

米国のスーパーコンピュータ開発状況について (第2版)

平成18年7月28日

目次

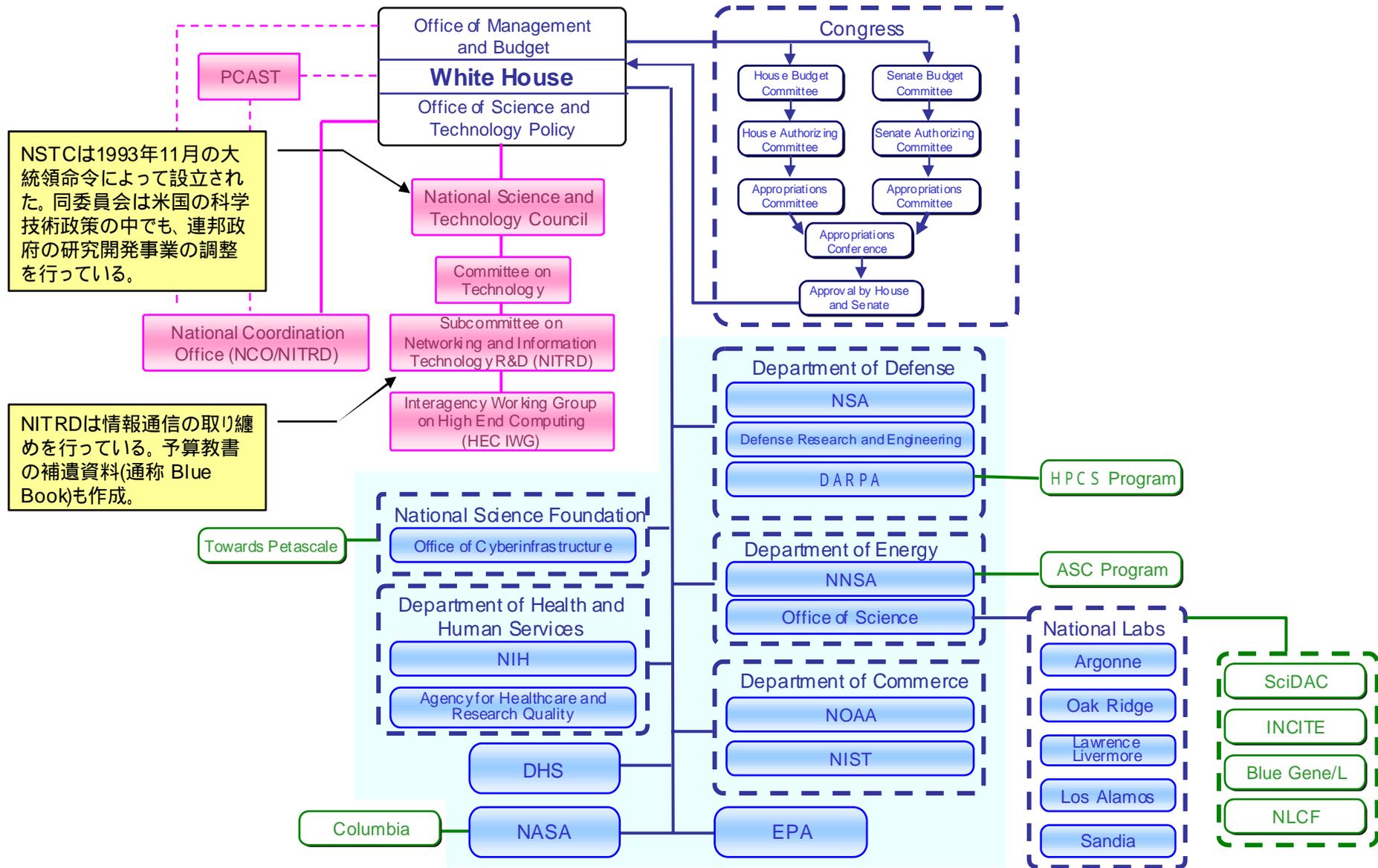
1. 米国政府のスーパーコンピュータ戦略	P 1
位置づけ・目的	P 2
連邦政府における推進体制	P 3
スーパーコンピュータ予算	P 4
2. 政府主要プロジェクトの状況	P 6
政府主要プロジェクトの状況まとめ	P 7
エネルギー省(DoE)の状況	P 8
国防総省(DoD)の状況	P 11
米国科学財団(NSF)の状況	P 14
米国航空宇宙局(NASA)の状況	P 15
米国国立衛生研究所(NIH)の状況	P 16
3. 開発企業の戦略・計画	P 17
概要	P 18
日米スーパーコンピュータ・MPUベンダーの製品開発計画	P 19
CrayのHPC戦略	P 20
IBMのHPC戦略	P 23
SunのHPC戦略	P 28
ClearSpeedについて	P 32
IBMのMPU戦略	P 33
INTELのMPU戦略	P 36
AMDのMPU戦略	P 40
(参考文献)	P 42

1. 米国政府のスーパーコンピュータ戦略

位置づけ・目的

- 1991年HPC法以来の長い歴史を持ち、「スーパーコンピュータの重要性」は政府関係者に広く理解されている。
 - 1991年HPC法の趣旨: (1) HPCに対する連邦政府支援の継続、(2) 各省のスーパーコンピュータ施策のコーディネーション
 - 2006年1月、ブッシュ大統領一般教書演説においてスーパーコンピュータ開発支援に言及
 - 「米国の競争力を維持していくためには、人々の才能や創造力といった点で世界をリードしなければならない。このためにスーパーコンピューティングのような有望分野への取り組みを支援する。」
- 数多くの府省において、自らのミッションを達成するための共通の基盤 (enabling technology) として位置づけられている。
 - スーパーコンピュータ戦略の主目的は「国防・安全保障」
 - 兵器開発: DoD中心
 - 核実験の置き換え: DoE中心
 - 国防シミュレーション: 2001.9以降追加
 - 上記達成のためのスーパーコンピュータ技術(先端コンピュータ技術)開発
 - 科学技術の振興
 - ナノ・バイオ・気象・災害シミュレーション・宇宙等: NSF等
 - 産業の国際競争力

連邦政府における推進体制



スーパーコンピュータ予算

- 米政府スーパーコンピュータ関連予算(公表部分)
 - 2005年度 約1,000億円から、2007年度 約1,500億円に拡大

NITRD参加組織別 HEC予算推移表 (単位: 100万ドル)

注: 為替レートは2005年度 105円、2007年度 115円として換算。
表は四捨五入の関係により、出典先資料と0.1の差異が生じている。

組織名		HEC I&A	HEC R&D	HEC 合計
OSD/DoD 研究施設	2007年度初めてOSDの予算にDoD研究組織予算が組み込まれ、05年度・06年度概算は含まれていない。			
	07年度予算	186.0	8.7	194.7
DARPA/DoD	05年度概算	N/A	64.3	64.3
	06年度概算	N/A	94.1	94.1
	07年度予算	N/A	117.7	117.7
NSA/DoD	05年度概算	N/A	53.9	53.9
	06年度概算	N/A	89.2	89.2
	07年度予算	N/A	62.4	62.4
NSF	05年度概算	198.9	101.8	300.7
	06年度概算	220.3	62.7	283.0
	07年度予算	272.4	64.1	336.5
SC/DoE	05年度概算	98.2	107.3	205.5
	06年度概算	104.4	109.1	213.5
	07年度予算	135.3	160.4	295.7
NNSA/DoE	05年度概算	31.4	34.5	65.9
	06年度概算	10.0	15.9	25.9
	07年度予算	9.5	23.4	32.9

