

HTML 講義資料に対する進捗管理機能 の自動付与手法の検討

堀 口 悟 史^{†1} 山 田 誠^{†2} 井 垣 宏^{†3}
井 上 亮 文^{†3} 星 徹^{†3} 岡 田 謙 一^{†4}

プログラミング講義で多く用いられる HTML 講義資料は、受講者が自由にアクセス出来るため講師の意図した順やタイミングで提示することが難しい。講師の意図と受講生の講義資料閲覧部位のずれは、講義内容に対する理解度の低下を招く恐れがある。本稿で提案しているシステムは、受講生の講義資料閲覧部位や外部ページを講師に提示しずれの検知が可能である。また既存の HTML 講義資料を講師の意図した順で開示できる。これら 2 つの機能でプログラミング講義における進捗管理が可能である。

A Case Study of Progress Management for HTML-based Learning Material

SATOSHI HORIGUCHI,^{†1} MAKOTO YAMADA,^{†2},
HIROSHI IGAKI,^{†3} AKIFUMI INOUE,^{†3} TOHRU HOSHI^{†3}
and KENICHI OKADA^{†4}

HTML format is commonly used for learning material in programming courses. However, it is difficult to control the view as a teacher planned. Some students can't keep up with the progress, and some students begin to read preceding part of the material. Such gap between the focus of the lecturer and that of students may cause a lack of understanding. The proposed system can detect the gap in real-time by displaying the current focus of the students in an HTML document. The system can also prevent the gap by hiding the preceding part of an HTML document. This paper describes the prototype implementation and its first evaluation experiment.

1. はじめに

近年、携帯電話や家電から交通システムに到るまで、ユーザの身の回りのあらゆるところでソフトウェアの重要性が増しつつある。そのため、優秀なソフトウェア開発者の育成が社会的な課題となっている。特にソフトウェア開発教育の一つであるプログラミング教育は数多くの教育機関で実際に行われており、その進め方について様々な提案がなされている¹⁾⁻³⁾。

プログラミング教育では、講義資料の多くが Web 上で公開されている。公開される資料としては、HTML 形式のものやパワーポイント形式のもの、PDF 化された文書等様々なものが存在する。その中でも特に HTML 形式での講義資料はプログラムのソースコードがそのまま掲載できるということ、それを受講生がコピーして利用することができることといった点から、多くのプログラミング講義で利用されている。

講師が講義資料を Web 上で公開することで、講師側は板書を受講生に取らせるための時間を取る必要がなくなる。受講生は講義資料をより見やすい環境で確認できるだけでなく、ソースコードのコピーやメモといった資料への容易なアクセスが可能となる。

一方で、講義資料の公開には講義中の進捗管理が困難である。講義資料へのアクセスが自由になることで、受講生は講師が説明している内容と異なる部位の資料を見ることが可能となる。そのため、講師が意図したタイミング、意図した順序で受講生が講義資料を見なくなることがある^{4),5)}。講師の説明と異なる部位の講義資料を受講生が見えるようになることで、結果として講義内容に対する理解度の低下を招く恐れがある。

このような講師の意図と受講生が閲覧する講義資料部位のずれは主に受講生の閲覧部位が講師の意図している部位よりも前である場合と、先に進んでいる場合が考えられる。前者は受講生が講義についてきていない場合に発生するずれである。理由としては受講生が講義をそもそも聞いていない場合や、講師が説明しているよりも前の箇所の内容が分からずに見返している場合、講義についてこれていない場合などが該当する。後者は受講生が講義内容

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†2} 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科

Graduate School of Bionics, Computer and Media Science, Tokyo University of Technology

^{†3} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

School of Computer and Science, Tokyo University of Technology

^{†4} 慶應義塾大学理工学部情報工学科

Faculty of Science and Technology, Keio University

を十分に理解しており、自身の意思で先を進めている場合や、講義資料の後半に含まれている課題を先回りして解こうとしている場合などに発生するずれである。このようなずれが発生していることを講義中の講師が検知することは困難である。また、ずれが発生していることが分かったとしても、受講生に対して適切な箇所を閲覧するよう指導を行うことはさらに難しい。

