

# 香川大学ハイブリッドクラウドによる 教学データに基づく EBPM に向けた基礎的検討

末廣 紀史<sup>1)</sup>, 亀井 仁志<sup>1)</sup>, 永安 良浩<sup>1)</sup>, 中川 えんじゅ<sup>1)</sup>, 後藤田 中<sup>1)</sup>, 藤本 憲市<sup>1)</sup>

1) 香川大学 情報メディアセンター

suehiro.norifumi@kagawa-u.ac.jp

## A Study for EBPM Based on Education and Learning Data From Hybrid Cloud of Kagawa University

Norifumi Suehiro<sup>1)</sup>, Hitoshi Kamei<sup>1)</sup>, Yoshihiro Nagayasu<sup>1)</sup>, Enju Nakagawa<sup>1)</sup>

Naka Gotoda<sup>1)</sup>, Ken'ichi Fujimoto<sup>1)</sup>

1) Information Technology and Media Center, Kagawa University

### 概要

2018年に香川大学に構築された香川大学ハイブリッドクラウド「Kadai-Cloud (2018)」を、2020年にSINETとパブリッククラウドであるMicrosoft Azure間をExpressRoute回線で接続し、香川大学ネットワークを延伸する形でハイブリッドクラウド基盤として拡張した。併せてAzure基盤上にSaaS型DBを組み合わせた香川大学のLMS「香川大学Moodle」を構築し、ハイブリッドクラウド上での性能監視や香川大学Moodleの利用実績によるデータに基づく運用方針の策定(Evidence Based Policy Making)を検討開始した。

## 1 はじめに

2008年、四国地域内の8大学がe-Learningコンテンツを提供しあうためのコンソーシアム(eK4)が香川大学内に設立された[1]。その後eK4は、四国地域内の5つの国立大学法人がe-Learningコンテンツを共同開講する知プラe事業[2]へと引き継がれている。これらの事業では、Learning Management System (LMS) や講義映像配信のためのストリーミングサーバは香川大学構内にオンプレミスで設置されていた[3]。この事業で構築したLMSのほかにも、香川大学のみで利用するe-Learningコンテンツを配信するためのLMS「香川大学Moodle」もオンプレミスで構築し運用していた。講義映像配信については、知プラeのために構築したストリーミングサーバを事業終了後に香川大学Moodleに継続利用していたため、負荷分散への対応が求められていた。

他方、Business Continuity Plan (BCP) の観点からの対策も必要不可欠となっていた。例えば、2015年9月の台風18号がもたらした鬼怒川氾濫による大規模浸水被害や、2018年9月の北海道胆振東部地震の電源喪失などのように、大学施設だけではBCP対策が困難な状況が存在する。香川県

は四国の中でも歴史的に災害の少ない地域とみなされているが、本部のある幸町キャンパスは海岸線に近く、高潮や豪雨による浸水リスクや、発生が予想される南海トラフ巨大地震のリスクも高まっており対応を急ぐ必要があった。

このため2018年の基盤システム更新[4]では香川県内のTier4ランクのデータセンターを中心とした設計とした。さらに、一部の業務システムを信頼性の高く可用性のあるパブリッククラウドを併用した構成とした。現在、香川大学内の仮想サーバ基盤上に構築したプライベートクラウドとパブリッククラウドを併用するハイブリッドクラウド基盤「Kadai-Cloud」として運用している。

2020年の新型コロナウイルス感染症拡大の影響によってオンライン授業科目数が増加するなか、香川大学では新たなハイブリッドクラウド基盤を構築した。本稿では、Kadai-Cloud (2018) を2020年に拡張し、香川大学ネットワークのパブリッククラウドへの延伸とSaaS型サービスを組み合わせたLMSを用いた新たな基盤の構成を示す。また、新たなハイブリッドクラウド基盤上で収集された教学データに基づく運用方針(Evidence Based Policy Making: EBPM)の策定に対する取り組みについて報告する。

