

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500782

研究課題名（和文） 確率的推論を基礎とする授業適応化法と支援要求推定法を備えた対面教育支援システム

研究課題名（英文） A Face-to-face Education Support System Capable of Lecture Adaptation and Q&amp;A Assistance Based on Probabilistic Inference

研究代表者 藤原 祥隆（FUJIWARA YOSHITAKA）

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：20219067

研究成果の概要：対面教育の質の向上のポイントは、「授業の進め方の柔軟性」と「学習者への配慮・応答性」ととらえ、学習者の満足度向上と教師の負荷の軽減を目的とする「対面教育支援システム」の研究を行った。本対面教育支援システムは授業の内容と進め方の適応化を支援する「授業適応化部」と、学習者の質問に解答する「質問応答支援部」により構成されている。また Java プログラミング授業を想定した本支援システムのプロトタイプを構築し、授業適応化機能と質問応答支援機能の評価を行った。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：知識工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：対面教育、学習支援システム、自己適応化、確率的推論、ベイジアンネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

一人の教師が複数の学習者を対象に授業を行う対面教育は、インターネットやICTを利用したオンライン教育の普及が進む今日においても教育機関における標準的な教育形態である。対面教育においては理解力や習熟度の異なる多数の学習者集合に対し、できるだけ多数の学習者が満足する授業内容を提供することが教師の目的である。この目的達成のため、演習課題提出による理解度促進や、学習者の質問に対する積極的な対応など、個々の教師が工夫を行っている。これらの工夫は個人の資質や経験に大きく依存し、結果として同一授業科目において教師により学

習者の満足度に差が生じることもしばしば起こる。また学習者の満足度の向上を追求するほど演習課題の準備・評価などのために教師の負担が増すという問題点もある。

## 2. 研究の目的

本研究は、対面教育の質の向上のキーポイントは、「授業の進め方（教材、教授法など）の柔軟性」と「学習者への配慮・応答性」ととらえ、学習者の満足度向上と教師の負担軽減を目的とする対面教育支援法を提案する。なお、本研究においては、対面授業実施後の学習者からのフィードバック（演習課題の解答提出と授業内容や演習課題に関する質問）の存在する授業モデルを前提とする。

### 3. 研究の方法

本研究の特徴は、以下に述べる「学習成績マップを利用する授業適応化」と「事例ベース検索を基礎とする質問応答支援」にある。「学習成績マップを利用する授業適応化」は、上述の「授業の進め方の柔軟性」を実現するものである。毎回の授業終了後に演習課題を出題し、各学習者はその解答を学習成績マップに入力する。学習成績マップは、各学習者の実施済み授業に関する理解度を求めるとともに、これから実施する予定の授業に対する“理解度の予測値”を求め、これに基づき次の授業の教材内容や授業の進め方を柔軟に調整し適応化をはかる。

一方「事例ベース検索を基礎とする質問応答支援」は、上述の「学習者への配慮・応答性」を実現するものである。学習者から自然言語（日本語）で入力された質問を解釈しその内容を特徴づけるキーワード群を抽出し、このキーワード集合を手がかりに事例ベースを検索することにより最適な解答を見つけ、質問者に自然言語で解答する機能を実現する。

#### (1) 対面教育システムの構成

図1に対面教育支援システムの全体構成を示す。

対面教育システムは「授業適応化部」と「質問応答支援部」の二つのサブシステムからなる。「授業適応化部」は、過去に実施した各授業に関する演習課題の解答結果から、今後実施する予定の授業に関する理解度予測値を求め、その値の程度に応じて次の授業における教材や授業法のレベルを選択する機能を実現する。授業適応化部中の「学習成績マップ」がこの機能の中心的役割を担っており、過去に実施された授業の演習課題の解答の出来不出来から今後予定されている授業の理解度予測値を求める機能を有し、Bayesian network (BN と略記する) を用いてその機能を実現している。また授業適応化部中の「授業管理マップ」は、全ての学習者の学習成績マップの状態を総合し、「授業適応化知識」を使用して次の授業の進め方を決める機能を有する。ここで、「授業適応化知識」は、授業を構成する個々の授業実施時間において、学習者集合の理解度レベルに応じていかなる教材内容、教授法等を選ぶかの知識を格納した知識ベースである。

一方「質問応答支援部」は、授業に関するヘルプデスクであり、「日本語解析部」と「事例ベース検索部」からなる。「日本語解析部」は学習者から自然言語で入力された質問からその内容を特徴づけるキーワードを抽出することを目的とし、形態素解析、構文解析、キーワード抽出機能よりなる。「事例ベース検索部」は、「日本語解析部」から与えられたキーワード群に基づき、事例ベースから最

