

TOPPERSプロジェクトの概要

2010年12月3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 URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

目次

組込みシステム開発の課題と方向性

- ▶ 組込みシステム開発を取り巻く状況，開発の課題
- ▶ 組込みシステムの開発効率化と品質確保のために
- ▶ 組込みシステムの今後の変化

TOPPERSプロジェクトの概要と取組み

- ▶ TOPPERSプロジェクトとは？，プロジェクトの狙い
- ▶ 主な開発成果，主な利用事例
- ▶ TOPPERS新世代カーネルの必要性，ロードマップ
- ▶ 新たに早期リリースするソフトウェア
- ▶ 進行中のソフトウェア開発
- ▶ TOPPERSライセンス
- ▶ 成果物利用とプロジェクト参加のお誘い

組込みシステム開発の課題と方向性

組込みシステム開発を取り巻く状況

半導体技術
の進歩



従来からの組込みシステムの大規模化・複雑化

- ▶ 機器の複合化・デジタル化・ネットワーク化
- ▶ 制御要素に情報処理要素が複合
- ▶ コンピュータ制御による高機能化・高付加価値化

組込みシステムの適用分野が拡大

- ▶ コンピュータの小型化・低価格化により広がる適用分野

開発期間の短縮やコストダウンに対する要求

- ▶ 製品の早期の市場投入が収益を大きく左右
- ▶ 新興国との競争の中で今まで以上のコストダウン要求
 - ➔ QCDの3つを同時に満たすことが困難に

(単一の)プロセッサの高速化の限界

- ▶ 消費電力(=発熱量)が最大の制約条件に

組込みシステム/ソフトウェア開発の課題

設計品質の確保/向上

- ▶ システムの大規模化により、ディペンダビリティ(信頼性, 安全性, セキュリティ, ...)の確保が困難に

開発の効率化(生産性の向上)

- ▶ システムの複雑化や品質要求により, 開発効率が低下

その他にも多くの技術的課題(主なもの)

- ▶ 新しいハードウェア技術(例: マルチコア)への対応
- ▶ これまで以上に高い信頼性・安全性の達成
- ▶ 低消費エネルギー(電力)化
- ▶ 情報セキュリティの確保

その背景にある深刻な問題

！余っているのは人手

組込みシステム技術者 (人財) 不足

組込みシステムの開発効率化と品質確保のために

！ QCD 要求を満たす組込みシステムソフトウェア開発のために取り組むべきこと(相互に関連)

設計抽象度を上げる

- ▶ 設計物を少ないライン数で記述できるようにする
- ▶ 設計の早い段階(上流開発工程)での検証を可能にする

設計資産の再利用の促進

- ▶ 過去の設計資産を再利用することで新規開発分を減らす
- ▶ 差分開発が中心の組込みシステム開発では特に有効

応用分野毎のプラットフォームの構築・活用と共通化

- ▶ 応用分野毎に、それに向けたハードウェア上に、リアルタイムOSと必要なミドルウェアを載せたプラットフォームを構築し、広範に活用する

設計抽象度を上げる

ソフトウェア開発

- ▶ モデルベース開発
 - ▶ ソフトウェアのモデルを記述し、そこからプログラムを(自動)生成することで、記述量を削減
 - ▶ モデルの段階で設計検証を実施

ハードウェア(電子回路)設計

- ▶ 動作レベル設計(≡プログラミング言語による記述)
 - ▶ レジスタ転送レベル(RTL)設計より記述量が小さい

システム設計

- ▶ コンピュータのハードウェア(電子回路)とソフトウェアを一体で設計するシステムレベル設計(ESL)
- ▶ メカまで含むシステム全体のモデルベース設計
技術の例) SysML

設計資産の再利用の促進

設計資産の質の向上

- ▶ 設計資産の再利用は重要だが、レガシー化は避けなければならない(設計根拠を記述したドキュメントが重要)
- ▶ 質の高い設計資産を社内で蓄積することも重要だが、非競争領域については業界レベルで蓄積すべき

再利用を前提とした開発プロセス

- ▶ 設計資産の品質を維持するためには、開発プロセスや組織から考えることが重要
 - ➔ プロダクトライン型ソフトウェア開発

ソフトウェアの部品化の促進

- ▶ ソフトウェアを再利用しやすい形(部品)で開発する
- ▶ ソフトウェアの部品化技術が重要に

プラットフォームの構築・活用と共通化

応用ドメイン毎のプラットフォーム構築

- ▶ 多様な組込みシステムを、1つのプラットフォームでカバーするのは不可能
- ▶ 適切な範囲(これが難しい)の応用ドメインを設定し、それに向けたプラットフォームを構築

