

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：36101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01105

研究課題名(和文)ポストMOOCに対応したシステム減災のための大学間インタークラウドの構築

研究課題名(英文)Construction of Disaster Recovery Framework for Post MOOC Educational Environment using Inter-Cloud Infrastructure

研究代表者

戸川 聡 (TOGAWA, Satoshi)

四国大学・情報処理教育センター・教授

研究者番号：20399166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大学間インタークラウドを活用した教育支援システムのための減災フレームワーク構築を目指した。地震や津波などの壊滅的災害や激甚化する大規模洪水などに対し、ポストMOOC型教育支援環境を対象とした災害復旧の枠組みを検討した。一方、既存のLMS環境に対しても、複数のプライベートクラウド基盤を対象とした宛先選択機構を構築することで、一定の有効性を持つシステム減災を実現できることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research is to provide a disaster recovery framework for the educational environment of post MOOC, such as SPOC (Small Private Online Course). Natural disasters especially earthquake and tsunami inflict irreparable damage on educational assistance system including usual LMS, and normal natural disasters such as heavy rain and massive floods are becoming increasingly serious. During the research period, we have built the disaster reduction and recovery framework for e-Learning environment based on inter-cloud infrastructure. And, we implemented live-migration target selecting method using earthquake early warning. It was confirmed that our prototype system has an effectiveness to protect educational assistance system against the natural disasters.

研究分野：教育工学

キーワード：e-ラーニング システム減災 インタークラウド システム仮想化 緊急地震速報

1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東日本大震災は、東北地方を中心に甚大な被害をもたらした。また、2015年(平成27年)9月に発生した関東東北豪雨による常総市鬼怒川水害など、甚大な被害をもたらす激甚災害とそれに類する災害の発生は珍しいものではなく、つつある。災害に対する備えは必要不可欠である。東日本大震災の発生を機に、多くの分野において事業継続計画の策定が進められてきた。これはLMSなど教育支援システム無くして教学活動継続が困難な今日の高等教育機関も例外ではない。特に、今後30年間で70~80%の確率で発生すると言われる南海トラフ巨大地震への対策を進めるとともに、近年激甚化しつつある集中豪雨や大規模洪水などの自然災害に対してもシステムの減災を実現しなければならない。

一方、MOOC(Massive Open Online Course)元年と言われた2012年には、edX、CourseraやUdacityなどのMOOCプロバイダが設立され、その取り組みが開始された。日本においても、2013年10月に日本オープンオンライン教育推進協議会(JMOOC)が設立され、gaccoなどの公認プロバイダによるコース提供が開始された。MOOCには優良な講義コンテンツが集積され、そのコース数、分野とも多岐に渡る。MOOCは高い学習意欲を持つ「個」としての学習者には有効な学習環境となる。

しかし、高等教育機関における教育目標達成のためのMOOC活用には課題が残る。大学として学習者の質保証を達成するためには、当該大学の学習者特性に適應した講義コンテンツの集積が求められる。このため、ハーバード大や東工大など一部の大学では「ポストMOOC」として、SPOC(Small Private Online Course)が構築されている。MOOC環境はAmazon Web Servicesなどパブリッククラウド環境を用いて構築する事例が多い。しかしSPOC環境は、特にMOOC非参加大学において、その性質からプライベートクラウド環境による構築が想定される。つまりSPOC普及は、講義コンテンツと学習履歴の地理的再集積を意味している。

Moodleなど従来型LMSを対象とした災害回復の枠組みは既に提案されている。しかし、いずれも従来のIaaS環境を想定したものであり、プライベートクラウドに最適化されたe-Learning環境を対象としたシステム減災の枠組みは提案されていない。クラウドは何でも出し入れできる魔法の箱ではない。ポストMOOC型e-Learningに適應した、新たなシステム減災の枠組みが必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、ポストMOOC型e-Learning環境を対象として、災害時におけるデータ保全と運用継続性確保を目標とした大学間イ

