

## 液浸冷却小型スーパーコンピュータ「ExaScaler-1」が、25%を超える性能改善により最新のスパコン消費電力性能ランキング「Green500」の世界第一位相当の値を計測

ExaScaler（エクサスケラー、代表取締役社長：木村 耕行、以下 ExaScaler 社）と株式会社 PEZY Computing（ペジーコンピューティング、代表取締役社長：齊藤 元章、以下 PEZY 社）が共同で開発した液浸冷却小型スーパーコンピュータ（以下、スパコン）「ExaScaler-1」が、直近のソフトウェア実装最適化によって 25%を超える性能改善を実現し、高エネルギー加速器研究機構（以下 KEK）に設置して運用されている「Suiren（睡蓮<sup>\*1</sup>）」を用いた最新の計測実験で、昨年 11 月に発表された最新のスパコン消費電力性能ランキング「The Green 500 List<sup>\*2</sup>」の世界第一位に相当する性能を計測いたしました。これをもって現行の「ExaScaler-1」による性能改善に関する研究は一旦終了として、4 月以降は新しい液浸冷却手法などを取り入れた新システム「ExaScaler-1.5」を用いて、更なる性能と消費電力効率の改善を目指して研究を進めて参ります。

「ExaScaler-1」は、PEZY 社の 1,024 コアの低消費電力型メニーコアプロセッサ「PEZY-SC」と、ExaScaler 社が開発した新液浸冷却システム「ESLC-8」とを用いて、PEZY 社と ExaScaler 社が共同開発した小型スパコンです。「ExaScaler-1」を用いて構築された KEK の「Suiren（睡蓮）」は、理論性能 395TFlops（テラフロップス）<sup>\*3</sup>の非常にコンパクトな設計のスパコンであり、昨年 11 月に発表されたスパコン性能ランキング Top500 では、178.1 TFlops で 369 位にランクイン、Green500 では 1 ワットあたり 4,946MFlops（演算性能 187.11TFlops 時）を記録して世界第二位に認定されていました。「Suiren（睡蓮）」は、昨年 12 月から KEK と、KEK と共同研究契約関係にある国内の研究者によって使用されて来ておりました。

この度、牧野 淳一郎 KEK 客員教授（理化学研究所計算科学研究機構粒子系シミュレータ研究チームリーダー、エクサスケールコンピューティング開発プロジェクト副リーダー）の協力も得て、ソフトウェア実装の最適化を図ったことで、昨年 11 月時点と比較して 25.5%の消費電力性能の改善が実現され、本年 3 月 19 日に 1 ワットあたり 6,217MFlops（演算性能としては前回は 13.8%上回る 202.64TFlops）の値が計測されました。これは、昨年 11 月に発表された最新のスパコン消費電力性能ランキング「The Green 500 List」の世界第一位に相当する値です。

なお、昨年 11 月に Green500 で世界第一位と認定されたドイツ GSI Helmholtz Center「L-CSC」の 1 ワットあたり 5,272MFlops の消費電力性能は、本来 Green500 の計測ルールで得られる最適値（計測全区間の中央 80%における全体の 20%以上の任意区間での計測）ではなく、それよりも性能が低く計測される計測全区間の平均値を用いた申請を行っていました。今回、「Suiren（睡蓮）」においても同様の手法で計測を行い、その値においても 1 ワットあたり 5,452MFlops を記録して世界第一位相当の結果が変わらないことを確認しています。また、「Suiren（睡蓮）」の全ノードである 32U ではなく 28U を用いた構成での計測値である 181.5TFlops も、昨年 11 月に発表されたスパコン性能ランキング Top500 の 360 位に相当し、ノード当たり性能が 6.48TFlops とより高い

値を計測していますが、この構成においては消費電力性能の計測全区間平均値が 1 ワットあたり 5,535MFlops と更に高い値が得られています。

本年 6 月に締め切られ、7 月 12 日から 16 日にドイツのフランクフルトで開催される国際学会「ISC (The Event for High Performance Computing, Network and Storage)」で発表される本年前半の Green500 には、これらの計測結果をもって申請が行われる見込みです。

今回のソフトウェア実装の最適化は、昨年 11 月時点で牧野淳一郎 KEK 客員教授から提供をいただいた「GRAPE-DR」用の LINPACK ソフトウェア\*4 の PEZY-SC プロセッサへの実装が十分ではなく、少なくない部分がホスト CPU である Intel 社 Xeon プロセッサ部に実装されていて、PEZY-SC とホスト CPU 間における頻繁なデータ転送を必要としていたものを、その大半の処理を PEZY-SC プロセッサで行える様に実装を進めた上で、似鳥啓吾先生（理化学研究所計算科学研究機構コデザイン推進チーム・粒子系シミュレータ研究チーム）にも参画を頂いて、ネットワーク通信での効率を高めるなど、システム全体の各種の最適化を行った結果であります。

