

課題分析図に基づく自己管理学習支援型eラーニングシステムの開発[†]

高橋暁子*・市川尚***・阿部昭博**・鈴木克明*

熊本大学大学院社会文化科学研究科*・岩手県立大学ソフトウェア情報学部**

本研究では、自己管理学習スキルのうち、とくに学習内容の選択の支援を目的に、課題分析図を見ながら学習項目の選択ができるeラーニングシステムを開発した。学習項目を選択するインタフェースとして課題分析図を用いることで、学習者が習得状況を直感的に把握し、構造の上下関係に基づいて学習項目の選択を行うことを目指した。事前テストと事後テスト機能においては、課題分析図の構造による出題制御を行った。形成的評価の結果、習得状況を直感的に把握することに於いて有用性が示唆されたものの、実際に構造の上下関係に基づいて学習項目を選択するかは学習者によって異なることがわかった。

キーワード：eラーニング、課題分析図、階層分析、自己管理学習、学習者制御

1. はじめに

近年、学校の授業や企業研修においてさまざまなeラーニングが導入されている。多くのeラーニングは自学自習であり、成功のためには、学習内容の選択、学習方法の選択、自己評価といった自己管理学習スキルが必要になる(鈴木 2006)。自己管理学習を支援するためには、インストラクショナルデザインの学習階層分析に代表される構造化・系列化技法が利用できる(鈴木 2006)とされている。とくに系列化手法に関しては、近年様々な研究がなされている(松居ほか 2003)が、自律的な学習者による自己管理学習を支援する視点に立つと、教育を提供する側は構造化をしても、系列化は学習者にゆだねることが重要である(鈴木 2006)。

現在のeラーニングシステムでは、学習内容が線形のメニューとして提供され、その習得状況が割合等で

提示されている場合が多い。そこで本研究では、とくに学習内容の選択を支援することを目的に、課題分析図を見ながら学習項目の選択を行うeラーニングシステムを開発した。最初の題材として基本情報技術者試験を取り上げたが、最終的には様々な教材を登録できる教材シェル化を目指している。

2. 課題分析図

課題分析とは、教材のゴールとして設定した学習目標を習得するために必要な要素とその関係を明らかにする方法である(鈴木 2002)。課題分析の結果を図示したものを課題分析図と呼ぶ。課題分析の手法は学習課題の種類に応じて異なる。今回は、基本情報技術者試験の1分野である「コンピュータ科学基礎」を題材としたため、学習課題は知的技能であり、課題分析の手法として「階層分析」を用いた。

3. 先行研究

課題分析図ではないが、学習内容の構造を示したマップを教材選択のインタフェースとして用いたシステムとして、TICCIT(MERRILL 1980)とTICCITをWeb化した教材シェル(並河 2002)がある。

TICCITは専用キーボードの「MAP」ボタンを押したとき、Web教材シェルは画面上の「MAP」ボタンをクリックしたときに、学習内容の構造を示すマップが提示される。マップの項目は、自分の学習状況(未選択・学習中不合格・合格済み)によって色分けされており、

2007年4月1日受理

[†] Akiko TAKAHASHI*, Hisashi ICHIKAWA***, Akihiro ABE** and Katsuaki SUZUKI* : Development of a Self-directed e-Learning System Based on Task Analysis Diagrams

* Graduate School of Social and Cultural Sciences, Kumamoto University, 2-40-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan

** Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University, 152-52, Sugo, Takizawa-mura, Iwate, 020-0193 Japan

学習者は学習状況と学習内容の構造を参考に、マップ上から次に学習する項目を選択する。学習項目を選択すると、教材が表示され、教材による学習中はマップが表示されない。マップは下位項目に合格しないで上位項目を選択することが可能となっている一方、次に選択するとよい項目をアドバイスする機能が備わっている。TICCIT や Web 教材シェルではマップを3階層に分けているので、限定された学習内容にとどまらず、幅広い学習範囲もカバーできる。しかし、学習開始までにマップを3回クリックする必要があり、学習者によっては、操作にわずらわしさを感じたり、全体の構造が分かりにくいと感じたりする可能性がある。また、教材による学習中はマップが見えないことから、たとえば選択した学習内容が理解できなかったとき、より基礎的な学習項目は何かをすぐには把握しにくいといったことも考えられる。構造図を学習範囲の大きさにかかわらず、操作しやすく、わかりやすいインタフェースとして常に提示することが課題と考えられる。