組織名		HEC I&A	HEC R&D	HEC 合計
NIH/DoHHS	05年度概算	133.8	66.6	200.4
	06年度概算	198.5	N/A	198.5
	07年度予算	194.7	N/A	194.7
NASA	05年度概算	53.7	1.7	55.4
	06年度概算	60.3	N/A	60.3
	07年度予算	63.9	N/A	63.9
NIST/DoC	05年度概算	3.4	0.6	4.0
	06年度概算	2.3	1.2	3.5
	07年度予算	2.3	1.2	3.5
NOAA/DoC	05年度概算	12.9	1.8	14.7
	06年度概算	11.4	1.9	13.3
	07年度予算	16.4	1.9	18.3
EPA	05年度概算	2.3	N/A	2.3
	06年度概算	3.3	N/A	3.3
	07年度予算	3.3	N/A	3.3
合計	05年度概算	534.6	432.5	967.1
	06年度概算	610.5*	374.1	984.5*
	07年度予算	883.8	439.8*	1323.7*

ご参考：略語表

ASC	Advanced Simulation and Computing (D o E のプロジェクト、旧ASCI)
ASCI	Accelerated Strategic Computing Initiative (D o E のプロジェクト、現在のASC)
D A R P A	Defense Advanced Research Projects Agency (D o D の組織)
DHS	Department of Homeland Security (米国土安全保障省)
D o D	Department of Defense (米国防総省)
D o E	Department of Energy (米エネルギー省)
EPA	Environmental Protection Agency (環境保護庁)
H P C M P	High Performance Computing Modernization Program (D o D のプロジェクト)
H P C S	High Productivity Computing Systems (D o D のプロジェクト)
INCITE	Innovative and Novel Computational Impact on Theory and Experiment (D o E のプロジェクト)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (航空宇宙局)
NIH	National Institutes of Health (国立衛生研究所)
NIST	National Institute of Standards and Technology (DOCの組織)
NCO/NITRD	National Coordination Office for Networking and Information Technology Research and Development (国家調整局)
NLCF	National Leadership Computing Facility
NNSA	National Nuclear Security Administration (国家核安全保障局)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (アメリカ国立海洋大気庁)
NSA	National Security Agency (国家安全保障局)
NSF	National Science Foundation (全米科学財団)
OSD	Office of Secretary of Defense (D o D の組織)
PCAST	President s Council of Advisors on Science and Technology (大統領科学技術顧問委員会。従来の従来、大統領情報技術諮問委員会(PITAC) の機能を吸収)
SciDAC	Scientific Discovery through Advanced Computing (D o E のプロジェクト)

2. 政府主要プロジェクトの状況

政府主要プロジェクトの状況まとめ

	予算総額	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
DoE ASC計画	約\$1800M (2005-2010)	ASCI Purple 100TF BlueGene/L 370TF						BlueGene/ P 1PF		BlueGene/Q 10PF?
DoE NLCF計画	約\$150- 200M (2004- 2008)	Cray Red Storm (XT3) 20TF	Cray X2 100TF	Cray X2 250TF	Cray Baker 1PF					
		IBM BlueGene/L 5TF	BG/L 50TF	BlueGene/ P 100TF						
DoD/DARPA HPCS計画	約\$160M (2002- 2005)	第二フェーズ 研究開発 (Cray, IBM, Sun)	第三フェーズ 研究開発開始(2ベン ダーに絞る)					実効1PF (4PF超まで スケーラブル)		
DoD/NSA	\$52M (2006のみ)		Cray Black Widow 数 100TF ~				(最終目標 は1PF超の 実現。時期 未定)			
NSF Cyber Infrastructure 計画	\$200M (2007- 2010)		説明会 (6月) 一次提案 (9月)	最終提案 (2月) 開発(2007 年10月開 始)			2010年に 1PFを目指 す			

エネルギー省(DOE)の状況

ASC (Advanced Simulation and Computing) 計画

(DOE NNSA: National Nuclear Security Administration, <http://www.llnl.gov/asci/>)

前身はASCI (Accelerated Strategic Computing Initiative) 計画。1996年の包括的核実験禁止条約 (CTBT) 署名を受けてDOEが設定した「備蓄核兵器保全管理プログラム (SSMP)」の一環として、備蓄核兵器の安全性・信頼性・性能の確保を目的に、核実験ではなく最先端のコンピュータによるモデリングとシミュレーション実験によって核兵器のパフォーマンスを分析するための研究開発を行う。

これまでに「ASCI レッド」(インテル社製、3.2TF)、「ASCI ブルー・マウンテン」(SGI-クレイ社製、3.1TF)、「ASCI ブルー・パシフィック」(IBM社製、3.9TF)、「ASCI ホワイト」(IBM社製、12.3TF)、「ASCI パープル」(IBM社製、111TF)、「BlueGene/L」(IBM社製、367TF)等の実績。

【予算(システム関連) / 計画】

	FY 2005	FY 2006	FY 2007	FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012
予算	\$ 265M	\$ 283M	\$ 321M	\$ 311M	\$ 306M	\$ 306M		
計画* (*システムはいずれもIBM)	ASCI Purple 100TF							
	BlueGene/L 370TF			BlueGene/P 1PF				BlueGene/Q 10PF?

IBMは6月8日に東京都内で開催した同社のプライベート・セミナー「IBM Deep Computing Innovation Forum」を開催し、IBM Research VPのTilak Agerwala氏が「Blue Gene」の開発ロードマップを公表。2010年までにピーク性能1PFLOPSの「Blue Gene/P」を、2010～2012年には同10PFLOPSの「Blue Gene/Q」の開発を目指すとした。(http://www.nikkeibp.co.jp/news/manu06q3/505812/)同社はこれまでBlue Gene/Qの目標ピーク速度を3PFLOPS程度としていた。ただし、本内容は米国では発表されていない。

また、上記セミナーでLLNLのMark Seager氏は、2008年に1PFLOPSをアルゴンヌ研とペアでいれることを計画していると述べている。(http://www.gcn.com/online/vol1_no1/40250-1.html)

エネルギー省(DOE)の状況

SciDAC (Scientific Discovery through Advanced Computing) II計画

(DOE Office of Science, <http://www.scidac.org/>)

2001年から開始されたSciDAC(第一フェーズ:6,000万ドル×5年)では、DOEのミッションに関連する科学分野(気象、核エネルギー、化学等)の基礎研究をテラスケール・コンピュータを利用して推進するためのソフトウェアおよびハードウェア基盤を開発。SciDAC IIでは引き続き、ペタスケール・コンピュータ上での科学的発見のため、NSFと協力して、物理学、生物学および環境科学におけるソフトウェア基盤を開発する。

目標: 2010年までにペタスケールを実現。

予算: 6,700万ドル×3-5年

詳細検討中(2006年夏公表予定)

エネルギー省(DOE)の状況

NLCF (National Leadership Computing Facility) 計画

(DOE Office of Science, <http://www.ccs.ornl.gov/nlcf/index.html>)

DOEが進める次世代スーパーコンピュータ調達計画で、2004年5月、実施機関として傘下のオークリッジ研究所(ORNL)の5カ年計画を採択(一部はアルゴンヌ研究所に設置)。単にTOP500の頂点を目指すのではなく、Capability計算センターとして大規模かつ高度なプロジェクトにフォーカスした世界最高レベルの演算能力を提供することにより、科学分野におけるブレークスルー及び持続的な技術革新を創出する。

