

超高齢者社会を支え、災害・病気から命を守り、産業競争力を強化するグリーン・コンピューティング・システム

OSCARマルチコア,自動並列化・電力最小化コンパイラ,API

早稲田大学

理工学術院基幹理工学部情報理工学科 教授
アドバンスト・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ー)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, 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

実施場所: 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年4月13日竣工, 2011年5月13日開所

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

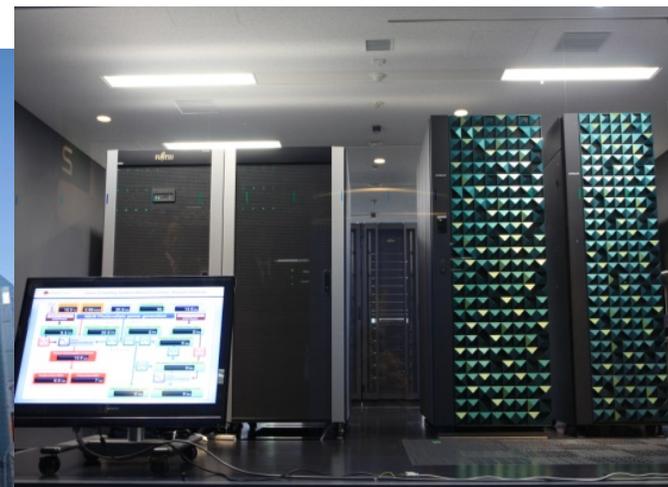
<産学連携>

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

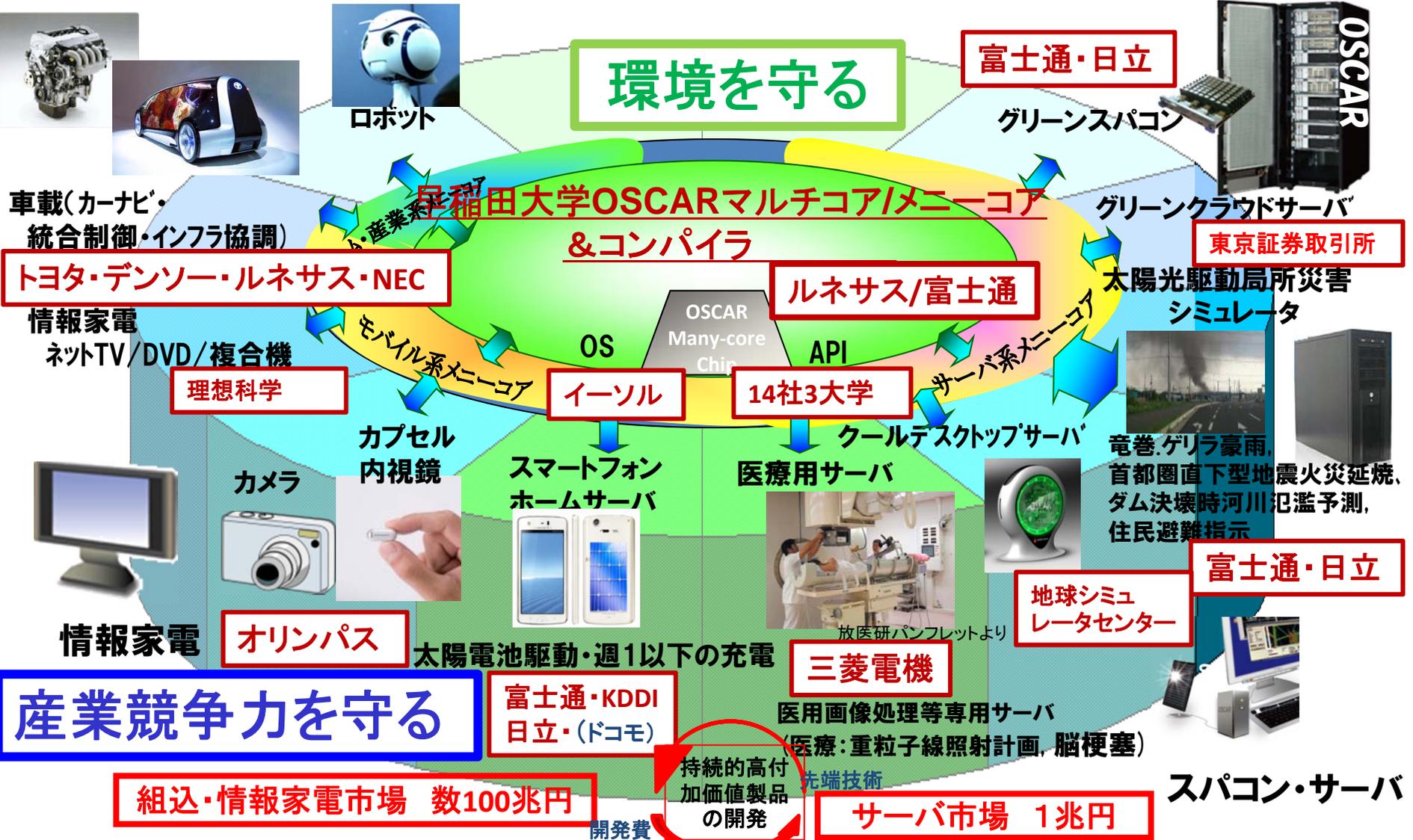
- CO₂排出量削減
- サーバ国際競争力強化
- 我が国の産業利益を支える
情報家電, 自動車等の高付加価値化



