

WWW 利用による教育体系作成支援システムの開発

富士 隆[†] 星原 健二郎[†]
小 銭 正 尚[†] 三 枝 武 男^{††}

インターネットと WWW の著しい普及により、グローバルなレベルでの情報の共有化が進展している。一方、情報システム学のような新しい教育体系の作成においては、専門学校、大学、企業等の関係機関での情報の共有化により実践的なカリキュラムの作成が求められている。本論文では、WWW 利用によるグローバルなレベルでの教育体系作成のための実現方法について提案する。本手法は、シソーラスを用いて教育体系をデータベース化し、議論モデルに基づく協調作業によりそれらを再利用、洗練化、再構築することを特徴としている。情報システム学の一部であるインフォメーション・エンジニアリングに関する教育体系作成の応用例を示す。

Developing a WWW-based Support System for Designing the Curriculum

TAKASHI FUJI,[†] KENJIRO HOSHIHARA,[†] MASAHISA KOZENI[†]
and TAKEO SAEGUSA^{††}

The increasing popularity of the Internet and the World Wide Web (WWW) has advanced global information sharing. In the development of new curricula such as for information system education, information sharing between interrelated organizations such as vocational schools, universities, and companies has created a demand for more practical curricula. In this paper, a method of developing a global curriculum using the WWW is proposed. The method is characterized by the creation of an education system database through the use of a thesaurus and by the reuse, refinement, and restructuring of the database through collaborative work based on a discussion model. An application example for developing of a curriculum for information engineering, a subfield of information system education, is described.

1. はじめに

教育体系の作成は、これまでオーサリングシステムの一部としてコースウェアの設計や開発という課題で研究が進められている^{1),2),4)}。さらに、近年のインターネットと WWW の普及により、それらを利用したコースウェア開発の研究も行われている³⁾。しかし、これらの研究は、教材開発者が個々に作成することを前提に一部自動化して支援するものであり、グローバルに複数の教材開発者が開発資源を再利用しながら協調作業を行うものではない。また、WWW 技術⁵⁾とグループウェア技術⁶⁾の進展により、グローバルなレベルでの情報の共有化が進んでいる。

筆者らは、高度情報社会に向けた情報化人材育成の

支援システムの研究開発に取り組んでいる^{15)~18)}が、その教育体系の作成が重要な課題となっている。情報システム学のような新しい教育体系は、コンピュータサイエンスの場合のように米国に数十年のカリキュラム研究と実績が積み上げられているわけでもないので、そのあり方の最初から自分の頭と経験で考えねばならないと指摘されている⁷⁾。情報システムの実践的な経験を有する企業と専門学校や大学が情報を共有しながら、情報システム学の教育体系を作成するためのメカニズムは、その解決策の1つとして期待される。

本論文では、教育体系原案をシソーラス化、データベース化し、その原案を WWW 利用により複数の教材開発者が改善案を作成するという手法を提案している。教育体系をオブジェクト指向データベース上に格納し、Replication/Feedback 機能の開発により教育体系データベースを再利用、洗練化、再構築可能としていることと議論モデルの開発により複数の教材開発者の協調作業を可能とするメカニズムが特徴である。

[†] 株式会社学習情報通信システム研究所
Software Research Laboratory

^{††} 北海道情報大学

Hokkaido Information University

以下、2章では、教育体系作成の手法について述べ、3章で教育体系作成支援システムの主な機能を示し、4章でその実現方法であるシステム・アーキテクチャを示し、5章で情報システム学での応用例を提示する。最後に6章で本論文のまとめを行う。

2. 教育体系作成のフレームワーク

2.1 教育体系作成のプロセス

教育体系作成のプロセスは、システム開発手法の1つであるタイムボックス手法⁸⁾に基づいている。タイムボックス手法は、システムの構築と改良を設定された締切まで反復して行い、締切までに作動するシステムを提供するものであり、短時間で高品質なシステムを実現するという特徴を持っている。タイムボックス手法は、次のステップから構成される。

st1：システムの要件定義

st2：プロトタイプ構築と改良

st3：ユーザ・レビュー

st4：システムの評価

st2とst3が締切まで反復して行われる。

教育体系作成のプロセスは、次の5つから構成される。その手順を図1に示す。

(1) 教育体系原案の作成

主体となる教材開発者が独自に教育体系原案を作成する。教育体系作成の基本機能（登録、変更、追加、削除、検索）を用いて必要な学習項目の設定を行う。作成された原案は、教育体系データベース・オリジナルとしてオブジェクト指向データベース上に格納する。

(2) 教育体系レプリカの作成

主体となる教材開発者が、教育体系データベース・オリジナルから複写し、教育体系データベース・レプリカを作成する。

(3) 複数教材開発者による改善案の作成

複数の教材開発者が、Webブラウザで教育体系データベース・レプリカを参照しながら、各々のアイデアに基づいて教育体系の変更を加える。変更の際には、その理由を記述する。また、変更内容に関して開発者間での不一致が生じた場合は、協調作業支援機能を用いて変更内容を確定する。

(4) 教育体系案のレビュー

主体となる教材開発者が、教育体系データベース・レプリカの変更履歴を参照しながら、教育体系のレビューを行う。

(5) 教育体系原案へのフィードバック

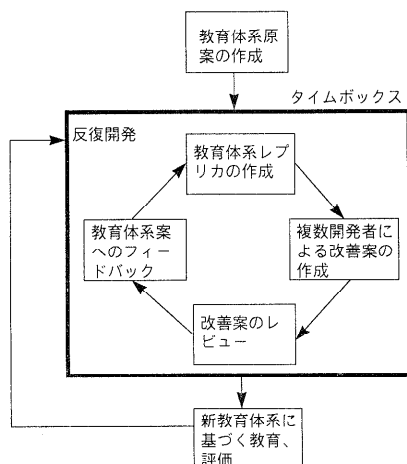


図1 教育体系作成の手順

Fig.1 Curriculum development procedure.

