

Title	教材開発者に対して教材改良支援機能を提供する学習管理システムに関する研究
Author(s)	廉, キン
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1892
Rights	
Description	落水, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

教材開発者に対して教材改良支援機能を提供する
学習管理システムに関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

廉 キン

2005 年 3 月

修 士 論 文

教材開発者に対して教材改良支援機能を提供する 学習管理システムに関する研究

指導教官 落水浩一郎 教授

審査委員主査 落水浩一郎 教授

審査委員 片山卓也 教授

審査委員 鈴木正人 助教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

310123 廉 キン

提出年月: 2005 年 2 月

概 要

本研究では、蓄積型自習形式のコースウェアを利用した遠隔学習環境において、教授者または教材開発者による効果的な教材改良を実現するために、学習項目の更新や追加、削除等といった教材改良に伴う教材開発者の負荷を低減する教材改良支援機能を提供することを目的としている。こうした支援機能を実現するためには、学習者の学習項目に対する理解状況の把握が必要不可欠である。地理的・時間的制約が少ない遠隔学習環境においては、学習者の反応をリアルタイムで教授者が把握することは困難である。教材配信や学習管理に利用する学習管理システムを活用することによって、遠隔学習環境におけるすべての学習活動に関する履歴を蓄積することが可能である。このため、大量に蓄積された履歴情報から、学習状態の把握に役立つ特徴情報を利用して、学習の行き詰まりを示す行動パターンを定義することにより、多くの学習者にとって改良すべき学習項目を発見したり、改良すべき学習項目に関連する情報を提示したり、それらの情報を活用したメタデータオーサーリングの支援を実現したりすることが可能になると考えられる。そこで、本研究では、既に本研究室で開発されたナビゲーション機能と学習状態分析支援機能を有する学習管理システムを改良し、教授者・教材開発者の教材の改良に必要な支援機能を設計し、教材改良支援システムを開発する。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	構成	2
第2章	学習管理システム	3
2.1	LMS とは	3
2.2	SCORM	5
2.2.1	コンテンツアグリゲーションモデル	5
2.2.2	コンテンツランタイム環境	8
2.2.3	SCORM の普及状況	10
2.3	落水研究室の LMS	11
2.3.1	電子教材ライフサイクルモデル	11
2.3.2	ナビゲーション支援機能	14
2.3.3	学習状態分析支援機能	16
2.4	教材改良支援機能	17
第3章	改良情報提示機能	18
3.1	学習時の問題点を示す特徴情報	18
3.2	SCO の改良における特徴情報の問題	20
3.3	行動パターン	21
3.3.1	行動パターンの定義	21
3.3.2	行動パターンの重要度と得点	23
3.3.3	改良情報の提示	23
第4章	メタデータオーサリング支援機能	25
4.1	更新すべきメタデータ	25
4.1.1	SCO の改良方法	25
4.1.2	ナビゲーション支援機能とメタデータ	26
4.2	改良方法と変更すべきメタデータの対応関係	28
4.3	改良情報の利用	28

第 5 章	LMS の実装	30
5.1	改良情報提示機能の実装	30
5.1.1	システムの構築	30
5.1.2	インタフェース	31
5.2	メタデータオーサリング支援機能の実装	34
5.2.1	メタデータオーサリング支援機能の構築	34
5.2.2	インタフェース	34
5.3	システム実行環境	36
5.4	ライフサイクルモデルに基づく支援	36
第 6 章	システムの入力例	37
6.1	目的と方法	37
6.2	結果と考察	37
第 7 章	まとめと課題	39
7.1	まとめ	39
7.2	今後の課題	39
7.2.1	評価実験	39
7.2.2	特徴情報の追加	39
7.2.3	学習プロセス	39
7.2.4	SCORM2004 への対応	40

目 次

2.1	コンテンツアグリゲーション	6
2.2	SCORM ランタイム環境	9
2.3	電子教材ライフサイクルモデル	13
2.4	Adaptive Index の枠組み	15
2.5	学習状態分析支援機能	17
3.1	特徴情報を利用した指導すべき教材の発見	20
3.2	SCO の改良における特徴情報の問題	21
3.3	改良候補となる SCO のランキング	24
3.4	改良に役立つ情報	24
4.1	改良方法の分類	26
4.2	ナビゲーション支援の主な対象となるメタデータ	26
4.3	SCO Search	27
4.4	Adaptive Index	27
4.5	行動パターンによる変更すべきメタデータの絞込み	29
5.1	改良情報提示機能の実現	31
5.2	インタフェース：改良すべき SCO のランキング	32
5.3	インタフェース：提示される SCO の問題点と改良に役立つ情報	33
5.4	メタデータオーサリング支援機能の実現	34
5.5	メタデータオーサリングツール	35
6.1	改良すべき SCO の候補とアンケートの比較	37

表 目 次

2.1	本研究で利用する SCO の主用なメタデータ	7
2.2	データモデルの主な要素	8
2.3	API Adapter の機能	9
2.4	主な SCORM 規格の LMS の一覧	10
3.1	上條らの研究で利用・整理された特徴情報	19
3.2	行動パターンの一部	22
4.1	改良方法と変更すべきメタデータの対応関係	28

第1章 はじめに

1.1 背景

近年のインターネットの発達, 普及に伴い, 学習時の時間や場所の制約が比較的少ない Web ベースの遠隔学習システムが注目されている. 高等教育機関においても遠隔教育の実現形式の一つとして, 教科書や教室講義の内容をコースウェア化した蓄積型自習形式の学習環境を提供し, 正規の単位を認定する等といった取り込みが盛んになっている [1]. 本学においても様々なバックグラウンドを持つ学生に対応するために, こうした遠隔教育学習環境の重要性が高まっている.

蓄積型自習形式の遠隔学習環境では, 「学習項目や順序を学習者自身が選択できる」, 「場所や時間の制約が比較的少ない」等の特徴から, 個々の学習者が自身の意欲や理解度に合わせて学習を進めることが可能であり, 学習者にとって非常に高い学習効果が期待できる. 一方で, 何を学習すればいいのかわからない, 学習のペースをつかむのが難しい等の問題点が指摘されている [2]. このような特徴を持つ遠隔学習環境システムにおいて教材及び学習者を管理するために利用されるのが学習管理システムである [1]. しかしながら, 予め蓄積された以上の情報を提供することが難しい学習管理システムにおいては, 優秀な教授者が学習者の状態に応じて内容を face to face で制御できる対面講義と異なり, 理解に行き詰った学習者に対して高度な知識を体系的に学習させることは困難である [3].

こうした問題を解決する一つのアプローチとして, 蓄積型自習形式の学習環境においても, 教材開発者が教材を適切に改良できるようにすることが考えられる. 一般に対面講義においては, 教授者は教室における学習者の反応や演習及び課題による学習達成度の評価等から学習者にあわせた学習内容の制御を行っているものと考えられる. しかしながら, 本研究で対象としている蓄積型自習形式の学習環境においては片方向, 非同期, 多人数等といった学習時の特徴から, 教材開発者が学習者の反応を直接得ることが困難である. さらに, 改良した教材を効果的に利用するためには, 学習管理システムにその改良を適切に反映する必要もある. これらのことから, 蓄積型自習形式の学習環境における教材改良に対する効果的な支援は重要な研究課題であるといえる.

1.2 目的

本研究の目的は学習管理システムにおいて, 学習項目の更新や追加, 削除等といった教材改良に伴う教材開発者の負荷を低減する教材改良支援機能を提供することである. 学習管

理システム上で適切な教材改良を実現するためには、教材改良そのものだけでなく、問題点の分析や提示、改良した教材の学習への活用等といった教材改良のライフサイクルを考慮した支援が必要となる [5].

そこで本研究では、電子教材のライフサイクルモデルに基づいて、教材を改良するために必要な情報を提示する改良情報提示機能と改良した教材を学習管理システムで利用するために必要となるメタデータオーサリング支援機能からなる教材改良支援機能を開発する。改良情報提示機能においては、学習者の学習時間、学習回数等といった学習履歴情報の組み合わせを学習者の行動パターンとして整理して、改良すべき学習項目を判別して、改良時に必要な情報を教材開発者に提供することを目指す。メタデータオーサリング支援においては、教材開発者が改良した学習項目を学習管理システムで活用できるようにするために、教材管理に利用される教材メタデータのオーサリングを支援する。さらに、双方の支援機能を連携することによって、教材開発者が変更すべきメタデータだけに注目して教材改良に取り組むことができる支援システムを構築することを目指す。

1.3 構成

以下に本論文の構成を示す。

- 第2章では、一般的な学習管理システムの機能と学習管理システムの標準規格の一つである SCORM について説明するとともに、本研究で提案・開発された教材ライフサイクルモデル及び学習管理システムについて述べる。
- 第3章では、本研究で提案する改良情報提示機能の設計方針及び教材開発者に提示する情報の生成方法について述べる。
- 第4章では、本研究で提案するメタデータオーサリング支援機能の設計方針及び教材開発者の負荷を軽減するメタデータの入力支援方法について述べる。
- 第5章では、本研究で開発した教材改良支援機能及び学習管理システムについて議論する。
- 第6章では、実データを利用したシステムの振る舞い及びその考察について論ずる。
- 第7章では、本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第2章 学習管理システム

本研究では、教材改良に必要な情報を獲得する手段として、学習管理システム- Learning Management System（以下、LMS）-を利用するアプローチをとる。これにより、LMS が本来提供する教材配信機能や教材、学習者の管理機能等と連携して、教材改良に必要な情報を収集・管理することが可能となる。ここでは、蓄積型遠隔学習環境で一般的に利用される LMS 及びその標準規格の一つとして近年注目されている SCORM について説明する。さらに、本研究の基礎となる電子教材のライフサイクルモデル及び既に落水研究室で開発されている LMS の拡張支援機能について概説し、本研究の目的及び全体像について述べる。

2.1 LMS とは

LMS とは、e-learning の実行、管理を統合的に実施するためのプラットフォームであり、オンラインにより参照できるコースウェアや対面学習プログラム等といった学習資源の一元管理や学習者の学習履歴情報管理、カリキュラム管理等を行い、学習者、管理者双方にとってより効果的な学習環境を提供することを目的としたシステムである。LMS を構成する一般的な機能としては次のものが挙げられる。

- 教材配信
教材コンテンツを学習者端末に提示し、学習履歴を学習ログとして保存する機能
- 成績進歩管理
学習進歩状況や成績等の学習履歴を管理者や学習者自身が把握するための機能
- カリキュラム管理
カリキュラム内・カリキュラム間の教育研修的な、あるいは物理的な制約条件を管理し、スムーズな進歩管理を支援する機能
- コミュニケーションツール
学習者と教授者の質問・回答や学習者同士のグループ学習等を支援するための機能
- ユーザインターフェース
利用者の種別や所属に応じて適切な GUI やメニューを提示する機能

ただし、LMS の構成要素については厳密な定義が存在するわけではない。このため、本研究においても LMS そのものについて明確に定義をすることは行わない。

現在 LMS は他の LMS との教材の互換性等の観点から標準化が進められており, その規格の一つとして SCORM (Sharable Content Object Reference Model) がある [10]. 本研究室においてもこれまでに, SCORM で定義された情報に基づくナビゲーション機能と学習状態分析支援機能を実現した LMS が開発されている [4].

