

香川大学における大学連携用 e-Learning 環境の 負荷テスト調査

村井 礼^{*1}, 藤本憲市^{*1}, 裏 和宏^{*2}, 末廣紀史^{*2},
八重樫理人^{*3}, 今井慈郎^{*2}, 最所圭三^{*2}, 林 敏浩^{*2}

^{*1} 香川大学大学連携 e-Learning 教育支援センター四国,

^{*2} 香川大学総合情報センター, ^{*3} 香川大学工学部

概要: 香川大学では, 2つの大学連携 e-Learning 事業の基幹校となっている。そのうち, 「四国地区の5国立大学連携構想」にある大学教育の共同実施事業で提供される e-Learning 科目は, 5大学において同一の科目名で共同開講およびシラバスに掲載されるため, 単位互換制度に比べて学生が履修登録しやすいという利点がある。それ故, 科目内容によっては5大学から多くの受講者数が集まると見込まれ, 科目を提供する大学のサーバやネットワークに大きな負荷がかかると予想される。そこで本報告では, 香川大に設置された LMS サーバに, 学内にある PC100 台から同時アクセスを行い, サーバやネットワークの負荷および LMS サーバへの同時アクセス数のログ等のデータ収集を行う。

キーワード: e-Learning, 大学連携, サーバ負荷, ネットワーク負荷

1. はじめに

香川大学が基幹校となる大学連携 e-Learning 事業は2つあり, ひとつは平成 20 年度に開始された e-Knowledge コンソーシアム四国^{(1),(2)} (以下, eK4), もうひとつが平成 24 年度に開始された「四国における e-Knowledge を基盤とした大学間連携による大学教育の共同実施」(知プラ e) 事業^{(2),(3)}である。

まず eK4 では, 平成 22 年度より e-Learning による単位互換制度の運用を開始し, 四国における国公立大 8 校が連携して「四国学」などの e ラーニング科目を用いて地域人材育成を行っている。ただし, 単位互換制度の場合, 大学によっては, 他大学から提供される科目を履修する手続きが複雑であることや, 自大学のシラバスに掲載されないため科目提供されても学生が気づかないこと等, 他大学からの受講生が増えにくいという欠点があった。

一方, 知プラ e 事業は, 四国の e-Learning 基盤を活用して「四国地区における 5 国立大学連携構想」の中の大学教育を共同実施することによって, 連携大学全体の教育の質の向上を図るものである。知プラ e 事業では単位互換ではなく共同実施, すなわち 5 大学において同一科目名で共同開講し, シラバスに掲載することとなっている。共同実施では他の科目と同様にシラバスに掲載されることや, 同様の手続きで履修登録可能なので, 学生にとって履修登録が容易になり, 科目内容によっては多くの受講生が見込める。ここで, 四国の 5 国立大学における 1 学年の定員の合計は約 5,500 名 (平成 25 年度入学生) である。受講制限を設けない場合, 1 クラス 1,000 人を超える大人数クラスの可能性はある。

そこで, 本報告では, 香川大学の学内 PC100 台から e-Learning サーバに同時アクセスを行う予備実験に基づき, サーバやネットワークの負荷および同時

アクセス数のログ収集結果等の中間報告を行う。

2. 香川大学における大学連携用 e-Learning 環境

2.1 香川大学における大学連携用 e-Learning 環境

香川大学では, 図 1 に示す e-Learning 環境を用いて eK4 および知プラ e 事業の双方にコンテンツを配信している。受講生は LMS 経由でコンテンツにアクセスする。講義を収録した動画コンテンツは 2 台のストリーミングサーバ上に置かれており, 負荷分散装置 (IPCOM) を用いてストリーミングサーバへの負荷分散する構成となっている。LMS およびスト

