

早稲田大学グリーン・コンピューティング・システム研究開発センターにおける産学連携

早稲田大学

理工学術院基幹理工学部情報理工学科 教授
アドバンス・マルチコア・プロセッサ研究所 所長
IEEE Computer Society理事

笠原博徳

1985年 早稲田大学博士課程了 工学博士
カリフォルニア大学バークレー客員研究員
1986年 早大理工専任講師, 1988年 助教授
1997年 教授、現在 理工学術院情報理工学科
1989年～1990年 イリノイ大学Center for
Supercomputing R&D客員研究員
2009年 IEEE Computer Society 理事
2012年 IEEE Computer Societyマルチコア戦略委員長

1987年 IFAC World Congress Young Author Prize
1997年 情報処理学会坂井記念特別賞
2005年 STARC(半導体理工学研究センタ)共同研究賞
2008年 LSI・オブ・ザ・イヤー 2008 準グランプリ
2008年 Intel Asia Academic Forum Best Research Award
2010年IEEE Computer Society Golden Core Member

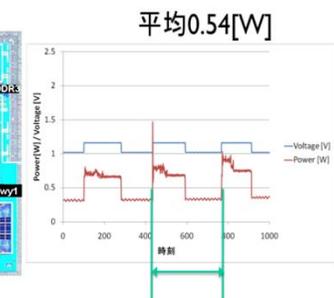
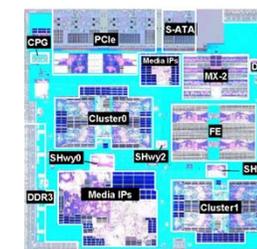
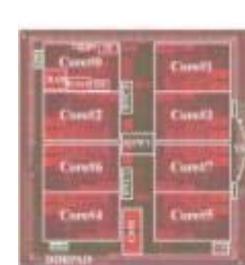
査読付論文 191件, 招待講演110件, シンポジウム論文 30件,
研究会論文 138件, 全国大会論文 154件, 特許公開 39件
新聞・Web記事・TV等メディア掲載 467件

政府・学会委員等歴任数 226件

【経済産業省・NEDO】情報家電用マルチコア及びコンパイラ
等国家プロジェクトリーダー、NEDOコンピュータ戦略(ロードマッ
プ)委員長、「グリーンネットワーク・システムプロジェクト(グ
リーンITプロジェクト)」技術委員長 【内閣府】スーパーコン
ピュータ戦略委員会, 政府調達苦情検討委員, 【文部科学
省・JST・JSPS・JAXA・原子力機構・海洋研】地球シミュレータ
(ES)評価委員、情報科学技術委員, H P C I 計画推進委員,
次世代スパコン(京)中間評価委員・概念設計評価委員, ES2
導入技術アドバイザー委員長, IEEE, 情報処理学会, ACM
Conf.PC, 高校生科学技術チャレンジ審査委員

早稲田大学におけるマルチコアに関する 産官学連携と人材育成経緯

- **2009- 経産省先端イノベーション拠点整備事業**
グリーンコンピューティングシステム研究開発センター(ユーザ企業との連携)
 2011- 富士通・日立・オリンパス・トヨタ・デンソー・NEC・ルネサス連携研究室
 KDDI・理想科学・三菱電機・コニカミノルタ・イーソル等共同研究, API:14社3大学
- **2006-09 経産省NEDO 情報家電用ヘテロジニアスマルチコア**
 低消費電力ヘテロマルチコアを産官学で試作 15コアRPX
 (委託)早稲田(ヘテロAPI:6社) (助成)日立・ルネサステクノロジ
- **2005-07 経産省NEDO リアルタイム情報家電用マルチコア**
 低消費電力高性能プロセッサ&ソフトウェアを産学連携研究開発
 “授業であって開発の場:白井総長・経産省塩沢審議官”
 (委託)早稲田(API委員会:日立,ルネサス,富士通,東芝,松下,NEC)
 (助成)日立・ルネサステクノロジ →4コアRP1, 8コアRP2: **2コアは市場へ**
- **2004-06 経産省NEDO大学発事業創出実用化研究開発**
先進ヘテロジニアスマルチプロセッサ(日立・早稲田包括連携)
 産学単独ではなし得ない知財創出・産学の人材育成を狙う(基本特許)
- **2000-06 STARCコンパイラ協調型チップマルチプロセッサ**
 (国内12社出資の半導体理工学研究センター:富士通,東芝,NEC,松下,ソニー等)
 産のニーズと学のシーズを企業連合支援プロジェクトという形で融合
- **2000-02 内閣府ミレニアムプロジェクトIT21 経産省NEDO**
アドバンスト並列化コンパイラ(APC)プロジェクト
 HPC並列化コンパイラ技術を世界一へ(早稲田,富士通,日立,産総研,JIPDEC)



グリーン・コンピューティング・システム研究開発センター 概要

2011年4月13日竣工，2011年5月13日開所（記念シンポジウム）

経済産業省「2009年度産業技術研究開発施設整備費補助金」

先端イノベーション拠点整備事業

<目標>

太陽電池で駆動可能で

冷却ファンが不要な

超低消費電力・高性能マルチコア/
メニーコアプロセッサ*のハードウェア、
ソフトウェア、応用技術の研究開発

*1チップ上に多数のプロセッサコアを
集積する次世代マルチコアプロセッサ

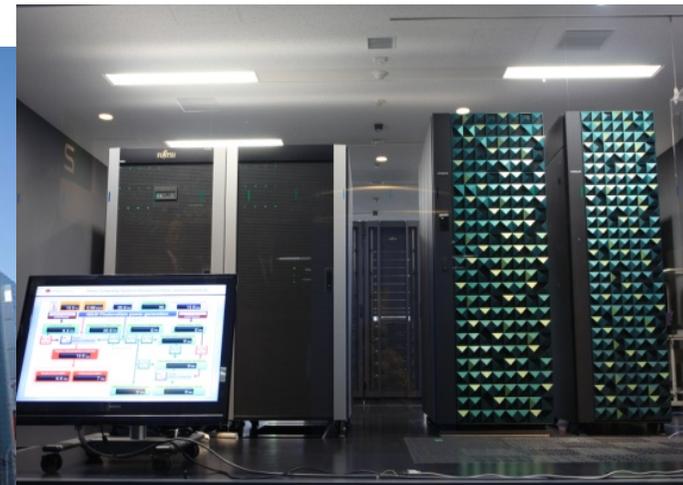
<産学連携>

日立,富士通,ルネサス,NEC,トヨタ,
デンソー,オリンパス,
三菱電機(重粒子線ガン治療)等

<波及効果>

超低消費電力メニーコア

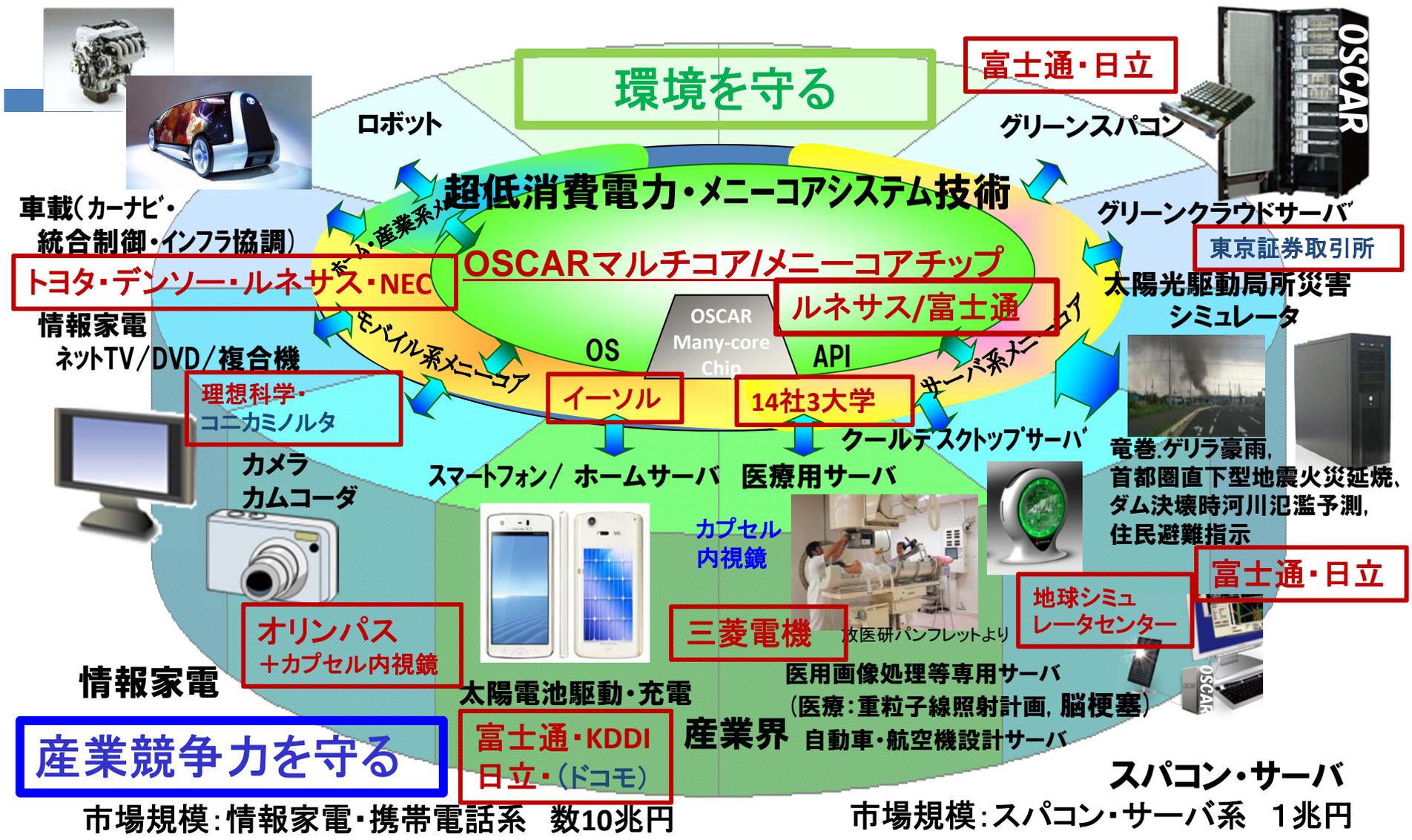
- CO₂排出量削減
- サーバ国際競争力強化
- 我が国の産業利益を支える
情報家電,自動車等の高付加価値化



2011グッドデザイン賞受賞

早稲田大学GCSにおけるマルチコア産学連携開発と実用化イメージ

命を守る



2012/11/26
Confidential

早稲田大学 GCSセンター
マルチコア産学連携研究と実用化イメージ

次世代静止画圧縮JPEG XRエンコーダの メニーコア上での高速化

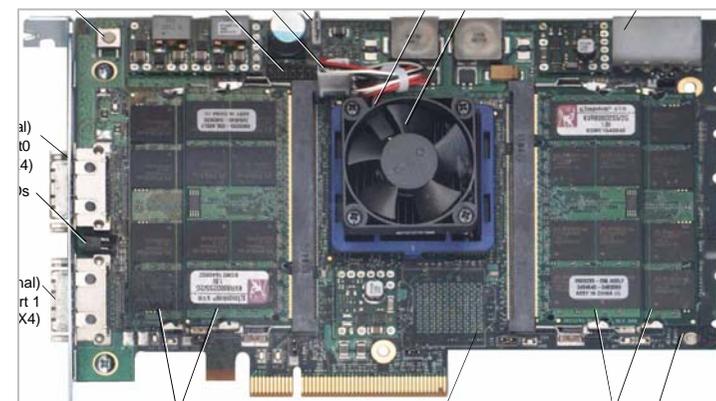
□ TILEPro64

- 64コア1チップの組み込み向けプロセッサ
- 並列処理により処理性能向上・低消費電力化

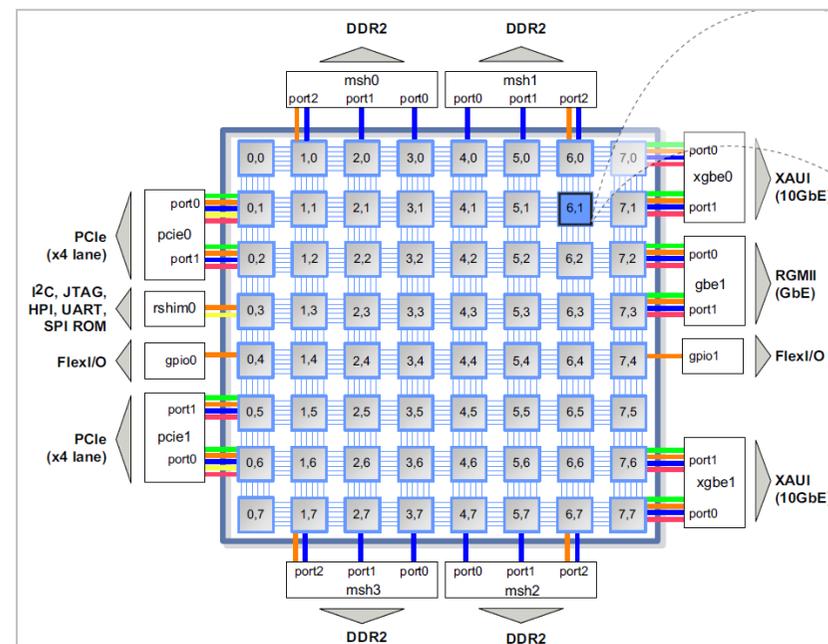
□ JPEG XR

- JPEGの次世代規格
- JPEGと同じファイルサイズでより高画質
- 演算量はJPEGよりも増加
- カメラ（静止画、動画の1枚1枚が静止画クオリティ）
- カプセル内視鏡を含めた医用画像処理への応用

