

平成22年 5月31日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500829
 研究課題名（和文） ベイジアン・ネットワークを用いた知的 e ラーニングシステムの研究

研究課題名（英文） An Adaptive E-learning System Using Bayesian Networks

研究代表者

森本康彦（MORIMOTO YASUHIKO）
 東京学芸大学・情報処理センター・准教授
 研究者番号：10387532

研究成果の概要（和文）：

近年、e-Learningの学校教育への適応に関する研究・実践が盛んに行われている。しかし、現在のe-Learningシステムは、教師と学習者、または、学習者同士の相互作用を通して教師が学習者らの学習状態等を把握し、学習者に応じた適応的な学習活動や評価活動に誘導しながら、学習者の自律的な学習の生起を目指す学校教育において最も多く実施されている授業には不向きである。そこで、本研究は、上記問題点を解決する基盤的な枠組みを有するeラーニングシステムの検討と開発を行うことを目的とする。具体的には、ベイジアン・ネットワークを用いたeラーニングシステムの現状を調査し、ベイジアン・ネットワークの授業モデルをシステム内に組み込むためのフレームワークを有するeラーニングシステムの開発を目指す。このシステムを開発することによって、急激に進化するベイジアン・ネットワークの研究成果を直接eラーニングシステムに組み込むことが可能となり、知的eラーニングシステムの発展に貢献できると考えらえる。

研究成果の概要（英文）：

Current e-Learning systems cannot effectively promote autonomous learning by combining collaborative learning, content presentation, and assessment (self-assessment, peer assessment, etc.) and then presenting the appropriate components to the learners in a timely manner, thereby providing them with educational facilitation. The purpose of this study is to develop the system which can resolve the problem. In this study, we surveyed the current state of e-Learning systems used Bayesian networks, and then developed an e-Learning system which has a framework to build models of Bayesian networks into the system. This enables results of studies about Bayesian networks that evolve rapidly to be built directly into e-learning systems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：eラーニング、ベイジアン・ネットワーク、eポートフォリオ

1. 研究開始当初の背景

近年、e-Learningの学校教育への適応に関する研究・実践が盛んに行われている。しかしながら、現在のe-Learningシステムは、WBT(Web-Based Training)とよばれる学習者がWeb上の教材にアクセスし学習するもの、また、講義をビデオコンテンツとして配信するもの、CSCL(Computer Supported Collaborative Learning)に代表される議論を通じた協調学習を行うものが主流であり、学校教育において最も多く実施されている、教師と学習者、または、学習者同士の相互作用を通して、教師が学習者らの学習状態等を把握し、学習者に応じた適応的な学習活動や評価活動に誘導しながら、学習者の自律的な学習の生起を目指す授業には不向きである。

このことは、学校教育におけるe-Learningの発展の妨げになっていると考えられるが、その解決には、教師と学習者との相互作用を通じた適応的な学習活動と評価活動を組み合わせた授業プロセスのモデルに基づいて動作するe-Learningシステムが必要になると考えられる。しかし、以下のような問題点が存在するため、既存のe-Learningシステムでは実現が困難である。

- (1) 教師と学習者の相互作用を通じた学習活動と評価活動の組み合わせによるバリエーションは多く存在しているため、e-Learningシステムの動作の基となる授業プロセスのモデル構築が困難である
- (2) 学習者の想定外の行動や学習状況への柔軟な対応が困難である。
- (3) 個々の学習者の習熟度や興味関心、学習意欲などに応じた、即時的かつ適応的な教授方略の決定が困難である。

2. 研究の目的

本研究は、上記問題点を解決する基盤的な枠組みを有するeラーニングシステムの検討と開発を行うことを目的とする。具体的には、ベイジアン・ネットワークを用いたeラーニングシステムの現状を調査し、ベイジアン・ネットワークをツールとしてシステム内に組み込むためのフレームワークを有するeラ

ーニングシステムの開発を目指す。このシステムを開発することによって、急激に進化するベイジアン・ネットワークの研究成果を直接eラーニングシステムに組み込むことが可能となり、知的eラーニングシステムの発展に貢献できると考えられる。

