

動的にナビゲーションリンクを生成するオーサリングツール

吉田 暁 河合 純 高岡 大介 酒井 三四郎

静岡大学情報学部

あらまし Web教材を使った学習は現在様々な分野で行われている。しかし、教材作成において、教材の再構成や再利用が難しいという問題がある。また、学習者側の問題として迷子問題があげられる。そこで全体構成を元に教材を作成する Web教材作成支援ツールを提案する。このツールの特徴は、学習者が迷子にならないようにナビゲーションリンクを動的に生成する点にある。このことによって、Web教材の再利用や再構造化を支援し、教材作成者の負担を軽減する。さらに、Web教材の構造化設計を促進し明瞭に構成された教材作成を支援する。また、本ツールを用いた評価実験を行い、その有効性を評価した。

キーワード WWW, WebCAI, ナビゲーション

Web based teaching material authoring tool generating navigation link dynamically

Akira YOSHIDA Jun KAWAI Daisuke TAKAOKA Sanshiro SAKAI

Faculty of Information, Shizuoka University

Abstract Recently web based learning is performed in various fields. But reusing and restructuring are difficult in material authoring. And it may contain hypertext disorientation for learners. The authors propose web based teaching material authoring tool that can make material based on outline of structure. The feature of this tool is generating a navigation link dynamically so that learners will not get lost in hypertext. Therefore it decrease load of teaching material authors. Moreover this tool promotes the structured design of web based teaching material. This tool supports making web based teaching material that has clear structure. And the authors perform evaluation experiment and confirm its effectiveness.

Keywords WWW, WebCAI, Navigation

1. はじめに

現在、Web教材を用いた教育は大学だけではなく初等教育の現場において更に生涯学習の一環としても行われている。そのためWeb教材を利用する側の人はもちろん作る側も幅広い人たちが携わることになる^[1]。

そこで教材を作るためのオーサリングツールが必要になってくる。Web教材の基本となるのはWebサーバ上に設置されたHTMLで記述されたページであるため、基本的にはNetscape ComposerなどでWebページを作るのと同じ要領で作ればよい。

教材を作る上で重要なことは学習者にとって分かりやすい物を作らなければならないことと、学習者の学習意

欲が喚起されるような教材でなければならない点である。Webを使った学習の場合、時間的空間的に縛られる必要がないというメリットがあるため、自習形式になることが多い。しかし自習形式になった場合、教師がいる場合と比べ緊張感が薄れるため学習者が集中して取り組めないことがある。教材を作成する側はこれらのことを考慮して教材を作る必要がある。

教材作成者にとってみれば教材を作るだけでも負担である上に、学習者の意欲を喚起するための工夫(例えばテストなど)を機能として実現しようと思うと、スクリプト言語などの知識が必要になってくる。さらに教材の特性上、一度作成した教材をある程度改良してまた利用

するというケースは多いと考えられるが、このような教材の再構成作業は煩雑である。何故ならHTMLファイルのリンク内容を書き換えていかなければならないためである。一つのファイルだけを書き換えるのであればまだしも、教材ファイルは複数のファイルがリンクによってつながっているのが常であり、複数のファイルに対してリンクの変換作業を行わなければならない。このように作成者側の観点からは教材作成だけでなく再構成においても手間がかかると言える。

また、教材の利用者側のことを考えるとWeb教材を利用する上で起きてしまう迷子問題に着目する必要がある。これは、ハイパーテキストの特徴であるリンクによってもたらされる。ページ中にリンクを埋め込むことによって学習者は様々なページに飛ぶことが可能である。しかし、このリンクを使って学習者がジャンプをしているうちに自分がどこを学習しているのか分からなくなるという事態を引き起こす可能性がある。これが迷子問題^[2]である。迷子問題により学習者は今学んでいる内容が全体のどの部分に値するのかといった位置付けを失うことになり、このことは効果的な学習を阻害するものと考えられる。

本論文では様々な人が教材を作る現実を考えて、誰が作っても簡易に作成でき更にWeb教材を構成するハイパーテキスト特有の問題点を含まないような教材を作成するツールを提案する。

