

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

Improvements of E-learning System's Sequencing Based on ECA Rules

延原 哲也^{*} 庄司 成臣^{*}
劉 渤江 横田 一正^{*}

Tetsuya NOBUHARA Nariomi SHOJI
Bojiang LIU Kazumasa YOKOTA

eラーニングの標準として推奨されている SCORM2004 や QTI では学習者のアセスメント得点に応じて教材の提示順を制御(シーケンシング)できるが、形成的評価で重要な正誤パターンを把握することはできない。本研究では、ECAルールを利用することにより、正誤パターンの把握とリアルタイムなシーケンシングを実現する。さらに、教科の観点をパターン化して正誤パターンとマッチングすることにより、問題個々の出来不出来を超えた、教科の概念理解に対応したシーケンシングが実現できることを示した。

We propose a new e-Learning sequencing model which is based on learners' response patterns. The model can measure learners' conceptual understanding of subjects. SCORM2004 and QTI have proposed score based simple sequencing models but they can not handle response patterns of questions that are important for formative evaluations. We describe that ECA rule based control can handle response patterns of questions effectively so that it can realize a pattern based e-Learning sequencing.

1. はじめに

eラーニングの普及に伴い、コンテンツの流通促進・再利用を目的とした標準化作業が世界的規模で進んでいる。近年我が国においても Advanced Distributed Learning Initiative (以下 ADL)[1]が提唱する Sharable Content Object Reference Model(以下 SCORM)の普及促進が盛んに行われている。しかし、最新仕様である SCORM2004[2]がリリースされて1年以上が経過した今日においても、主要な Learning Management System(以下 LMS)が積極的に SCORM2004 をサポートするには至っておらず、SCORM2004 に対する様々な問題点が指摘されているのが現状である。

本論文では特に SCORM2004 が内包するシーケンシング機能の各種課題が ECA ルールを利用することで改善できる

^{*}学生会員 岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士後期課程 / ベネッセコーポレーション

tetsuya_nobuhara@mail.benesse.co.jp

^{*}学生会員 岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士前期課程 shoji@c.oka-pu.ac.jp

正会員 岡山理科大学総合情報学部 liu@mis.ous.ac.jp

^{*}正会員 岡山県立大学情報工学部 yokota@c.oka-pu.ac.jp

ことを示す。さらに学習者個々の問題正誤パターンと、あらかじめ設定しておいた各教科の評価の観点パターンをマッチングすることによって、教科概念の理解度を詳細に評価する方式を新たに提案する。

また、本システムをデータ駆動型システムとして実現することにより、コンテンツやアプリケーションにシーケンシングルールを個々に記述する必要がなくなり、アプリケーション開発の効率化とコンテンツの再利用性向上が期待できる。さらに、複数の得点や観点パターンを同時に評価し、学習者に有用なフィードバックを即座に行うためにはアクティブ・データベース・システムがきわめて強力であることを示した。

2章で eラーニングの標準化仕様の課題を述べ、3章で ECA ルールを活用したシーケンシングの改善を提案する。4章で関連研究を俯瞰し、5章で今後の展望と課題を記す。

2. eラーニングの標準化仕様の課題

2.1 SCORM2004 のシーケンシングモデル

SCORM2004におけるシーケンシングはIMS Simple Sequencing 1.0(以下IMS-SS) [3] とその拡張として実装されている。IMS-SSは図1に示すように、木構造に配置された

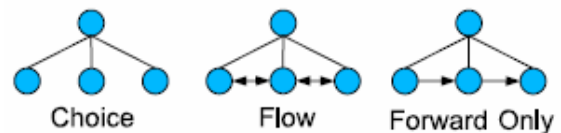


図1 IMS-SS シーケンシング例

Fig.1 Examples of IMS-SS Sequencing

学習コンテンツの塊であるSharable Content Object (以下 SCO)の提示順を制御する機構であり、SCOが学習者の得点や可否ステータスをLMSに通知する毎にシーケンシングルールに基づき逐次的に実行される方式である[4]。そのシーケンシングルール記述は図2に示したように、IF-THENルールがベースであり、実行できるActionパターンは限られている。

