

個人の知識に応じた教材の自動構成システムの実現

清水智公[†], 中村純一^{††}, 吉田尚史[†], 服部隆志^{††}, 萩野達也^{††}

[†] 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

^{††} 慶應義塾大学 環境情報学部

要旨

本稿では、教材データを対象とした、個人の知識に応じた教材の自動構成システムの実現方式について示す。本方式は、幅広く（新しい概念のみを学習）、深化（得意分野の概念のみを学習）、伸張（ある範囲の概念を学習）の3種類から利用者により選択された戦略により、教材データを対象として検索を行い、利用者に応じた教材データの出力を可能とする点を特徴とする。本方式では、検索の対象とする分野の概念の集合、利用者の各概念に対応する理解度、各教材データに設定される前提となる概念群および得られる概念群、計3種類のデータ構造を入力とし、利用者から与えられた戦略（幅広く、深化、または、伸張）に応じた教材データを出力することを可能とする。本稿では、実験システムを対象とした実験により、本方式の実現可能性を検証する。

An Implementation of Automatic Personalization System for Teaching Materials Depending on Learners' Knowledge

Noritada Shimizu[†], Junichi Nakamura^{††}, Naofumi Yoshida[†], Takashi Hattori^{††}, Tatsuya Hagino^{††}

[†] Graduate School of Media and Governance, Keio Univ.

^{††} Faculty of Environmental Information, Keio Univ.

In this paper, we present an implementation of automatic personalization system for teaching materials depending on learners' knowledge. Our system can personalize teaching materials automatically by user profile. Our system has three personalization strategies: widening, specialization and expansion. This system enables for users to get different personalization of teaching materials according to selected strategy. In this paper, we show feasibility of our system by several experiments using our experimental system.

1 はじめに

近年、新たな教育環境を支援する情報システムの実現が重要な課題となっている。

従来の教育は、教育を受ける学習者のレベルにあわせるのではなく、全体の平均のレベルにあわせて行われてきた。そのような教育は、初学者には良く分からない教育となり、深く理解している人にとっては物足りない教育となる。近年、教育は多種多様な利用者を対象とする必要があり、初心者と知っている人の差はかなり大きくなりつつある。

また、従来の全文検索技術では、対象とする教材データの詳細を知らないと求める教材データを獲得することができない。また、一般にノイズが多く含まれ、的確な教材データの獲得は困難な状況にある。

また、従来の personalize (個人化、個別化)[2, 3] では、主として可視化に関する技術のため、教材データを対象とした高度な検索は困難である。

本稿では、教材データを対象とした、個人の知識に応じた教材の自動構成システムの実現方式について示す。本方式は、幅広く（新しい概念のみを学習）、深化（得意分野の概念のみを学習）、伸張（ある範囲の概念を学習）の3種類から利用者により選択された戦略により、教材データを対象として検索を行い、利用者に応じた教材データの出力を可能とする点を特徴とする。本方式では、検索の対象とする分野の概念の集合、利用者の各概念に対応する理解度、各教材データに設定される前提となる概念群および得られる概念群、計3種類のデータ構造を入力とし、利用者から与えられた戦略（幅広く、深化、または、伸張）に応じ

た教材データを出力することを可能とする。

従来の教材データを対象とした検索技術(例えば[4])と比較して、本方式の特徴は、3種類の戦略(幅広く、深化、伸張)に応じた利用者ごとの教材データを出力可能な点である。

また、方式[5]では、問題・解説・解答等のデータをWWWサーバ上で一元管理し、学習者は、場所の制約を受けずに自宅でも会社でも、自分の都合のよい時間に自分のペースで学習をすすめることができる技術を示している。方式[5]では、テストによる理解度に基づき既に学習済みの不得意分野を提案する機能を有しているが、学習者の希望に応じてより深く学習するための新たな学習分野を推薦する機能を有していない。

方式[6]では、利用者から入力された設問ごとの正誤に基づき、単元ごとの正解数を自動的に収集することにより単元ごとの習熟度の計算を可能としている。しかし、計算される習熟度は、その単元のテスト結果であり、概念ごとの理解度は計算できない。また、習熟度によりその単元の習熟度別教材が提供可能だが、利用者の希望に応じて、より深く学習するための新たな教材データを推薦する仕組みはない。