【予算 / 計画】

2004年、第1フェーズとして2,500万ドルの研究助成が決定。今後5年間で1億5,000万ドルから2億ドルの予算が見込まれている。

	FY2004	FY2005	FY2006	FY2007	FY2008	FY2009
予算 (計\$150-200M)	\$25M	\$25M	未定	未定	未定	未定
オークリッジ に設置	Cray X1E 20TF	Cray Red Storm (XT3) 20TF	Cray X2 100TF	Cray X2 250TF	Cray Baker 1PF	
アルゴンヌ に設置		IBM BlueGene/L 5TF	BG/L 50TF	IBM BlueGene/P 100TF		

•(FY2006以降の調達計画には、情報の出典により若干のずれがある)

クレイ社は6月15日、DOE オークリッジ研と約USD200M(2億ドル)の複数年契約を締結したと発表。オークリッジ研に設置している現行のクレイXT3(スカラ型)をアップグレードし、2007年に250TFを、さらに2008年にBaker(コード名)にて1PF(ピーク性能)を達成するとしている。
<http://investors.cray.com/phoenix.zhtml?c=98390&p=irol-newsArticle&ID=873357&highlight=>

国防総省 (DOD) の状況 ~ DARPA ~

HPCS (High Productivity Computing Systems)

(DOD, The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), <http://www.highproductivity.org/>)
 2010年を目標に、国家安全保障及び産業界のために寄与する経済性、運用性に優れた高生産性の新世代コンピューティングシステム(新しいアーキテクチャ)を開発。新アーキテクチャに関して、従来からのTOP500番付け(Linpackベンチマークにもとづく演算性能指標)に対して、より総合的なProductivity評価の方式が必要になったため、ひとつの試みとして、HPC Challengeベンチマークを発案。

効果:

- 性能 (time-to-solution): 安全保障上重要なアプリケーションの性能を10~40倍高速化
- プログラム容易性 (idea-to-first-solution): アプリケーション開発のコストと時間を削減
- 移植性 (透過性): 研究と業務アプリケーションソフトウェアをシステムから分離
- 堅牢性 (信頼性): 外部からのアタック、HW障害、プログラムエラーに対する考えられるすべての防御テクニックの適用

【予算 / 計画】

	CY2002	CY2003	CY2004	CY2005	CY2006	CY2007	CY2008	CY2009	CY2010
Phase-1 概念研究 (1年)	IBM, Cray, Sun, HP, SGI 各\$3M								
Phase-2 研究開発 (3年)		Cray "Cascade": \$49.9M IBM "PERCS": \$53.3M Sun "Hero": \$49.7M							
Phase-3 プロトタイプ開発 (4.5年)					実効1PF(4PF超までスケーラブル) ベンダは最大2社:未定 予算:未定				

国防総省(DOD)の状況～NSA～

(DOD NSA:National Security Agency, http://www.nsa.gov/home_html.cfm)

国家安全保障局(NSA)は国防総省(DOD)の諜報機関の1つ。CIAがおもにHUMINT (Human INTELLIGENCE: スパイを使った諜報活動)を担当するのに対し、NSAはSIGINT (Signal intelligence: 電子機器を使った諜報活動)を担当。

【予算 / 計画】

FY2006 HEC R&D 用に \$ 89.2M(うち\$52Mが”Black Widow” & “ELDORADO”の開発に充当)

(利用対象:アーキテクチャ/システム、高速スイッチ/インターコネクト、プログラミング環境、量子コンピュータ)

CY2003	CY2004	CY2005	CY2006	CY2007
			Cray ”Black Widow” & “ELDORADO”: \$52M(2006分のみ。2007分は未定) 数100TF ~ ”Black Widow” の最終目標は1PF超の実現(時期未定)	

国防総省(D o D)の状況 ~ OSD ~

H P C M P (High Performance Computing Modernization Program)

(OSD (Office of Secretary of Defense), <http://www.hpcmo.hpc.mil/>)

D o D 配下の研究所のH P C 能力の更新を行うことで、スーパーコンピューティング、通信、計算モデルの分野で米国のリーダーシップを強化し、先端防衛技術開発の加速を行う。1992年スタート。2006年現在で587プロジェクト、4617ユーザ(133サイト)、10の分野。

【予算 / 計画】

FY2006 \$210M (OSD and D o D Service research organizationの予算枠)

毎年25%程度のシステム更新が実施されており、約20% (\$40-50M)の予算が割かれている。

米国科学財団(NSF)の状況

Cyber Infrastructure Vision for the 21st Century

(NSF : National Science Foundation, Office of Cyber Infrastructure,
<http://www.nsf.gov/dir/index.jsp?org=OCI>)

2010年までに、シミュレーションの活用によるバーチャルな研究環境の提供を目的とするペタスケール・コンピュータの開発を含む、コンピュータ、データおよびネットワーク技術を活用した、科学・工学研究のための環境を整備する。

多くの異なる科学分野に幅広い影響力を有するアーキテクチャのシステムを模索。

将来的には、全米の研究機関・大学等をネットワークで結ぶことも視野に入れている模様。

【予算 / 計画】

	FY2006	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010
予算	\$30M	\$200M(ハード&関連要員-\$100M, ソフト&その他-\$100M)			
スケジュール (調達)	説明会(6月) 一次提案(9月)	最終提案(2月) 選定	開発(2007年10月開始) 2010年にペタスケールを目指す		

NSFは6月19日に調達説明会を開催。ポイントとしては、(1)ペタコンの活用を通じた、ペタスケールの科学・研究の提案を募集。ハード・ソフトの開発も含むが、ペタコンそのものの調達ではない。(2)一次提案 9月8日締切、最終提案 2月2日締切、(3)参加資格は、大学や非営利研究機関のみ。営利機関の参加も可能であるが、主提出者とはなり得ない、(4)予算総額の上限 2億ドル(2006-2011年にかけての4年間プロジェクト)。FY2007 は0.5億ドル。
<http://www.nsf.gov/pubs/2006/nsf06573/nsf06573.html>

米国航空宇宙局 (NASA) の状況

NAS Project Columbia

(NASA Advanced Supercomputing (NAS) Division,
http://marsoweb.arc.nasa.gov/About/Projects/Columbia/columbia_build.html)

【概要】

2004年、National Leadership Computing System (NLCS)の一環として、1TBのメモリを共有する512個のプロセッサで構成されたCOLUMBIAノード4台をつなぎ、2048プロセッサ(Itanium2: 1.6GHz×9MB L3キャッシュ、SGI NUMA結合)からなる大規模共有メモリ環境を構築した。

SGI ALTIX - COLUMBIA SUPERCOMPUTER:

システム	: 20ノードの SGI® Altix™ 3700 superclustersで合計 10,240 CPU
プロセッサ	: INTEL Itanium® 2, 1.5GHz, 6 MB cache.
メモリ	: 1 TB global shared memory/512 CPU supercluster、合計 20 TB
システムソフト	OS : Linux® based operating system ジョブ管理 : PBS Pro™ コンパイラ : INTEL® Fortran/C/C++ その他 : SGI® ProPack™ 3.2 software
ネットワーク	: SGI® NUMalink™ interconnect InfiniBand network, 10 gigabit Ethernet, 1 gigabit Ethernet
外部記憶装置	: 440 TB of online Fibre Channel RAID 10 PBアーカイブ記録装置