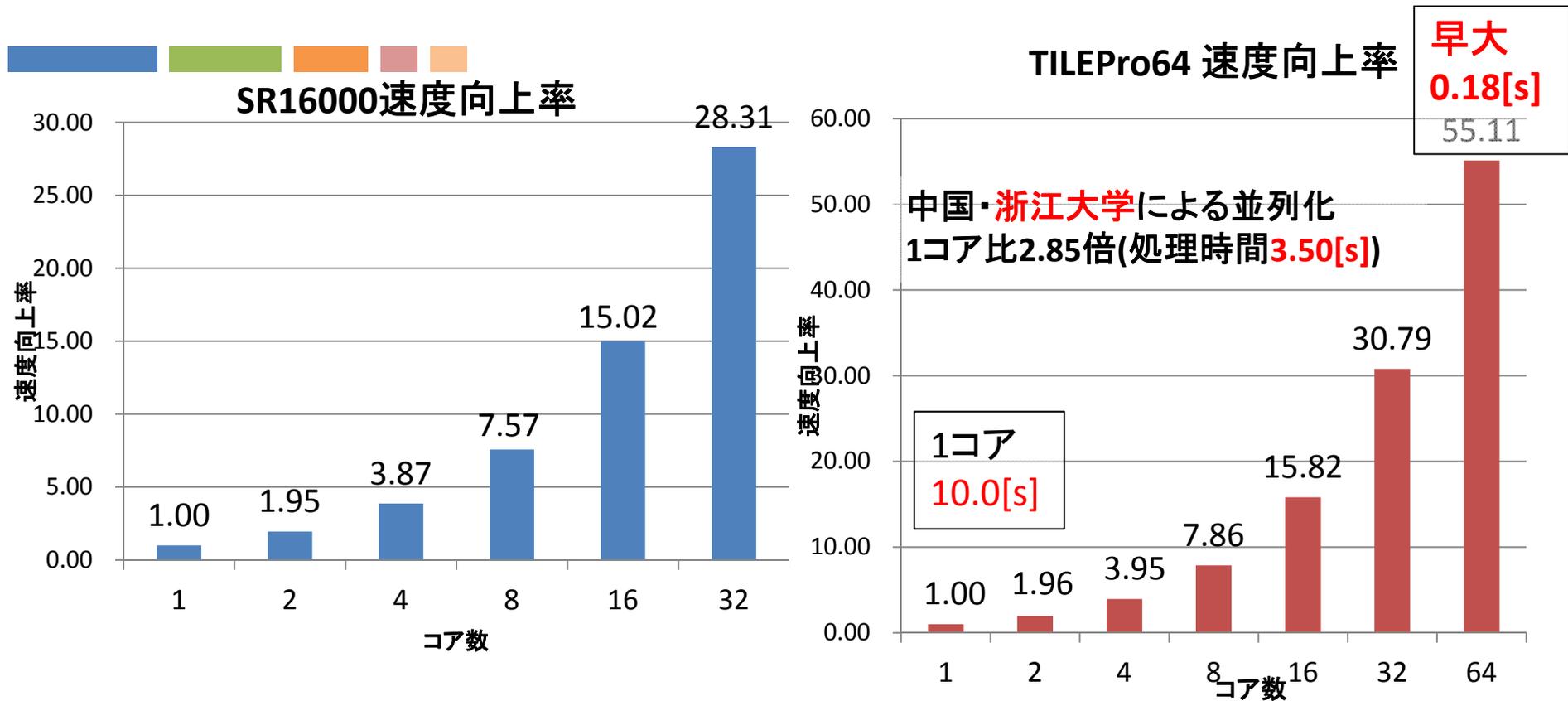
□ JPEG XRエンコーダの タイルレベル並列化



▲TILEPro64ボード ▼ブロック図

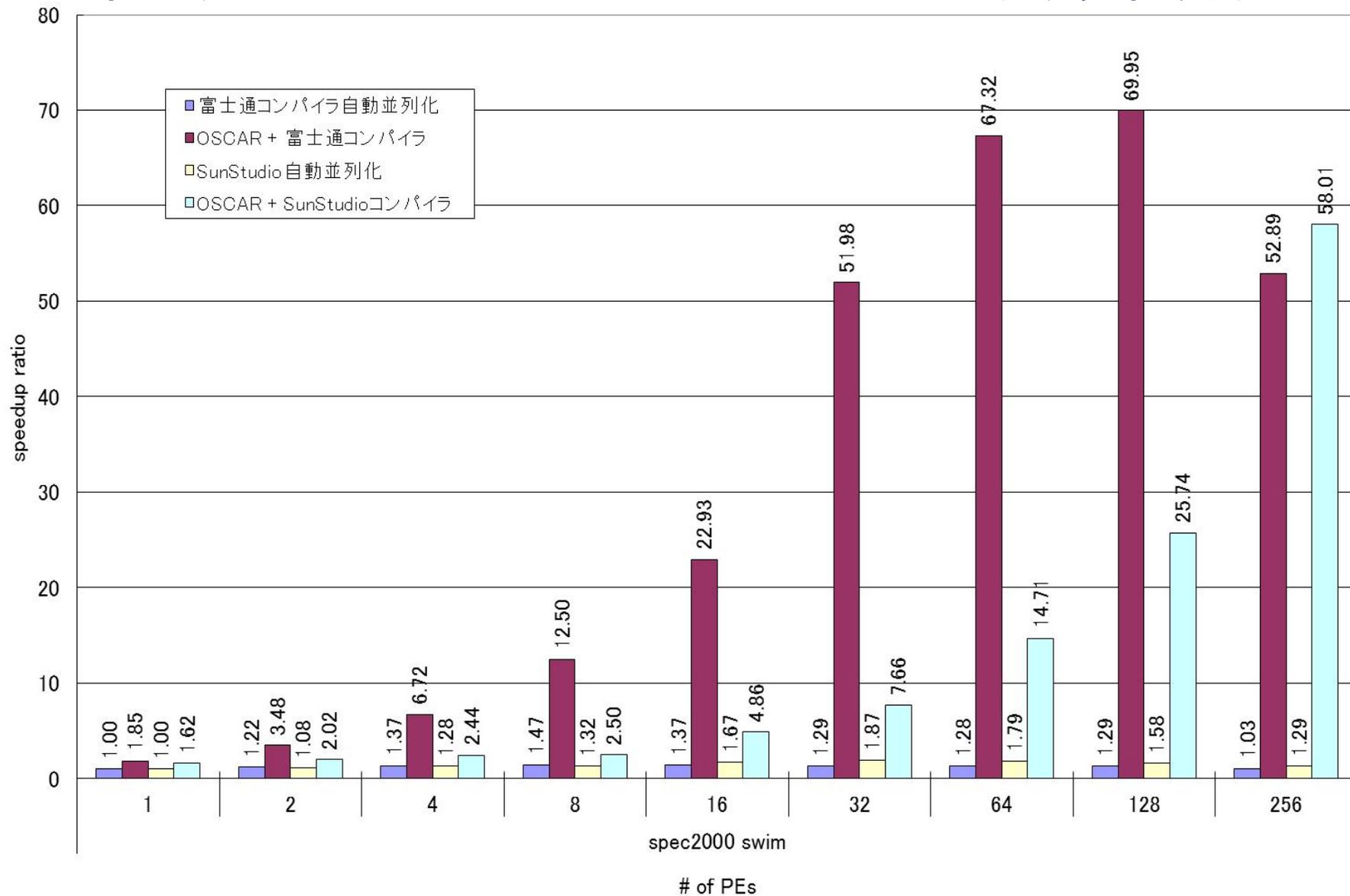


JPEG XRエンコーダのサーバ及び メニーコア上での並列処理性能

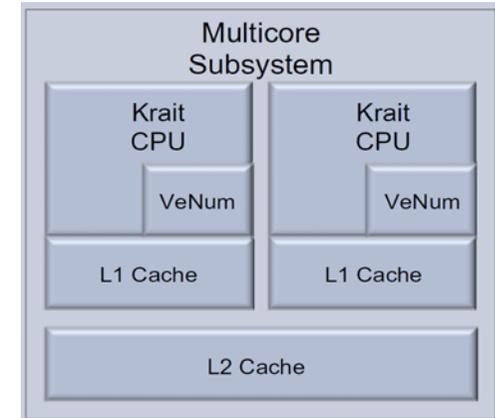
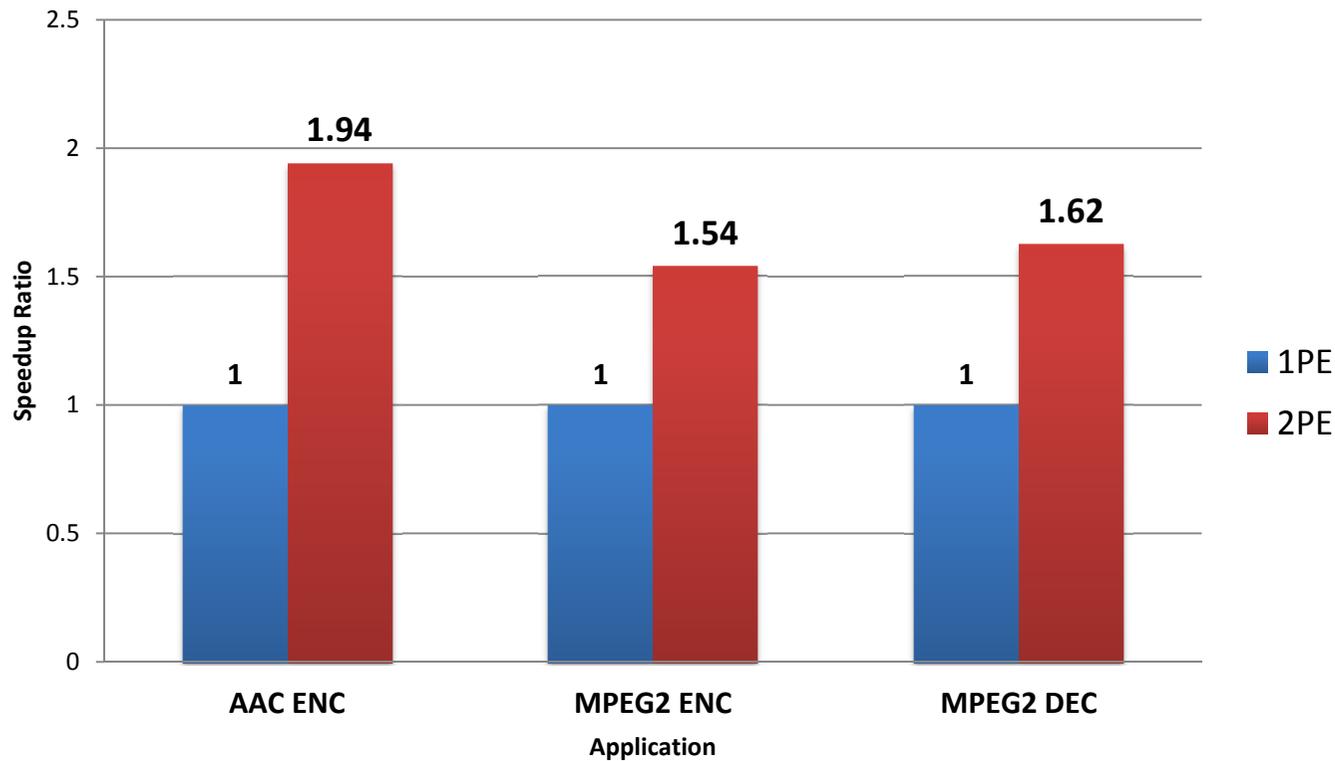


□ キャッシュ配置指定を考慮した並列処理により
逐次に対し64コアで**55倍**の速度向上を達成

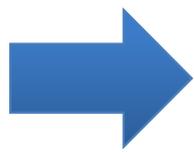
富士通M9000サーバ上での並列化コンパイラ研究開発状況



OSCARコンパイラを用いたスマートフォン用 2Armコア Snapdragon S4(CS)上で並列処理性能

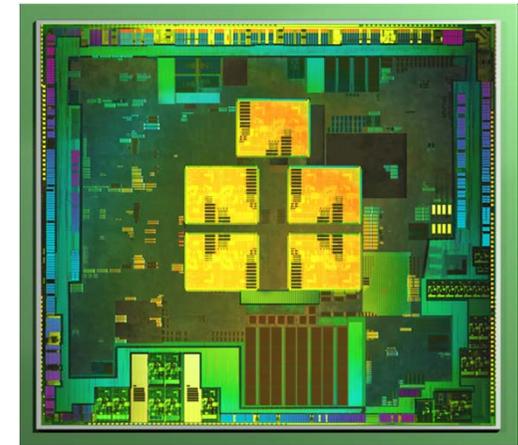
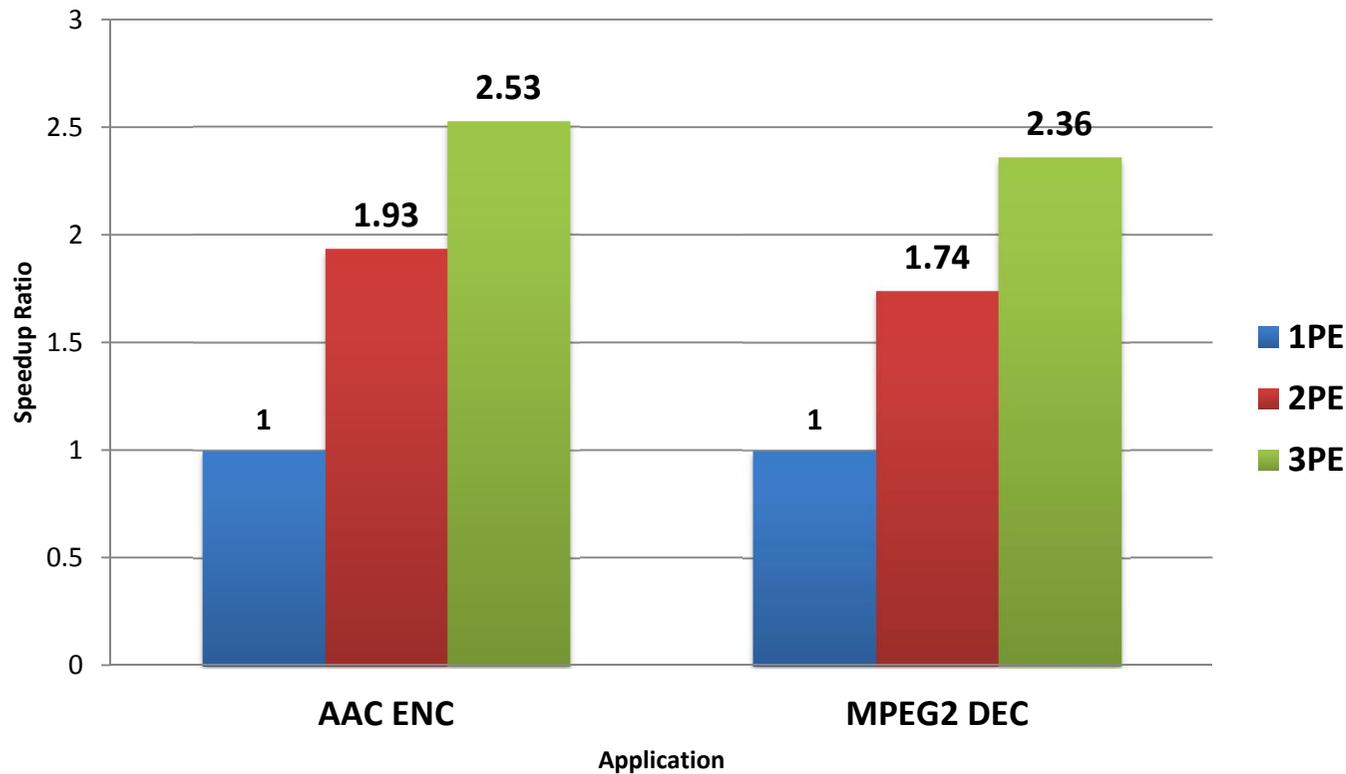