も適切な事例を検索しその解答を質問者に返す機能を実現する。ここで事例ベースは、あらかじめ想定される質問とその解答を組にした事例の集合である。

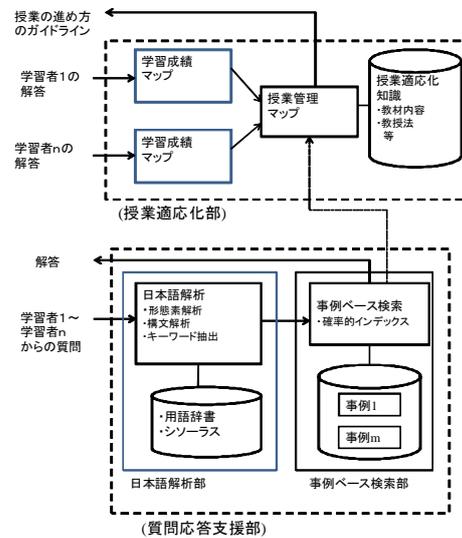


図1. 対面教育支援システムの全体構成

#### (2) 授業適応化法

##### ① 学習成績マップの実現法

本授業適応化法の中核をなす学習成績マップは、上述のようにそれぞれの学習者について、各授業時間の理解度を求めるとともに実施済み授業の結果を今後実施する予定の授業に反映する仕組みが必要となる。本研究では、Bayesian networkによりこの目的を達成している。図2に学習成績マップの構成を示す。すなわち授業内容全体を表す「授業ノード(Total Node)」をルートノードに位置付け、授業内容を構成する個々の学習分野を「学習分野ノード(Field Node)」で表しルートノードの下部に配置する。さらに各学習分野を構成する学習トピックを「学習トピックノード(Topic Node)」で表し、それぞれ所属する学習分野ノードの下部に配置する。また各学習トピックで出題される演習課題は「演習課題ノード(Exercise Problem Node)」で表し、それぞれ所属する学習トピックノードの下部に配置する。授業ノード、学習分野ノード、学習トピックノードは、いずれも{理解している、理解していない}の二つの状態をもち、演習課題ノードは{正解、不正解}の二つの状態をもつ。また学習トピックと関連のある演習課題トピック間にはリンクが張られる。さらに関連の強さはノード間の条件付き確率で表される。

毎授業実施後に多肢選択形式の演習課題が複数出題され、学習者は解答を次回実施される授業の前日までに入力する。入力された各演習課題の正解、不正解は自動的に判定さ

れ、本 BN の演習課題ノードに入力される。BN は演習課題ノードの状態が決定されると、一定の確率伝搬アルゴリズムにより、リンクをたどり次々と他のノードの各状態の生起確率が更新される。これは“実施済みトピック”の理解度（“理解している”状態の確率）のみならず、これから実施する予定の学習トピックの“理解度の予測値”も与える。本研究では、このようにして得られた理解度の予測値を、今後の授業をいかにすすめるかの手がかりとして活用することを特徴とする。

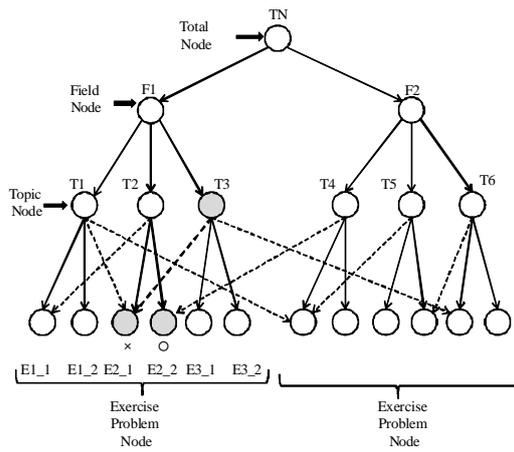


図2 学習成績マップの構成

② Noisy-or 規則による学習成績マップの条件付き確率の設定

一般に一つの演習課題ノードは複数の学習トピックノードとリンクで結ばれる。いまある演習課題ノードQがm個の学習トピック(T1, T2, ..., Tm)とリンクをもつとする。するとこの演習課題ノードとこの親ノード群に関して設定すべき条件付き確率は $P(Q|T1, \dots, Tm)$ で表され、設定すべき条件付き確率の組み合わせは2のm乗に比例して増える。mが3以上になると学習トピック相互の関係を考慮しながら条件付き確率の値を決めることは一般に極めて困難な仕事となる。そこで本研究では、Noisy-or 規則を利用して上記の計算の簡単化をはかった。

