

科学技術動向(2011年9・10月号)
「スーパーコンピュータをめぐる
グローバル化の動き」から

平成24年5月14日
科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター
野村 稔

目次

1. イントロダクション
2. 導入国の国際的な広がり
3. 自主開発国の拡大
4. 研究開発のグローバル化
5. まとめ

イントロダクション

「科学技術動向」誌とは

- 文部科学省 科学技術政策研究所 (NISTEP) 科学技術動向研究センターで隔月に発行

- 科学技術動向研究センターの情報発信手段の一つ
- 科学技術全般に関して広く興味を示し、また科学技術政策にも関心をお持ちの方々に読んでいただけるものを目指している
- 2001年4月以来、発行
- 紙面と共にWebでも閲覧可能
<http://www.nistep.go.jp/achiev/results02.html>
- 4半期毎に英文化してWebでも発行



イントロダクション

本レポートを作成した動機など

- 昨年6月、国民は、突然、「京」のニュースを知った
 - スーパーコンピュータで世界1位となったことが大きな話題に
 - スーパーコンピュータという言葉が巷に溢れる
- しかし、その実態をよく知らない
 - 「それはどういうものか?」、「それはどういう意味を持つのか?」、「諸外国の動きはどうか?」についてはまず知らない
- 各国が頑張っている中、実態を知らないのは問題なので、
 - この機に、スーパーコンピュータに関わる動きを国民に理解しやすく知らせることが重要と考えた
 - そして、話題がホットのうちに
- そのために、
 - 客観的に観測した世界の動きを、できるだけ整理して説明することに徹した
 - 極力、事実(公表データ)の積み上げに終始し、動きを定量的に可視化することに努めた

イントロダクション

本発表の主な内容

- 世界的にみて、スーパーコンピュータが、科学技術面、経済面で国の将来に大きな影響を及ぼすという認識が広まりつつある
- 世界のスーパーコンピュータの状況を、3つのグローバル化の進展という軸で整理した
 - 導入のグローバル化
 - 自主開発国の拡大
 - 他国との連携による研究開発のグローバル化
- 以降、この3つのグローバル化の実態を述べる

注：HPCの手段としては、スーパーコンピュータやグリッドを用いる方法があるがここでは前者に焦点を絞っている

グローバル化(その1) 導入国の国際的な広がり (導入のグローバル化)

第37回のTOP500 リスト(2011年6月)、および過去のTOP500 リストから、スーパーコンピュータを導入する国々の状況を示す

導入国の国際的な広がり

- システム導入国は偏りがなく世界中に広がっている



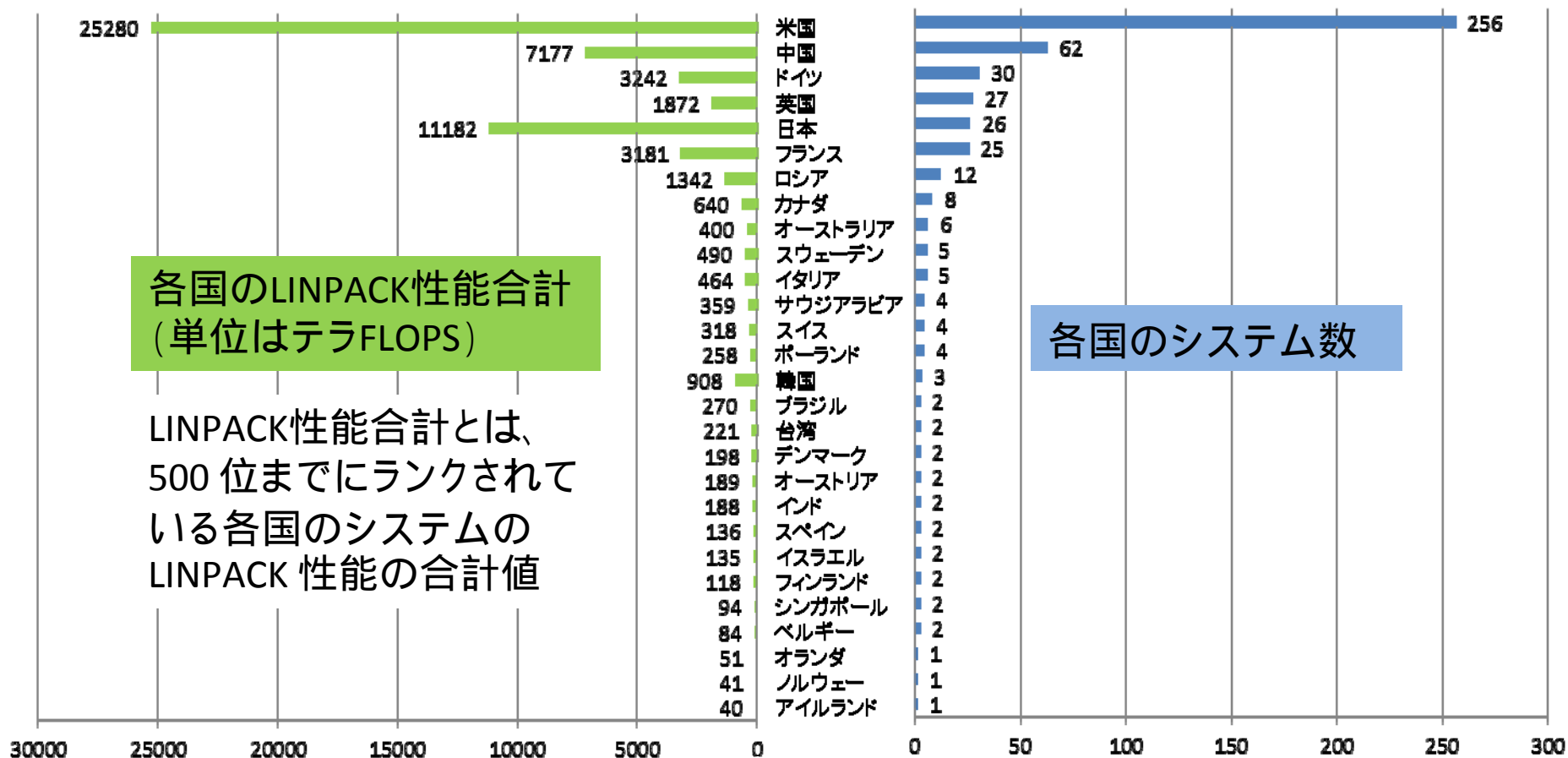
(出典: 理研殿ご提供 [地図はGoogle Mapを使用、各地域のスパコン台数は2011年6月の500ランキング・データ(PDF版統計)を基にワシントン・コアにて作成])

