

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

延原 哲也ⁱ 庄司 成臣ⁱⁱ 劉 渤江ⁱⁱⁱ 横田 一正^{iv}

i ㈱ベネッセコーポレーション 〒700-8686 岡山市南方 3-7-17

ii iv 岡山県立大学大学院 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

iii 岡山理科大学 〒700-0005 岡山市理大町 1-1

E-mail: tetsuya_nobuhara@mail.benesse.co.jp , {shoji,yokota}@c.oka-pu.ac.jp , liu@mis.ous.ac.jp

あらまし 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.

キーワード e ラーニング, ECA ルール, SCORM2004, 形成的評価

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

Tetsuya NOBUHARAⁱ Nariomi SHOJIⁱⁱ Bojiang LIUⁱⁱⁱ Kazumasa YOKOTA^{iv}

i Benesse Corporation 3-7-17 Minamigata, Okayama 700-8686 Japan

ii iv Okayama Prefectural University, 111 Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

iii Okayama University of Science 1-1 Ridai-cho, Okayama, 700-0005 Japan

E-mail: tetsuya_nobuhara@mail.benesse.co.jp , {shoji,yokota}@c.oka-pu.ac.jp , liu@mis.ous.ac.jp

Abstract We propose a new e-Learning sequencing model which is based on learner's 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.

Keyword e-Learning, ECA Rule, SCORM2004, Formative Evaluation

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の向上が期待できる。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

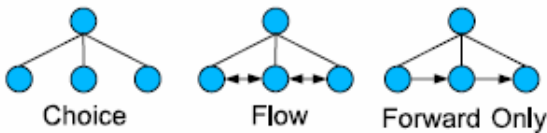


図1 IMS-SS シーケンシング例

配置された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が学習者の得点や合否ステータスを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。

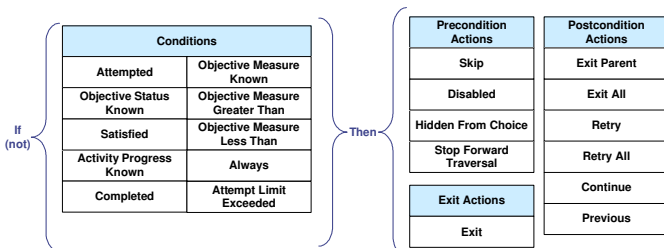


図2 IMS-SSのシーケンシングルール記述

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る。その場合複数の問題の合計得点や

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 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。具体的にはテスト問題をアセスメント・アイテムとして、各種の問題タイプごとのインタラクション仕様や集計仕様を記述している。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。

2.3 LIP

IMS-Learner Information Packaging(以下 IMS-LIP) [6]は学習者情報の標準化を規定し、eラーニングシステムの相互運用性を高めることを目標としている。IMS-LIPでは学校での教育履歴や、専門能力の開発履歴といった広義の学習者情報管理を規定しており、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。

2.4 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具体的な診断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ルールをコンテンツに記述することで複雑な Condition を管理可能であるが、条件記述箇所のオーバーヘッドが大きく、また、コンテンツ自身の再利用が困難となる。

3. ECA ルールによるシーケンシング概念

そこで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 提案システムの概念図

我々が提案するシーケンシングの概念を図3に示す。1)問題正誤パタンの監視, 2)教科の観点パタンとのマッチング, 3)学習者特性の確認, 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コンセプトのみで実現を図る。

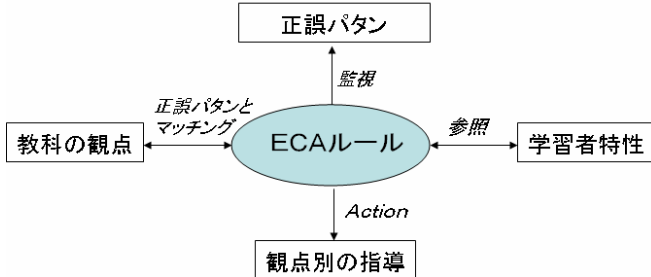


図3 システム概念図

3.2 正誤パタンと教科の観点

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単位に配列されているのが普通であるが、評価したい特定の観点、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(②)と未来進行形で未来の予定を表す表現(④)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、正誤パタンの監視によるシーケンシングが実現できる。

また、ある問題が誤答であった場合でも、図5に示したように、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ンの管理を行うことが望ましい。

正誤パタンの作成作業は、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ン設定は困難である。現実的な運用方法は、設定パタ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。

