



TOPPERS: 嵌入式开源OS ～ AUTOSAR规格开源OS 的开发状况 ～

曾 刚

名古屋大学

工学部/信息科学研究科 讲师

Email: sogo@ertl.jp

❖ TOPPERS技术介绍

- TOPPERS概要
- 主要开发成果及应用实例
- TOPPERS专用许可证

❖ AUTOSAR规格开源OS的开发状况

- AUTOSAR简介
- 新一代车载RTOS的开发状况
- AUTOSAR存在的问题点
- TOPPERS的解决策略
- 车载RTOS测试套件的开发

❖ TOPPERS的发展规划

TOPPERS技术介绍



以基于ITRON的研究开发成果为基础，开发各种高质量的开放源代码的嵌入式系统基础软件。同时，提供相关的应用技术。

目标成为在嵌入式领域中 类似Linux地位的OS

❖ 协会的推进主体

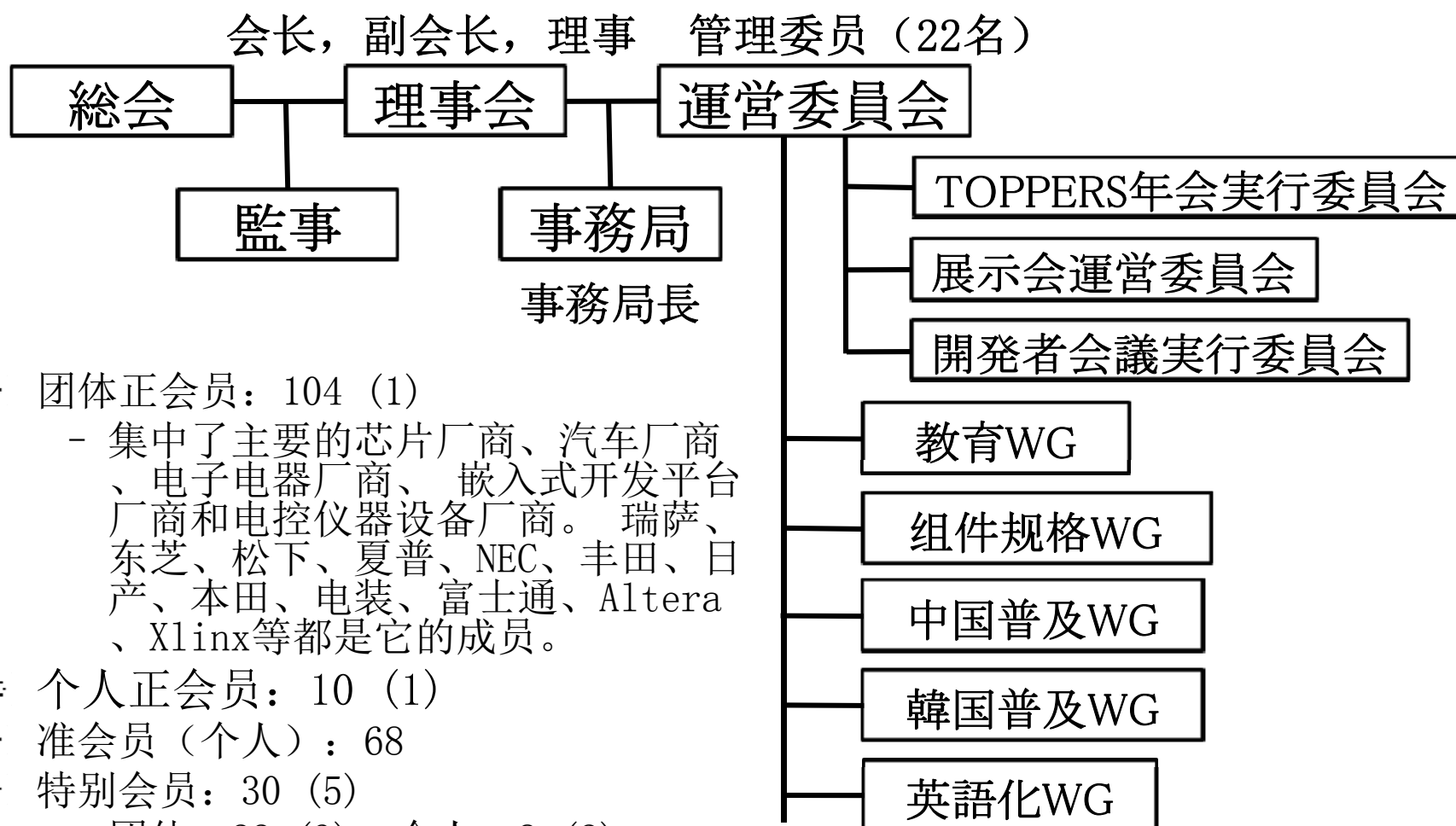
- 由产业界/学术界/政府的团体和个人组成的项目型团体
- 2003年9月注册为非营利组织（NPO）

