

ハイ・パフォーマンス・コンピューティングと医療



早稲田大学 副総長(研究推進) 笠原博徳

IEEE Computer Society President 2018

1980 早大電気工学科卒, 1982同修士了
1985 早大大学院博士課程了 工学博士
カリフォルニア大学バークレー客員研究員
1986 早大理工専任講師, 1988年 助教授
1997 教授、現在 理工学術院情報理工学科
1989~1990 イリノイ大学Center for
Supercomputing R&D客員研究員
2004 アドバンストマルチコア研究所所長
2017 日本工学アカデミー, 日本学術会議連携会員

1987 IFAC World Congress Young Author Prize
1997 情報処理学会坂井記念特別賞
2005 半導体理工学研究センタ共同研究賞
2008 LSI・オブ・ザ・イヤー 2008 準グランプリ,
Intel Asia Academic Forum Best Research Award
2010 IEEE CS Golden Core Member Award
2014 文部科学大臣表彰科学技術賞研究部門
2015 情報処理学会フェロー,
2017 IEEE Fellow, 2017 IEEE Eta-Kappa-Nu

査読付き論文216件, 招待講演176件,
特許取得48件(日本・米国・英国・中国等),
新聞・Web記事・TV等メディア掲載 609件

政府・学会委員等歴任数 245件
IEEE Computer Society President 2018, Executive
Committee委員長, 理事(2009-14), 戦略計画委員会委
員長, Multicore STC 委員長, 規約委員会委員長,
IEEE CS Japan 委員長(2005-07) 等
【経済産業省・NEDO】情報家電用マルチコア&
アドバンスト並列化コンパイラプロジェクトリーダ,
NEDOコンピュータ戦略委員長等
【内閣府】スーパーコンピュータ戦略委員, 政府調達
苦情検討委員, 総合科学技術会議情報通信PT 研究
開発基盤領域&セキュリティ・ソフト検討委員, 日本国
際賞選定委
【文部科学省・海洋研】地球シミュレータ(ES)中間評価
委員、情報科学技術委員, HPCI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, 地
球シミュレータES2導入技術アドバイザーー委員長等

IEEE Computer Society

IEEE CS (1946年設立)72年の歴史の中で初めて、北米以外から会長に選出



Bjarne Stroustrup: Morgan Stanley & Columbia Univ.
2018 IEEE Computer Society Computer Pioneer Award
IEEE COMPSAC2018 Keynote & Award Ceremony



July 26, 2018, Keynote,
Hitotsubashi Hall



July 25, 2018 Award Ceremony
Rihga Royal Hotel Tokyo



•84,000+ members

- 480 chapters
- 168 countries
- 31 technical committees & councils



CS HPC Award Ceremony on Nov. 13 in SC2018, Dallas having 13,000 participants

ACM / IEEE-CS Ken Kennedy Award
Prof Sarita Adve

Seymour Cray Award
Dr. David E Shaw



IEEE
computer
society



Sidney Fernbach Award
Dr. Landa Petzalt



Bjarne Stroustrup: Morgan Stanley & Columbia Univ.

2018 IEEE Computer Society Computer Pioneer Award

IEEE COMPSAC2018 Keynote & Award Ceremony



**July 26, 2018, Keynote,
Hitotsubashi Hall**



**July 25, 2018 Award Ceremony
Rihga Royal Hotel Tokyo**



Bob Ramakrishna Rau Award Lunch in MICRO51 in Fukuoka Japan on Oct. 23, 2018.

**ACM/IEEE CS Micro51 with record high 706 Participants
was operated by CS this year.**



**Rau Award Winner Dr. Ravi Nair,
Rau Award Chair Dr. Kemal
Ebcioglu & CS President Hironori
Kasahara**



**General co-chairs Profs Koji Inoue & Mark Oskin with CS distinguished
researchers and ACM SIGARCH CARE member in Banquet.**

Cooperation with International Organizations in 2018



**IPSI Leaders, March,
IPSI Convention, Tokyo**



**Japan (IPSI), China(CCF),
Korea(KIISE) in March,
Waseda U., Tokyo**



**Okawa Foundation, CS Japan
Chapter, Multicore STC &
Japanese Government Symp.**



**MoU with UN ITU
in AI for Good,
May, Geneva**



**CCF China National Computer
Congress, Oct. , Hangzhou**



**MoU with Baidu, July,
Green Comp. C., Tokyo**



**IEEE CS China Office
moderated Tencent-
Waseda Univ. Joint
Symposium, Nov.,
Waseda U., Tokyo**



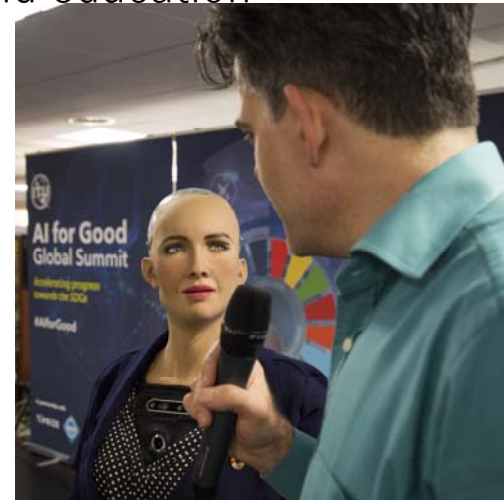
**Russian Academy of Science:
Russian Computer Science 70th
Anniversary, Nov., Moscow**

Cooperating with other IEEE societies and international sister societies

LONG TERM : Outside Partners

MoU with UN ITU in AI for Good, May 16, 2018 (United Nations International Telecommunication Union)

- Cooperation in conferences, publication, and education



ACM President Vicki L. Hanson (new ED&CEO) & Pat Ryan Chief Operating Officer

Kasahara's Remarks

IAB: Industry Advisory Board on May in Intel

Intel, Google, Microsoft, Aerospace Companies, Hitachi, etc
(Photo is just with some of committee members)



さまざまなものにCPU(演算器)が入っている



自動車

レクサス: 100個以上

プリウス: 70個以上



スマートフォン 4個以上

スーパーコンピュータ

705,024個



スマートフォンにもマルチコア

iPhone SEの内部



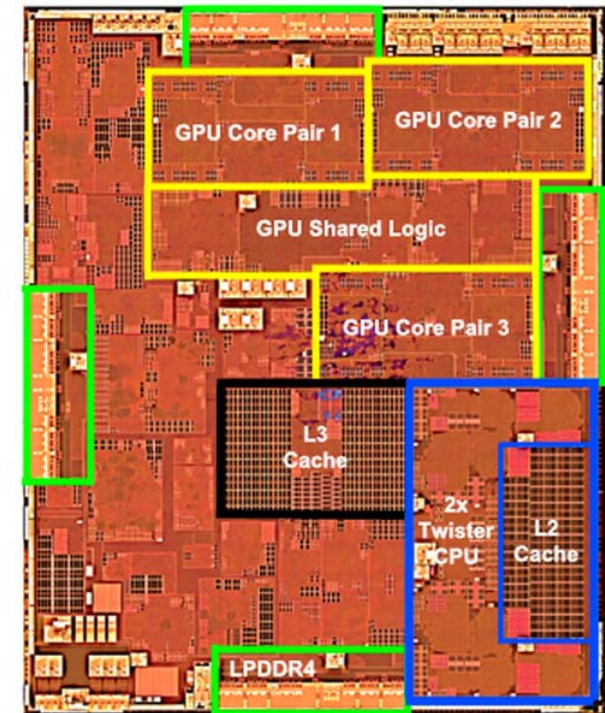
<http://ggsoku.com/2016/07/tsmc-reportedly-to-start-shipping-a10-processor/>

Twister core:
ARM v8-A-compatible



<Apple iPhone SE>

- OS: iOS 9.3
- CPU: Apple A9
1.85GHz
- RAM: 2GB
- ROM: 16GB、64GB
- ディスプレイ: 4インチ、1,136 × 640、326ppi
- カメラ: 1,200万画素 (iSight)、120万画素 (FaceTime)
- バッテリー:
1,624mAh
- 寸法: 123.8 x 58.6 x 7.6mm
- 質量: 113g

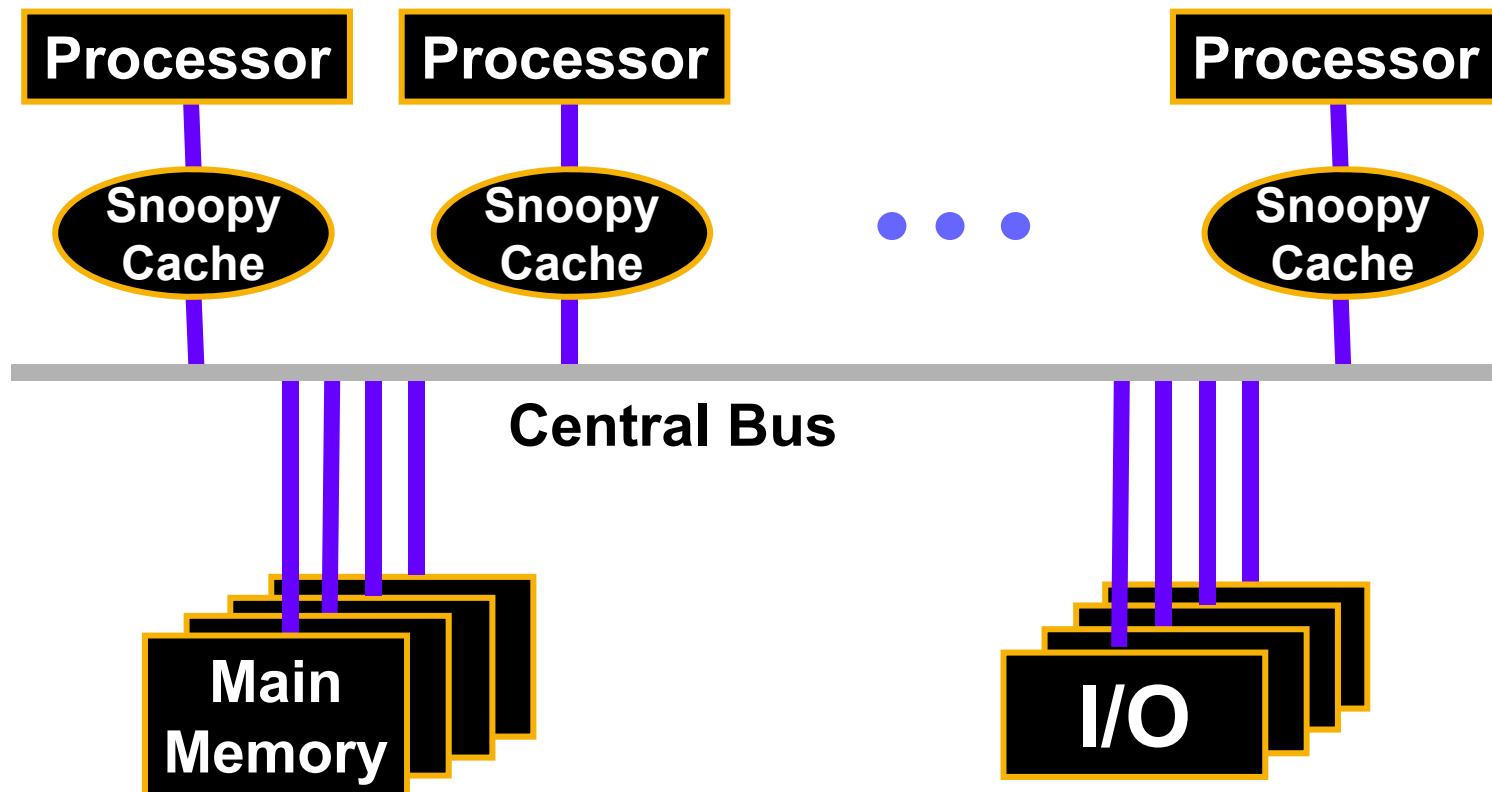


http://investorshub.advf.com/boards/read_msg.aspx?message_id=120544036

<https://www.ipros.jp/technote/column-teardown-iphonese/>

従来の SMP アーキテクチャ

Traditional SMP Architecture



人工知能: IBMワトソン・Googleアルファ碁

IBM Watson

「Jeopardy!」に挑戦

2011年、テレビのクイズ番組でデビュー

2011年2月、Watsonは米国のクイズ番組「Jeopardy! (ジョパディ!)」でクイズ王のBrad Rutter氏およびKen Jennings氏と対戦し、勝利しました。Watsonは、参加にあたって、勝ち負け以前に、駄じやれや、同義語・同音異義語、俗語・専門用語など、あいまいな表現を含む自然言語で出題される問題に答えられるようになる必要がありました。



<http://watson2016.com/>

<https://www.ibm.com/watson/jp-ja/what-is-watson.html>

<https://www.ibm.com/watson/jp-ja/quiz/index.html>

- IBM Power 750サーバー
- 2,880個のプロセッサー・コア
- 1秒間に80兆回の浮動小数点数演算(80TFLOPS)



アルファ碁

グーグル英ディープマインド社

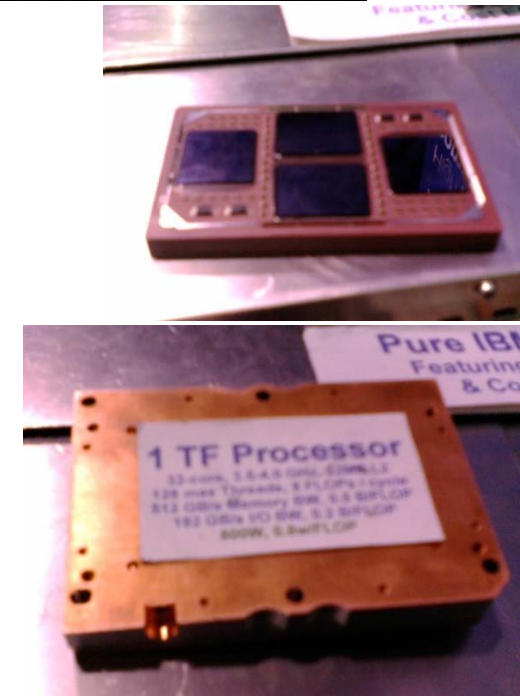
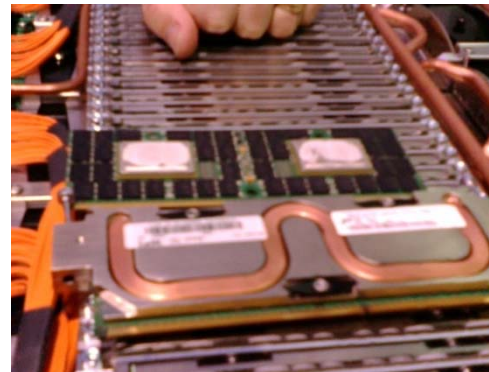
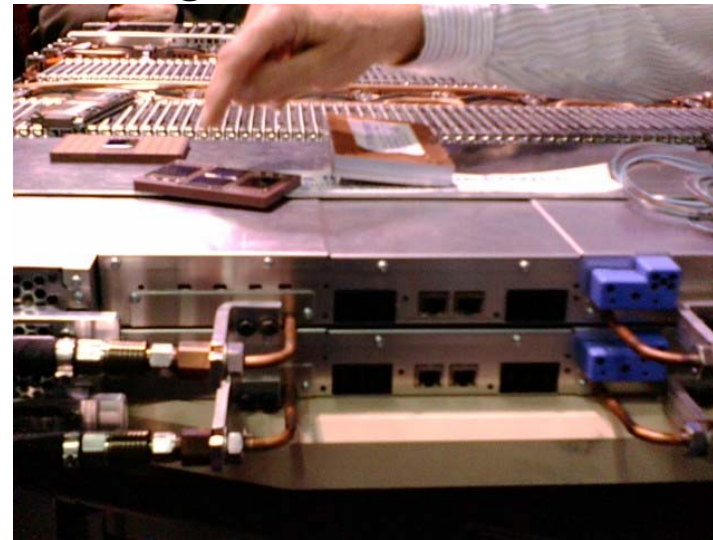
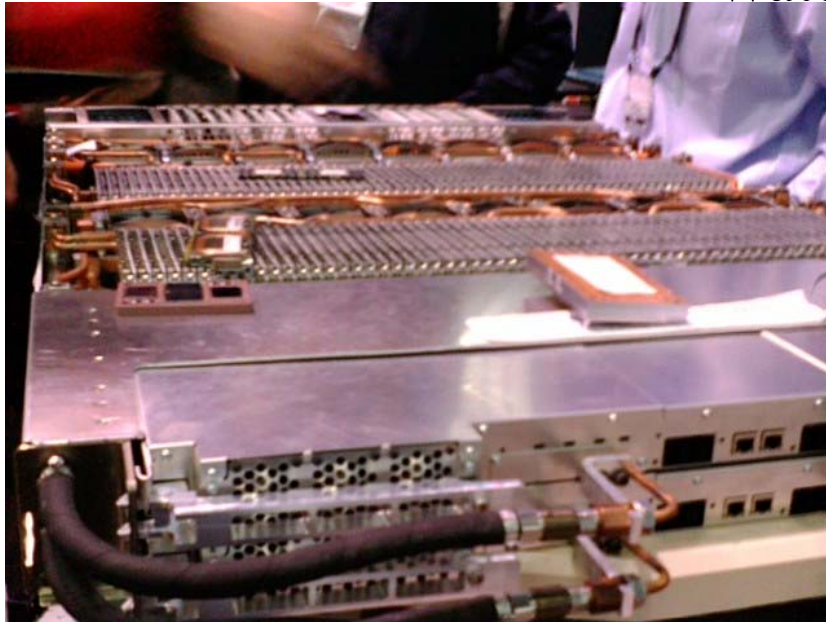
ディープラーニング

2017年5月23～27日

世界最強棋士である柯潔九段に3連勝

<http://www.asahi.com/articles/photo/AS20170602000970.html>

IBM Power 7 (8 core) 256 core Board for PERCS (Blue Waters) Water Cooling



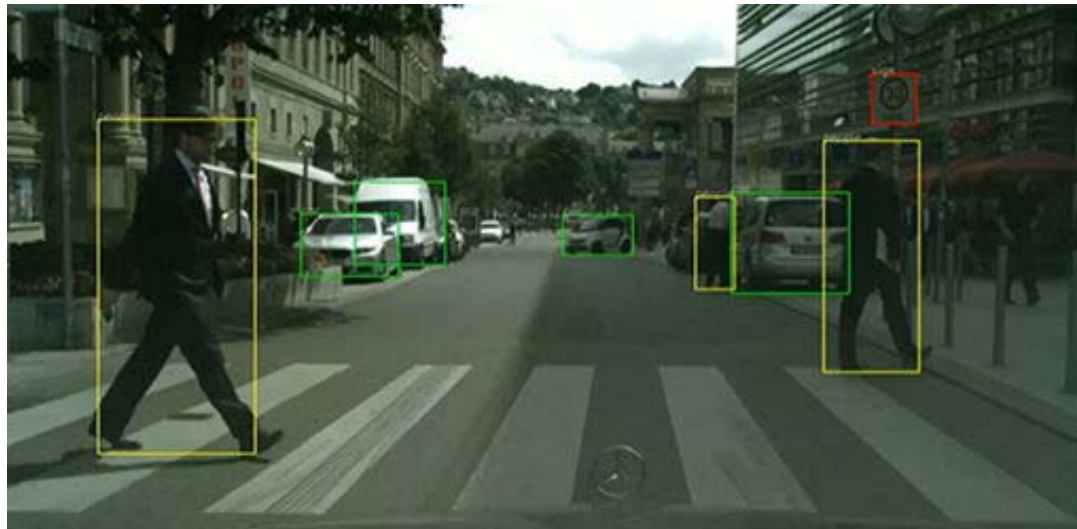
Self Driving Cars (自動運転)

Connected, Security, Big Data, Traffic Cloud



<http://self-drivings.com/self-driving-cars-updated-market-analysis/>

Deep Learning (多層ニューラルネット)により画像認識



NVIDIA DRIVE PX 2 水冷小型
スパコン



<http://www.digitalartsonline.co.uk/news/creative-hardware/nvidias-water-cooled-supercomputer-helps-cars-drive-themselves/>

