

青森職業能力開発短期大学校Web Based CAIシステムのモデル化と評価

青森職業能力開発短期大学校 二瓶 裕之

Modeling and evaluation of web based CAI system in polytechnic college AOMORI

Hiroyuki NIHEI

要約 青森職業能力開発短期大学校情報工学応用第二実験室において試験的に運用しているWeb Based CAIシステムのモデル化と定量的評価を行う。ここでは、まず、本実験室に設置されているWebにおける、本Web Based CAIシステムの位置付けを報告する。次に、本システムを、6つの状態により構成されるオートマトンによりモデル化する。最後に、このモデルに従ってシステムの定量的評価を行う。

I はじめに

近年、Web Based CAI (Computer Assisted Instruction) システムが広く普及し始めている。これらのWeb Based CAIシステムに関する研究結果ならびに実践結果が、種々の高等教育機関より報告されている。特に近年では、Webベース学習における履歴収集⁽¹⁾や出席管理⁽²⁾に関する研究結果が報告されている。また、民間企業においても、個人進度別教育支援システム (MESIA)⁽³⁾⁻⁽⁵⁾や教材配布方式に関する研究結果⁽⁶⁾が報告されている。

青森職業能力開発短期大学校(以下、青森短大校とする)の情報工学応用第二実験室においても、試験的にWebを公開している。このWebでは、同校情報技術科の学生を対象としたWeb Based CAIシステムを運営している。最近著者は、本Web Based CAIシステムに関する一連の論文を発表した。ここでは、システムを構成するコンテンツ⁽⁷⁾、ログの解析結果⁽⁸⁾、そして、サーバにかかる負荷の測定結果⁽⁹⁾を発表した。しかしながら、システムのモデル化と定量的評価に関してはまだ報告していない。

本論文は、青森短大校Web Based CAIシステムのモデル化と定量的評価を目的とする。まず本論文にお

いては、本実験室のWebサーバにおけるWeb Based CAIシステムの位置付けについて報告する。次に、オートマトン表記によりシステムをモデル化する。このモデルに従って、更に、システムの定量的評価を行う。最後には、学生による実習内容に対する評価結果についても言及する。

II 青森短大校Web Based CAIシステムの位置付け

1 Web全体に対するアクセス数

1999年3月現在、青森短大校情報工学応用第二実験室に設置したWebサーバ内のファイル数は、HTMLファイルが4,432個、ASPファイルが1,710個である。

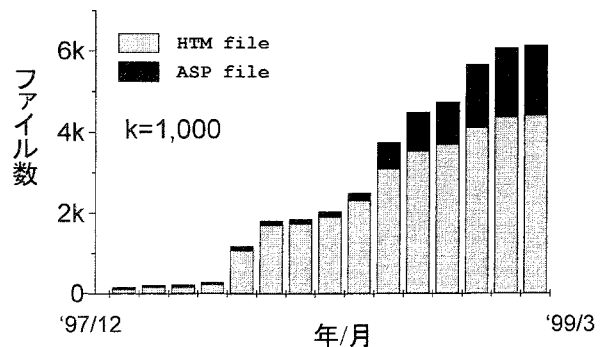


図1 ファイル数の経過

ここで、青森短大校に関連した情報等がHTMLファイルとして、また、学生が作成したレポート等がASPファイルとして保管されている。図1には、サーバを運用開始した1997年12月から現在に至るまでのファイル数の経過を示した。この結果、1998年末からは、ASPファイルが増加していることがわかる。

以前、著者はWebサーバのログの解析結果を報告⁽⁸⁾した。この論文においては、論文作成時の1998年9月までのWeb全体に対するアクセス数を報告した。図2には、Web全体に対するアクセス数を、サーバの運用開始から現在までの期間に拡張した結果を示した。

