

## FOCUS スパコンシステム運用の 10 年 (2)

西川武志<sup>†1</sup>, 木下朋子<sup>†1</sup>

**概要:** 公益財団法人計算科学振興財団が運用する FOCUS スパコンシステムは、産業界の利用者がスーパーコンピュータ「京」へステップアップするために設計され 2011 年 4 月に運用を開始し、現在は「富岳」を中核とする HPCI 計算資源等へのステップアップのために運用されている。2020 年度は 215 法人 278 課題に利用され 10 年度で累計 360 法人 576 課題が利用してきた。前回の報告では FOCUS スパコンシステムでは年度別、月別の利用パターンやストレージの利用状況等が大学・公的研究機関のスーパーコンピュータシステムとは明確に異なる傾向があることを報告した。今回は前回から 9 ヶ月分のデータを追加して統計を報告すると共に利用されたアプリケーションソフトウェアの利用計算資源量（ノード時間積）について報告する。

**キーワード:** インセンティブ設計, 計算センター運用, 運用統計, 並列度向上

### 1. はじめに

計算科学振興財団 (FOCUS) が運用する産業界向けスーパーコンピュータシステム「FOCUS スパコン」は 2021 年度に 2011 年 4 月に共用を開始した Intel Xeon(Westmere)を採用した FUJITSU Server PRIMERGY BX900 システムからなる A システムの運用が 11 年度目を迎えた。一方で 2014 年 1 月に共用を開始した Intel Xeon(IvyBridge)を採用した CRAY CS300 システムからなる D,E システムの運用を完全に終了した。このように 4 年から 7 年でリース契約が更新され新システムに移行する大学や公的研究機関のスーパーコンピュータシステムとは異なるシステムの調達・運用を行なっている。FOCUS スパコンにおける並列課金インセンティブ、すなわち 1 ジョブで複数のノードを確保して使うとノード課金時間単価を割引いてジョブ実行時の並列度を増加させる運用もおこなってきた[1-7]。

前回の報告[8]では 2011 年度から広く産業界に向けて、スーパーコンピュータ「京」/「富岳」をはじめとする HPCI を構成するスーパーコンピュータの産業利用促進・ステップアップのために運用されてきた、HPCI を構成する大学等の計算資源と比べて一桁から二桁も小さなスーパーコンピュータ、FOCUS スパコンが 10 年にわたってどのように運用され、どのように利用されてきたかを報告した。今回は前回から 9 ヶ月分のデータを追加し 2020 年度末までの利用状況を報告すると共に利用されたアプリケーションソフトウェアの利用計算資源量（ノード時間積）について報告する。

### 2. FOCUS スパコンシステムの運用状況

FOCUS スパコンの各システムの詳細についてはこれまでの報告[1-8]で述べており割愛するが、前回の報告で 2020 年 6 月時点で運用を終えていた D システムは 2020 年 8 月に運用を再開し 2021 年 3 月まで運用し 2021 年 6 月現在、

既に運用を終えて撤去が進んでいる。一旦、運用を停止した D システムの運用を再開させたのは InfiniBand を搭載した A, F システムが期間占有予約で従量利用に供給されるノード数が減少したためであった。

### 3. FOCUS スパコンシステムの利用状況

図 1 に 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用法人数、課題数、登録ソフトウェアベンダー数の推移の推移を図 2 に 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコンの計算資源供給量と利用量の推移を示す。表 1 に 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用課題数の地域別、規模別割合を表 2 に 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用課題の利用目的割合（複数回答可、割合は全回答に占めるもの）を示す。

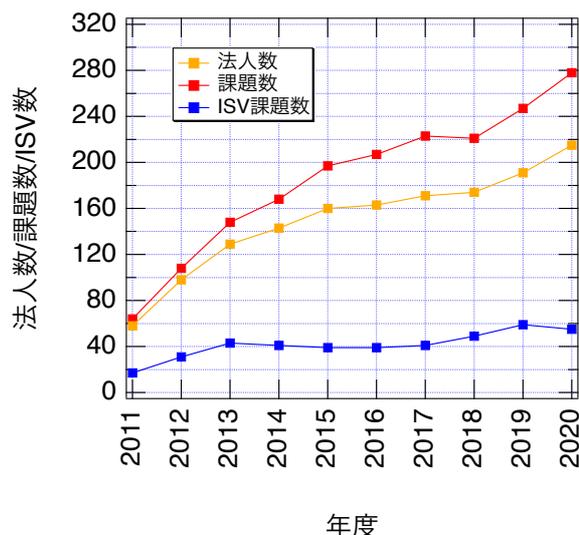


図 1 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用法人数、課題数、登録ソフトウェアベンダー数の推移