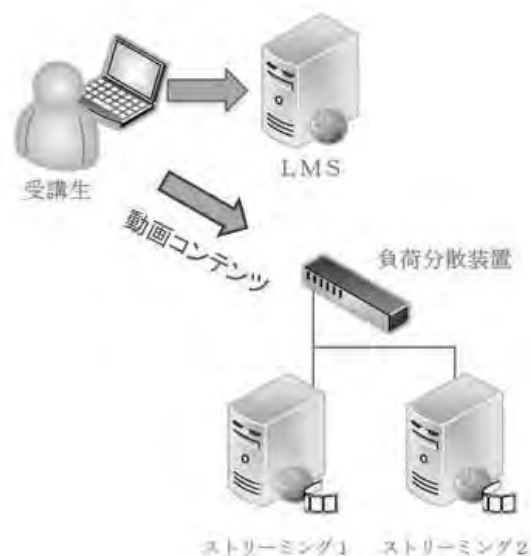


図 1 香川大学における大学連携用 e-Learning 環境

表1 予備実験における4パターンの環境

#	解像度	ビットレート (Kbps)	アクセスPC (台数)	備考
A	480p	700	100	基本設定
B	480p 480p 720p	700 1000 5000	30 30 30	3種のコンテンツに同時アクセス
C	720p	5000	100	高画質
D	720p	5000	100	各2セッション

表2 IPCOMのトラフィックおよびCPU負荷率

	パターン			
	A	B	C	D
Traffic (Mbps)	360	500	930	980
CPU Load (%)	約20	約60	約80	100

表3 平成26年度後期開講のe-Learning科目の概要

科目名	課題締切日	受講者
情報のいろは	火曜日深夜	7
四国の地域振興	木曜日深夜	202
四国の自然環境と防災	木曜日深夜	40
地域コンテンツと知財管理	日曜日深夜	160
香川を学ぶ	日曜日深夜	341

リーミングサーバのスペックは数千人の自宅学習運用や、授業での一斉利用など高負荷な環境を想定したものである。将来的な拡張を見込んだ構成である。

3. 予備実験に基づく負荷対策の検討

3.1 予備実験の概要

予備実験では、主に動画コンテンツの視聴によるシステム負荷を調べることを目的とする。香川大学内のPCルームからサーバにアクセスし、4パターンの動画コンテンツの再生時に発生する負荷を調査する。表1に予備実験に用いる動画コンテンツのスペックを示す。パターンAは、知プラe事業で利用されている標準的な画質であり、本報告では、これを基本パターンとし、以下、パターンBからDにかけて徐々に負荷を高めていくよう設定している。

パターンB以外は、学内LAN配下のPC100台からLMS上にある動画コンテンツに同時アクセスを実施する。パターンBの環境では、解像度とビットレートの異なる3種類のコンテンツに対し、30台ずつ計90台のPCから同時アクセスを行う。パターンCの環境では、解像度とビットレート共に高い設定で100台のPCから同時アクセスを行う。最後に、パターンDの環境では、100台の各PC上にブラウザを2つ起動し、同じ動画に対し、2セッションから（合計200の）同時アクセスを行うものである。

3.2 実験結果

表1の環境で実験した結果得られた、負荷分散装置のトラフィックおよびCPUの負荷率を表2に示

す。この結果から分かる通り、パターンAおよびBの環境では特に問題は見られない。ただし、パターンAで行った実験では同じ動画を再生したため帯域の消費が効率化された可能性がある。また、実際の配信時には受講生は別々の動画を視聴していることが考えられる。そのため、パターンBではビットレートの違うコンテンツ、つまり異なるコンテンツを再生することでどれだけの帯域を消費するのかを確認した。その結果、別々の動画コンテンツを再生しても同一のコンテンツを再生したときと差異はなかった。同一コンテンツを一斉に再生しても帯域の効率は起こっていないことが推測できる。

一方、ビットレートを大幅に向上したパターンC、および、さらにセッション数を2倍にしたパターンDにおいて、パターンAおよびBの結果に比べて顕著な差が見られた。パターンCでは、負荷分散装置のトラフィックが限界近くまで発生し、パターンDではトラフィックが限界を超えている。負荷分散装置のインタフェースの帯域上限は1Gbpsであり、高ビットレートの動画コンテンツを配信する際、負荷分散装置の受けるトラフィックがボトルネックとなり得ることを示している。