GCS 産学連携研究開発目標

命を守る

環境を守る

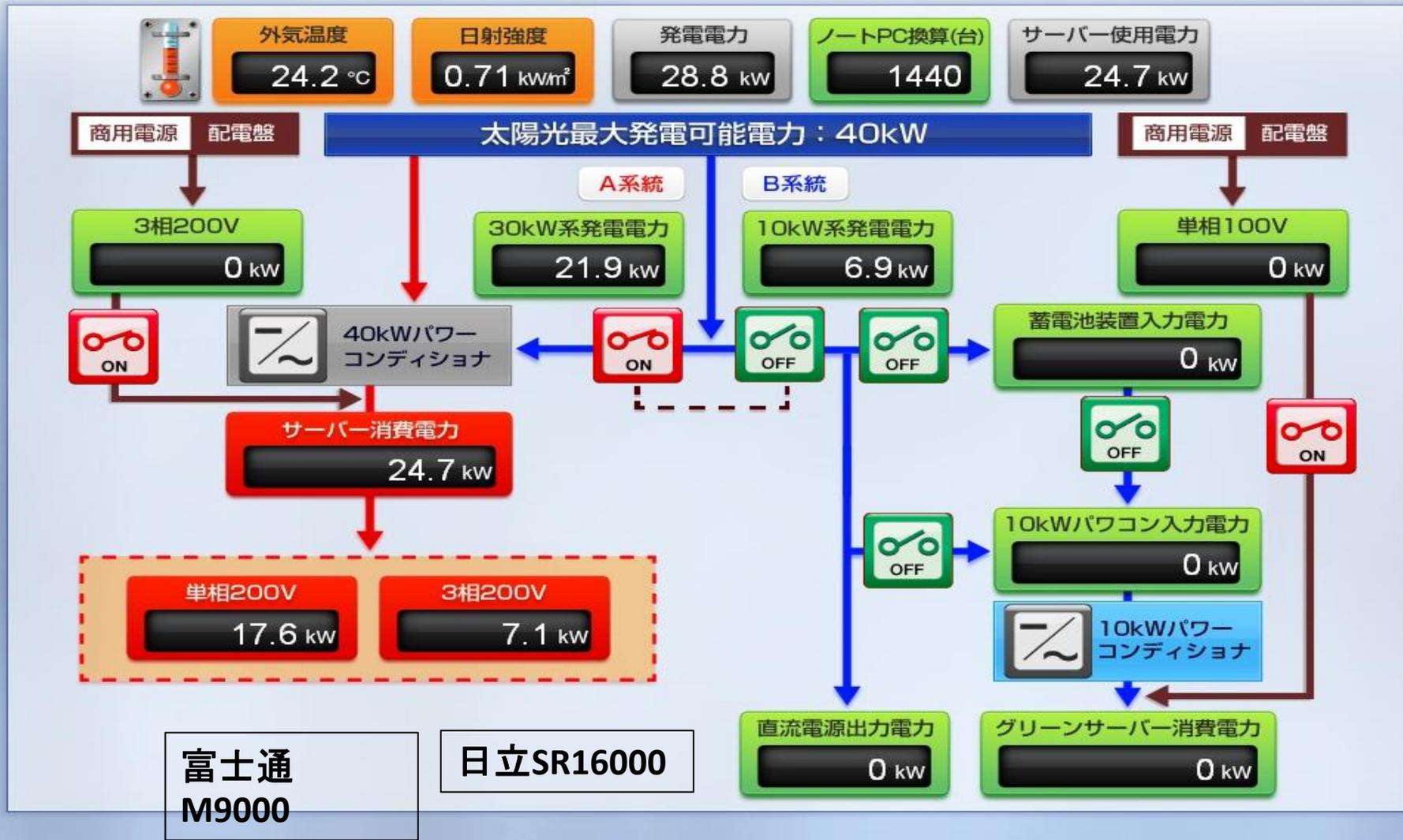


グリーンコンピューティングシステム研究開発センター2011.11.1(晴れ)太陽光電力とサーバ消費電力



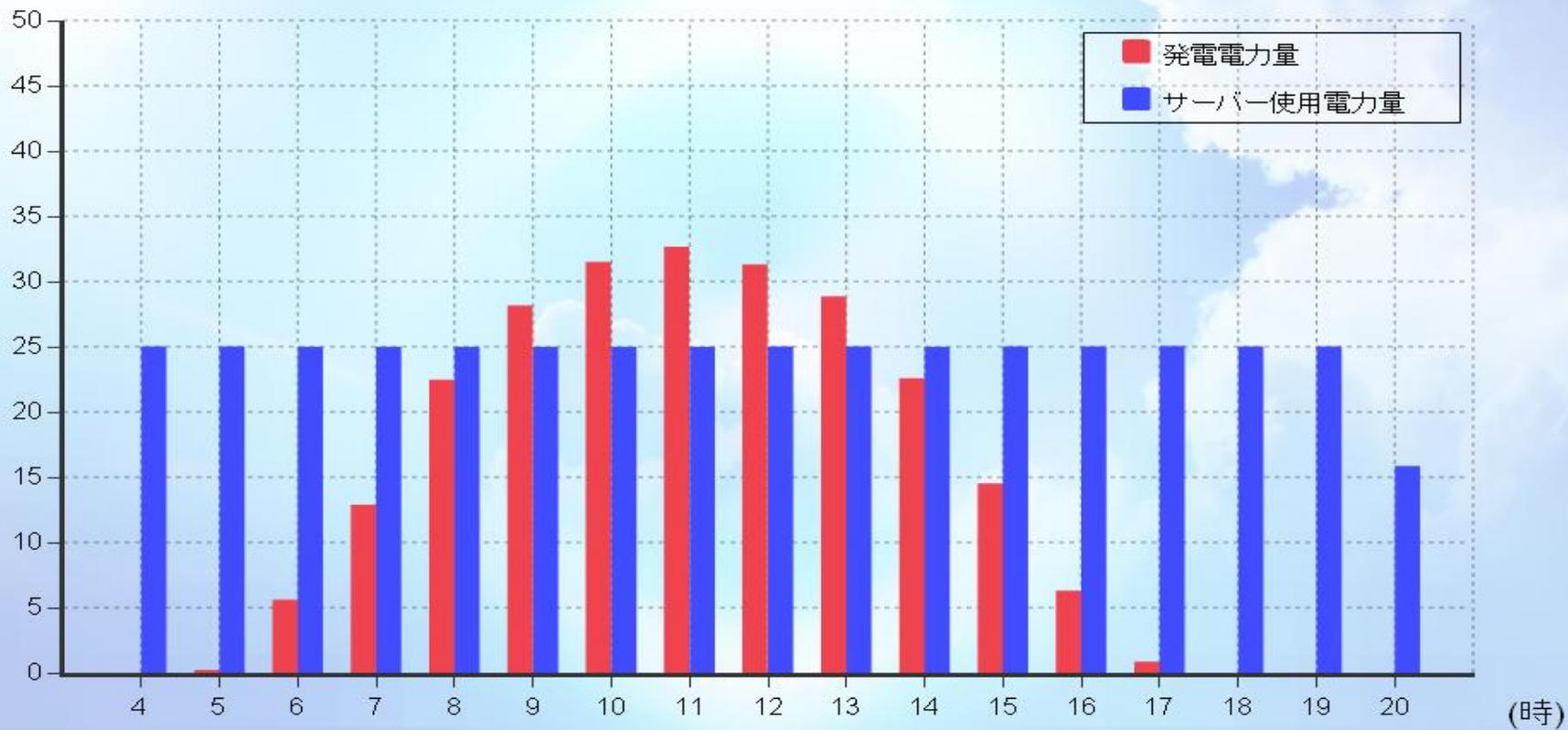
WASEDA University

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



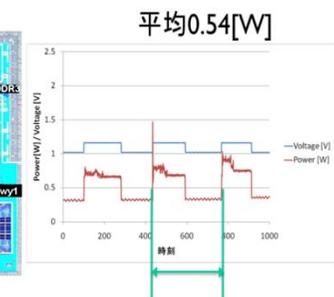
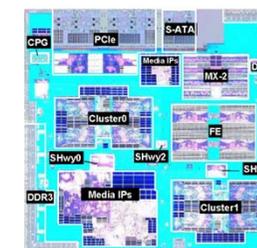
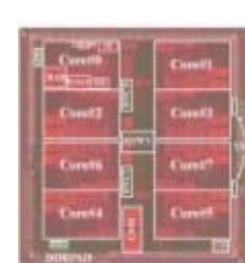
電力量の1日の変化

電力量(kWh)