並列処理方式の種類

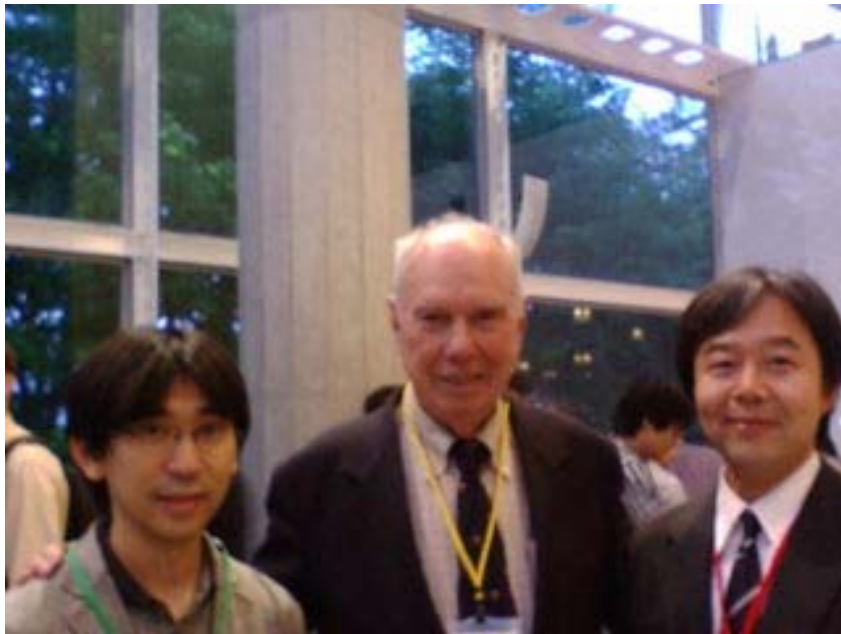
Flynn's Classification of Parallel Processing Systems

表1.1 並列処理方式の種類 (Flynnの分類)

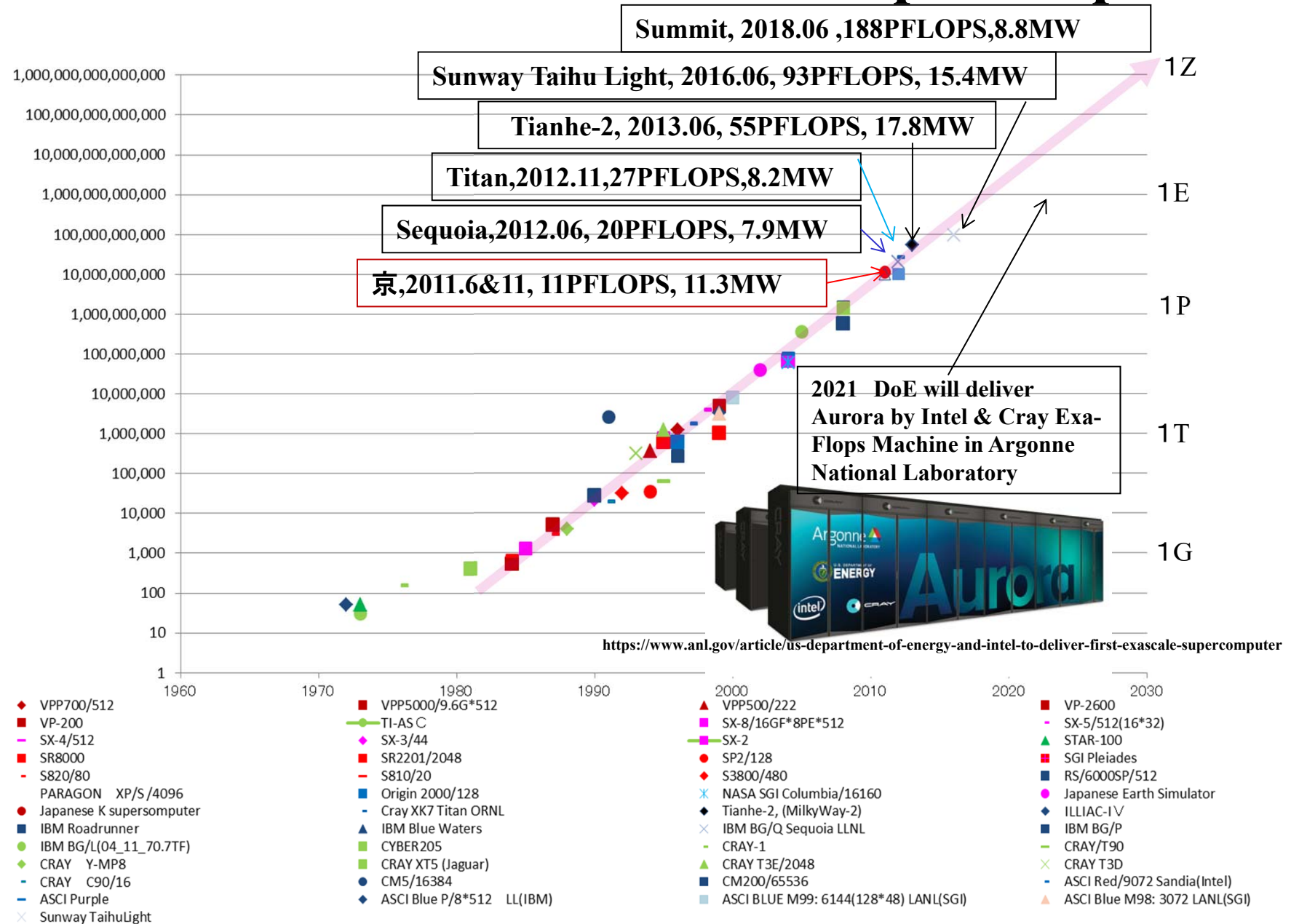
SISD (Single Instruction stream Single Data stream)		
1.命令パイプライン	Instruction Pipelining	(細粒度:Fine grain)
2.複数演算ユニット *	Multiple Operation Units	(細粒度: Fine grain)
3.スーパースカラ *	Superscalar	(細粒度: Fine grain)
4.VLIW (Very Long Instruction Word) *		(細粒度: Fine grain)
SIMD (Single Instruction stream Multiple Data stream)		
5.演算パイプライン(ベクトル プロセッサ) *	Vector Processor	(細粒度: Fine grain)
6.プロセッサアレイ	Processor Array	(細粒度: Fine grain)
7.シストリックアレイ *	Systolic Array	(近細粒度: Near Fine grain)
MIMD (Multiple Instruction stream Multiple Data stream)		
8.マルチプロセッサ	Multiprocessor	(近細、中、粗粒度: Near Fine, Medium,, Coarse grain)
9.データフローマシン(非ノイマン形コンピュータ)	Data Flow Machine: Non-von-Neumann	(細粒度)

* 他の分類とみなすこともできることを示す: * shows it can be classified into another type.

Stanford Univ. Prof. Michael Flynn



Trend of Peak Performances of Supercomputers

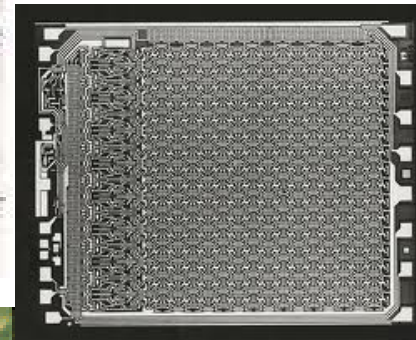


ILLIAC IV, Univ. Illinois at Urbana-Champaign & Burroughs



**SIMD
64 Processor
Element,
Processor
Array**

**1972-3, NASA
200 MIPS,
300 MOPS,
1 billion bits per
second of I/O
transfer**



**Integrated
circuits**



**Processing
Element**



ILLIAC IV における PE 接続方式

ILLIAC IV Inter-PE Connection Network

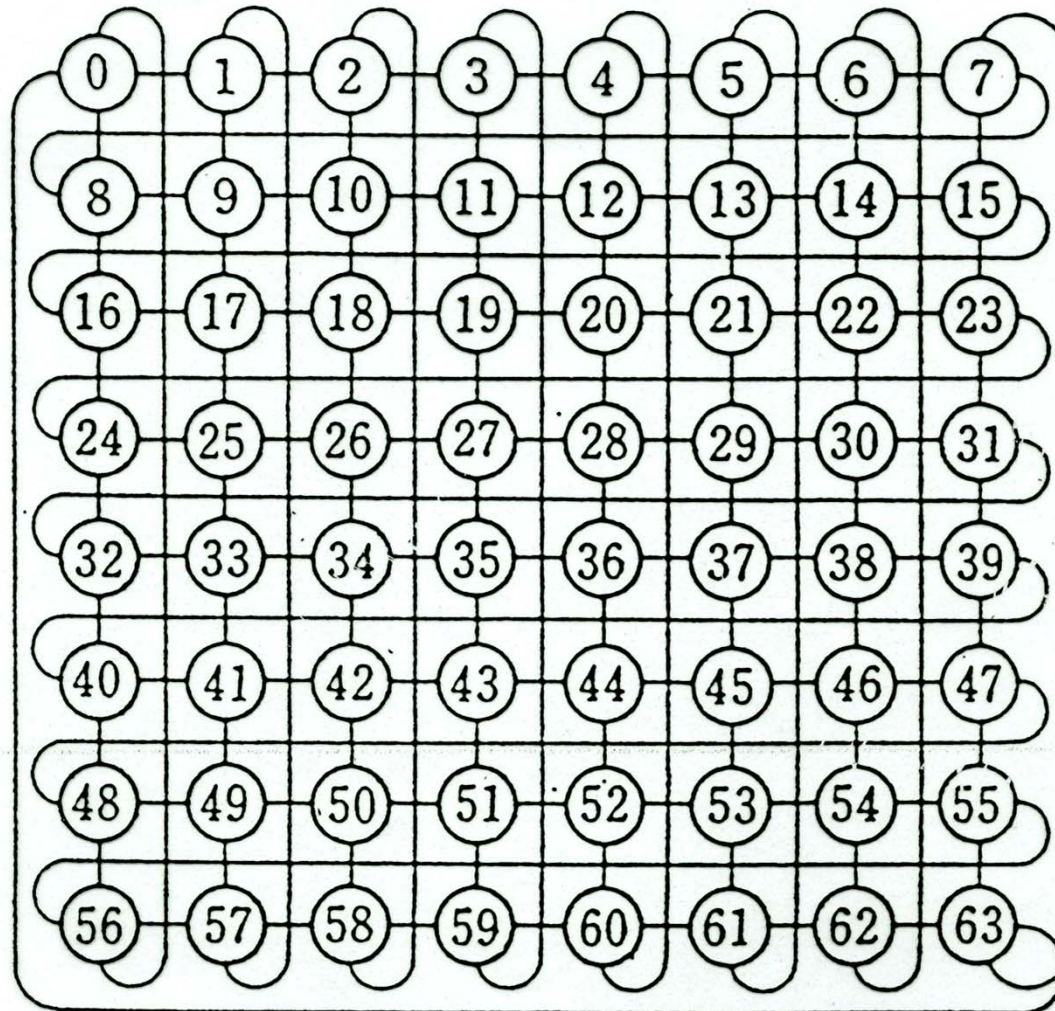


図 1.10 ILLIAC IV における PE 接続方式

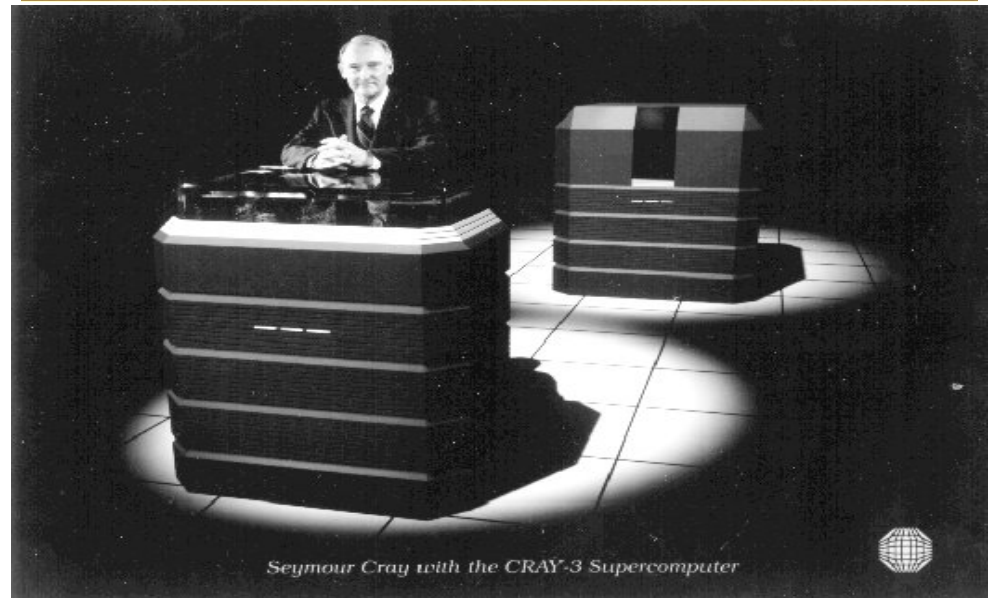
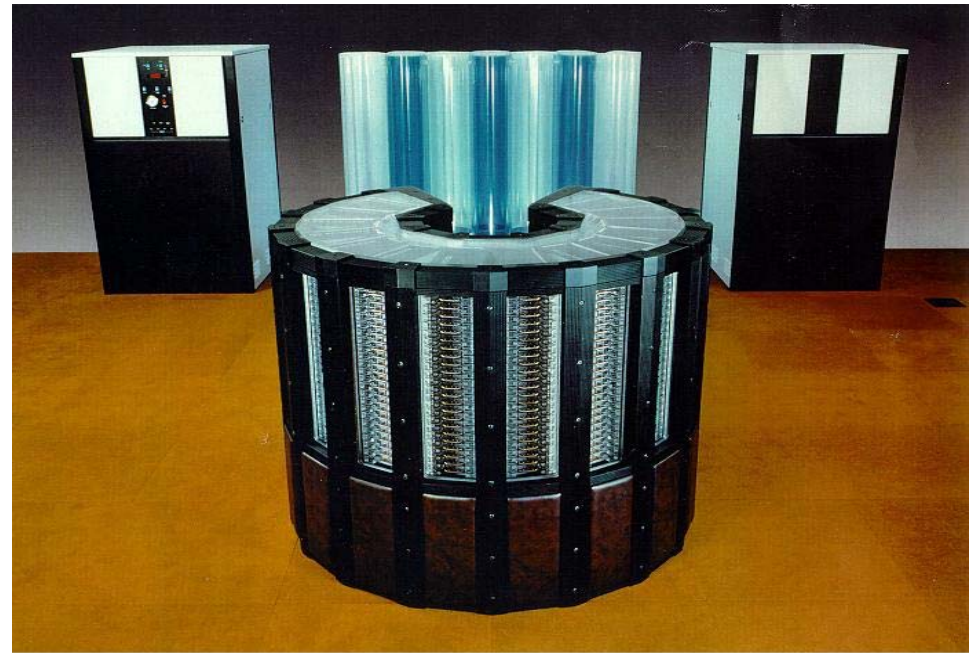
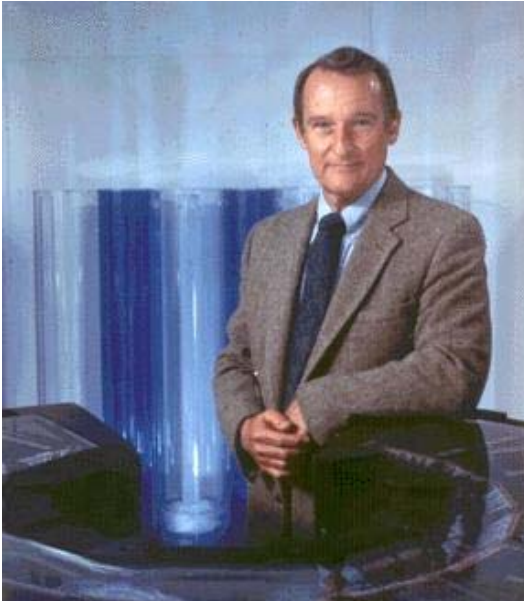
Prof. David J Kuck (Univ. Illinois, Intel)
IEEE Computer Society Computer Pioneer Award 2011
Ms. Diane B. Greene (VMware Cofounder & CEO)
IEEE Computer Society Computer Entrepreneur Award 2011



**2018.03.08 WasedaUniv. Symposium on
Future of High Performance Green Computing
2018 (HPGC2018)**

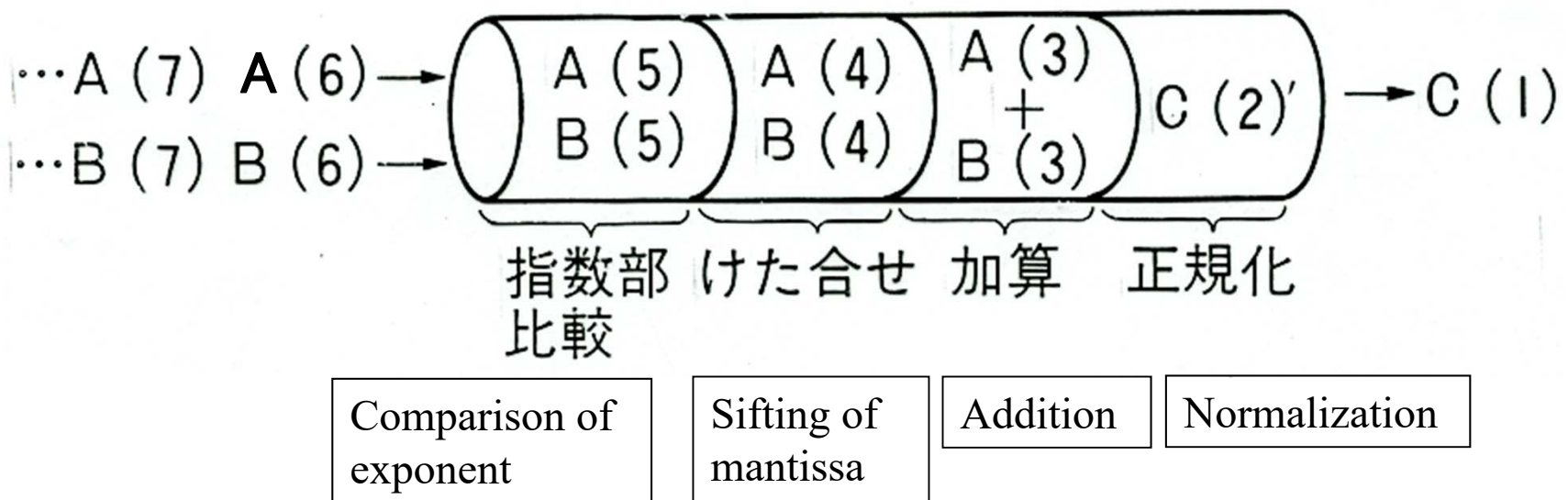


Seymour Cray



ベクトルパイプライン Vector Pipeline

Floating Point Addition



NWT(Numerical Wind Tunnel)



Mr. Hajime Miyoshi



NAL computer center, Chofu, Tokyo, Feb. 1, 1993 (Fujitsu VPP500)

1993年 スーパーコンピュータVPP5000、数値風洞(NWT)

Mr. Hajime Miyoshi



高村守幸

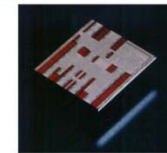
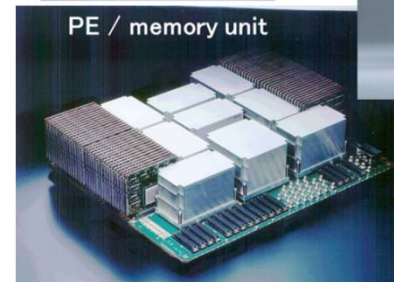
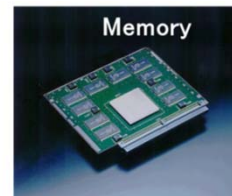
1993年 スーパーコンピュータVPP5000、数値風洞(NWT)の開発

1998年 地球シミュレータ (Earth Simulator) 構想

2004年 株式会社富士通研究所フェロー (役員)

商用VPP5000 (仏気象庁他)

スーパーコンピュータNWTの外観



CMOS LSI

JSPP2000@Waseda

スーパーパネルPFLOPSへの道



Earth Simulator

(<http://www.es.jamstec.go.jp/>)

