

C-012

## 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

## A performance evaluation of supercomputers applying the new index "information quantum"

清水 京造<sup>†</sup>  
Kyozo Shimizu

## 1. はじめに

従来の代表的なコンピュータ性能評価指標である FLOPS、及び FLOPS/W に対し、先に、これを補う新しい評価指標「情報量子」を提案した。<sup>[1]</sup> ここでは、これを最近のスーパーコンピュータに適用し、その有用性を検討した。

## 2. 性能評価指標の検討と情報量子の位置づけ

まず、従来の性能指標について、

「FLOPS」はその逆数が Sec/Flop で、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、一方、「FLOPS/W」はその逆数が Joule/Flop で、これは、動作時間とは無関係な、1 Flop の演算動作に要する静的なエネルギー量 (E とする) になる。即ち、この動作速度 T とエネルギー E は、何れもコンピュータ性能の各々別の要素である。両者とも重要であり、当然同時に実現されるべきなので、この両者 T と E を併せ考え、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 T と E の積をとり、これを情報量子量 H とすれば、これはエネルギー量子プランク定数と同じ  $J \cdot S$  の次元 (作用量) 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見なし、仮に「情報量子」とした。

更に、この単位は次式の通り Joule/FLOPS と表せる。

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

この Joule/FLOPS は、1 FLOPS の単位情報処理動作速度を実現するために必要な動作エネルギーを示す。

この情報量子は、従来の静的な FLOPS/W 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、総合的な性能指標である事が重要である。

なお、過去にも、LSI の基本の論理ゲートに関し、同様に、T と E 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。<sup>[2]</sup>

## 3. 情報量子量を用いた性能動向の評価検討

## 3-1 情報量子の特長

コンピュータは本質的に高速化を指向するが、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。実際に、図 1 に歴代の主なスーパーコンピュータトップの性能の推移を示す。図からも明らかな通り、その高性能化は、単純に高速化の方向ではなく、低エネルギー・高速化 (情報量子量低減化) に向い、過去から将来に向け一直線に進んでおり、本指標の情報量子量 H はコンピュータ進歩の方向を的確に示していると云える。

この情報量子量 H でのランキングを考える場合、ここではこれを H-Top500 と表す事にする。ただ、これは従来の省エネルギー指標 Green500 に比べ、より動的、総合的な性能の進展 (Progress) の度合いを示す性能指標になるので、例えば Prog-Top500 と表すのが適切かもしれない。

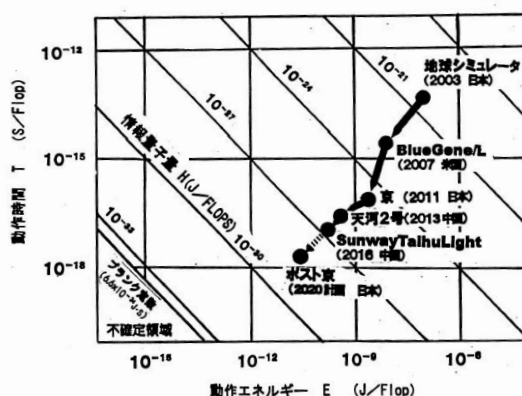


図1 情報量子量でみるコンピュータ性能向上の歴史

## 3-2 Top500 での情報量子量 H の検討

次に、現時点でのコンピュータ各種性能評価指標のランキングに対し、情報量子量 H の特長を比較検討する。

図 2 では Top500(Nov.2016)list 機種での特性分布をみる。即ち、まず高速の Top の 30 機種と、低電力指向 GreenTop の 10 機種とを E/T 面にプロットした分布を示す。なお 500 機種の全体は図中の点線の領域にほぼ分布している。

この中で、Top10 はその下端部を、GreenTop10 は左端部を、更に情報量子量 H-Top20 はその斜め左下部を占める。

ここで注目されるのは、特に、Green-Top10 の分布をみると、動作エネルギーの分布範囲が狭く限られる中で、動作時間は非常に広い範囲に分布が広がっている点である。

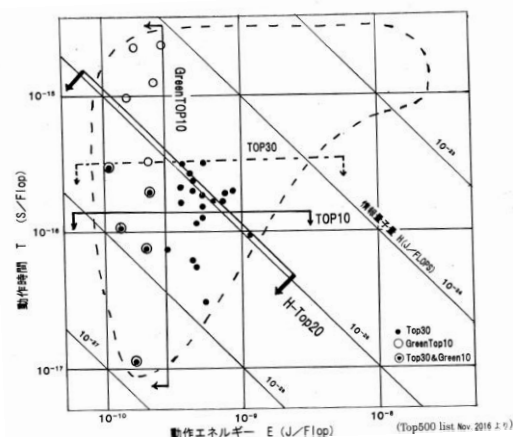


図2 Top500 コンピュータの特性分布

<sup>†</sup>(株)ビューマジック ViewMAGIC Inc,

これは特に近年、画像等の多量データを高速処理する高性能 GPU の発展に伴い低電力高速化した装置が実現していることが大きな要素と考えられ、低電力高速化（即ち情報量子量 H の低減）を一層加速させる原動力になっている。

従って、これを情報量子量 H 指標でみると、性能レベルは図の右下がり斜め線に合せて比較されるので、同じ速度の機種でも前記 Green トップレベルの低エネルギーの機種がより高く評価される事になる。

