

## パブリッククラウドを用いた学内の余剰計算資源の有効活用に向けた検討

著者	石立 将大
発行年	2022-03
その他のタイトル	Effective Use of Redundant Computing Resources on Campus Using Public Clouds
URL	<a href="http://doi.org/10.32149/00002477">http://doi.org/10.32149/00002477</a>

令和3年度  
修士学位論文

パブリッククラウドを用いた学内の  
余剰計算資源の有効活用に向けた検討

Effective Use of Redundant Computing Resources on  
Campus Using Public Clouds

1245116 石立 将大

指導教員 敷田 幹文

2022年2月28日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻  
情報学コース

# 要 旨

## パブリッククラウドを用いた学内の 余剰計算資源の有効活用に向けた検討

石立 将大

近年，BYOPC (Bring Your Own PC) の普及によりノートパソコンなどの計算機を個人が所有し，それらを講義等で利用することが大学などの教育機関においても一般的となっている．こうした現状は，教室 PC などの教育目的で設置される学内計算資源の稼働率低下の原因となっており，余剰計算資源の増加に伴う導入コストの無駄が発生している．本研究では，稼働率低下により余った計算資源を新たなサービスとして活用し，計算資源の稼働率を向上させるための方法について検討する．情報技術分野の教育機関では，PBL などの実践的な開発演習が増加しており教育や研究用途に各学生が容易に利用できる計算資源として，クラウドコンピューティングの需要も増加している．このことから，学内向けのクラウドサービスとして余剰計算資源を貸し出すサービスを提案する．また，サービスの構築において，新規設備や外部クラウドサービスの利用によるコストを最小限に抑えるためにパブリッククラウドを利用したマイグレーション方式を提案し，導入により利用可能となる計算資源，学内計算資源利用者やクラウドサービス上のユーザへの影響，マイグレーション方式によるコスト削減などの評価を行う．

キーワード 余剰計算資源活用，パブリッククラウド，マイグレーション

# Abstract

## Effective Use of Redundant Computing Resources on Campus Using Public Clouds

Shota ISHIDATE

In recent years, with the spread of BYOPC (Bring Your Own PC), it has become common to own computers such as personal laptop computers and use them for lectures for universities and other educational institutions. This situation has caused a decrease in the occupancy rate of campus computing resources installed for educational purposes, such as classroom PCs, and has resulted in unnecessary installation costs due to the increase in redundant computing resources. In this research, we aim to improve the occupancy rate of redundant computing resources by the surplus computing resources as a new service. In educational institutions in the field of information technology, practical development exercises such as PBL are increasing, and the demand for cloud computing as a computational resource that can be easily used by each student for education and research purposes is also increasing. Therefore, in this paper, we propose a cloud computing service that lends out redundant computing resources to the students. In addition, we also propose a migration method using a public cloud in order to minimize the cost of using new equipment and external cloud services required for the service construction. Then, we evaluate the computing resources that this proposal will make available, the impact on the users of computing resources in the university and proposed cloud services, and the cost reduction by the migration method.

**key words**    Effective Use of Computing resources , Public Cloud , Migration

# 目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	関連研究	3
第 3 章	提案方式	4
3.1	余剰資源の活用先	4
3.2	パブリッククラウドへのマイグレーション	5
第 4 章	評価	8
4.1	高知工科大学の計算資源	8
4.2	余剰計算資源の概算	8
4.3	提案方式によるコスト削減の概算	12
第 5 章	考察	14
第 6 章	おわりに	17
	謝辞	18
	参考文献	19

