

関連リンクの制御による Web 教材のナビゲーション支援

石川 孝

日本工業大学 情報工学科

概要 本論文は、Web 教材中の関連リンクの発散・収束を制御することによってナビゲーションを支援する方法について提案する。Web 教材または Web 上の資料を教材として用いることが広く行われているが、Web 教材がハイパーテキストであることが長所にも短所にもなっている。Web 教材の長所は学習者が自分の興味に従ってテキストを読めることであり、短所は得られる情報を構造化することが難しいことである。本論文で提案するナビゲーション支援手法は、Web 教材の長所を生かしつつ、短所を補うことを目的としている。

Navigation Assist in Web Based Teaching Materials using Hyperlink Control

Takashi Ishikawa

Nippon Institute of Technology

Abstract The paper proposes a method for assisting navigation using hyperlink control in Web based teaching materials (WBT). While WBT materials or documents on the Web are widely used as teaching materials, the feature of hypertext results in merit as well as demerit. The merit of WBT materials is that learners can read text in their own paces, and the demerit is that it is difficult to structure the obtained information. The method proposed in the paper aims at compensating the demerit of WBT materials keeping their merit.

1. はじめに

World Wide Web (以下、Web という) はハイパーリンクによって結合された広大な情報のネットワークである。Web から得られる情報は日々更新されており、人間社会の今を映している。このような Web を教材として用いることは、人間社会の今を学習することに有効である。また、学習することがらをハイパーテキスト化した Web 教材は、学習者が自分の興味に従ってテキストを読めるために自習型の学習に効果的である[1]。しかし、Web 教材は作成者が作り上げた閉じた世界であり、人間社会の今にはつながない。また、Web 教材を作ることは多くの労力を必要とする。

本研究の目的は、ありのままの Web を教材として利用するためのハイパーテキストのナビゲーション支援手法を開発することである。ありのままの Web を教材として用いることには次のような問題点がある[2]。

- ・ 必要な情報が分散していて探索の効率が悪い。
- ・ Web 上の情報が学習目的に対して構成されていない。
- ・ 無関係な情報を排除するのが難しい。

これらの問題点は Web のハイパーリンク構造に起因しており、ある Web ページにおける関連情報へのリンクを制限する必要があることが示唆される。本研究ではこれらの課題に対して、ハイパーリンクに

おける関連リンクの発散・収束を制御することによるナビゲーション支援の原理を構成し、総合的な学習や高等教育で一般的に行われている調べ学習を目的とした Web ブラウザに適用してその有効性について評価する。

2. 要求

調べ学習は、調べる課題を学習者に与えて、学習者が図書館やインターネットなどを使って資料を調べ、その結果をまとめてレポート作成やプレゼンテーションを行う学習法である[3]。調べ学習は、学習者が自ら情報を収集し、分析し、整理するために、特定のテーマについての知識を深めることに有効である。しかし、調べ学習が有効であるためには学習者が一定の情報技術をもつことが不可欠であり、情報技術の優劣が学習効果に影響してしまうという欠点がある。したがって、調べ学習にインターネットを使う場合は、Web ブラウザが情報の収集・分析・整理を支援することが求められる。

インターネットを使った調べ学習のための Web ブラウザは、通常の Web ブラウザにはない次の機能を必要とする。

- ・ 情報収集機能： テーマに関連した情報だけを閲覧する機能。Web ページ内のハイパーリンクを自由にたどって行くともとのテーマから次第に離れてしまうので、テーマとの関連性が少ない Web ページには行かないようにする。閲覧する Web ページをテーマに焦点化する **focusing** 機能。
- ・ 情報分析機能： 情報の関連性を視覚的に表示する機能。閲覧した Web ページの閲覧順序や内容の関連性をグラフ構造によって視覚化し、得られた情報の関連づけや閲覧行動の内省を行えるようにする **triggering** 機能。
- ・ 情報整理機能： 収集した情報を構造化して表示する機能。収集した情報に見出しとノートを付け、閲覧順序や内容の関連性に基づいて線形化し、レポート作成やプレゼンテーションのために得られた情報を文書化しやすいように要約する **summarizing** 機能。