レビュー結果が反映された教育体系データベース・レプリカを教育体系データベース・オリジナルに置換する。

新たな教材開発者が加わったり変更要件が生じたときには、プロセスの(2)から(5)までの反復を行うことにより、より洗練された教育体系が作成される。

2.2 シソーラス構造に基づく教育体系のデータベース化

教育体系を開発資源として再利用、再構築するためにシソーラスの構造⁹⁾に基づきデータベース化を行った。

2.2.1 シソーラスの構造

シソーラスの構造は、教育体系をモデル化するのに適している。シソーラスは、ディスクリプタ（用語）、参照ディスクリプタ、非参照ディスクリプタ、上位語、下位語、関連語、スコープノートから構成される。ディスクリプタは、1つの概念（意味）を示すいくつかの用語の中からシソーラスで優先的に使用を認めた用語で、シソーラスを典拠とした索引と検索で用いられる。参照ディスクリプタと非参照ディスクリプタは、非ディスクリプタでディスクリプタの同義語や表記の異なる用語であり、ディスクリプタの索引と検索で使用される。上位語と下位語は、ディスクリプタ間を階層関係で構造化するのに適している。関連語は、非階層関係を表現するのに適している。スコープノートは、あいまいな用語の意味を限定し、明らかにする。

2.2.2 教育体系のシソーラス化

教育体系は、学習項目のノードから構成されるので、シソーラスのディスクリプタを学習項目と見なすのは自然である。ディスクリプタを学習項目と見なすことにより、図2に示すような教育体系のシソーラス化が

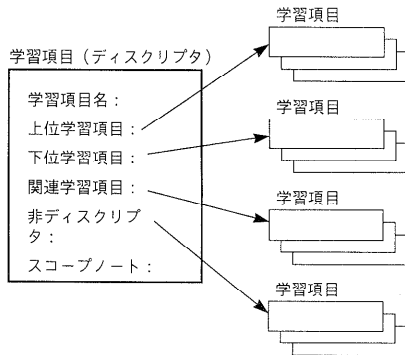


図2 教育体系のシソーラス概念モデル

Fig. 2 Thesaurus conceptual model for curriculum design.

行える。

各学習項目は、学習項目名、上位・下位・関連の学習項目、非ディスクリプタ、スコープノートから構成される。上位・下位の各学習項目には、0または1つ以上の学習項目名を定義する。教育体系の階層関係は、この上位・下位学習項目の関連づけにより表現される。関連学習項目には、0または1つ以上の学習項目名を定義し、非階層関係な構造を表現する。非ディスクリプタには、該当学習項目と同義語で表記の異なる学習項目名を定義する。スコープノートには、学習項目に関する概要を記述し、学習項目名が同じで内容が異なる場合に使用する。

2.2.3 シソーラスの Web 化

オブジェクト指向による分析・設計手法の OMT 法²⁰⁾を利用して教育体系のモデル化を行いデータベースを構築した。また、データベースと WWW クライアント間の通信方法について検討を行った。

(1) シソーラスのモデル化

教育体系は学習項目のノードから構成されるので、上位・下位・関連の学習項目や非ディスクリプタを学習項目の再帰的集約としてモデル化することができる。しかし教育体系の作成では、学習項目の上位・下位・関連および非ディスクリプタの集約を変更、追加、削除するので、これらの操作がより簡単に行えるように学習項目と上位・下位・関連および非ディスクリプタの関係を別々に管理する方法でモデル化を行った。図3に教育体系のオブジェクトモデル図を示す。スーパークラスの学習項目は、サブクラスとして上位・下位の階層関係を表す階層学習項目と非ディスクリプタの参照学習項目に分類できる。また学習項目間の関係を表すスーパークラスのリ

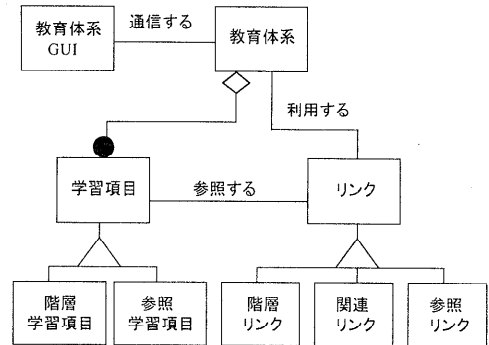


図3 教育体系のオブジェクトモデル図

Fig. 3 Object model for curriculum design.

nkは、サブクラスとして上位・下位の階層関係を表す階層リンク、学習項目間の関連関係を表す関連リンク、非ディスクリプタの関係を表す参照リンクに分類できる。学習項目名は学習項目クラスの属性として定義し、スコープノートは階層学習項目クラスの属性として定義した。またリンククラスではリンク先とリンク元の学習項目オブジェクトを属性として定義した。図4にオブジェクトモデル図内の学習項目、階層学習項目、リンク、階層リンクの実装例を示す。これにより、たとえば上位・下位の関係を逆にしたいときは、階層リンクのリンク先とリンク元を入れ替えるだけでよい。

(2) 通信方法

WWW サーバ上の教育体系データベースと WWW クライアント上の教育体系 GUI 間の通信方法としては、URL による通信方法とソケットによる通信方法がある。URL による通信では1回の送受信で WWW サーバと WWW クライアント間の接続が切断されるので、データ転送が頻繁に行われない場合に有効である。一方ソケットによる通信では、はじめに WWW サーバと WWW クライアント間で通信を確立すると、それ以降データ転送が行えるのでデータ転送を頻繁に行う場合に有効である。教育体系の作成においては、複数の教材開発者が教育体系を表示・変更したり、教育体系の変更内容を複数の教材開発者へブロードキャストするので、通信方法はコネクション型のソケットを使用した。

