

XML を用いた Web 教材システムの学習実験について

武岡 さおり・小山 幸治・尾崎 正弘*・足達 義則*

Study of Web Education system using XML database

Saori TAKEOKA, Koji Koyama, Masahiro OZAKI* and Yoshinori ADACHI*

はじめに

我々は、これまで学習履歴、現在の学習状況、学習課題の理解度などを考慮して、個々の学習者に最適な教育指導プロセスを選択して学習支援を行う Web 型教育支援システムの開発を行ってきた。インターネットを利用することで、学習者に、いつでもどこでも学習を進められる環境を提供でき、また最適な教育指導プロセスを選択することで、効率的に、学習者の「やる気」を損なわずに学習を持続させるという狙いがある。

しかし、インターネットを利用した遠隔教育システムにおいては、学習者の学習状況や学習者個人の学習の経緯を把握することは困難であるため、個々の学習者に合わせた教育指導をすることは難しいとされている。

これまでに開発したシステム^{1)~3)}では、学習履歴情報、現在の学習状況、学習課題への理解度などを考慮して、学習教材を提示していた。このシステムを使った学習実験の結果、学習者が自らのレベルを認識している場合には理解度を考慮した学習教材の提示を行うことができたものの、学習者が自らのレベルを把握できない場合は、効果的に機能しないことも分かった。

そこで、リレーショナルデータベース（以降 RDB と記す）の検索能力、XML の弾力的拡張性を利用することで、学習者の理解度にあわせて学習教材を動的に変化させ、個別学習者の学習能力に柔軟に対応できるように Web 教材システムを改良した^{4)~7)}。今回、このシステムを使用して学習実験を行い、その結果からシステムの評価と今後の課題を検討したので報告する。

Web 教材システムの概要

著者らが提案する Web 教材システムのハードウェア構成と、学習者の理解度に応じて学習教材を自動的に再構築する動的な Web 学習教材の概要を以下に示す。

* 中部大学

(1) Web 教材システムのハードウェア構成

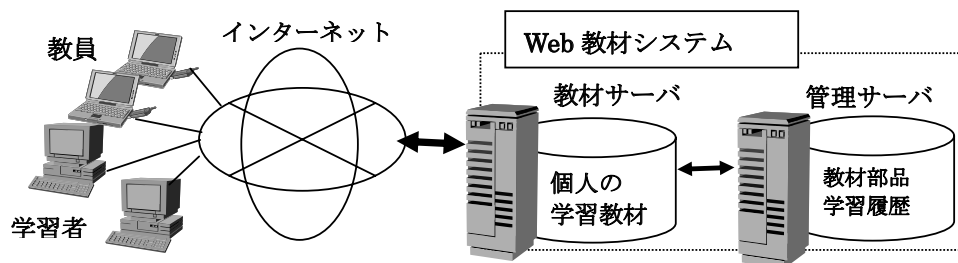


図1 Web 教材システムのハードウェア構成

Web 教材システムは、学習者固有の Web 学習教材を自動構築し、学習者の理解度に応じて動的に Web 学習教材を再構築するために、図 1 に示のように管理サーバと教材サーバの 2 つのサーバで構成されている。

管理サーバは、学習教材部品や学習履歴情報などの学習教材関連情報をデータベース化して管理・運用する。具体的には、各教員によって作成された Web 学習教材は、Web 教材作成システムを使用してテキスト、画像、音声、動画などの教材部品単位に分解し、それらの教材部品をデータベース化し、RDB を用いて管理・運用する。

教材サーバは、同様に RDB 機能を用いて、学習者ごとの Web 学習教材を管理・運用する。個別学習者用 Web 学習教材は、学習時に学習教材の動的再構築を行うため、管理サーバにある学習教材部品を学習者用 Web 学習教材として自動構築される。

(2) 動的な Web 学習教材の概要

Web 学習教材は、学習教科に沿った学習教材コンテンツを作成し、全ての学習者がその学習教材をそのまま利用する方法が一般的である。

本システムでは、学習の最中に、個別学習者の学習能力に沿った学習教材を提供するために、学習時に動的に学習教材を再構築する。本システムで作成する動的な Web 学習教材は、学習教材部品で構成される Web 学習教材と個別学習者用 Web 学習教材の総称であり、図 2 にその概要を示す。