# 目次

3.1 学内ユーザ向けクラウドサービス . . . . .	5
3.2 マイグレーションのイメージ . . . . .	6

# 表目次

4.1	WS の座席数 . . . . .	8
4.2	令和 2 年度 各 WS 毎の空きクォータ . . . . .	10
4.3	空きリソース率の概算 . . . . .	11

# 第 1 章

## はじめに

近年，個人の計算機利用は一般的となってきたおり，大学などの教育機関においても BYOPC (Bring Your Own PC) が普及しつつある．5 大学への ICT 機器の所有状況に関する調査 [1] によると，ノートパソコンの所有率は 83%，デスクトップパソコンが 26.6%，どちらか一方を所有している学生は 95%にも達している．講義や PBL などの実践的な開発演習においても，各学生がそれぞれ所持しているノートパソコンなどの計算機を活用することが多くなり，教育機関が学習を目的に導入・提供している計算資源は，講義の時間のみ，もしくは講義の時間でさえ利用されないということが多くなっていると考えられる．また，新型コロナウイルスの感染拡大を受け，オンライン授業の実施を行う教育機関も増えている [2]．これらは，多大な費用をかけて導入した学内の計算資源の稼働率の低下という事態を招いている．個人で計算資源を用意できない学生のことを考慮すると，講義中に同時利用するであろう人数分の機器やソフトウェアのライセンス契約となってしまうことはある程度しかたないと考えられる．しかし，実際には利用されない余剰な計算資源にコストを支払うことになってしまう．

また，文部科学省の調査 [3] によると，情報システムをクラウド化している大学は 91%にも及んでいる．このような状況を考えると，講義などで利用する計算資源もクラウドに移行し，利用者の増減に柔軟に対応するという方法も考えられる．クラウドへの移行を行えば上記のような問題に対応できるかもしれない．しかし，導入済みの資源や初期費用が無駄にならないか，移行に伴うコストや維持管理費用の比較など，容易に移行ができるとは考えにくい．

そこで本研究では，現在の学内の余剰計算資源を新たなサービスとして活用して，計算資



源の稼働率を向上させるための方法について検討する。また，余剰計算資源を扱うにあたり，余剰計算資源の見積もり及びパブリッククラウドを用いてサービス設計した場合とのコスト比較，授業などで端末を利用中のコンソールユーザへの影響やマイグレーションの動作について考察を行う。

## 第 2 章

# 関連研究

学内計算資源の稼働率低下に着目し，余剰計算資源の活用を目的にしている研究には文献 [4][5] がある．これらの研究では，稼働率が低下している教室 PC を Docker 等の技術を利用し，学内向けのオープンクラウドサービスを構築・提供することで有効活用する提案を行っている．また，講義での教室 PC の利用率増加による計算資源量の不安定さ・予測の難しさを考慮し，負荷の少ない PC へのコンテナマイグレーション機構をオーバーヘッドを削減できる形で提案している．

コンテナ技術を利用した教育機関の内部向けサービス設計についての研究には文献 [6] などが挙げられる．この研究を行っている教育機関では，情報通信技術を学ぶ学生向けの VM 貸出サービスを設けている．しかし，人工知能などの分野の課題において，貸出 VM の処理性能の制限により処理に時間がかかることがあった．この研究では，コンテナ技術を利用することでこれまで対応していなかった GPU の共有を可能にするコンテナ貸出サービスの提案を行っている．

これらの研究 [4][5][6] には，余剰計算資源の活用やコンテナ技術の利用などの共通点があるが，いずれも学内のオンプレミス環境で構築を行っている．文献 [4][5] でも言及されているが，講義などの影響で余剰計算資源の量は増減が激しいことが考えられる．このことから，時間帯によって余剰資源として動かしているサービスが圧迫されたり，新たなサービスを立ち上げるための追加資源をクラウドにするか，オンプレミスのサーバを増強するかといった比較のコストが発生してしまう．

## 第 3 章

# 提案方式

本研究では、講義などで現在利用されている計算資源の余剰分を活用し、それらの余っている計算資源を講義の履修者以外の学内ユーザーでも利用することができる仕組みを提案する。また、余剰計算資源の増減の激しさを考慮して、新たなサービスの基盤設備に無駄が生じない設計にするために余剰計算資源で不足した場合のリソースをパブリッククラウドへのマイグレーションで補う方法を提案する。