本論文では、これらの機能をもつ Web ブラウザを『探究ナビ(Xnavi: Web Exploration Navigator)』(仮

称)と名づけて、ソフトウェアの分析、設計を行う。

3. 分析

『探究ナビ』に対する要求に基づいて、要求されるソフトウェアの3つの機能について分析する。

(1) 情報収集機能

テーマに関連した情報だけを閲覧するには、リンク先の Web ページの情報についてテーマとの関連性を評価する必要がある。そしてテーマとの関連性に基づいて Web ページ内のハイパーリンクを有効にするかどうかを決定しなければならない。

検索エンジンを使う情報収集では、テーマをキーワードの組で表して検索を行い、検索結果の要約や実際に Web ページを閲覧してテーマとの関連性を人間が評価している。また、Web ページ内のハイパーリンクに基づく関連情報の収集では、ハイパーリンクを表すアンカーテキストとその前後の文章や実際にリンクされた Web ページを開いて関連性を評価する。これらの評価においては、関連性を評価するためだけに多量のテキストを読む必要があり、ときには無関係な情報も閲覧しなければならない。

Web ページの関連性をアルゴリズムによって評価する方法としては、次のようなハイパーリンクの性質を使うことが考えられる。

ハイパーリンクの方向性(片方向, 双方向)

アンカーテキストの共通性(共通語比率)

使用語彙の類似性(単語の使用頻度など)

このうち、の方法は文書の分類などに使われているが[4]、計算量の多い自然言語処理を必要とするために Web ブラウジングのようなリアルタイム処理には不向きである。これに対して、は HTML テキストに対する比較的簡単な構文解析によって実現できリアルタイム処理が可能である。したがって、の方法による Web ページの関連性評価の理論化を行う。

ここでの目的はテーマに関連する情報だけを閲覧することであるから、ナビゲーションの原理としては関連性が少ない情報は閲覧できないようにすることである。のハイパーリンクの方向性では、片方向リンク(リンク先からの逆向きのリンクがない)については、リンク先でのハイパーリンクを無効に

することなどによって具体化される。のアンカーテキストの共通性では、共通性が少ないWebページにはもとのWebページにはないハイパーリンクが多いために関連する範囲が拡大してしまうため、より共通性の高いWebページを優先して閲覧することなどによってナビゲーションの原理が具体化される(図1)。

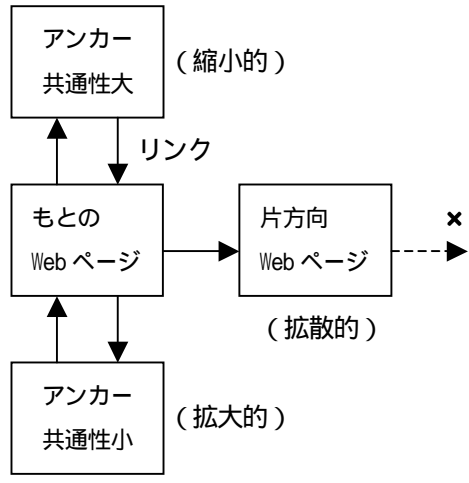


図1. ハイパーリンクによる関連性の評価

(2) 情報分析機能

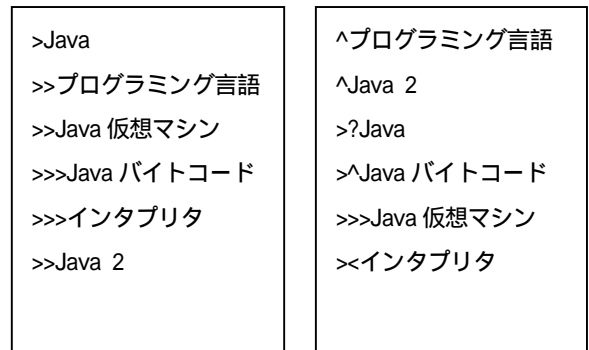
Webページ中のあるアンカーテキストに関連づけられたリンクページを開くかどうかは、次の情報などによって判断されると考えられる。

