

# Starting & Closing Standby Pages 方式による オンライン定期試験

佐野 香<sup>†</sup> 小林 浩<sup>†</sup>

あらまし 定期試験をオンラインで行おうとすると、学生たちが一斉に試験問題コンテンツや電子答案をダウンロードもしくはアップロードするために、システムが不安定になって答案などが紛失する恐れがある。また、これを避けるために時間差を設けてアクセスさせると、試験時間が不公平になったりする。信頼性と公平性の両立がポイントである。このために Starting & Closing Standby Pages 方式を開発した。筆者らの授業科目にて、100名を超える学生を対象にオンライン定期試験を実施し、その有効性を確認した。

## Web-Based Online Semester-end Examinations using Starting & Closing Standby Pages

Kaoru SANO<sup>†</sup> and Hiroshi KOBAYASHI<sup>†</sup>

**Abstract** Web-based online examination systems may become unstable or fail to receive some electronic answers due to the traffic congestion, when a large number of students download contents of exam questions or upload their answers at the same time. If they access to LMS servers with time differences in order to keep the system reliable and stable, fairness of exam time period is lost. A new system named "Starting & Closing Standby Pages" has been developed to make the reliability and fairness of online examinations compatible, and also has been successfully applied to the author's class with a hundred students to verify its effectiveness.

### 1. まえがき

近年の科学技術の進歩と相俟って、大学などの高等教育現場において、学生たちが体系だつて獲得しなければならない知識が加速度的に増加している。これらの知識が習得されたかどうかを確認するため、期末試験などの定期試験では、知識の獲得度合いを評価するための選択問題や穴埋め問題と、知識の理解度合いを評価するための論述問題とを併用することが多い。前者の問題形式では、広範囲にわたって知識の獲

得量を調べようとするため、問題量が必然的に多くなる。

例えば、筆者らが担当している授業科目「インターネット総論」では、1セメスター（約15週）の間に1,200項目のキーワードの理解と獲得を求めている<sup>1,2)</sup>。中間試験や期末試験にて、これらの10%を穴埋め問題として出題しようとする、履修者が150名いれば、試験ごとに $1,200 \text{ 項目} \times 10\% \times 150 \text{ 名} / 2 = 9,000 \text{ 問}$ を採点しなければならないことになる。この中には「h」や「n」のように判別しにくい手書き文字も含まれており、教員の負担は急速に増している。こうした教員側の負担の軽減を図りながら、学生たちが獲得した知識を着実に評価するには、定期試験をオンラインで行うことが有用と考え

<sup>†</sup>東京電機大学情報環境学部  
School of Information Environment, Tokyo Denki  
University

られる。

ところで、e-Learning と称せられる Web 技術を適用したオンデマンド型の学習支援システムは、時間と場所を選ばずに効率的に学習できることから、企業内教育を中心に広く用いられるようになってきた<sup>3,4)</sup>。また、e-Learning 先進国の米国では、有職成人のキャリアアップに照準した e-Learning のコースを配信している大学が散見される<sup>5)</sup>。これらのコースでは、配信された教材による学習、教員や他の学生とのディスカッション、課題の提出、習得度テストを通して、学位取得が可能となっている。わが国では、すでに卒業要件 124 単位のうち 60 単位までが e-Learning のような非同期・遠隔型の授業で認定されるようになってきているが、フルタイムの学生が大勢を占めていること、教育機関の意思改革の遅れなどから、最近になって e-Learning の有効性が議論され、試行的な導入が行われるようになってきたのが現状のようである<sup>6-9)</sup>。

これらの e-Learning では、履修者の学習状況を把握するための小テストをオンラインで行うことが多い。しかしながら、こうした小テストは履修者の自主性に委ねられており、そこには履修者が第三者に正解を尋ねたり、履修者に代わって第三者に解答してもらったりする余地があることは否めない。