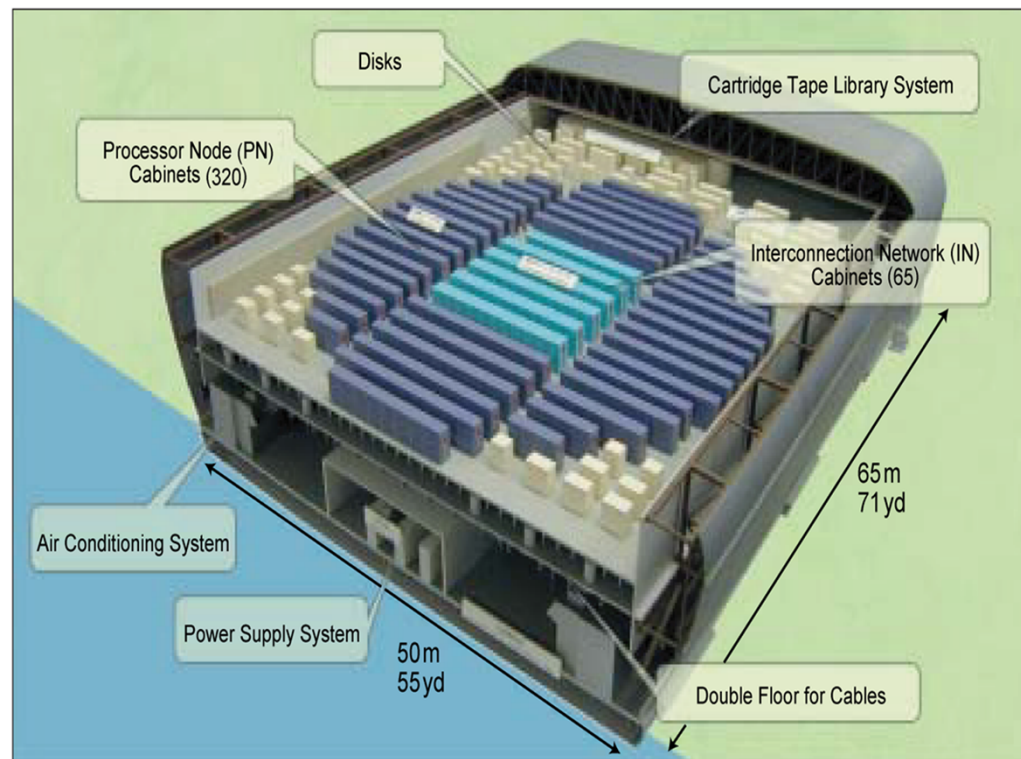
- Earth Environmental simulation like Global Warming, El Nino, Plate Movement for the all lives onr this planet.
- Developed in Mar. 2002 by STA (MEXT) and NEC with 400 M\$ investment under Dr. Miyoshi's direction.
(Dr.Miyoshi: Passed away in Nov.2001. NWT, VPP500, SX6)



Mr. Hajime Miyoshi

Image of Earth Simulator

4 Tennis Courts



40 TFLOPS Peak (40×10^{12})
35.6 TFLOPS Linpack



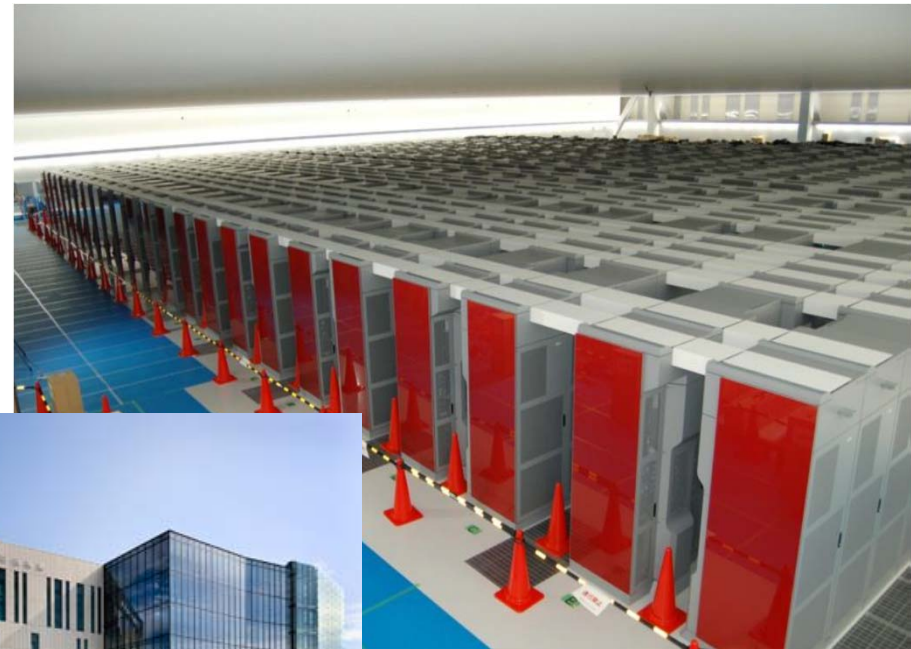
2011年6月20日第37回TOP500リスト「京」が第一位を獲得 ハンブルク開催の ISC'11 (International Supercomputing Conference 2011)

「京」の搬入、調整過程(8割の筐体が設置完了)時点でLINPACK性能を計測

68,544個のCPU(ピーク性能
8.774PFLOPS:672ラック)を用い、
LINPACK性能 8.162PFLOPS(実行
効率 93.0%)を達成

2012年6月末: 目標10PFLOPS達成

2012年11月の共用開始



「京」2011.6.20



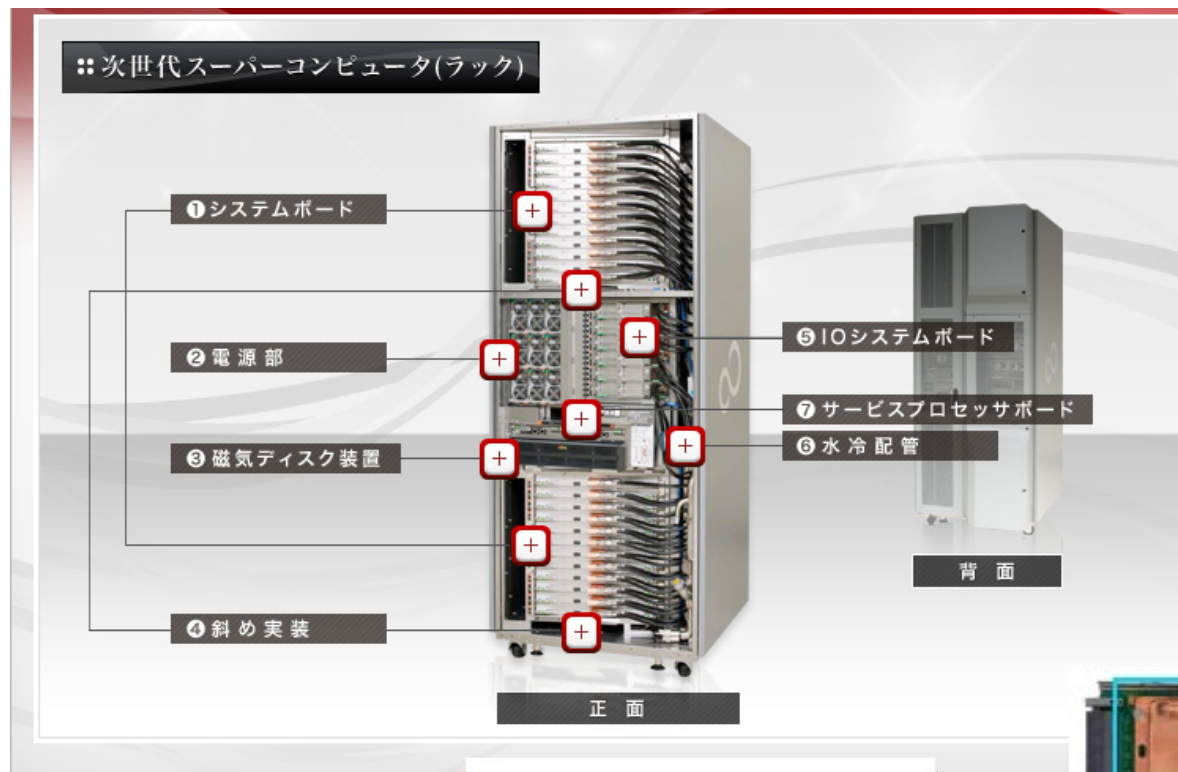
システム開発スケジュール

2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
概念設計	詳細設計		試作・評価	製造		性能チューニング

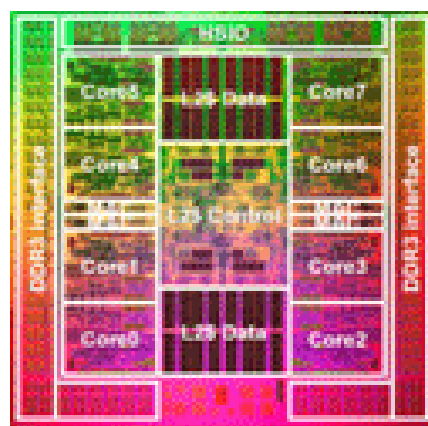
6月

11月
(供用開始)

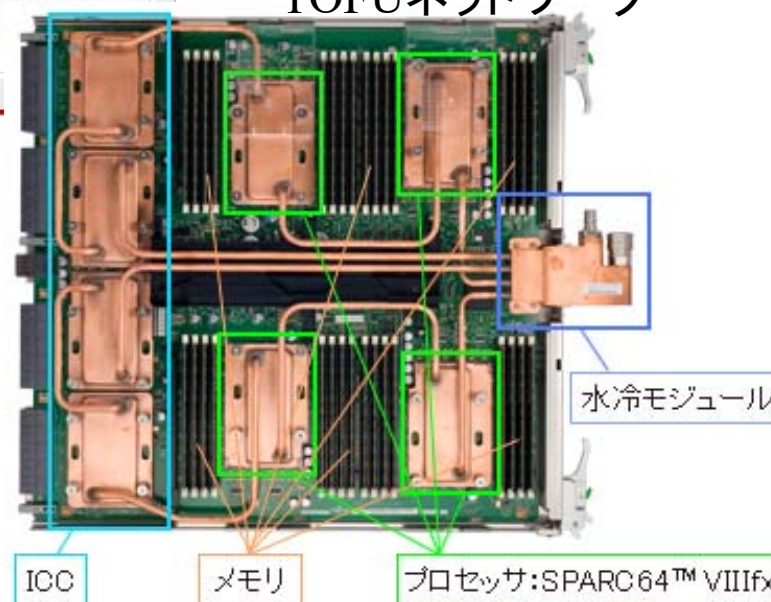
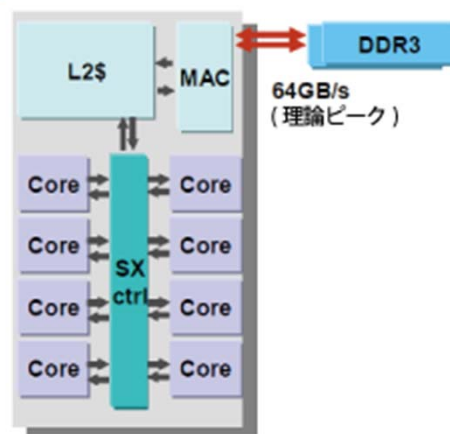
理化学研究所 神戸ポートアイランド 10PFLOPS 京のアーキテクチャ



6次元メッシュトラス(概念模型)
TOFUネットワーク



SPARC64™ VIIIfx
(提供:富士通(株))





PRESENTED BY

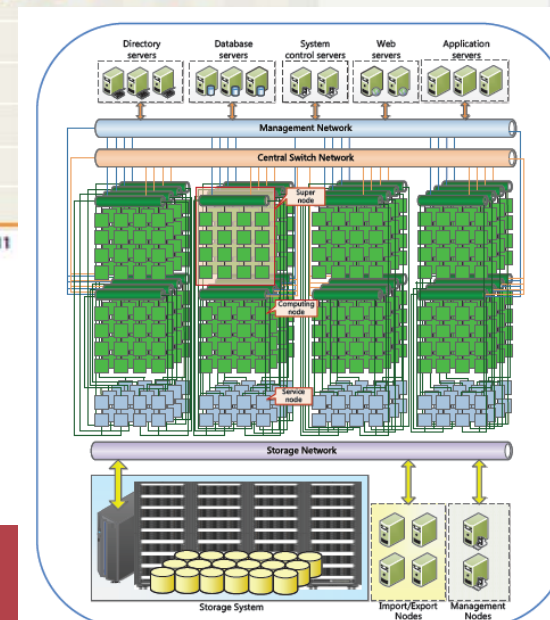
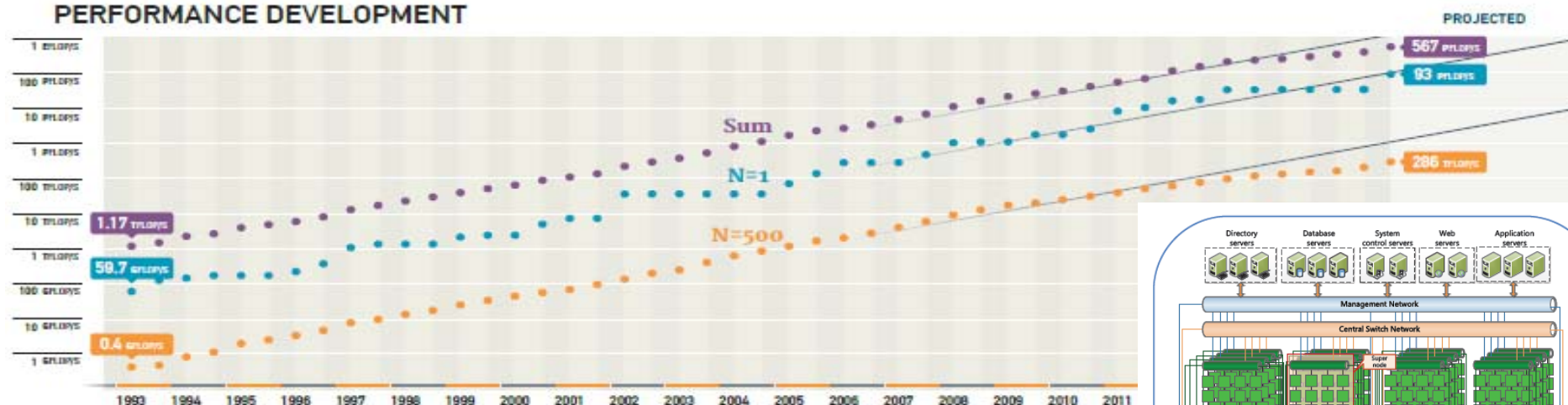


June 20, 2016

FIND OUT MORE AT
top500.org

	NAME	SPECS	SITE	COUNTRY	CORES	R _{MAX} PFLOPS	POWER MW
1	Sunway TaihuLight	Shenwei SW26010 (260C 1.45 GHz) Custom interconnect	NSCC in Wuxi	China	10,649,600	93.0	15.4
2	Tianhe-2 (Milkyway-2)	Intel Ivy Bridge (12C 2.2 GHz) & Xeon Phi (57C 1.1 GHz), Custom interconnect	NSCC in Guangzhou	China	3,120,000	33.9	17.8
3	Titan	Cray XK7, Opteron 6274 (16C 2.2 GHz) + Nvidia Kepler GPU, Custom interconnect	DOE/SC/ORNL	USA	560,640	17.6	8.2
4	Sequoia	IBM BlueGene/Q, Power BQC (16C 1.60 GHz), Custom interconnect	DOE/NNSA/LLNL	USA	1,572,864	17.2	7.9
5	K computer	Fujitsu SPARC64 Villifx (8C 2.0 GHz), Custom interconnect	RIKEN AICS	Japan	705,024	10.5	12.7

PERFORMANCE DEVELOPMENT



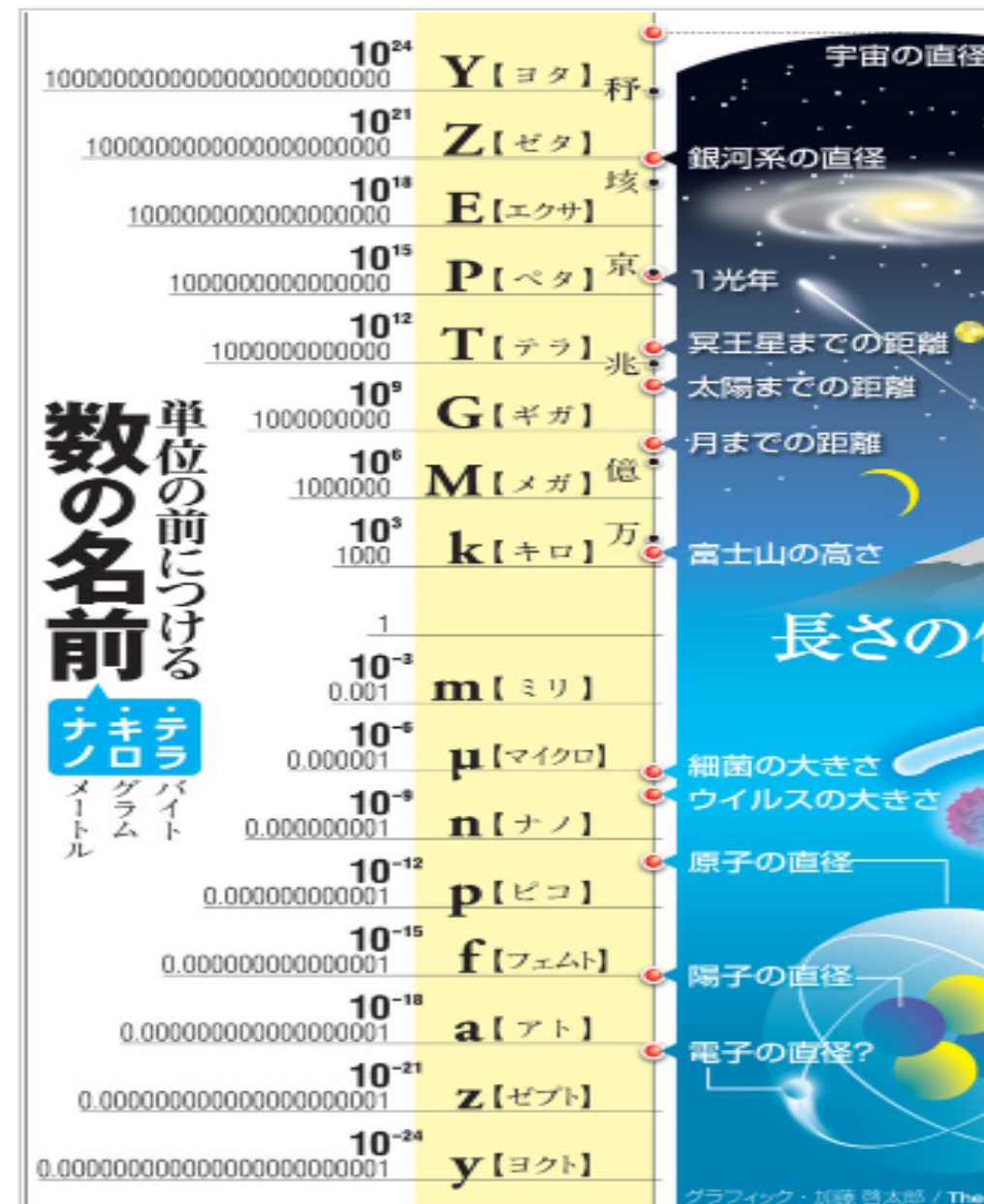
Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,282,544	122,300.0	187,659.3	8,806
2	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway , NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
3	Sierra - IBM Power System S922LC, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	71,610.0	119,193.6	
4	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000 , NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482
5	AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI) - PRIMERGY CX2550 M4, Xeon Gold 6148 20C 2.4GHz, NVIDIA Tesla V100 SXM2, Infiniband EDR , Fujitsu National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) Japan	391,680	19,880.0	32,576.6	1,649



No. 1 since June 2018

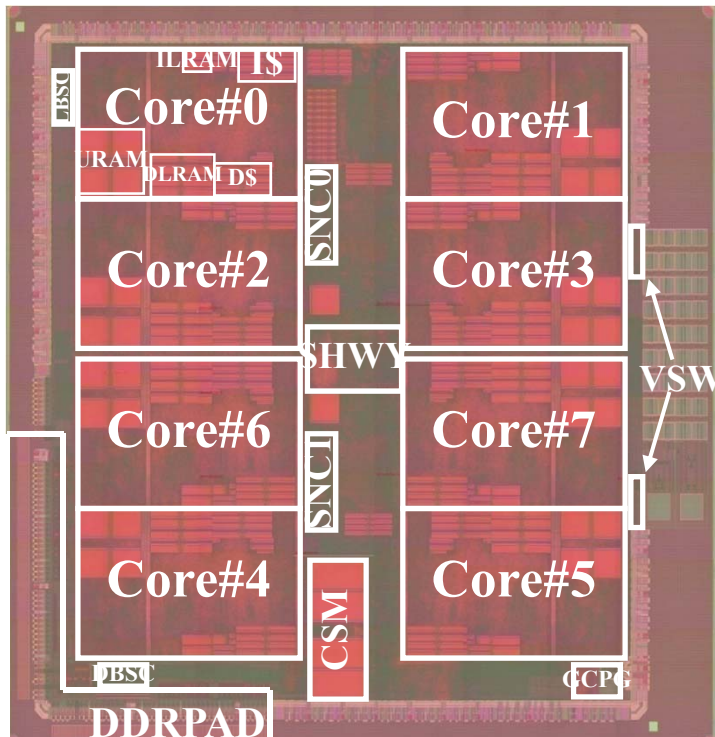
Summit, an IBM-built supercomputer now running at the Department of Energy's (DOE) Oak Ridge National Laboratory (ORNL), captured the number one spot with a performance of **122.3 petaflops** on High Performance Linpack (HPL), the benchmark used to rank the TOP500 list. Summit has 4,356 nodes, each one equipped with two 22-core **Power9** CPUs, and six **NVIDIA Tesla V100 GPUs**. The nodes are linked together with a Mellanox dual-rail EDR InfiniBand network.