ンタークラウドの構築を当初の目的とした。特にSPOC環境を対象とした大学間インターネットクラウドの構築とその減災に適應した最適化の実現を目標とした。研究背景でも述べた通り、当時、教育フレームワークとしてのMOOCは、既存教育機関への破壊的ソリューションとして捉えられていた。また、MOOC環境の組織対応版とも言えるSPOC環境への期待も高まりつつあった。これは、従来型LMSの代表とも言えるMoodleからSPOC環境へのパラダイムシフトが起こりつつあると捉えることができた。このため、SPOC環境構築の代表的パッケージであるOpen edXを対象としてモデルケースを構築し、まずはこの事例からSPOC環境に対するシステム減災フレームワークの確立を目的とした。

一方、研究開始当初の背景で述べたMOOCへの期待は縮小の方向へ向かった。従来型教育への破壊的ソリューションとして捉えられたMOOCへの期待は、ある種の幻滅へと変化した。LMSを中心とする教育支援環境は、現在もMoodleを主体とする環境構築が主流であり、SPOC環境へのパラダイムシフトが実現したとは言いがたい状況である。また、パブリッククラウドサービスの大幅な信頼性向上と技術革新もあり、教育支援環境の構築基盤自体にも変化が現れつつある。これらを前提としたシステム減災フレームワークの確立も重要と考える。

さらに、地震や津波以外の自然災害の激甚化が顕著となってきた。災害発生にともない教育支援環境を単にマイグレーションさせるだけではなく、どこへマイグレーションさせるのか、その宛先選択アルゴリズムも重要と言える。教育支援システムのマイグレーションにおける宛先選択機構の確立も本研究の目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、提案する教育支援環境のシステム減災フレームワークを実現するため、大きく次の方法に分けて検討を行った。

- (1) SPOCを想定したe-Learning構築環境の検討
- (2) 大学間インターネットクラウドによるe-Learning環境の減災フレームワークの構築
- (3) 被災状況に適應したライブマイグレーション宛先選択機構の実装

4. 研究成果

- (1) SPOCを想定したe-Learning環境構築の検討

SPOCを想定したe-Learning環境の構築について検討を行った。SPOC構築基盤として、Open edXを選択し、IaaS基盤の仮想マシンを対象として実験環境を構築した。動作検証のため導入したOpen edXは2015年8月にリリースされたCypress Releaseである。

これを Linux KVM 基盤で構築された仮想マシンを対象として、フルスタック構成にて導入した。LMS 機能及び Studio 機能と関連データベースを含め仮想マシン 1 台で完結した環境構築が可能であることを確認した。この教育支援環境構築に用いた仮想マシンの仕様を表 1 に示す。

表 1 Open edX 構築用仮想マシン仕様

メモリサイズ	8GB
仮想ディスクサイズ	40GB

一方、Gartner Hype Cycle for Education 2014 において、MOOC が幻滅期にあることが示された。また、2015 年 4 月時点での Google Trends における Moodle と Open edX の人気度動向を調査した。対象地域は日本とした。この結果、Moodle が 96 の人気度を有していたのに対し、Open edX は人気度 0 であった。この傾向は 2016 年及び 2017 年においても大きな変化は見られない。これらのことから、少なくとも日本における LMS 構築環境は、Moodle に圧倒的な需要があることが確認された。

計画立案時、及び研究開始時点からの情勢の変化を受け、Open edX の開発利用状況を適宜追跡しつつ、Moodle を中心とする教育支援環境を対象としたシステム減災フレームワーク構築に重点を置く方針とした。現段階において主流である教育支援環境に焦点を当て、システム減災フレームワークを構築し検証を行うことが、社会的要請に対し、よりの確にこたえることができると考えるためである。

