

リアルタイム情報家電マルチコア用 OSCAR API

早稲田大学 情報理工学科
木村啓二

マルチコアのソフトウェア開発

- 並列化
- メモリ最適化
- データ転送最適化
- 低消費電力化

OSCARコンパイラ

OSCAR API

様々なマルチコア

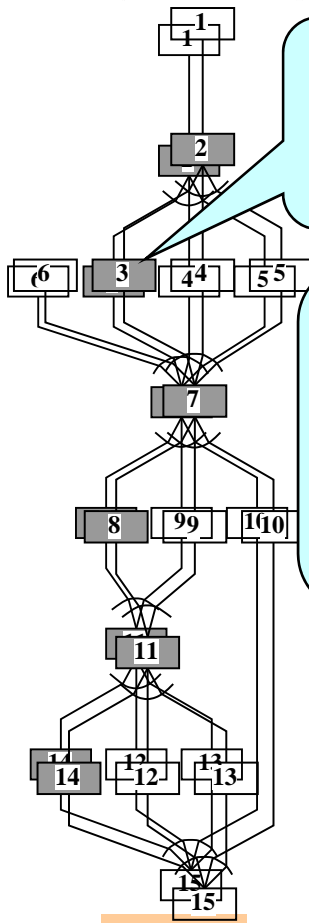


マルチグレイン並列処理

- ▶ プログラム全域にわたる最適化
 - ループイタレーションレベル並列化
 - 通常の並列化コンパイラ
 - 粗粒度タスク並列化
 - 近細粒度並列化



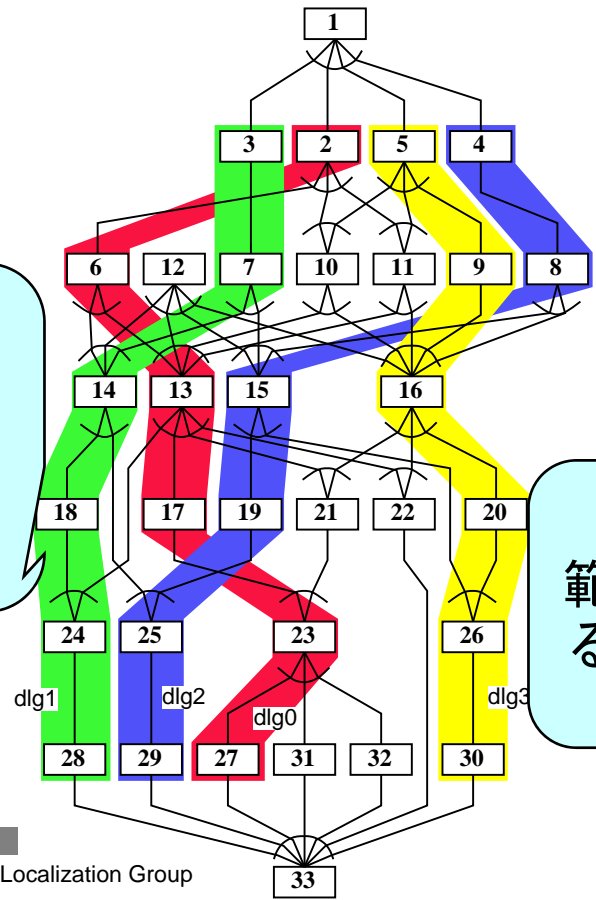
メモリ最適化技術 データローカライゼーション



データを共有するループの解析

キャッシュ・ローカルメモリのサイズを考慮して分割
(整合分割)

MTG



Data Localization Group

4分割後のMTG

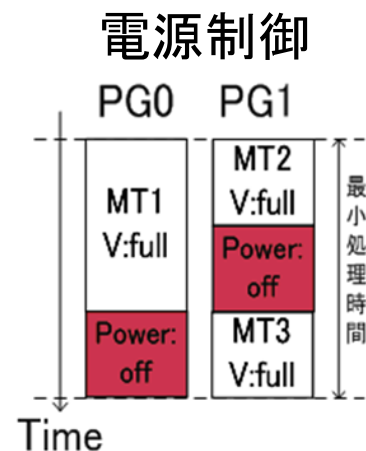
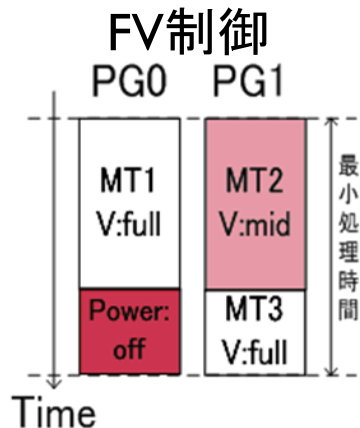
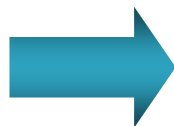
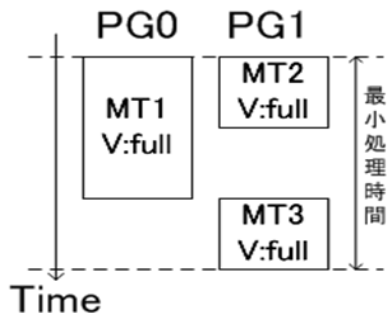
同一データ範囲を共有する小ループを連続実行

2プロセッサへの割り当て

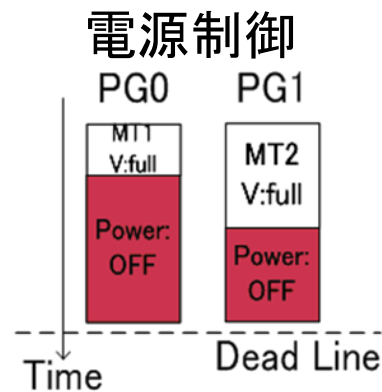
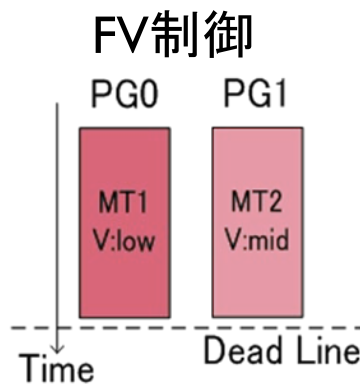
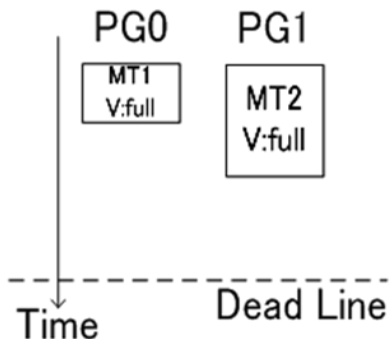
PE0	PE1
12	1
2	3
6	7
4	14
8	18
15	5
19	9
25	11
29	10
13	16
17	20
22	26
21	30
23	24
27	28
	32
	31

