

昭和63年度

コンピュータの教育利用ならびに教材開発に関する研究  
～学習の最適化をはかるためのソフトウェアの開発～

算数・数学科におけるCMI学習診断システムの開発

川崎市総合教育センター 情報処理II研究会議

## 算数・数学科におけるCMI学習診断システムの開発

情報処理 - II 研究会議

大串一彦<sup>1</sup> 近藤明彦<sup>2</sup> 山田和秀<sup>3</sup> 弘田政治<sup>4</sup> 岩堀京子<sup>5</sup> 米山 誠<sup>6</sup> 奥山良平<sup>7</sup>

### 要 約

算数・数学の学習の場合、学年が上がるにつれ学力差が大きくなる。また特別な問題（発達遅滞や関係機能の損傷等）が見当たらないのに学力不振児がいるといったことが上げられる。これに対処するために、次のようなことが必要であると考えた。

1. 児童生徒一人一人の学習到達状況を診断すること
  2. 児童生徒一人一人に、適切な時期に診断の結果とそれに応じた手立てを与えること
- そこで、研究仮説を「診断と処方（指針と手立て）を提供すれば、学習のつまずきの改善と学力の向上に役立つ」と考え、コンピュータを利用した算数・数学科における『学習診断システム（関数）』の開発をおこなった。

キーワード：算数，数学，CMI，評価，診断問題，目標分析

### 目 次

I 主題設定の理由	72	2. 学習診断システム（関数）について	76
II 研究の方法	73	(1) システムの概要	
1. 研究の視点		(2) システムの構成と役割	77
2. 開発領域		(3) システムの機能	78
(1) 文部省の達成度調査の結果より		・生徒用 ・教師用 ・運用環境	
(2) 教師，児童生徒のアンケート結果より		(4) システムの構造	80
3. 研究の経過	74	3. 学習診断問題の作成について	81
III 研究の内容	75	4. 診断方法と診断基準について	85
1. 学習診断システムについて	75	5. 診断メッセージと類題について	86
(1) 学習診断		6. 7. 学習診断システムの画面と検証授業	87
(2) 学習の最適化とその視点		IV 今後の課題	89
(3) 学習診断システムの位置づけと意義		参考文献・指導助言者	90

<sup>1</sup>川崎市立 橋中学校教諭（主任研修員）

<sup>2</sup>川崎市立長尾小学校教諭（研修員）

<sup>3</sup>川崎市立向丘小学校教諭（研修員）

<sup>4</sup>川崎市立南加瀬中学校教諭（研修員）

<sup>5</sup>川崎市立住吉小学校教諭（研修員）

<sup>6</sup>川崎市総合教育センター指導主事

<sup>7</sup>川崎市教育委員会指導主事

## I 主題設定の理由

数学の授業をしていると、力があると思われるのに、やる気をなくしている生徒、やる気があるのに、どうして良いのかわからない生徒に気づく。また、単元が進むにつれ、わからなくなっている生徒が増えていくのを感じる。説明をかえたり、進度を遅くしたり、小テストをしたり、放課後に指導したりするが、思うように成果が上がらない。小学校の算数の授業でも2年生の九九まではほとんどの児童が理解できるが、3年生の割算くらいから、わからなくなる児童が増えてしまうという。

このように、学年が上がるにつれ学力差が大きくなる。また、特別な阻害条件（発達遅滞や関係機能の損傷等）が見当たらないのに学力不振児がいる。

これらの原因として、学習指導の観点からみた場合、学習内容の多くに系統性、積み重ね、関連認識が必要とされる算数・数学の教科の特性があげられる。これに加え、適切な時点での評価を学習指導へ生かすことの不足、個別学習への手立ての保証が十分でないということが考えられる。すなわち、不十分な学習の上にさらに不十分な学習が積み上げられるという悪循環が想定される。

また、従来のこの面における研究では、子どもの学習結果を集団としてとらえ、授業改善に役立てる方策を追求したものが多かった。

そこで、次のようなことが必要であると考えた。

1. 児童生徒一人一人の学習到達状況を診断すること
2. 児童生徒一人一人に、適切な時期に診断の結果とそれに応じた手立てを与えること

これらを行うには、即時処理、即時応答、データの蓄積・利用といったことを毎日の教育活動の中で行わなければならない。これは大変困難なことであるが、コンピュータの特性を生かすことで改善できると考えた。

そこで、研究仮説を「診断と処方（指針と手立て）を提供すれば、学習のつまずきの改善と学力の向上に役立つ」と考え、コンピュータを利用した算数・数学科における『学習診断システム（関数）』の開発に着手した。

## II 研究の方法

### 1. 研究の視点

次のような研究の視点に立って、学習診断システム開発を推進してきた。

- (1) 従来の学習指導方法では困難な領域について開発する。
- (2) コンピュータを利用すると、より効果的である領域について開発する。
- (3) 学習者の特性，教材の特性，コンピュータの特性を考慮する。
- (4) 処方（指針や手立て）まで含めたシステムにする。
- (5) コンピュータ（ハード）に制約されないシステム設計とする。（なるべく子どもがコンピュータに合わせなくてもすむようにする。）
- (6) システムに汎用性をもたせる。（他領域，他教科でも利用できるようにする。）
- (7) 学校で日常的に使いやすいシステムにする。

### 2. 開発領域

開発領域は次の(1)，(2)の理由により，長期間に渡り概念形成が必要とされる関数領域（小学校4年から中学校3年）に設定した。

#### (1) 文部省の達成度調査（中学校）の結果より

文部省が昭和56年調査，昭和59年に発表した教育課程実施状況調査研究と達成度調査では，下記のような結果が報告されている。

学 年	1 年	2 年	3 年
領 域	正答率	正答率	正答率
数 式	60.3%	63.3%	73.1%
関 数	63.1%	61.2%	63.3%
図 形	58.0%	61.3%	67.7%

上の表からもわかる通り，関数領域については，学年が上がっても，ほとんど正答率は上がらず，他領域と比べるとむしろ，わからなくなっている子どもが多くなっているという結果が出ている。

#### (2) 教師，児童生徒用アンケート結果より

児童生徒のアンケートからも「関数はわからない」，「むづかしい」，「あまりやりたくない」といった結果があらわれており，教師のアンケートからも指導しづらい領域として，関数があがっている。

### 3. 研究の経過

年	月	研究内容	年	月	研究内容	
昭和62	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究主題の検討</li> <li>研究の進め方</li> </ul>	平成元年	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>本システムについてソフトハウスと打ち合わせ</li> <li>中間報告書作成</li> <li>中間発表</li> </ul>	
	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究主題決定</li> <li>CAI教材作成支援システム(ACE)の研修</li> <li>学習診断システムの設計</li> </ul>		3	<ul style="list-style-type: none"> <li>1年次の研究のまとめ</li> <li>2年次の研究計画立案</li> </ul>	
	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムの開発領域の決定</li> <li>ACEの研修</li> <li>関数教材の構造図作成</li> <li>6社の教科書から関数課題の洗い出し</li> </ul>		4	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備調査用診断問題の採点と誤答分析</li> <li>CAI・CMI・診断システムの先行研究調査</li> </ul>	
	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>教材(内容)と目標の関連表(目標分析表)の作成, 上位目標下位行動目標の設定及び検討</li> </ul>		5	<ul style="list-style-type: none"> <li>本システム用診断問題の作成と検討</li> </ul>	
	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標分析表の上位目標, 下位行動目標の設定及び検討</li> <li>目標の構造図の作成</li> </ul>		6	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトハウスの第1版の仕様書完成</li> <li>診断問題のコーディング</li> </ul>	
	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標分析表の検討</li> <li>先行研究の診断問題資料収集</li> <li>下位行動目標に基づいた診断問題の作成, 上位目標達成基準, 下位行動目標達成基準の作成</li> </ul>		7	<ul style="list-style-type: none"> <li>診断問題の入力</li> </ul>	
	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>診断問題作成及び検討</li> </ul>		8	<ul style="list-style-type: none"> <li>生徒用診断メッセージ, 類題, 診断基準の作成と検討</li> <li>ソフトハウスの第2版の仕様書完成</li> </ul>	
	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>診断方法(診断基準)の検討</li> <li>ソフトハウス発注用『学習診断システム・関数』の設計書の作成と検討</li> </ul>		9	<ul style="list-style-type: none"> <li>診断システムの中の解答欄作成システムの完成</li> </ul>	
	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>学校に予備調査がかけられる形の診断問題作成と印刷</li> <li>ソフトハウス発注用『学習診断システム・関数』の設計書の作成と検討</li> <li>児童生徒用アンケート作成と検討(全領域対象)</li> <li>教師用アンケート作成と検討</li> </ul>		10	<ul style="list-style-type: none"> <li>診断システムの中のメッセージ作成システム, 上位・下位目標作成システム及び進行データ作成システムの完成</li> </ul>	
	昭和63	1		<ul style="list-style-type: none"> <li>予備調査用診断問題の実施</li> <li>児童生徒用, 教師用アンケートの実施と集約</li> </ul>	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>手立て用学習コースウェアの試作</li> <li>手立て用学習ビデオ試作</li> <li>手立て用学習プリント試作</li> </ul>
					12	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトハウス発注部分の学習診断システム完成(バージョン1)</li> </ul>
						1
				2	<ul style="list-style-type: none"> <li>川崎市立東高津中学校で学習診断システムの検証授業を行う。(2月14日, 対象2学年)</li> <li>検証授業後, 生徒用アンケート実施</li> </ul>	
				3	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究のまとめ</li> </ul>	

