

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350333

研究課題名(和文) e-ラーニングのクラウド化のためのデータ連携フレームワーク構築に関する研究

研究課題名(英文) Research on Development of Data Cooperation Framework for e-Learning Cloud

研究代表者

金西 計英 (Kanenishi, Kazuhide)

徳島大学・大学開放実践センター・教授

研究者番号：80204577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習の環境の情報化が進む中で、クラウドの活用が進むことが想定されることから、クラウド上での学習環境の構築を目指す。具体的には、教育機関におけるクラウド構築モデルを示した。提案したモデルに基づくクラウド環境を構築し、試作環境が実用に耐えることを検証した。また、Webシステム間のデータ連携の方法について、整理・分類した。その上で、データ連携方法としてエージェント方式を取り上げ、エージェント方式の有効性について検証をおこなった。その結果、一定の有効性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：It is assumed to progress informatization of schools and introducing of the cloud technology. We try to develop a learning environment in the cloud. We have proposed a framework model of the cloud for the learning environment. The cloud environment that is proposed has been created and have been evaluated that the system is sufficient for practical use. Another, the method of data cooperation has been organized and classified. We adopt the agent method from the data cooperation methods. The agent method has been verified and an effectiveness has been shown.

研究分野：教育工学

キーワード：e-Learning クラウド データ連携 情報基盤技術 仮想化

1. 研究開始当初の背景

現在、我々の日常生活のクラウド化が急速に進んでいる。学校現場における学習環境のクラウド化は必須であり、クラウド化により、学習者は多くの恩恵を受ける。スマートフォン、PC等、複数の情報機器の使用が常態化し、情報機器の各種情報はクラウド上のサーバに保存される。クラウドに情報が集約される一方、サービスの内容は細分化されつつある。同じ情報が、各サービスで利用されることから、サービス間で情報が共有されれば、サービス毎に情報を登録する負担が減る。

学校現場のクラウド化においても、クラウドをどう構築するかと言った問題と、データ連携という問題が存在する。学校現場へのクラウドの導入は、進んでいない。さらに、データ連携は進んでいない。情報の一貫性を保つ作業は、サービスの提供者側、利用者にとって大変煩わしい。例えば、高等教育機関には多数のWEBサービスが導入されている。学習者の氏名や所属、科目の履修情報は、多くのシステムに同じ情報が保存される。同じ情報を幾つものシステムに登録する必要があり、サービス提供者側で情報をコピーするか、学習者が登録作業を繰り返すかのどちらかである。情報の修正が発生した場合、誰かが修正を繰り返すおこなう。データの一貫性を保つ作業は、本来の学習とは関係のない作業である。学習とは関係のない、こうした煩わしい作業を軽減することができれば、クラウド化された学習環境の普及を促進することができる。

データ連携の問題に対し、現在、システム運用者側で個別にデータ交換を用意することで対応している。我々は、汎用のデータ交換の枠組みの開発が必要であると考え。データ連携のフレームワーク構築によって、システムの運用者、学習者の負担を減らすと考える。また、学習者の目に触れない情報基盤をどのように構築するかといった問題は、学習システムの研究として大切である。学校現場におけるクラウド構築の方法の確立は望まれるものと考え。

2. 研究の目的

本研究では、情報基盤技術の重要性に着目し、e-Learning環境のクラウド化の方法の検討と、Webサービス間のデータ連携のフレームワークの構築を目指す。クラウド構築の方法を明らかにすることで、また、データ交換の汎用フレームワークを提供することで、サービス提供者や学習者の利便性は向上すると考える。

3. 研究の方法

本研究は大きく、クラウド構築方法の検討を、データ連携手法の検討の二つに分かれる。まず、クラウド構築手法の検討では、e-Learningのためのクラウド構築モデルを作成し、我々の提案するモデルの検証をおこ

なう。

次に、データ連携手法の検討では、Webサービス間のデータ連携手法を分類、整理し、手法の検討をおこなう。その上で、我々のデータ連携手法の提案をおこなう。併せて、提案した手法の検討をおこなう。

4. 研究成果

(1) e-Learning クラウド

我々は、e-Learningのためのクラウドのモデル化をおこなった。e-Learningクラウドのモデルを図1に示す。e-Learningクラウドは3つの機能から構成される。