【予算 / 計画】

2004年の120日間、\$50Mで実現。650人のユーザーが使用可能。52TF

米国国立衛生研究所 (NIH) の状況

(Department of Health and Human Services NIH: National Institutes of Health,
<http://nihroadmap.nih.gov/bioinformatics/index.asp>)

生物医学(生体臨床医学)データの管理と分析、および生物学的プロセスのモデル化の両方にコンピュータの処理能力を適用することによって、人間の疾病の解明、診断、治療、予防のための基礎知識を増進することを目標としている。生物学、医学、計算科学、情報科学の分野に関わる生物学者・化学者・物理学者・コンピュータ科学者が、米国のどの場所からでもスーパーコンピュータ・ネットワークにアクセスでき、共通のソフトやツールを使って、それぞれの研究者が生医学に関わるデータを共有、あるいは分析するための計算インフラを作り上げることが行われており、現在7つのNCBC (National Center for Biomedical Computing) という形で研究開発(ソフトウェア及びデータ管理ツールの作成)が行われている。

1. National Center for Simulation of Biological Structures(SimBioS)
2. The National Alliance for Medical Imaging Computing(NAMIC)
3. i2b2 Informatics for Integrating Biology & the Bedside
4. Center for Computational Biology (CCB)
5. National Center for Integrative Biomedical Informatics (NCIBI)
6. National Center for Multi-Scale Study of Cellular NetworksMAGNet:
National Center for Metascale Analysis of Genomic and Cellular Networks
7. The National Center for Biomedical Ontology (cBIO)

3. 開発企業の戦略・計画

概要

米国スーパーコンピュータベンダーの戦略

1. Cray

ベクトル型、スカラー型 (XT3、XD1、MTAなど)、再構成アーキテクチャのように、複数種のアーキテクチャの計算機を製品化し、Cascadeという異機種統合システムにまとめ、Adaptive Supercomputingという概念で有効性、将来性をアピールしている。HPCSプログラムで協業関係にあるAMDとの契約を2010年まで延長した。

2. IBM

PowerアーキテクチャをベースとしたASCI purpleから、PERCSという幅広い分野のアプリケーションを効率良く実行するアーキテクチャに進化させようとしている。一方、BlueGeneという応用分野を絞ってコスト・電力あたりの性能を重視した製品を提供している。

3. Sun

HPCSのPhase / ではHeroプログラムで参加しており、2008年にはRockというプロジェクトを計画している。

MPUベンダーの戦略

1. IBM

Power、PowerPC、Cellによってあらゆる分野でPowerアーキテクチャを適用させ、デファクトスタンダード化を狙っている。

2. INTEL

IA-64、IA-32(EMT64を含む)の2種類の製品ラインを持ちながら、デュアルコアからマルチコアへ製品強化を行う戦略。更に、Xscale(ARMアーキテクチャ)でモバイル製品にも対応。

3. AMD

IA-32(EMT64を含む)アーキテクチャにおけるデュアルコアからマルチコアへ製品強化を行う戦略をとるが、IBMとの協業によって半導体プロセス技術の強化を狙う。