2.2 SCORM

SCORM とは,2000 年 1 月に ADL(Advanced Distributed Learning Initiative)[9] から提供が開始された LMS の標準規格で, 従来提案されてきた AICC の CMI 規格 [4] や IMS の LOM 規格 [15] 等といった様々な標準規格を集約したものとなっている. SCORM においては,XML を利用した教材メタデータの定義や API を利用した学習履歴の取得方法等の共通化が行われており, SCORM 対応の LMS 間であれば, 教材の共有, 再利用が可能となっている. しかも,SCORM はあくまでも利用されるデータスキーマ等に関する標準規格であり LMS の機能そのものを定義するものではないことから, 比較的自由に拡張機能を設計, 実現することが可能である. 本研究で対応している SCORM version 1.2 では, 以下で述べるコンテンツアグリゲーションモデル及びコンテンツランタイム環境についての定義が行われている [10].

2.2.1 コンテンツアグリゲーションモデル

コンテンツアグリゲーションモデルでは以下の三点が定義されている [12].

- コンテンツモデル

コンテンツモデルとは, 図 2.1 に示すように教材を Asset,SCO(Sharable Content Object), コンテンツアグリゲーションに分類したものである. Asset は,HTML ファイルや動画ファイル, 画像ファイル等といった単体の学習オブジェクトである. SCO は,Asset を部品として構成したもので, ランタイム環境によって LMS が起動でき, 学習履歴の送受信を行うことができる最小単位の学習資源である. さらにこの SCO を集約し, 章やコースとして構成したものがコンテンツアグリゲーションである.

- メタデータ

Asset,SCO, コンテンツアグリゲーションには, それぞれの資源の特徴を表す教材メタデータが定義されている. メタデータとしては, 学習内容に関連する情報として, 学習資源に関連のあるキーワードや概要等, 教育的な観点の情報として, 重要度, 難易度や標準的な学習時間, 教材構造に関連する情報として他の学習資源との関係等といった項目が合計 50 以上定義されている. これらのうち, 本研究で主に利用するメタデータを表 2.1 に示す.

- コンテンツパッケージング

一般に一つのコースは複数の SCO や Asset がアグリゲーションされたものとなっており, コースウェアとしての構造はマニフェストと呼ばれる XML ファイルに記述されている.

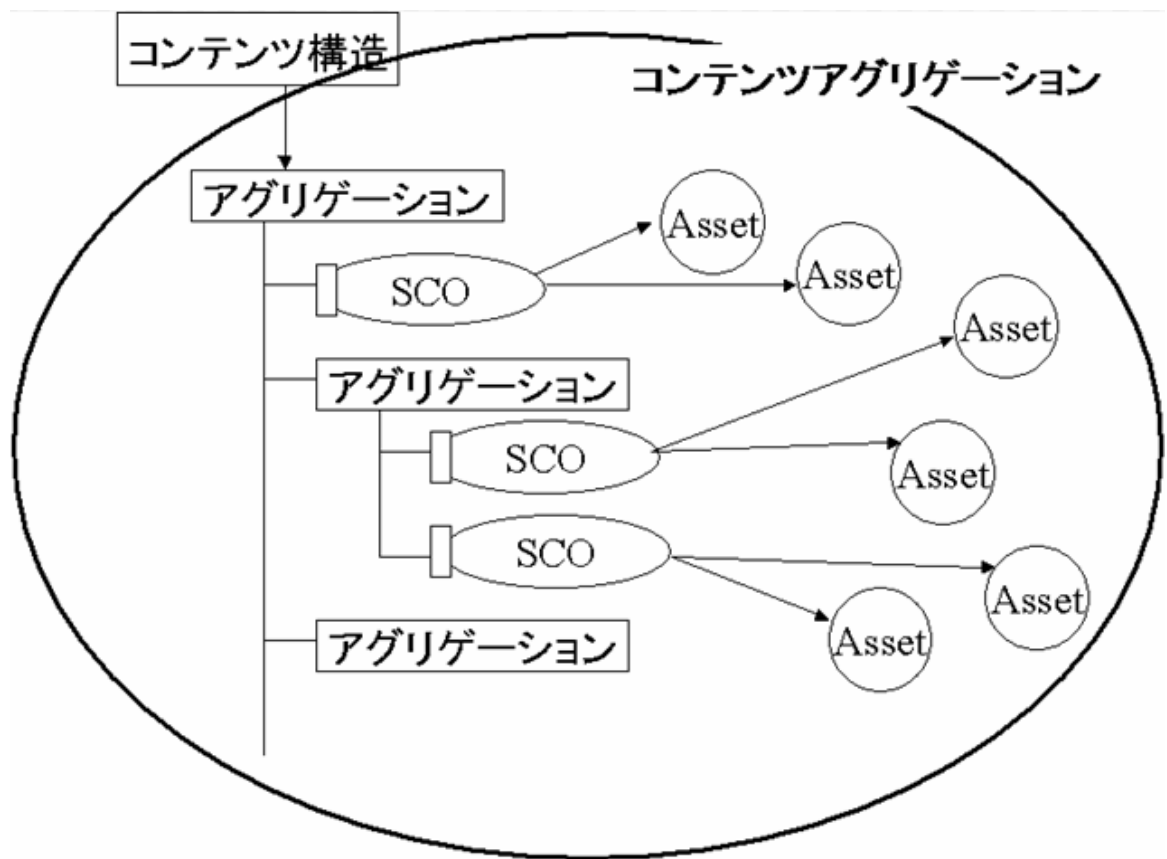


図 2.1: コンテンツアグリゲーション

表 2.1: 本研究で利用する SCO の主用なメタデータ

親要素名	要素名	要素に関する情報	データタイプ
General	Title	学習資源の名前	言語文字列
	Description	資源の内容	言語文字列
	Keyword	資源の特徴	言語文字列
	AggregationLevel	資源の粒度	ボキャブラリ 1 2 3 4
LifeCycle	Version	資源のバージョン	言語文字列
Technical	Format	資源のデータタイプ	言語文字列
	Duration	実行時間	日付形式
Educational	SemanticDensity	資源の有用性 主観的なレベル	ボキャブラリ 大変低い (very low) 低い (low) 普通 (medium) 高い (high) 大変高い (very difficult)
	Difficulty	資源の難易度	ボキャブラリ 大変易しい (very easy) 易しい (easy) 普通 (medium) 難しい (difficult) 大変難しい (very difficult)
	TypicalLearningTime	標準的な学習時間	日付形式
Relation	Kind	他の資源との関係	ボキャブラリ バージョン元 (IsVersionOf) 一つのバージョン (HasVersion) 形式元 (IsFormatOf) 一つの形式 (HasFormat) 参照先 (References) 参照元 (IsReferencedBy)

表 2.2: データモデルの主要素

カテゴリ	要素名	用途	データタイプ
cmi.core	student_id	学習者 ID	文字列
	student_name	学習者名	文字列
	lesson_location	SCO 内の進度 (しおり)	文字列
	lesson_status	SCO の学習状況	ボキャブラリ passed : 合格 failed : 不合格 completed : 完了 incomplete : 非完了 browsed : 閲覧済み not attempted : 非試行
	score.raw	SCO 内テストの得点	10 進数もしくはブランク
	total_time	SCO 学習に費やした合計時間	時間 (HHHH:MM:SS:SS)
	lesson_mode	起動後の SCO の望ましい動作	ボキャブラリ normal : 評価目的 browse : 予習 review : 復習
	session_time	1 起動当たり費やした時間	時間 (HHHH:MM:SS:SS)

2.2.2 コンテンツランタイム環境

コンテンツランタイム環境においては,SCO の起動から学習履歴の送受信を経て終了するまでの動作の仕組みと, 取得する学習履歴の情報, その学習履歴の実際の送受信方法を定義している [11]. 学習履歴については, 学習状況を管理するためのデータモデルとして定義されている. データモデルは用途に応じてカテゴリ分けされているが, その中でも本研究において重要な要素を表 2.2 で示す.

表 2.3: API Adapter の機能

機能	メソッド	意味
実行管理	LMSInitialize("")	SCO が実行され LMS との通信が開始されることを示す
	LMSFinish("")	SCO を終了され LMS との通信を終了することを示す
状態管理	LMSGetLastError("")	SCO が API を利用したメソッドが成功したかどうかを示す
	LMSErrorString("")	エラーが起きたときにそのメッセージを示す
データ転送	LMSGetValue(datamodel)	SCO が LMS からデータモデル要素の値を取得する
	LMSSetValue(datamodel,value)	SCO が LMS にデータモデル要素の値を送信する

SCORM に準拠するためには,LMS はデータモデルを送受信するための API Adapter を学習者に提供し, API Adapter を通じて SCO と通信しなければならないと定められている. SCORM ランタイム環境に適用する API とデータモデル通信の仕組みを図 2.2 に示す. SCO と LMS 間の通信には, 実行管理, 状態管理, データ転送の三つの機能がある. 各機能とそのメソッドを表 2.3 に示す. これらの機能は本研究において,SCO が JavaScript を利用して API を呼び出して LMS と通信を行う形で実現している.