3. 研究の方法

本研究は、以下の内容について順に行った。

- (1) 教師と学習者の相互作用を通じた授業を構成する要素項目の抽出
論文、指導事例、授業見学などを参考に授業を構成する要素項目群を抽出した。また、既存メタモデル(SCORM, IMS LDなど)や標準化動向を分析し、さらに、抽出した要素項目の関係構造を分析した。
- (2) 授業プロセスモデルの構築
学習活動と評価活動で構成される授業プロセスのモデル化を行った。
- (3) 既存システムへの実装および授業実践
上記で構築した授業プロセスモデルに基づいて動作するシステムを開発した。そして、そのシステムを用いて授業実践を行い履歴等のデータを蓄積した。
- (4) ベイジアン・ネットワークの検討
上記システムによる授業実践から収集した学習・評価活動の履歴データを用いることで、ベイジアン・ネットワークの検討を行った。
- (5) 内省的学習支援システムへの仮実装
単純なベイジアン・ネットワークモデルを内省的学習支援システムに対し仮実装した。
- (6) 学習者適応 e-Learning システムのプロトタイプの開発
内省的学習支援システムの改修し、モデル実装を考慮に入れた学習者適応e-Learningシステムを開発した。
- (7) 研究のまとめと今後の課題の検討
本研究を通じたまとめと今後の課題について検討を行った。

4. 研究成果

本研究は、以下の成果を得た。

- (1) 教師と学習者の相互作用を通じた授業を構成する要素項目の抽出

本抽出は、「学習者のアクション」(表1)、「ファシリテータのアクション」(表2)、「学習状況把握」(表3)に分けて抽出を行った。抽出方法は、対面授業とeラーニングシステムによる授業の双方から抽出後グルーピングし、実際の授業を見学する中でその要素の存在を確認する、という手順で行った。

表1 学習者のアクション

アクション		説明
大分類	アクション名	
解決	解決	解決したことを表明する
	未解決	解決しないことを表明する
理解	理解	理解したことを表明する
	未理解	理解できていないことを表明する
提出	解答提出	解答を提出する
	作品提出	作品を提出する
受容	受容	受容したことを表明する
	非受容	受容しないことを表明する
完了	完了	完了したことを表明する
ギブアップ	ギブアップ	ギブアップしたことを伝える
応答	応答	ファシリテータの発問への応答する
	教師への質問	ファシリテータに対して質問する
質問	ヘルプ (FAQ)	FAQを参照する
	他者への質問	他者に対して質問を行う
	回答	他者からの質問に回答する
相談	相談	ファシリテータに相談する
発言	挙手	挙手する
	発言する	発言する
評価	自己評価	自己評価を行う
	相互評価	相互評価を行う
	内省	内省を行う
	アドバイス	アドバイスをを行う
	検討会	ポートフォリオ検討会を行う
学び合い	確認テスト	確認テストを受ける
	ピアチューリング	ピアチューリングを行う
グループ	議論	議論を通して学び合いを行う
	グループ化	ペアやグループを形成する
議論	質問	議論の中で質問する
	意見	議論の中で意見を発する
	提案	議論の中で提案を行う
	受容	賛成または理解したことを表明する
	非受容	反対または理解できていないことを表明する

表2 ファシリテータのアクション

アクション		説明
大分類	アクション名	
発問	発問	発問を行う
	作業	作業に誘導する
	学習	学習に誘導する
	待機	待機に誘導する
誘導	発表	発表に誘導する
	終了	終了に誘導する
	ピアチューリング	ピアチューリングに誘導する
	議論	議論に誘導する
	評価基準作成	評価基準の作成に誘導する
	自己評価	自己評価に誘導する
	相互評価	相互評価に誘導する
評価	内省	内省に誘導する
	アドバイス	アドバイスを誘導する
	検討会	ポートフォリオ検討会に誘導する
	確認テスト	確認テストに誘導する
説明	解説	解説を行う
	補足説明	補足的に説明を行う
板書	板書	板書を行う
	回答	学習者からの質問に回答する
質問	回答依頼	質問に対する回答を依頼する
	回答提示	回答を学習者へ提示する
	まとめ	議論をまとめる
議論	促進	議論を促進する
	教材提示	教材を提示する
提示	課題提示	課題を提示する
	目標提示	学習目標を提示する
発言を促す	挙手	挙手を求める
	指名	指名する
声かけ	称賛	学習者をほめる
	はげまし	学習者をはげます
叱咤	叱咤	学習者を叱咤する
	動作促進	動作を促進する
援助	助言	学習者に対し助言を行う
	例示	学習者に規範や例を示す
相談	ヒント	学習者にヒントを与える
	相談	学習者の相談にのる
調整	強制終了	強制的に割り込みを行う
	同期	学習者の同期をとる
グループ	グループ化	ペアやグループになるよう催促する
個別対応	個別対応	個別に対応する