2.3 複数開発者の協調作業支援のための議論モデル
複数の教材開発者が教育体系データベース・レプリカを参照しながら学習項目を検討していく中で、意見

```

#include <Object.h>
#include <Directory.h>

// 学習項目クラス
//
class LearningItem : public Object {
private:
    char* priv_name; // 学習項目名
public:
    LearningItem(APL* theAPL);
    LearningItem(char* theName);
    virtual Type* getDirectType();
    void setName(char* name);
    char* getName() {return priv_name;}
    unsigned int getOid();
};
// 階層学習項目クラス
//
class HierarchyLearningItem : public LearningItem {
private:
    char* outline; // 学習概要
public:
    HierarchyLearningItem(APL* theAPL);
    HierarchyLearningItem(char* theName, char* theEng);
    virtual Type* getDirectType();
    virtual void putObject(OC_Boolean deallocate = FALSE);
    void setEngOutline(char* theOutline);
    char* getEngOutline(void);
};

#include <Object.h>
#include <Directory.h>
#include "Common.h"
// リンク・クラス
//
class Link : public Object {
private:
    unsigned int priv_from_oid; // 上位学習項目オブジェクトID
    unsigned int priv_to_oid; // 下位学習項目オブジェクトID
public:
    Link(APL* theAPL);
    Link(unsigned int theFromOid, unsigned int theToOid);
    virtual Type* getDirectType();
    void setFromOid(unsigned int theFromOid);
    void setToOid(unsigned int theToOid);
    unsigned int getFromOid() {return priv_from_oid;}
    unsigned int getToOid() {return priv_to_oid;}
    unsigned int getOid();
};
// 階層リンク・クラス
//
class HierarchyLink : public Link {
public:
    HierarchyLink(APL* theAPL);
    HierarchyLink(unsigned int theFromOid, unsigned int theToOid);
    virtual Type* getDirectType();
};

```

図4 オブジェクトモデルの実装例
Fig. 4 Sample code of object model.

の不一致が生じることが考えられる。その場合の協調作業を支援する目的で議論モデルを開発した。

2.3.1 議論モデルの枠組み

議論モデルの研究では、すでに IBIS モデル¹⁰⁾があり、gIBIS¹¹⁾で構築されている。IBIS モデルは、複数の人間による議論の状態遷移モデルであり、論点 (issue)、立場 (position)、論拠 (argument) の3つのノードタイプとそのノード間の関係を表す9つのリンクタイプ (賛成、反対、一般化、特殊化、応答、質問、示唆、置換、その他) から構成されている。gIBIS は、グループによるソフトウェア設計開発の工程を支援するハイパテキスト・システムで、IBIS モデルに基づいたプロトコルを規定している。グループでの発言は、そのプロトコルに従って電子的に行い、各々の発言の間の意味的な関係構造と流れをコンピュータ内に保持し、議論の中で出されたアイデアや意見をグループの共有知識として再利用することを狙ったものである。

教育体系作成支援システムでは、gIBIS の3つのノードタイプを用いながら、さらに独自の議論モデルを構築した。図5に議論モデルを示し、gIBIS からの主な変更点を次に示す。

- (1) “論拠” ノードへのリンクタイプ「賛成」、「指摘」の付加
“論拠” ノードには、ある“立場” に対して賛成

または反対のリンクが対応づけられているが、提示された“論拠” に対するリンクが存在しない。議論を展開する中で、提示された“論拠” に対して「賛成」または問題点を「指摘」したい場合がありうる。

- (2) リンクタイプ「一般化」、「特殊化」、「示唆」、「置換」の削除
議論の対象が教育体系の作成という具体的なテーマであることから、「一般化」、「特殊化」する議論の必要がないと思われるので削除した。また、議論の曖昧さを排除するために「示唆」と「置換」を削除した。
- (3) “その他” ノードと「確認」リンクの追加
実際に議論を進めていく中で、発言内容を「確認」したい場合が生じる。しかし、それを“論点”、“立場”、“論拠”の枠組みで行おうとする と議論の関係づけがおかしくなる。そこで、“その他”のノードと「確認」リンクを導入した。

2.3.2 議論モデルに基づく協調作業の進行

複数教材開発者の議論は、先の議論モデルに基づいて行われるが、その典型的な議論の進め方を示す。

- (1) ある教材開発者が、問題点や質問を“論点”として提示する。
- (2) 他の教材開発者が、その“論点”を解決するための説明を“立場”として提示する。

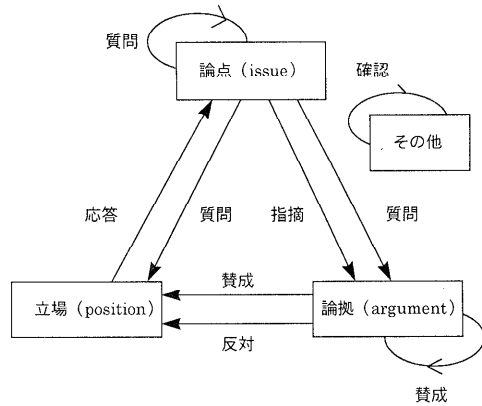


図5 議論モデル
Fig. 5 Discussion model.

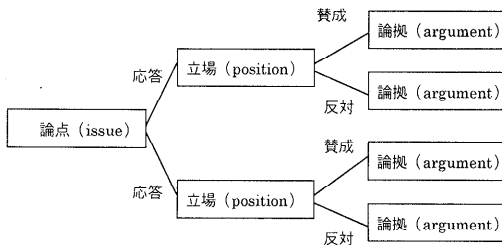


図6 議論モデルに基づく議論の進行(例)
Fig. 6 Example of discussion based on discussion model.

- (3) 各教材開発者は、各々の「立場」に対して「賛成」または「反対」という「論拠」を提示する。
- (4) その「論点」に関する議論が収束すれば論点を提起した人が、その論点に収束のマークをセットし、次の議論に進む。

これらの結果は、階層図として図6のように表現される。

3. 教育体系作成支援機能

3.1 基本機能

学習項目から構成される教育体系を作成するための基本機能を示す。

- (1) 登録機能
学習項目や非ディスクリプタを登録する。たとえば学習項目の登録では、学習項目名、上位学習項目、下位学習項目、スコープノート、登録理由を記述して登録する。
- (2) 追加機能
学習項目間に新たな上位・下位関係または関連関係を追加する。たとえば上位・下位関係の追加では、ツリー構造で表示されている学習項目

の上位および下位となる学習項目を選択し、追加理由を記述して追加する。

- (3) 変更機能
学習項目名の変更、スコープノートの変更、上位の学習項目を他の学習項目へ変更、下位の学習項目を他の学習項目へ変更、関連する学習項目間の方向の変更を行う。下位の学習項目を他の学習項目へ変更するには、まずツリー構造で表示されている学習項目から上位・下位の学習項目を選択する。次に変更する下位の学習項目を Change list から選択し、その理由を記述して変更を行う。
- (4) 削除機能
学習項目、上位関係、下位関係、関連関係、非ディスクリプタを削除する。
- (5) 検索機能
検索条件として入力されたキーワードに完全一致または部分一致する学習項目の検索を行う。

