

WWW上に公開した電子教科書のログ分析

白井 靖敏

Log Analysis of the Electronic Textbook on WWW

Yasutoshi SHIRAI

ま え が き

ここ数年のインターネットの普及はめざましく、小・中・高等学校においても、100校プロジェクトが刺激となって多くの学校でインターネット接続の気運が高まっている。コネクトプラン (NTT) など、民間企業の学校へのインターネット支援が増え、校内LANの整備も進み、生徒個人がインターネットを利用した学習のできる学校がますます増えると予想される。

インターネット上の情報発信の手段としてWWWが一般化し、ブラウザソフトの高性能化とともに、HTMLでの情報表現は高度になってきている。今や、単なるページめくりだけではなく、簡単なアニメーションやインタラクティブな通信機能、さらにはJAVAの登場によってゲームプログラムまでも組み込めるようになってきた。こうした多彩な表現が可能になったことによって、教育を目的としたWWWの利用という観点から電子教科書を作る環境が十分整ったと考えている。HTML、いわゆるハイパーテキストで記述された電子教科書をインターネットを通して提供すれば、CD-ROMなどの媒体が不用になるばかりか、学習者からの要望に応えた改訂が迅速に行え、さらに、WWWサーバに蓄積されるログファイルを解析することによって教科書の内容分析、そしてその精選が容易にできる。

本報は、HTMLで記述した高校生向けの電子教科書「街角物理探検」を制作し、1996年7月からインターネット上に公開し、その後の4ヶ月間で得られた参照記録 (ログ) の解析方法と結果および電子教科書の内容精選についてまとめたものである。

ログ分析方法と結果

HTMLで記述された電子教科書については、玉木真幸他(1995)⁷⁾が開発した自動採点機能付きの電子教科書や安藤裕明他(1995)¹⁾が大学の授業に活用している例があるが、小・中・高校生向けに作られたものに関する報告はない。また、CAI的に使った例として、小学生の学習に必要な情報を得るため世界中のWWWサーバへリンクをはったページを開発した蓮見信夫(1995)⁸⁾の実践があるが、本格的な電子教科書には至っていない。

電子教科書は、書籍とは違い、相互に関連づけられたページ間をリンクさせながら学習できるハイパー構造が特徴であるとともにマルチメディア教材としての価値が高い。さらに、教科書を作成した教師が構成した学習コースと実際に学習者がたどったコースとの差異から、教材の妥当性や配置、適性などの分析、そして内容の精選がネットワーク上で可能になる。

1 電子教科書

本研究で分析に利用した電子教科書は、高校生にとって理解しにくい現象の一つである「波」を取り上げた「街角物理探検 (波編)」である²⁻⁶⁾。各学習ページはHTMLで記述し、シミュレーションなど、プログラミングを要する部分にJ A V Aを用いた。

内容は、私たちの身の回りで、普段なかなか気づかない「波」に関する物理現象を取り上げ、学校で勉強する物理法則や理論とをやさしく結びつけたものである。最近の理科離れ、特に物理離れを少しでもくい止めようと考えたもので、学校の授業での利用の他、家庭等での学習用副教科書として幅広い対応を目指したものである。

2 分析

WWW上の電子教科書は、それが置かれているサーバにアクセスログ等が残る。それらを解析することによって、どのページやどのプログラムが参照されたか、あるいは、どのページからどのページを参照したかが分かる。そして、各学習ページ間のリンク構造の分析および学習内容の精選を行うことができる。

アクセスログには、ホスト名や参照日時、転送バイト数などが、レファレンスログには、1つのファイルから参照された幾つかのファイル名が記録される。各学習ページのアクセス数をカウントするために、これらのログファイルから電子教科書にのみ関連する必要な情報を自動的に取り出し、表計算ソフトウェアに渡すデータ変換プログラム (フィルタプログラム) を作成した。詳細な分析は、表計算ソフトウェアを用いて行った。ただし、ブラウザの参照ログが全て残っているとは限らないので、次の点に留意した。

- ① ブラウザソフトがキャッシュ機能を持っている場合であっても、キャッシュされたページが要求されると、まずサーバに問い合わせがあり、転送バイトが0バイトとして記録されるので、ページのアクセス数に影響しないと考えた。