プラットフォーム活用によるコスト低減と品質向上

- ▶ 多くのアプリケーションで同一のプラットフォームを用いることで、(アプリケーションあたりの)プラットフォーム開発コストを削減
- ▶ システムの品質確保のために鍵となる部分であり、開発リソースを集中させて高品質なプラットフォームを構築することで、システムの品質向上につながる
- ▶ プラットフォームの共通化・標準化が重要に

プラットフォームの共通化・標準化の例

- ▶ 社内でのプラットフォーム共通化
 - 例) パナソニックのUniPhier (ユニフィエ)
 - ▶ プロセッサとビデオコーデックなどを含むシステムLSIと、ミドルウェアやOSなどのソフトウェアからなるデジタル家電用の統合プラットフォーム
- ▶ 業界内でのプラットフォーム標準化
 - 例) AUTOSAR → <http://www.autosar.org/>
 - 例) JASPAR → <http://www.jaspar.jp/>
 - ▶ 自動車制御システム向けのプラットフォームやツールの標準化
- ▶ デファクト標準によるプラットフォーム標準化
 - ▶ モバイル情報端末(携帯電話等)向けのプラットフォームは、2〜3種類程度に収束していただくろう

組込みシステムの今後の変化

！ 組込みシステムの社会インフラ化

制御と情報処理の統合

- ▶ 組込みシステムと情報システムの統合 (例: スマートグリッド)
 - ▶ 異なる開発文化の擦り合わせ
- ▶ デイペンダビリティ要求の深化
 - ▶ セキュリティと安全性 (セキュリティ) の両立 ← ネットワークによる機能再配置

ネットワークによる機能再配置

- ▶ それぞれのシステム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

ハードウェア技術の変化

(まずは)マルチコアプロセッサ

- ▶ 消費電力あたりの性能向上のためには不可欠な技術
- ▶ ただし、普通に使いこなせるようになるには、技術開発と人材育成のために、もう少し時間が必要

その先は？

- ▶ メニーコア？
 - ▶ ハードウェア的には実現可能なレベルに来ているが、ソフトウェア開発がついていけるか？
 - ▶ 適用される分野が限られるのでは？
- ▶ (リ)コンフィギュラブルロジックの活用
 - ▶ ハードウェアの援用による性能向上
 - ▶ FPGA: 汎用チップ上に専用回路(過剰な汎用性の排除)

TOPPERSプロジェクトの概要と取組み

TOPPERSプロジェクトとは?