❖ 协会创始人

- TOPPERS协会会长：名古屋大学 高田广章教授
- 名古屋大学嵌入式系统研究中心（NCES）创始人，主任

- ❖ TRON (The Real-time Operating system Nucleus)
 - TRON项目（坂村健，东京大学教授）制定的嵌入式系统的实时操作系统的标准规格
 - 1984年开始
 - 1999年发表 μ ITRON4.0规格书
 - 2010年作为ITRON规格的标准化团体的TRON协会解散
- ❖ 任何人都可以按照此公开规格开发自己的内核
 - 按照ITRON规格开发的内核不一定是开源的
- ❖ 从1990年代后半起，日本开发的嵌入式系统的30%采用了符合ITRON标准的内核（日本经济产业部和TRON协会的调查结果）
- ❖ ITRON系统是世界上应用最多的操作系统之一

[source: Linux News, Applications: The Most Popular Operating System in the World - By Jan Krikke]



- ⇒ 团体正会员：104 (1)
 - 集中了主要的芯片厂商、汽车厂商、电子电器厂商、嵌入式开发平台厂商和电控仪器设备厂商。瑞萨、东芝、松下、夏普、NEC、丰田、日产、本田、电装、富士通、Altera、Xilinx等都是它的成员。
- ⇒ 个人正会员：10 (1)
- ⇒ 准会员（个人）：68
- ⇒ 特别会员：30 (5)
 - 团体：22 (3)；个人：8 (2)

根据需要灵活地设置WG

合计：212 (2011/5/22)

*() 中为TOPPERS在中国的会员数

嵌入式系统联谊会
华中科技大学
湖南大学

- ⇒ 开发终极版的ITRON规格实时操作系统 **现已基本完成**
 - 减少基于ITRON开发的“过剩投资”和“过多的多样性”
- ⇒ 研究新一代的实时操作系统技术
 - 充分满足嵌入式系统的需求，继承 ITRON 技术的优秀特征，进行新一代嵌入式操作系统技术的研究开发
 - 绝不等同于重复开发第二个 Linux!**
 - 通过开放源代码的理念，有效地集合产业界、学术界、政府等各类团体以及个人的智慧和力量
- ⇒ 研究嵌入式系统的开发技术及开发工具
 - 提升嵌入式系统开发的质量和效率
- ⇒ 推动嵌入式系统开发人才的培养
 - 利用开放式源代码软件的优势，通过提供教材，进行各种形式的普及教育，为嵌入式系统开发人才的培养做出贡献

- ❖ TOPPERS的任务之一就是开发嵌入式系统平台
 - ! TOPPERS的第二个“P”就是Platform（平台）
- ❖ 但是TOPPERS并不开发面向各个领域的系统平台，而是提供构建各应用系统平台所需的组件
 - 作为特例，TOPPERS直接参与开发汽车控制系统基础软件平台
- ❖ TOPPERS也开发将各种部件组合在一起构建系统平台的技术
 - TECS：面向嵌入式系统的组件系统
- ❖ 积累了众多可以直接应用于产业界的高质量的设计资产

- ❖ TOPPERS/JSP内核 **最早的开发成果**
 - 符合 μ ITRON4.0规格的标准功能要求的实时内核
- ❖ TOPPERS/FI4内核 **信息处理推进机构**
 - 实现了 μ ITRON4.0规格规定的所有功能的实时内核
- ❖ TOPPERS/FDMP内核 **信息处理推进机构**
 - 面向功能分散型多核系统的实时内核
- ❖ TOPPERS/HRP内核 **与JAXA共同开发**
 - 面向高可靠性系统，具有内存保护等功能的实时内核
 - 由日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）进行了验证

❖ TOPPERS/ASP内核 **新一代内核的起点**

- 相对于JSP内核，从可靠性/安全性/软件可移植性等方面进行了多种扩张和改良
- 其扩张软件包可支持对象的动态生成

❖ TOPPERS/FMP

- 以ASP内核为基础针对多核系统进行了扩张

❖ TOPPERS新一代内核的综合规格

- 基于 μ ITRON4.0，为满足近10年来的新的需求而改良/扩张的内核规格
- 正在制定过程中，已经完成了ASP，FMP和HRP2内核的规格定义

⇒ TINET 经济产业部 地方联合体

- 符合ITRON TCP/IP API规格的紧凑型IP协议栈。支持IPv4 和IPv6

⇒ FatFs for TOPPERS

- 支持FAT12/16/32的文件系统

⇒ CAN/LIN中间件包 经济产业部 地方联合体

- 支持CAN和LIN的通信中间件

⇒ RLL (Remote Link Loader) 信息处理推进机构

⇒ DLM (Dynamic Loading Manager)

- 上述两个都是实现动态调用的中间件，但所使用的实现方式不同

- ❖ TECS（TOPPERS嵌入式组件系统：TOPPERS Embedded Component System）
 - 将各软件模块封装为组件，通过将必要的组件结合在一起，快速构建大规模嵌入式软件的技术（规格和工具）
- ❖ SafeG
 - 在单一处理器上，使通用OS和实时OS同时安全运行的双OS虚拟化技术
- ❖ TLV（TraceLogVisualizer）
 - 实时OS的执行履历的可视化工具
- ❖ TOPPERS Builder
 - 采用Eclipse/CDT的基于TOPPERS内核的应用综合开发环境
 - 提供能在Bootable Linux上运行的Bootable CD-ROM
- ❖ TTSP（TOPPERS软件测试套件包：TOPPERS Test Suite Package）
 - TOPPERS 新一代内核的测试套件
 - 包括独自の测试脚本语言，以及由脚本自动生成测试程序的软件工具

