

動画像を用いた教材の実用化に向けた 学内における実証実験報告

小柏 香穂理[†] 浜本 義彦^{††}

我々は、内視鏡教育のためのシミュレーション型教材を開発し、学内ネットワーク上で、教育実践を行ってきた。今後、本教材を実用化するためには、3つの課題があげられる。

- (1) 動画像教材を学習する際のネットワーク帯域保証の問題
- (2) セキュア化による利便性低下の問題
- (3) 同時アクセス数の増加によるサーバ負荷の問題

これらの課題について実証実験を行ったので結果を報告する。

Field Tests Involving the Practical Use of Video-Based Learning Content in a Learning Management System

Kahori OGASHIWA[†] and Yoshihiko HAMAMOTO^{††}

We have developed a computer-simulated teaching system in endoscopic education. Therefore, medical students have an equal opportunity to receive endoscopic diagnosis training through this e-learning system. Moreover, in order to establish practical use of this learning content, we focus on the following three issues.

- (1) Guaranteed network bandwidth in case of learning video-based content
- (2) Balancing security and usability
- (3) Load of server with simultaneous access

This paper describes field tests concerning these issues.

1. はじめに

我々は胃がんを対象とした内視鏡教育のためのシミュレーション型教材を開発し、学内ネットワーク上で、本教材を用いて本学の医学生を対象にして教育実践を行ってきた[1]。今後、本教材を実用化するためには、次の課題があげられる。まず動画像を用いた教材であることから、ネットワーク帯域保証の問題を解決しなければならない。次に内視鏡画像などの医療画像を用いていることから、セキュリティを強化することが不可欠である。さらに教育現場において、同時アクセスに耐えられる安定的な学習環境を保証するために、サーバの限界を明らかにしておく必要がある。

これらの課題を解決し、安定的な学習環境を保証するためには、サーバ性能やネットワーク環境を事前に調査する必要がある。しかしながら、教育機関を対象としたeラーニング運用の方法（ノウハウ）が現場の要請に応えられるほど十分に確立されていない[2]。また、セキュリティ強化だけではなく、セキュア化による利便性低下についての問題は、他分野においても注目されている重要な項目である[3][4]が、教育分野においてはまだ実践報告が少ない。

まず動画像教材を学習する際のネットワーク帯域保証の問題について、文献[5]では、VOD(Video On Demand)型のコンテンツ配信のトラブルの1つに、「受講者（学校現場）のネットワーク回線の現状に対する配慮が足りず、その環境を想定したコンテンツの動作確認が不足していた」ことがあげられている。改善策として、コンテンツの細分化と低ビットレート化を行ったことでトラブルがほとんどなくなった、と報告されている。その他の研究では、通信帯域に依存しないユニバーサルeラーニングシステムに関する研究開発[6]も行われている。本研究では、前者の先行研究[5]を参考に、トラブルを未然に防ぐために、本教材に最低限必要とされるネットワーク帯域を調査する。

次にセキュア化による利便性低下の問題について、eラーニングにおける「利便性」と「安全性」の最適なバランスを保つことを想定した詳細な実践報告は、あまり例がないため[7]、本研究においてそのような実験を行うことは意義があると考えられる[8]。

最後に同時アクセス数の増加によるサーバ負荷の問題について、最近では教育分野においても負荷分散やクラウド環境についての多くの研究が報告されている[9][10][11][12]。本研究では、高等教育機関等で多く利用されている Moodle サーバの負荷実験の先行研究[13][14]を参考に、本教材にそれらの方法を適用して実験する[15]。

本論文では、これらの3つの課題について、本教材を対象としてその実用化に向けた実験を試みたので、その結果を報告する。

[†]山口大学大学情報機構メディア基盤センター
Media and Information Technology Center, Yamaguchi University

^{††}山口大学大学院医学系研究科
Graduate School of Medicine, Yamaguchi University

2. 実験1 (動画教材を学習する際のネットワーク帯域保証の問題)

2.1 実験目的

実験1では、動画教材を学習する際に最低限必要なネットワーク帯域を調査することが目的である。学内LANでの運用の他に、今後学外ネットワーク(インターネットやIP-VPN(IP-Virtual Private Network))上で本教材を利用することも視野に入れ、ネットワーク帯域の違いによる比較実験を行う。