サイエンス 写真・図解



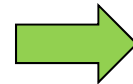
ムーアの法則の終焉

コンピュータの高性能化と低消費電力化にはマルチコアが必須



IEEE ISSCC08: Paper No. 4.5,
M.Ito, ... and H. Kasahara,
“An 8640 MIPS SoC with
Independent Power-off Control of 8
CPUs and 8 RAMs by an Automatic
Parallelizing Compiler”

$$\text{Power} \propto \text{Frequency} * \text{Voltage}^2$$



$$(\text{Voltage} \propto \text{Frequency})$$

$$\text{Power} \propto \text{Frequency}^3$$

周波数 Frequency を 1/4 にすると
(Ex. 4GHz→1GHz),

消費電力は 1/64 に削減

性能は 1/4 に低下 .

<マルチコア>

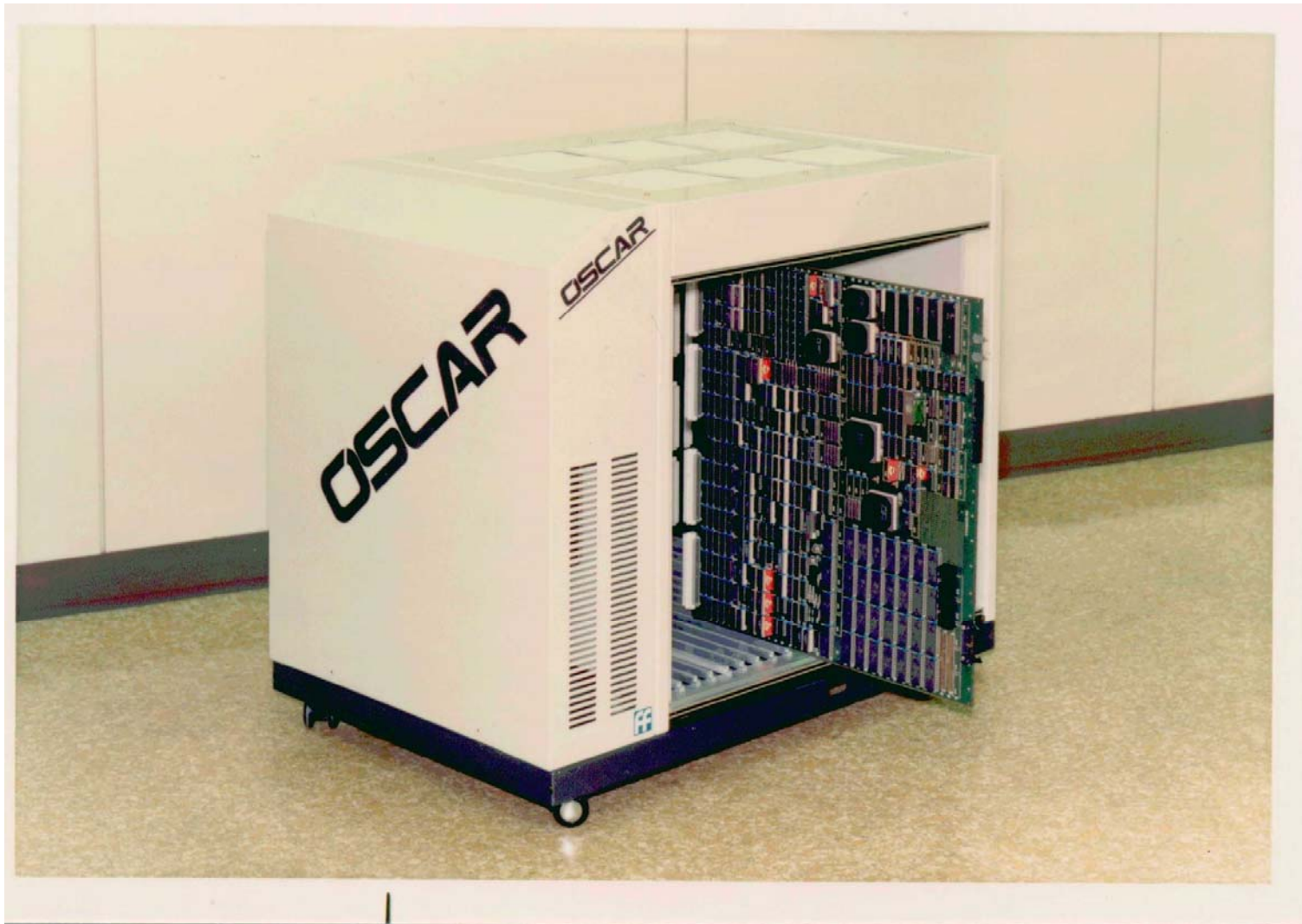
8cores をチップに集積すると,

電力は 依然 1/8 で 性能 は 2 倍向上

1987 OSCAR(Optimally Scheduled Advanced Multiprocessor)

Co-design of Compiler and Architecture

Looking at various applications, design a parallelizing compiler and design a multiprocessor/multicore-processor to support compiler optimization

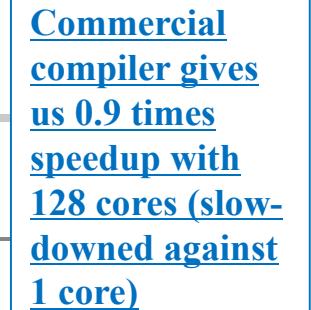


- Just more cores don't give us speedup
- Development cost and period of parallel software are getting a bottleneck of development of embedded systems, eg. IoT, Automobile

■ original (sun studio) ■ proposed method

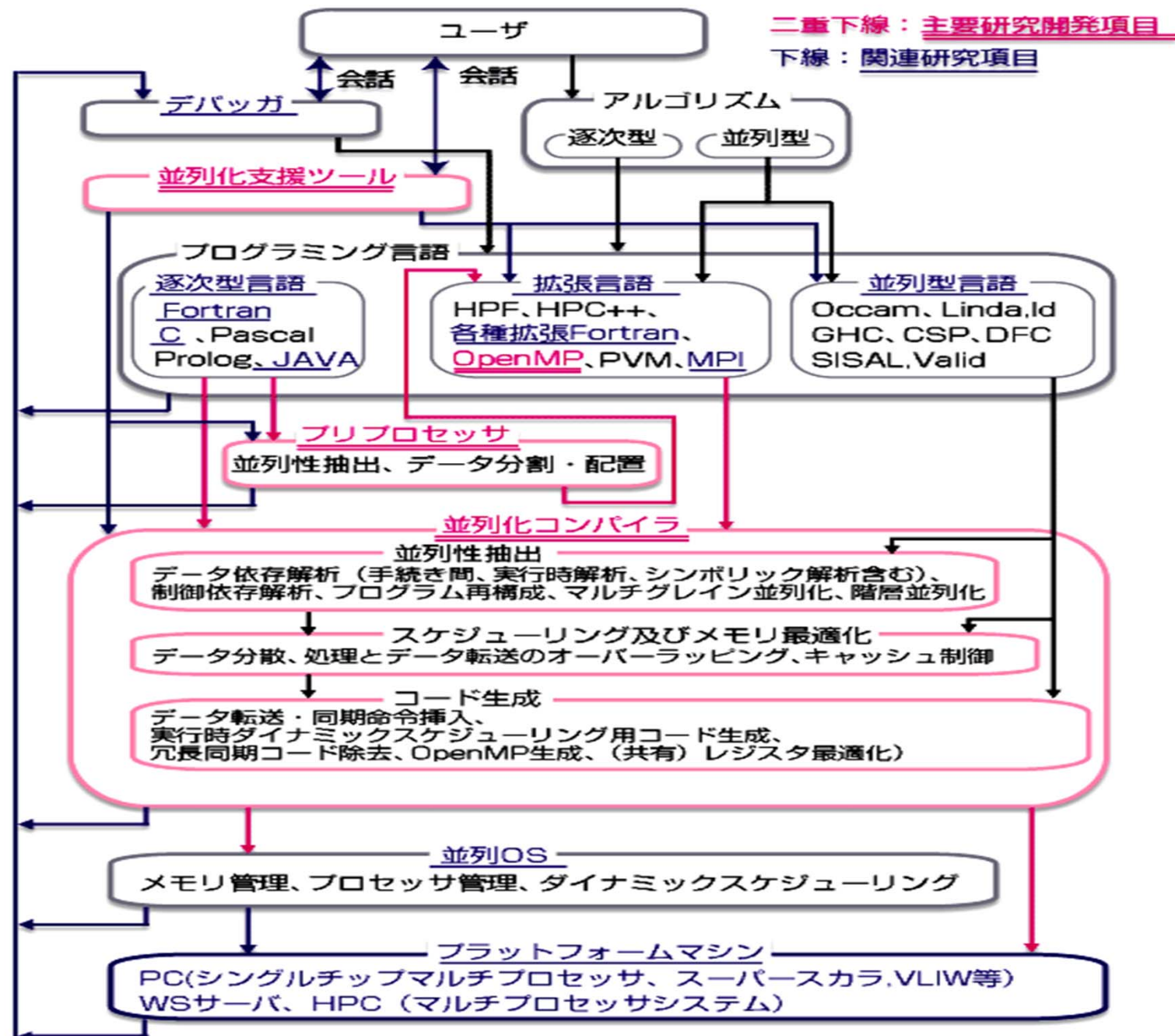


OSCAR
Compiler gives
us 211 times
speedup with
128 cores



- 33

アドバンスト並列化コンパイラプロジェクト

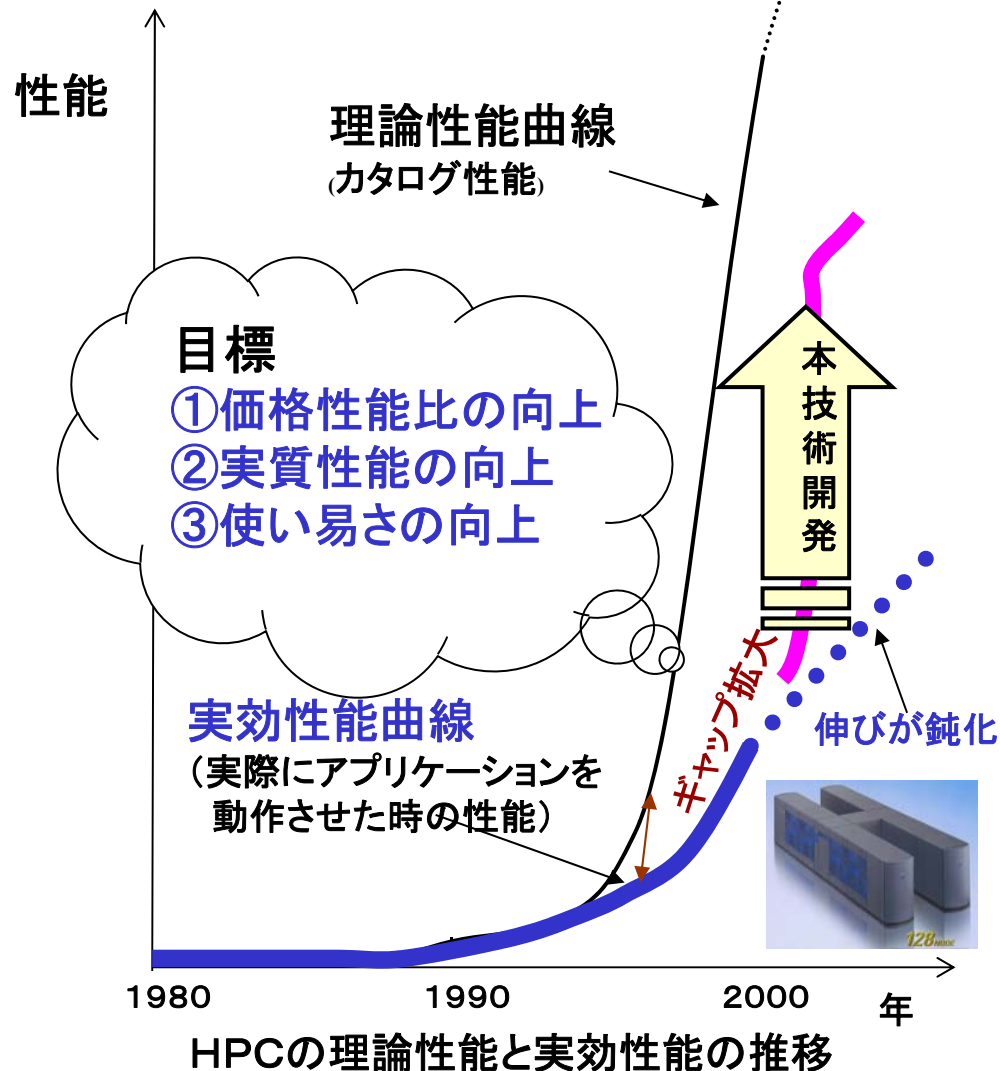


アドバンスト並列化コンパイラ技術

政府ミレニアムプロジェクトIT21（経済産業省, NEDO）

研究共同体: 早大, 富士通, 日立, 産総研, 委託先: JIPDEC 期間: 2000.9.8 - 2003.3.31

再委託: 東工大, 電通大, 東邦大



背景と課題

- ①並列処理: PCからHPCまでのコア技術
- ②ITにおけるソフトウェアの重要性増大
- ③価格性能比、使いやすさの達成が必須

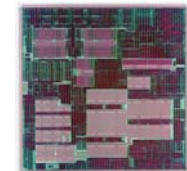
技術開発項目

- ①アドバンスト並列化技術の開発
- ②並列化コンパイラ性能評価技術の開発

開発目標: 実効性能の倍増

波及効果

- ①国際競争力の高い次世代PC、HPCの開発
- ②独創的自動並列化コンパイラ技術の実用化
- ③競争力に優れた次世代プロセッサチップの開発 (シングルチップ・マルチプロセッサ開発)と市場獲得
- ④様々な分野での研究開発促進



IT, バイオ技術、デバイス技術開発、地球環境、次世代VLSI設計、金融、気象予測、エネルギー、宇宙航空開発、自動車開発、電子商取引

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

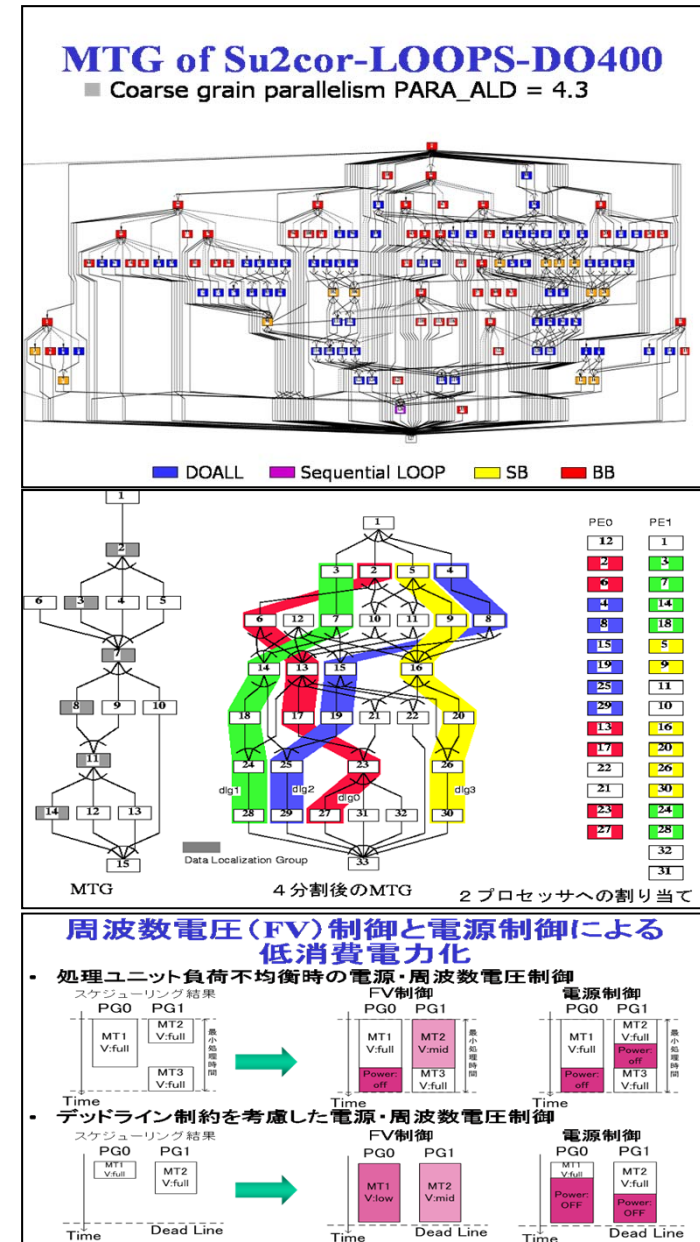
- 粗粒度タスク並列化、ループ並列化、近細粒度並列化によりプログラム全域の並列性を利用するマルチグレイン並列化機能により、従来の命令レベル並列性より大きな並列性を抽出し、複数マルチコアで速度向上

