

コンテキストウェアネスを用いた 授業支援システムの設計・開発

冷水 友彦¹ 高野 辰之² 小濱 隆司³ 宮川 治³

概要: 近年, 教育現場では ICT 関連サービスが普及し, 業務の効率化や学力向上の一助となっている. しかし, 教授者と学習者のコミュニケーションに情報端末の操作が加わることになり, 授業進行に支障をきたす恐れがある. 本研究では, コンテキストウェアネスを用いることで, 円滑な授業進行を実現するシステムの設計・開発を行う. このシステムでは学習者集団の学習状況と教授者の教授行動によって生じるコンテキストを推定する. そして, コンテキストの推定結果に即した情報を教授者の持つ情報端末へ自動で提供することで, 授業における教授者の意思決定を支援する. 本稿では開発したプロトタイプシステムとその試験運用について報告する.

Design and Development of a Instruction Support System Using Context Awareness

TOMOHIKO SHIMIZU¹ TATSUYUKI TAKANO² TAKASHI KOHAMA³ OSAMU MIYAKAWA³

Abstract: Equipment using ICT is becoming more common in an educational field, and It will help improve academic achievement and operational efficiency. However, an information terminal may encumber classprogression. In this research, we design and develop a system to achive the smooth progression class using context awareness. This system estimate context of student's learning progress and teacher's educational action, and support a theacher's decision making to provide information in line with estimation result of context. In this paper, we report on the developed prototype system and the trial result.

1. はじめに

近年, ICT(Information and Communication Technology) 関連サービスの普及が進み, 生活の中にもさまざまな ICT 機器やサービスが浸透している. これは教育現場においても同様であり, 今まで直接手渡しで行われていた課題提出などの行為が電子化され, 業務の効率化がなされている. また, ICT を活用し, 授業中の学習者の学習状況のモニタリングなどが行われるようになり, 従来知り得なかった学習者の詳細な学習状況を把握し, 学習者に合わせた適

切な指導を目指す取り組みがなされている [1]. しかし, このような教育の ICT 化が進むことによって, 教授者は教育のあらゆる場面において, 情報端末を操作しなくてはならない. そのため, 授業中に教授者が学習者を直接指導する際にも, 情報端末を操作して, 対象学習者の課題進捗状況などを確認する場面が生じる. つまり, 教育の場で行われていた教授者と学習者のコミュニケーションに, 情報端末の操作が加わることになる. このとき, 情報端末の操作に煩雑さを伴うと, 教授者と学習者のコミュニケーションだけでなく授業の進行自体が阻害されてしまう. そのため, 授業の進行やコミュニケーションを阻害せずに, ICT を活用する手法が求められている.

我々はこのような問題を解決するために, 以前よりコンテキストウェアネスを用いた授業支援システムの開発し, 運用を行ってきた [2]. コンテキストウェアネスとはコン

¹ 東京電機大学大学院情報環境学研究所
Graduate School of Information Environment, Tokyo Denki University
² 関東学院大学工学部
College of Engineering, Kanto Gakuin University
³ 東京電機大学情報環境学部
School of Information Environment, Tokyo Denki University

テキスト（利用者やその周囲の状況）の変化をセンサーやGPSなどから取得した情報を用いて推定・認識し、それに基づく適切なサービスを自動で提供する取り組みである。

運用を行ってきたシステムでは、教授者の授業中の巡視行動によって形成される「教授者学習者間の空間的な位置関係」のコンテキストより、「教授者の関心がどの学習者に対してあるのか」のコンテキストを推定する。このようなコンテキストの推定によって、教授者は巡視行動中に関心を持った学習者の情報を自然に取得することが可能となる。学習者の情報を取得した教授者はその情報を基に指導が必要か判断し、それに即した行動をとる。

しかし、このような指導方法は、目の届く範囲内においては選択肢の一つであるが、目の届く範囲外や学習者の外見から判断できない場合には適切ではない。なぜならば、このような場合には、指導が必要にもかかわらず放置される学習者の存在を否定できないからである。

一方、授業における教授者の意思決定モデルはモニタリング・スキーマを用いてモデル化されている [3]。そして、このスキーマに必要なコンテキストとして学習者集団の状況（授業状況）が挙げられている [4]。

そこで、本研究では、教授者の意思決定に必要な学習者集団の状況を新しいコンテキストとして付加したシステムを開発する。同時に、学習者のモニタリングシステムもサブシステムとして開発する。

本稿では、まず授業における教授行動のモデルについて述べる。その後、これまでに我々が行ってきた研究と本研究の関係について述べ、教授行動のモデルの問題点を解決するためにモデルを拡張する。そして、拡張した教授行動のモデルを基に開発したシステムと試験運用について報告する。

2. 教授行動のモデル

一般的な授業では、教授者は授業計画に沿って授業を進行する。しかし、授業中の学習者の状況により授業計画のズレを認知した場合には適切な指導を行う [3]。本研究ではこのような教授者の教授行動をモデル化する。教授行動の状態遷移図を図1に示す。教授行動は「巡視」、「教授者による確認」、「指導」の3つの状態で構成される。以下に、教授行動のモデルの各状態について述べる。

2.1 巡視

教授者が学習者の状況を確認するために教室内を巡視している状態である。教授者が教室内を移動しているため、教授者と学習者の空間的な位置関係に変化が生じる。教授者が学習者の様子を視認できる距離まで近づくと、教授行動の状態は「教授者による確認」へ遷移する。

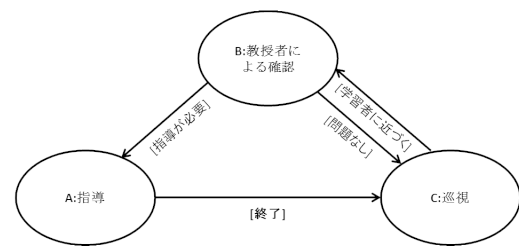


図1 教授行動の状態遷移図

2.2 教授者による確認

教授行動が「巡視」の状態では、教授者が学習者との距離を縮めて、学習者の様子を確認できる距離にまで近づくと、教授行動は「教授者による確認」の状態へ遷移する。この状態において、教授者は学習者の様子や学習状況などを確認し指導が必要であるか判断する。その結果、指導が必要だと判断した場合、教授行動は「指導」の状態へ遷移する。指導する必要があると判断した場合には指導を必要とする他の学習者を探すために「巡視」の状態へ遷移する。また、「教授者による確認」の状態では学習者の様子を確認できる距離まで近づいていることから、教授者は対象となっている学習者に対して関心を持っていると考えられる。

本来「教授者による確認」は「巡視」に包含される状態であると考えられるが、本研究においては「教授者による確認」は重要な状態であるため、「巡視」とは別の状態として扱っている。

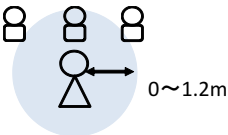
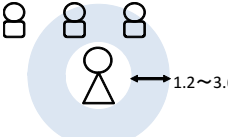
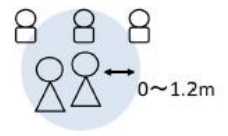

2.3 指導

教授者が学習者に対して指導が必要だと判断し、実際に指導している状態である。指導が終わると指導を必要とする他の学習者を探すために「巡視」の状態へ遷移する。また、「指導」の状態では、教授者対学習者で1対1、1対多などのコミュニケーションのスタイルが存在する。ここでのコミュニケーションのスタイルとは、情報の発信者（教授者）と受信者（学習者）の人数関係である。教授者は学習者の状況などから、適切なコミュニケーションのスタイルを選択する。

3. これまでの研究との関係

教授行動における「巡視」の状態では、教授者と学習者の空間的な位置関係によってコンテキストが形成される。また「教授者による確認」の状態では、教授者の関心がどの学習者にあるのかで「学習者個人の状況把握」といったコンテキストが形成される。そして、形成されたコンテキストによって、教授者が学習者を指導する際のコミュニケーションのスタイルが決定される。ここで、コミュニケーションのスタイルと、教授者の関心、および教授者学習者間の空間的な位置関係によるコンテキストを表1に示す。なお、コミュニケーションのスタイル、教授者の関心と空

表 1 コミュニケーションのスタイルと教授行動におけるコンテキスト

A (指導): コミュニケーションのスタイル (教授者対学習者)	B (教授者による確認): 教授者の関心によるコンテキスト	C (巡視): 教授者学習者間の空間的な位置関係によるコンテキスト △: 教授者 ○: 学習者
1対1	学習者個人の状況把握	 0~1.2m
1対多	複数の学習者の状況把握	 1.2~3.6m
多対1	他の教授者との情報共有	 0~1.2m
多対多	他の教授者の状況把握	 1.2~3.6m

間的な位置関係によるコンテキストは、これまでの研究におけるコミュニケーションの分類、コンテキスト、対人距離による分類にそれぞれ対応する。

また、表1は列ごとに図1の状態に対応する。例えば、教授者が「巡視」の状態であるときに、教授者学習者間の距離が1.2mより短くなると、教授行動の状態は「教授者の確認」へ遷移する。このとき、教授者の関心は学習者個人にあり、学習者個人の状況把握というコンテキストが形成される。そして、状況を把握した結果、指導が必要だと判断した場合、教授行動の状態は「指導」へ遷移し、教授者は学習者と1対1のコミュニケーションをとる。

これまでに開発したシステムを教授行動のモデルに当てはめると、「巡視」と「教授者による確認」におけるコンテキストに基づき情報を提供するシステムである。具体的には「巡視」の状態において生じる教授者と学習者の空間的な位置関係によるコンテキストより、「教授者による確認」の状態が生じる教授者の関心によるコンテキストを推定し、それに即した情報を提供する。これにより教授者は「教授者による確認」の状態の際にスムーズに学習者の状況を把握し、指導が必要かどうか判断できる。しかし、こ

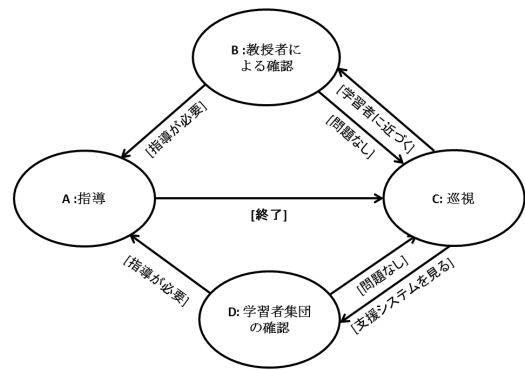


図 2 拡張した教授行動の状態遷移図

のような方法では、学習者を指導する際に「教授者による確認」と「巡視」の状態を繰り返さなければならない。

そこで、本研究では教授行動のモデルへ新たな状態を追加し、それに即したシステムの開発を行う。

4. 教授行動モデルへの状態追加とコンテキスト


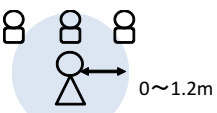
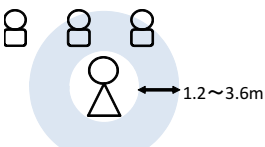
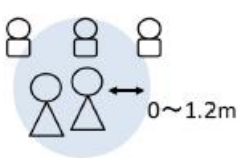
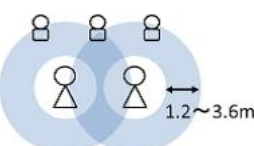
4.1 教授行動モデルへの状態追加

新たに「学習者集団の確認」という状態を定義し、教授行動モデルへ追加する。「学習者集団の確認」を追加した状態遷移図を図2に示す。「巡視」の状態にて教授者がシステムの画面を見ることで、「学習者集団の確認」へ遷移する。この状態において、教授者はシステムの画面を見て、どの学習者が課題につまずいているのかという情報を確認している。つまずいている学習者がいた場合には、教授者はその学習者を指導するために、教授行動の状態は「指導」へ遷移する。また、つまずいている学習者がいない場合には「巡視」の状態へ遷移する。「学習者集団の確認」を追加することで教授者は「教授者による確認」の状態を経過せずに「指導」の状態に到達できる。つまり、教授者は指導を必要とする学習者を探すとこの行動から解放され、対象となる学習者を即座に指導することが可能となる。また、教授者はつまずいている学習者の人数やつまずきの状況に合わせて、適切なコミュニケーションのスタイルを選択できる。

4.2 学習者集団の確認によって生じるコンテキストとコミュニケーションのスタイル

教授行動が「学習者集団の確認」の際には、学習者集団の学習状況によって、コンテキストが形成される。そして形成されたコンテキストに応じて、「指導」の状態での適切なコミュニケーションのスタイルが決定する。本節ではコミュニケーションのスタイルと形成されるコンテキストの対応関係について述べる。教授行動のコミュニケーションのスタイルと、教授者の関心、学習者集団の学習状況およ

表 2 コミュニケーションのスタイルと拡張した教授行動におけるコンテキスト

A (指導):コミュニケーションのスタイル (教授者 対 学習者)	B (教授者による確認):教授者の関心によるコンテキスト	C (巡視):教授者一学習者間の空間的な位置関係によるコンテキスト 	D (学習者集団の確認):学習者集団の学習状況によるコンテキスト
1 対 1	学習者個人の状況把握		少数の学習者がつまづいている
1 対 多	複数の学習者の状況把握		同じような問題で少数の学習者がつまづいている
多 対 1	他の教授者との情報共有		学習者のつまづきの状況が複雑である
多 対 多	他の教授者の状況把握		つまづいた問題毎に小人数のグループに分けられる

び空間的な位置関係によるコンテキストの関係を表 2 に示す。この表は列ごとに図 2 の状態と対応する。

1 対 1 の指導は、学習者個人の状況に即した指導が期待できるが、授業の限られた時間のなかで数多くの学習者を指導することは難しい。しかし、つまづいている学習者が少数の場合には限られた時間でも対象となる学習者全員に対して 1 対 1 の指導が可能である。よって、つまづいている学習者が少数の場合には 1 対 1 が適切なコミュニケーションのスタイルとなる。

つまづいている学習者が少数でも、学習者らが同じような問題でつまづいている場合が考えられる。このような場合には、これらの学習者をまとめて指導することで、一度に複数人のつまづきを解消することが可能である。よって、少数の学習者が同じような問題でつまづいている場合には 1 対多が適切なスタイルとなる。

学習者のつまづきの状況が複雑な場合には、教授者 1 人で指導するのではなく、他の教授者の意見を取り入れた指導、すなわち多対 1 の指導によって、的確に学習者のつまづきを解消できると考えられる。

また、学習者をつまづきの問題毎にグループ化できる場

合、各グループごとに 1 人の教授者がつき、1 対多で指導することで、効率的な指導が可能となる。教室内で 1 対多のコミュニケーションが複数個所で行われるため、このようなコミュニケーションのスタイルは多対多となる。

5. 提案システム

5.1 システム概要

提案する授業支援システムでは、教授行動のモデルにおける「巡視」と「学習者集団の確認」の状態 で形成されるコンテキストに基づいて有用な情報を提供する。

教授者は位置情報を取得する機器を身に付けるとともに、システムより提供される情報を表示するための情報端末を携帯する。システムは、教授者の移動や学習者の学習状況によってコンテキストに変化が生じると、端末に表示する情報を自動で切り替える。以下に表示する情報とコンテキストの関係について述べる。

5.1.1 巡視

「巡視」の状態での教授者と学習者の空間的な位置関係の変化より教授者の関心によるコンテキストを推定し、それに基づく情報を提供する。教授者の関心によるコンテキストと提供する情報の関係は次の通りである。

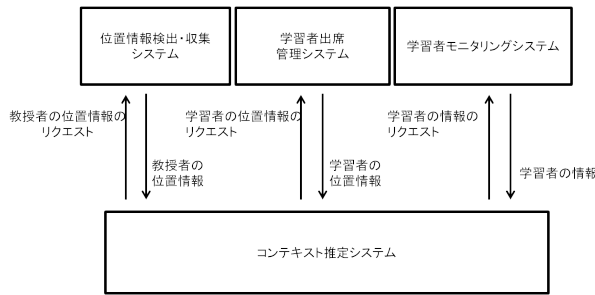


図 3 システム構成

学習者個人の状況把握

対象となる学習者の課題に対する取り組みなど学習者個人に関する詳細な情報

複数の学習者の状況把握

複数の学習者の簡易的な課題進捗状況などの情報

他の教授者との情報共有

他の教授者がどの学習者に対して指導したかなどの情報

他の教授者の状況把握

他の教授者が参照している学習者の情報

5.1.2 学習者集団の確認

「学習者集団の確認」の状態では学習者集団の学習状況によってコンテキストが形成され、学習者との適切なコミュニケーションのスタイルが決定される。そのためこの状態では、教授者を学習者との適切なコミュニケーションを促す情報を表示することが望ましい。学習者集団の学習状況によるコンテキストと提供する情報の関係は次の通りである。

少数の学習者がつまづいている場合

つまづいている学習者の位置情報とつまづきの種類

同じような問題で少数の学習者がつまづいている場合

つまづいている学習者の位置情報とつまづきの種類

学習者のつまづきの状況が複雑な場合

つまづいている学習者の課題進捗状況などの詳細な情報

つまづいた問題ごとに小人数のグループに分けられる場合

つまづきの種類ごとの学習者らの位置情報

5.2 システム構成

本システムの構成を図 3 に示す。本システムは次の 4 つのサブシステムで構成される。

5.2.1 位置情報検出・収集システム

教授者の教室内での位置をリアルタイムに検出し、逐一保存する。本システムでは複数人の教授者での利用を想定しているため、複数人の位置を同時に検出可能な手法での実装が必要である。また、位置情報検出・収集システムで

は保存された位置情報を他のシステムから利用できるような API を定義する。

5.2.2 学習者出席管理システム

授業に出席している学習者の位置情報の登録・管理を行うシステムである。学習者の位置情報の登録は教授者もしくは学習者自身で入力するものとする。また、他のシステムから学習者の位置情報を利用できるように API を定義する。

5.2.3 学習者モニタリングシステム

学習者モニタリングシステムでは、学習者の課題に対する解答などの学習者に関わる情報をリアルタイムに収集する。情報の収集は円滑な授業進行を実現するという観点から、教授者・学習者の双方に負担の少ない形で情報を収集する。また、収集された情報を他のシステムから利用できるような API を定義する。

5.2.4 コンテキスト推定システム

「教授者位置検出システム」、「学習者位置管理システム」、「学習者モニタリングシステム」から情報を取得する。そして、取得した情報により、コンテキストを推定し、それに基づく情報を教授者へ提供する。

6. システム実装

本学部の演習実習教室で行われるプログラミング実習授業での利用を想定して実装した。この授業は、教授者による講義と学習者が実際にプログラムを作成する実習の時間で構成されており、学習者は実習時間にテキストエディタとコマンドプロンプトを使用してプログラムの作成に取り組む。

6.1 位置情報検出・収集システム

位置情報検出・収集システムの実装には、椎尾らが提案した RFID(Radio Frequency Identification) タグを用いた検出手法 [5] を利用した。この手法では床に位置が既知である RFID タグを敷設し、被検出者の履き物に RFID リーダを装着する。そして、装着した RFID リーダで床に敷設されたタグを検出する。これにより、検出されたタグに関連づけられた位置を被検出者の位置として認識する。本研究では教室の床にタグ約 7000 枚を敷設することで、数センチ単位の精度で教授者の位置を検出できる環境を構築した。タグの敷設を行った教室の概観を図 4 に示す。検出されたタグの ID は教授者の ID とともにサーバに送信される。サーバでは受信したタグの ID を位置情報に変換し受信時刻とともにデータベースに保存する。保存された情報は SOAP(Simple Object Access Protocol)、または REST(Representational State Transfer) を用いた Web サービスを通じて他のシステムから利用可能である。

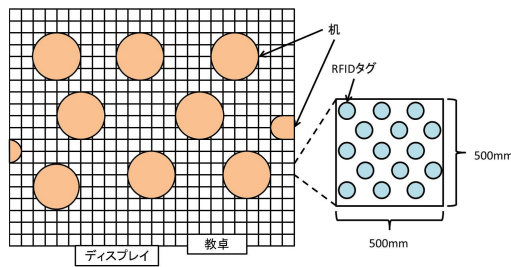


図 4 教室の概観



図 5 学習者出席管理システムのインターフェース

6.2 学習者出席管理システム

学習者出席管理システムでは教授者が授業に出席している学習者の位置情報を登録する際に利用する。学習者出席管理システムのインターフェースを図 5 に示す。このインターフェースではタッチやドラッグアンドドロップを用いた直観的な操作が可能になっている。また、学習者の位置情報はサーバで管理されており、REST 形式の Web サービスを通じて、他のシステムから利用可能である。

6.3 学習者モニタリングシステム

学習者モニタリングシステムはサーバ・クライアントシステムで構成されており、プログラミング実習時に学習者が実行したコマンドやそのときのソースコードの情報を収集する。学習者は実習時にクライアントアプリケーションをダウンロードして実行する。このアプリケーションは Windows のコマンドプロンプトや Mac OS におけるターミナルと同等の機能を有する。学習者はクライアントアプリケーション起動後、学籍番号とパスワードを入力してシステムにログインする。ログイン後は通常のコマンドプロンプトなどと同様に、さまざまなコマンドを実行できる。コマンドを実行した際には、実行したコマンドの名前とその標準出力の情報がサーバに送信される。また、プログラムのコンパイルした際には、コンパイル対象のソースコードとそれに関連するソースコードとコンパイルの結果の情報が送信される。

サーバ側ではクライアントアプリケーションから送信された情報をデータベースに保存する。これらの情報は、SOAP 形式の Web サービスを通じて他のシステムから利用可能である。

6.4 コンテキスト推定システム

コンテキスト推定システムはサーバ・クライアントシステムで構成されている。本実装では、空間的な位置関係からのコンテキスト推定として「学習者個人の状況把握 (1 対 1 0~1.2m)」「複数の学習者の状況把握 (1 対多 1.2~3.6m)」を対象とした。また、学習者集団の学習状況によるコンテキストに関しては「少数の学習者がつまづいている (1 対 1)」と「同じような問題で少数の学習者がつまづいている場合 (1 対多)」を対象とし、つまづきを起こしている学習者の一覧を表示するものとする。なお、「つまづいている学習者」とは、直近のコンパイルでエラーを起こした学習者とする。

6.4.1 サーバ

コンテキスト推定システムのサーバでは、他のシステムよりデータを取得して、それを基にコンテキストを推定し、クライアントに情報を送信する。以下にその詳細について述べる。

(1) 位置情報の取得

学習者の位置情報と教授者の位置情報をそれぞれ「学習者出席管理システム」と「位置情報検出・収集システム」の REST 形式の Web サービスより取得する。システムは取得した位置情報を基に教授者学習者間の位置関係を算出する。なお、対象授業では授業時間内において学習者の位置は不変であるため、学習者の位置情報の取得はクライアント起動時にのみ行う。一方で教授者の位置情報は授業中に刻々と変化するため、1 秒ごとに更新する。

(2) 学習者情報の取得

「学習者モニタリングシステム」より SOAP 形式の Web サービスを用いて情報を取得する。取得する情報は学習者が実行したコマンドとその日時、コンパイルを行った際のコンパイル対象のソースコードである。また、取得したソースコードに対して、ユニットテストなどの評価を行うことで、学習者の学習状況をより詳細に把握することが可能になると考えられる。今回の実装ではソースコードのインデントが適切になされているかを評価する。

(3) コンテキストの推定と情報の送信

取得した教授者・学習者の位置情報と学習者の学習状況より、コンテキストを推定する。そして、推定結果に基づき教授者の持つ情報端末へ有益な情報を送信する。

6.4.2 クライアント

クライアントでは、教授者と学習者の空間的な位置関係によるコンテキスト、および学習者集団の学習状況によるコンテキストに応じた情報を表示する。以下に、教授者と学習者の空間的な位置関係ごとに、インターフェースと表示する情報を述べる。

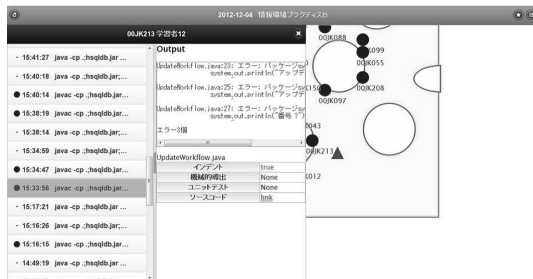


図 6 教授者学習者間の距離が 0~1.2m の際のインターフェース

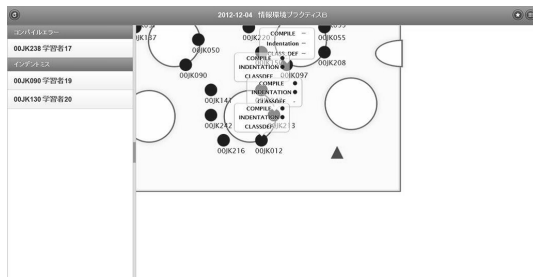


図 7 教授者学習者間の距離が 1.2~3.6m の際のインターフェース

教授者学習者間の距離が 0~1.2m の際のインターフェースを図 6 に示す。このインターフェースでは、学習者が授業中に実行したコマンドとその際の出力結果、コンパイルの結果とソースコードの情報を確認することができる。教授者は学習者の現在の状況だけでなく、どのような経緯をたどって現在の状況に至ったのか確認できるため、より学習者の学習状況に合わせた指導が可能となる。なお、端末の表示スペースの都合上、学習者集団の学習状況に基づくコンテキストの情報は表示していないが、教授者がボタンにタッチすることで閲覧できるよう実装した。

教授者学習者間の距離が 1.2~3.6m の際のインターフェースを図 7 に示す。このインターフェースでは対象となる学習者らの簡易的な学習状況を表示する。表示する情報は、学習者が最後にソースコードをコンパイルした際のコンパイルの結果とソースコードのインデントが適切にされているかである。

また、学習者集団の学習状況によるコンテキストに基づく情報としてコンパイルエラーやインデントミスを起こしている学習者のリストを表示する。学習者のリストの学籍番号と名前が表示されている箇所をタッチすることで、その学習者の位置情報を確認することができる。

なお、クライアントの実装は HTML と JavaScript で実装され、Web ブラウザを搭載する端末であれば利用可能である。

7. 試験運用

システムの有用性を確認するために本システムを実際の授業での試験運用を行った。本章では試験運用に関する詳細と試験運用で得られたデータの分析について述べる。

7.1 対象授業

本学のプログラミング実習授業である情報環境プラクティス B を対象とした。この授業では、Java 言語の基礎的な文法を学び終えた学習者らに対して講義・実習を行う。履修者は 22 名であり、2 名の教員と 3 名の TA (Teaching Assistant) で授業を進行する。

7.2 方法

2012 年 12 月 11 日の授業の実習時間に TA3 名に情報端末を携帯してもらい、システムを利用しながら学習者を指導した。学習者の位置情報に関しては TA が学習者位置情報収集・管理システムを用いて実習前に登録した。なお、試験運用日の実習で学習者は JDBC (Java Database Connectivity) を用いて任意のアプリケーションの開発に取り組んだ。

7.3 結果・分析

試験運用の結果、学習者情報収集・管理システムと位置情報検出・収集システムにデータが蓄積され、コンテキスト推定システムが正しく動作していることが確認された。本節では試験運用で収集したデータを分析し、教授者にとって有益となる情報の検出を試みる。なお、今回の分析では、学習者情報収集・管理システムによって取得したデータのみを対象とする。

7.3.1 コンパイルエラーを起こしている学習者数の推移

学習者集団の内、どの程度の人数が課題につまずいているかは適切なコミュニケーションのスタイルを選択するうえで重要な要素となる。そこで、実習の時間経過に伴い、コンパイルエラーを起こしている学習者の人数がどのように推移するのか調査する。なお、コンパイルエラーを起こしている学習者とは、コンパイルエラーの修正を完了していない学習者とする。つまずいている学習者の数の推移を図 8 に示す。このグラフでは横軸に実習の経過時間を、縦軸がコンパイルエラーを起こしている学習者の人数を示している。

このグラフより実習中にコンパイルエラーを起こしている学習者の人数は最大のもときでも 6 名であることが読み取れる。また、コンパイルエラーを起こしている学習者が 1 人もいない時間はコンパイルエラーを起こしている学習者がいる時間に比べて非常に短いことがわかる。

7.3.2 コンパイル回数

ここでは、各学習者が授業中に行ったコンパイルの回数とコンパイルエラーについて述べる。各学習者のコンパイル回数のグラフを図 9 に示す。グラフ横軸の学習者 ID は学習者を識別するために割り振った 1~22 までの番号である。

グラフより、学習者によってコンパイル回数に大きな差があることが読み取れる。また、学習者 ID が 3・6・18 の

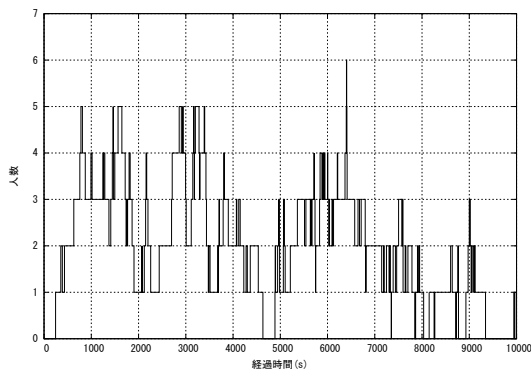


図 8 コンパイルエラーを起こしている学習者数の推移

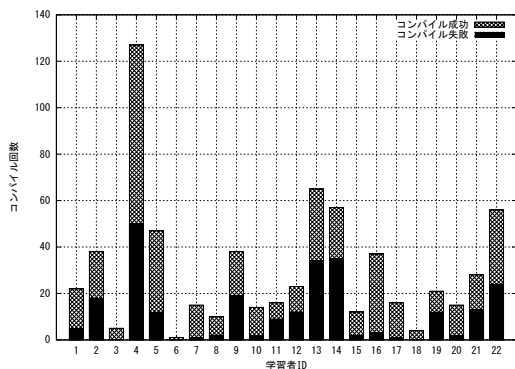


図 9 学習者のコンパイル回数とコンパイルエラー

学習者は実習中に一度もコンパイルエラーを起こしていないことが分かる。

8. 考察

本章では試験運用と収集したデータの分析結果より考察を述べる。

図 8 よりコンパイルエラーを起こしている学習者が最大でも 6 人であったことと、対象授業での教授者が 5 人いることから、コンパイルエラーに対しては 1 対 1 での指導が可能であったと考えられる。また、実習時間内のほとんどの時間にコンパイルエラーを起こしている学習者が 1 人以上存在することが明らかになった。

図 9 より各学習者のコンパイル回数には学習者ごとに大きな差がみられた。プログラムを作成する過程において、コンパイルは必ず行う作業であるため、コンパイル回数が極端に少ない学習者は、プログラムの作成に行き詰まっている、あるいはプログラムを作成していない可能性がある。そのため、このような学習者に関しては教授者が直接状況を確認し、適切な指導をする必要があると考えられる。

これらの情報は、学習者の学習状況のモニタリングなしでは知り得なかったものでありシステムが適切に動作しているものと考えられる。しかし、プログラミング実習におけるつまずきはコンパイルエラーだけでなく、プログラムの実行時エラーや、プログラムが仕様通りに実装されていないなど、多数の種類が存在すると考えられる。

試験運用日での実習においても、コンパイルが成功しても、実行時エラーを起こす学習者が多く見受けられた。そのため、このようなエラーに関してもつまずきとして教授者に通知する必要があると考えられる。

今回のシステムの実装では、学習者の情報を閲覧するために、一部情報端末の操作を必要とする。これに関しては、教授者や学習者の状況から表示する情報に優先度を設けることで自動化できる可能性がある。そして、今回の試験運用で収集した学習者の情報や教授者の位置情報を分析することで、優先度の設定に有益な情報を抽出できると考えられる。

9. 関連研究

学習者の状況を収集・分析し、それを基に教授者もしくは学習者を支援する研究はこれまでも、数多く行われている。

永岡はレスポンス・アナライザにより、学習者集団の学習進度を計測を行い、得られた集団学習応答曲線を掲示することで、教授者の授業中の行動を学習者に合わせて適正化する研究を行っている [6]。

堀口らは、学習者の HTML 講義資料に対するアクセス履歴より、理解の遅い学習者などを推定し教授者に掲示している [7]。

また、中村らは、学習者らの表情、姿勢や視線といった外見的特徴より、学習者の課題に対する主観的な難易度を推定する研究を行っている [8]。

これらのシステムは学習者の状況を収集・分析することで、教授者を支援する点では我々のシステムと同様である。我々のシステムでは、プログラミング実習授業を対象としているため、学習者のコマンド実行履歴やソースコードを収集し、つまずいている学習者を検出している。仮に、プログラミング実習授業ではなく他の授業を対象として、本研究の手法でシステムを実装する際には、これらの研究で提案されている手法を「学習者モニタリングシステム」に応用できると考えられる。

また、教授者ではなく学習者の支援を対象としたシステムも提案されている。

水谷らは、エージェントを用いた Web 型学習システムを試作している。このシステムでは、収集した学習履歴などを基に、エージェントが教授者の代理として学習者を支援する [9]。

桑原らは、個別進度別教育支援システム MESIA を開発した。MESIA では、あらかじめ想定していた誤りを起こした学習者に対して、自動でヒントを与える機能が実装されている [10]。

また、玉田らはアシスタントロボットを用いたプログラミング教育支援システムを構築している [1]。このシステムでは学習者のコンパイルエラーを収集・分析し、学習者・

教授者の双方に対して支援機能を提供している。特に学習者に対する支援として、あらかじめ想定されているエラーを起こしている学習者に対して、ロボットが、エラーの修正方法を提示する機能が実装されている。

これらのシステムは学習者の状況を収集するという点では我々のシステムと共通するが、あらかじめ想定されたエラーなどに対して、自動で学習者を支援する点が異なる。自動で学習者を支援することから、これらのシステムは、教授行動のモデルにおける「指導」の状態での行為を教授者の代わりにシステムが行っているといえる。これにより、学習者に対する指導をより効率的に実施できる可能性がある。しかし、適切に学習者の指導をするためには、システムが学習者の誤りの原因や意図を推論しなくてはならないが、これには技術的に困難な面もあり、広く普及するに至っていないのが現状である [11]

そのため、本システムでは学習者の指導は教授者自身が行うものとし、指導やその意思決定を支援するための情報を提供している。

10. まとめ

本研究では授業中の教授者の教授行動のモデルに関して述べ、教授行動のモデルへ「学習者集団の確認」の状態を追加した。そして、「学習者集団の確認」の状態におけるコンテキストを分類し、教授者学習者間の空間的な位置関係と学習者集団の学習状況によるコンテキストに基づき情報を配信するシステムと学習者モニタリングシステムを開発し、システムの試験運用を行った。

試験運用の結果、学習者の学習状況が適切に収集されていることが確認された。また、教授者にコンテキストに基づく情報を提供することで、コンパイルエラーを起こしている学習者を把握し、適切な支援をすることが可能となった。そして、収集したデータを分析した結果、教授者の巡視行動のみでは把握できなかった各学習者のコンパイル回数やコンパイルエラーを起こしている学習者の人数の推移などの情報を得ることができた。

今回の実装においては、コンパイルエラーを起こしている学習者をつまづいている学習者としたが、今後は学習者モニタリングシステムから取得した情報より、実行時エラーを起こしている学習者などの検出を行う。また、収集したデータを詳細に分析し、教授者に提供する情報を洗練化するとともに、今回未実装であったコンテキストに関しても実装を進め、より強力に教授者を支援し、その効果を検証していく。

参考文献

[1] 玉田春昭, 荻野晃大, 上田博唯: アシスタントロボットを用いたプログラミング教育支援システムの構築 (作業支援, 人工現実感), 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 34,

No. 25, pp. 143-148 (2010).
[2] 加藤美和, 高松智弥, 冷水友彦, 高野辰之, 小濱隆司, 宮川 治: LBS を用いた授業支援システムの提案と開発, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, No. 10, pp. 1-11 (2012).
[3] 山崎静夫: 授業における教師の意思決定モデルの開発, 日本教育工学雑誌, Vol. 12, No. 2, pp. 51-59 (1988).
[4] 松田稔樹, 多胡賢太郎, 坂元 昂: 教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案, 日本教育工学雑誌, Vol. 15, No. 4, pp. 183-195 (1992).
[5] 椎尾一郎: RFID を利用したユーザ位置検出システム, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, Vol. 2000, No. 39, pp. 45-50 (2000).
[6] 永岡慶三: レスポンス・アナライザを用いた授業進行支援システムの開発, 日本教育工学雑誌, Vol. 10, No. 3, pp. 11-18 (1986).
[7] 堀口悟史, 井垣 宏, 井上亮文, 山田 誠, 星 徹, 岡田謙一: 講義資料閲覧ログを用いたプログラミング講義進捗管理手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 1, pp. 61-71 (2012).
[8] 中村和晃, 角所 考, 村上正行, 美濃導彦: e-learning における学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定 (教育工学), 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 93, No. 5, pp. 568-578 (2010).
[9] 水谷晃三, 池本 悟, 山口大輔, 永井正武: マルチエージェントによるシームレス Web 型学習システムの試作 (教育工学), 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 90, No. 3, pp. 887-896 (2007).
[10] 桑原恒夫, 玉城幹介, 山田光一, 中村喜宏, 満永 豊, 小西納子, 天野和哉: 個人進度別教育支援システム (MESIA) における行き詰まり生徒の支援機能とその効果, 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol. 83, No. 9, pp. 1013-1024 (2000).
[11] 中村喜宏, 赤松則男, 桑原恒夫, 玉城幹介: 操作時間間隔の変動に着目した CAI 学習の行き詰まり検知方法, 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol. 85, No. 1, pp. 79-90 (2002).