

# スーパーコンピュータ「富岳」と今後の展開

2020年11月17日

富士通株式会社

理事 プラットフォーム開発本部長

新庄直樹

# スーパーコンピュータ「京」から「富岳」へ

FUJITSU

## スーパーコンピュータ「京」

Ranked Top500 No.1 in 2011  
Competitive in various fields

HPCG

No.1(2017)

AWARDS  
Gordon Bell Prize

Finalist(2016)

GRAPH  
500

No.1(2018)

PRIMEHPC FX10

PRIMEHPC FX100

スーパーコンピュータ  
「富岳」

© RIKEN

PRIMEHPC  
FX1000/FX700

fujiitsu  
A64FX

- スーパーコンピュータ「京」は 7年間の稼働ののち、2019年8月に運用を停止
- スーパーコンピュータ「富岳」は2020年5月に出荷を完了し、  
2021年度からの共用開始に向けてソフトウェアの整備中
- 富岳テクノロジーPRIMEHPC FX1000, FX700の出荷、HPEへCPU A64FX供給を開始

# 「富岳」のスペックとベンチマーク達成性能

		「京」, SPARC64 VIIIifx	「富岳」, A64FX
システム仕様	命令セット	SPARC-V9 HPC-ACE	Armv8.2-A SVE 512bit
	倍精度演算ピーク性能	11.28 Petaflops	537 Petaflops
	半精度演算ピーク性能	-	2.15 Exaflops (半精度)
	総メモリバンド幅	5.64 PB/s	163 PB/s
	インターコネク	Tofuインターコネク	TofuインターコネクD
SC20	TOP500性能 (Petaflops)	10.51 (2011.6/2011.11: 1位)	415.53→ 442.01 (2020.11: 1位)
	HPCG性能 (Petaflops)	0.6027 (2016.11~2017.11: 1位)	13.36→ 16.00 (2020.11: 1位)
	HPL-AI性能 (Exaflops)	-	1.42→ 2.00 (2020.11: 1位)
	Graph500(TTEPS)	31.302 (2014~2019.6: 1位)	70.98→ 102.95 (2020.11: 1位)

- TOP500(LINPACK ベンチマーク): スパコンの標準性能指標、理工学で一般的な線型方程式(密行列)を解く速度を測定
- HPCG: より実アプリ性能に近い評価を目指しているベンチマーク指標、反復法(CG法)で、疎行列の線型方程式を解く速度を評価
- HPL-AI: 半精度(16ビットの浮動小数点)演算を活用して線型方程式を解く速度を評価(半精度演算はAI系で多用される演算)
- Graph500: ビッグデータ処理等の性能を評価する。整数演算、メモリアクセス速度などをグラフの探索速度で評価する

# 「富岳」の技術的な新機軸と特長

## アプリケーションの高速化：最先端技術の採用

- Armのスパコン向け命令セットSVEを世界初実装、リードパートナーとしてArm社のSVE開発にも協力
  - ・ 京の4倍の処理能力を持つ演算器(512-bit SIMD)、AIで活用されている半精度演算(FP16)を実装
- 大量・高速に演算器にデータ供給できる積層メモリHBM2を汎用CPUでは世界で初めて採用
- 大規模での同時並列処理を可能とするTofuインタコネクタD採用(「京」のTofuをエンハンス)

## 省電力性・高信頼性の実現：ハードウェア～ソフトウェアまで自社開発

- CPU/システム/ソフトウェアの一体開発による巨大システムの安定稼働、稼働率向上の実現
- 電力抑制機能のハードウェア実装とソフトウェアによる効率的な制御
- 富士通のCPU設計技術と最先端半導体を組合せ、世界トップクラスの優れた電力性能を実現

## 使いやすさや広がり：業界標準の採用

- スマホやIoT機器で広く使われているArmアーキテクチャを採用したCPU「A64FX」を自社設計・開発
- OSはサーバ等で広く使われているRed Hat Enterprise Linux (RHEL 8)を採用

