

将来世代コンピュータのための超長マイクロチャンネル冷却

中山 恒 (名誉会員)

1. 今日のスーパーコンピュータ

スーパーコンピュータの処理性能は数十 Peta FLOPS のレベルに達したが、システム消費電力は Mega Watt のレベルを超えている。

1 今日のスーパーコンピュータ PFLOPS = 10^{15} FLOPS

Computer	Manufacturer	Throughput [PFLOPS]*	Power [MW]	Site
Tianhe-2	NUDT	33.86	NA	China
Titan	Cray	17.59	8.2	Oak Ridge
Sequoia	IBM	16.30	7.89	Lawrence Livermore
K computer	Fujitsu	10.50	12.66	Riken
Mira	IBM	8.16	3.95	Argonne
Super MUC	IBM	2.90	3.52	Leibniz
Tianhe-1A	NUDT	2.57	4.04	Tianjin, China
Jaguar	Cray	1.94	5.14	Oak Ridge
Fermi	IBM	1.73	0.82	CINECA, Italy
JuQUEEN	IBM	1.38	0.66	Juelich, Germany
Curie thin nodes	Bull	1.36	2.75	C'E Atomique, France
Nebulae	Dawning	1.27	2.58	Shenzhen, China

Sources: 1 http://www.computerworld.com/s/article/print/9244165/intel_rushes_to_exascale_with_redeigned_Knights_Landing_chip
 2 N. Leavitt, "Big Iron Moves Toward Exascale Computing," IEEE Computer, vol.45, no.11, November 2012, pp.14-17.
 3 News Briefs, "New Supercomputer is the World's Fastest," IEEE Computer, vol.45, no.12, December 2012, p.22.

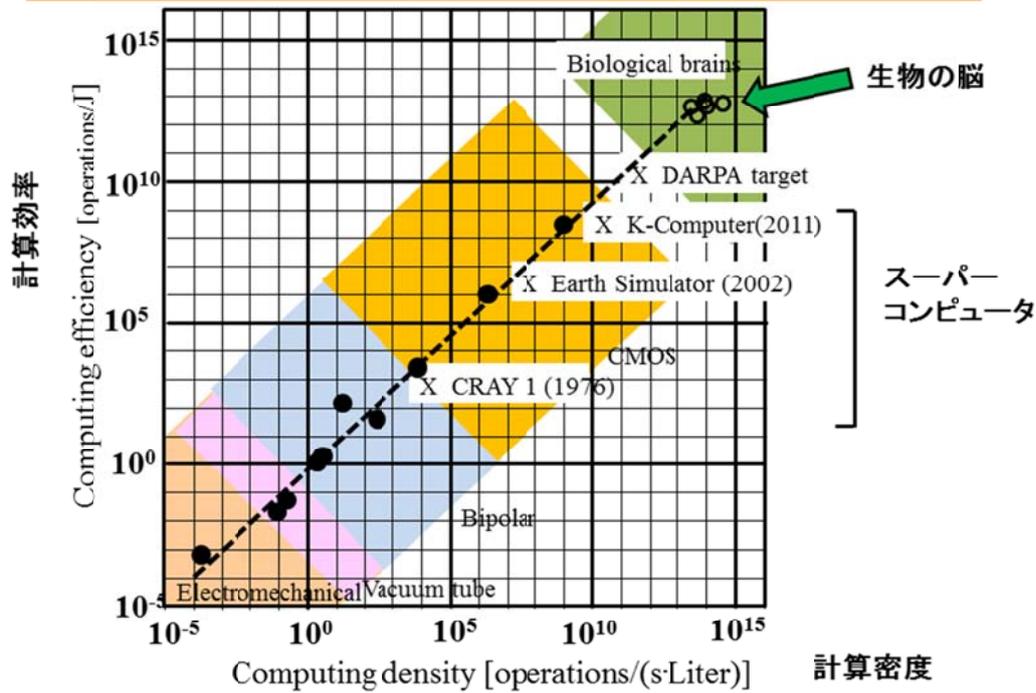
2. 大規模計算技術が目指す方向

これまでのスーパーコンピュータのデータを計算効率と計算密度のグラフに投影すると、生物の脳のデータが占める一角に向かっていくことが分かる。しかし、Exa FLOPS を既存技術の改良延長で実現しようとする、対角線から大きく外れることになる。米国 DARPA の初期プロジェクトは 2015 年に青写真を完成する目標を立てていたが、修正を余儀なくされている。