2.2 実験方法

本研究で用いられる教材は、動画を扱う箇所と多肢選択問題に回答する箇所から構成されている。この動画では、512×450サイズの画像を毎秒8枚配信する。

動画を配信する場合は、セキュリティとネットワークのどちらの観点から考えても、ストリーミング配信を検討することが通常であるが、本教材においては、ハードウェアやソフトウェアの相性の問題から、ストリーミング配信を行うことが不可能であった。その結果、ダウンロード方式の教材配信を行っている。この問題は、今後解決していかなければならないが、すぐに解決できないため、本実験では取り扱わないことにする。

2.2.1 実験環境

実際にキャリアが提供している5品目を選定し、帯域制御装置を用いて、各ネットワークサービスの仮想環境を構築し、レスポンスタイムの測定と速度感に関するアンケート評価を行う。本実験ではLMSサーバとクライアントPCと帯域制御装置などを用いる(図1)。テストで用いたLMSサーバ、クライアントPCの性能を示す(表1a, 1b)。

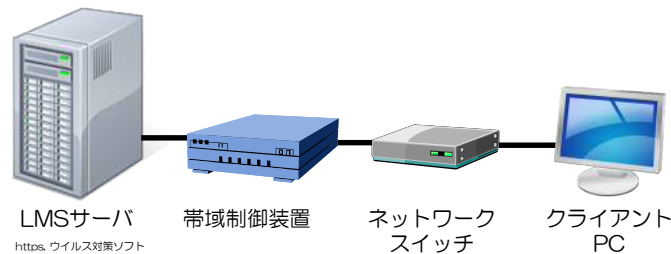


図1 構成図

2.2.2 レスポンスタイム測定

測定箇所は、画面遷移の際にクライアント～サーバ間で通信が発生する箇所及び、教材中のアンケート項目と照らし合わせて、以下の8箇所「①ログイン」「②病変の有無の診断(動画再生)」「③最適な画像の選択(静止画)」「④正解映像の再生(但し、動画再生前)」

再生前)」「⑤内視鏡画像の読影(テキスト)」「⑥疾患名の選択(テキスト)」「⑦アンケート(静止画)」「⑧成績データの送信(テキスト)」とする(表2)。

表1a LMSサーバのスペック

| | |
|--------|---|
| CPU | Intel Xeon プロセッサ E5560(2.13GHz 4MB 4.8GT/s QPI) ×1 |
| RAM | 8GB(4×2GB/2R/1333MHz/DDR3 RDIMM) |
| HDD | 500GB 7200RPM(SATA) ×2,RAID1(SAS6iR コントローラカード (RAID0 1 対応)) |
| OS | Red Hat Enterprise Linux (v.5 for 32-bit x86) |
| Apache | 2.2.3 |

表1b クライアントPCのスペック

| | |
|-----|---------------------------|
| CPU | Intel®Celeron®560@2.13GHz |
| RAM | 2GB |
| HDD | 150GB |
| OS | Windows XP SP3 |

表2 本教材の測定箇所

| 本教材の測定箇所 | 内容 |
|--------------------|-----------------|
| ①ログイン | ログイン認証 |
| ②病変の有無の診断(動画再生) | 動画再生 |
| ③最適な画像の選択(静止画) | 静止画閲覧 |
| ④正解映像の再生(但し、動画再生前) | 動画再生前 |
| ⑤内視鏡画像の読影(テキスト) | テキストによる選択肢問題 |
| ⑥疾患名の選択(テキスト) | テキストによる選択肢問題 |
| ⑦アンケート(静止画) | 静止画によるアンケート |
| ⑧成績データの送信(テキスト) | テキストによる成績データの送信 |

表2の8箇所において、帯域制御装置を用いてクライアント～サーバ間の通信帯域を実際にキャリアが提供しているADSL、モバイル等中低速系ネットワークサービス5品目(上り:下り(a)512Kbps:1.5Mbps(b)384Kbps:7.2Mbps(c)1.8Mbps:3.1Mbps(d)1Mbps:8Mbps(e)1Mbps:12Mbps)のレスポンスタイムの測定を行う。測定にはストップウォッチを用いて、各帯域において3回ずつ測定し、その平均値をとる。1回の測定の後には必ずクライアントPCのキャッシュを削除し、前の測定時のデータが残らないようにする。