Qualcomm
Snapdragon S4 MSM8960
- 2 Krait CPU

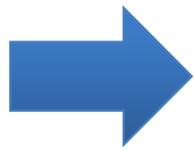


2コアで1コアに比べて**平均1.70倍**の速度向上

OSCARコンパイラを用いたスマートフォン用 TEGRA3マルチコア上での並列処理性能



NVIDIA Tegra 3
- 4 Cortex-A9 cores
- 1 Cortex-A9 companion core



3Armコアで1コアに比べて**平均2.45倍**の速度向上

スマートフォン・ベースバンドW-CDMA主要モジュール EAICH検出プログラムのRP2(SH4A 4コア)上での並列化

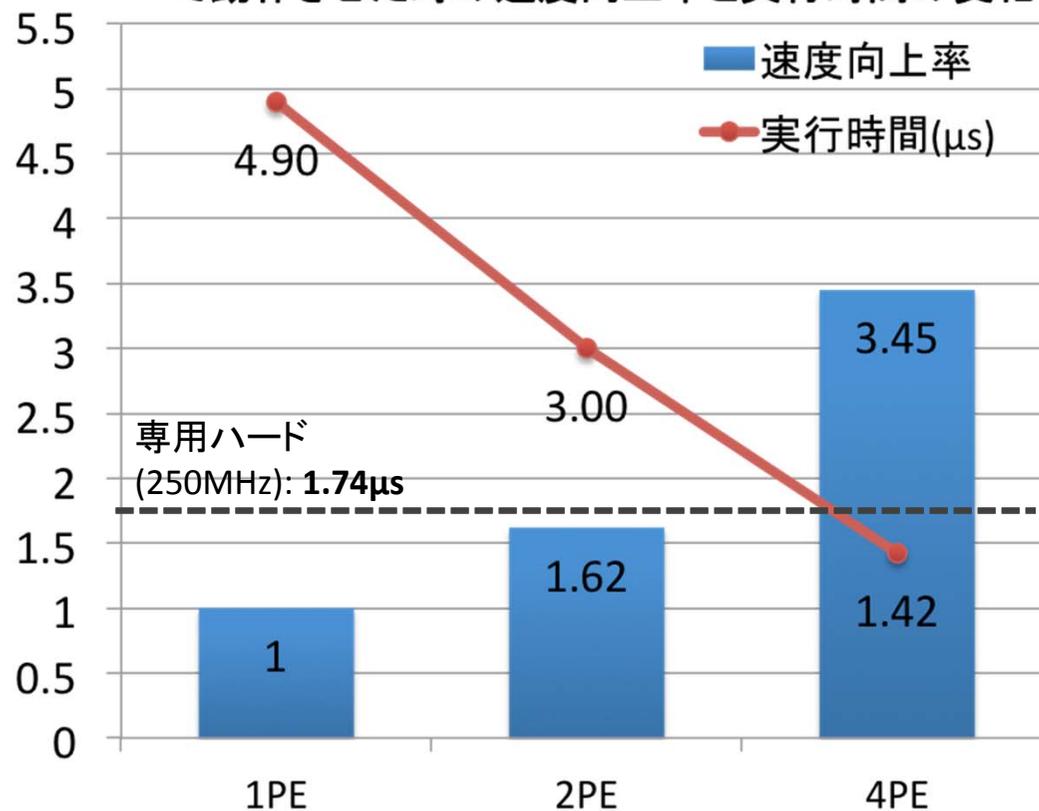
□ プログラム概要

- デジタル復調データとシグネチャとの最大の相関値を計算
- 信号処理で良く使われるアダマール変換(バタフライ演算)を含む

□ 並列化概要

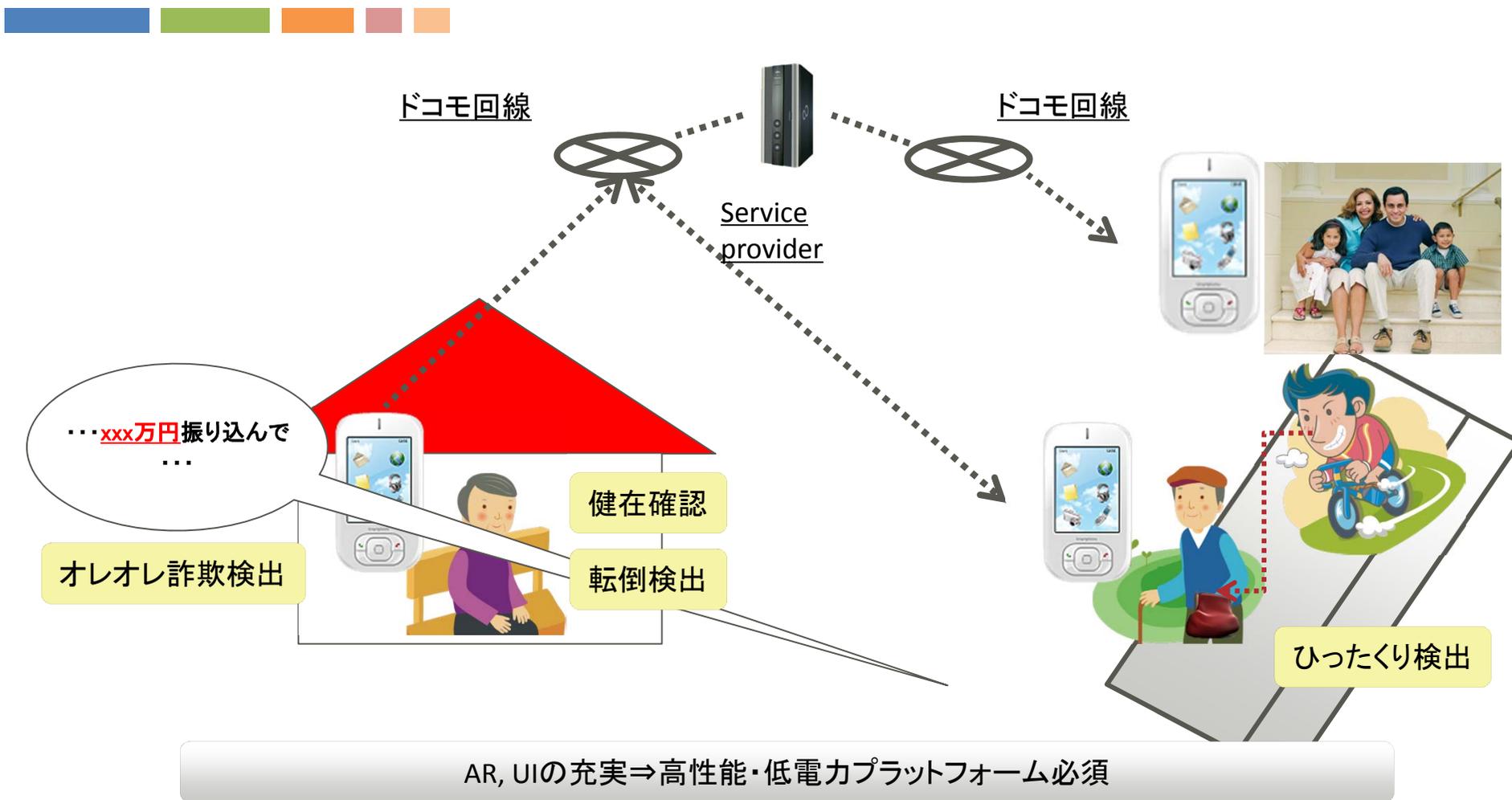
- ステートメントレベルの近細粒度並列化を適用
- 各コアの処理を最適化しデータ転送を排除