定期試験のような重要な学力試験では、不正行為を防ぐべく学生を教室などの特定の空間に集めて実施することが一般的である。同様の試験環境でオンラインにて定期試験を実施しようとすると、学生たちが一斉に試験問題コンテンツをダウンロードしたり、答案をアップロードしたりするため、過負荷状態に陥ってサーバが不安定になって答案が紛失する恐れがあり、またこれを避けるために時間的に分散して問題のダウンロードなどを行わせると、時間的・心理的な不公平性を招く。

この信頼性と公平性の両立を図るため、Starting & Closing Standby Page 方式(以下、SCSP 方式と略)を考案し、実際の期末試験に適用してみた。その結果、学生たちが獲得した知識を着実に評価しつつ、教員の負担を軽減できることを確認した。

以下、現状の e-Learning システムでオンライ

ン定期試験を行おうとしたときの問題点とその課題を整理した後、提案する SCSP 方式の概要と具体化例を述べ、最後に実際の期末試験への適用結果を踏まえながら、方式の有効性について議論する。

## 2. オンライン定期試験実施における課題

国内外を問わず企業内教育として広く利用されている e-Learning を、定期試験などの重要な学力試験に適用しようとした場合の問題点と、解決しなければならない課題を以下に整理する。  
( ) 不正防止

e-Learning を用いた小テストの多くは、合格ラインに達するまで何度も挑戦できる仕組みになっているようである<sup>9)</sup>。筆者らの授業でも、授業後の復習効果を高めるため、教科書の章単位でオンラインの小テストを実施している。学生たちにインセンティブを与えるため、小テストの点数をわずかではあるが総合評価に加算することにしている。学生たちは満点が取れるまで何度も挑戦しているが、他科目のレポート提出期限や定期試験が近づき時間的余裕がなくなると、半数近くの学生が答えを見せ合ったりして点数稼ぎに終始していることが、学生たちのアンケート結果から明らかになっている。

オンライン定期試験において、カンニングなどの不正行為を防ぐには、学生たちを教室などの特定のエリアに閉じ込めて試験監督員の監視の下で試験を行う以外に、現状では妙案はないようである。

### ( ) 信頼性

図 1 は、市販されている e-Learning 用ソフトウェアを用いたオンライン試験システムの構成例を示している。試験問題コンテンツの配信や学生たちの履修管理を行う LMS (Learning Management Systems)サーバと、学生たちが試験問題コンテンツをダウンロードして解答し、答案をアップロードするための複数の学生用クライアント、オンライン試験を運用管理するための試験監督員用クライアント、およびこれらを相互接続するためのキャンパス内イントラネットから構成されている。

上述したように、不正行為を防止するため、学生たちを教室に集めて一斉にオンラインで試

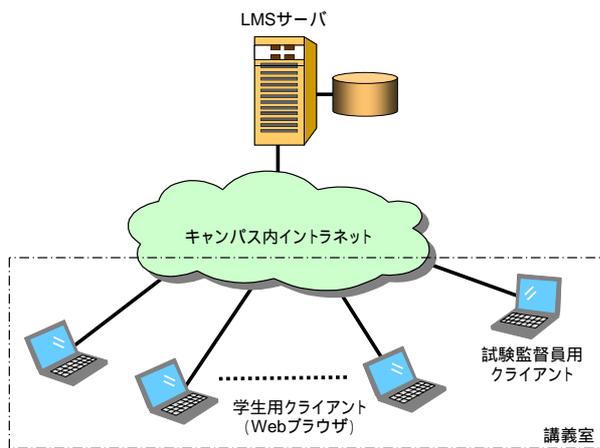


図1 オンライン試験システムの構成

Fig. 1 System Configuration of Online Exam.

