

## 集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes における個別学習支援

菅原典子 赤池英夫 角田博保  
電気通信大学 情報工学科

集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes の開発を行っている。近年 e-ラーニングの普及に伴い、学習者の個人差を考慮した学習支援環境の構築が求められている。現在 SHoes を使った講義では、全学生に対して同じ講義資料を配信しており、個別学習支援のための環境が十分に整っていない。そこで本研究では学生個々の理解度や学習履歴に基づいた講義資料の提示制御を行う機能を SHoes に導入した。

### SHoes: Realtime e-learning System for Classroom Education and Individualized Learning Support

Noriko SUGAWARA Hideo AKAIKE Hiroyasu KAKUDA  
Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

We are developing an e-learning system "Sheet Oriented Education System (SHoes)" for classroom education as a web application. Since the conventional version of SHoes had been designed to provide the same materials to everyone, it was difficult to support students individually with the system. So, we improved SHoes by adding new function to provide materials dynamically generated from learners' understanding and behavior.

#### 1 はじめに

近年、教育機関では e-ラーニングシステムの導入が進み、学習者のニーズや学習スタイルなどの個人差に適応した学習環境の構築が求められている。筆者らは、集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes の開発を 2005 年度より開始し、現在も運用と改良を続けている [1]。これまで、SHoes を使った講義では、全学生に対して同じ講義資料を配信していたが、学生の学習状況に応じて個別に補助教材を提示するといった個人に適合した学習支援を行う仕組みが必要だと考えた。そこで、SCORM<sup>1</sup>を参考にして、学生の学習状況に適応した動的な講義資料の提示制御の仕組みを新たに SHoes に導入した。

以下、SHoes の概要について 2 章、個別学習支援の概要について 3 章、設計について 4 章、外部仕様について 5 章、関連研究について 6 章で述べ、7 章でまとめる。

#### 2 SHoes の概要

SHoes では OHP シートのメタファーである提示シート(以下、シート)を基本的な操作対象としている。SHoes には、(1) 講義資料表示機能、(2) メモ書き機能、(3) コミュニケーション機能(質問機能等)、(4) 学生の行動を記録する機能、(5) 小テスト機能などの機能があり、シートを介して、メモ書き、講義参加者間での質問と回答、講義内容の理解度の投票などを行うことができる。このようにシート上に即応性のあるコミュニケーションの場を形成している点が特徴の一つとなっている。また、個々の学生の学習進度に合わせて自由な組み合わせで講義資料を参照できるように、複数シートの同時表示を可能にしている。学生間の協調的な学習を支援するための、学生相互による作問、解答、採点および講評を行う組織学習支援機能も提供している。

また、SHoes は Web アプリケーションであるため、一般的な Web ブラウザを使用できる環

<sup>1</sup>Sharable Content Object Reference Model

境であればどこからでも利用できる。集合教育(対面教育)に重要となる(ブラウザ上での)メモ機能や即応性を有するコミュニケーション機能などはJavaScript, DHTML, Ajax, SVGなどの各種技術を用いて実現されている。システムの概念図を図1に示す。

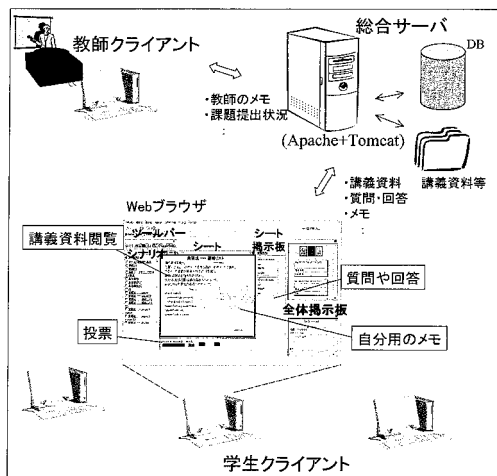


図1: システム概念図

### 3 個別学習支援の概要

学習者には学習スタイル<sup>2</sup>に違いがあることが知られており [2], e-ラーニングの普及に伴い, 学習者の個人差を考慮した学習支援環境の構築が求められている [3].