TOPPERS = Toyohashi Open Platform for
Embedded and Real-Time Systems



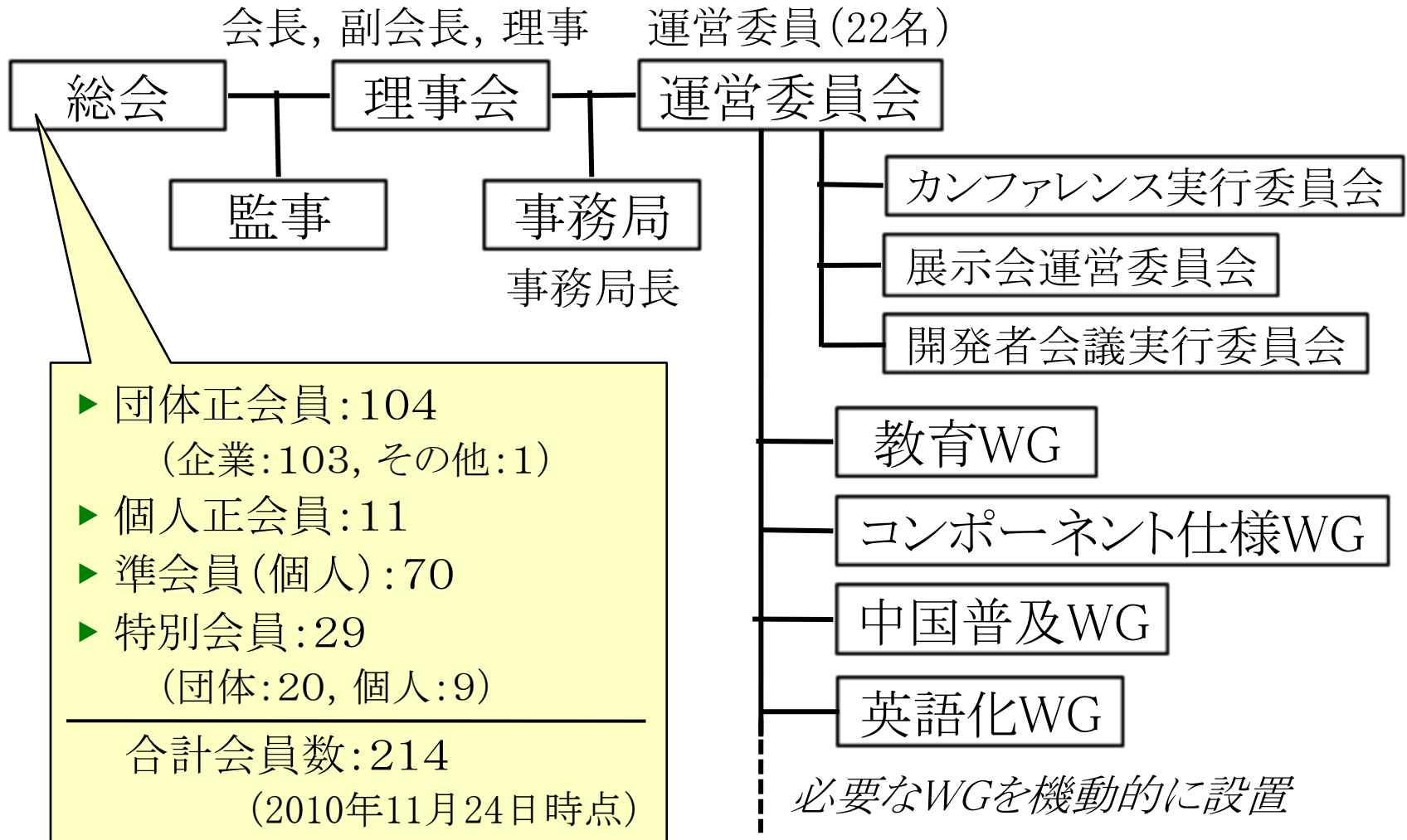
プロジェクトの活動内容

- ▶ 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

- ▶ 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

- ▶ 組み込みシステムの要求に合致するし、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

組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発

- ▶ 高品質な組み込みシステムの効率的な開発を支援

組み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

TOPPERSとプラットフォーム

- ▶ TOPPERSプロジェクトは、組込みシステムのプラットフォーム構築技術を開発する
 - ! TOPPERSの2つめの“P”は、プラットフォームの“P”
- ▶ 各応用分野向けのプラットフォームを開発するわけではなく、応用分野毎のプラットフォームを構築するために必要な部品(コンポーネント)を開発する
 - ▶ ただし、自動車制御システム向けについては、実際のプラットフォーム開発まで行う
- ▶ また、それらの部品を組み上げてプラットフォームを構築するための技術の開発にも取り組んでいる
 - ▶ TECS:組込みシステム向けのコンポーネントシステム
- ▶ 質の高い設計資産を業界レベルで蓄積する

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

- ▶ μ ITRON4.0仕様のスタンダードプロファイルに準拠したりリアルタイムカーネル

TOPPERS/FI4カーネル

IPA

- ▶ μ 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仕様に準拠したり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（新世代カーネルとTECS）

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

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新世代カーネル統合仕様書

- ▶ μ ITRON4.0仕様をベースに、最近10年の新しい要求に対応できるように改良・拡張したカーネル仕様
- ▶ 作成中（ASP, FMPカーネルの仕様の記述は完成）

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）

主な開発成果（ミドルウェア, ツール）

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. IPv6にも対応

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

TLV (TraceLog Visualizer)

- ▶ RTOS等のトレースログを可視化するためのツール

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

新たに一般公開

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

945SH
(シャープ)



PM-A970 (エプソン)



DO!KARAOKE
(松下電器産業)

FMPカーネルの
最初の利用事例



IPSiO GX e3300 (リコー)



GT-541 (ブラザー工業)



UA-101 (Roland)