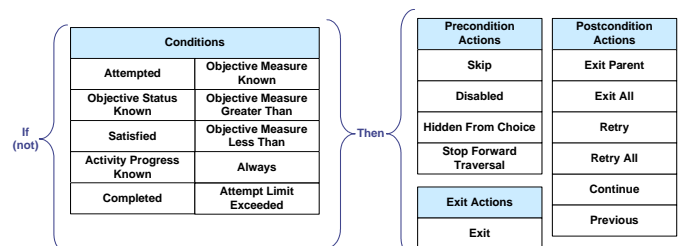


図2 IMS-SS のシーケンシングルール記述

Fig.2 Conditions and Actions of IMS-SS Sequencing Rule

また、SCORM2004ではSCOの粒度が規定されてなく入れ子構造が許されていないため、SCOは複数の問題を含むことになり、その合計得点やステータス単位でシーケンシングが決定されることになる。このように、SCORM2004では問題単位でシーケンシングの記述を行うことは困難である。

2.2 QTI,LIP 等の標準化の現状

IMS Question & Test Interoperability(以下 QTI) [5]はアセスメント構造とその集計仕様の標準であり、複数の LMS 間やコンテンツ制作者間の相互運用性を保つことを目的としている。しかし、今年リリースされた最新版 QTI version2.0 においても IMS-SS との連携の方向性は示唆され

てはいるもののまだ定義されるには至っておらず、eラーニングのシーケンシングとして利用はできない。

また、IMS Learner Information Packaging(以下IMS-LIP) [6]は学校での教育履歴といった広義の学習者情報の標準を規定しており、eラーニングシステム内での学習状態などの管理を目指してはいない。

2.3 標準化仕様の課題

このように現在推奨されつつある代表的な eラーニングの標準化仕様におけるシーケンシング方式では、得点に基づくシンプルな逐次的学習順序制御は可能であるが、弱点補強などを可能にする問題単位の正誤情報に基づいたシーケンシングを行うことはできない。

また、独自にシーケンシングルールを拡張する場合でも、IF-THEN ルールがコンテンツ中に記述されているためにコンテンツの再利用が難しく、また、条件の変更も煩雑になるという課題を抱えている。

3. ECA ルールによるシーケンシング概念

我々は得点や偏差値等による総括的評価(summative evaluation)ではなく、ドリル型学習において重視される形成的評価(formative evaluation)で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する。問題の正誤パターンにより複数の問題に共通する教科の観点の理解度の測定が可能となり、また、シーケンシングルールをデータベースに記述しアクティブ・データベース・システムで制御することによって、コンテンツの再使用性が確保されるメリットがある。

3.1 提案システム概念図

我々が提案するシーケンシングの概念を図3に示す。1)問題正誤パターンの監視、2)教科の観点パターンとのマッチング、3)学習者特性の参照、4)観点別指導の4つの関連する動作をすべて ECA ルールという一つの概念のみで実現を図る。

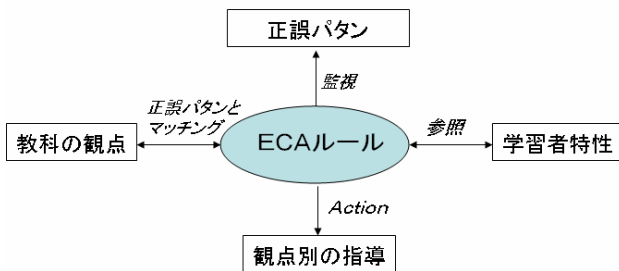


図3 システム概念図
Fig.3 Basic System Concept

3.2 正誤パターンと教科の観点

ここで重要な点は、評価したい教科の観点がいかにシンプルなパターンとして表現できるか、ということである。通常各問題は教科の単元分類順に配列されているのが一般的であるが、評価したい特定の観点が、複数の単元や問題に跨って含まれる場合も多く存在する。