2. メモリウォール問題

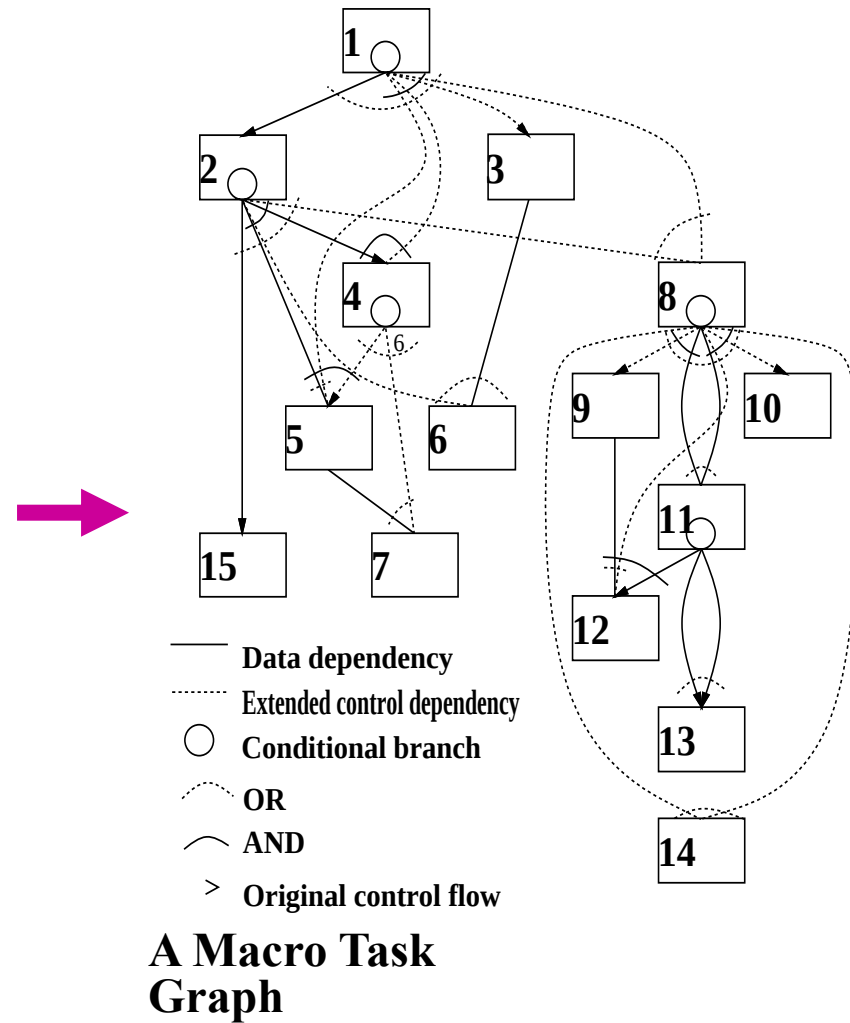
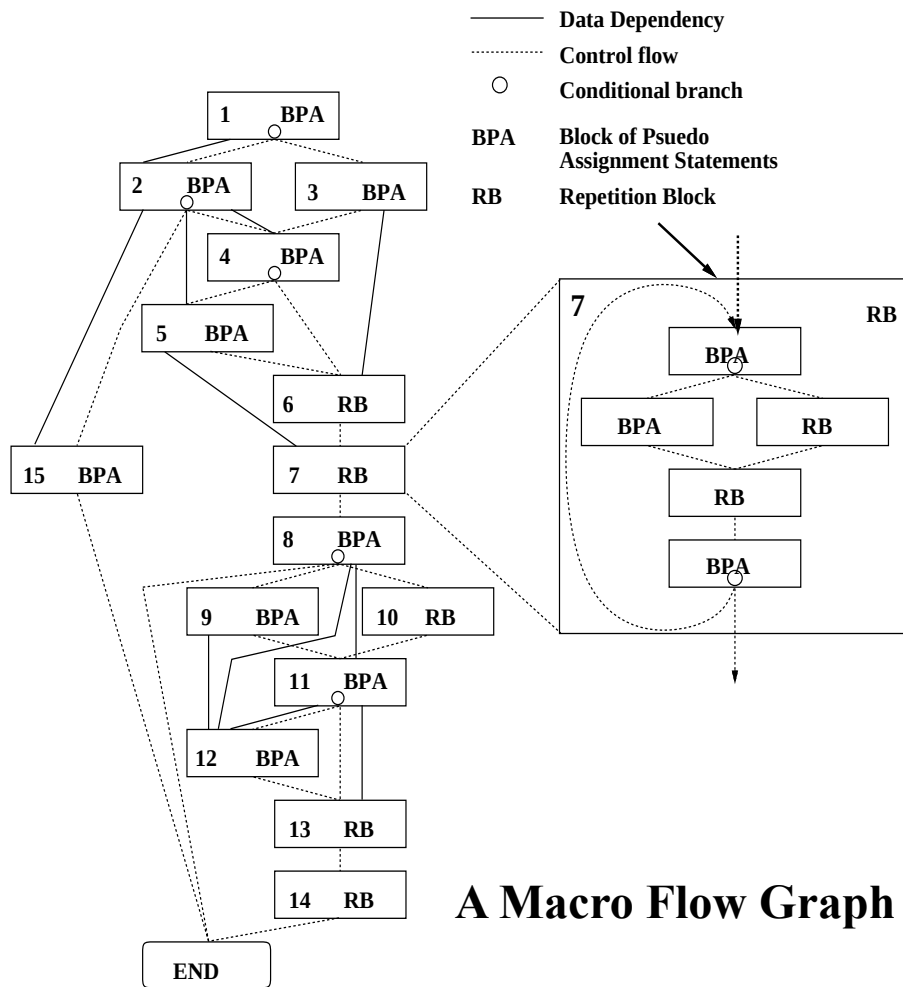
- コンパイラによるローカルメモリへのデータ分割配置、DMAコントローラによるタスク実行とオーバーラップしたデータ転送によりメモリアクセス・データ転送オーバーヘッド最小化

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

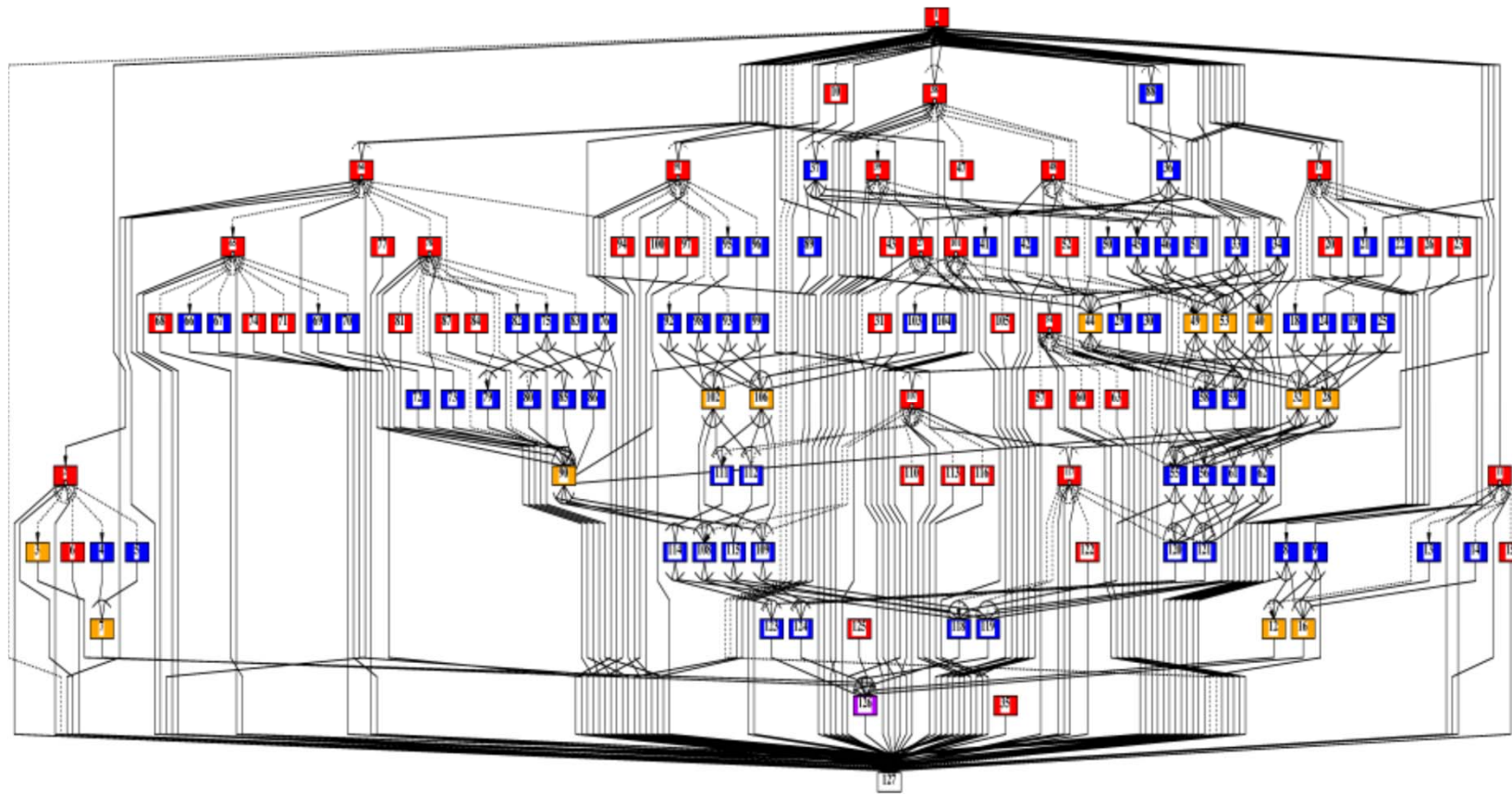


Earliest Executable Condition Analysis for Coarse Grain Tasks (Macro-tasks)



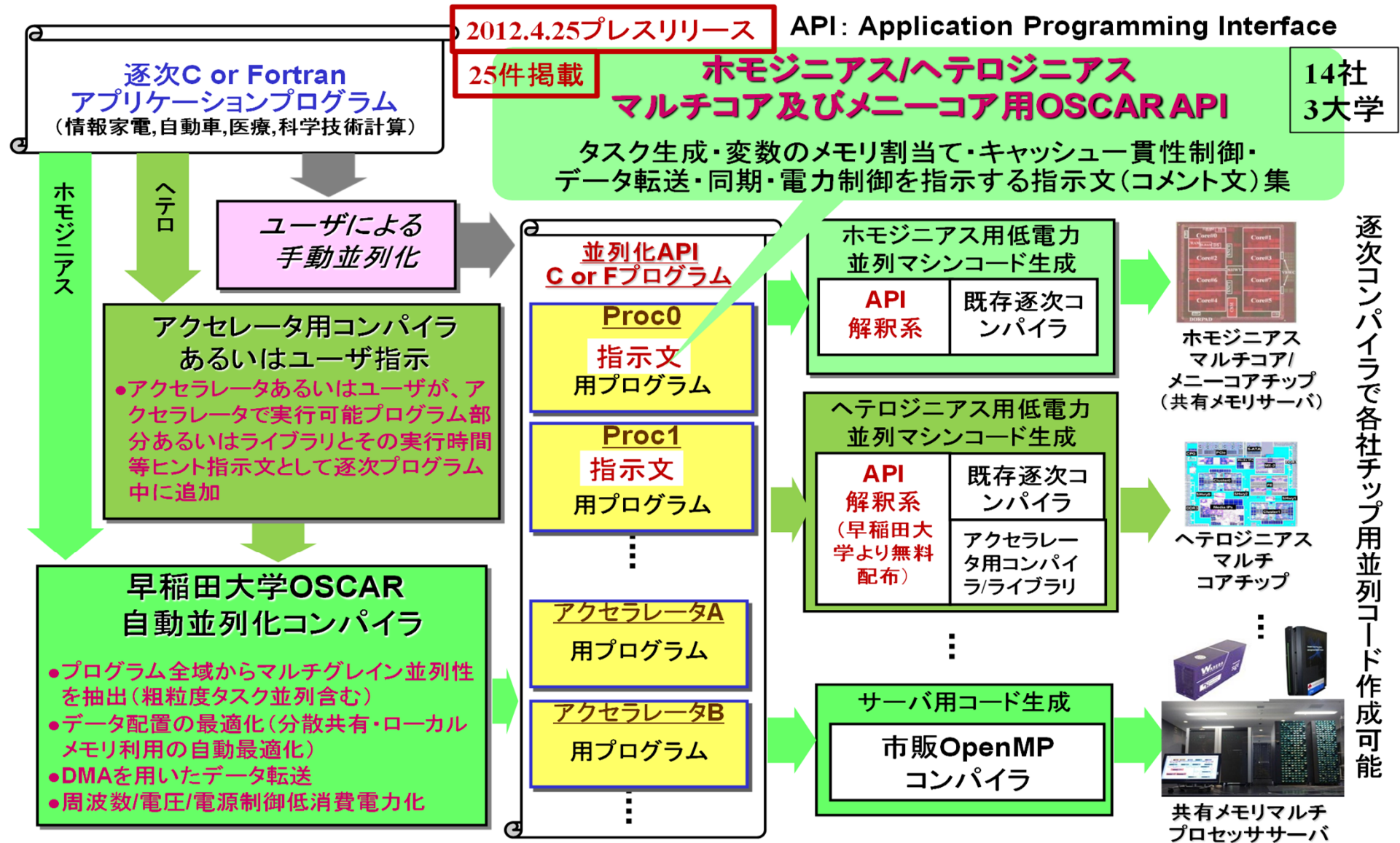
MTG of Su2cor-LOOPS-DO400

- Coarse grain parallelism $\text{PARA_ALD} = 4.3$



■ DOALL ■ Sequential LOOP ■ SB ■ BB

マルチプラットフォームOSCAR API: e.g. Renesas, arm, Infineon, Intel, IBM, AMD



重粒子線がん治療の日立SR16000サーバー上での並列処理

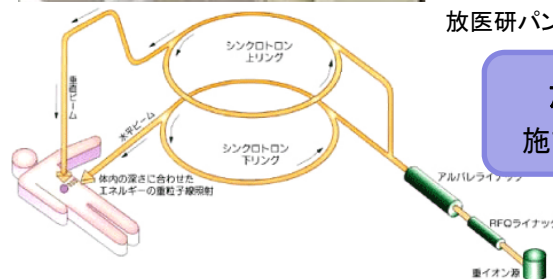
重粒子線(炭素イオン)を極めて正確に制御・照射し、癌細胞のみを消滅させる治療法:開腹手術不要・痛みなく治療が可能

三菱電機と共同研究

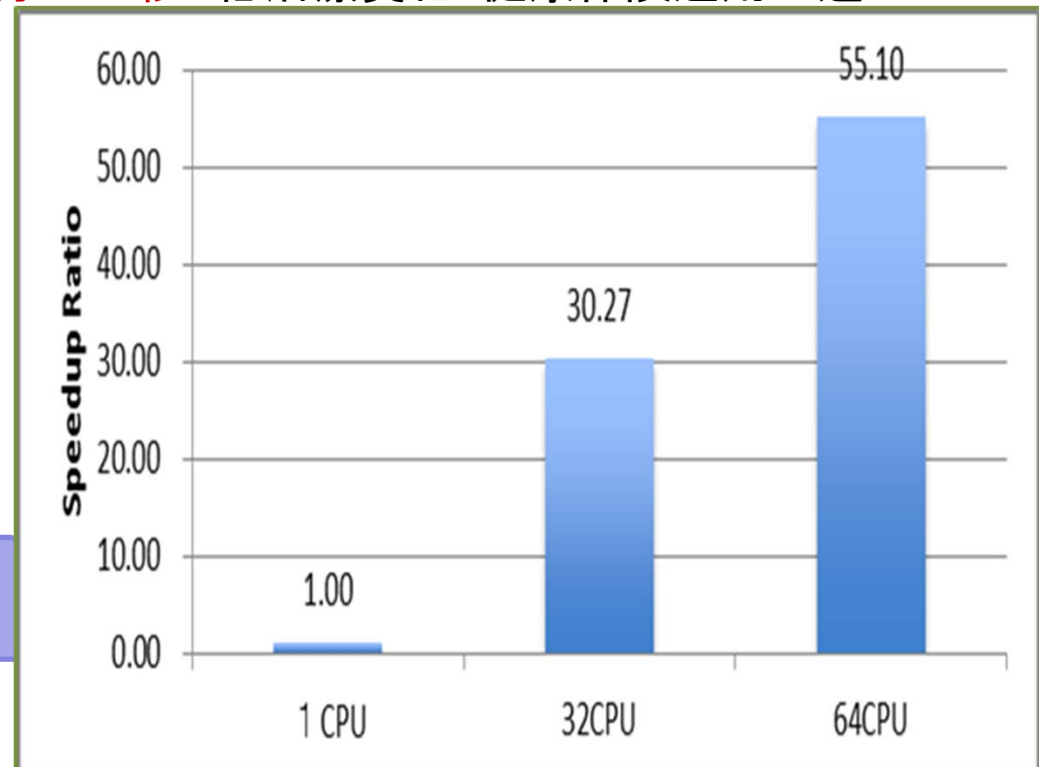
現在数億円のサーバ上64コアで55倍の高速化に成功
20分⇒22秒 低治療費化・健康保険適用へ道



放医研パンフレットより



放射線医学研究所
施設の費用: 120億円



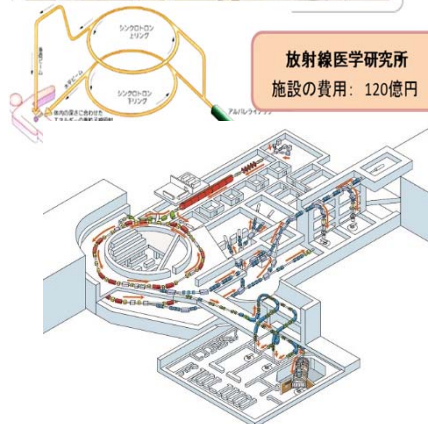
従来照射計画計算に長時間を要していた
⇒1日に処置可能な患者数は数十名程度
⇒ 350万円程度と高額・保険適用外

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

早稲田大学 三菱電機 共同研究

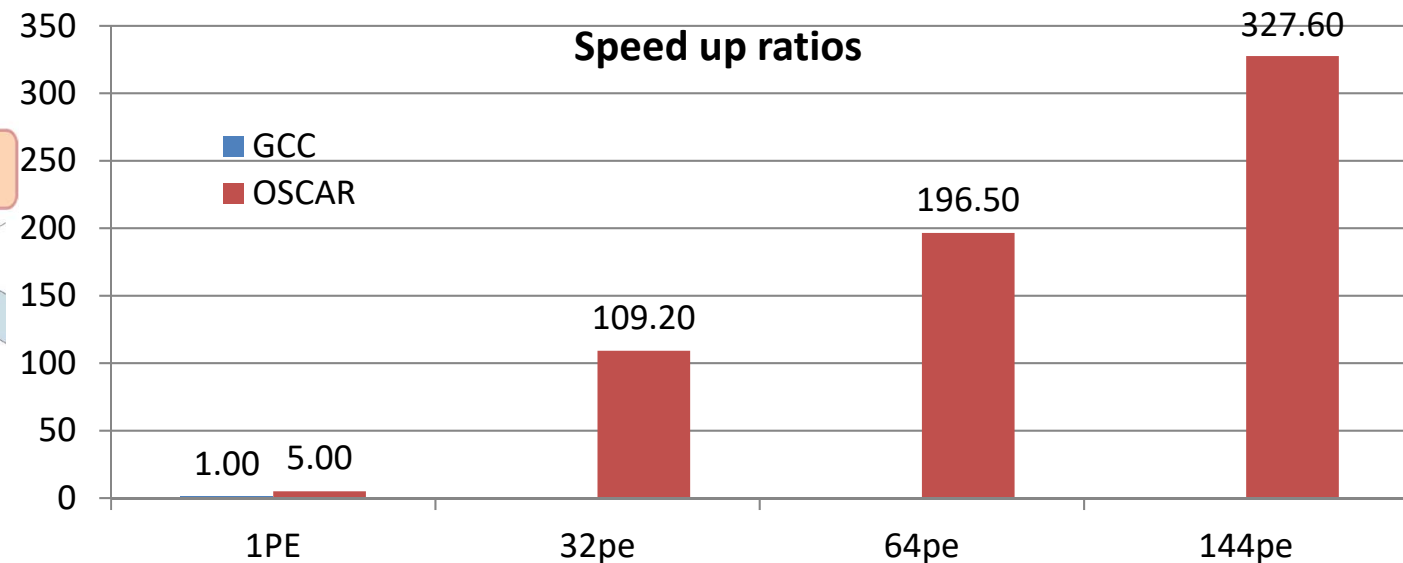
がん重粒子線治療計算の高速化

重粒子線がん治療計算の日立BS500ブレードサーバ上での並列化



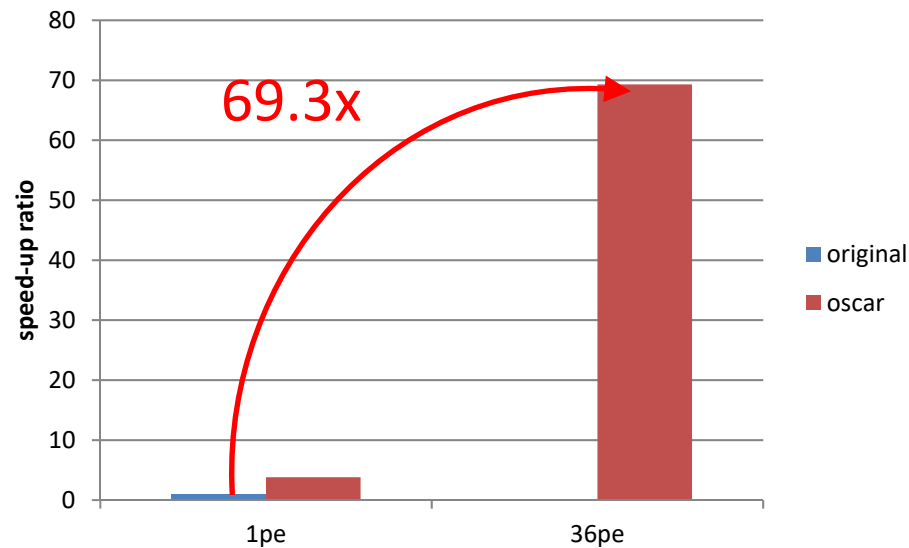
放射線医学総合
研究所サイトより
<http://www.nirs.qst.go.jp/rd/cpt/index.html>

日立 SMPブレードサーバ BS500:
Xeon E7-8890 V3(2.5GHz 18core/chip) x8 chip 計144cores



- オリジナル逐次実行時間2948秒（約50分）が、OSCARコンパイラによる144コア並列処理で、9秒に短縮され、327.6倍の速度向上

Parallelization of Dose calculation



Environment

- HPCT W210s
CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2699 v3 2.30GHz Turbo-boost OFF (18 × 2 core)
MEM: DDR4-2133(16GB) X 7
gfortran v5.4.0



- Sequential execution by OSCAR run 3.8x faster than original sequential execution.
- Parallel execution by OSCAR using 36 cores run 69.3x faster than original sequential execution.