### 3.1 余剰資源の活用先

本提案における余剰資源の活用先として、学内ユーザーが利用可能な IaaS を想定している。学内ユーザー向けクラウドサービスのイメージを図 3.1 に示す。

情報通信技術が普及し、PBL などの実践的な開発演習や研究活動が活発に行われるようになることで、それら活動の環境として利用しやすい計算資源が求められる。そこで、VM やコンテナなどの仮想化技術やクラウドサービスは、手軽に技術を試したり開発に利用するには適している。それらの計算資源を確保する方法として、新たな設備の導入や外部の有料クラウドサービスの利用などが考えられる。本提案では、それらの用途に学内の余剰計算資源を利用することで学内の計算資源を効率的に利用し、新規の設備導入や有料クラウドサービス利用などのコストを削減できると考える。

### 3.2 パブリッククラウドへのマイグレーション

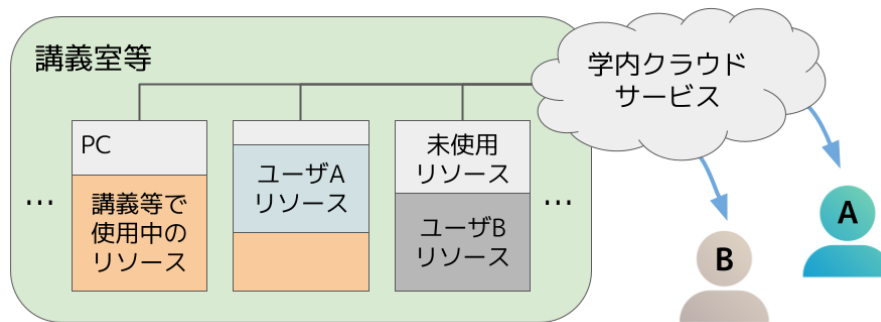


図 3.1 学内ユーザ向けクラウドサービス

## 3.2 パブリッククラウドへのマイグレーション

学内の余剰計算資源をクラウドサービスとして活用するにあたり、余剰計算資源は急な稼働率の増減が存在するという問題がある。講義中などでは、学内の計算資源の稼働率が急激に上昇し、活用先サービスに利用できる余剰計算資源が減少する可能性がある。

一般的な仮想化基盤の設計では、単位時間あたりのリソースの要求量が最大の場合を想定し、それらの要求を十分に処理できる設備を構築する。ユーザ増加などを考慮した際にも、これまでの要求量の時間的変化を線形補間し、一定の期間後の最大要求量を計算することで余裕を持った増築が行える [7]。しかし、この設計方法をそのまま余剰計算資源の活用に適用すると、講義時間など学内の余剰計算資源が少ない場合を基準に、不足分をクラウドサービスの仮想化基盤設備として設計・構築することになると考えられる。この場合、講義時間外などに学内計算資源に余裕が生まれることが予想され、その分の計算資源は無駄な設備になってしまう。

そこで、本研究では、余剰な計算資源はすべてクラウドサービスに活用するという前提で、不足分のリソースをパブリッククラウドへのマイグレーションで補うという方法を提案する。通常時は、クラウドサービスを余剰計算資源内で運用し、クラウドサービスへの要求量が多い、もしくは、余剰計算資源が枯渇するような場合にパブリッククラウド上にリソースを動的に確保しマイグレーションを行う。提案方式のイメージを図 3.2 に示す。

