Vol.2018-HPC-163 No.17
2018/3/1

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 IV

西川武志[†1]

概要：前回の報告では２０１７年４月から１０月においてＡ，Ｄ，Ｅ，Ｆ，Ｈの五つの性能や機器構成の異なるシステムが存在する状況で課金インセンティブを適切に設定することで特定のシステムに利用が偏ることが無い運用を実現していることを報告した．今回の報告では，年度単位での利用の繰り返し回数（リピート数）によって課金インセンティブが個別の利用者にどのような利用傾向をもたらしているかを報告する．結果、リピート数が２回以下と６回以上の利用者において課金インセンティブの効果が小さいことが明らかとなった．６回以上のリピート数の利用者の平均ノード数が小さい理由は並列課金インセンティブ以外の動機でＦＯＣＵＳスパコンシステムを利用していることであることがわかった

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

これまでの報告[1-3]では計算科学振興財団（FOCUS）が運用する産業界向けエントリースーパーコンピュータシステム「FOCUS スパコン」に関して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くという並列課金インセンティブを毎年度変化させて設定することでジョブ実行時の並列度を増加させることに成功してきた．

最初の報告[1]では A システム（Westmere-EP 世代）のみが並列課金インセンティブを持っていたため図１の a024h キューに示すように 2011 年-2014 年まで a024h キューの平均並列ノード数が増大した．次の報告[2]では A システムに加えて D システム（Ivy-Bridge 世代）にも並列課金インセンティブを毎年度変化させて設定することで図１のように 2015 年-2016 年度において d024h キューの平均並列ノード数が増大した．前回の報告[3]において 2016 年度から 2017 年度上半期においても図１の d024h，f024h，h024h キューの平均並列ノード数が増大しており並列課金インセンティブが有効であることを示せた．

本稿では課題となっていた個別の利用者の年度毎の詳細な利用推移を調査し，年度単位での利用の繰り返し回数（リピート回数）によって課金インセンティブがどのような利用傾向をもたらしているかを報告する．

当初はリピート回数が少ないと並列ノード数も少なくリピート回数が多くなるにつれて平均ノード数が増大すると予想したが，結果，利用回数が２回以下と６回以上の利用者において課金インセンティブの効果が小さいことが明らかとなった．

６回以上のリピート数の利用者の平均ノード数が小さい理由は並列課金インセンティブ以外の動機でＦＯＣＵＳスパコンシステムを利用していることであることがわかった．

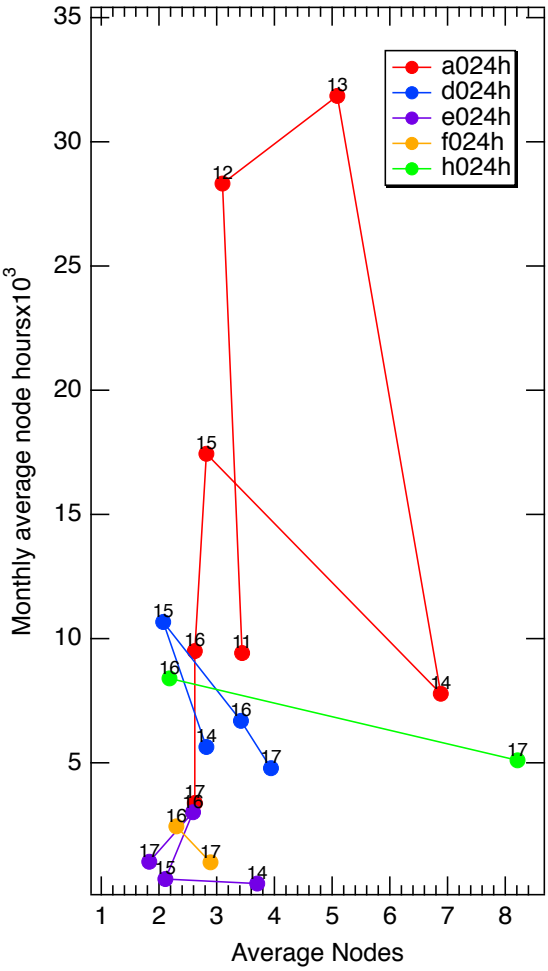

図１　A，D，E，F，H システムの 24 時間キューにおける全課題の平均ノード数に対する月あたり利用ノード時間

2. FOCUS スパコンシステム

FOCUS スパコンシステムの概要については前回の報告[3]に A，D，E，F，H システムについて概要を述べているるが，F システムを前回から１２ノード追加していることもあり，あらためて各システムの基本仕様を述べる．