東京女子医大スマート治療室「SCOT」 Smart Cyber Operating Theater

<https://robotstart.info/2019/02/05/scot-award.html>



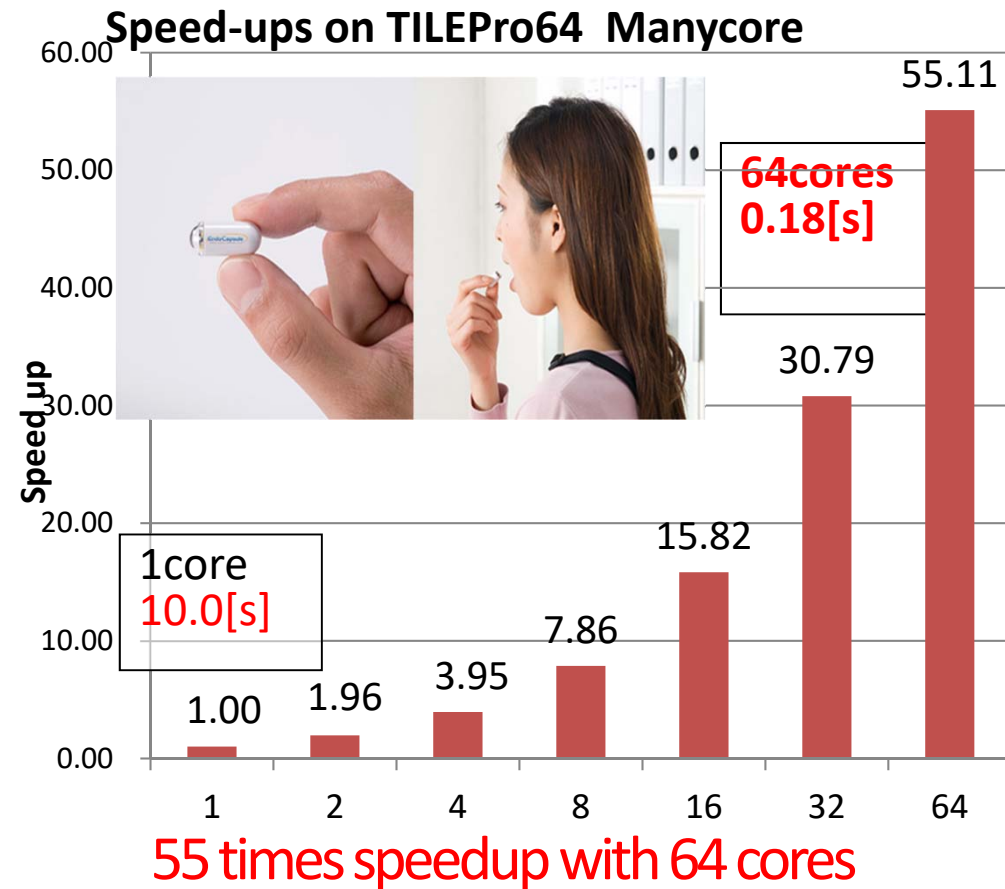
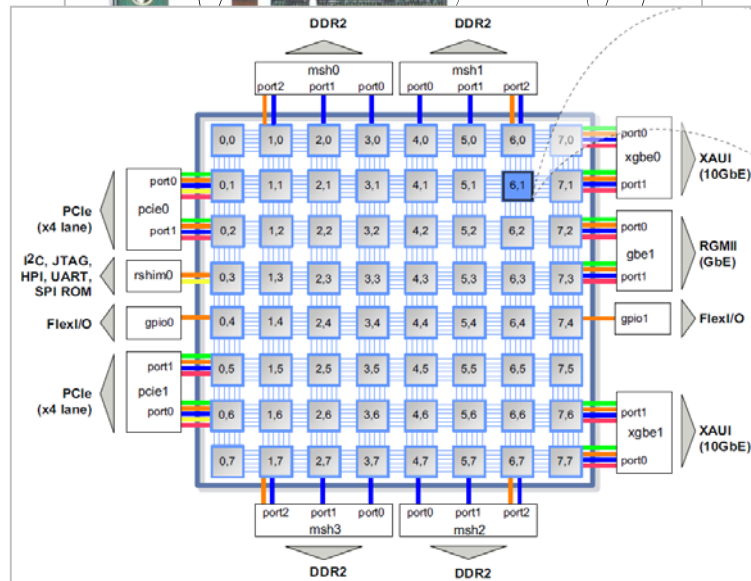
<https://robotstart.info/2018/07/11/smart-amed-02.html>



Automatic Parallelization of JPEG-XR for Drinkable Inner Camera (Endo Capsule)

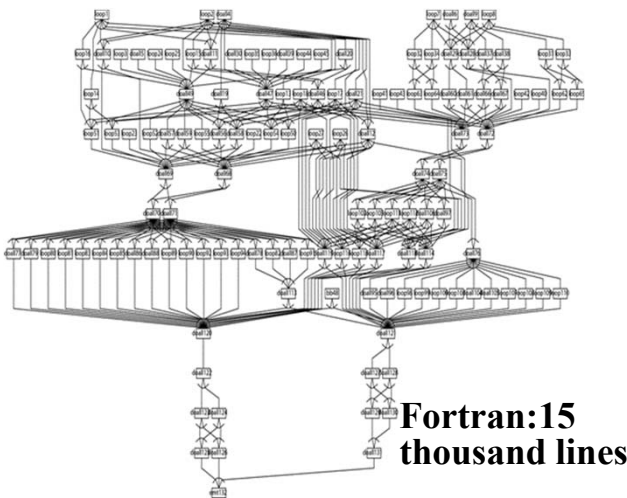
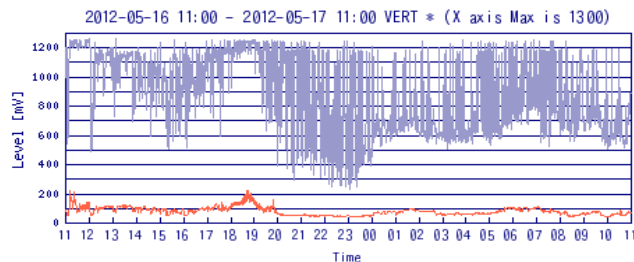
10 times more speedup needed after parallelization for 128 cores of
Power 7. Less than 35mW power consumption is required.

- TILEPro64

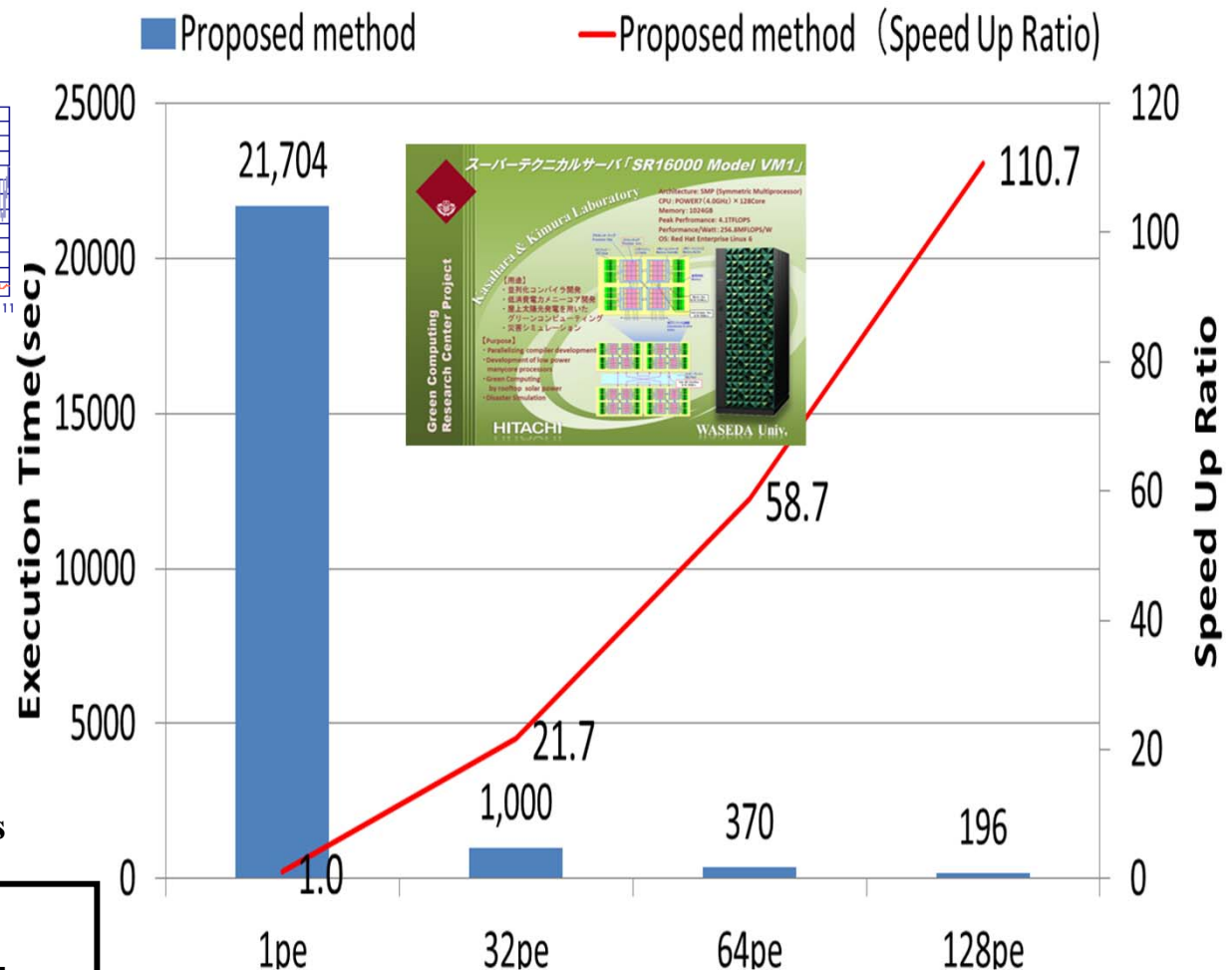


110 Times Speedup against the Sequential Processing for GMS Earthquake Wave Propagation Simulation on Hitachi SR16000

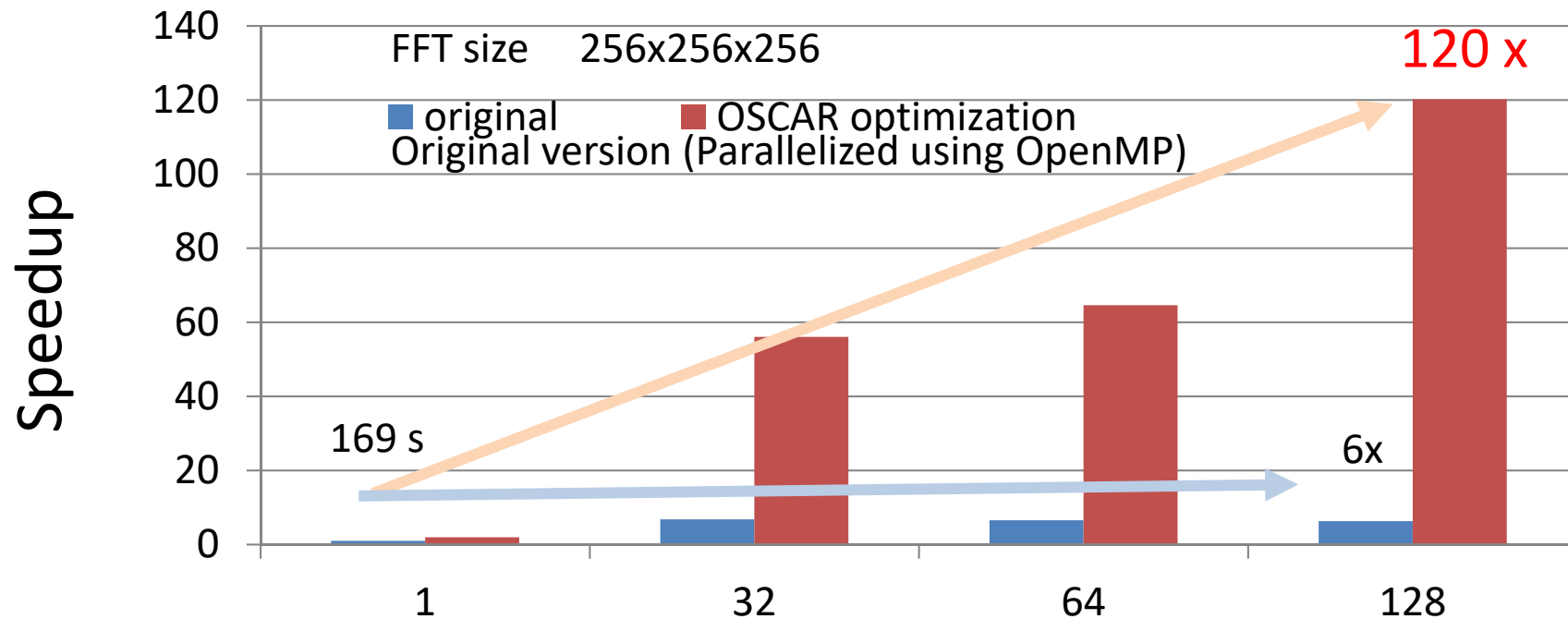
(Power7 Based 128 Core Linux SMP) ([LCPC2015](#))



First touch for distributed shared
memory and cache optimization over
loops are important for scalable speedup



Parallelization of 3D-FFT for New Magnetic Material Computation on Hitachi SR16000 Power7 CC-Numa Server



OSCAR optimization

- reducing number of data transpose with interchange, code motion and loop fusion

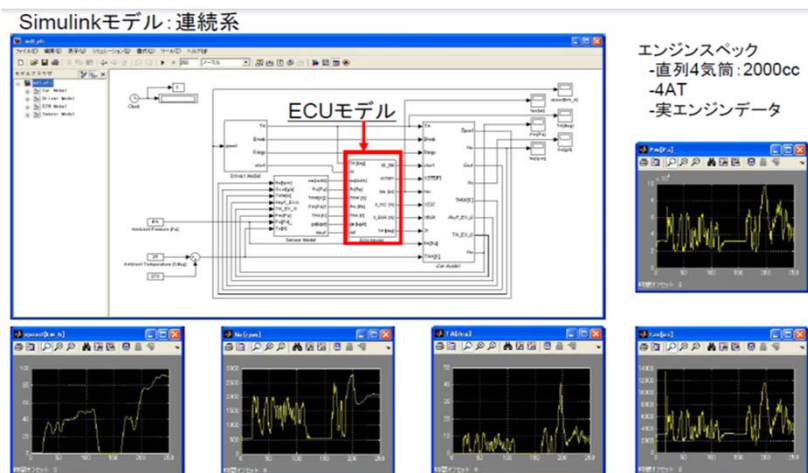


国際産業競争力を高める

自動走行車(衝突防止含む)、次世代低燃費エンジン制御

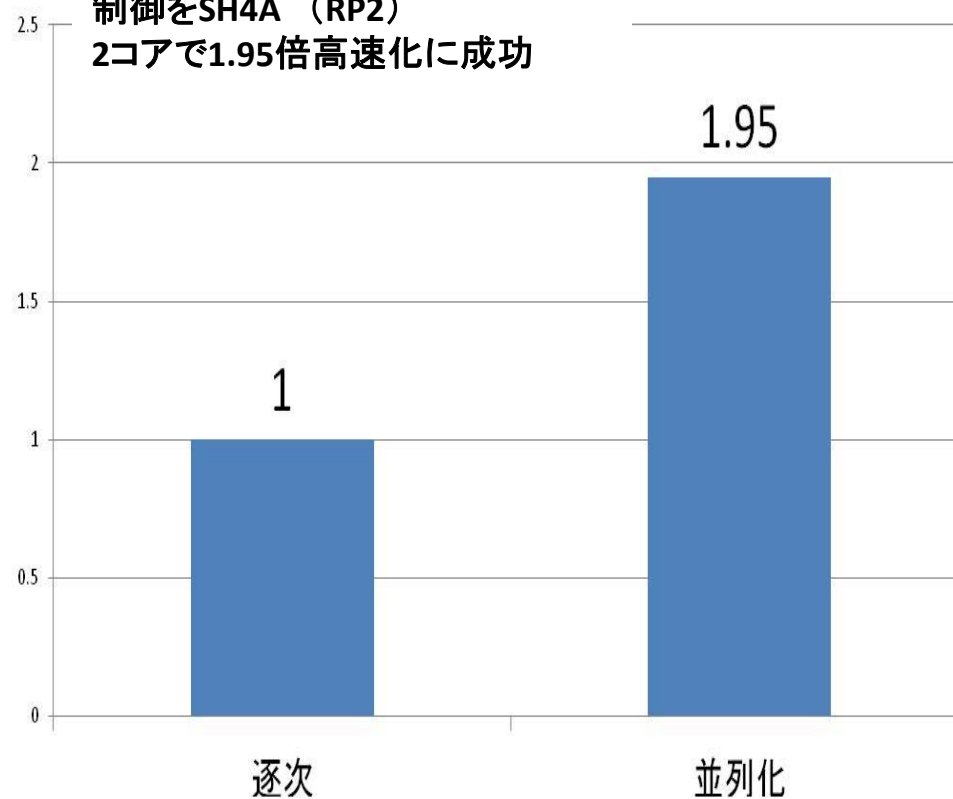


マルチコアによるエンジン制御

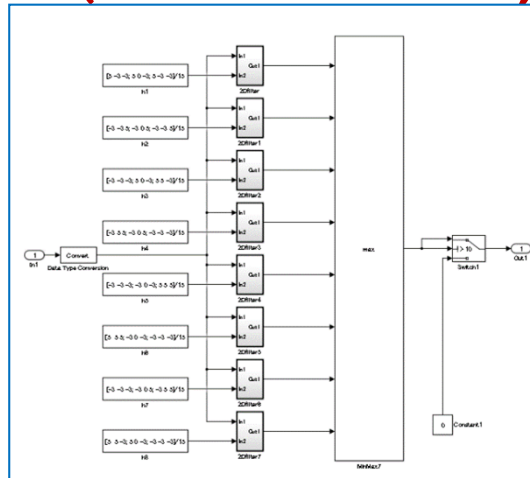


デンソーと共同研究

従来並列化できなかったエンジン
制御をSH4A (RP2)
2コアで1.95倍高速化に成功

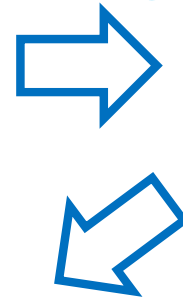


モデルベース設計制御プログラム MATLAB/Simulink (Embeddedcorder,TargetLink生成コード)の自動並列化



Simulink model

Generate C code
using Embedded
Coder or TargetLink



```
/* Model step function */
void VesselExtraction_step(void)
{
    int32_T i;
    real_T u0;

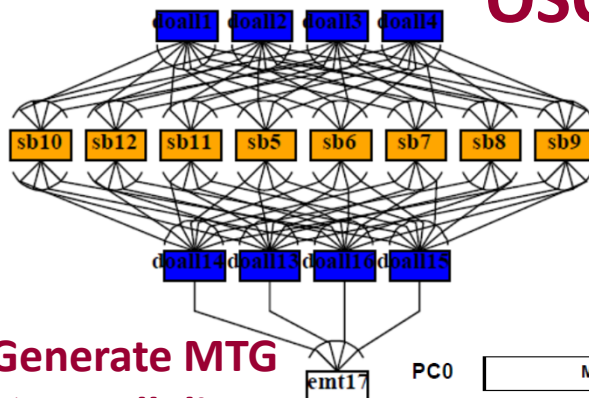
    /* DataTypeConversion: '<S1>/Data Type Conversion' incorporates:
     * Import: '<Root>/In1'
     */
    for (i = 0; i < 16384; i++) {
        VesselExtraction_B.DataTypeConversion[i] = VesselExtraction_U.In1[i];
    }

    /* End of DataTypeConversion: '<S1>/Data Type Conversion' */
    /* Outputs for Atomic SubSystem: '<S1>/2Dfilter' */
    /* Constant: '<S1>/h1' */
    VesselExtraction_Dfilter(VesselExtraction_B.DataTypeConversion,
        VesselExtraction_P.h1_Value, &VesselExtraction_B.Dfilter,
        (P_Dfilter_VesselExtraction_T *)&VesselExtraction_P.Dfilter);

    /* End of Outputs for SubSystem: '<S1>/2Dfilter' */
    /* Outputs for Atomic SubSystem: '<S1>/2Dfilter1' */
    /* Constant: '<S1>/h2' */
    VesselExtraction_Dfilter(VesselExtraction_B.DataTypeConversion,
        VesselExtraction_P.h2_Value, &VesselExtraction_B.Dfilter1,
        (P_Dfilter_VesselExtraction_T *)&VesselExtraction_P.Dfilter1);
}
```