導入国の国際的な広がり

導入国別のシステム数と性能合計

- 第37回TOP500 リスト掲載の導入国は28 カ国に

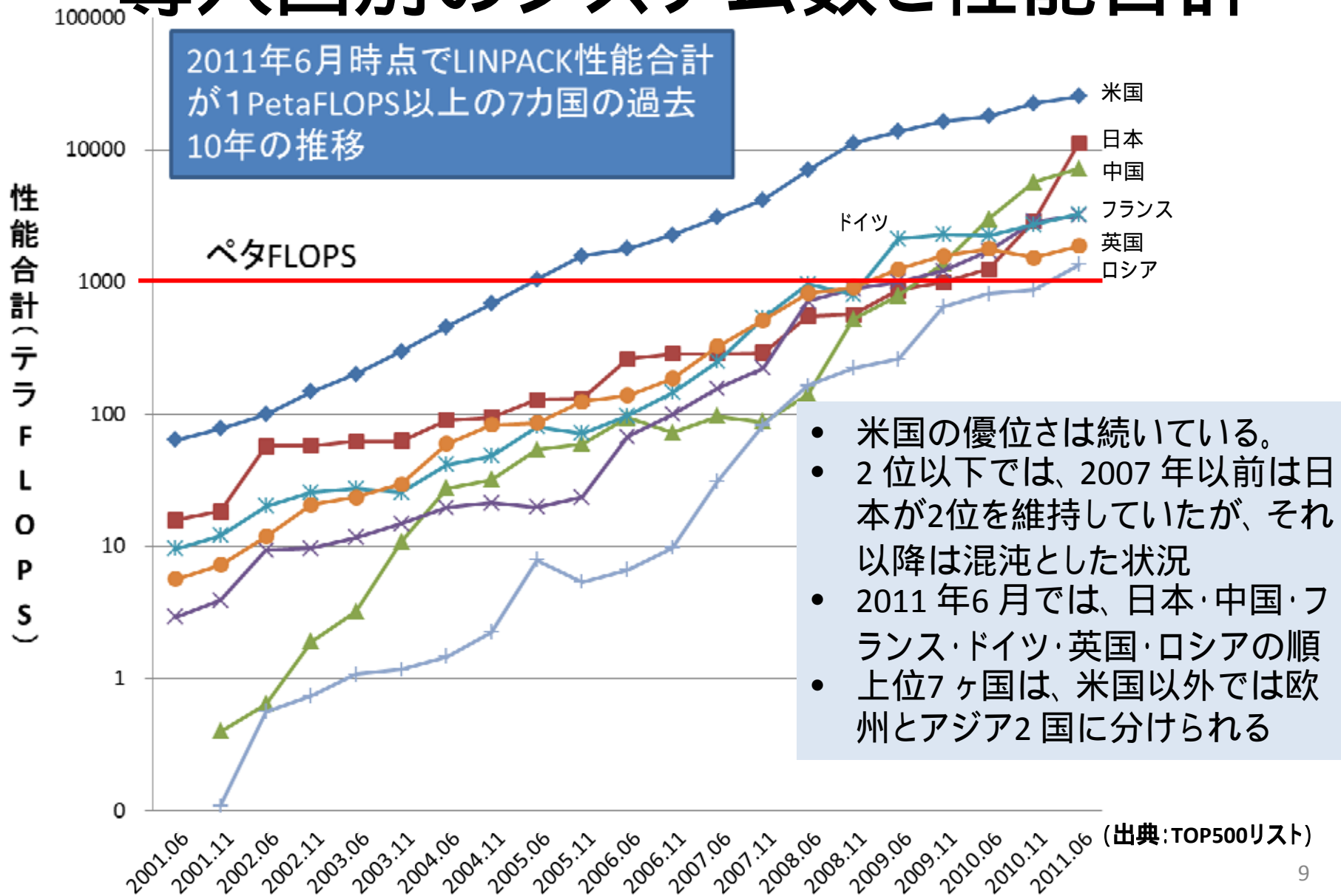
各国のスパコン導入数と性能
(TOP500 (2011年6月)より)



(出典:第37回TOP500リスト)

