

データセンタのユーザ部門向け脱炭素化支援サービスの提案 Proposal for decarbonization services for user departments of data centers

金子 聡[†] Chaudhari Pritam Jaywant[†] 岡村 拓[†]
Satoshi Kaneko Chaudhari Pritam Jaywant Taku Okamura

1. はじめに

世界全体の消費電力の1%を占めるデータセンタ (DC) の脱炭素化が社会課題である。DC の消費電力は IT 機器部分と IT 機器以外に大別され、IT 機器消費電力に対する総消費電力の割合が DC の電力効率を示す PUE (Power Usage Effectiveness) として測定される。近年 DC の効率化が進み、最新鋭の DC の PUE は 1.1 台にまで達する。よって、IT 機器部分の脱炭素化がより重要となっている。この IT 機器による CO₂ 排出責任ルールは現在未整備の状況で、世界中で議論されている。GHG プロトコルによると、資産の運用上のコントロールを持つ主体が責任を持つべき、と定義されており、この原則に基づき日本でも DC 利用者が IT 機器の CO₂ 排出量の責任を負うべき、と提案されている。このため、将来的にユーザ部門が IT 機器の脱炭素化の責任を持つ可能性が高い。しかし、電力契約や支払い等の手続きは DC 事業者が行っており、ユーザ部門は今まで消費電力を意識していなかった。よってユーザ部門による消費電力の把握、さらには省電力、再エネ化が課題となっている。

そこで、本報では、DC のユーザ部門向け脱炭素化支援サービスのコンセプトを提案する。

1.1 IT 機器の脱炭素化技術

DC の脱炭素化の方策は、消費電力を削減する省エネと、CO₂ を排出しない電力である再生可能エネルギー (以降、再エネと呼ぶ) を利用する再エネ化と、に大別できる。また、IT 機器の消費電力とは、ラックに搭載されるサーバ、ネットワークスイッチ、ストレージ、モニタ、といった種々の IT 機器が消費する電力を示す。典型的な DC では、主にサーバで利用される CPU と DRAM が IT 機器の消費電力の全体の約 80% を占めている。よって、IT 機器の脱炭素化においてはサーバの消費電力の省エネと再エネ化が重要である。サーバの省エネは、コンポーネントレベルとサーバシステムレベルに大別できる。コンポーネントレベルとは、DRAM やハードディスク、CPU 等のコンポーネントの消費電力を下げるものであり、集積率の向上、新技術の導入により省エネが進められている。サーバシステムレベルとは、複数のサーバを統合・集約するものであり、CPU や、メモリといった計算リソースを仮想化し仮想サーバに割り当てることでリソース利用率を向上させるサーバ仮想化技術が登場し、普及が進んでいる。このサーバ仮想化技術を活かして、利用リソースを片寄せして物理サーバを落とすような省電力運用手法も提案されている。

再エネ化については、再エネの不安定な供給量に IT 機器の消費電力を合わせる技術が研究されている。この技術は、IT 機器で実行中のワークロードをダイナミックにバランスングする技術[1]と IT 機器で実行するワークロードを再エネが豊富な時間帯にスケジューリングする技術[2]と、

に大別される。本報では成熟した省エネ技術に比べ、データセンタでの活用事例が少ない再エネ化を検討対象とする。

1.2 従来技術の課題

ダイナミックバランスング技術は、ワークロードがサーバ間あるいはデータセンタ間で移行可能という前提をおいているケースが多く、仮想マシンやコンテナの移行については過去より技術開発がなされている [3]。しかし、移行にはアプリ停止や移行失敗のリスクを伴う。このリスクが課題となり自動的にアプリケーションの配置を変更するダイナミックバランスング技術は、実用化が進んでいない。

一方で、ワークロードのスケジューリング技術は、初期のワークロードのデプロイメントのため、前述のワークロード移行は不要である。しかし、実際に動作させるアプリケーションのスケジューリングにはアプリケーション実行環境に改造が必要となる。このため、顧客が採用可能なアプリケーション実行基盤上での実現が課題であった。