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

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

2.1 FOCUS スパコン A, D, E, F, H 概要

FOCUS スパコン A，D，E，F，H システムの概要は次の通りである．

(1) **A システム（224 ノード）**

高並列化環境（40Gbps QDR-Iinfiniband 接続）

CPU：Xeon L5640（Westmere-EP） 2.26 GHz 6 コア×2 108GFLOPS, RAM：48GB, HDD：500GB

(2) **D システム（80 ノード）**

高並列化環境（56Gbps FDR-Iinfiniband 接続）

CPU：Xeon E5-2670 v2（Ivy-Bridge） 2.5 GHz 10 コア×2 400GFLOPS, RAM：64GB, HDD：6000GB

(3) **E システム（48 ノード）**

高並列化環境（56Gbps FDR-Iinfiniband 接続）

CPU：Xeon E5-2670 v2（Ivy-Bridge） 2.5 GHz 10 コア×2 400GFLOPS, RAM：128GB, HDD：2000GB

Xeon Phi 5110P 1.053GHz 60 コア×4, 4044GFLOPS

(4) **F システム（24+2 ノード）**

高速化環境（56Gbps FDR-Iinfiniband 接続）

CPU：Xeon E5-2698 v4（Broadwell） 2.2 GHz 20 コア×2 1152GFLOPS, RAM：128GB, HDD：6000GB

2 ノードには PCI 版 NVIDIA Tesla P100 をそれぞれ 1 基搭載

(5) **H システム（136 ノード）**

高密度高並列化環境（34 ノード/3U シャーシ，シャーシ間 40Gbps Ethernet ×16 シャーシ内ノード間 10Gbps Ethernet ×2 接続）

CPU：Xeon D-1541（Broadwell） 2.1 GHz 8 コア×1 205GFLOPS, RAM：64GB, SSD：512GB

FOCUS スパコンでは Westmere-EP、Ivy-Bridge、Broadwell と三つの Xeon 世代が混在し、ノード性能と課金単価が A システムの 108GFLOPS・100 円/ノード時間から F システムの 1,152GFLOPS・500 円/ノード時間と性能で 10.7 倍,課金単価で 5 倍もの開きが存在する．

システムの特徴もノード間通信路に InfiniBand を備えた A（QDR）, D, E, F（FDR）システムと 10Gbit Ethernet を備えＨシステムと利用者がどのシステムが自分の利用目的に合致しているか,絶対性能やコストパフォーマンスがどうなのかについて単純に判断できない状況にある．FOCUS では利用者に向けてシステムの理論性能のみならず複数の実アプリケーション（OpenFOAM, ANSYS Fluent, NAMD, iconCFD）の性能について開示して利用者の目的に応じたシステム選択に役立てている[4]．特に OpenFOAM に関してはコストパフォーマンスはA，D，E，F，Hどのシステムを利用してもほぼ同一となっている[5].

2.2 FOCUS スパコン課金制度とインセンティブ

FOCUS スパコンの課金制度には大きく二つあり従量制と予約制がある[6]．従量制は常設キューを利用したノード数と経過時間の積にノード時間単価を乗じて利用課金する．予約制は事前に１日単位、月単位、年度単位でノード数を確保し従量制とは別の単価で課金する．課金インセンティブは従量制と１日単位の予約キューに与えている．