- アンカーテキストが含まれる文の内容
- それまでに閲覧したWebページの内容
- 学習者のもつ背景知識や興味・関心

このうち、の情報はアルゴリズムによって同定することが難しいが、の情報は適切に視覚化することによって学習者の情報分析を支援することができる。

まず、の情報を視覚化するためには、関連したWebページにリンクされたアンカーテキストを表示することが考えられる。一般のWebブラウザではWebページのタイトルがリスト形式で表示されるが、Webページを閲覧する学習者の意図をより反映するアンカーテキストを表示の方が閲覧履歴が内容をよく表す。アンカーテキストの表示形式は、閲覧の時間順とWebページのリンク関係を表現する時間・空間表示(カスケード表示)と、アンカーテキ

スト間の概念的な関係を表現する概念マップ表示(アウトライン表示)がある(図2)。カスケード表示は閲覧履歴の時間・空間的なメンタルモデルを表し、自分の閲覧行動を内省することを支援するのに有効と考えられる。また、アウトライン表示は概念関係のメンタルモデルを表し、未探索領域の発見やアンカーテキストの相互関係を理解するのに有効であると考えられる。



(a)カスケード表示 (b) アウトライン表示

図2. 閲覧履歴の表示形式(例)

アンカーテキスト間の概念的な関係の評価するにはWebページのコンテンツの自然言語理解が必要であるが、(1)で述べたアンカーテキストの共通性を近似的な尺度として用いることも考えられる。アンカーテキストの共通性は、例えば次の式で定義する共通語比率によって評価することができる。

$$\text{共通語比率} = \frac{\text{共通するアンカーテキスト数}}{\text{ページ中のアンカーテキスト数}}$$

共通語比率が0.5を超えるWebページは、もとのWebページとのアンカーテキストの共通性が高く、類似な概念または特殊化された概念に相当すると近似的に解釈できる。逆に共通語比率が0.5以下のWebページは、もとのWebページとのアンカーテキストの共通性が低く、背景となる概念または一般化された概念に相当すると解釈できる。アンカーテキストの共通性だけでWebページ間の概念的な関係を推定することは難しいので、アンカーテキストの拡

大・縮小傾向とリンクの方向性に着目して、関連する Web ページを次の 3 種類に分類することにする。

- ・ 縮小的な関連ページ：共通語比率 > 0.5
- ・ 拡大的な関連ページ：共通語比率 0.5
- ・ 拡散的な関連ページ：リンクが片方向

一方、 のアンカーテキストが含まれるテキストの内容については、 の閲覧履歴に付随させて表示することが考えられる。また、ノートなどを加えることも関連性の理解にとって有効である。

(3) 情報整理機能

収集した情報を最終的にレポートにまとめたり、必要な情報が得られたかどうかを中間的に評価したりするためには、(2)の閲覧履歴にノートを加えた情報をアウトラインとして要約する機能が必要である。またこのアウトラインは、レポート作成のためにテキストデータとして出力でき、プレゼンテーションのためにハイパーリンクを含んだ HTML データとしても出力できる必要がある。

4. 設計

『探究ナビ』の要求分析に基づいて、ソフトウェアの詳細を設計する。

(1) ユーザーインターフェース

『探究ナビ』は Web ブラウザとして必要な、URL フィールド、Web ページ表示画面、戻るボタン、進むボタンなどの他に、調べ学習を支援するための次のナビゲーション情報を表示する。

閲覧履歴（カスケード / アウトライン表示）

ノート欄（アンカーテキストを含む文など）

学習者はまず出発点となる Web ページの URL を入力する。閲覧履歴に表示するアンカーテキストはこの Web ページのタイトルで代用する（ない場合は先頭行を使う）。

