

ユーザ適応型 e-Learning システム KUSEL の設計

鈴木 智樹[†] 藤原 祥隆[†] 岡田信一郎[†] 吉田 秀樹[†]

[†] 北見工業大学工学部情報システム工学科, 〒090-8507 北海道北見市公園町 165
E-mail: †{tomoki,okada}@ialab.cs.kitami-it.ac.jp, ††{fujiwara,hy}@cs.kitami-it.ac.jp

あらまし 本発表では、Causal Network による理解度推論と、Java Production System による教材提示シナリオの実行により、弱点補強学習を可能にする e-Learning システム KUSEL の設計について報告する。

キーワード e-Learning, Causal Network, Bayesian Network, Production System, ユーザ適応

Design of the user adaptive e-Learning system KUSEL

Tomoki SUZUKI[†], Yoshitaka FUJIWARA[†], Shin-ichirou OKADA[†], and Hideki YOSHIDA[†]

[†] Dept. of Computer Science, Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology, Koen-cho 165, Kitami, Hokkaido, 090-8507 Japan

E-mail: †{tomoki,okada}@ialab.cs.kitami-it.ac.jp, ††{fujiwara,hy}@cs.kitami-it.ac.jp

Abstract This report presents a design of the e-Learning system KUSEL. KUSEL makes user adaptation possible using reasoning of the degree of understanding by Causal Network and execution of the submitting scenario of the teaching materials by Java Production System.

Key words e-Learning, Causal Network, Bayesian Network, Production System, User Adaptation

1. はじめに

近年、技術革新や新しいビジネスモデルの台頭などにより、知識や技術といった無形の資産が経済の基盤となりつつある。それにより、高い付加価値を生み出すことができる知的労働者の、生産性を高めることが重要となっている。

e-Learning システムはそのような背景から、「時と場所、機器を選ばず、ネットを介して配信されるコンテンツやツールを利用して知識やスキルを習得することを可能にすること」を目的として生まれたコンピュータとネットワークを介した教育システムの総称である。

e-Learning システムの内

- ネットワークを利用して学習を行う
- 学習進捗や履歴の管理が可能

といった特徴を持つものを LMS(Learning Management System) と呼ぶ。

本研究では、ユーザ適応型の学習を可能にする LMS、KUSEL (Kitami User adaptive and Scenario driven e-Learning system) を設計、及び開発した。

2. KUSEL の概要

KUSEL は、Causal Network(bayesian network と呼ばれる、以下 CN と略) [1] による理解度推論と、XML で記述され

た教材提示に関するシナリオを Java Production System(以下 JPS と略) [2] によって動作させることにより、ユーザの苦手分野に重点をおいた学習を可能にするユーザ適応機能を備えた LMS である。

2.1 LMS

LMS とは、ネットワークを利用して学習と、学習進捗や履歴の管理が可能な e-Learning システムである。[3]

e-Learning システムは次のように進化している。

- CBT (Computer Based Training)

教材を直接、パソコンにインストールしたり、CD-ROM を配って学習を行う。

- WBT (Web Based Training)

ネットワークを利用した双方向の通信と、Web ブラウザを使用した学習が可能。

- LMS (Learning Management System)

WBT の機能に加えて学習進捗や履歴の管理可能。

2.2 教材の標準化

教材が LMS に送信する学習状況の形式に標準がない場合、LMS では対応している特定の教材しか利用することができない。また、現在の LMS を、別の LMS にした場合も今までの履歴情報がそのまま参照できないことになる。しかし、反対に教材と LMS のやり取りが統一され、履歴情報も同一の形式であれば流用可能になる。このような要望に答えるため標準規格

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) が存在する。

SCORM は以下の様な目的を持っている。

- 再利用性
- アクセス可視性
- 耐用性
- 相互互換性

2.3 KUSEL の特徴

KUSEL は以下の特徴を持っている。

- 低コストで構築可能

KUSEL サーバは、apache, tomcat, postgres といったオープンソースを利用して構築が可能であり、低コストでの構築が可能である。

- 対応データベースを拡張可能

KUSEL は、データベースへのアクセスが抽象化されており、どんなデータベースでも拡張によって関係可能になる。

- シーケンシングエンジンを拡張可能

シーケンシングエンジンは、学習者への教材提示に関する制御を行うものであり、KUSEL では、これを拡張することによって様々なタイプの教材を学習者に提供できる。現在、ユーザ適応を可能にするエンジンと標準規格 SCORM に対応したエンジンが作成されている。