- 「富岳」に採用したCPU「A64FX」を搭載した2種類のスパコン製品をラインアップ

## 「富岳」



### 理研と共同開発

- 15万ノード以上
- 水冷
- TofuインターコネクタD
- 富士通製、理研製ソフトスタック

## FUJITSU Supercomputer PRIMEHPC



### PRIMEHPC FX1000

超大規模システム向けの  
スーパーコンピュータ

- 384ノード/ラック
- 水冷
- TofuインターコネクタD
- 富士通製ソフトスタック



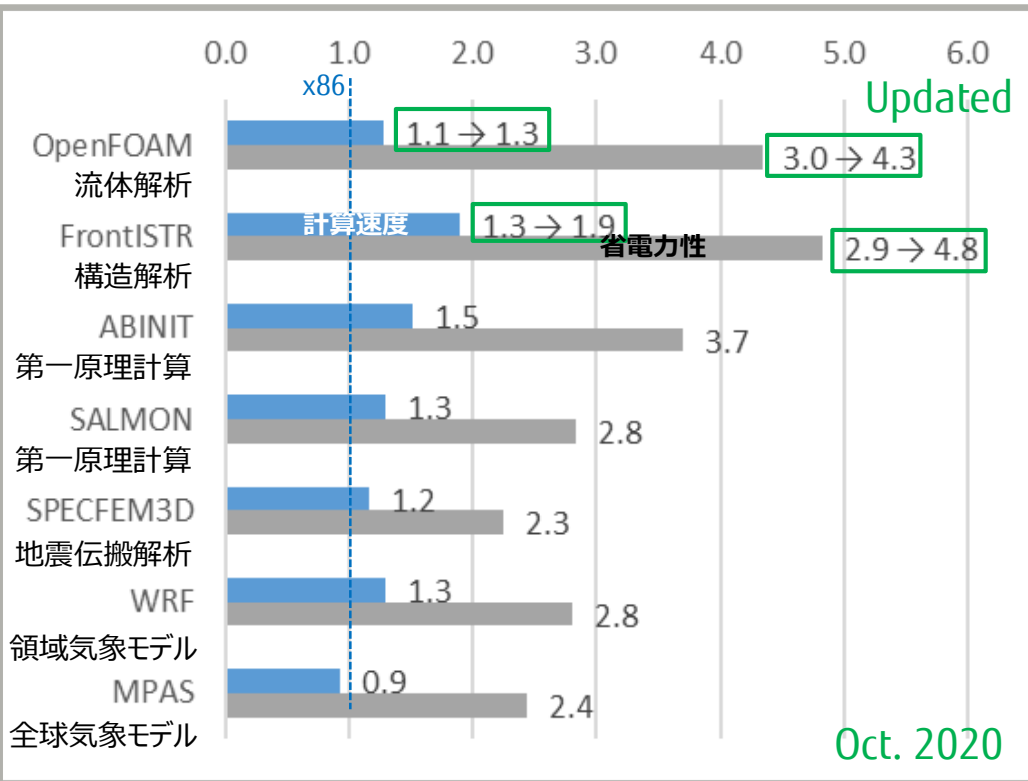
### PRIMEHPC FX700

スタンダード技術をベースと  
した導入しやすいモデル

- 8ノード/2Uシャーシ
- 空冷
- InfiniBand
- OSS/商用ソフトを活用

# A64FXの計算速度と省電力性(OSS実アプリ)

## x86 CPU x2に対するA64FX x1の性能倍率



■ 同一コア数での比較で、A64FX\*は最新のx86 CPU\*と比較して、

- 計算速度で~1.9倍
- 省電力性で~4.8倍

\* A64FX: 48コア×1CPU(2.2GHz)  
x86 CPU: 24コア×2CPU(2.9GHz)

■ 高い性能倍率を以下により実現

- HPC向けに強化したマイクロアーキテクチャ
- 省エネルギーを意識した設計と実装

# 商用アプリケーションの拡大

- ISV各社と協同し、商用アプリのFX1000対応に取り組んでいます。  
バイナリー互換のFX700と富岳にも対応します。

提供予定

研究開発中

(2020年11月現在)

エンジニアリング分野 (構造解析、流体解析、エレクトロニクス)

20年4Qから  
提供予定

• LS-DYNA  
(by Ansys )

20年10月  
から提供

• Poynting  
(by Fujitsu Limited)

Chemistry\*

FX1000向け  
に提供済み

• Amber  
• Gaussian16  
(by Gaussian, Inc.)