今回の計測実験をもって「ExaScaler-1」としては、一旦、消費電力性能の改善に関する研究開発作業は終了することとなります。引き続き、省電力性に優れた PEZY-SC 本来の性能と、液浸冷却の優位性を十分に引き出すことを目的とした、新しい液浸冷却手法を取り入れたハードウェア構成による「ExaScaler-1.5」の開発を進めることとし、その場合には消費電力性能は今回新たに計測された値よりも、更に 15-25%程度改善されることが期待されます。

ExaScaler と PEZY は、本開発が順調に進んだ場合、本年 7 月 12 日から 16 日にドイツ、フランクフルト市で開催される ISC 2015 において、「ExaScaler1.5」の正式発表と展示を行うことを計画しています。(ISC 2015 : ISC High Performance, The HPC Event (<http://isc-hpc.com>))

## 昨年 11 月の世界第 1-3 位のシステムと、今回の「Suiren (睡蓮)」の性能比較

今回、2015年3月に新たに計測された性能値

スーパーコンピュータ名	L-CSC	Suiren(睡蓮)	TSUBAME-KFC	Suiren(睡蓮)	Suiren(睡蓮)
設置サイト	GSI(ドイツ)	KEK(日本)	東工大(日本)	KEK(日本)	KEK(日本)
計測、または申請時期	2014年11月	2014年11月	2014年11月	2015年3月	2015年3月
システム構成	ホストプロセッサ	Intel Xeon E5-2690	Intel Xeon E5-2660	Intel Xeon E5-2620	Intel Xeon E5-2660
	主演算部プロセッサ	AMD FirePro S9150	PEZY-SC	NVIDIA Tesla K20x	PEZY-SC
システムノード数(U)	56	32	40	28	32
ノード当たり性能(TFlops)	5.38	5.57	3.94	6.48 改善率 16.5%	6.33 改善率 13.8%
Rmax(システム性能)値(TFlops)	301.30	178.10	157.40	181.50 改善率 1.9%	202.64 改善率 13.8%
Top500順位(2014年11月)	168位	369位	392位	360位相当	298位相当
Green500計測区間値(MFlops/w)	6,010.00	4,953.63	4,447.58	6,193.75 改善率 25.0%	6,217.04 改善率 25.5%
計測全区間平均値(MFlops/w)	5,271.81	4,469.72	不明	5,534.94 改善率 23.8%	5,452.01 改善率 22.0%
Green500申請値、申請予定値	5,271.81	4,953.63	4,447.58	6,193.75 改善率 25.0%	6,217.04 改善率 25.5%
Green500順位(2014年11月)	1位	2位	3位	1位相当	1位相当