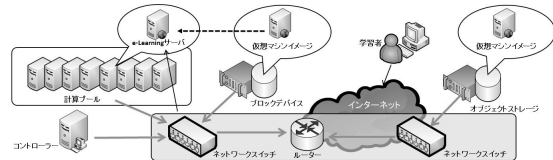


図1.e-Learningクラウドの構成

計算資源の仮想化
 ストレージの仮想化
 ネットワークの仮想化

計算資源の仮想化とは、単一の仮想機械を拡張し仮想計算機の集合を整備したものであり、我々はこの仮想計算機の集合を計算機プールと呼ぶ。仮想計算機とは、ハイパーバイザと呼ぶソフトウェアを用いて、物理計算機機の上で稼働している計算機のシミュレーションのことである。仮想計算機は計算機プール上の任意の物理計算機で稼働する。仮想計算機の情報のコピーすることで、物理計算機を移動して稼働することが可能である。

次に、ストレージの仮想化とは、ネットワーク経由でアクセス可能なハードディスクを提供するものである。提供されたストレージは、仮想計算機の起動用のデバイスとして計算機プールで共用される。つまり、ストレージの仮想化とは、複数の計算機を抽象化し、単一のボリュームとして見えるようにしたものである。オンラインストレージは、複数の計算機から構成されるものの、これらの計算機は計算機プールからは認識されない。オンラインストレージを構成する計算機に障害が発生した場合、対象の計算機を入れ替えるだけでなく、オンラインストレージを利用する側からは障害を認識することはない。

さらに、ネットワークの仮想化とは、ネットワークの機能を抽象化し、インターネットワーク上に仮想のネットワークを構築することである。仮想スイッチと仮想ルーターを作成し、クラウド上の機器はこの仮想スイッチに直接繋がっている形を作ることである。ルーターは、スイッチに接続された機器がインターネットと繋がるために必要となる。クラウドを構成する機器は、物理的には広範囲に散らばっているにも関わらず、単一セグメントの構成をとることとなる。ネットワークの仮想化は、2010年以降、SDN(Software Defined Networking)をキーワードに、急速

に普及しつつある。

このように3つの仮想化された健康を統合するため OpenStack, CloudStack 等のクラウドコントローラと呼ばれるソフトが必要となる。クラウドコントローラを用いることによって、仮想化された3つの環境を統合し、クラウドを運用することが可能となる。

我々は、この e-Learning クラウドを基に、試作的にクラウドをデザインした、これを CUE-Cloud と呼ぶ。

CUE-Cloud は、計算プール、共有ストレージ、クラウドコントローラから構成される。

計算プールは、仮想計算機を稼働するためのクラウドの中心機能を提供する要素である。CUE-Cloud では、ハイパーバイザに XenServer を用いた。XenServer は、クラウドを構築する場合の基盤として、利用実績が多い。アクセスの容易さ、メンテナンスの活発さ等から、XenServer を用いることとした。計算プールは、複数の物理計算機で構成される。複数台の構成とすることで、仮想計算機を物理的計算機間で移動させるマイグレーションが可能となる。CUE-Cloud では計算プールは、数台規模の構成を想定している。

次に、ストレージの構成について述べる。ストレージは、計算プールで共有するオンラインストレージのことである。オンラインストレージを、計算プールの複数の計算機にマウントすることで共有する。共有ストレージに、仮想計算機の起動用のディスクイメージを置く。ライブマイグレーションを可能とするために、複数の物理計算機間で仮想計算機のイメージを保存したディスクを共有する必要がある。また、計算プールの物理計算機内蔵の物理ストレージには、ハイパーバイザのシステムのみを収納する。

計算プールと、共有ストレージによってプライベートクラウドの基本部分を構成する。CUE-Cloud は比較的規模の小さいクラウドを想定した。小規模な XenServer ベースのクラウドの場合、クラウドコントローラとして XenCenter が用意されており、我々は XenCenter を用いることとした。XenCenter はシンプルながら、プライベートクラウドの管理に必要な機能を提供してくれる。

我々は、デザインした CUE-Cloud を、実際に試作した。5 台の物理計算機で構成し、4 台の仮想計算機を動かした。この 5 台の計算プールは制御用のプライベートネットワークに接続されている。制御用のネットワークとは別に、5 台の計算プールは外部のネットワークとも接続されており、仮想計算機はインターネットと接続される。2016 年の 1 月から試験をおこなった。この試作クラウドを、一ヶ月程度試用した結果、仮想マシンが停止する、あるいは物理計算機やストレージが停止するといった致命的な問題は発生しなかった。サーバの運用上の問題は発生していない。以上のことから、我々の提案した e-Learning グラウドに関して、一定の実用

性が確認されたと考える。このまま、今回試作したクラウドについては、運用を継続できるものとする。

(2) データ連携

我々は、データの連携方式について分類と検討をおこなった。データ連携というのは、つまり、サービスを構成するシステムの間でデータをどのようにコピーするか、つまり、データの同期のことであると考えられる。