図4の英語の文法問題の例に示すように、現在進行形で未来の予定を表す表現()と未来進行形で未来の見込みを表す表現()は、評価の観点としては同一観点を有している。我々はこれを「意味カテゴリーのオーバーラップ現象」と呼び重要視した。これは他の教科でもよく見られる現象である。

形成的評価においては、現在進行形、未来進行形という本来の教科単元軸ではなく、共通の意味カテゴリーである「近未来表現の方法」の理解度を評価することがより重要である。

我々は、オーバーラップした意味カテゴリーを図4のようなビューによる正誤パターンとして表形式で表現することにより、複雑な教科の観点を管理する方法を考案した。さらに、その誤答パターン毎に必要な支援活動をアクションとして記述することも可能となり、正誤パターンの監視によるシーケンシングが実現できる。

さらに、ある問題が誤答であった場合でも、どの誤答選択肢が選ばれたかによって、学習者のつまずきの理由がより具体的に把握できるようになるため、誤答選択肢まで含めた正誤パターンの管理を行うことが望ましい。

正誤パターンの作成作業は、問題作成時に出題のねらいや観点の吟味の実施などと並行で行えばよいが、最初から膨大なパターン設定は困難である。現実的な運用方法は、設定パターンの実際の反応などを確かめながら漸次的に増したり、修正を加えていくことである。膨大なパターンテーブルを作成する場合には、評価したい問題のパターンのみを指定すれば、全問題を含めたパターンを自動作成するパターン・アクション・ジェネレータを実装すればよい。

単元分類順	問題	観点	パターン		
			1	2	3
現在	進行 ① We are watching TV.				
	② We are moving next week.	未来の予定	○	×	×
	完了 ③ I have known her for years.				
未来	進行 ④ We will be seeing you soon.	未来の見込み	×	○	×
	完了 ⑤ The plane will have landed by then.				

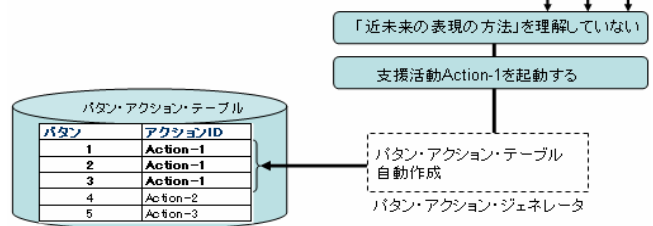


図4 意味カテゴリーと正誤パターンマッチング
Fig.4 Matching of Meaning Category and Score Pattern

3.3 学習者特性情報の参照

問題の正誤パターンに応じて、適切な指導を Action として起動する場合、同じ正誤パターンでも学習者の特性に応じて指導内容を変更したほうがよい場合がしばしば存在する。

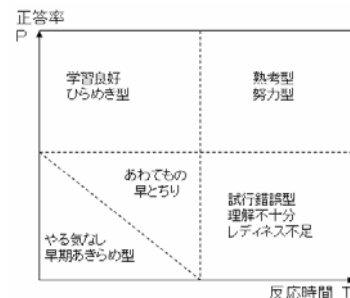


図5 学習者反応タイプ[7]
Fig.5 Learner Response Type

図5に示したように同じ正答率でも,反応時間の違いにより,「早とちり」の場合や「理解不十分」の両方の可能性が存在する.したがって,解答時間も付加して正誤パターンを作成する.学習者の反応タイプに関する詳細な議論は本研究の範囲を超えるため,本研究では図5に示した簡単な反応タイプをベースに検討を行い,学習者が「学習特性」= Criterionを有するとしてシーケンシングルールを考察した.