2. ES-Builder

2.1 概要

本論文では「ナビゲーションリンク」に着目する。ナビゲーションリンクとは学習者が順序だてて学習を行えるように学習ルートをガイドするようなリンクのことである。ナビゲーションリンクによって学習者はあらかじめ決められたルートに基づいて学習することが出来るため、迷子問題に陥ることを軽減できる。一方、教材コンテンツ内にも一般的にはリンクが貼られているが、この一般的なリンクに関して本ツールは関知しない。

ES-Builder^[3]は第1節で述べた問題を解決するために提案された教材作成用のオーサリングツールである。従来の一般的なオーサリングツールである Netscape Composer 等のようにページを一つずつ作って、それをリンクによって結びつけ全体を作り上げるという方式ではなく、教材全体の構造を構築した後に個々のページを編集するようなシステムになっている。個々のページの編集については、既存のオーサリングツールで十分に作

成可能だからである。

2.2 問題点

ES-Builder で出力されるものは、ツールで構成した教材構造に基づいて作られたリンク構造を持つ HTML ファイルの塊である。学習者のためのナビゲーションリンクは教材の各ページに埋め込まれてしまっている。このことは作成者が教材の構成を変更したいときには一からツールで作直さなければならないことを意味しており、作成者にとっての大きな負担となる。また、教材作成の負担を軽減するための方法として、既に作られたページを再利用する方法が考えられるのだが、これを ES-Builder で行おうとすると出力された HTML ファイルをもう一度書き換えないといけない。このように、教材の再構成・再利用を考えた際に ES-Builder には問題があり、またこの再利用・再構成は教材の特性から考えて作成者が良く行う行為であると考えられる。教材は一度作ってしまえば何度でも利用できるため、作ることと同じくらいバージョンアップなどの管理や改変が重要になってくる。教育現場においても年度によって内容の一部を変えて基本はそのまま利用するケースが多いと考えられる。しかし、ES-Builder で教材の再構成をする事を考えると、ナビゲーションリンクが HTML に埋め込まれているため、1 から造らなければならないことになる。そこで、ES-Builder を改良して再利用性に富み再構成がしやすいツールの提案を行う。ここではそのツールを ES-Builder+と呼ぶ。

3. ES-Builder+の提案と実装

3.1 概要

ES-Builder+は先に挙げたような ES-Builder の問題点を解決するために、動的にナビゲーションリンクを生成して、コンテンツとナビゲーションを完全に分離する方式を取っている。このような方式を取ることで、構成を変えるために HTML のアンカータグを書き換える必要もないし既に作られたページの内容を編集することなく教材の一部として組み込むことが可能である。これによって作成者の負担が軽減できるものと考えている。以下に教材の作成からナビゲーションリンクを生成させる仕組み、及び教材の利用までを述べる。

3.2 教材作成

教材の作成に関しては ES-Builder の利点を生かして画面上で最初に教材の全体構造を作る。教材作成者は図

1のようなキャンバス画面にページとなるオブジェクトを配置して教材の全体構成を作っていく。もちろん、この時点ではページの中身に関しては編集せずに作成者はあくまで構造に関してのみ注意を払えばよい。この構造を念頭において実際の教材となる各ページの内容を編集するため、作成段階において作成者の思考を整理する上でも役に立つ。

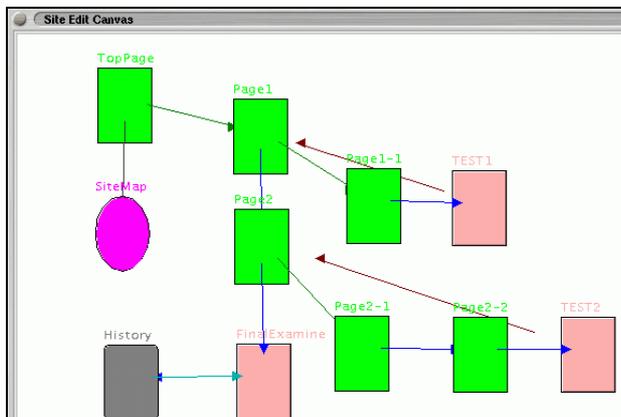


図1：教材作成画面

ES-Builder においては、このように全体構成マップで全体の構造を作ると、ナビゲーションリンクが埋め込まれた HTML ファイルが出力されるのだが、今回提案するツールの出力は構成を表す XML ファイルだけとした。この XML ファイルを元にスクリプトプログラムがナビゲーションリンクを出力するようになっている。