また、メニューバーには、ファイル、編集、設定などの機能を用意する。最低限必要な機能は、アウトラインの出力（テキスト / HTML）、ノートの編集、閲覧履歴の表示形式の選択などである。『探究ナビ』の画面レイアウトの概要を図 3 に示す。

(2) 使い方

『探究ナビ』の使い方は次の通りである。

URL フィールドに出発点となる URL を入力する。

表示された Web ページを読んで、このページの要点をノートにコピー（または入力）する。Web ページ中のアンカーテキストから次に開く Web ページへのリンクを選択してクリックする（へ）。

閲覧履歴中のアンカーテキストの中から再び開く Web ページを選択してクリックする（へ）。

File メニューの「Outline」を選択してアウトラインを表示し、調査結果を確認する（必要があればへ）。

Xnavi File Edit Setting		
<	>	URL
閲覧履歴	Web ページ	
	ノート	

図 3. 『探究ナビ』の画面レイアウト

(3) 出力データ

調査結果は、次のいずれかの形式のデータで出力する。

テキストデータ（ワープロ編集用）

HTML データ（プレゼンテーション用）

XML データ（再利用のため）

(4) データベース

調査結果はデータベースに保存され、他のテーマの調査中に以前の調査結果を参照することができる。

5. 評価

『探究ナビ』の設計の妥当性を評価するため、プロトタイプを作成し、調べ学習で使われそうな Web

事典（用語間のハイパーリンクをもつ）をテストデータとして著者自身が試用評価を行った。調査テーマは「Java 言語のプログラミング言語としての特徴を調べよ」とし、実際に調査に使った Web ページは『IT 用語辞典 e-Words』[5]の用語「Java」とその関連ページ（リンク距離 3 以内）である（用語とその解説の部分のみを使用した）。評価項目は次の通りである。

情報収集において関連リンクを制限することの妥当性（調査に支障はないか）

情報分析において閲覧履歴を表示することの妥当性（リンクの選択に役に立つか）

情報整理においてアウトラインを出力することの妥当性（レポート作成やプレゼンテーションに役に立つか）

（1）関連リンクの制限

必要な情報が得られないという意味で調査に支障がないかという観点では、調査の途中で何度か制限のあるリンクをクリックして注意メッセージ（“Sorry, links are inactive in the one-way linked page.”）を出すことがあったが（図 4）、他の事項の調査を優先させることで結果的にテーマに必要なほとんどの情報を得ることができた。改良点としては、閲覧履歴において関連リンクが制限されたアンカーテキストに対するアイコンを変える（例えば図 2 (b)の「<」などすればナビゲーションがさらに有効になると考えられる。



図 4．リンク制限の注意メッセージ（例）

（2）閲覧履歴の表示

テーマに関連する事項を効率的に調べるために閲覧履歴の表示がリンクの選択に役に立つかという観点では、すでに調べた事項をアンカーテキストによって確認できるために、何を調べているのかのイメ

ージを強く持つことができるのは有効である。一般の Web ブラウザが Web ページのタイトルを閲覧順に並べるだけであるのに対して、プロトタイプのカスケード表示では Web ページ間のリンク関係が分かり、またアウトライン表示ではアンカーテキストの共通性（縮小的 / 拡大的 / 拡散的）が分かるので、より構造化されたナビゲーション情報が得られる（図 5）。改良点としては、Web ページの表示中に共通的なアンカーと固有のアンカーを色分けすることによってさらに適切にリンクの選択を支援することができると思われる。



図 5．アウトライン表示の閲覧履歴（例）

（3）アウトラインの出力

閲覧履歴にノート情報を加えたアウトラインの出力が調べ学習に有効であるかどうかという観点では、実験に使ったテーマとテストデータから生成されたアウトラインとしては満足行くものであった（図 6）。アウトライン表示の閲覧履歴から生成されるアウトラインは、閲覧した Web ページが拡大的（^印）、縮小的（>印）、拡散的（<印）の順に並べられるため、前提となる一般的な事項をまず述べてからテーマの中心的な事項について述べ、最後に関連する事項（?印）を補足するような流れになる。これに対してカスケード表示から生成されるアウトラインは、アンカーテキストが基本的に閲覧した時間順に並べられているために、学習者の興味の流れを忠実に再現しプレゼンテーションでは話の流れがスムーズになる。改良点としては、アウトライン中に画像などをコピ