<sup>†1</sup>(公財)計算科学振興財団  
Foundation for Computational Science

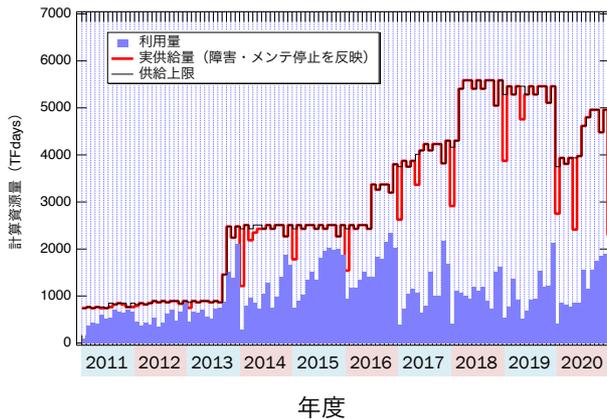


図2 2011年度から2020年度までの FOCUS スパコンの計算資源供給量と利用量の推移

表1 2011年度から2020年度までの FOCUS スパコン利用課題数の地域別、規模別割合

年度	2011	2012	2013	2014	2015
兵庫県	17%	17%	16%	21%	18%
兵庫以外の関西	19%	18%	17%	9%	16%
関西以外	64%	64%	67%	70%	66%
大企業	62%	65%	67%	60%	60%
中小企業 小規模企業者	29%	30%	30%	35%	39%
それ以外	9%	5%	3%	5%	1%
年度	2016	2017	2018	2019	2020
兵庫県	11%	15%	15%	16%	14%
兵庫以外の関西	16%	17%	16%	15%	18%
関西以外	67%	68%	69%	69%	68%
大企業	60%	61%	61%	60%	60%
中小企業 小規模企業者	37%	36%	35%	38%	36%
それ以外	4%	4%	4%	2%	5%

図5に東京大学情報基盤センターOakbridge-CX 研究分野別利用 CPU 時間割合(2020年度)[9]を、図6から図9に2020年度における FOCUS スパコンにおける分野別利用ノード時間割合を示す(図6:A システム, 図7:D システム, 図8:F システム, 図9:H システム) .:

表2 2011年度から2020年度までの FOCUS スパコン利用課題の利用目的割合

(複数回答可、割合は全回答に占めるもの)

利用目的	年度				
	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014	FY2015
HPCスタートアップ利用	30%	33%	27%	26%	26%
HPCステップアップ利用	21%	21%	29%	29%	38%
外部HPC環境を利用した新規事業のトライアル利用	13%	12%	11%	8%	10%
HPC向けの国産アプリの開発及び国産アプリの利用	13%	13%	10%	11%	8%
公的アプリケーションソフトの利用	2%	5%	5%	5%	5%
産学官連携利用	11%	10%	6%	9%	5%
企業技術者の育成利用	7%	5%	7%	7%	7%
「京」/「富岳」を中核とする研究教育拠点(COE)形成に資する利用	0%	0%	2%	2%	1%
その他	2%	1%	4%	4%	0%
利用目的	年度				
	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020
HPCスタートアップ利用	24%	26%	31%	30%	29%
HPCステップアップ利用	37%	34%	28%	27%	26%
外部HPC環境を利用した新規事業のトライアル利用	8%	9%	10%	11%	11%
HPC向けの国産アプリの開発及び国産アプリの利用	10%	10%	9%	9%	10%
公的アプリケーションソフトの利用	6%	6%	8%	8%	9%
産学官連携利用	7%	7%	6%	6%	6%
企業技術者の育成利用	8%	7%	7%	8%	8%
「京」/「富岳」を中核とする研究教育拠点(COE)形成に資する利用	0%	1%	1%	1%	1%
その他	0%	0%	0%	0%	0%