図２に 2011 年度から 2017 年度A，D，E，F，Hシステムの課金インセンティブ（従量制時間単価）を示す．

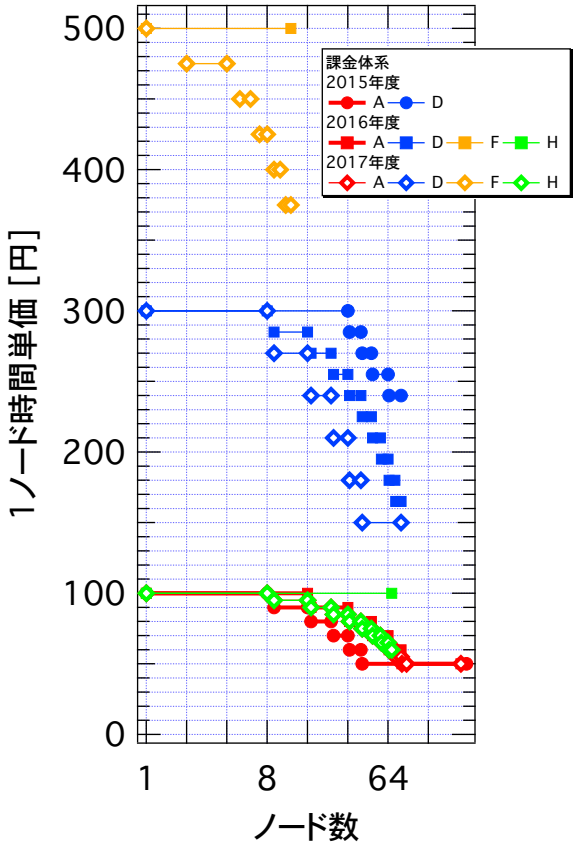

図２　2011 年度から 2017 年度A，D，E，F，Hシステムの課金インセンティブ（従量制時間単価）

2017 年度の課金インセンティブの設計方針は

- 前年度に対し翌年度は同じノード数であれば課金単価が上昇させる
- Xeon Phi, Tesla P100 等のアクセラレータの付加価値は設定しない
- A システムから H システムへの移行を促すためにノード性能が A システムの約 2 倍の H システムの課金インセンティブを A システムと同一にする
- D, E システムから F, H システムへの移行を促すために全てのノード数領域に置いて F, H システムのコストパフォーマンスを D, E システムより優位にする

図３に 2015 年度から 2017 年度のコストパフォーマンス（GFLOPS/円）を示す．

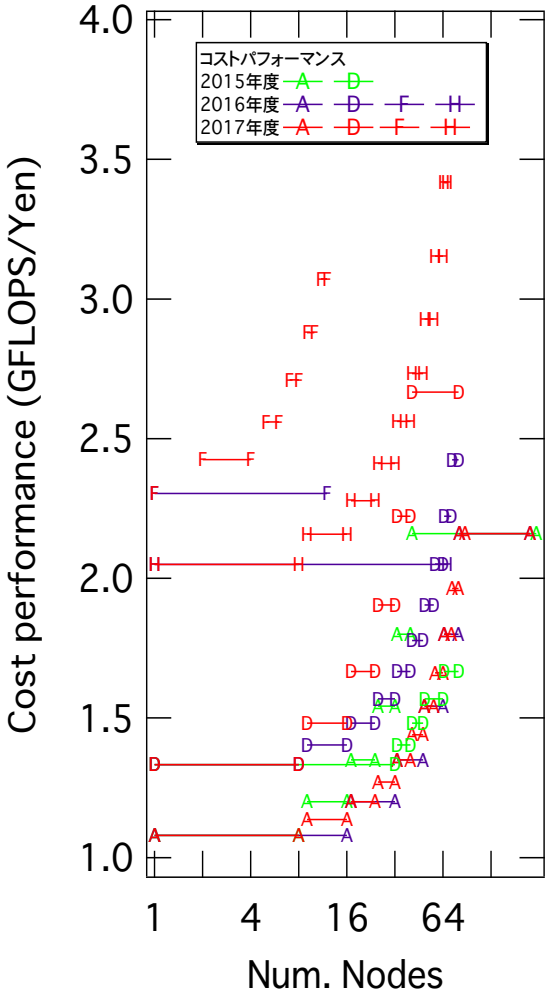

図３　2015 年度から 2017 年度のコストパフォーマンス（GFLOPS/円）

3. 課金インセンティブの効果

複数システムが存在する状況での課金インセンティブの効果を検討するため 24 時間キューについて、図４にＡシステム計算資源利用量のノード数分布（2015 年度，2016 年度，2017 年度第２，３四半期），図５にＤシステム計算資源利用量のノード数分布（2015 年度，2016 年度，2017 年度第２，３四半期），図６にＦシステム計算資源利用量のノード数分布（2016 年度，2017 年度第２，３四半期），図６にＦシステム計算資源利用量のノード数分布（2016 年度，2017 年度第２，３四半期），図７にＨシステム計算資源利用量のノード数分布（2016 年度，2017 年度第２，３四半期）を示す．

Ａシステムは図１の全体の平均ノード数では 2015 年度から 2017 年度まで若干減少傾向にあったが，図４の分布から８ノード以下の利用者群と９ノード以上４８ノード以下の利用者群と４９ノード以上の利用者群に分かれている．全体の平均ノード数の若干の減少は１ノードだけを利用するものが年々増加しており，その影響が大きいためであった．