2.2.3 速度感に関するアンケート評価

各帯域 (384Kbps, 1.5Mbps, 7Mbps, 40Mbps, 100Mbps) の速度感について本学の学生 22 名に、5 段階のアンケート項目により評価を行う。

2.3 結果

2.3.1 レスポンスタイム測定結果

実際のキャリアサービスを想定した 5 品目の結果は、上りの帯域は問題ないが、下りの帯域が 3.1Mbps になると、②動画再生では待ち時間が約 13 秒、1.5Mbps のとき約 42 秒であった。なお、④についても動画再生には②と同様の時間がかかった (表 3)。

表 3 ネットワークサービス 5 品目におけるレスポンスタイム (秒)

| 5 品目 | 上り (bps) | 下り (bps) | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
|------|----------|----------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (a) | 512K | 1.5M | 2.3 | 42.1 | 1.0 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| (b) | 384K | 7.2M | 2.2 | 5.7 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| (c) | 1.8M | 3.1M | 2.2 | 12.8 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| (d) | 1M | 8M | 2.2 | 5.1 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| (e) | 1M | 12M | 2.2 | 3.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |

2.3.2 速度感に関するアンケート評価結果

各帯域の②動画再生について 384Kbps では 22 名中 22 名が「遅い」と回答し、1.5Mbps では 22 名中 20 名が「遅い、やや遅い」と回答した (表 4a)。全体を通してのアンケート結果を表 4b に示す。

表 4a 速度感のアンケート結果 (②病変の有無の診断 (動画再生)) (n=22)

| | 速い | やや速い | 普通 | やや遅い | 遅い |
|---------|----|------|----|----------|-----------|
| 100Mbps | 17 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 40Mbps | 18 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 7Mbps | 2 | 11 | 7 | 2 | 0 |
| 1.5Mbps | 0 | 0 | 2 | 6 | 14 |
| 384Kbps | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |

表 4b 速度感のアンケート結果 (全体を通して) (n=22)

| | 速い | やや速い | 普通 | やや遅い | 遅い |
|---------|----|------|----|----------|----------|
| 100Mbps | 19 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 40Mbps | 20 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 7Mbps | 16 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 1.5Mbps | 3 | 7 | 7 | 4 | 1 |
| 384Kbps | 0 | 3 | 2 | 5 | 12 |

2.4 考察

帯域面においては、上りは 384Kbps 以上であれば問題ないが、下りは少なくとも 7Mbps 程度が必要であるため、今後学内 LAN 以外で利用する場合は、下りの帯域が 7Mbps より小さくても動作可能にするために、教材側を改良し、その負荷軽減を検討していく必要がある。

3. 実験 2 (セキュア化による利便性低下の問題)

3.1 実験目的

実験 2 では、セキュア化による利便性低下の影響を調査することが目的である。セキュリティ対策を施した通信 (https, ウイルス対策ソフト導入) とセキュリティ対策を施していない通信 (http, ウイルス対策ソフトなし) の 2 通りを比較する。

3.2 実験方法

LMS サーバには、ネットワーク上における盗聴を防ぐために暗号化 (SSL: Secure Socket Layer) とウイルス対策ソフトを導入した。クライアント PC には、ユーザ認証に指紋認証を用いた。このときの比較を表 5 に示す。

表 5 セキュリティ対策の有無による比較実験

| | セキュリティ対策あり | セキュリティ対策なし |
|---------|----------------|---------------|
| LMS サーバ | SSL あり (https) | SSL なし (http) |
| | ウイルス対策ソフトあり | ウイルス対策ソフトなし |

3.2.1 実験環境

本実験の構成図を示す (図 2)。LMS サーバ、クライアント PC の性能は実験 1 と同様である。

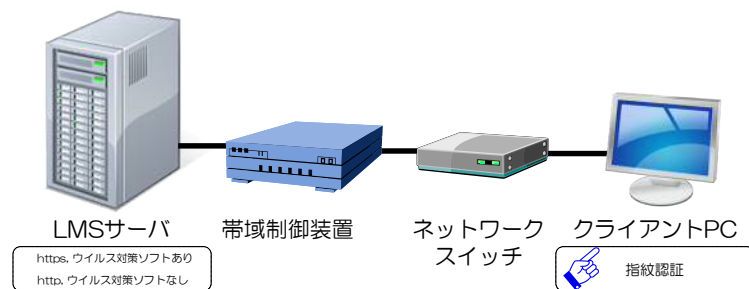


図2 構成図

3.2.2 レスポンスタイム測定

2.2の実験方法と同様に、表2の8箇所において、帯域制御装置を用いてクライアント～サーバ間の通信帯域を100Mbps～64Kbpsまでの10段階に分割し、レスポンスタイムの測定を行う。