方式[7]では、上位コース、下位コース、関連コース、前提条件、教育効果が属性として付与されたコース(教材データ)を対象として、利用者は希望するコース名を入力することにより、利用者の理解度とそのコースの属性を考慮し、ふさわしいコースを学習することを可能としている。しかし、利用者の理解度はコースの終了を意味しているため、利用者が本当に理解しているかは不明確である。また、利用者がどのコースを選択したらよいか明確な場合は問題ないが、深くまたは幅広く学びたい場合にどのコースをとるべきかといった指針を与えることは対象としていない。

以上のような背景から、幅広く(新しい概念のみを学習)、深化(得意分野の概念のみを学習)、伸張(ある範囲の概念を学習)の3種類の戦略を設定し、利用者により選択された戦略により、教材データを対象として検索を行い、利用者に応じた教材データの出力を可能とする技術は重要であると考えられる。

2 教材の自動構成システム

本方式(教材の自動構成システムの実現方式)では、次の3種類から利用者により選択された戦略により、教材データを対象として検索を行い、出力する。本方式のシステム構成を、図1に示す。

- 戦略1: 幅広く(新しい概念のみを学習(まんべんなく学習))
- 戦略2: 深化(得意分野の概念のみを学習)
- 戦略3: 伸張(ある範囲の概念を学習)

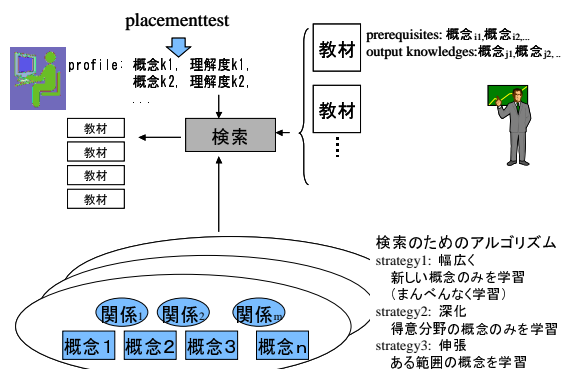


図1: システムの概要

検索の対象とする分野の重要なキーワード群が概念集合として設定され、重要キーワード群のうちの2キーワードおよびそれらの関連を要素とする集合が設定されていることを前提とする。

各教材データには、前提となる概念、および、得られる概念が、重要キーワード群によりメタデータとして付与されていることを前提とする。

利用者のプロフィールは、重要キーワード群および対応する理解度の集合により設定される。この利用者プロフィールは、placement test により自動更新されることを想定する。

具体的には、次のように実現する。

2.1 概念集合とその関連

学習者のテスト結果と、教材データを結び付けるための中間段階として、その分野において学ぶべき概念を網羅した集合を用意する。

概念集合を作るとき、抽象度やカバーする範囲が同程度で、お互いに重ならないような概念を列挙していくことは困難である。そこで、異なる抽象度の概念が重なりあって混在してもよいことにし、概念の間の関係を定義することによって、構造を持った集合とする。概念間の関係としてはいろいろな関係が考えられるが、本方式では今のところ is-a 関係と part-of 関係の二つを採用している。この概念間の関係は、後で述べる理解度の計算や、推奨教材データを選択するときのアルゴリズムの中で用いられる。

2.2 教材データ

各教材には、メタデータとして前提概念と学習概念を付加する。これらは、それぞれ、この教材データを学習する前提となる概念群と、この教材データの学習により得られる概念群に対応する。