3.2 応用機能

- (1) 学習項目の更新履歴の提示
ツリー構造に表示されている教育体系内の学習項目を選択すると、学習項目に対応した更新履歴を検索し提示する。
- (2) 更新履歴に対する学習項目の表示
更新履歴内に表示されている学習項目を選択すると、ツリー構造で表示されている教育体系から選択した学習項目を検索し提示する。
- (3) 教育体系変更部分の状態変化
教育体系の更新された部分の色を変えて表示する。たとえば学習項目名やスコープノートの更新では学習項目名の色を変えて表示し、上位・下位の階層関係や関連関係の更新では学習項目間の線の色を変えて表示する。
- (4) 教材開発者間での討論
教育体系の変更内容に関して議論が行え、行った議論をツリー構造で提示する。また行われた議論や教育体系の変更内容は、教材開発者にブロードキャストされる。
- (5) 学習項目に対応する議論の履歴提示
これまで行われた議論の中から特定の学習項目に対する議論履歴を見つけ出すのは困難なので、教育体系内の学習項目を選択することにより、議論履歴内から対応する議論を検索しその議論箇所を提示する。
- (6) 議論に対応する学習項目の提示
表示されている議論履歴内の学習項目を教育体

系全体の中から見つけ出すのは困難なので、議論履歴内の学習項目を選択することにより、教育体系の中から選択した学習項目を検索し提示する。

4. システム・アーキテクチャ

4.1 システム構成

WWW と教育体系作成支援機能を利用して教育体系作成支援システム“WEB-CAT”（WWW-based Curriculum Authoring with Thesaurus）を開発した。システム構成を図7に示す。

WWW サーバ上には以下のような教育体系の作成を支援する機能を実現した。

- 教育体系レプリカの作成
- 教育体系の管理
- 教育体系の更新履歴の管理
- 議論モデルに基づく議論の管理
- 協調作業空間の提供

WWW クライアント上には以下のような教育体系の作成や複数の教材開発者間で議論を行う機能を実現した。

- 教育体系の提示、変更
- 教育体系の更新履歴の提示
- 議論の作成、提示

これらを UNIX の WWW サーバ上に C, C++, Java, シェル・スクリプト, オブジェクト指向データベース, リレーショナルデータベースを用いて実装し

た。WWW クライアント上の GUI はプラットフォームから独立した Java を利用して作成した。Java で作成したプログラムは単に教育体系や議論を作成・提示するだけでなく、WWW サーバから転送された学習項目、上位・下位の階層関係、関連関係などのリンク、議論項目や議論間のリンクなどをオブジェクトとしてセットすることができるので、上位・下位の階層関係、関連関係、議論のツリー構造や議論内容を表示するときには、毎回ネットワークを介して WWW サーバ上のデータベースをアクセスしなくてもよく操作がスムーズに行える。

(1) Java Class File

- ウィンドウクラス：教育体系の階層関係表示ウィンドウ、関連関係・参照関係表示ウィンドウ、登録、追加、変更、検索など各処理ごとのウィンドウや議論履歴表示ウィンドウ、議論作成ウィンドウ、議論内容表示ウィンドウなどのクラスがある。
- データクラス：教育体系の学習項目、参照学習項目、階層関係、関連関係、参照関係を格納するクラスおよび議論項目、議論項目間の関係などを格納するクラスがある。

(2) プログラム

- CGI プログラム：教育体系データベース・オリジナルから教育体系データベース・レプリカの作成、教育体系作成プログラムやディスカッションプログラムの起動などを行う。
- 教育体系作成プログラム：教育体系データベースをアクセスして学習項目や階層関係などの登録、更新、削除、検索などを行い、教育体系データベースの更新内容を履歴管理プログラムへ渡す。また複数の教材開発者がアクセスしている場合には、教育体系データベースの更新内容をブロードキャストする。
- 履歴管理プログラム：履歴管理データベースをアクセスして教育体系プログラムから受け取った更新内容の登録や検索を行う。
- ディスカッションプログラム：議論履歴データベースをアクセスして議論内容の登録や検索を行う。また複数の教材開発者がアクセスしている場合には、更新内容をブロードキャストする。

(3) データベース

- 教育体系データベース：オブジェクト指向データベースであり、学習項目、参照学習項目、上位・下位の階層関係、関連関係、参照関係、スコープノートを管理する。
- 履歴管理データベース：リレーショナルデータ

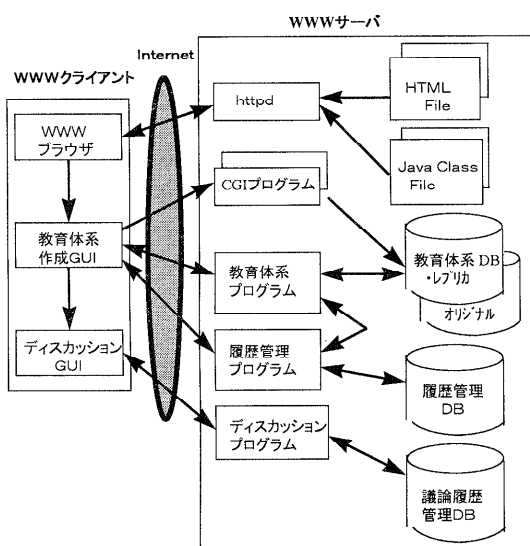


図7 WEB-CAT のシステム構成図

Fig. 7 System architecture of WEB-CAT.

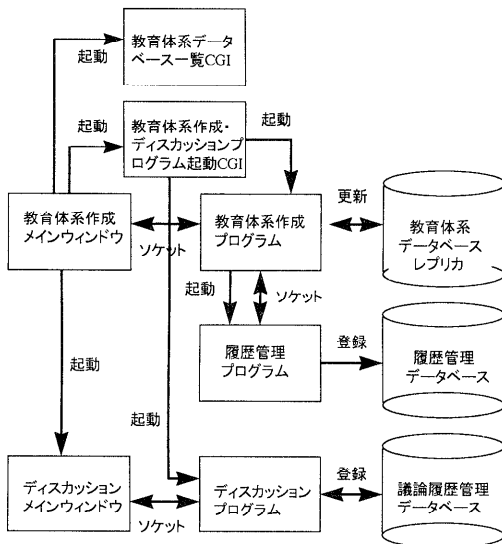


図8 改善案作成のプロセス関連図

Fig. 8 Procedure of curriculum discussion design.