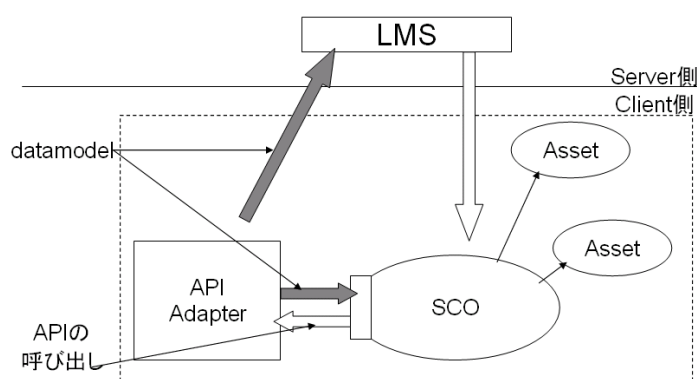


図 2.2: SCORM ランタイム環境

表 2.4: 主な SCORM 規格の LMS の一覧

プロダクト名	会社名
e-TRE Market	NTT ソフトウェア株式会社
Xcalat	株式会社エヌ・ティ・ティ レゾナント
AcademicWare WBT	コンパック株式会社
KnowledgeDeliver	株式会社デジタル・ナレッジ
CultiivaEnterprise	日本電気株式会社
VirtualCampusII	日本ユニシス・ラーニング株式会社
ネットラーニングプラットフォーム	株式会社ネットラーニング
HIPLUS on Web	日立電子サービス株式会社
Internet Navigware	(株) 富士通インフォソフトテクノロジー
Let ' s learning	松下電器産業株式会社
DIAel	三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社
Learnig Drive	株式会社ライトワークス

2.2.3 SCORM の普及状況

現在国内で販売されている SCORM に準拠した主要な LMS 製品について, 表 2.4 に示す. これを見ても明らかなように, 多くの商用 LMS が SCORM に対応している状況であり, LMS を開発する上で, SCORM をベースとすることの有効性は非常に高いものであると考えられる.

2.3 落水研究室のLMS

落水研究室では、蓄積型自習形式の遠隔学習環境における様々な問題を解決することを目的としたLMSを開発するために、電子教材のライフサイクルモデルを提案し、ライフサイクルの各フェーズで必要となる支援機能を実装した、SCORM ベースの汎用的かつ拡張性の高いLMSの開発を行っている [5]. 以下では、これまでに提案された電子教材ライフサイクルモデルと実装された支援機能について述べる.

2.3.1 電子教材ライフサイクルモデル

従来の高等教育においては、体系的な知識の伝達を目的として、あらかじめ計画されたカリキュラムに従った対面講義が行われてきた. しかも、優秀な教授者は学習者の理解状態に応じて講義内容をコントロールすることにより、さらに効果的な教育が可能であった. これに対してネットワークを利用した蓄積型遠隔学習環境では、地理的・時間的制約が少なくなるという利点はあるものの、

- 学習者の理解状態に応じて教授内容を制御することが難しい
- 多様な学習者が非同期に利用できる
- 蓄積された以上の情報を学習者に提供することができない

等の問題から、単に教材を開発して学習者に提供するだけでは理解に行き詰った学習者に対して高度な知識を体系的に学習させることが困難といえる. 大学院大学である本学では、学部を持たない特性上、非情報系の学生の受け入れも多く、特に学生のレベルは多様なものとなりやすい. このため、補完的な教育活動として電子教材の活用をいかに支援するかは非常に重要な研究テーマであるといえよう.

蓄積型遠隔学習環境における上記の問題を解決するためには、それぞれ以下のような支援が要求されると考えられる [5].

- 学習者にとって適切な教材が選択できるようにシステム側で支援すること
- 多様な学習者の状態を教授者が把握できるようにシステム側で支援すること
- 教材開発者が教材を適切に改良できるようにシステム側で支援すること

ここで挙げたシステムの要求要件は、それぞれが独立した要件というわけではなく、むしろ他の要件との関連性が非常に強いという特徴がある. 例えば、学習者による適切な教材選択を支援するアプローチは従来から数多く行われているが [17], 教材開発者が教材を改良した場合にも矛盾なく支援を行うためには、教材の改良で起こる修正のパターンに対応できる選択支援機能を設計することが求められる. このことは、LMS の支援機能の設計・開発にあたっては、支援機能同士が教材の開発・運用・保守を含めた電子教材のライフサ

イクルを通じて連携することによって、支援環境を実現しなければならないことを示している。

ここではまず、電子教材のライフサイクルモデルを考える上で、LMS で教材を管理するための教材メタデータと学習者の学習履歴に注目している。教材をライフサイクルを通して管理するためには、教材と同時に教材メタデータを管理しなければ有効に機能しない。しかも、LMS を利用する一般の教授者や教材開発者、学習者は必ずしも教材メタデータに関する専門家ではないことから、教材メタデータをライフサイクル全体に渡って作成・運用・保守することは、実際の教材を開発・運用・保守することと同等以上に重要な課題である。

さらに、遠隔学習環境で行われるすべての学習活動に関する履歴は、教材を改良していく上で必要不可欠な要素である。これらの議論に基づいて、Instructional Design[18] 等で従来から議論されている「分析/設計/開発/運用/評価」のフェーズを想定し、各フェーズで学習者の理解の行き詰まりを解消する観点から要求要件を整理した電子教材ライフサイクルモデルが図 2.3 の形で提案されている。それぞれのフェーズの定義は以下の通りである。

- 分析 教材メタデータと学習履歴を利用して教材の問題点を教授者または教材開発者が分析できること
- 設計 評価・分析に基づいて教授者または教材開発者が教材の構造を設計し、教材メタデータを生成できること
- 開発 評価・分析に基づいて教材を開発し、教材メタデータを生成できること
- 運用 教材メタデータと学習履歴を利用して学習者による教材の選択を支援し、学習履歴を収集できること
- 評価 教材メタデータと学習履歴を利用して教授者が学習者を評価できること

図 2.3 において、メタデータ、学習履歴から各フェーズへと伸びる矢印は、それぞれの情報がそのフェーズの要求要件を実現するために利用されることを示している。反対に各フェーズからメタデータ、学習履歴に伸びる矢印は、それぞれの情報がそのフェーズの要求要件を実現することによって作成または蓄積されることを示す。本ライフサイクルモデルの特徴は、ライフサイクルのプロセス（順序性）よりも、ライフサイクルを通じて作成・運用・保守の対象となるメタデータ・学習履歴をシステム、教材開発者、教授者、学習者がどのように取り扱うかを中心としてモデルを構築している点にある。これにより、他のフェーズの支援機能と連携する上で検討すべき項目が明確となり、ライフサイクルで矛盾のない支援機能を設計することが可能となる。また、設計・開発フェーズ、評価・分析フェーズについてはそれぞれ情報の流れの方向性が共通している（情報の種類は異なる）ため、共通のモジュールで支援機能を設計できることも示している。

以下では、現在までに落水研究室で開発されている支援機能について概説する。

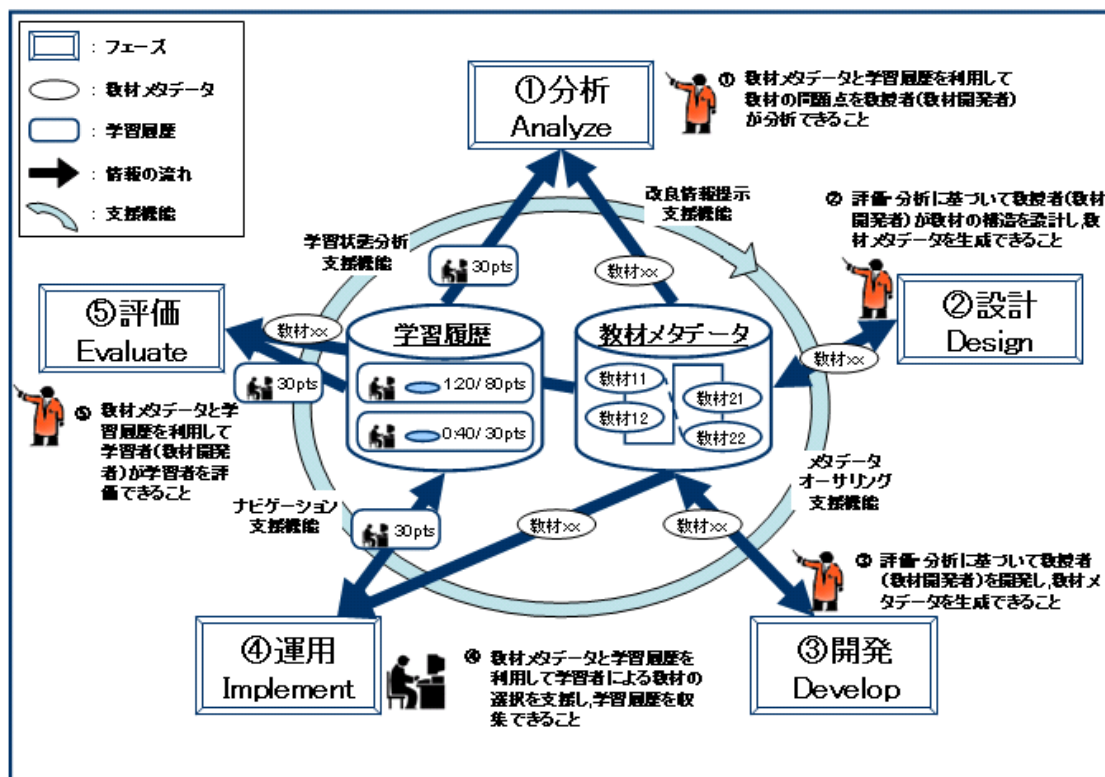


図 2.3: 電子教材ライフサイクルモデル

2.3.2 ナビゲーション支援機能

SCORM 教材の多くは、通常の講義または教科書を電子教材化したものであるため、その構造はコースウェアとして体系化されたものになりやすい。このため、例えば「関連する項目を学習したい」、「前提となる項目に戻りたい」などといった、コースウェア構造以外の観点で関連した学習項目を学習中に学習者自身が見つけ出すことはそれほど容易ではない。こうした問題を解決するために本研究室では、LMS において学習者の多様なニーズに適応した学習項目を提示・推薦するナビゲーション支援機能を開発している [6]。

上記の機能を実現するためには、学習者が次に学習すべき学習項目をシステム側で推定する必要がある。そこで本機能では、LMS との通信機能を持った学習項目の最小単位として SCORM で定義されている SCO をナビゲーションの基本単位としている。これにより、本機能に求められる具体的役割は、どの SCO を次に学習すべき項目であるかの候補として学習者に提示するかを決定することになる。ここでは、この支援に必要な情報として、

- SCO メタデータ
- 学習履歴
- ナビゲーション戦略

を利用している。

SCO メタデータとは、SCORM で定義された SCO の特徴を表す情報であるが、ここでは、キーワードなどに代表される SCO 毎の特徴に加えて、コースウェア構造や全体条件等といった SCO 間の関係を利用している。

学習履歴とは、各学習者のそれぞれの SCO に対する学習時間やテストの得点などを収集した履歴情報であり、SCO メタデータと重ねあわせることによって各 SCO における学習者の状態を表現することができる。ナビゲーション戦略とは、「関連する項目を学習したい」等といった学習者がナビゲーションを行う際の目的に対して、学習状態に基づき SCO の候補を決定する役割を果たす。このように整理すると、ナビゲーション支援機能のポイントは、学習状態をいかに推定し、多様な学習目的に対応したナビゲーション戦略をいかに実現するかということになる。