3.4 ECA ルール

ECA ルールは一般的に Event,Condition,Action で構成される.我々は,2つのECAルールを連携することにより一連の機能を実現した.本システムでは図6で示したように,学習者が問題を解答し成績データが更新されるタイミングをトリガとして,Rule-1,Rule-2が順番に実行される.

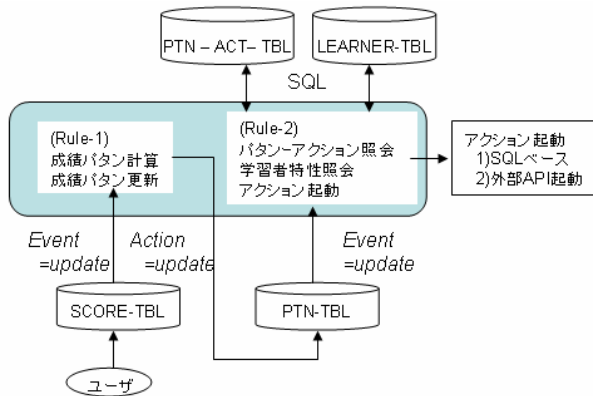


図6 ECAルール駆動の流れ
Fig.6 ECA-Rule Diagram

成績パタンの生成 (Rule-1)

成績テーブル(SCORE-TBL)を監視し解答時間を含めた成績パターン(PTN-TBL)をリアルタイムに生成する.

成績パターン-アクションテーブルの参照 (Rule-2)

注意を要する成績パターンとそれに対応する指導を関連づけた成績パターン-アクションテーブル(PTN-ACT-TBL)をあらかじめ作成しておき,Rule-1が成績パターンテーブル(PTN-TBL)を更新する毎に成績パターン-アクションテーブルを照会する.その際に学習者特性テーブル(LEARNER-TBL)を参照しその条件下でアクションを検索する.

アクションの起動(Rule-2)

で実行されたマッチングが真の場合,成績パターン-アクションテーブルで記述されたアクションを起動する.その際のアクションは,1)データベースコマンドの実行として“弱点解説ページ”を検索・表示する形態や,2)外部アプリケーション連携方式でLMSを制御することによって“シーケンシング制御”を実施する形態,また,メールサーバを起動することにより“チャリングメッセージを送信する”形態などとして実行される.

Rule-1,Rule-2の動作内容は図7のように表現することができる.ここで特筆すべきは,最終的に起動するアクションを選択する一連の条件はすべて4個の外部テーブル(成績TBL,成績パターンTBL,成績パターン-アクションTBL,学習者特性TBL)のデータとして与えられており,ルールには一切具体的な条件値を記述する必要がないという点である.すなわち,ルール条件の変更はすべてテーブルの追加,変更という

データベース操作のみで実現できることになる.

このことは3.2節で示したように,教科の観点と正誤パターンを表形式で編集する問題作成時の作業との親和性が高く,またルール条件の設定がコンテンツのみならず,アプリケーションに対しても非依存である完全なデータ中心指向で実現されていることになる.

```

(ルール1)
CREATE RULE Rule-1
AS ON UPDATE TO 成績TBL
WHERE 成績TBL変更
DO UPDATE 成績パターンTBL
SET パターンを計算して更新
WHERE 更新された人

(ルール2)
CREATE RULE Rule-2
AS ON UPDATE TO 成績パターンTBL
WHERE 成績パターンTBL変更
DO 新成績パターンで,成績パターン-アクションTBLを検索
学習者特性TBLも考慮し,アクションid取得
    
```

図7 PostgreSQLのECAルール記述イメージ
Fig.7 ECA-Rule Description in PostgreSQL

3.5 ECA ルールの移植性

ECAルールによって起動されたアクションがデータベース検索結果として,解説内容などの表示を行う場合にはデータベース言語を起動するだけでいいため,アクションは比較的簡単に実装できる.一般的に多くのDBMSはECAルールのアクションとして,insert, deleteなどのデータ操作コマンド,selectなどのデータ検索コマンド,rollbackなどのトランザクションコマンド,アプリケーション操作が記述可能なAPI環境をサポートしている[8].

