

TSUBAME4.0 における共同利用サービスの取り組み

渡邊 寿雄¹⁾, 松本 豊¹⁾, 伊藤 智子¹⁾, 村松 由香¹⁾, 松本 安弘¹⁾, 青木 尊之²⁾

1) 東京科学大学 情報基盤センター

2) 東京科学大学 スーパーコンピューティング研究センター

t.watanabe@icc.isct.ac.jp

Projects for Partnership Resource Allocations on TSUBAME4.0

Toshio Watanabe¹⁾, Yutaka Matsumoto¹⁾, Tomoko Ito¹⁾, Yuka Muramatsu¹⁾,
Yasuhiro Matsumoto¹⁾, Takayuki Aoki²⁾

1) Center for Information Infrastructure, Institute of Science Tokyo.

2) Supercomputing Research Center, Institute of Science Tokyo.

概要

東京科学大学（旧 東京工業大学）のスーパーコンピュータ TSUBAME シリーズは、共同利用・共同研究拠点として学内のみならず、日本全国の大学、研究機関、企業などに所属するユーザへその計算資源を提供している。令和 6 年 4 月より運用を開始した TSUBAME4.0 では、AI で注目される半精度では 952PFlops の総演算性能を持つ GPU スパコンであり、近年 AI・機械学習分野での利用が急増している。本稿では、TSUBAME シリーズの有償利用サービスである TSUBAME 共同利用における利用課題数や課題内容の変遷、そしてサービス開始した今年度前半の課題採択状況について報告する。

1 はじめに

東京科学大学 情報基盤センター（旧：東京工業大学 学術国際情報センター、以下「本センター」という）では、設置・運用しているスーパーコンピュータ TSUBAME シリーズの膨大な計算資源を、東京科学大学 学内のみならず学外の学術利用と産業利用の両方へ積極的に提供している。[1,2]

令和 6 年 4 月より運用を開始した TSUBAME4.0 では、AI で注目される半精度では 952PFlops の総演算性能を持つ GPU スパコンであり、近年の AI・機械学習分野での計算機需要の増大より、TSUBAME4.0 での利用が急増した。本稿では、TSUBAME シリーズの有償利用サービスである TSUBAME 共同利用における利用課題数や課題内容の変遷、そしてサービス開始した今年度前半の課題採択状況について報告する。

2 TSUBAME での各種公募制度

本センターで実施されている各種公募制度を制度開始順に説明する。そのうち令和 6 年度に実施している制度をまとめたものが表 1 である。また図 1 には、TSUBAME 共同利用制度における採

択課題数の年度推移をまとめた。

2.1 TSUBAME 共同利用

平成 21 年度からは学術利用と産業利用に対する有償での資源提供を開始しており、この制度を TSUBAME 共同利用と呼んでいる。学術利用と産業利用があり、産業利用に対しては成果公開と成果非公開のカテゴリがある。それぞれ随時申請を受け付けており、学術利用では審査免除、産業利用は一定の条件を満たす場合には審査免除にて採択となる。採択課題は年度末まで利用可能である。計算資源は 1 口単位で提供し、その利用負担金は前払いである。なお TSUBAME4.0 での 1 口は 400 ノード時間に相当する。

2.2 JHPCN 公募型共同研究課題

平成 22 年度からは、東京大学 情報基盤センターを中核拠点とした 8 大学の情報基盤センターによるネットワーク型の JHPCN（学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点）としての活動を開始し、TSUBAME の GPU スパコンという特色を活用する課題を積極的に採択し支援することで、GPU コンピューティングの普及に大きく貢献している。

JHPCN の公募型共同研究課題は学術利用を対象としており、年 1 回の公募にて採択した課題は翌年度 1 年間の利用が可能である。

また JHPCN を構成する各センターで独自に募集する共同研究を将来的な JHPCN 課題への進展を期待し、JHPCN 萌芽型共同研究として採択する制度がある。本センターでは TSUBAME 若手・女性利用者利用者支援制度が該当する。

2.3 HPCI（一般課題、若手課題、産業課題）

HPCI（革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ）では、スーパーコンピュータ「富岳」を中核とする HPCI システム利用課題の募集を行っている。HPCI における本センターの資源提供は 1 課題あたり 135 口と最も多く、大規模利用課題へ適した制度となっている。

