

平成 25 年 3 月 22 日

スーパーコンピュータ「京」の開発・整備
追加質問への回答独立行政法人理化学研究所
計算科学研究機構

○海外のスパコンとの比較（海外のスパコンに比べてコスト面、性能あたり消費電力が高い）

※成果報告票より引用 -----

【参考】 Sequoia、Titan との比較

平成 24 年 6 月には米国ローレンス・リバモア国立研究所の Sequoia、平成 24 年 11 月には米国オークリッジ研究所の Titan が、TOP500 リストで第一位となったが、これらは「京」より後に開発したものであり、より最先端の技術が利用できることにより、電力性能比を良くしている面がある。以下に、Sequoia と Titan のシステム内容、及び「京」との比較を示す。

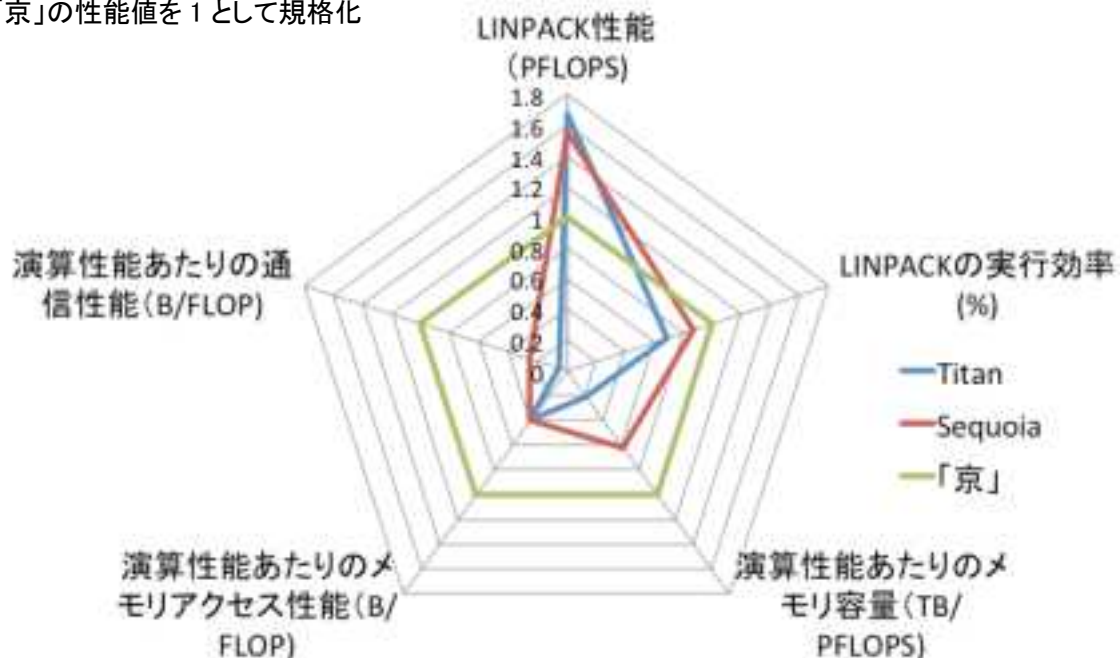
Sequoia は、米国エネルギー省の Advanced Simulation and Computing (ASC) プログラムの一環として、国家核安全保障局が主導的に進めている核兵器の性能、安全性、信頼性を解析・予測することを主たる目的として開発されたスーパーコンピュータであり、米国ローレンス・リバモア国立研究所に設置されたシステムである。IBM が目標性能 20 ペタフロップスとして開発した。アプリケーションプログラムの実効性能や使いやすさに関係する演算性能あたりのメモリ容量、CPU・メモリ間のデータ転送性能や CPU 間のデータ転送性能では、「京」が優位である。一方、Sequoia は理論ピーク性能で「京」の約 2 倍となっているほか、消費電力性能や設置面積で「京」よりも優位となっている。

Titan は、米国エネルギー省が進める Advanced Simulation and Computing (ASC) プログラムの一環として、自然科学の幅広い分野での活用を目的として開発されたスーパーコンピュータであり、米国オークリッジ国立研究所に設置された。Cray が中心に目標性能 27 ペタフロップスとして開発した。汎用 CPU に加え、GPGPU による演算加速ボードにより構成。GPGPU 部分が総演算性能の 90% を担うことで、対性能比での低コストと省電力等を実現しているが、性能を引き出すためには専用の言語でのプログラミングが必要となるため、ソフトウェアの開発や既存のソフトウェアの継承が難しいと考えられる。また、一般的に実効性能が GPU だけのシステムに比べて劣る。