(2) 大学間インタークラウドによる e-Learning 環境の減災フレームワークの構築

本研究で構築したシステム減災フレームワークを図 1 に示す。

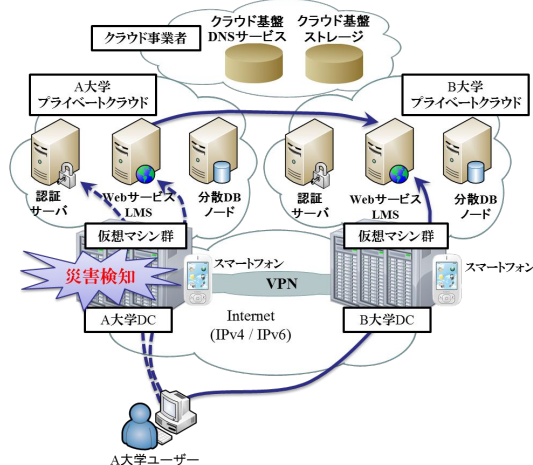


図 1 システム減災フレームワーク

本研究で提案した大学間インタークラウドによる教育支援環境のためのシステム減災フレームワークは、各大学に構築されるプ

ライベートクラウド基盤を基本的な構成要素とする。プライベートクラウド基盤には、カスタムアプリケーションを導入したスマートフォンが接続される。カスタムアプリケーションは、気象庁が発信する緊急地震速報、内閣官房が発信する全国瞬時警報システム（J-ALERT）、地方自治体が発信する災害情報共有システム（L-ALERT）を受信し、受信されたプライベートクラウド基盤で運用される教育支援システムに対するライブマイグレーションのトリガーとなる。

大学間インタークラウドで運用される教育支援システムの名前空間は、クラウド基盤の DNS サービスにより管理され、DNS サービスが提供する WebAPI 経由でライブマイグレーションと連動した DNS レコードの更新が実行される。このため、教育支援システムのマイグレーションに伴う名前空間の整合性を保ち、学習者に対する透過的なサービス提供を担保できたと考える。

これまで説明した機構に加え、クラウド基盤ストレージへの仮想マシンイメージの退避を試行した。Moodle や MySQL など、教育支援システムを構築した仮想マシンのディスクイメージをクラウド事業者が提供するストレージへの退避を行った。対象としたクラウド基盤ストレージは Google Cloud Storage Nearline である。20GB の仮想ディスクイメージを圧縮後、当該ストレージサービスへ転送するために要した時間は、合計で 4 分 51 秒であった。クラウド事業者が提供するクラウド基盤ストレージへの仮想ディスクイメージ退避は、今回構築したシステム減災フレームワークでは補助的な位置づけとなっている。しかし、今後展開する予定のマルチクラウド基盤におけるシステム減災フレームワーク実現に向け、一定の成果を得たと考える。

(3) 被災状況に適応したライブマイグレーション宛先選択機構の実装

これまで述べたシステム減災フレームワークにおいて、J-ALERT や L-ALERT などの緊急速報を利用したライブマイグレーション宛先選択機構の実装について検討した。仮想マシンとして運用される教育支援システムを、システム減災のため他のプライベートクラウド基盤へマイグレーション実行を試みる場合、マイグレーション宛先のプライベートクラウド基盤が災害により損傷する可能性が高いならば、そのマイグレーションは教育支援システムの減災には効果を有しないことになる。緊急速報を受信し、自組織における被災の危険性が高まったとしても、マイグレーション宛先も同じ状況であれば、システムをマイグレーションさせることが逆に教育支援システム自体の損失につながる危険性を指摘できる。このため、本研究では被災情報に応じたライブマイグレーション宛先選択機構を実装し、その有効性を検討