意味カテゴリーのオーバーラップ

単元分類	問題	観点	時系列正誤パターン
現在	① We are watching TV.		○ ○ ○
	② We are moving next week.	未来の予定	× ○ ×
	③ I have known her for years.		○ ○ ○
未来	④ We will be seeing you soon.	未来の見込み	○ ○ ○
	⑤ The plane will have landed by then.		× × ×
過去	⑥ We was having financial difficulties.	不可算名詞	○ ○ ×
	⑧ I had visited the city before.		×

注意を要する意味カテゴリー

- 現在進行形, 未来進行形による近未来表現
- 不可算名詞
- 未来完了, 過去完了表現

図4 意味カテゴリーと正誤パタンマッチング

正誤誤答選択肢		誤答選択肢の設定根拠
② We are moving next week.		正答
誤答	1. will move	willが意志,判断を表す未来表現であることが理解できていない
	2. move	moveは現在形であり未来を表現できないことが理解できていない
	3. shall move	shallが単純な未来表現であることが理解できていない

図5 誤答選択肢設定根拠

3.3 正誤パタン管理の汎用性

さらに図4で示した例では、過去進行形を問う問題⑥に、数えられない名詞を問う⑦が混在している。表形式の誤答パタンの管理方法ではこういったオーバーラップも十分管理が可能である。また、以下のような小学校算数の文章問題の場合でも、下記の2段階の解

問い: 「りんごが10個ありました。そのうち3個食べました。残りはいくつでしょう？」
 ☆解答戦略 1) 足し算か引き算かの判断
 2) 引き算自身の計算能力

答戦略にそったアプローチが必要であり、各々を別観点として問題作成し、同様に正誤パタンとして管理することができる。このように、問題正誤パタンと教科の観点とのマッチングは汎用性の高い管理手法であると判断できる。

3.4 学習者特性情報の参照

問題の正誤パタンに応じて、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良い場合がしばしば存在する．図6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

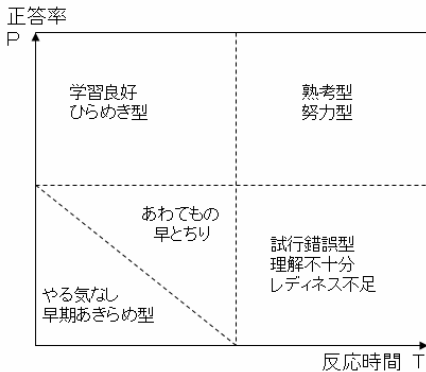


図6 学習者反応タイプ[7]

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6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．

3.5 ECA ルール

従来型のデータベースはユーザやアプリケーションからの問合せ，変更，削除などの操作が行われた時に作動する受動的なシステムであるが，アクティブ・データベース・システムは，データベース上に起こる事象の発生に対し，一定の条件を満たす場合にデータベース自身が能動的に機能することができる．能動的機能は，Event,Condition,Actionで構成されるECAルールとして記述される．

我々は，Event=成績情報の更新，Condition=成績パターンとアクションパタンのマッチング，Action=学習支援活動の発動としてシーケンシング制御を検討した．本システムでは，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で，以下のステップで実行されるように実装した．

①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をリアルタイムに生成する．

②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，成績パターンテーブル(PTN-TBL)が更新され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(LEARNER-TBL)を参照しその条件下でアクションを検索する．

③アクションの起動(Rule-2)