低消費電力化技術

- 処理ユニット負荷不均衡時の電源・周波数電圧制御
スケジューリング結果



スケジューリング結果



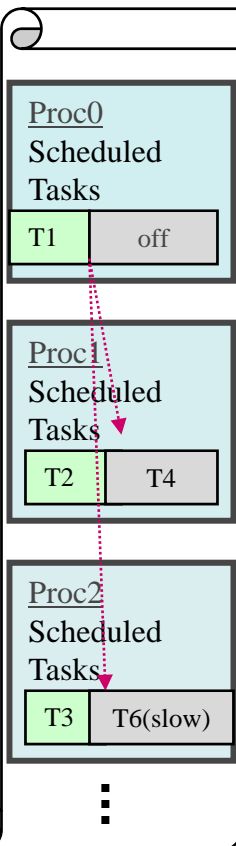
OSCAR APIと各マルチコアに対する コード生成

逐次
プログラム

OSCAR
コンパイラ

- ・マルチグレイン
並列化
- ・メモリ最適化
- ・データ転送
最適化
- ・低消費電力化

Parallelizable Cで
記述



Backend Compiler

OpenMP
Compiler

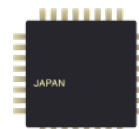
Exec.
Object



Backend Compiler

API
Decoder Native
Compiler

Exec.
Object

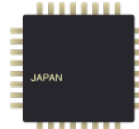


FR1000

Backend Compiler

API
Decoder Native