前提概念は、ある教材を使用して学習するために前提となる概念であり、概念集合の部分集合として表わされる。この集合の各要素に対する理解度が一定の閾

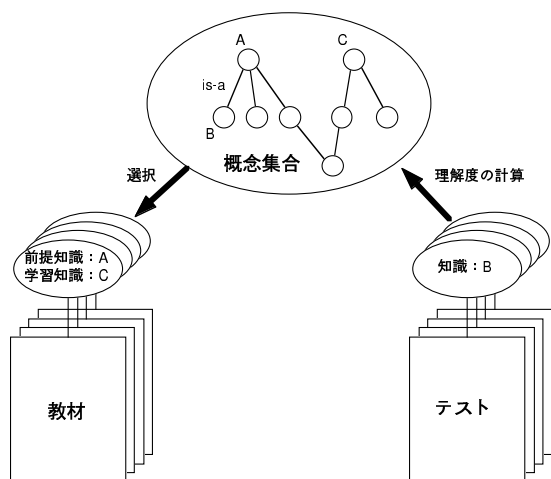


図 2: システムの動作

値以上でない、その教材は選択されない。例えば、セキュリティに関する教材では「ネットワーク」という概念を理解している必要がある。

学習概念は、ある教材を使用して学習することによって得られる概念であり、概念集合の部分集合として表わされる。

2.3 理解度

学習者が各概念をどの程度理解しているかを正確に知ることは困難であるが、テストによって推定することは可能である。

2.4 教材データの自動構成の戦略

概念の理解度が計算できれば、それに基づいて教材を検索し、推奨する教材を選択する。この時、戦略をいくつか用意しておき、その中から適切なものを選ぶ。どのような戦略が望ましいかは、本方式が利用される状況や、学習者の目標によって異なる。

提案は「幅広く学習」「伸長して学習」「深化した学習」の3つの戦略に基づいて行われる。採用する戦略によって自動構成の結果も異なる。

教材名、および提案されるに至った要因が出力される。要因は戦略によって異なる。例えば「幅広く」の戦略の場合では、教材の教える概念のうち学習者が理解していないものを出力する。

2.5 システムの動作

本システムは、次のように動作する(図2)。

1. 学ぶべき対象となる概念の集合と、その間の関係が与えられている。

2. 各教材には、それを学ぶために必要となる前提概念と、それによって学ぶことができる学習概念(いずれも、上の概念集合の部分集合)がメタデータとして付加される。
3. 各学習者は、テストによってその概念を推定する(各概念に対応する理解度を、プロフィールとして獲得する)。
4. 理解度によるフィルタリング機能により、各教材に設定されている前提概念と各学習者の理解度を比較し、その教材の条件(前提概念)を満たしている教材のみをフィルタリングする。
5. 教材データの提案機能により、学習者の持つ概念と、教材のメタデータを比較し、与えられた戦略に従って教材を自動構成し、出力する。

2.6 理解度によるフィルタリング機能

本機能は、教材データを対象として教材データを構成する前に、全ての教材データのうち、利用者の理解度に応じて前提となる概念を満たしていない教材データをフィルタリングする機能である。具体的には、利用者のプロフィールとして設定されている概念およびその概念に対応する理解度と、各教材データの前提概念として設定されている概念を比較し、閾値 ϵ_r を超えた教材データのみを出力する。この出力を教材データの提案機能に入力する。すなわち、この機能が適用された後、教材データの提案機能が適用される。

2.7 教材データの提案機能

利用者の理解度に応じて利用者が利用する教材の提案を行う。本機能では、教材の提案について、次の戦略を設定する。

- 戦略1: 幅広く学習
- 戦略2: 深化して学習
- 戦略3: 伸張して学習

それぞれの戦略について処理の手順を述べる。

2.7.1 戦略1: 幅広く学習

まんべんなく概念を学べるような教材を提案する戦略である。提案は次のような手順で行われる。

1. 利用者の理解度を探索し、理解度が閾値を越えていない「概念」を選び出す。
2. 学習概念にそれらの「概念」が含まれる教材データを選択する。
3. 選ばれた教材データを出力することにより提案を行う。

2.7.2 戦略 2: 深化して学習

この戦略は、現在の理解度を向上させるような教材を提案する戦略である。

1. 利用者の理解度を探索し、理解度が閾値を越えている「概念」を選びだす。
2. 学習概念の中にそれらの「概念」が含まれる教材データを選択する。
3. 選ばれた教材データを出力することで提案を行う。

2.7.3 戦略 3: 伸張して学習

この戦略は、特定分野の概念の獲得を目指すよう教材の提案する戦略である。

1. 利用者の理解度を探索し、理解度が閾値を越えている「概念」を選びだす。
2. 概念集合とその関連から、周辺概念に相当する「概念」を選びだす（一度関連をたどることによりたどり着ける概念を周辺概念とする）。
3. 選ばれた「概念」が学習概念に含まれる教材データを選択する。
4. 選ばれた教材データを出力することで提案を行う。