表 1 に H-Top20 のランクリストを示す。年々著しく進展する低電力化傾向と共に、特に GPU 多用等で高速かつ低電力の機器が出て来ている。このため、GreenTop 上位の機種が幾つか上位ランク入りしている。（PizDaint、Oakforest-PACS、DGX-SaturnV など）

### 3-3 HPCG での情報量子量 H-HPCG の検討

次に、HPCG (High Performance Conjugate Gradient; 共役勾配法) についても、Top500 の場合と同様に、HPCG 演算での FLOIPS と FLOPS/W の値から J/FLOPS を求める事でその情報量子量 H-HPCG が得られる。

具体的に、表 2 に、HPCG(Nov. 2016)list について、H-HPCG の Top10 リストを示す。この場合、HPCG の単位演算速度 1 FLOPS 当りの動作エネルギー低減の度合いが評価されるが、ここでも最近 GPU 導入等で高速動作でも低消費電力を実現する機種の出現により、DGX-SaturnV など HPCG より大幅に順位を上げる例がみられる。

特に、Oakforest-PACS が K-Computer を越えて Top に出ているのが注目される。

### 3-4 Graph500 での情報量子量 H-Graph の検討

画像処理能力の評価指標 Graph500 でも、同様に、基本演算処理単位となる TEPS (Traversed Edges Per Second; 1秒間に辿るグラフの枝数) とその省電力指標 GreenGraph の TEPS/W の値から、Graph 処理での情報量子量 H-Graph が得られる。これは単位演算速度 1 TEPS を実現するのに必要な動作エネルギー J (J/TEPS) を意味する。

ここで、表 3 に、Graph500(Nov. 2016)list について、この H-GraphTop5 のリストを示す。電力データの一部不足等で順位設定が一部出来ず、一応の傾向を見る目的で、Top5 のみをあげる。ここで消費電力の計算時には GreenGraph でのデータの大小区分は特にしていない。

省エネルギー化性能の相違により GraphTop10 とは多少順位が前後しているが、ここでは特に K-Computer が H-Graph でもトップに位置する事が注目される。

## 4. まとめ

本提案の「情報量子」は、コンピュータの高速性/低電力性の両者を併せ評価出来る総合的な評価指標である。これは、特に省エネルギー化評価指標としてみると、従来の FLOPS/W 等には無い速度要素を含む、より動的/総合的な新しい評価指標であり、その有効性を示した。

本発表の機会を頂いた事に感謝すると共に、これらが今後の検討に何らかの参考になれば幸いである。

### 参考文献

- [1] 清水, “C021 コンピュータの性能評価指標に関する一考察”, FIT2016 論文集 1, p273-p274(2016).
- [2] 垂井編, “超 LSI 技術 8.1(清水)”, オーム社, (1981).
- [3] Lists from Top500 org, Green500 org, Graph 500 org, HPCG org.

表 1 情報量子 H の Top20

H-Top 20	SYSTEM	国	情報量子量 H J/FLOPS ( $\times 10^{-27}$ )	Top 500 Rank	Green 500 Rank
1	SunwayTaiFuLight	中	1.776	1	4
2	PizDaint	ス	13.71	8	2
3	Oakforest-PACS	日	14.79	6	6
4	Tianhe-2	中	15.53	2	135
5	Cori	米	20.05	5	26
6	Titan	米	26.53	3	100
7	Sequoia	米	26.75	4	90
8	DGX-SaturnV	米	32.00	28	1
9	Theta	米	41.86	18	7
10	Mira	米	53.50	9	91
11	Marconi	伊	59.22	12	37
12	Trinity	米	64.50	10	127
13	Cheyenne	米	75.32	20	35
14	Cray XC-40	英	79.29	11	139
15	Camphor2	日	80.02	33	9
16	JuQueen	独	91.71	19	85
17	Shaheen-2	サ	92.43	15	122
18	Vulcan	米	106.98	21	82
19	Hazel Hen	独	113.64	14	163
20	K-Computer	日	114.61	7	257

ス: スイス, サ: サウジ, Top500(Nov. 2016)list による

表 2 情報量子量 H-HPCG の Top10

H-HPCG Top10	SYSTEM	国	情報量子量 H-HPCG J/FLOPS( $\times 10^{-24}$ )	HPCG 500 Rank
1	Oakforest-PACS	日	18.29	3
2	Cori	米	31.18	5
3	K-Computer	日	34.85	1
4	Tianhe-2	中	52.92	2
5	Sequoia	米	72.27	6
6	DGX-SaturnV	米	77.04	27
7	Titan	米	79.02	7
8	PizDaint	ス	84.50	13
9	SunwayTaiFuLight	中	111.55	4
10	Trinity	米	126.95	8

ス: スイス HPCG(Nov. 2016)list による

表 3 情報量子量 H-Graph の Top5

H-Graph Top5	SYSTEM	国	情報量子量 H-Graph J/TEPS ( $\times 10^{-21}$ )	Graph 500 Rank
1	K-Computer	日	8.48	1
2	Sequoia	米	11.32	3
3	Mira	米	17.57	4
4	SunwayTaihuLight	中	27.23	2
5	JuQueen	独	31.61	5

Graph500(Nov. 2016)list による