

クラウド環境下での科学技術計算ワークフロー実行コストの比較 Performance comparison of scientific workflow applications on commercial cloud

白石龍亮[‡] 小坂隆浩[‡]
Ryusuke Shiraishi Takahiro Koita

1. はじめに

計算量が日々増大する科学技術計算ワークフロー実行にあたり、商用クラウドは経済的に優れた計算資源と期待されている。しかし、商用クラウドで提供されている多様な計算資源の中から、科学者が適切な計算資源を選択するためには、多くの経験や知識が必要であり、試行錯誤を繰り返す必要があり、経験や知識によらない計算資源選択手法の実現が求められている。先行研究[1]では、アプリケーションの類似度を定義し、類似度を用いた計算資源選択手法が提案された。しかし、類似度計算に一般に利用されているベンチマークアプリケーションを利用していため、適切な計算資源の選択率は約 55%であった。理由としては、ベンチマークアプリケーションは、多くの場合 CPU 性能を必要とするため、I/O 性能やメモリ性能の影響が十分に考慮されていなかったためであり、適切な計算資源を選択するには改善の余地が大きい。本研究では、実際の科学技術計算ワークフローを用いた類似度の利用を目的とし、商用クラウド上で科学技術計算ワークフローの性能評価を行う。

2. 既存研究と課題

先行研究の概要について述べ、現状の課題について分析する。先行研究[1]ではアプリケーションの類似度を定義し、類似度を用いた計算資源選択の手法を提案している。アプリケーションの必要とする性能が同等である時、実行時間が短く、利用コストの低い計算資源は類似しているという前提を用い、類似度を用いた提案手法を評価した。提案手法は、計測段階・実行段階・比較段階の 3 つの段階からなる。計測段階においては、サンプルアプリケーションを実行し、各アプリケーション毎に、最短の実行時間、最低の利用コストで実行可能な計算資源をそれぞれ選択する。サンプルアプリケーションとは、対象アプリケーション実行前に、あらかじめ実行する、処理の異なる複数のアプリケーションである。実行段階において、対象アプリケーションを計測段階で選択した各計算資源において実行する。比較段階では前の 2 段階で記録した実行性能値を類似度として算出する。評価結果としては、対象アプリケーションに対して適切な計算資源の選択率は約 55%であった。原因としては、実験に利用したアプリケーションが一般に利用されているベンチマークアプリケーションであり、多くの場合 CPU 性能を必要とするため、I/O 性能やメモリ性能の影響が十分に考慮されていなかったためである。そのため、アプリケーションの必要とする性能に偏りが出てしまい、CPU 性能が高い計算資源が多く選択される結果となった。実際の科学技術計算ワークフローでは、I/O 性能や

メモリ性能を必要とする場合も多く、その場合、提案手法は適切な計算資源を選択することは難しい。本研究では、先行研究の課題を解決するために、実際の科学技術計算ワークフローをクラウド上で実行し、計算資源への類似度の利用を目的とし、科学技術計算ワークフローの性能評価を行う。

3. 評価実験

実験に使用する計算資源とデータセットについて述べ、科学技術計算ワークフローを実行した結果について分析する。必要性能が異なる科学技術計算ワークフローに対しての商用クラウドの計算資源での実行時間と利用コストを評価する。本実験は商用クラウドの一つである、Amazon EC2 の計算資源を用いる。実験に使用する計算資源を表 1 に示す。

表 1 計算資源性能

	vCPU	ECU	Memory	Storage	\$/h
m4.large	2	6.5	8	50	0.1
m4.xlarge	4	13	16	50	0.2
c4.large	2	8	3.75	50	0.1
c4.xlarge	4	16	7.5	50	0.199
r3.large	2	6.5	15	50	0.166
r3.xlarge	4	13	30.5	50	0.333

実験に使用する計算資源は、m4 計算資源、c4 計算資源、r3 計算資源の 3 種類である。m4 計算資源は汎用な計算資源であり、演算能力、メモリなどのリソースがバランスよく提供されている。c4 計算資源はコンピューティング最適化の計算資源であり、Amazon EC2 の中で最も高い性能を誇るプロセッサを保持している。r3 計算資源は大量のメモリが必要なアプリケーション向けに最適化されている。large と xlarge は同じ計算資源特性であるが、xlarge は、large の 2 倍の性能となっている。

使用する科学技術計算ワークフローは、天文学関係の Montage、生命情報学関係の Epigenomic、地震学関係の Broadband の 3 つである。Montage は望遠鏡から集めたデータを使用し、天体画像のモザイクを作成する科学技術計算ワークフローである。データサイズは出力するモザイクに依存している。本実験では、5 つの画像からモザイクを生成する。Epigenomic は遺伝子分析装置を用いて収集された DNA セグメントを使用して、基準ゲノムを構築する科学技術計算ワークフローである。本実験では、クロマチンという DNA とタンパク質の複合体の状態を記述しているゲノムマップを作成する。Broadband は地震をシミュレーションし、いくつかの低周波と高周波から振動の図を作成し、比較する科学技術計算ワークフローである。本実験では、予め計算された低周波数の地震記録を用いて混成広帯域合成を計算する。表 2 は各科学技術計算ワークフローの必要とする性能をまとめたものである[3]。

[‡]同志社大学 理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

表 2 科学技術計算ワークフローの必要性能

	I/O	メモリ	CPU
Montage	高	低	低
Epigenomic	低	中	高
Broadband	中	高	中

科学技術計算ワークフローを表 1 で示されている計算資源で実行した。図 1 に Montage を各計算資源で実行した実行時間を示す。なお、実行時間は `time` コマンドを使用し測定した。`real` はプログラムの呼び出しから終了までの実時間、`user` はプログラム自体の処理時間、`sys` はプログラムを処理するために、OS が処理をした時間である。