3 システムの実装

本節では本システムの実装について述べる。

3.1 データ構造

本システムでは、システム内で利用する様々なデータ構造の基本データ構造として、RDF (Resource Description Framework) [1] を用いる。

本節では、本システムで用いるデータ構造のRDFによる表現について述べる。データ構造には以下にあげるものがある。以下のそれぞれについて、その役割と構造を示す。

- concept
- association
- lecture
- user
- question

本節で述べたデータ構造をもとに、理解度の更新、および履修教材の提案を行う処理について次節以降に示す。

3.2 concept

concept は概念を表すデータである。concept は type と asks の2つのプロパティを持つ。type はメタデータの種類を表すプロパティで、その値は必ず“concept”という文字列である。asks はこの概念について問う問題のリストを値として持つプロパティである。

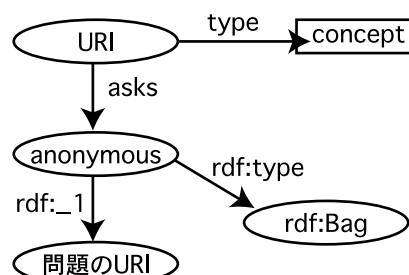


図 3: concept の構造

3.3 association

association は概念間の関係を表すメタデータである。association は type,src,dist の3つのプロパティを持つ。type は関係の種類を表すプロパティで、その値は“is-a”もしくは“part-of”という文字列のどちらかである。src と dist はともに concept を値として持つプロパティである。src は関係の起点となる概念、dist は src と関係を持つ対象の概念である。例えば「http はプロトコルの一例である」という関係を association を用いて表すと各プロパティの値は表1のようになる。

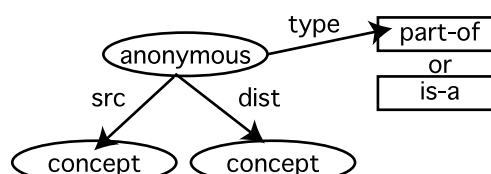


図 4: association の構造

表 1: association の例

type	is-a
src	http
dist	プロトコル

3.4 lecture

lecture は教材に対するメタデータである。lecture は name,pre,teaches の 3つのプロパティを持つ。name はその教材の名称に関するプロパティで教材名を表す文字列を値としてもつ。pre はその教材が前提としている概念、teaches はその教材が教える概念を表している。両者とも概念のリストをその値として持つ。

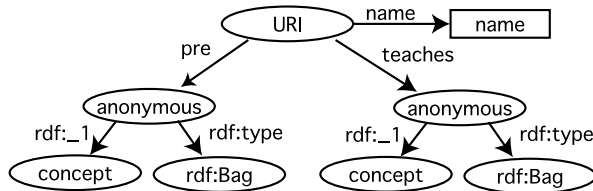


図 5: lecture の構造

3.5 user

user はユーザに関するメタデータである。user は name,id,passwd,understanding の 4つのプロパティを持つ。name は名前、id はユーザ ID、passwd はパスワードをそれぞれ値として持つ。各リテラルは文字列である。

一方 understanding は図 7 で示すような、概念とその概念に対する理解度の表を値として持つプロパティである。

なお本実装ではユーザの権限については何も定めてはいない。全てのユーザが概念や教材の登録を行える。将来的には一般ユーザ / 管理者、教師 / 学習者、といったようなユーザの権限に対して何らかの記述を行う必要があるだろう。