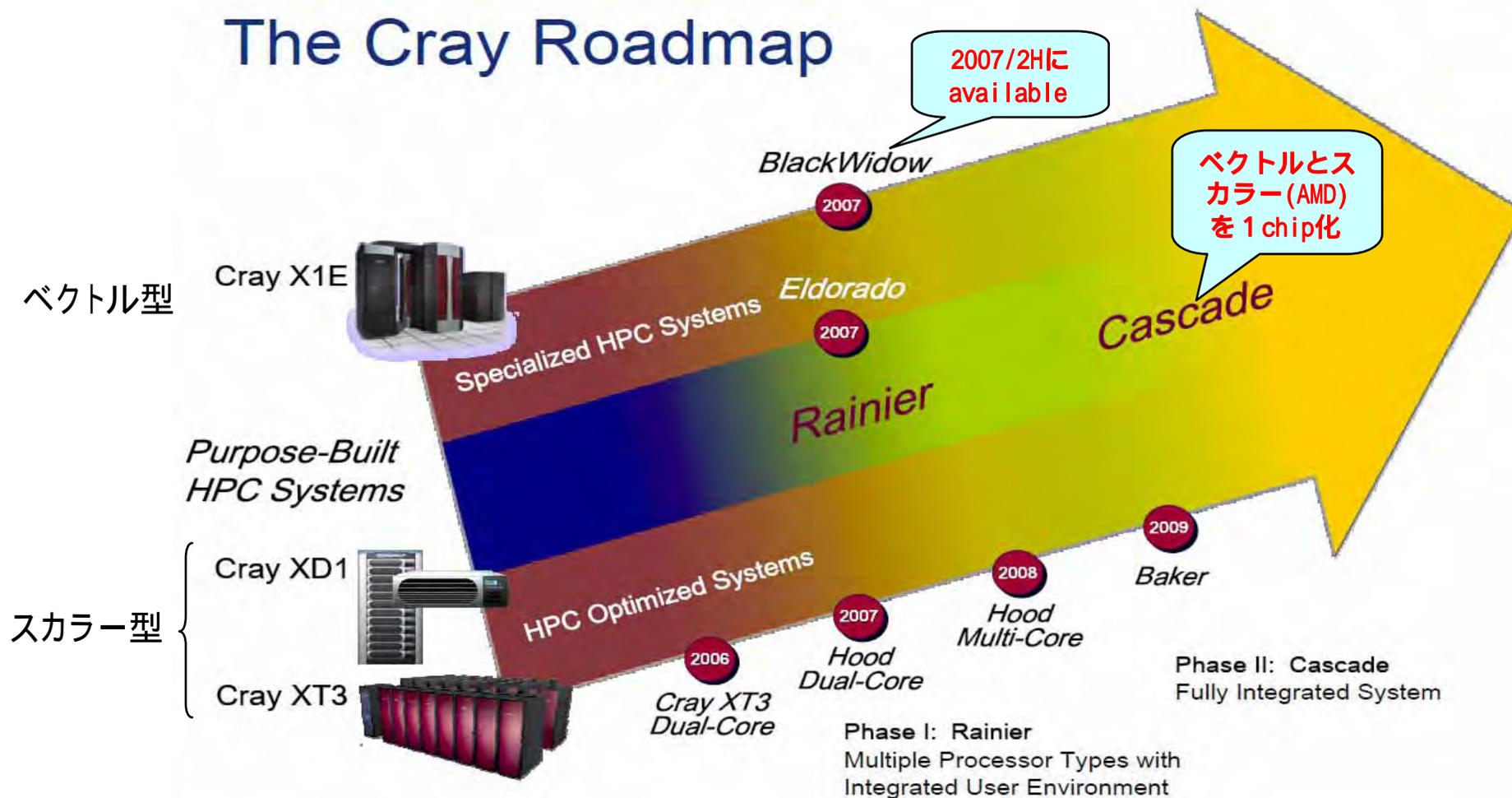
日米スーパーコンピュータ・MPUベンダーの製品開発計画

		2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
米国 スーパー コン ピュー ター	ベクトル型 Cray		100TF X2	250TF X2E			実効でPF Adaptive Supercomputing (Cascade)
	スカラー型 Cray		100TF XT3(RedStorm)	250TF Hood	1PF Baker		
	IBM		160TF BluePlanet				PERCS
	BlueGene IBM	360TF BlueGene/L			1PF BlueGene/P	BlueGene/Q (10PF? ~ 2012年)	
	特定処理計算加速機 ClearSpeed	CSX600					
	複合型計算機				1PF (Baker) DoE NLCE	実効1PF DoD HPCS	4PF超までスケラブル HPCS
米国 MPU	Cell IBM(東芝,ソニー等)		Cell				
	Power IBM	Power5		Power6/6+			Power7
	IA-64 INTEL	Itanium2	Montecito	Montvale	Tukwila/Poulson		
	X86 INTEL MP DP		Xeon(DC)	Tulsa	Tigerton	Dunnington	
			Woodcrest	Clovertown			
	X86 AMD	Opteron(DC)		Pacifica搭載chip	Presidio搭載chip		
日本	ベクトル型 NEC	64TF SX-8					
	スカラー型 富士通	136TF PRIMEPOWER HPC 2500		数100TF PRIMEQUEST			3PF 次世代機
	日立	68TF SR11000/K1					
	特定処理計算加速機		1PF MDGRAPE-3		2PF GRAPE-DR		
半導体技術		90nm		65nm			45nm

- Single Core
- Dual Core
- Multi Core

CrayのHPC戦略～ロードマップ～

The Cray Roadmap



BlackWidowとEldoradoが2007年に登場。AdamsからHoodに名前を変更

出展：2006 Spring CASC Meeting March 13, 2006

CrayのHPC戦略～Cascadeプロジェクト～

- DARPAのHigh-Productivity Computing System(HPCS)プロジェクト対応としてCrayはStanford大、Caltech/JPL、NotreDame大と組んでCascadeプロジェクトを提案。2003～2006年のPhase2において49.9M\$を授与されている。2006年度よりPhase3で製品開発がスタート予定。(2社に絞られる)
- Cascadeのアプローチ
 - 並列コード開発の容易性
 - Co-array Fortran および Unified Parallel C で共有メモリの一貫性制御(shmem)をサポート
 - Chapel言語の開発
 - デバッグ、チューニングツールのサポート
 - 自動性能分析
 - Heterogeneous, Tailorableなマシンで広いアプリに対して、高性能で使いやすく
 - スレッドレベル並列
 - データレベル並列
 - 規則的、離散的なメモリアクセスにおいても高い転送性能を実現
 - 空間的、時間的ローカリティ
 - 堅牢性
 - フォールトトレラントなHWと、障害に対して柔軟な対応が可能なOS

CrayのHPC戦略～Adaptive Supercomputing～

2006年3月20日に“Adaptive Supercomputing”を正式にアナウンス

■ リリース概要

- ・数年のうちに、スカラー、ベクトル、マルチスレッディングおよび、HWアクセラレータなどを1つのプラットフォームに統合。
- ・すべてがブレードタイプとなると予想される。
- ・OSはLinuxに統一。
- ・アプリケーションを特定のプラットフォームに容易にあわせることができる。
- ・AMDとの契約を2010年まで延長、HPCプログラムでAMDと協力

■ ロードマップ

- 1st phase “Rainier”と呼ばれるプロジェクト。Crayの全てのプラットフォームが利用可能な統合環境を提供（2007年開始予定）
- 2nd phase 完全にインテグレートされたマルチアーキテクチャシステム
- final phase プラットフォーム間のダイナミックなリソースアロケーション
“Adaptive Supercomputing”の自動化

■ 考察

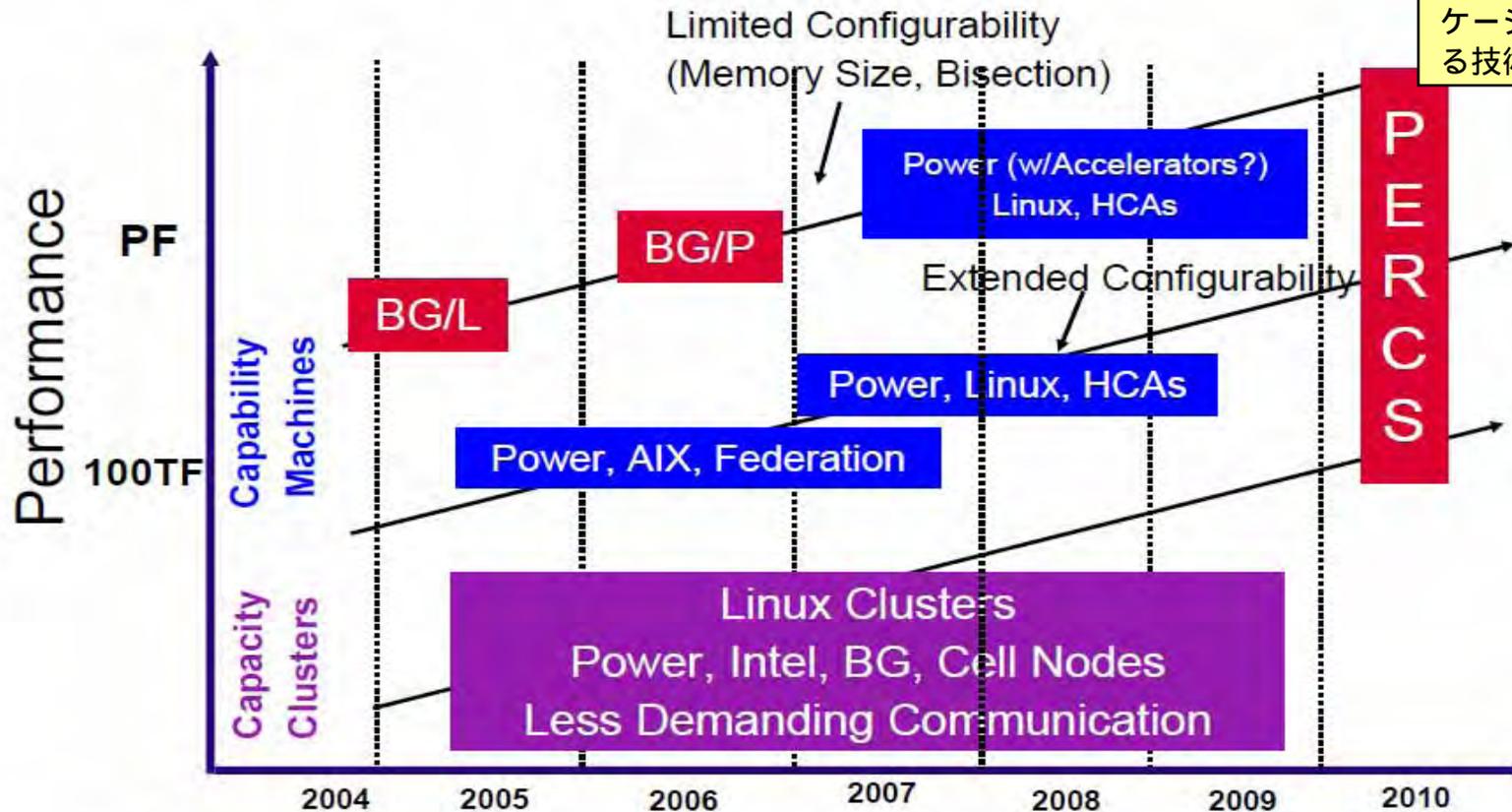
従来から行ってきた、ヘテロコンピューティングへの取り組みとして、
スカラーにリコンフィギュラブルなHWアクセラレータ(FPGA)を付加するXD1
ベクトルとスカラーのヘテロシステムとして、OpteronサーバとBlackWidowを共通のネットワークで接続する“Rainier Project”
マルチスレッド(MTA)とスカラー(XT3)を共通化する“Eldrado”
を示していることから、PIM等の当初のCascadeの斬新さは薄れ、現実的な構成に変更されてきたとも見える。