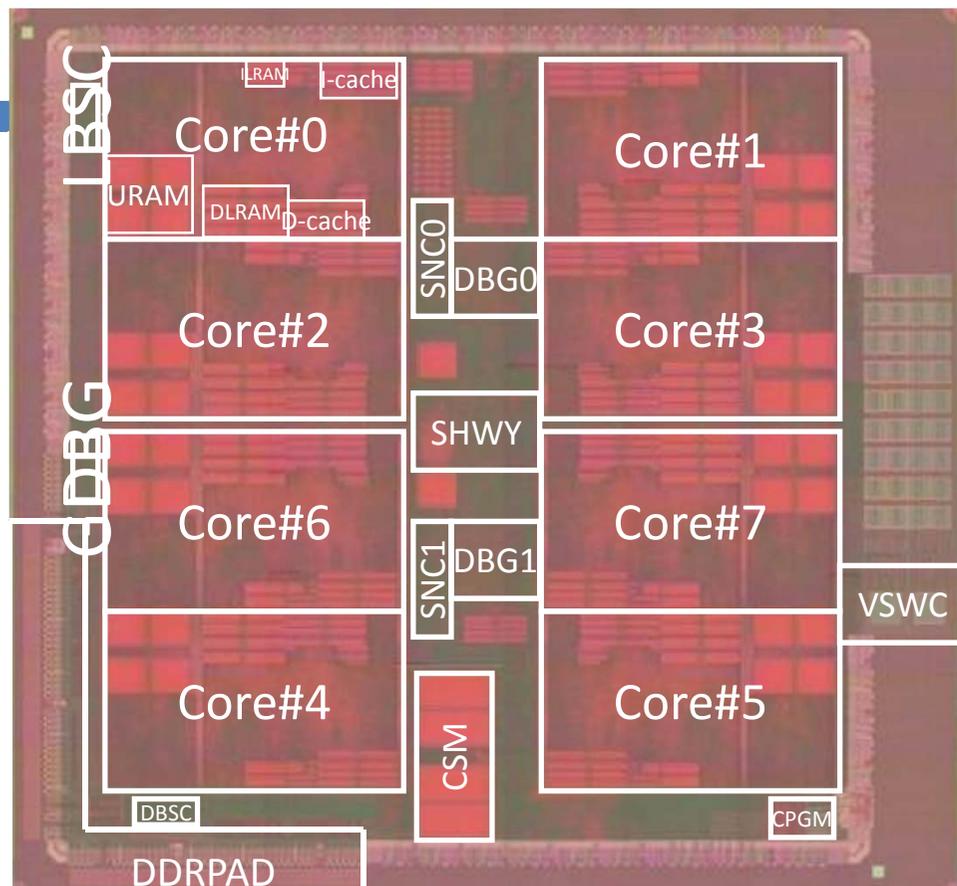


早稲田大学におけるマルチコアに関する 産官学連携と人材育成経緯

- **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)



早稲田OSCARコンパイラ協調型アーキテクチャ ホモジニアスマルチコアRP2 SH4A8コア搭載



プロセス	90nm CMOS, 8層メタル, 3種Vth
チップサイズ*	104.8mm ² (10.61mm x 9.88mm)
電源電圧	1.0V-1.4V(コア), 1.8/3.3V(I/O)
動作周波数	600MHz
CPU性能	8640 MIPS (Dhrystone 2.1)
FPU性能	33.6 GFLOPS
低電力制御	<ul style="list-style-type: none"> ・CPU毎に独立した周波数変更 ・CPUコアのクロックを停止するスリープモード ・CPUコアの一部のクロックを停止するがキャッシュコヒーレンシ維持可能なライトスリープモード ・CPUコアの電源供給を停止するフル電源遮断モード ・URAM以外のCPUコアの電源供給を停止するレジューム電源遮断モード

8コア集積マルチコアLSIチップ写真

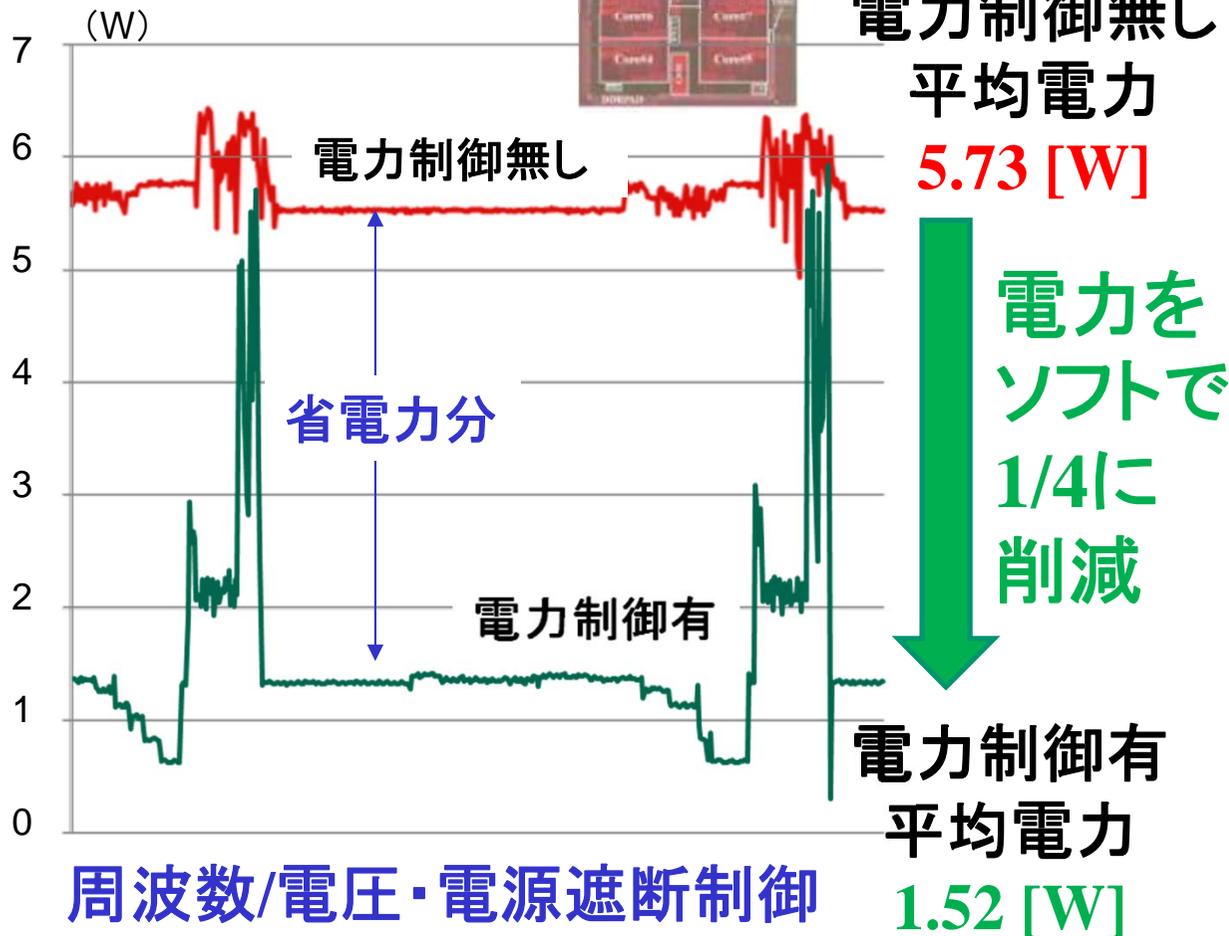
ISSCC08発表: ISSCC08 論文番号4.5, M.ITO, et al., "An 8640 MIPS SoC with Independent Power-off Control of 8 CPUs and 8 RAMs by an Automatic Parallelizing Compiler"

太陽光電力で動作する情報機器

コンピュータの消費電力をHW&SW協調で低減。電源喪失時でも動作することが可能。

リアルタイムMPEG2デコードを、8コアホモジニアスマルチコアRP2上で、消費電力1/4に削減

世界唯一の差別化技術



太陽電池で駆動可



NEDOリアルタイム情報家電用マルチコアチップ・デモの様子

<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/honkaigi/74index.html>

第74回総合科学技術会議【平成20年4月10日】



第74回総合科学技術会議の様子(1)



第74回総合科学技術会議の様子(2)