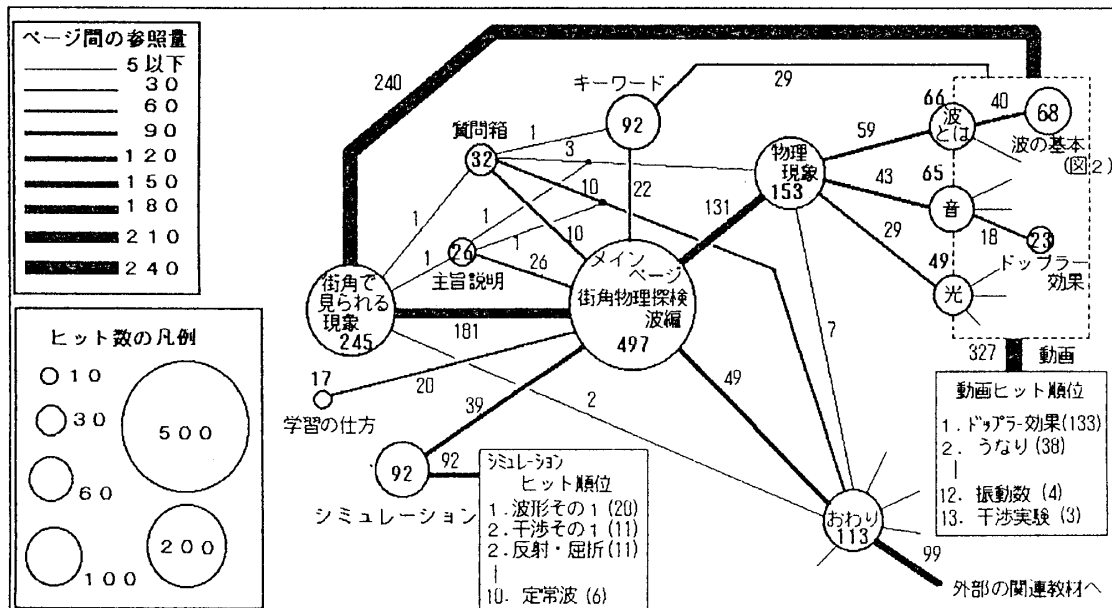


図1 電子教科書「街角物理探検」リンク図
各ページのアクセス数とページ間参照回数 (4ヶ月間)

② キャッシュの有無によらず、自分自身のページを再読み込みしている場合はカウントしないこととした。

③ ブラウザソフトの機能として、直前のページに戻る「BACK」機能などを使った場合、必ずしもサーバを参照しないのでログの一部が欠落している可能性がある。したがって、階層構造で見た場合、参照されることの多い根元部分にあたるページのアクセス数が少なく見積もられる。根元に相当するページのアクセス数が、そこからリンクされている下位ページ群のアクセス数合計を下回った場合、根元にあるページのアクセス数として下位ページ群のアクセス数合計を採用した。実際には根元のページのみ参照してその下位ページ群を参照しない場合も予想できるので、下位ページ群のアクセス数合計を下回ることはないと考えた。

これらの見積もりについては、多くの事例をもとに統計処理が必要になるが、別の機会にゆずるとして、今回は、電子教科書に関する内容分析に視点を当て、各ページのアクセス数の大小にのみ注目した。

〈WWWサーバに残るアクセスログ（接続記録）〉

接続相手（IPアドレス表示可） -- [接続日付・時間] “参照ファイル/転送プロトコル/転送情報量” “WWWサーバIPアドレス/” 接続相手のブラウザソフト（OS等）

（例）

1 nobuhisa.edu.mie-u.ac.jp -- [21/Mar/1997:17:15:06 +0900] "GET /taitoru4.gif HTTP/1.0" 200 56641 "http://133.67.80.151/" "Mozilla/3.01Gold [ja] (Win95; I) "

2 jnCliC-88-37.justnet.or.jp -- [21/Mar/1997:19:14:20 +0900] "GET /movie/mov.gif HTTP/1.0" 200 41722 --

3 scip02.sci.u-ryukyuu.ac.jp -- [02/Jul/1997:15:57:01 + 0900] "GET /cai/matil-4/botao/bo-simu.gif HTTP/1.0" 200 5455 "http://133.67.80.151/cai/matil-4/hikari/gbhalka.html" "Mozilla/3.01 [ja] (Macintosh; I; PPC) "

