

学習管理システム CFIVE の開発と運用

関谷 貴之[†] 寺脇 由紀[†]
尾上 能之[†] 山口 和紀[†]

教育の高度化や IT 技術の一般化にともない、従来通りの対面型の授業においても、e-Learning を活用しようという動きが出ている。効果的かつ効率的に e-Learning を支援するためには、学内横断的な組織がこれを提供する事が望ましい。そこで、著者らはソフトウェア会社と共同でオープンソースの LMS(Learning Management System) を独自に開発し、学内向けのサービスとして運用を開始した。本稿では LMS の開発の経緯やシステムの運用状況について報告する。

CFIVE: Open Source Learning Management System, Its Development and Application

TAKAYUKI SEKIYA,[†] YUKI TERAWAKI,[†] YOSHIYUKI ONOUE[†]
and KAZUNORI YAMAGUCHI[†]

The blended method, a combination of traditional face-to-face meetings and Web based self-learning, is getting popular to improve the educational effectiveness utilizing the prevailing information technology. The Information Technology Center of our university is expected to provide faculties with e-learning technologies. The authors developed an open source LMS (Learning Management System) called CFIVE in collaboration with a software company, and operated it for one semester. In this paper, we review the needs for LMS in our context, brief the features and design decisions of CFIVE, evaluate the actual use in the lectures, and examine the issues of an open source LMS.

1. はじめに

東京大学情報基盤センターは、大学における教育の情報化や研究成果の発信の支援を行うために必要な情報基盤を提供する事を、目的の一つとしている。これまで情報基盤センターでは、インフラとしての学内のネットワークや、教育や研究のための計算機資源としてのスーパーコンピュータ、図書情報等のデータベース、情報教育等のための端末等を運用してきた。しかし、必要な情報基盤は、時代や社会の変化とともに変化する。

一方、教育の高度化や IT 技術の一般化によって、情報リテラシーやプログラミングなどのコンピュータやネットワークが必須の講義ばかりでなく、従来から行われている対面型の講義においても、e-Learning を活用しようとする動きが見られる。e-Learning には、遠隔講義や WBT (Web Based Training) など各種の形態があるが、いずれの場合も撮影機材やサーバなど

が必要である。金銭的成本や人的コストを考えると、各学部や大学院が独自に用意するのは非効率的であり、集中的に管理・運用する事が求められる。実際、他の大学でも、本学の情報基盤センターに相当する組織で、LMS^{*}などを提供するサービスを実施しているところは多い^{1)~3)}。

そこで、情報基盤センターでは、e-Learning のインフラの一つとして、学習管理システム CFIVE を開発し、これを学内向けのサービスとして 2004 年 4 月より運用している。

本稿では、以下、2 節で既存の LMS について概観したあと、3 節と 4 節で CFIVE の設計で考慮した点や開発した CFIVE の特徴について述べる。5 節では本学での CFIVE の運用状況を紹介する。6 節は結論である。

2. LMS

LMS は、90 年代半ば頃より高等教育や企業内教育

[†] 東京大学情報基盤センター
Information Technology Center, The University of Tokyo

^{*} Learning Management System の略、CMS(Course Management System) と呼ぶこともある。本稿では LMS と表し、日本語では学習管理システムと表記している。

のためのシステムとして、広く利用されてきた。これまで多数のシステムが開発されてきたが、欧米の高等教育の現場では、Cornell University で開発され、後に商用化された Blackboard と、同様に University of British Columbia で開発、商用化された WebCT の二つで 80%前後のシェアを占めていると言われる。

このような商用 LMS が、米国以外でも普及しつつある一方で、オープンソースによるシステムを開発する動きも活発となっている。⁴⁾ 例えば MIT では、高等教育現場での教育や学習を支援するシステムでの、オープンで拡張可能な規格を定義するべく、O.K.I. (Open Knowledge Initiative) プロジェクト⁶⁾ が実施されている。また、University of Michigan では遠隔教育や協調学習を支援する環境として CHEF (Comprehensive collaborativE Framework)⁷⁾ が開発されている。更に、O.K.I.、CHEF などの成果を用いて、それらを統合したシステムを開発する Sakai Project⁸⁾ では、2004 年 7 月に最初のソフトウェアをリリースした。

一方、国内では、やはり商用 LMS は多数存在するが、オープンソースによるものとしては、東京大学大学院情報学環・学際情報学府と NIME が共同開発した exCampus⁹⁾ が目につく程度である。