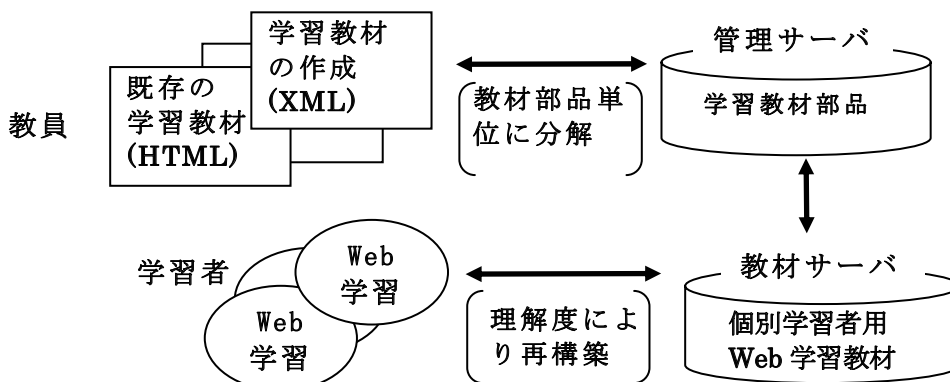


図2 動的な Web 学習教材 (Web 学習教材、個別学習者用 Web 学習教材)

Web 学習教材は、学習内容であるテキスト、図、音声、動画などの学習教材部品を、学習時に再構築できるように XML 形式を用いて作成する。全ての Web 学習教材は、学習教材部品単位に分解して、学習教材部品単位でデータベースに登録される。それらの学習教材部品を用いて、学習者のリクエストに応じて個別学習者用 Web 学習教材を構築し、その学習教材は学習時における学習者の理解度に沿って動的に再構築される。それを可能にするために、個別学習者用 Web 学習教材は学習教材部品データベースを XML 形式で記述し、Web ページに組み込むように作成されている。

動的な Web 学習教材の作成について

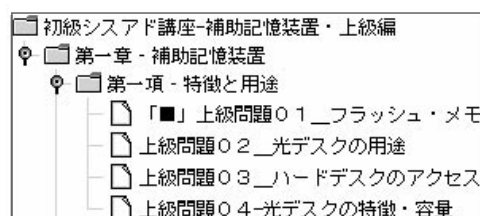
(1) 動的な Web 学習教材の作成

Web 学習教材は、われわれが開発したオーサリングシステム⁷⁾を利用して XML 形式で作成する。しかし、一般的な Web 学習教材や、音声、静止画像、動画像などのマルチメディア学習教材が利用できるように HTML 形式で作成することも可能である。その場合は、オーサリングシステムを介してあらかじめ作成した Web 学習教材を学習教材部品に分解し、RDB に登録する。

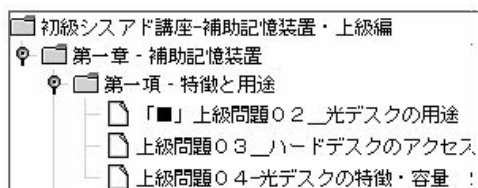
RDB に登録された学習教材部品は、ファイル名、表題、ファイルタイプ、用途、検索用キーワード、使用されている教材名などの情報が付加されることにより、学習教材部品の検索・抽出などの情報管理し易いように配慮されている。また、それらの学習教材部品群は、表題、HTML ファイル名、ファイルタイプ、ファイルの内容、章名、節名、項目名などの情報を XML 形式による動的なタグ構造にし、XML 形式による教材ツリー構造で個別学習者用 Web 学習教材を構築する。

XML 形式の採用で、目次を構成する学習教材部品群をどのような順番で提示するか、また学習教材部品群の難易度レベル（初級・中級・上級）の区分、提示する学習問題の正誤判定などを、学習の最中に学習者に提示する個別学習者用 Web 学習教材を自動更新することができる。