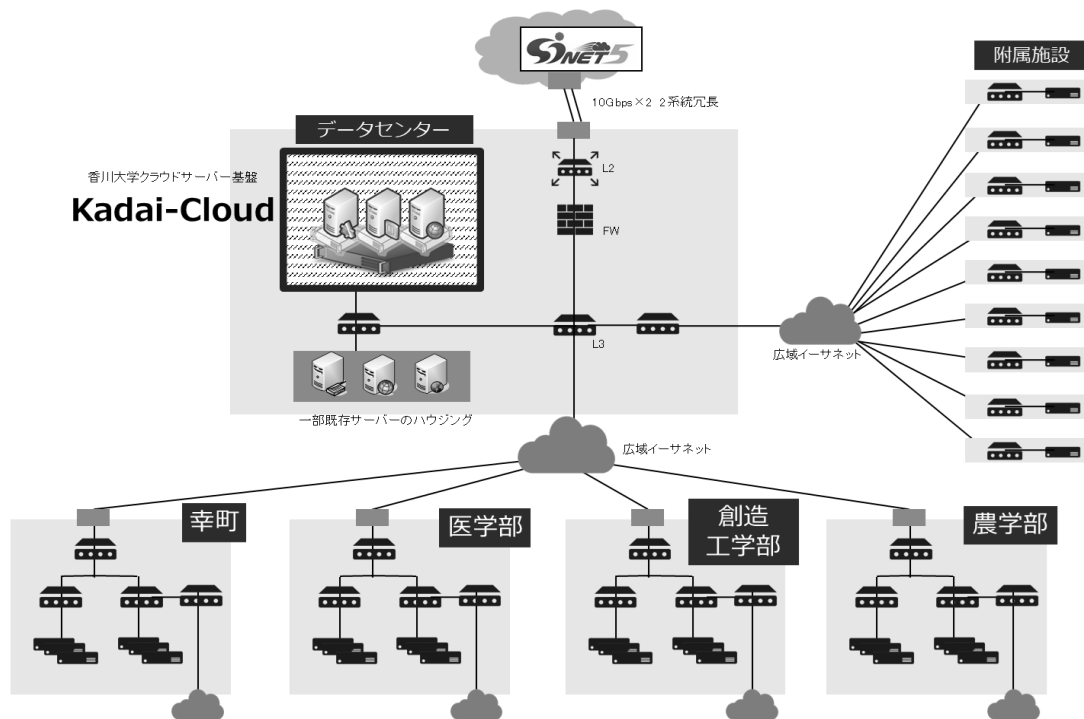


図1 香川大学クラウドサーバー基盤「Kadai-Cloud (2018)」

## 2 Kadai-Cloud (2018) の LMS 運用と コロナ禍

図1は2018年に構築した香川大学ハイブリッドクラウド環境「Kadai-Cloud (2018)」の全体像を示したものである。日本の学術情報ネットワーク (SINET) に接続する回線装置、ファイアウォール装置や L3 基幹スイッチなどもデータセンターに配置し、これまで中心に位置づけていた香川大学のメインキャンパスである幸町キャンパスを周縁的な位置づけとした。

データセンターのサーバ基盤は、一般的な x86 サーバにコンピューティング機能と複数のサーバのローカルストレージを Software Defined Storage (SDS) で統合してストレージプールを構成する Hyper Converged Infrastructure (HCI) [5]を採用した。HCIは、物理的なリソースをソフトウェアで仮想化して統合管理するため、ハードウェアの追加により基盤全体の増強ができる。それにより、高い拡張性を達成できる。

データセンター中心の構成に加えて、パブリッククラウドサービス連携に対応した。Google社の「Google Workspace」やMicrosoft社の「Microsoft365」の提供するサービスを用いた学内のID管理システム連携や、属性値に応じたライセンスの自動付与といった機能を実装した。メ