Compiler

Exec.
Object

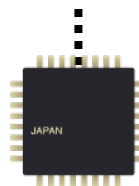


RP1/RP2

Backend Compiler

API
Decoder Native
Compiler

Exec.
Object

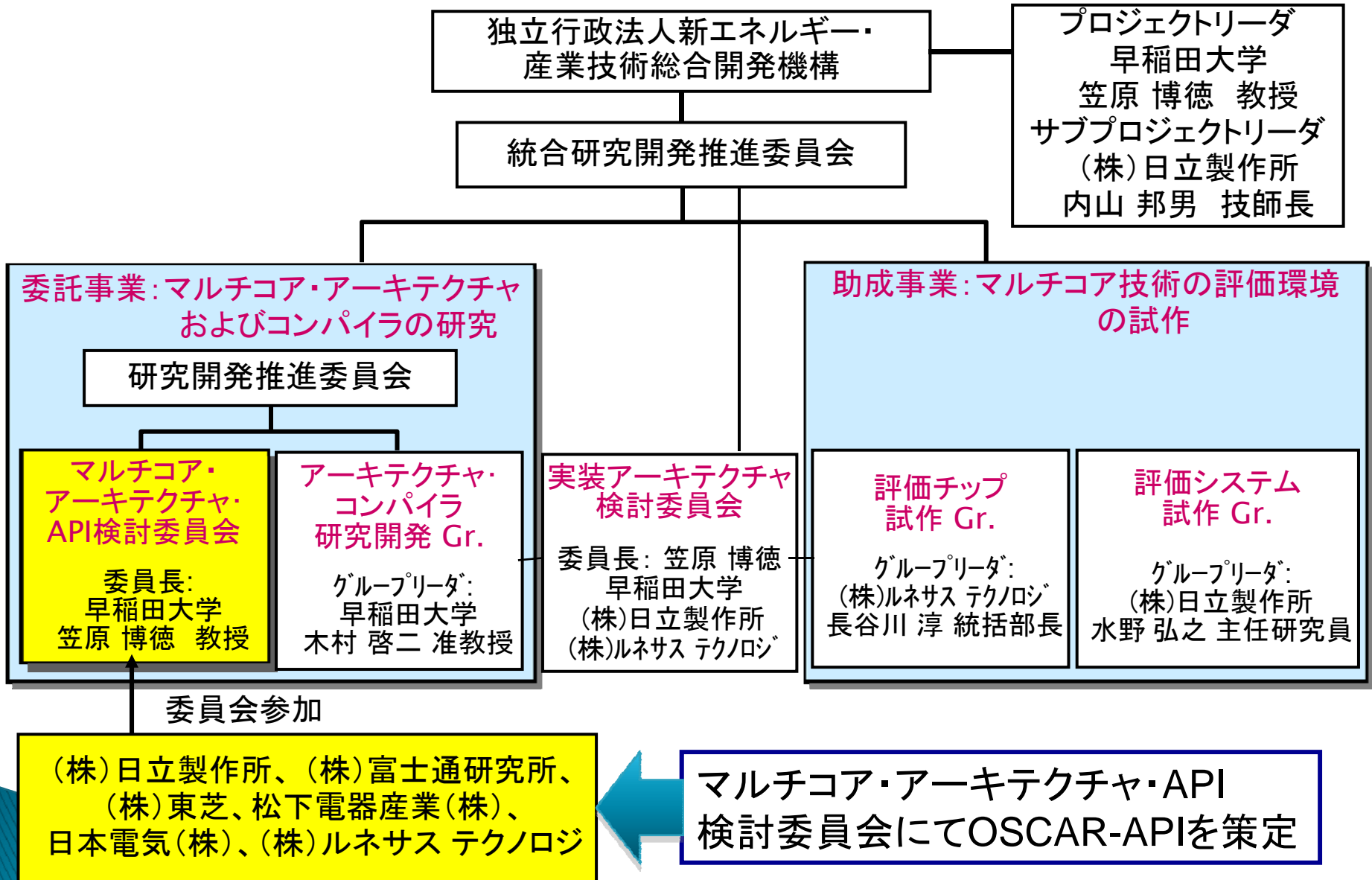


Other

Multicores

**OSCAR API入り
並列化Cプログラム**

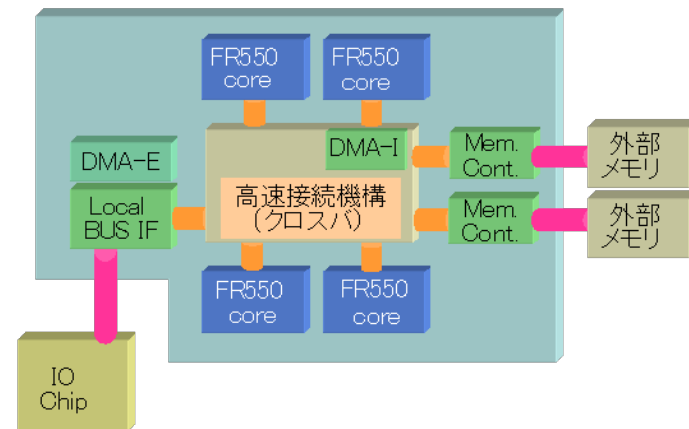
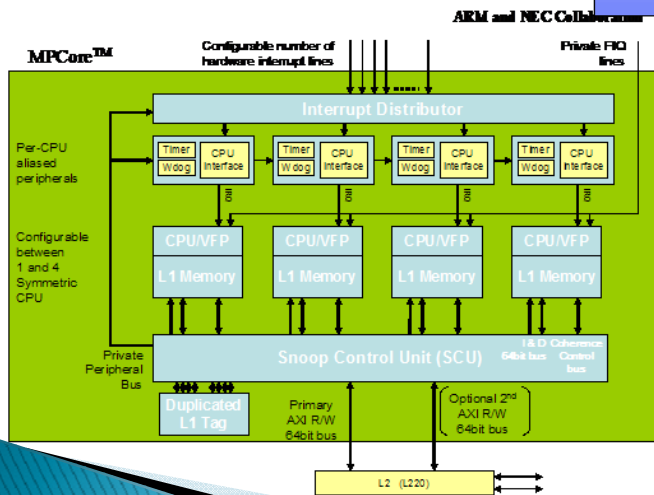
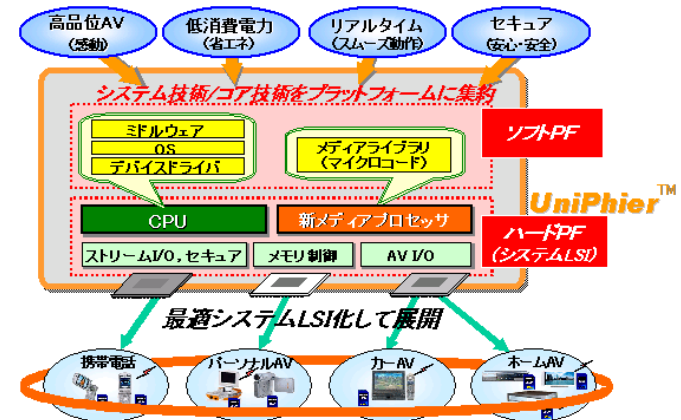
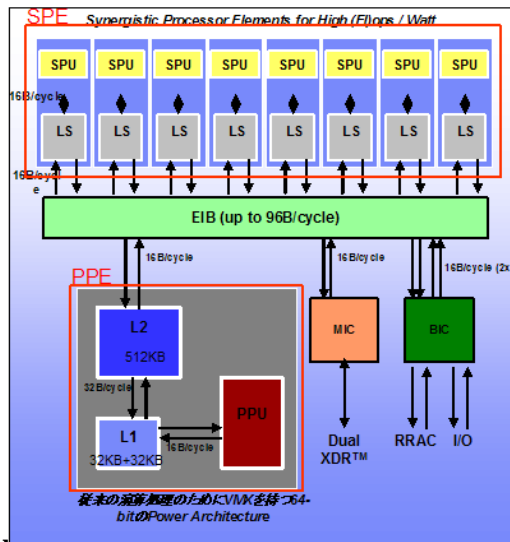
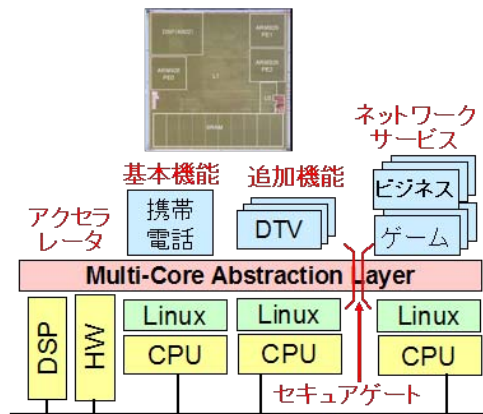
リアルタイム情報家電用マルチコア技術研究開発実施体制