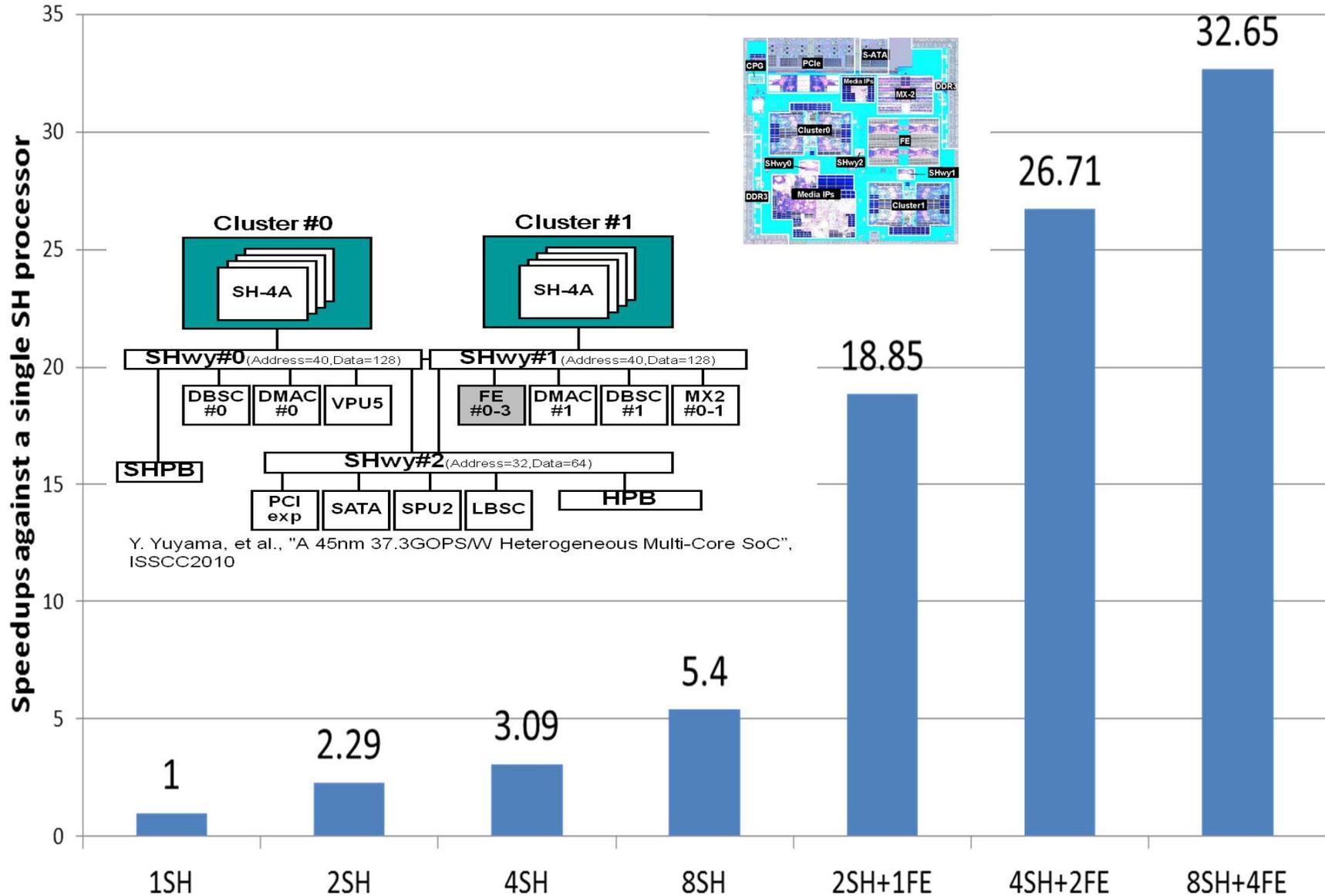
第74回総合科学技術会議の様子(3)



第74回総合科学技術会議の様子(4)

早稲田大学 富士通 ルネサスで開発した
8コアマルチコアRP2の総合科学技術会議での紹介

RPX上でのオプティカルフロー計算において、8つのSH4Aプロセッサと4つのアクセラレータFEGA（動的再構成可能プロセッサ）利用時に逐次に比べ33倍高速化



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



0.95 W

by RPX embedded multicore Web-server.

1W動作

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
- ▶ 授業情報
- ▶ 所在地
- ▶ 訪問者一覧

News

- 2012.11.1 平成24年11月22日(木) 13:30よりJEITAと共催で産学連携シンポジウム "IT・エレクトロニクスの将来と期待する人材像"をグリーンコンピューティングセンターで開催します(申込締切:11月16日(金):定員になり次第締切)
- 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
- 2011.5.24 グリーン・コンピューティング・システム 研究機構「低炭素社会を支えるグリーンITで日本の競争優位を確立する」が読売オンライン「研究力「WASEDA研究特区」と WASEDA研究特区「プロジェクト 研究最前線」に掲載されました

世界をリードするマルチコア用コンパイラ技術

プロセッサ高速化における3大技術課題の解消

1.半導体集積度向上(使用可能トランジスタ数増大)に対する速度向上率の鈍化

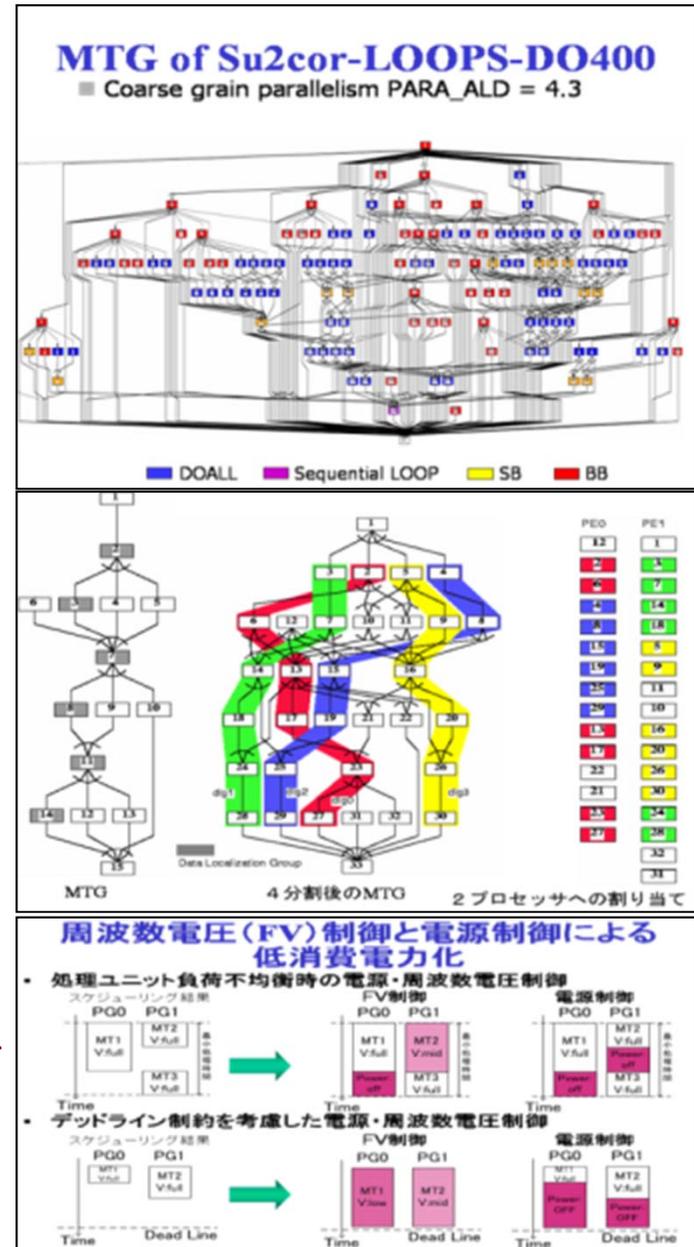
- 粗粒度タスク並列化、ループ並列化、近細粒度並列化によりプログラム全域の並列性を利用するマルチグレイン並列化機能により、従来の命令レベル並列性より大きな並列性を抽出し、複数マルチコアで速度向上