ベースであり、教育体系に対する更新者、更新日付、更新項目、更新内容、更新理由を管理する。

- 議論履歴管理データベース：オブジェクト指向データベースであり、議論項目、議論内容、議論の種類、議論間の関係を管理する。

(4) GUI

- 教育体系 GUI：学習項目、学習概要、参照学習項目、学習項目間の階層関係、関連関係、参照関係の表示や編集を行う GUI である。
- ディスカッション GUI：議論のツリー構造表示、議論内容の表示および電子メールを利用して議論を行う GUI である。

4.2 内部処理の流れ

本システムにおいて中心となる複数の教材開発者による改善案の作成についての内部処理を以下に示す(図8)。

- (1) 教育体系データベース・レプリカの選択
教育体系作成メインウィンドウ内のメニューからデータベース選択を選択すると、WWWサーバ上の教育体系データベース一覧 CGI プログラムを介して教育体系データベースの一覧が表示されるので、教育体系データベース一覧から教育体系データベース・レプリカを選択する。
- (2) サーバプロセスの起動
教育体系作成メインウィンドウは、教育体系作成・ディスカッションプログラム起動 CGI プログラムを介して教育体系作成プログラムおよびディスカッションプログラムを起動する。教

育体系作成プログラムおよびディスカッションプログラムは、サーバ側のソケットを作成する。また教育体系作成プログラムは履歴管理プログラムを起動する。

- (3) 議論履歴管理・履歴管理データベースのオープン
ディスカッションプログラムは議論履歴管理データベースをオープンし、履歴管理プログラムは履歴管理データベースをオープンする。
- (4) 通信の確立
教育体系作成メインウィンドウは、クライアント側のソケットを作成し教育体系作成プログラムとの通信を確立する。また教育体系作成メインウィンドウはディスカッションメインウィンドウを起動し、起動されたディスカッションメインウィンドウはクライアント側のソケットを作成しディスカッションプログラムとソケットで通信を確立する。
- (5) 教育体系データベース・レプリカのオープン
教育体系作成メインウィンドウは、ソケットを介して(1)で選択された教育体系データベース・レプリカ名を教育体系作成プログラムに渡す。教育体系作成プログラムは選択された教育体系データベース・レプリカをオープンする。
- (6) 改善案の作成
教育体系作成メインウィンドウ内の登録、追加、変更、削除、検索メニューを選択して教育体系を更新し改善案を作成する。教育体系の更新情報は、ソケットを介してWWWサーバ上の教育体系作成プログラムに渡る。
- (7) 教育体系レプリカ・データベースの更新
教育体系作成プログラムは、ソケットから受け取った更新情報で教育体系データベース・レプリカを更新する。また更新情報はソケットを介して履歴管理プログラムへ渡される。
- (8) 履歴管理データベースの登録
履歴管理プログラムは、受け取った更新情報を履歴管理データベースへ登録する。
- (9) 教育体系更新情報のブロードキャスト
教育体系作成プログラムは、履歴管理プログラムから登録終了通知を受け取ると、教育体系の更新内容を他の教材開発者へブロードキャストする。
- (10) 議論の作成
変更内容に関して不一致がある場合、ディスカッションメインウィンドウ内に表示されている議論のツリー構造から議論項目を選択し、メニュー

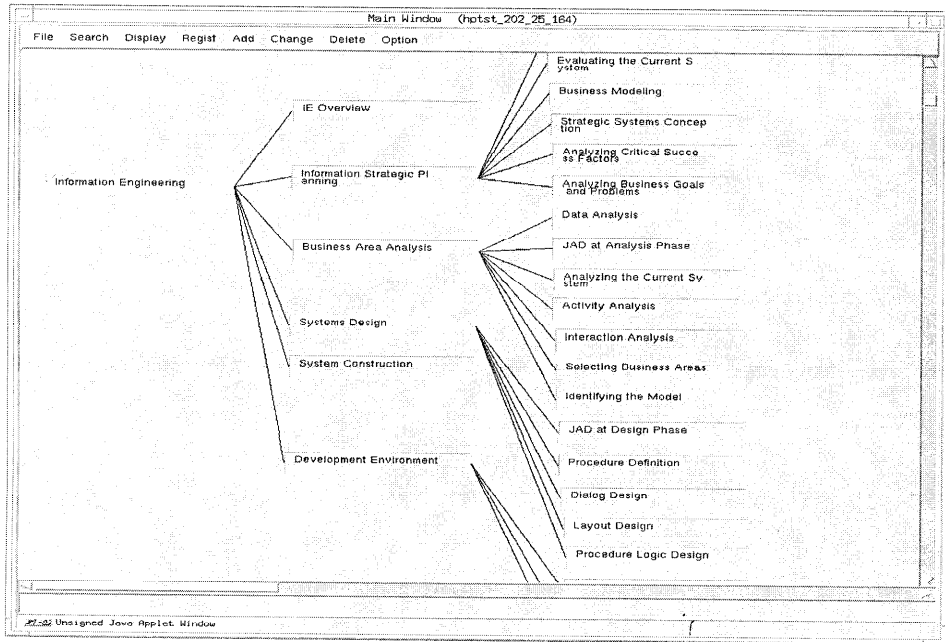


図9 IE教育体系の原案

Fig. 9 Sample screen of original curriculum for information engineering.