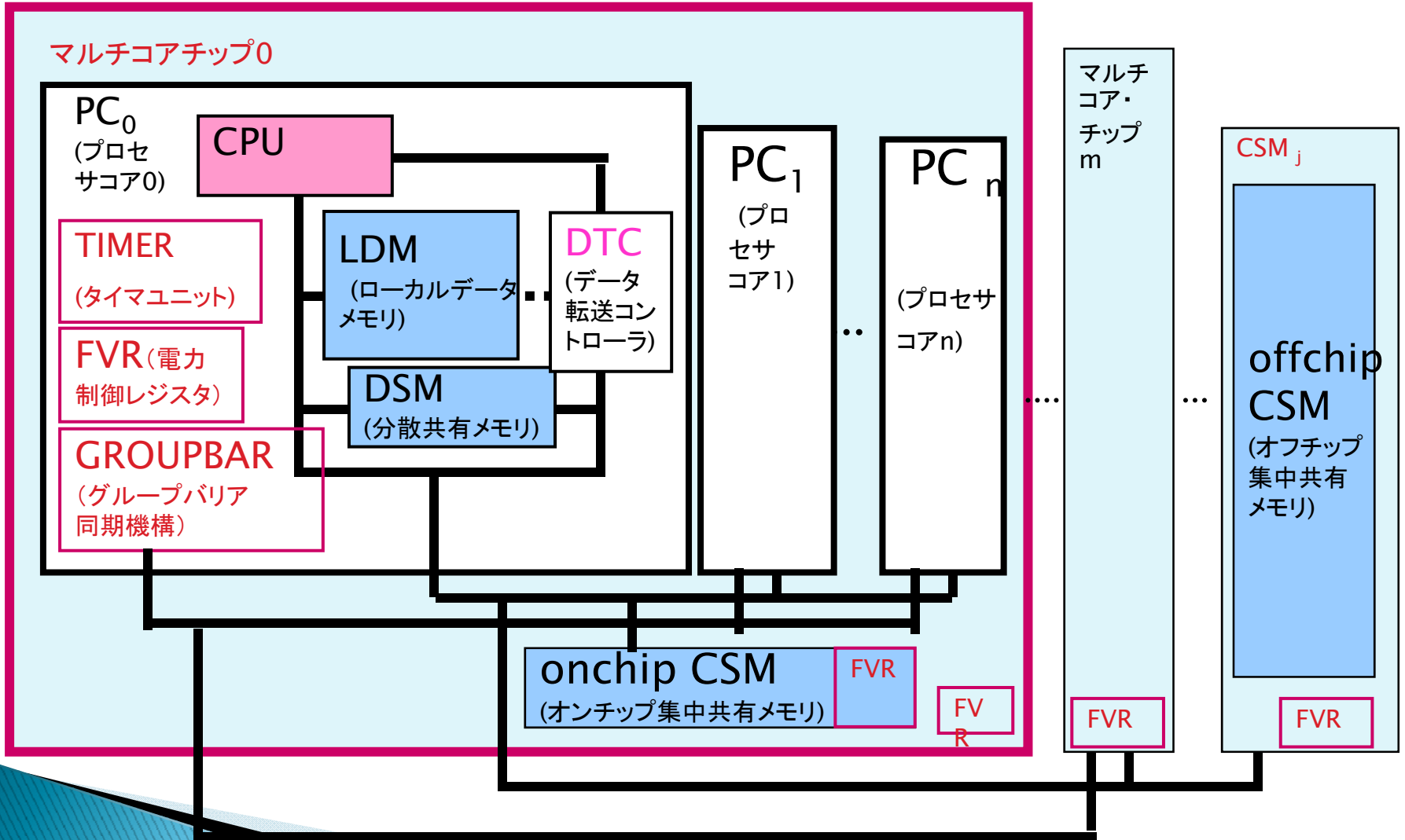
OSCAR API

- ▶ 主にリアルタイム情報家電機器が対象
 - 様々なメモリアーキテクチャ
 - SMP, ローカルメモリ, 分散共有メモリ, ...
- ▶ 産官学連携
 - 日立、ルネサス、富士通、東芝、パナソニック、NEC
 - 経済産業省・NEDOのサポート
- ▶ OpenMPのサブセットがベース
 - 共有メモリモデルの、サーバ機等で非常によく使われる並列化API
 - OpenMPコンパイラでコンパイル可能
- ▶ 6つのカテゴリ
 - 並列実行
 - メモリ配置
 - データ転送
 - 電力制御
 - タイマ
 - 同期

様々なマルチコアアーキテクチャ



OSCARメモリアーキテクチャ



並列実行

- ▶ 並列処理の開始
 - #pragma parallel sections (C)
 - !\$omp parallel sections (Fortran)
- ▶ クリティカルセクションの指定
 - #pragma omp critical (C)
 - !\$omp critical (Fortran)
- ▶ メモリー貫性の維持
 - #pragma omp flush (C)
 - !\$omp flush (Fortran)
- ▶ 以上、OpenMPより

スレッドの実行モデル

OpenMPのparallel sections – sectionを使用
(並列処理の指示をプログラム中のコメントで記述する)

```
#pragma omp parallel sections
{
#pragma omp section
main_vpc0();
#pragma omp section
main_vpc1();
#pragma omp section
main_vpc2();
#pragma omp section
main_vpc3();
}
```



VPC: Virtual Processor Core

メモリ配置

▶ ローカルデータメモリ(LDM)に変数を配置

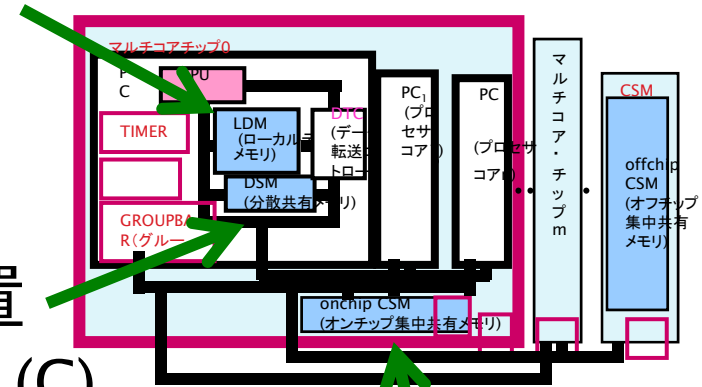
- #pragma omp threadprivate (C)
- !\$omp threadprivate (Fortran)
- OpenMPの指示文に対する拡張

▶ 分散共有メモリ(DSM)に変数を配置

- #pragma oscar distributedshared (C)
- !\$oscar distributedshared (Fortran)

▶ オンチップ集中共有メモリ(onchipCSM)に変数を配置

- #pragma oscar onchipshared (C)
- !\$oscar onchipshared (Fortran)