❖ 初级开发讲座教材

提供中英文版本

- 通过动手实践，学习在RTOS上进行嵌入式软件开发的基础

❖ 中级开发讲座教材

提供中文版本

- 学习网络编程及系统设计手法

❖ 基础1开发讲座教材

- 学习小规模嵌入式系统的开发和RTOS的基础

❖ 基础2开发讲座教材

- RTOS的讲解和内核调用的开发体验

❖ 其他的教育材料

- TOPPERS版压水车，TOPPERS两足行走机器人教材
- 面向嵌入式工程人员的TECS教育教材
- 面向ET机器人大赛的TOPPERS培训教材

❖ 消费电子产品



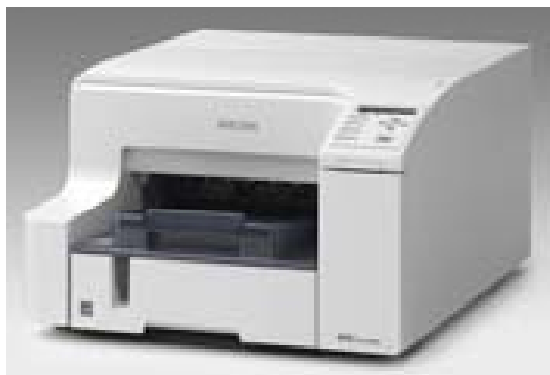
PM-A970 (EPSON)



DO!KARAOKE
(PANASONIC)

最初采用FMP
内核的产品

945SH
(SHARP)



IPSiO GX e3300
(Ricoh)



GT-541 (Brother)



UA-101 (Roland)

TOPPERS OS 开发成果应用事例

工业产品及其它应用

在车身控制中采用了TOPPERS/ATK1和CAN/LIN 中间件



Kizashi (SUZUKI)



H-IIIB (JAXA)
(开发中)



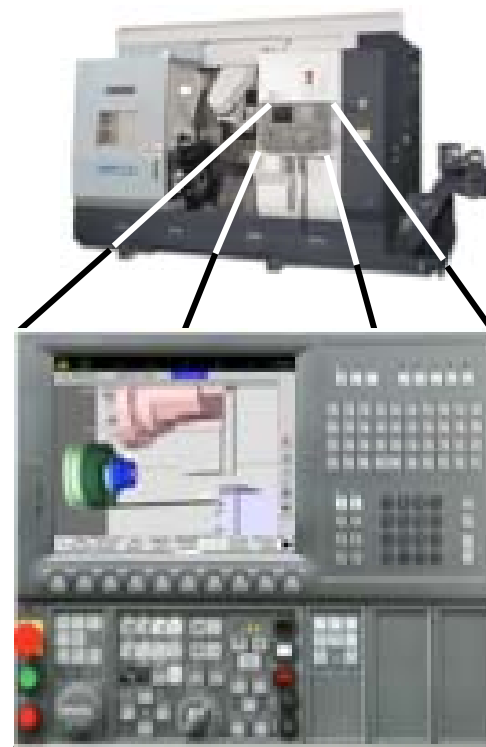
ASTRO-H (JAXA)
(开发中)



AP-X (Kyowa MEDIX)



DP-350 (Daihen)



OSP-P200 (Okuma)

TOPPERS开发的软件使用独自的软件许可证

❖ 基本出发点

- 考虑到嵌入式系统的具体情况，提供相对于GNU GPL、BSD等更为开放的许可证条件
- 通过宣传TOPPERS开发成果的实际使用事例，以获得进一步开发所需要的资金。为此，希望得到TOPPERS成果在什么领域被如何使用的信息

❖ 许可证的内容

- TOPPERS软件的派生物没有必要作为开放源代码公开，也可以进行销售以获取商业利益
- 在嵌入式设备中使用本软件时，仅需要向TOPPERS协会报告即可（报告义务）