2.メモリウォール問題

- コンパイラによるローカルメモリへのデータ分割配置、DMAコントローラによるタスク実行とオーバーラップしたデータ転送によりメモリアクセス・データ転送オーバーヘッド最小化

3.消費電力増大による速度向上の鈍化

- コンパイラによる低消費電力制御機能を用いたアプリケーション内でのきめ細かい周波数・電圧制御・電源遮断により消費電力低減



世界標準を目指すマルチコア用ソフトウェアインターフェイスOSCAR API

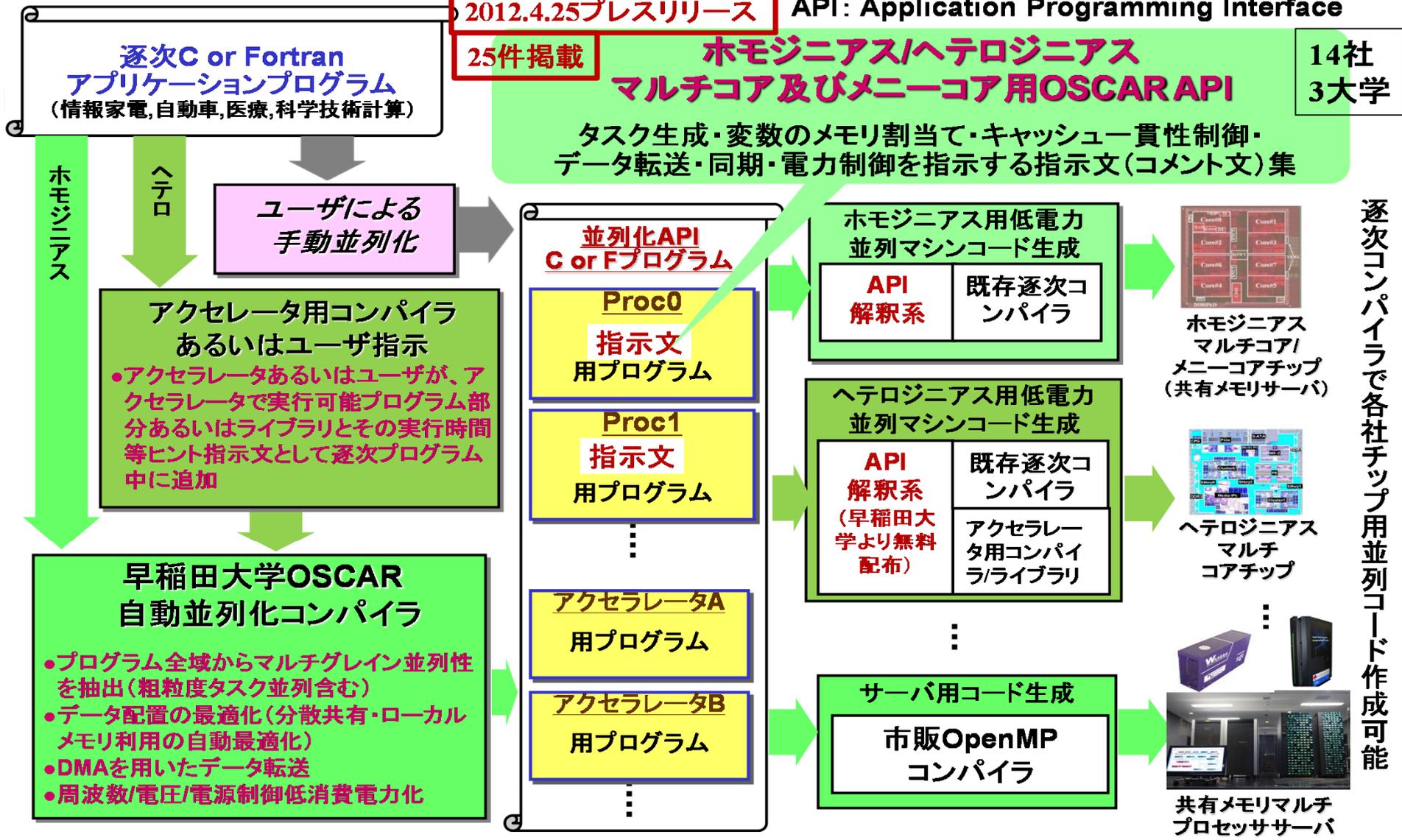
2012.4.25プレスリリース
25件掲載

API: Application Programming Interface

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

タスク生成・変数のメモリ割当て・キャッシュ貫性制御・
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



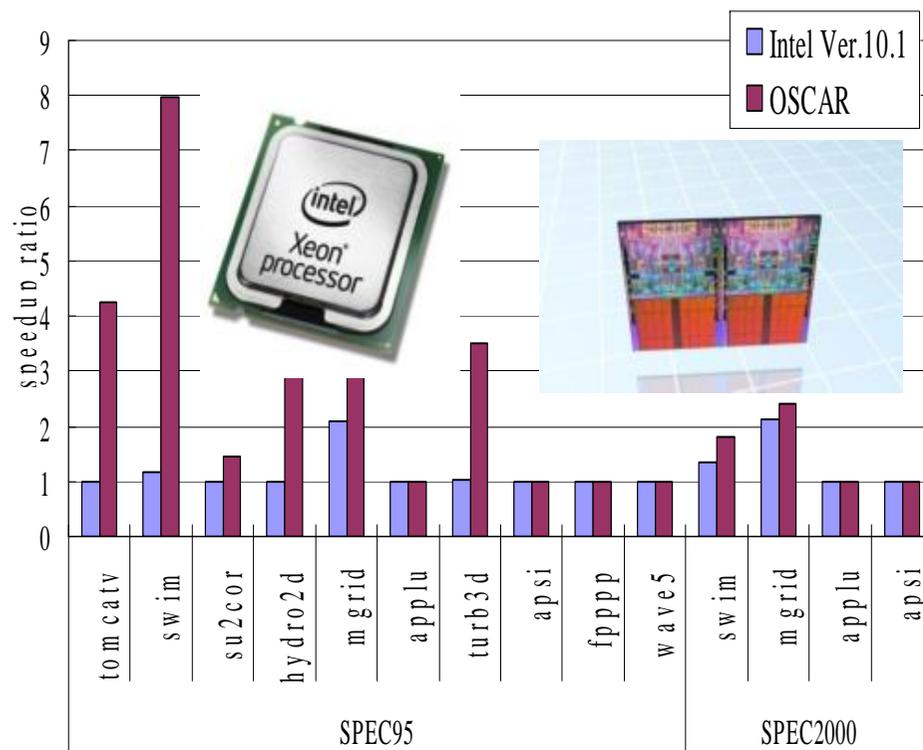
逐次コンパイラで各社チップ用並列コード作成可能

現状：世界最高性能のOSCARコンパイラの性能

インテル・IBMマルチコアサーバ上でそれぞれ2倍・3倍以上の高速化

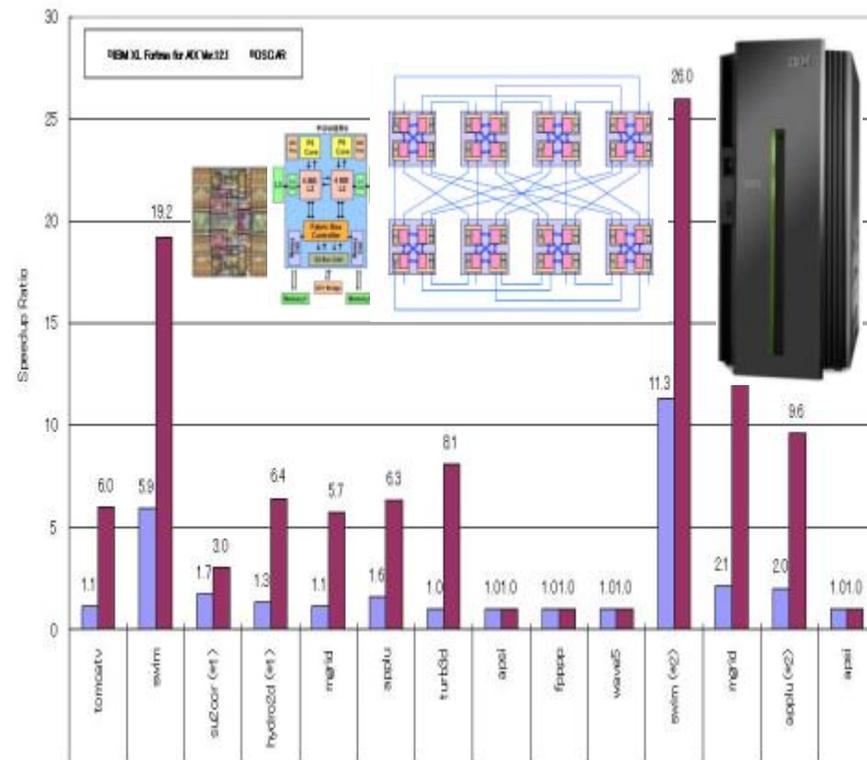