本機能は図 2.4 に示すとおり、SCORM で定義される任意の SCO メタデータ及び学習履歴を学習状態モジュールによって組み合わせ、次に学習すべき SCO の候補の決定方法をナビゲーション戦略モジュールで定義するという方法で、多様な学習者の目的に応じた Index を学習者に提供する Adaptive Index と呼ばれるナビゲーション支援機能を実現している [6]。

具体的には、現在学習している SCO に関連する SCO を、SCO メタデータを利用して抽出し、抽出した SCO に対する学習履歴から学習状態を推定している。状態の推定に利用する SCO メタデータ、学習履歴は図 2.4 の A-Rule として個別に設定することができる。これにより例えば、[コースウェア構造と学習時間]、[前提条件とテストの得点] のように複数の観点から評価すべき学習状態を表現することが可能になる。さらにこれらの学習状態を組

み合わせ,次に学習すべきSCOとしての重要度の設定を複数のナビゲーション戦略として記述できるようにしている.これにより,それぞれのSCOの重要度を決定し,その順序で並べたIndexを提示することができる.加えて,提示したIndexにおいて学習者が選択したSCOに応じてナビゲーション戦略を追加することができ,学習者の選択スタイルを反映したナビゲーション支援を実現している.こうした枠組みを提供することにより,新たな観点を追加して学習状態を表現することが容易となり,多様な学習目的に対して拡張可能なシステムを構築することが可能となっている.

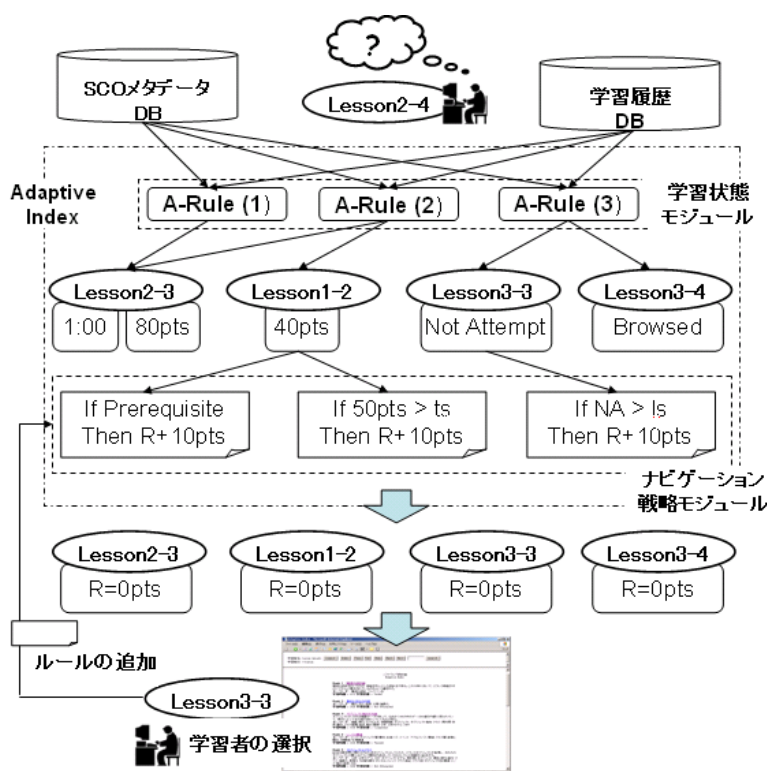


図 2.4: Adaptive Index の枠組み

なお,本機能はライフサイクルモデルの運用フェーズにおける支援機能と位置づけることができる.ここでは,SCOメタデータのRelationやKeyword等を利用してSCOの候補を推薦するアプローチを採っているため,設計・開発フェーズの支援機能によって適切なメタデータをあらかじめ付加しておけば,SCOの追加・更新・削除にかかわらず支援機能は有効に機能すると考えられる.また,評価・分析フェーズで利用できる情報を増やすという観点から,ナビゲーション支援機能そのものの利用履歴についても学習履歴と同様に収集・管理している.

2.3.3 学習状態分析支援機能

蓄積型自習形式の学習環境において、教授者が行き詰った学習者に対して効果的な指導を実現するためには、学習者の学習状態をいかに評価するかが重要となる。この問題を解決するために本研究室では、学習者管理や教材管理の用途で利用される様々な履歴情報を積極的に活用することにより、指導が必要な学習者や修正の余地がある教材を発見し、指導・修正を行うための手がかりを提供する学習状態分析支援機能を開発している [4]。

一般的に対面講義において指導を行う場合には、教授者は学習者の反応や学習達成度等を評価して問題点に対する”アタリ”をつけた上で(対象絞込)、詳細な情報を適切な観点から検討することによって問題を推測し(問題推測)、的確な指導を行っていると考えられる。

一方、蓄積型自習形式の学習環境は、主に学習者と教材から構成されるため、学習者を指導するだけでなく、SCO そのものに関する修正についても検討する必要がある。また、地理的・時間的制約が少ない特性上、多様なレベルの学習者によって非同期に学習が進行するため、学習者のレベルもまちまちであり、それぞれの学習者が LMS で行う振舞いも異なるものとなる。そこで本研究室では、こうした遠隔学習環境において教授者が学習状態を分析する際の問題点として

対象絞込 指導・修正の対象となる学習者や教材が多様で、全ての学習履歴を分析することが困難

問題推測 学習履歴の分析において、指導・修正対象が持つ問題を把握することが困難

に着目して、本研究室では図 2.5 に示す対象絞込支援機能と問題推測支援機能を開発している。

対象絞込支援機能においては、従来からよく利用されてきた学習時間やテストの成績等といった数多くの履歴情報を活用して、指導の対象となる学習者または SCO を教授者が絞り込むためのインタフェースを提供する。また、問題推測支援機能においては、対象絞込支援機能によって絞り込まれた学習者または SCO に対してそれぞれその問題を推定することを支援する。具体的には、学習者が理解するために取った行動、もしくはどのような学習をしてきたか等といった学習プロセスの把握を支援するために、学習プロセスを可視化して教授者にわかりやすく提供している。

なお、学習状態分析支援機能はライフサイクルモデルの評価・分析フェーズにおける支援機能と位置づけることができる。評価と分析では利用する情報の種類は異なるが、SCO メタデータと学習履歴を利用して学習者の評価及び教材の問題分析を支援するアーキテクチャは同様である。ただし、教材の問題分析については、問題の傾向をさらに詳細に分類し、そのときの教材改良の方針等を教授者に提示できるような機能が必要となる。



図 2.5: 学習状態分析支援機能

2.4 教材改良支援機能

本研究は, これまでの落水研究室の LMS 関連研究に基づき, ライフサイクルモデルの設計・開発フェーズにおいて電子教材の改良を支援する機能の開発を目指す.

蓄積型自習形式の学習環境において, 理解に行き詰った学習者に対する効果的な指導を実現するもう一つのアプローチは, 多くの学習者にとって改良の必要な学習項目を発見し, 教材開発者に対して改良に役立つ情報を提供するとともに, 改良にかかる負担を減らすことである. そこで本研究では, 学習項目の改良に必要な情報を提示する改良情報提示機能に加えて, 改良した学習項目を LMS で利用するために必要となるメタデータオーサリング支援機能を開発する.

第3章 改良情報提示機能

蓄積型自習形式の遠隔学習環境において教材の改良を支援するためには、改良の対象となる SCO をいかに発見し、どのように改良するかに対する指針となる情報を教材開発者に提供することが必要となる。

本研究では、学習状態分析支援機能によって分析された学習者の学習状態を示す特徴情報と教材のメタデータを積極的に活用することにより、システムが教材開発者に対して、改良すべき SCO のランキングやそれぞれの SCO を改良するために有用な情報を提供する、改良情報提示機能を設計・開発している。

本研究ではまず、昨年度の研究成果である学習者の特徴情報を基礎データとして、SCO の改良に関する情報の重要性を判定するために使用する行動パターンを定義する。さらに、行動パターンを利用して改良に必要な情報をどのように提示するかを議論する。

3.1 学習時の問題点を示す特徴情報

上條らは、LMS を利用して取得した学習履歴とアンケートから得られた学習者の理解状況を比較する実験を実施することによって、蓄積型自習形式の学習環境における学習者の特徴的な振舞いを学習時の問題点を示す特徴情報として表 3.1 のように定性的に整理している [4]。それぞれの特徴情報の意味は以下の通りである。

- Failed
ある SCO について「理解できない」「わからない」等の意図で学習者自身が入力した理解状況を表現する特徴情報
- 学習時間が長い
ある SCO に関する学習時間が教材メタデータで決められた標準学習時間より長いことを示す特徴情報
- 学習時間が短い
ある SCO に関する学習時間が教材メタデータで決められた標準学習時間より短いことを示す特徴情報
- 学習回数が多い
ある SCO を学習者が複数回学習したことを示す特徴情報

表 3.1: 上條らの研究で利用・整理された特徴情報

分類	例	問題 SCO 数/特徴情報数	重要度	出現頻度
理解情報	理解できない (Failed)	6 割	高	低
移動情報	キーワード検索移動 関連教材への移動	5 割	中	中
集計情報	学習時間長い 学習時間短い 学習回数多い	3 割	低	高

- キーワード検索による移動

ある SCO について, 学習者が学習時にキーワード検索で他の SCO に移動したことを示す特徴情報

- 参照関係による移動

ある SCO について, 学習者が学習時に教材メタデータ「Relation」で「IsReferenceBy」という関係で定義されていた SCO へ移動したことを示す特徴情報

本実験では, 特徴情報はその種類によって各学習者の理解状況に関する情報, SCO 移動時の情報, SCO ごとに集計される情報に分類されており, 分類された特徴情報が SCO の問題を分析する上でどの程度重要であるかについての議論がなされている. 例えば, 学習者がある SCO に対して自身の理解状況として直接「Failed」と入力したケースでは, その学習者が対象となる SCO について十分な理解ができない状態であったと思われる. ただし, 学習終了後のアンケートと比較すると, その一致率は 6 割程度であり, ある時点で理解できていなくても, 学習が進むにつれる問題が解決するといったケースが考えられる. また反対に, 学習者は理解状況の入力が義務づけられていたわけではないため, 理解できていない SCO でも入力されない場合も考えられる. このため, 理解状況に関する情報だけでなく, 他の情報についてもそれぞれの特性を考慮して, これらの情報の組み合わせにより, より適切な情報を教授者に対して提供するべきであると指摘されている [4].