IBMのHPC戦略～ロードマップ～

DoE、DARPA等による国家プロジェクトを活用し、ローレンスリバモア国立研究所、アルゴンヌ国立研究所、テキサス大などと連携しながら、Blue Gene、Powerシステム、Linux Cluster等の複数の系列製品のLSI技術、ハードウェア/ソフトウェアアーキテクチャ、アプリケーションといった幅広い技術の開発を進めている。

HPC Cluster Directions

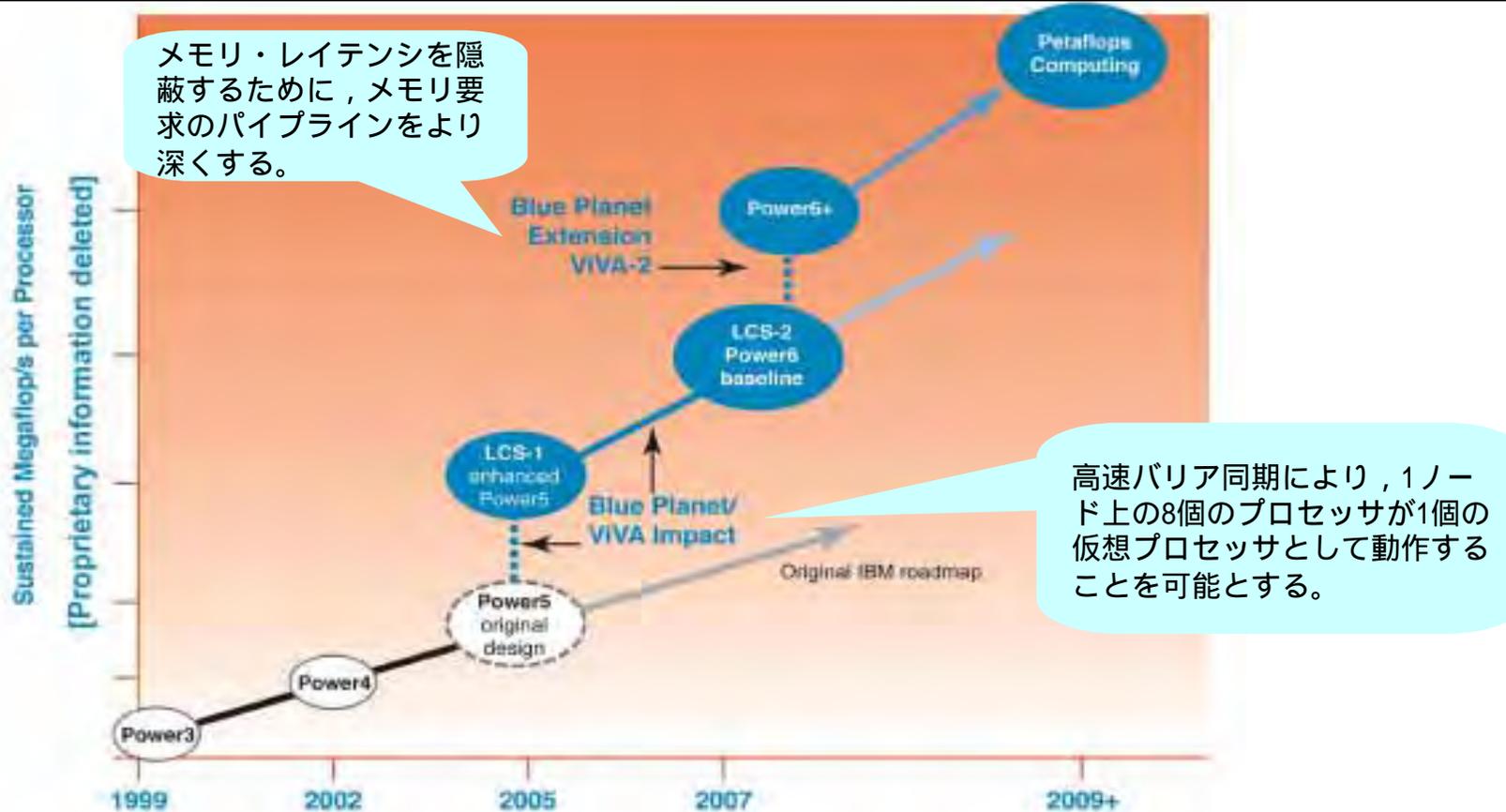
2010年頃に向けては、複数系列の開発を集約するPERCSプロジェクトを推進し、デバイスからアプリケーションまでの多岐に渡る技術が検討されている



出展：「IBM's High Performance Computing Strategy」Don Grice October 26, 2004

IBMのHPC戦略～Power系システム～

先の“Blue Planet”Proposalにおいては、地球シミュレータに対抗すべく、Science-Drivenコンピュータ・アーキテクチャとして、ViVA (Virtual Vector Architecture)及びSystem-on-a-chipの検討を、それぞれ、同社のPower5プロセッサ及びBlueGeneにて行っている。



【Science-Drivenアーキテクチャ(ViVA適用)のロードマップ】

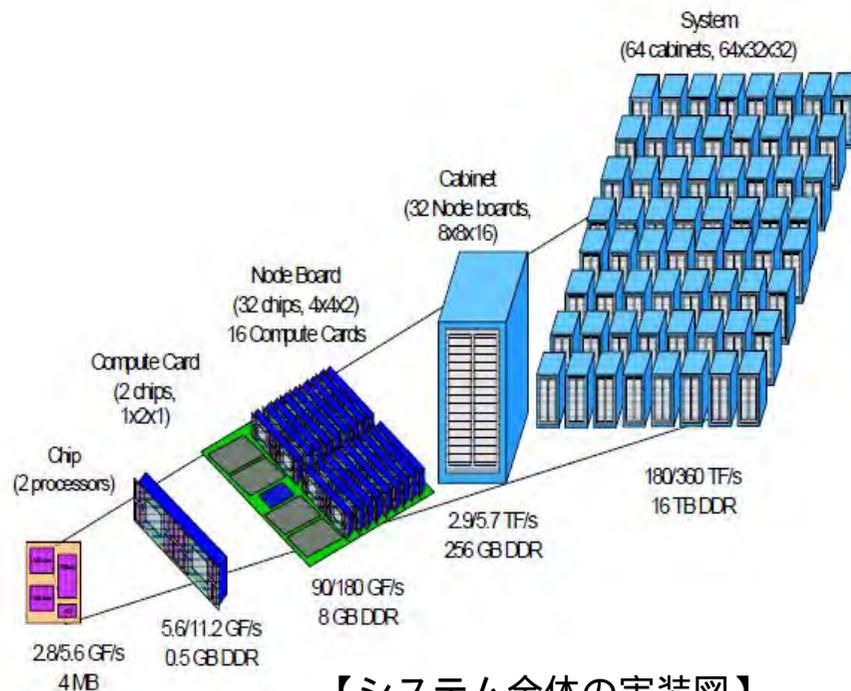
出展：「National Facility for Advanced Computational Science: A Sustainable Path to Scientific Discovery (A Proposal to the D o E Office of Science from Lawrence Berkeley National Laboratory)」、H. Simon et al. April 2,2004