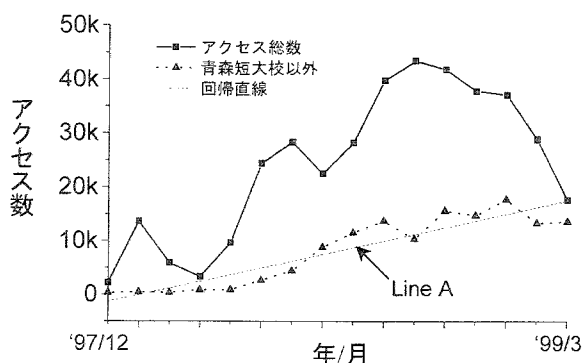


図2 Web全体に対するアクセス数

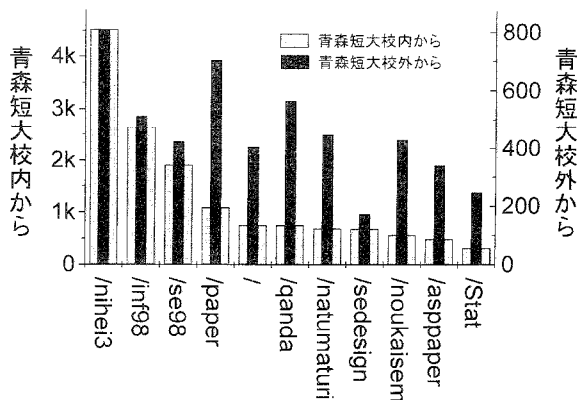
まず、図2における実線はWeb全体に対する月別アクセス数である。この月別アクセス数は、1998年10月に最高値の4万3415件となった。また、1997年12月より1999年3月までの総アクセス数は38万4228件となった。

1999年2月と同年3月とのアクセス数が著しく減少している。これは、青森短大校のリース機器更新のためである。特に3月には、2週間程度サーバが休止していたために著しくアクセス数が減少している⁽⁹⁾。

次に、図2における点線は青森短大校外からのアクセス数である。この結果は、長期休暇など特定の期間におけるアクセス数の減少を示さなかった。また、この点線の結果は徐々にその数を増加させている。図中には、青森短大校外からのアクセス数に対する近似直線Line Aを示した。この近似直線の増加率は月1,260件/月となり、対外的観点からも、本Webに対する注目度が更に大きくなっていることがわかる。この要因としては、本Webがrobotなどの自動検索システムの検索対象となりつつあることが考えられる。

2 サイト毎のアクセス数

青森短大校情報工学応用第二実験室に設置したWebサーバのコンテンツは、種々のサイトから構成されている⁽⁸⁾。図1の期間中における、サイト毎のトップページへのアクセス数を図3に示した。



“<http://nihei3.inf.aomori-pc.ac.jp>”に続くアドレス

図3 サイト毎のトップページへのアクセス数

図3においては、青森短大校内からのアクセス数を灰棒で示した。また、青森短大校外からのアクセス数を黒棒で示した。横軸には、以前報告⁽⁸⁾した本Webサーバに公開しているサイトのアドレスを示した。ここで、アドレスは“<http://nihei3.inf.aomori-pc.ac.jp>”に続く部分を記述した。

青森短大校内からのアクセス数に着目すると、研究室紹介サイトnihei3のトップページへのアクセス数が多いことが分かる。nihei3ではゼミ紹介に加えて講義内容や過去の試験等も公開しており、これらのコンテンツの参照を目的として学生が多くアクセスしていると考えられる。これに加えて、Web Based CAIシステムである実習支援サイトinf98とse98のトップページへのアクセス数も多いことが分かる。inf98とse98とは、各々、青森短大校情報技術科1年と2年とを対象としたWeb Based CAIシステムであり、このアクセスの多くは実習時間内に記録された。

一方、青森短大校外からのアクセス数に着目すると、校内からのアクセスと同様に、nihei3へのアクセス数が多いことが分かる。ここでは特に著者の紹介ページへのアクセスが多く、Webサイト作成者への関心の高さが表れていると考えられる。これに加えて、在職者セミナーに関するデータベース構築サイトpaperのトップページへのアクセス数が多いことが分かる。paperではクライアントサーバ型データベースの構築に関する技術などが紹介されており、これらのコンテンツの

