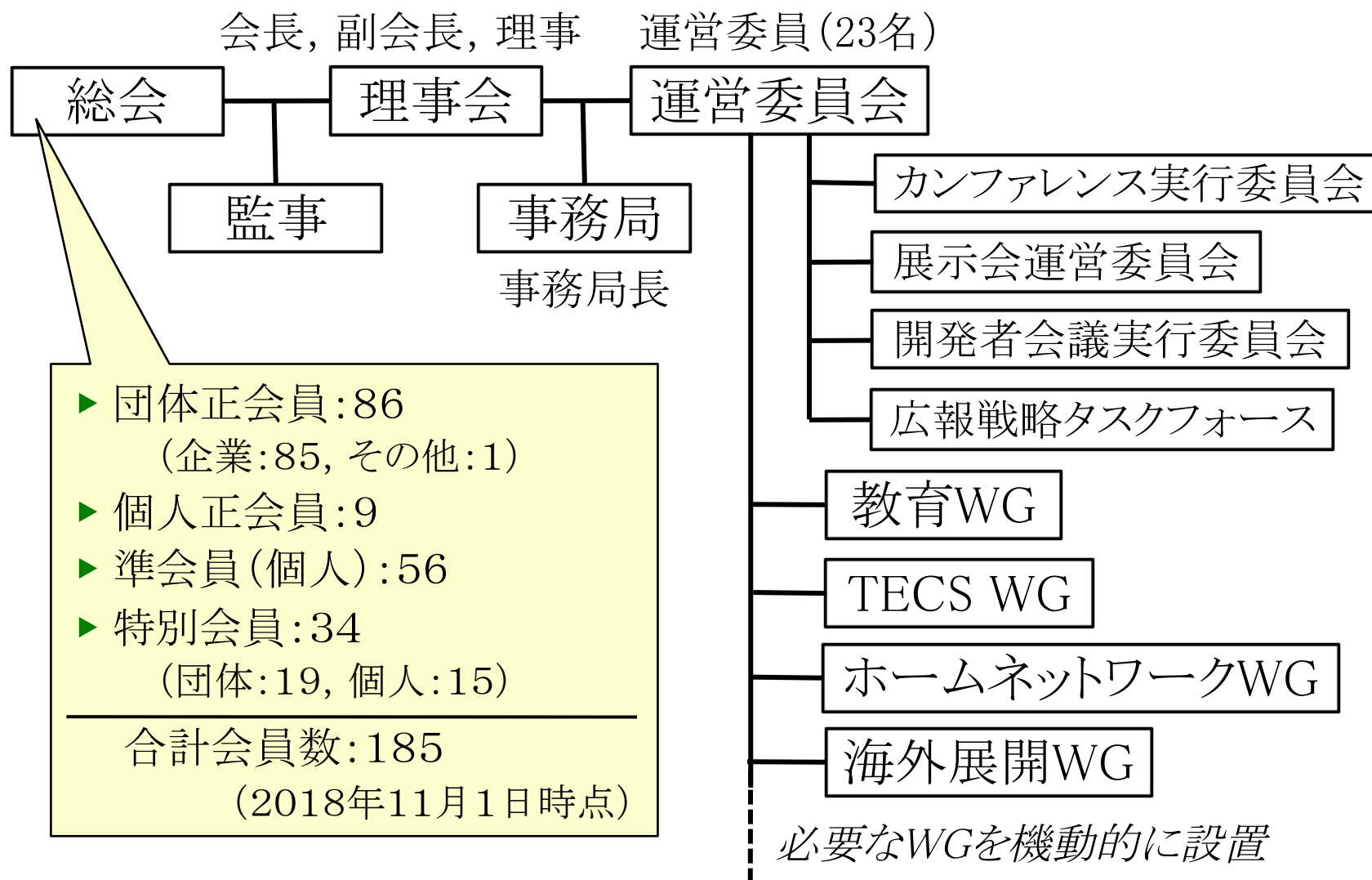
プロジェクトの狙い

- ▶ 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

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 (TCP/IPスタック), 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, SPF, その他

- ▶ TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)
- ▶ TOPPERS BASE PLATFORM (STおよびCV)
- ▶ 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・(新)基礎2・(新)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