図 3 は、学習時における個別学習者用 Web 学習教材（上級レベル）の目次構成が自動更新されていく過程を示す。図 3 (a) は、これから学習者が学習を始めようとする初期状態の目次構成である。学習が進んでくると、たとえば、「上級問題 01_フラッシュ・メモリ」に対する解答が正しければ、学習済みとなっ



(a) 目次構成の初期状態



(b) 上級問題 01 の削除



(c) 中級解説 14 の挿入

図 3 動的な Web 学習教材の変化

た上級問題01は図3 (b) のように目次から削除される。また、図3 (c) では、「上級問題04_光ディスクの特徴・容量」に対して中級レベルの解説要求があり、「中級解説14_MO・LD・MD」が挿入されている。

(2) 個別学習者用 Web 学習教材の学習画面について

図4は、学習時における個別学習者用 Web 学習教材画面の例を示す。図4から、画面の左上は学習実行メニューであり、個別学習者用 Web 学習教材の目次が表示される。学習実行メニューは、学習者個別の学習教材の目次が表示される。基本的には、表示された目次の上から下に沿って教材の学習を進めるが、学習者が個別な目次を選択した場合はその学習内容が提示される。



図4 学習実行時の画面

画面の右上は、選択した目次の学習内容が表示される。学習教材表示画面内に表示される教材内容を学習教材の1ページとし、別のページの内容を参照したい場合は、学習実行メニューの項目を直接クリックするか、学習実行メニュー下部の「次頁」「前頁」ボタンをクリックする。

画面の左下には、レベル変更要求ボタンと用語解説要求リンクがある。

レベル変更要求ボタンは、学習者が現在の学習教材の対する学習レベルが自分に合わないと感じた場合、自分自身で学習レベルを変更できるものである。

用語解説要求リンクは、学習内容に対する用語解説を必要とした場合に押下する。用語解説要求がなされると、図5のよう

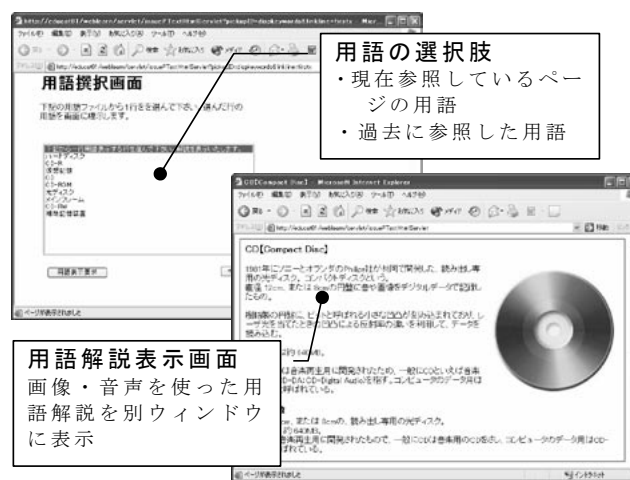


図5 用語選択画面と用語解説表示画面

な用語選択画面により、学習内容に関連する用語の選択肢として表示される。学習者は、この中から知りたい用語を選択した用語解説を閲覧することができる。図5の用語解説表示画面では、閲覧した解説、つまり解説部品名、その解説部品の学習レベル、経過時間などの情報が、個別学習者用語解説要求履歴情報として保存される。さらに、次の用語解説要求がなされた場合には、この履歴情報をもとに過去に参照した用語解説の内容も併せて閲覧することができるようになっている。

(3) 個別学習者用 Web 学習教材の動的な再構築

学習者が Web 学習教材の学習レベルを選択することにより、図6(a)に示すように初期状態の個別学習者用 Web 学習教材を構築する。学習者が、教材サーバに保存されている各自の学習教材を用いて学習を進めていくと、図6(b)のように学習教材の内容が学習者の学習レベルに沿って動的に再構築され、学習が完了した第