また HPCI の産業試行課題では随時申請を受け付けており、提供資源は 2 口に限られるものの、年度末まで採択時に認められた資源の範囲内であれば利用負担金なしで利用することができる。

2.4 TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度

本制度では、学術分野において TSUBAME2 のピーク性能を生かして初めて可能となる挑戦的な

大規模計算の研究課題（例えば、SC(Super Computing)の Gordon Bell 賞を目指すような研究)を広く公募し、TSUBAME2 の全ノード占有利用環境を提供することで、世界のトップクラスのスパコンでしか達成できない著しい成果を上げることが目的である。全ノードを利用可能で大規模計算のピーク性能（計算速度）を目指すカテゴリ A と、極めて意義の高い結果を得るために大規模かつ膨大な計算量が必要なカテゴリ B がある。

2.5 TSUBAME 若手・女性利用者支援制度

本制度は若手・女性利用者を対象とした利用支援制度であり、JHPCN 萌芽型共同研究の一部として実施している。若手利用者（40 歳未満、大学院生を含む）及び女性利用者（年齢は問わない）による学術的研究課題を支援する制度であり、年 2 回の公募で採択された課題へは最大 3 口の計算資源が提供され、年度末までの 1 年間の利用が可能である。

2.6 TSUBAME より若い世代の利用者支援制度

本制度は TSUBAME 若手・女性利用者支援制度が対象とする利用者よりも若い世代である全国の大学生や高校生・高専生を対象とした利用支援制度であり、12 月まで随時申請を受け付けており、

表 1 東京科学大学 情報基盤センターで令和 6 年度に実施されている各種公募一覧

公募種類		利用負担金	公募回数	利用期間	1 課題の提供資源上限
TSUBAME 共同利用	学術利用	有償	随時	年度末まで	—
	産業利用、成果公開	有償	随時	年度末まで	—
	産業利用、成果非公開	有償	随時	年度末まで	—
JHPCN 公募型共同研究課題		なし	年 1 回	1 年間	27 口
JHPCN 萌芽型共同研究 ※1		なし	年 2 回	1 年間	3 口
HPCI：定期募集	一般課題	なし	年 1 回	1 年間	135 口
	若手課題	なし	年 1 回	1 年間	40 口
	産業課題	なし	年 1 回	1 年間	135 口
HPCI：随時募集	産業試行課題	なし	随時	年度末まで	2 口
TSUBAME グランドチャレンジ大規模計算制度	カテゴリ A	なし	年 1 回	12-24 時間	全ノード
	カテゴリ B	なし	年 3 回	1 週間	80 ノード
TSUBAME 若手・女性利用者利用者支援制度		なし	年 2 回	1 年間	3 口
TSUBAME より若い世代の利用者支援制度		なし	随時	年度末まで	1 口 ※2

※1 当制度は、JHPCN を構成する各センターで独自に募集する共同研究を、JHPCN 萌芽型共同研究とする制度である。本センターでは、TSUBAME 若手・女性利用者利用者支援制度が該当する。

※2 当制度の全ての採択課題に提供する資源量。申請により追加資源が認められる場合がある。

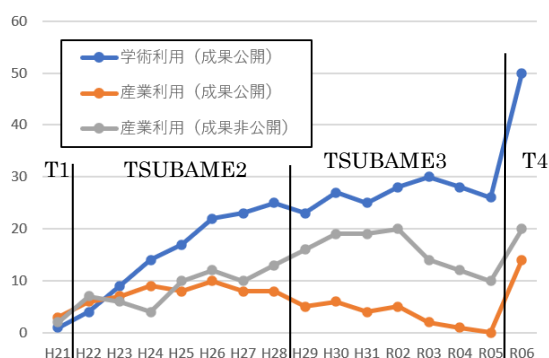


図1 TSUBAME 共同利用制度の3つのカテゴリの採択課題数の推移

年度末まで利用可能な制度である。

3 TSUBAME 共同利用における課題数や課題内容の変遷

2.1にて説明したTSUBAME 共同利用制度は、学術利用（成果公開）、産業利用（成果公開）、産業利用（成果非公開）の3つのカテゴリで有償での資源提供を行っている。平成21年度に開始してから、令和6年度で16年目、TSUBAME1.2から4代目のTSUBAME4.0へと長きに渡って本制度を行っており、様々な要因でその採択課題数や課題内容が変化している。