験を行うことになるが、多数の学生が一斉に LMS サーバにアクセスすると、一時的にサーバが過負荷状態になり、不安定になったり、場合によっては自力での再起が不能な状態に陥ったりする恐れがある。これが試験の終了時に起こると、深刻な問題が発生する。すなわち、学生たちが解答した答案を一斉に LMS サーバにアップロードしようとする時、競合が発生し LMS サーバが受信し損なってデータが欠落したり、場合によっては答案そのものが紛失したりする恐れがある。

実際、筆者らが 100 名位の学生の協力を得て実施した過負荷試験では、画像を含んだ数百 kB の試験問題コンテンツを一斉にダウンロードさせたときや、答案を一斉にアップロードさせたときに、数名の学生がダウンロードに失敗したり、アップロードに失敗して答案を紛失したりすることが観測されたが、同様の指摘が萩原らによっても報告<sup>10)</sup>されている。

( ) 公平性

上述の問題を避けるには、例えば学生たちを 10 組に分けて、試験監督員の合図に従って 15 秒ごとにダウンロードやアップロードをさせる方法が考えられる。しかしながら、たとえ各組のダウンロードからアップロードまでの時間は同じであっても、先行組は後発組にまぎれて解答時間を延ばしたり、後発組は試験を終了した先発組のざわつきのため落ち着いて試験に取り組みかたりするなど、物理時間のみならず心理面での公平性を欠くことになる。

( ) 操作性 ( Easy of use ) と汎用性

日ごろインターネットへのアクセスに慣れ親しんでいる学生であれば、たとえ初めてオンライン定期試験を体験するケースであっても、戸惑わずにまたミス操作を起こしにくい画面設計 ( ユーザインタフェース ) と試験問題コンテンツの制作が必要である。

また、学生たちが日ごろ使っているノート型パソコンを持参させて受験できること、そして Internet Explorer など広く利用されている Web ブラウザ上で動作できることも必要である。

( ) 標準化

たとえ ( ) 項の操作性や汎用性が優れていても、科目ごと、学科ごと、ひいては大学、国ごとに画面設計や操作方法が異なっていれば、試験に集中したい学生達にとっては煩わしいものになる。いずれは、試験問題コンテンツであっても、仲林<sup>11)</sup>が報告しているように e-Learning 用コンテンツの標準規格 SCORM<sup>12)</sup>などに準拠すること、また中村<sup>13)</sup>が報告しているように、ユーザインタフェースの標準化が待たれるところである。

以上のように様々な問題と課題が潜在化しているが、不正行為の防止と信頼性の確保、そして公平性の確保に焦点を当てて、オンライン定期試験の実用化に向けた方式提案を次章に行う。

3 . Starting & Closing Standby Pages 方式

3.1 方式の概要

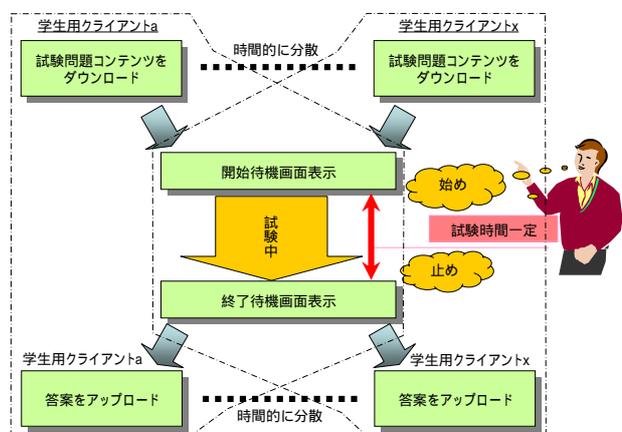


図2 SCSP 方式の概念

Fig. 2 Concept of SCSP

図 2 に示す SCSP 方式の骨子は、

- (A) 学生用クライアントは、LMS サーバへの負荷集中を伴わない方法で、試験問題コンテンツをダウンロードすると、直ちに開始待機画面を表示し、
- (B) 学生はそのままの状態で作機させられ、試験監督員の「始め」の合図により解答を開始し、
- (C) 「止め」の合図にて解答（入力）を止め、終了待機画面を表示させてから、
- (D) LMS サーバへの負荷集中を伴わない方法で、答案をアップロードすることにある。