4 duube93.ymg.urban.or.jp -- [16/Jul/1997:20:33:29 + 0900] "GET /cai/matil-4/botao/bo-situ.gif HTTP/1.0" 200 3510 "http://133.67.80.151/cai/matil-4/matikado/bbmizi.html" "Mozilla/2.0 (compatible; MSIE 3.0; Windows 95) "

〈WWWサーバに残る参照記録（あるページから次にどのページを参照したかが分かる）〉

転送プロトコル、WWWサーバIPアドレス/はじめの参照ファイル -> 次の参照ファイル（これを解析することによってどのような順序でリンクをたどったかが分かる。）

（例）

1 http://133.67.80.151/~saitou/saitou/mati/matikado/hazime.htm -> /saitou/saitou/mati/matikado/matikado.htm

2 http://133.67.80.151/~saitou/saitou/mati/matikado/matikado.htm -> /saitou/saitou/mati/matikado/bo-syusi.gif

3 http://133.67.80.151/~saitou/saitou/mati/matikado/matikado.htm -> /saitou/saitou/mati/matikado/gensyou.htm

〈各ページの参照時間計算マクロ例（Excel）〉

Sub Time ()

Sheets ("3-R1x").Select

 Sheets ("3-R1x").Select

```

Application.Run Macro:="PERSONAL.XLS!check_files"
Selection.ClearContents
For k = 1 To 1000
    time_f = TimeValue (Cells (k, 2))
    time_b = TimeValue (Cells (k + 1, 2))
    time_d = time_b - time_f
    Cells (k, 5) = Minute (time_d) * 60 + Second (time_d)
Next k
Range ("E1:E4000").Select
Selection.NumberFormat = "0.0_); [赤] (0.0) "
End Sub

```

3 結果

アクセスログの集計は電子教科書「街角物理探検」を公開してから約4ヶ月間について行った。その結果、メインページのアクセス件数は497であった。ただし、特定の学校での実践をまだ行っていないので、図1に示すアクセス数は不特定の訪問者から得た集計結果である。ログには、訪問者側のホストマシンのIPアドレスの記録は残るが、誰であるかを判定することはできない。電子教科書のURLは主に教育関係の研究会などに公表したので、訪問したのは教員または生徒が多いと予想されるが、純粹に学習目的でアクセスしたかどうかについては不明である。明確な目的がない訪問者は、つまらなければすぐに他へ抜けるので、この電子教科書に対する鋭い評価が得られているとも考えられる。ログのみからは学習者に関する詳細な情報を得ることはできないので、今後は訪問時に簡単なアンケートを用意してその対応を考えている。

図1は電子教科書「街角物理探検」のメインページから主なサブページへのリンクを表している。図2、3は、図1の「街角でみられる現象」や「物理現象」などからのリンク先(点線枠内)の一つで、「波の基本」および「ドップラー効果」についての詳細図である。実際には、図に示したリンク線より多くのリンクが網目状に存在しているが、アクセス数0のリンク線は省略した。円の大きさは、各ページのアクセス数に比例した面積で表したものである。また、各ページを結ぶリンク線の太さは、相互に経路を通過した数の大小を表し、階層構造で見れば、上位のページから下位のページ群への方向性をもつが、ほとんどが相互にリンクされており、戻り数も含んでいるので方向を示す矢印は付けていない。

図1の「シミュレーション」については、途中の「解説」などのページを経由せずに直接シミュレーション学習ができる専用ページで、学習項目を再構成した後、新設したので約1ヶ月間のアクセス数になっている。

メインページからの参照経路として、高校物理で学ぶ項目「物理現象」(アクセス数153)に比べ、「街角で見られる現象」(アクセス数245)が多く、電子教科書「街角物理探検」の制作意図³⁾である身近な物理現象からの入門として相応しいものであった。

電子教科書の内容精選

アクセス数の少ないページ、例えば、「クイズ・学習問題」(図2)は、内容の再検討が必要

である。「学習問題」は「身近な物理現象」や「解説」などのページからリンクがはられているにもかかわらずアクセス数が少ない。したがって、こうしたページは「街角物理探検」にとって相応しくないのかもしれない。ただし、学校での授業の一環として、課題を与えての学習であれば、こうした学習問題は必要となるので、高等学校等における授業での実践を考えた