3.1 課題数の変化へのTSUBAMEの代替わりの影響

TSUBAME 共同利用制度に限った話ではないが、スパコンは5～7年程度の運用期間ののち、新しい機種へと代替わりする。TSUBAMEシリーズでも、TSUBAME2はTSUBAME2.5へのアップグレードを経て6年9ヶ月、TSUBAME3.0は6年8ヶ月を経て、次の新しいTSUBAMEへと更新されている。採択課題数の推移（図1）には、TSUBAME 共同利用制度の3つのカテゴリの採択課題数の推移がそれぞれのTSUBAMEシリーズの名前とともに示されている。これを見ると、TSUBAME2ではTSUBAME 共同利用制度の周知が広まるとともに採択課題数が増えているが、TSUBAME3ではではスパコンが導入当初から運用期間が延

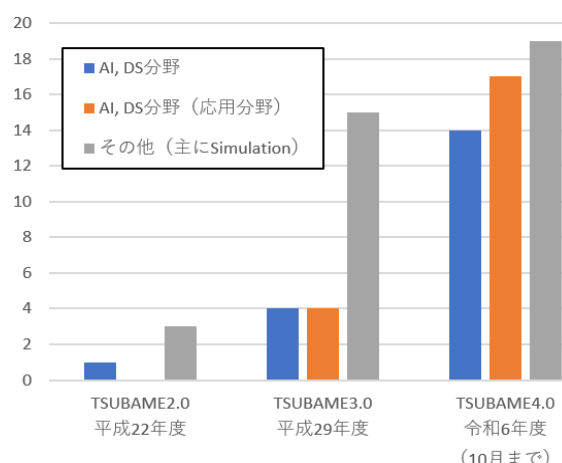


図2 TSUBAME2.0/3.0/4.0の運用開始年度の学術利用（成果公開）の課題内容の変遷

びて他大学のスパコンやクラウドの計算サービスなどと比較して相対的に遅くなり、魅力が低くなると、採択課題数が徐々に減少していることがわかる。やはり、スパコンの魅力はその演算速度やそれによる膨大な計算量であり、より新しいスパコンを求めて移動するユーザは多い。その一方で、使い慣れたスパコンを継続利用するユーザも一定数存在することもわかる。

3.2 課題数の変化への産業利用の成果公開と成果非公開の価格比の影響

TSUBAME 共同利用制度に限った話ではな
TSUBAME 共同利用制度では、消費税率の変更の影響で多少の税込額の変化はあるが、成果公開の利用制度が10万円＋税となるよう1口の提供資源量を調整している。その一方で、産業利用（成果非公開）の価格には、スパコンの借料を含めたすべての経費を基準にしており、成果公開の価格の整数倍の価格設定となっている。TSUBAME1.2からTSUBAME2のときは、その倍率は4倍となっていたが、TSUBAME3.0を導入した際に2倍となり、成果非公開の相対的な価格が安くなったため、TSUBAME3.0では産業利用（成果非公開の割合が増加し、産業利用（成果公開）の課題数が著しく減少した。しかしながら、2倍での価格設定ではスパコン運用経費をすべて賄うことができないことが判

明し、令和 3 年度より、成果非公開の価格を成果公開の 3 倍へと変更した。それにより、令和 3 年度の採択課題数は前年度と比べて大きく減少している。

3.3 近年の AI・機械学習分野での GPU スパコンの利用拡大

TSUBAME1.2 は GPU を大規模に搭載した世界最初のスパコンとして知られている。TSUBAME1.2 から TSUBAME2 の頃は、GPU が提供する圧倒的な演算速度を活用した大規模/高速なシミュレーション計算が多く行われた。その計算能力を有効利用するために利用者みずからプログラムの GPU 化を行うことも多かった。その後多くの有償/無償のアプリケーションが GPU 対応し始め、利用者は GPU 化することなしに GPU を利用できる環境が増えた。