しかし,ルール記述言語は一般的にルールエンジンに依存しておりSQLのようにまだ標準化が進んでいない.現在ECAルールの標準化に向けてW3Cなどでも検討が開始されたところである[9].

我々は知識資産としてのルール記述の相互運用性確保を考慮し,Event, Condition, Action各々のルール記述からルールエンジン依存性を排除することを試みた.

```

CREATE Rule-1
AS ON UPDATE TO SCORE-TBL
WHERE SCORE-TBL.NEW.score <> SCORE-TBL.OLD.score
DO UPDATE PTN-TBL
SET NEW.ptn=F(NEW.score, NEW.time)
WHERE PTN-TBL.learner= SCORE-TBL.NEW.learner;

CREATE Rule-2
AS ON UPDATE TO PTN-TBL
WHERE PTN-TBL.NEW.ptn <> PTN-TBL.OLD.ptn
DO SELECT action-id
FROM PTN-ACT-TBL
WHERE PTN-TBL.NEW.ptn = PTN-ACT-TBL.ptn AND
PTN-ACT-TBL.criterion = SELECT criterion
FROM LEARNER-TBL
WHERE learner = PTN-TBL.NEW.learner;

SCORE-TBL : 成績テーブル
PTN-TBL : 成績パターン・テーブル
PTN-ACT-TBL : 成績パターン・アクション・テーブル
LEARNER-TBL : 学習者テーブル
criterion : 学習者特性
    
```

図8 ルール記述の標準化
Fig.8 Standardization of Rule Description

図8の点線枠で示すように,Condition,Actionをそれぞれ記述した,WHERE,DOセクションをすべて標準的なSQL文で記述することにより,これらのルールを他のDBMSへ移植することが比較的簡単に行える.本研究ではルールの条

件がすべてテーブル値として与えられるため、ルール記述を標準的な SQL 文のみで記述することができ、その結果高い移植性を実現した。

3.6 シーケンシングの拡張

以上のように ECA ルールを利用したシーケンシング制御は、SCORM2004 レベルの教材提示順の制御が実装可能であると同時に、その他様々な機能を起動することができる。図 8 における Action は成績パターン-アクションテーブルから条件に合った Action-id を取得するものであるが、アクションの起動を監視する Wrapper ソフトなどにより、Action-id をメールアプリケーションへ仲介することによるチャイリングメッセージの送信といった、現在注目されつつあるメンタリング、チュートリング機能の自動起動等も実現できる。

その他、ある問題が誰も解答できない場合などに発動する指導者へのアラート、学習者の理解度に応じた提示問題の難易度の変更、学習者同士が教え合うことで理解度を高める協調学習ツール等の起動なども実現可能である。

4. 関連研究

問題単位の正誤パターンから学習者ひとり一人の診断情報や指導方法改善の評価情報を得ようとする試みは Student-Problem Table(以下 S-P 表)分析として CAI 以前から存在していた。S-P 表は、テスト得点を図表的に表し、それぞれの学習者の正誤パターンを個々に診断することが目的である。さらに、標準的な正誤パターンからの乖離度を Caution Index(以下注意係数)で表し個別指導情報を得ようとする試みである。注意係数は、e ラーニングでも事後分析を目的とした指導者向けに、図 9 のような形で LMS に実装されている例もあるが、具体的な指導対策情報を抽出するまでには至っておらず、また、学習者全員の学習完了後に表示される事後データである点が、リアルタイムなアクションの起動を目指した我々のアプローチとは異なっている。

