

<論文>

## WebCAI システム「インタラクティブ・スタディ」の開発

東原義訓 信州大学教育学部附属教育実践総合センター  
五十嵐啓一 信州大学大学院教育学研究科  
西尾康宏 シャープシステムプロダクト (株)

### The Development of Web Based CAI System 'Interactive STUDY'

HIGASHIBARA Yoshinori: Center for Educational Research and Training,  
Faculty of Education, Shinshu University

IGARASHI Keiichi: Graduate School of Education, Shinshu University

NISHIO Yasuhiro: Sharp System Products, Co., Ltd.

A Learning Support System on Web for school age children, "Interactive STUDY," has been developed. This System is based on a former CAI system 'Study Series windows version.' "Interactive STUDY" has some remarkable features different from ordinary Web pages, for example, functions of recording learning documentation, analyzing learners' responses, decision-making where to proceed to the next web page and so on. In this paper, the effectiveness of a learning support system on Web was discussed. Also, the system configuration, the authoring system, and the PDA of "Interactive STUDY" were introduced. The experiment showed the usefulness of this learning support system on Web.

【キーワード】 WebCAI CAI インターネット PDA オーサリングシステム

#### 1. はじめに

インターネットが学校や家庭に普及し、小・中学校に校内LANが敷設されるようになって、学校や家庭のどのコンピュータからでもWebページを閲覧できる日が近づいている。また、携帯電話やPDA (Personal Digital Assistance) などのモバイル機器でもWebページが利用可能となってきた。

これまでの小・中学校におけるCAI (Computer Assisted Instruction) システムは、特化された専用のプログラムで構築されてきたが (中山ら, 1987), もし, CAIの機能をWeb上で構築できれば, 利用者にとってCAIはより身近なものとなるであろう。さらには, Web上で提供される様々な機能や情報と連携することによって, 従来のCAIでは実現できなかった学習環境を提供することが期待できる。

一方、Web上には小・中学生を対象としている学習教材が見られるが、1980年代後半のCAI教材と比較して、むしろ質が低いものもある。当時、「ページめくり」と批判されたレベルの学習教材がWebページの形式で存在する。その主な原因は、Webページの記述言語であるHTML (Hypertext Markup Language) が、より質の高いCAI教材を記述するのに必要な機能を有していないことにある。HTMLでは、応答を分析したり、学習履歴に基づいて最適なWebページを自動的に表示するといった処理が不可能だからである。

これらの問題を解決すべく、これまでにいくつかのシステムが開発されている。

小田ら (2000) が開発した Web 上でクイズ形式の CAI システムが構築できるツール QAWAII では、問題文と正解が含まれる問題文ファイルから Perl (Practical Extraction and Report Language) による出題インタープリタによって出題画面が生成され、解答がサーバに送られてマッチング処理が行われる。Web 上での応答処理は実現されたが、問題のタイプ毎に CGI (Common Gateway Interface) を作成する必要があるため、従来のオーサリングシステムによる教材開発より、高度な専門的知識が教材作成者に要求される。

太田ら (2000) は、ASP (Active Server Pages) ベースの Web - CAI を開発中で、教材を HTML で記述し、マッチング機能や課題選択機能は VBScript で記述された ASP のインクルードファイルで実現する構想を示しているが、2002年3月現在のところ、その後の成果は Web 上で公開されていない。

高岡ら (2001) は、ESbuilder を開発し、全体構成マップという仕組みによって、Web 教材の構造化が簡単に行えるオーサリングシステムを構築している。このシステムでは、ページオブジェクトに 5 つの種類を用意し、「テスト問題のページ」オブジェクトがマッチング処理を担っている。また各ページには学習履歴をとる仕組みが内蔵されていて学習者は自らの進捗状況や理解度を把握できる。

このように、Web 上の CAI システムの開発の試みは行われているが、従来の CAI システムで実現できていた、柔軟なマッチング機能や学習課題の決定機能を有する教材を開発できる環境に至っているとは言えない。