情報家電用マルチコアプロセッサ RP2(600MHz)
で動作させた時の速度向上率と実行時間の変化



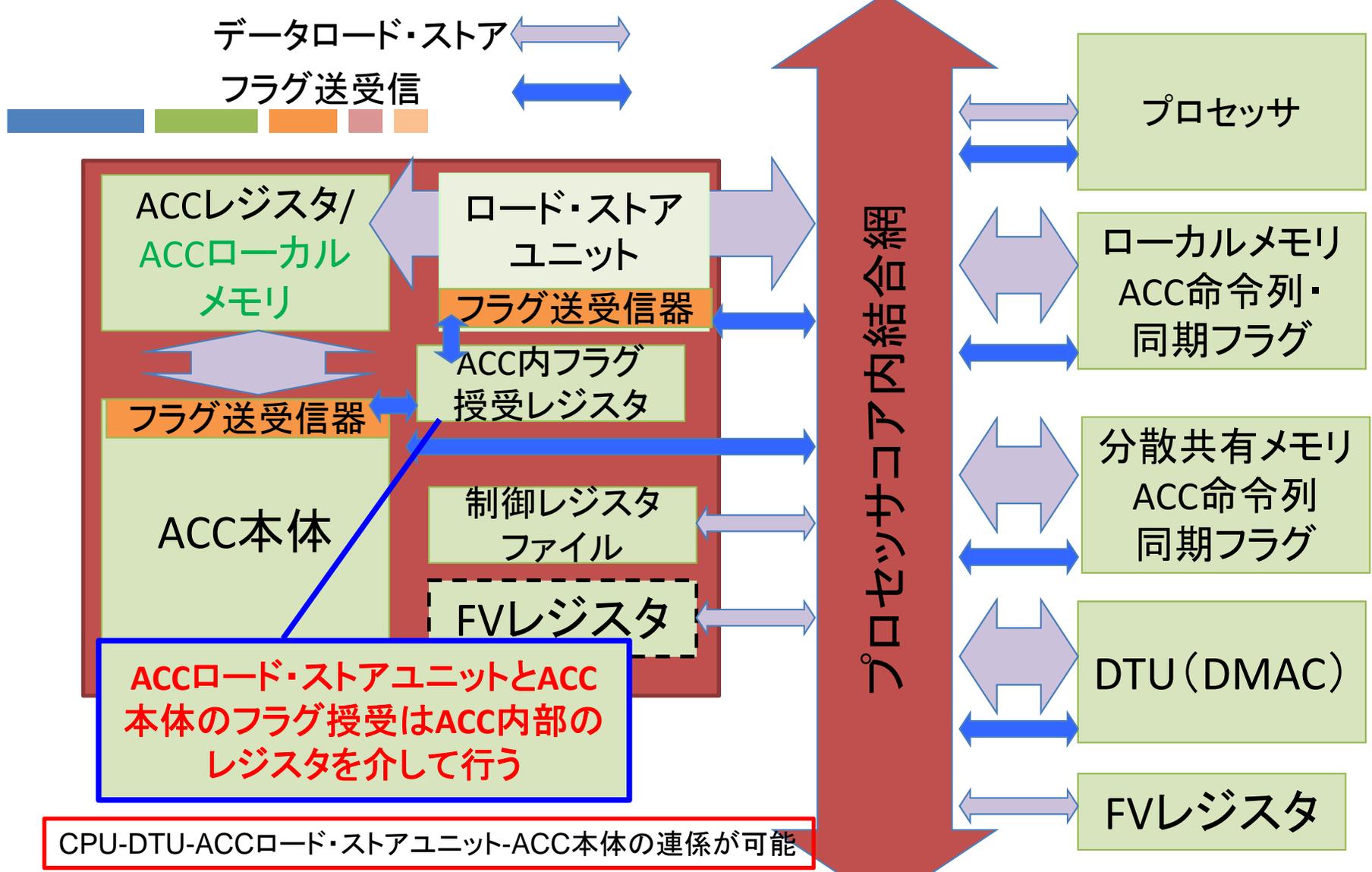
中高年齢用スマートフォン利用シーン

音声・画像・加速度・位置・生体情報を用いて、異常を検出し、家族・地域に通知

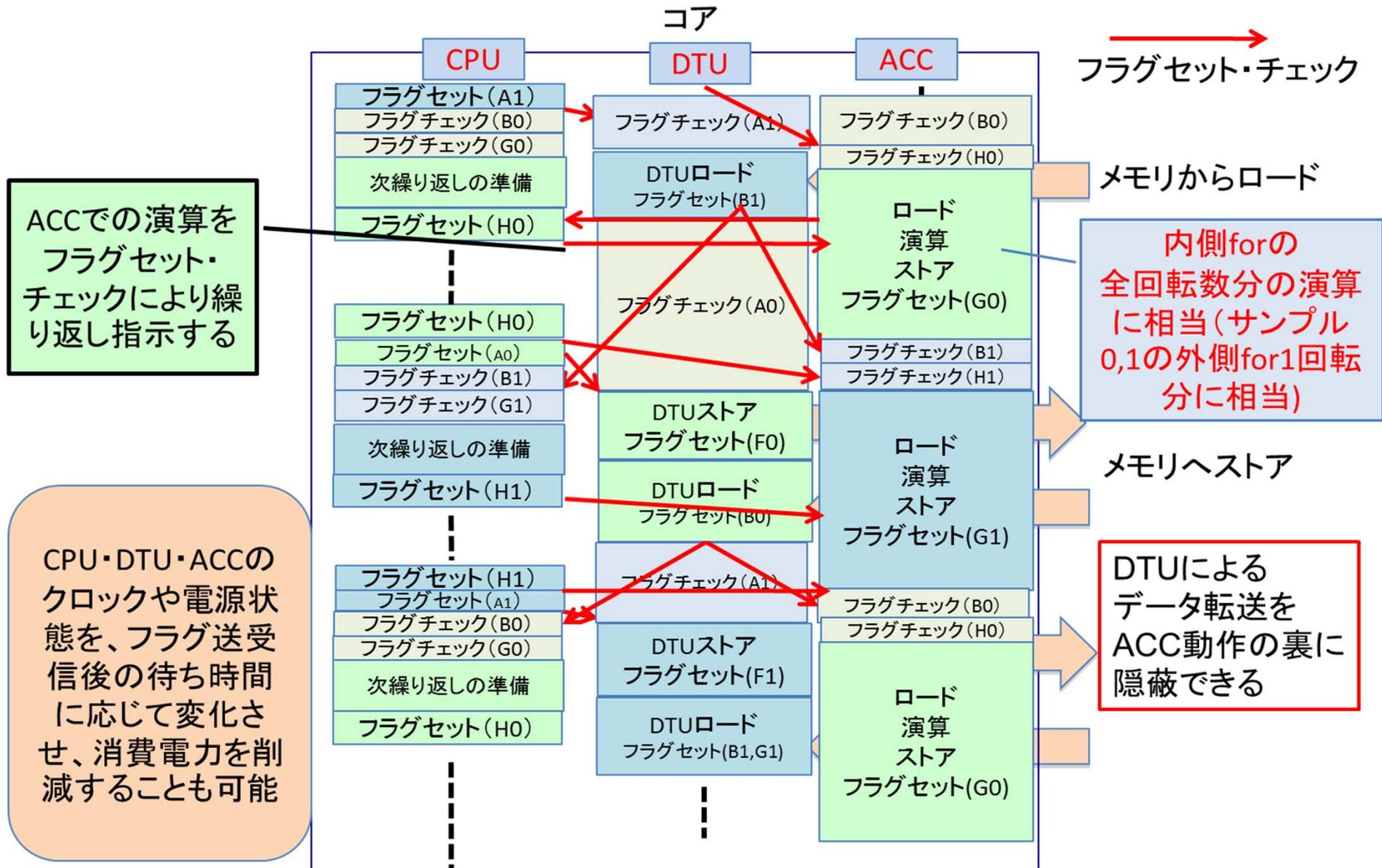


命令拡張不要な自律的アクセラレータの構成例

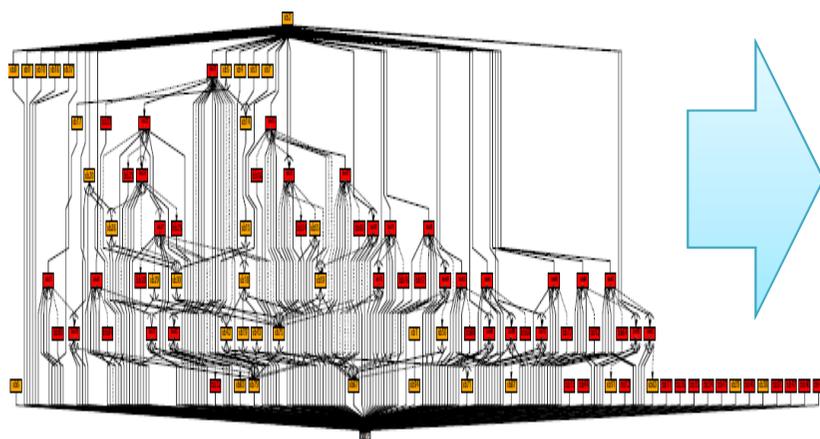
(ACCロード・ストアユニットとACC本体両方にフラグ送受信器があり、フラグ授受をACC内部で行う)



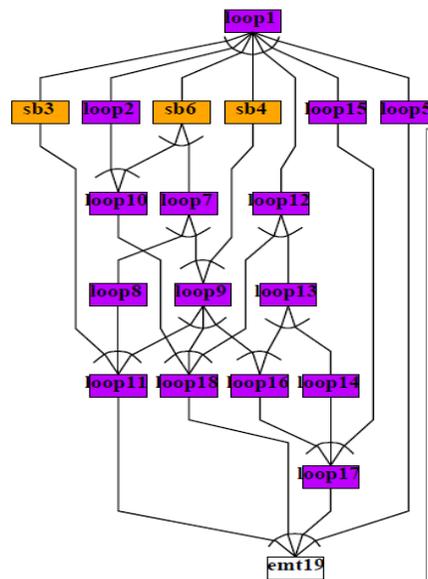
任意のプロセッサに接続可能な自律的アクセラレータの実行イメージ



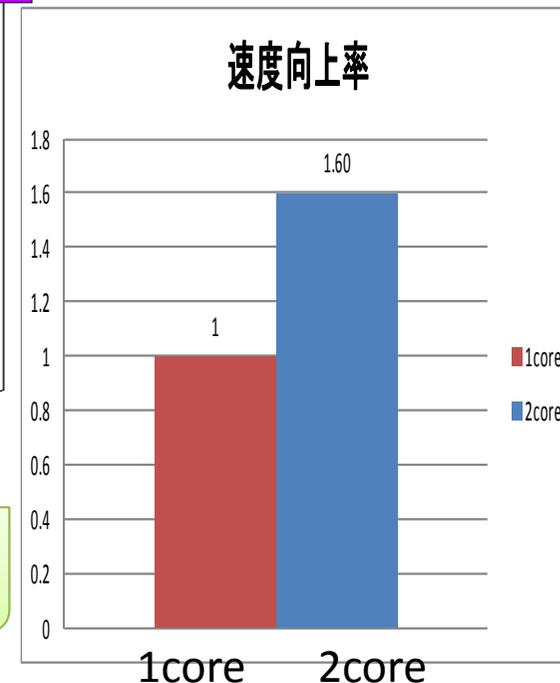
手設計されたエンジン・クランクシャフト制御プログラムのRP-X(SH4A)上での並列処理性能



選択的インライン展開後の
マクロタスクグラフ

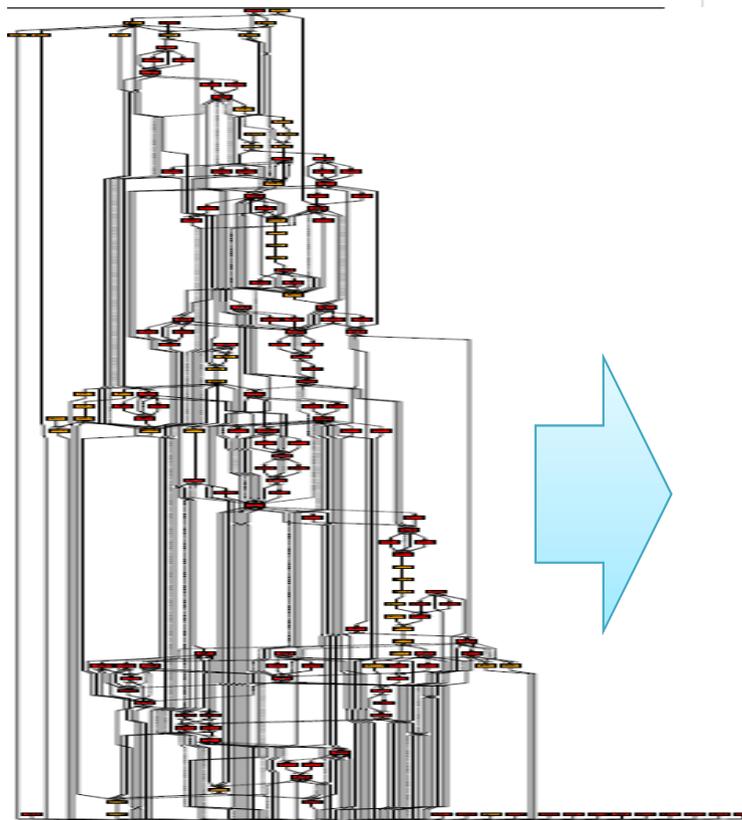


タスク融合後の
マクロタスクグラフ

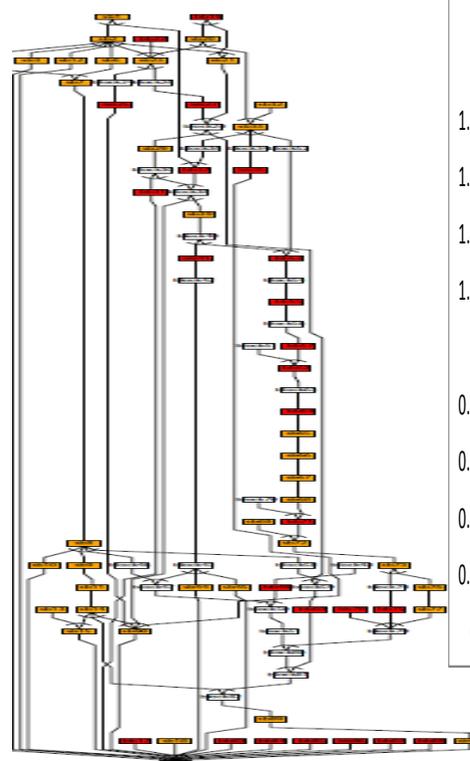


- ◆ 10万行規模のプログラム
- ◆ ループ処理がなく、条件分岐や代入文で構成
- ◆ 既存のコンパイラで並列化不可能
- ◆ 従来手動で並列化を行うも、2coreで1倍程度

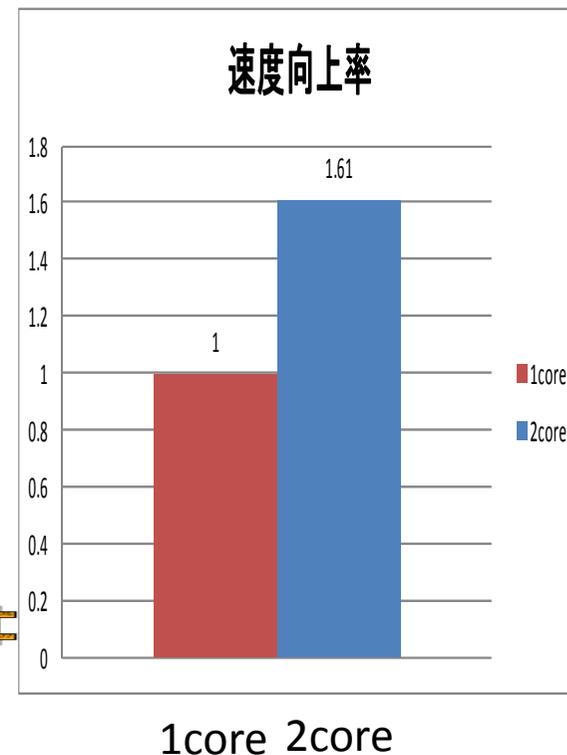
手設計されたディーゼルエンジン制御プログラムの のRP-X(SH4A)上での並列処理性能



選択的インライン展開後の
マクロタスクグラフ



タスク融合後の
マクロタスクグラフ



OpenCV顔画像認識プログラム (face detect)の並列化

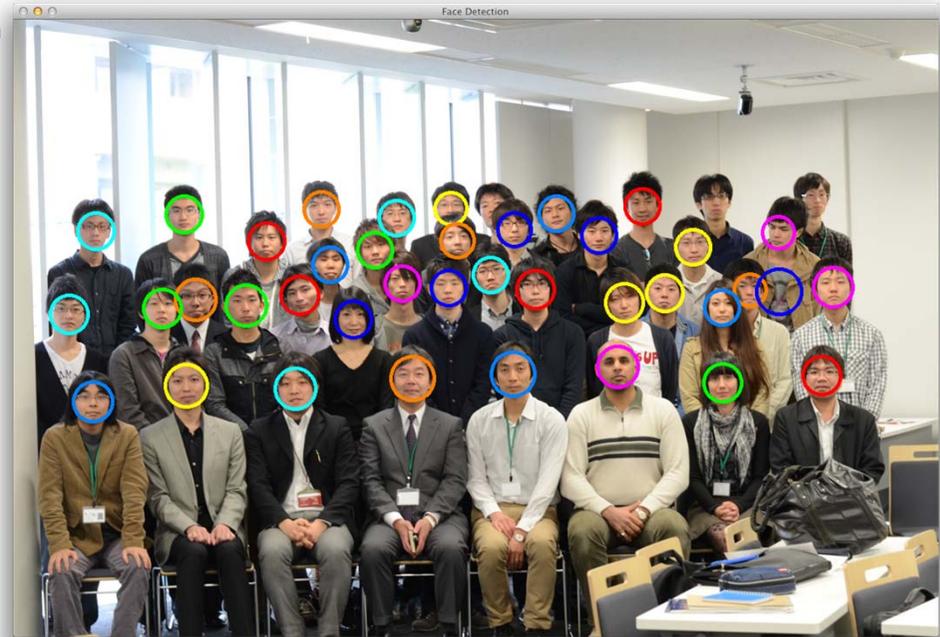
□ 研究背景

- マルチコアの普及
- 画像処理プログラミングの裾野の拡大
 - Webカメラ、CCDカメラの普及
- マルチメディア処理の高速化要求
- 顔認識プログラムの自動並列化