ールシステムについては2020年よりパブリッククラウドサービスに完全移行した。

e-Learning 学習環境の中心的なシステムであるLMSにおける動画配信では、従来、学内のストリーミング配信用のサーバを用いていた。しかし、非常に高額な構築・運用費用と専門的な技術が必要であり、保守工数に対して大きな課題があった。そこで、Microsoft社が提供するパブリッククラウドコンピューティングサービス「Microsoft Azure」[6]の提供するサービスの一つである Azure Media Service のクラウド型のストリーミングサービスに移行することで、構築・運用のコストダウンだけでなく、安定かつ負荷にも強いサービスを提供することを実現した。

2020年の新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、香川大学もオンライン授業開講科目数が増加した。2019年度は293科目が香川大学の学内LMS「香川大学 Moodle」で開講されていたが、2020年は2144科目と、約7倍に増加した。LMSサーバが高負荷でダウンする他大学の報告[7]もある中、香川大学ではHCIを採用したことによる香川大学 Moodle のサーバリソースの増強を即座に行えた。さらに、クラウドのストリーミングサービスを利用していたため、大規模なシステムダウンを起こさずにオンライン授業を継続できた。

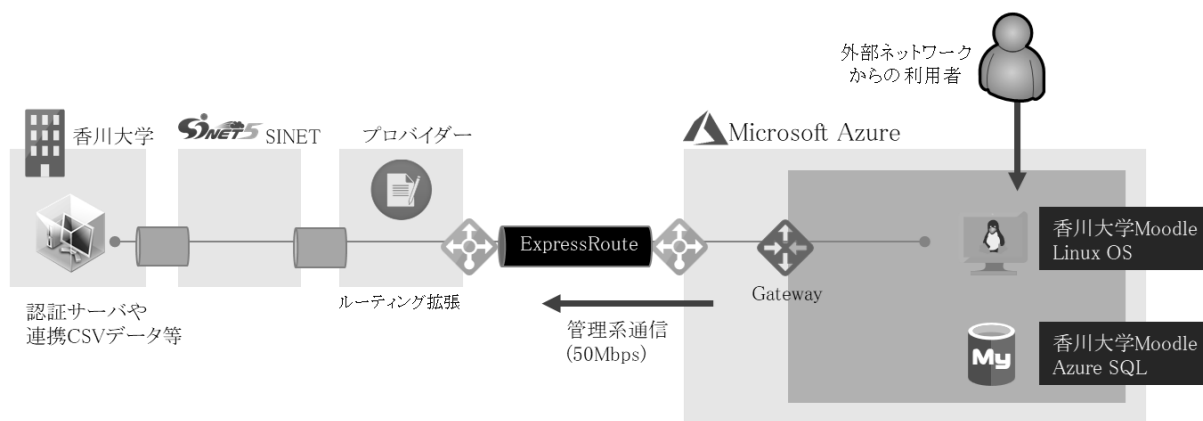


図2 香川大学ハイブリッドクラウド基盤を Microsoft Azure へ延伸する構成

しかし、WEB サーバや DB サーバの同時セッション数も 100 倍以上に増え、状況に応じて様々な箇所のチューニングを繰り返して対応をする必要があり、予測不能な利用状況の中では決して安心できる環境ではなかった。そこで、前述のストリーミングサービスのクラウド利用の実績もあり、香川大学 Moodle 全体のクラウド化をおこなった方が安定性や保守性の面でも効果が高いと判断し、2020 年度中にクラウドへの全面的な移行をすることを決定した。

### 3 ハイブリッドクラウド構成の拡張

一部分のみパブリッククラウドを利用する従来のハイブリッドクラウド基盤から、新たに拡張する構成では、パブリッククラウドプラットフォームに香川大学のネットワーク接続を延伸し、香川大学の基盤に取りこむことを実現した。図 2 は 2020 年に新たにハイブリッドクラウドを拡張した構成を示す。本構成が示すように、Microsoft Azure のパブリッククラウドのサービスのみ用いて、新たな香川大学 Moodle が構築されている。