- 国際化

KUSEL は、国際化により多くの言語に対応することが可能である。現在は、英語と日本語に対応している。

2.4 KUSEL の提供機能

KUSEL は、以下の機能を提供する。

- オンデマンド学習
- 学習履歴管理

2.4.1 オンデマンド学習

オンデマンド学習とは、利用者が個人で学習するための機能である。利用者は、クライアントマシンから Web ブラウザを用いて KUSEL サーバへアクセスし、好きな時間に、自分にあったペースで学習することができる。

2.4.2 学習履歴管理

学習履歴管理とは、ユーザが学習したコースや教材に関する情報の履歴を管理する機能である。

3. KUSEL 構成

3.1 KUSEL の設計モデル

KUSEL は MVC モデルに基づいて設計されている。MVC モデルとは、ソフトウェアを、モデル、ビュー、コントローラ の三つに分割して考えるデザイン・パターンである。

- モデル

システムが扱うデータとそのデータに対する操作（業務ロジック）を表現する。

- ビュー

モデルからユーザへ情報を提供するユーザインターフェースに相当する部分である。

- コントローラ

ユーザの入力を受け取り、その内容に基づきモデル/ビューをコントロールする。

KUSEL では、ビューを JSP、コントローラを Servlet で記述している。また、KUSEL のモデルは、役割によって以下のように分けられる。

- 情報保持クラス
- 管理クラス
- シーケンシングエンジン
- 学習履歴通信

上記の他に、KUSEL の構成要素としてデータベースが存在する。

3.2 ビュー

KUSEL では、ユーザインターフェースとして、次のような画面をユーザに表示する。

- ログイン画面
- メニュー画面
- ユーザ管理画面
- コース管理画面
- グループ管理画面
- 学習履歴閲覧画面
- コース選択画面
- 講義選択画面
- 学習画面

3.3 コントローラ

KUSEL では、以下のようなコントロールクラスが存在する。

- 認証コントローラ
- ユーザ管理コントローラ
- コース管理コントローラ
- グループ管理コントローラ
- 学習履歴閲覧コントローラ
- コース選択コントローラ
- 講義選択コントローラ
- シーケンスコントローラ

3.4 情報保持クラス

KUSEL では、以下のような情報を保持するためのクラスが存在する。

- ユーザ情報保持クラス
- コース情報保持クラス
- グループ情報保持クラス

3.5 管理クラス

KUSEL では、以下のような情報を管理するためのクラスが存在する。

- ユーザ管理クラス
- コース管理クラス
- グループ管理クラス

3.6 シーケンシングエンジン

シーケンシングエンジンとは、学習者への教材提示に関する制御を行うクラスである。このクラスは、抽象化されており、以下の機能を実装する必要がある。

- 次にユーザに提示すべき教材情報を返す。

- 1つ前にユーザに提示した教材情報を返す。
- 現在ユーザに提示している教材情報を返す。
- 引数で与えられた ID を持つ教材情報を返す。
- 次にユーザに提示すべき教材情報が存在する場合 true、存在しない場合 false を返す。

- 1つ前にユーザに提示した教材情報が存在する場合 true、存在しない場合 false を返す。
- 講義の目次情報を返す。

現在作成されているシーケンシングエンジンは、以下のとおりである。

- SCORM1.2 シーケンシングエンジン

SCORM1.2 シーケンシングエンジンは、e-Learning の教材の規格である SCORM のバージョン 1.2 に対応したエンジンである。

- コーザルネットワークシナリオシーケンシングエンジン
 コーザルネットワークシナリオシーケンシングエンジン (以下 CNSS エンジンと略) は、CN による理解度推論と、シナリオを JPS によって動作させることにより、ユーザ適応機能を実現するエンジンである。

3.7 学習履歴通信

学習履歴通信は、以下の2つの要素で成り立っている。

3.7.1 通信 Applet

通信 Applet とは、ユーザがコースの学習中、ユーザ ID やユーザ名といった情報や、前回の学習結果情報を通信 Servlet から取得し、学習教材に送信する、また、逆に学習教材から学習結果情報を受け取り、通信 Servlet に送信するといった動作を行う Applet である。

3.7.2 通信 Servlet

通信 Servlet とは、通信 Applet から情報取得要求や学習結果情報が送られた際、管理クラスを利用し、情報を通信 Applet に送ったり、データベースに保存する Servlet である。