公開が評価されていると考えられる。また、Web Based CAIシステムの中では、inf98が青森短大校外からも大きく注目されていることが分かる。inf98では学生のレポートや学生による実習評価などを公開しており、inf98へのアクセス数の高さは、青森短大校の教育訓練に対する関心の高さを表わしていると考えられる。

III 青森短大校Web Based CAIシステムのモデル化

システムのモデル化は定量的評価を行う上で重要である。モデル化を行うための手法には種々のものがある。Web Basedシステムを対象とした場合には、オートマトン表記をモデル化の手法として用いることができる。ここで、オートマトンを構成する「状態」と「入力記号」とには、各々、「リンク行為」と「コンテンツの集団」とが対応する。

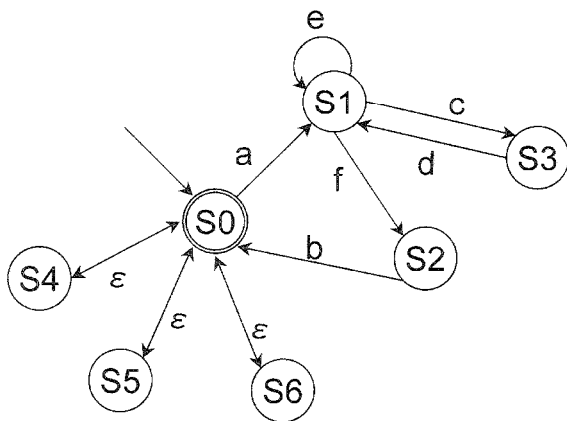


図4 inf98のモデルを表すNFA

図4には、青森短大校情報技術科1年に対するWeb Based CAIシステムであるinf98のモデルを表すNFA (Nondeterministic Finite Automaton with ϵ -moves) M:

$$M = (Q, \Sigma, \delta, S, F) \quad (1)$$

の遷移図を示した。ここで、 Q は状態の集合であり、

$$Q = \{S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6\} \quad (2)$$

とし、各々の状態を

- S0: 初期状態Sならびに最終状態F
- S1: レポート管理に関するコンテンツを利用している状態
- S2: 実習評価に関するコンテンツを利用している状態
- S3: 関連URLに関するコンテンツを利用している状態

S4: 掲示板に関するコンテンツを利用している状態

S5: 技術解説に関するコンテンツを利用している状態

S6: アンケートに関するコンテンツを利用している状態

とした。また、 Σ は入力記号の集合であり、

$$Q = \{a, b, c, d, e, f\} \quad (3)$$

とし、各々の記号を

a: 実習開始時の入力記号

b: 実習終了時の入力記号

c: レポート作成時における知識不足時の入力記号

d: 関連URLからの知識習得時の入力記号

e: レポート作成の繰り返し時の入力記号

f: レポートの作成終了時の入力記号

とした。更に、 δ は遷移関数であり、

| | a | b | c | d | e | f | ϵ |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| S0 | {S1} | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | {S4, S5, S6} |
| S1 | ϕ | ϕ | {S3} | ϕ | {S1} | {S2} | ϕ |
| S2 | ϕ | {S0} | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ |
| S3 | ϕ | ϕ | ϕ | {S0} | ϕ | ϕ | ϕ |
| S4, S5, S6 | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | ϕ | {S0} |

と定めた。

まず、実習が開始すると、学生は状態S1 (レポート管理)においてHTML/ASPレポートを作成する。inf98においては、学生が提出したHTML/ASPレポートをWWWサーバが管理する。S1 (レポート管理)に関するコンテンツではこれらのレポートが提出課題毎また学生番号毎に表示され、更に、レポートの提出履歴が表示される。

レポートの作成時における知識不足は、状態S3 (関連URL)により解消される。複数の課題を同時に提出する場合は、これらの手順を繰り返す。実習終了時には、学生は状態S2 (実習評価)において実習内容に対する評価を行う。S2 (実習評価)に関するコンテンツでは、実習内容に対する5段階評価とコメントをWWWサーバへ送信できるようにした。また、これらの評価の集計結果をリアルタイムに表示できるようにした。