このような方式を取ることによってナビゲーションとページその物を完全に分離することができる。このことは、ナビゲーションリンクが HTML に埋め込まれていた ES-Builder の時に比べて、構成の変更や既に存在しているページを再利用して教材に組み込むことが簡易になる。ES-Builder でこのような再構成をしようと思った場合、最初から作り直さなければならないし、他の一般的なオーサリングツールに関しても、わざわざリンクを書き換える必要がある。しかし、このツールで構成の変更などを行えば画面上の構成を変更し、出力された XML ファイルをサーバーにアップロードしなおすだけである。このような仕組みを取ることによって教材作成者の負担を軽減できるものと考えられる。以下に、この構造を表す XML 文書の DTD を示す。

```
<!ELEMENT page (page)*>
<!ATTLIST page
    title CDATA #REQUIRED
    file CDATA #REQUIRED
```

```
forward CDATA #IMPLIED
previous CDATA #IMPLIED
up CDATA #IMPLIED
subpage CDATA #IMPLIED
reference CDATA #IMPLIED>
```

この DTD を簡単に説明すると page は 0 個以上のページ要素を持っていて、属性として title(ページのタイトル)、file(ファイル名)、forward(次ページへのリンク)、previous(前ページへのリンク)、up(親階層へのリンク)、subpage(子階層へのリンク)、reference(関連ページへのリンク)といった物を持っている。title、file 属性は必須である。

この XML ファイルと教材となる HTML ページをサーバーにアップロードしておく。

3.3 ページの種類

ES-Builder+は以下の 5 つのページ型を持っている。作成者はこれらを適当に組み合わせてキャンバスに配置して教材の全体構造を作る。

- general 型
一般的なページで教材の主体となるページ。作成者が内容を作る。
- history 型
学習者の学習履歴を表示するページ。ツールが自動生成する。
- examine 型
学習者のテストを行うページ。作成者が問題を作る。採点と結果データの収集は自動的に行われる。
- sitemap 型
サイトマップページ。ツールが自動生成する。
- top page 型
教材の先頭のページであるが、ユーザーの認証機能を備えている。認証はスクリプトによって行われる。また、「トップ」リンクによりこのページに戻る事が可能である。

3.4 リンクの種類

以上のページをリンクによって結びつける。作成者がページ間にリンクを張ったときはページオブジェクトを矢印で結ぶことによって明示する。ページ間のリンク関係は学習者が教材を利用するときにナビゲーションリンクとなって明示される。リンクには図 2 に示すようなリンクの種類がある。