### 3.2 パブリッククラウドへのマイグレーション

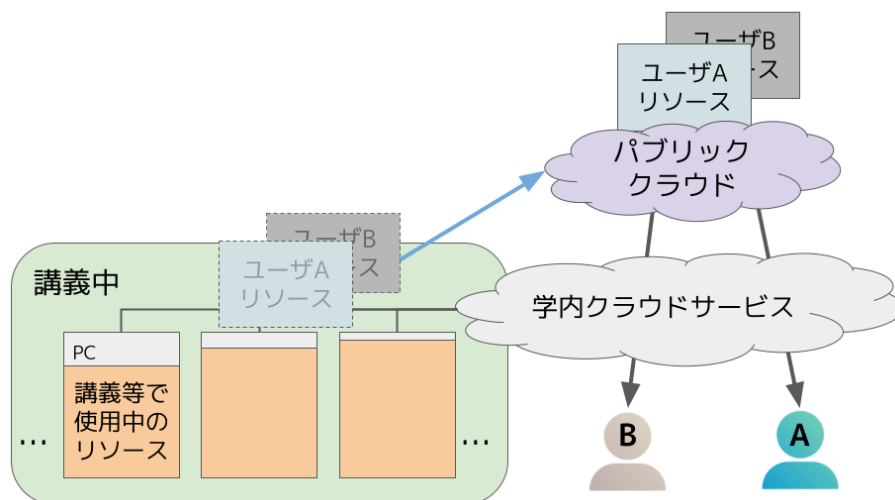


図 3.2 マイグレーションのイメージ

次に、マイグレーションを行うアルゴリズムの概要について説明する。以降、端末で作業中ユーザの使用リソース量をコンソールリソース量、クラウドサービス上ユーザの使用リソース量をサービスリソース量と呼ぶ。

まず、以下に前提となるパラメタを示す。

- 講義時間中に各端末が求める講義リソース量
- サービス割り当て可能とする余剰リソース量
- コンソールリソース量とサービスリソース量合計の最大値

講義時間中に各端末が求めるリソース量は、各講義ごと事前に計測を行う。他のパラメタは、各端末の余剰リソース量がどのくらい残っていればクラウドサービスの割り当てがおこなえるかなどシステム管理者が設定を行う。

以下に、提案方式であるマイグレーションアルゴリズムを示す。

### 3.2 パブリッククラウドへのマイグレーション

- 各端末の現在の余剰リソース量が事前に設定した閾値を上回る場合にサービスの割り当て可能
- 該当ノードがない場合、パブリッククラウド上に直接割り当て
- 各端末で作業中のユーザの使用リソース量を収集
- 各端末で動作しているクラウドサービス上のユーザの使用リソース量を収集
- 時間割情報などから、各端末が講義時間中の利用かどうか判定
  1. 講義時間に利用されている端末の場合
    - － 端末で作業中のユーザの使用リソース量が講義用リソース量を超過する場合は2のアルゴリズムで判定
    - － 各端末の全リソース量と講義用リソース量の差分を計算
    - － 差分リソース量と該当端末上のサービスの使用リソース量を比較し、超過する場合はマイグレーションを実行
  2. 講義時間外の端末・講義用リソース量を超過して利用する場合
    - － 端末で作業中のユーザの使用リソース量と端末上サービスの使用リソース量の合計を計算
    - － 合計値が閾値を超える場合マイグレーションを実行

# 第 4 章

## 評価

### 4.1 高知工科大学の計算資源

高知工科大学では学内向けにワークステーション室 (以降, WS 室) が計 4 部屋用意されている。WS 室の各席には 1 台ずつコンピュータが設置されており, 講義を行ったり, 講義時間外には課題や学習のために計算資源を開放している。各 WS 室の座席数を表 4.1 に示す。それぞれの WS 室は, 講義塔の分類から A-WS, B-WS, C1-WS, C2-WS と表す。

表 4.1 WS の座席数

A-WS	120 席
B-WS	120 席
C1-WS	144 席
C2-WS	128 席
合計	512 席

### 4.2 余剰計算資源の概算

本節では, 高知工科大学内の 1 年間における余剰計算資源の概算を行う。

1 年間の余剰計算資源の概算には, 令和 2 年度の時間割を利用する。概算にあたり, 4.1 節で示した本学の計算資源を利用状況の観点から以下の 4 つに分類する。