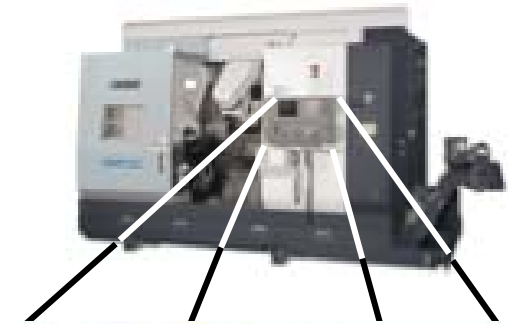
産業機器等への組み込み事例

今回、
採用を公表



キザシ (スズキ)

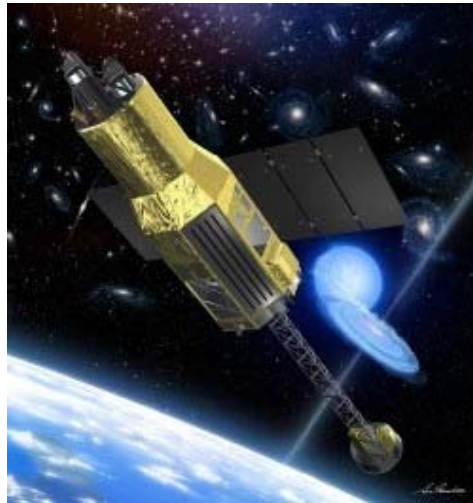
アーク溶接機
DP-350
(ダイヘン)



NC装置 OSP-P200
(オークマ)



H-IIIB (JAXA)
<開発中>



ASTRO-H (JAXA)
<開発中>



マイクロプレート
分析装置 AP-X
(協和メデックス)

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(OSEK/VDX, AUTOSAR仕様をベースに)

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)