表3 学習状況把握

種類	説明
理解度	学習者の理解度の把握
技能	学習者の技術的な能力の把握
得点	学習者の確認テストの結果の把握
発問に対する応答	発問に対する応答内容の把握
繰り返し	繰り返した回数 (解き直しの回数、質問の回数、補足説明の回数など)
停滞	停滞の把握
提出状況	提出者(完了した者)の状況の把握
議論状態	議論状態の把握
発言内容	発言内容の把握
到達目標	到達目標達成状況の把握
学習意欲	学習意欲の把握
興味・関心	興味・関心の把握
学習のスピード	学習者の学習スピードの把握
学習計画	学習計画とのずれの把握
時間経過	時間の経過(残り時間)の把握
評価計画	評価計画とのずれの把握
学習同期	学習進捗の同期の状態の把握
回答準備	質問に対する回答準備状態の把握

(2) 授業プロセスモデルの構築

学習活動と評価活動で構成される授業プロセスのモデル化を行った。ここでは、学習者のアクションをトリガーとして、ファシリテーションが提供され、学習者の学習状態が遷移されることに注目し、授業プロセスモデルを状態遷移図を応用した独自の学習状態遷移図として表現した。また、モデル構築のための準備として、eポートフォリオの理論と実際についてまとめた。

(3) 既存システムへの実装および授業実践

上記で構築した授業プロセスモデルに基づいて動作するシステム(SALMS)を開発し、そのシステムを用いて授業実践を行い履歴等のデータを蓄積した(図1)。

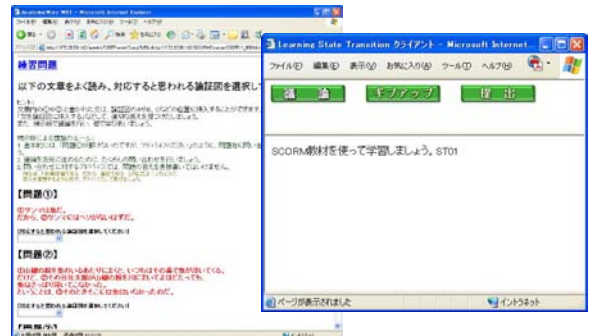


図1 SALMSの画面例

(4) ベイジアン・ネットワークの検討

上記システムによる授業実践から収集した学習・評価活動の履歴データを用いることで、ベイジアン・ネットワークの検討を行った。ベイジアン・ネットワークのeラーニングでの応用はまだ少ないが、先行研究[1-4]において報告されている。本研究では、これら文献を参考に文献[5]などを用い適用可能な変数を限定したベイジアン・ネットワークモデルを作成した。

(5) 内省的学習支援システムへの仮実装

単純なベイジアン・ネットワークモデルを内省的学習支援システム (RefLass) を開発し、その後システム内に仮実装した。その結果、内省的学習支援システムの学習活動と評価活動支援機能の改修の必要性が明らかになった。