## 4.2 余剰計算資源の概算

- (1) 講義中の WS 室の端末かつ利用中の端末
- (2) 講義中の WS 室の端末であるが未使用の端末
- (3) 講義中でない WS 室の端末かつ利用中の端末
- (4) 講義中でない WS 室の端末かつ未使用の端末

高知工科大学では、教育システムとしてクォータ制を取り入れており、1 年間で 4 つの学期 (1~4Q) で構成され、1 年間で 4 回講義の組み合わせが変化する。本概算では、時間割の各クォータの講義情報から教室割り当てを調査し、WS 室の利用の有無を計算する。講義中の WS 室内の端末はすべて利用されている (WS 室の席数と分類 (1) の端末数が等しい) と仮定して見積もりを行う。

時間割から 1 週間 (月~金) の各講義時間 (1~5 限) でそれぞれの WS 室が利用されていないクォータを調査する。そして、各クォータにおける時間割の各コマで利用されていない WS 室の席数の合計を算出し、全 WS 室の席数で割ることで、月~金、1~5 限の空きリソースの割合を算出する。

1 週間における使用されていないクォータ調査の結果を表 4.2 に、空きリソース率の概算結果を表 4.3 に示す。



## 4.2 余剰計算資源の概算

表 4.2 令和 2 年度 各 WS 毎の空きクォータ

		月	火	水	木	金
1 限	A-WS	1,2,4	3,4	1,2,3,4	1,2,4	3,4
	B-WS	1,2,3	1,2,3	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3
	C1-WS	1,2,3	2,3	1,2,4	1,2,3,4	2,3
	C2-WS	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
2 限	A-WS	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
	B-WS	1,2	1,2,3	1,2,3,4	1,2	1,2,3
	C1-WS	2,3	2	1,2,3,4	2,3	2
	C2-WS	2,3	1,2,4	1,2,3,4	2,3	1,2,4
3 限	A-WS	3,4		1,2,3,4	3,4	
	B-WS	1,2,3	4	1,2,3,4	1,2,3	1,2,4
	C1-WS	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2	1,2,3,4
	C2-WS	2	2,4	1,2,3,4	2	2,4
4 限	A-WS	3,4		1,2,3,4		
	B-WS	1,2,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,4	1,2,3,4
	C1-WS	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
	C2-WS	2,4	2,3,4	1,2,3,4	2,3,4	1,2,3,4
5 限	A-WS	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2	1,2,4
	B-WS	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
	C1-WS	1,2,3	4	1,2,3,4	1,2,3,4	4
	C2-WS	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3

## 4.2 余剰計算資源の概算

表 4.3 空きリソース率の概算

1Q 空きリソース率	月	火	水	木	金
1 限	100%	48%	100%	100%	48%
2 限	47%	72%	100%	47%	72%
3 限	52%	28%	100%	52%	52%
4 限	52%	52%	100%	52%	77%
5 限	100%	72%	100%	100%	72%
2Q 空きリソース率	月	火	水	木	金
1 限	100%	77%	100%	100%	77%
2 限	100%	100%	100%	100%	100%
3 限	77%	53%	100%	77%	77%
4 限	77%	77%	100%	77%	77%
5 限	100%	72%	100%	100%	72%
3Q 空きリソース率	月	火	水	木	金
1 限	77%	100%	72%	77%	100%
2 限	77%	47%	100%	77%	47%
3 限	47%	28%	100%	47%	28%
4 限	23%	77%	100%	53%	77%
5 限	100%	72%	100%	77%	48%
4Q 空きリソース率	月	火	水	木	金
1 限	48%	48%	100%	77%	48%
2 限	23%	48%	100%	23%	48%
3 限	23%	77%	100%	23%	77%
4 限	72%	77%	100%	77%	77%
5 限	72%	75%	100%	77%	75%