導入国の国際的な広がり

導入国別のシステム数と性能合計

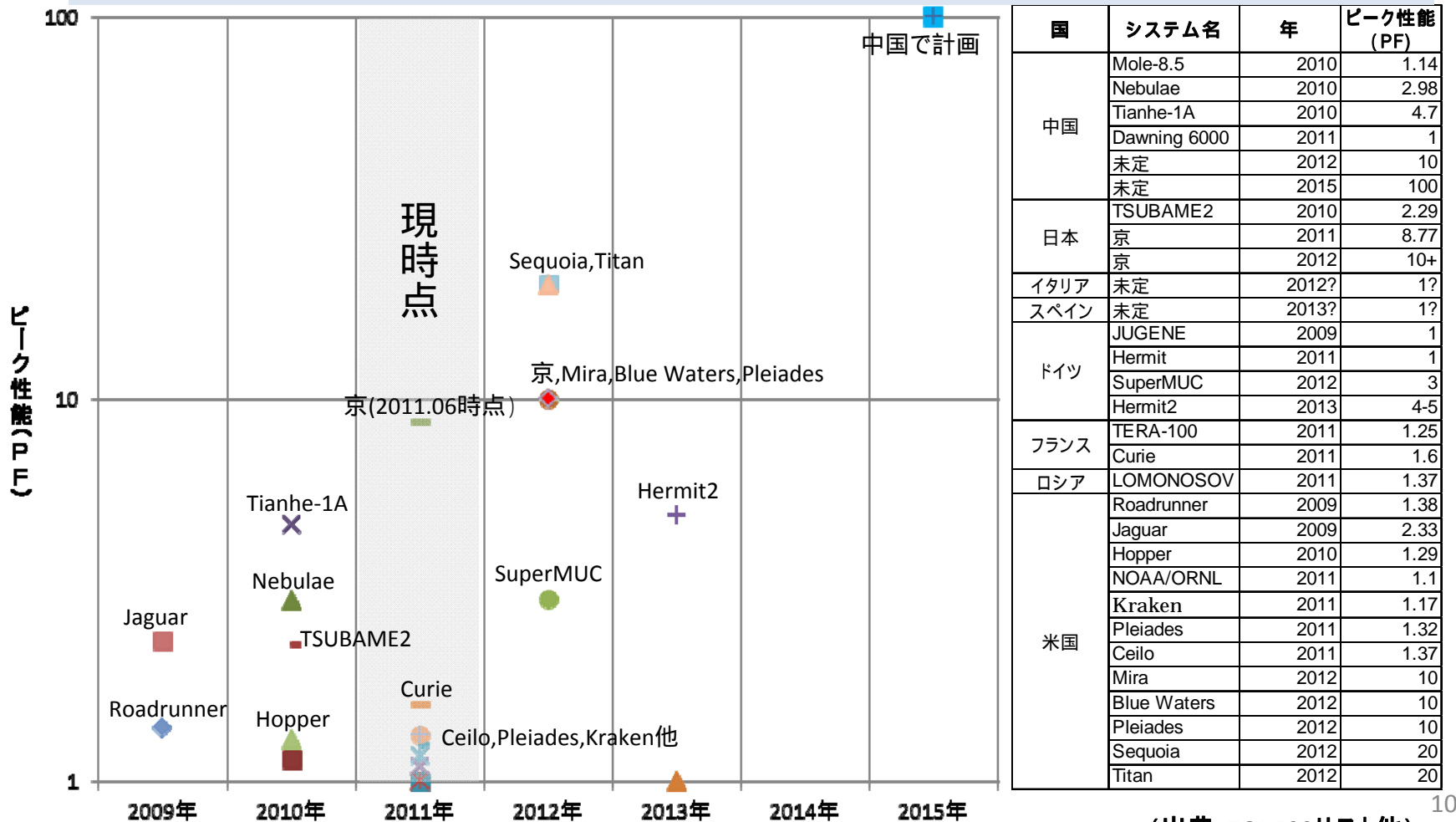


導入国の国際的な広がり

ペタスケールスーパーコンピュータの保有状況と予定

(2011年8月時点)

- 既に多くのペタスケールスーパーコンピュータが存在している
- 今後も目白押しの強化計画が見える
- 2012年以後に10PF以上のシステムが多数登場すると推測

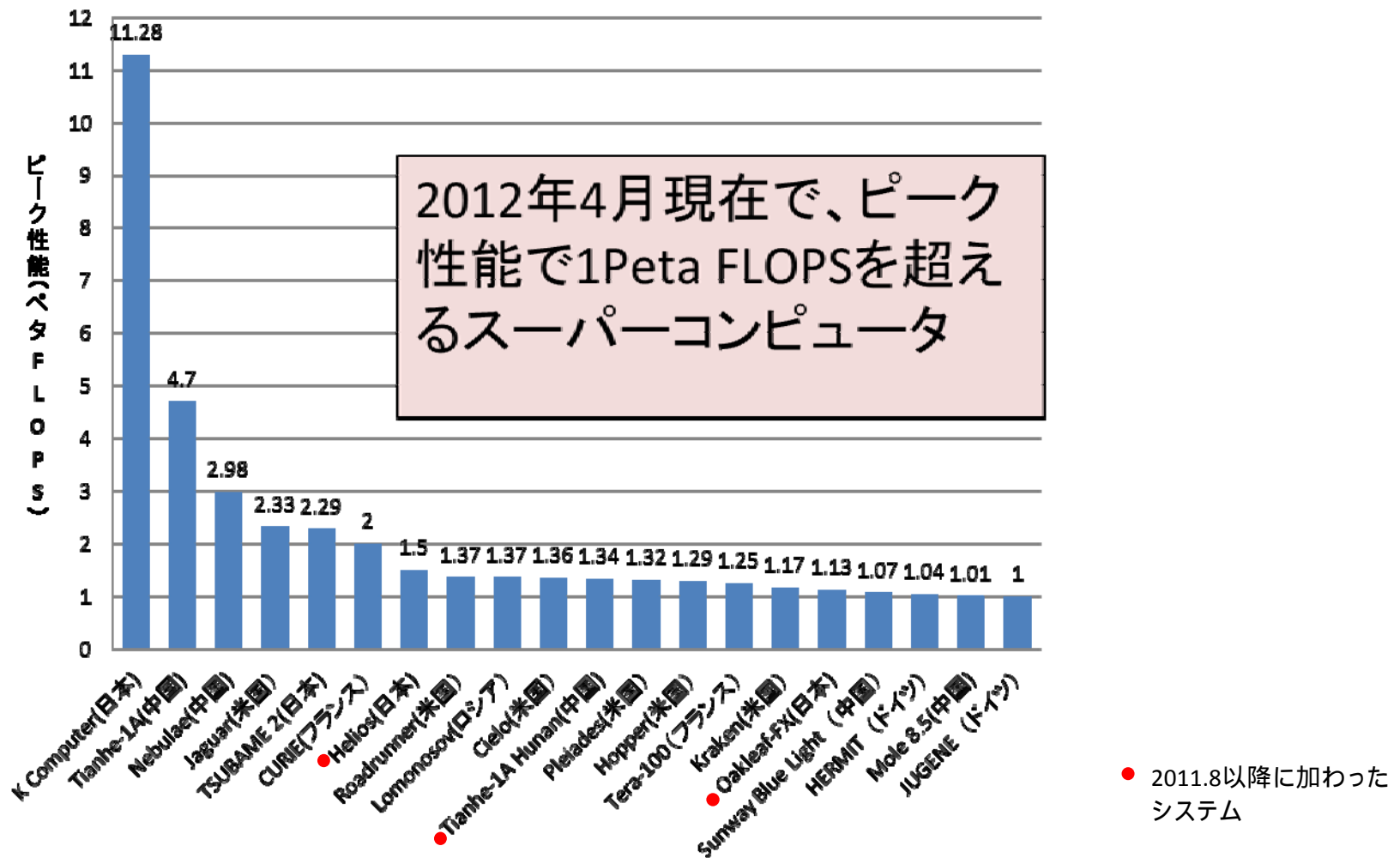


(出典: TOP500リスト他)

導入国の国際的な広がり ペタスケールスーパーコンピュータの状況と予定

(2012年4月時点)