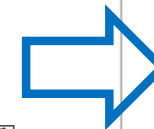
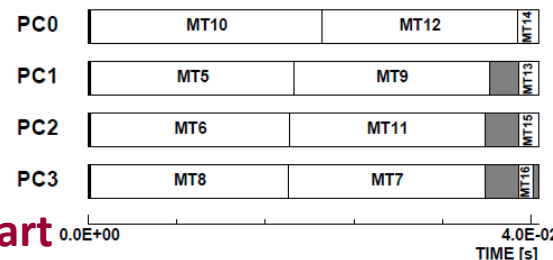
C code

OSCAR Compiler



(1) Generate MTG
→ Parallelism

(2) Generate gantt chart
→ Scheduling in a multicore



```
void VesselExtraction_step ( )
{
    int thr1 ;
    int thr2 ;
    int thr3 ;

    void thread_function_001 ( void )
    {
        VesselExtraction_step_PE1 ( ) ;
    }

    oscar_thread_create ( & thr1 ,
        thread_function_001 , (void*)1 ) ;
    oscar_thread_create ( & thr2 ,
        thread_function_002 , (void*)2 ) ;
    oscar_thread_create ( & thr3 ,
        thread_function_003 , (void*)3 ) ;

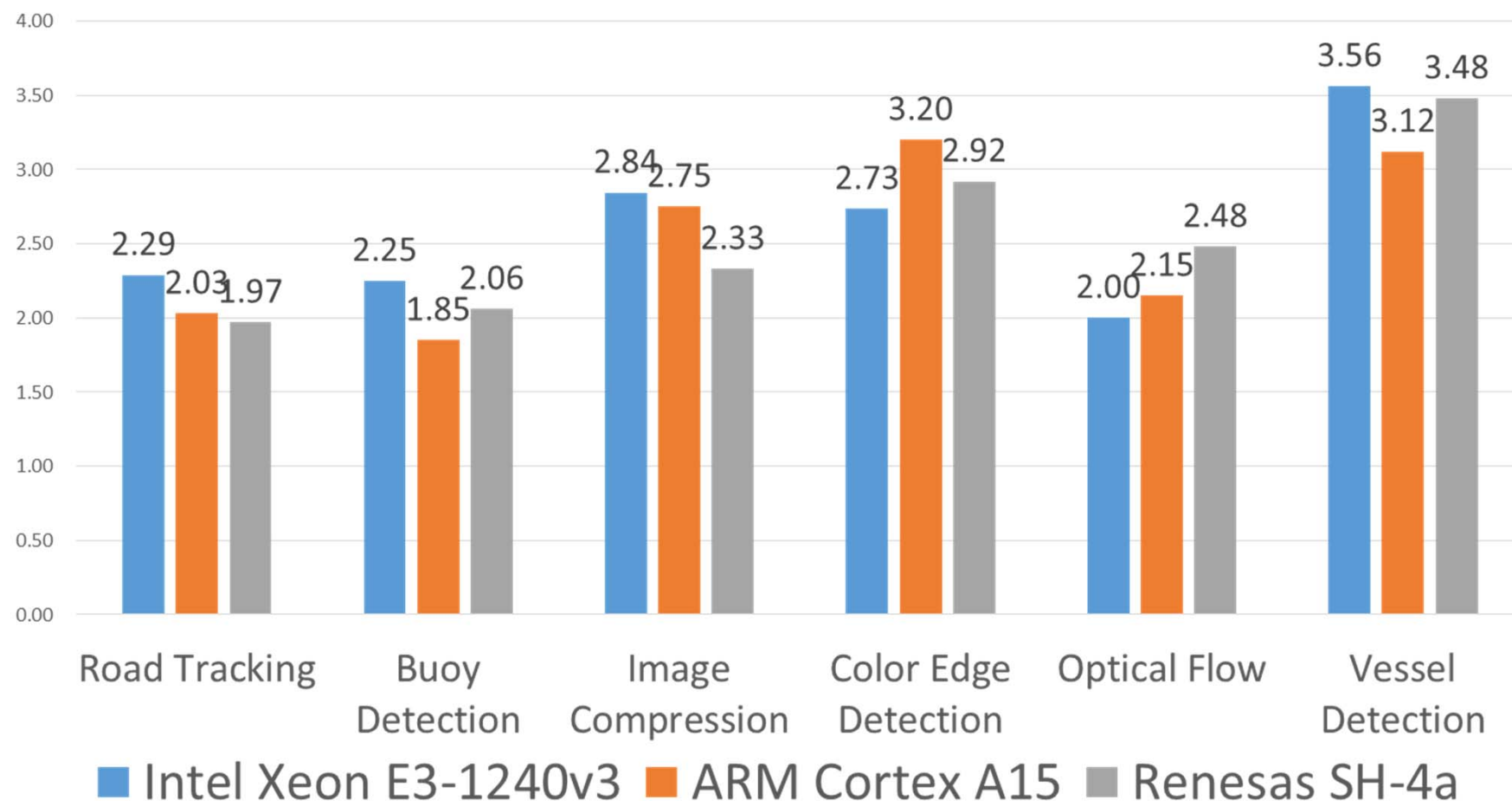
    VesselExtraction_step_PEO ( ) ;

    oscar_thread_join ( thr1 ) ;
    oscar_thread_join ( thr2 ) ;
    oscar_thread_join ( thr3 ) ;
}
```

(3) Generate parallelized C code
using the OSCAR API
→ Multiplatform execution
(Intel, ARM and SH etc)

各種マルチコア（4コア）上でのMATLAB/Simulinkコードの自動並列化による速度向上（従来制御プログラムを短期間・低コストでマルチコア化）

(Intel Xeon, arm Cortex A15 and Renesas SH4A)



Road Tracking, Image Compression : <http://www.mathworks.co.jp/jp/help/vision/examples>

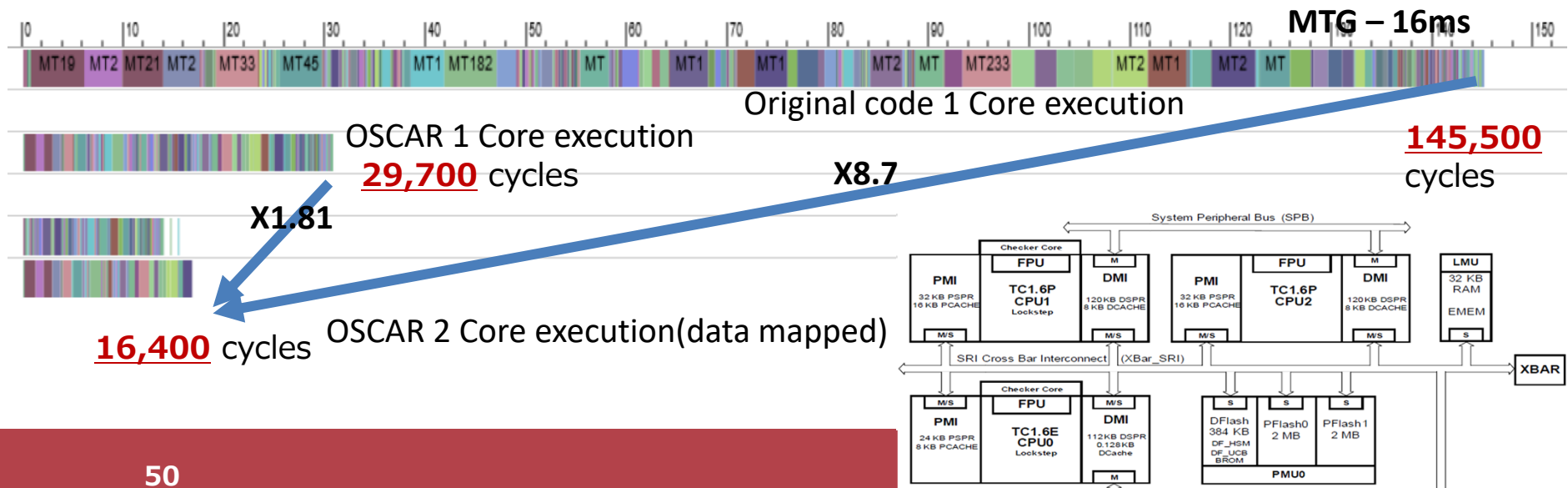
Buoy Detection : <http://www.mathworks.co.jp/matlabcentral/fileexchange/44706-buoy-detection-using-simulink>

Color Edge Detection : <http://www.mathworks.co.jp/matlabcentral/fileexchange/28114-fast-edges-of-a-color-image--actual-color--not-converting-to-grayscale-/>

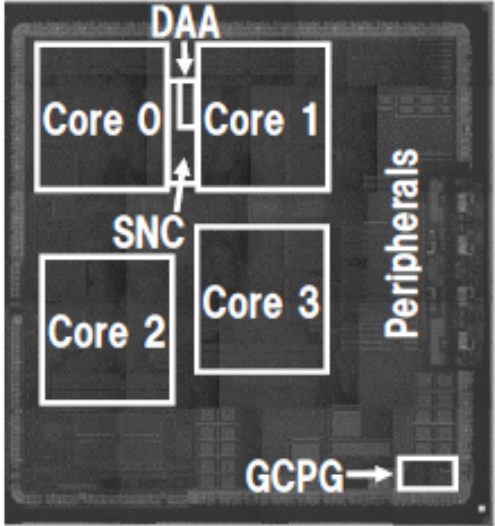
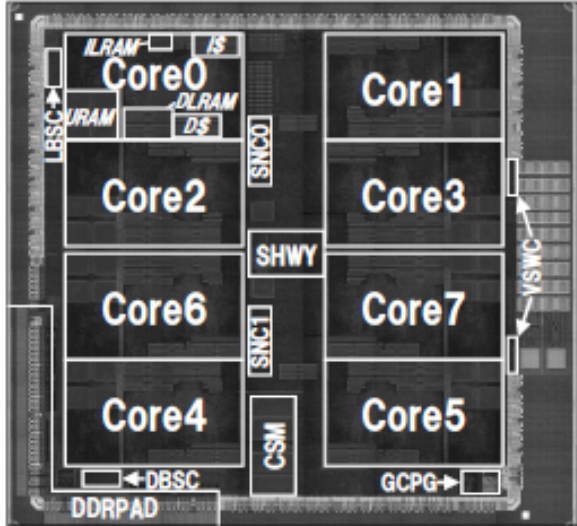
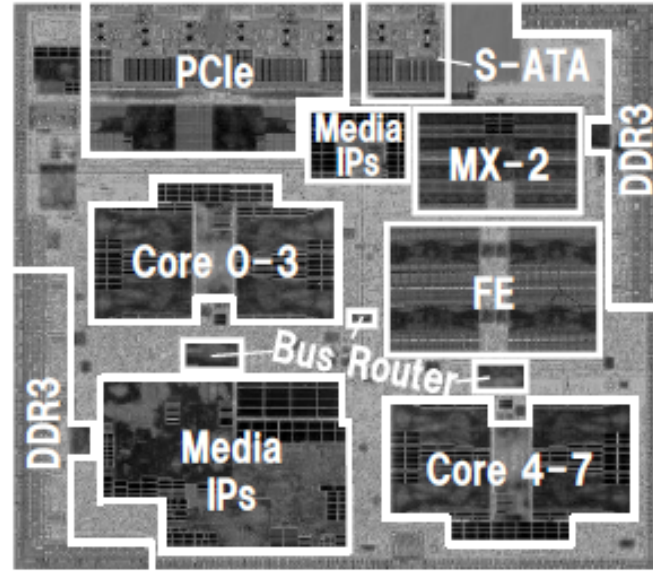
Vessel Detection : <http://www.mathworks.co.jp/matlabcentral/fileexchange/24990-retinal-blood-vessel-extraction/>

ヨーロッパAUTOSARエンジン制御プログラム（40万行）のInfineon AURIX TC277(2コア）上での自動並列化（1コアで5倍高速化、2コアで9倍高速化）

- **Original sequential** execution time on 1 core: **145,500** cycles
- **Sequential execution time by OSCAR** on 1 core: **29,700** cycles
 - 4.9 times speedup on 1 core against original execution by OSCAR Compilers automatic data allocation for local scratch pad memory, flush memory modules
- **2 core execution by OSCAR** Compiler: **16,400** cycles
 - 1.81 times speedup with 2 core against 1 core execution with OSCAR Compiler
 - 8.7 times speedup against original sequential execution.



4 core multicore RP1 (2007) , 8 core multicore RP2 (2008) and 15 core Heterogeneous multicore RPX (2010) developed in NEDO Projects with Hitachi and Renesas

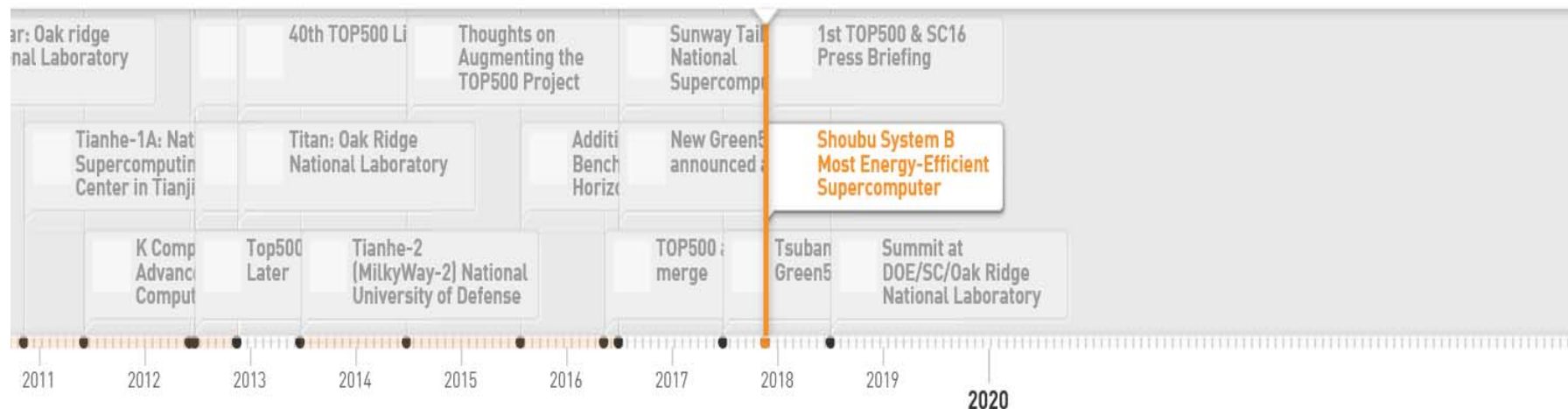
<i>RP-1</i> (ISSCC2007 #5.3)	<i>RP-2</i> (ISSCC2008 #4.5)	<i>RP-X</i> (ISSCC2010 #5.3)
		
90nm, 8-layer, triple-Vth, CMOS	90nm, 8-layer, triple-Vth, CMOS	45nm, 8-layer, triple-Vth, CMOS
97.6 mm ² (9.88 x 9.88 mm)	104.8 mm ² (10.61 x 9.88 mm)	153.8 mm ² (12.4 x 12.4 mm)
1.0V (internal), 1.8/3.3V (I/O)	1.0-1.4V (internal), 1.8/3.3V (I/O)	1.0-1.2V (internal), 1.2-3.3V (I/O)
600MHz ,4.32 GIPS,16.8 GFLOPS	600MHz , 8.64 GIPS, 33.6 GFLOPS	648MHz, 13.7GIPS, 115GOPS, 36.2GFLOPS
11.4 GOPS/W (32b換算)	18.3 GOPS/W (32b換算)	37.3 GOPS/W (32b換算)



November 13, 2017

Shoubu System B Most Energy-Efficient Supercomputer

The most efficient of these ZettaScaler supercomputers is the Shoubu system B installed at RIKEN's Advanced Center for Computing and Communication. It achieved a power efficiency of 17.0 gigaflops/watt.



TOP 10 Sites for June 2019

For more information about the sites and systems in the list, click on the links or view the [complete list](#).

[1-100](#)

[101-200](#)

[201-300](#)

[301-400](#)

[401-500](#)

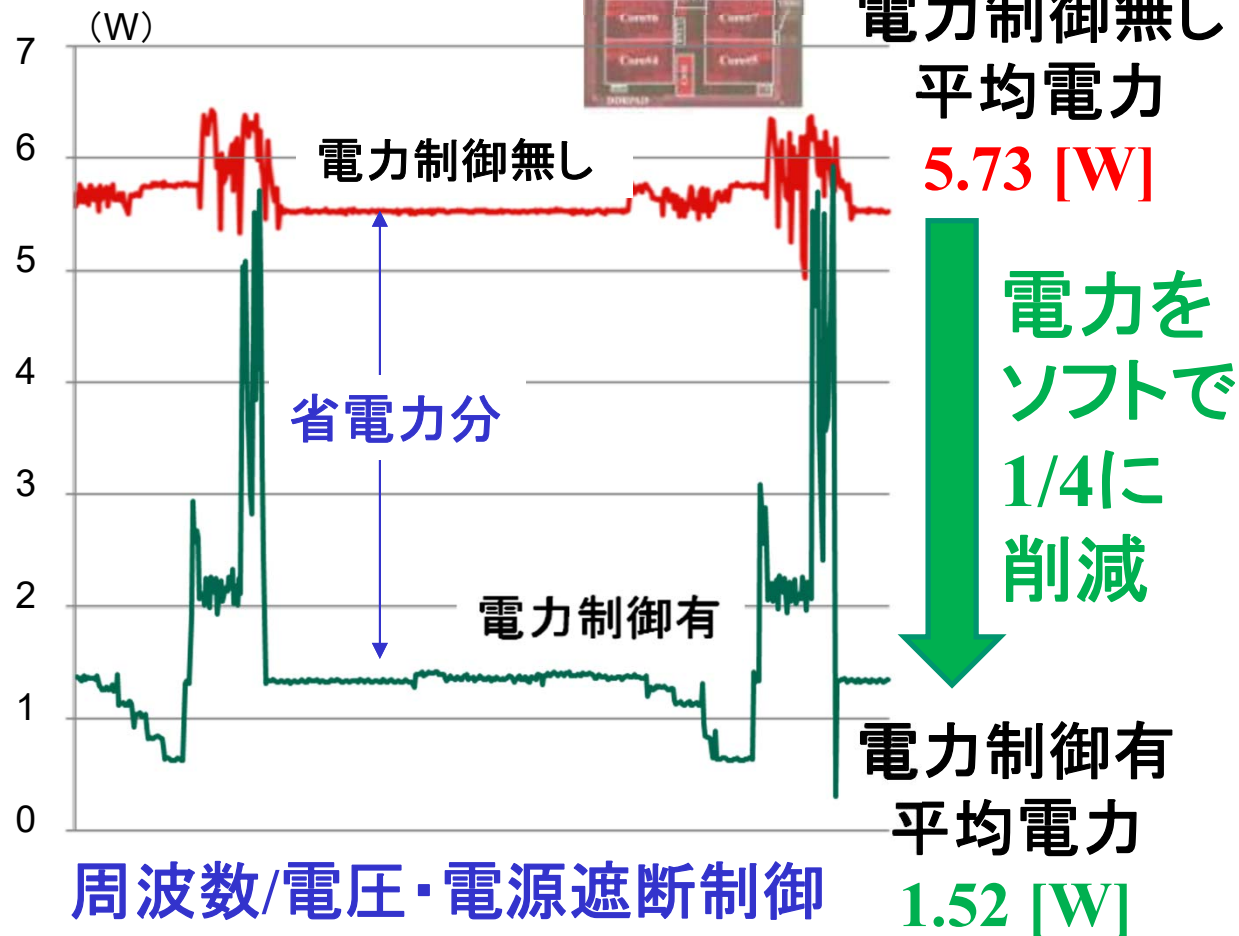
Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148,600.0	200,794.9	10,096
2	Sierra - IBM Power System S922LC, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	94,640.0	125,712.0	7,438
3	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway , NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
4	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000 , NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482
5	Frontera - Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28C 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR , Dell EMC Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	448,448	23,516.4	38,745.9	
6	Piz Daint - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect , NVIDIA Tesla P100 , Cray Inc. Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	387,872	21,230.0	27,154.3	2,384