	「京」	TITAN	Sequoia
ノード数	88128 (88128CPU)	18688 (CPU+GPU: 18688)	98304
1ノードあたりの演算性能(GFLOPS)	128	1452.8 (CPU: 140.8 + GPU: 1310)	204.8
理論ピーク性能(PFLOPS)	11.28	27.11 (CPU: 2.63 + GPU: 24.48)	20.13
リンパック性能(PFLOPS)	10.51	17.59	16.32
リンパック実行効率(%)	93.2	64.8	81.1
メモリ容量(PB)	1.3	0.67 (CPU: 0.57 + GPU: 0.10)	1.5
演算性能あたりのメモリ容量 (TB/PFLOPS)	122.1	25.7 (CPU: 221.9, GPU: 4.4)	76.3
演算性能あたりのメモリ帯域 (B/FLOP)	0.5	CPU: 0.36 GPU: 0.19	0.2
演算性能あたりのインターコネク ト帯域 (B/FLOP)	0.39	CPU部分のみ: 0.19 全体(GPU含む): 0.019	0.1
設置面積(m ²)	約1500	約400	約300
消費電力(MW)	12.7	8.2	7.9

-
- ・「京」は、Sequoia より1年、Titan より1年半先行して、TOP500 で世界第一位を獲得しているが、ハードウェア技術、特に半導体技術は、ムーアの法則に拠れば、1.5年～2年で倍の性能に達する等進展が早い。従って、Sequoia や Titan は、「京」に比べて、より最新の半導体技術をベースに製作されているので、このことを考慮した比較が必要である。なお、富士通は、「京」に適用したスパコン技術をさらに向上させたスーパーコンピュータ PRIMEHPC FX10 の販売を、平成 23 年 11 月 7 日より開始したが、この計算機の消費電力・設置面積は、「京」と同規模で比較すると、「京」の凡そ半分となっている。
 - ・なお、アプリケーションプログラムの実効性能や使いやすさに関する演算性能あたりのメモリ容量、CPU・メモリ間のデータ転送性能や CPU 間のデータ転送性能では、「京」は Sequoia や Titan よりも優位となっており、幅広い分野での活用が可能である。
 - ・また、Titan は、GPGPU 部分が総演算性能の 90%を担うことで、性能を引き出すためには専用の言語でのプログラミングが必要となるため、実行できるアプリケーションの開発が難しいと考えられるが、「京」では、試験利用期間中において、グランドチャレンジ(ナノ、ライフ)及び HPCI 戦略プログラム 5 分野が、高並列実行を目標に高度化したアプリケーションだけでも合計 65 本に達しており、幅広くかつ多くのアプリケーションを実行できており、このような点での比較も重要であると考えている。
 - ・参考として、「京」と Sequoia 及び Titan とを、5つの性能観点から比較したレーダーチャートを以下に示す。

「京」の性能値を1として規格化



・特にコストに関しては、単に理論ピーク性能や LINPACK 性能あたりのコスト比較ではなく、完成時期*、演算性能あたりのメモリ容量・メモリ帯域・インターコネクタ帯域、連続実行時間といった信頼性等も総合的に考慮して比較をする必要がある。

*ムーアの法則（1.5～2年で集積回路上のトランジスタ数は倍になる）を基にすれば、年率で凡そ1.6倍なので、完成時期を1年遅くすれば、コストは凡そ1/1.6となる。

○理研、NEC、日立の特許さらには、ソフトウェア関係についての特許（知財）について

別添参照

特許申請一覧(NEC・日立)

No.	項目	特許	権利者
1	ロードストアキューの制御方法及びその制御システム	特許第4569628号登録 (2010.08.20)	NEC
2	ネットワークスイッチ、経路設定方法およびプログラム	WO2009/098820 審査中	NEC
3	バリア同期パケットとマルチキャスト経路設定パケットをスイッチで集約する機能	特許第5041376号登録 (2012.06.05)	NECシステムテクノロジー
4	ディレクトリ型キャッシュコヒーレンシ制御方式	特許第4821887号登録 (2011.09.16)	NEC
5	ネットワークスイッチ、経路設定方法、プログラムおよび並列計算機システム	WO09/098820 審査中	NEC
6	プロセッサ間通信システム、プロセッサ、プロセッサ間通信方法、および、通信方法	特願2008-151660 審査中	NEC
7	パケット転送装置、プロセッサ間通信システム、並列プロセッサシステムおよびパケット転送方法	WO2010/058693 審査中	NEC
8	ブロックリプライの圧縮	特許第4821904登録 (2011.09.16)	NECコンピュータテクノ
9	リモートリードコマンドのメモリ退避	特願2009-081272 審査中	NECコンピュータテクノ
10	マルチキャスト転送のブロックリプライ削除	特許第4771438号登録 (2011.07.01)	NECコンピュータテクノ
11	共通資源管理システム、方法、及び、プログラム	特願2009-050362 審査中	NEC
12	メッセージパッシング型分散並列プログラムのプロセス配置指定方法	特願2009-045875 審査中	NEC
13	通信機能の機能分割方式	特願2008-223309	日立