しかし、効果的な質の高い教材を Web 上で実現できるように、必要となる機能を JavaScript や Java アプレットで記述して HTML と組み合わせた WebCAI の仕組みを構築し、必要なオーサリングツールを用意すれば、この問題は解決できる。

本研究の目的は、これまでの CAI を発展させた学習支援システムを Web 上で実現することの意味について論じ、それを踏まえて、Web ベースの学習支援システムを設計し、そのサブシステムであるオーサリングシステム、PDA による教師支援システムを開発することである。

ここで開発するシステムを「インタラクティブ・スタディ」と呼ぶことにする。

## 2. Web 上で実現することの意味

インタラクティブ・スタディは、これまで小中学校で利用されてきた CAI システムであ

るスタディシリーズの基本機能を Web 上で実現し、さらに Web ページの利点を活かした学習支援システムとして構築されるものである。

インタラクティブ・スタディが提供する Web ページとしての教材は、一般の Web ページとどこが異なるのか、また、これまでの CAI とどこが異なるのかを、本節では明らかにする。ここでは、「これまでの CAI」とは、Windows 版のスタディシリーズ（スタディタイム、スタディネット、スタディライター）をさすことにする。

## 2.1 一般の Web ページとの相違点

一般の Web ページは HTML によって記述されるが、インタラクティブ・スタディでは、HTML では記述不可能な機能を Java アプレットによって補っている。これによって実現される機能が相違点となる。具体的には、画面に提示できる情報は一般の Web ページと同じであるが、入力できる情報、入力された回答を処理する機能、次に進むべき Web ページを決定する機能、評価変数などの学習記録を保存する機能などを有する点で異なる。学習者がクリックして選択した Web ページに進むだけでなく、学習者が入力した応答が分析されて、対話的にメッセージが表示されたり、最適な学習課題の Web ページへリンクされるなど、インタラクティブな学習環境を提供する点が特徴である。

## 2.2 Web ページとしての教材の利点

Web ページの環境は次に述べる特性を有するため、インタラクティブ・スタディは、より豊かで自由な学習環境を提供できる。

### (1) 他の教材とのリンク

従来の CAI 教材は、カリキュラム体系に位置づけられ、相互に関連があるものでも、教材どうしを結びつける容易な仕組みを有していなかった。しかし、Web をベースとする教材は、互いにリンクすることが容易である。教科内容の階層構造を反映したリンクだけでなく、教科を越えて関連する教材にリンクすることも容易である。たとえば、社会科の地図の読み方の学習の教材から、その基礎知識としての算数の縮尺の教材にリンクするなどの例が考えられる。

### (2) 機能の拡張性

Web ブラウザで扱うことのできる情報の形態が拡大するなど、ブラウザそのものの機能の拡張およびプラグインソフトにより、新たな機能が標準的な機能として利用可能になっていく傾向がある。Web をベースとしたシステムを構築すれば、この機能拡張の恩恵を得ることができる。Web ブラウザの豊富な機能、拡張が、教材の将来への互換性、拡張性を保証していると言えよう。

### (3) 一般の Web ページとの連携

学習に役立つ一般の Web ページへ容易にリンクできる。また、一般の Web ページからインタラクティブ・スタディの教材の Web ページにリンクすることも可能である。既存の Web 上の財産とインタラクティブ・スタディ固有の機能を有する Web ページの連携により、より効果的な学習環境が提供できる。

#### (4) Web 上のコミュニケーションツールの活用

Web 上で提供されている討論用の電子掲示板、チャット、ビデオ会議など、コミュニケーションのためのツール、データを入力して共同利用するなどの機能を有する遠隔共同学習用のツールなどを容易に活用できる。孤立した学習ではなく、ネットワークを利用した共同学習への展開が可能である。