#### 4.3 提案方式によるコスト削減の概算

概算の結果から，1～4Q での最低空きリソース率は A-WS 室のみが空いている場合の 23% (約 120 席)，年間の平均空きリソース率 (平日) は 74% (約 379 席) となった。

### 4.3 提案方式によるコスト削減の概算

新規設備増強にかかるコストと本提案で必要になるパブリッククラウドのリソースコストの比較を行い，提案方式でのコスト削減の程度の概算を行う。

学内クラウドサービスの需要を，現リソースの 30%と本概算では仮定し，提案方式によってパブリッククラウドを利用することになる割合を算出する。前提条件として，現リソースは 100%利用可能とする。

1～4Q の各クォータ各コマの使用リソース率に学内クラウドサービス需要の 30%を加算し，100%を超える時間を調査する。この超過した分のリソースは，サービス設計時に新たな設備やクラウドの利用が必要となる部分である。

調査の結果，超過する以下の 2 パターンが見つかった。

- 107% (4Q 月木 2・3 限，3Q 月 4 限)
- 102% (3Q 火金 4 限)

提案方式では，超過分の 2%，7%はパブリッククラウドの資源を利用する。提案方式なしの場合，サービス需要の 30% (154 席分) の新規設備を導入すると考える。1 講義を 90 分，1Q を 8 週間とし，7%の超過する講義数から超過している時間を算出した結果，84 時間 (5040 分) となった。

この結果と Amazon Web Services の試算例 [9] を参考に，新規設備導入コストとクラウド使用コストを概算する。最大ユーザ数 154 ユーザが利用すると仮定し  $x, y$  をそれぞれ設備費 ( $x$  円/台)，クラウド使用費 ( $y$  円/CPU/時， $z$  円/月 (各ユーザの固定費)， $k$  円 (VPN 費)) と置くと以下の式を得る。

#### 4.3 提案方式によるコスト削減の概算

- 30%分の新規設備導入コスト:  $154x$
- 7%分のクラウド使用コスト:  $84y + 154z + k$

本概算では、新規設備導入コストの  $x$  を約 50,000 円と仮定、クラウド使用コストの月額を試算例 [9] を参考に  $y = 0.40(USD)$ 、 $z = 10(USD)$ 、 $k = 69.12(USD)$  とする。また、本論文執筆時のレートから 1USD は 115 円として計算する。

上記の条件で新規設備導入コストは  $154(\text{台}) * 50,000(\text{円})$ 、クラウド使用コストの年額は次の式で求まる。

$$84(\text{時間}(5040\text{分})) * 0.40(USD/\text{月}) + 154(\text{ユーザ}) * 10(USD/\text{月}) + 69.12 = 1642.72(USD/\text{月})$$

$$1642.72(USD/\text{月}) * 12 * 115 = 2,266,953.6(\text{円}/\text{年})$$

また、4.2 節で求めた最低空きリソース率から、年間を通して 23%のリソースが余っていることがわかる。本提案方式を用いてこの空きリソースを利用した場合、7% (約 36 席) の新規設備導入でクラウドサービスの構築が行えると考える。よって、以下の式を用いて、このときのコストの算出も行い比較対象とする。

- 7%分の新規設備導入コスト:  $36x$

それぞれのコストの概算結果は以下ようになった。

- 提案方式なし、新規設備 30% (154 席分): 7,700,000 円
- 提案方式あり、超過分の新規設備 7% (36 席分): 1,800,000 円
- 提案方式あり、新規設備なしの超過分 7%のクラウド使用コスト (年額): 2,266,953.6 円

## 第 5 章

# 考察

3.1 節にて、学内の余剰計算資源をクラウドサービスとして活用することを提案した。学生個人の端末では、性能や管理コストの面から見ても学習の一環としての開発やサーバ用途には向かないことが多く、外部クラウドサービスでは無料で利用できる範囲の制限が大きいことが挙げられる。よって、余剰計算資源を学内クラウドサービスとして利用することへの一定の需要は存在すると考えられる。また、学内にクラウドサービスを設置することで他の学内サービスとの連携など、今後の拡張性を考慮した有効な活用方法であると考えている。