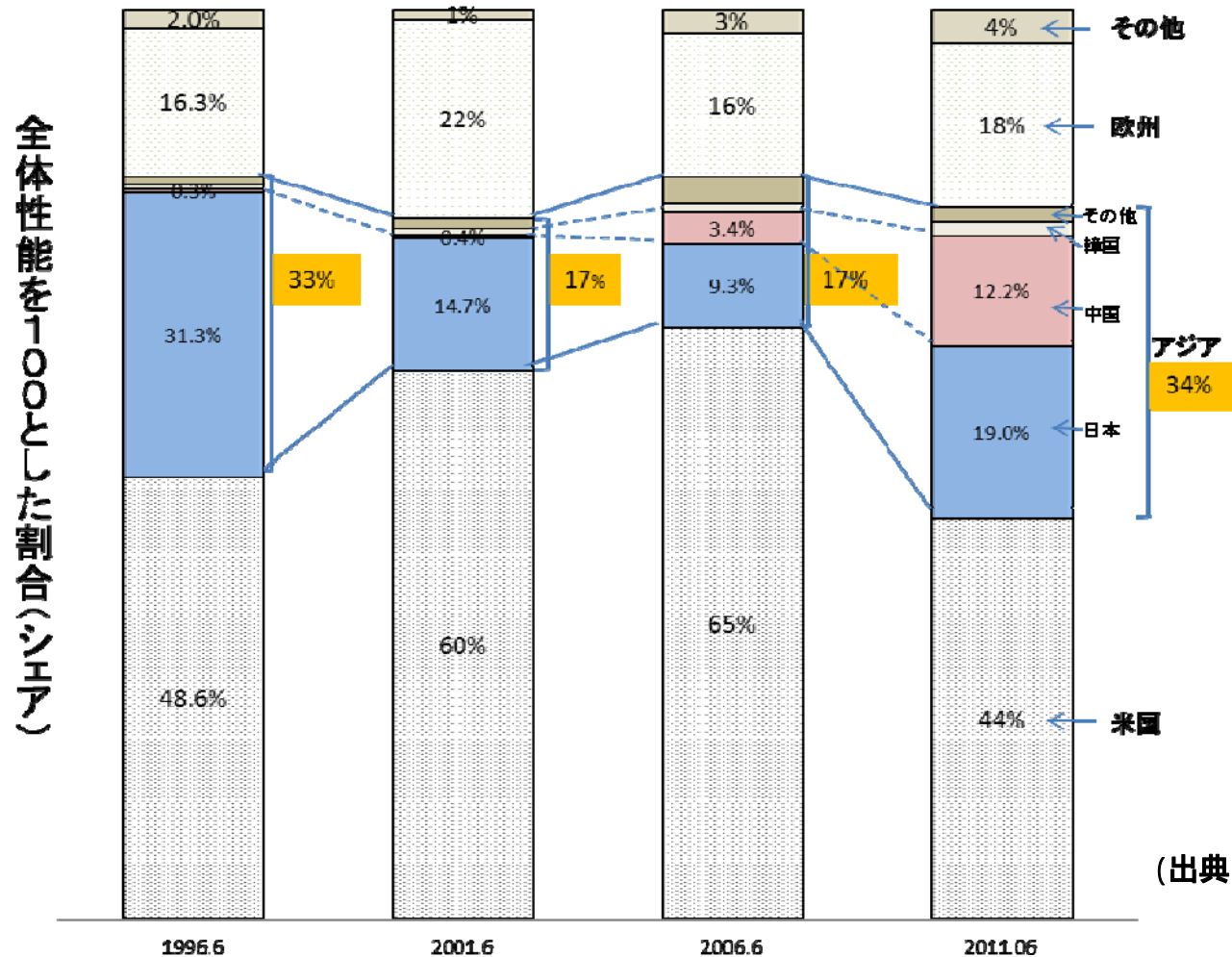
ペタスケールスーパーコンピュータの状況



導入国の国際的な広がり 過去20年間のLINPACK性能合計割合の推移

- 2011年6月の米国・アジア・欧州のシェアの形は、1996年6月とよく似ておりアジアが復活した形になっている
- アジアでみると、1996年にアジア内で95%のシェアをとっていた日本に代わり、2006年以降に中国が大きく伸びている

過去20年間のLINPACK性能合計の推移を5年毎に示す



(出典: TOP500リスト)

グローバル化(その2)

自主開発国の拡大

- 近年、スーパーコンピュータを自国で生産する国産化が広がっている
- 過去は、主に米国と日本だけがスーパーコンピュータの生産国であったが、現在は、中国・フランス・ロシア・インドも国産化を始めている
- 以降に、導入に限らず開発まで世界レベルで広がっている実態を示す(米国の情報は参考として示す)

自主開発国の拡大(中国 その1)

- HPC に中国が注力してきた背景には国家ハイテク研究開発プログラム(863 プログラム)がある
 - 863 プログラムは、中国における最重要な国家科学技術の研究開発プログラムの一つ。1986年3月に中国の4人のシニア科学者が当時の鄧小平主席に提言し承認されたプログラム。HPCもその対象の一つ
- 1990年以降、5年毎のスーパーコンピュータの研究計画を策定
 - 2001～2005年：テラFLOPS スーパーコンピュータとHPC環境の開発を目標に
 - 2006～2010年：ペタFLOPS スーパーコンピュータとグリッドコンピューティング環境の強化を目標に

自主開発国の拡大(中国 その2)

- スーパーコンピュータ開発は2 フェーズからなる

第1 フェーズ:

100 テラFLOPS の性能をもつ2 システムの開発

- Dawning5000A(上海スーパーコンピュータセンターに設置)
- Lenovo DeepComp7000(中国科学院コンピュータネットワーク情報センターのスーパーコンピューティングセンターに設置)

第2 フェーズ:

ペタFLOPS の性能をもつ3 システムを開発

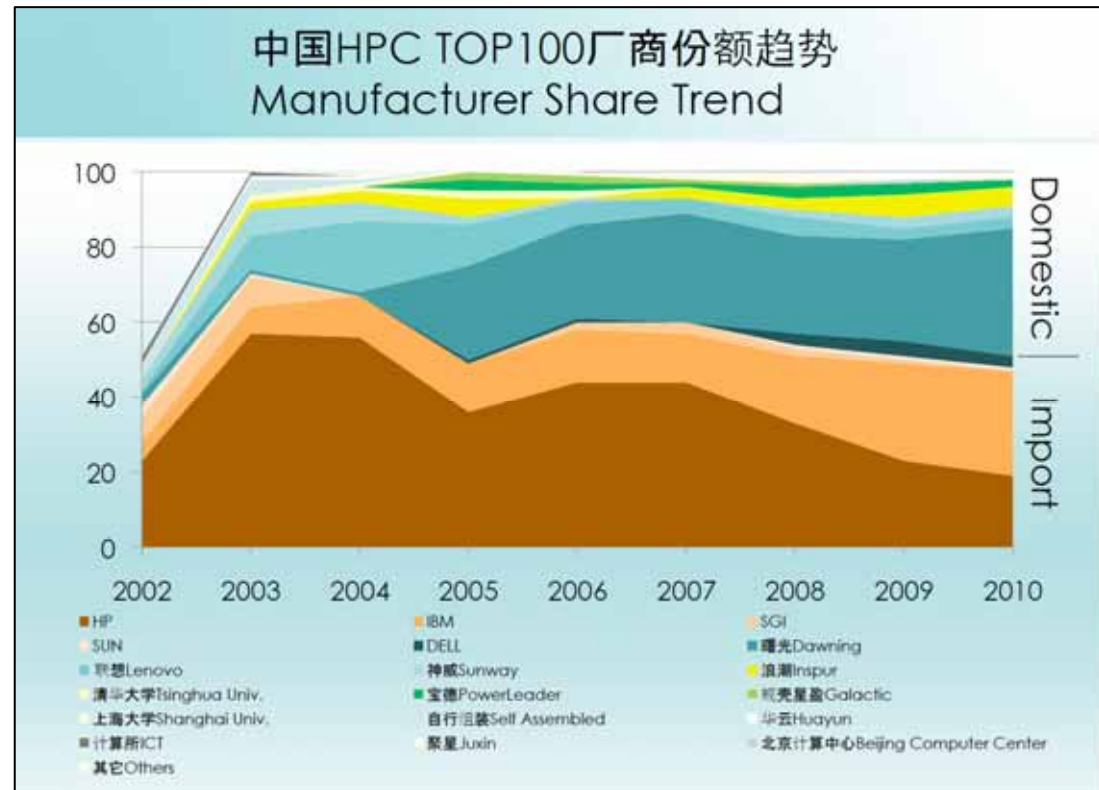
- 天河-1A(国家スーパーコンピュータセンター天津に設置)
- Dawning6000(スーパーコンピュータセンター深圳に設置)
- Sunway Bluelight(済南スーパーコンピューティングセンターに設置)

驚くことは、米国製CPUから独自CPUによる自主開発の動き

自主開発国の拡大(中国 その3)

- 中国内の上位100 システムリスト(China 100 : 2002年から毎年秋に発行)では中国製の躍進が見える

- 2003年頃は外国製の導入が約70%であったが、2010年には中国製が約50%に
- 2010年には上位10位では1位から7位まですべて中国製のスーパーコンピュータが占める
- 性能別では、中国ベンダー製システムが81%を占めていると公表



出典: State-of-the-Art Analysis and Perspectives of China HPC Development: A View from HPC TOP100 (Yunquan Zhang, Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, 2011.06 HPC in Asia Workshop)

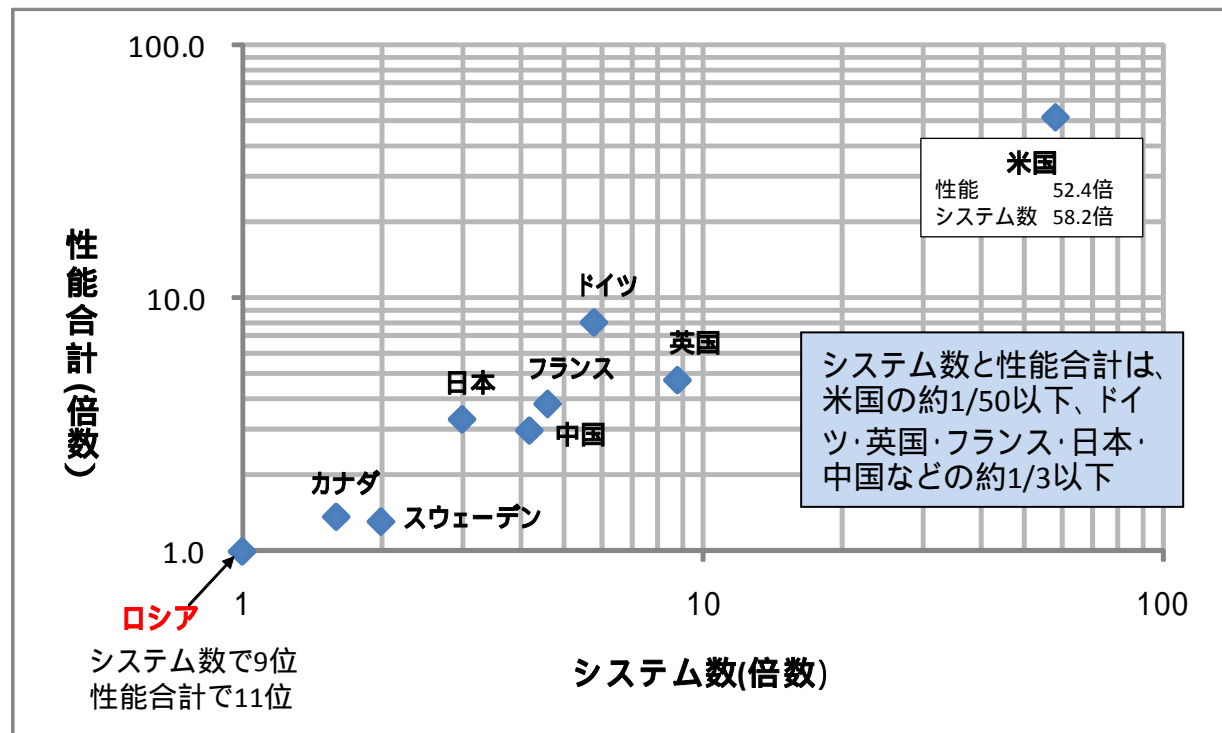
自主開発国の拡大(中国 その4)

- 「核高基(ホーガオジー)」という国家プロジェクトがあり、その支援で開発された成果が多い
 - 国防科学技術大学(National University of Defense Technology: NUDT)による
 - 「天河-1A」
 - マイクロプロセッサ「FT-1000」
 - 高セキュリティOS「銀河麒麟(Kylin OS)」
 - 中国科学院による
 - マイクロプロセッサ「龍芯(Godson /Loongson)」
- 第11次5カ年計画(2006～2010年)以降に、「自主創新」政策を展開
 - この政策が、中国が自国製のスーパーコンピュータやマイクロプロセッサ開発を強力に推進する背景が