3.8 データベース

データベースは、ユーザ、コース、グループ等の情報や、学習教材、学習履歴といったデータを保持している。KUSEL では、データベースへの接続は、抽象化されており、設定により接続クラスを入れ替えることで、様々なデータベースに対応することができる。現在、postgres、MySQL の2つのデータベースに対応している。

3.9 KUSEL の動作

3.9.1 ユーザ認証

ユーザが、KUSEL にログインする際にユーザ認証が行われる。その動作を Fig.1 に示す。

3.9.2 情報管理

KUSEL では、ユーザは、Web ブラウザを通してユーザ、コース、グループの各情報の登録、削除、更新といった作業を行うことができる。その動作を Fig.2 に示す。

3.9.3 オンデマンド学習

ユーザは、Web ブラウザを使用しオンデマンド学習を行うことができる。

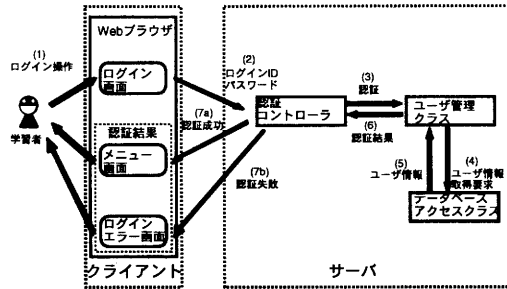


図1 ユーザログイン時の認証動作

Fig. 1

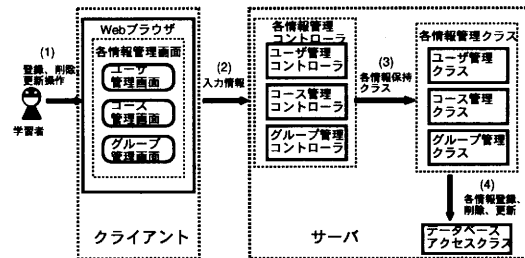


図2 各情報の登録、削除、更新時の動作

Fig. 2

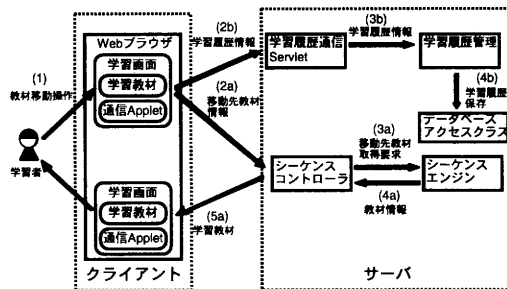


図3 オンデマンド学習時の動作

Fig. 3

4. KUSEL のユーザ適応動作

KUSEL は、コーザルネットワークシナリオシーケンシングエンジン (以下 CNSS エンジンと略) によってユーザ適応動作を実現する。

CNSS エンジンとは、CN による理解度推論と、シナリオを JPS によって動作させることにより、ユーザ適応機能 [4] を実現するエンジンである。

CNSS エンジンは、以下の技術によって成り立っている。

- Causal Network
- Java Production System

4.1 Causal Network

CN とは、事象をノードとし、事象間の因果関係を表すエッジで結合し構成されているもので、ある事象について分かった事実から他の事象の確率的状態がどのようにあるかを推論する

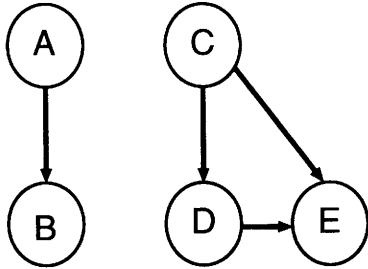


図 4 CN が対象とする事象の例 (有向非循環グラフ)

Fig. 4

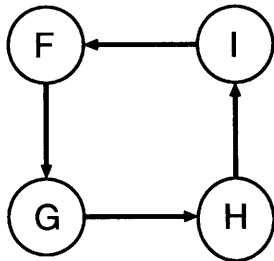


図 5 CN が対象としない事象の例 (有向循環グラフ)

Fig. 5

確率的技法である。

尚、事象の構造が DAG (Directed Acyclic Graph:有向非循環グラフ、Fig.4) となるものを対象とし、有向循環グラフは対象としない (Fig.5)。

Fig.5 の DAG は循環している (あるノードからエッジを辿ると、もとのノードに戻ってしまう) ため、CN が利用できない。

具体的な CN の例を Fig.6 に示す。それぞれの記号の意味は次の通りとする。

- r_1 = 雨が降っている。
- r_2 = 雨が降っていない。
- s_1 = 学生が講義に来る。
- s_2 = 学生が講義を休む。
- e_1 = 土木工事が行われる。
- e_2 = 土木工事が中止になる。