SHoesは, 学生が自分の進度で自由に学習を進められるようにという設計目標の元に機能を構成しており, いつでもシートを通じて学生主導で学習の進度を調整できるようになっている。しかし, 各学生の理解度や学習状況に応じて適切な学習指導を行うといった面での個別サポートの環境は十分に整っていない。これまで, SHoesを使った講義では, 全学生に対して同じ講義資料を配信してきたが, 学生の学習状況に応じて個別に補助教材を提示するといった個人に合わせた学習支援の仕組みが必要だと考えた。本研

<sup>2</sup>永田らは, 学習スタイルを衝動型・消極型・受容型・熟慮型の4つに分類している。

究では, SHoesに学生の学習状況に適応した動的な講義資料の提示制御の仕組みを導入する。

## 4 個別学習支援の設計

近年, 学習者の学習行動を把握するための学習履歴分析に関する方法論の研究 [4] や, 学習者の個人差の一つの指標である学習スタイルの分類にログデータを利用した研究 [2] などがある。個々に適応した学習支援を行うには, 学習履歴の利用が重要であると考えられるが, 学習者ごとのコンテンツの提示制御には習熟度や日時など単純な条件に基づいたものが多く, 学習履歴を有効に活用している例はあまり見られない。

そこで本研究では, 学習履歴に基づいた講義資料の提示制御を実現する。この機能を実現するために, SCORM2004[5]におけるシーケンシング記述を参考にした。

### 4.1 SCORM2004のシーケンシング

e-ラーニングの標準規格であるSCORM規格の最新版SCORM2004では, シーケンシングとナビゲーションについての記述が追加され, 学習者の理解状況に応じたコンテンツの動的な学習順序制御(シーケンシング)を指定することが可能となった。SCORM2004のシーケンシングでは, 学習目標の習得度やアクティビティ進捗状況を条件としてコンテンツの提示順序を制御することができる。マニフェストファイルにif-thenルールベースのシーケンシングルールを記述することにより, 例えば, ある学習目標を習得していればスキップするといったような制御が可能となる。しかし, 条件やアクションが限られており, 本研究で目的とする学習履歴を条件として指定することは難しい。

### 4.2 SHoesにおけるシーケンシング

#### 4.2.1 概要

SHoesにおけるシーケンシングの概念図を図2に示す。まず, 教師が教授戦略に基づいて, シーケンシングルールを事前に設定する。そして①

学生が SHoes を利用して学習活動を行うと、②自動的に学習履歴がサーバに保存され、③その学習活動に適用するシーケンシングルールが存在する場合は動的にシナリオ (シートの並び順を示したもの) が更新される。シーケンシングルールや学習履歴はデータベースで管理する。

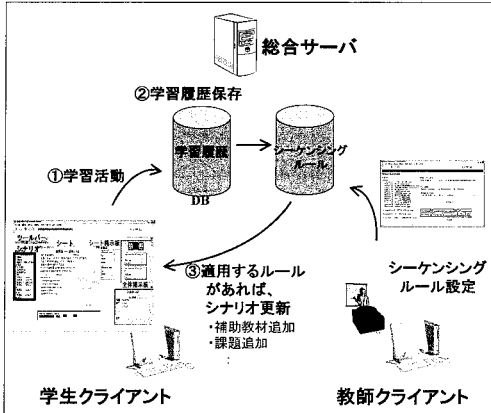


図 2: SHoes におけるシーケンシングの概念図

#### 4.2.2 学習履歴

SHoes は学生の行動を記録する機能により、学生の学習活動のログ情報 (学習履歴) をサーバに逐次保存している。具体的には、いつ、誰が、どのシナリオやシートに対して、どのような操作をしたかが記録される (図 3)。例えば図 3 の一行目のデータは、ユーザ=user1 がシート ID=1 のシートを閲覧したことを意味する。「ログの種類」は SHoes の操作に対応しているが、その代表的なものを表 1 に示す。

ユーザ	ログの種類	ウインドウ	シナリオID	シートID	ログの値	日時
user1	GetSheet	9	1	1	NULL	2007-04-13 11:05:26
user1	SendAnswer	9	1	8	q001	2007-04-13 11:08:42
user1	Gatten	9	1	8	n	2007-04-13 11:10:32
:	:	:	:	:	:	:

図 3: 学習履歴用テーブル

#### 4.2.3 シーケンシングルールの定義

シーケンシングルールは、配信制御の対象とするシナリオやシートごとに、図 4 に示す構文規則に従って記述する。シーケンシングルール

表 1: 代表的なログの種類

ログの種類	ログの値	説明
GetSheet	-	シート取得
NextSheet	-	次のシートへ移動
BackSheet	-	前のシートへ移動
GetFileList	-	シナリオ取得
SendAnswer	問題番号	解答送信
SaveMemo	メモ番号	メモ保存
Gatten	理解度	理解度投票
Chat	-	チャット参加

```

<sequencing-rule> ::= <if> <condition-set> 'then' <action>
  </if> ::= 'ifall' | 'ifany'
  <condition-set> ::= <condition> | <condition-set> ',' <condition>
  <condition> ::= <log-kind> '(' <referenced-id> ')'
  <rule-condition> ::= <rule-condition> <threshold>
  <log-kind> ::= 'GetSheet' | 'NextSheet' | 'BackSheet' | 'GetFileList'
  | 'SendAnswer' | 'SaveMemo' | 'Chat' | 'GattenYes'
  | 'GattenNo' | ... | 'QIDmeasure'
  <referenced-id> ::= シナリオID | シートID | 問題ID
  <rule-condition> ::= '>' | '<' | '>=' | '<=' | '=' | '!='
  <threshold> ::= 算術式
  <action> ::= 'Skip' | 'Disabled' | 'Hidden From Choice'
  | 'Stop Forward Traversal' | 'Alert'
  
```

図 4: シーケンシングルールの構文規則

は、ひとつ以上のコンディションの集まり (コンディション集合) とアクションの組であり、コンディション集合は、それを構成する全てのコンディションが真である場合 (ifall) か、いずれかのコンディションが真の場合 (ifany) に真と評価される。各コンディションは、ログの種類、参照するシナリオ ID やシート ID、試行回数といった学習履歴の要素および小テストでの理解度 (得点) や問題 IDなどを、一般的な (算術) 関係演算子を用いて閾値と比較する形で表現する。コンディション集合が真であると評価された場合に、対応するアクションが実行される。アクションの種類を以下に示す。講義資料の提示制御だけでなく、警告メッセージを提示 (Alert アクション) できるようにしている。

- Skip: スキップ
- Disabled: 提示を禁止 (シナリオには、シートへのリンクがない項目を表示)
- Hidden From Choice: シナリオへの項目表示を禁止
- Stop Forward Traversal: 次以降の移動を禁止