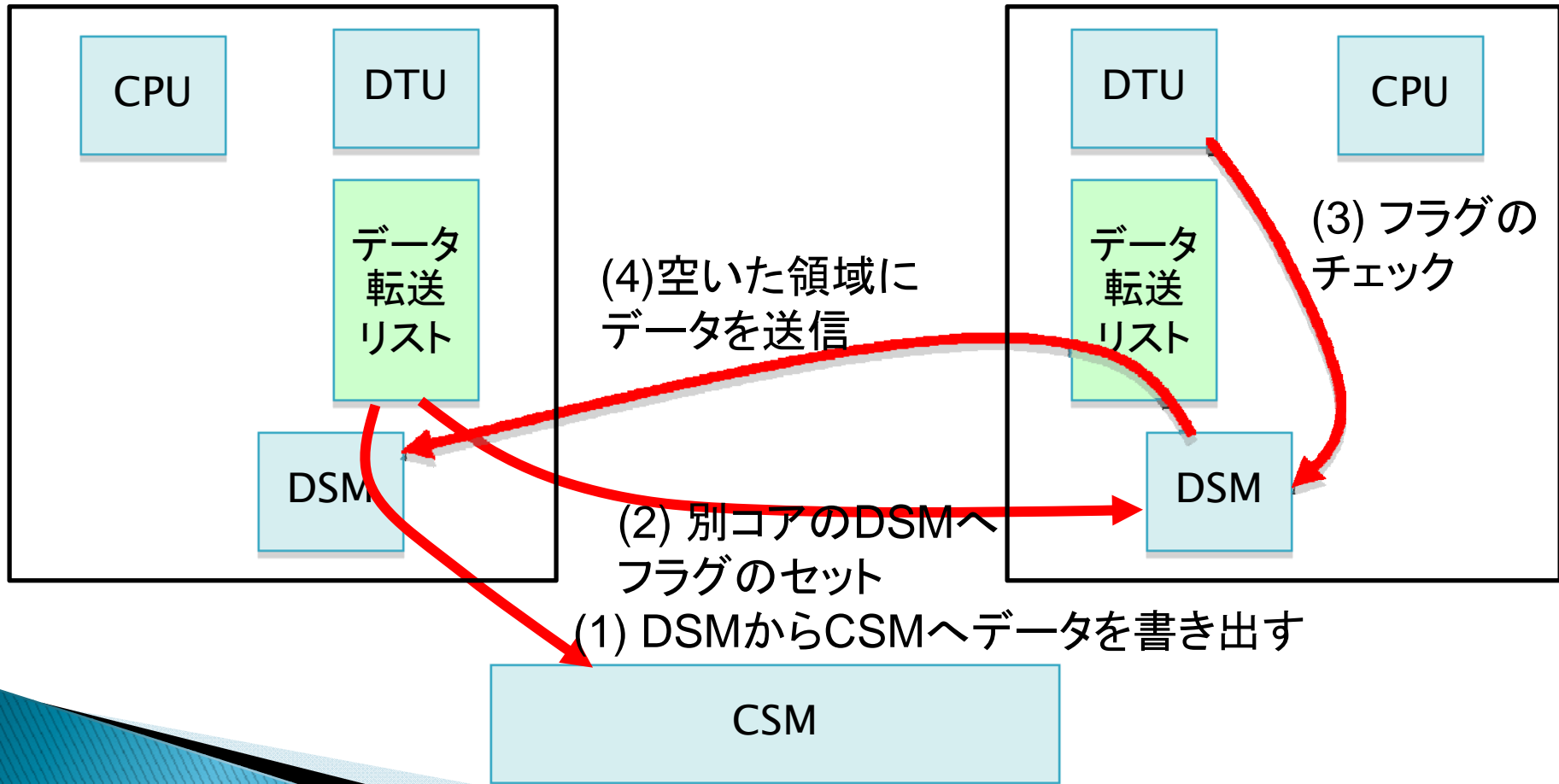


データ転送

- ▶ データ転送コントローラによる転送リストの指定
 - `#pragma oscar dmatransfer (C)`
 - `!$oscar dma_transfer (Fortran)`
- ▶ 連続領域のデータ転送
 - `#pragma oscar dma_contiguous_parameter (C)`
 - `!$oscar dma_contiguous_parameter (Fortran)`
- ▶ スライド転送
 - `#pragma oscar dma_stride_parameter`
 - `!$oscar dma_stride_parameter`
 - scatter/gather転送も可能
- ▶ データ転送間の同期
 - `#pragma oscar dma_flag_check`
 - `!$oscar dma_flag_check`

データ転送の同期の例

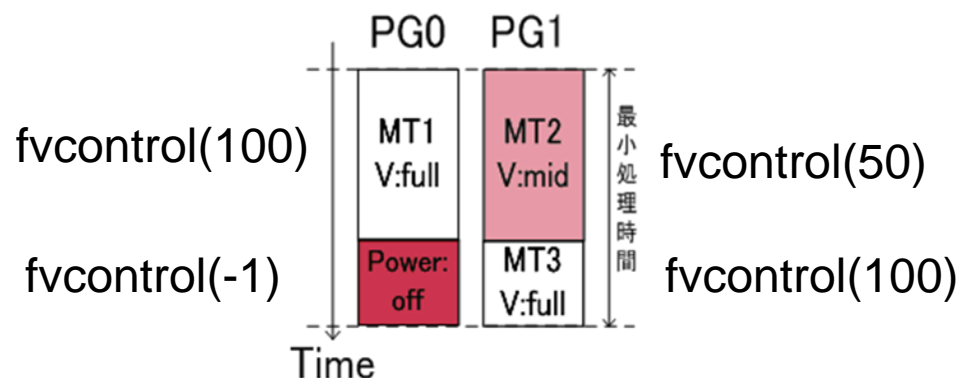
CPUとDTUは独立して動作



電力制御

▶ CPU等の各モジュールの電力状態(周波数、電圧、電源供給状態)の設定

- #pragma oscar fvcontrol (C)
- !\$oscar fvcontrol (Fortran)
- 電力状態の例
 - 100: 最大周波数
 - 50: 50%の周波数
 - 0: クロックオフ
 - -1: 電源遮断