【参考図】

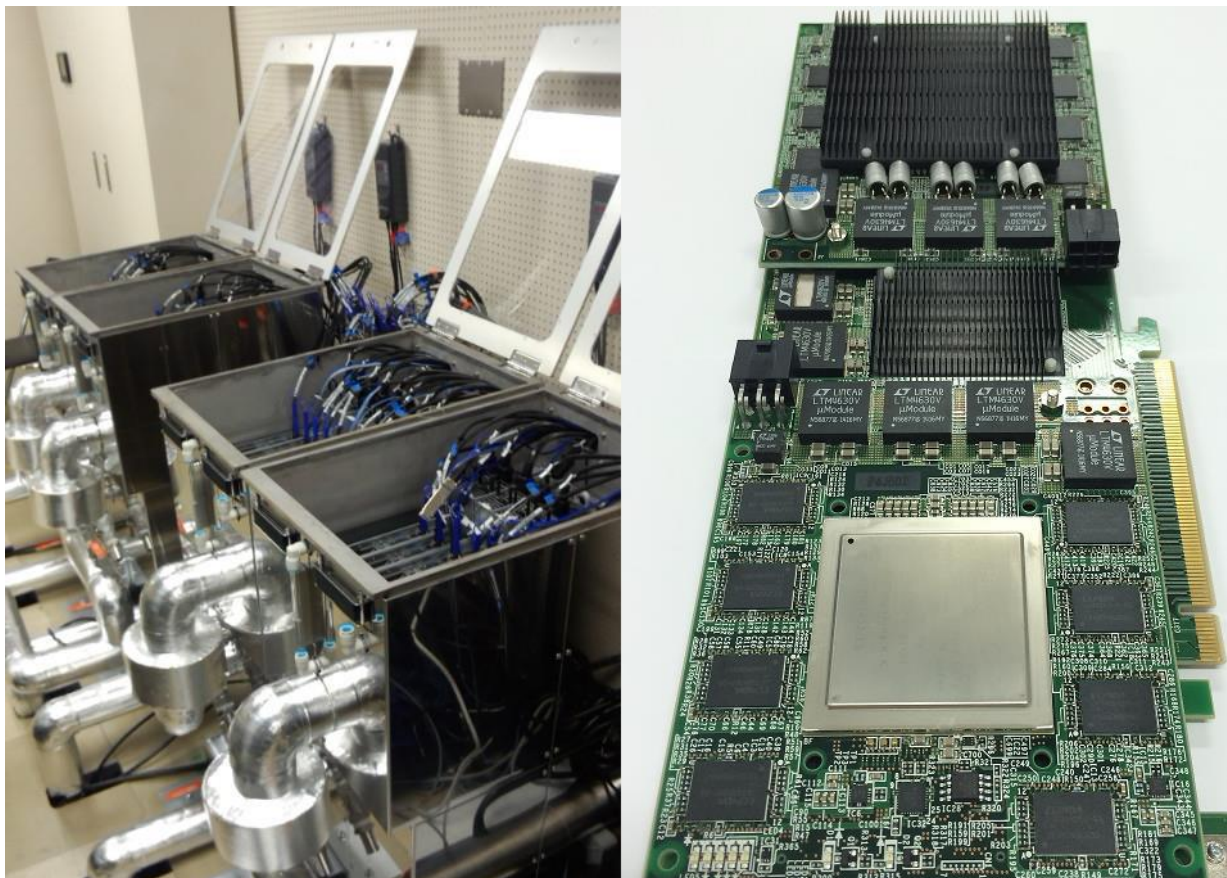


図1 Suiren（睡蓮）システムの室内部（左）、液浸冷却用 PEZY-SC モジュール（右）



図2 Suiren（睡蓮）が設置される KEK に昨年 11 月に授与された Green500 第二位の認定書

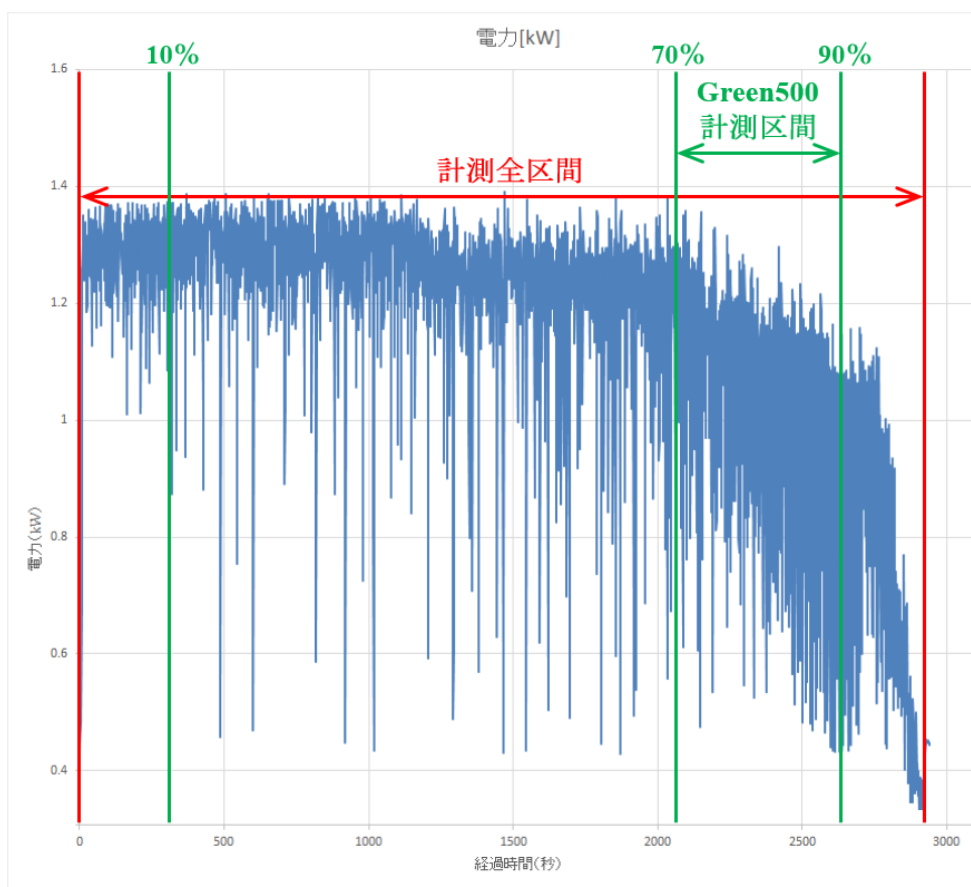
## 【用語解説】

### ※1 Suiren（睡蓮）

KEK 計算科学センター内に 2014 年 11 月 1 日より「Suiren（睡蓮）」として稼働を開始した国産小型スパコン。わずか 6.3 平方メートル程の非常に小さな室内設置面積に、小型の液浸冷却槽 4 台と冷媒循環用の配管だけの極めて小規模な構成（「ExaScaler-1」）となっている。理論上の最大演算性能は倍精度浮動小数点演算で 395TFlops である。

### ※2 The Green 500 List

「Top500」とは、年に 2 回スパコンの研究者により発表される世界中のスパコンの性能ランキングで、その年の前半の一回は欧州開催の国際学会 ISC (The Event for High Performance Computing, Network and Storage)で発表され、後半の一回は米国開催の SC (International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis)で発表される。ランキングで比較される性能は、指定されたプログラムの実行速度により評価される。Green500 リストとは、この「Top500」に入る性能を持ったスパコンを、演算処理性能の絶対値ではなく、その消費電力 1 ワット当たりの演算処理性能により並べ変えたもので、電力効率の改善が不可欠な次世代スパコンの開発でも重要指標として注目されている。



消費電力の計測は、計測全区間の最初と最後の 10%を除いた 80%のうち、全体の 20%以上の任意区間の電力を計測する。一般的には 70%から 90%の区間（上図「Green500 計測区間」）の消費電力を計測値として用いる。「計測全区間」での平均消費電力は、一般的にはこれよりも高い値となる。

### ※3 TFlops (テラフロップス)

1秒間に1回の浮動小数点演算(実数の足し算、掛け算)を行うことができる性能を1Flops と呼び、Tはその10の12乗(1兆)倍を表している。1TFlopsは1秒間に1兆回の演算が可能。