商用 LMS が多数存在しながらオープンソースを用いたシステムが目立つのは、LMS を高等教育機関で導入するには、教育現場の目的や要望に応じてシステムをカスタマイズしたり、既存の学内のユーザ情報を保持する認証システムなどとの連携が不可欠でありながら、商用のシステムではライセンスや技術上の制約から、改良が困難なことが理由の一つではないかと推測される。

本学においても、教育用の計算機システムが全ての学生に対してアカウントを発行しており、このアカウント情報を利用する事が LMS の導入以前から検討されていた。また、将来教務システムとの連携も計画されている。

このような観点で前述のオープンソースのソフトウェアを評価した場合、exCampus はオンラインでの教材の提供を中心とした基本的な機能からなるシステムであり、ソース自体の変更は比較的容易だが、あまり拡張性を考慮しておらず、例えば他のシステムとの連携などの機能を付加するのは、やや困難である。Sakai Project は、実績のあるプロジェクトの成果を活かすものであり、今後が期待されるが、現在は最初の正式バージョンがリリースされたばかりである。ま

た、米国の大学で開発されたものであり、日本の教育現場で利用し易いか否かは不明である。

そこで、教育現場での要望に応じて自由にカスタマイズが可能で利用しやすく、センターとしてシステムの運用に便利なオープンソースの LMS が必要であると考えた。

3. LMS の設計

前節での議論を踏まえて、LMS を開発するにあたり、以下の点を特に重視してシステムを設計した。

カスタマイズが可能

LMS を教育現場での各種の要望に応じて利用するには、システムを容易に変更できるように設計する必要がある。そこで、出来る限り MVC を分離した構造にした上で、個々の機能毎にモジュール化したシステムとした。これによって、必要な機能の追加や不要な機能の削除といったシステムの変更は、モジュールの追加や削除、修正によって可能になる。

既存システムと連携可能

LMS を運用する上では、成績や履修登録に関する情報を学務関連のシステムとの間で交換したり、教育用の計算機システムの利用者に LMS を利用可能にさせられるようにする必要がある。そこで、例えばユーザの認証情報などを LDAP 準拠のディレクトリサーバから取得可能にするなど、標準的な技術を用いて、既存の学務関連のシステムや教育用の計算機システムとの連携を容易にする。

権限の設定が可能

LMS を講義で利用する上では、講義に関わる様々な立場に合わせてシステムを利用可能にする必要がある。教育現場では、学生を指導する教師や TA、成績を管理する事務担当者、また講義を受講する学生など、各自が様々な役割で一つの講義に関わる。その際に、例えば TA は教材の更新が可能だが成績は付けられない、事務担当者は成績を参照できるが、講義の教材を見られる必要はない、といった設定を可能とする必要がある。そこで、利用者に応じて、LMS 内のデータの編集や参照の権限を柔軟に設定可能とする。

多言語に対応

LMS を利用するのは、必ずしも情報リテラシーやプログラミングに関する講義ばかりではない。例えば履修者の多い語学などでは、LMS を導入することで、オンラインテストの実施や教材の配付等の手間が削減されることが期待される。そこで、多国語対応のシステムとして、このような語学の講義に対応できるだけでなく、将来的には海外での利用も視野に入れる。

* 2004 年 10 月 18 日に Sakai 1.0 Final がリリースされた。

4. CFIVE の開発

3節で述べた点を踏まえて、著者らは日本ユニシス・ソリューション株式会社と共同で、CFIVE (Common Factory for Inspiration and Value in Education) を開発した⁵⁾。CFIVE は、表 1 に示す既存の各種 LMS と同様の機能を持ちながら、これらの機能が図 1 に示すようにシステムのコアとなる部分に対するプラグインとして実現した。これによって、余分な機能を取り除いたり、必要な機能を追加することが比較的容易である。

システムは Java Servlet として作成して、GPL に従ってシステムのプログラムソースを公開している。更に、講義や学習者に関する情報を蓄積するデータベース等には、表 2 に示すように、PostgreSQL や OpenLDAP などの広く一般に利用されているオープンソースのソフトウェアを用いることで、利用者は自由にシステムを改良することが可能である。