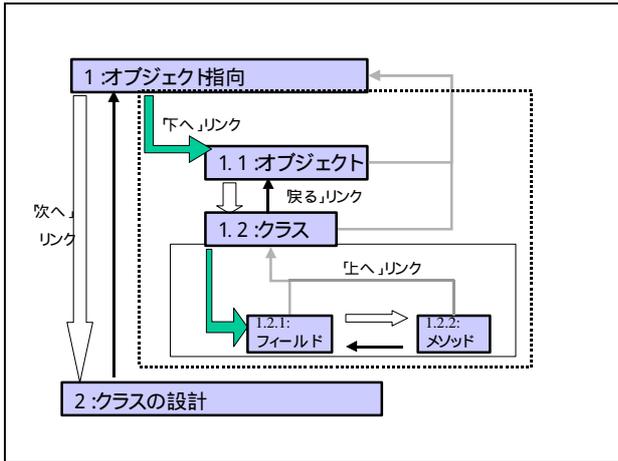


図2：構成ファイルとリンクの関係

- ・ forward 「次へ」リンク
そのページの次に進むためのリンク
- ・ previous 「前へ」リンク
現ページの前のページに戻るためのリンク
- ・ up 「上へ」リンク
上の階層に戻るためのリンク
- ・ subpage 「下へ」リンク
下の階層に移るためのリンク
- ・ sitemap 「サイトマップ」リンク
サイトマップページへのリンク。サイトマップでは教材全てのページへジャンプが可能であり、特定の場所にジャンプしたいと学習者が考えている場合に有用である。
- ・ history 「学習履歴」リンク
学習履歴へのリンク。ユーザーの学習履歴を表示する機能を持つページへジャンプする。学習履歴に関して詳しくは後述する。
- ・ reference 「関連」リンク
関連ページ、参考ページなどどこに対してでも張ることが出来るリンク。多すぎると構成が複雑になるため1つのページから3つまで張れるようになっている。このリンクは複数存在する可能性があるため、学習者がジャンプ先を選択できるようなリンク表示になっている。
- ・ return 「リターン」リンク
このリンクは迷子問題を軽減するためにスクリプトプログラムが自動生成するリンクである。学習者がサイトマップを使ってジャンプしたり previous リンクで戻ったり、一般的な学習コースから外れたと思われる場合にコースから外れる直前の場所に戻ってこれることが出来る。これにより、Web教材の初心者でも迷子問題の起きる可

性能が軽減すると考えられる。

なお、これらのリンクのうち作成者がリンク先を指定しなければならないのは forward, subpage, reference の3種のリンクのみである。他はツールが自動生成する。

また、現段階では実装してはいないがナビゲーションの種類として他にも next(次の章へのリンク),back(前の章へのリンク)などが考えられる。また、生成するナビゲーションリンクの種類を利用者ごとに変更することもできる。

3.5 ナビゲーションリンクの生成

ナビゲーションリンクを生成する時のシステムの動きを図3に示す。

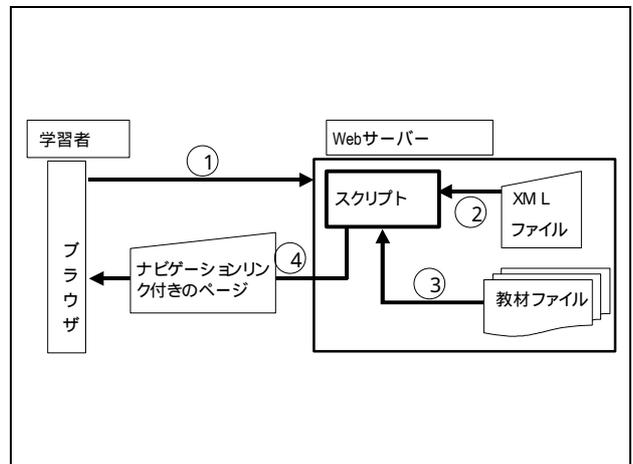


図3：ナビゲーションを生成する仕組み

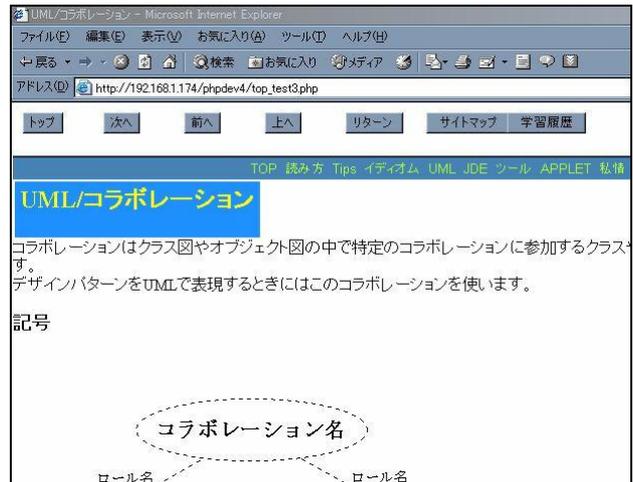


図4：ナビゲーションリンク付きの教材画面

教材の利用者が教材にブラウザからアクセスすると(1)、スクリプトプログラムが起動し、前述したXMLファイルを解析する(2)。そして現在要求されているページはどこなのか、そのページにおけるリンク構成はどのようなになっているのかを解析する。その結果ナビゲーション

ンリンクを生成し、さらに元となる教材ファイルを読み込み(3)要求された教材ページにナビゲーションリンクが付加されたページを学習者のブラウザに返す(4)仕組みになっている。

