



平成 29 年 12 月 13 日
株式会社 ExaScaler
株式会社 PEZY Computing

スーパーコンピュータシステム「Gyokou (暁光)」の開発状況につきまして
～スパコンランキング Top500 で世界 3 位相当・Green500 で世界 4 位相当を達成～

1. 概要

株式会社 ExaScaler (以下「ExaScaler」) 及び株式会社 PEZY Computing (以下「PEZY Computing」) が共同開発し、国立研究開発法人海洋研究開発機構 (以下「JAMSTEC」) 横浜研究所に本年 5 月に設置した大規模液浸型スーパーコンピュータ「暁光 (Gyokou)」は、世界のスーパーコンピュータシステムのランキングである「TOP500」(※1)、及びエネルギー消費効率のスーパーコンピュータシステムのランキングである「Green500」(※2) において世界上位を獲得すべく、システムの改良を進めております。

この度、2017 年 11 月発表のランキングに照らし、「TOP500」では世界 3 位 (国内 1 位)、「Green500」では世界 4 位 (国内 4 位) に相当する性能を同時に達成しましたので、お知らせいたします。

2. 「暁光 (Gyokou)」について

「暁光 (Gyokou)」は、PEZY Computing が新規に独自開発した最新のメニーコアプロセッサ「PEZY-SC2」を基幹プロセッサとして採用した「ZettaScaler-2」シリーズからなり、1 筐体 (液浸槽) で 2.0 PFLOPS クラスのピーク性能を目指し開発が進められているスーパーコンピュータシステムです。ExaScaler の液浸冷却技術とシステム化技術を用いて高密度実装を実現するとともに、高い冷却効率を実現することで、消費電力の低減を図っています。本年 11 月に発表された「TOP500」ランキングでは世界 4 位 (国内 1 位)、「Green500」ランキングでは世界 5 位 (国内 4 位) にランキングされました。また、それ以降、ソフトウェアの最適化を行い、更なるシステム性能の改良を図って参りました。

この度、CPU 数 10,000 個の構成で、LINPACK 性能 (※3) は 20.41PFLOPS (ペタフロップス) (※4)、実行効率 (※5) は 72.4%、消費電力当たりの演算処理性能は 16.34GFLOPS/W を達成しました。

これは、2017 年 11 月のランキングに照らし、「TOP500」では世界 3 位 (国内 1 位)、「Green500」では世界 4 位に相当する値となっています。中国の 2 台を除いて、その他の国では最も性能の高いスーパーコンピュータになりました。(2017 年 11 月のランキングでは、「TOP500」の第 3 位はスイスの PizDaint の 19.59PFLOPS、「Green500」の世界 4 位は米国の DGX SaturnV Volta の 15.11GFLOPS/W) 今後、調整と測定を重ね、更なる性能向上を図ってまいります。

なお、システム開発にあたり、ExaScaler は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の

「産学共同実用化開発事業（NexTEP）未来創造ベンチャータイプ」の支援を受けております（課題名「磁界結合 DRAM・インタフェースを用いた大規模省電力スーパーコンピュータ」）。また、基幹プロセッサである PEZY-SC2 開発にあたり、PEZY Computing は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の支援を受けております（課題名「非接触型磁界結合通信を用いた高密度実装プロセッサデバイスの開発（実証開発フェーズ）」）。

お問い合わせ先：

（液浸冷却技術、システム化技術等について）

株式会社ExaScaler

www.exascalr.co.jp

（プロセッサ、モジュールカード等について）

株式会社PEZY Computing

www.pezy.co.jp

【用語解説】

※1 TOP500

世界のスーパーコンピュータシステムのランキングであり、International Supercomputing Conference (ISC) (6月開催)、及び Supercomputing Conference (SC) (11月開催) に合わせ、年2回発表されている。LINPACK 性能に基づき、上位 500 位までのスーパーコンピュータが発表される。

【TOP500 リスト】 <https://www.top500.org/lists/>

※2 Green500

TOP500 と同時に発表される、エネルギー消費効率の良いスーパーコンピュータシステムのランキング。TOP500 にランキングされたスーパーコンピュータシステムを、消費電力 1 ワットあたりの演算処理性能 (LINPACK 性能) (単位: FLOPS/W) により順位付けする。