(3) 質問応答支援法

「質問応答支援部」は、著者等により別途開発中の u-ラーニングシステム用ヘルプデスクシステムの基本的な枠組を基礎に、「対面教育支援」用にカスタマイズした。以下にこの主要構成要素である「日本語解析部」と「事例ベース検索部」について述べる。

① 日本語解析部

形態素解析に「茶筌[1]」、構文解析に「南

瓜[2]」を使用し、キーワード抽出部、専門用語辞書、シソーラスを独自に開発するアプローチをとった。このうち、利用者に提供するサービス内容に依存する部分が、専門用語辞書とシソーラスである。これらは対象とするサービスに固有のキーワードを抽出するために必要である。

② 確率的インデックスを用いた事例ベース検索

事例ベース検索部の構成を図3に示す。学習者から入力された質問文から日本語処理部が抽出したキーワード群が本事例ベース検索部に入力され、これらのキーワードに最も関係の深い事例が検索され、その事例に記載されている解決法が質問者に回答される。本事例検索部の第一の特徴は Bayesian network により構成されたインデックスにある。これにより与えられたキーワード群に対して確率的に最もふさわしい事例候補が選択される。本事例ベース検索部の第二の特徴は、システムの運用を通して蓄積された質問・解答の履歴データを利用したインデックスのチューニング機能である。すなわち履歴データを使用して、Bayesian network の構造とパラメータ（リンクの条件付確率）の値がチューニングされる。

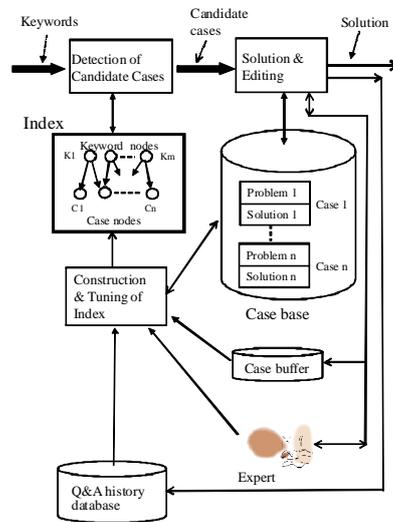


図3 事例ベース検索部の構成

4. 研究成果

(1) 授業適応化法

北見工業大学の情報システム工学科の Java プログラミング授業を具体的な対象として選び、学習成績マップを実現する Bayesian network の構成法、パラメータ（条件付確率）の妥当な設定法を実験的に明らかにした。またこれらの条件下で、3段階の授

業適応化（普通レベル、上級レベル、下級レベル）が可能なレベル判定モデルを明らかにした。検討対象とした5つのレベル判定モデルを表1に、またこれらのモデルの評価結果を表2に示す。表2において人間エキスパートの判断と矛盾のない判定モデルはM3, M4であった。

本研究のアプローチは、国内外に類似の報告が見あたらない新規な提案と考える。

また本適応化方法は、他の言語によるプログラミング授業に対して適用できるのみならず、プログラミング以外の授業においてもその基本的な考え方を適用できると考える。

## (2) 質問応答支援法

上記 Java プログラミング授業に関連して想定される質問を基に作成した168の事例からなる事例ベースについて、50個のサンプル質問に対して正解事例を検出する確率（検索成功率）を求めた。その結果、検索成功率は56%であった。表3に本手法と同一枠組みでサービスがU-ラーニングシステムの場合の評価結果と、他の類似の検索法[3]の結果を併せて示す。Javaプログラミングの質問応答に関する検索成功率は、今後事例の増強と質問・応答の運用履歴データを用いたパラメータチューニングを併用することにより、検索成功率の一層の向上が期待できる。

以上述べた本研究の確率的インデックスを備えた事例ベース検索機構は国内外に例のない新規な方法である。

また本研究で採用した対象サービスごとに最適化をはかる質問応答支援のアプローチは実用的なアプローチであり、プログラミング以外の他の授業への適用にとどまらず、質問応答システムが対象とする広範囲のサービスにも適用可能と考える。

表1. 5つのレベル判定モデルとそれぞれのレベル判定条件

判定モデル	3レベルの適応化のための理解度識別範囲					
	下級レベル		普通レベル		上級レベル	
M1	0.0	0.30	0.30	0.70	0.70	1.0
M2	0.0	0.35	0.35	0.65	0.65	1.0
M3	0.0	0.40	0.40	0.60	0.60	1.0
M4	0.0	0.45	0.45	0.55	0.55	1.0
M5	0.0	0.48	0.48	0.53	0.53	1.0