また、存在しないナビゲーションリンクは表示されないため、ナビゲーションリンクによるリンク切れも起きない。ナビゲーションが付加された教材の画面を図4に示す。

3.6.2 テスト機能

キャンパス上にテストページを配置すると、自動的に図5に示すような問題作成フォームに移る。テスト問題は4択問題で、テスト作成者は問題と選択肢と解答を入力するだけでツールが自動的にテスト機能を実現するページを生成する。このテストページには学習者の答えと正答をフォームで送る機能がついている。学習者が“採点”ボタンを押すと、スクリプトが起動し学習者の答えが正しいか採点結果表示し、さらに学習履歴データベースに登録する。この機能により作成者はプログラミングの知識が無くても学習者にテストを行い、知識習得の確認をすることが出来る。

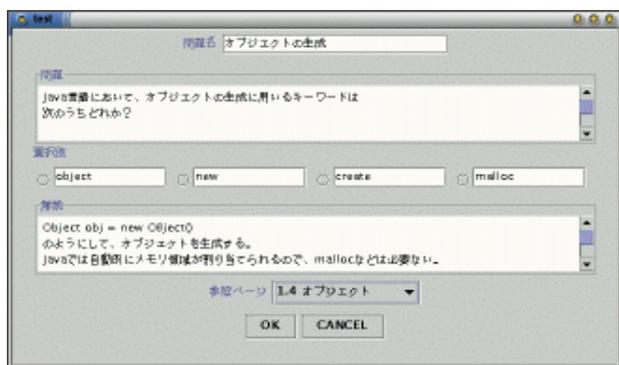


図5：テスト問題作成画面

3.6.3 学習履歴管理機能

学習者がどのページをどれだけ学習したか、テストの結果はどうだったかという情報は教える側にとって有用だけでなく、学習者の動機付けという面において必要な情報である。

ES-Builder+において History 型のページを配置すると、学習者の学習履歴を自動的に表示するページが生成される。本ツールにおいて学習履歴にはテストページの成績と、どのページをどれだけ見ていたかという教材閲覧時間の2つがある。テスト結果に関しては、先ほど説明したテストページのスクリプトにおいてユーザー毎の成績データをデータベースに登録し、ページ閲覧時間に

関してはナビゲーションリンクを生成するスクリプトが閲覧時間を監視しデータベースに登録する。学習者が History 型のページを閲覧するとユーザー毎の学習履歴をデータベースから検索して表示する。

4. 評価実験

4.1 教材作成における評価実験

教材作成における評価実験としては、3種類のツールで2回教材を作ってもらった。1つ目のツールは一般的なオーサリングツールである Netscape-Composer を使ってもらう。2つ目として ES-Builder を、3つ目として ES-Builder+ を使ってもらう。被験者は3人で、1人当たり3種のツールをそれぞれ使って教材を作成してもらった。1回目は示された手順に従って教材を作ってもらい、2回目にはその作った教材を再構成してもらい、参考になるようなページを組み入れるなどして作ってもらった。この手順で合計6回の教材作成を終えた後に、アンケートに答えてもらう。このアンケートの結果を表1に示す。5が最高得点で値は3人の被験者の平均値である。

表1：教材作成時の評価実験結果

	Netscape Composer	ES-Builder	ES-Builder+
教材作成の キャンパス画面について	-	3.66	3.33
構成が分かりやすい 教材が作れる	2.33	3.66	3.66
テスト機能が役に立つ	-	4	4
ページを 再利用しやすい	2	3.33	4.33
教材再構成が 行いやすい	1.66	3	4
教材作成に かかった時間	80分	50分	55分
教材の再構成に かかった時間	53分	46分	19分

結果から、教材を作成する段階においては ES-Builder と変わらないように考えられる。キャンパス画面に関しては ES-Builder と ES-Builder+ はほとんど変更点は無いのでこのような結果になった。しかし、教材の構成を変更する場合や既に存在している HTML のページを教材の一部に組み込む作業に関しては評価が高かった。それだけでなく、再構成にかかった時間も半分以下になっており既に作られている教材に変更を加える作業に関しては有用であり、本ツールによって教材作成者の負担を軽減することが出来ると言える。