これらの状態のほかにも、S4 (掲示板)、S5 (技術解説)そしてS6 (アンケート)の3つの状態がある。ここで、S4 (掲示板)は学生と教官との情報交換のための掲示板を提供する。また、S5 (技術解説)はシステムの構成やソースコード等を提供している。更に、S6 (アンケート)はinf98へアクセスした一般ユーザから、システムに対する意見や感想などを収集する

ためのアンケートシートを提供している。これらのコンテンツは、全て、WWW (World Wide Web) に公開 (<http://nihei3.inf.aomori-pc.ac.jp/inf98/>) されている。

IV 青森短大校Web Based CAIシステムの評価

1 コンテンツ毎のアクセス数による評価

モデル化と同様に、システムの評価基準にも種々のものがある。Web Basedシステムの場合には、アクセス数を評価基準の1つとして考えることができる。

図5には、本Web Based CAIシステムへのアクセス数を示した。またここでは、図4のモデルを構成する6つの状態毎にアクセス数を集計した。これにより、コンテンツ毎の定量的評価が可能となり、更にこの結果は、モデルの最適化やコンテンツの設計に重要な指針を与える。なお、アクセス数は図1と同じ期間中に記録されたものである。

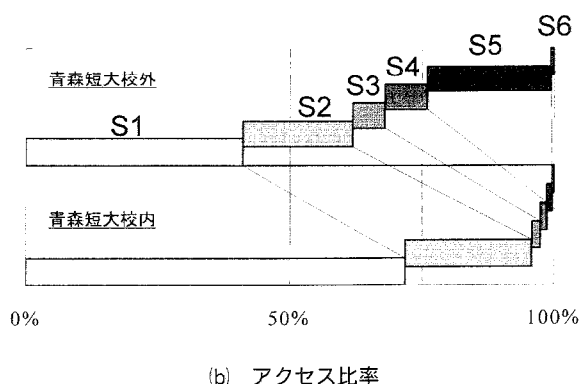
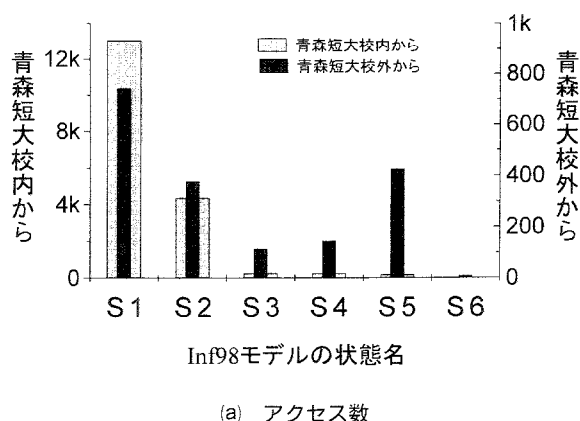


図5 Web Based CAIシステムへのアクセス数

図5(a)では、青森短大校内からのアクセス数を灰棒で示し、青森短大校外からのアクセス数を黒棒で示した。まず、青森短大校内からのアクセス数に着目すると、S1 (レポート管理) に対するアクセスが多いことが分かる。このアクセス数の多くは、専門課程の学生が記録したものであり、1回の実習あたり500回以上のアクセス数となった。受講した学生数は33名であり、15 (回/人) のアクセスが記録された。この結果、実習支援システムを活用するとの観点から、一定の評価がされていることが示される。

S2 (実習評価) もまた、4,000回以上の高いアクセス数を記録した。このアクセス数には評価の送信回数ならびに評価結果の表示回数が含まれる。また、青森短大校外からのアクセス数に着目すると、S5 (技術解説) に対するアクセス数が400回以上と多いことが注目される。

図5(b)には、状態毎のアクセス比率を示した。青森短大校内の場合、S1 (レポート管理) とS2 (実習評価) の2つの状態が全体の90%以上の比率を占めていることが分かる。一方、青森短大校外の場合、この2つのコンテンツに対する比率は60%程度であり、S5 (技術解説) に対する比率が23.5%と高くなっている。