IBMのHPC戦略～BlueGene～

BlueGeneにおいては、COTS(Commodity Off-The-Shelf)と同レベルの価格性能比の達成を目的とし、SoC(System-on-a-Chip)を採用した。また、価格性能比の向上のために、一部のアプリケーションのニーズを考慮しつつ、電力性能比の向上を重視した。BlueGeneが取り組んだアプリケーションは大きく3つに分類される。

- (1)物理現象のシミュレーション
- (2)リアルタイム・データ処理
- (3)オフライン・データ解析

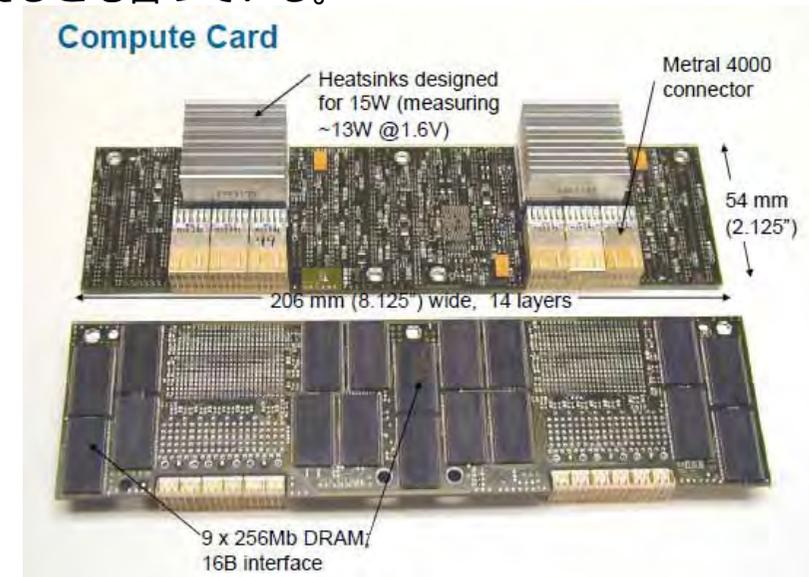
中でも、物理現象のシミュレーションは、国立の研究所とスーパーコンピュータセンターの典型的なアプリケーションである。更に、BlueGeneは専用計算機を置き換えるとも言っている。



【システム全体の実装図】

出展：「Application Driven Supercomputing An IBM

Perspective」William R. Pulleyblank



【コンピュータカードの概観】

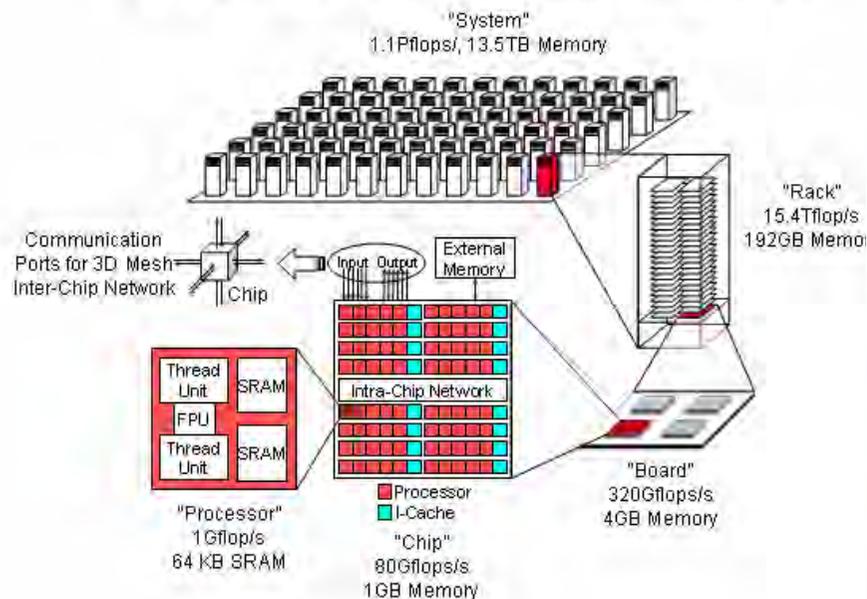
ラック当りの性能は電力性能比20kW程度
電力性能比が高いPowerPCを選択し、周波数を700MHzに抑える。
PowerPCは高性能プロセッサと比較して2～10倍の電力性能比

出展：「Application Driven Supercomputing An IBM

Perspective」William R. Pulleyblank

IBMのHPC戦略 ~ Cyclops-64 ~

デラウェア大学との共同研究による、超並列計算機システムの開発プロジェクト Cyclops-64 Supercomputer

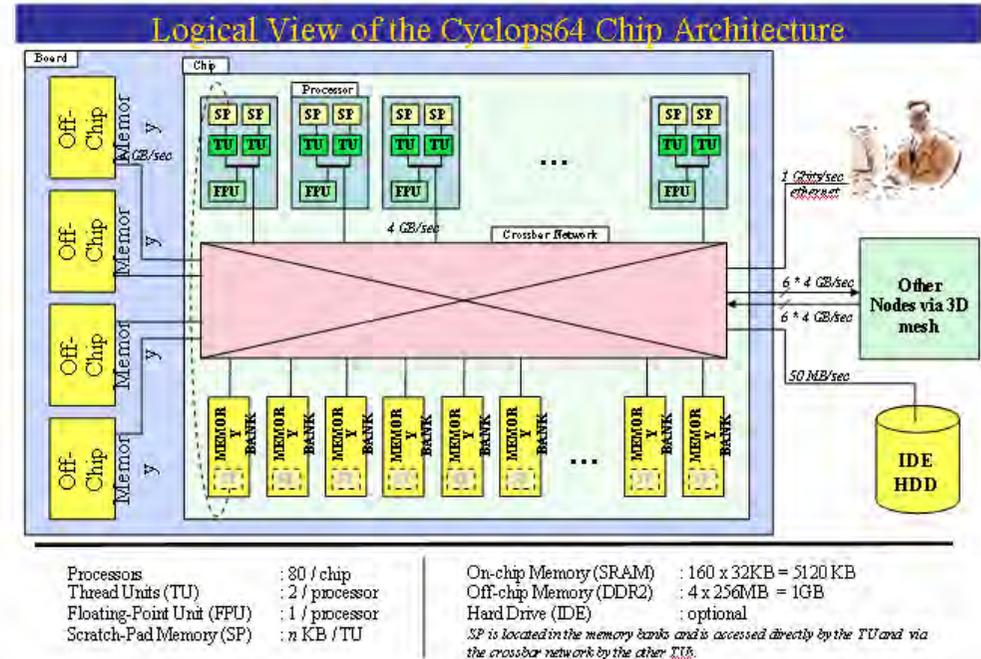


【システム全体の実装図】

出展：「Programming Experience on Cyclops-64 Multi-core Chip Architecture」Ziang Hu, Geoff Gerfin, Brice Dobry, And Guang R. Gao CAPSL, University of Delaware

システム全体の理論演算性能

- 1.1PF 全メモリ容量 13.5テラByte
- C64と呼ばれるLSIに80個のプロセッサを実装
- 160スレッドユニット/chip
- 80浮動小数点演算ユニット/chip
- 階層的なメモリ構成
Scratch-Pad Memory(SP), On-chip Memory(SRAM), Off-chip Memory
- 3Dメッシュネットワーク