以下に提案方式の意味するところを考察する。

(A)の LMS サーバへの負荷集中を伴わない方法とは、例えば前述したように学生たちを 10 組程度に分けて順番にダウンロードさせる、学生用クライアント内でランダムな時刻を算出さ

せてダウンロードさせる、あるいは LMS サーバからマルチキャストで配信するなどの方法が考えられる。なお、試験問題コンテンツをダウンロードした後の開始待機画面表示は、いわば紙の問題用紙を机の上に伏せた状態で配布することに相当する。

次の(B)は、試験監督員の「始め」の合図によって、一斉に紙の問題用紙を裏返して解答を始めることに相当するが、すでにすべての試験問題コンテンツが各学生用クライアントにダウンロードされているので、LMS サーバには負荷がかかるとはならない。

そして(C)は、「止め」の合図によって一斉に答案用紙を裏返させ、回収を待たせることに相当する。

さらに(D)の LMS サーバへの負荷集中を伴わない方法とは、(A)と同様に学生たちを組分けしてアップロードさせる、学生用クライアント内

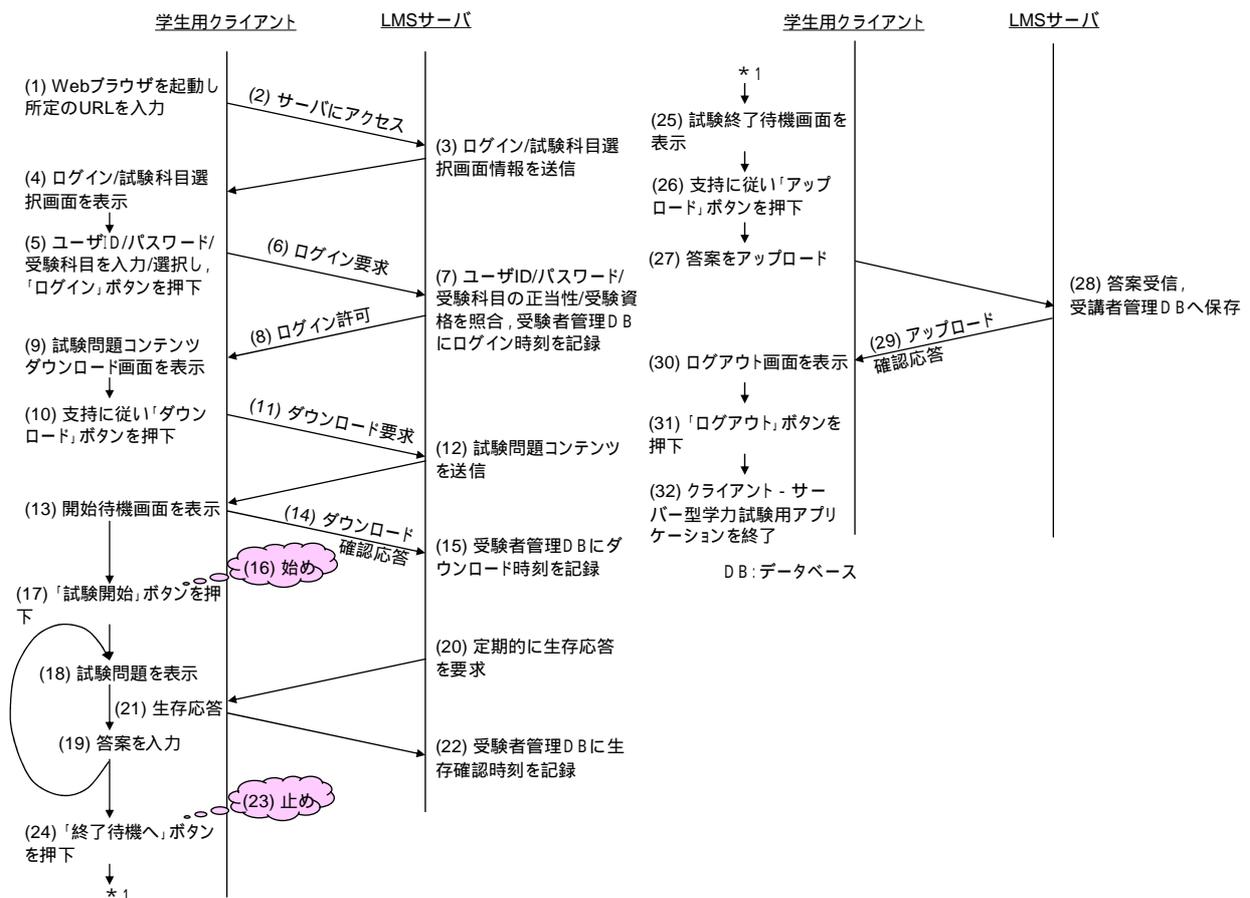


図 3 シーケンス例

Fig.3 An example of Online Exam. Sequences

でランダムな時刻を算出させてアップロードさせるほかに、LMS サーバからクライアントに対してポーリング方式にて順番にアップロードさせるなどの方法が考えられる。

要すれば、提案方式は試験監督員の監視の下で不正行為を防止しつつ、試験監督員の合図を契機にすべての学生の試験開始及び終了時刻の同期を取ることによって公平性を保ち、さらにダウンロードやアップロードにおける LMS サーバへの負荷集中を排除することによってシステムの信頼性を高めようとするものである。

### 3.2 方式の具体化例

筆者らの授業科目での適用例をベースに提案方式の具体化について、以下に詳述する。図 3(前頁)は、学生用クライアントと LMS サーバ間での学生の操作などを含めたアプリケーション層を主体とするシーケンス例を示している。ただし、試験に先立って当該試験科目の受験が可能な状態になるよう、試験監督員用クライアントから必要な設定が行われるが、これらの記述は省略されている。