S5 (技術解説) においては、inf98を構成するソースファイルならびにその解説文を公開している。これらのソースファイルへは種々の検索サイトからのアクセスが多く記録されている。この結果より、サイト構築に関する技術を公開することが、対外的には高く評価されていることがわかる。また、S2 (実習評価) に対するアクセス比率も高く、学生による実習評価をリアルタイムに公開することも高く評価されていることがわかる。更に、S1 (レポート管理) に公開されているレポートへのアクセスも多く、青森短大校の教育訓練に対する関心の高さが示される。

これら「レポート管理」、「実習評価」、そして「技術解説」の3つのコンテンツ以外のコンテンツに対するアクセス数は、青森短大校の内外において共に低い。今後のサイト設計では、これらの点を考慮する必要がある。

2 学生からの実習評価の結果

最後に、学生による実習内容に対する評価結果について言及する。図6には、S2 (実習評価) により学生から送信された実習評価の結果を示した。ここで、横軸はこのシステムを利用した23回の実習をあらわし、右縦軸には評価 (5点満点) の各回の平均を示した。

図中ではこの値を実線で示した。また、左縦軸には評価の1階差分を示した。図中ではこの値を灰棒で示した。更に、表1の実習課題一覧表には、このシステムを利用した23回の実習において学生に提示した課題の一覧を示した。

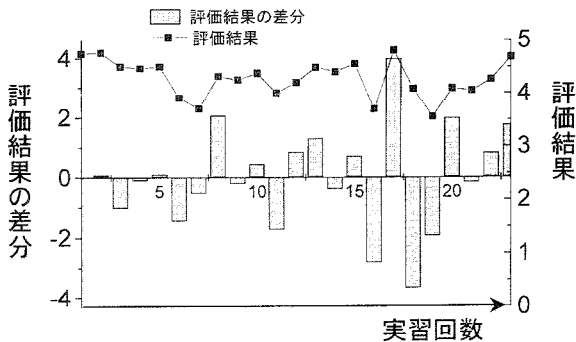


図6 実習評価の結果

表1 実習課題一覧表

| 回 | レポート題目 |
|----|------------------------|
| 1 | HTMLの作成 |
| 2 | Cascade Style Sheetの作成 |
| 3 | ASPの作成 |
| 4 | ASPによる計算シートの作成 |
| 5 | ASPによる四則計算 |
| 6 | 情報工学における形式言語の役割 |
| 7 | 情報工学における電子回路の役割 |
| 8 | 決定性オートマトンの作成 I |
| 9 | 決定性オートマトンの作成 II |
| 10 | オートマトンに受理される文字列 |
| 11 | 固体内の自由電子 |
| 12 | 神経回路網の設計 |
| 13 | 電子回路の設計 |
| 14 | 真性半導体のキャリア密度の計算 I |
| 15 | 非決定性オートマトンの増殖 |
| 16 | 真性半導体のキャリア密度の計算 II |
| 17 | グラフの作成 |
| 18 | ダイオードの応答 |
| 19 | LC並列共振回路 |
| 20 | 正規表現 |
| 21 | 2方向有限オートマトン |
| 22 | Mealy機械とMoore機械の設計 |
| 23 | 情報工学基礎実験レポートに関するホームページ |

まず、学生からの評価結果に着目すると、23回全体としては499回の評価の送信があり平均評価が4.29となった。各回毎の平均では、最大値が17回の実習で4.81、最小値が21回の実習で3.56であった。平均評価が4を下回る実習もあったが、23回のうち19回は平均評価が4以上となった。これらの結果は、本Web Based CAIシステムの試みが学生から一定の評価を得たことを定量的に示している。

これらの評価結果は、教官の指導技術を表わす1つの指標と考えられる。この評価結果をWWWに公開することにより、種々の教育関係者を含む多くのWWWユーザが評価結果を参照できる。このように教官の指

導技術を表わす指標の結果を、広く一般に公開することは、教官の指導方法を向上させる動機づけの1つになると考えられる。

また、本システムではこれらの評価結果をリアルタイムに公開している。ここでは、送信されたデータに対して主観的なフィルタリングをせずに、学生からの評価結果を直接表示している。特に実習時間においては、学生の評価が時々刻々と表示される。このシステムがまた、教官の指導方法を向上させる動機づけの1つになる。