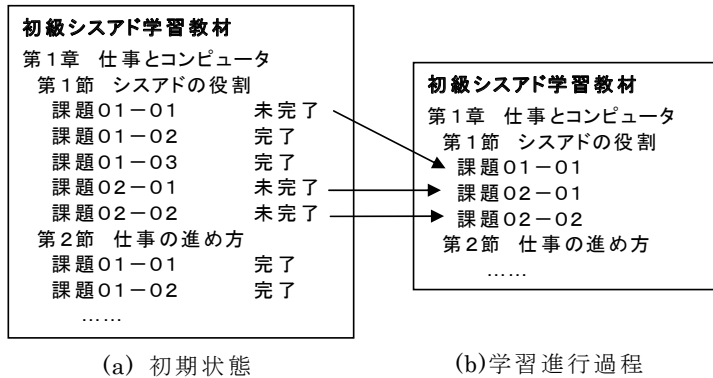


図6 個別学習者用 Web 学習教材目次の遷移 (例)

1節の課題01-02,01-03および第2節の課題01-01,01-02は削除され、学習が未完の第1節の課題01-01,02-01,02-02は学習を継続するためにその項目が目次に残される。

このように学習教材が動的に再構築されることで、例えば上級レベルの学習課題が不正解だった場合や学習者から別レベルの教材提示要求があった場合、上級レベルの学習課題の直前に中級レベルの教材が挿入される。学習者は、挿入された中級レベルの教材に取り組み、中級レベルの学習が終了すると、再度上級レベルの学習課題に挑戦する、という学習の流れになる。

初級レベルの学習教材要求が発生した場合も、同様に、中級レベルの教材の直前に初級レベルの教材が挿入される。

図7は、学習レベルの変化を示している。「上級問題05-CDRの容量計算方法」の学習時

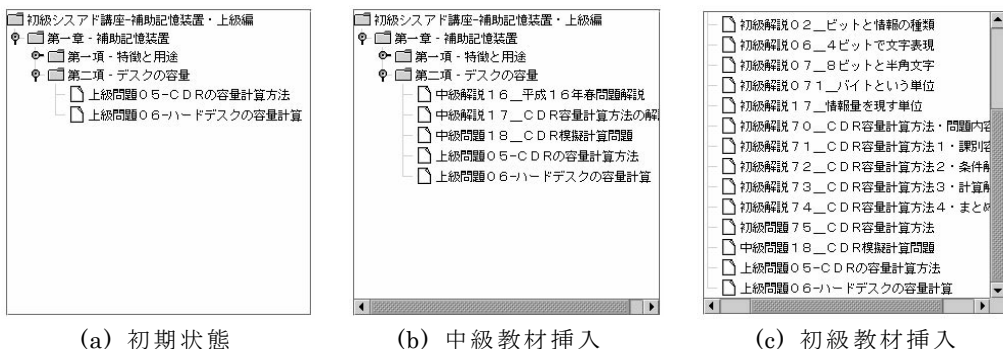


図7 学習レベルの変化に伴う教材挿入 (例)

に中級レベルの教材要求が発生すると、「上級問題05」の直前に中級レベルの教材が挿入され、目次構成は図7(a)初期状態から図7(b)中級教材挿入へ変化する。同様に、「中級問題18-CDR 解説計算問題」の学習時に初級レベルの教材要求が発生すると、「中級問題18」の直前に初級レベルの教材が挿入され、目次構成は図7(b)から図7(c)初級教材挿入に変化し、たとえば初級解説を複数閲覧すると、図のように「初級解説02_ビットと情報の種類」から「初級問題75_CDR 容量計算方法」のように挿入されることになる。

また、学習者が難易度の高い学習課題に正解した場合、その時点で同種の学習課題における難易度の低い学習教材は目次から除かれる。学習者が難易度の低い学習課題を要求した場合、たとえ難易度の高い同種の学習課題に正答している場合でもその学習課題を目次に加えて難易度を下げた。

さらに、学習者の理解度を考慮した次のような教材配信機能を加えた。まず、学習者が誤答した場合、その学習課題と同質・同レベルの学習課題を、次の学習課題として提示するために学習教材を再構築する。