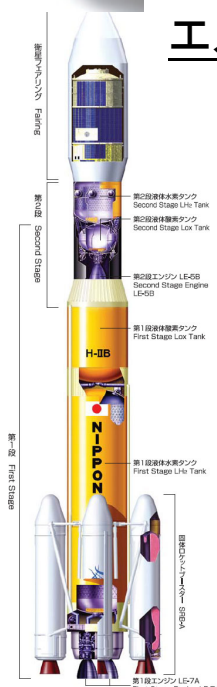
エスクード (スズキ)



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)

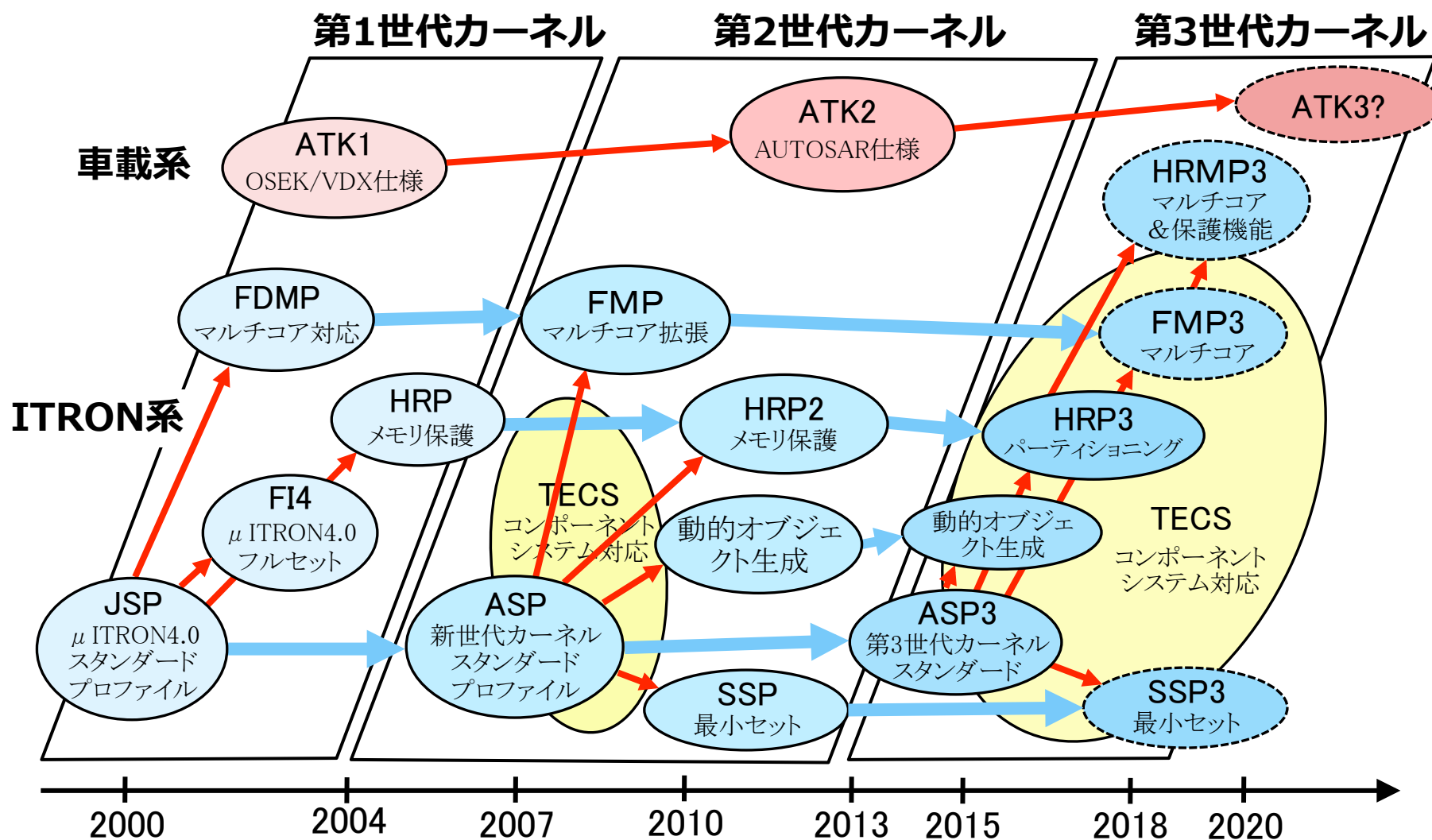
組込みシステム向けSPFと開発支援ツール

- ▶ 車載制御システム向けSPF(AUTOSAR仕様ベース)
- ▶ 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), BASE PLATFORM
- ▶ 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