一般的に Web サービスは、Web サーバ、アプリケーションサーバ(PHP や ruby で業務等を実装したもの)、データベースエンジンから構成される。各種のデータは、データベースエンジンが管理するデータベースに格納されている。データの同期方法として、以下の 4 つの手法が考えられる。表 1 に各方式の比較を示した(容易から困難の度合いを、相対的に × で示す)。

- ・データベース直接方式
- ・中間データベース方式
- ・データベースラップ方式
- ・エージェント方式

表 1 データ同期手法の比較

	設計	実装	処理時間	汎用性	バージョンアップ
データベース直接	×	×		×	
中間データベース					
データベースラップ	×	×		×	
エージェント			×		

データベース直接方式は、Web サービスが、利用するデータベースを共有する方法である。この方法は、データベースを各 Web サービス共有するため、そもそもデータの同期操作は発生しない。一方、Web サービスは、データベースエンジンを指定されることから、データベースエンジンに合わせシステムを作り直す必要が発生することがある。

中間データベース方式は、Web サービスが使用するデータベースとは別に、データ同期のための中間データベースを用意するものである。各 Web サービス間で、データのマスタをどの Web サービスがおこなうかを定める必要がある。マスタとなる Web サービスは、中間データベースへデータを書き込み、利用者となる Web サービスは中間データベースから必要なデータを読み込みむ。中間データベース方式の場合、中間データベースへの書き込み、読み込み機能を、実装する必要がある。

データベースラップ方式は、Web サービスにおける情報の読み書きの流れは、データベース直接方式と同じである。Web サービスの実装者が処理を記述するのではなく、Web サービスを実装する処理系が用いるデータベースエンジン操作ライブラリに予めデータ連携の機構を埋め込んでおくというものである。

Web サービスの多くは、データバックアップのためエクスポート、インポート機能を持つ。エージェント方式は、このエクスポート、

インポートを実行するプログラムを Web クライアントとして提供するものである。エージェント方式はデータベースを直接操作しないため、データ破損のリスクは低い。しかし、データベースのアクセスが間接となるため、速度やアクセス権といった問題が発生する。

4つの方式には、それぞれ長所、短所があり、どれかが正解というわけではない。システム構築のコスト、作業コスト等、Web サービスを取り巻く状況のバランスを考慮して妥当な方法を選ぶことになる。Web サービスへの改造（再構築）が発生しないということから、我々は、エージェント方式を有効な方法と考え、提案することとした。

次に、エージェント方式の具体的な実現方法を検討する。エージェント方式は、Web システムとは別に、Web クライアント上の独立したアプリケーションとして実現される。この Web クライアントを我々は、エージェントと呼ぶ。エージェントを構築するためのツールとして、Web scraping, Web crawler, Web テストツール等、Web クライアントとして Web サービスへアクセスし、HTML パース機能を持ち、記述された手順を自動実行するツールが存在している。こうしたツールを用いエージェントを実装する。

データ同期エージェントは、Web サービス間のデータのバックアップ（エクスポート、インポート）を代行する。解析、認証、エクスポート、データ変換、インポートの機能から構成される。同期エージェントは、毎日定時に指定された Web サービスに対し、解析、認証、エクスポート、データ変換、解析、認証、インポートの順に、作業をおこなう。

我々は、エージェント方式の有効性を検証するため、以下のような実験をおこなった。

実験は LMS 等に見立てた Web サービスと、エージェントを用意し、試作したエージェントプログラムの振る舞いを観測した。本実験では、学生が LMS と e ポートフォリオを連携して使う場面を想定し、LMS から e ポートフォリオ間で、学習者が作成したコンテンツ（各種の提出用課題等）の同期を取り上げた。こうした局面を想定したのは、学生が作成したレポートを提出する場合、LMS と e ポートフォリオのそれぞれに、登録作業を 2 回するのは煩わしいと感じると考え、LMS へ登録することで e ポートフォリオへも登録されるといった要求が高まると考えたからである。データ同期の実験は、大学内の LMS から LMS へのデータ複製、大学内の LMS から e ポートフォリオへのデータ複製、異なる大学間の LMS から LMS へのデータ複製のケースに分けておこなった。実験は約 2 週間おこなった。

実験の結果は、まず、期間中、エージェントの動作について不具合は発生しなかった。試作したエージェントの動作について、機能上の問題は見られなかった。

つぎに、時間帯や曜日により小さな変動は

見られるものの、統計上差はみられなかった。実験用に作成した千名の学生のレポートに見立てたデータのコピーが一時間半程度で終わっている。この時間は、深夜や明け方に、バッチ処理として運用すれば、運用上問題はない。しかし、学生数が万人規模となる場合、朝までに作業が終了しないことが想定される。このような問題は、サーバの処理能力を増強する、エージェントの処理を並列化する等の対応を取ることで、対処可能だと考える。エージェントを動かした PC の CPU 負荷を計ったところ、CPU 負荷は大きくなかった。ネットワークや、HDD 等の IO 処理に掛かる時間が、処理に掛かる時間を決める重要となる。そこで、エージェントを同時に複数走らせるといったことは可能であると思われる。我々の想定した状況において、エージェント方式は適応可能だと考える。