SINET とパブリッククラウドである Microsoft Azure を接続するサービス「Express Route」を用いて香川大学内のネットワークを接続する。これにより、閉域なネットワークで通信できるため、機微情報を扱う学内システムと連携が必要な通信や、認証情報といった管理系通信を守ることができる。

一方、オンライン学習のコンテンツ再生などによる外部ネットワークからの通信は、インターネットから Microsoft Azure に直接アクセスする。そのため、閉域ネットワークに負荷をかけること

なく運用することが可能となる。

Microsoft Azure 上に構築した新たな香川大学 Moodle サーバは、従来の運用でセッション負荷のチューニングが難しかったデータベースについて「Azure SQL」の SaaS 型のクラウドサービスを利用し、サーバレスの構成とした。これにより、高信頼で高性能なデータベース基盤を使用することが可能となった。例えば、従来の環境では、数十秒の応答遅延が発生することがあった。新たな環境では、現在まで遅延や停止が発生することは一度もなく運用ができています。さらに、個人ごとに分散したタイミングでのオンライン授業のみでなく、同時時間帯に一斉に 1200 人以上がオンラインテストをする試みも 2022 年に試行されるようになるなど、安定した基盤で新たな教育活動が実践されるようになっている。

パブリッククラウドである Microsoft Azure を香川大学内基盤に取り込み、そのクラウドサービスを活用することにより、安定した基盤を構築できた。さらに、クラウド上の活動データ（システムログやユーザーのアクティビティデータなど）を、非 IT 部門スタッフである教務系事務職員が WEB ブラウザベースの操作性の高い画面で活用することが分かった。これら活動データに基づいた方針策定（EBPM）を進めるべく分析を開始している。次章において、その具体的な香川大学 Moodle の運用データ分析について紹介する。

### 4 運用データ分析

システム管理・運用及び Learning Analytics [8] の観点から、Microsoft Azure 及び香川大学 Moodle から取得できる各種データからの活用について考察する。2021 年 4 月～2022 年 8 月における香川大学 Moodle へのアクセス数と Azure

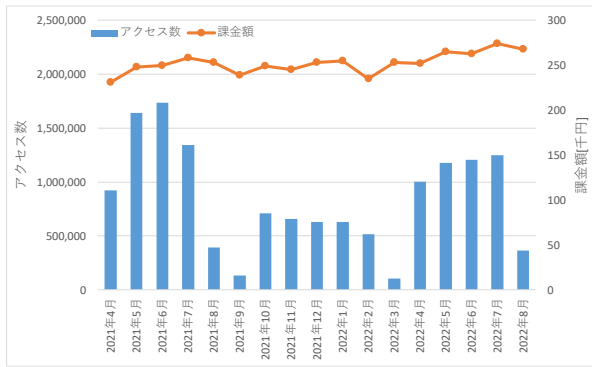


図 3 月間ログ数と課金額の推移 (2021 年 4 月～2022 年 8 月)

Portal から取得できる課金額の推移を図 3 に示す。ここにアクセス数は、1 分毎に香川大学 Moodle への同時アクセス数をカウントし、積算したものであることを付記しておく。

まず香川大学 Moodle 仮想サーバの管理者の立場からのデータ分析について述べる。この 17 ヶ月における利用者のアクセス状況の推移から、4～7 月及び 10～2 月に多くのアクセスが確認されており、8, 9, 3 月における月間アクセス数は少ないことが分かる。香川大学ではフィールドワーク系の授業、卒業研究等の一部の授業を除き、4～7 月における 15 週間と 10～2 月における 15 週間に多くの授業が開講されていることから、これら期間にアクセスが集中している状況であると考えられる。なお、2021 年 4 月～7 月に比して、2021 年 10 月～2022 年 2 月の月間アクセス数がかなり低い傾向にあるのは、2021 年 4 月～7 月の間は新型コロナウイルス感染症拡大の影響により面接(対面)授業とオンライン授業が併用されていたこと、2021 年 10 月以降は面接(対面)での授業実施を原則とすることが香川大学の方針として決まったことが大きな要因であると推測される。