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/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

リリース状況と今後の計画

- ▶ 2016年2月に最初に一般公開, 最新版はRelease 3.3.1
- ▶ 今後, 各種のプロセッサへのポーティング

TOPPERS/HRP3カーネル

位置づけ

- ▶ ASP3カーネルに保護機能／パーティショニング機能を追加したもの(ASP3カーネルの上位互換)
- ▶ TOPPERS/HRPカーネル, HRP2カーネルの改良・拡張版

ASP3カーネルに対する追加機能

- ▶ メモリ保護機能
 - ▶ メモリ配置の自動決定(HRP2カーネルと同様)と手動決定(HRPカーネルと同様)の両方をサポート
- ▶ オブジェクトアクセス保護機能
- ▶ 時間パーティショニング機能
- ▶ 拡張サービスクール機能

リリース状況と今後の計画

- ▶ 2018年4月に一般公開, 最新版はRelease 3.0.0

開発が進むTOPPERS第3世代カーネル (ITRON系) とそのリリース計画 ～パーティショニング機能とマルチコア対応を 兼ね備えたRTOSを開発～

TOPPERS/FMP3カーネル

今年度末に公開

位置づけ

“Flexible Multiprocessor Profile”

- ▶ ASP3カーネルをマルチプロセッサ向けに拡張したもの (ASP3カーネルの上位互換)
- ▶ TOPPERS/FMPカーネルの改良・拡張版
 - ▶ ただし、メニーコアプロセッサを適用対象から外す

適用対象となるターゲットハードウェア

- ▶ ホモジニアスなマルチプロセッサシステム (すべてのプロセッサで同じバイナリコードを実行できることが必要)
- ▶ プロセッサ数が4～8個程度以下

ASP3カーネルに対する追加機能

- ▶ カーネルオブジェクトを複数のプロセッサに分散する機能
- ▶ スピンロック機能
- ▶ タスク等のマイグレーション機能
- ▶ サブ優先度機能 (動的負荷分散の実現のため)

TOPPERS/HRMP3カーネル **今年度末に公開**

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カーネルの上位互換)
- ▶ 第2世代では、マルチプロセッサ対応と保護機能の両方を持つITRON系カーネルは開発しなかった

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

- ▶ FMP3カーネルと同様

メニーコアプロセッサを適用対象から外した理由

マルチプロセッサ対応の技術的な分岐点

- ▶ ジャイアントロック
 - ▶ すべてのカーネル資源を, 1つのロックで排他制御
 - ▶ シンプルでオーバヘッドは小さいが, スケーラビリティが低い(プロセッサ数が多いと性能劣化が大きい)
- ▶ 細粒度ロック
 - ▶ カーネル資源を小さい単位で排他制御
 - ▶ スケーラビリティは高いが, オーバヘッドが大きい
- ▶ 第2世代のFMPカーネルではこの両方に対応していたが, 両方でコードが大きく異なる箇所もあり, 保守性が悪い