ADVENTURECluster  
(by Allied Engineering Co.)

CONVERGE  
CFD SOFTWARE  
(by Convergent Science)

Marc  
(by HEXAGON | MSC Software )

VASP

Altair Radioss™  
(by Altair Engineering, Inc.)

HELYX  
(by ENGYS Ltd. & VINAS Co., Ltd.)

scFLOW  
(by HEXAGON | Cradle )

VPS (PAM-CRASH)  
(by ESI Group)

Ansys Fluent  
(by Ansys )

JMAG  
Simulation Technology for Electromechanical Design  
(by JSOL Corporation)

Simcenter STAR-CCM+  
(by Siemens Industry Software Inc.)

\*協力:オーストラリア国立大学

\*\*スライド内の全てのアプリケーション名は、各ベンダーの商標または登録商標です。製品は各ベンダーからの提供になります。LS-DYNA、scFLOW、Marcは、富士通からも提供可能です。

# スーパーコンピュータが支える社会課題の解決

～ スパコンを活用したイノベーションが期待される分野例 ～

SDGsの  
目標



具体的分野

ライフサイエンス

エネルギー

ものづくり

防災・環境

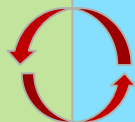
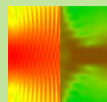
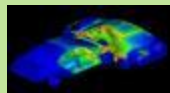
将来

現在

過去

## 【シミュレーション】

- 流体シミュレーション
- 衝突シミュレーション
- 材料シミュレーション
- ⋮



## 【データ解析】

- AI(Deep Learning)
- ビッグデータ
- ⋮



～ スーパーコンピュータ ～

シミュレーションとデータ解析の両輪で、スパコンは社会課題の解決やDXを支えるインフラとして利用が拡大



# スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム(例)

## ■ テーマ

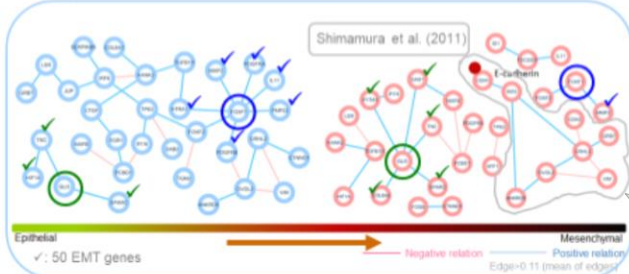
- 「大規模データ解析と人工知能技術によるがんの起源と多様性の解明」

## ■ 研究代表者

- 東京医科歯科大学M&Dデータ科学センター  
センター長 宮野 悟 特任教授

この10年で上皮がんとの関連が明らかにされた遺伝子 (✓) 間の  
関連を一挙に提示し、さらに新たな遺伝子 (○) を発見

Deep Tensorによる分析が導き出した  
この10年で上皮がんとの関連が明らかにされた遺伝子の周辺ネットワーク



2011年の  
ネットワーク  
分析で解明  
できた範囲

Heewon Park, Koji Maruhashi, Rui Yamaguchi, Seiya Imoto, Satoru Miyano, Global gene network exploration based on explainable artificial intelligence approach. PLoS ONE (2020)

## PRESS RELEASE

2020年11月10日  
国立大学法人東京医科歯科大学  
株式会社富士通研究所

### 東京医科歯科大学と富士通研究所、 「富岳」を用いてがんの遺伝子ネットワーク分析を1日以内に実現

説明可能なAIによるがん遺伝子ネットワーク解析を高速処理し、がんのメカニズム解明に貢献

国立大学法人東京医科歯科大学(注1、以下 東京医科歯科大学)と株式会社富士通研究所(注2、以下 富士通研究所)はこのたび、2020年5月から2023年3月まで実施の文部科学省のスーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム(注3)において、「大規模データ解析と人工知能技術によるがんの起源と多様性の解明」をテーマに、スーパーコンピュータ「富岳」(注4)上で、発がんに関連している可能性の高い遺伝子間の影響関係を表すネットワークの推定と富士通研究所の説明可能なAI技術「Deep Tensor(ディープ テンソル)」(注5)を用いたがんの浸潤や転移との関連を予測する計算を1日以内で実現しました。