3.2.3 指紋認証に関するアンケート評価

指紋認証（抵抗感，操作性）について，本学の学生22名に5段階のアンケート項目により評価を行う。

3.3 結果

3.3.1 レスポンスタイム測定結果

セキュリティ対策を施した通信において，各帯域のレスポンスタイムを表6aに示す。セキュリティ対策を施していない通信（表6b）と比較すると，①ログインについてのみ約1秒間多くかかった。

3.3.2 指紋認証に関するアンケート評価結果

指紋認証の抵抗感について22名中20名が「抵抗なし」と回答した。操作性については22名中12名が「使いやすい，やや使いやすい」と回答した（表7）。

3.4 考察

LMSサーバのセキュリティ対策の有無による比較については，①ログインについてのみ約1秒間の差が認められたが，ログイン以外では差がないことから，利便性（速度感）はほとんど変わらないと考えられる。クライアントPCへの指紋認証導入については，アンケート結果から利便性（操作性）は低下したと考えられる。

セキュリティ面において，サーバにSSLとウイルス対策ソフトの導入を行うことは，利便性にはあまり影響がなかった。今後の課題としては，指紋認証装置の使いやすさについて検討を続けていく必要がある。

表6a レスポンスタイム（セキュリティ対策を施した通信）（秒）

| 帯域(bps) | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
|---------|-----|-------|------|-----|-----|-----|------|-----|
| 100M | 2.1 | 1.6 | 0.5 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 50M | 2.1 | 1.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 10M | 2.2 | 4.1 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.5 |
| 8M | 2.2 | 5.1 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 6M | 2.3 | 6.8 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 4M | 2.2 | 9.9 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 2M | 2.2 | 19.6 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 1M | 2.3 | 63.1 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.6 |
| 384K | 2.7 | 163.7 | 3.6 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 1.6 | 0.7 |
| 64K | 6.1 | 980.0 | 20.3 | 1.1 | 3.6 | 0.8 | 11.0 | 1.2 |

表6b レスポンスタイム（セキュリティ対策を施していない通信）（秒）

| 帯域(bps) | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
|---------|-----|-------|------|-----|-----|-----|------|-----|
| 100M | 1.3 | 1.6 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.5 |
| 50M | 1.4 | 1.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 10M | 1.2 | 4.1 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 8M | 1.2 | 5.1 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 6M | 1.3 | 6.7 | 0.5 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 4M | 1.3 | 9.9 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| 2M | 1.3 | 19.7 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.6 |
| 1M | 1.2 | 63.1 | 1.4 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.6 |
| 384K | 1.3 | 164.0 | 3.8 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 0.7 |
| 64K | 4.7 | 980.9 | 19.7 | 1.2 | 3.5 | 0.7 | 11.2 | 1.2 |

表7 指紋認証の抵抗感と操作性についてのアンケート結果（n=22）

| 抵抗感 | | | | |
|-------|---------|----|---------|-------|
| 抵抗なし | やや抵抗なし | 普通 | やや抵抗あり | 抵抗あり |
| 20 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 操作性 | | | | |
| 使いやすい | やや使いやすい | 普通 | やや使いづらい | 使いづらい |
| 10 | 2 | 5 | 3 | 2 |

4. 実験3 (同時アクセス数の増加によるサーバ負荷の問題)

4.1 実験目的

実験3では、本教材を教育現場において多くの学生が利用できる安定的な学習環境を保証するために、現サーバの限界を明らかにすることが目的である。

4.2 実験方法

4.2.1 実験環境

実運用と同じ環境を構築するために、ネットワーク環境については、LMSサーバとクライアントPCを同じサブネットに接続する。同時アクセスについては、負荷ツールを使って仮想的に実現する(図3)。LMSサーバ、クライアントPCの性能は実験1と同様である。