Microsoft Azure では仮想サーバのスペックに基づいた定額利用料とサーバの送受信データ量に応じた従量制料金が課金されることから、図 3 に示す課金額 (2022 年 10 月 6 日付け為替レートに基づいて換算された日本円額) の変動分は香川大学 Moodle 仮想サーバの送受信データ量にほぼ相当すると言える。課金額の変動は月間アクセス数にほぼ対応しており、その傾向から 4～7 月及び

| 時間帯(時) | 月曜日   | 火曜日   | 水曜日   | 木曜日  | 金曜日  | 土曜日  | 日曜日  | 合計    |
|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 0      | 9834  | 8541  | 7469  | 2647 | 2465 | 1906 | 2047 | 34909 |
| 1      | 8178  | 6940  | 6166  | 1716 | 1887 | 1009 | 1098 | 26994 |
| 2      | 5713  | 5714  | 3544  | 1175 | 1591 | 725  | 887  | 19349 |
| 3      | 4867  | 3988  | 2428  | 691  | 1280 | 359  | 684  | 14297 |
| 4      | 3231  | 3070  | 1818  | 384  | 843  | 320  | 308  | 9974  |
| 5      | 2779  | 3038  | 1740  | 461  | 969  | 372  | 464  | 9823  |
| 6      | 2952  | 3479  | 2315  | 481  | 801  | 408  | 433  | 10869 |
| 7      | 4190  | 3864  | 3250  | 754  | 1094 | 460  | 691  | 14303 |
| 8      | 7660  | 7313  | 6437  | 1910 | 2310 | 1368 | 1103 | 28101 |
| 9      | 11595 | 11597 | 7134  | 3370 | 3535 | 1867 | 1902 | 41000 |
| 10     | 16823 | 13430 | 13832 | 5439 | 4697 | 2468 | 2295 | 58984 |
| 11     | 18245 | 13066 | 7320  | 5601 | 4877 | 1908 | 2123 | 53140 |
| 12     | 15893 | 16906 | 7008  | 3547 | 4662 | 2433 | 1960 | 52409 |
| 13     | 50165 | 15163 | 8518  | 4307 | 5766 | 3301 | 2404 | 89624 |
| 14     | 20500 | 12700 | 10629 | 4834 | 7256 | 3598 | 2977 | 62494 |
| 15     | 20144 | 11798 | 8715  | 6729 | 8308 | 3516 | 3649 | 62959 |
| 16     | 16695 | 11696 | 9765  | 4930 | 9301 | 3530 | 3663 | 59580 |
| 17     | 12909 | 9894  | 7932  | 3913 | 5166 | 2807 | 3034 | 45655 |
| 18     | 9609  | 6710  | 5290  | 3307 | 3300 | 1752 | 2231 | 32199 |
| 19     | 8567  | 6780  | 6724  | 2754 | 3634 | 2240 | 1917 | 32616 |
| 20     | 9562  | 6646  | 6681  | 2751 | 3963 | 2107 | 2642 | 34352 |
| 21     | 11238 | 7843  | 6194  | 3270 | 4412 | 2597 | 4029 | 39583 |
| 22     | 13611 | 8810  | 7209  | 3568 | 4751 | 2272 | 3969 | 44190 |
| 23     | 14711 | 8875  | 8256  | 4425 | 5459 | 2596 | 4621 | 48943 |