(1)から(9)は、学生がクライアント上で Web ブラウザを起動し、所定の URL を入力して、ログイン手続きを行い、試験問題コンテンツをダウンロードできる状態になるまでのシーケンスを示している。

次に、(10)から(15)は、学生たちを組分けして、試験監督員の指示に従って順に試験問題コンテンツをダウンロードするまでのシーケンスを示している。特に(13)では、コンテンツがダウンロードされると、直ちに図 4 に示すような開始待機画面が表示され、学生たちはこの画面を表示した状態で待機させられる。なお、この例では、開始待機画面は後方にいる試験監督員が一目で視認できるような画面構成を採用していることに注意されたい。

(16)から(19)は、試験監督員の「始め」などの合図とともに、学生たちは図 4 右上の「試験開始」ボタンを押下して、図 5 に例示する試験問題を表示させ、解答を入力していく。また、(20)から(22)は LMS サーバが定期的に学生用クライアントの動作の正常性を調べるための、生存確認のシーケンスを示している。

(23)から(25)は、所定の試験時間が経過し、試験監督員が「止め」と合図をすると、学生たち



図 4 開始待機画面

Fig.4 An Example of Starting Standby Page



図 5 問題画面

Fig.5 An Example of Question View



図 6 終了待機画面

Fig.6 An Example of Closing Standby Page

は入力を止め、「終了待機へ」ボタンを押下すると、図 6 に示すような終了待機画面が表示され、そのままの状態待機させられるシーケンスを示している。この終了待機画面も後方にある試験監督員が一目で視認できるような画面構成を採用している。

最後の(26)から(35)までのシーケンスでは、学生たちを組分けして試験監督員の指示に従って、順に答案データを LMS サーバにアップロードする。LMS サーバは伝送誤りなどなく正常に答案データを受信したことを確認すると、データベース上の当該学生のテーブルに同データを保存してから、当該クライアントに対して受信確認応答を送信する。同応答を受信したクライアントは、ログアウト手続きを行ってから、起動していたアプリケーションを終了させる。