### 2.3 容易な環境整備・管理・運用

#### (1) 専用のプログラムを必要としない

これまでの CAI は、教材を実行するために専用のプログラムを必要とした。たとえばスタディタイムをインストールしているコンピュータでなければ、スタディシリーズ用のコースウェアが無償で提供されていても、実際に実行することは不可能であった。

Web ベースのインタラクティブ・スタディでは、教材を実行するために、NetScape や Internet Explorer などの Web ブラウザがインストールされている Java が動くコンピュータであれば、専用のソフトウェアは必要としない。

#### (2) 管理・保守が容易

上記のことはインタラクティブ・スタディの教材が稼動する環境を整えるために、特別な保守を必要としないことを意味する。一般のホームページ閲覧機能が保守の対象になっていれば充分である。

教材の管理に関しても、従来に比べて労力が軽減される。これまでは、学校単位で、フロッピー、ハードディスク、あるいはサーバの共有フォルダなどを利用して教材を管理し、また、教師用テキストなどを整備し、これらの管理の方式や利用方法を授業者に紹介する必要があった。しかし、インタラクティブ・スタディでは、教材一覧表、教師用テキストなどの閲覧や実際の学習の開始などが、すべて Web 上から行える。学校独自の Web ページを手作りで作成して、その学校の年間計画に応じた教材一覧から学習を開始できるようにしてもよいが、大学が提供するインタラクティブ・スタディ・Web サイトの教材一覧を利用すれば、各学校の負担は軽減できる。これにより、誰でも、どのような教材が利用可能であるか容易に知ることができる。CAI 担当教員の異動とともに、教材のありかがわかり難くなるといった問題からも解放される。

ネットワークの負荷、管理のための技能や労力を考慮すれば、教育委員会単位などの地域ネットワーク組織で、教材の管理を担当する方式も考えられる。

### 2.4 学習の場所と時間の制約からの解放

これまでの学校用の CAI システムの場合、コンピュータ室で、割り当てられた時間にしか、CAI の学習ができないという制約があった。休み時間に、あるいは家庭学習として、続きを学習したくても、それはほとんど不可能であった。その主な理由は、学校のネットワークと家庭のコンピュータが接続されていなかったこと、これまでの CAI システムが一斉授業で利用されることを主目的に設計されていたこと、家庭が学校と同じ専用の教材実行プログラムを購入することが不可能であったことなどである。学習の進捗

状況や評価情報を管理する学習管理機能は、コンピュータ室での授業に制約された設計であったため、他での学習との連続性を持たせることができないものであった。

Webベースのインタラクティブ・スタディでは、インターネット上に学習管理システムを構築することができるので、この問題が解決できる。ただし、セキュリティや指導上の判断から、必要となる様々な制限が設定可能なシステムでなければならない。

無線LANや携帯電話等の通信機能を利用してノートパソコンをインターネットに接続すれば、教室外、野外へ利用環境が拡大する。インタラクティブ・スタディによって、「だれでも、いつでも、どこでも」、学習できる環境が提供されることになる。

## 2.5 教材開発

Web上の他の教材や一般のWebページとリンクして利用されることを前提に開発できるので、教材の単位をこれまでのものより小さくすることが可能である。たとえば、治療のブロックや発展ブロックを内包していなくても、他の教材をリンクして治療や発展の目的のために活用できる。地理的に離れていても、それぞれの地域で開発された教材を容易に共有できる。これらのことは、教材作成の労力の軽減につながる。

## 2.6 学習管理サーバ

これまでのCAIシステムでは学習管理機能はコンピュータ室の教師用コンピュータが担っていた。インタラクティブ・スタディでは、この機能を学習管理サーバが担う。

これまでの記述では、Webをベースにすることによって開かれた学習環境になることを強調しているが、実際の運用上は、逆に閉じた学習環境が必要な場合もある。従来と同様の学級集団でインタラクティブ・スタディ上のクラスを形成することもあれば、学校を越えた地域でクラスを形成したり、全国的な単位でクラスを形成することもありうる。これまでの物理的な学校や学級を単位とした学習集団から、インターネット上に構成される学習集団まで、地理的条件を越えた様々な学習集団が想定できる。また、学校の授業時間に閉じて運用する場合もあれば、家庭学習との連携をとった運用もありうる。

