

## 省エネ性に優れたスパコンが拡大中

### ◆世界一省エネ性能のスーパーコンピュータが東工大で8月に稼働

2017年8月より東京工業大学のスパコン「TSUBAME（ツバメ）3.0」が稼働する。このスパコンは6月のスパコン性能ランキングの評価組織の発表で、省エネ性能を示すGreen500部門で世界一になった。2位がヤフージャパンの「KUKAI」など、日本勢が4位までを独占した。Green500は1W当たりの計算速度でランクされる。

表1 省エネに優れたスパコンと「京」の特性比較

	TSUBAME(3.0)	KUKAI	PizDaint(スイス)	京
冷却方式	水冷	液浸	水冷	空冷
計算速度(PFlops)	1.98	0.46	19.59	10.5
電力(MW)	0.14	0.033	2.272	12.7
GFlops/W	14.11	14.046	10.398	0.86

Green500のホームページなどよりARCが作成。PFlops =  $10^{15}$ 、GFlops =  $10^9$

TSUBAMEの計算速度は「京」などに比べ遅いが、1W当たりでは141億回で「京」の約16倍だ。装置のサイズも小さく、設置面積は「京」の2%ほどだ。「KUKAI」はディープラーニングに特化したマシンだが、140億回とトップとの差は僅少だった。「京」並みの速度のマシンでは、スイスのPizDaintが省エネ性に優れる。

### ◆省エネは水冷方式で実現、ボードを完全に液体に浸す液浸方式も

スパコンの稼働には膨大な電力が必要だ。電力の多くは、CPU（中央演算処理装置）などから発生する熱の冷却に使用される。例えば、「京」はCPUを約8万8千個搭載し、発生する熱の冷却は主に空冷方式で、要する電力は12.7MWになる。一般家庭2万5千戸の電力に相当し、震災後の電力不足や電気代高騰が運用の障害になった。「京」のシステムではコジェネを採用するなど、省エネに努めているが、一方ではそれほど高速計算を必要とせず、運転経費を安く使用したいというニーズも存在する。東工大のマシンはそのような要求に応えるものだ。

Green500のランキングの高いマシンの多くには水冷や液浸方式が採用されている。一般に電子部品は水などの液体が非常に苦手だ。万が一水が漏れると致命的な故障になる。そのため従来は空冷方式が採用されてきたが、大規模な設備が必

要で大量の電力を消費する。冷却方式として液浸も開発されている。CPUなどが搭載されたボードを丸ごと特殊な液体に浸漬してしまう方式だ。今までのエレクトロニクスの常識からはかけ離れている。表2に各方式の長所と課題を示す。

表2 各種冷却方式の長所と課題

	水冷方式	液浸方式	空冷方式
長所	冷媒が安価	冷却効率高い	保守が容易
課題	漏れた場合の故障	冷却液が高価 保守管理に手間	設備が大規模、大電力必要

各種資料を元に、ARCが作成

◆東工大のマシンは常温の水で冷却する方式で省エネ世界一達成

TSUBAMEの水冷方式は32℃という生ぬるい水を循環する方式だ。冷たい水の方が冷却には都合が良さそうだが、水を冷却するための電力が必要だ。32℃の水は、冷却に使用され水温は40℃くらいに上昇するが、大気中で熱を放出して室温に戻るといふ循環方式のため、特別な冷却装置は不要になり電力が削減できる。

一方、スイスのPizDaintは、計算速度は「京」の2倍だが、電力は大幅に少ない。Green500部門では6位、速度部門でも中国に次いで3位と非常に優れた特性を示す。近くの湖底から水を引いて冷却に使用し、循環しない方式のため、冷却に電力はほとんど使用せず、温水の再利用も可能。原発や火力発電所が川や海の近くにあるように、今後はスパコンも立地が重要になるかも知れない。

◆液浸方式は日本のベンチャー企業が開発、今後は速度と省エネの両立を

「KUKAI」など液浸方式は、日本のベンチャー企業PEZY ComputingとExascalorが開発し、理化学研究所が運用する「Shoubu (菖蒲)」などでも採用されている。CPUなどが搭載されたボードを丸ごと冷却液に浸漬するというユニークな方式だ。

現在の防災、科学技術分野でスパコンは重要だ。天気予報での精度を高めるためメッシュを細かくするに従い計算量は膨大になる。津波予想では計算が遅いと間に合わない。またAIの進歩でIoTのビッグデータ解析などの重要性は増している。現在日本では「京」の100倍の性能を目指した開発が進むが、電力はせいぜい倍の20MW程度に抑える必要があるだろう。水冷や液浸などの日本で発展した技術を活用するなど、いかに消費電力を削減するかが問われる。 【松田英樹】