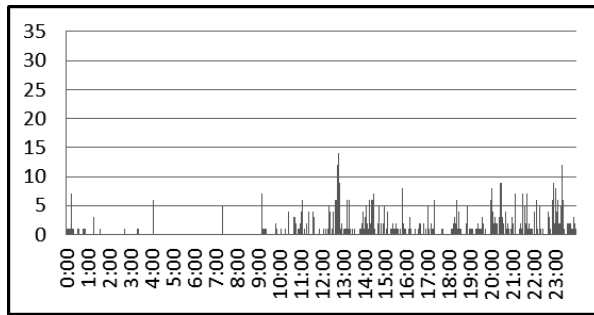
ただし、いずれのパターンにおいても、ストリーミングサーバのCPU負荷やメモリ使用量は余裕があり、特に問題は見当たらなかった。

3.3 アクセスログの収集

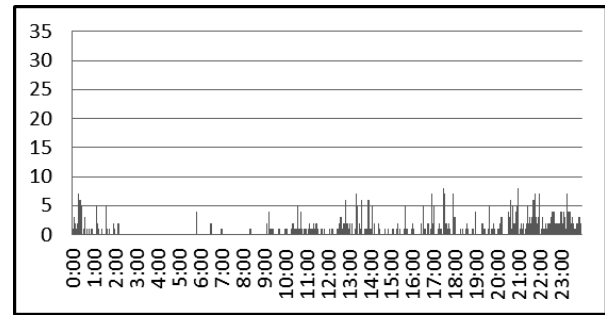
次に、実際の運用でサーバ負荷がどの程度集中するのかを知るため、平成26年度後期におけるe-Learning講義において受講生のアクセスログを収集する。LMSサーバにスクリプトを仕込み、1分ごとのアクセス数を計測し、「受講者数何人のときに、ピーク時の一斉アクセスがどれくらいあるのか」「そのときにサーバにどれくらいの負荷がかかるのか」などのデータを収集する。あわせて、e-Learning授業の分散開講や、課題の提出締切りをずらす等の対応を検討するため、1週間単位で曜日別、時間帯別にアクセスの頻度を調べる。

図2に平成27年1月19日から25日までのLMSサーバへのアクセス頻度のグラフを示す。この時期に開講していたのは、eK4で提供される「四国の地域振興」「四国の自然環境と防災」の2科目、および、知プラe事業で提供される「情報のいろは」「地域コンテンツと知財管理」「香川を学ぶ」の3科目の合計5科目である。表3に各科目の課題締切日および受講者数を示す。

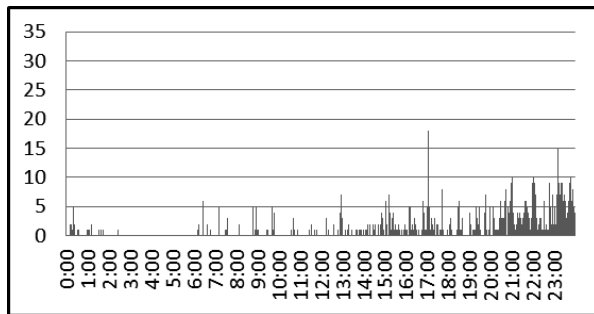
図2より、全体的な傾向として深夜2時頃から朝9時頃のアクセスは少なく、20時頃から深夜2時頃にアクセスが増えることが分かる。また、図2と表3を比べると、課題提出の締切日の夜（木曜日と日曜日）にアクセス集中しているのが明らかである。日曜日深夜に課題提出の締切日を設定すると、週末に負荷が集中すると推測できる。