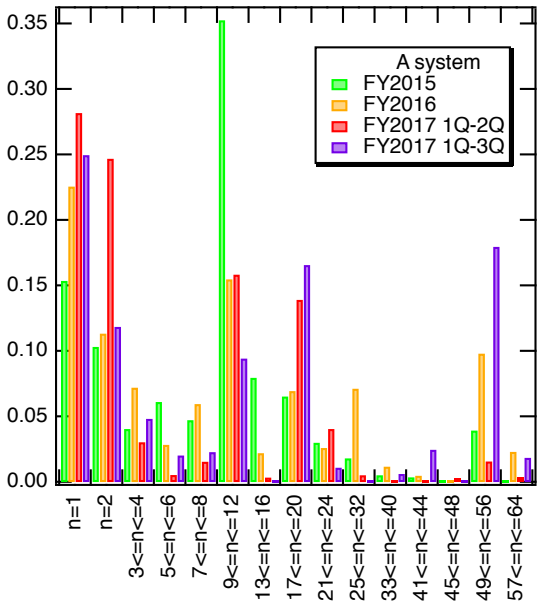

図４　Ａシステム計算資源利用量のノード数分布（2015 年度，2016 年度，2017 年度第２，３四半期）

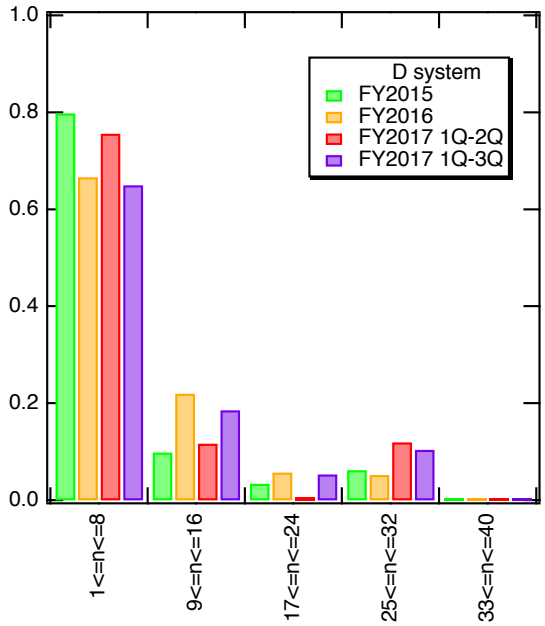

図５　Ｄシステム計算資源利用量のノード数分布（2015 年度，2016 年度，2017 年度第２，３四半期）

Ｄシステムは年度が進むにつれてノード数が増加しており課金インセンティブの効果が順調に現れている．2017 年度に着目すると第２四半期までよりも第３四半期までのりようが並列ノード数が増加している．