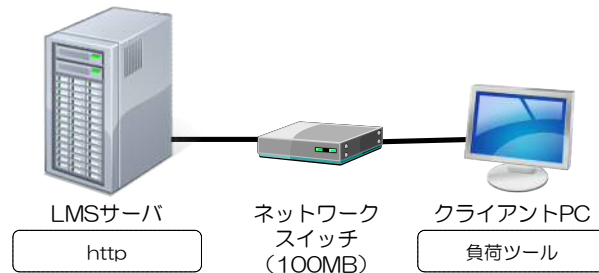


図3 構成図

4.2.2 負荷テストツール

負荷テストのツールは数多く存在するが、本研究では無償のツールであり、先行研究[13]を参考に、Apache JMeterを用いる。JMeterのHTTPプロキシサーバ機能を用いて本教材を動作させると、自動的にシナリオが作成されるため、その機能を用いる。作成したシナリオに表8に示すパラメータを設定する。

4.2.3 評価指標

負荷テストでは、サービス指向の指標として「可用性」と「応答時間」があり、また効率指向では「スループット」と「利用効率」がある[16]。本実験では基本的な指標である「スループット」と「応答時間」のデータを評価指標とする(表9)。応答時間により利用者に提供するサービスの程度を把握し、スループットにより実行環境を効率よく使っているかを調査する。この2つのデータはJ Meterで取得することができる。ここでは3回測定した平均値を用いる。

表8 パラメータの設定

| パラメータ | 設定内容 |
|-----------------|--|
| スレッドグループ | スレッド数:1-20 Rump-Up 期間:10 秒 ループ回数:1 |
| HTTP リクエスト初期値設定 | サーバ名:192.168.1.1 ポート番号:80 プロトコル:http |
| HTTP クッキーマネージャ | Cookie Policy:compatibility |
| ガウス乱数タイマ | スレッド遅延時間プロパティ 偏差:300, 遅延時間オフセット定数:5000 |
| ユーザパラメータ | LMS のアカウント 20 名分を登録 |
| その他 | 必要に応じてユーザパラメータを追加 |

表9 評価指標

| 評価指標 | 内容 |
|--------|--|
| スループット | 単位時間あたりのリクエスト数を使う場合もあるが、本実験では単位時間あたりのデータ処理量(MB/秒)を用いた。 |
| 応答時間 | 応答時間には、最小、最大、平均、中間、90%ラインがあるが、先行研究[13]や調査報告[17]を参考に、ms で計測し、最大応答時間の基準を8秒以内とした。 |

4.3 結果

4.3.1 スループット結果

図4aから同時スレッド数が9までは線形に増加しているが、それ以降はほぼ横ばいである。

4.3.2 最大応答時間結果

図4bから同時スレッド数が13のときに最大応答時間が8秒を超えた。同時スレッド数が9までは緩やかに増加しているが、それ以降の増加の割合が高い。またデータを掲載していないが、最大応答時間は全てが動画再生の箇所であった。

4.4 考察

スループットの結果からは同時スレッド数が9以降は横ばいになっていることがわかり、当然であるが最大応答時間の結果からも同時スレッド数が9までは緩やかな増加傾向であることがわかった。これらの2つのデータ結果から、同時スレッド数が9

の前後で異なる挙動が見られた。よって、現在の環境における処理能力の限界は同時スレッド数が9だといえる。しかし本実験では「最大応答時間の基準を8秒以内としていること」「スループットが横ばいではあるものの減少していないこと」から、同時スレッド数が12までであれば、現在の環境では問題なく動作する可能性が高い。

本実験での負荷テストの結果から、現在の環境では12名程度までの同時利用なら問題なく学習できる見通しを得た。今後、スループットが横ばいになっている要因を探るため、同時スレッド数が9前後の時点でのサーバやネットワークの使用率等を調査する必要がある。