3. 3次元システムモデルを対象に行った計算の結果

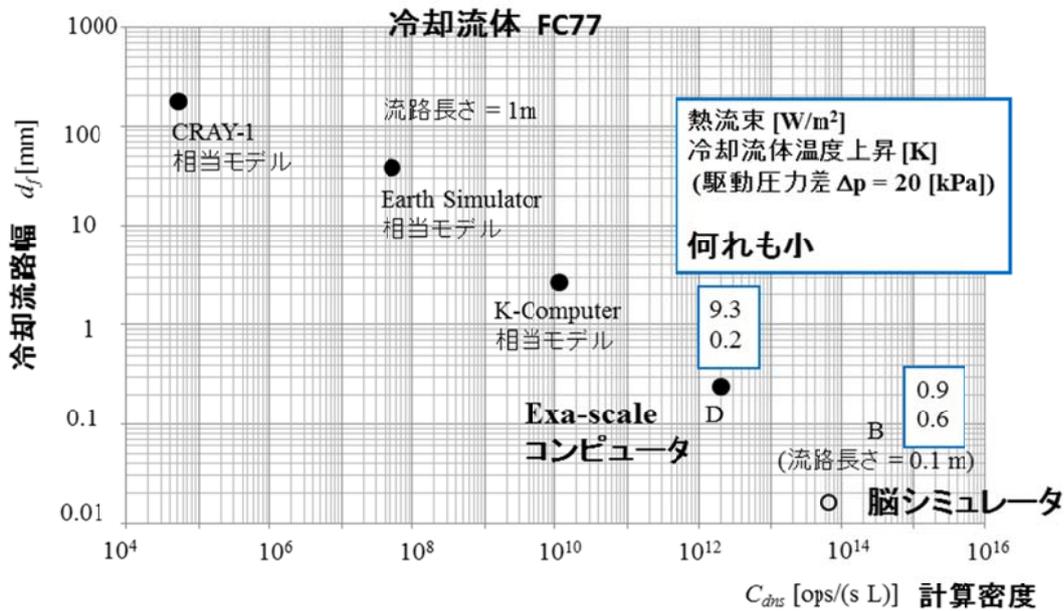
計算効率-計算密度グラフの対角線に沿って進むためにはどのような技術課題があるか、モデルに基づく解析を行った。コンパクト化と電力消費抑制の要求に従うには、極度に圧縮された空間から熱を除去する技術が求められるようになり、それには長さ/直径比が大きいマイクロチャンネルによる冷却が必須の形態になろう。

2 大規模計算技術が目指す方向



Ruch et al., "Toward Five-Dimensional Scaling: How Density Improves Efficiency in Future Computers," IBM J. Res. & Dev., vol.55, no.5, paper 15.

3 3次元システムモデルを対象に行った計算の結果



Nakayama, W., 2013, "A Card Stack Model to Elucidate Key Challenges in the Development of Future Generation Supercomputers," IEEE Access, doi 10.1109/ACCESS.2013.2272175.

新しい研究領域の展開が期待できる.

④ VLMC 材料と製法に関する研究

これまでのマイクロヒートパイプに比べ極度に薄い肉厚, 長さ, 微細内面構造を実現する必要があり, 製法にブレークスルーが求められる.

発足時のメンバー

主査 中山 恒

幹事 石塚 勝 畠山 友行 (富山県立大)

委員 鈴木 康一, 富村 寿夫, 伏信 一慶, 中川 慎二, 中村 元, 結城 和久

魏 杰 (富士通), 堀内 敬介 (日立), 高松 伴直 (東芝),

松本 圭司 (日本 I BM), 望月 正孝 (フジクラ)

公募: 下記テーマに興味を持たれ研究を進めておられる方々

- ナノスケール演算回路のエネルギー消費
- ナノスケール配線材料 (高電気伝導度, 高熱伝導率)
- マイクロスケール非定常熱伝達 (解析, 計測)
- マイクロスケール非定常構造解析
- マイクロチャンネル内混相流の熱輸送限界
- 冷媒の比熱向上策
- 化学・熱・電気エネルギー転換 (関連: 燃料電池)
- バイオシステムにおける情報処理とエネルギー消費

期間: 2014. 02. 01 ~ 2016. 01. 31

2014. 05. 22 伝熱シンポジウムにおける紹介

2014. 11. 01 第1次研究報告会

2015. 01. 31 伝熱シンポジウムでのパネル討論企画

2015 年内に他学会, 研究支援機関への提案を検討する.

2016. 01. 31 最終報告会

期間中, 進捗状況を見て随時検討会を開催