本稿では、これらのずれ G1,G2 を講師に過度の負担をかけることなく検知する進捗管理機能付きのプログラミング教育向け専用ブラウザを提案する。我々の提案する専用ブラウザは講義中の受講生による講義資料閲覧ログを講師に対してリアルタイムに提示する。さらに G2 のずれについては、閲覧ログを提示するだけでなく講師の意図した部位しか見えないように制限をかけ、段階的に制限を解除していくようにすることで、そもそも G2 が発生しないようにする。講師は専用ブラウザによって提示されたログ情報にもとづくずれの検知と講義資料の閲覧制限を併用することにより、意図したタイミング、スピードでの講義資料閲覧を受講生に行わせることが可能となる。

本論文の構成を以下に示す。2章では、準備として従来研究による講義支援システムとプログラミング講義における進捗管理の課題、3章では提案手法について、4章ではシステムの実装について、5章では評価について述べ、6章をまとめとする。

2. 準備

2.1 プログラミング講義と進捗管理

本論文で対象とするプログラミング講義はソフトウェア開発の中でも特にプログラミング言語についての教育を目的とした講義を指す。プログラミング講義ではプログラミング言語の文法や利用方法の教育を行うために、ソースコードを受講生に実際に打ち込ませることが多い。そのため多くのプログラミング講義では、受講生が自身の端末で閲覧できる講義資料が Web 上で公開される。受講生はその講義資料を見て、ソースコードのコピーや写し書きを行うことが可能となる。

講義資料はプログラミング言語の文法などの概念を文章や絵を用いて説明する説明部位や、例題などのソースコードを含むソースコード部位、受講生自身に解かせるための課題を記述した課題部位から構成される。それぞれの部位はさらにその内容に応じて細かく分かれており、通常、講師は事前に部位単位で講義をどのように進めるかを決定する。

講義資料が公開されることで、講義資料部位の閲覧タイミングや順序を受講生自身も自由に決定できるようになる。我々は受講生が講義資料のどの部位をどのタイミングで閲覧する

かを講師が管理することを**プログラミング講義における進捗管理**と定義する。また、各受講生が講師の意図する講義資料部位を講師の意図するタイミングで閲覧している状態を進捗管理が適切に行えている状態と呼ぶものとする。本稿ではプログラミング講義における適切な進捗管理を支援することを目的とする。

2.2 プログラミング講義における進捗管理の課題

各受講生が自身の環境で講義資料を閲覧できるようになることで、講師が全ての受講生を対象に進捗管理を行うことが非常に困難になる。そのため、講師の意図したとおりに資料およびその部位を受講生に見てもらえないという問題が発生する。石井、野田ら^{4),5)}はプログラミング講義中の受講生の講義資料閲覧状況をアクセスログを利用して取得・提示するシステムを開発している。このシステムを利用した評価実験によると、受講生らが講師の説明部位、ソースコード部位の解説中に課題部位を閲覧していることがわかった。説明部位、ソースコード部位のうち受講生の多くが閲覧するのは課題部位に関連する部分だった。

このように進捗管理では講師と受講生の閲覧する講義資料部位のずれに対応することが非常に重要である。公開される講義資料が含む各部位は講師が意図する順序に並んでいる。そのため、講義中のある時点における受講生の閲覧部位と講師の意図する閲覧部位のずれには以下の2種類のもものが存在すると考えられる。