【Green500 リスト】 <https://www.top500.org/green500/lists/>

※3 LINPACK

LINPACK は、米テネシー大学のジャック・ドンガラ (Jack J. Dongarra) 博士らが開発した、コンピュータの性能計測 (ベンチマーク) プログラム。規則的な行列計算により連立一次方程式の解を求めることで、主に浮動小数点演算の性能を計測することができ、ハードウェアのピーク性能に近い性能を出しやすい。

TOP500 は、この LINPACK をベンチマークとして求めたスーパーコンピュータの性能 (LINPACK 性能) を比較することで、世界のスーパーコンピュータのランク付けを行っている。

※4 FLOPS (フロップス)

FLOPS (フロップス) は、スーパーコンピュータの処理速度を表す単位であり、1 秒間に実行できる浮動小数点数演算の回数を示す。1GFLOPS (ギガフロップス) は、1 秒間に 10 億 (10 の 9 乗) 回、1PFLOPS (ペタフロップス) は、1 秒間に 1,000 兆 (10 の 15 乗) 回の浮動小数点数演算を行うことを意味する。

※5 実行効率

ベンチマークを用いて実際に測定された性能 (Rmax) と、理論上のピーク性能 (Rpeak) の比 (Rmax/Rpeak)。

※6 TCI (Thru Chip Interface : 磁界結合インタフェース)

慶応義塾大学黒田研究室で開発された磁界を用いた独自の無線通信技術。従来半導体の集積度を高めるために用いられている TSV (シリコン貫通電極) による有線接続方式と比較して低消費電力ながら高速な通信が可能となり、半導体のウェハを三次元に積層させる技術や、メモリ (DRAM) とプロセッサ間の通信において大きな優位性が期待されている。

今回計測時の「暁光 (Gyokou)」の主な仕様

使用システム	ZettaScaler-2.2	
使用ホスト CPU	Intel Xeon D	16 コア、1.3GHz 駆動 8 個の PEZY-SC2 に対して 1 個使用
使用プロセッサ	PEZY-SC2	1,984 コア、700MHz 駆動
使用プロセッサ数	10,000 個	
総プロセッサコア数	19,860,000 コア	TOP500 ランキング上の最多コア数
主記憶メモリ	16GB DDR4 DIMM	4ch、2,400MHz 駆動
総主記憶メモリ容量	680.0TB	Intel Xeon D に 32GB、PEZY-SC2 に 64GB
Rmax 値 (実行性能)	20.41PFLOPS	ベンチマークを用いて実際に測定された性能
Rpeak 値 (理論性能)	28.19PFLOPS	理論上のピーク性能
消費電力	1,249KW	Green500 ルール準拠の計測器での実測値
消費電力性能	16.34GFLOPS/W	実効性能 / 消費電力
電力供給	三相 200V	システムボード上は 48V 直流給電
ネットワークカード	InfiniBand EDR	100Gbps、8 個の PEZY-SC2 に対して 1 枚使用
冷却方式	液浸冷却	施設冷水との熱交換

※データは平成 29 年 12 月 8 日時点での値。



「暁光 (Gyokou) システム全景」

(写真：株式会社 ExaScaler)

TOP500 ランキング世界上位 10 システム(2017 年 11 月)