4. システムの設計・開発

4.1. システムの概要

本システムは、Web 上で事前テスト、教材による学習、事後テストを行うことができる e ラーニングシステムである。学習内容の選択には、先行研究を参考にし、学習者が課題分析図を見て、全体の構造から学習項目を選択するインタフェースを開発した。課題分析図をインタフェースとして用いることで、学習者が色分けされた習得状況を見て直感的に自己評価し、未習得項目に関してより下位の学習項目がある際には、下位から上位へと学習項目を選択することを狙った。

本システムには、あらかじめ課題分析図の構造データと、図の各要素（学習項目）に対応する問題データを登録した。問題データは、実際の試験問題（2006年春期、2005年秋期、2005年春期と、問題数が少ない学習項目については、さらに過去の問題）を使用した。

4.2 課題分析図インタフェース

本システムにおいて、学習全体の制御を行う課題分析図インタフェースを図1に示す。課題分析図インタフェースは、学習範囲が広い場合も対応できるように2階層の構造にした。また、課題分析図は、本来矢印がないものであるが、情報工学で用いられる「流れ図」と混同しないよう、下から上に向かう矢印をつけた。

各学習項目は、習得状態に応じて5色で色分けして表示することとした（表1）。今回の学習課題は知的技能

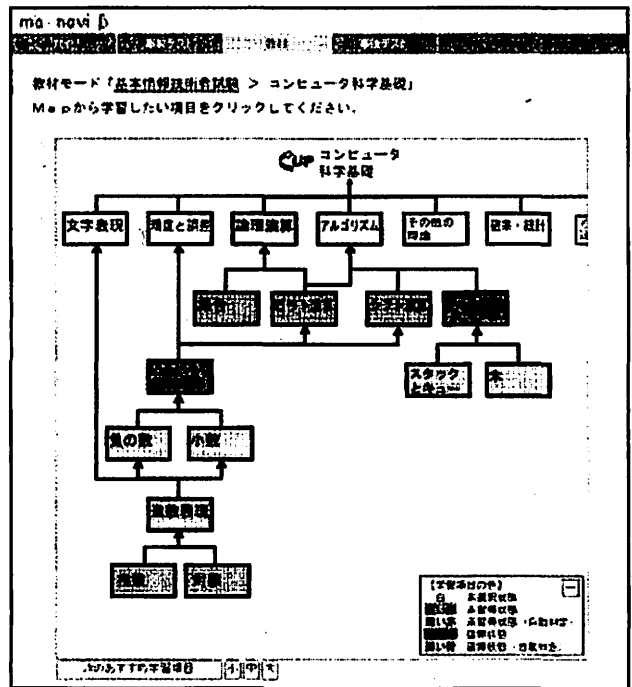


図1 課題分析図インタフェース

であり、階層分析を行っているので、マップの下の方がより基礎的で単純な学習内容である。上に進むにしたがって、下位の学習内容も含んだ、より応用的で複雑な学習内容となる。よって、ある学習内容が未習得状態となった場合、上位の学習内容の問題は解けないとみなせるので、システム側で自動的に未習得状態と判定した。同様に、ある学習内容が習得状態となった場合、下位の学習内容も含んでいることから、システム側で自動的に習得状態と判定した。しかし、自動的に未習得状態と判定された学習項目でも、いくらか知識のある学習者のために、選択することはできるようにした。このように自由に学習項目が選択できる場合、自己管理学習スキルが低い学習者は、次の学習項目を選択するのに戸惑う可能性があると考え、迷ったときに次のおすすめ学習項目を提案するアドバイス機能を付加した。アドバイス機能で提示される学習項目の順序は、熟達者が設定したものと想定し、市販の試験対策テキストの学習順序を参考に設定した。

さらに、操作性を高めるために次の機能を実装した。

- ・ドラッグ操作でマップを動かすことができる。
- ・左側のスライダーを上下するか、マウスホイールを上下することで拡大・縮小表示できる。
- ・マップ内の学習項目にマウスポインタを重ねると、学習目標、習得状態の詳細（現在の点数/合格基準点）、簡単な学習内容の説明が表示される。

日本教育工学会論文誌 (Jpn. J. Educ. Technol.)