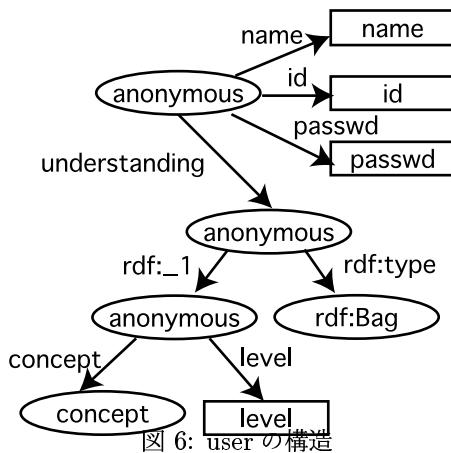


図 6: user の構造

switch	0.7
ウィルス	0.4
RDB	0.1

図 7: 概念 - 理解度表の例

3.6 question

question は問題に関するメタデータである。question は correctanswer というその問題の正答を値とするプロパティを持つ。

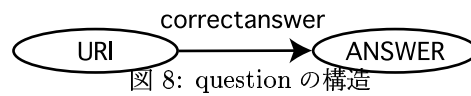


図 8: question の構造

3.7 理解度の更新

理解度はユーザのメタデータであるが、ユーザはシステム外部の存在であるから、本来は直接そのメタデータを扱うことはできない。したがって、ユーザがテストに解答したときに理解度を計算し、システム内に保存することになる。

しかしコンピュータなどといった上位概念を対象とした設問を作成することは難しい。よって本実装では理解度を計算する際に、対象とした設問がある場合と無い場合に分けて処理を行っている。

設問がある場合は次に示す手順で処理を行う。

1. question からユーザの回答が正解か不正解かを判定する。正解の場合は処理を続行する
2. concept の asks プロパティを探索し該当設問が対象としている concept のリストを作成する
3. リスト中のそれぞれの concept に対して asks プロパティを探索し、その concept を対象としている設問の数 n を求める
4. $1/n$ をポイントとして concept に与え、その合計を理解度として user の understanding プロパティを更新する

設問が無い場合は association を利用して他の概念の理解度から計算を行う。よってこの場合の計算は設問がある概念の理解度の更新が終了してから行う。設問が無い場合の手順を次に示す。

1. 設問がある概念の理解度の更新処理の結果から理解度が更新された concept のリストを作成する

2. リスト中の concept と association から concept をえる
3. concept の asks プロパティを探索してその概念を対象としている設問が存在しない場合、更新対象の概念としてリストに追加する
4. 更新対象概念のリストの concept の各々に対して association を引き、次の二つの場合に分けて理解度を計算する
 - 概念 A, B_1, \dots, B_n に対して、 B_i is-a A ($1 \leq i \leq n$) が成り立っているならば、 A の理解度は B_1, \dots, B_n の理解度の最大値に等しい。
 - 概念 A, B_1, \dots, B_n に対して、 B_i part-of A ($1 \leq i \leq n$) が成り立っているならば、 A の理解度は B_1, \dots, B_n の理解度の最小値に等しい。
5. 計算された理解度を user の understanding プロパティに反映する

3.8 RDF-RDB ラッパ機構

本実装では RDF のストレージとしてリレーショナルデータベースを利用している。本実装では、RDF とリレーショナルデータベースとのインタフェースとなるラッパとして、RDF-RDB ラッパ機構を実現した。本機能は、(1) 処理効率の向上、(2) オブジェクトの一意性の保証を目的とし、キャッシュの役割も担っている。

4 実験

本システム（個人の知識に応じた教材データの自動構成システム）の実現可能性を検証することを目的として実験を行った。

4.1 実験方法

本実験では、次の学習者を設定し、本方式の 3 戦略（戦略 1～3）を適用し、本方式の実現可能性を検証する。

- 学習者 A: 全分野わり概念を有している学習者
- 学習者 B: 特定の分野の概念を有している学習者
- 学習者 C: 複数の特定の分野の概念を有している学習者

実験データとして、情報処理の分野の教材を用いた。

4.2 実験環境

本実装ではシステムを Web アプリケーションとした。実装は Java を用いて行った。前節で述べたメタデータ群は Java bean によるモデルとして実装し、そのストレージとしてリレーショナルデータベースを利用した。モデルの処理ロジックは JSP/Servlet を利用して記述した。具体的には、次の実験環境において実験を行った。

- Java 2 Runtime Environment, Standard Edition (build 1.3.1-b24)
- tomcat 3.2.3-4
- PostgreSQL 7.1.3