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

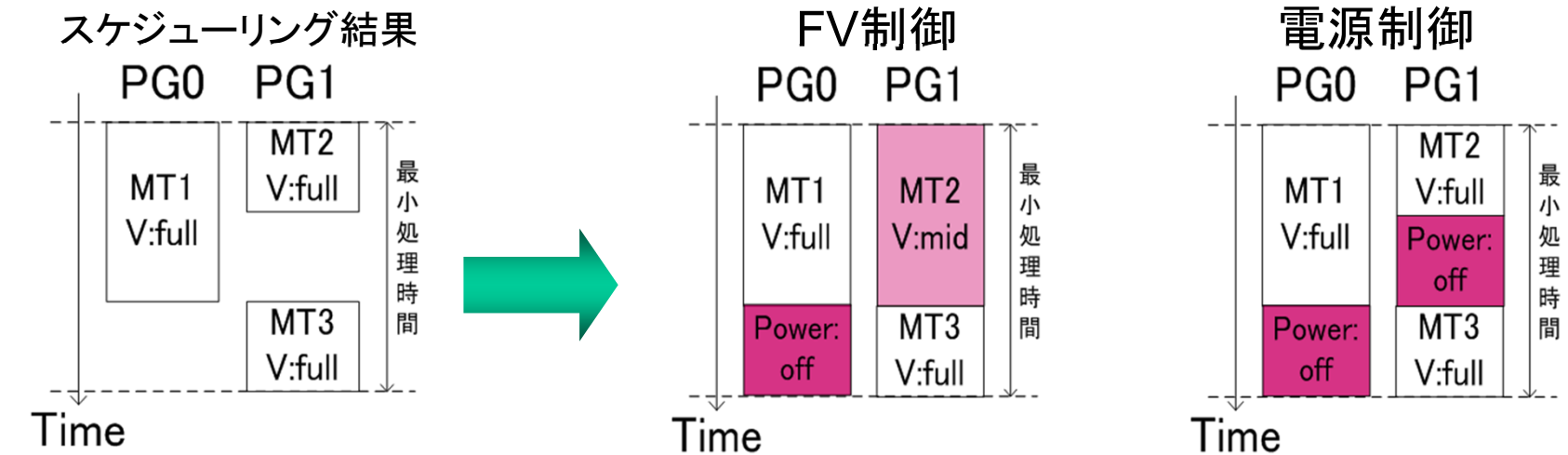


太陽電池で駆動可

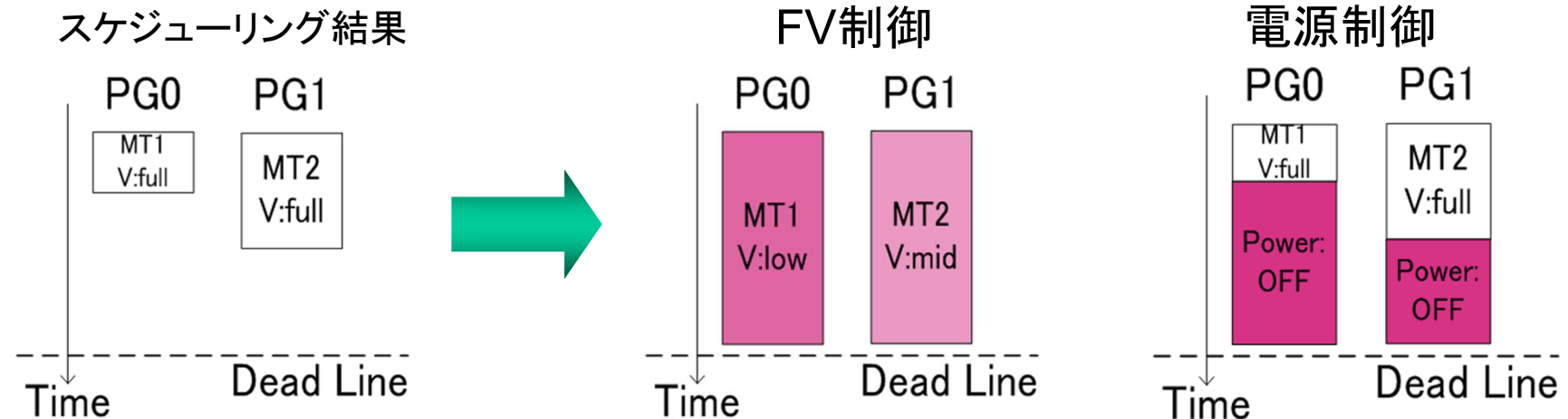


周波数電圧(FV)制御と電源制御による低消費電力化

■ 処理ユニット負荷不均衡時の電源・周波数電圧制御



・ デッドライン制約を考慮した電源・周波数電圧制御



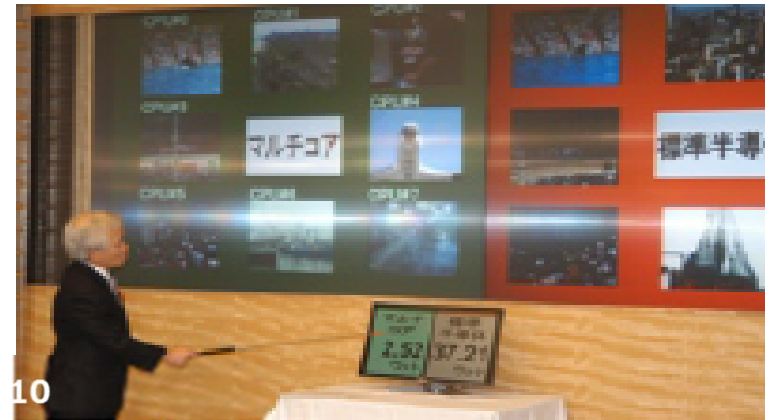
NEDOリアルタイム情報家電用マルチコアチップ・デモの様子

<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)

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, NSITEX、三菱電機,
オスカーテクノロジー等

<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



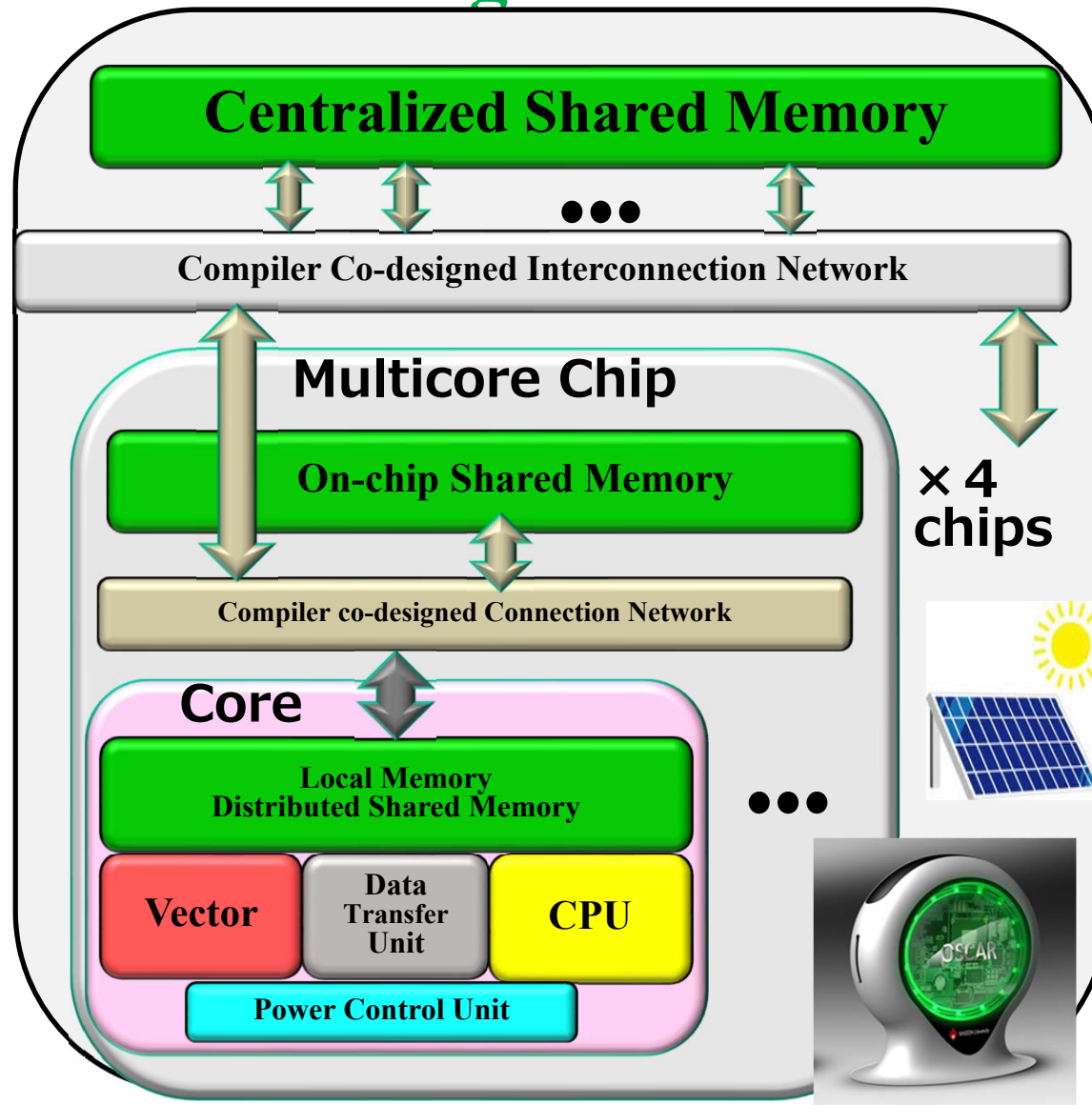
笠原・木村研究室:アドバンスマルチコアプロセッサ研究所



OSCAR High Performance and Low Power Vector Accelerator and Compiler for ADAS and Self-driving Vehicles with OSCAR Technology

Target:

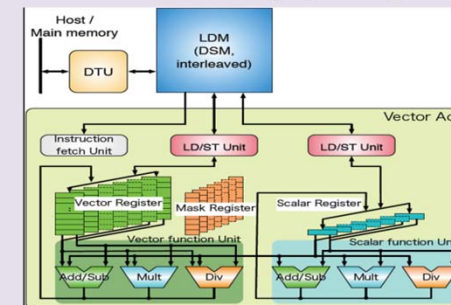
- Solar Powered
- Compiler power reduction.
- Fully automatic parallelization and vectorization including local memory management and data transfer.



Vector Accelerator

Features

- Attachable for any CPUs (Intel, ARM, IBM)
- Data driven initiation by sync flags



Function Units [tentative]

- **Vector Function Unit**
 - 8 double precision ops/clock
 - 64 characters ops/clock
 - Variable vector register length
 - Chaining LD/ST & Vector pipes
- **Scalar Function Unit**

Registers[tentative]

- **Vector Register** 256Bytes/entry, 32entry
- **Scalar Register** 8Bytes/entry
- **Floating Point Register** 8Bytes/entry
- **Mask Register** 32Bytes/entry

OSCAR Technology Corp.

Started up on Feb. 28, 2013:

Licensing the all patents and OSCAR compiler from Waseda Univ.

CEO: Mr. Y. Yamada, (Senior Manager of Automotive Engine Part Company)



Executives: **Dr. M. Ohashi : COO** (Ex- OO of Ono Sokki)

Mr. A. Nodomi : CTO (Ex- Spansion)

Dr. K. Shirai (Ex- President of Waseda U., Ex- Chairman of Japanese Open U.)

Mr. S. Tsuchida (Co-Chief Investment Officer of Innovation Network Corp. of Japan)

Auditor: **Mr. S. Honda** (Ex- Senior VP and General Manager of MUFG)

Dr. S. Matuda (Emeritus Prof. of Waseda U., Chairman of WERU INVESTMENT)

Mr. Y. Hirowatari (President of AGS Consulting)

Advisors: **Prof. H. Kasahara** (Waseda U.)



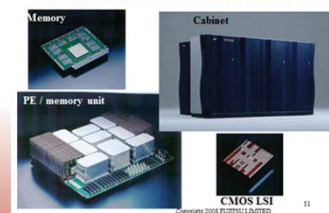
Prof. K. Kimura (Waseda U.)

Dr. T. Ono (Ex- CEO of OSCARTECH & First Section-listed Company, Director of National U., Invited Prof. of Waseda U.)

Mr. K. Ashida (Ex- VP Sumitomo Trading, Adhida Consult. CEO)



富士通ベクトルスパコンVPP5000



OSCARTECHNOLOGY CORPORATION

早稲田オープン・イノベーション・バレー構想



早稲田大学

早稲田キャンパス

ミュージアム
戦争と平和…

木組み博物館

穴八幡宮

早稲田中高

イトーヨー
食品館

121号館

40号館

戸山キャンパス

**屋上庭園付き早稲田アリーナ
健康スポーツサイエンス**

2020年春竣工第1期研究開発センター
総工費100億円(大学自費)
 地上6階地下2階総床面積約18,000m²
 (計画中第2期と合わせると3万m²)
**産学連携ワンストップ窓口, 研究推進・
戦略, TLO, 契約支援, インキューベー
ション, アウトリーチ機能を統合**

**文科省
オープンイ
ノベーション
機構整備事業**

経産省グリーンコンピューティングセンター

早稲田大学 産学連携オープン・イノベーション

- **少子化・技術競争力の低下**が叫ばれる**日本の競争力を強化**するため、**大学のオリジナリティ**を有効利用し、**産業界からの高付加価値製品共創**を行うことが必要
- 共創した高付加価値製品からの利益を大学との**共同研究に再投資**し、**研究費で雇用する(生活費・学費の支給)**博士学生と共に、**産業界ニーズを満たす世界唯一・最先端の技術を共同開発**し、**これを通し即戦力の創造性の高い世界レベル博士を育成、持続的競争力強化を目指す。**
- 早稲田大学は、**オープン・イノベーション・バレー構想の下、産官学連携支援組織改変・ワンストップ窓口化、即戦力高度人材育成、社会ニーズを把握した研究推進、国際知財取得・活用支援、ベンチャー育成等を含むオープンイノベーションを推進し、産学間の死の谷を乗り越えるエコシステム構築を目指す。**

早稲田オープン・イノベーション・フォーラム: WOI 2020.3.10開催予定

ステージプログラム	
10:00 主催者挨拶 早稲田大学の目指すオープン・イノベーション・エコシステム 総務長・WU(19)執行役員 山本 浩二氏 オープン・イノベーション戦略研究開発室 2019 Champion Society President 2020 10:30 文部科学省挨拶 10:40 開会宣言 Society 5.0の実現とオープンイノベーション機構への期待 一般社団法人日本経済団体連合会 会長 山西 健一郎氏	11:00 開会挨拶 オープンイノベーションに対する早稲田大学への期待 副学長・WU(19)執行役員 長谷川 剛史氏 副学長・WU(19)執行役員 長谷川 剛史氏 副学長・WU(19)執行役員 長谷川 剛史氏 11:20 オープンイノベーション研究の動向紹介 早稲田大学オープンイノベーション戦略研究機構の取り組み・体制ご紹介 オープンイノベーション戦略研究機構 機構長 中谷 義昭氏 11:40 特別講演 ゲーム・チェンジャーの時代 早稲田大学システム工学部 教授 内田 和成氏
12:10~12:50 自由発表1時 13:50~15:30 リサーチプレゼンテーション 13:50 粘性流体の数学 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 柴田 良弘氏 14:10 スパイチップは存在するか: AIによるハードウェアロイ検知の可能性 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 戸川 望氏 14:30 自動車向けSiC耐熱モジュールの実装技術開発 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 関 宏平氏 16:10 パネルディスカッション 早稲田オープン・イノベーションの将来 総務長・WU(19)執行役員 山本 浩二氏 オープン・イノベーション戦略研究開発室 2019 Champion Society President 2020	14:50 ヒューマノイドロボット研究とその社会実装 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 高西 淳夫氏 15:10 資源循環型社会構築に向けた革新的分断技術の開発 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 所 千晴氏 15:30 ロボットのイノベーションとは? 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 菅野 重樹氏 16:30 自由発表2時 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 菅野 重樹氏
16:50 自由発表3時 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 菅野 重樹氏	17:10 自由発表4時 理工学専攻 数理工学系 数理工学専攻 教授 菅野 重樹氏



2018年度に採択された文部科学省「平成30年度地域産学官連携科学技術振興事業費補助金オープンイノベーション機構の整備事業」を機に、下記目的のために開催

- ・ 早稲田大学産学連携ビジョンの提示
- ・ 技術シーズ・産学連携事例紹介のための、最先端研究に関する講演、技術展示・デモ
- ・ 産業界の皆様とのマッチングの場の提供

2019年
3月5日(火) 10:00~18:00
ベルサール汐留 2Fホール
東京都港区汐留1丁目21-1 住友不動産汐留ビル2F
<https://waseda-oif.jp>

入場無料

主催: 早稲田大学オープンイノベーション戦略研究機構
 共催: 早稲田大学研究院 早稲田大学理工学連携総合研究等機構 一般社団法人日本経済団体連合会
 本フォーラムは、平成30年度文部科学省補助金「オープンイノベーション機構の整備事業」の一環で開催いたします。

Waseda Alumni: Ventures including Unicorn and Students' Startups



Shintaro YAMADA (山田進太郎 (41))
Mercari CEO, Unicorn company, Stock listed at June 2018, Education (2001)



Takeshi IDEZAWA (出澤 剛 (46))
LINE CEO, freeware app for instant communications (over 600 million users in the world), Political Sci. & Economics (1996)



Takeshi NATSUNO (夏野 剛 (54))
DWANGO President, Comprehensive internet-based entertainment enterprise, Political Sci. & Economics (1988)



Masato HOSOKAWA (細川 正人 (35))
bitBiome Director, CSO, The Commendation for Science and Technology by the MEXT, The Young Scientists' Prize, Research Institute for Sci. and Eng.



Gen SAKAEDA (栄田源 (27))
Genics CEO, Developed fully-automatic, mouthpiece-type toothbrush, PhD course student at Advanced Sci. & Eng.



Taichi MURAKAMI (村上 太一 (32))
Livesense Founder & President, The youngest listed record (TSE Mothers) at the age of 25, Political Sci. & Economics (2009)



Yuya TAKETANI (竹谷 祐哉 (30))
Gunosy Representative Director and CEO, Optimally deliver information to people around the world, Creative Sci. & Engineering (2011)

Amaze the world
by the power of AI (Artificial Intelligence)



Takahiro HAYASHI (林 隆弘 (42))
HEROZ CEO, smartphone apps such as "Shogi Wars", "CHESS HEROZ" and "BackgammonAce", Education (1999)

早稲田オープン・イノベーション・エコシステム

早稲田大学

研究活性化

- 博士学生雇用（世界で輝く人材育成）
- トップ論文誌・国際会議掲載支援
- 研究者インセンティブ：報奨・講義軽減
- 競争領域産学連携研究スペースの提供
- トップ研究者の雇用

産学連携推進

- ワンストップ窓口
- 知財創出支援：特許申請・審査
- 知財活用支援：ライセンス
- 産業界とのマッチング支援(WOI含む)
- シーズ技術紹介（広報）
- ニーズ解決に向けた学内チーム構築
- 契約支援（見積,学生含むNDA・知財）
- 研究費管理・研究倫理講座受講支援

ベンチャー創出・育成

- ベンチャーファンド紹介
- 知財ライセンス：現金・株等
- 経営・経理・会計・法律人材紹介
- 顧客（バリューアップ）マッチング支援

研究チーム・知財

産学連携研究

教員・大学院生・
産業界技術者・研究者参加
産業界からのニーズに基づく
未知問題解決・実用化に挑む

信頼・協力
マッチング

シーズ紹介

ニーズ
研究費

創出・育成

支援

国

世界に有用な高付加価値
製品・サービス

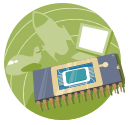
高度人材

共同開発技術・知財

産業界

- 産学連携競争領域研究開発・実用化
- ビジネスモデル構築（標準化含め）

大学発ベンチャー



Future Multicore Products with Automatic Parallelizing Compiler



Next Generation Automobiles

- Safer, more comfortable, energy efficient, environment friendly
- Cameras, radar, car2car communication, internet information integrated brake, steering, engine, motor control

Smart phones



- From everyday recharging to less than once a week
- Solar powered operation in emergency condition
- Keep health

Advanced medical systems



Cancer treatment, Drinkable inner camera

- Emergency solar powered
- No cooling fan, No dust, clean usable inside OP room



Personal / Regional Supercomputers



Solar powered with more than 100 times power efficient : FLOPS/W

- Regional Disaster Simulators saving lives from tornadoes, localized heavy rain, fires with earthquakes