G1: 受講生の閲覧部位が講師の意図している部位よりも前である。

G2: 受講生の閲覧部位が講師の意図している部位よりも先に進んでいる

G1 のずれは受講生の閲覧している部位が講師の意図する部位よりも手前のものであることを示している。すなわち、受講生が講義についてこれていないことを示すと考えられる。例えば、受講生が講義を聞いていない場合や講義内容が難しく理解に過度に時間がかかっている場合が考えられる。G1 のずれを検知した場合、講師は受講生の注意を引いて講義への集中力を回復させたり、講義内容のより丁寧な説明を行うといった、ついてこれていない受講生を助けるための方策が必要となる。

G2 のずれは主としてある程度以上講義内容を理解している、あるいは理解したつもりになっている受講生においてよく発生する。講義資料後半に課題部位がある場合に受講生が講義を聞かずにとりかかり、結果として講義内容への理解が不十分になり、課題も解けなくなるという悪循環の原因となることも多い。そのため、受講生の理解が必要な部位を講師が説明する際には、受講生の注意を引きつけるといった対応が重要となる。

このように進捗管理を適切に行うには G1,G2 のずれを講師が検知し、ずれの内容に応じた対策を講じる必要がある。そこで本研究では、専用ブラウザと受講生の講義資料に対する

アクセスログを利用したリアルタイムにずれを検知する仕組みを提案する。

2.3 関連研究

プログラミング講義の支援を目的とした従来研究には、講義中の受講生の反応をリアルタイムで取得するものが多い⁶⁾⁷⁾⁸⁾。受講生と講師間のコミュニケーションの活性化、講師による講義についてこれしていない受講者への的確な支援や学習状況の視覚化が可能になるなどの効果が挙げられている。しかし受講者は講師へ質問などを考える際に時間を要したり、受講者の任意のタイミングで集まる質問を講師がまとめるのに苦労したりする。

角田ら⁹⁾はシートという単位で分割された講義資料を講師の意図するタイミングで受講生に送るシステムを開発した。このシステムではシート単位で進捗の管理を行うことが可能となっている。

奥井ら¹⁰⁾は、講義中に講師の説明に対する受講生の反応をもとに、講師が講義中に説明方法を修正し、講義後に教材を改善できるシステムを提案した。受講生は、自分自身の理解度をボタン端末で講師に知らせることができる。受講生のおおまかな理解度を講師と受講生で共有し、その内容に応じて講義の進捗を制御することが可能である。一方で講師の意図と受講生が閲覧する講義資料部位のずれを知るためには、受講生からの自発的な申告が必要である。また、講師の意図した順で講義資料閲覧を受講生に行わせる機能をもっていない。

3. プログラミング講義における進捗管理支援システム

3.1 キーアイデア

我々は2.2節で述べたずれの検知とずれの種類に即した講師による対策を支援するために進捗管理支援システムを提案する。我々の進捗管理支援システムは以下の機能を提供する。

F1: ずれ検知のためのリアルタイムアクセスログ解析機能

F2: G2 ずれを防ぐための講義資料閲覧制限機能

F1は受講生がどの講義資料やWebページを閲覧しているか、また講義資料のどの部位を閲覧しているかを取得し、リアルタイムに講師に伝える機能である。講義資料における部位単位のアクセスログを取得し、リアルタイムに講師に提示することで、受講生と講師の間にG1,G2どちらのずれが発生しているのかを講義中に講師が知ることが可能となる。

F2は受講生が閲覧できる講義資料部位を講師が講義中に制限できるようにする機能である。F1のアクセスログ解析機能でG1,G2のずれを検知することは可能であるが、その後どのように進捗管理を行うかは講師に委ねられている。そこでF2では、進行中の講義でまだ到達していない部位の閲覧を受講生に対して制限することで、講師の意図よりも先の部位

表 1 専用ブラウザによる講義資料へのアクセスログデータの例

Table 1 The access log data from our browser

ユーザ ID	時刻情報	URL	y 座標	高さ
010015	2010-12-01 13:20:05	http://www.xyz.ac.jp/java2/lecture03.html	14365	648
010206	2010-12-01 13:20:14	http://www.xyz.ac.jp/java2/lecture03.html	15252	432
010015	2010-12-01 13:20:38	http://www.xyz.ac.jp/java2/lecture03.html	15205	648
010015	2010-12-01 13:20:54	http://www.xyz.ac.jp/java2/lecture03.html	13765	648