4.3 実験結果

学習者 A、学習者 B、学習者 C のそれぞれについて 3 戦略を適用した結果を表 2～4、表 5～7、表 8～10 に示す。

各表は二つの列から構成され、左の列には教材名、右の列にはその教材の持つ学習概念のうち提案されるにいたった要因となる概念が出力される。

表 2: 学習者 A に対し戦略 1 を適用した結果

教材	学習概念
なし	なし

表 3: 学習者 A に対し戦略 2 を適用した結果

教材	学習概念
Java の制御文 1	for while
C 言語のデータ型	データ型
ネチケットと著作権	著作権 ネチケット
TeX	TeX
TCP/IP の基本	TCP/IP IP アドレス ホスト名
C 言語の関数	ローカル変数 引数 関数 グローバル変数
Java のデータ型	データ型
Java ファイル処理	ファイル入出力
データベース設計	スキーマ
Scheme 入門	Scheme
ルーティングと DNS ルーティング	ファイヤーウォール ルータ ゲートウェイ DNS
C 言語によるアルゴリズム入門	探索 プログラムの効率 アルゴリズム 整列
コンピュータによる情報の表し方	情報表現 2 進数
XML	XML
Java の制御文 2	条件式 if

表 4: 学習者 A に対し戦略 3 を適用した結果

教材	学習概念
ルーティングと DNS ルータ	ゲートウェイ
Java の制御文 2	if
World Wide Web とインターネット	WWW HTTP
C 言語入門	C 言語
Java の制御文 1	while for
TCP/IP の基本	TCP/IP
C 言語の制御文 1	while for
C 言語のファイル処理	write close open read

表 5: 学習者 B に対し戦略 1 を適用した結果

教材	学習概念
Java 入門	文 変数 ブロック 代入
プライバシー / ハッカー	
コンピュータによる情報の表し方	情報表現 2 進数
Scheme 入門	Scheme
アルゴリズム入門	アルゴリズム

表 6: 学習者 B に対し戦略 2 を適用した結果

教材	学習概念
ルーティングと DNS	ルータ ゲートウェイ
TCP/IP の基本	TCP/IP

表 7: 学習者 B に対し戦略 3 を適用した結果

教材	学習概念
ルーティングと DNS	ルータ ゲートウェイ
World Wide Web とインターネット	WWW
TCP/IP の基本	TCP/IP

表 8: 学習者 C に対し戦略 1 を適用した結果

教材	学習概念
Java 入門	文 変数 ブロック 代入
プライバシー / ハッカー	
コンピュータによる情報の表し方	情報表現 2 進数
Scheme 入門	bScheme
アルゴリズム入門	アルゴリズム

表 9: 学習者 C に対し戦略 2 を適用した結果

教材	学習概念
Java GUI	AWT
Java 入門	代入
C 言語入門	代入 コンパイル
ネチケットと著作権	著作権 ネチケット
Scheme 入門	Scheme
TCP/IP の基本	IP アドレス
TeX	TeX

表 10: 学習者 C に対し戦略 3 を適用した結果

教材	学習概念
ルーティングと DNS ルータ	ゲートウェイ
World Wide Web とインターネット	WWW
C 言語入門	C 言語
TCP/IP の基本	TCP/IP
C 言語のファイル処理	open read close write

4.4 考察

まず適用する戦略によって適用対象の学習者がおなじでもその出力が異なることを検証する。検証するために、学習者 A に対して 1～3 の各戦略を適用した結果である表 2, 3, 4 を比較し、適用する戦略によってどのように出力が変化するかをみる。

戦略 1 は学習者が知らない概念を教えている教材を提案する。つまり学習者が知らない概念が多いほど、その結果提案される教材の項目が多くなる。しかし学習者 A は全分野に関する概念をしっているため、表 2 に示したように、戦略 1 によって提案される教材は無い。一方戦略 2, 戦略 3 は学習者の知っている概念が多ければ多いほど、その提案結果は多くなる戦略である。よって戦略 2 を適用した結果である表 3, 戦略 3 を適用した結果である表 4 は多くの出力を得ている。

また戦略 2 と戦略 3 では出力された教材が異なっている。これは戦略 2 は学習者の知っている概念をもとに提案を行っているのに対し、戦略 3 は学習者の知っている概念の周辺に位置する概念をもとに提案を行っているからである。