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

TOPPERS新世代カーネルの必要性

μITRON4.0仕様が公表されてから、すでに10年が経過

組込みシステムにおける要求の変化

- ▶ システム/ソフトウェアの一層の大規模化・複雑化
- ▶ これまで以上に高い信頼性・安全性
- ▶ 小さい消費エネルギーで高い性能

μITRON4.0仕様以降の各方面の技術開発成果

- ▶ マルチコアプロセッサ対応
- ▶ 保護機能(メモリ保護, 時間保護)
- ▶ 機能安全対応, 省エネルギー制御
- ▶ コンポーネントシステム対応

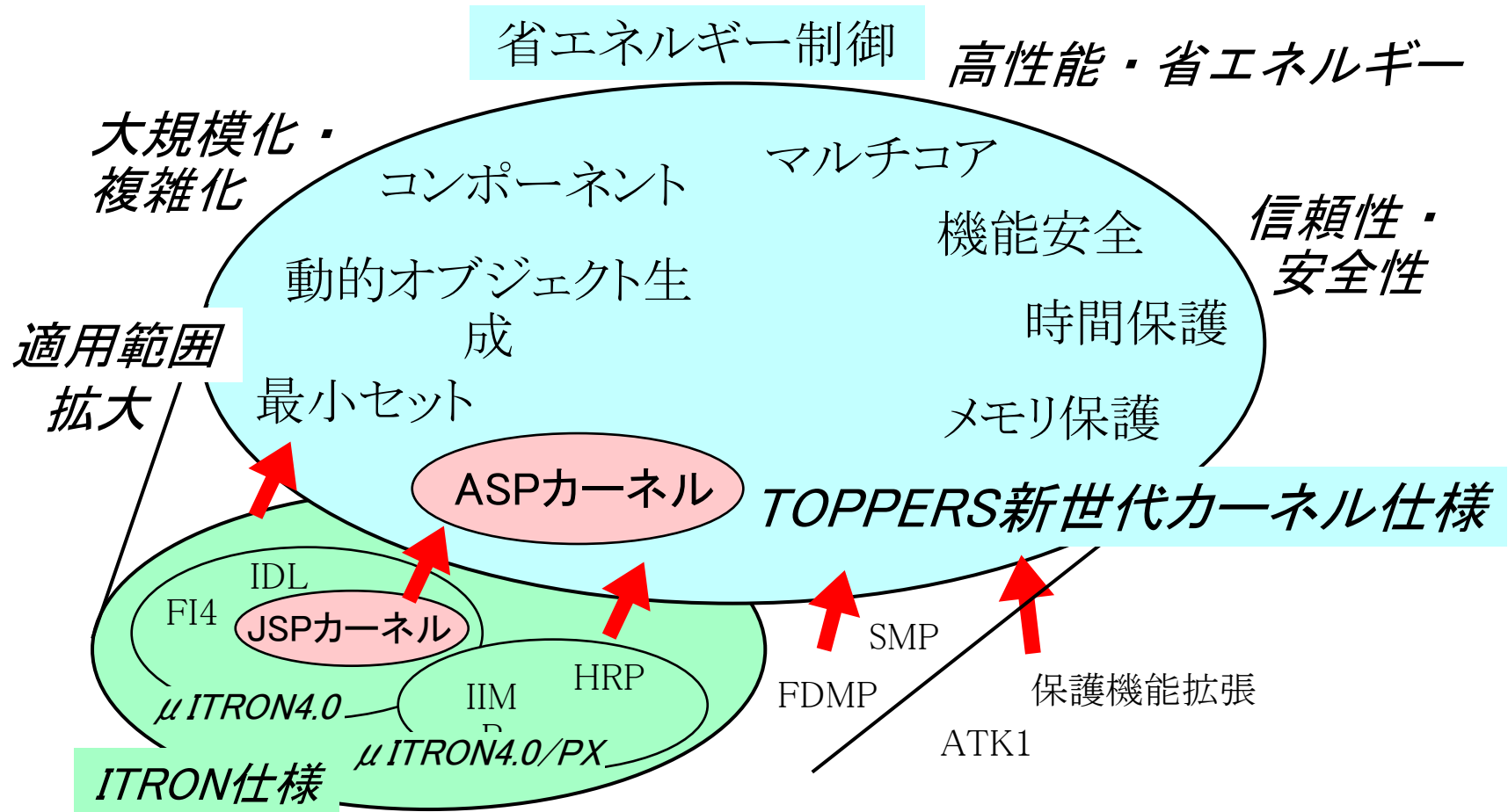