図6の評価の差分に着目すると、連続した評価の降下が2回以内となっている点が注目される。2回連続して降下した次の実習時である8回目と20回の実習時には、共に、2点程度評価が上がっている。これらの結果は、実習評価をWWWにリアルタイムに公開していることの効果の1つと考えることができる。

V まとめ

本論文では、青森短大校の情報工学応用第二実験室で運用しているWeb Based CAIシステムのモデル化と定量的評価を行った。

まず、Webサーバを運用開始した1997年12月から1999年3月現在までのログ結果を報告した。これにより、本Webに対する注目度が徐々に大きくなっていることを定量的に示すことができた。また、このWebを構成しているサイト毎のアクセス数を示した。これにより、Web Based CAIシステムの中では、情報技術科1年に対するシステムが大きく注目されていることを示した。

次に、このWeb Based CAIシステムのモデル化を行った。ここでは、6つの状態と5つの入力記号により構成されるオートマトンによりシステムをモデル化した。ここで、6つの状態は、「レポート管理」、「実習評価」、「関連URL」、「掲示板」、「技術解説」、そして「アンケート」の6つのコンテンツ集団に対応する。

更に、このモデルを用いてシステムの定量的評価を行った。評価基準としては、6つの状態毎のアクセス数に着目した。この結果、学生が作成したレポートを公開している「レポート管理」と、学生による実習評価をリアルタイムに公開している「実習評価」へ、多くのアクセスが記録されたことが分かった。これにより、実習支援システムとしての一定の評価が与えられていることが示された。また、「技術解説」へのアクセスが多いことが分かった。これにより、システム構

築技術を一般公開することが、対外的には高く評価されていることが示された。コンテンツ集団毎のこれらの評価結果は、モデルの最適化やコンテンツの設計に重要な指針を与えると考えられる。

本論文の最後には、学生による実習内容に対する評価結果について言及した。全実習に対する評価結果の平均は5点満点中4.29となった。また、注目される結果としては、連続した評価の降下が2回以内となっている点を挙げた。これらの良好な結果が導かれた要因として、「実習評価」をWWWにリアルタイムに公開していることが教官の指導方法を向上させる動機づけの1つとなっていることを挙げた。

今後の課題としては、cookie等を用いてモデル化されたシステムを構成する状態間の遷移経過に対する定量的考察を行い、効果的なWeb Based CAIシステムを構成することが挙げられる。

[参考文献]

- (1)大川、室田、中山、清水、“Webベース学習における履歴収集システムの構築”、電子情報通信学会総合大会、D-15-22 (1999)
- (2)森岡、板谷、“高専における学生用出欠管理システムの開発”、電子情報通信学会総合大会、D-15-23 (1999)
- (3)玉城、山田、桑原、中村、“個人進度別教育支援システム (MESIA) の基本構成”、電子情報通信学会総合大会、D-15-4 (1999)
- (4)桑原、玉城、山田、中村、“個人進度別教育支援システム (MESIA) における生徒の自動救済機能”、電子情報通信学会総合大会、D-15-5 (1999)
- (5)山田、玉城、桑原、西沢、小西、天野、近藤、“個人進度別教育支援システム (MESIA) による学習実験”、電子情報通信学会総合大会、D-15-6 (1999)
- (6)久米、田中、“インターネットを用いたCAIシステムにおける教材配布方式”、電子情報通信学会総合大会、D-15-24 (1999)
- (7)二瓶、“職業能力開発短期大学校におけるWWW技術活用”、職業能力開発報文誌、11巻、1号、PP.43-39 (1999)
- (8)二瓶、“ログ解析によるWWW支援教育訓練システムの定量的評価”、職業能力開発報文誌、11巻、2号、PP.25-32 (1999)

- (9)二瓶、“サーバサイドスクリプト環境を用いたWWW支援教育訓練システム”、職業能力開発報文誌、11巻、2号、PP.1-7 (1999)