3.2 SCOの改良における特徴情報の問題

上條らは特徴情報を利用することによって, ある学習者が多くかつ重要度の高い特徴情報を示した SCO を指導すべき対象として提示していた. 例えば, 図 3.1 に示すように, それぞれの SCO で示された特徴情報の重要度を集計すると, SCO2 で見られる特徴情報 (Failed,keyword 検索) の重要度が他の SCO に比べて高くなっており, この学習者にとって優先して指導すべき SCO と考えられる.

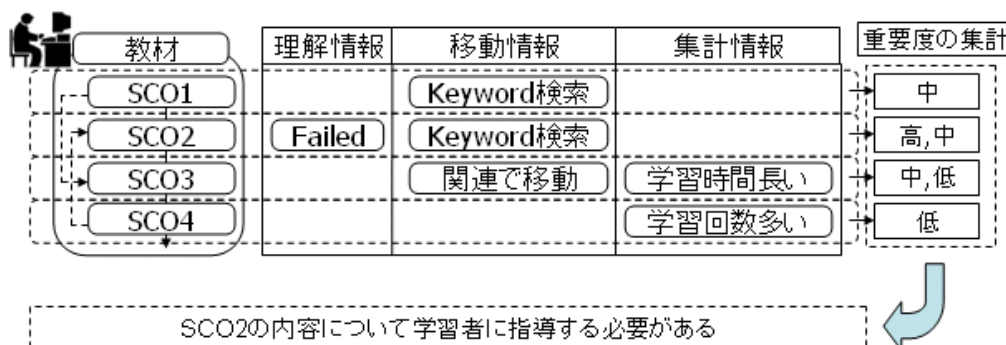


図 3.1: 特徴情報を利用した指導すべき教材の発見

そこで本研究では, 改良候補となる SCO を推定するための基本方針として, 重要度の高い特徴情報がより多い SCO をより改良の必要性が高い SCO と捉えることとする. このことは, より多くの学習者が対象となる SCO に対して問題を抱えている状況であると考えられるため, この問題を解消するような改良を行うことによって, より多くの学習者に対してその効果を期待することができる.

しかしながら, 改良すべき SCO を発見する上では特徴情報を利用するだけでは不十分である. 例えば, 図 3.2 のように, 多くの学習者の特徴情報を単純に集計すると, SCO1 と SCO2 で見られる特徴情報は同じで, 改良すべき SCO の重要度は同じものとなる. しかしながら, SCO1 はそれぞれの特徴情報を示した学習者が別々であるため, 検索されたキーワードや学習時間の長さが教材改良時に十分な意味を持つとは限らない. 一方, SCO2 では, 一人の学習者にすべての特徴情報が集中しており, それぞれの情報を互いに関連づけて利用することが可能であるため, 教材改良の観点からは後者の方が重要な情報を含んでいるものと考えられる.

そこで, 本研究では, 上記の実験で抽出された特徴情報を組み合わせた行動パターンを定義することによって, 改良の候補となる SCO と教材開発者に提供すべき情報をシステムが推定するアプローチを取る.

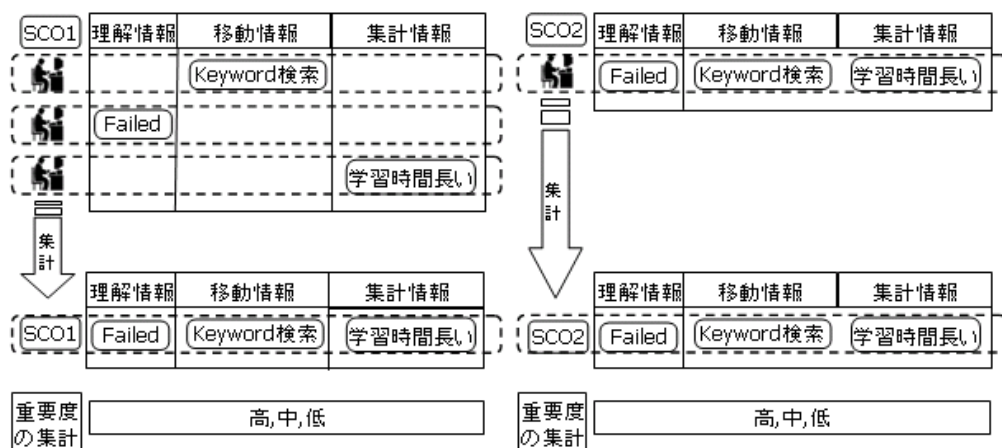


図 3.2: SCO の改良における特徴情報の問題

3.3 行動パターン

本研究で定義する行動パターンとは、LMS の学習状態分析支援機能で取得した特徴情報を組み合わせて、学習者が問題を抱えていると思われる行動をパターン化するものである。

3.3.1 行動パターンの定義

表 3.1 に整理された特徴情報の組み合わせによって、改良すべき SCO を推定するための学習者の行動パターンを定義した。表 3.2 は以下のルールに基づいて定義した行動パターンの一部である。

1. 個別の特徴情報を最も基本的な行動パターンとする。
2. 三種類に分類された特徴情報の中で組み合わせを行い、それぞれを一つの行動パターンとする。ただし、組み合わせの結果に矛盾が生じるケースについては行動パターンとして考えない。例えば、「SCO 毎の集計情報」として分類されている「学習時間が短い」 + 「学習時間が長い」等は明らかに矛盾しており、現実的に起き得ないことから、行動パターンには含めないものとする。
3. 特徴情報間の組み合わせを同様に繰り返して、それぞれを一つの行動パターンとする。この場合についても、組み合わせの結果に矛盾が生じるケースについては行動パターンとして考えないこととする。

表 3.2: 行動パターンの一部

行動パターン毎に含まれる特徴情報		
理解情報	移動情報	集計情報
Failed	キーワード検索で移動	学習時間長い 学習回数多い
Failed	キーワード検索で移動 関連教材への移動	学習時間長い 学習回数多い
Failed		学習時間長い 学習回数多い
Failed		学習時間短い 学習回数多い
Failed		学習回数多い
Failed		学習時間長い
Failed		学習時間短い
	キーワード検索で移動	学習時間長い 学習回数多い
	キーワード検索で移動	学習時間短い 学習回数多い
	キーワード検索で移動	学習時間長い
	キーワード検索で移動	学習時間短い
	キーワード検索で移動	学習回数多い
	関連教材への移動	学習時間長い 学習回数多い
	関連教材への移動	学習時間短い 学習回数多い
	関連教材への移動	学習時間長い
	関連教材への移動	学習時間短い
	関連教材への移動	学習回数多い
Failed		
	キーワード検索で移動	
	関連教材への移動	
		学習時間長い 学習回数多い

3.3.2 行動パターンの重要度と得点

分類された特徴情報の指導時に対する重要度を考慮すると、その組み合わせによって得られる行動パターンの SCO 改良時に対する重要度もまた組み合わせたものになると考えられる。

そこで、システムで行動パターンの重要度を計算するため、本研究では、特徴情報の得点を表す表 3.1 の推定確率に基づいて定義した。つまり、理解情報が含まれる場合には 6 点、移動情報は 5 点、集計情報は 3 点という形である。実際の行動パターンの得点はパターンに含まれるすべての特徴情報の得点の和となり、例えば表 3.2 のパターン 22 は 17 点となる。

3.3.3 改良情報の提示

以上の議論に基づき本研究では、以下の手順で教材の改良に必要な情報を教材開発者に提供する。

1. システム側で、改良すべき SCO の候補を行動パターンの得点によってランク付けする。
2. 教材開発者が改良すべき候補を選択することにより、システムが得点の高い行動パターンに含まれる情報を提示する。

改良候補となる SCO のランキングの提示

図 3.2 の例を利用すると、SCO2 から抽出できる行動パターンは「Failed + キーワード 検索 + 学習時間長い」という全体のパターンとこのパターンを構成した三つのパターンとなり、すべてのパターン点数を集計すると 28 点になる。SCO 1 では三つの行動パターンで、集計した点数は 14 点になる。このようにして、改良候補となる SCO のランキングを行うと、SCO2 が優先すべき改良候補ということになる。

改良に役立つ情報

教材開発者が改良すべき候補として SCO を選択することにより、システムはその SCO が持つ重要度が高い行動パターンに含まれる情報を提示する。提供する情報には改良に役立つ情報と教材の問題点がある。提供する問題点については、行動パターンに含まれる特徴情報について、関連研究で調べて、どの特徴情報からどの問題点を考えられるかを整理した。

具体的には図 3.4 に示すように、SCO2 に最も重要度が高い行動パターン「Failed+Keyword 検索+時間長い」であり、このパターンによって、入力したキーワードや検索移動で移動先の SCO のタイトルを提供するとともに、その問題点として、教材の難易度が高いことを示す。

