

総合的なコンピュータ性能評価指標「情報量子」の提案と、 これによる性能評価検討

清水京造[†]

株式会社ビューマジック[†]

1. はじめに

高性能化が進むスーパーコンピュータの分野で、代表的な性能評価指標の FLOPS 及び FLOPS/W が、必ずしも性能を充分表わせない事を考慮し、より総合的な性能指標実現の可能性を検討した。

2. 評価指標 FLOPS, FLOPS/W とその課題点

FLOPS ; この逆数 Sec/Flop は、1 浮動小数点演算 (以後 Flop と記す) 当りの動作時間 (T とする) であり、動作時間に関わる動的性能を示す。

FLOPS/W ; この逆数は Joule/Flop で、1 Flop の演算動作に必要な、(動作時間とは無関係な) 静的なエネルギー量 (E とする) になる。

即ち、この動作時間 T とエネルギー E は、コンピュータの別々の異なる一面の性能のみを示す。

3. 総合的な性能評価指標「情報量子」の提案

T と E は、両者とも重要であり、この両者、高速化と低エネルギー化を同時に評価する新しい指標「情報量子」を提案した。即ち、両者 E と T の積をとり、これを情報量子量 H とする。^{[1][2]}

$$H = E \cdot T (\text{Joule} \cdot \text{Sec} / \text{Flop} = \text{Joule} / \text{FLOPS})$$

これは単位が自然界でのエネルギー量子プランク定数と同じ J・S (作用量) の次元を持つ。ここでは、これを情報処理動作の基本単位となる基本量子と考え、仮に「情報量子」とした。これは、過去にも LSI の論理ゲートに関し、同様に、E と T との積、いわゆる「E・T 積」となる量を用いた性能評価指標「論理量子」が検討された。^{[3][4]}

更に、この単位は、上式の通り Joule/FLOPS と表せ、1 FLOPS の単位情報処理動作速度を実現するのに必要な動作エネルギーを示す。

即ち、この情報量子は、従来の静的な FLOPS/W (Joule/Flop) とは異なり、時間要素を含んだ「単位動作速度」当りの動作エネルギー量を示す動的、総合的な省エネルギー性能指標である事が分る。

4. 「情報量子」の特徴と性能動向の検討

これら動作時間 T (FLOPS に相当: 動特性) とエネルギー E (FLOPS/W に相当: 静特性) は各々相互に独立した別要素なので、これを縦軸/横軸に取った構成の情報量子量の平面 (E・T 面) にプロットすれば、各装置の特徴が一目で容易に検討評価することが可能になる。この時、この平面上で情報量子量の等価レベルは図上の右下がりの斜め線で表されるが、これは同じ情報処理能力



図1 コンピュータ性能向上の歴史

レベル (Jou/FLOPS) を示すもので、左下の方向に向かうほど性能が向上する事を意味する。

本質的に高速化を指向するコンピュータは、消費電力増大を伴うため、同時に低エネルギー化が不可欠になる。図1に Top500 及び Green500 の歴代の主なスーパーコンピュータトップ機種のパフォーマンス推移を並べて示す。^[5] 図から明かな通り、その高性能化の歴史は、決して単純に Top500 では高速化 (図で下方) 方向に、また Green500 では低エネルギー化 (図で左横方向) に向かうのではなく、両者とも同じ様に低エネルギー・高速化即ち情報量子量低減化の方向に向い、過去から将来に向け一直線に進んでいる事が分る。

即ち、本指標の情報量子量 H はコンピュータ進歩の方向を明確に示すものと云える。

この情報量子量 H でのランキングを、ここでは仮に H-Top500 とする。ただ、これは性能の進展 (Progress) の度合い、又は動的 (Dynamic) な省エネ度合を示す指標なので、例えば Prog-Top500 や Dynamic-Green500 等の呼び方も考え得る。

5. 現在のスーパーコンピュータ性能検討

図2は最新 (Nov. 2017) の Top500 リストを、先の E・T 面にプロットしたもので、分布全体の範囲を点線で示す。その内、H-top50 の機種を点で表示し、更に H-Top20 には順位を付加した。この分布では高速 Top10 は分布下端に、省エネ GreenTop10 は分布左端に位置される。また

A proposition of the comprehensive performance index for supercomputers; "Information Quantum", and the performance evaluation by using it.

[†]Kyozo Shimizu ViewMAGIC Inc.