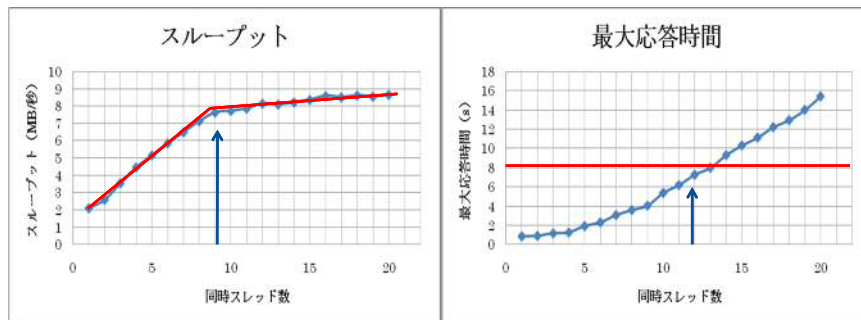


図 4a スループット

図 4b 最大応答時間

5. おわりに

本論文では、本教材の実用化に向けた学内における実証実験を行い、それらの結果から本教材の安定的な学習環境を整備するための有用な知見を得ることができた。我々が開発した教材を対象として実証実験を行っているため、すべての事例が他の教材にも適用できるわけではないが、現在のeラーニング運用の方法（ノウハウ）が不足している状況に対して、これがひとつの報告事例となり、資料的価値として役立つものと考えている。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金（若手研究（B）（課題番号：222700812））の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 小柏香徳理, 浜本義彦, 藤田悠介, 室川和也, 米田晴彦, 齋藤真理, 西川潤, 寺井崇二, 坂井田功: 胃がんを対象とした内視鏡教育のための動画像を用いたシミュレーション型教材の開発, ITヘルスケア学会誌, pp.117-127 (2009).
- 2) 「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, 放送大学学園 (2011).
- 3) 中村逸一, 兵藤敏之, 曾我正和, 水野忠則, 西垣正勝: セキュリティ対策選定の実用的な一手法の提案とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.8, pp.2022-2033 (2004).
- 4) 加藤弘一, 勅使河原可海: ネットワーク特別利用時におけるセキュリティと利便性を考慮した最適対策決定手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.9, pp.3209-3222 (2008).
- 5) 古賀崇朗, 藤井俊子, 中村隆敏他: VOD型eラーニングの実践環境の構築, 教育システム情報学会研究報告, Vol.25, No.7, pp.45-50 (2011).
- 6) 宇佐川毅: 通信帯域に依存しないユニバーサルeラーニングシステムに関する研究開発, 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) 第6回研究発表会, pp.128-129 (2010).
- 7) 篠原正典: ICT活用教育で予想される情報セキュリティの問題とその対応, ICT活用教育に関する個人情報保護及び情報セキュリティの研究開発, 独立行政法人メディア教育開発センター pp.35-44, (2007).
- 8) 小柏香徳理, 浜本義彦, 原田貴大, 平野佳浩: セキュア性と帯域制限の条件を課したネットワーク環境下での教材配信, 第72回情報処理学会全国大会講演論文集, 4, pp.493-494 (2010).
- 9) 西村昭治: e-Learningにおける質保証-早稲田大学人間科学部eスクールの取り組み-, メディア教育研究, Vol.3, No.2, pp.37-43 (2007).
- 10) 花川典子, 赤澤佳子, 森章, 前田利之, 井上俊治, 筒井茂義: シームレス環境を実現したWebベース統合教育支援システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J88-D-1, No.2, pp.498-507 (2005).
- 11) 石井嘉明, 矢野恭平, 廣岡誠之, 杉木章義, 加藤和彦: Kumoiを用いたスケーラブルなMoodle環境の構築, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-CLE-6(4), pp.1-7 (2011).
- 12) 王躍, 小柏香徳理, 刈谷丈治, 小河原加久治: OSSに基づいたMoodleサイトのスケーラビリティに関する報告, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-IOT-14(2), pp.1-5 (2011).
- 13) 王躍, 小柏香徳理, 刈谷丈治, 小河原加久治: Moodle小テスト時の負荷シミュレーションテスト, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-IOT-101(11), pp.1-5 (2010).
- 14) 小柏香徳理, 王躍, 刈谷丈治, 小河原加久治: Moodleサーバの負荷テスト-サーバの構成及び通信暗号化の有無の比較-, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集, pp.334-335, (2011).
- 15) 小柏香徳理, 浜本義彦, 皆上興平, 原田貴大, 平野佳浩: 動画像教材を対象としたLMSの負荷テスト, 第73回情報処理学会全国大会講演論文集, vol.4, pp.327-328 (2011).
- 16) 田中慎司訳, Ian Molyneux 著: アート・オブ・アプリケーション パフォーマンステスト, オライリー・ジャパン (2009).
- 17) 経済産業省: 2009年度版企業IT動向調査2010, 社団法人日本情報システム・ユーザ協会 (2010).