今回の実験で想定したような局面において、Web サービス間で学生のコンテンツ（レポート等の課題）の同期を取るような場合、エージェント方式に一定の可能性は認められたものと考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 7 件)

金西 計英, “大学内プライベートクラウド構築手法の検討”, 徳島大学大学開放実践センター紀要, 査読有, Vol.25, pp.43-54, 2016.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Disaster Recovery Framework for e-Learning Environment Using Private Cloud Collaboration and Emergency Alerts”, 査読有, Proc. of 17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2015), pp.588-596, 2015.

(DOI: 10.1007/978-3-319-20618-9_58)

金西 計英, 戸川 聡, 松浦 健二, “エージェント方式による Web サービス間のデータ同期の検討”, 日本教育工学会論文誌, 査読有, Vol.38(Suppl), pp.121-124, 2014.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Building of a Disaster Recovery Framework for e-Learning Environment using Private Cloud Collaboration”, Proc. of International Conference on Sustainability, Technology and Education 2014 (STE2014), 査読有, pp.233-237, 2014.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Private Cloud Collaboration Framework for e-Learning Environment for Disaster Recovery using Smartphone Alert Notification”, 査読有, Proc. of

16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI12014), pp.118-126, 2014.

(DOI: 10.1007/978-3-319-07863-2_13)

金西 計英, “大学間インタラクティブ構築手法の検討”, 徳島大学大学開放実践センター紀要, 査読有, Vol.23, pp.1-10, 2014.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Private Cloud Cooperation Framework of e-Learning Environment for Disaster Recovery”, 査読有, Proc. of 2013 IEEE Int'l Conf. on Systems, Man and Cybernetics, pp.4104-4109, 2013.

〔学会発表〕(計7件)

金西 計英, 戸川 聡, “プライベートクラウド連携による e-Learning 環境減災フレームワークの構築”, 日本教育工学会第31回全国大会講演論文集, pp.657-658, 2015/9/21-2015/9/23, 電気通信大学(東京都調布市).

戸川 聡, 金西 計英, “大学間インタラクティブによる LMS 減災フレームワークの構築”, 教育システム情報学会第40回全国大会講演論文集, pp.93-94, 2015/9/1-2015/9/3, 徳島大学(徳島県徳島市).

金西 計英, 松浦 健二, 高橋 暁子, 戸川 聡, “高等教育機関におけるクラウドを活用した教育環境の活用”, 教育システム情報学会第40回全国大会講演論文集, pp.91-92, 2015/9/1-2015/9/3, 徳島大学(徳島県徳島市).

金西 計英, 松浦 健二, 高橋 暁子, 戸川 聡, “eラーニングシステムのためのプライベートクラウド構築”, 日本教育工学会第30回全国大会講演論文集, pp.713-714, 2014/9/19-2014/9/21, 岐阜大学(岐阜県岐阜市).

金西 計英, 松浦 健二, 高橋 暁子, 戸川 聡, “高等教育機関における教育システムのためのプライベートクラウドの構築”, 教育システム情報学会第39回全国大会講演論文集, pp.143-144, 2014/9/10-2014/9/12, 和歌山大学(和歌山県和歌山市).

金西 計英, 戸川 聡, 松浦 健二, “eラーニングシステム間のデータ連携について”, 日本教育工学会第29回全国大会講演論文集, pp.687-688, 2013/9/20-2013/9/23, 秋田大学(秋田県秋田市).

金西 計英, 松浦 健二, 戸川 聡, “e-Learning システム連携のための認証基盤の構築”, 教育システム情報学会第38回全国大会講演論文集, pp.65-66, 2013/9/2-2013/9/4, 金沢大学(石川県金沢市).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金西 計英 (Kanenishi, Kazuhide)
徳島大学・大学開放実践センター・教授
研究者番号: 80204577

(2) 研究分担者

松浦 健二 (Matsuura, Kenji)
徳島大学・情報センター・教授
研究者番号: 10363136

戸川 聡 (Togawa, Satoshi)
四国大学・情報処理教育センター・准教授
研究者番号: 20399166

(3) 連携研究者

林 敏浩 (Hayashi, Toshihiro)
香川大学・総合情報センター・教授
研究者番号: 90264142

妻鳥 貴彦 (Mendori, Takahiko)
高知工科大学・工学部・准教授
研究者番号: 60320123