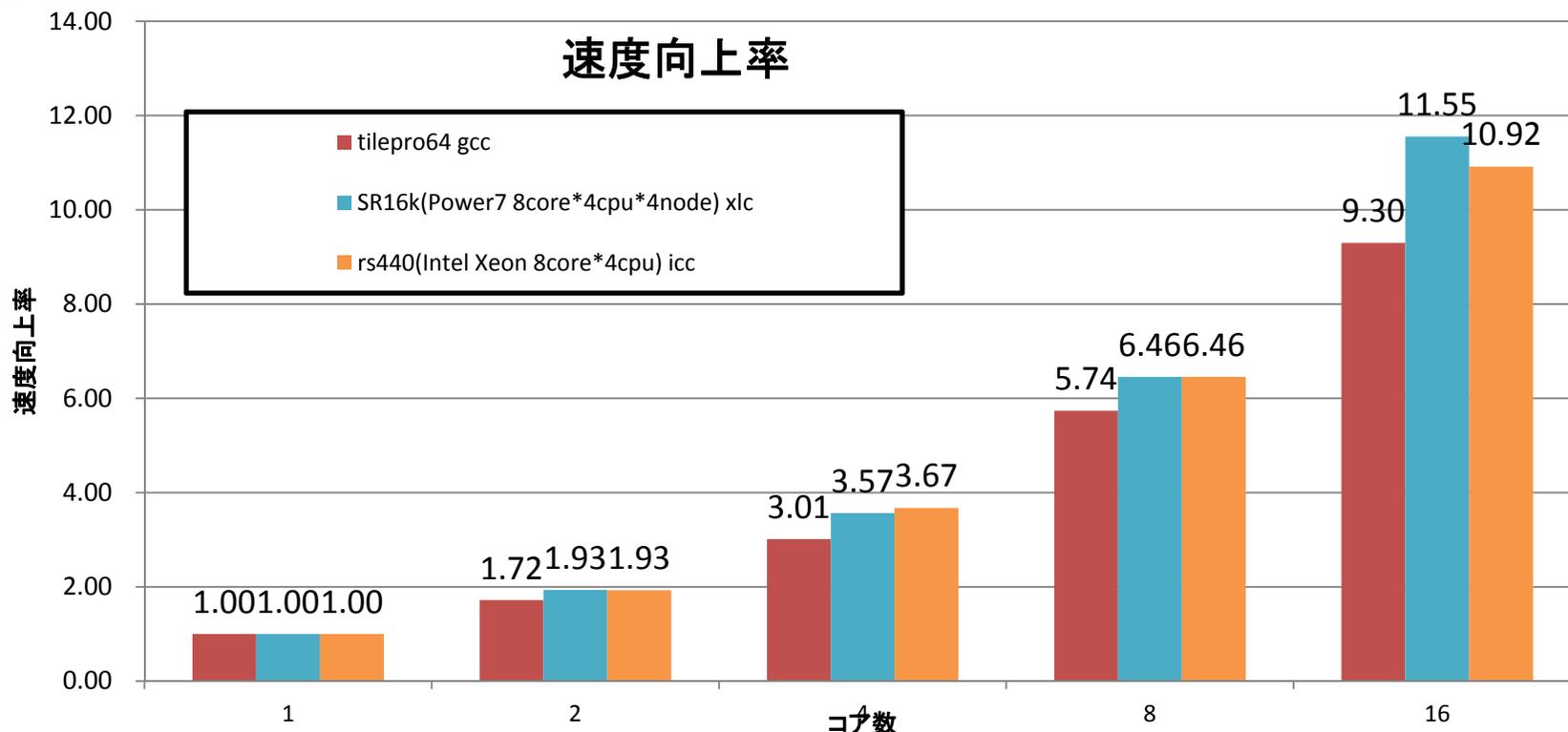
□ OpenCV顔認識

- 画像処理ライブラリに含まれる物体認識処理を自動並列化
- 顔認識以外にも応用可能

□ 次世代アーキテクチャの シミュレータ評価における 評価対象アプリとして利用



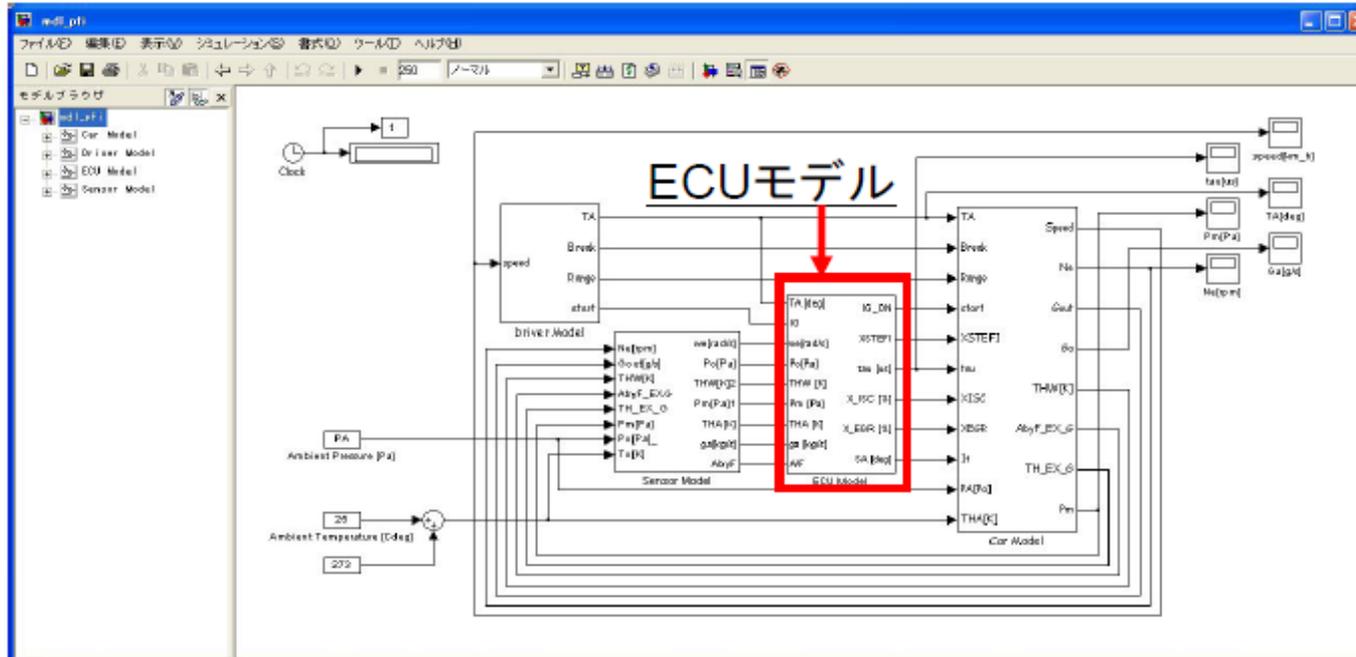
顔認識プログラムのメニーコア、ハイエンドサーバ、PCサーバ上での並列処理性能



OSCARコンパイラによる自動並列化により
逐次に対し16コアで最大**11.55倍**の速度向上を達成

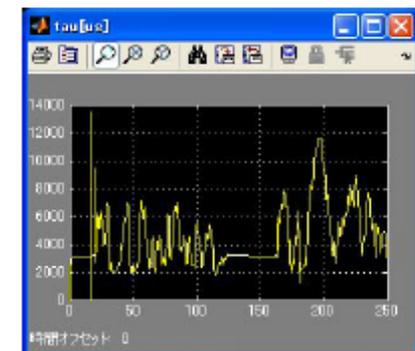
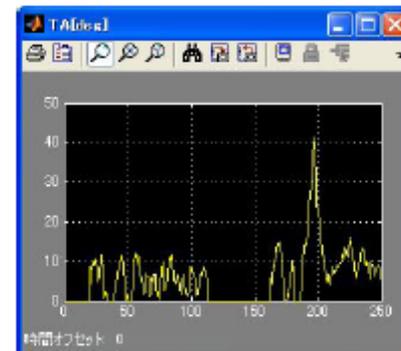
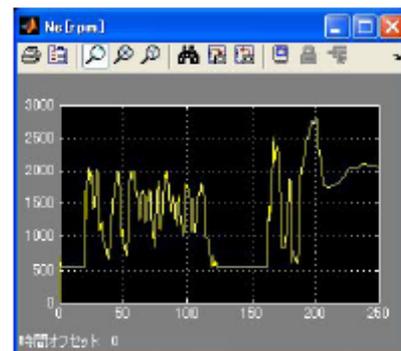
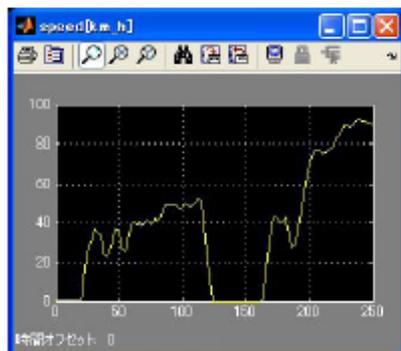
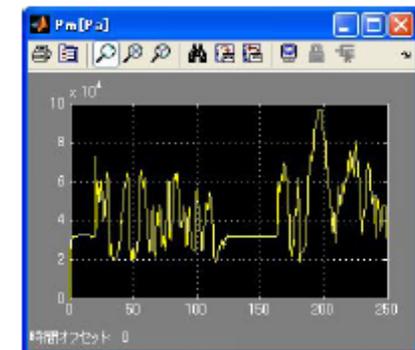
MATLAB/Simulinkを用いてモデルベース設計したECU（エンジン制御ユニット）の並列処理