以上述べた具体化例は、提案方式のポイントである LMS サーバへの負荷分散や試験時間の同期化を人為的な方法で実現し得るもので、したがって市販されている e-Learning 用ソフトウェアに大きな改造を加えなくても、試行できることが特徴である。

### 3.3 方式の有効性評価

#### ( ) 実授業科目への実験的適用

筆者らの授業科目の期末試験において、上述の具体化例に準じたオンライン試験を、表 1 の諸元のもとで、145 名の履修登録者を対象に 2 教室に分かれて、平成 15 年 7 月実施した。6 問、計 60 穴からなる穴埋め問題などを、市販の Web ベースの e-Learning 用ソフトウェアを用いて出題した。HTML タクを用いて開始待機画面を試験問題の中に埋め込むなど、筆者らの手作りによる実験的なものであったため、予期せぬトラブル発生に備え、論述問題用に用意した紙の答案用紙にも穴埋め問題の解答を併記させた。

幸い、LMS サーバが過負荷状態になるような大きなトラブルもなく無事終了できた。ただし、提案方式とは直接関係ないトラブルとして、パソコンの持参忘れ(1 名)、ネットワークに接続できない(1 名)、答案データの紛失(3 名)が観測された。特に、は使用した e-Learning ソフトウェアの仕様によるもので、入力したデータがキャッシングされないため、テキスト入力エリアにフォーカスしない状態で Back

表 1 オンライン定期試験の実施諸元

Table 1 Profile of Online Exam. on Author's Class

LMS サーバ	OS	Windows 2000 server
	CPU	1.8GHz
	RAM	2GB
学生用 クライアント	OS	Windows XP 他
	Web ブラウザ	Internet Explorer Ver.6.0 他
ネットワーク	プロトコル	TCP/IP ベース
	データリンク	100Mbps, VLAN
履修者	登録者数	145 名(2 教室に分離収容)
	組分け数	10 組
	アクセス時間差	15 秒(各組間)
試験問題 コンテンツ	ファイルサイズ	約 1MB
	問題形式	穴埋め問題: 6 問, 計 60 穴 論述問題: 4 問(問題のみ)

Space キーを押下すると、ブラウザの標準機能として前画面(このケースでは、ログイン画面)に戻り、答案データが消失されたことになるためである。

以上の実授業への実験的な試行結果を踏まえて、以下に提案方式の有効性を考察する。

#### ( ) 不正防止と公平性

2 教室とも正面および後方合わせて 4 名の試験監督員を配置し、不正防止と予期せぬトラブルの発生に備えたが、図 4.6 の開始待機及び終了待機画面は後方からも視認しやすく、試験開始・終了前後の不正防止と公平性の確保に有効であることが確認できた。

なお、今回は紙の答案用紙にも併記させたため、e-Learning システムの小テストで多用されている出題順序や選択肢の配列順序のランダム化によるカンニング防止策は講じなかったが、後述の 100%の信頼性確保が実現できれば、自ずと解決する問題である。

#### ( ) 信頼性

今回の試行を通して、提案方式は人為的な手段によっても LMS サーバへの負荷分散に有効であることが確認できた。前述のマルチキャストによる試験問題コンテンツの配信やポーリングによる答案のアップロードなど、機械的な手

段による確実な負荷分散の実現が待たれるところである。

そして、今回の試行で発生した最大の問題は、上述の Back Space キーの誤押下による答案データの消失である。OS がハングアップしたときなどに同様の問題が起こり得よう。その根本的な解決、すなわちオンライン定期試験を100%信頼できるものにするためには、学生たちが解答を入力するごとにローカル保存し、障害が発生しても、復旧後、同じところから再開できるようにするなど、ロバスト性の強化が必要である。セキュリティ対策のためファイル書き込みを禁止している Applet などのプログラミング言語の仕様に係わる問題である。