を受講生が閲覧したり、課題部位にとりかかたりされることを防ぐ。

次節以降ではこれらのF1,F2の機能について実際の画面を交えて詳述する。

3.2 リアルタイムアクセスログ解析

我々の提案するリアルタイムアクセスログ解析機能は我々の開発した進捗管理支援ブラウザによって実現される。このブラウザには受講生用ブラウザと講師用ブラウザがあり、両方のブラウザでアクセスログの取得が行われる。取得されたアクセスログはサーバを介して講師用ブラウザに送られ、講義資料のどの部位を受講生が閲覧しているのかを講師が確認することができる。

専用ブラウザはマウスやキーボードでの表示領域の操作に関するイベントを監視しており、イベント検知時に受講生が講義資料のどこからどこまでを画面に表示しているかを取得し、サーバに送信する。表1に受講生および講師が利用している専用ブラウザからサーバに送信されるアクセスログデータの例を示した。ユーザIDの項目は専用ブラウザを利用している受講生や講師などのユーザを表し、時刻情報の項目は専用ブラウザによるイベント検知時の時間、URLの項目はユーザがブラウザで閲覧しているページのアドレス、y座標の項目はユーザのブラウザ画面に表示されている領域の先頭のy座標、高さの項目はユーザのブラウザ画面に表示されている領域の縦の長さを表している。

サーバに蓄積されたアクセスログデータはサーバで解析され、現在どの程度の数の受講生がどの部位を閲覧しているかという情報を講師用ブラウザに提供する。図1は講師用ブラウザによる講義資料表示画面である。我々の専用ブラウザはHTML形式の講義資料を対象としている。講師用ブラウザでは講師が指定する任意のタグ情報を基準として講義資料中の複数の部位を識別している。例えば、この図の講義資料ではパラグラフを指定する(p)タグを用いて閲覧範囲設定をする部位に分割している。そのため、講師が専用ブラウザを使った講義のために、講義資料に手を入れるなどの特別な準備をする必要がない。講義をどのように進めるかに応じて、分割する部位の単位をHTMLのタグを指定するだけで変更することができる。

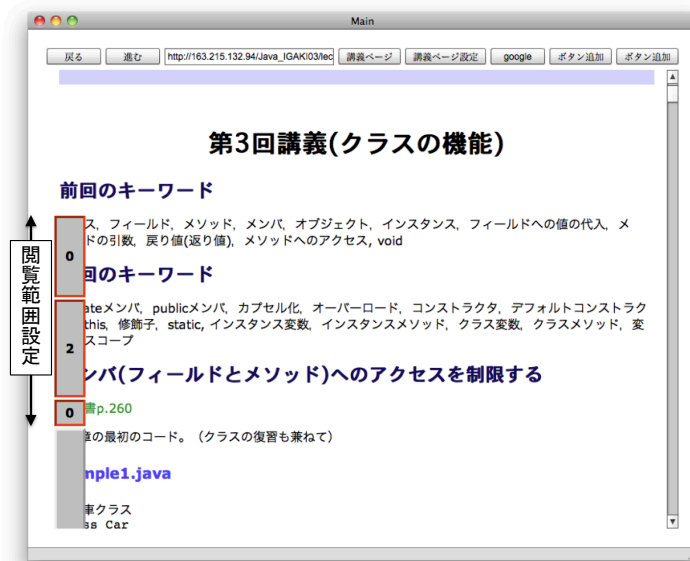


図 1 講師用ブラウザの表示例
Fig. 1 The browser for teacher use

サーバにより提供されるアクセスログデータは図 1 が示すように、講師用ブラウザの講義資料画面左側に提示される。講義資料左側には講義資料の部位ごとに区切られたボタンが表示されており、そのボタン上に現在その部位を見ている受講生の数がリアルタイムに表示される。講師はこの数の推移を見ることで、受講生が講義資料のどの部分を今見ているのかという情報を講義中に知ることが可能となる。