Simulinkモデル: 連続系

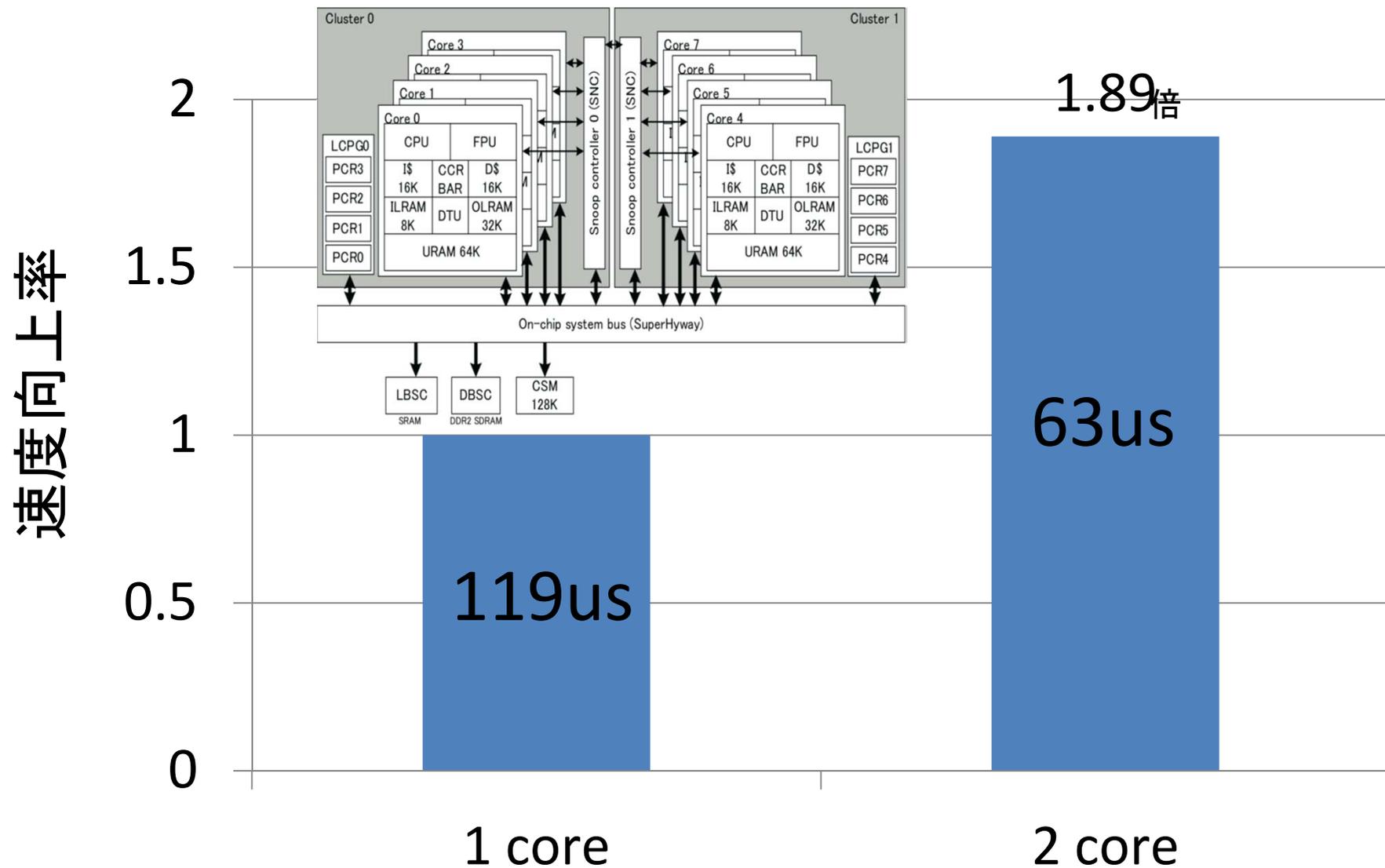


エンジンスペック

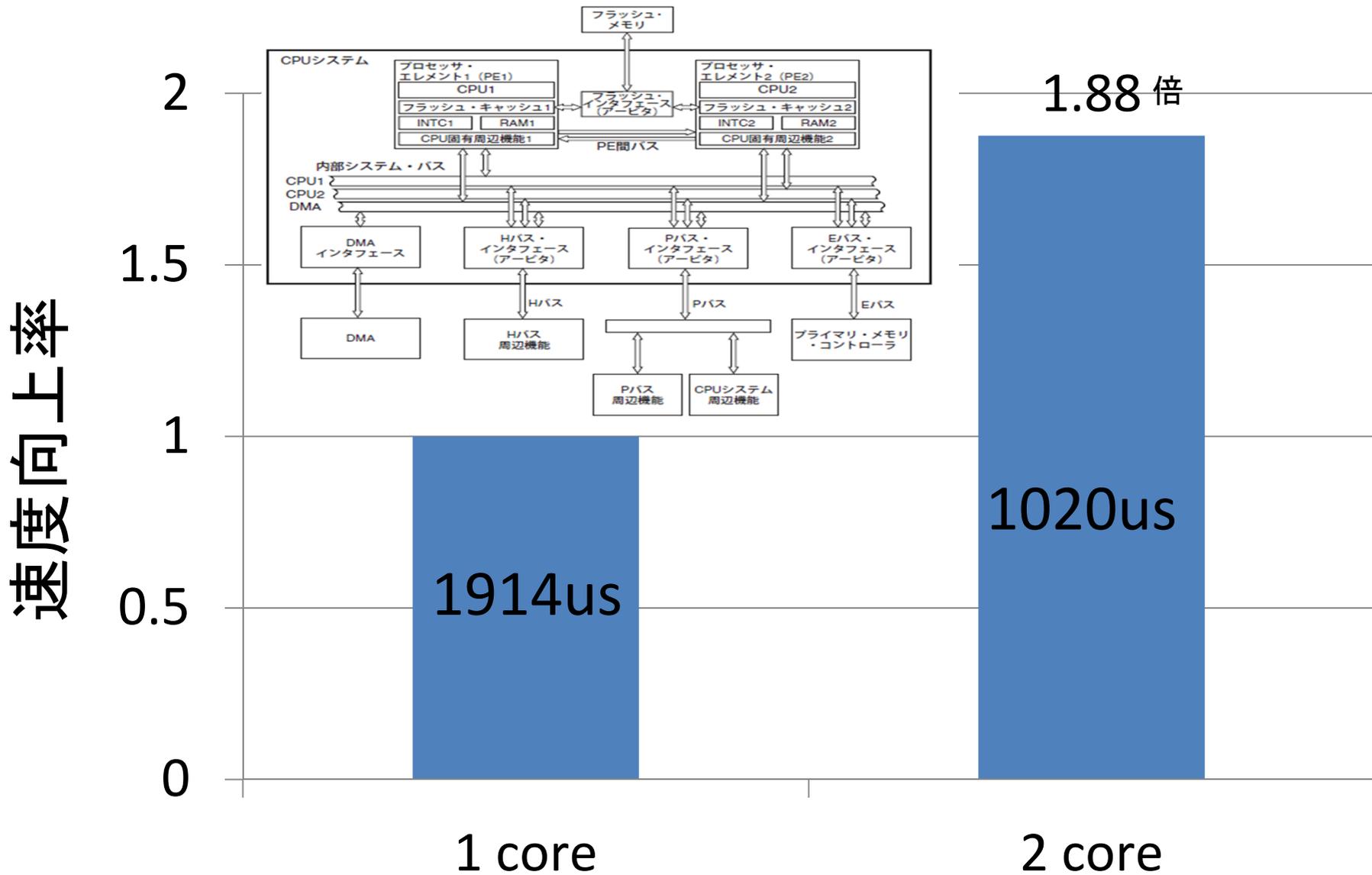
- 直列4気筒:2000cc
- 4AT
- 実エンジンデータ



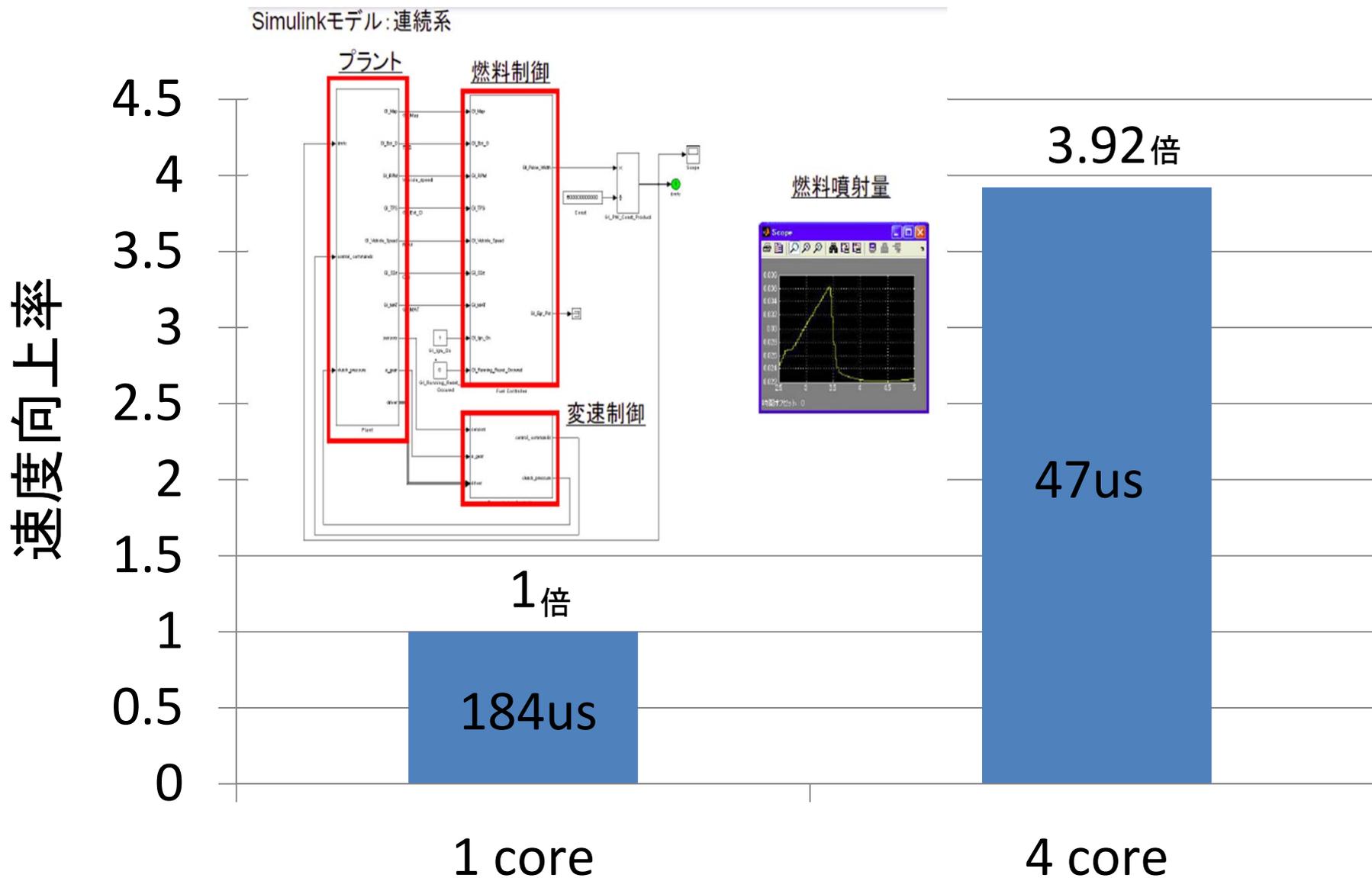
SH4AベースRP2上でのMATLAB/Simulink Embedded Cコードで生成したECUプログラム並列処理



エンジン制御で使用されているV850ベースマルチコアV850 E2R上でのECUプログラム並列処理



RP2上でのエンジン燃料噴射制御プログラム (MATLAB/Simulink Embedded Cコードにより生成したプログラム) の並列処理

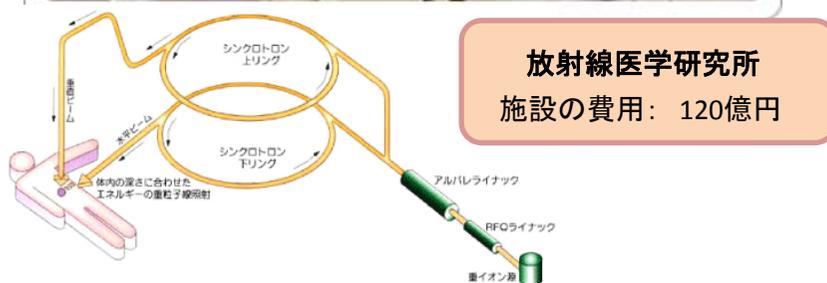


重粒子線がん治療の日立SR16000上での並列処理

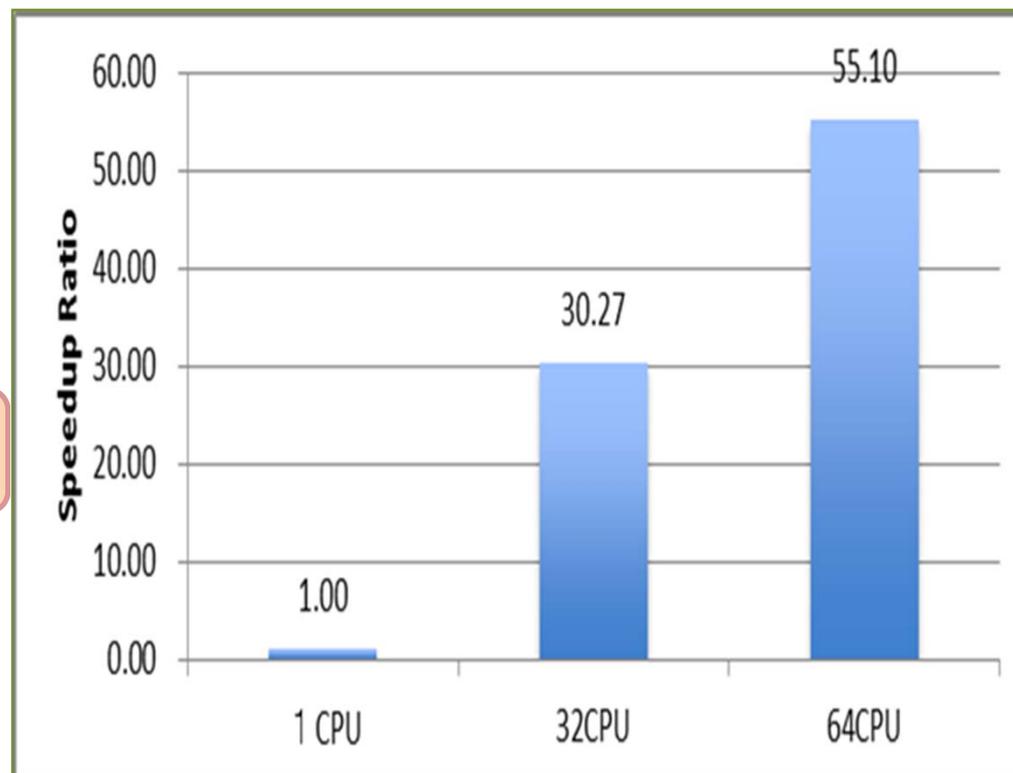
重粒子線(炭素イオン)を極めて正確に制御・照射し、癌細胞のみを消滅させる治療法:開腹手術不要・痛みなく治療が可能



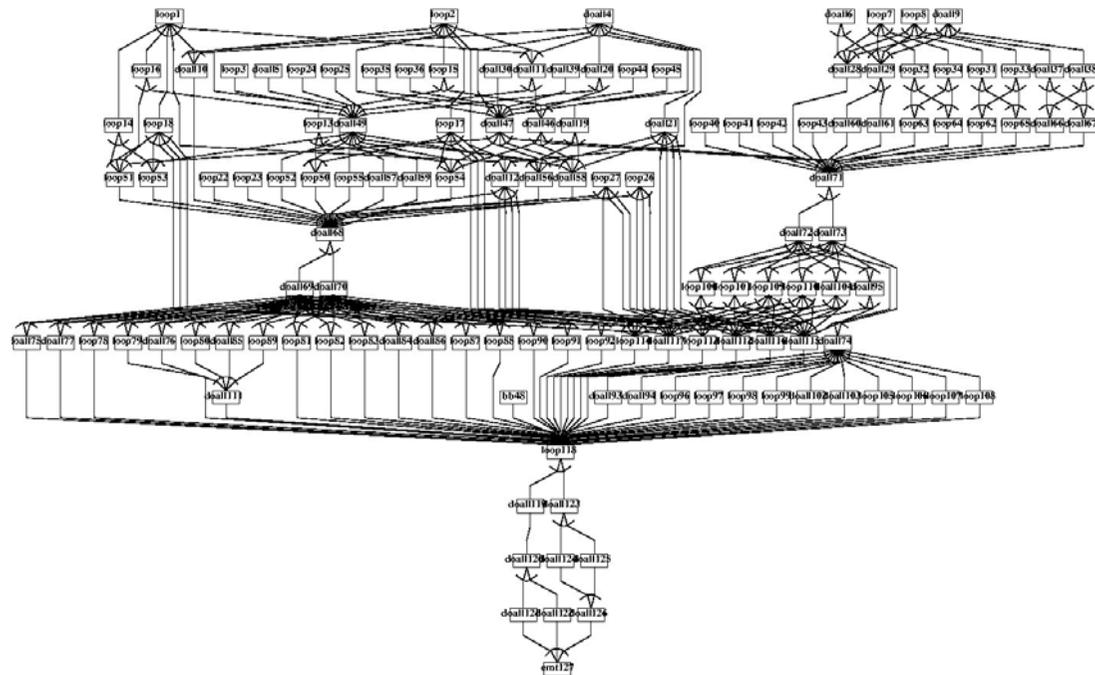
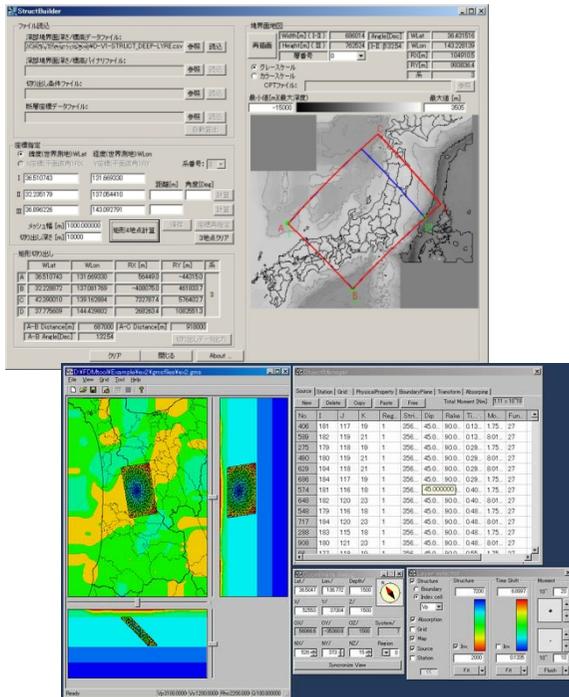
早大独自ノウハウで64コアで55倍の高速化
20分⇒22秒 低治療費化・健康保険適用へ道