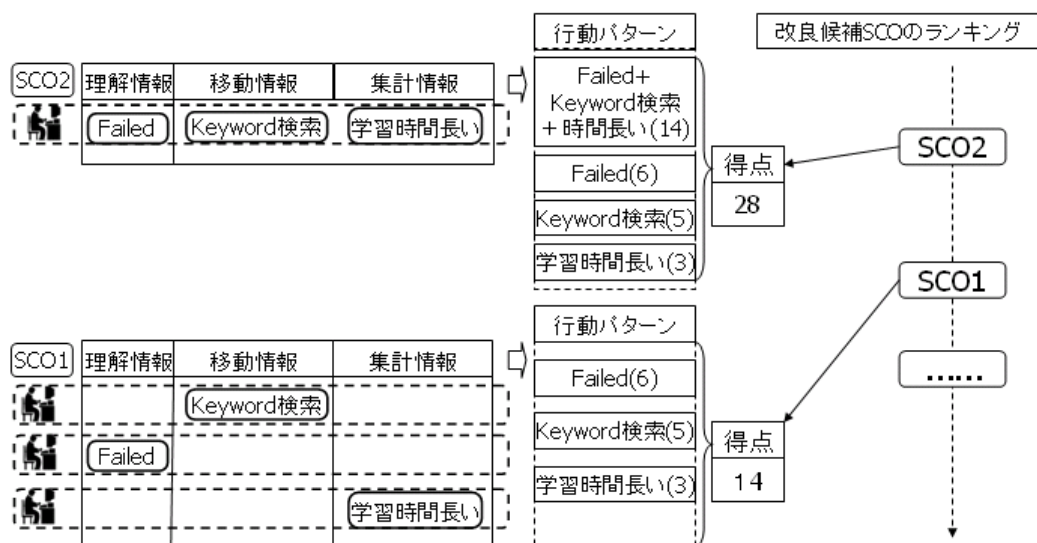


図 3.3: 改良候補となる SCO のランキング

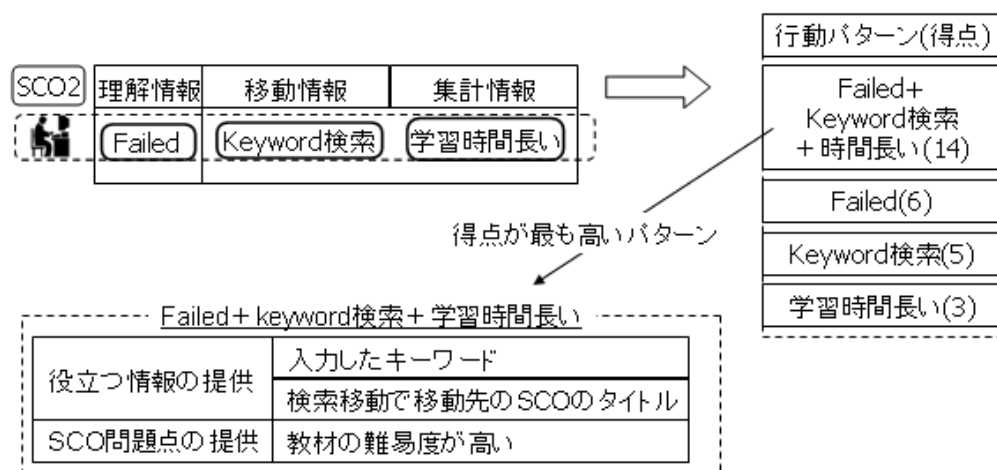


図 3.4: 改良に役立つ情報

第4章 メタデータオーサリング支援機能

蓄積型自習形式の遠隔学習環境において、改良した SCO を効果的に活用するためには、教材メタデータの保守・更新が非常に重要となる。これを実現するためには、教材開発者が LMS の動作を十分に理解してメタデータを記述することが求められるが、実際の開発者にそこまで求めることは非常に困難であろう。この問題を解決するために、本研究では SCO の改良方法に応じてメタデータのオーサリングを支援する機能を設計・開発している。

4.1 更新すべきメタデータ

メタデータのオーサリングを支援するためのアプローチとして本研究ではまず、教材ライフサイクルの観点から、教材の改良方法及びナビゲーション支援機能との関係を考察し、更新すべきメタデータについて検討した。

4.1.1 SCO の改良方法

SCO を改良する際には、その SCO の特徴を示すメタデータの更新が必要となる。しかしながら、SCO の改良の方法によっては特定のメタデータが改良前の状態から継承できるケースが考えられる。例えば、難易度が高い SCO を内容はそのまま難易度が低い形に変更した場合には、SCO の内容を表すタイトルやキーワードに関する情報はそのまま継承できる可能性が高いが、教材の難易度に関しては教材開発者による変更が必要になると思われる。さらに、更新すべきメタデータは改良された SCO だけでなく、その SCO に対して関係が定義された SCO に及ぶ場合も考えられる。そこで、これらの問題を整理するために本研究では教材開発者が SCO を改良する際のアプローチとして、図 4.1 で示すように、SCO の「追加」、「変更」、「削除」を対象とすることとした。

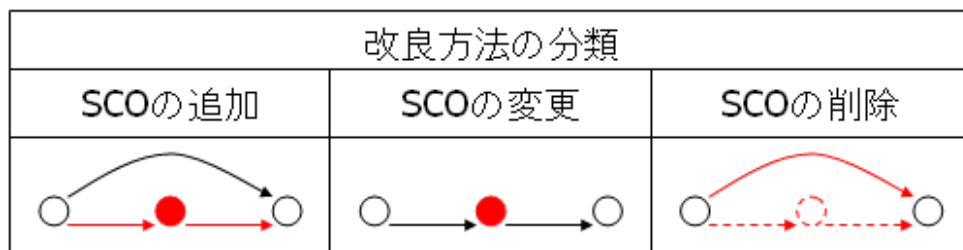


図 4.1: 改良方法の分類

4.1.2 ナビゲーション支援機能とメタデータ

SCORMで定義されているメタデータはすべてLMSの管理上必要な項目であると考えられる。しかしながら、図4.2に示すように、ナビゲーション支援の主な対象となるメタデータはSCOの内容、質、関連の視点で大きく三種類に分類される。

- SCOの内容に関するメタデータ
title,keyword 等
- SCOの質に関するメタデータ
difficulty,typicallearningtime 等
- SCOの関連に関するメタデータ
kind,resource 等

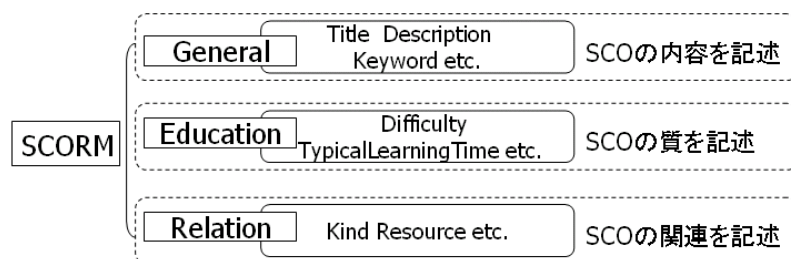


図 4.2: ナビゲーション支援の主な対象となるメタデータ

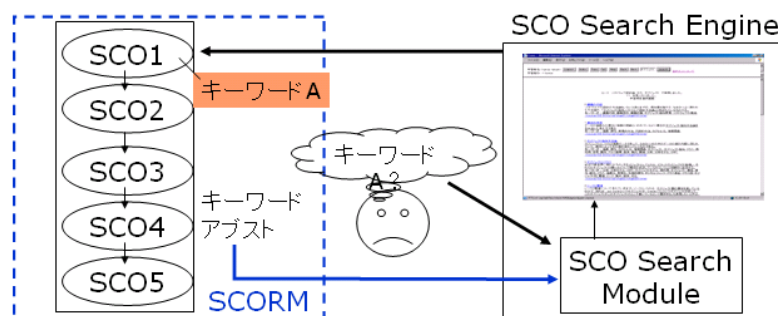


図 4.3: SCO Search

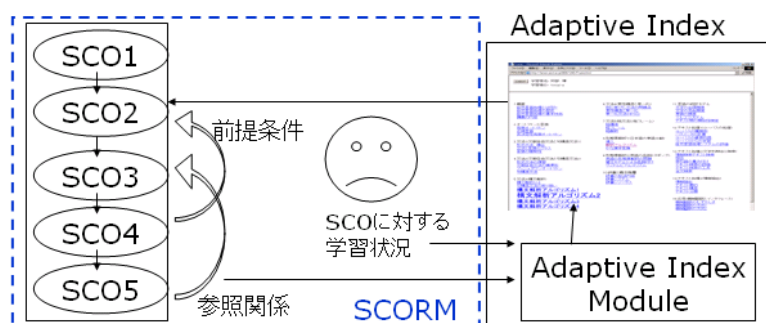


図 4.4: Adaptive Index

カテゴリ General に含まれる title,keyword などのメタデータは SCO の内容を記述できる。ナビゲーション支援機能としての SCO Search はこれらのメタデータを利用して機能する。例えば, SCO Search は SCORM のメタデータで定義されているキーワードを対象の検索機能であり, これにより, 教授者があらかじめ付加したキーワードが一致している SCO があれば学習者に提示できる。

カテゴリ Education に含まれる difficulty,typicallearningtime などメタデータは SCO の教育的な質を記述できる。

カテゴリ Relation に含まれる kind,resouce などのメタデータは教材の関連を記述する。ナビゲーション支援機能としての Adaptiv Index はこれらのメタデータを利用して機能する。例えば, 図 4.4 に示すように, Adaptive Index を利用すると, システムは, SCO に対する学習状況と SCORM のメタデータで定義されている参照関係や前提条件といった SCO 間の関連の情報から, 次にどの SCO を学習すればよいのかをハイライトした Index を学習者に提供する。

表 4.1: 改良方法と変更すべきメタデータの対応関係

SCO の 分類	改良方法の分類		
	SCO の追加	SCO の変更	SCO の削除
対象 SCO	内容：継承 質：継承 関連：変更	内容：変更 質：変更 関連：変更	
新規 SCO	内容：変更 質：変更 関連：変更		
関連 SCO	内容：継承 質：継承 関連：変更	内容：継承 質：継承 関連：変更	内容：継承 質：継承 関連：変更

つまり,SCO 改良時にナビゲーション支援機能を正常に動作させるためには, 少なくともこれらのメタデータが正しく更新されていることが必要となる.

4.2 改良方法と変更すべきメタデータの対応関係

以上の議論に基づいて本研究では, 改良方法と変更すべきメタデータの対応関係を表 4.1 に示すように整理した.

例えば, 多くの人にとって行き詰まりとなる改良対象の SCO に対して, 行き詰まりを解消できる SCO を追加する場合に, その SCO の内容や質を表すメタデータを変更する必要があります. また, この新規 SCO をナビゲーション支援機能でうまく利用するために, 新規 SCO・対象 SCO・関連 SCO の関連を記述するメタデータを変更する必要もある. また, SCO の改良の方法によっては変更する必要のないメタデータが改良前の状態から継承できる.

4.3 改良情報の利用

本研究では, 変更すべきメタデータをさらに絞り込むために, 改良情報提供機能を実現するために生成した行動パターンにより変更メタデータをさらに絞り込むアプローチをとる.

例えば図 4.5 のように, 行動パターン「Failed + キーワード検索」が見られる場合には, 多くの学習者がこのキーワードの内容について理解不十分であると考えられる. このため, 教材改良においては, この「キーワード A」の内容について SCO を改良する必要がある.