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

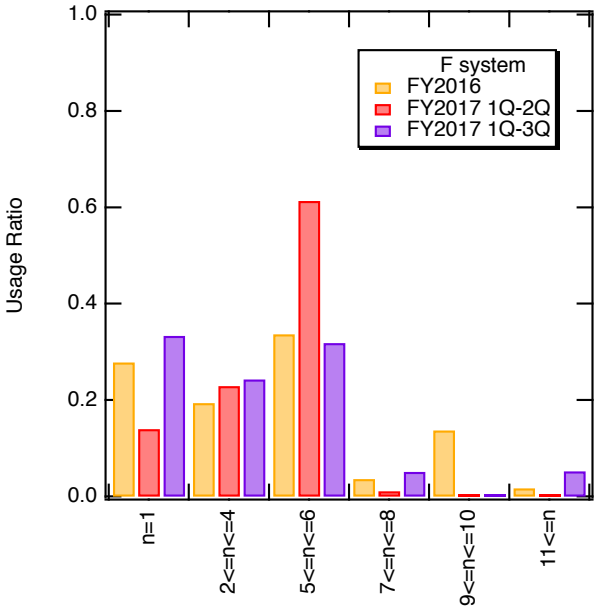

図６　Ｆシステム計算資源利用量のノード数分布（2016 年度，2017 年度第２，３四半期）

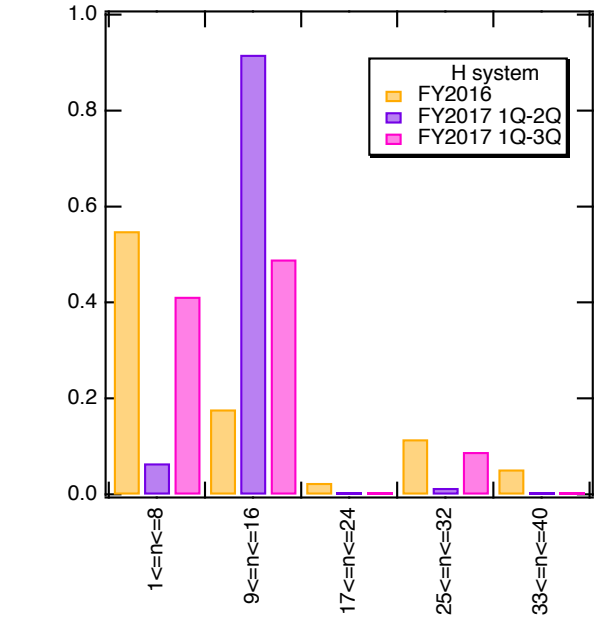

図７　Ｈシステム計算資源利用量のノード数分布（2016 年度，2017 年度第２，３四半期）

図６からＦシステムでは課金インセンティブにより並列ノード数を増やす効果があるもののノード数が 2017 年度第２四半期まではノード数が１２～１４ノードしか利用できなかったため８ノード以上利用は少なかったが 2017 年度第３四半期から最大２６ノード利用可能となったためインセンティブが働く１１ノードまでの利用が増えている．

図７からＨシステムではノード性能が相対的にＦシステムの５分の１と低いため、並列課金インセンティブが無かった 2016 年度から並列課金インセンティブを設定した 2017 年度に並列ノード数の増加がより顕著に現れている．

Ａシステムの利用者群が３群に分かれている要因として，FOCUS スパコンの利用習熟度が関係しているのではと予想し，2017 年度の計算資源利用状況が年度単位での利用の繰り返し回数（リピート回数）によって平均ノード数が各システムでどのようになっているかを調べた．表１にリピート回数と利用者割合と計算資源利用割合を示す．

利用課題数が 2015 年度から 2017 年度まで年率平均 6%で増加しておりリピート回数１回の利用者の割合が約６割に達する状況である．一方でリピート回数５回以上の利用者は全体の４％と極めて少ないことがわかる．

リピート回数４回の利用者はＡシステムからＨシステムに移行していると言える．

表１　リピート回数と利用者割合と計算資源利用割合

リピート回数	利用者割合	計算資源利用量割合				
		A	D	E	F	H
1	61%	46%	43%	25%	35%	28%
2	22%	24%	25%	15%	37%	16%
3	10%	27%	11%	11%	10%	1%
4	4%	3%	16%	36%	16%	54%
5	2%	0%	3%	12%	2%	0%
6	1%	0%	0%	0%	0%	0%
7	1%	0%	0%	0%	0%	0%

このようなリピータ回数の利用者の状況でどのように課金インセンティブが働いているかを簡便に調べるために図８にＡ、図９にＤ、図１０にＦ、図１１にＨと各システムのジョブあたりの平均ノード数に対する利用ノード時間を示す．