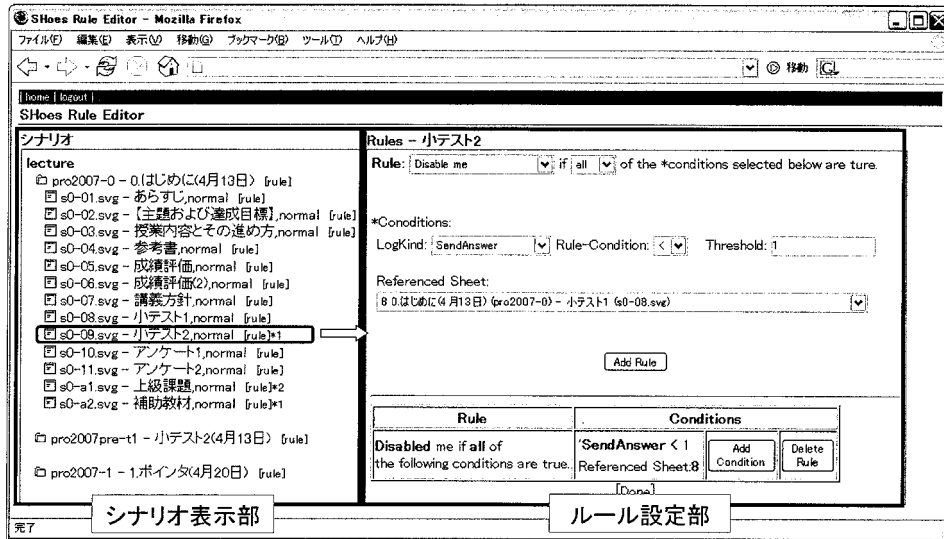


図 5: 「SHoes Rule Editor」の画面例

- Alert: SHOes の画面右下にポップアップ形式でメッセージを表示

シーケンシングルールは、学生クライアントからのシナリオやシートの要求時、学習履歴更新時に評価される。この結果、必要に応じて自動的にシナリオの更新が行われる。

#### 4.3 学習履歴分析を利用したグループ作成

Blackboard Learning System[6] など代表的な LMS(Learning Management System) では、日付/時間、ユーザグループ、特定のテストや課題での成績などの指定した条件に基づいて、対応するコンテンツを公開することが可能となっている。その際のグループ作成は、教師がユーザを一人ずつ選択して追加するような仕組みとなっていることが多い。

本研究では、学習履歴の分析から、グループの分類・作成を容易にすることを目指している。学習履歴分析の方法論に関する研究はいくつかなされている。例えば、山川ら [4] は、履歴情報分析の視点を全体の把握、層別の把握、個別把握、統計量による把握の 4 つに分類しているが、特に層別の把握の重要性に言及し、共通の学習パターンをもつ学生の学習モデルの構築の可能

性を述べている。共通の学習パターンをもった学生グループが見つければ、それぞれに適切な学習指導を行うことができる。そこで我々は、学習履歴を可視化したグラフなどから、シーケンシングルールを適用するグループを作成する枠組みを構築する。

## 5 個別学習支援機能の外部仕様

### 5.1 教師クライアントの機能

シーケンシングルールを Web ブラウザから設定するためのツール「SHoes Rule Editor」とシーケンシングルールを適用するグループ(ルールグループ)を設定するためのツール「SHoes Rule Group Editor」を作成した。

#### 5.1.1 SHOes Rule Editor

「SHoes Rule Editor」は、SHoes の学習履歴に基づいたシーケンシングルールを設定するツールである。図 5 に画面例を示す。画面左部にシナリオが表示され、画面右部に選択したシートのルール設定部が表示される。ルール設定部では、ルールの条件としてログの種類、対象と

なるシート、試行回数、条件の組合せおよびアクションを指定し、ルールを追加できるようになっている。また条件の追加やルールの削除も可能となっている。

このツールは、学生の学習状況に応じた補助教材や追加課題の提示など、教師の教授戦略に基づいた講義資料の提示を学習履歴を用いて行うことを目的としたものである。図5の例は、小テスト2のシートに対して、小テスト1(シートID=8)を送信するまで解答できないというルールを設定している。これは、

ifall SendAnswer(8) < 1 then Disabled  
といったシーケンシングルールとして記述される。

他にも、あるシートに対する理解度の投票<sup>3</sup>において、分からないと投票した場合に補助教材を提示するというルールや小テストの点数に応じて補助教材を提示するというルールを設定することができる。このように、SHoesの学習履歴を利用することで、各学生の学習状況に適応した講義資料を提示することが可能となる。

### 5.1.2 SHoes Rule Group Editor

「SHoes Rule Group Editor」は、シーケンシングルールを適用するための対象となる学生グループを学習履歴の分析結果から作成するためのツールである。このツールは、教師が学習履歴の分析によって見つけた共通の学習パターンをもつ学生グループごとに、適切な教材や課題提示などのサポートを行うことを目的としている。図6、図7に画面例を示す。画面左部にグループ情報が表示され、画面右部に選択したグループカテゴリの学習履歴の分析結果が表示される。1つのグループカテゴリに1つの学習履歴の分析結果を対応させ、同じ分析結果に関するグループはまとめて管理する。このツールの利用の流れは大まかに以下ようになる。

#### 1. グループカテゴリ作成

学習履歴の中から分析したい項目を選択して新しいグループカテゴリを作成する。

#### 2. グループ選択

表示された項目のグラフ上で、グループ化したい領域を選択する。図6の棒グラフでは、選択した棒グラフはハイライトされており、マウスクリックによって選択・非選択が切り替わる。