【C64チップのアーキテクチャの論理イメージ】

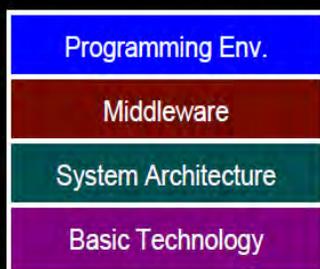
今後の作業

- メモリ階層を意識したコンパイラの最適化技術
- ライブラリの開発
- 先進的なプログラミングモデルの開発
- など

IBMのHPC戦略～PERCS～

2010: High Productivity Computing Systems Research
PERCS (Productive, Easy-to-use, Reliable Computer System)

Balanced attack across all system layers



Main theme: A system that adapts to the application, not the other way around

- Continuous program optimization
- System performance evaluation methodology and infrastructure

- Programming environments
 - Focus on simplifying programming tasks and reducing development cycle
- Scalable OS and middleware
 - Support for on-demand computing
- Compilers
 - Tolerating memory latency
- Development of new systems analysis tools
 - An execution-driven evaluation infrastructure
- Systems architecture
 - Application dependent morphing architectures under software control, addressing the memory wall
- Circuits/power technology
 - High performance, lower power circuits, system level power analysis, advanced packaging

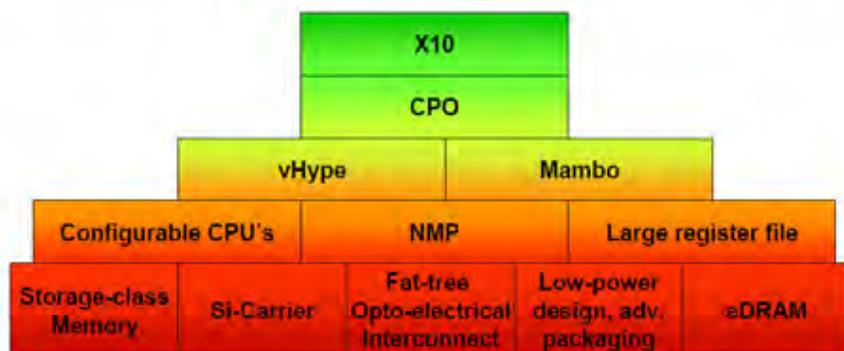
システムの全てのレイヤーで、バランスの取れた開発を行う。

主目標：アプリケーションにシステムを合わせる

- 継続的なプログラムの最適化
- システム性能評価方法と基盤技術
- プログラミング環境
 - プログラミング作業をシンプルにする。
- コンパイラ
 - メモリレイテンシを隠す。
- システム解析ツール
- アプリケーションの応じて変更可能なアーキテクチャ
- 高性能で低消費電力な回路とシステムレベルの電力解析、先端的な実装技術

出展：「IBM's High Performance Computing Strategy」Don Grice

PERCS Technology Bets



【PERCSを構成する技術群】

X10：新プログラミング言語

CPO：Continuous Program Optimizationの略。性能を測定しながら継続的にプログラムを最適化するシステム

vHype：PERCS用システムソフトウェア

Mambo：システム設計に使われるシステムシミュレーター

NMP：Near Memory Processorの略。メモリコントローラーが統合されたマルチスレッドベクトルプロセッサ

eDRAM：

Embeddet DRAMの略。ロジックが混載されているDRAM

出展：「X10 --- a New Programming Model for Productive Scalable Parallel Programming」PMUA Workshop June 21, 2005 Vivek Sarkar, IBM T.J.

Watson Research Center

SunのHPC戦略～製品～

- 現行のサーバー製品ラインナップとしては、従来のSPARC系とAMDのx86系に大別される。HPCに対しては適材適所とのスタンスを見せているが、実際のところはAMDのサーバ(PCクラスタ)を主軸として対応。
- サーバのみではなくソフトウェア環境(OS、コンパイラ、クラスタソフト、グリッドソフト)も含めた総合的なHPC環境を提供。

アプリケーション	ISVアプリケーション Sun HPC Cluster Tools/Development Tools
運用管理	Sun N1™ Grid Engine Software Sun N1™ System Manager Software
オペレーティングシステム	  
ノード (プロセッサ)	 
インターコネク	Gigabit Ethernet  

出展：「HPC Product Overview」 Roland Rambau March 2006

SunのHPC戦略～HPCSへの参加～

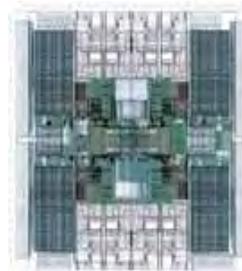
- HPCSのPhase I、Phase IIに参加。
- 現在推進中のPhase II(2003～2006年)では、Heroプログラムにて参加、\$49.7M/3年の予算を受けている。
- ターゲットコンセプト「Ultrascale Computing」
 - 強力なバンド幅の実現
 - 生産性とプログラム容易性の向上
 - 商業的なスーパーコンピューティングの存続
- Heroプログラムの製品への展開計画
 - Heroプログラムのアウトプットは、製品ロードマップに反映される。
 - コモディティのみによるソリューションに対し、生産性とバンド幅の面で大きなアドバンテージのある製品を提供する。
 - Heroプログラムで開発された速度向上技術、低消費電力技術、及びブレードからペタスケールまでのスケーラビリティを向上する技術により、コマーシャルとHPCマーケットの両方のニーズにマッチする次世代システムを設計する。

SunのHPC戦略～HPCSでのキーテクノロジー～

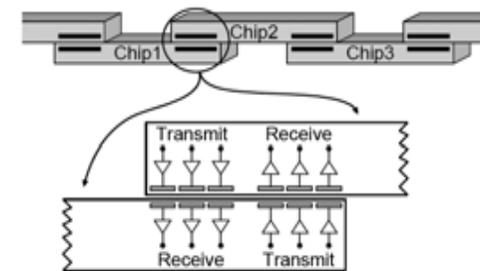
- 近接通信
 - チップ間の配線不要な直接間通信の実現。チップ間(CPU-メモリ間など)の通信における、実装密度、電力、レイテンシ、バンド幅、コストの面で有効。
- 光通信
 - 近接通信を活かすため、Luxtera社と共同でシリコンフォトニクスの研究も行っている。超低レイテンシを保ちつつ良好なスケーラビリティが得られることが特徴だが、現状では信頼性やコスト等の問題がある。
- CMT (Chip Multi-Threading)
 - マルチコアとマルチスレッディング技術。既に第1世代としてUltraSPARC IVで2スレッド/コア、第2世代としてUltraSPARC T1(Niagara)で8コアx4スレッド(CoolThread技術、32スレッド/チップ)が実現されており、64スレッド/チップのUltraSPARC T2(2007年後半)が発表されている。
 - 次世代については、HPCにも適用可能なものとして2008年に「Rock」が計画されている。
- Fortress、Fortran、コンパイラ
 - コンパイラにおける自動並列化機能の向上
 - 1/10のコード量で同等性能を得られるFortranの研究
 - Fortress言語



【Luxtera社のCMOSフォトニクスモジュール】



【UltraSPARC T1】



【チップ間近接通信】

出展：「Sun in High Performance Computing BW Beowulf

User Group Meeting」January 11,2006 A.J. Mahajan

出展：「HPC Product Overview」Roland Rambau March 2006