— — Reportware — —

AUTOSAR规格开源OS的开发状况

大规模复杂化的软件

- 怎样取得高可靠性，安全性
- 怎样有效利用以前的软件资产

❖ ECU的大量使用

- 成本增加
- 设置空间不足

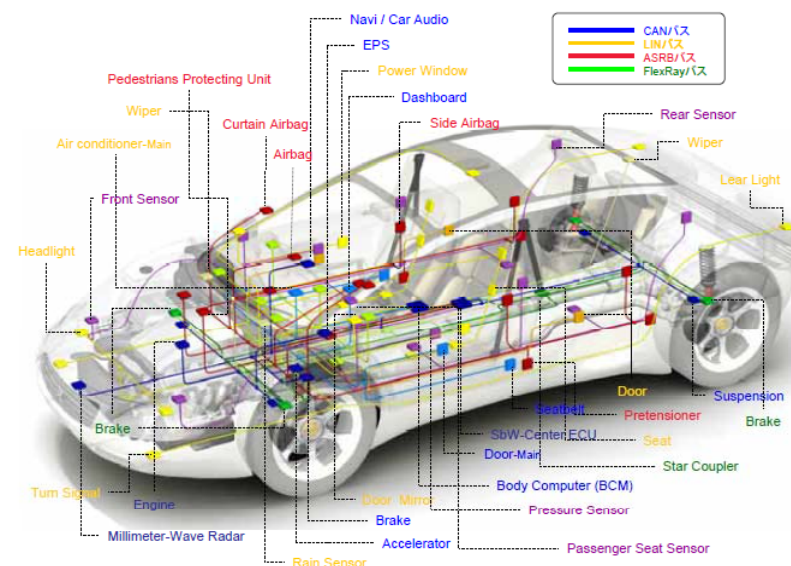
❖ 复杂的车载网络结构

- ## - 增加的设计复杂度



LEXUS LS-460

- 超过100个ECUs
- 7百万行软件代码



<http://www.renesas.com>

❖ 常规的基于组件的开发

- 首先（独立）开发ECU
 - 由汽车零部件供应商开发ECU的硬件和软件
- 然后通过集成各零部件厂商开发的ECU来完成整车设计

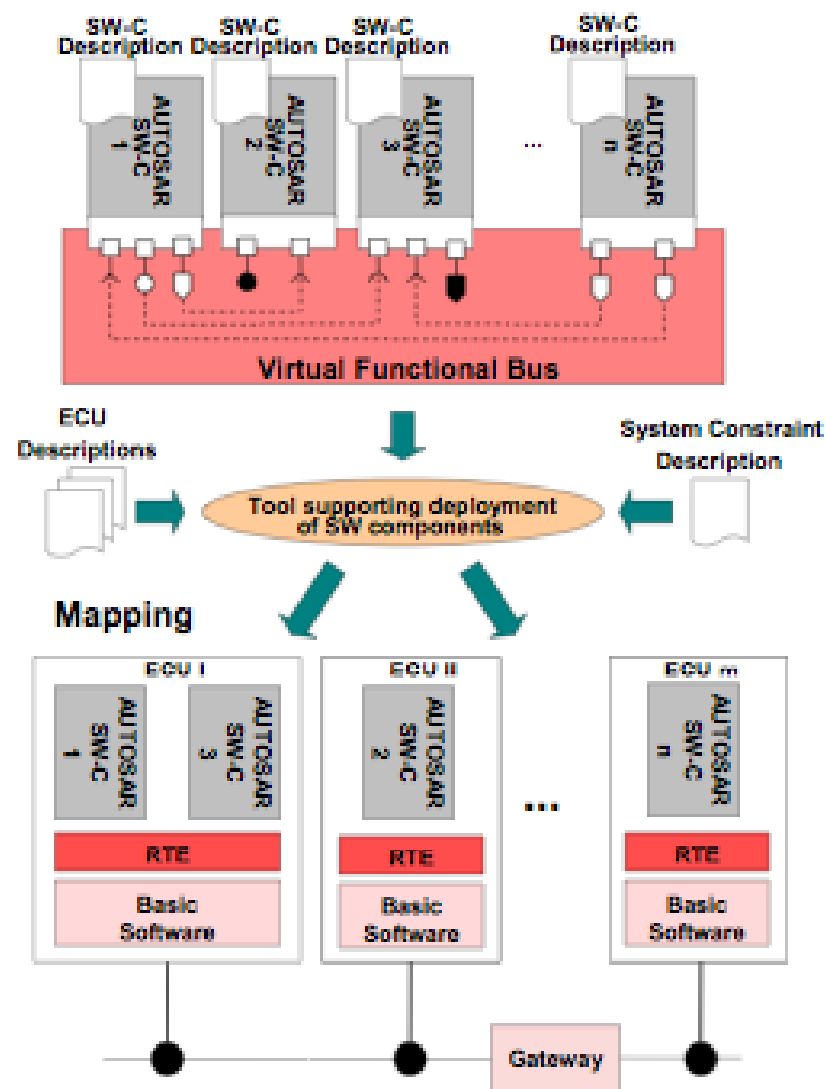
❖ 基于标准平台的开发

- 首先应该开发标准平台（ Platform (PF) ）
 - $PF = \text{Hardware PF} + \text{Software PF} + \text{Network}$
 - $\text{Software PF} = \text{OS} + \text{middleware}$
- 然后在平台之上开发应用

- ❖ AUTOSAR (AUTomotive Open System Architecture)
- ❖ 2003年由汽车生产，汽车零部件，电子，半导体软件企业结成的全球协作组织
 - 致力于降低软件的复杂性，制定汽车基础软件平台的工业标准
- ❖ 核心成员（2010年为止）

BMW	Daimler	PSA Peugeot Citroen
Bosch	Ford	Toyota
Continental	GM	Volkswagen
- ❖ 2006年春开始发行最早的规格系列
- ❖ 2010年春发行最新的规格4.0
 - 包括大约100个标准规格和大约80个相关文档
- ❖ 2010年开始进入第三阶段