まず $P(Y | X)$ は事象 X が成り立つとき、事象 Y が成り立つ条件付確率を示す。このことを図中に照らし合わせると、例えば $P(s_1 | r_1)$ は、雨が降ったとき (r_1) の学生が講義に来る (s_1) 確率 (因果関係) を表す条件付確率であるということになる。そして、この状況において、「学生が講義を休む」という事実だけわかったとする。その事実 $P(s_2) = 1.0$ を CN に入力 (インスタンスシート) すると、CN は、与えられた条件付確率を元にして、雨が降っている確率 $P(r_1 | s_2)$ 、土木工事が行われる確率 $P(e_1 | s_2)$ 等を計算で求めることができる。計算手順は省略 ([1] を参照のこと) するが、この場合の計算結果は $P(r_1 | s_2) = 0.37$ 、 $P(e_1 | s_2) = 0.41$ となる。このように Causal Network は、事象と、条件付確率により表される事象間の因果関係、及び定まった事実をもとに確率的推論を行う。

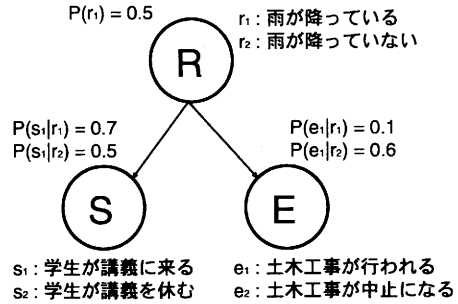


図 6 CN の具体例

Fig. 6

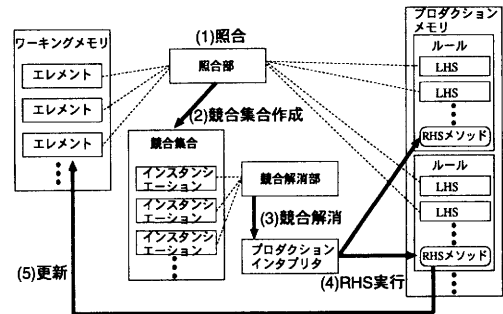


図 7 Java プロダクションシステムの概念図

Fig. 7

4.2 Java Production System

プロダクションシステムは、ルールの条件部 (LHS) とワーキングメモリに蓄えられたデータ (エレメント) を照合し、条件部を満たすルールの実行部 (RHS) を実行する「認知-実行」サイクルを繰り返し推論を行うシステムである。

JPS は

- プラットホーム独立
- Java の豊富な API を利用可能

といった特徴の実現を目指し開発されたプロダクションシステムである。

4.2.1 JPS の動作

JPS においてルールはそれぞれがクラスとして記述される。ルール内の LHS もまたそれぞれがクラスとして記述される。この LHS を照合部が参照し、WM のエレメントとの照合を行い、条件を満たすルールとエレメントの組 (インスタンスエーション) を競合集合へ登録する。最後に競合解消部で最も優先度の高いインスタンスエーションを選択し、ルールの RHS メソッドを実行する。以上が JPS における 1 回の「認知-実行」の仕組みである。Fig.7 にその様子を示す。

4.3 CNSS エンジンの構成要素

4.3.1 kusel マニフェストファイル

kusel マニフェストファイルは、「CN 定義ファイル」、「講義シナリオファイル」へのパスを持ち、コース内の講義についての情報を定義した XML ファイルである。

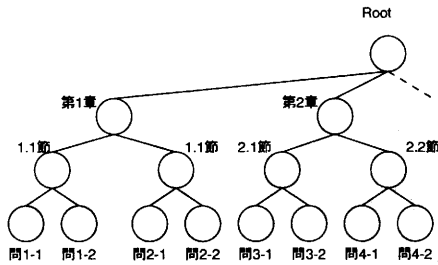


図 8 CN と教材の対応関係
Fig. 8

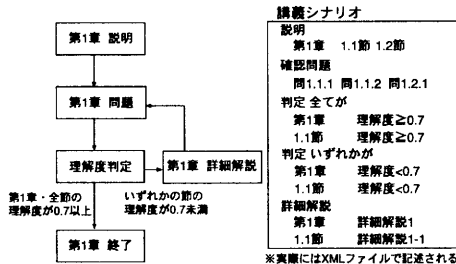


図 9 講義シナリオによって記述可能な授業の流れと概念図
Fig. 9

4.3.2 CN 定義ファイル

CN 定義ファイルとは、CN の構造を定義した XML ファイルである。

CNSS エンジンでは、各コース毎に CN 定義ファイルが 1 つ用意される。

本システムでは学習教材が、章、節、問の木構造となっていることを想定している。それに従い、CN 構造も各章、節、問に 1:1 で対応する木構造としている。Fig.8 に構造例を示す。