もしこの時に、キーワードが変更される場合には、キーワードの内容を記述するメタデータも更新されなければならない。そこで、教材開発者がメタデータ「keyword」を最優先に更新できるように、行動パターンにより、メタデータ「keyword」を抽出している。

このことにより、教材開発者にはより重要なメタデータの更新を集中的に行わせることが可能となる。

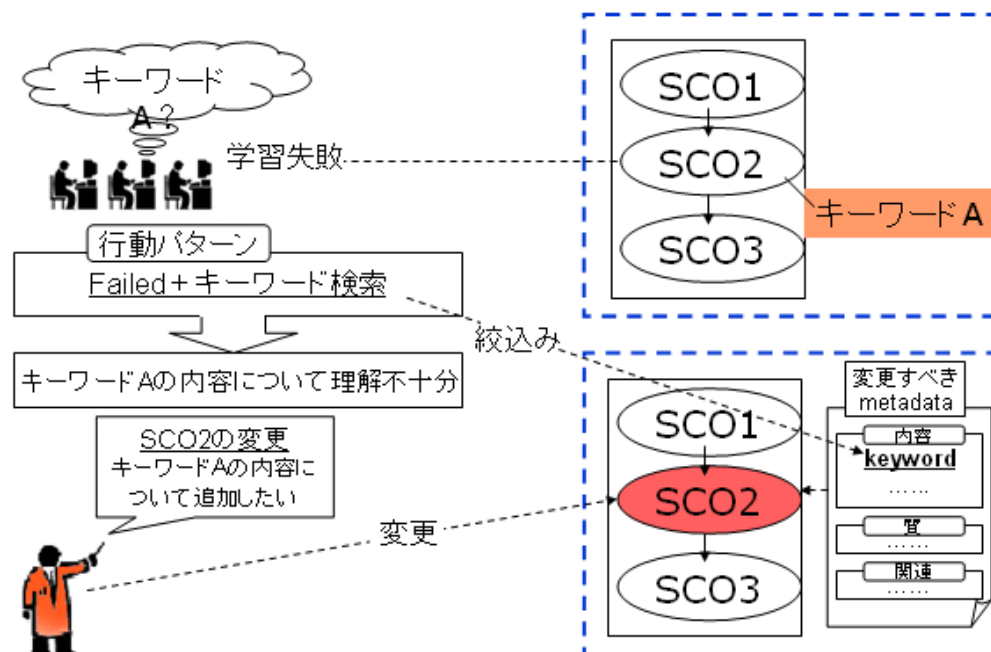


図 4.5: 行動パターンによる変更すべきメタデータの絞込み

第5章 LMSの実装

5.1 改良情報提示機能の実装

5.1.1 システムの構築

図 5.1 に改良情報提示機能のモジュール構成を示す. 本 LMS は, 改良すべき SCO の提示支援を行う SCO Ranking モジュールと SCO の改良に役立つ情報と SCO 問題点の提示を行う Improvement Information モジュールを教授者に対して提供する. この二つの機能が呼び出される際にはまず, Student Information Manager, Material Information Manager, Process Information Manager の各モジュールから学習履歴や SCO 情報等を取得し, それらを一旦, Analysis Data Manager モジュールで集計する. そして, Pattern Information モジュールは Analysis Data Manager モジュールに集計されている情報を元に, 各 SCO に含まれる行動パターンと行動パターンで提供できる情報を集計する. 次に, SCO Ranking モジュールは Pattern Information モジュールで集計した行動パターンを元に, 改良すべき SCO のランキングを作成する. Improvement Information モジュールは改良すべき SCO が選択された後に, Pattern Information Manager モジュールからの情報を受け取り, 改良すべき SCO の問題点と改良に役立つ情報の一覧表を作成する.

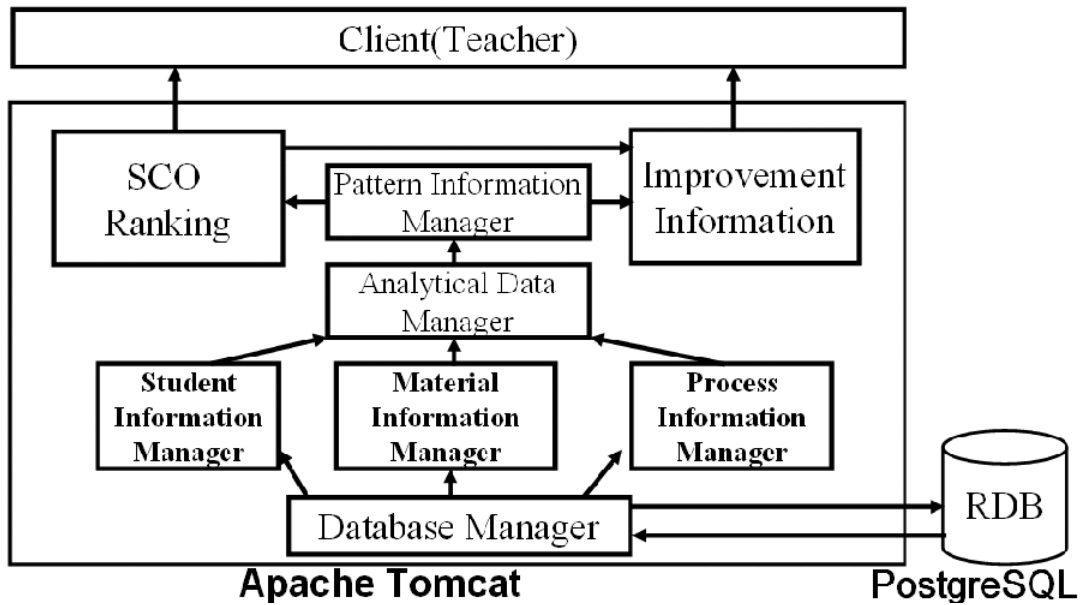


図 5.1: 改良情報提示機能の実現

5.1.2 インタフェース

図 5.2 に改良すべき SCO のランキングのインタフェースを示す. ここでは, 各 SCO に含まれる行動パターンの得点を集計し, その順で表示している. これにより上位の SCO がより重要度の高い行動パターンを含むことになる.

図 5.3 は改良候補として選択された SCO に対する問題点と改良時に役立つ情報を示すインタフェースである. これに基づき, 教材開発者は SCO の改良を行うことになる.

問題提示フェーズ - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

改良候補となるSCOのランキング

SCOタイトル	重要度が最も高い行動パターン(人数)
汎化と継承	Failed + 学習時間が長い + 学習回数が多い + キーワード検索で移動 + 関連教材での移動(4)
多重継承	Failed + 学習時間が長い + 学習回数が多い + キーワード検索で移動 + 関連教材での移動(3)
リンクと関連	Failed + 学習時間が長い + 学習回数が多い + キーワード検索で移動(3) Failed + 学習時間が長い + 学習回数が多い + 関連教材での移動(3)

ページが表示されました

インターネット

図 5.2: インタフェース：改良すべき SCO のランキング

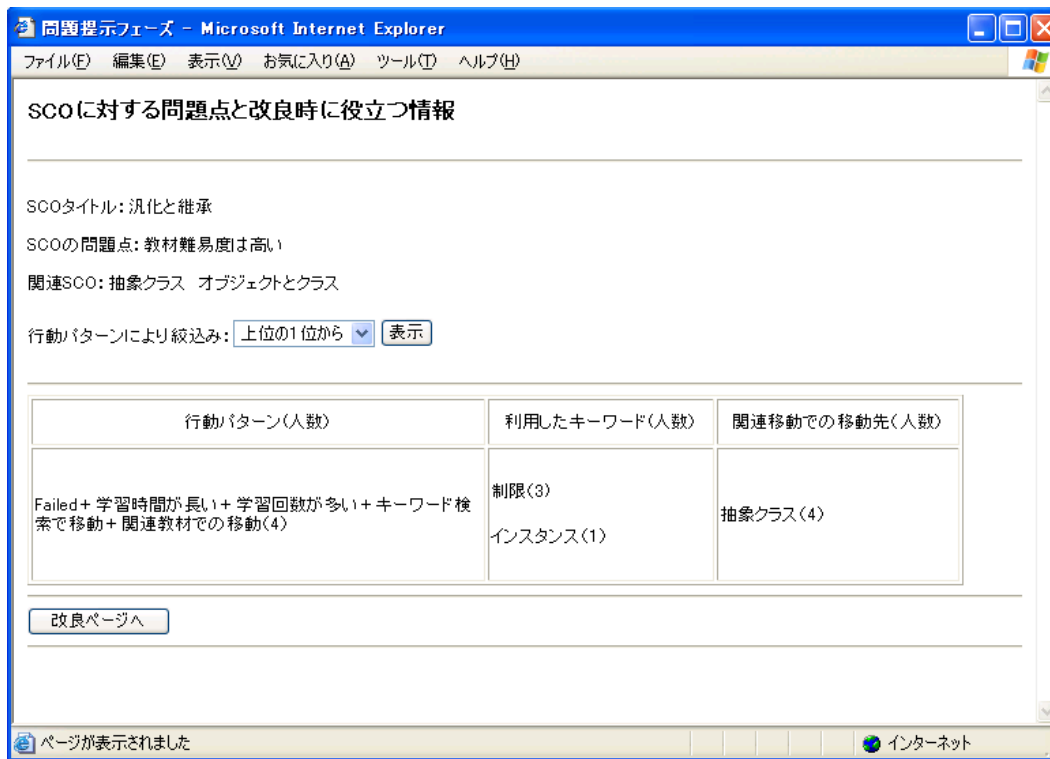


図 5.3: インタフェース：提示される SCO の問題点と改良に役立つ情報

5.2 メタデータオーサリング支援機能の実装

5.2.1 メタデータオーサリング支援機能の構築

図 5.4 にメタデータオーサリング支援機能のモジュール構成を示す。教材開発者が改良したい SCO と改良方法を選択することにより, Metadata Express モジュールは Database Manager に取り出した SCO のメタデータ情報を元に変更すべきメタデータと継承可能なメタデータを分類し, Pattern Information モジュールで集計した行動パターンを元に, 変更すべきメタデータをさらに絞り込むことによって, メタデータの一覧表を作成する。

Metadata Express モジュールで絞り込んだメタデータ情報を元に, Metadata Improve モジュールは教授者の入力結果に従って, メタデータの変更を支援する。変更した結果は Database Manager により, Database に保存される。