表1 学習項目の色

白	未選択状態 (問題に一度も解答していない)
濃い赤	未習得状態A (問題に規定数合格していない状態)
薄い赤	未習得状態B (下位に未習得状態Aの学習項目があるため、システムが自動的に未習得と判定した状態)
濃い青	習得状態A (問題に規定数合格した状態)
薄い青	習得状態B (上位に習得状態Aの学習項目があるため、システムが自動的に習得と判定した状態)

- ・マップ内の学習項目をクリックすると、教材(「解説」と「問題」)が表示される。このとき、表示領域が縮小するが非表示にはならない。
- ・マップ表示領域は、3段階にサイズ変更できる。

4.3. 事前テスト

事前テストとは、学習内容に関して学習者があらかじめどの程度のスキルや知識を持っているかを、学習前に判断するために実施するものである。学習範囲が幅広い場合、正確な事前テストを行おうとすると問題数が多くなり、学習者の負担が大きくなる。そこで、本システムにおいて少ない問題数で苦手分野と得意分野を大まかに把握するためには、状態が変化した際に他の学習項目に与える影響が大きい学習項目から出題するのが効率がよいと考えた。図の中心に位置し、上下に多くの学習項目をもつ度合いを影響度と名づけ、実装段階においては仮に次式で算出し、影響度の高い学習項目の問題から順に出題することとした。

$$\text{影響度} = (A+B) \times (A \text{ と } B \text{ の小さい方} + 1) \div (A \text{ と } B \text{ の大きい方} + 1)$$

A: 上位の未判定学習項目数, B: 下位の未判定学習項目数

問題に正解した場合、選択した要素の下位要素はすべて習得、不正解の場合は選択した要素の上位要素はすべて未習得と判定する。一度判定された要素の問題は出題されない。学習者が指定した問題数に至るか、全ての要素が判定済みとなった場合、事前テストは終了し、図1のように色分けされた課題分析図が表示される。

4.4. 教材

教材モードでは、課題分析図インタフェース上の学習項目をクリックすると教材画面が表示される。教材画面は、1つの学習項目について「解説」と「練習問題」を用意した(図2)。「解説」では選択した学習項目の簡単な解説文や図表、動画、参考となるWebサイトのURL、

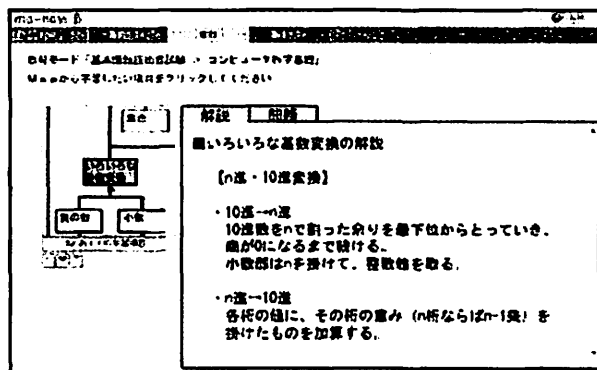


図2 教材の「解説」画面

書籍情報などを複数提示する。学習者は自分の好みの資料を選択し、学習を進めることができる。「練習問題」では、選択した学習項目の練習を行う。学習者は「解説」と「練習問題」を自由に行き来し、学習を進める。練習問題に規定数正解すると合格となり、課題分析図上の学習項目は習得済みの色となる。習得済みとなった場合、また課題分析図インタフェースを用いて学習項目を選択する。このようにして、学習者は学習項目の選択と、教材による学習を繰り返していく。学習が進み、ある分野の全ての学習項目が取得済みとなった場合事後テストを促すメッセージが表示される。

4.5. 事後テスト

本システムの事後テストは、特定の学習分野において本当に習得したかどうかを、できるだけ正確に、少ない出題数で把握することを目指している。そのため、課題分析図を用いて深さ優先探索アルゴリズムを参考にした出題制御を行った。なお、事後テストで使用される問題は、事前テスト及び練習問題で使用されていない問題を優先して出題する。事後テストが終了すると、事前テスト時と同様に色分けされた課題分析図が表示されるので、学習者は必要に応じて復習を行う。

4.6. 開発環境

本システムの開発言語は、JavaScript, HTML, PHPである。WebサーバにはApacheを用いた。問題データ、課題分析図の構造データに関しては、MySQLを用いたデータベースシステムを構築した。