CN の各ノードは該当分野を「理解している」、「理解していない」の 2 つの状態を取るものとし、「理解している」確率を「理解度」としている。(問題の場合は正解/不正解)

各ノード間の条件付確率は、「親ノードを理解している時、このノードを理解(正解)している確率」のように意味づけられている。

本システムにおける弱点補強は、この理解度が低いノード、すなわち学習者が苦手としている範囲を推論し、それに対する詳細解説や、類似問題の提示を繰り返すことによって実現される。

4.3.3 講義シナリオ

講義シナリオは、教材ファイルについての情報および、それらを提示するルールや順番等を定義した XML ファイルである。

たとえば、「該当範囲の説明のあと練習問題を解き、その結果から理解度を算出する。各章、及びその章に属する全節の理解度が 0.7 以上であれば、その章については理解したものと判断し、講義を終了する」といったことが記述できる。

この例の、講義シナリオによる授業の流れと概念図を Fig.9 に示す。

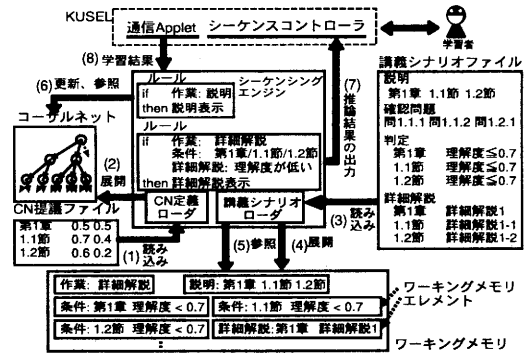


図 10 エンジン動作
Fig. 10

4.3.4 推論動作

CNSS エンジンでは、まず講義開始時に CN 定義ファイルから CN を生成し講義シナリオを読み込み JPS のエレメントとしてワーキングメモリに展開する。

以降は KUSEL のシーケンスコントローラの要求を受けると、講義シナリオの記述に従い、次に学習者に提示すべき教材の情報を返す。

シーケンスコントローラは、この教材の情報から表示される HTML ファイルを取得し、利用者に提示する。次に、通信 Applet から教材に対する学習者の学習結果情報を受け取り、その情報を一時的に保持しておき、講義シナリオの記述によって CN を更新する。更新された CN の推論結果から、弱点補強に適した教材の情報を返す。

この様子を、Fig.10 に示す。

講義シナリオ動作

CNSS エンジンでは、講義シナリオと CN から以下の様な JPS のエレメントを生成する。

- コントロールエレメント

シナリオ中の現在位置や、判定結果、現在提示すべき学習教材情報の一時保存を保持するエレメント。

- 記述エレメント

ユーザに提示する学習教材の情報 (ID、パス、MIME タイプ等) と、それらの提示順序に関する情報を保持するエレメント。

- 判定エレメント

条件エレメントを集約するために存在するエレメント。

- 条件エレメント

理解度等による分岐の条件、判定結果、および、属する判定エレメントの ID を保持するエレメント。

- CN ノードエレメント

CN ノードへの参照を保持するエレメント。

次に、生成されたコントロールエレメント以外のエレメントを次のルールを持つ JPS システムに登録する。

- 記述ルール

コントロールエレメントが保持する現在位置に相当する記述エレメントが存在するならば、その、記述エレメントから、ユー

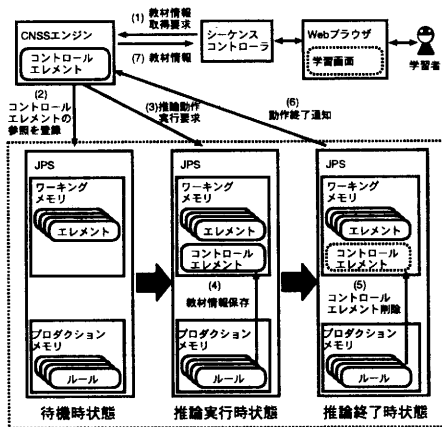


図 11 JPS の動作
Fig. 11

に提示する学習教材の情報を取得しWebブラウザコントロールエレメントに一時保存する。コントロールエレメントの現在位置を移動先に更新する。そして、推論を一時停止させるために登録されたコントロールエレメントをシステムから除く。