い。
アクセス数の少ないページや線の細いリンクについては、リンクボタンを削除したり、別の経路に変更したり、リンクボタンに分かりやすい表現をつけ加えたりして改善した。

例えば、「波の基本」(図2)は高等学校で学習する物理項目から順次学習できる構成になっている。改善前は、「解説」から「やってみよう」(シミュレーションを含んでいた)や「動画」へのアクセスが約3分の1程度しかなく、興味・関心を引き出すページと考えていた「動画」や「やってみよう」まで到達しにくく、途中で止めていたり、戻ったりする傾向が見られた。これには別のリンク経路を設けて、シミュレーションページから、方向性をもたせ、学習者の興味・関心から物理の学習が展開できるようにするとよいことが分かった。そこで、公開後3ヶ月経過した後の分析結果を見て、メインページから直接シミュレーションのページにリンクできるように再構成した。その後1ヶ月間のこのページのアクセス数が92と急速に伸びたが、ここから「解説」などへのアクセス数は1で、改善の成果はまだ現れていない。今後の分析を待って、「動画」への直接リンクを設けたり、「クイズ・学習問題」から「クイズ」部分を分離したり、興味・関心を引き出すと考えられる専用ページから学習が進められるよう改善する。また、「おわり」のページを

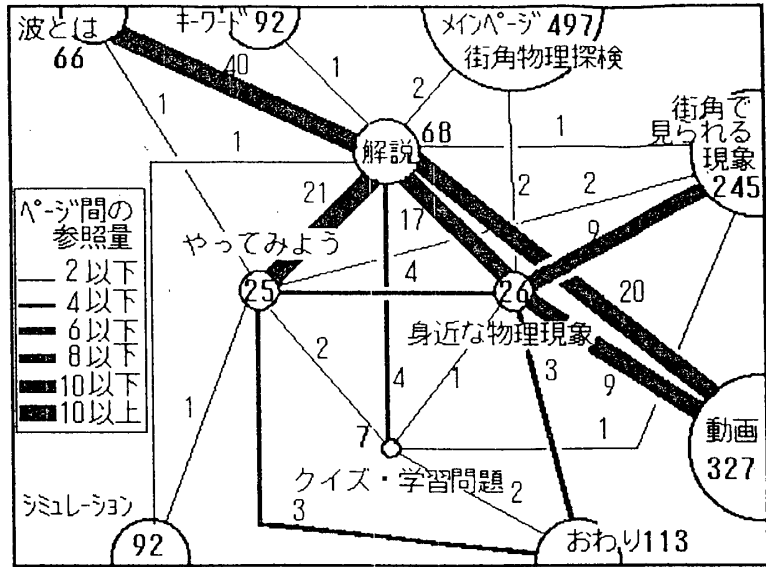


図2 「波の基本」における各ページのアクセス数およびページ間参照回数(4ヶ月間)

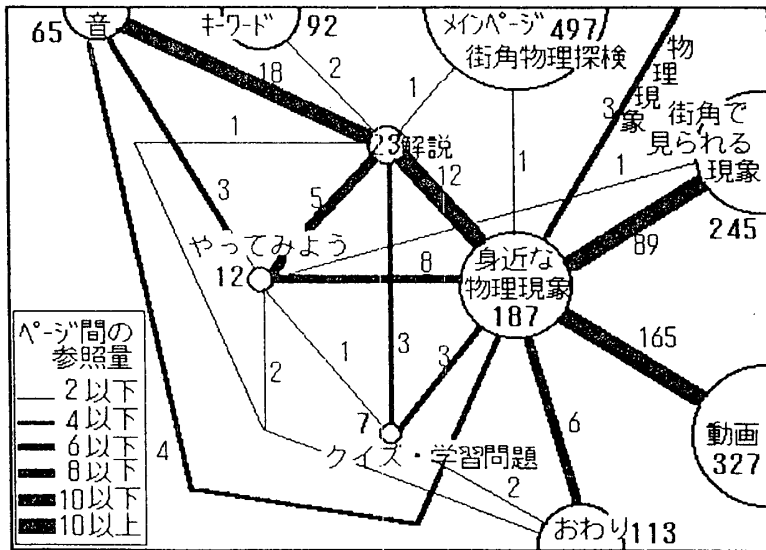


図3 「ドップラー効果」における各ページのアクセス数およびページ間参照回数(4ヶ月間)