表2. 5つのレベル判定モデルの評価結果

授業番号	関連する過去の演習問題の平均正解率	各モデルによるレベル判定結果				
		M1	M2	M3	M4	M5
2	0.818	2	2	3	3	3
3	0.876	2	2	3	3	3
6	0.793	2	2	3	3	3
8	0.574	2	2	2	2	1
9	0.776	2	2	2	2	2
10	0.797	2	2	2	2	3
11	0.754	2	2	2	2	2
12	0.643	2	2	2	2	2

表3. 検索成功率に関する実験結果

	Java プログラミング (%)	U-ラーニングシステム KUSEL (%)	ダイアログナビゲータ (%)
検索成功率（上位3位内に該当事例あり）	<b>56</b>	77	58 (65)*
検索不成功率（上位3位内に該当事例なし）	<b>16</b>	5	8 (7)*
検索不成功率（該当事例が存在しない）	<b>28</b>	18	34 (28)*

## 参考文献

- [1] Y. Matsumoto, Morphologic Analysis System Chasen, IPSJ Magazine, 41 (11), pp.1-30, 2000.  
 [2] T. kudoh, Y. Matsumoto, Japanese Dependency Structure Analysis based on

Support Vector Machine, IPSJ SIG Notes, 2000-NL-138-11, pp.79-86, 2000.

[3] Y. Kiyoto, S. Kurohashi and F. Kido, Dialog Navigator: A Question Answering System based on Large Text Knowledge Base, Natural Language Processing, 10(4), pp.1-30, 2003.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Yoshitaka Fujiwara, Jun-ichirou Fukushima and Yasunari Maeda, A Face-to-face Education Support System Capable of Lecture Adaptation and Q&A Assistance Based on Probabilistic Inference, Proc. World Academy of Science, Engineering and Technology, 36, pp.394-400, 2008, refereed.
- ② Satoki Abe, Yoshitaka Fujiwara, Shin-ichirou Okada and Yasunari Maeda, Design of an Authoring Tool for Producing User-Adaptive Educational Materials, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.1, No.5, pp.393-399, 2008, refereed.
- ③ Yoshitaka Fujiwara, Satoki Abe, Yasunari Maeda and Hideki Yoshida, Proc. the seventh IASTED International Conference on Web-Based Education, pp.57-62, refereed, 2008.
- ④ Yasunari Maeda, Naoya Ikeda, Hideki Yoshida, Yoshitaka Fujiwara, A Note on Morphological Analysis Methods based on Statistic Decision Theory, SICE Annual Conference 2007, pp.1563-1568, refereed, 2007.
- ⑤ Naoya Ikeda, Yoshitaka Fujiwara and Hideki Yoshida, Extracting feeling information from voice, SICE Annual Conference 2007, pp.558-561, refereed, 2007.

[学会発表] (13件)

- ① 福島潤一郎、確率的推論を基礎とする学習成績マップを利用した対面教育適応化法、電子情報通信学会教育工学研究会、2009年3月7日、高松市。
- ② 福島潤一郎、確率的推論を基礎とする学習成績マップを利用した対面教育適応化法、平成20年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会、2008年10月25日、札幌市。

- ③ 阿部仁紀、確率的インデックスによる事例ベース検索、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ④ 根符寛之、ユーザ適応型ヘルプデスク用音声入出力インターフェースの設計、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ⑤ 根符寛之、対面教育支援システム用演習課題提出インターフェースの設計、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ⑥ 福島潤一郎、確率的推論を基礎とする学習者マップを利用した対面教育適応化法、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ⑦ 鈴木昭則、事例ベース簡易オーサリングツールHIの開発、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ⑧ 鈴木正利、対面教育支援システム用コンテンツの開発、情報処理学会第70回全国大会、2008年3月14日、つくば市。
- ⑨ 鈴木昭則、事例ベース簡易オーサリングツールHIの設計、平成19年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会、2007年10月27日、札幌市。
- ⑩ 鈴木正利、対面教育支援システム用コンテンツ設計、平成19年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会、2007年10月27日、札幌市。
- ⑪ 阿部仁紀、ユーザ適応型教材作成用オーサリングツールの設計、FIT2007、2007年9月6日、豊田市。
- ⑫ 福島潤一郎、確率的推論を基礎とする学習者マップを利用した対面教育適応化法、FIT2007、2007年9月6日、豊田市。
- ⑬ 根符寛之、教育支援システム用プロセスシステムの設計、FIT2007、2007年9月6日、豊田市。

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称：事例ベース検索装置

発明者：藤原祥隆

権利者：国立大学法人北見工業大学

種類：特許権

番号：特願 2007-334415

出願年月日：平成19年12月26日

国内外の別：国内

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 祥隆 (FUJIWARA YOSHITAKA)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：20219067

(2) 研究分担者

前田 康成 (MAEDA YASUNARI)

北見工業大学・工学部・助教

研究者番号：30422033