から議論の作成を選択すると、議論作成ウィンドウが表示されるので議論内容を記述する。

(11) 議論のプロードキャスト

議論内容はソケットを介してディスカッションプログラムに渡される。ディスカッションプログラムは議論履歴管理データベースをアクセスして議論内容を登録し、他の教材開発者へ議論内容をプロードキャストする。

5. 高度情報処理教育体系での試行

冒頭にも述べたように、筆者らは高度情報社会に向けた情報化人材育成の支援システムの研究開発に取り組んでいる^{15)~18)}。情報システム学は、従来コンピュータサイエンスの領域に加えて、情報化人材育成のための重要な科目に位置づけられているが、なかでも、企業の経営戦略と情報技術を結び付け、統合化CASEの利用を前提としている開発方法論「インフォメーション・エンジニアリング (IE)」の教育システム¹²⁾に重点を置いている。IEに基づく開発手法やCASEは、米国企業で利用され開発生産性向上の面で大きな成果を出し、米国の大学ですでにその教育が行われている。しかし、IEの教育は、まだ教育体系としては個々の大学の担当教授の試行錯誤の段階であり確立されていない。参考書としてJ. マーチンの著書^{8),13),14)}を利用しているが、理論的体系として

分かりにくい担当教授が独自のテキストを作成している。

大学等でのIE教育の難しさは、J. マーチンが確立したIEの理論的体系と企業での実践的な経験に基づく応用技術の双方をいかに系統立てて教えるかである。実際、米国の担当教授の場合も、企業での情報システム開発の経験を有しており、理論的側面と実践的側面の両スキルを持っている。これらのように、IEの教育体系構築には、その理論的体系の整理とその理論を裏づけるための企業での実践的な経験を結び付けることが重要な課題である。筆者らは、WWW利用の教育体系作成支援システムを用いて、IEの教育体系構築に大学と企業間の情報共有と協同作業を進めながら適用を試みた。

5.1 “インフォメーション・エンジニアリング”教育体系の構築

2.1節の「教育体系のプロセス」に従って、3名の複数教材開発者で実施した。1名は、大学でIEの講座を担当している者で、教育体系作成プロセスの(1)、(2)、(3)部分のリーダー、(4)、(5)を担当した。企業で情報システムの開発経験のある者2名は、各々のWebサイトから教育体系作成プロセスの(3)を担当した。タイムボックスの締切として90日を設定し、その間(2)~(5)までのサイクルを3回実施した。

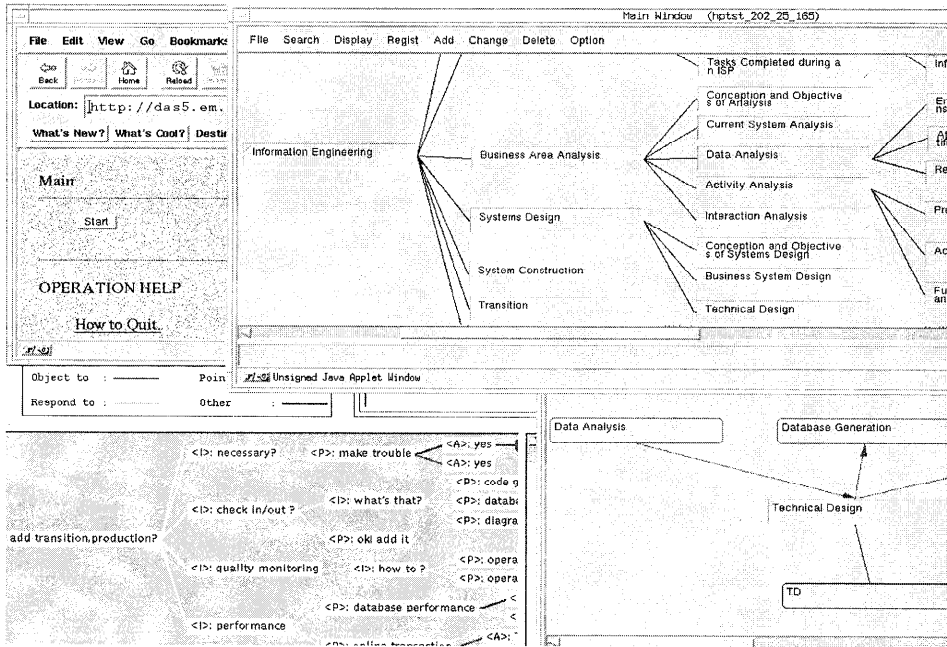


図 10 改善案作成のための協働作業の画面例
 Fig. 10 Sample screen of collaborative work for alternative solution.

表 1 発言数とそのタイプ
 Table 1 The number of opinions in the discussion.

発言タイプ	教材開発者 A	教材開発者 B	教材開発者 C	合計
論点	87	74	94	255
立場	101	212	114	427
論拠	224	288	256	768
合計	412	574	464	1450
論拠内訳	教材開発者 A	教材開発者 B	教材開発者 C	合計
賛成数	101 (24.5%)	97 (16.8%)	178 (38.3%)	376 (25.9%)
反対数	123 (29.8%)	191 (33.7%)	78 (16.8%)	392 (27.0%)

- (1) IE 教育体系原案の作成
 まず、教育体系のスキーマのみを格納するデータベースを複製し、教育体系データベース・オリジナルを用意した。次に、教育体系作成支援機能の基本機能を利用し、J. マーチンの参考書をもとに IE の教育体系原案を作成した。図 9 に IE 教育体系原案を示す。
- (2) IE 教育体系レプリカの作成
- (3) 以降の作業用領域として、教育体系データベース・オリジナルに格納されている IE 教育体系原案を複製し、IE 教育体系レプリカを作成した。
- (3) 複数教材開発者による改善案の作成
 教材開発者は、教育体系作成支援の基本機能および教材開発者間での議論を行いながら改善案

- の作成を行った。図 10 に、複数教材開発者が操作する画面例を示す。画面の上部は、IE 教育体系の上位・下位の学習項目を階層構造で表示しており、画面の右下部分には、シソーラス概念モデルを実装したものであり、IE 教育体系の関連、参照関係の学習項目を表している。画面の左下部分には、複数教材開発者間の議論の状態や履歴を表している。議論での発言数とそのタイプ別内訳を表 1 に示す。
- (4) IE 教育体系案のレビュー
 主体となる教材開発者 (IE の講座担当) が、教育体系データベース・レプリカの教育体系案に対して行われた変更履歴を参照しながら、教育体系をレビューし、改善案の確認と修正を行った。