2. 提案手法

前節で述べた課題を解決する IT ワークロード管理サービスのコンセプトを提案する。本提案サービスでは、脱炭素化に好適なアプリケーションの選定を支援する。また、再エネ利用率が向上するようにアプリケーションの実行場所と実行時間を自動的に決定し、実行制御する。

2.1 脱炭素化対象のアプリケーション選定支援

アプリケーション選定支援では、以下のステップで、アプリケーション実行方法を見直す。

- Step1. CO₂ 削減対象の部門を決定
- Step2. 部門内の見直し対象アプリケーションの決定
- Step3. 決定したアプリケーションの見直し検討

対象ユーザは、複数のサービスを開発・運用している組織のマネージャであり、自組織内でそれぞれサービスを運用している各部門の CO₂ 排出量を確認し (Step1)、更に部門内の個別のアプリケーションの CO₂ 排出量を確認しながらサービス・アプリケーションの重要度などを勘案して CO₂ 削減対象のアプリケーションを選定する (Step2)。

Step1 について述べる。Step1 の対象ユーザは DC サービスを利用してアプリケーションを運用する組織の責任者、例えば、CTO や事業責任者であり、彼らが CO₂ 排出量を削減する対象となる組織内の部門を決定することが目標となる。この目標のために、Step1 ではユーザに対し、部門ごとの消費電力量と CO₂ 排出量を表示する。ダッシュボードにおける表示例を図 1 と図 2 に示す。図は夫々部門ごとの CO₂ 排出量と電力消費量の内訳を示している。図の内容からわかる通り、例えば、”Cordova and Sons” という部門が

[†] 株式会社日立製作所, Hitachi Ltd.

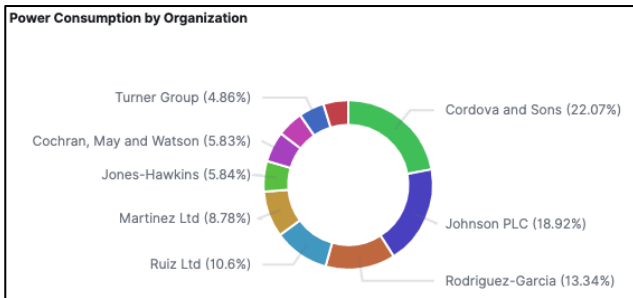


図 1 部門ごとの年間総消費電力量

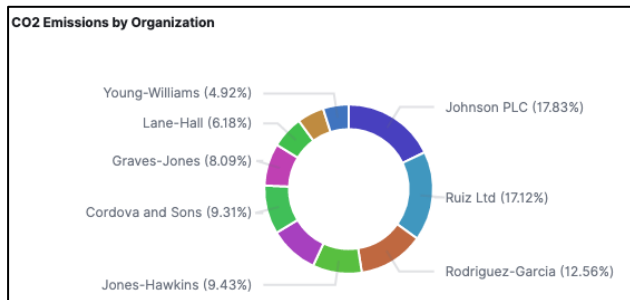


図 2 部門ごとの年間総 CO2 排出量

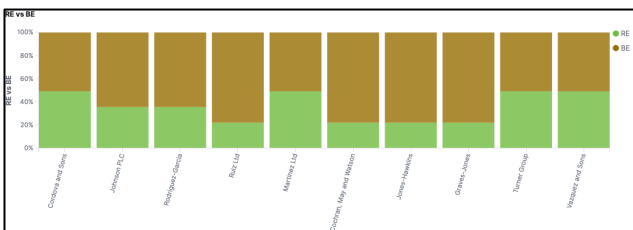


図 1 部門ごとの再エネ比率

総電力消費量は最も多いが、CO2 排出量は上位から 6 番目となっており、これはこの部門が、CO2 排出量が少ない DC を多く利用している、または、CO2 排出量が少ない時間帯にワークロードを動作させているからといったことが推察できる。また、図 3 は部門ごとの消費電力における再エネの比率を示しており、これにより、”Cordova and Sons”は総消費電力量が大きいものの、再エネ率が高いことで、CO2 排出量としては低いことがわかる。