▶ 電力状態の取得

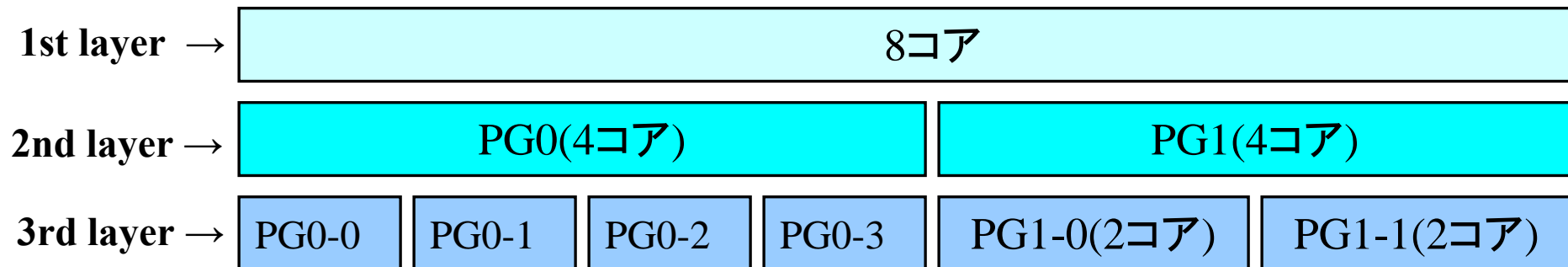
- #pragma oscar get_fvstatus (C)
- !\$oscar get_fvstatus (Fortran)

タイマ

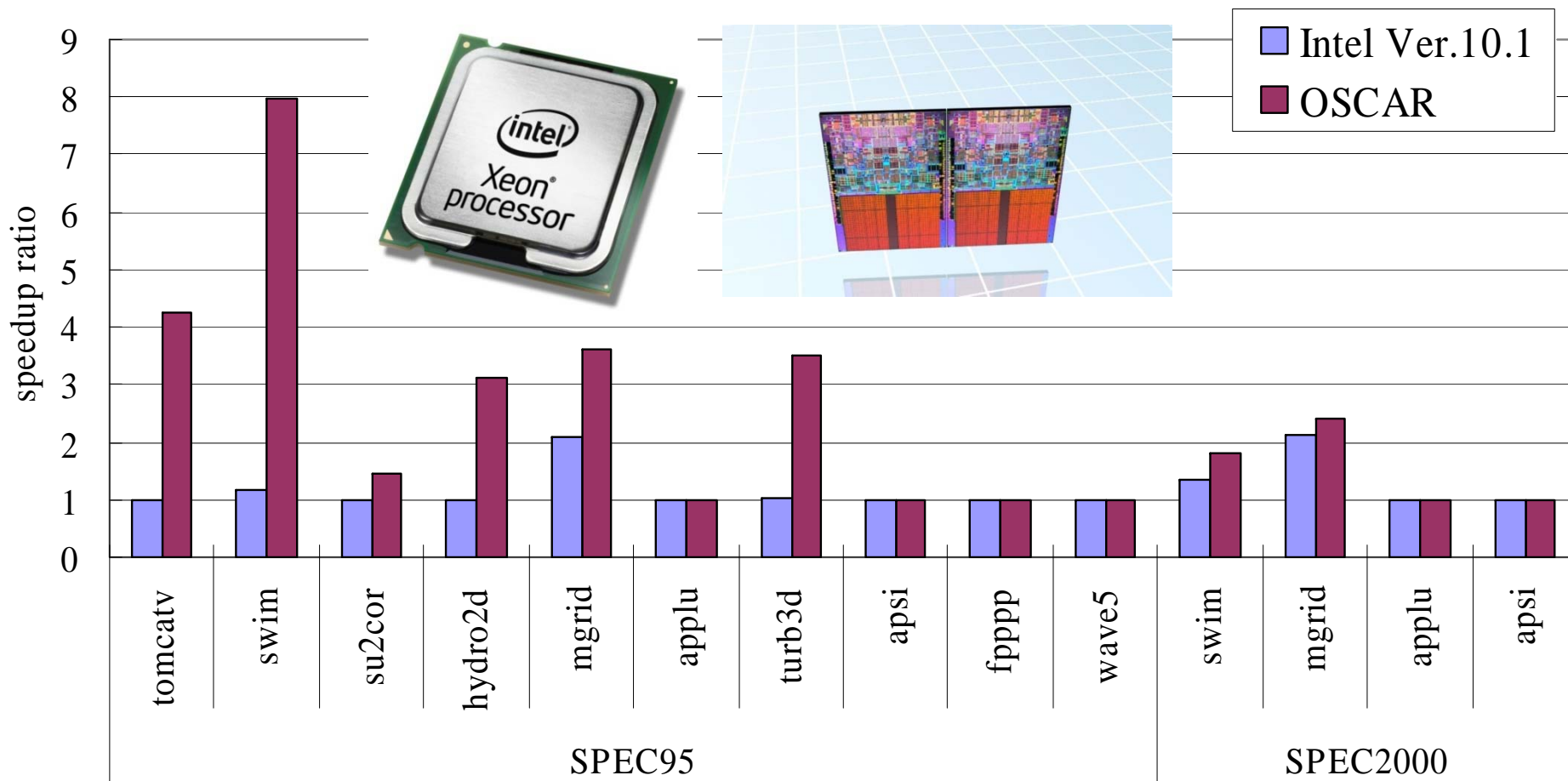
- ▶ 経過時間の取得 (マイクロ秒単位)
 - `#pragma oscar get_current_time` (C)
 - `!$oscar get_current_time` (Fortran)
- ▶ リアルタイム制御に使用

同期

- ▶ 任意のCPUグループに対する階層的なグループバリア同期
 - #pragma oscar group_barrier (C)
 - !\$oscar group_barrier (Fortran)