従来照射計画計算に長時間を要していた
⇒1日に処置可能な患者数は数十名程度
⇒ 350万円程度と高額・保険適用外



リアルタイム防災サーバを目指した地震波伝搬シミュレータGMS (Ground Motion Simulator)の並列化

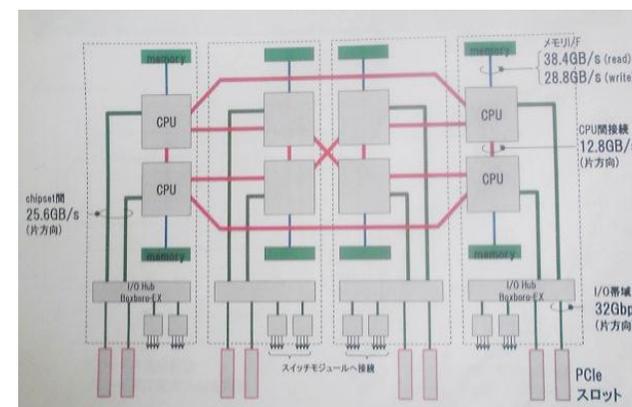
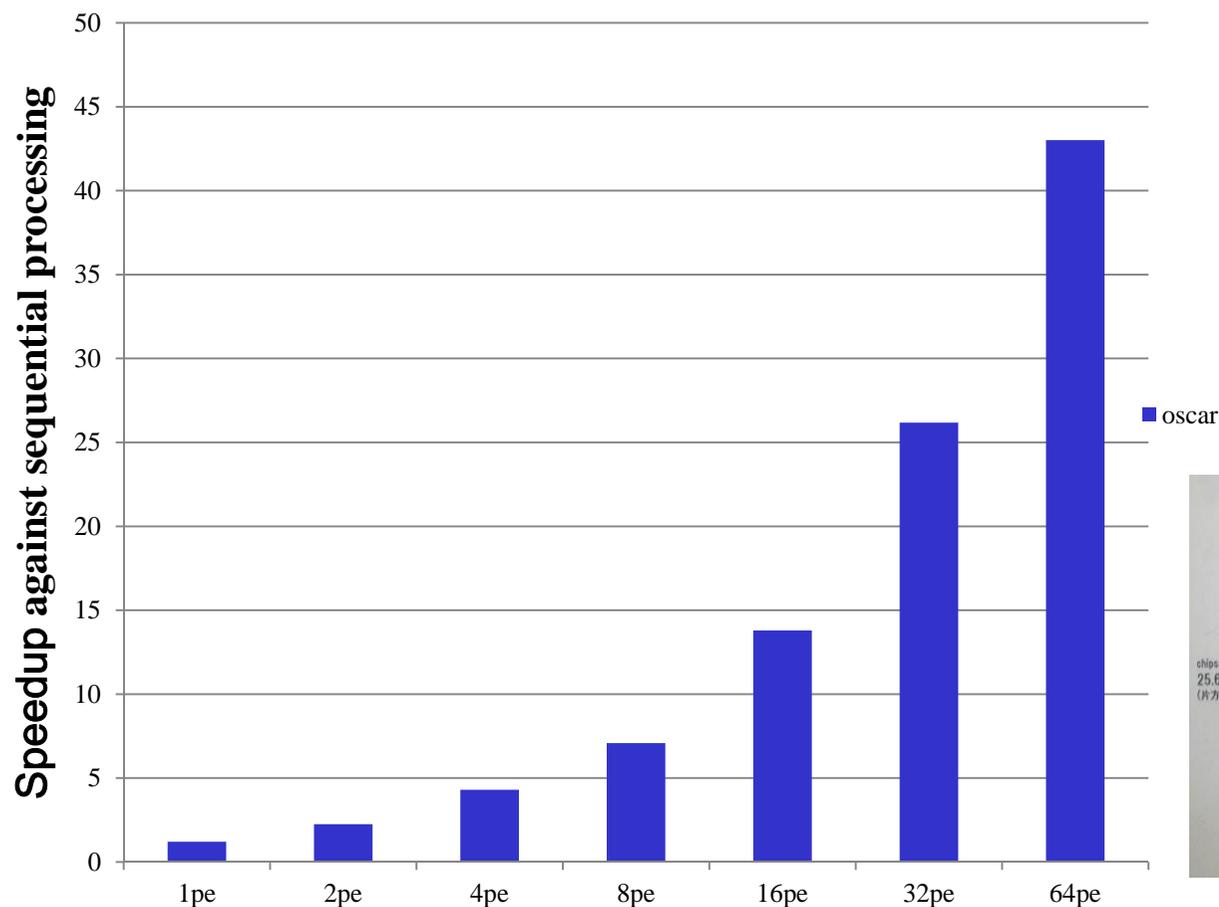


- 地質データ、震源を入力として地振動を波動方程式の求解により計算 (Fortranプログラム)

- OSCARコンパイラによる並列性解析結果
 - 横に並んだループ・関数を並列に計算可能
 - 一部タスクは並列化可能なループであり階層的な並列化がさらに可能

GMS:防災科学研究所(NIED)により公開
<http://www.gms.bosai.go.jp/GMS/>

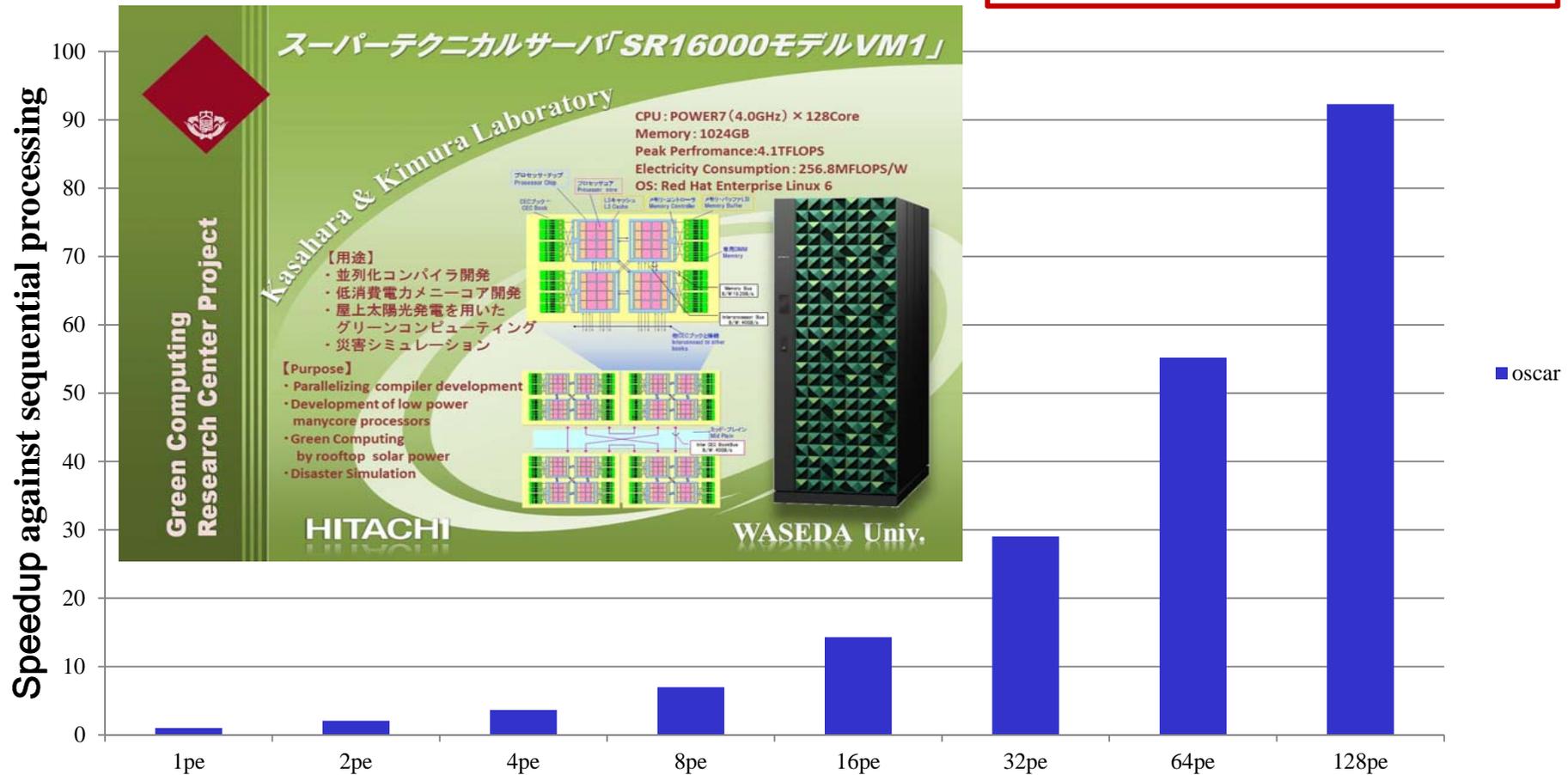
日立BS2000外付けキャッシュコヒーレント制御機 構付き64コアブレードサーバ上でのGMSの並列化 逐次に比べ43倍の高速化 (8コアインテルXeon Based Linux SMP)



ブレードSMPサーバ Hitachi BS2000

日立SR16000 128コアLinux CC-NUMA(SMP) ハイエンドサーバ上でのGMSの並列化 逐次に比べ92倍の高速化(8コアIBM Power7ベース)