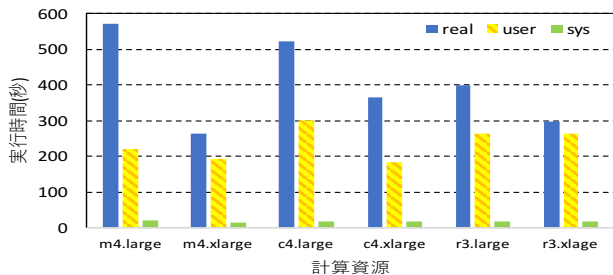


図 1 Montage 実行時間

Montage は高い I/O 性能を必要とするため、`user` と `sys` よりも `real` の時間が長い。CPU 利用時間よりも、そのほかの時間が長いということから、I/O 性能が高いことを示している。最短の実行時間で実行した計算資源は `m4.xlarge` であり、最長の実行は `m4.large` であった。`real` は最大 300 秒程度差があるが、`sys` はどの計算資源も実行時間に違いはなく、最大 3 秒程度であり、ほとんど差は見られなかった。

図 2 に Epigenomic を各計算資源で実行した実行時間を示す。Epigenomic は高い CPU 性能を必要とするため、`real` と `user` の差がほとんどなく、実行時間のほぼ全てが CPU 処理で占めている。最短の実行時間で実行可能な計算資源は、`m4.xlarge` であり、最長の計算資源は `m4.large` であった。`sys` に関しては、Montage の実行時と同様にほとんど差は見られなかった。

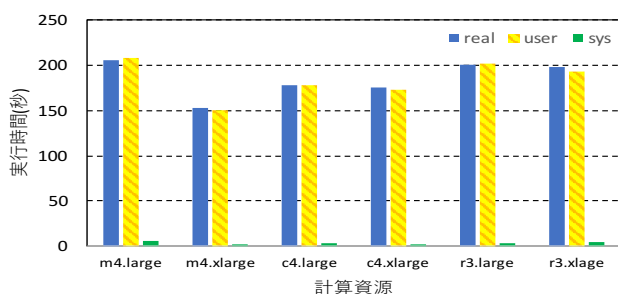


図 2 Epigenomic 実行時間

図 3 に Montage と Epigenomic を各計算資源で実行した時の利用コストを示す。利用コストは前実験の `real` の値に、1 秒毎の利用料金をかけたものである。Montage, Epigenomic 共に最も利用コストが低い計算資源は

`c4.large` であり、最も利用コストが高い計算資源は `r3.xlarge` となった。

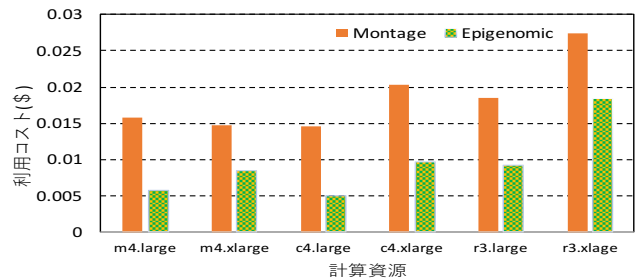


図 3 利用コスト

4. 考察

科学技術計算ワークフローを商用クラウドで実行した結果から、最短の実行時間で実行可能な計算資源は `m4.xlarge` となり、最も利用コストが低い計算資源は `c4.large` となった。表 2 に示したように、各科学技術計算ワークフローの必要性能は異なるにもかかわらず、最短の実行時間の計算資源が同じであり、さらに、最も利用コストが低い計算資源も同じであった。理由としては、科学技術計算ワークフローで使用したサンプルデータのサイズが小さいために、I/O 性能、メモリ性能、CPU 性能の違いによる影響が小さかったことである。そのため、`m4.xlarge` は汎用の計算資源であり、演算能力、メモリなどの各リソースがバランスよく提供されているので、最短の実行時間で実行可能な計算資源となった。利用コストに関して、同じように科学技術計算ワークフローのサンプルデータのサイズの小ささから、実行時間に差が小さく、`c4.large` は他の計算資源に対して、利用料金が低いため、最も利用コストの低い計算資源であるという結果になった。

5. まとめ

科学技術計算ワークフローをクラウド上で実行し、計算資源への類似度の利用を目的とした。実験では、必要性能が異なる科学技術計算ワークフローを様々な計算資源で実行し、評価した。実験結果は、必要性能が異なる科学技術ワークフローを利用したにもかかわらず、最短の実行時間の計算資源は `m4.xlarge`、最も利用コストが低い計算資源は `c4.large` となった。理由として、使用した科学技術計算ワークフローのサイズが小さいことであることを示した。今後は、類似度計算に科学技術計算ワークフローを適用し、より大規模な科学技術計算ワークフローを対象に評価を行う。

参考文献

- [1] 真鍋優, 小坂隆浩, “アプリケーション実効性能の類似性を用いた計算資源選択手法の提案”, 情報処理学会 第 79 回全国大会, pp.147-148(2017).
- [2] Rafael Ferreira da Silva and Gideon Juve, “Toward Fine-Grained Online Task Characteristics Estimation in Scientific Workflows”, 13 Proceedings of the 8th Workshop on Workflows in Support of Large-Scale Science, pp.58-67(2013).
- [3] Gideon Juve and Ewa Deelman, “Scientific Workflow Applications on Amazon EC2,” Proceedings of the 5th IEEE International Conference on e-Science Workshops, pp.59-66(2009).