インテル クアッドコアXeonプロセッサ上での 早稲田大学 OSCARコンパイラの性能

インテル・マルチコア上で
インテルコンパイラに比べ **2.1** 倍速度向上



IBM p6 595 Power6 (4.2GHz) ベース 32コア SMP サーバ上での早稲田大学OSCARコンパイラの性能

IBM最新サーバ上で
IBMコンパイラに比べ **3.3** 倍速度向上



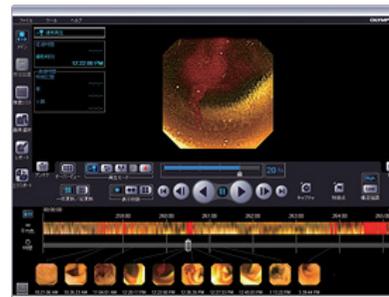
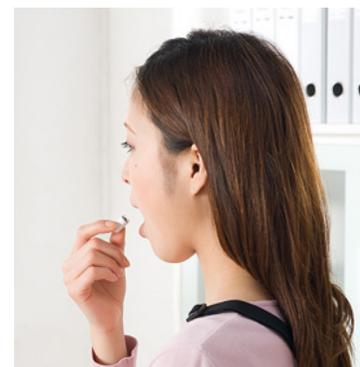
病気から命を守る



重粒子線ガン治療
開腹手術・痛み無くガン治療

三菱電機と共同研究

- 現在30分の照射計画待ち時間を30秒に短縮する高速コンピュータ必要
 - 長期の予約待ち解消
 - 保険非適用高額費用負担解消



オリンパスと共同研究

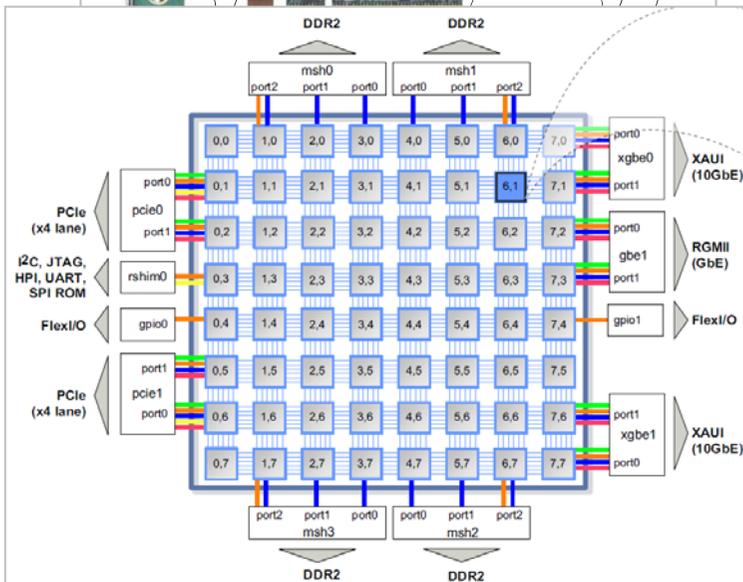
未来のカプセル内視鏡

人間ドックで朝飲むだけで、カプセル内視鏡が食道、胃、大腸、小腸の画像を複数のカメラで連続的に撮影、病変認識、画像送付、記憶。煩わしい検査が、誰でも簡単に。

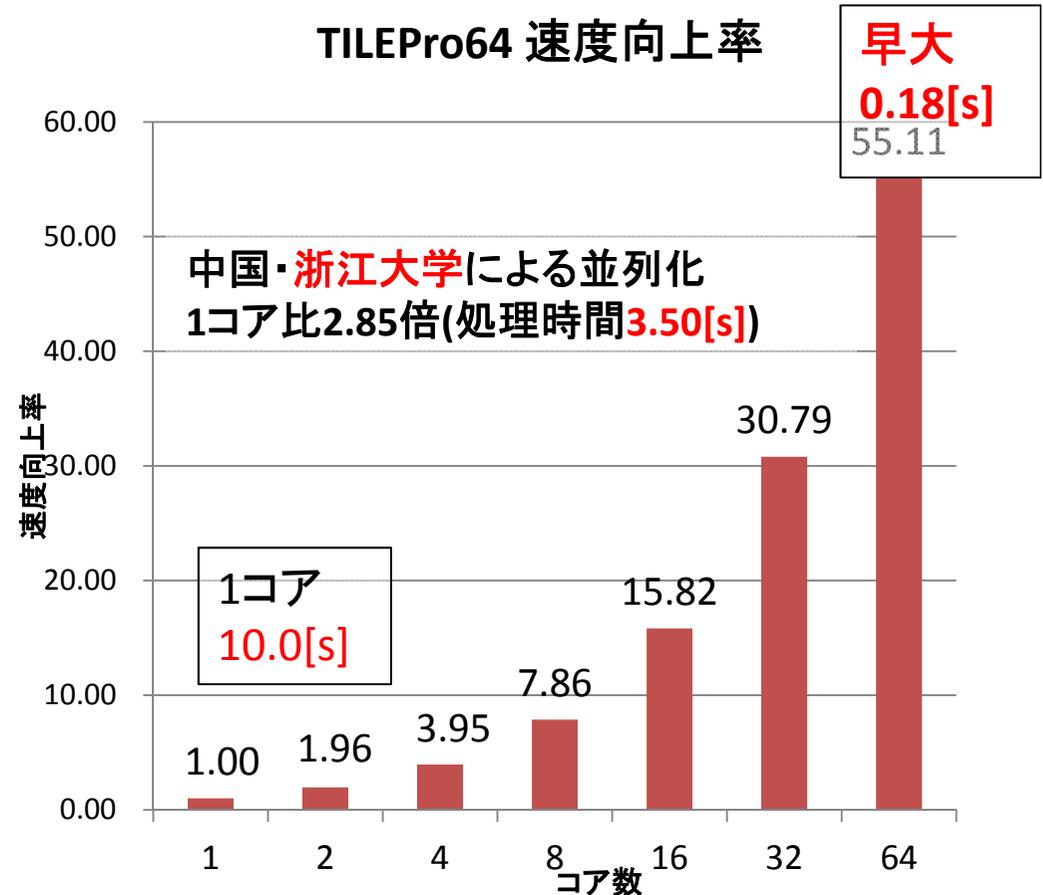
- 超小型電池で8時間以上連続画像認識、病変検出可能な1/100倍以上の電力性能を持つ超低消費電力プロセッサ必須