図 4 2022 年 4 月における曜日・時間毎のログ数

| 時間帯(時) | 月曜日   | 火曜日   | 水曜日   | 木曜日   | 金曜日   | 土曜日  | 日曜日   | 合計     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| 0      | 7906  | 8289  | 8456  | 9297  | 9491  | 5006 | 3727  | 52172  |
| 1      | 5157  | 5682  | 5116  | 4584  | 5260  | 2805 | 2543  | 31147  |
| 2      | 2315  | 2877  | 1864  | 2692  | 2534  | 1139 | 1102  | 14523  |
| 3      | 1803  | 1604  | 1172  | 1610  | 1563  | 696  | 652   | 9100   |
| 4      | 978   | 722   | 896   | 1033  | 1178  | 408  | 534   | 5749   |
| 5      | 1101  | 1186  | 1492  | 1099  | 1616  | 428  | 489   | 7411   |
| 6      | 2005  | 2024  | 1609  | 1816  | 2712  | 1000 | 535   | 11701  |
| 7      | 3813  | 5072  | 4549  | 4136  | 4553  | 1474 | 999   | 24596  |
| 8      | 19551 | 28695 | 23787 | 21076 | 14147 | 2868 | 1737  | 111861 |
| 9      | 30572 | 32725 | 34841 | 19948 | 25108 | 3940 | 2834  | 149968 |
| 10     | 39254 | 53839 | 44111 | 47184 | 37868 | 5540 | 4355  | 232151 |
| 11     | 34353 | 39528 | 32725 | 38470 | 28206 | 5439 | 5670  | 184391 |
| 12     | 28497 | 31192 | 23639 | 27518 | 24794 | 6006 | 5908  | 147554 |
| 13     | 41550 | 36092 | 29286 | 31665 | 24374 | 6932 | 7187  | 177088 |
| 14     | 33045 | 36879 | 42401 | 35651 | 33945 | 7469 | 8181  | 197571 |
| 15     | 22861 | 27727 | 30551 | 23214 | 30584 | 7528 | 9503  | 151968 |
| 16     | 28334 | 27196 | 30783 | 33555 | 24329 | 8494 | 9542  | 162233 |
| 17     | 24939 | 22154 | 26964 | 19601 | 13706 | 8123 | 8839  | 124326 |
| 18     | 14797 | 12429 | 12383 | 12244 | 8816  | 6087 | 7824  | 74560  |
| 19     | 13719 | 10403 | 9747  | 9516  | 6789  | 6689 | 7519  | 64382  |
| 20     | 14691 | 11398 | 12274 | 11467 | 8080  | 6710 | 8866  | 73486  |
| 21     | 16667 | 13431 | 13945 | 14063 | 9634  | 7637 | 10644 | 86021  |
| 22     | 18080 | 15201 | 17210 | 16417 | 10380 | 8471 | 13521 | 99280  |
| 23     | 19045 | 15089 | 17151 | 15812 | 9784  | 7460 | 12793 | 97134  |

図 5 2022 年 8 月における曜日・時間毎のアクセス

10～2 月の間に大量のデータ送受信が行われていることが読み取れる。なお、この課金額は非 IT 部門のスタッフでも Azure Portal サイト上で簡単に閲覧でき、教務系事務職員が香川大学 Moodle 仮想サーバの死活を確認することができる。大学が実施する授業に関する教務上の管理は教務系事務が所掌していることから、教務系事務職員が直接香川大学 Moodle 仮想サーバの死活を監視することで科目担当教員や学生に対して速やかな通知が可能となる。このことは、クラウドサービス活用による恩恵の一つといえる。

次に、Learning Analytics の観点から香川大学 Moodle に蓄積されたデータを分析する。2022 年 4 月の講義映像の視聴や講義資料の閲覧、小テスト受験やレポート提出など、香川大学 Moodle 上で行われたすべての操作ログを 1 ヶ月分カウントした月間ログ数を曜日・時間毎に分類し、図 4 に示す。ここで、最右列の緑色のグラフは各時間帯における総ログ数である。香川大学では月～金曜