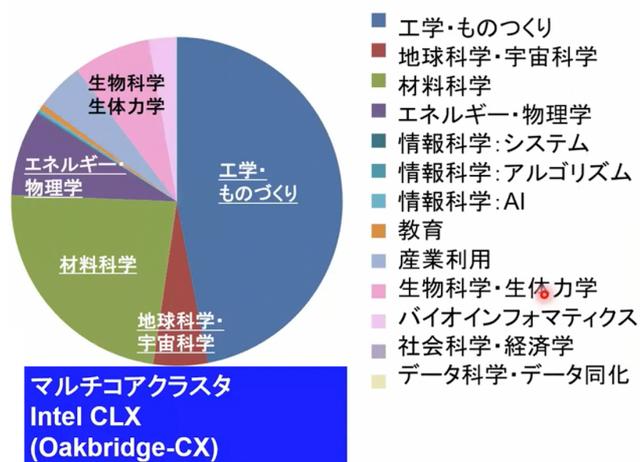


図5 東京大学情報基盤センターOakbridge-CX 研究分野別利用 CPU 時間割合 (2020 年度)

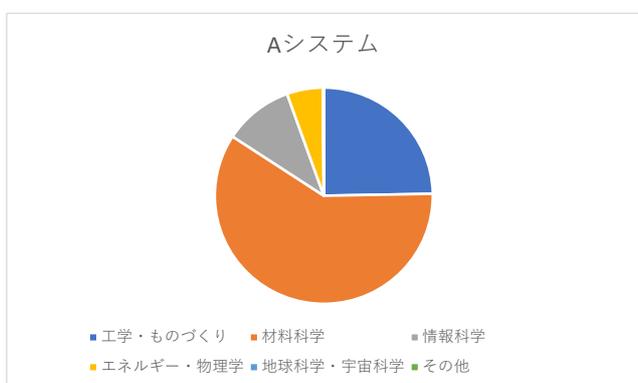


図6 FOCUS A システム分野別利用ノード時間割合

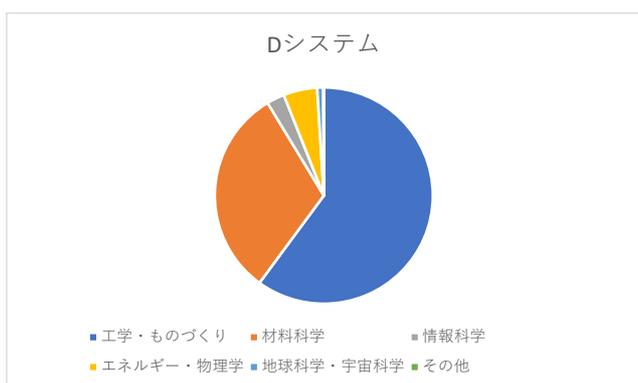


図7 FOCUS D システム分野別利用ノード時間割合

表3に2014年度から2020年度までのFOCUSスパコン全システムTFLOPSノード時間換算でのアプリケーション別利用計算量と割合を示す。

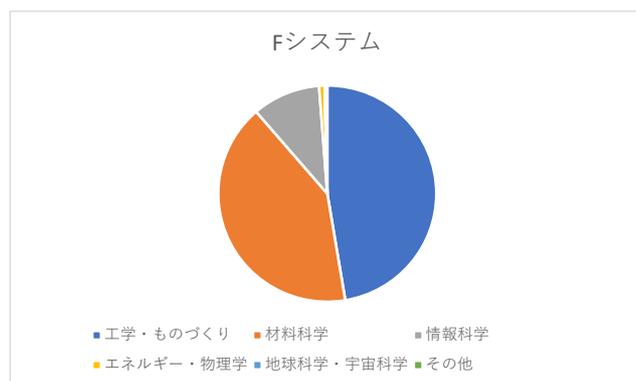


図8 FOCUS F システム分野別利用ノード時間割合

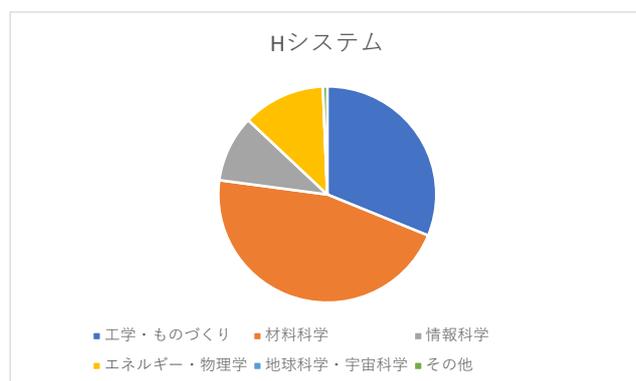


図9 FOCUS H システム分野別利用ノード時間割合

## 4. 考察

### 4.1 2011年度から2020年度までのFOCUSスパコン利用法人数、課題数、登録ソフトウェアベンダー数の推移

2011年度から2020年度まで利用法人数、課題数、登録ソフトウェアベンダー数は全て年率平均2割で増加し続けてきた。登録ソフトウェアベンダー数は2013年度から2015年度および2020年度に吸収合併等が相次ぎ前年割れとなったが概ね増加傾向にある。法人数、課題数の伸びが2016年度から2018年度まで鈍化していたのはリピータ重視方針を取り新規開拓が比較的后回しになっていた影響であったが2018年度から、「富岳」も見据えて、新規開拓拡張に方針を変更した成果がすぐに現れて2020年度には法人数215、課題数278と過去最高を更新した。

法人数に対する課題数の比率は2011年度から2014年度までが年度平均113%、2015年度から2020年度までは年度平均128%となっており、利用が進むにつれ同一法人内でのロコミでの利用増加につながっていると思われる。

### 4.2 2011年度から2020年度までのFOCUSスパコンの計算資源供給量と利用量の推移

FOCUSスパコンは利用者が並列度向上を図るために大規模並列実行を行いたいと思った時に実行できるように利

利用率最大 50%を目標に,利用率 25%で採算が取れるように運用する運用方針を立てている. 利用率 100%を目指す企業内共用計算機や全国情報基盤センターの計算機とは全く異なる方針である. しかしながら 2011 年度から 2016 年度まで増大する需要に供給が不十分で下半期の月平均利用率が 7 割を超えてしまっていた. 超過した利用率によってもたらされた剰余により計算資源を逐次増強することで 2017 年度以降は年間利用率平均 50%未満を達成することができた.

表 3 2014 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン全システム TFLOPS ノード時間換算でのアプリケーション別利用計算量と割合 (黄色は OSS 等)