ー&ペーストできるとレポートやプレゼンテーションをよりビジュアルに作ることができる。

<p>^ プログラミング言語 Note: 従来の言語より高い移植性とオブジェクト指向的要素を兼ね備えた Java が台頭している。</p> <p>^ Java 2 Note: Java 2 は JDK 1.2 と呼ばれていたものの正式名称で、Sun による Java 2 プラットフォーム対応のプログラミング環境や実行環境も含む。</p> <p>> ? Java Note: Sun Microsystems 社が開発したプログラミング言語。Java で記述されたソースコードは、コンパイル時に Java バイトコードと呼ばれる中間コードにいったん変換される。</p> <p>> ^ Java バイトコード Note: 中間コードの一種で、特定の環境に依存しないという特徴を持つ。Java バイトコードは Java 仮想マシン内のインタプリタによってネイティブコードに変換されてから実行される。</p> <p>> > > Java 仮想マシン Note: Java バイトコードをそのプラットフォームのネイティブコードに変換して実行するソフトウェア。</p> <p>> < インタプリタ Note: プログラムの実行時に変換をおこなうため、コンパイラ型言語より遅い。</p>
--

図 6 . アウトラインの出力例

(4) 全体的な評価

『探究ナビ』におけるナビゲーションはアンカーテキストの情報のみを用いているので、ハイパーリンクに対する Web ページの作成者の意図を十分に反映することができる。また、作成者の異なる Web ページ間でもアンカーテキストに共通性があれば関連ページとして参照できる点で提案したナビゲーション支援方法は適用範囲が広いと期待される。

今回の評価実験では Web 事典をテストデータとして用いたが、本論文で提案したナビゲーション支援方法は Web 上のオンラインマニュアルや双方向リンクの張られた Weblog などへも適用可能である。

特に、オンラインマニュアルでは一度調べたことがあるとその閲覧履歴を再利用することによって参照が容易になることが期待される。

6 . おわりに

本論文は、Web ページ間のハイパーリンクの方向性(片方向/双方向)とアンカーテキストの共通性によって Web ページ間の関連性(縮小的/拡大的/拡散的)を評価して、Web ページの関連リンクを制御する Web 教材のナビゲーション支援方法を提案した。そして提案の方法を実現したプロトタイプを作成し、提案手法に基づく Web ブラウザ『探究ナビ』の設計の妥当性を評価した。

最後に、本研究会のテーマである「ネットワークが創発する知能」という観点から本論文の提案を評価すると、Web ページ間のリンク関係に基づいて学習者が知識を深めることができるとすれば、ネットワークが知性を創発させているといえることができる。Web のようなハイパーテキストがもつこの特性は線形テキストにはない特性であり、適切なナビゲーション支援方法を用いることによってありのままの Web が効果的な学習教材となる可能性を示唆するものである。

参考文献

- [1] 石川 孝, 松田 洋, 高瀬浩史: Web ベース教材再利用システム: 『Web 教材の森』, 教育システム情報学会誌, Vol.19, No.4, pp.251-255 (2002)
- [2] 丸山美奈, 田中明通, 浦 哲也, 左野利史: 教育支援のための WWW ナビゲーションシステム, NTT 技術ジャーナル, 2000.7
- [3] 志村尚夫, 天道佐津子監修, 大串夏身編著: 学習指導・調べ学習と学校図書館, 青弓社 (2003)
- [4] 余 東明, 石川 孝: コミュニティウェブにおけるアクティブ情報検索ためのトピック抽出, 人工知能学会全国大会 (第 17 回) (2003)
- [5] IT 用語辞典 e-Words: <http://e-words.jp/>