した。

本研究で実装したライブマイグレーション宛先選択機構の概要を図2に示す。

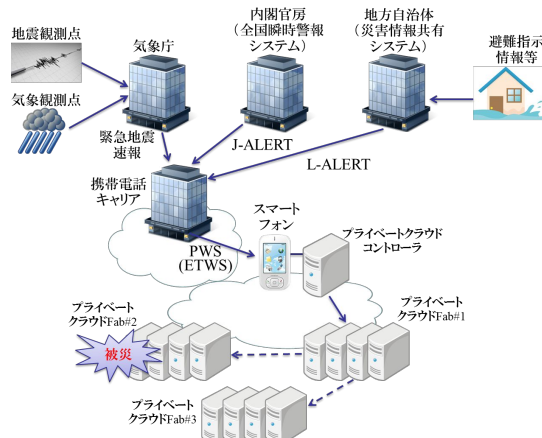


図2 ライブマイグレーション宛先選択機構

NTTドコモ，AU，ソフトバンクの主要携帯電話キャリアは，緊急地震速報やJ-ALERTなどの緊急速報を，接続する携帯電話端末へ通知するサービスを行っている。これは，携帯電話など移动通信システムの仕様策定をおこなう3GPP (Third Generation Partnership Project) で策定されたETWS (Earthquake and Tsunami Warning System) メッセージにより通知される。ETWSを受信可能なスマートフォンに，ライブマイグレーション命令を発行するコントローラとの接続アプリケーションを開発導入することで，構築したシステム減災フレームワークにおいて自然災害の発生や洪水による浸水の危険性を把握することが可能となる。併せてライブマイグレーションの宛先となる各プライベートクラウド基盤にも同機構を実装することで，それぞれのプライベートクラウド基盤における被災の可能性を計測することが可能となる。これにより，基本的に緊急速報を受信していない宛先を選択することで，減災対象の教育支援システムが被災する危険性を低下させる一定の効果を得たと考える。

なお，ETWSのメッセージIDを解析することで，地震や津波，その他の災害や緊急事態に関する警報かを判断できる。現在の実装では，単にETWSメッセージを受信した事実のみを宛先選択の判断材料としているが，メッセージIDの解析により，どのような災害に被災するか把握することが可能となる。これにより，より減災効果の高い宛先選択機構が実現できると考えている。

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8件)

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Disaster Recovery Framework for e-Learning Environment using Hybrid Cloud Computing and Crisis Alert”, Proc. of 10th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2017), 査読有, pp.5672-5677, 2017.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Integrated Crisis Management Framework for e-Learning Environment using Hybrid-Cloud Platform”, Proc. of International Conference for Media in Education 2017 (ICoME2017), 査読有, 4pages (Web publishing), 2017.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Live Migration Control Method for e-Learning Environment using Disaster and Weather Alerts”, Proc. of 19th International Conference on Computational Cybernetics and Technology (ICCC2017), 査読有, pp.45-49, 2017.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Building a Disaster Recovery Framework for e-Learning Environment Using Disaster Information and Inter-Cloud Computing”, Proc. of 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE2016), 査読有, pp.901-908, 2016. DOI:10.1007/978-3-319-42070-7_83

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Live Migration Destination Selecting Method for Disaster Recovery of e-Learning Environment using Weather Alerts”, Proc. of 18th International Conference on e-Education and e-Learning (ICEEL2016), 査読有, pp.2220-2224, 2016.

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Live Migration Destination Selecting Method Using Weather Information and Emergency Alerts for e-Learning Environment”, Proc. of 7th International Conference on Information Science and Application (ICISA2016), 査読有, pp.115-125, 2016. DOI: 10.1007/978-981-10-0557-2_12

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, “Live Migration Destination Selecting Method for Disaster Recovery on e-Learning Environment”, Proc. of 3rd International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp2016), 査読有, pp.149-156, 2016.

DOI: 10.1109/BIGCOMP.2016.7425814

Satoshi Togawa and Kazuhide Kanenishi, "Disaster Recovery Framework for e-Learning Environment Using Private Cloud Collaboration and Emergency Alerts", Proc. of 17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI12015), 査読有, Vol.5, pp.588-596, 2015, DOI:10.1007/978-3-319-20618-9_58

(3)研究協力者
該当なし.

〔学会発表〕(計5件)

戸川聡, 金西計英, マルチクラウド活用による教育支援環境のための統合的危機管理の枠組み, 教育システム情報学会第42回全国大会, 北九州国際会議場(福岡県北九州市), 2017年8月.

金西計英, 高橋暁子, 戸川聡, 反転学習における学習デザインの影響についての分析, 教育システム情報学会第42回全国大会, 北九州国際会議場(福岡県北九州市), 2017年8月.

金西計英, 高橋暁子, 南川貴子, 戸川聡, 医療系教育への反転授業の応用, 教育システム情報学会第41回全国大会, 帝京大学宇都宮キャンパス(栃木県宇都宮市), 2016年8月.

戸川聡, 金西計英, 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, 電気通信大学(東京都調布市), 2015年9月.

戸川聡, 金西計英, プライベートクラウド連携による 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, 徳島大学(徳島県徳島市), 2015年9月.

〔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〕

該当なし.

6. 研究組織

(1)研究代表者

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

(2)研究分担者

金西 計英 (KANENISHI, Kazuhide)
徳島大学・総合教育センター・教授
研究者番号: 80204577