順位	名称	計算量	割合
1	STAR-CCM+	203,415	17.0%
2	VASP	116,415	9.7%
3	SUSHI/Octa	91,537	7.7%
4	Fluent	78,525	6.6%
5	Gaussian09	77,789	6.5%
6	OpenMX	53,425	4.5%
7	LAMMPS	50,334	4.2%
8	OpenFOAM	43,950	3.7%
9	FrontFlow/red	37,797	3.2%
10	CONVERGE	36,860	3.1%
11	Gaussian16	34,603	2.9%
12	Python	27,979	2.3%
13	in House 1	26,353	2.2%
14	PHITS	24,177	2.0%
15	pSOLV	22,597	1.9%
16	PHASE	21,708	1.8%
17	GAMMESS	20,165	1.7%
18	LS-DYNA	15,850	1.3%
19	iconCFD	14,991	1.3%
20	CFX	14,031	1.2%

#### 4.3 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用課題数の地域別, 規模別割合

兵庫県・関西の RDP (地域内総生産) は日本の GDP の 16% を占めるに過ぎないのに FOCUS スパコンの利用課題件数別では 3 割を占めているのは FOCUS が神戸市ポートアイ

ランドに位置するため, 出捐者である兵庫県・神戸市・神戸商工会議所と関西圏の企業との関係が密接なこと, FOCUS 賛助会員の多くが関西経済連合会の会員団体であることが影響していると考えられる.

課題の規模別では大企業が 2011 年度の共用開始以来ずっと 6 割以上を占めている. 中小企業では HPC・CAE そして最近では AI/機械学習/ビッグデータ解析支援や受託計算を行う企業等が多数を占めており, インキュベーション環境となっている.

#### 4.4 2011 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコン利用課題の利用目的割合

「HPC スタートアップ利用」と「HPC ステップアップ利用」が概ね 3 割から 4 割を占め, 次いで「外部 HPC 環境を利用した新規事業のトライアル利用」と「HPC 向けの国産アプリの開発及び国産アプリの利用」がそれぞれ 1 割を占め, 「公的アプリケーションソフトの利用 (海外の Public Domain Software, Open Source Software 等)」「産学官連携利用」「企業技術者の育成利用」が 1 割弱で続く. 「企業技術者の育成利用」は 2019 年度からは企業内研修が FOCUS スパコンや付帯設備を利用して行われるようになってきており, 次なる FOCUS の主力事業として成長しつつある.