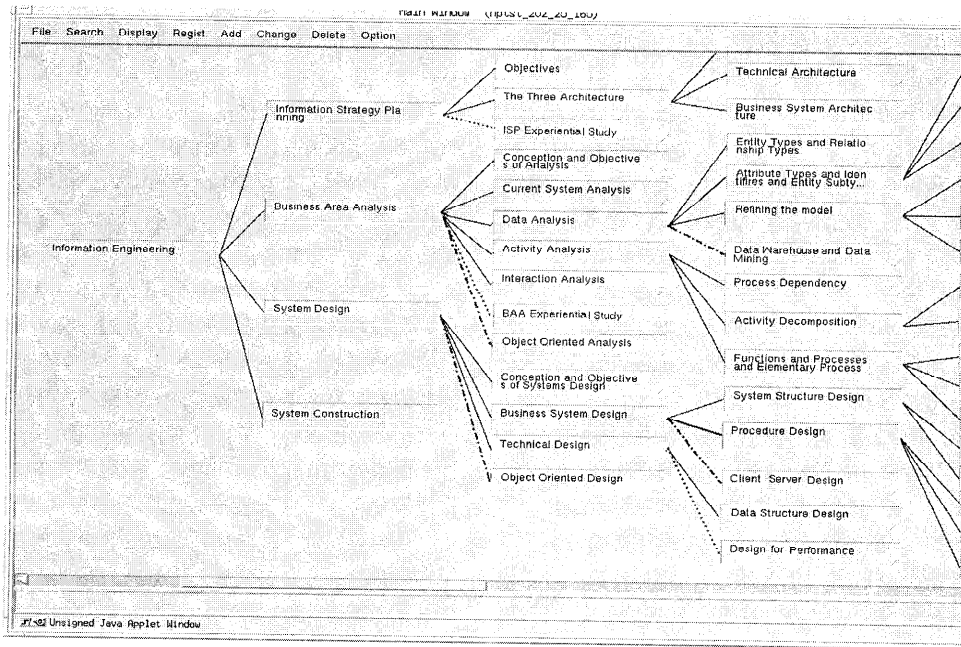


図 11 IE 教育体系の改善最終案
Fig. 11 Curriculum for information engineering.

- (5) IE 教育体系原案へのフィードバック
 次回の反復プロセスおよびバージョン管理のために、レビュー済みの IE 教育体系案が反映された教育体系データベース・レプリカを複製し、作成した。
- (6) IE 教育体系最終案の作成
 (2)~(5) までのプロセスを反復することにより、最終案を作成した。今回の議論に基づく改善最終案を図 11 に示す。

5.2 考 察

- (1) 作成プロセスの妥当性
 タイムボックス手法に基づく教育体系プロセスは、期間 90 日以内で (2)~(5) までのプロセスを複数回行うという目標に対して、約 2 カ月で 3 回の反復プロセスを実行し、その間 WEB-CAT のクリティカルな障害も発生せず、おおむねスムーズに機能した。また、教育体系案の改良を 3 回反復作業することにより、IE の“基本原理”に基づいた教育体系原案から、“基本原理 (図 11 の実線部分)”に“開発事例 (図 11 の点線部分)”と“技術の進展 (図 11 の 1 点破線部分)”が加わるという、基本原理に終始していた教育体系から、具体的な事例と今後の技術動向を組み込んだ、より洗練された教育体系に改善された。たとえば、データモデルの構築

という学習項目では、基本原理の“正規化”に対して“システムのパフォーマンスを考慮した正規化”の開発事例が提案され、より実践的なものとなった。しかし、締切日までに何回処理サイクルを繰り返すか等、全体のプロセス管理は、主体となる教材開発者のスキルに依存しており、システムによる制御支援は今後の課題である。

- (2) 情報の共有化と再利用
 教材開発者の IE 教育体系案が WWW サーバ上のレプリカに蓄積されることにより、大学と企業の教材開発者の情報の共有化が実現できた。システム開発での生産性の向上のための基幹技術として、ドメインモデルとその再利用の研究が注目されている²¹⁾ように、反復作業を繰り返す中で教育体系データベースの再利用が、開発効率向上に有効であることを確認した。すなわち、大学サイトの教材開発者が作成した教育体系原案データベースを企業サイトの教材開発者が再利用することにより、企業サイトの教材開発者が新たに IE 教育体系を作成しなくてもよかったことである。さらに、教育体系データベースのレプリカ化により、反復作業が可能になったからである。また、IE の教育体系データベースをシソーラス化して蓄積することによ

り、教材開発者が再利用したい教育体系部分を見出すための支援機能として、上位語・下位語・関連語・同義語での検索が行え、再利用の容易さを確認した。IE教育の進んでいる米国の大学等グローバルなレベルでの情報の共有化は、本システムでも可能となっているが、実際の運用方法の確立等は今後の課題である。

(3) 議論モデルと協調作業

複数開発者による改善案の作成において、同期型の議論展開では主体となる教材開発者をリーダーとして、表1の発言状況から協調作業はスムーズに行われた。すなわち、2.3.1項および2.3.2項の議論モデルの枠組みに基づく複数教材開発者による議論において、自己主張の強すぎる人（総発言数のうち賛成の割合が60%以上と想定）、協調性のない人（総発言数のうち反対の割合が60%以上と想定）、積極的に欠ける人（総発言数が平均発言数の50%以下と想定）がなく議論が充実していたと考えられる。また、議論モデルに基づく協調作業の反復結果により、(1)に示したように、より良い改善案が作成できた。ただし、グローバルなレベルでの議論展開には、時差等を考慮して非同同期型対応の協調作業支援が必要であり、今後の課題である。

(4) WWW利用が教育体系作成に及ぼした影響

WEB-CATは、地理的に離れ同じ問題を持つ人々に対して、問題解決のための協調作業空間を提供した。このことにより、関係者の相互の出張や打ち合わせのための場所にかかる時間とコストが削減された。また、各々のサイトで作業が進められるので、仕掛中の仕事とのスケジュール調整を行いながら実行できた。もし、WWW利用の環境がないことを想定すると、複数の教材開発者が一定期間中、一堂に会する必要があるわけで、特に企業の担当者の場合には、仕掛中の仕事を中断し一定期間出張することはきわめて困難であったと思われる。システムの利用面では、WWWとJavaを組み合わせて構築することにより、各々の教材開発者のシステム環境に依存しないオープンで利用しやすい環境が提供できた。