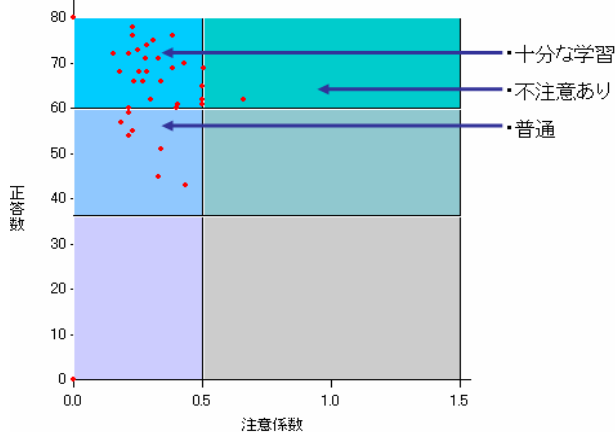


図 9 LMS での注意係数分析

Fig.9 Caution Index in the LMS

5. おわりに

本論文では e ラーニングにおけるシーケンシング制御に ECA ルールを活用することにより、問題単位の正誤パターンに対するレスポンスが可能となることを示した。さらに、教科の評価観点を表形式のパターン情報として管理することにより、複雑な教科観点の理解状況の把握とインクリメンタルなシーケンシング制御が可能であることを提示した。

また、ルールの条件をテーブル上のデータとして管理することにより、コンテンツやアプリケーションにルールを記述する必要がなくなるため、コーディング負荷が軽減されコンテンツの再利用性も確保されることを示した。さらに、SQL のみでルールを記述することでルール資産の移植性が改善できることが判明した。

SCORM2004 で本格的なシーケンシング方式が提案されているものの、ルール記述方法が煩雑であるためまだ商業的にはほとんど利用されていない。本研究における比較的簡素なルール記述方法は、きめの細かな学習者に対する個別対応が求められる今後の e ラーニングシステムにおいて重要な機能であると言える。

今後の課題としては、記述した一連のルールの動作の検証と確認ができるルール・オーサリング環境、教科の観点パターン編集用の GUI を持つパターン・アクション・ジェネレータの整備が挙げられる。本システムは現在 PostgreSQL 8.0.2 のルール記述言語で実装し動作の評価中である。今後は実際に一連の英会話学習の e ラーニング・コースウェアを作成し、学習者による評価とシステムの改善を行う予定である。

【文献】

- [1] ADL, <http://www.adlnet.org/>
- [2] SCORM2004, <http://www.adlnet.org/scorm/>
- [3] IMS, "IMS Simple Sequencing Information and Behavior Model", Revision: 03 March 2003.
- [4] 庄司成臣 小山嘉紀 延原哲也 劉渤江 國島丈生 横田一正, "e ラーニングのための教材流通アーキテクチャの提案", DBWS2005.
- [5] IMS, "IMS Question and Test Interoperability Overview", January 2005.
- [6] IMS, "IMS Learner Information Packaging Information Model Specification", March 2001.
- [7] 佐藤隆博, "教育情報工学入門", コロナ社, 1989.
- [8] Jennifer Widom, Stefano Ceri, Active Database Systems", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1996.
- [9] Yuri Bogleav, "Interchange of ECA Rules with Xpath expressions", W3C Workshop on Rule Languages for Interoperability, 27-28 April 2005 <http://www.w3.org/2004/12/rules-ws/>

延原 哲也 Tetsuya NOBUHARA

株式会社ベネッセコーポレーション所属。
岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士後期課程在学中。
e ラーニングの研究に従事。日本データベース学会学生会員。

庄司 成臣 Nariomi SHOJI

岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士前期課程在学中。
2004 岡山県立大学情報工学部情報通信工学科卒業。e ラーニングの研究に従事。日本データベース学会学生会員。

劉 渤江 Bojiang LIU

岡山理科大学総合情報学部情報科学科助教授。マルチメディア情報処理技術の研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 日本データベース学会等正会員。

横田 一正 Kazumasa YOKOTA

岡山県立大学情報工学部情報通信工学科教授。データベースシステムの研究・開発に従事。情報処理学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本データベース学会, ACM, IEEE 等正会員。