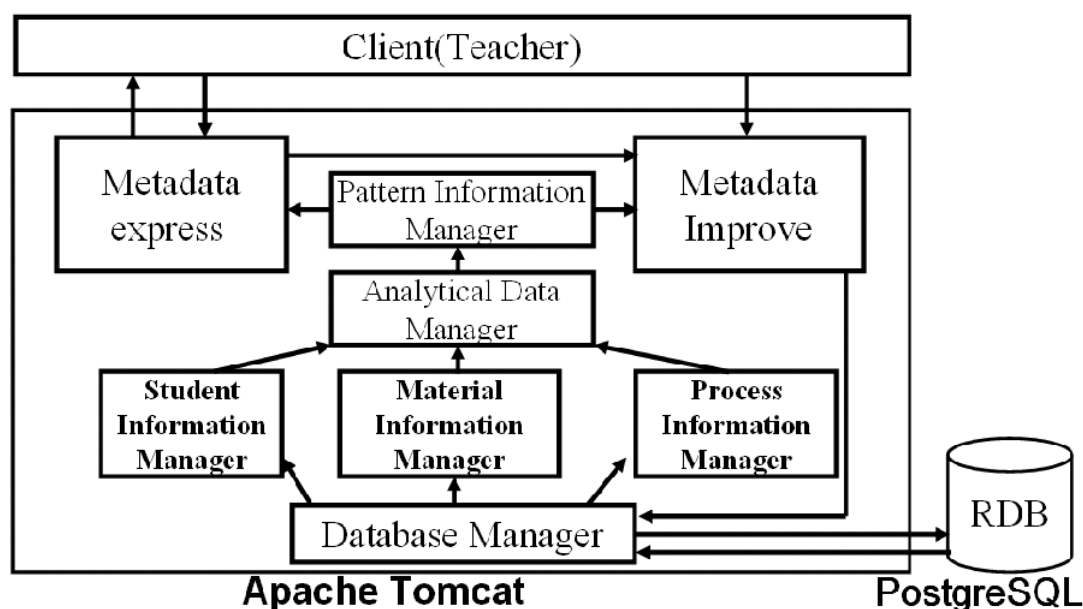


図 5.4: メタデータオーサリング支援機能の実現

5.2.2 インタフェース

図 5.5 はメタデータオーサリングツールのメインインタフェースである。

本機能で修正対象となるメタデータのフォーマットは SCORM 準拠の XML ファイルとなっており、改良した SCO における行動パターンの情報と教材開発者が実行した改良方法に基づき、変更すべきメタデータを上部で表示することにより、優先的に更新できる形

となっている。もちろん、システムが継承可能であると判定したメタデータについては自動的に継承されるが、教材開発者がさらに修正を行うことも可能となっている。また、メタデータの更新が完了したら、改良した SCO と更新したメタデータをセットで LMS にアップロードすることもできる。

The screenshot shows a web browser window titled "Metadata Authoring Tool - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows a URL starting with "http://". The page has a blue header bar with the text "Metadata Authoring Tool". Below the header, there is a message: "すべてのフィールドをクリアしたいなら、「clear」ボタンを押してください" (If you want to clear all fields, click the "clear" button) followed by a "Clear" button. The main content area is titled "General" in a blue bar. Below this, there are several input fields: "Entry Identifier: Enter a Identifier for this metadata entry." with a text box; "Entry Title: Enter a descriptive title for this metadata entry." with a text box; "Catalog: the name of Catalog" with a text box; "Entry: Actual value of the entry within the catalog" with a text box; "Language: The primary human language used within this resource to communicate to the intended user." with a "Select..." button and a dropdown menu; and "Description: A textual description of the content of this resource being described" with a text area.

図 5.5: メタデータオーサリングツール

5.3 システム実行環境

開発したシステムは, 本研究室でこれまで開発されてきた LMS をベースとした. SCORM 対応の LMS を開発する際には, OS やプログラミング言語に関する制約はないことから, Apache Tomcat[16] を Web サーバ及びサーブレットコンテナとして利用し, さらにその上で JSP, Servlet を動作させることによって, システムを実装した. また, 学習履歴や SCO メタデータ等を蓄積するデータベースには, オープンソースのリレーショナルデータベースとして実績がある PostgreSQL を用いた. 加えて, Java からデータベースに接続し, データを参照・更新するための技術である JDBC を利用することにより, JSP, Servlet が学習履歴やメタデータの問い合わせ, 蓄積が出来るようにした.

5.4 ライフサイクルモデルに基づく支援

教材改良支援機能は全体として, ライフサイクルモデルの設計・開発フェーズにおける支援機能と位置づけることができる. そのうち, 改良情報提示機能は学習状態分析支援機能と連携することによって, 評価・分析フェーズと設計・開発フェーズをつなぐ役割を果たしているといえる. 一方, メタデータオーサリング支援機能は教材改良時におけるナビゲーション支援機能の正常な動作を実現することができ, 設計・開発フェーズと運用フェーズの橋渡しをする役割を担っている.

第6章 システムの入力例

6.1 目的と方法

本研究で提案した改良すべき SCO の抽出手法としての行動パターンの有効性を検討するため、実データを利用したシステムの振る舞いを検証した。

具体的には上條らの実験の被験者 5 名分の学習履歴を特徴情報単独の場合と行動パターンを利用した場合の改良候補をアンケートと比較した。このアンケート結果は昨年の被験者が理解が十分にできなかった SCO についての答えである。

6.2 結果と考察

図 6.1 に実データを利用したランキング結果とアンケート結果を比較したものを示す。行動パターンによるランキングがアンケート結果の 2 位以下の四つの SCO をカバーしていることに比べて、特徴情報では三つの SCO しか抽出できていない。また順位についても、行動パターンのほうがアンケート結果に近いことがわかる。これらのことから、改良すべ

行動パターン	アンケート結果		特徴情報
改良候補SCOランキング	わからないSCO	人数	改良候補SCOランキング
SCO6	SCO16	3	SCO3
SCO7	SCO6	2	SCO7
SCO5	SCO15	2	SCO5
SCO15	SCO7	1	SCO6
SCO4	SCO4	1	SCO4
...			...

図 6.1: 改良すべき SCO の候補とアンケートの比較

き SCO を抽出する上で、行動パターンは一定の効果が期待できると考えられる。しかしな

がら, 両方のアプローチで, アンケートで一番多かった SCO16 を抜き出すことができないという点は問題である. これを詳細に調べると, すべての学習者が非常に短時間しか学習しておらず, しかも, それ以降学習を行っていないことがわかった. これは SCO16 に行き詰ったことにより学習を諦めてしまった結果だと考えることができる.

第7章 まとめと課題

7.1 まとめ

蓄積型自習形式のコースウェアを利用した学習環境において教材開発者による効果的な教材改良を実現するために、学習状態分析支援機能に基づいて SCO の改良に役立つ情報を提供する改良情報提示機能を提案するとともに、SCO の改良に伴って必要となるメタデータの更新の負荷を軽減するメタデータオーサリング支援機能を開発した。またこの二つの支援機能を連携することによって、改良すべき SCO の発見から、SCO のメタデータの変更までを統一的に支援する環境を構築した。

7.2 今後の課題

7.2.1 評価実験

本研究で開発したシステムをより多くの教材・学習者・教授者に利用してもらい、システム全体の詳細な評価実験を行う必要がある。

7.2.2 特徴情報の追加

本研究では特徴情報を元に、行動パターンを定義し、改良すべき SCO を抽出するという方法論を採っているが、この特徴情報は必ずしも十分であるとは言えないと考えている。このため、さらに特徴情報として採用できる情報を実験を行い検討する必要がある。

7.2.3 学習プロセス

本研究で定義した行動パターンでは学習プロセスを意識せずに、学習者の学習時の特徴情報の組み合わせのみで定義されている。しかし、行動パターンに学習プロセスの視点を増やせば、もっと質のよい情報を抽出することが期待できる。今後は、本研究で定義した行動パターンを元に学習者の既知のプロセスをあらかじめクラスタリングによって分類し、学習プロセスの情報を増やすことにより、行動パターンがもっと細かく定義して、改良すべきな SCO をより高い精度で抽出することが必要となる。

7.2.4 SCORM2004 への対応

本研究で開発した LMS は, SCORM Version 1.2 に準拠したものであるが, 2004 年 1 月には SCORM 2004 が発表されている. SCORM2004 には, データモデルの値によって学習経路を決定することができる等, 新しい機能が提供されるようになる. 今後の普及にあわせて, 本システムも SCORM2004 への準拠を検討する必要がある.

謝辞

最後に, 本研究を行うにあたって懇切丁寧に御指導頂きました落水浩一郎教授に心より感謝申し上げます.

本研究をまとめるにあたって, 大変有益な御指導, 御助言を頂きました鈴木正男助教授に深く感謝申し上げます.

日頃から研究に協力していただき, 公私にわたり御指導頂きました遠隔教育センターの長谷川忍助教授に深く感謝いたします.

研究生活におけるすべての面で御助言を頂きました服部哲助手, 藤枝和宏助手に深く感謝いたします.

本研究のベースとなったLMSを設計・開発し, 修了後までシステム面で御助言を頂きました上條隆氏に深く感謝いたします.

そして, 本研究に関して多くの有意義な助言を頂きました落水研究室の皆様方に感謝いたします.

最後に, 進学への援助をしてくださった両親家族, ならびに私生活の面でもお世話になった友人に深く感謝申し上げます.

参考文献

- [1] "AVCC e-learning 海外の事例・日本の事例", <http://www.avcc.or.jp>
- [2] 先進学習基盤協議会 (ALIC), "e ラーニング白書 2004/2005 年版", 2004
- [3] 桑原恒夫, 玉城幹介, 山田光一, 中村善宏, 満永豊, 小西納子, 天野和哉, "個別進度別教育支援システム (MESIA) における行き詰まり生徒の支援機能とその効果", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-1, No.9, pp.1013-1024, (2000).
- [4] 上條隆, "教授者に対して学習状態分析支援機能を提供する学習管理システムに関する研究", 北陸先端科学技術大学院大学修士論文, 2004.
- [5] 長谷川忍, 落水浩一郎, "電子教材ライフサイクルモデルに基づく学習管理システム" 電子情報通信学会, 2004.
- [6] 阿部博, "ナビゲーション機能を有する学習管理システムに関する研究" 北陸先端科学技術大学院大学修士論文, 2003.
- [7] 金西計英, 妻鳥貴彦, 矢野米雄, "LOGEMON: Web 教材を使用した授業での教師支援システム" 電子情報通信学会論文誌, 2000.
- [8] 日本 e ラーニングコンソシアム, <http://www.elc.co.jp/index.htm>
- [9] ADL Net <http://adlnet.org>
- [10] ADL Net, "SCORM 概要", 2001.
- [11] ADL Net, "SCORM ランタイム環境", 2001.
- [12] ADL Net "SCORM コンテンツアグリゲーションモデル", 2001.
- [13] SATT, <http://satt.jp>
- [14] IMS, <http://www.imsglobal.org>
- [15] AICC, <http://www.aicc.org>
- [16] Apache Tomcat, <http://jakarta.apache.org/>

- [17] 長谷川忍, 柏原昭博, ”ハイパー空間における主体的学習のための Adaptive Path Preview”, 電子情報通信学会技術研究報告 ET2002-44, pp.1-6, (2002).
- [18] William Lee, Diana Owens, 清水康敬 (監訳), 日本ラーニングコンソシアム (翻訳), ”インストラクショナルデザイン入門ーマルチメディアにおける教育設計”, 東京電気大学出版局, (2003).