4.2 教材利用における評価実験

教材の利用時における評価実験としては2種類の教材を用意しておき評価してもらった。一つは ES-Builder+で作られた教材でこれをサイト1とする。もう一つは見かけが同じになるように “Dynamically Cascading Menu with Buttons”^[4]を使って作成した。このツールはナビゲーションリンクをフレーム分割して表示するツールで、このツールで作った教材をサイト2とする。作られた教材をサーバー上にアップロードしておき、それをナビゲーションにしたがって教材全体を閲覧してもらい、更に ES-Builder+で作った教材に関しては付加機能に関する利用してもらい、アンケートを取った。被験者は6人である。この評価実験の結果を表2に示す。得点は5が最高点で数値は6人の平均である。

表2：教材利用時における評価実験結果

	サイト1	サイト2
構成が分かりやすい	4	3.66
全体の中でどの部分を学習しているのか分かる	3	3.5
テスト機能が役に立つ	4.66	-
学習効果が期待できる	4	3.83
サイトマップに関して	3.16	-
ナビゲーションリンクの使い勝手	4.16	3.6
リターンリンクの有用性	3.5	-
閲覧時間	13分	9分

実験結果からサイト1は構成の分かりやすさ、学習効果において評価が高かった。この点においては、学習者にとっても構成の分かりやすい教材を提供するという本ツールの目的は達せられている。しかし全体の中で、現在参照しているページがどのページなのかといった点に関しては決して分かりやすかったとは言えないようである。

集められた意見として、サイト1は学習ルートが決まっているために学習効果が期待できるというものがあつた。これは構造化された教材の、ナビゲーションが学習者にとって有益であることを示していると考えられる。また、サイト1はサイト2のように全てのページにジャンプできるナビゲーションが常に表示されているわけではなく、サイトマップでしか表示されないため、全体における現在の位置はわかり辛いというものもあつた。この点に関しては今後も考察と改良が必要であると考えられ、現在の位置を表示するナビゲーションを加えるなどの対処が考えられる。

5. おわりに

本論文ではオーサリングツールを作成し評価実験を行い、本ツールの有用性を評価してみた。評価実験の結果から、教材を作成する段階では本ツールはページの再利用、教材の再構成を容易にしていると言うことができ、教材作成者の負担を軽減することが分かった。今回の評価は対象が一般的なオーサリングツールであったため、教材作成用ツールとの比較・実験が必要と考えられる。

また、動的にナビゲーションを生成する方式を取っているため教材の再構成や既に存在しているページの再利用などにおいて効果があるだけでなく、他の点においても有用な使い方が出来ると考えられる。

今回作成したツールは動的にナビゲーションを生成してはいるものの、A ページの次のページは B、その次は C と言ったように教材作成段階においてページのリンク先は決まってしまうので、ページリクエストのたびにナビゲーションリンクを生成する必要性は小さい。しかし、動的にナビゲーションリンクを生成できるということは、あるページのリンク先を状況次第で変えることが可能であるということであり、それは本ツールに更に改良を加えることによって可能であると考えられる。

そのようなシステムが出来上がれば、学習者の状況に応じた学習コースの動的設定が可能であり、本ツールであつかう学習履歴機能などを用いれば、学習者の理解度によってコースが変わっていく教材作成も可能である。今後はこのような改良を加えていき、さらに学習者にとってはモチベーションを維持しやすく、作成者にとっては作成・変更が簡易なオーサリングツールを実装していくことが課題である。

この研究の一部は平成 14 年度科学技術研究費補助金基盤研究(B),13480051 および平成 14 年度科学技術研究補助基盤研究(C),14580213 の援助を受けた。

参考文献

- [1] 文部省：“教育改革プログラム”(1998)
- [2] J. Nielsen: “Hypertext and Hypermedia” Academic Press(1990).
- [3] 高岡大介, 吉田幸二, 市村洋, 水野忠則, 酒井三四郎: “Web 教材の構造化によるナビゲーション機能を有する教材フレームワークの作成” 教育システム情報学会誌, Vol.18, No.3・4, pp.274-283 (2001).
- [4] “Dynamically Cascading Menu with Buttons” URL <http://www.circle.ch/scripts/>