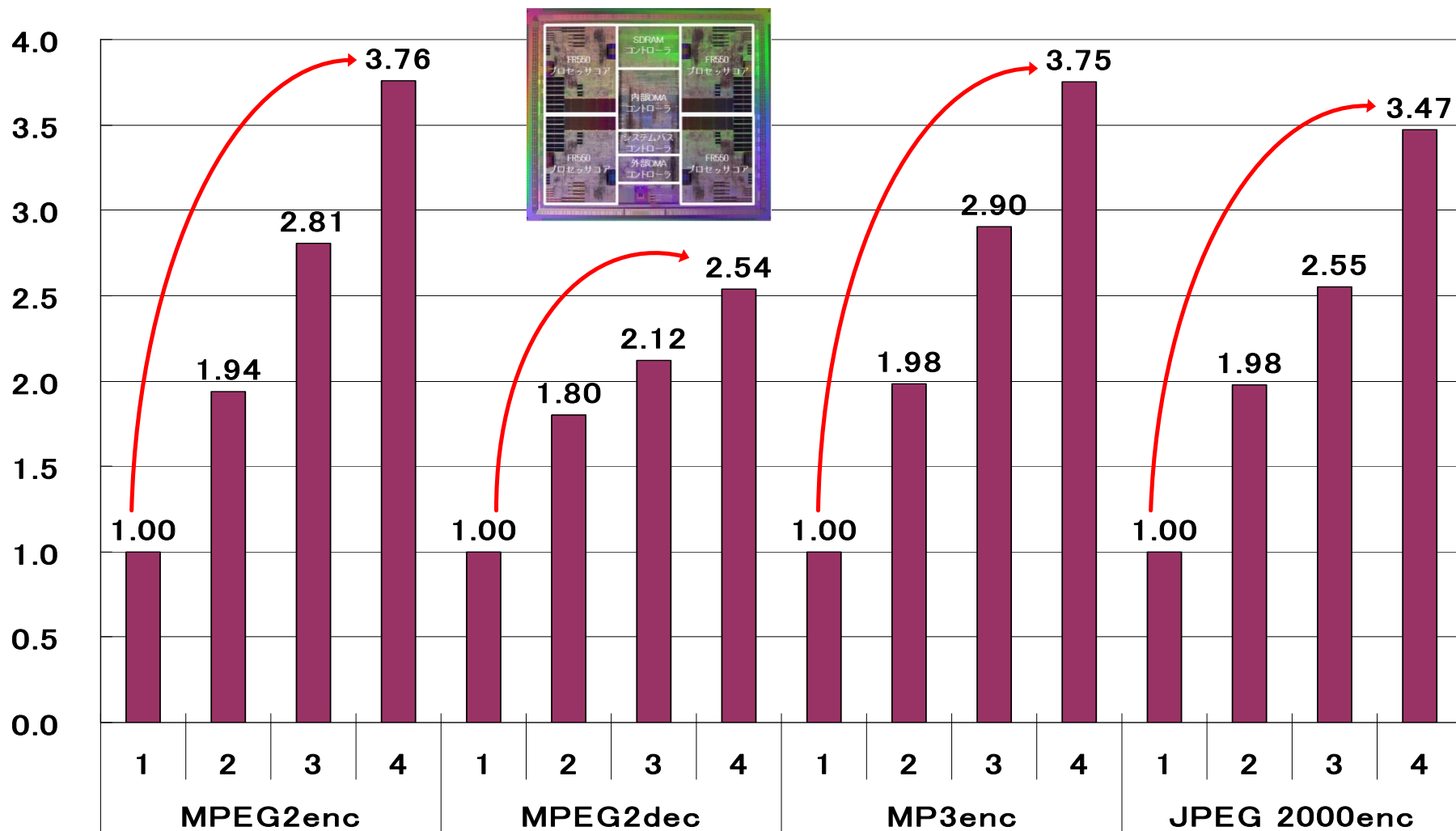


Intel Quad-core Xeonでの並列化



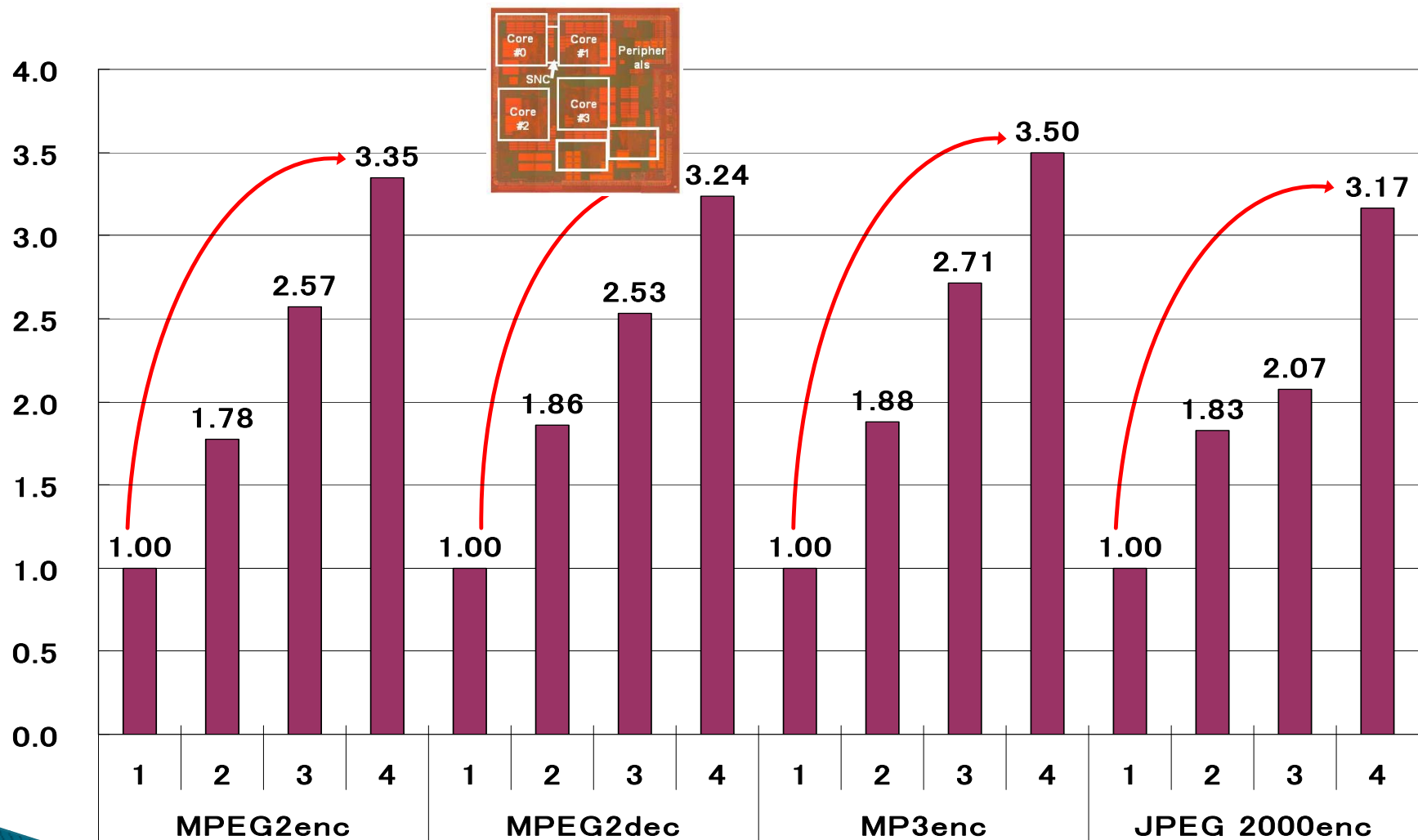
- Intel Compiler Ver.10.1に対してOSCARコンパイラは平均2.09倍の性能