4日近くかかる計算が1時間に

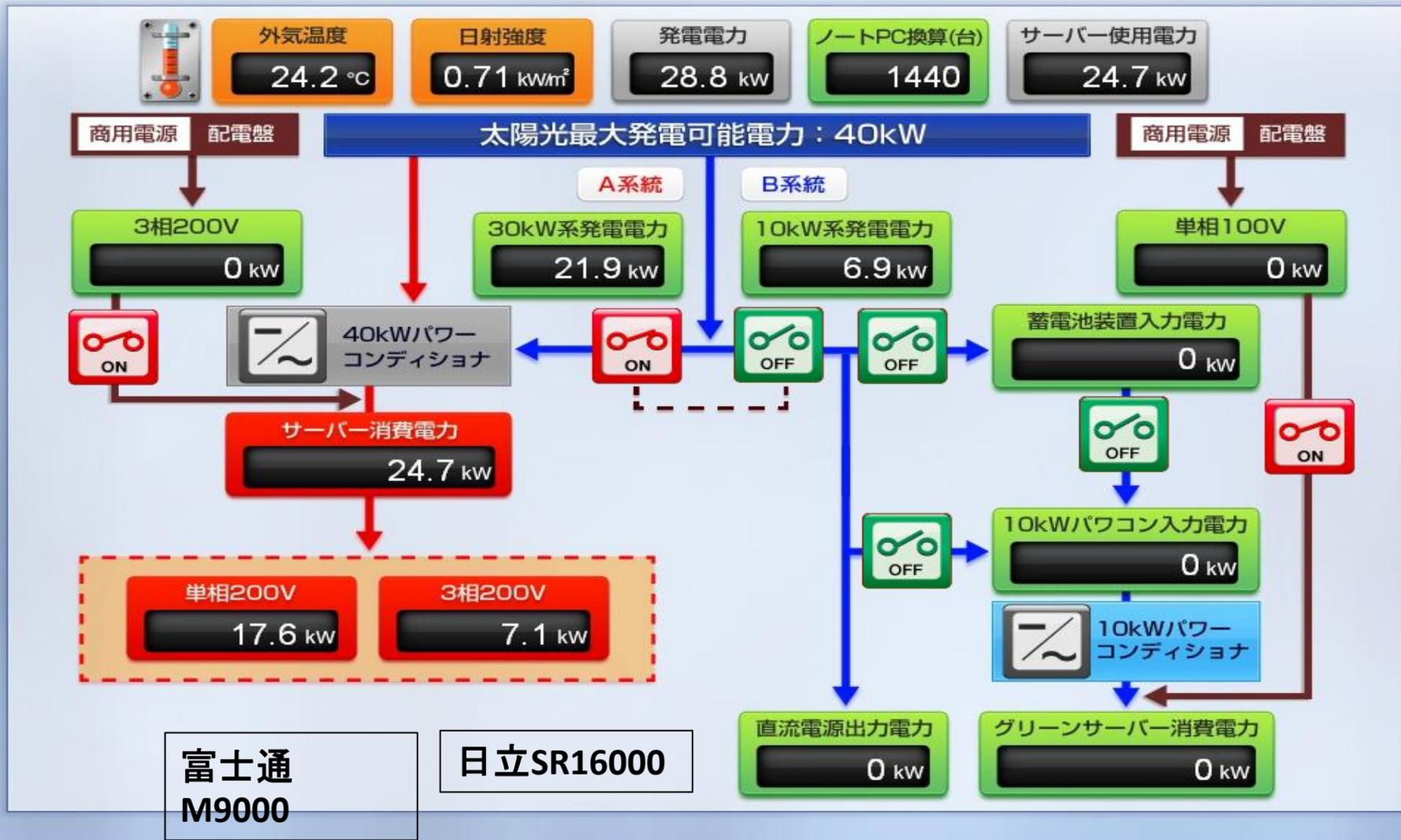


グリーンコンピューティングシステム研究開発センター2011.11.1(晴れ)太陽光電力とサーバ消費電力



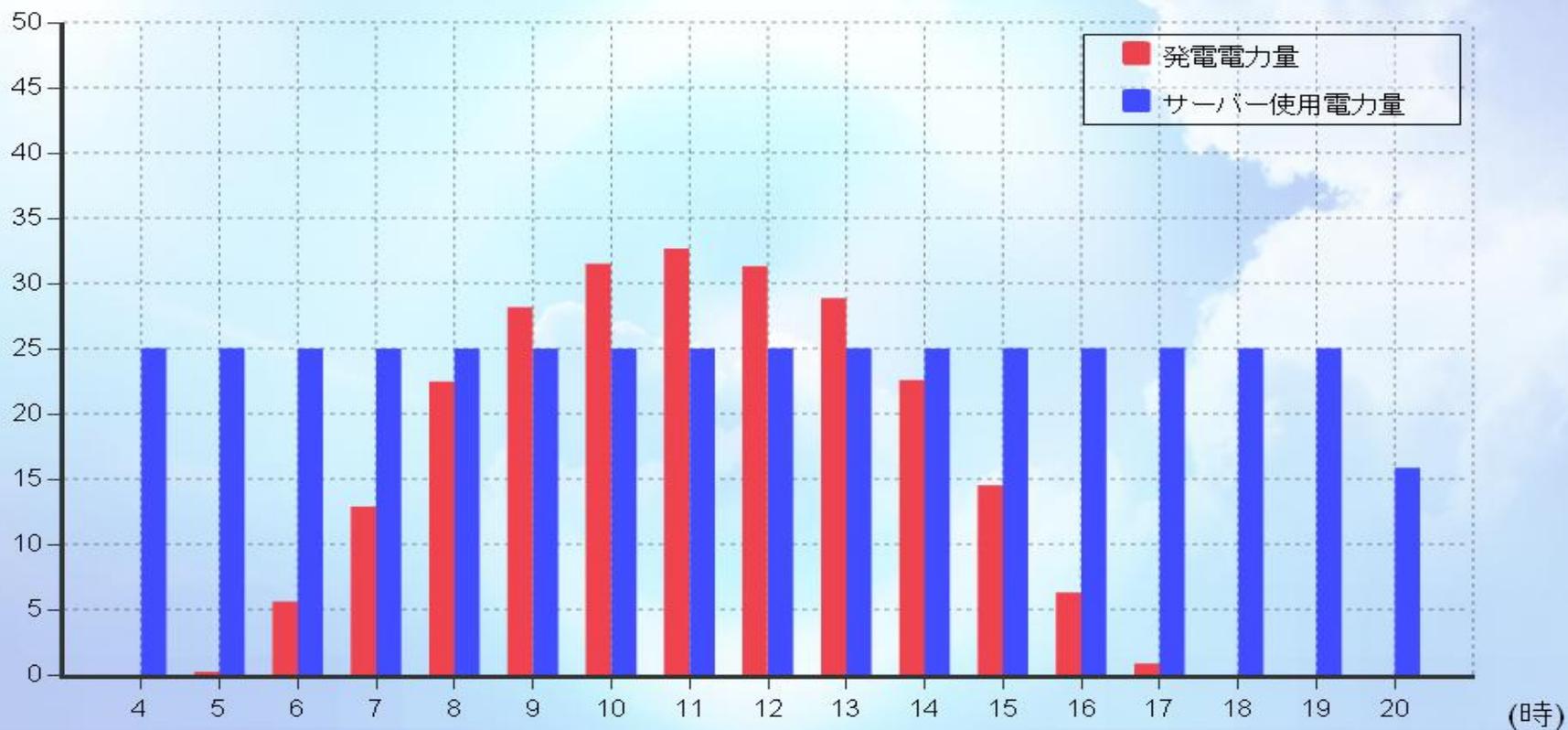
WASEDA University

早稲田大学グリーンコンピューティングシステム研究開発センター太陽光発電システム



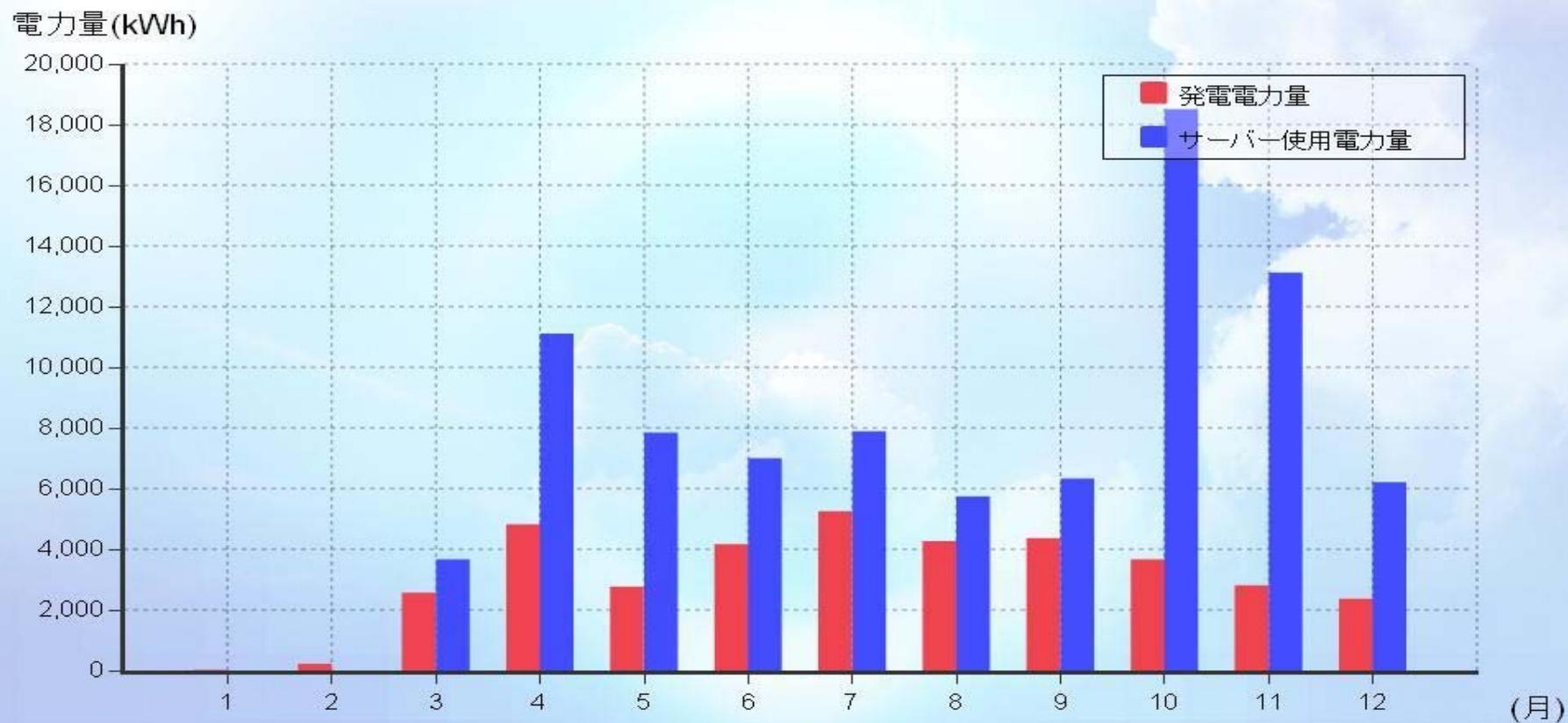
電力量の1日の変化

電力量(kWh)



サーバ用太陽電力発電装置の年間稼働状況

電力量の1年の変化



組込マルチコアRPX利用低消費電力Webサーバ



早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科
笠原研究室

現在のWebサーバ消費電力



0.96 W

by RPX embedded multicore Web-server.

1W動作

[Japanese](#) | [English](#)

研究室用



Contents

- ▶ 笠原教授紹介
- ▶ 木村教授紹介
- ▶ 発表論文
- ▶ メンバー

News

- 2012.4.25 OSCAR API (Version 2.0) 仕様書をリリースしました
- 2012.4.2 笠原・木村研ホームページの低消費電力組込マルチコアRPXサーバによるサービスとサーバの消費電力表示が開始されました。
- 2011.10.07 笠原博徳教授がIEEE Computer Society 理事(2012-2014)に再選されました。ご支援ありがとうございました。
- 2011.9.6 25周年記念 LCPC2012 (グリーンコンピューティングシステム研究開発センターにて2012年9月11日から13日開催)の情報を掲載しました

CS Multicore STC Team

Chair

Hironori Kasahara

FTs Proj. Mgr.

? (to be hired)

BoG "Angel"

Hironori Kasahara

Advisory Committee:

Chair: David Kuck,
Arvind

<Below: not contacted>

- Steve Wallach
- Bill Dally
- David Patterson
- John Killough

Steering Committee:

Co-Chair: David Padua (UIUC), Kasahara

- Wen-Mei Hwu (UIUC)
- Josep Torrellas (UIUC)
- Rudolf Eigenmann (Purdue U)
- Moriyuki Takamura (Fujitsu)
- Tom Conte
- Chair of each committee
- Industry (Appilication), Automobile, Medical, Smart Phones,

Conferences

International Multicore Conf.

<Hard+Soft+Industrial Applications from Embedded to HPC Systems with Gov., Acad. & Indus.>

Also continuously supports INPAR

- Chair Hironori Kasahara
- Josep Torrellas (UIUC)
- Vivek Sarkar (Rice U.)
- Ahmed Jerraya (CEA-LETI, MINATEC, Fr)
- Kunio Uchiyama (Hitachi)
- + Industry: Automobile, Smart Phone, Medical etc
- Carrie Walsh (SE)

Standards

- Architecture Committee Prof. Wen-Mei Hwu
3D Integ., Memory (Non volatile), etc
- Software Committee
API, Development Env. etc
- Industrial Application Comm.
 - Consumer Electronics (Smart Phones): ATT, NTT, Apple,
 - Automobile (GM, Mercedes, Toyota, Bosch, Denso, etc)
 - Medical (Varian, Hitachi, Semens, etc)
 - Anne Marie Kelly (SE)

Education

- Start from "Online Lecture": Ask the lecture to the world best researcher for the topics
- David Padua (UIUC)
- Dorian McClenahan (SE)

Body of Knowledge / Thesaurus

- Based on Parallel Processing Encyclopedia
- David Padua & others
- Dante David (SE)

Publishing

<Online Publication for quick and low cost>

- Trans. on Multicores
- Multicore Magazine
- <Start as online publication through Web Portal: Not only written papers and also Online Presentation by especially Industry Leaders>
- <Think introduction of "Mileage system" for Editorial, Programing Committee members and reviewers
- Lars Jentsch (SE) Alicia Stickley (SE)

Web Portal

- Start with Conference Advertisement .The 1st Contents include "Online lecture" with Education Commit, and "Online Magazine" including the selected talks in the conference invited talks.
- Theresa McNeill (SE)
- Chris Jensen (SE)

Newsletter

- First ,with Conference, Education and Publishing push the latest attractive information to members.
- ?
- Margo McCall (SE)



*GL - Group Lead
SE - Staff Expert



(ホモジニアス/ヘテロジニアス)マルチコア・メニーコア用プログラム開発

2012.4.25プレスリリース

API: Application Programming Interface

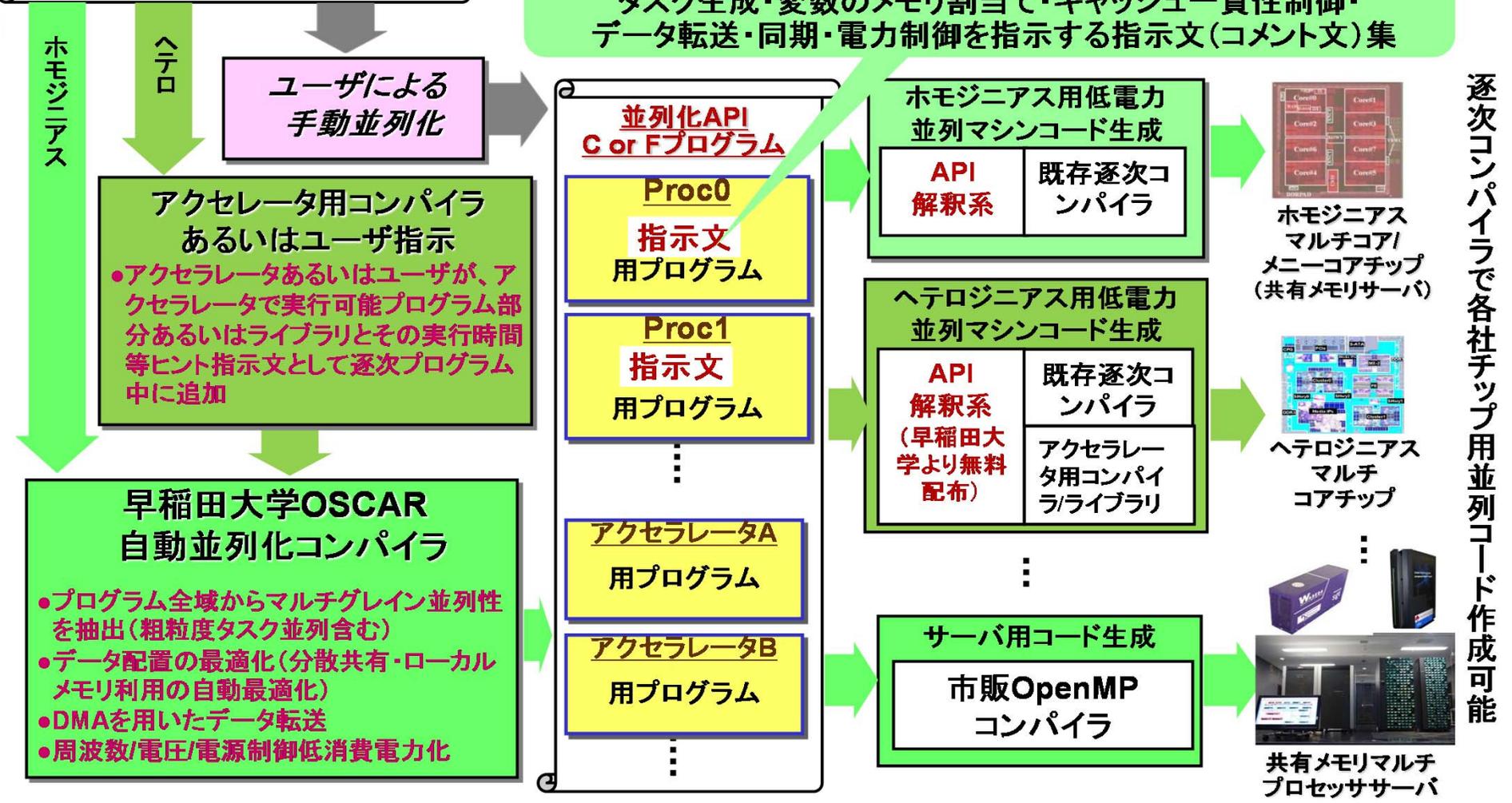
25件掲載

ホモジニアス/ヘテロジニアス マルチコア及びメニーコア用OSCAR API

14社
3大学

逐次C or Fortran
アプリケーションプログラム
(情報家電,自動車,医療,科学技術計算)

タスク生成・変数のメモリ割当て・キャッシュ一貫性制御・
データ転送・同期・電力制御を指示する指示文(コメント文)集



逐次コンパイラで各社チップ用並列コード作成可能

早稲田大学グリーン・コンピューティング・システム研究開発センター におけるマルチコア産学連携の各社主な成果と今後の計画

オリンパス: 次世代カメラ・カプセル内視鏡を視野にJPEG-XRの並列化を行いTile64メニーコア 64コアで55倍の速度向上達成(浙江大は2.9倍)。今後、顕微鏡(時間領域差分法FDTD)、免疫機能解析細胞シミュレーション、医療分野への研究にも着手予定。

富士通: W-CDMAにおいてマルチコアが専用ハードより高速である可能性を検証。クアルコムSnapdragon2コアで平均1.7倍、NVIDIA Tegra3 3コアで平均2.45倍の速度向上に成功。今後、時期製品高速化、週1度以下の充電(太陽光充電可)中高年齢用新スマホ検討。

トヨタ: 手動設計されたエンジン・クランクシャフト制御とディーゼルエンジン制御の並列化に着手。手動、他のコンパイラでは並列化困難だが、RP-X 2コアで各1.6倍の高速化に成功。今後V850マルチコアシミュレータCoMET(Vertulizer)上で評価を行い実用化検討予定。

ルネサス・NEC: OpenCV顔画像認識をサーバ、メニーコア上で並列化。Power7 SR16000 16コアで11.6倍の速度向上。今後RH850メニーコアシミュレータ上で並列化方式・次世代アーキテクチャ検討。

デンソー: MATLAB/Simulinkモデルベース設計されたエンジン制御、燃料噴射制御の並列化に着手。SH4A RP2上で前者2コアで1.89倍、後者4コアで3.92倍高速化成功(世界初)。前者実エンジン制御し使用されているV850ベース 2コアでも1.88倍の高速化。今度より多くのECU並列化に挑む予定。

日立: リアルタイム防災サーバ開発の第1ステップとして地震動シミュレータGMSの並列化に着手。SR16000 128コアで92倍の高速化(4日かかる計算が1時間)に成功。1W Webサーバ、太陽光サーバ電力供給のデータ集計・見える化。今後、太陽光電力・電池を用いてサーバ駆動実験に着手予定。

理想科学・コニカミノルタ: 複合機を対象に産学連携室利用前の予備研究に着手

東京証券取引所: Arrowheadにおける売買計算高速化に向け検討着手

KDDI: 産学連携室利用前予備研究としてHEVC(H.265)並列化に着手

NTTドコモ: 週1回以下の充電で動作するらくらくスマホ研究開発に向け富士通・ルネサスと共にプロジェクト開始提案中。