3.3 講義資料の閲覧範囲制限

我々は講義資料の閲覧範囲制限を主に G2 のずれへの対策として開発した。この機能により、受講生が講師の意図するタイミングより先の講義資料部位を閲覧することを防ぐ。閲覧範囲の制限は部位単位で講義中に講師が指定できるようになっている。

図 1 で示した講師用ブラウザの講義資料左側ボタンはクリックできるようになっている。画面では赤い枠で囲まれているボタンがクリックされていることを示している。このボタンは講義資料部位ごとに表示されており、講師がクリックしたボタンに対応する部位のみを受

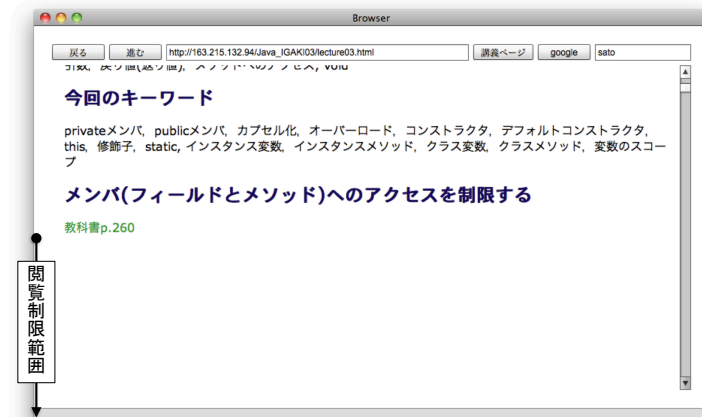


図 2 受講生用ブラウザの表示例
Fig. 2 The browser for student use

講生は閲覧できる。図 2 は受講生用ブラウザの例である。この図では、画面半ばまでの部位のみが閲覧可能領域として指定されており、それ以外の部位については制限されているため、何も表示されていない。受講生と講師の間の閲覧制限に関する処理はブラウザに対するマウス操作等の UI イベントのタイミングで同期が取られるようになっており、マウスでスクロールを行うなどすると閲覧の許可や制限が講師の処理に対して行われる。

この機能によって、講義資料の部位単位での閲覧制限およびその解除を講義中に容易に講師が指定することが可能となる。

4. 実 装

4.1 実装環境

実装したシステムのアーキテクチャを図 3 に示す。講師用と受講生用ブラウザの実装に、ActionScript 3.0, XML1.0 による MXML, PHP 5.3.1 を利用した。専用ブラウザの実行環境として Adobe AIR 2.5.1 を利用し、Web サーバに Apache HTTP Server 2.2.17 を、データベースに MySQL 5.1 を利用した。

講師用ブラウザに講義ページの閲覧範囲の設定機能と講義資料における部位単位のリア

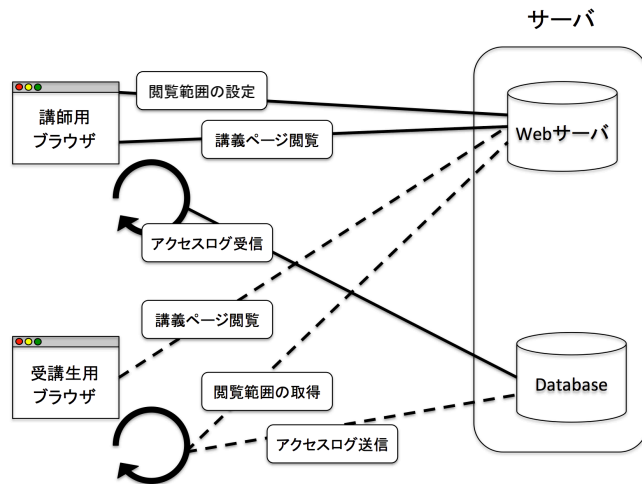


図3 実装したシステムのアーキテクチャ
Fig.3 System Architecture

リアルタイムアクセスログ受信機能を、受講生用ブラウザには閲覧範囲の取得機能とアクセスログ送信機能を実装した。

4.2 システムの利用方法

講師と受講生は、講義開始時に専用ブラウザを起動する。起動には Adobe AIR runtime が必要である。講師はその日の講義資料を、講師用ブラウザ (図 1) にて表示し、[講義ページ設定] ボタンで登録する。登録された講義資料は [講義ページ] ボタンにて表示することができる。次に講師は、講義資料が表示された状態で、[ボタン追加] ボタンを押し、ブラウザ左側に閲覧範囲の設定ボタンを表示させる。講義開始時点で受講生に表示して問題ない範囲の設定ボタンを選択する。講義の進捗に応じて、順次範囲の選択を広げていく。また講師は、閲覧範囲の設定ボタン上に表示された数字で、その範囲を閲覧している受講生の総数を確認することができる。受講生の総数は、受講生用ブラウザでスクロール変化のイベントを検出する度に更新される。

受講生は、受講生用ブラウザ (図 2) の [講義ページ] ボタンにて、その日の講義資料を表示する。受講生は講師により制限された範囲を閲覧しながら、説明を聞くという形で受講する。講義資料のみでは理解が及ばない、講師の話聞き逃したなど必要に応じて、検索機能



図4 受講生ブラウザで閲覧制限範囲を表示
Fig.4 Viewing a restricted material with the student browser

を使って外部ページを調べる。外部ページの閲覧ログに関しても、リアルタイムアクセスログ解析機能により取得される。

5. ケーススタディと考察

5.1 概要

本章では、我々が提案する進捗管理システムの利用例をケーススタディとして示す。以下のケーススタディでは、「Java プログラミング講義」を対象に行う。今回の Java プログラミング講義は、Java 言語によるプログラミング開発の基礎技術についての講義である。講義資料は、筆者のうち 1 人が学部 1 年生を対象に後期開講しているプログラミング教育の講義で実際に利用したものである。

5.2 Java プログラミング講義

ケーススタディでは、講義資料のうち第 3 回講義 (クラスの機能) を利用した。内容としては、メンバへのアクセス制限、オーバーロード、コンストラクタ、インスタンス変数、クラス変数についてである。講師専用ブラウザを使って講義資料を複数の部位に分割した。今回の講義資料では、(p) タグを利用した。

図 4 では、受講生用ブラウザで閲覧範囲最下部にある質問票課題を閲覧している。講師用ブラウザでは、図 5 のように、閲覧範囲最下部を閲覧している受講生を認識することが

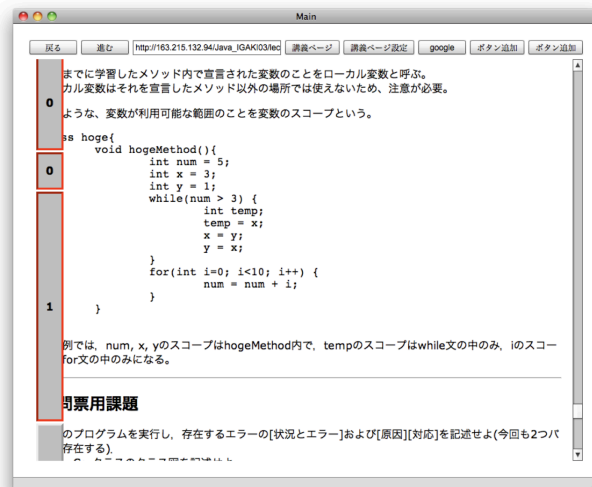


図5 講師ブラウザで受講生の閲覧状況を確認
Fig.5 Viewing an access log with the teacher browser

できる。2.2節で述べたように、受講者は課題部位を中心に講義に参加しようとする。講師は講義資料を説明部位の解説の際には説明部位だけ、ソースコード部位の解説の際には説明部位とソースコード部位、課題部位では演習に必要な説明部位とソースコード部位の一部を順番に制限をかけ、講義を進めることで講師の意図通りに講義資料を閲覧させ、講義の進捗管理を進めることができる。

