

# 教育機関における授業利用を想定した分散型 e-Learning システムの検討と性能評価

東野 正幸<sup>1</sup> 嶽 広一<sup>2</sup> 高橋 健一<sup>3</sup> 川村 尚生<sup>3</sup> 菅原 一孔<sup>3</sup>

## 1. はじめに

高等教育機関では教育支援を目的として e-Learning システムの導入が進んでいる。e-Learning システムとは、情報通信技術を用いた教育を実現する情報システムであり、授業に関する教材の提供やテストの実施などを計算機で実施可能にする。文部科学省による 2009～2010 年の調査では、米国や英国の高等教育機関における情報通信技術を活用した教育を実現する情報システムの導入率が 9 割を超え日本でも導入率が約 4 割となっており、今後さらなる普及が期待される [1]。

しかし、e-Learning システムの運用において、予算の不足が問題となっている。米国の大学では、オンライン教育プログラムの開発や発展を妨げている原因として、56%の大学が予算の不足を挙げている [2]。また、英国においても、情報通信技術を活用した教育の推進および支援の阻害要因として資金不足が第 2 位に挙げられている [3]。日本の大学においても、情報通信技術を活用した教育の導入や推進を妨げる阻害要因として予算の不足が 85.2%に上っている [1]。さらに、e-Learning システムの技術的支援のための人員の不足も問題となっている [1]。

一方で、近年では文部科学省の大学改革実行プランにおける「多様な大学間連携」や「機能別・地域別の大学群の形成」などのように、大学における組織の柔軟性が求められている [4]。また、大学間の連携や再編を通じた大学の機能強化は世界的にも継続的に実施されている [5]。このような組織への柔軟性が要求されると共に、e-Learning システムにおいても、組織の柔軟性に制約を与えないために、各組織が保有する e-Learning システムの連携や資源配分といった構成の変更を柔軟に実施できる仕組みが必要となる。また、大学においては e-Learning システムの運用における予算不足が問題となっていることから、このようなシステムの構成の変更は容易に行える必要がある。一般にシステム構成の変更には高度な技術と技能の教育が必要とな

るため、従来方式を用いて組織構成の変更に対応しようとするれば運用コストの増大に繋がる。また、パブリッククラウドといった外部組織によるクラウドサービスの採用も考えられるが、組織内情報の漏洩といった情報セキュリティに関するリスクにより採用できるとは限らずオンプレミスでのシステム構築の要求は根強い。また、学内で集中的に管理されている計算機システムでは、各学部・学科や教員ごとに異なる計算機システムのニーズを全て満たすことは難しく、個別に授業の資料の提供や計算機システムを構築している場合も多い。

そこで本発表では、教育機関において教室で試験や演習を行う状況を想定し、分散システムに関する専門的な知識がなくとも、計算機をネットワークに接続するだけで、性能を柔軟に変更可能な分散型 e-Learning システムの設計と評価について検討する。

## 2. システムの設計

### 2.1 目的

大学の授業で利用する e-Learning システムにおいて可用性の確保は重要である。授業を確実に実施するためには授業時間に e-Learning システムを安定的に提供する必要がある。このようなシステムを実現するには多くの知識はもとより多くのノウハウも必要となる。大学の教職員の中にはこれらを満足するシステムを独自に構築できる者も居るが、継続的に運用する場合にシステムのメンテナンスや引継などの人的負担が増加する。また、一般的にコンピュータシステムは柔軟に開発・保守できるようにハードウェア、デバイス・ドライバ、オペレーティングシステム、ミドルウェア、ソフトウェアといった多層のアーキテクチャで構成されている。このため、多数の層ごとに導入するシステムを管理・運用する必要があり、その知識やノウハウを習得するコストは大きい。そこで、学部や研究室といった規模の e-Learning システムの運用における人的コストを削減するために、一般的に普及しているパーソナルコンピュータ (PC) で動作するアプリケーションとして拡張性と頑健性を確保した分散型 e-Learning システムの構築を検討する。

<sup>1</sup> 鳥取大学 産学・地域連携推進機構

<sup>2</sup> 鳥取大学 工学部 知能情報工学科

<sup>3</sup> 鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻

## 2.2 形態

株式会社クロス・マーケティングが2014年に実施した調査によると大学生の80%以上がノート型PCを保有している[6]。また、近年では学生が自己所有するPCを持参して大学で利用するBYOD (Bring Your Own Device) 形式を採用する大学も増えてきている。このことから、多くの環境で利用できるようにするために、ウェブベースのアプリケーションとしてe-Learningシステムを設計する。