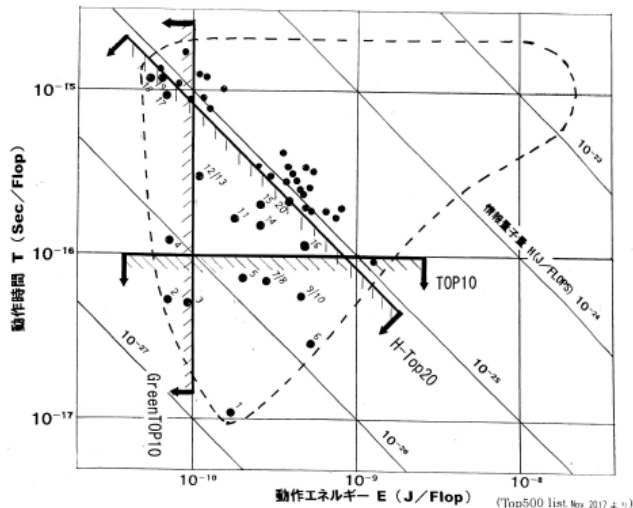


図2 Top500 コンピュータの性能分布

H-Top20 の詳細な内容を表1に示す。

図2のH-Top20の分布のように、近年高速で低エネルギー化(即ち、情報量子量H低減)に向けた高性能機種が次々と出現している。これは、高性能化CPUをベースに、近年急発展のGPU導入、更には液冷など超高密度実装等、高速化と同時に低エネルギー化を実現出来た事による。

表1では、Top500 ランクの上位で、かつ、Green500 の上位の機種が、H-Top20 の上位に来ている。即ち、1位はSunwayTLで変わらないが、2位Gyoukou(用例;GPU, 液冷)、3位PizDaint(GPU)、4位TSUBAME3.0(GPU)、5位Oakforest-PACS(CPU)、では、高速かつ低エネルギー実現の性能がカウントされ順位の上位にランクされている。なお、13位DGX-SaturnV(GPU)はGPU応用のこれまでの先行例として注目される。

図3で、Nov. 2017及びNov. 2015のTop500分布領域を各々X(実線)、X'(点線)で、又、各々のTop10及びGreenTop10の領域をA、A'及びB、B'で示す。以前X'では、A'とB'は各々別領域にあったが、最新のXでは、B領域が高速側に急拡大し分布が広がり、Aとも重なり、Eでの比較が難しくなった。

低エネルギーでかつ高速動作と言うこの優れた性能は、速度T(Top500)又は省エネルギーE(Green500)のみの単項目では表しきれず、ここに、両者を合せ動的能力を含む省エネルギー性能を示す総合的な評価指標(J/FLOPS)として、情報量子量の有効性、重要性が確認できた。

6. まとめ

超高速化と低エネルギー化が同時に進むコンピュータの分野で、この両者を合せた総合的な動的省エネルギー評価指標としてこの情報量子(仮)

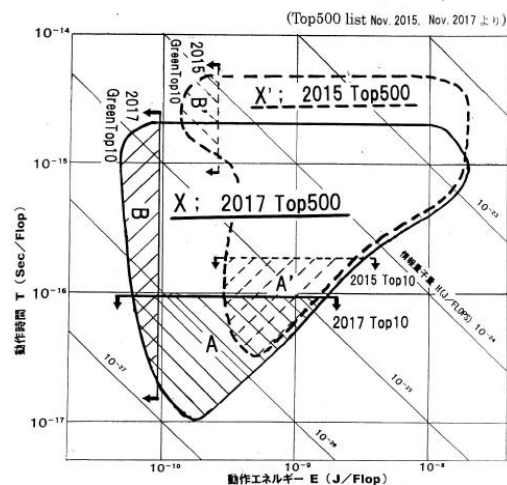


図3 Top10, GreenTop10 分布領域の変遷

について、その有効性を検討、確認した。今後、従来の指標に加えた応用が可能と考えられる。

参考文献

- [1]清水, “C-012 コンピュータの性能評価指標に関する一考察”, FIT2017 論文集, 1, p223-p224, (2017)
- [2]清水, “C-021 性能評価指標「情報量子」によるコンピュータ性能評価検討”, FIT2016 論文集, 1, p273-p274, (2016)
- [3]垂井編, “超LSI技術”, 8-1(清水), オーム社(1981)
- [4]VLSI Technoloy8.1, Editor:Y. Tarui, vol12, Springer(1986)
- [5]Lists from Top500 org, Green500 org.

表1 情報量子量HのTop20

H-Top 20	SYSTEM	国	情報量子量 H J/FLOPS (x10 ⁻²⁷)	Top 500 Rank	Green 500 Rank
1	SunwayTaifuLight	中	1.776	1	20
2	Gyoukou	日	3.687	4	5
3	PizDaint	ス	4.909	3	10
4	TSUBAME3.0	日	8.081	13	6
5	Oakforest-PACS	日	14.79	9	22
6	Tianhe-2	中	15.52	2	136
7	Trinity	米	19.23	7	36
8	Cori	米	20.05	8	39
9	Titan	米	26.52	5	104
10	Sequoia	米	26.74	6	97
11	Theta	米	31.38	18	21
12	(Nvidia/Facebook)	米	31.95	35	13
13	DGX SaturnV	米	31.95	36	14
14	MareNostrum	西	38.97	16	32
15	Tera-1000-2-Part1	仏	50.58	23	31
16	Mira	米	53.49	11	98
17	DGX SaturnV volta	米	61.83	149	4
18	Shoubu systemB	日	69.82	260	1
19	Sakura	日	72.79	277	3
20	Cheyenne	米	75.31	24	55

ス; スイス Top500 List (Nov. 2017)による