同じ難易度の学習が困難だとシステムが判定した場合は、難易度を1ランク下げた学習課題を提示する。これは、同じ難易度レベルの問題に3回連続して誤答した場合や、同一学習課題に対する用語解説要求が多い場合に発生する。「要求が多い」という判断は、学習者の同種の学習課題に対して解説要求を3回連続した場合と設定した。

Web 教材システムを用いた学習実験について

(1) 学習実験の方法

Web 教材システムを用いた学習実験を実施した。学習実験に参加した被験者は、本学短期大学部生活学科生活情報専攻の学生11名である。被験者は、全員、情報処理、ワープロ、表計算、インターネットなどの基礎的な情報リテラシー科目を学習済みであり、初歩的な情報活用能力をすでに備えているものと考えられる。

実験に用いた動的な Web 学習教材は、経済産業省国家試験「初級システムアドミニストレータ」の問題をもとに作成したものである。上級、中級、初級と学習レベルを3段階に分けて学習教材を作成した。

上級レベルは、初級システムアドミニストレータの試験問題を使用した。

中級レベルは、試験問題に加え、試験問題を解くために必要な事柄を解説した。また、個々の解説に関連した例題も加えた。

初級レベルは、アニメーションを用いるなど、中級レベルよりもより詳細にやさしく解説を加えた。

今回の学習実験では、学習の最中に、被験者の理解度に合わせて学習教材を再構築する過程を確認するため、学習開始直後は、被験者全員に上級レベル

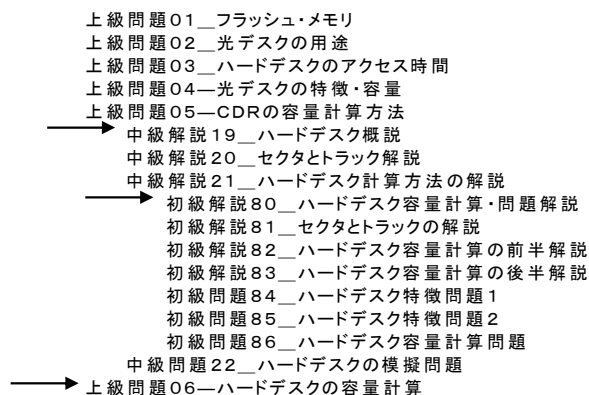


図8 被験者の学習履歴 (例)

の学習教材（試験問題）から開始した。

(2) 学習実験の結果

学習実験の結果、ほとんどの被験者は最終的には初級レベルの学習教材を用いて学習していた。

図8は、ある程度自分のレベルを把握している被験者の学習履歴である。図中、矢印で示した部分で、学習レベルの変更を要求している。この被験者は、提示された学習教材の学習レベルが低いと感じると学習レベルの高い学習教材を要求し、その学習教材が難しいと感じると元の学習レベルの学習教材で学習する、という具合に、自分で学習教材を選択して学習を進めている。この被験者は、自分の学習能力を把握できているものと考えられる。

一方、ほとんどの被験者は、図9に示す学習履歴のような学習行動をとった。図8と同様に矢印で示した部分で、レベル変更を要求している。これらの被験者は、提示された学習教材が難しいと感じた場合は、学習レベルの低い学習教材を要求しているが、その後はシステムが提示する学習教材で学習を進めていた。