- 判定初期化ルール

コントロールエレメントが保持する現在位置に相当する判定エレメントが存在し、その判定エレメントに属する条件エレメントが存在するならば、コントロールエレメント、条件エレメントに保存されている前回の判定結果を消去する。

- 判定条件適応ルール

コントロールエレメントが保持する現在位置に相当する判定エレメントが存在し、その判定エレメントに属する条件エレメントが存在し、分岐条件が満たされたならば、条件エレメントに判定結果を保存する。

- 判定条件確認ルール

コントロールエレメントが保持する現在位置に相当する判定エレメントが存在し、その判定エレメントに属する判定結果を保持する条件エレメントが存在しないならば、コントロールエレメントの現在位置を移動先に更新する。

- 判定条件選択ルール

コントロールエレメントが保持する現在位置に相当する判定エレメントが存在し、その判定エレメントに属する判定結果を保持する条件エレメントが存在するならば、条件エレメントの判定結果をコントロールエレメントに保存する。コントロールエレメントの現在位置を条件エレメントの分岐先に更新する。

CNSS エンジン、KUSEL から教材情報取得の要求が出るたび、JPS システムにコントロールエレメントを登録し、システムを動作させ提示すべき学習教材の情報取得する。

この様子を、Fig.11 に示す。

Causal Network の更新

CNSS エンジン、講義シナリオに、CN 更新を行うよう記述があった場合、以下の動作を行う。

まず、受け取った学習結果情報からユーザの問題の正否に関

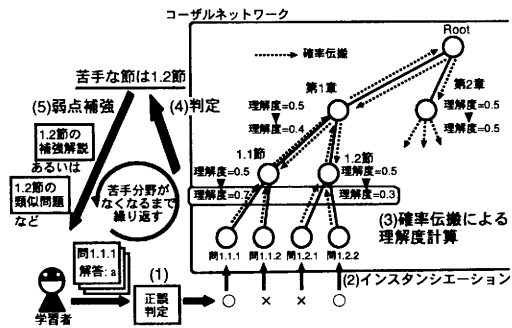


図 12 コーザルネットワークによる理解度推論
Fig. 12

する情報を取得する。次に、各問題に対応した CN ノードに問題の正否の状態をあたえる。すると、CN は、条件付確率に基づき各ノードの理解度を計算する。

CN 更新が終了したならば、CNSS エンジン、理解度が、講義シナリオに記述された閾値より低いノードを苦手分野と判断し、講義シナリオに基づき弱点補強学習を行う。標準的な講義シナリオは、苦手分野が存在しなくなるまでこの動作を繰り返す。

この様子を、Fig.12 に示す。

5. まとめ

KUSEL は、本論で述べた設計に基づき、現在開発が行われている。現在の KUSEL は、各情報の登録、削除、SCORM1.2 エンジンや、CNSS エンジンを使ったオンデマンド学習といった、主要な機能の大部分は完成し、簡易教材による動作の確認及び検証を行った。

今後の課題として、実用的な、本格的教材によって、CNSS エンジンを使用した、ユーザ適応型のオンデマンド学習の教育効果の検証が上げられる。しかし、動作検証に使用した簡易教材ですら、作成には、教材の仕様の十分な理解と、かなりの時間が必要であった。

従って、実用的な、本格的教材を作成するには、オーサリングツールの存在が非常に重要である。現在、CNSS エンジンに対応したオーサリングツールが開発中である。

文 献

- [1] Richard E. Neapolitan : "PROBABILISTIC REASONING IN EXPERT SYSTEMS (THEORY AND ALGORITHMS)" JOHN WILEY & SONS, INC. 1990
- [2] 鈴木智樹, 岡田信一郎, 藤原祥隆 : "Java プログラクションシステムの実行速度に関する性能評価," 情報処理学会北海道シンポジウム 2002
- [3] 日本イーラーニングコンソーシアム : "基本用語集" http://www.elc.or.jp/kihonyougoshu/yougo_top.htm
- [4] 鈴木智樹, 岡田信一郎, 藤原祥隆, 吉田秀樹 : "講義シナリオに基づく弱点補強型 e-Learning システムの実現法" 情報処理学会北海道シンポジウム 2003