#### ( ) 操作性(Easy of use)

今回は、普段オンライン小テストで使用している e-Learning システムを使用したため、開始待機画面などの新しい場面に遭遇しても、学生たちは戸惑うことなく試験に臨めたようである。

ただし、解答入力の際、半角入力と全角入力を間違えないよう気配りしたり、また紙の答案用紙にも併記させられたりしたため、試験に集中できなかったという意見も少数ではあるが聞かれた。

#### ( ) 教員の負担軽減

試験後の採点作業では、穴埋め問題は紙にのみ記録が残った数名分で済んだため、その分、論述問題の採点に注力することができた。教員サイドの負担軽減効果が顕著であったことは、容易に想像できよう。

以上述べた未解決課題や新たな問題の幾つかは、SCORM などによるコンテンツの国際標準化やユーザインタフェースの標準化、プログラミング言語仕様に係わるものであるが、SCSP 方式が目的としている教員の負担軽減を実現しつつ、学生たちが獲得した知識を着実に評価する手段として有効と言えよう。

## 4. むすび

科学技術の進歩とともに、学生たちが学ばなければならない知識は加速度的に増え、同時に教員の負担も急増している。提案した SCSP 方式は、こうした時代の変化に応えようとするもので、IT 分野のみならず医学や薬学など多くの

分野にも適用できるものとする。

前述したように、米国の大学では有職成人のキャリアアップ手段のため e-Learning が非同期型の学習支援手段として多用されている。フルタイム学生が大勢を占めるわが国では、復習手段としての非同期型の e-Learning とともに、同期型の試験手段としても普及していくことが期待される。

そこには国際標準化を含む数多くの課題が立ちだかっているが、実現に向けてさらなる研究開発に取り組んでいく所存である。

## 文 献

- 1) 東京電機大学情報環境学部 2003 年度前期授業科目「インターネット総論」、<http://www.mc-lab.sie.dendai.ac.jp/souron/index.html>
- 2) 小林 浩, 江崎 浩, “インターネット総論”, 共立出版, Jan. 2002 .
- 3) 伊藤 健二; “e-Learning とは何か”, 情報処理, Vol.43 No.04, pp.394-400, April 2002 .
- 4) 小松 秀國, “企業における e-Learning 導入の効果”, 情報処理, Vol.43 No.04, pp.414-420, April 2002 .
- 5) 吉田 文, “高等教育における e-Learning - パーチャル・ユニバーシティの登場 - ”, 情報処理, Vol.43 No.04, pp.407-413, April 2002 .
- 6) 中山 実, 赤堀 侃司, “同期型講義を活用した SCORM 対応 e-Learning 教材作成と学習支援”, 大学情報化大全, 私情協, pp.26-29, Sept. 2003 .
- 7) 玉木 欽也, “e-Learning の実現に向けて ~ 大学における e-Learning の可能性と限界 ~ ”, 大学情報化大全, 私情協, pp.1-7, Sept. 2003 .
- 8) 清水 康敬; “e-Learning を支える政策と今後の展望”, 情報処理, Vol.43 No.04, pp.421-426, April 2002 .
- 9) 宮川 裕之, “学習状況の測定と学習支援のための e-Learning の活用”, 大学情報化大全 私情協, pp.9-12, Sept. 2003 .
- 10) 萩原 秀和, 富永 浩之, 松原 行宏, 山崎 敏範, “ドリル練習に基づく Web 型試験システム - 情報基礎科目への応用と運用評価 - ”, 信学技報, ET2002-54, pp.57-62, Oct.2002 .
- 11) 仲林 清, “e-Learning の要素技術と標準化”, 情報処理, Vol.43 No.04, pp.401-406, April 2002 .
- 12) “Sharable Content Object Reference Model (SCORM)”, ADL Technical Team, <http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=DownFile&libid=40&bc=fa>lse, Oct. 2001 .
- 13) 中村 壽宏, “e-Learning の実現とコンテンツの標準化の意義”, 大学情報化大全, 私情協, pp.31-34, Sept. 2003 .