#### 3. グループ作成

グループ名を入力し、グループを作成する。

#### 4. グループ保存

複数のグループを作成する場合は、2.と3.を繰り返し、決定したグループ情報をサーバに保存する。

#### 5. グループ情報更新

選択した領域に当てはまるユーザが新しく作成したグループに追加され、図7に示すように、画面左部のグループ情報にユーザリストが表示される。

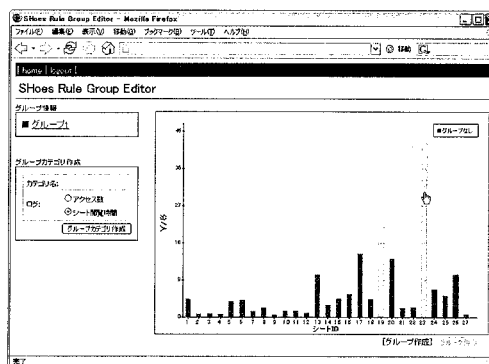


図6: 「SHoes Rule Group Editor」の画面例1

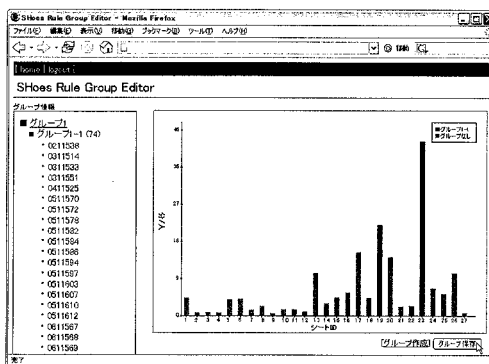


図7: 「SHoes Rule Group Editor」の画面例2

<sup>3</sup>SHoesは、各シートの内容に対して学生が自身の理解度を投票する機能を有している。

このようにして作成したグループに対して、前節と同様にしてシーケンシングルールを割り当てる。例えば、図6と図7は、シート閲覧時間の分析結果を用いてグループ化している例である。現在、どのような基準で学習履歴を分析すれば有効か検討中であり、他にもアクセス時間や成績など様々な基準によるグループ化が考えられる。

## 5.2 シーケンシングルールの記述例

以下にシーケンシングルールの記述例を示す。

### ルール① (小テスト2に対するルール)

小テスト2は小テスト1(シート ID=8)が提出されるまで提示しない。

```
ifall SendAnswer(8) < 1 then Disabled
```

### ルール② (小テスト2に対するルール)

小テスト2(問題 ID=2)の得点が80点以上なら上級課題が提示されたことをメッセージを表示して知らせる。

```
ifall QIDmeasure(2) >= 80 then  
Alert '追加課題:上級課題'
```

### ルール③ (上級課題に対するルール)

小テスト2(シート ID=9)が提出されていない場合や、小テスト2の得点が80点未満の場合は上級課題を表示しない。

```
ifany SendAnswer(9) < 1, QIDmeasure(2) < 80 then Hidden From Choice
```

### ルール④ (上級課題に対するルール)

上級課題(シート ID=12)の理解度投票で分からないと投票された場合は、参考書の情報を表示する。

```
ifall GattenNo(12) >= 1 then  
Alert '関係シート:参考書'
```

### ルール⑤ (補助教材に対するルール)

小テスト2が提出されていない場合や、小テスト2の得点が80点以上の場合は補助教材を表示しない。

```
ifany SendAnswer(9) < 1, QIDmeasure(2) >= 80 then Hidden From Choice
```

これらのシーケンシングルールを適用した際、図8に示すように動作する。とりわけ、ルール③と⑤により、小テスト2の得点に応じて上級課題か補助教材を提示するようにシナリオが顕著に変化する。

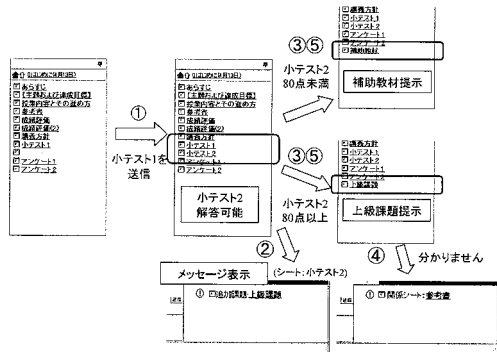


図8: シーケンシングルール適用結果によるシナリオの変化

## 6 関連研究

森本ら [7] は、SCORM に学習者のインタラクションによる学習状態遷移を記述する枠組みを追加した SCORM-LST を開発し、SCORM-LST に基づいて動作する LMS を開発中である。学習者の学習状況に応じ、学習者同士で議論させたり、個別の質問に応じたりといった学習者の学習状態遷移のコントロールを記述できる。これは、学習者の学習状態遷移をコントロールするものであり、コンテンツのシーケンシングを記述するためのものではない。