- ❖ 系统由一系列的软件组件构成，它们之间通过虚拟功能总线相连
- ❖ 通过使用配置工具，将系统映射到不同的ECUs，并通过车载网络将这些ECUs相连
- ❖ ECU和系统的制约作为输入提供给工具
- ❖ 软件平台包括runtime环境（RTE）和基础软件（BSW）



❖ Runtime环境 Run-Time Environment (RTE)

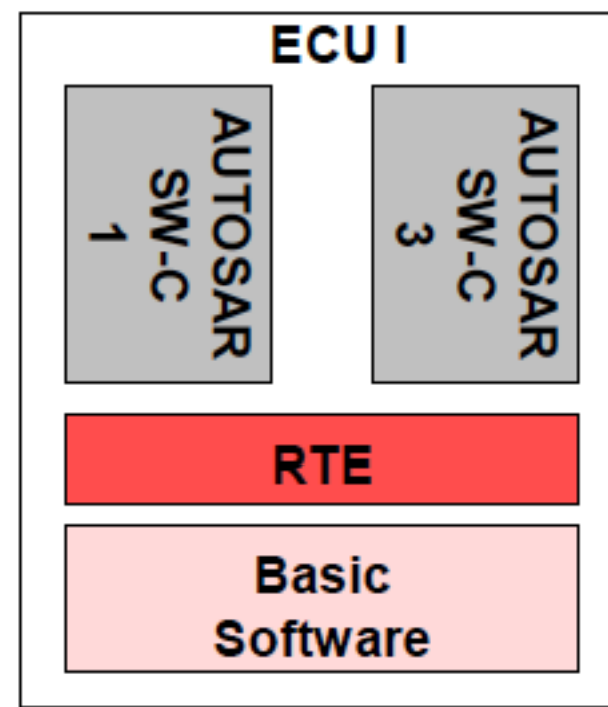
- 提供软件组件之间的接口，以及软件组件和基础软件之间的接口
- 为软件组件提供基础软件服务(API抽象层)

❖ 通过软件组件之间，以及软件组件与基础软件之间通信接口的描述，由工具产生RTE的源代码

AUTOSAR 平台最大的特征

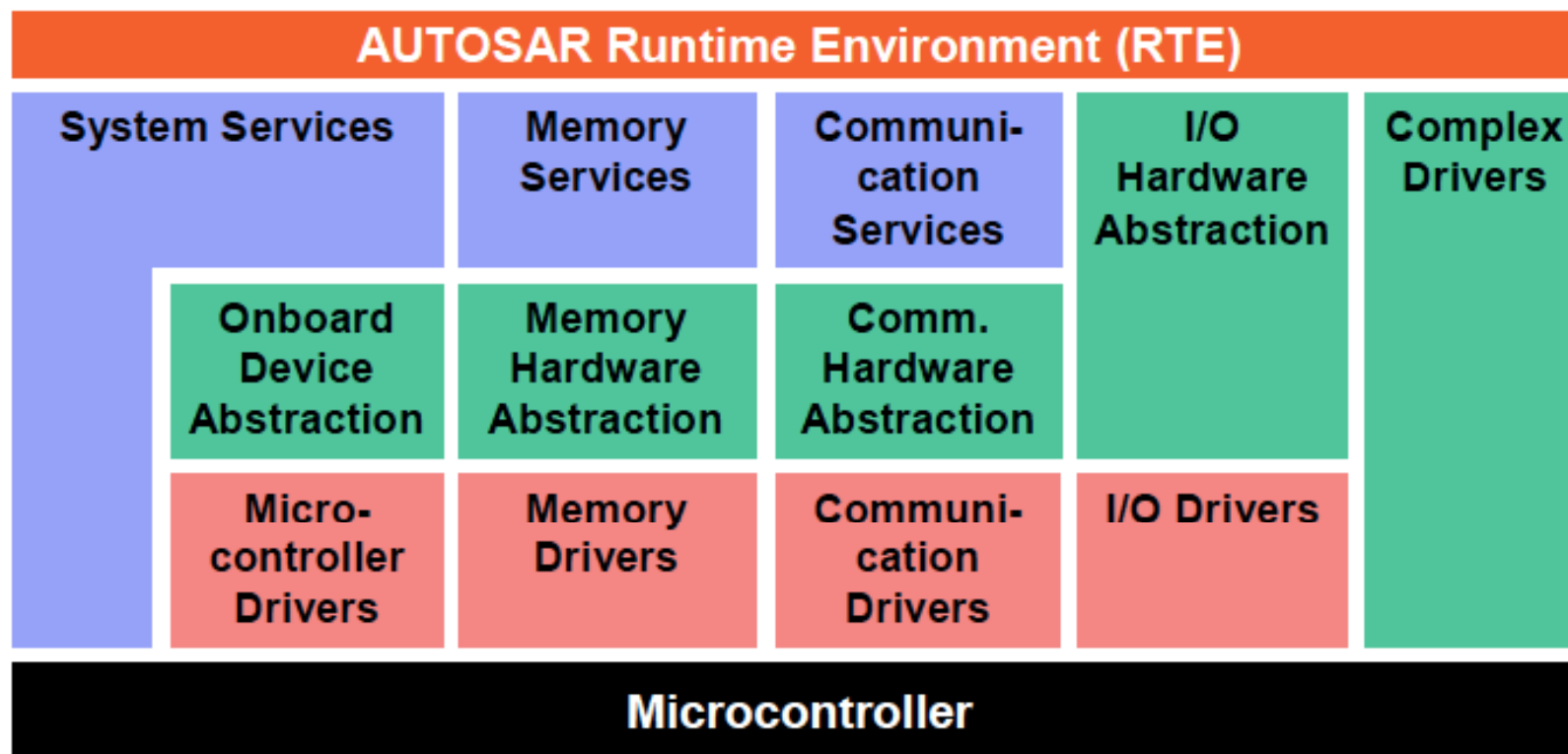
❖ 基础软件 Basic Software (BSW)