参照する経路は比較的細い。ブラウザソフトの場合は、必ずしも「おわり」のページを経由しなくても好きなときに終了できるので、ここでの表現を「おわり」とするより、関連している外部のURLへリンクするための通過点の意味で、むしろ、「外部の関連教材へ」とした方がよいなど、表現上改善しなければならない箇所も多くあった。

実際には利用されていないリンクが多く、ページ間相互にリンクをはって学習者の自由度を高めたつもりだったが、むしろ、方向性をもたせたリンクを基本に相互リンクの有効性を検討する必要性を感じた。

ま と め

学習用教科書の内容構成は、学習項目の組立方、学習順序など、それを編集した教師が決めるが、必ずしも学習者の学習過程に適合しているとは限らない。WWWを利用した電子教科書の場合、インターネットが利用できる環境にあれば誰もが使えるとともに、各学習ページの参照記録(ログ)が残り、その解析により学習項目の再構成や内容の精選が短期間で行え、活きた教材としての価値が高まる。また、電子教科書づくりの観点から見れば、各ページ構成がハイパーリンク構造になるため、制作当初はどうしても教材構成が確定できず、制作者の思いこみが強くなる。しかし、定期的なログ解析を繰り返すことによって、洗練された内容構成へと変容させることができる。本研究では、最初の学習項目の構成に教師の固定概念が含まれ構造が複雑であったにも関わらず、精選された電子教科書にすることができたと考えている。公開分析から1997年8月までの間に、学習項目の入れ替え、ページ構成の組み替えなど、様々な改訂を施し、さらには、学習経路の明示、J A V Aスクリプトによる解説窓表示などの試行を行っている。

今後、実際の授業実践を計画している。授業実践で得られるログは、学習する生徒の実態や学習過程の追跡が可能で、生徒の学習履歴とを合わせた詳細な分析ができるとともに学習者群に合わせた学習内容の精選を可能にし、画一化しない選択的な学習コースが設定できる。同時に教育現場での利用と一般利用との差異などについても分析する予定である。

URL : <http://masahi3.edu.mie-u.ac.jp/>

参考文献

- 1) 安藤裕明他(1995)、HTMLを用いた医学用C A Iシステムについて、平成7年度情報処理教育研究集会講演論文集、p.659-662
- 2) 斎藤暢久他(1991)、ビデオ教材「街角物理(力学編)」、日本理科教育学会東海支部大会研究発表資料集
- 3) 斎藤暢久他(1996)、C A Iを目的としたホームページ—物理教材「街角物理探検」—、日本教育工学会研究報告集
- 4) 白井靖敏(1997)、ネットワークで実現するC A I、名古屋女子大学紀要第43号 人文・社会編、p.91-103
- 5) 白井靖敏、斎藤暢久(1997)、インターネット上の電子教科書の開発とその分析、日本教育工学会誌、21(suppl)、pp.73-76
- 6) 白井靖敏、斎藤暢久他(1992)、ビデオ教材「街角物理(波・電磁気編)」、日本理科教育学会東海支部大会研究発表資料集

- 7) 玉木真幸他(1995)、WWWを使った自習問題の自動採点・返却システム、日本教育工学会第11回大会講演論文集、pp.421-422
- 8) 蓮見信夫(1995)、小学生用WWWサーバホームページの構築 (1)、日本教育工学会第11回大会講演論文集、pp.311-312

SUMMARY

In this study, we analyze the development of the electronic textbook "Tour of physics in the Town" for students from the time we made it public on the Internet in July 1996. This electronic textbook features HTML (Hyper Text Markup Language) and program cords of simulation compiled by JAVA. We analyzed contents of the electronic textbook to examine access log and reference log from the pages accumulated in the WWW server. We could select contents of the textbook carefully to consider the link structure of each page. We think an advantage the electronic textbook on the Internet.

Key Words: ELECTRONIC TEXTBOOK, HTML, JAVA, PHYSICS EDUCATION, WWW