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である場合と，2)メールサーバなどの外部アプリケーションとの連携する場が考えられる．

```

(ルール1)
CREATE RULE
AS ON
WHERE
DO
Rule-1
UPDATE TO 成績TBL
成績TBL更新
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
AS ON
WHERE
DO
Rule-2
UPDATE TO 成績パターンTBL
成績パターンTBL更新
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

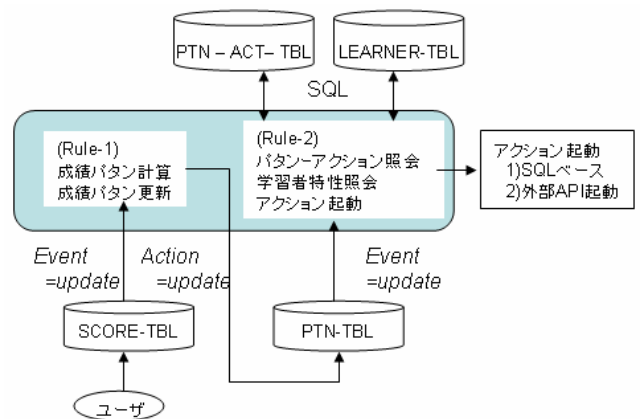


図8 ECAルール駆動の流れ

一連のECAルール動作の様子は図7, 8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，変更といった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，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．

3.6 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
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 : 成績ボタン・テーブル
PTN-ACT-TBL : 成績ボタン・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9 ルール記述の標準化

図9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、ルール記述が、標準的な SQL 文のみで表現されており、高い移植性を実現した。

3.7 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9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で、チア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、チュータリング機能の自動起動も実現できる。

その他、①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、②学習者の理解度に応じた提示問題の難易度の変更、③学習者同士が教え合うことで理解度向をはかる協調学習ツール等の起動なども実現可能である。

ECA ルールはリアルタイムに起動されるため、従来管理者が手動で行っていた学習支援アクションをよりタイムリーに実行でき、時間遅延に伴う学習者の興味関心の減退を防止する意味でもきわめてその効果は大きい。もし ECA ルールを使わず頻繁にデータベース状態を確認しようとするれば、サーバへの問い合わせ負荷が高くなってしまふという問題が発生する。また、従来型のデータベースにこのようなリアルタイム処理を実装する場合は、複数のアプリケーションやコンテンツヘルールのコーディングを行う必要があり、そのメンテナンス、不具合発生時におけるバグの特定に膨大な作業が発生する結果となる[10].

4. 関連研究

Web Based Training(以下 WBT) 形式の e ラーニングシステムはこれまで一定の知識をいかに効率的に学習者に伝えるかという側面が強調されてきた。企業内トレーニングや大学新入生のリメディアル教育などではいかに効率的に教育できるかという、教育サービス提供側の論理でシステムが設計されてきたと言える。しかし、WBT 形式の教育への参加意欲を維持することが大きな課題と認識されるようになり、対面教育も同時に行う形態(Blended Learning)が導入されつつある。そうした状況にもかかわらず学習者のレスポンス結果に細かく対応できる動的な e ラーニングシステムはこれまでほとんど存在していなかった。

問題単位の応答結果に応じて、メッセージや問題の提示内容を変化させる低年齢向けの e ラーニングシステムの例としては、インタラクティブ・スタディが挙げられる[11].インタラクティブ・スタディは専用オーサリングソフトであるスタディライターにより問題作成支援が図られているが、シーケンシング制御は問題コンテンツ自身に記述された JavaScript によって、得点ベースに行われる方式である。つまり、シーケンシングが問題単位に逐次的に実行される点で SCORM2004 とほぼ同じコンセプトになっており、Computer Assisted Instruction(以下 CAI)の機能を Web の技術で発展させるというコンセプトであるインタラクティブ・スタディは、我々のアプローチとは異なっている。

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答・誤答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 10 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。

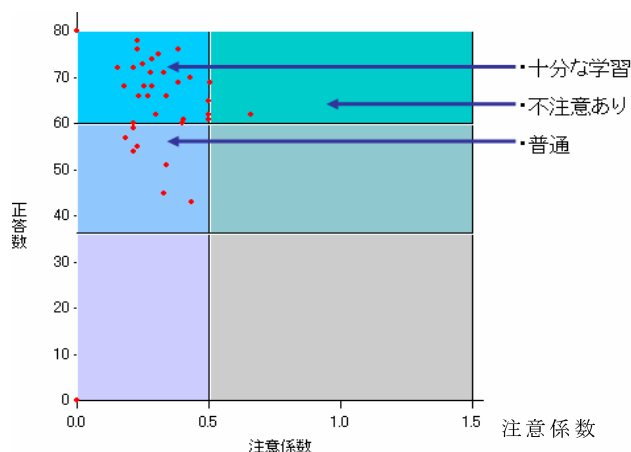


図 10 LMS での注意係数分析
(Information Navigware v7 成績管理システム)

また、e ラーニングに ECA ルールを応用した例としては、同期型の遠隔講義システムに ECA ルールを活用し、教師の授業運営の支援を目指した VIEW Classroom が挙げられる[12]。VIEW Classroom は過去に出された質問や、関連する教材を ECA ルールによって自動的に提示させることにより、過去の授業資産の共有、再利用を目指すものである。また、教材単位で記述された ECA ルールをルール管理データベースに蓄積し、共有、再利用を促進することも行っている。我々のアプローチは、自主学习である WBT 形態での学習において、学習者のレスポンスに個別に対応する方式であるため、教師を支援する立場とは大きく異なっている。

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リアルタイム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対応が必要となる今後の 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 GUI 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/>
- [10] Stephen G. Schur, "THE DATABASE FACTORY Active Database for Enterprise Computing", John Wiley&Sons, Inc., 1994.
- [11] 東原義訓 中山和彦 余田義彦 西尾康宏, "Web ベース学習システム「インタラクティブ・スタディ」の開発", 日本教育工学会 鹿児島大学 2001.
- [12] 片山薫 上林彌彦, "能動データベースを利用した隔講義のための講義支援", 電子情報通信学会論文誌 D-I, vol. J82-D-I, no. 1, pp. 247-255, 1999 年 1 月.