提案方式では、講義中の端末にも負荷やシステム管理者の設定する閾値などを見て、クラウドサービスの割り当てを行うアルゴリズムになっている。コンソールユーザとクラウドサービス側が共存することになるので、講義に影響しないかどうか考える必要がある。提案方式では、各端末が講義中に求めるリソース量をシステム管理者が設定する必要があり、このリソースを優先的に確保するように動作する。これは、事前のリソースの測定・予測、設定値の管理負荷などが残るが、この値の見積もりを適切に行うことで講義へ影響をあたえずにクラウドサービスとの共存ができると考えられる。また、コンソールリソース量とサービスリソース量の合計の最大値の設定を必要としている。コスト削減の概算では、現リソースは 100% 利用可能であると仮定したが、この最大値によって端末全体としてどの程度の負荷まで許容するか設定可能なアルゴリズムとしている。全体の負荷状況によるコンソールユーザへの体感上の影響を調査し、講義に影響を与えない動作が行えるパラメタ設定が必要になる。このパラメタ設定は、現状リソースの事前測定などが必要になり、管理者への負担増加の可能性もある。しかし、講義の内容や設備予算などに合わせて管理者が動作を細かく制御可能になるというメリットもあるので、実装時には管理負荷とパラメタ設定のより詳細な検

討が必要になると考えられる。

提案手法のマイグレーションのアルゴリズムについて、学内の余剰資源が増加した際の挙動、つまり、パブリッククラウド上から学内余剰資源への逆方向のマイグレーションの動作は規定できていない。この逆方向のマイグレーションのタイミングや判定の周期などは、マイグレーションのオーバーヘッドそのものや、オーバーヘッドによるクラウドサービス利用者への影響・コストとの比較などの追加調査によって決定するべきであり、今後の課題であると考えている。

4.2 節の空きリソースの概算は時間割を用いた大まかな概算となっている。講義中の WS 室の端末はすべて講義に利用されていると仮定しているが、講義だけを考慮した場合には概算で考えられる最大の利用率を見積もったものになっている。実際には、講義内容によって WS 室は使うが端末は使わないという講義もあるかもしれない。また、本学では基本的に WS 室で講義中の場合、他科目の課題などを目的とした講義履修者以外の利用は認められないので、講義によって履修者数が席数よりも大幅に少ない場合、この概算より空きリソース率は高くなる可能性がある。より詳しい空きリソース率の算出には、講義中かどうかだけでなく、各端末が実際にどの程度使われているか、休日や長期休暇など講義目的以外での利用も考慮して調査する必要がある。

4.3 節の条件下で求めた学内クラウドサービスの構築コストの概算結果から、期間を 3 年間として、提案方式なしで需要全体を新規設備で整備する場合は 7,700,000 円、提案方式を利用して超過分の 7% のパブリッククラウドを利用する場合は算出した年額の 3 倍である約 6,800,861 円となり、約 12% のコスト削減が可能となる。期間が 3 年を超えるとパブリッククラウドの利用コストが上回るので、設備導入を考える際には何年間隔で設備改修を行うかを事前に検討し、提案方式を利用する場合とのコスト比較を行う必要がある。また、概算結果から、最もコストを抑えられる構成は、提案方式を利用して余剰資源を活用しつつ、超過分 7% のリソースを新規設備として導入する場合の 1,800,000 円であった。新規設備のコスト算出で利用した費用設定によって増減すると考えられるが、余剰計算資源の活用が最もコスト削減に寄与しており、超過分を新規設備として導入するかパブリッククラウドを利用す