- OS
- 中间件
- 设备驱动



❖ 基础软件 (BSW) 结构

- 4个功能组 (system, memory, communication, I/O) 按3层组织 (service, ECU abstraction, microcontroller abstraction)
- 合成驱动 (作为层与层之间的捷径)



❖ Japan Automotive Software Platform Architecture

- 成立于2004年，以日本汽车制造企业为核心的车载软件标准化推进团体
- 致力于开发车载控制系统中的网络，中间件和软件平台技术

❖ 主要成员

- ▶ 丰田汽车
- ▶ 本田
- ▶ 电装
- ▶ 日产
- ▶ 丰田通商电子

❖ 其他成员

- 包括汽车制造公司，汽车零部件公司，半导体公司，和软件公司等约100个成员

❖ 主要活动

- FlexRay相关标准化活动(5Mbps和2.5Mbps FlexRay的使用方法，规格试验等)
- 基于AUTOSAR标准的软件平台开发
- ISO26262汽车安全规格的对应

❖ TOPPERS/ATK1内核（第一代车载软件内核）

- 最早版本2004年11月开始公开
- 符合汽车控制系统领域的国际标准OSEK/VDX规格的实时内核
- 通过MODISTARC验证（下载后可直接用于产品）
- 符合MISRA-C语言设计规约
- 已在铃木多款汽车上应用

❖ CAN/LIN中间件包

- 支持CAN和LIN的通信中间件

❖ TOPPERS FlexRay中间件包

- 2006年面向会员公开
- 由时间触发模块，通信功能，网络管理功能构成

❖ 开发目标

- 制定基于AUTOSAR OS 规格的新一代车载嵌入式系统RTOS规格，并在此基础上开发RTOS
- 预定以TOPPERS/ATK2的名称，在2012年作为TOPPERS成果公开源码

❖ 基础研究阶段（2008年~2010年）

- 以名古屋大学嵌入式系统研究中心（NCES）为基地，通过与丰田汽车公司的合作，进行了设计研究，编码，测试以及性能评价。
 - 实现了AUTOSAR OS 规格的 SC1, SC2, SC3
 - 对AUTOSAR OS 规格进行了针对多核的独自の扩展

❖ 设计实现阶段（2011年~）

- 以NCES为中心，通过联合体（consortium）共同研究的形式继续开发
- TOPPERS在AUTOSAR OS多核实现技术上处于世界领先水平

❖ 项目的定位

- 通过吸引众多企业参加名古屋大学嵌入式系统研究中心(NCES)设定的研究开发课题，以联合体共同研究形式来推进研究和开发
- 培养高级研究开发人才的重要环节之一

❖ 参加企业（2011年5月为止，按50音顺）

- | | |
|--------------------|------------------|
| - WITZ | - 日本电器通信系统 |
| - OTSL | - Panasonic 先进技术 |
| - Sunny Giken Inc. | - 富士软件 |
| - 电装 | - 富士通VLSI |
| - 东芝 | - 瑞萨电子 |
| - 丰田汽车 | |

❖ 研究开发内容

- 制定基于AUTOSAR OS 规格的新一代车载嵌入式系统RTOS规格
- 根据制定的规格设计实现RTOS并进行评价
- 开发验证套件

❖ 研究开发体制

- 相关企业有12名技术人员常驻NCES参与开发
- 名古屋大学有8名老师和研究员参加

❖ 研究开发期间

- 第一阶段从2011年4月到2012年3月
- 根据进展和成果以决定是否继续

❖ 研究开发成果

- 除了验证套件仅对会员开放之外，其它研究开发成果将开放源代码

❖ 开销大

- 如果完全实现了规格中定义的全部功能，程序大小和执行时开销都非常大

❖ 未定义内存保护的配置方法

- 与内存保护相关的配置方法没有作出规定

❖ 多核扩展不完善

- AUTOSAR 4.0 规格的多核扩展难以满足实时性的要求

❖ 规格书难以理解

- AUTOSAR OS规格书采用与OSEK/VDX OS规格的差分方式撰写，需要同时了解两个规格，理解起来比较困难

❖ 其它的一些细节问题

与实际应用不适宜的一些问题

❖ 开销大

- 按照保护功能不同要求水准追加保护功能规格的子集
 - 与有效性相比，开销很大的功能作为可选功能
 - 比如非信赖OS应用的ISR2
- 为了减轻RTOS的开销，规定并导入了相关硬件功能
 - 比如硬件支持的多核间互斥控制功能