μITRON4.0仕様で完成度が低かった箇所の改良

- ▶ システムコンフィギュレーション手順など

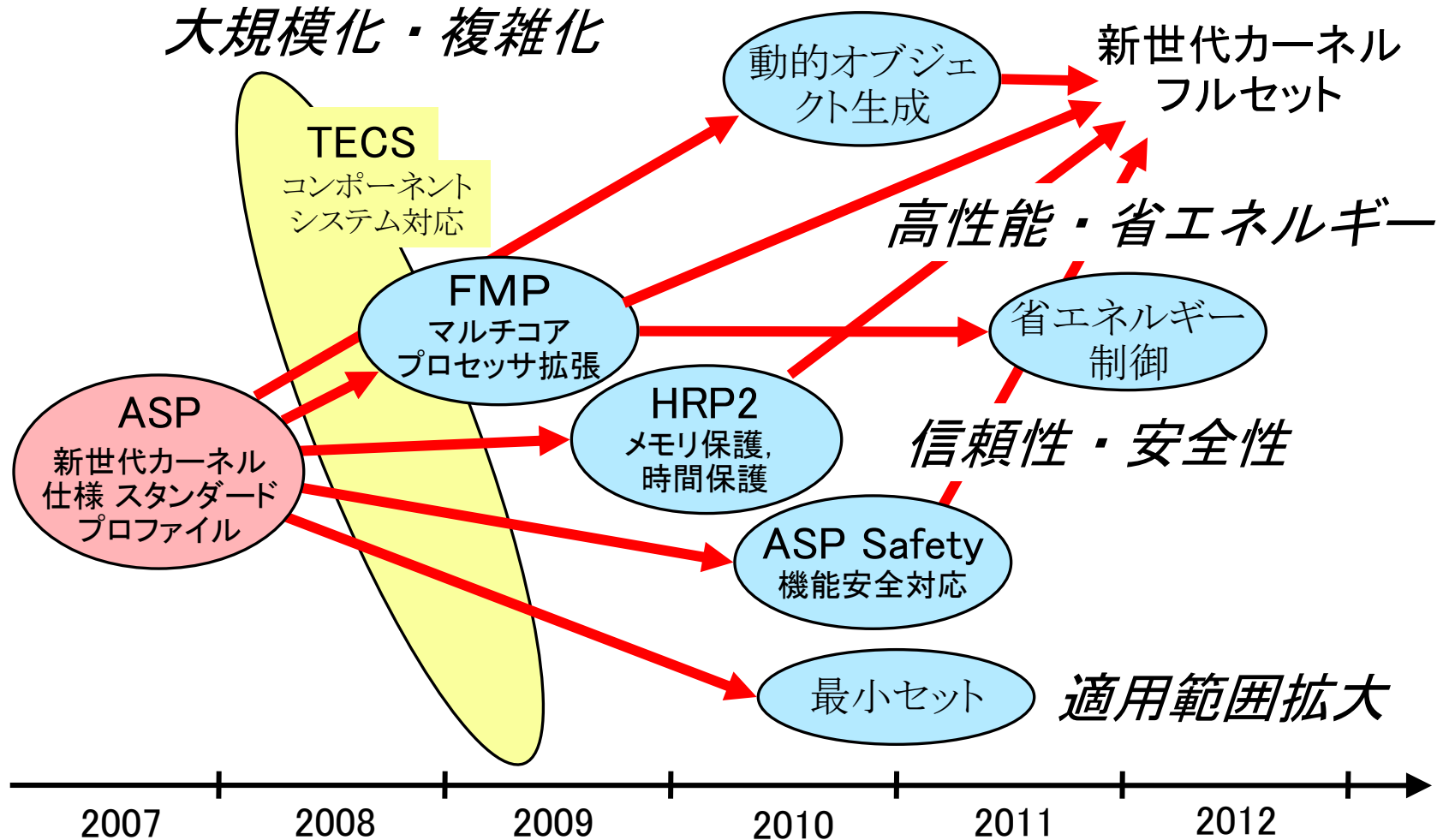
→ これらの要求にこたえる新しいカーネル仕様が必要

TOPPERS新世代カーネル仕様の位置付け

～ ITRON仕様からの発展



TOPPERS新世代カーネル開発ロードマップ



※ リリース前のカーネルの名称は仮称

新たに早期リリースするソフトウェア (1)

TOPPERS/HRP2カーネル

- ▶ ASPカーネルにメモリ保護機能とオブジェクトアクセス保護機能を追加したリアルタイムカーネル
- ▶ メモリ保護ユニット(MPU)を備えたプロセッサを有効活用できる