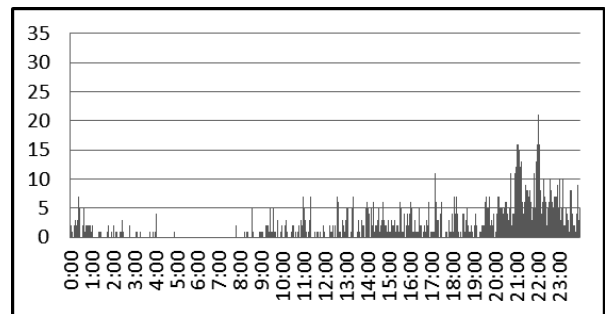
(a) Monday, Jan 19



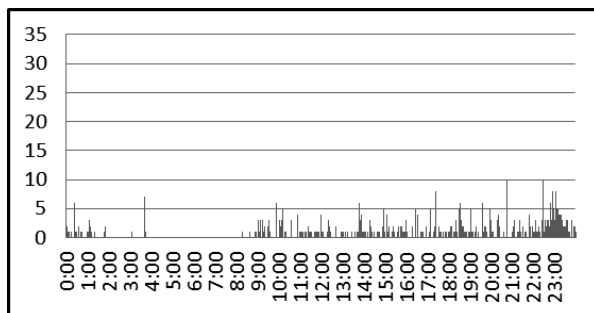
(b) Tuesday, Jan 20



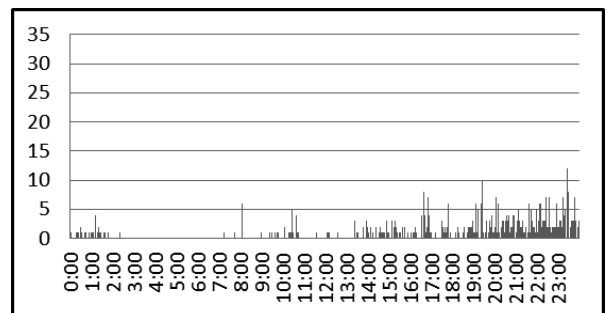
(c) Wednesday, Jan 21



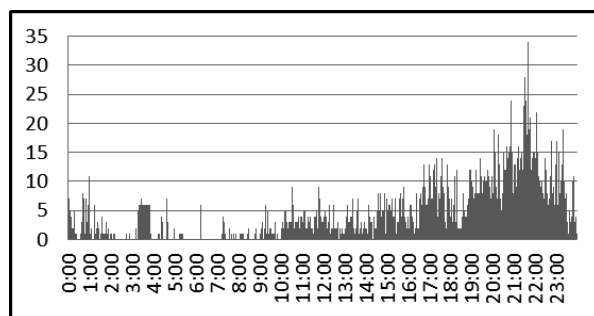
(d) Thursday, Jan 22



(e) Friday, Jan 23



(f) Saturday, Jan 24



(g) Sunday, Jan 25

図2 LMS サーバの同時アクセス数のログ（計測期間：平成 27 年 1 月 19 日～25 日）

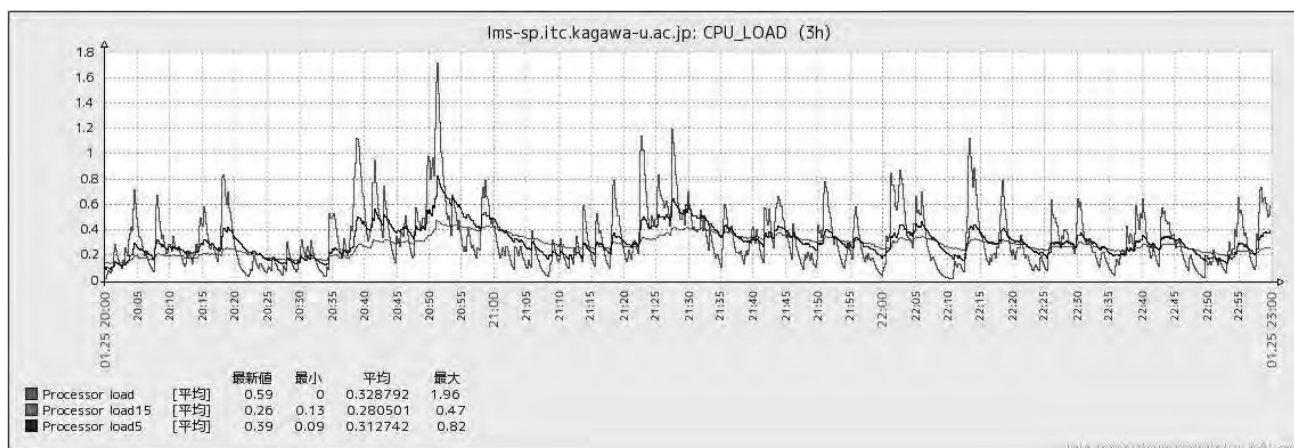


図3 LMSのCPU負荷の推移

なお、参考までに最もアクセスの集中した25日の夜におけるLMSサーバのCPU負荷の推移を図3に示す。図3のCPU負荷は処理待ちプロセスの数であり、値が大きいほど負荷が高いことを示す。LMSサーバのコア数は2であり、この数値以下であれば処理待ちがなく負荷の軽い状態であると言える。

3.4 負荷対策の検討

3.2節および3.3節の実験結果より、e-Learning講義の運用上で有効な負荷対策は下記の通りである。

- 1) 動画コンテンツのビットレートを下げる
- 2) 課題の提出締切日の設定をずらす
- 3) アクセス集中時間帯を学生に周知する

まず、ビットレートを下げることにより、ネットワークへの負荷をある程度抑えることができる。テキストおよび図面資料の提示がメインである講義の場合、フォントサイズ16pt程度以上なら、ビットレートは190kbps程度でも視認可能である。

続いて、課題の提出締切り直前にアクセスが集中することから、開講科目間で締切日の設定をずらすことが有効である。土曜日や休前日を避けると共に、科目によって毎月第何週目を締切りとする等、受講者数とのバランスにより調整するのが良い。