第3世代カーネルにおける方針

- ▶ FMP3カーネルは, ジャイアントロックのみに絞る
- ▶ メニーコアプロセッサ向けには, 別のカーネルを開発

HRMP3カーネルの仕様と実装技術

基本的には

- ▶ FMP3カーネルの仕様・実装技術と, HRP3カーネルの仕様・実装技術をマージすればよい
 - ▶ 両方の実装技術はおおよそ直交

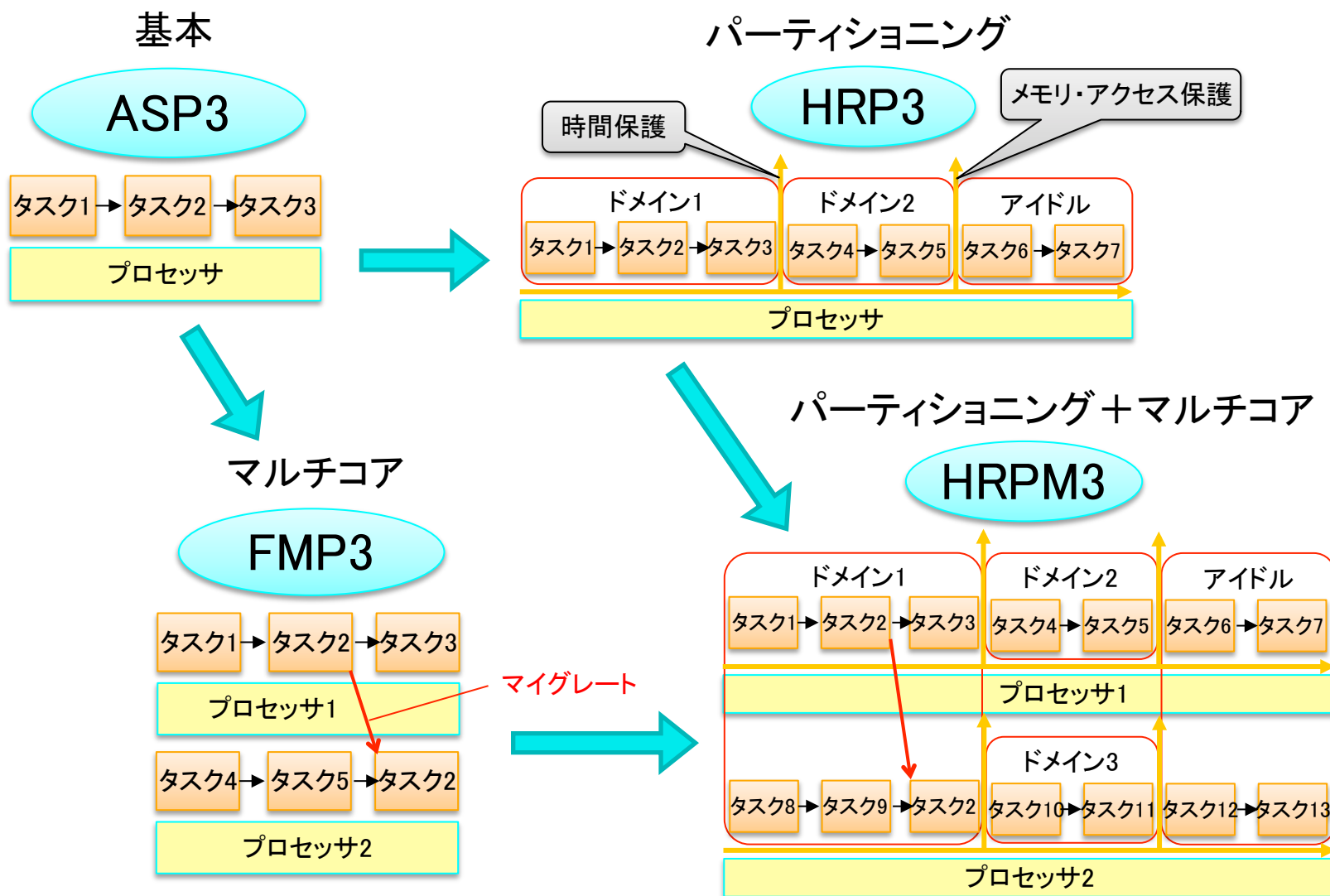
仕様上の課題

- ▶ タスクのスケジューリングアルゴリズム
 - ▶ FMP3カーネルでは, プロセッサ毎にスケジューリング
 - ▶ HRP3カーネルで, 時間パーティショニングを用いた場合は, 保護ドメイン毎にスケジューリング
 - ⇒ プロセッサ毎・保護ドメイン毎にスケジューリング
- ▶ システム周期, システム動作モードの扱い

実装技術上の課題

- ▶ システム周期切換えのプロセッサ間での同期手法

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)



各カーネルのサイズ比較

- ▶ ASP3, FMP3, HRP3, HRMP3の各カーネルのプログラムサイズは以下の通り(ARMプロセッサの場合)

カーネル種別	プログラムサイズ
ASP3(少数の機能のみ使用)	約10KB
ASP3(フルセット)	約33KB
FMP3(フルセット)	約51KB
HRP3(フルセット)	約51KB
HRMP3(フルセット)	約72KB

- ▶ 少数の機能のみ使用した場合と、フルセット(すべての機能を用いた場合)では、約3倍の違いがある
 - ▶ 複雑な機能を使うとサイズが増加(例:データキュー機能は約3KB)
- ▶ FMP3とHRP3は、ASP3の約1.5倍. HRMP3は、さらにその約1.4倍(ASP3の約2.1倍)

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
- ▶ メニーコアプロセッサ向けのカーネル(名称未定)