次世代カメラ・カプセル内視鏡のための静止画圧縮 JPEG XRエンコーダのメニーコア上での並列化研究状況

TILEPro64



TILEPro64 速度向上率



中国・浙江大学による並列化
1コア比2.85倍(処理時間3.50[s])

早大
0.18[s]
55.11

1コア
10.0[s]

逐次に対し64コアで55倍の速度向上を達成

重粒子線がん治療の日立SR16000サーバー上での並列処理

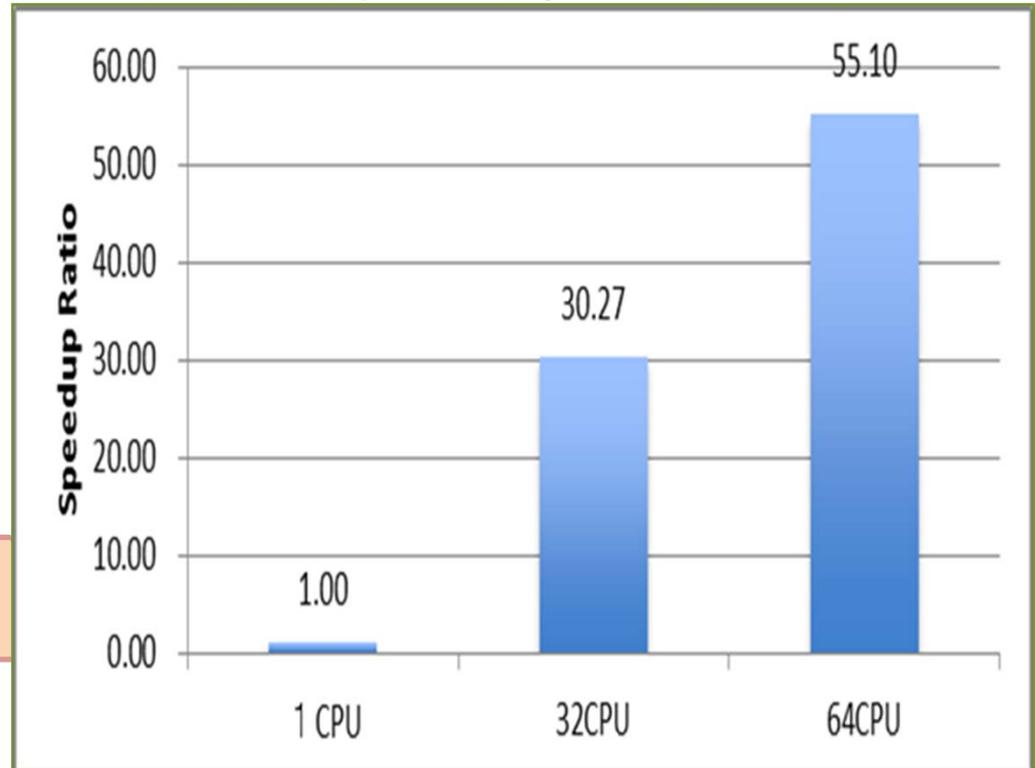
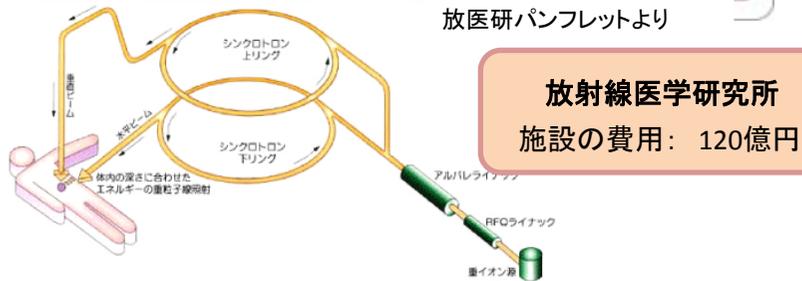
重粒子線(炭素イオン)を極めて正確に制御・照射し、癌細胞のみを消滅させる治療法:開腹手術不要・痛みなく治療が可能

三菱電機と共同研究

現在数億円のサーバ上64コアで55倍の高速化に成功
20分⇒22秒 低治療費化・健康保険適用へ道



放医研パンフレットより



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

低額サーバでさらに高速化することにより心臓等動く臓器の治療も可能に

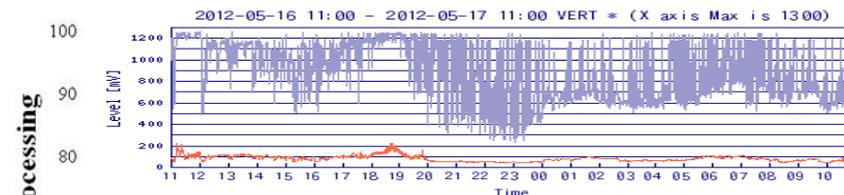
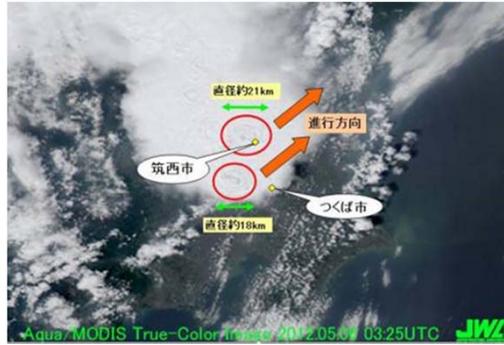