Step2 は基本的に Step1 における部門ごとの分析をアプリケーションごとの分析に置き換えたものであり、ダッシュボードで表示するグラフも同様である。グラフを参照し、CO2 排出量の絶対値が大きいアプリケーションや、あまり重要でないにもかかわらず大量の CO2 を排出しているアプリケーションを、見直し対象のアプリケーションとして選出できる。以上がアプリケーション消費電力可視化機能を通じた見直し対象のアプリケーションの選定手順である。

2.2 アプリケーション実行制御方式

1.1 で述べたように、アプリケーションを再エネ供給が多い場所と時間で実行することで再エネ利用率の向上が可能である。アプリケーションの実行場所と時間はデプロイのタイミングで決まるが、実行場所は実行後にも変更することが可能である。これは、2.1 の Step3 に相当する。本報

ではこの内、デプロイ時の実行制御方式を提案する。本方式では、アプリケーション実行時にアプリケーションの実行条件を付与することで、条件を満たす範囲内でアプリケーションの実行方法を自動的に決定する。

本方式では、アプリケーションの実行条件をアプリケーションの定義ファイルに記載して、アプリケーションを実行すると、実行基盤である Kubernetes¹上でアプリケーションの実行方法が自動的に決定される。Kubernetes ではアプリケーションの実行に関する条件を Manifest と呼ばれるファイルに記載することが一般的であり、この Manifest にアプリケーションの実行場所、実行時間に関する条件を記載することで、再エネの利用に時間的および空間的に好適な条件で実行される。Manifest に記載する情報の例を示す。

- デプロイ先サイト: 事前登録済みサイトリストから選択
- 主要アクセス元サイト: 事前登録済みサイトリストから選択
- 主要なアクセス元サイトから距離のしきい値
- 実行開始時間デッドライン: 任意の時間を入力

a, b, c は実行場所に関する条件であり、許容する複数のデプロイ先を記載することを推奨し、それにより再エネの利用率がより高いサイトを選択することが可能である。また、対象のアプリケーションに外部からアクセスする場合にはアプリケーションのレイテンシをユーザが気にする場合があるが、主要なアクセス元のサイトを指定させることで、レイテンシを考慮した配置も可能となる。

d は実行時刻に関する条件であり、実行開始時間のデッドラインを指定させることで、その中で、再エネの余裕がある時間へのシフトが可能となる。

本方式は、1.2 の従来技術で述べたワークロードスケジューリング技術に該当する。本技術は、アプリケーション実行環境に改造が必要となるため、顧客が採用可能なアプリケーション実行基盤上での実現が課題であった。そこで、クラウドネイティブなアプリケーションの実行環境として近年デファクトになっている Kubernetes 上で本実行制御を実現する。

3. おわりに

本研究では、アプリケーション消費電力可視化機能と再エネ配慮アプリケーション実行制御機能を有するデータセンターユーザ部門の脱炭素化サービスを提案した。提案手法は、ユーザ部門ごと、アプリケーションごとの消費電力を可視化することで省エネ、再エネ化対象のアプリケーションの検討を支援するとともに、アプリケーション実行時に定義情報を付加することで再エネ利用率が向上するように自動的にアプリケーション実行を制御する。今後はデプロイされたアプリケーションの実行方法変更方式の具体化を行っていく。

参考文献

- [1] Adel Nadjaran Toosi et al., "Renewable-aware geographical load balancing of web applications for sustainable data centers," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 83, pp. 155-168, 2017.
- [2] Zhenhua Liu et al., "Renewable and cooling aware workload management for sustainable data centers," *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, vol. 40, no. 1, pp. 175-186, 2012.
- [3] "CRIU," [Online]. Available: https://criu.org/Main_Page. [Accessed 16 6 2022].

¹ Kubernetes は The Linux Foundation の登録商標である。