さらに、一部の学習者は初級レベルの学習教材でも内容が理解できず、提示された問題に誤答していた。

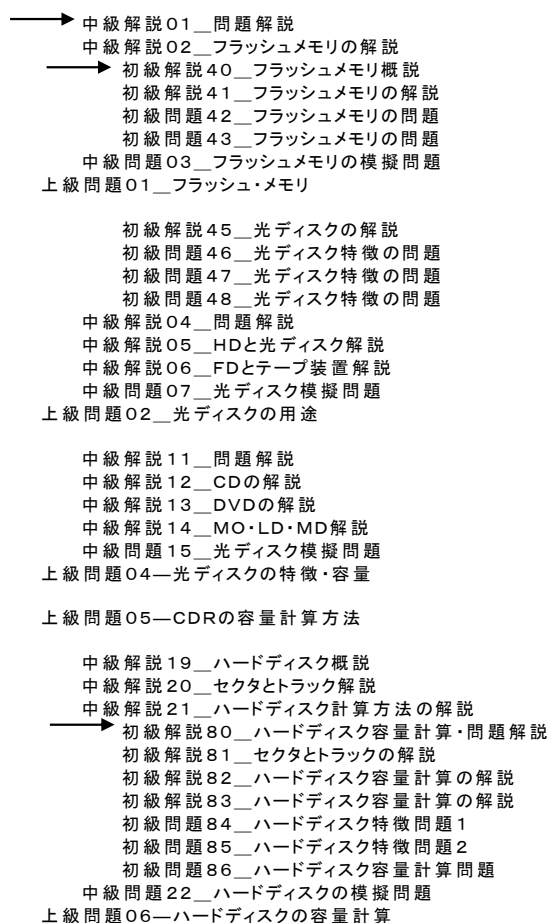


図9 被験者の学習履歴（例）

Web 教材システムの評価

Web 教材システムと動的な Web 学習教材を用いた学習実験の結果から、以下のような評価を得ることができた。

(1) Web 教材システムについて

Web 学習教材を学習教材部品に分解して RDB に登録したことにより、動的な学習教材を効率的に構築することができた。その結果、学習時における学習教材の構成・再構成が、従来にシステムに比べて短時間で比較的簡便に実施できるようになった。そのために、学習の最中に個別学習者用 Web 学習教材を再構築し、学習者の理解度に応じた学習教材の提示が可能となった。

さらに、システムに依存しない学習者固有の要求に応えるため、レベル変更要求ボタン、用語解説要求リンクを設け、学習者のリクエストを受け付けるようにしたことで、学習者が自分にあった教材を選択することができるようになった。このため、システムの提示する教材と学習者のレベルが一致していない場合でも、学習時に学習教材のレベルが合わないと感じた学習者は、自分で学習教材レベルを選択することができた。

これらを実現したことで、学習教材を動的に変化させ、個別学習者の学習能力に柔軟に対応できるシステムへと改良することができた。

(2) 実験に用いた動的な Web 学習教材について

実験に使用した学習教材は、上級、中級、初級の学習レベルに合わせて作成したものである。初級レベルの学習教材は、音声やアニメーションなどを用いて解説を加え、かなり理解しやすいものになっている。しかし、学習者の中には、初級の学習教材を使っても、内容を理解できない者もいた。

例えば、ある事柄に対する視点や理解へのアプローチの仕方が、教材作成者と学習者との間で必ずしも一致していない、ということも、学習者が内容を理解できない原因の一つとして考えられる。その点について学習教材の内容をさらに検討する必要がある、今後、異なった視点からいくつかの例を用いた解説を準備する必要があると考える。

また、学習者が学習している事柄について、その事柄の解説だけでなく、学習教材内容を理解するために必要となる基本的な知識や周辺の知識についても、幅広く学習教材内容に加えていく必要があると考えられる。

また、用語解説要求の履歴をもとに、過去に参照した用語解説の内容を合わせて表示する機能を付加したため、学習が進むにつれて履歴情報が長くなり、解説を要求したい用語の選択が煩雑になる傾向があるなどの問題点も指摘された。

用語解説要求については、履歴情報に基づいてすべて提示するのではなく、必要がなくなった用語解説を表示しないようにするなどの工夫が必要である。

用語解説の提示の仕方や解答までにかかった時間の提示など、被験者からの要望があった事項について改良していく予定である。

(3) 被験者について

学習実験を終えた被験者に、本システムを使った学習について簡単なアンケートを行った。

まず、教材のレベルが変更されることについて、「自分に合わせて変更されるので、自分の理解にあった学習ができる」、「苦手分野でも、初級から中級、上級へと段階を踏んで学習し、簡単な問題から解答していくことで、問題を解けるようになる」という回答が多かった。