表 2, 3, 4 を比較した結果、それぞれ得られた結果が異なった。これにより、適用する戦略によって適用対象の学習者がおなじでもその出力が異なることを検証した。

次に対象である学習者が異なることによって適用する戦略がおなじでもその出力が異なることを検証する。検証するために、戦略 3 の結果である表 4, 7, 10 の 3 つを比較し、学習者の学習状況によってシステムの出力がどのように変化するかをみる。

戦略 3 は学習者の知っている概念の周辺概念に基づいた提案を行う。よってその結果は周辺概念とされる概念の個数が多いほど、多くの提案が行われる。周辺概念は学習者の知っている概念のリストと 3.3 で述べた概念間の関係から定義できる。よって学習者の知っている概念が多ければ多いほど、周辺概念が多くなる。周辺概念が多ければ多いほど、戦略 3 によって提案される教材数は多くなる。

各学習者は $B < C < A$ の順に知っている概念が多い。それにあわせて 4, 7, 10 の各表の項目数は、学

習者 B に対して戦略を適用した結果である表 7, 学習者 C に対して戦略を適用した結果である表 10, 学習者 A に対して戦略を適用した結果である表 4 の順番で多くなっている。これにより, 対象である学習者が異なることによって適用する戦略がおなじでもその出力が異なることを検証した。

以上の考察は, (1) 適用する戦略によって適用対象のユーザがおなじでもその出力が異なることと, (2) 対象である学習者が異なることによって適用する戦略がおなじでもその出力が異なることを示している。

以上から, 戦略 1 は, いろいろな分野の概念を持っているが足りないところを補いたい学習者を対象として妥当な出力を可能としている。戦略 2 は, 特定の分野にのみ興味がある学習者を対象として妥当な出力を可能としている。戦略 3 は, 概念に偏りがありそれを広げていきたい学習者を対象として妥当な出力を可能としている。

本実験は, 本方式の実現可能性を示している。

5 結論

本方式により, 学習者が参照すべき最適な教材データの集合を提案する教材の自動構成システムが実現可能となった。その学習者に応じて必要な教材データのみを出力可能となった。本方式により, 学習者に応じて, より深く知ることのできる教材データを参照することが可能となった。

今後の課題としては以下のような項目をあげることができる。

- 教材を提案するための戦略を 3 つ用意したが, それらが適当であるかどうかを検証する必要がある。また, これら以外の戦略としてどのようなものがあるかも今後考察する必要がある。
- 情報処理の教材だけに限定したが, 他の分野の教材を含めたとき, 概念間の関係がどのようなようになるのか考える必要がある。概念の定義が異なるような分野を組み合わせる場合には, Semantic Web の技術が必要になると考えられる。
- 提案している教材が, 情報処理の専門家が見たときに適当かどうか評価する必要がある。
- 実際に学習者が教材を学習してみて効果があるかどうかを調べる必要がある。
- 教材を作成することは比較的簡単であるが, その教材が何を教えているのかメタデータとして記述することはそんなに単純ではない。教材から自動的にメタデータを抽出する方式の実現が必要である。

- 教材は教える順番を考えて作られている場合が多く, 今回のように履修者が選択できることは考えられていない。たとえば, C 言語を勉強してから Java を勉強する場合もあれば, その逆もありえる。いろいろな場合に対処するためには, たくさんの教材を用意しなくてはならない。

謝辞

本研究は, 富士ゼロックス株式会社 IT メディア研究所からの支援を受けています。ここに記して感謝致します。

参考文献

- [1] RDF (Resource Description Framework): <http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222>
- [2] Doug Riecken: “Introduction: personalized views of personalization,” Communications of ACM, Vol.43, No. 8, Aug. 2001.
- [3] 清光英成, 竹内淳記: “Web データの個別化と環境適応,” 情報処理学会論文誌, Vol.42 No.SIG08(TOD10), pp.185-194. 2001.
- [4] Stephan Fischer: “Course and exercise sequencing using metadata in adaptive hypermedia learning systems,” ACM Journal of Educational Resources in Computing, Volume 1, Issue 1es, March 2001.
- [5] 特開平 10-274919 教育支援システム
- [6] 特開 2002-91284 個別学習管理システム
- [7] 特開平 4-301874 教育支援装置