6. おわりに

本論文では、プログラミング講義の進捗管理を目的に、講義中に講師用ブラウザと受講生用ブラウザを利用する講義支援システムを提案した。進捗管理するには、講師の意図と受講生が閲覧する講義資料部位のずれを検出する必要があった。我々は、リアルタイムアクセスログ解析によりずれを検出し、講師が専用ブラウザで講義資料の閲覧範囲制限をすることで、受講生が講師の意図するタイミングより先に講義資料を閲覧することを防ぐ方法を提案した。

これにより、講義資料を説明部位、ソースコード部位、課題部位などに応じて、講師のタ

イミングで受講生に閲覧させることが可能となった。また、受講生の閲覧部位が講師の意図よりも前であっても、リアルタイムアクセスログ解析により講師が気付くことができるので、適宜対応することが可能である。今後は講師の意図より前を閲覧している学生に対しても対応のできる講師用ブラウザを開発したい。

参考文献

- 1) 堀内幸造, 長田一興: 初級プログラミング教育における支援システムに関する研究 - 因果マップエディタ -, かやのもり, No.12, pp.1-6 (2010).
- 2) 新開純子, 宮地 功: プログラミング学習支援システムを用いた入門教育の実践, 日本教育工学会論文誌, Vol.33, pp.5-8 (2009).
- 3) 野村俊太, 大東和忠幸, 高田秀志: 5G-1 初等教育でのプログラミング学習における教員支援のための学習状況の視覚化 (プログラミング教育, 一般セッション, コンピュータと人間社会), 全国大会講演論文集, Vol.71, No.4, pp.409-410 (2009).
- 4) 石井 優, 井上亮文, 星 徹: 3X-3 プログラミング講義のための Web ベース演習動向解析システム (Web 応用, 学生セッション, インタフェース), 全国大会講演論文集, Vol.71, No.4, pp.83-84 (2009).
- 5) 野田光洋, 井上亮文, 星 徹: 6ZK-5 プログラミング講義における文章構造と時間遷移を考慮した視覚化システム (教育支援システム, 学生セッション, コンピュータと人間社会), 全国大会講演論文集, Vol.72, No.4, pp.711-712 (2010).
- 6) Brown, W.E., Lovett, M., Bajzek, D.M. and Burnette, J.M.: Improving the Feedback Cycle to Improve Learning in Introductory Biology Using the Digital Dashboard, *Proc. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (E-Learn) 2006*, pp.1030-1035 (2006).
- 7) 永森正仁, 植野真臣, 安藤雅洋, ポクボンソムアン, 遠藤和己, 永岡慶三: 携帯電話機レスポンスアナライザを用いた遠隔授業, 日本教育工学会論文誌, Vol.29, pp.57-60 (2006).
- 8) 宮田 仁: 携帯電話対応コメントカードシステムを活用した多人数講義における授業コミュニケーションの改善, 教育情報研究: 日本教育情報学会学会誌, Vol.18, No.3, pp.11-19 (2002).
- 9) 角田博保, 赤池英夫, 朝日啓太: WWW を用いた講義支援システムの運用, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, Vol.2003, No.70, pp.27-34 (2003).
- 10) 奥井善也, 原田史子, 高田秀志, 島川博光: 講義中の反応に基づく説明方法と教材の改善, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.1, pp.361-371 (2009).