自主開発国の拡大(ロシア)

- 2009年時のロシアは、HPC先進国に大きく出遅れていた
- 挽回策として、2011年までに1ペタFLOPSのスーパーコンピュータ開発を目標に、政府から25億ルーブルが拠出される計画が報道された

- 2011年現在、この予定は完全に実現
- T-Platforms社がスーパーコンピュータ開発をてがげ、ロシア内を中心に販売実績を大きく伸ばす
- 2011年に、ピーク性能1.37 PF (LINPACK 674 TF) のLomonosovシステムをモスクワ州立大学に納入



2009年6月のTOP500リストから編集

自主開発国の拡大(その他の国々)

- フランス

- 欧州各国は、過去には米国や日本などの外国製スーパーコンピュータを調達してきた
- 最近、フランス企業のBull社は、自主開発を積極的に進めている。フランス原子力庁(CEA)にピーク性能1.25 PF (LINPACK性能1.05 PF)のTERA-100を納入
- Bull社はITER B A (Broader Approach)スーパーコンピュータを六ヶ所村に設置

- インド

- Indian Space Research Organization (ISRO) とインド企業のWipro社は、インドで最速となるスーパーコンピュータを開発(2011年5月)
- SAGA-220 と呼ばれる航空宇宙用のスーパーコンピュータで、CPU とGPU (画像処理用のプロセッサ) からなるハイブリッドアーキテクチャシステムで、ピーク性能は220TF

参考:米国の状況

最近の主なHPC計画とシステム(含予定)

- DoE ASC計画 (NNSA)
 - 2011年: Ceilo Cray XE6, 1.37PF(Rmax) (@SNL)
 - 2012年: Sequoia BG/Q, 20PF (peak) (@LLNL)
- DoE NLCF計画
 - 2012年: Titan Cray XK6, 20PF+ (peak) (@ORNL)*
 - 2012年: Mira BG/Q, 10PF(peak) (@ANL)
- DoD/DARPA HPCS計画
 - 2002-2010年: Cray CASCADE, IBM PERCS 共に10PF(peak)
- DoD/DARPA UHPC計画
 - 2010-2018年, 1筐体あたり1PF(LINPACK), 50GF/Wを目標に
- NSF Cyber Infrastructure計画
 - 2012年: (Track1) Blue Waters Cray XK6, 10PF+(peak) (@UIUC/NCSA)
 - 2013年: (XSEDE) Stampede Dell+Intel, 10PF(peak) 予定(@TACC)**
- NASA: 2012年: Pleiades SGI ICE X 10PF(peak)予定

*<http://www.olcf.ornl.gov/titan/titan-overview/>

**http://www.nsf.gov/about/budget/fy2013/pdf/11-OCI_fy2013.pdf

グローバル化(その3)

研究開発のグローバル化

- スーパーコンピュータの性能要求はとどまるところを知らない。しかし、今後の更なる高性能化に向けて挑戦すべき課題は山積
- 広範囲に渡る課題克服をめざし、多くの国々の連携により英知を結集した研究開発が進められている
- それらの動きを以降に示す

研究開発のグローバル化

欧州での動き

• エクサスケールに向けた取り組み

– European Exascale Software Initiative (EESI)

- EU ファンドによる活動
- 2015 年に数100Petaflop/PByteと2020年にExaflop/ExaByteの新世代コンピュータ上で実行する科学計算の課題に対する、欧州としてのビジョンとロードマップの構築を目標
- 2010 年6 月1 日から18 ヶ月間。2011年10月にFinal Conferenceを実施

– FP7のプロジェクト

➤ MontBlanc: European scalable and power efficient HPC platform based on lowpower embedded technology

- 組み込みの電力効率テクノロジーに基づいたexascaleアプローチ、3年間プロジェクト(2011年10月-)、予算14.5M€、プロトタイプの開発目標は7Mワットで50PFLOPS、ARM プロセッサ・NVIDIA GPU使用、BSC他

➤ DEEP: Dynamical Exascale Entry Platform, Hierarchical Concurrency Approach

- Exascaleに向けたアーキテクチャ設計、ハードウェア・ソフトウェア開発、3年間プロジェクト(2011年12月-)、予算18.5M€、インテルMIC使用、8カ国16パートナー

➤ CRESTA: Collaborative Research into Exascale Systemware, Tools and Applications

- ソフトウェアにフォーカス、3年間プロジェクト(2011年11月-)、12M€コスト、8.57M€ファンディング、13パートナー(EPCC他)

出典: EESI Final Conference発表資料

<http://www.eesi-project.eu/pages/menu/news-events/final-conference/presentations-day-1.php?lang=EN>

研究開発のグローバル化

欧州での動き

- エクサスケールに向けた取り組み(続き)
 - 国際連携のための研究所開設とパートナーシップ締結
 - 欧州各国は、こうした連携を通じて将来の欧州のプレゼンスの向上を図ろうとしている

エクサスケールを目指して開設された研究所およびパートナーシップ(2011年8月現在)

名称	設置国	参加組織
Exascale Innovation Center[i](EIC)	ドイツ	ユーリッヒ研究センターとIBM社
ExaCluster Laboratory[iii](ECL)	ドイツ	ユーリッヒ研究センター、Intel社他
EX@TEC[iiii]	フランス	CEA、GENCI、Intel社他
Flanders ExaScience Lab[iv]	ベルギー	IMEC、Intel社他
Exascale Stream Computing Collaboratory[v]	アイルランド	トリニティカレッジダブリン、IBM社他
Exascale Technology Center[vi]	英国	エジンバラ大学、Cray社

出典[i] <http://www-03.ibm.com/press/de/de/pressrelease/30110.wss>

[ii] http://newsroom.intel.com/community/en_eu/blog/2010/05/31/intel-expands-european-high-performance-computing-research

[iii] <http://www-hpc.cea.fr/en/collaborations/docs/exatec.htm>

[iv] IMEC による新たな2つのオープンイノベーション型R&D(科学技術動向 2010年8月)

[v] <http://www.ibm.com/news/ie/en/2008/11/25/e502955h74656w51.html>

[vi] <http://www.epcc.ed.ac.uk/news/epcc-and-cray-launch-exascale-technology-centre>