地理的、時間的な様々な条件に対応する仕組みがネットワーク上の学習管理サーバである。サーバは、校内サーバ、地域サーバ、広域サーバなどの階層が考えられる。学習管理サーバに管理されず、だれでも自由に学習できる一般者モードと、登録された学習者のみを対象とし、学習履歴が管理されて運用される登録者モードが用意される。

学習管理サーバは、学習スケジューリング、学習履歴の記録、評価情報の提供、履歴データ提供などが主な機能で、高いセキュリティ機能と運用規程が重要な意味を持つ。

## 2.7 学習状況のモニタ・評価情報の閲覧

これまでのCAIシステムでは、教師用コンピュータによって、学習者の進捗状況や評価情報を閲覧することができた。そのために専用のソフトウェアが用意されていた。インタラクティブ・スタディでは、この専用のソフトウェアを必要としない。Webブラウザによって評価情報等を表示する仕組みを採用しているからである。

これにより、閲覧が許されている指導者として認証されれば、ネットワークに接続さ

れているどのコンピュータからでも学習状況をモニタすることが可能である。特に本システムでは、画面デザインを一般のコンピュータ用だけでなく、PDA（携帯情報ツール）用も用意しているので、授業中に机間指導をしながら無線LANで接続された手元のPDAで学習者の評価情報を閲覧して個別指導をすることが可能である。また、PDAを携帯電話やPHSに接続することにより、移動中などのわずかな時間に学習の進捗状況を閲覧することなども可能となる。

### 3. システムの構成

本システムは、1978年に開発され竹園東小学校で活用されたクラスルームCAI、およびその普及システムとしてのスタディシリーズの基本設計思想を継承しつつ、Web上での学習を支援するトータルなシステムとして開発されている。

図1に示すように、本システムは、教材開発の支援から、教材の管理、学習者情報の管理、学習スケジュールの管理、学習支援、学習モニタの支援、評価・分析の支援などの機能から構成される。

#### 3.1 教材コンテンツ

Webブラウザがインストールされているコンピュータならば学習を実行できるよう、提示データと学習制御用プログラムを組み合わせて、教材コンテンツとして扱う方式を開発した。

教材コンテンツは表1に示すように、応答処理や評価処理などの学習制御のためのプログラムであるJavaアプレットと、学習の流れを記述した学習展開データ、予想回答や判定の方法を記述した応答処理データ、テキストや写真などの提示データ、回答に応じて提示されるメッセージデータから構成される。提示データはWebページを記述

する標準的なHTMLと各種マルチメディアファイルから構成される。教材コンテンツは、1画面単位に1フォルダに格納された上記のファイル群から構成される。

#### 3.2 教材が実行される仕組み

学習の実行時には、Webブラウザによって、教材コンテンツの最初のHTMLファイルが実行されると、Javaアプレットの学習制御プログラムがサーバからコンピュータに転送される。このプログラムは、学習展開データや応答処理データをサーバから取り込み、