その一方で、AI・機械学習を用いた研究の爆発的な発展は GPU の利用拡大に支えられており、GPU スパコンでの AI・機械学習分野の利用課題数は劇的に増加した。図 2 には TSUBAME2.0、3.0、4.0 の初年度に利用した学術利用（成果公開）の課題概要を元に、AI・データサイエンス（DS）とそれを利用した応用分野の課題、そしてそれ以前から行われていたシミュレーション計算などの課題に分類したものを示した。産業利用課題については、より産業界での GPU スパコンの計算機需要の動向が見えて興味深いのであるが、成果公開の課題数が少なく傾向が見えづらいこと、成果非公開の課題内容は公開できないことなどの理由より、学術利用（成果公開）での統計結果となっている。この結果を見ると、TSUBAME2.0 や TSUBAME3.0 ではシミュレーションの課題がそれぞれ 75%、65%と大部分を占めているが、TSUBAME4.0 ではその割合が 38%と AI・DS の課題数が増大していることがわかる。しかしながら、TSUBAME3.0 で 15 課題あったシミュレーションなどの課題は TSUBAME4.0 でも 19 課題と増加しており、ますます多くの課題で利

用されていることがわかった。また、AI・DS の課題の基礎分野と応用分野の比率はほぼ同じ程度あり、AI・DS の応用分野での利用が早期から行われていたことがわかる。

3.4 令和 6 年 8 月での課題申請受付終了について

本センターは歴史的には学内共同利用センターであったこともあり、スパコン TSUBAME の計算資源のうち、HPCI や JHPCN、TSUBAME 共同利用など学外へ提供する計算資源量を、総提供可能計算資源量の 3 割までに制限している。令和 6 年度は学外からの TSUBAME4.0 での TSUBAME 共同利用制度へ多くの申請をいただいた結果、8 月 8 日をもって今年度の申請の受付を終了することになった。TSUBAME 共同利用の受付の停止までには、まず運用停止の可能性があることを 2 週間前の 7 月 24 日(水)に TSUBAME4.0 のウェブページや X (旧 Twitter) など周知したうえで、その後 7 月 29 日(月)に 3 割を超えたため、8 月 8 日をもって公募受付を終了することを告知した。しかしながら、その後に課題申請が殺到し、すべてを利用希望口数通り採択した場合は大幅な提供資源超過となってしまうため、その後に採択する課題に提供する総資源上限量を決定（非公開）し、各課題に対して 5 口までを優先的に配分し、それ以上の利用希望口数についてはドント方式で事前に決定した総資源上限量まで配分することとした。その結果、実際に提供できた口数は全課題の利用希望口数の合計の 4 割にとどまり、一部では配分口数の決定後に採択を辞退する課題もあった。

なお、新しいスパコンの運用開始初年度の利用課題数の増加は、その後の運用期間全体の利用課題数へ大きな影響を与えるため、TSUBAME 共同利用での課題公募終了後も、2 口以下の小口申請に限り、申請の受付を継続している。小口利用制度は、元々、産業利用においてのお試し利用制度として、それまでに TSUBAME 共同利用の利用実績のない利用者

でも審査免除にて申請直後からすぐにご利用できる制度として運用していた。今回はこの小口利用制度のために確保した提供資源 60 口により、30 課題から最大 60 課題までの小口申請課題の採択が可能となっている。

4 まとめ

本センターでは TSUBAME4.0 の計算資源を TSUBAME 共同利用制度において、学術利用および産業利用向けに提供しているが、TSUBAME4.0 の運用開始時期が AI・機械学習分野での GPU 計算資源の大きな需要と重なったため、令和 6 年度の TSUBAME 共同利用の課題申請受付は 8 月で終了した。その背景にあるのは、AI やデータサイエンスにおける課題数の増大が理由の一つではあるが、旧来から利用されているシミュレーションの課題においても継続して利用課題数の増加があることもわかった。

本稿での TSUBAME 共同利用制度での採択課題数への影響の解析結果を、今後の TSUBAME 共同利用制度での安定な計算資源提供へと活用していく必要があると考えている。

参考文献

- [1] 渡邊寿雄、佐々木淳、松本豊、早川義久、青木尊之、「みんなのスパコン」TSUBAMEにおける産業利用促進の取り組み、AXEIS2013、T4G-1、2013.
- [2] 渡邊寿雄、佐々木淳、松本豊、板倉有希、青木尊之、「みんなのスパコン」TSUBAME2における外部利用促進の取り組み、AXEIS2016、FA26、2016.