研究開発のグローバル化

欧州での動き

- 欧州全体としてのスーパーコンピュータの共同設置
 - 欧州の科学者・技術者に世界最高クラスのスーパーコンピュータを国を超えて提供することを目的としてPRACE イニシアティブ (Partnership for Advanced Computing in Europe) が設立されており、メンバー国は2012年5月時点で欧州24カ国
 - 欧州各国で共同利用可能なハイエンドシステム (Tier-0 システム) の配備が充実しつつある (次ページ参照)

(出典: <http://www.prace-project.eu/?lang=en>)

国際的な動き

- International Exascale Software Project (IESP)
 - 「エクサFLOPS システムのアーキテクチャ」、「そのスーパーコンピュータ上で実行されるソフトウェアの課題」等を検討する国際プロジェクト
 - 米国・欧州・日本・中国の専門家が共同で検討
 - エクサFLOPS システムで実現されなければならないと想定される共通技術が、ロードマップとしてまとめられた (2011年2月)

(出典: http://www.exascale.org/iesp/Main_Page)₂₄

参考: PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe)

HPC Research Infrastructure(HPC RI)に対するESFRIのビジョンを具体化

Realizing the ESFRI Vision for a HPC RI

- **European HPC-facilities at the top of an HPC provisioning pyramid**
 - Tier-0: European Centres for Petaflop/s
 - Tier-1: National Centres
 - Tier-2: Regional/University Centres
- **Creation of a European HPC ecosystem**
 - HPC service providers on all tiers
 - Scientific and industrial user communities
 - The European HPC hard- and software industry
 - Other e-Infrastructures

17.11.2011 Thomas Eickermann, FZJ 5

ESFRI: European Strategy Forum on Research Infrastructuresとは、欧州の科学に多大な影響力を持つ「欧州研究インフラ戦略フォーラム」

Tier-0システムが拡充しつつある

今までの経過



PRACE is building the top of the pyramid...

Tier-2

Italy and Spain to deploy Tier-0 systems in mid 2012.

First production system available: **1 Petaflop/s IBM BlueGene/P (JUGENE)** at GCS (Gauss Centre for Supercomputing) partner FZJ (Forschungszentrum Jülich)

Second production system available: Bull Bullx **CURIE** at GENCI partner CEA. Full capacity of **1.8 Petaflop/s** reached by late 2011.

Third production system available by the end of 2011: **1 Petaflop/s Cray (HERMIT)** at GCS partner HLRS (High Performance Computing Center Stuttgart). Upgrade to 4-5 Petaflop/s planned in 2013.

Fourth production system available by mid 2012: **3 Petaflop/s IBM (SuperMUC)** at GCS partner LRZ (Leibniz-Rechenzentrum).

まとめ

- **今、世界の多くの国々がスーパーコンピュータの導入や開発を盛んに進めている**
 - － 意味するところは、スーパーコンピュータの活用が、科学技術面、あるいは経済面で各国の将来に何らかの影響を及ぼすという認識が定着してきたことであろう
- **その動きを3つのグローバル化として整理した**
 - － **(その1)導入のグローバル化**
 - シミュレーションを武器にして科学技術による国力を支える基盤としてスーパーコンピュータが認識されてきたことを示している
 - 既に、多くの国々が、ペタFLOPSレベルのピーク性能をもつシステムを所有
 - － **(その2)自主開発国の拡大**
 - 自主開発により科学技術レベルでの優位性を確保すべきという認識が広まったと考えられる
 - しかし、より高性能のスーパーコンピュータの開発には難問が山積しており、その解決は一国の努力だけでは難しいのも事実
 - － **(その3)研究開発のグローバル化**
 - 世界中の研究者の英知を結集するための国際連携による研究開発が進んでいる
 - それには、自国の優位性を認識し、それを強みとして他国との連携に取り組むべき

おわりに

- 以上、客観的な視点で観察した世界の動きを発表しました
- 極力、公表データから収集できた情報を整理して示すことに努めました
- 不明確な点、不足している点があるかと思いますが、ご容赦願います
- 今後の検討のベースの一つとなれば幸いです

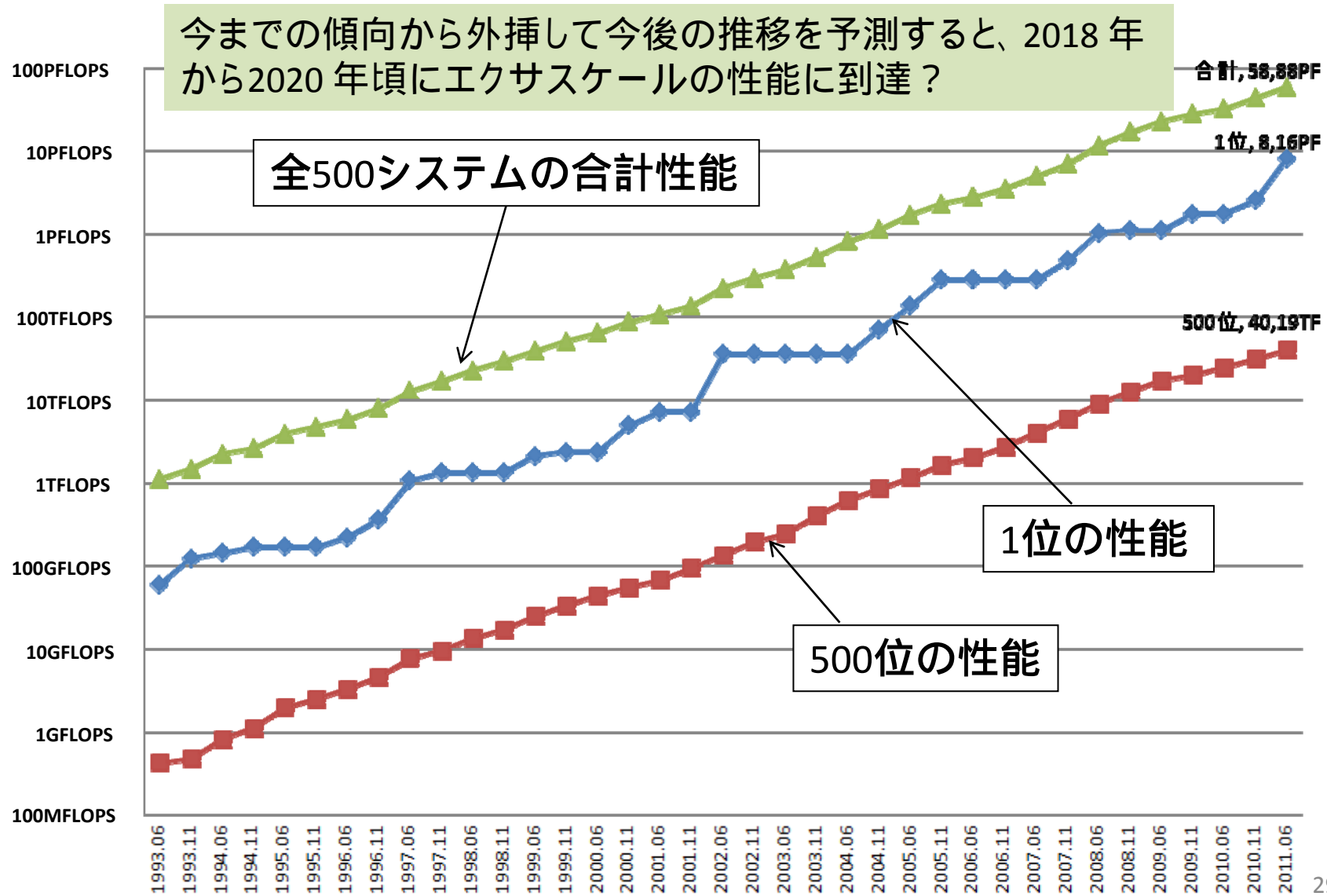
本「スーパーコンピュータをめぐるグローバル化の動き」は、以下のURLに掲載しております
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt125j/report2.pdf>