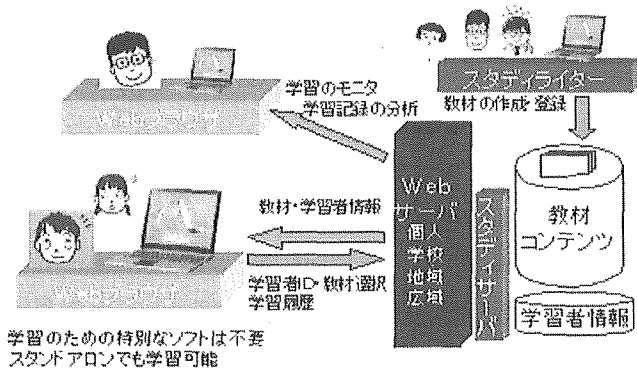


図1 インタラクティブ・スタディの概念図

表1 教材コンテンツの構成要素

学習制御処理	javaアプレット
学習展開データ	flw
応答処理データ	scn
提示データ	html, gif, jpg, mpg
メッセージデータ	msg

HTMLファイルと連携しながら教材を実行する。

学習者からの標準的な入力 HTMLが受け付け、Java スクリプトが仲介して、応答処理を行う Java アプレットに回答を引き渡す。分数や複雑な数式などの入力は、入力処理用の Java アプレットによって実現される。また、応答処理用 Java アプレットは学習者の応答、応答時間、評価情報等をサーバに送信する。

### 3.3 教材作成支援システム

すでに述べたような教材コンテンツは、オーサリングシステム（スタディライター）によって生成される。従来のスタディライターと比較し、教材の設計を支援する機能が追加されている。従来、紙面上で行っていた教材の設計は画面上で行われる（図2）。なお、オーサリングシステムは、Webブラウザ上で実行されるソフトウェアではない。教材開発の概要は次節で述べる。

### 3.4 学習管理サーバ

教材コンテンツの管理、学習者情報の管理、学習者の認証、学習スケジュール管理、

学習記録管理、学習モニタ・評価支援、コミュニケーション支援などは、インターネット上の学習管理サーバ（スタディサーバ）が担う（表2）。教材コンテンツは他の一般のWebサーバ上で管理されてもよい。本サーバは、利用者の範囲、運用の形態によって、学校単位、地域単位、全国単位のもものが想定されている。

なお、前述の学習スケジュール管理機能、コミュニケーション支援機能は、現在のところ設計段階で、まだ実装されていない。

### 3.5 学習のモニタ・評価支援機能

学習履歴情報はスタディサーバに蓄積される。この蓄積された学習履歴情報をPDAによって閲覧できる環境を構築した。

HTMLによる画面設計と、動的Webページ作成のためのスクリプトを開発した。動的Web

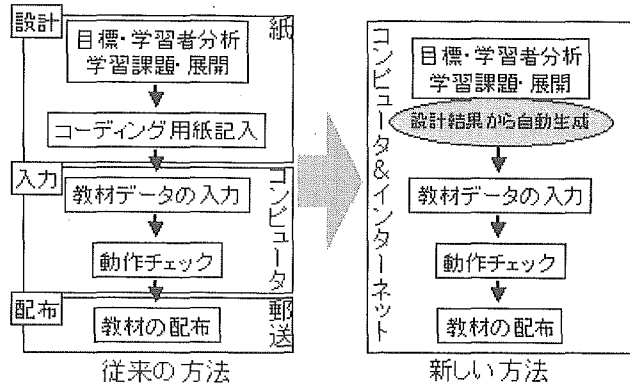


図2 スタディライターによる教材開発の流れ

表2 スタディサーバの役割

<b>教材開発支援</b>	システムソフト（最新版）の提供 マニュアル、教材作成の手引き等の提供 教材作成用部品ライブラリの提供 教材ライブラリへの登録
<b>学習実行支援</b>	教材ライブラリの提供 学習者情報の登録・管理 学習者・指導者管理 学習スケジュール管理 自己評価用情報の提供 人気教材の紹介
<b>学習モニタ・記録分析支援</b>	進捗状況、評価情報の閲覧 教材評価のための分析 学習者の分析 基礎データの入手 指導・助言情報の登録
<b>コミュニケーション支援</b>	電子メール 電子掲示板 チャット ビデオ会議



図3 PDAによる学習状況のモニタ機能

ページ作成の技術にはJSP (Java Server Pages) を用いた。JSPにより、XML (Extensible Markup Language) 形式で保存された学習履歴情報はスタディサーバ側でHTMLの形に変換される。変換されたHTMLファイルがPDAに送られる。

PDAに表示される画面は、トップ画面、個人別表示、クラス全体の観点別表示の三部から構成される。個人別表示では目標、カテゴリ、フラグ、拡張評価変数、学習履歴情報の各画面が表示可能である。観点別表示では、全体、目標のグラフ、カテゴリ、フラグの各画面が表示可能である。これらの画面間は、メニューや動的に作成されるリンクにより、行き来が可能となっている。

#### 4. スタディライターによる教材開発

スタディライターは、目標の設定など教材の設計を支援する。目標が概念レベルか、手続きレベルかなどの属性によって、目標を記述する行為動詞を的確に選択できるように支援する(図4)。教材の全体構造の設計は、画面群を表す矩形と分岐を表す菱形を配置することによって行う(図5)。画面群の矩形をダブルクリックすると、その内部構造



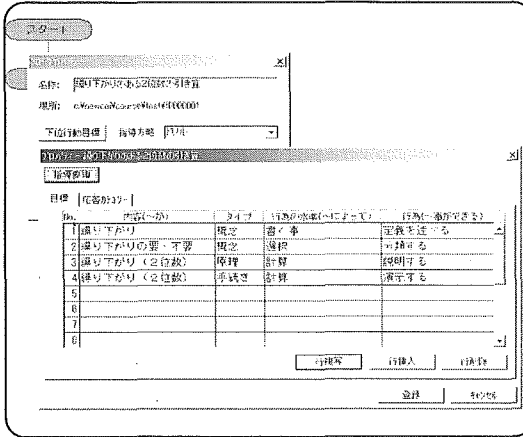


図4 目標設定の支援

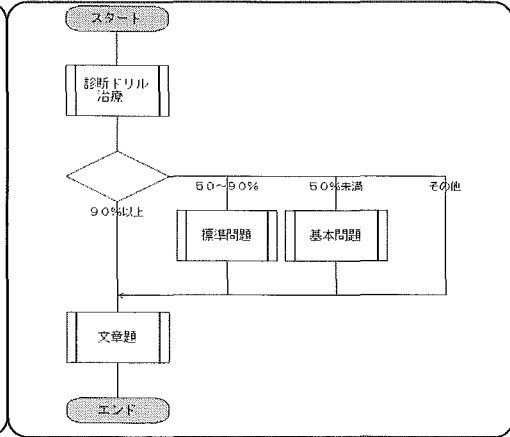


図5 全体構造の設定支援

表3 回答方式

- ラジオボタン
- チェックボックス
- コンボボックス
- リストボックス
- 1行入力
- 複数行入力
- マスク (コンボボックス型)
- マスク (文字入力型)
- 領域クリック
- Java アプレット

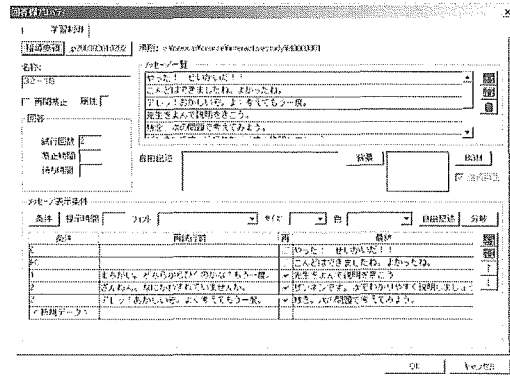


図6 応答に対するメッセージの設定

である画面の展開が配置できる。応答処理の指定は、従来の方法とほぼ同様であるが、操作性は向上している(図6)。提示画面は、素材に適した専用のソフトウェアで作成した部品を、スタディライター上でレイアウトすることによって作成する。また、表3に示すような様々な回答方式に対応している。図や写真上のあらかじめ指定された領域をクリックしたかの判定もでき、また、分数回答専用Javaアプレットなどのプログラムを組み込むことも可能としている。これらの教材作成画面の全体像は図7に示す。