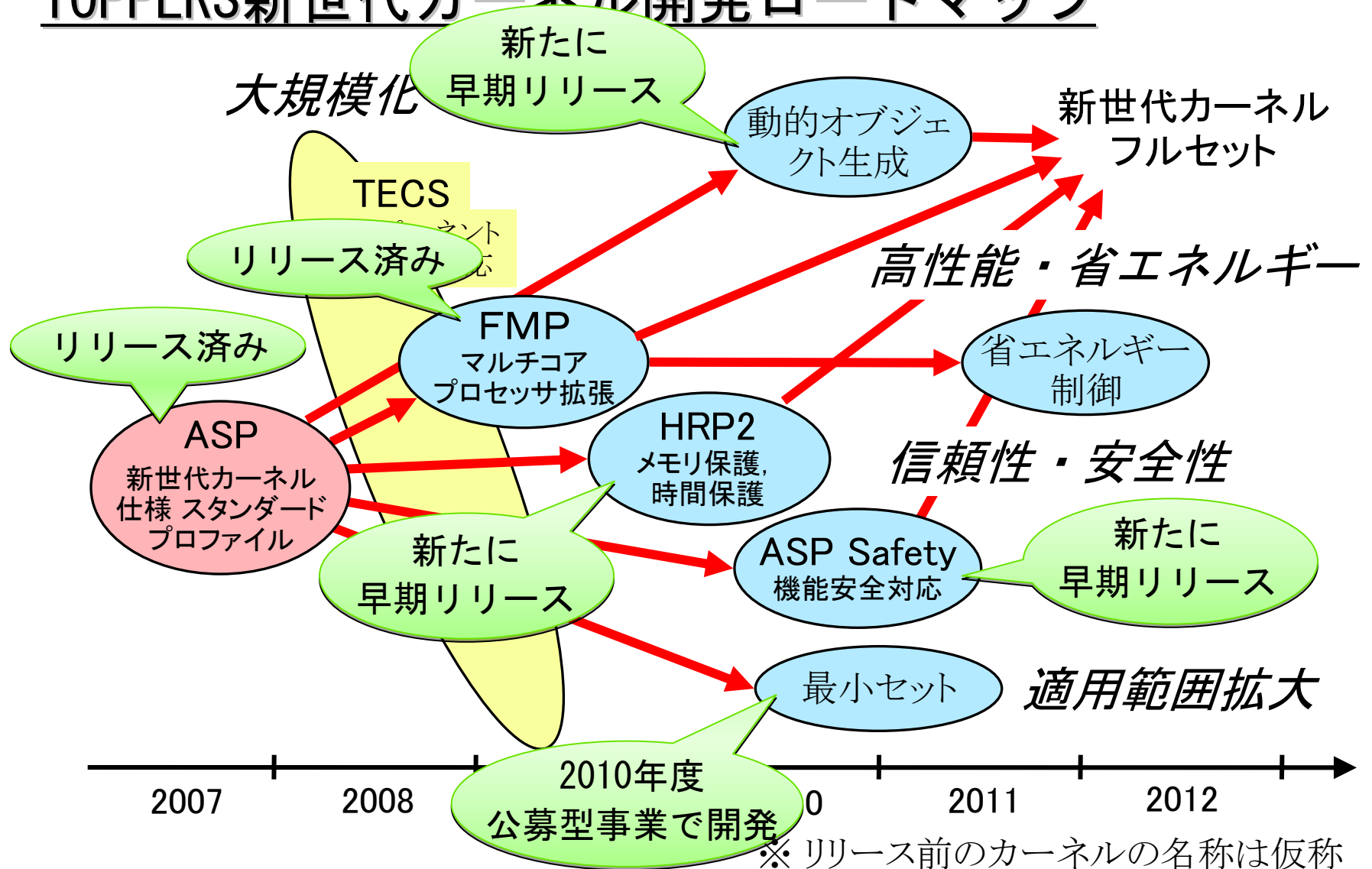
TOPPERS/ASPカーネル 動的生成機能拡張パッケージ

- ▶ ASPカーネルにオブジェクトの動的生成／削除機能を追加するための拡張パッケージ

TOPPERS/ASP Safetyカーネル

- ▶ IEC 61508 (機能安全規格) のSIL 3に準拠したソフトウェア開発プロセスで開発されたリアルタイムカーネル
- ▶ 規格認証に必要な各種のドキュメントを含む
- ▶ 機能的には, ASPカーネルのサブセット

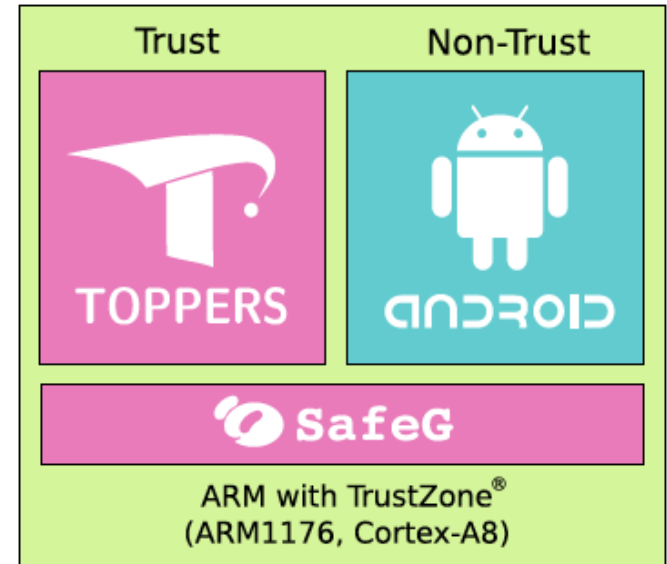
TOPPERS新世代カーネル開発ロードマップ



新たに早期リリースするソフトウェア (2)

SafeG

- ▶ 1つのマイクロプロセッサ上で、汎用OS (LinuxとAndroid)とRTOS (ASPカーネル)を安全に共存して動作させるデュアルOSモニタ
- ▶ ARM TrustZone技術を用い、RTOSをTrust状態、汎用OSをNon-Trust状態で実行
- ▶ 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



Tethys USB Host Stack

- ▶ USB2.0規格に準拠した組込みシステム向けUSBホストスタック
- ▶ 2008年度TOPPERS公募型事業により開発

進行中のソフトウェア開発（主なもの）

TOPPERS組込みコンポーネントシステム(TECS)