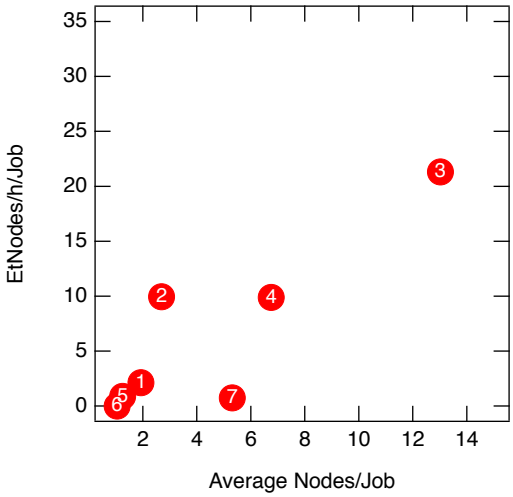

図８　Ａシステムのジョブあたりの平均ノード数に対する利用ノード時間

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

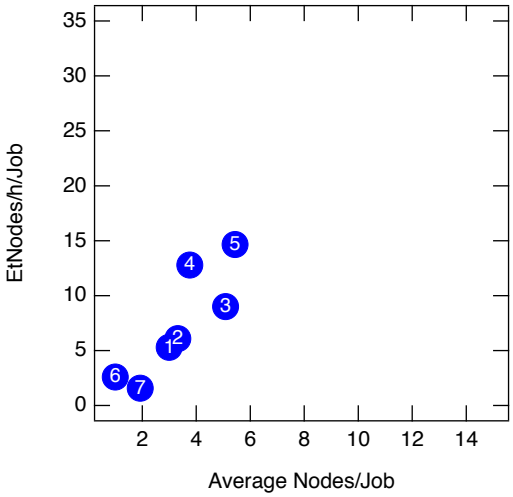

図９　D システムのジョブあたりの平均ノード数に対する利用ノード時間

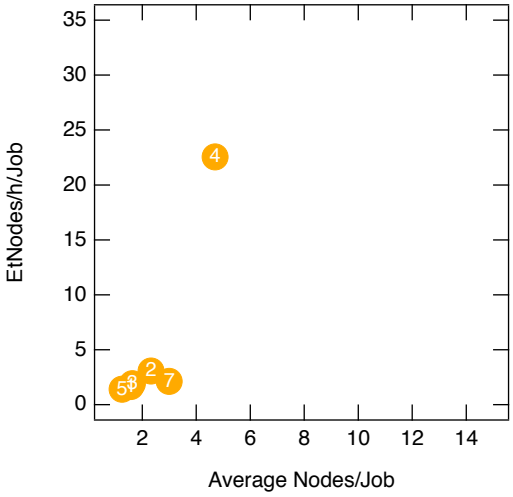

図１０　F システムのジョブあたりの平均ノード数に対する利用ノード時間

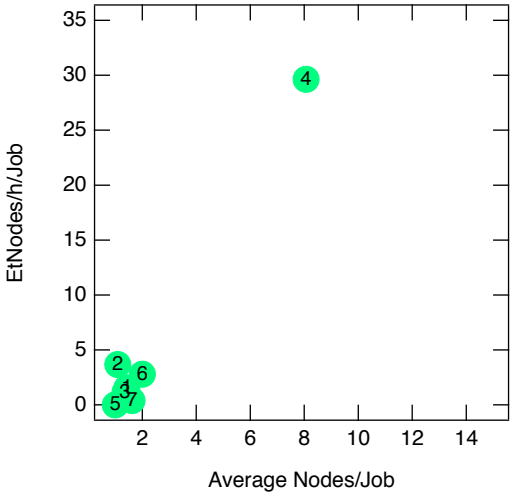

図１１　H システムのジョブあたりの平均ノード数に対する利用ノード時間

リピート回数５回以上の利用者は少ない平均ノード数と少ない計算機資源利用量という傾向があり，リピート回数 1 回すなわち新規利用者よりも少ない値を示している．これらの利用者は FOCUS スパコンがＡシステムしか主要な計算資源が無かった頃からの利用者であり，もともと課金インセンティブの効果が少なく並列化もほとんどせず、外部計算資源を求めている利用者であることが分かった．

一方リピート回数が２回以下の利用者は FOCUS スパコンの利用経験が浅く並列課金インセンティブの効果が小さいと考えられる．リピート回数３～4 回の利用者は並列課金インセンティブに敏感でありＡ，Ｄシステムでリピート回数の増加と共に並列ノード数や利用計算資源量が増える傾向にあると言える．

4. まとめ

本稿ではＡ，Ｄ，Ｆ，Ｈの複数のシステムの存在下で適切な課金インセンティブを設計することで利用者がシステムのリピート回数が増えるに従って平均ノード数や計算資源利用量が増大することが判明した．一方で，利用回数が２回以下と６回以上の利用者において課金インセンティブの効果が小さいことが明らかとなった．2 回以下はまだ経験が少なく課金インセンティブより外部計算機利用への習熟が先であり，６回以上のリピート数の利用者は何度も繰り返される並列課金インセンティブ変更による並列度上昇の働きかけに反応しないため，課金インセンティブ以外の動機で FOCUS スパコンシステムを利用していることであると言える．

謝辞　FOCUS スーパーコンピュータ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してくださっている利用者各位に，謹んで感謝の意を表する．

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 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）, 2017-HPC-161(3),1-5 (2017-09-12).
[4] FOCUS スパコンベンチマーク http://www.j-focus.jp/benchmark/
[5] 「OpenFOAM による流体解析ベンチマークテスト ～ FOCUS・クラウド・スパコンでのチャネルおよびボックスファン流れ解析～」, 今野 雅, http://www.j-focus.jp/uploads/2017/01/a779d4694fa6553bbf216020be7bf7de.pdf
[6] FOCUS スーパーコンピュータシステム利用料金詳細, http://www.j-focus.or.jp/focus/fee.html

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan