

# Web利用によるCAIシステムの構築

## A Proposal for a Web Based CAI System

(2002年3月29日受理)

福森 護 古谷 俊爾

Mamoru Fukumori Shunji Furuya

Key word : CAI, Web, 星座グラフ

### 1. はじめに

ここ数十年間のパソコンの進歩により、コンピュータ支援による学習システム（以下、CAI）としてさまざまな特徴のあるものが提案・開発されている。古くは、Q & A形式のドリル型学習システムが中心であったが、最近ではパソコンのマルチメディア機能の進歩により、画面表示に特徴をもたせたマルチメディア型のCAIシステム<sup>1), 2), 3)</sup>や、学習プロセスや学習履歴を管理することに特徴を持たせたデータベース型システム<sup>4)</sup>、問題の提示アルゴリズムに特徴を持たせた知的CAIシステム<sup>5), 6), 7)</sup>など、ユニークなものも多く開発され、議論されている。マルチメディア型の場合には、プレゼンテーションを楽しくすることにより学習意欲を高めるといった効果が期待されるし、データベース型であれば学習管理が十分にできることにより学習効率を高めるといった効果が期待される。また、知的CAIの場合には学習者の能力レベルに応じた学習が可能であり、能力レベルに関わらない適切な学習が可能になっている。このようにCAI研究そのものは比較的早くから取り組まれており、成果も上がっているが、最近ではインターネットを利用したWeb型のCAIシステムも盛んに開発されつつあり、場所や時間の制約を受けずにインターネットを利用した教育を受けることが可能になっている。このように、コンピュータ技術やコンピュータを取り巻く環境の充実によりさまざまな形態のCAIシステムが考案されているが、システムの実用性や教育効果についての成果は十分なものとは言えない。

近年のCAI研究は、コンピュータ技術の向上に付随した技術的な部分に焦点を当てたものが多いようであるが、我々はCAIシステムの開発に当たって、まずは技術的な部分の検討より、教育内容・教育評価・教育対象者の問題などに注目し、実用的でかつ教育効果を高めることのできるシステムの構築を目指す方針とした。本研究で提案するシステムのポイント特徴として以下のような点をあげることができる。

- 1) 学習プロセス（教材の提示アルゴリズム）
- 2) 教育効果の評価
- 3) 教員と学生との関わり

まず、1) についてであるが、学力レベルや学習能力レベルの異なる受講生に対してできるだけ最大の教育効果をあげるような学習プロセスを考える必要がある。通常のシステムでは、全受講生に対して同じ課題を与え、Q & A方式およびドリル形式の学習を行うことが一般的であった。本システムでは、プレテストを実施した上で学習者のスタートレベルを推定し、学習が進行する過程で学習者の理解力の向上を把握しながら次のステップに進むことを認めるかどうかを判定する形式を取り入れることにする。

次に、教育評価についてであるが、問題への正答率が一般的に用いられるのであるが、学習レベルの評価への影響の大きい問題やそうでない問題が出てくるため、それぞれの問題の正答パターンの分析を適切に行い、問題に対してウェイトを定めて教育評価を行うことが望ましいと考えられる。教育方法として項目反応理論<sup>8)</sup>や主成分

得点の応用、線形判別関数を利用するなどいくつかの方法が考えられるが、ここでは多変量グラフ解析法の一つである星座グラフ<sup>9)</sup>を応用して学習評価を行うことを提案する。星座グラフを用いることにより、平均だけでなく正答のばらつきを評価することが可能になり、また問題項目に対してウェイトを想定することも可能になるので、精度の高い評価が期待される。

最後に3)の教員と学生との関わりについてであるが、学習を効果的に進めていくためには、学生が学習する過程においてできるだけリアルタイムに質問に応じるシステムを構築する必要がある。基本的には、ヘルプやFAQを利用することになるが、チャットや掲示板を用いてのインタラクティブなシステムを構築することが望ましい。

以上のような点を考慮に入れ、本研究では短期大学の情報系の授業で実践できる内容でのコンピュータ支援の教育システムをWeb上で利用するための提案を行う。

## 2. 本システムの処理の流れ

本システムの処理の流れは図1に示す通りである(図1)。

本システムでは、まず最初に学習者のレベルを把握するための初期判定試験を行う。この結果をもとにして教材や問題が履修者の理解度に合わせて出題される。この方式を取り入れることにより、学習者のレベルに応じた効率の良い学習が可能になり、理解度に応じた教育が可能になる。学習は、大学のカリキュラムで半期15回の授業を想定して、15ステップによって構成される。各ステップの最後にテストを行い、その結果によって次のステップに進むことができるかどうかを判定することになる。次のステップに進むことができない場合には、前のステップに戻って学習を再度行うことになる。

質問事項が発生した時はあらかじめ作成したFAQを検索し、それでも見つからない場合は教員へ電子メールを送れるようにして受け取った教員は電子メールで回答、必要であればFAQに掲載する。FAQが充実すれば電子メールを受ける回数が減ってくることになる。質問事項の部分は将来的には時間を区切ってテレビ電話やリモートアシスタンス機能の利用も可能であろう。

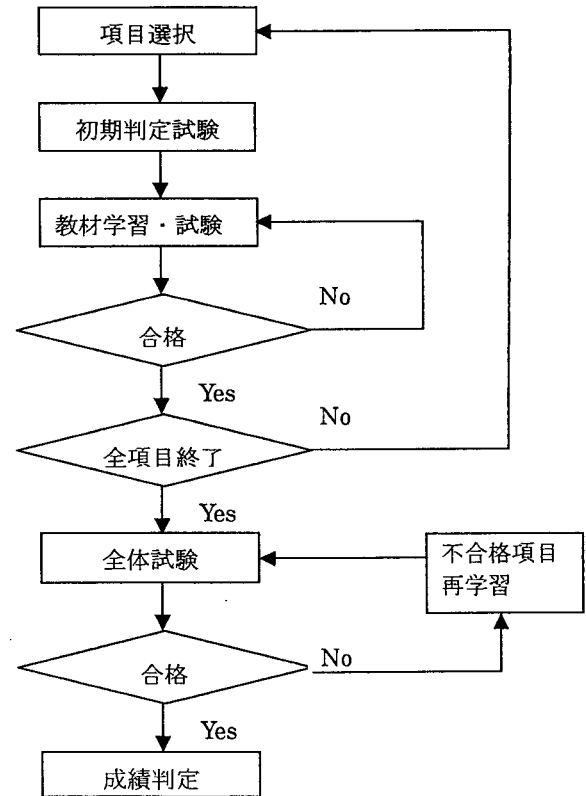


図1 処理の流れ

全ての項目が終了すると全体試験を行い合格すれば単位認定、不合格であれば合格レベルになかった項目について再学習し再び全体試験を受けることを合格するまで繰り返す。ここで、合格させるかどうか、つまり単位を与えるか与えないかの判断を適切に行う必要がある。

## 3. 本システムの基本構成

本システムの基本構成は以下の通りである(図2)。コンピュータとしては「履修者クライアント」、「教員クライアント」、「サーバー」の3つが最低必要であり、「サーバー」に関しては複数台に機能を分散させてもかまわない。

今回は1科目でのシステムと考えているので、多科目を行う場合は以下に加え「科目管理機能」が必要になる。

### (1) 履修者クライアント

履修するためのコンピュータである。Webブラウザが稼動しインターネットへ接続できることが最低条件となる。教材での学習、試験、不明点の解決、進捗・理解度の確認全てをおこなう。

## (2) 履修者管理機能

履修者を識別（学籍番号，パスワード）する。履修者以外からのアクセスを防ぐこともできる。履修者によるパスワードの登録・変更も可能である。これら識別の為のデータは「履修者DB」に格納されている。

## (3) 教材・試験配布機能

履修者クライアントの要求により教材の表示・試験問題の出題を行う。「履修者管理機能」により履修者が識別できるので，履修者のレベルに応じた内容のものにすることが可能である。教材・試験問題の要求・結果を「ログDB」に保存する。教材・試験問題は「教材DB」に格納されている。

## (4) 進捗・理解度管理機能

履修者は自分の進捗および試験結果を参照するこ

とができる。教員は全履修者の進捗と試験結果を参照することができる。学習到達度評価に必要なデータ作成を行う。これらは「教材・試験配布機能」により登録された「ログDB」のデータをもとにおこなわれる。

## (5) コンサルテーション機能

FAQの検索機能および教員へ質問を送付する機能をもつ。FAQの検索は教員により作成された「FAQ DB」よりおこなわれる。

## (6) 教員クライアント

履修開始時に「履修者DB」への履修者の登録を行う。あらかじめ「教材DB」へ教材・試験問題を登録する。履修者からの質問をもとに「FAQ DB」の充実を図る。履修者の進捗・理解度を把握する。最終的に学習到達度評価を行い成績を確定する。

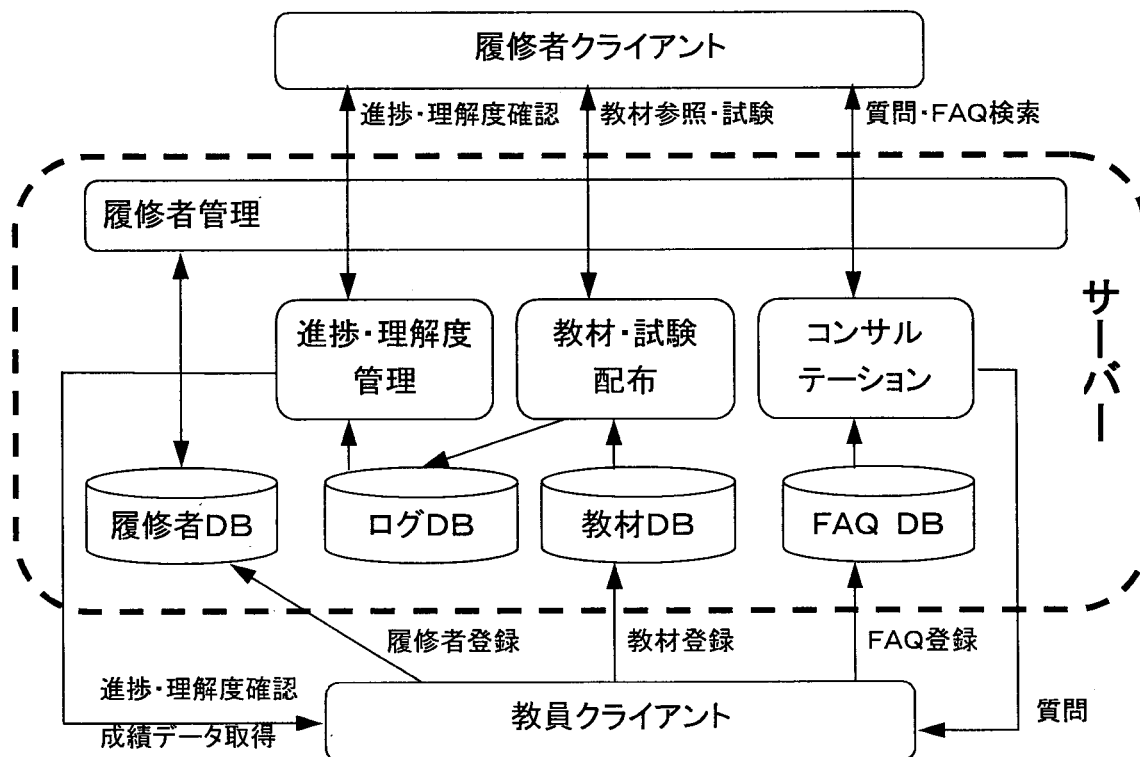


図2. 本システムの基本構成図

#### 4. 星座グラフによる課題の合否判定

本システムは、複数の段階によって構成されており、図1に示されるように、各段階の最後に次の段階に進むことを認めるかどうかの合否判定試験や最終的な単位認定のための試験を受けることになる。従って、本システムにおいて、課題到達度をどのように評価するのかという問題は極めて重要であり、適正な判定を行うための検討を慎重に行う必要がある。合否判定は、複数の問題によって構成されるテストを用いて行われるが、それぞれの問題はその内容によって4～5程度のジャンルに区分され、それらのジャンルの得点によって合否の評価を行うことになる。この際に、それぞれのジャンルによって得点のばらつきが生じることが予想される。ここでは、得点のばらつきの大きい問題項目ほど合否判定への重要性が高いという考え方にに基づき、問題項目の難易度なども考慮に入れた上で、多変量グラフ解析法の一つである星座グラフを応用した判定方法のアイデアについて提案を行う。

各問題項目に重みを与える方法としては、主成分得点を用いる方法、線形判別関数を用いる方法、非線形マッピング<sup>10)</sup>による方法、数量化理論<sup>11),12)</sup>を用いた方法、項目反応性理論<sup>8)</sup>を用いた方法などいくつかの方法を思い浮かべることができる。しかし、これらの方法はデータが全てそろった状況での分析には適しているものの、本システムのような随時なデータの柔軟な判定を行うのには向いていない。また、計算が複雑になるため、Web上でのシステムに導入するのに適しているとは言えない。そこで、本研究では星座グラフを応用して課題判定を行うアイデアを提案する。星座グラフを用いることにより、データが蓄積されればされるほどより適正な判定が可能になり、また学習者へのフィードバックも効果的に行うことが可能になる。さらに計算が容易であり、Web上でもストレス無く動作することができる。

星座グラフは、大きさ  $n$  の  $p$  変量データが与えられたとき、その変量の一つ一つを

$$\begin{cases} \xi_{j\alpha} = f_j(x_{j\alpha}); j = 1, 2, \dots, p & \alpha = 1, 2, \dots, n \\ \text{ただし } 0 \leq f_j(x_{j\alpha}) \leq \pi \end{cases}$$

なる変換によってベクトルとして表し、それら  $p$  個のベクトルを連結させてその最終点に星を描こうというものである。ここで、変換  $f_j$  は

$$f_j(x_{j\alpha}) = \frac{x_{j\alpha} - x_{j\ell}}{x_{j\mu} - x_{j\ell}} \pi, \quad x_{j\mu} = \max_{1 \leq \alpha \leq n} x_{j\alpha}, \quad x_{j\ell} = \min_{1 \leq \alpha \leq n} x_{j\alpha}$$

のように行うことができる。また、ベクトルの長さはそれぞれの変量のウェイトに相当するものと考えられることができるが、半円の中にグラフを表現するために、

$$\sum_{j=1}^p w_j = 1; w_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p$$

となるようにする。

星座グラフでは、中心点と最終点との延長線と円周の交わる点がそれぞれの学習者の各ジャンルの得点の平均を表現することになり、また、最終点が中心に近いか円周に近いかによって各ジャンルの得点のばらつきの大きさを知ることができる。つまり、平均と分散の状況が一目で把握できることになり、グラフ上に描かれた最終点によって次のステップに進むことを認めるかどうかの判別を行おうというものである。

図3は、その一例を示したものである。

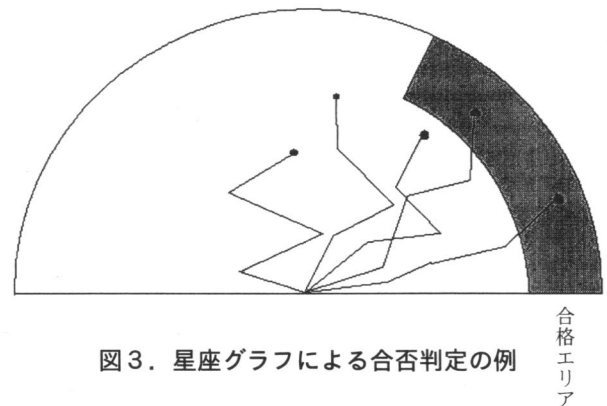


図3. 星座グラフによる合否判定の例

この図では、塗りつぶされたエリアに最終点が入った場合のみ次のステップに進むことを認めることになる。つまり、この場合は全てのジャンルにおいてある程度以上の得点を取っており、またその平均得点は4点以上であることが条件となっていることになる。

ところで、グラフを描く際に各変量へのウェイトの与

え方が問題となる。各変量へのウェイトは学習者全体のレベルや傾向を十分に分析した上で決定する必要があるが、本システムのように随時にデータが更新される場合にはウェイトの与え方を柔軟に行う必要があると考えられる。そこで、ある程度のデータが収集されるまでは固定型のウェイトではなく、変動型のウェイトにより分析を行う方法を提案する。スタート時のウェイトは等ウェイトまたはパイロットテストから得られた各ジャンルの得点の分散を用いたウェイトを用いて、以降はデータがある一定量を蓄積されるごとに分散を再計算し、その値によってウェイトを変えていく方法をとる。この方法は、評価の不平等を生むことになるが、学習者群のレベルに応じた評価が可能になりそのメリットも大きいと思われる。

次に、判定を行う際のエリアの決め方についてであるが、これもウェイトと同様にある程度のデータ蓄積が必要となる。そこで、パイロットテストで、次の段階のテスト得点との比較において一時的に合格を認めるエリア（以後、合格エリア）を決めておいて、以降はデータの蓄積がなされるごとに随時エリアの修正を繰り返しながら合格エリアを決定していくことにする。ただ、この合格エリアの決定は、合否判定の中核となるものであり、最も重要なポイントであるため、ウェイトの与え方とともに、今後の最重要課題として研究を進めていく必要がある。

## 5. ま と め

本研究では、短期大学の授業で実用可能なコンピュータ支援の教育システムをWeb上で実現することを目指し、そのアイデアを提案した。このシステムの特徴としては、Web上で実現した教育システムであること、またチャットや電子メール、掲示板などを利用することによりインタラクティブな教育を実現できること、さらには学習者のレベルを事前に推定し、学習者のレベルに応じた教育を可能にしていることなどをあげることができる。また、教育評価を適切に行うために星座グラフを応用して試験の合否判定を行う点、ログのデータベースを有効に利用することで学習プロセスを学習者自らが管理できる点なども本システムの特徴の一つであるといえる。今回は、

開発前の提案にとどまっているが、今後は本研究で取り上げられた問題点を解決しながら実際にシステムを開発し、具体的に特定の科目の中で運用していく予定である。そして、その効果について継続的にデータ収集をして、さらに教育効果の高いシステムを構築していく予定である。

## 〈引用文献〉

- 1) 岡谷義博, 大下真二郎: 理科マルチメディアCAIコースウェアの開発, 教育システム情報学会誌, 2, 1, 12-28 (1995).
- 2) 鈴木好夫: マルチメディアによる学習教材「直流機」の開発, 教育システム情報学会誌, 13, 1, 38-43 (1996).
- 3) 朱仲武, 新田保秀: マルチメディア型CAIソフトの開発及びその評価, 教育システム情報学会誌, 14, 5, 223-228 (1998).
- 4) 畠山美紀子, 宮本美登里, 深澤弘美: Webデータベースを活用したCAIシステムの開発, 教育システム情報学会誌, 17, 3, 481-484 (2000).
- 5) 岡本俊夫: 知的CAIシステム, オーム社 (1990).
- 6) 藤原康宏, 永岡慶三: 意味ネットワーク構造のアイテムプールを持つ知的適応型テストシステムの開発, 日本教育工学雑誌, 19, 73-83 (1995).
- 7) 福森護, 盛政忠臣: 医療情報教育におけるデータベース教育用CAIの応用, 第17回医療情報学連合大会論文誌, 886-887 (1997).
- 8) 芝祐順編: 項目反応理論, 東京大学出版会 (1991).
- 9) Wakimoto, K. and Taguri, M.: Constellation graphical method for representing multidimensional data, Ann, Inst. Statist. Math., 30, 77-84 (1978).
- 10) Sammon, J. S.: A non-linear mapping for data structure analysis, IEEE Transaction on Computers, C18, 401-409 (1969).
- 11) 駒沢勉: 数量化理論とデータ処理, 朝倉書店 (1982).
- 12) 林知己夫: 数量化, 朝倉書店 (1993).