## 2.3 拡張性と頑健性

e-Learningシステムにおいて利用者の成績データの一貫性を保つことは重要である。成績データに破損や不整合が生じると正確な成績評価を行えなくなる。このため一貫性と拡張性の両立が重要となる。分散システムにおいてデータの一貫性を保つ場合はデータの読み書き時に複数のアクセスを同期する必要がある。しかし、e-Learningシステムにおいて利用者の成績データは個人情報であるため基本的には利用者自身が授業を担当する教師からのアクセスに限定される。したがって、当該する成績データに対してアクセスするユーザは限定されていることから成績データの一貫性の確保が拡張性や頑健性に与える影響は小さいと考えられる。また、e-Learningシステムの学習コンテンツは基本的には静的データであるため参照アクセスがほとんどである。このため学習コンテンツに対する参照性能の拡張性と頑健性はキャッシュにより容易に実現できると考えられる。これらのデータはアプリケーションレイヤにおいて分散ハッシュテーブルを用いて自動的に分散管理する。

## 3. システム評価の検討

### 3.1 拡張性の評価

高等教育機関で利用するe-Learningシステムでは教職員数や学生数を元にシステムの利用者数を予め想定できる。また、シラバスなどの授業計画から、どのような時間帯にe-Learningシステムが利用されるのかを予測することが可能であると考えられる。例えば授業中の小テストで利用する場合であれば授業時間の開始直後や終了直前にアクセスが集中することが考えられる。このような情報を元に利用者の振る舞いをエミュレートして実際にe-Learningシステムへ負荷をかけることでシステムに必要な計算機資源量の見積もりや拡張性の評価を行うことが可能となる。ユーザがウェブサイトにアクセスした際の通信を記録・再現するソフトウェアとしてApache JMeter [7]がある。このソフトウェアはユーザが利用するウェブブラウザとウェブサーバの通信路上に設置したプロキシにより通信内容をシナリオとして記録して後から再現することができる。しかしプロキシサーバの設置が必要となり専門的な知識が必要となる。そこでMozilla Foundationが開発しているウェブブラウザFirefoxの拡張機能としてユーザのシナリオを記録・

再生するツールを開発する。Firefoxの拡張機能はアプリケーションのメニューから容易にインストール可能であり特別な専門知識を必要とせず利用できる。開発したシナリオ再生ツールを用いて提案する分散型e-Learningシステムに負荷をかけ、システムを構成するノードの数を変えた際の応答時間を測定することでシステムの拡張性を評価する予定である。

### 3.2 頑健性の評価

研究室等に設置されているPCの性能は統一されているとは限らない。様々な性能のPCを組み合わせた場合の分散システムの頑健性の評価は難しくなる。そこで、前述したツールを用いてシステムへ実際に負荷をかけた状態において複数台のノードが故障しても利用者がe-Learningシステムで学習を継続できるかどうかを評価する。ノードが故障した状況を事前に再現しておくことで保有する様々な性能のPCを組み合わせた場合に頑健性が確保されているかどうかや、不足する場合には必要な計算機資源の見積もりが容易となる。実験ではNetflix社がオープンソースソフトウェアとして公開しているノードをランダムにダウンさせるツールであるChaos Monkey [8]を参考にノードの障害を意図的に発生させた場合の応答時間やエラーの発生数など測定することで頑健性を評価する予定である。

## 4. おわりに

本稿では教育機関における授業利用を想定した分散型e-Learningシステムの設計と評価について検討した。今後はシステムの構築と実験を行ない提案システムの有用性を評価する。

### 参考文献

- [1] 放送大学学園：平成21年度・22年度文部科学省先導的<sup>1</sup>大学改革推進委託事業「ICT活用教育の推進に関する調査研究」委託業務成果報告書(2011)。
- [2] Green, K. C.: Managing Online Education: The WCET-Campus Computing Project Survey, 2010 WCET Conference, WCET (Western Interstate Commission for Higher Education Cooperative for Educational Technologies) (2010).
- [3] Walker, R., Voce, J. and Ahmed, J.: 2012 Survey of Technology Enhanced Learning for higher education in the UK, UCISA TEL Survey 2010, UCISA (Universities and Colleges Information Systems Association), p. 35 (2012).
- [4] 文部科学省：大学改革実行プラン ～社会の変革のエンジンとなる大学づくり～(2012)。
- [5] 小林信一：大学統合および大学間連携の多様な展開，国立国会図書館「レファレンス」, Vol. 753, pp. 1-32 (2013)。
- [6] 株式会社クロス・マーケティング：大学生のスマートフォンに関する実態調査(2014)。
- [7] Apache Software Foundation: Apache JMeter, Apache Software Foundation (online), available from (<http://jmeter.apache.org/>) (accessed 2014).
- [8] Netflix, Inc.: Chaos Monkey, Netflix, Inc. (online), available from (<https://github.com/Netflix/SimianArmy>) (accessed 2014).