## 5. 教材開発と授業の試行

本システムを評価するために、スタディライターによる教材開発を行い、教材が稼動し、学習履歴情報がPDAによって閲覧できるか、試行した。

教材開発には、大学生、現職教員の大学院生からなる21名が参加し、19教材が開発された。開発された教材はWeb上で公開されている(<http://cert.shinshu-u.ac.jp/et/study/istudy/courseindex.html>)。PDAによるモニタ機能の評価は、実際に小学校において1クラスの児童が算数の教材を学習する場面を設定して行った。

以上の試行により、インタラクティブ・スタディのシステムは実際に利用できることが

示された。比較できるデータを有していないが、この仕事に長年携わってきた著者らの観察からは、本システムを利用した学生および現職教員による教材開発は、従来のシステムによる現職教員の教材開発と比較し、要した時間、教材の質、開発者の意欲の点で向上が見られたと言えよう。

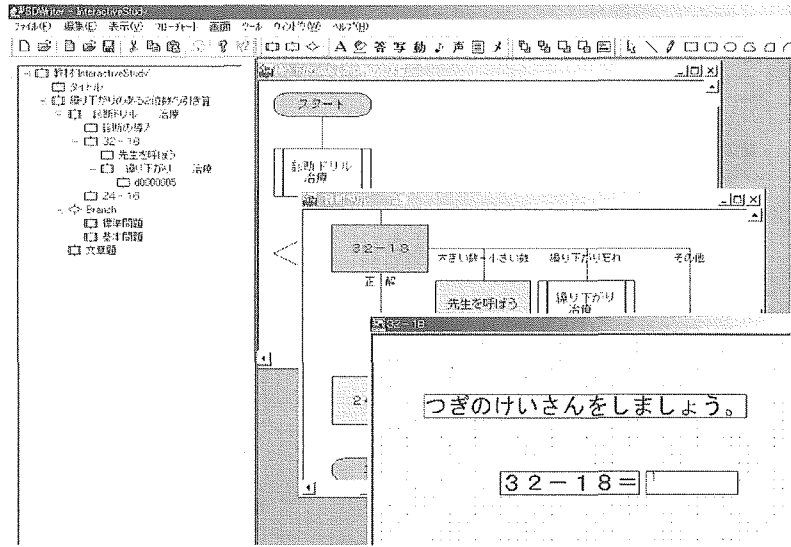


図7 教材作成画面の全体像

## 6. おわりに

本研究では、これまでのCAIを発展させた学習支援システムをWeb上で実現することの意味について論じ、それを踏まえて、実際にWebベースの学習支援システム「インタラクティブ・スタディ」を開発することができた。

今後の課題は、前述の学習スケジュール管理機能、コミュニケーション支援機能の詳細を設計し、実装することである。実現すれば、学校での学習と家庭学習の効果的な連携が図れ、また、インターネットを介しての児童・生徒同士の助け合いやボランティアの教育学部生等の支援による新たな学習環境を提供できよう。

## 文献

- 太田剛，赤堀侃司(2000)，動的フレーム生成機能を持つWeb-CAIの開発，日本教育工学研究報告集，JET2000-1，pp.77-82
- 小田誠雄，小田まり子(2000)，WWW上のCAI教材作成ツールの開発とその効果，教育システム情報学会誌 Vol.17 No.3，pp.435-442
- 高岡大介，吉田幸二，市村洋，水野忠則，酒井三四郎(2001)，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.274-282
- 中山和彦，木村捨雄，東原義訓(1987)，コンピュータ支援の教育システム-CAI，東京書籍

(2002年3月31日 受付)

(2002年7月1日 受理)