6. む す び

インターネットとWWWの著しい進展は、グローバルなレベルでの情報共有化をいっそう進めていくものと思われる。今後、教育の分野においても、教育者

が教育に必要な資源をネットワークを通して情報を共有化し、より質の高い教育環境を構築することが期待されている。

本論文では、教育体系という資源のグローバルなレベルでの情報共有化と再利用による洗練化のためのメカニズムの確立を目標に、WWWを利用した教育体系作成のフレームワークを開発した。タイムボックス手法に基づく教育体系作成のプロセス、再利用しやすくするための教育体系のシソーラス化、議論モデルを用いた複数教材開発者のための協調作業空間構築等の手法を提案し、インフォメーション・エンジニアリングという高度情報処理教育の一分野で、その適用を試みた。その結果として、教育体系作成プロセスの妥当性、情報の共有化と再利用性、議論モデルによる協調作業等で各々の有効性を確認した。

今後の課題は、教育体系プロセスの管理と非同同期型対応の議論モデルの構築により教育体系作成フレームワークの高度化をはかることと、筆者らこれまで研究開発してきた学習情報統合開発環境¹⁹⁾への統合化である。

謝辞 本研究を進めるうえでご指導いただいている図書館情報大学教授増永良文氏、上智大学教授伊藤潔氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Freeman, H. and Ryan, S.: From concept to delivery: A new tool for courseware developers, *Proc. 6th IFIP World Conference on Computers in Education*, pp.779-789 (1995).
- 2) Nodenot, T.: What if pedagogues specified educational software?, *Proc. 6th IFIP World Conference on Computers in Education*, pp.791-803 (1995).
- 3) Campbell, J.K., Hurley, S., Jones, S.B. and Stephens, N.M.: Constructing educational courseware using NCSA Mosaic and the World-Wide Web, *Computer Networks and ISDN Systems*, Elsevier Science, Vol.27, No.6, pp.887-896 (1995).
- 4) Frasson, C.: Some Characteristics of Instructional Design for Industrial Training, *Proc. CALISCE'96*, pp.1-8 (1996).
- 5) Lee, T.B., Cailliau, R., Luotonen, A., Nielsen, H.F. and Secret, A.: The World-Wide Web, *Comm. ACM*, Vol.37, No.8, pp.76-82 (1994).
- 6) Coleman, D. and Khanna, R.: *Groupware: Technology and Applications*, Prentice-Hall (1995).
- 7) 情報処理学会大学等における情報システム学の

教育の在り方に関する調査研究委員会：大学等における情報システム学の教育の在り方に関する調査研究，情報処理学会（1993）。

- 8) Martin, J.: *Information Engineering Book 3 Design and Construction*, Prentice-Hall (1990).
- 9) Aitchison J. and Gilchrist, A.: *Thesaurus Construction: A Practical Manual*, 2nd Edition, Aslib (1987).
- 10) Rittel, H. and Kunz, W.: Issues as elements of information systems, Working Paper No.131, Institute of Urban and Regional Development, University of California at Berkeley (1970).
- 11) Conklin, J. and Begeman, M.L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, *ACM Trans. Office Information Systems*, Vol.6, No.4, pp.303-331 (1988).
- 12) 松尾三郎：インフォメーション・エンジニアリングによる第二次情報革命，電気評論，Vol.80, No.4, pp.6-9 (1995).
- 13) Martin, J.: *Information Engineering Book 1 Introduction*, Prentice-Hall (1989).
- 14) Martin, J.: *Information Engineering Book 2 Planning and Analysis*, Prentice-Hall (1990).
- 15) 富士 隆，谷川 健，星原健二郎，藤井 誠，小銭正尚，三枝武男：ハイパーフレームを用いた知的マルチメディア CAI の開発，情報学シンポジウム講演論文集，pp.133-141 (1994).
- 16) Fuji, T., Tanigawa, T., Inui, M. and Saegusa, T.: A Collaborative Learning Support System for Systems Design, *IEICE Trans.*, Vol.E79-D, No.4, pp.363-372 (1996).
- 17) Fuji, T., Tanigawa, T., Kozeni, M., Inui, M. and Saegusa, T.: A Case-Based Approach to Collaborative Learning for Systems Analyst Education, *Proc. ITS'96*, pp.177-186 (1996).
- 18) Fuji, T., et al.: CAMELOT: Collaborative and multimedia environment for learners on teams, Education and Information Technologies, *Official Journal of the IFIP Technical Committee on Education*, Vol.1, Nos.3 & 4, pp.203-226 (1996).
- 19) 富士 隆，谷川 健，三枝武男：CAI 開発のためのリポジトリの構築と教材部品の再利用，オブジェクト指向'95 シンポジウム論文集，pp.301-308 (1995).
- 20) Rumbaugh J., et al.: *OBJECT-ORIENTED MODELING AND DESIGN*, Prentice-Hall (1994). 羽生田栄一（監訳）：オブジェクト指向方法論 OMT, トッパン (1995).
- 21) 伊藤 潔，杵嶋修三，田村恭久，広田豊彦，吉田裕之：ドメイン分析・モデリング，共立出版 (1996).

(平成 9 年 1 月 20 日受付)

(平成 9 年 9 月 10 日採録)



富士 隆（正会員）

昭和 44 年上智大学理工学部数学科卒業。同年安田生命保険（相）入社。情報システムの企画，開発に従事。現在，（株）学習情報通信システム研究所第 1 研究室長。平成 4 年より北星学園大学非常勤講師。高度個別型学習システムの研究開発に従事。IEEE, ACM, 電子情報通信学会，人工知能学会各会員。



星原健二郎（正会員）

昭和 61 年東洋大学経済学部経済学科卒業。同年宇宙技術開発（株）入社。現在，（株）学習情報通信システム研究所第 1 研究室に所属。高度個別型学習システムの研究開発に従事。



小銭 正尚

昭和 35 年武蔵工業大学工学部電気通信科卒業。同年日本技術開発（株）入社。現在，（株）学習情報通信システム研究所常務取締役。高度個別型学習システムの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



三枝 武男（正会員）

昭和 18 年旧制都立高等工業学校電気工学科卒業。都立大学講師，防衛大学校教授を経て名誉教授。平成元年より北海道情報大学経営情報学部教授（学部長），約 42 年間電子計測に関する研究に従事し，現在，高度個別型学習システムの研究開発に従事。工学博士（東京工業大学）。IEEE, 電気学会，電子情報通信学会，計測自動制御学会各会員