- ▶ TOPPERSコンポーネント仕様WGのメンバにより、各種の拡張や完成度向上のための開発が進行中

TOPPERS/FMPカーネルの検証スイート

- ▶ 名古屋大学を中心とするコンソーシアム型共同研究により開発中

最小セットカーネル

- ▶ 2010年度 TOPPERSプロジェクト公募型事業により開発中

次世代車載システム向けRTOS(TOPPERS/ATK2)

- ▶ AUTOSAR OS仕様に準拠したリアルタイムカーネルの開発を、名古屋大学を中心とするコンソーシアム型共同研究により開発することを計画中

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て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(コンポーネント技術)を用いる利点

- ▶ 大規模な組込みソフトウェアの見える化
- ▶ ソフトウェア部品の流通性・再利用性の向上
- ▶ 分散フレームワークによる分散システムの開発効率化

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(現時点では未完成)

次世代車載システム向けRTOS

コンソーシアム型共同研究による開発

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES) が呼びかけ、複数の企業の参加を得て研究開発を実施
- ▶ NCESの開発成果を利用して、AUTOSAR OS仕様をベースに、その問題点を修正したRTOS仕様と実装、検証スイートを開発
- ▶ 実装したRTOSは、TOPPERS/ATK2としてオープンソース化する計画
- ▶ 2011年4月に開始予定で、参加メンバーを募集中

NCESのこれまでの開発成果

- ▶ AUTOSAR OS仕様をベースとしたRTOS仕様と実装、それをマルチコア向けに拡張したRTOS仕様と実装を開発
- ▶ 仕様案をTOPPERS会員向けに公開

活動中のワーキンググループ

教育WG(主査:竹内良輔)

- ▶ 教育コースと教材の作成
- ▶ 実験セミナーや講師向けセミナーの実施

コンポーネント仕様WG(主査:大山博司)

- ▶ 組込みシステム向けのコンポーネント仕様(TECS; TOPPERS組込みコンポーネントシステム)の検討
- ▶ TECSのサポートツールの開発と実証実験

中国普及WG(主査:山本雅基)

- ▶ 対中国普及活動(ウェブサイト等の中国語化, セミナーや講演会の開催)

英語化WG(主査:邑中雅樹)

- ▶ ウェブサイト, 教材, ドキュメント等の英語化

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**

開発成果物の知的財産権に関する規則

基本的な考え方

- ▶ ユーザの利益と開発者の参加しやすさを折衷させる
- ▶ 著作権(侵害が自覚できる)と産業財産権(特許権など, 知らずに侵害する場合がある)を区別して考える

規則の最も重要な部分

- ▶ TOPPERSの開発成果物は, TOPPERSの会員(この規則を守ることに合意している)が開発する
- ▶ 会員は著作権侵害をしない義務
- ▶ 会員は, 自らが開発する開発成果物中に, 自らが所有する産業財産権が利用されている場合には, 開発成果物の利用者に対して, 当該産業財産権の実施を無償許諾
- ▶ 会員は, 開発成果物が何らかの知的財産権を侵害していることを発見した場合に, 報告する義務

プロジェクト発展の方向性

ビジネスの活性化を重視

- ▶ プロジェクト関連のビジネスを活性化させ、参加企業の研究開発投資を引き出すことが極めて重要

何でもオープンにすればよいというものではない！

- ▶ 組込みシステム分野では、オープンソースソフトウェアをベースにしたビジネスモデルが成立しやすい条件

国際展開・普及への取組み


- ▶ 欧米よりもアジア地域への展開を重視
- ▶ 中国普及のために「中国普及WG」を設置
- ▶ ドキュメント等の英語化のために「英語化WG」を設置

テーマ間の優先順位

- ▶ 取り組みたいテーマは多数あるが、積極的に取り組むメンバーがいるテーマから順に取り組む

成果物利用とプロジェクト参加のお誘い

- ▶ 開発成果物はウェブサイトから自由にダウンロードできますので、ぜひご利用ください
- ▶ プロジェクトの活動に参加したい方/活動を支援して頂ける方は、ぜひプロジェクトにご入会ください

 ... High Quality Open Source
インダストリアルコントロールの新しいスタンダードへ

TOPPERSプロジェクトは、組込みシステム開発に有用な高品質なオープンソースソフトウェアと教育コンテンツを開発し、

組込みシステム開発に新しいスタンダードを提案します

<http://www.toppers.jp/>