4. おわりに

本報告では、香川大学における大学連携e-Learningにおけるサーバやネットワークの負荷状況の調査と、今後の運用面での負荷対策に関する考察を行った。香川大学では負荷分散装置やストリーミングサーバ等を整備しているが、同時アクセス数が増えてくるのを避けるため、開講科目間で課題の提出締切日を調整する等の運用面での負荷対策が必要であるとの結論を得た。あわせて、動画の解像度やビットレートを下げる等の動画コンテンツ制作段階での工夫もしておくにより効果的であると思われる。

なお、平成27年度は同じ3科目を5大学すべてにおいて受講制限することなく開講する予定である。実際の大人数アクセスがあった際の負荷データ等に

関する調査は引き続き行う予定である。

本原稿は、平成26年度日本教育システム情報学会第6回研究会にて発表した原稿を加筆・修正したものである⁽⁴⁾。

5. 謝辞

本稿を作成するに当たり、香川大学総合情報センター山下俊昭氏より、多大なる助言と実験サポートを賜りました。ここにお礼を申し上げます。

6. 参考文献

- (1) 林敏浩: “私が愛したeK4”, 教育システム情報学会誌, 第30巻, 第3号, pp.197-199 (2013)
- (2) 村井 礼, 四国における大学連携eラーニング事業の紹介, 情報教育シンポジウム2014論文集, 2014(2), pp.1-2 (2014-08-17)
- (3) 大学連携e-Learning 教育支援センター四国 HP
Available at:
<<http://chipla-e.itc.kagawa-u.ac.jp/index.html>>
(Accessed 31 March 2015).
- (4) 村井 礼, 裏 和宏, 岩城 暁大[他], 大学連携e-Learningにおける負荷対策に関する一考察, 教育システム情報学会研究報告, vol.29(6), pp.87-90 (2015-03)