延原ら [8] は、ECA ルールを利用することにより、正誤パタンの把握とリアルタイムなシーケンシングを実現している。これは、ドリル型学習において重視される形成的評価に必要な具体的な診断情報を、問題の正誤パターンとして把握する方式を提案しており、成績パタンのみが条件となる。事前に記述した成績パターンとアクションのルールに基づいて問題を動的に提示していくという流れとなっている。

上田ら [9] は、ユビキタス環境下での大学教育を支援する CMS の実現を目指している ULAN



プロジェクトにおいて、利用者の学習操作履歴を用いた利用者コンテキストウェアな CMS ツールについて検討している。利用者の学習操作履歴を可視化するツール、および、利用者の学習履歴を用いて動的に教材の構成を変更し、学習活動を支援するコンテキストウェアのツールの提案を行っている。この研究では学習進捗状況の見えにくい非同期型学習を行う利用者を対象としており、対面型講義でのサポートを目指した本研究とは異なる。

## 7 おわりに

本稿では、筆者らが開発した集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes に、学生個々の理解度や学習履歴に基づいた講義資料の提示制御を行う個別学習支援のための機能を導入したことを述べた。

教師側の機能として、シーケンシングルールを設定するためのツールである「SHoes Rule Editor」とルールグループを設定するための「SHoes Rule Group Editor」、および、学生側の機能として、学生の学習活動に応じて動的にシナリオが更新される枠組みを構築した。これらの枠組みを用いることで、個々の学生の学習状況に適するように、様々な視点からグループに分類して学習サポートを行うことができる。本稿では、人手によるシート閲覧時間の分析によりグループを分類する例を示した。さらに、統計処理を前段階で行ったり、SVM などの学習機械を用いることでグループ分類の手間の軽減が可能と思われる。

今後は、実際の講義の場での長期にわたる利用を通して、本稿で提案した機能の有効性を検証することが課題である。

## 参考文献

- [1] 菅原典子, 織田恵太, 赤池英夫, 角田博保: 集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム SHoes における組織学習支援, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp. 2791-2801 (2007).
- [2] 永田奈央美, 岡本敏雄: e-Learning におけるアダプタビリティと学習スタイル, 電子情報通信学

会技術研究報告, Vol.106, No.364, ET2006-60, pp. 55-60 (2006).

- [3] 青木久美子: 学習スタイルの概念と理論—欧米の研究から学ぶ, メディア教育研究, Vol.2, No.1, pp. 197-212 (2005).
- [4] 山川修, 田中武之, 菊池正裕: 学習履歴情報の詳細分析, 第3回日本 WebCT ユーザカンファレンス予稿集, pp. 29-33 (2005).
- [5] SCORM2004, <http://www.adlnet.org/scorm/>
- [6] Blackboard Inc. <http://www.blackboard.com/>
- [7] 森本康彦, 植野真臣, 柴田晋吾, 横山節雄, 宮寺庸造: 学習者行動に基づく学習状態遷移記述のための SCORM の拡張, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.105, No.581, ET2005-78, pp.25-30 (2006).
- [8] 延原哲也, 庄司成臣, 劉渤江, 横田一正: ECA ルールを活用した e-ラーニングシステムにおけるシーケンシング制御の改善, 日本データベース学会 Letters, Vol.4, No.2, pp. 81-84 (2005).
- [9] 上田真由美, 梶田将司, 間瀬健二: 学習操作履歴を用いた利用者コンテキストウェアな CMS ツールに関する検討, 電子情報通信学会第17回データ工学ワークショップ, 第4回日本データベース学会年次大会 (DEWS2006), 6C-i3 (2006).