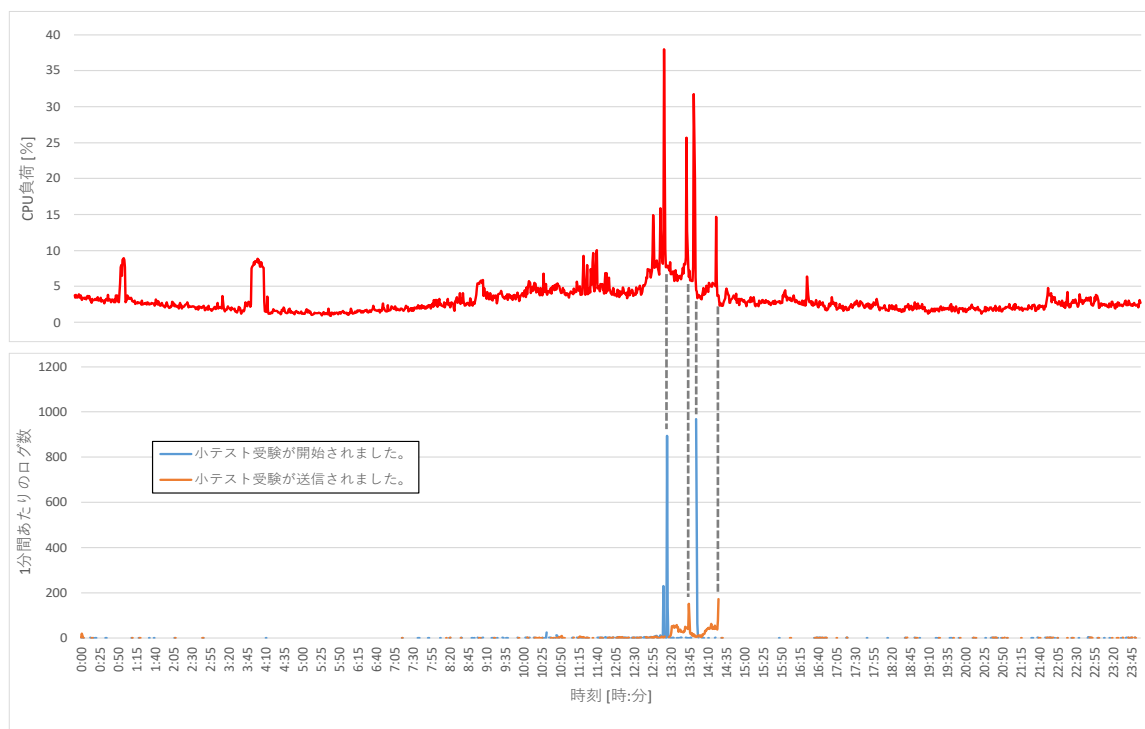


図 6 小テストに関するログと CPU 負荷との関係(アセスメント検定実施日：2022 年 8 月 1 日)

日の 08:50~17:50 (休憩時間を除く) に授業が実施されており、基本的にはその時間帯におけるログ数がかかなり多い。しかしながら、平日の早朝や夜間並びに土・日曜日など、授業時間帯以外にもある程度のログ数が存在しており、学生が授業時間外に学修している様子を垣間見ることができる。なお、誌面上の都合により 2022 年 4 月のみのデータを示しているが、それ以降の授業開講期間(2022 年 5 月~7 月)においてもほぼ同じ傾向であったことを付記しておく。

図 5 は 2022 年 8 月の月間ログ数を曜日・時間毎に分類したものである。8 月は集中講義等一部の授業しか実施されないにも関わらず、月曜日の 13 時に大量のログが確認された。香川大学では、DRI (Design, Risk-Management, Informatics) 教育成果の可視化のために 2022 年度から新入生全員に対するアセスメント検定を実施しており、このログは、2022 年 8 月 1 日 (月曜) に約 1,200 名が香川大学 Moodle 上で受検 (小テストモジュールを操作) したときのものと考えられる。