(6) 学習者適応 e-Learning システムのプロトタイプの開発

内省的学習支援システムを改修し、モデル実装を考慮に入れた学習者適応 e-Learning システムを開発した (図2)。

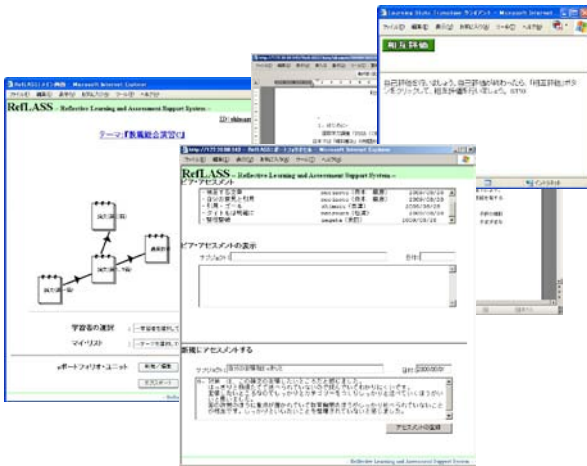


図2 学習者適応e-Learningシステムの画面

このプロトタイプシステムは、学習と評価の一体化の支援を可能にした e ポートフォリオシステムとしての利用を想定しており、ベイジアン・ネットワークを実装する際の基盤システムの役割を担うことが期待できる。

(7) 研究のまとめと今後の課題の検討

本研究を通したまとめと今後の課題について検討を行った。現在、ベイジアン・ネットワークの e ラーニングシステムへの実装のネックとなっているのが大規模変数に対して計算量が爆発的に増えてしまうことであるが、最新の研究では大規模データのためのベイジアン・ネットワーク・アルゴリズムが報告されてきている。今後ベイジアン・ネットワークの計算量の問題が解決される日も間近であるという期待感も多い。

今後、ベイジアン・ネットワークの研究が進むにつれ、それを実装するための学習支援システムが求められるが、その要件となるシステム構成や機能等の実現方式は、本研究の成果が活かされると期待できる。

[参考文献]

- (1) Ueno, M. (1999) Environments of learning by using Internet, in Advanced Research in Computers and Communications in Education, G. Cumming et al. (Eds), IOS Press, 1999
- (2) Ueno, M. and Okamoto, T. (2006) Intelligent Bayesian agent as a facilitator in e-learning, Proc. E-Learn 2006: 3084-3092
- (3) 鈴木智樹, 藤原祥隆, 岡田信一郎, 吉田茂樹 (2004) ユーザ適応型 e-Learning システム KUSEL の設計, 情報処理学会研究報告, Vol. 2004, 29(20040315): 169-174
- (4) Toselios, N., Stotica, A., Maragoudakis, M., Avouris, N. and Komis, V. (2006) Enhancing user support in open problem solving environments through Bayesian network inference techniques, Educational Technology & Society, 9(4): 150-165
- (5) Bayesian Network tools in Java (BNJ) <<http://bnj.sourceforge.net/>>

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 10 件)

- ① 永森正仁, 森本康彦, 植野真臣, 形式手法を用いた特別支援教育 e ポートフォリオ・システムの開発, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 24, No. 5, pp. 4 -11, 2010, 査読無.
- ② 春原将寿, 森本康彦, 中村勝一, 河野真也, 横山節雄, 宮寺庸造, 授業に適応的な Web 型教育環境のジェネレータ, 信学技報, Vol. 109, No. 453, pp. 77-82, 2010, 査読無.
- ③ 森本康彦, 喜久川功, 植野真臣, 横山節雄, 宮寺庸造, e ポートフォリオのデータベース化に伴うトレードオフ問題を解決する e ポートフォリオ・システムの開発, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 24, No. 4, pp. 54 -61, 2009, 査読無.
- ④ 春原将寿, 中村勝一, 森本康彦, 河野真也, 横山節雄, 宮寺庸造, 学習環境ユビキタス実現のための適応的 e ラーニング環境ジェネレータの設計, 信学技報, Vol. 109, No. 193, pp. 27-32, 2009, 査読無.
- ⑤ 森本康彦, 植野真臣, 喜久川功, 横山節雄, 宮寺庸造, e ポートフォリオのための形式的記述モデル, SIG-ALST, A802, pp. 61-66, 2008, 査読無.