システム上で管理する各講義毎に、講師、受講者、TA という講義に関わる一般的な役割以外に、教材などの閲覧が可能な参観者という役割を設けて、各々を LMS のユーザに割当可能にした。これによって、例えば対象となる講義を参考にする他の教師の利便性を考慮している。また、グループという概念を設けて、特定のグループに属するユーザのみが利用可能な教材や掲示板を作成可能とした。そのため、グループ毎で課題を行うプロジェクト形式の講義等で、特定のグループ内でのみレポートを閲覧・編集させるといったことが可能である。システム内部でのデータの参照や編集に当たっては、その処理を呼び出したユーザの権限を

表 1 CFIVE の機能

機能名	機能概要
お知らせ	利用者へのお知らせの管理
FAQ	授業用の FAQ の管理
課題	レポートの出題、回収、評価
テキスト教材	教材の配布
テスト	選択、記述式などのオンラインテストの実施
掲示板	掲示板の作成、公開
成績	個人成績の管理

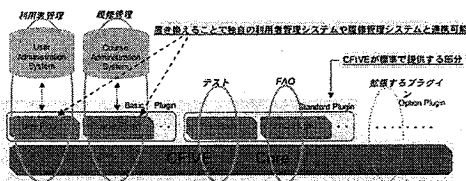


図 1 CFIVE 概念図¹¹⁾

常にチェックする形式になっており、プラグインの機能についても権限に応じて実行の是非を設定可能としている。

インタフェースや内部のデータ形式において、英語と日本語の両方に対応している。

表 2 CFIVE の動作環境

ソフトウェア	動作確認済みバージョン
Java 開発環境	J2SDK1.4.2 (Linux)
Servlet 2.3 (JSP 1.2) 実行環境	Tomcat 4.1.29 /4.1.30
SQL データベース	PostgreSQL 7.4/7.4.2
LDAP 準拠ディレクトリサーバ	OpenLDAP 2.0.27

5. CFIVE の運用

5.1 学内向けのサービスの概要

2004 年度の講義から、本学では CFIVE の利用を開始した。本学の教育用の計算機システムの認証サーバと連携させ、同システムに登録されている学生や教職員は CFIVE を利用可能とすることで、情報基盤センターの学内向けサービスの一つとして CFIVE の実行環境を提供している。図 2 は運用システム概念図である。

システムが動作するハードウェアは、CFIVE 本体が動作する 5 台の Web アプリケーションサーバ (AP サーバ)、システムへの Web 経由でのアクセスを各 AP サーバに振り分ける負荷分散スイッチ、SSL アクセラレータを代用するサーバ、そして CFIVE の各種のデータを蓄積する 1 台のデータベースサーバから構成される。恐らく、所謂 Web アプリケーションのシステムとしては一般的なものであろう。表 3 に運用システムのハードウェアの構成をまとめておく。

2004 年度夏学期については、化学、情報リテラシー¹⁰⁾、CAD に関する講義など、大学 1,2 年生向けの 4 つの講義で CFIVE を利用しており、複数の講義で登録されているユーザを別々に数えると、登録さ

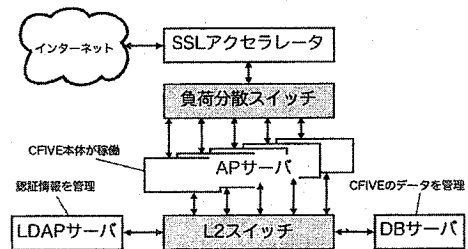


図 2 運用システム概念図

表3 ハードウェア構成

AP サーバ	NEC Express 5800/120Rd-1 CPU Intel Xeon 2.80 GHz x 2, Memory 2.5GB, OS RedHat Enterprise Linux ES 3
DB サーバ	NEC Express 5800/120Rf-2 CPU Intel Xeon 3.20 GHz x 2, Memory 4GB, OS Miracle Linux Standard Edition V2.1
L4 スイッチ	NEC SS8000/210 (Foundry ServerIron)

れている学生の数は4,000人以上である。その中で最も頻りにCFIVEを利用したのは、化学の講義を受講していた約800人である。この講義での利用形態について詳しくは5.2節で述べる。

授業では、受講者への教材の配付や小テストの実施、掲示板による質問の受付などに利用している。サービスの開始当初は、センターの担当者と教員の双方がCFIVEに不慣れであり、受講する学生の登録に手間取ったり、利用マニュアルの作成などに、本センターの担当者がかかりつきりになることが多かった。しかし、学生の登録に関しては、ユーザ名やパスワードの情報は、既存の教育用の計算機システムと連携している事で、アカウント情報を学生に配布するといった作業は元々必要としていない。