#### 4.5 利用分野 (アプリケーション) 別システム毎の利用状況

図 5 に東京大学情報基盤センターのマルチコアクラスター (Oakbridge-CX) の研究分野別利用 CPU 時間割合 (2020 年度) を示しているが, 2021 年 5 月 11 日 (火) 13:30-15:30 に東京大学情報基盤センターによってオンライン実施された第 2 回 Wisteria/BDEC-01 システム利用説明会の録画映像から引用した. 録画映像では他に Intel Xeon Phi を搭載したメニニコアクラスター (Oakforest-PACS), GPU クラスタ (Reedbush-H/L) システムの結果も示されていたが, FOCUS スパコン A, D, F, H システムは Intel Xeon CPU のみを搭載しているノードが大半を占めるため, これらと比較するためマルチコアクラスター (Oakbridge-CX) 結果を引用した. CPU 時間とノード時間積という違いはあるものの傾向は掴めるとして FOCUS スパコン A, D, F, H システムの分野別利用ノード時間割合を算出し, 図 6 から 9 に示した. 東大情報基盤センターのマルチコアクラスターと FOCUS スパコン D, F システムは「工学・ものづくり」が半分を占めているところが共通している. 「工学・ものづくり」分野の多数を占める流体計算を行う利用者が InfiniBand で接続されたアーキテクチャで最近の CPU システムを指向するところが共通していると考えられる.

一方, A システムは 2011 年度運用開始の旧式システム, H システムはノード間が 10Gbit Ethernet 接続ということから低ノード数並列ジョブ, 「材料科学」分野で Gaussian 09/16 のジョブが多く実行されていることが判明した.

表 3 から 2014 年度から 2020 年度までの FOCUS スパコ

ン全システム TFLOPS ノード時間換算でのアプリケーション別利用計算量は OSS が 4 割, 商用/有償ソフトウェアが 6 割ということが判明し, 企業中心の利用ではサポートが厚い商用/有償ソフトウェアを選ぶ傾向が強いこともわかった.

## 5. まとめ

本稿では産業界向けにスーパーコンピュータ「京」/「富岳」を中核とする HPCI 計算資源に向けて, スーパーコンピュータ 利用技術の獲得や並列化向上のために整備・運用されている FOCUS スパコンシステムの運用の 10 年を計算資源については 2011 年度から 2021 年度まで, アプリケーションに関しては 2014 年度から 2021 年度まで報告した. 産業界の利用はアプリケーション別では利用計算量換算で OSS が 4 割, 商用/有償ソフトウェアが 6 割と自作や OSS が多い大学・公的研究機関のスーパーコンピュータシステムとは明確に異なる傾向であることが明らかとなった.

**謝辞** FOCUS スパコンシステムの運用や利用者の開拓に尽力されている計算科学振興財団の同僚と利用者各位に, 謹んで感謝の意を表す. 新型コロナウイルス感染症 COVID-19 騒動の煽りを受け, 別の疾病の十分な治療が受けられず 2020 年 4 月に早逝した FOCUS 運用グループ徳武友輔氏に哀悼の意を表す. 氏は 2014 年 1 月から亡くなるまで FOCUS スパコンシステムの運用に携わり中核を担っており, 本報告は氏の貢献があったからこそ成立した.

## 参考文献

- [1] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2015-HPC-149(2),1-4 (2015-06-19).
- [2] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 II, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2016-HPC-157(10),1-5 (2016-12-14).
- [3] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 III, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2017-HPC-161(3),1-5 (2017-09-12).
- [4] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 IV, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2018-HPC-163(17),1-5 (2018-02-21).
- [5] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 V, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2018-HPC-166(1),1-4 (2018-09-20).
- [6] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 VI, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2019-HPC-170(23),1-4 (2019-07-17).
- [7] FOCUS スーパーコンピュータシステムにおける並列課金インセンティブの効果 VII, 西川 武志, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2020-HPC-174(2),1-5 (2020-05-06).
- [8] FOCUS スパコンシステム運用の 10 年, 西川 武志, 木下朋子, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2020-HPC-175(22),1-6 (2020-07-23).
- [9] 第 2 回 Wisteria/BDEC-01 システム利用説明会 動画 <https://www.youtube.com/watch?v=1bbZVO6-UQg&t=427s>