- ⑥ Morimoto, Y., Ueno, M, Kikukawa, I., Yokoyama, S., and Miyadera, Y., E-PORTFOLIO CELL: FORMAL DESCRIPTIVE MODEL FOR E-PORTFOLIOS, Proc. Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2008), pp.195-200, 2008, 査読有.
- ⑦ Morimoto, Y., Ueno, M, Kikukawa, I., Yokoyama, S., and Miyadera, Y., Reflective Learning and Assessment Support System Based on a Formal Descriptive Model for E-portfolios, Proc. The 13th World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education (E-Learn2008), Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), pp.3846-3855, 2008, 査読有.
- ⑧ 森本康彦, eポートフォリオの理論と実際, 教育システム情報学会誌, Vol.25, pp.245-263, 2008 査読有.
- ⑨ Yasuhiko Morimoto, Maomi Ueno, Isao Kikukawa, Setsuo Yokoyama, Youzou Miyadera, SALMS: SCORM-compliant Adaptive LMS, Proc. the 12th World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education (E-Learn2007), pp.7287-7296, 2007, 査読有.
- ⑩ 森本康彦, 植野真臣, 喜久川功, 横山節雄, 宮寺庸造, 教育用メタモデルとの連携を考慮した e-Learning システム動作記述手法, SIG-ALST, A702, pp.13-19, 2007, 査読無.
- ⑤ 喜久川功, 森本康彦, eラーニングを活用したクラスルーム実習型授業の実践, 第34回情報システム教育学会全国大会, 2009.8.20, 名古屋大学.
- ⑥ 森本康彦, 植野真臣, 喜久川功, 横山節雄, 宮寺庸造, eポートフォリオのための形式的記述モデルの提案, 第33回情報システム教育学会全国大会, 2008.9.5, 熊本大学.
- ⑦ 喜久川功, 森本康彦, OSPによるeポートフォリオを活用した授業実践, 日本教育工学会大24回全国大会講演論文集, 2008.10.13, 上越教育大学.
- ⑧ 森本康彦, 植野真臣, 喜久川功, 横山節雄, 宮寺庸造, eポートフォリオを活用した内省的学習支援システムの開発, 日本教育工学会大24回全国大会講演論文集, 2008.10.13, 上越教育大学.
- ⑨ 森本康彦, 喜久川功, 植野真臣, 横山節雄, 宮寺庸造, 学習状態に応じた学習支援を実現するSCORM準拠の適応的LMS「SALMS」の授業実践, 日本教育工学会第23回全国大会, 2007.9.22, 早稲田大学.
- ⑩ 喜久川功, 森本康彦, 授業におけるPASSを用いたeポートフォリオ評価方法の提案, 第32回情報システム教育学会全国大会, 2007.9.13, 信州大学.

〔図書〕(計1件)

- ① 植野真臣, 永岡慶三(編), 森本康彦(11章分担執筆), eテストニング, 培風館, 2009.

6. 研究組織

〔学会発表〕(計10件)

- ① 館野智紀, 森本康彦, 横山節雄, 宮寺庸造, メタ認知を促進し教育養成を支援するeポートフォリオ・システムの提案, 日本教育工学会第25回大会, 2009.9.21, 東京大学.
- ② 森本康彦, 喜久川功, 植野真臣, 横山節雄, 宮寺庸造, 共有・再利用によるeポートフォリオの有効活用を支援するeポートフォリオ・マネジメント・システムの提案, 日本教育工学会第25回大会, 2009.9.19, 東京大学.
- ③ 森本康彦, 喜久川功, eラーニングとeポートフォリオを活用した対面による実習型授業の提案, 第34回情報システム教育学会全国大会, 2009.8.20, 名古屋大学.
- ④ 永森正仁, 森本康彦, 植野真臣, 特別支援教育における指導・支援経験の共有システムの提案, 第34回情報システム教育学会全国大会, 2009.8.20, 名古屋大学.

(1) 研究代表者

森本 康彦 (MORIMOTO YASUHIKO)
東京学芸大学・情報処理センター・准教授
研究者番号: 10387532

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

横山 節雄 (YOKOYAMA SETSUO)
東京学芸大学・情報処理センター・教授
研究者番号: 20090532

宮寺 庸造 (MIYADERA YOUZOU)
東京学芸大学・教育学部・教授
研究者番号: 10190802