運用開始から約一ヶ月を経てからは、概ね教員自身が授業の内容に合わせて利用出来るようになったが、実際にCFIVEを利用していたり、これから利用を検討している教員からは、掲示板でスレッド表示をさせたいとか、語学の試験問題に適したオンラインテスト機能が欲しいといった要望が寄せられ始めた。そこで、冬学期(10月-翌年2月)が始まる直前に、一部の要望に答える形でCFIVEの改良を行った。このような改良は、オープンソースとして自由に改変可能な形でソフトウェアが公開されていることで可能であったと考えられる。

5.2 「基礎現代化学」でのCFIVEの利用

ここでは、CFIVEを利用した講義の一つである「基礎現代化学」での利用形態等について簡単に報告する。この講義でのCFIVEの利用で特徴的な点は、講義の内容が計算機とは関係がなく、計算機のない通常の教室で開講されながら、CFIVEを効率的かつ効果的に使用出来た点にある。講義の概要については、表4にまとめる。

基礎現代化学では、CFIVEの機能のうち、「テキスト教材」、「掲示板」、「テスト」の三つのプラグインを主に利用したが、講義終了後に受講者にアンケートをとったり、担当教員にインタビューした結果、次のこ

表4 基礎現代化学

開講期間	2004年4月1日から7月9日
受講者	教養学部前期課程(学部一年生)
講義形態	対面講義
履修人数	855人

とがわかった。

- 教材をWWWで公開する「テキスト教材」プラグインが学生に頻りに利用され、なおかつ好評であった。本講義は、担当教員が見た目にも美しく分かりやすい詳細な講義資料を毎回公開したことが大きい。
- 多人数の履修者を対象とするため、学生にとっては教員からの説明を受けるだけの受け身になりがちな講義の中で、「掲示板」プラグインを用いて、学生の自主的な討論が行われたことで、講義内容の理解を助けただけでなく、講義を受講するモチベーションを上げることが出来た。
- オンラインテストを可能とする「テスト」プラグインによって、電子メールで学生が回答を教員に送っていた昨年までに比べて、担当教員やTAの採点の負荷が大きく軽減された。しかし、教員が成績をつけやすいように、テストの結果をCSV形式で出力したいとの要望があり、まだ改良の余地があることが分かった。

詳しくは、著者らの情報教育シンポジウムでの論文¹²⁾などを参照して欲しい。

5.3 システムの運用状況

システムの運用以前に、ログイン時の応答に関する簡易的な負荷試験を行った。試験の内容は、CFIVEのログイン画面にアクセスして、ユーザ名とパスワードを入力する処理を行うスクリプトを、5分間繰り返し実行して平均応答時間を求めるものである。テストの結果を表5にまとめる。

表5 ログインテスト結果

ユーザ数	実行回数	平均応答時間(秒)
1	495	0.285
10	1,097	2.426
30	3,607	2.228
50	4,930	1.902
70	4,642	2.99

前述の基礎現代化学の講義に関して、システムの運用上重要だったのは、講義自体は計算機の無い通常の教室で行われていたことである。そのため、講義時間中に多数の学生が一斉にCFIVEを利用する事で、一時的にシステムの負荷が増大するような事はなかった。

負荷試験では、表5にあるように、**一斉に50ユーザ**がアクセスしても2秒以内にログイン出来る事を確認していたが、実際の運用では、**1時間当たり約200ユーザ**がログインする事もあったものの、100ユーザを越えるのも3ヶ月間で5回程度で、平均すると1時間辺りのログイン数は約10ユーザ程度であった。

運用システムでは、障害が起きる事を未然に防ぐために、5分ごとに top, uptime, netstat などのコマンドの実行結果を監視している。この結果を見る限りは、各APサーバのメモリ使用量は400MBを越えず、Load Averageも0.5(但し1分間の平均負荷)を越える事も稀であった。尚、システム全体のパフォーマンスを評価する上では、ボトルネックとなる認証サーバやデータベースサーバの計測が不可欠であるが、今回はその点に関しては詳しいデータを採取していない。いずれにしても、運用開始時のハードウェア障害や、ソフトウェア自体の不備などを除けば、運用中のトラブルはほとんどなく、システム管理に費やされる時間は問題にはならなかった。