順位	システム名	国	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
1 位	Sunway TaihuLight (太湖之光)	中国	国立スーパーコンピュータセンター	NRCPC	93.01	125.44	15.37	6.05
2 位	Tianhe-2 (天河 2 号)	中国	国防科学技術大学	NUDT	33.86	54.90	17.81	1.90
参考	Gyokou (暁光)	日本	海洋研究開発機構	ExaScaler	20.41	28.19	1.24	16.34
3 位	Piz Daint	スイス	国立スーパーコンピューティングセンター	Cray Inc.	19.59	25.33	2.27	8.62
4 位	Gyokou (暁光)	日本	海洋研究開発機構	ExaScaler	19.14	28.19	1.35	14.17
5 位	Titan	米国	オークリッジ国立研究所	Cray Inc.	17.59	27.11	8.21	2.14
6 位	Sequoia	米国	ローレンス・リバモア国立研究所	IBM	17.17	20.13	7.89	2.18
7 位	Trinity	米国	ロスアラモス国立研究所	Cray Inc.	14.14	43.90	3.84	3.68
8 位	Cori	米国	国立エネルギー研究科学計算センター	Cray Inc.	14.01	27.88	3.94	3.56
9 位	Oakforest-PACS	日本	最先端共同 HPC 基盤施設 (東京大学・筑波大学)	富士通	13.55	24.91	2.72	4.99
10 位	K computer (京)	日本	理化学研究所 計算科学研究機構	富士通	10.51	11.28	12.66	0.83

TOP500 ランキング国内上位 10 システム(2017 年 11 月)

順位	システム名	世界 順位	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
参考	Gyokou (暁光)	3 位相当	海洋研究開発機構	ExaScaler	20.41	28.19	1.24	16.34
1 位	Gyokou (暁光)	4 位	海洋研究開発機構	ExaScaler	19.14	28.19	1.35	14.17
2 位	Oakforest-PACS	9 位	最先端共同 HPC 基盤施設 (東京大学・筑波大学)	富士通	13.55	24.91	2.72	4.99
3 位	K computer (京)	10 位	理化学研究所 計算科学研究機構	富士通	10.51	11.28	12.66	0.83
4 位	TSUBAME3.0	13 位	東京工業大学 学術国際情報センター	HPE	8.13	12.13	0.79	10.26
5 位	SORA-MA	38 位	宇宙航空研究開発機構	富士通	3.16	3.48	1.65	1.91
6 位	Camphor 2	41 位	京都大学学術情報メディアセンター	Cray Inc.	3.06	5.48	0.75	4.09
7 位	(Fujitsu PRIMEHPC FX100)	43 位	名古屋大学 情報連携統括本部情報基盤セ ンター	富士通	2.91	3.24	1.38	2.11
8 位	TSUBAME 2.5	48 位	東京工業大学 学術国際情報センター	NEC/HPE	2.79	5.74	1.40	1.99
9 位	Plasma Simulator	59 位	自然科学研究機構 核融合科学研究所	富士通	2.38	2.62	1.24	1.91
10 位	(SGI ICE X)	67 位	日本原子力研究開発機構	HPE	1.93	2.41	3.01	0.64

Green500 ランキング世界上位 10 システム(2017 年 11 月)

順位	システム名	国	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
1 位	Shoubu system B	日本	理化学研究所 情報基盤センター	ExaScaler	0.84	1.13	0.050	17.01
2 位	Suiren2	日本	高エネルギー加速器研究機構	ExaScaler	0.79	1.08	0.047	16.76
3 位	Sakura	日本	株式会社 PEZY Computing	ExaScaler	0.82	1.13	0.050	16.66
参考	Gyokou (暁光)	日本	海洋研究開発機構	ExaScaler	20.41	28.19	1.24	16.34
4 位	DGX SaturnV Volta	米国	NVIDIA Corporation	Nvidia	1.07	1.82	0.097	15.11
5 位	Gyokou (暁光)	日本	海洋研究開発機構	ExaScaler	19.14	28.19	1.350	14.17
6 位	TSUBAME3.0	日本	東京工業大学学術国際情報センター	HPE	8.13	12.13	0.792	13.70
7 位	AIST AI Cloud	日本	産業技術総合研究所	NEC	0.96	2.15	0.076	12.68
8 位	RAIDEN GPU subsystem	日本	理化学研究所 革新知能統合研究センター	富士通	0.64	0.95	0.060	10.60
9 位	Wilkes-2	英国	University of Cambridge	Dell EMC	1.19	1.75	0.114	10.43
10 位	Piz Daint	スイス	Swiss National Supercomputing Centre	Cray Inc.	19.59	25.33	2.272	10.40

	日本
	米国
	中国
	欧州