❖ 未定义内存保护的配置方法

- 追加了独自的规定
 - 采用TOPPERS项目已开发的相关技术

❖ 多核扩展不完善

- 制定了独自的能满足实时性要求的多核扩展规格（ TOPPERS在AUTOSAR 4.0多核版本公开发布之前既已开展该项研究）
- 采用了TOPPERS项目已开发的相关技术

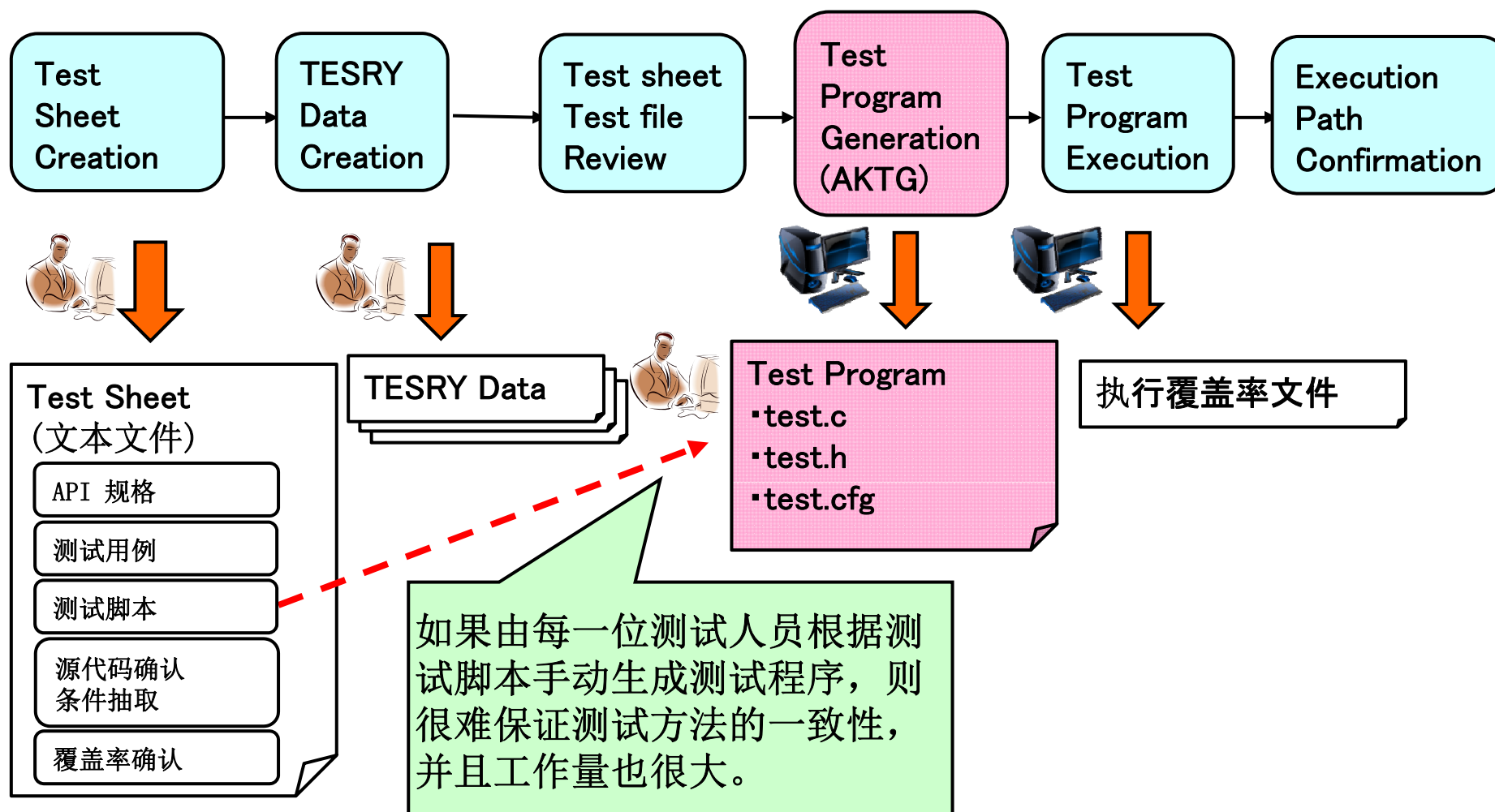
❖ 规格书难以理解

- 独自作成将OSEK/VDX OS规格和AUTOSAR OS规格统一记述的规格书

❖ 其它的一些细节问题

- 针对细节问题逐个检讨并解决之

API测试流程



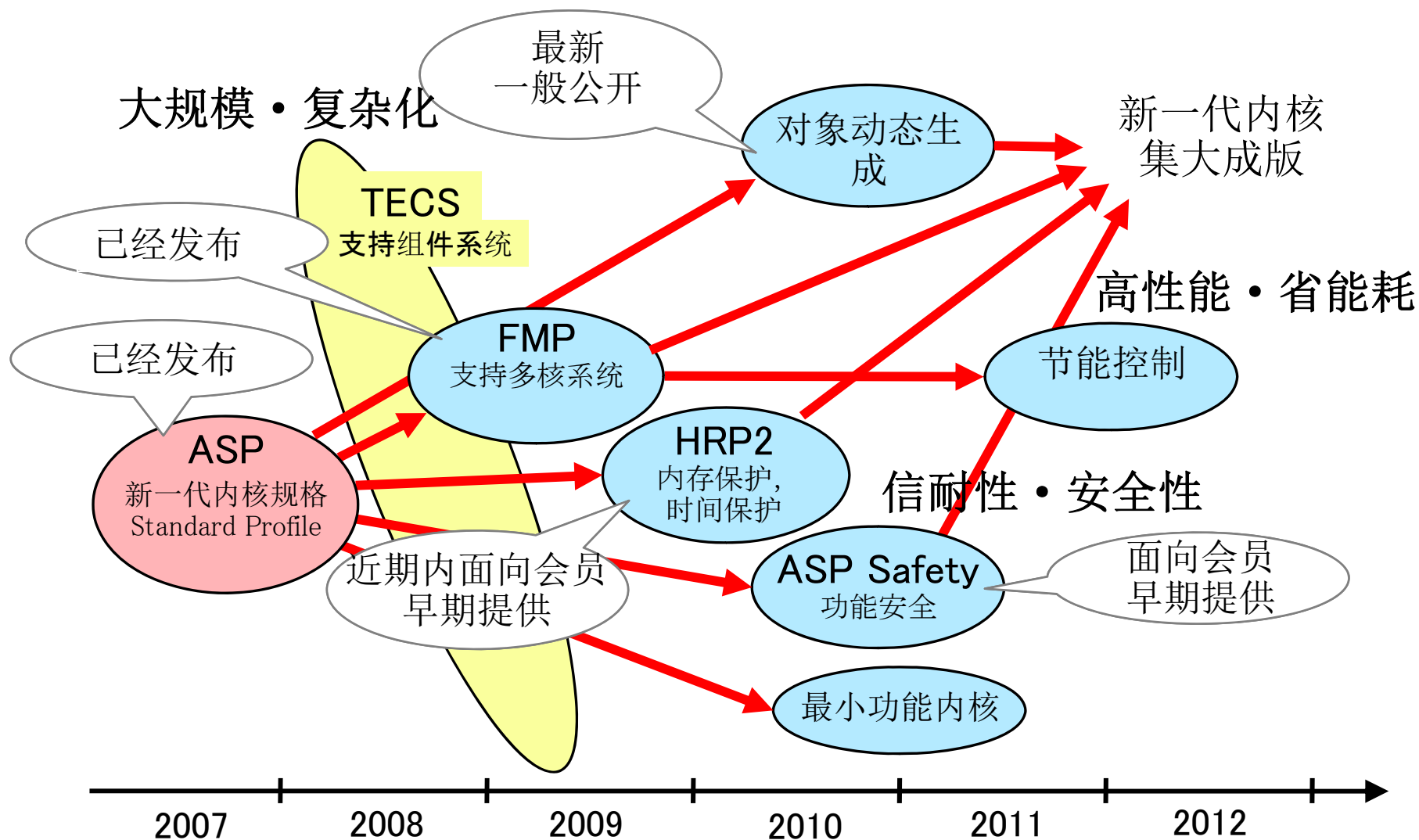
TOPPERS发展规划

❖ TOPPERS的发展方向

- 重视与TOPPERS关联的各种商业发展机会
 - 为了使基于开源软件的商业模式更容易成功，并不追求一切都要开源
- 国际推广和普及
 - 重视亚洲地区的推广和普及，设立中国普及WG和韩国普及WG

❖ 今后的工作重心

- 新一代实时内核技术：**追求高可靠性·安全性·实时性！**
 - TOPPERS新一代内核（ITRON规范的发展）
 - 新一代车载系统RTOS(以OSEK/VDX, AUTOSAR规格为基础)
- 嵌入式软件组件化技术
 - TECS（TOPPERS Embedded Component System）
- 嵌入式系统平台及开发工具
 - 各种中间件和虚拟化技术
 - 开发工具(仿真器，视觉化工具)
- 嵌入式技术人员培训教材的开发
 - 培养嵌入式平台技术人员
 - 向ET机器人大赛提供RTOS，中间件和教材



- TOPPERS重视在亚洲地区的推广和普及
- TOPPERS重视使用TOPPERS成果所开展的商业活动
- 欢迎下载和使用TOPPERS的各种开发成果
- 欢迎加入TOPPERS协会，以推动TOPPERS工程的进一步发展
- TOPPERS在中国开展的有关活动敬请访问TOPPERS中文网站



... High Quality Open Source

面向工业控制的新标准

TOPPERS协会致力于为嵌入式系统领域提供高质量的开源软件以及教育资源，为嵌入式系统开发提出新的标准

日文 <http://www.toppers.jp/>

中文 <http://www.toppers.jp/cn/>