災害から命を守る

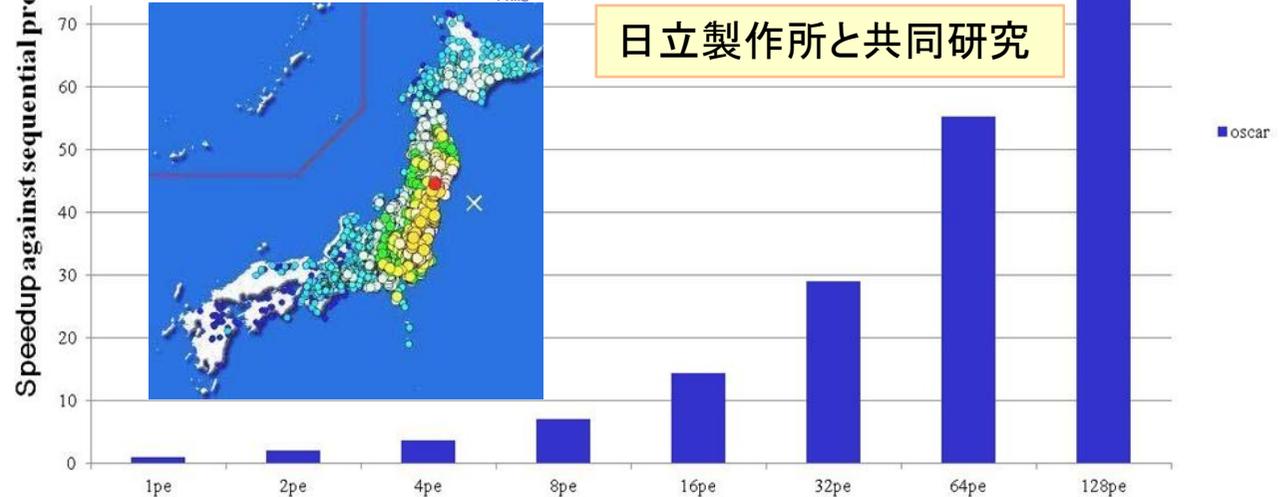


現在、4日近くかかる計算を1時間に短縮することに成功

1プロセッサに比べ92倍の高速化に成功



日立製作所と共同研究



7年後までに災害時に電力供給が途絶えても住民に避難指示ができる太陽光電力駆動局所災害・防災コンピュータ開発

10年後までに10万倍から100万倍の高速化によりスーパーリアルタイム津波予測避難誘導が望まれる

地球シミュレーターセンター、富士通、防災科学技術研究所、日立製作所と共同研究予定



国際産業競争力を高める

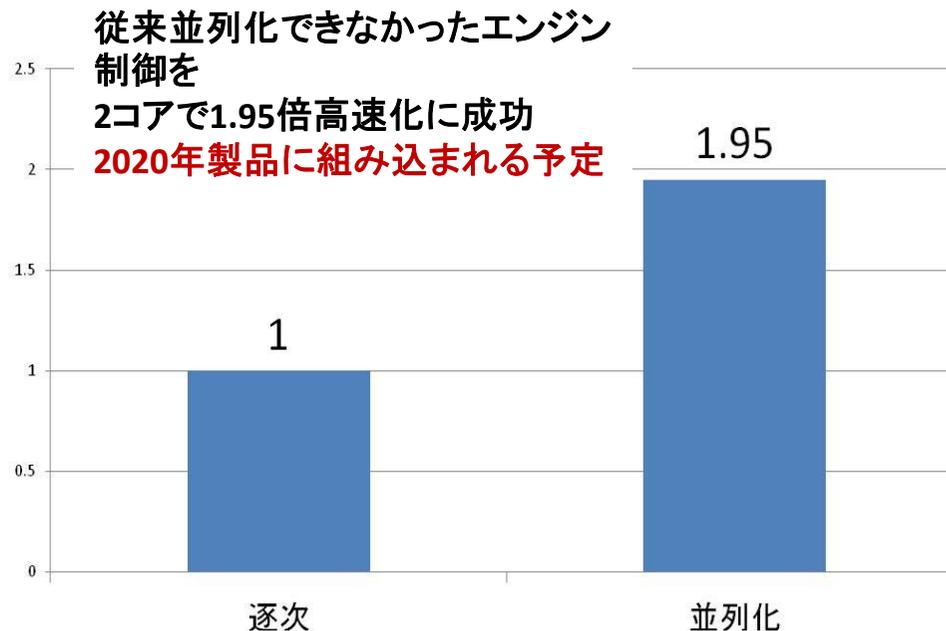
飛び出し、人間エラー等による事故を防ぎ、霧等悪天候・災害時でも安全走行可能なエコカーはセンサー、インターネットを駆使する統合制御へ



トヨタ・デンソー・ルネサスと共同研究

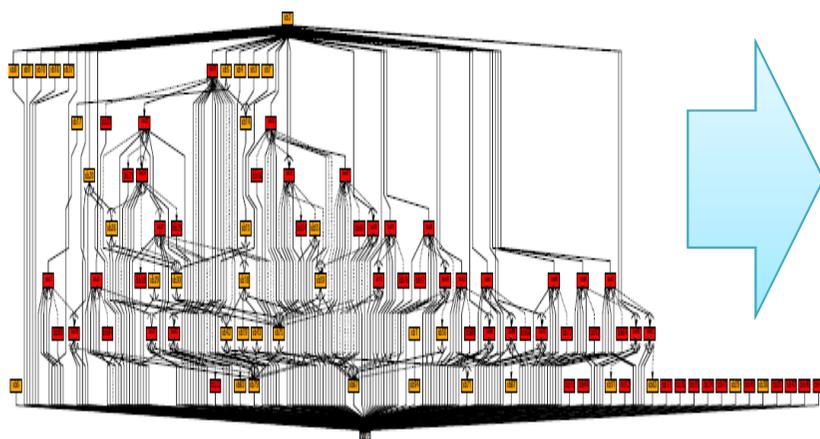


マルチコアによるエンジン制御

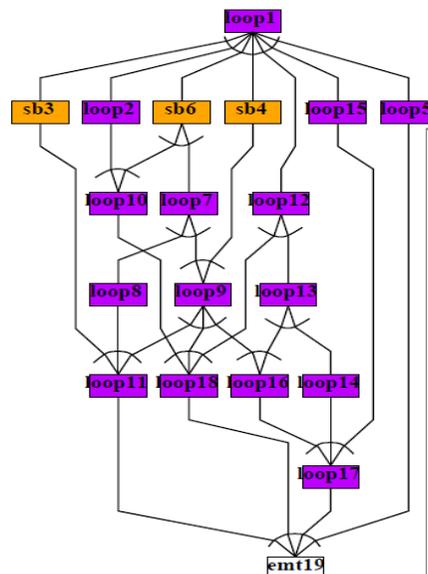


1000倍以上高速な高信頼・高速の低消費電力リアルタイム組込マルチコアが開発必要

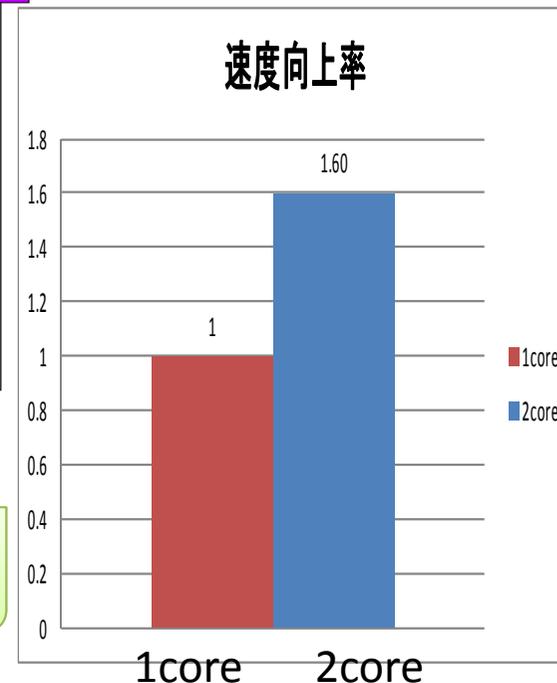
手設計されたエンジン・クランクシャフト制御プログラムのRP-X(SH4A)上での並列処理性能



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



- ◆ 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で逐次(1core) 実行速度度を越えられなかった