また、学習実行メニュー画面については、「学習実行メニューに、すでに学習を終えた項目、現在自分の学習している項目が示されるので、自分が目次のどの部分の教材を見ているのかがわかってよい」、用語解説については、「問題としてはそれほど難しくなく解説を読むまでもないが、問題の中にわからない用語が含まれているという場合に、用語解説でその用語の解説だけを見ることができるので便利」、「現在のように選択肢の中から用語を選ぶのではなく、画面に表示されている教材の、わからない用語自体をクリックすることで、用語解説が提示されるという方式に変更した方がよい」という回答だった。

そのほか、「提示された問題に解答するまでにかかった時間を表示してほしい」という要望

もあった。

学習実験の結果から、以前のシステムに比べて、飽きやつまずきによる学習の中断が減少しているのではないかと感じられた。学習者固有の要求により、上級、中級、初級の各レベルの教材を弾力的に利用して学習を進めることができるようになったことが、その理由ではないかと考えられる。

おわりに

RDB の検索能力、XML の拡張性を利用して、学習者の学習進捗状況や学習能力レベルに合わせて、学習教材が学習のさなかに動的に変化する構造を、Web 教材システムに実装した。

また、用語解説要求リンクやレベル変更要求ボタンなど、学習進行の補助となる機能を付加し、効率的な学習を可能とした。

本システムを使用して学習実験を実施した結果、一部の被験者を除いて概ね学習効率の向上がみられた。初級レベルの学習教材でも内容が理解できなかった学習者への対応や、画面の改良などが今後の課題である。

要約

インターネットを利用した遠隔教育システムにおいては、学習者の学習状況や学習者個人の学習の経緯を把握することは困難であるため、個々の学習者に合わせた教育指導をすることは難しいとされている。

本研究では、RDB の検索能力、XML の拡張性を利用して、学習履歴や現在の学習状況などを考慮し学習のさなかに学習教材の構造を動的に変化させる機能を実現し、Web 型教育支援システムに実装した。また、用語解説要求リンクやレベル変更要求ボタンなど、学習進行の補助となる機能を付加した。本システムを使用した学習試行実験の結果、本システムを用いた学習では一部の学習者を除いて概ね学習効率の向上がみられた。

本論文では、Web 教材システムの概要と、本システムを使用した学習試行実験について述べた。また、その結果とシステムの評価について述べた。

参考文献

- 1) 武岡さおり、尾崎正弘、岩下紀久雄、江島徹郎、足達義則、“学習者の理解度を考慮したハイパーテキスト型 CAI 教材の開発に向けて”、日本教育情報学会年会論文集、16, pp178-181 (2000)
- 2) 江島徹郎、尾崎正弘、足達義則、武岡さおり、“インターネットブラウザの機能を利用・拡張したオーサリングシステムの試作”、日本教育情報学会年会論文集、16, pp168-171 (2000)
- 3) 武岡さおり、尾崎正弘、川田博美、岩下紀久雄、江島徹郎、足達義則、“学習者の理解度を考慮したハイパーテキスト型 CAI 教材の試作”、名古屋女子大学紀要 (人文・社会編)、48, pp177-186 (2002)
- 4) 尾崎正弘、武岡さおり、川田博美、小山幸治、足達義則、“個別学習によるハイパーテキスト「シリアドブック」の開発”、教育システム情報学会第27回全国大会講演論文集、pp.305-306 (2002)
- 5) 小山幸治、武岡さおり、川田博美、尾崎正弘、足達義則、“理解度向上支援総合ネットワーク型教育システムの構築—データ構造に着目した DB の構築—”、日本教育情報学会第18回年会論文集、pp.254-257 (2002)
- 6) 小山幸治、尾崎正弘、武岡さおり、足達義則、“XML を用いたマルチメディア教材作成オーサリングシステムの開発について”、日本教育情報学会第19回年会論文集、pp.36-39 (2003)

- 7) 小山幸治、尾崎正弘、武岡さおり、足達義則、“動的な学習教材作成オーサリングシステムの開発について”、名古屋女子大学紀要 (人文・社会編)、第50号、pp.127-135 (2004)
- 8) 武岡さおり、小山幸治、足達義則、尾崎正弘、“XMLを用いた Web 教材システムの評価と考察”、日本教育情報学会第20回年会論文集、pp.44-47 (2004)