5. 評価

課題分析図インタフェースの操作性・有用性を中心に、アンケート(5段階評価で5が最高、1が最低)とインタビューによる形成的評価を行った。評価協力者は基本情報技術者試験受験予定で、課題分析図を知らない大学生6名である。6名中2名は過去に試験を

受験した経験があるが、不合格となっている。

アンケートの結果、課題分析図インタフェースの使いやすさとわかりやすさに関する11項目の全てにおいて平均3以上の得点が得られ、大きな不満は見られなかった。一方で、改善すべき点として、ドラッグ操作による図の移動ができることに気づかなかったという意見があげられた。そこで、課題分析図インタフェース上に操作方法を説明する簡易ヘルプを搭載すること、マウスポインタのアイコンの変更を行った。

学習項目の選択において、「a.構造に従い下から上に向かった選択(2名)」「b.完全にアドバイスの順序に従った選択(2名)」「c.(構造の上下関係は理解しているが)学習者独自の考えに基づく選択(2名)」の3つのタイプが観察できた。aのタイプからは、「マップがあるとどのような順序で学ばいいかわかりやすい」という意見があげられた。それに対し、bのタイプからは「(マップではなく)次の学習項目を示されたほうがよい」という意見が出た。このことから、比較的自己管理学習スキルが高いと思われるa,cタイプに関しては、常にマップが表示され、構造の上下関係を把握できることが有用であり、bタイプに関しては、システム側で系列化の制御をしたほうがよいと考えられる。よって、「制御なし」と「下位から上位への制御つき」という2通りの制御方法を持ち、学習者自身が切り替え可能なシステムが望ましいと考えられる。

また、「自分で勉強するときマップは役立ちそうか?」という項目に全員が5と回答した。その理由として、習得状況が色分けされていてわかりやすいという意見が多くあげられた。よって、すべての学習者にとって習得状況を直感的に把握できる点は有用であったと考えられる。

6. ま と め

本研究では、自己管理学習スキルのうち、とくに学習内容の選択の支援を目的に、課題分析図を見ながら学習項目の選択をするeラーニングシステムを開発した。評価の結果、課題分析図から習得状況を直感的に把握することに関して有用性が示唆されたが、実際に

構造の上下関係を参考に学習項目を選択するかは、学習者によって異なることがわかった。今後は長期的な運用で学習効果の評価を行うとともに、学習履歴を分析して学習者ごとの学習方略を探り、得られた知見をもとにシステムの改善に活かしたい。

また、今後の課題としては次の点が考えられる。

- (1) 課題分析図インタフェースの操作性に関して、Web教材シェルと比較実験を行う。
- (2) 学習課題には、知的技能の他に「言語情報」、「運動技能」、「態度」があり、それぞれの学習課題に対応した制御アルゴリズムを考案する。
- (3) いくつかの学習課題を組み合わせた複雑な学習課題へ対応する。今後、教授カリキュラムマップ(BRIGGS and WAGER 1981)の採用なども検討する。
- (4) 課題分析図作成機能、問題・解説登録機能をもつ教材作成ツールを実装し、教材シェル化を行う。

参 考 文 献

- BRIGGS, L. J. and WAGER, W. W. (1981) Handbook of procedures for the design of instruction(2nd ed.). Educational Technology Publications
- MERRILL, M.D. (1980) Learner Control in Computer Based Learning. Computers & Education, 4 : 77-95
- 松居辰則, 関一也, 岡本敏雄 (2003) 教授戦略に基づいた学習コンテンツの系列化手法とその体系化. 人工知能学会, 第17回全国大会論文集, 1E5-05
- 並河岳史 (2002) Component Display Theory に基づくWeb教材シェルの開発. 岩手県立大学ソフトウェア情報学部卒業論文
http://www.et.soft.iwate-pu.ac.jp/study/soturou/1999/thesis/0311999128_thesis.pdf
- 鈴木克明 (2002) 教材設計マニュアル. 北大路書房, 京都
- 鈴木克明 (2006) 第7章 自己管理学習を支える構造化技法と学習者制御. 野嶋栄一郎, 鈴木克明, 吉田文(編著) 人間情報科学とeラーニング. 放送大学教育振興会, 東京, pp.104-117

(Received April 1, 2007)