5.4 ユーザの利用動向

システムの運用開始後、7月末日までのログイン数の推移を図3に示す。本格的に利用され始めた5月以降の三ヶ月間では、平均して一日約200回ログインされている。またユーザが一日の中で何時頃 CFIVE を利用しているかを知るために、ログイン数、アクセス数、教材へのアクセス(教材のダウンロード)の、各時間毎の数を累積して平均をとったのが、それぞれ図4、図5、図7である。更にアクセス数をログイン数で割ったのが、図6である。

これらのグラフやCFIVEへのアクセスログからは、次のようなことが推測される。

学外からの利用が比較的多い

教育用の計算機システムが利用できない時間においても、CFIVEへのログインやアクセスは多く、実際クライアントのIPアドレスを調べると、約64%が学外のアドレスである。また、基礎現代化学の受講者に対してCFIVEを利用した場所を尋ねたアンケートでも、80%以上が自宅から利用したという回答している。

昼間と夜間ではユーザは利用目的が異なる

図6から、日中のユーザは夜間のユーザよりもログイン後に多数のページを見ているか、或いは複数のページを度々切替ながら見ている傾向がある。また、夜間の方が教材をダウンロードする数が多い。大学に居る間は色んなページをちらちら見るが、自宅ではゆっくりと教材を見て勉強しているのかも知れない。**比較的良好なネットワーク環境で利用している**

基礎現代化学では毎回講義の資料をPDFにして、CFIVEからダウンロードできるようにした。その際、受講者のネットワーク環境等を配慮し、挿し絵の解像度を調整するなどして、同一の教材についてサイズの大きなファイル(平均1,870KB)と小さなファイル(平均251KB)を用意した。ダウンロードされたファイルの約77%が大きなファイルであった。またアンケートからは、85%の学生がADSL, CATV, FTTHなどのいわゆるブロードバンド環境でインターネットを利用している事が分かっている。

6. 終りに

著者らが目標としたLMSとしてCFIVEを開発し、実際に学内向けのサービスとして運用した。導入当初は、ハードウェアとソフトウェア双方の初期不良や、教員のサポートなどに苦労したが、現在はある程度定常的な業務の一貫としてサービスを継続可能であると考えている。また、多くの学生が比較的恵まれた環境で、学外からCFIVEを利用した事が推測された。

今後、サービスを拡大し、より多くの講義でCFIVEを利用してもらうには、システムの操作を利用者に説

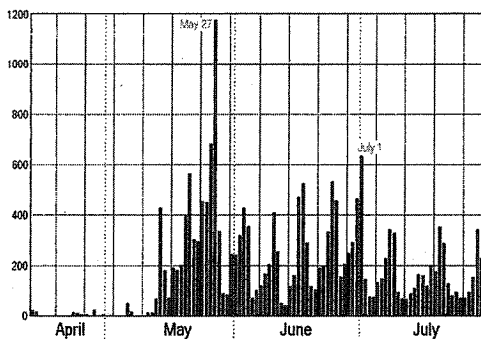


図3 1日当たりのログイン数の推移

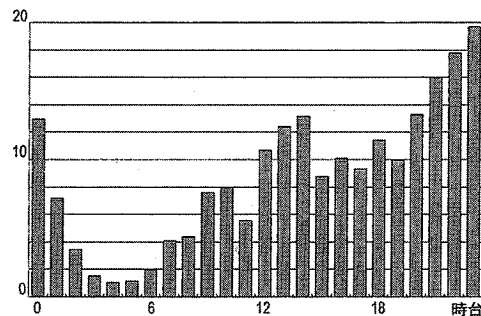


図4 1時間当たりの平均ログイン数(2004/4~2004/7)

明するだけでなく、授業の中でどのように LMS を活用するかを教員にコンサルティングすることが重要である。現状では、CFIVE のサービスの存在だけでなく、LMS が授業を行う上でどのように役立つかが、学内の教職員に理解されていないと思われる。従って、サービスの利用開始には、ある程度手取り足取り丁寧に使い方を説明するだけでなく、授業の様子を聞きながら LMS で何が出来るかを話し合う必要があるだろう。