るのかは、実装を検討する際に、より正確な設備費やクラウド利用費からコスト算出を行って比較する必要があると考えられる。

本論文の構築コストの概算では、仮定した需要全体の 154 ユーザが同時に利用する場合を想定したクラウド利用料としており、このユーザ数は動的に変化すると考えられることから、実際には概算結果のクラウド利用料より少なくなると想定される。クラウドサービス立ち上げから徐々にユーザが増えていくことが考えられるので、提案方式を利用し学内の余剰計算資源を活用したスモールスタートを行うことも可能である。あとから必要になった分だけパブリッククラウドを利用することで、余剰計算資源を最大限活用しながら追加の設備へのコストを最小化し、全体としてコストを抑えることが可能である。

## 第 6 章

# おわりに

本研究では、BYOPC などに起因する学内の余剰計算資源の活用を目的に、適した活用事例やパブリッククラウドへのマイグレーションアルゴリズムの提案・考察、学内の余剰計算資源及び提案方式によるコスト削減の概算を行った。

近年、PBL などの開発演習が進められており学生が容易に利用できる計算資源の需要が増加している。このような状況から、余剰計算資源をクラウドサービスとして提供することを提案した。また、高知工科大学における令和 2 年度の余剰計算資源の割合を概算し、1 年間を通して約 23%以上の余剰資源が存在すること、利用できる余剰計算資源の増減が激しい時間帯があることを明らかにし、マイグレーションの必要性を確認した。提案方式によるコスト削減の概算では、期間 3 年までは、新規設備でサービス全体を構築する場合に比べて約 12%のコスト削減が可能であることが分かった。

今後は、より詳細な余剰資源及びコストの概算比較や提案方式の実装に向けての技術的な課題、マイグレーションアルゴリズムなどのより詳細な検討を行っていきたい。



# 謝辞

本論文執筆にあたり，手厚いご指導くださった敷田幹文教授に深く感謝申し上げます．敷田幹文教授には研究活動の進め方やアドバイス，論文の添削など多くの場面でサポートしていただきました．また，研究室での活動をサポートしてくださった研究室メンバーには心より感謝申し上げます．最後に，本研究の副査を担当してくださった横山和俊教授，吉田真一教授にお礼申し上げます．

## 参考文献

- [1] 加納 寛子, “コロナ禍における高等教育でのオンライン授業の可能性について ~学生  
のオンライン授業のための通信環境と ICT 機器の所有状況に関する調査より~”, 日  
本科学教育学会第 44 回年会論文誌, pp.521-524, 2020 .
- [2] 文部科学省, “新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況”,  
2020 .
- [3] 文部科学省, “令和 2 年度学術情報基盤実態調査”, 2020 .
- [4] 永井 陽太, 松原 克弥, “学内向けオープンクラウドにおける計算資源の動的な増減へ  
の対応手法に関する検討”, 情報処理学会研究報告, Vol.2018-IOT-40 No.5, pp.1-6,  
2018 .
- [5] 永井 陽太, 松原 克弥, “高頻度な再配置を想定したコンテナマイグレーション機構の  
実現”, 情報処理学会研究報告, Vol.2019-IOT-44 No.47, pp.1-6, 2019 .
- [6] 宮平 賢, 河野 真治, “情報工学科演習用のコンテナ技術を用いた新規サービスの設計・  
実装”, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-IOT-51 No.4, pp.1-6, 2020 .
- [7] 柏崎 礼生, 藤本 祥人, 宮永 勢次, 森原 一郎, “定量的な評価に基づく組織内仮想化基  
盤の増強設計”, インターネットと運用技術シンポジウム 2016, pp.3-10, 2016 .
- [8] 前田 香織, 末松 伸郎, 北村 俊明, “大学におけるクラウド前提の学術情報基盤への移  
行と分析”, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.3, pp.948-957, 2016 .
- [9] Amazon Web Services, “仮想デスクトップ (VDI) 環境を利用するためのクラウド構  
成と料金試算例”, <https://aws.amazon.com/jp/cdp/vdi/>, 2022 .