この短時間に大量のログが発生したときの状況をより詳しく分析した。図 6 は、香川大学

Moodle 仮想サーバの CPU 負荷[%]と小テストの受験開始及び受験結果送信に関するログを同じ時間軸にまとめたものである。検定は同日に二つ実施され、一つ目の開始・終了時刻は 13 時 15 分と 13 時 45 分、二つ目の開始・終了時刻は 13 時 55 分と 14 時 25 分である。一つ目の検定が開始された 13 時 15 分に、香川大学 Moodle での小テスト受験開始ログ数 (青色) が急激に跳ね上がり、それを受けて CPU 負荷 (赤色) も 40% 近くまで急上昇していることが読み取れる。その後、一つ目の検定終了時刻辺り (13 時 45 分頃) の小テスト受験結果送信ログ数 (橙色) の増加に伴って再度 CPU 負荷が急上昇しており、二つ目の検定についても同様の傾向が見られた。これらの分析結果から、小テストモジュールを用いて約 1,200 人が一斉に受験するイベントに対して、香川大学 Moodle 仮想サーバのパフォーマンスは十分であったことが例証された。

## 5 おわりに

2018 年に構築された香川大学ハイブリッドクラウド基盤「Kadai-Cloud (2018)」では、HCI や

パブリッククラウドの一部利用をしていたことが功を奏し、コロナ禍においてもサービスダウンすることなくオンライン授業を継続することができた。更なる安定した LMS (香川大学 Moodle) の運用をすべく、パブリッククラウドプラットフォームに香川大学のネットワーク接続を延伸し、香川大学の基盤に取りこむことを実現した。これにより安定した稼働を維持することだけでなく、1200人以上の同時オンライン学習 (アセスメント検定) といった新たな教育活動の実施や、クラウド上の活動データを利活用できる恩恵もあった。

Microsoft Azure 及び香川大学 Moodle から得られるデータを分析することによって、授業開講週における香川大学 Moodle 仮想サーバの負荷状況や送受信データ量を把握できるだけでなく、学生の授業時間外学修の様子を把握できる可能性も示唆された。その他、1 学年全体 (約 1,200 名) が小テストモジュールを一斉利用する多人数イベントのデータ分析を通じて、構築した香川大学 Moodle の高い可用性を例証した。これらの運用データ分析結果に基づいて、今後、デジタル空間での新しい学修環境インフラの設計・管理・運用を行う際のポリシー決定 (EBPM) に対してさまざまな提案を行っていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 林 敏浩, “e-Knowledge コンソーシアム四国 (eK4) とは?,” 情報知識学会, Vol.21, No.2, pp.299–303, 2011.
- [2] 大学連携 e-Learning 教育支援センター四国, <https://chipla-e.itc.kagawa-u.ac.jp>. (2022 年 10 月 14 日参照)
- [3] 村井 礼, 裏 和弘, 末廣 紀史, 山下 俊昭, 藤本 憲市, 後藤田 中, 八重樫 理人, 最所 圭三, 今井 慈郎, 林 敏浩, “大学連携 e-Learning におけるサーバおよびネットワーク負荷にかかる実践報告,” 教育システム情報学会第 41 回全国大会講演論文集, pp.301–302, 2016.
- [4] 米谷 雄介, 後藤田 中, 八重樫 理人, 藤本 憲市, “香川大学におけるセキュリティを意識した学内情報基盤の構築と学内情報基盤に基づく実践の取り組み,” オペレーションズ・リサーチ, Vol.64, No.9, pp.534–540, 2019.
- [5] 富士通株式会社, “ハイパーコンバージドインフラストラクチャ (HCI) とは,” <https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/virtual/tech/term/hci/>. (2022 年 10 月 14 日参照)
- [6] Microsoft Corporation, “Microsoft Azure: クラウド コンピューティング サービス,” (2022 年 10 月 14 日参照)
- [7] 日経クロステック/日経コンピュータ, “国内複数大学で遠隔授業のトラブル、短い準備期間に苦戦,” <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01157/060200012/>. (2022 年 10 月 14 日参照)
- [8] 緒方 広明, “ラーニングアナリティクスの研究動向,” 情報処理, Vol.59, No.9, pp.796–799, 2018.