ご清聴ありがとうございました

付録

TOP500 にみる世界のスーパーコンピュータの状況

性能の推移

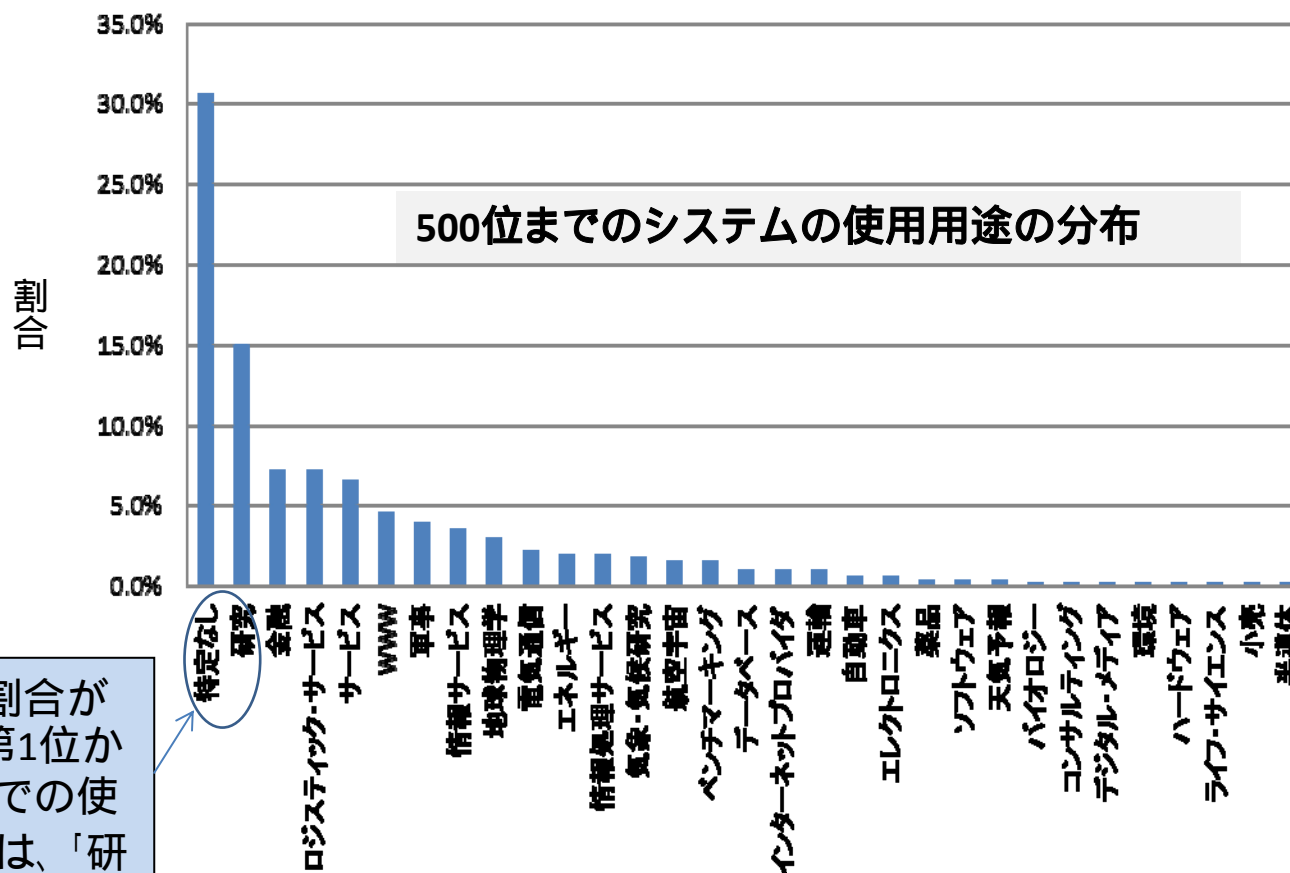


(出典: TOP500リスト)

TOP500 にみる世界のスーパーコンピュータの状況

使用用途別の状況

使用用途は広範にわたっているが、「特定なし」や「研究」が多く、実際の使用実態は明らかではない



これらの割合が大きい。第1位から50位までの使用用途では、「研究」、「特定なし」がともに約40%に

(出典: 第37回TOP500リスト)

TOP500 にみる世界のスーパーコンピュータの状況

ハードウェアアーキテクチャの多様化

- 演算部がCPUのみで構成されるシステム
(CPU ベースのシステムとする)や、
- CPU とアクセラレータ (GPUほか) を組合わせて構成されるシステム (アクセラレータを採用したシステムまた、ハイブリッドアーキテクチャとする) など
- 第37回TOP500では、大部分がCPU ベースのシステムでアクセラレータを採用したシステムは19。後者は前回 (2010年11月) 比で増加している