これまで、遺伝子データからがんの病態に関連する可能性の高い遺伝子の動作を表すネットワーク構造を抽出してがんの病態を予測する計算は、大学などで利用可能なスーパーコンピュータを用いても数カ月かかっていました。そのため、個々の遺伝子レベルではわからない新たながんのメカニズムを発見し、研究の中に取り入れることが困難でした。

今回、「富岳」を用いて、2万個の遺伝子データ解析から上皮がん細胞における遺伝子間の影響関係を表すネットワークを抽出し、さらに富士通研究所の「Deep Tensor」を用いてがんの浸潤や転移との関連を予測し、その予測根拠を提示することができるようになりました。

東京医科歯科大学と富士通研究所は、今後、がんの起源や多様性の獲得の解明に貢献するとともに、スーパーコンピュータ「富岳」の特色であるAI分野での活用を加速させ、産業競争力の強化へ貢献していきます。

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/11/10.html>

# グローバル展開の取り組み

## ■ 製品の販売実績

### ■ PRIMEHPC FXシリーズ

- GENCI(仏)
- レーゲンスブルク大学(独)
- サンディア国立研究所(米) 他

### ■ HPE社による、A64FX搭載のスパコンHPE Apollo 80

- ライプニッツ・スーパーコンピュータ・センター(独)
- ブリストル大学(英)
- ロスアラモス国立研究所(米) 他

## ■ 海外の先端研究機関との連携

### ■ 共同研究開発の実施

- Barcelona Supercomputing Center(スペイン)

### ■ 評価環境の提供

- Jülich Supercomputing Centre(独)、EPCC(英)、他



PRIMEHPC FX700



FX1000



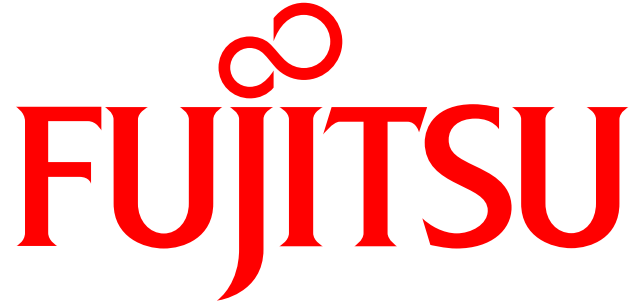
HPE Apollo 80 System

A64FXのArm SVEを活かした  
アプリ評価とエコシステム開発



- 富士通が40年に渡って培った、ハードウェアからソフトウェアにいたるスパコン技術を全て結集することで、巨大システム「富岳」の実現に貢献
- 「富岳」の高いアプリケーション性能を目指した設計と実装により、多くのベンチマークランキングで首位を2020年6月から2期連続で獲得
- 「富岳」の世界最高速の性能は、高いシミュレーション・AI処理能力が必要となる、Society 5.0の実現に貢献できると期待
  - COVID-19対策に向けた先行利用の取り組み、がんの起源と多様性の解明 等
- 「富岳」で採用した技術をグローバルにビジネスに展開中（PRIMEHPC、A64FX）

富士通はスパコンの生み出す成果を通じて、豊かで夢のある未来を世界中の人々に提供することを目指します。デジタル時代を迎え、高いシミュレーション・AI処理能力を有するスパコンは、より一層、様々な分野での活用が広がると考えています。

The logo features a red infinity symbol positioned above the word "FUJITSU". The word is rendered in a bold, red, serif typeface. The letter 'J' is notably stylized with a long, sweeping tail that extends downwards and to the left.

**FUJITSU**

shaping tomorrow with you