富士通FR1000マルチコアでの並列化



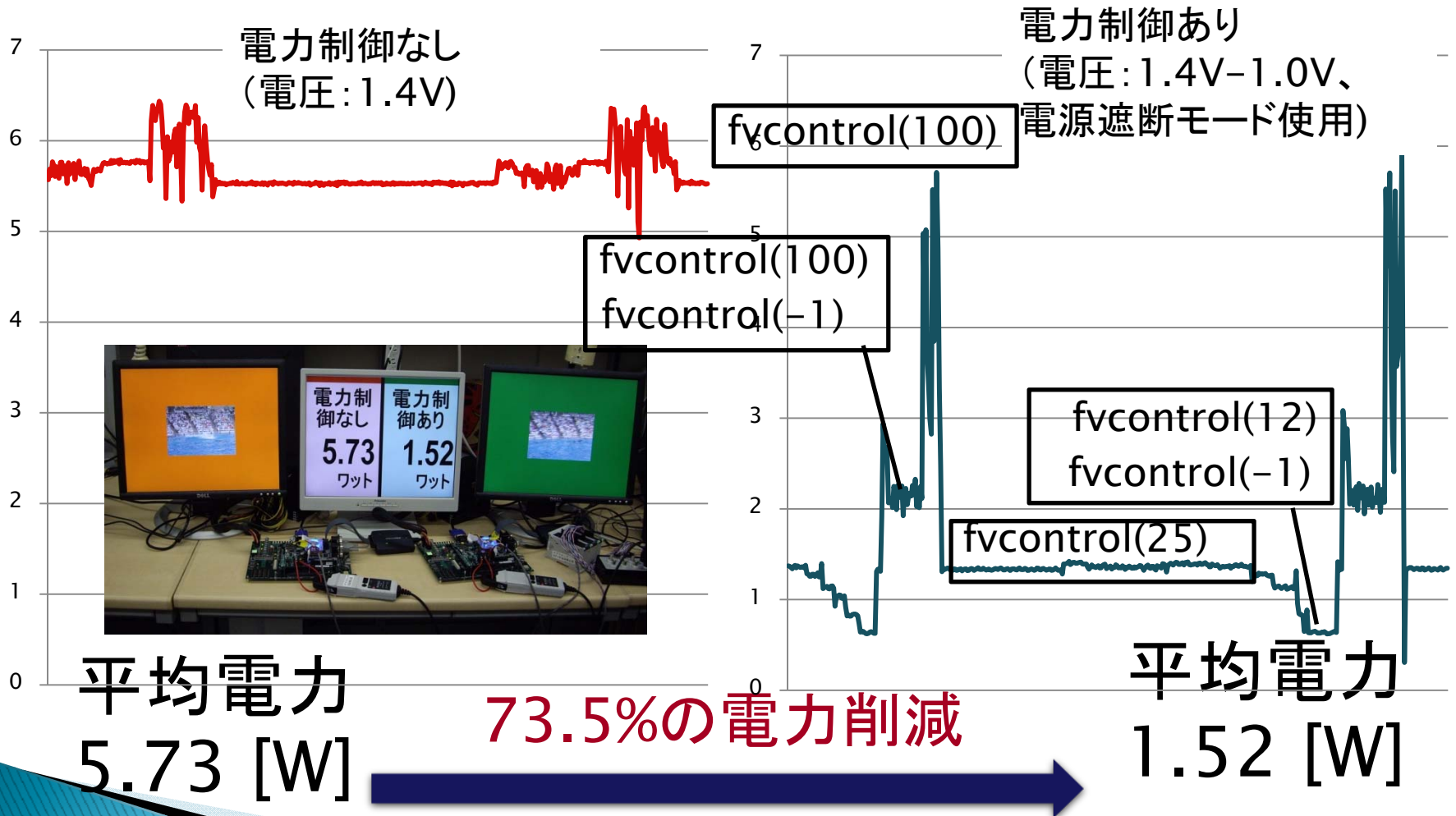
逐次処理に対して平均3.38倍の速度向上

RP1 (SH4A 4コア)での並列化



逐次処理に対して平均3.31倍の速度向上

コンパイラによる動画像再生(MPEG2)の 低消費電力化(8コア使用)



まとめ

- ▶ OSCAR API
 - リアルタイム情報家電用並列化API
 - OSCARコンパイラと各種マルチコアのインタフェース
 - OpenMPのサブセットをベースとする
 - メモリ配置
 - データ配置
 - 電力制御
 - タイマ
 - 同期
- ▶ 仕様書を以下で公開
 - <http://www.kasahara.cs.waseda.ac.jp/>

NEDO「リアルタイム情報家電用マルチコア技術の研究開発」 マルチコア・アーキテクチャ・API検討委員会

- ▶ 委員長 笠原 博徳(早稲田大学)
- ▶ 内山 邦男(株式会社日立製作所)
- ▶ 枝廣 正人(日本電気株式会社、オブザーバとして)
- ▶ 木村 啓二(早稲田大学)
- ▶ 佐藤 真琴(株式会社日立製作所)
- ▶ 須賀 敦浩(株式会社富士通研究所)
- ▶ 高橋 宏政(株式会社富士通研究所)
- ▶ 十山 圭介(株式会社日立製作所)
- ▶ 長谷川 淳(株式会社ルネサステクノロジ)
- ▶ 前田 誠司(株式会社東芝)
- ▶ 前田 昌樹(パナソニック株式会社)