### ※4 LINPACK ソフトウェア

Top500 や Green500 で性能計測を行う際に使用を指定されているベンチマーク用のソフトウェアで、線形代数サブプログラム群ライブラリを用いてベクトル演算や行列演算を倍精度の浮動小数点により行うためのプログラム。

株式会社 ExaScaler について：

ExaScaler は、独自の液浸冷却システムの各種製品の開発と販売を目的に 2014 年 4 月に設立された法人です。2014 年 8 月の基本特許の申請から現在までに 4 本の液浸冷却技術に関する基本特許を申請済みで、これらを基にした液浸冷却装置・システムの開発に成功しています。ExaScaler が開発した最初の小規模液浸冷却スーパーコンピュータである「ExaScaler1.0」は、国の高エネルギー加速器研究機構に設置され、2014 年 11 月発表の Top500 ランキングで 369 位、Green500 ランキングでは世界第 2 位（国内第 1 位）に認定されています。

株式会社 PEZY Computing について：

PEZY は、高性能スーパーコンピュータを実現するための省電力小型メニーコアプロセッサ製品の開発と販売を目的に 2010 年に設立されました。独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）などからの支援を得て、2012 年に第一世代の 512 コアのメニーコアプロセッサ「PEZY-1」の開発に成功し、2014 年には NEDO の平成 24 年度戦略的省エネルギー技術革新プログラムからの助成を得て、第二世代の 1,024 コアのメニーコアプロセッサ「PEZY-SC」の開発に成功しました。2014 年 10 月、PEZY は東京大学理学部情報科学科と共同研究契約を締結しました。

問い合わせ先：

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 2-1 木村ビル 3F

株式会社 ExaScaler

研究開発部長 CTO 鳥居 淳

TEL: 03-5577-3835

E-mail: [info@exascaler.co.jp](mailto:info@exascaler.co.jp) <http://www.exascalr.co.jp>

〒101-0063 東京都千代田区神田淡路町 1-4-1 友泉淡路町ビル 5F

株式会社 PEZY Computing

取締役副社長 COO 鈴木 大介

TEL: 03-3525-4291

E-mail: [info@pezy.co.jp](mailto:info@pezy.co.jp) <http://www.pezy.co.jp>