尚、2005 年度以降に本学の教養学部では教務シ

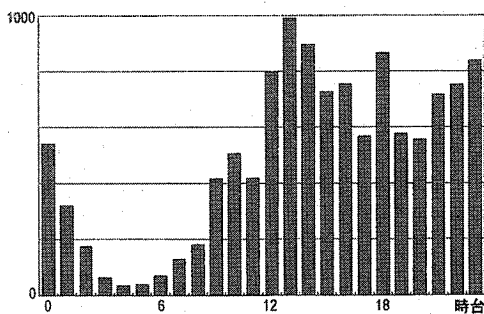


図 5 1 時間当りの平均アクセス数 (2004/4~2004/7)

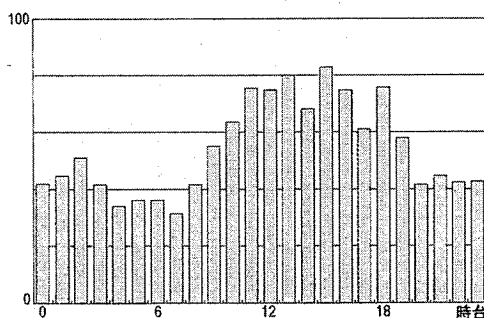


図 6 1 時間当りのアクセス数/ログイン数 (2004/4~2004/7)

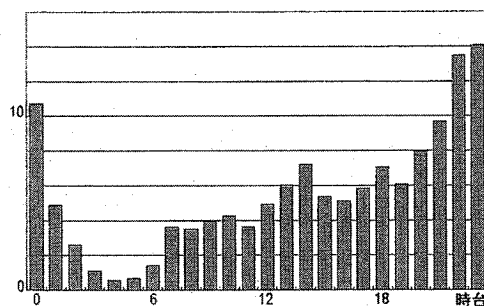


図 7 1 時間当りの教材への平均アクセス数 (2004/4~2004/7)

テムの更新を予定している。この教務システムは、学習管理システムとしての CFIVE や、教育用の計算機システムとの連携を設計時から考慮に入れている。この教務システムが稼働すれば、講義受講者の情報が現在よりも早く手に入り、CFIVE に反映させられることで、センター側としてはユーザ登録などの運用上の手間が削減され、教員にとっても学期の比較的早い段階から CFIVE を利用し易くなることが期待される。

サービスの維持という面では、今後ソフトウェアの不具合が見つかった場合などの対応にかかるコストも考えねばならない。商用のソフトウェアであれば、ベンダーに委ねられる障害個所の発見やパッチの提供という仕事を、誰かが負わねばならない。CFIVE が GPL の下でソースが公開されているソフトウェアである以上、ライセンス上は誰がやっても構わないわけだが、既存の有名なオープンソースのソフトウェアでは、開発者のコミュニティが確立されており、このコミュニティの中でソフトウェアのメンテナンスやバージョンアップなどが行われている。そして、このコミュニティの存在によって、一般のユーザも安心してソフトウェアを利用可能となる。CFIVE においても、このような開発者のコミュニティを育てる事が不可欠であろう。

参考文献

- 1) 広島大学 情報メディア教育研究センター, <http://www.riise.hiroshima-u.ac.jp/service/webct/>.
- 2) 名古屋大学情報メディア教育センター, <https://webct.media.nagoya-u.ac.jp:8989/>.
- 3) 鈴木他: WebClass を利用した e-Learning システムの実践報告, 情報教育シンポジウム論文集, pp.103 - 108, (2004)
- 4) 梶田: オープンソースソフトウェアによる大学間連携型情報基盤整備の現状と課題, 情報処理学会研究報告 2004-DSM-34, pp.7 - 12, (2004).
- 5) オープンソース LMS 「CFIVE」開発プロジェクト, <http://cfive.itc.u-tokyo.ac.jp/>, (2004).
- 6) The Open Knowledge Initiative, <http://web.mit.edu/oki/>, (2003).
- 7) CHEF, <http://chefproject.org/>, (2004).
- 8) The Sakai Project, <http://www.sakaiproject.org/>, (2004).
- 9) exCampus.org, <http://www.excampus.org/>, (2003).
- 10) はいばーワークブック, <http://hwb.ecc.u-tokyo.ac.jp/>, (2004).
- 11) CFIVE プロジェクトの紹介, 日本 UNISYS, <http://www.unisys.co.jp/cfive/>, (2004).
- 12) 関谷他: 学習管理システムの開発と利用, 情報教育シンポジウム論文集, pp.141 - 144, (2004)