### Ⅲ 研究の内容

#### 1. 学習診断システムについて

##### (1) 学習診断

一般に授業の流れと学習診断は図1のようである。

この中で学習診断は図1のA, B, Cのように、授業前, 授業活動中, 授業後といった所で考えられる。

##### (2) 学習の最適化とその視点

- ① 事前の診断的評価（診断）と調整のための学習
- ② 単元・小単元・授業等の学習展開時における形成的評価（診断）と改善のための学習
- ③ 事後の総括的評価（診断）と改善のための学習

上の①から③を学習の最適化の視点としてあげ、学習の最適化を図1のA, B, Cの各診断と学習が相互に機能し合う事ととらえた。

##### (3) 学習診断システムの位置づけと意義

この学習診断システムの位置づけは、図1のA, B, Cの3箇所、考えている。つまり、この3箇所でのシステムが使えるようにしたいと考えている。A, B, Cでのそれぞれの意義は次のようである。

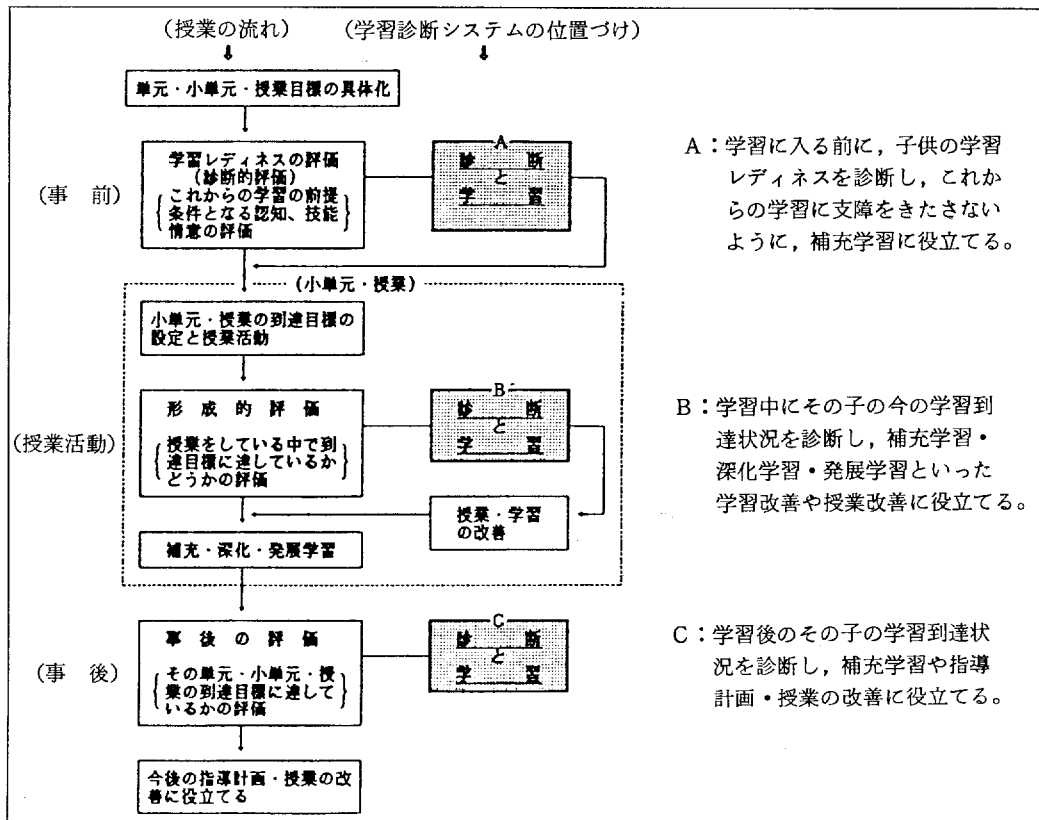


図1 学習診断システムの位置づけ

## 2. 学習診断システム（関数）について

### (1) システムの概要

- ① 教師あるいは児童生徒が診断問題範囲を指定する。
- ② コンピュータによって診断問題を提示する。
- ③ 児童生徒は答えをコンピュータに入力する。
- ④ 答えと正誤の結果はディスクに記録される。
- ⑤ 正誤の結果から診断プログラムによって診断を行う。
- ⑥ 児童生徒に診断に基づく手立てとして、診断結果や指針などの各種メッセージ・類題・学習コースウェア・学習ビデオ・学習プリント番号といった学習教材番号をプリントアウトする。
- ⑦ 教師には診断結果・正誤一覧表・正答率グラフ・SP表をプリントアウトする。

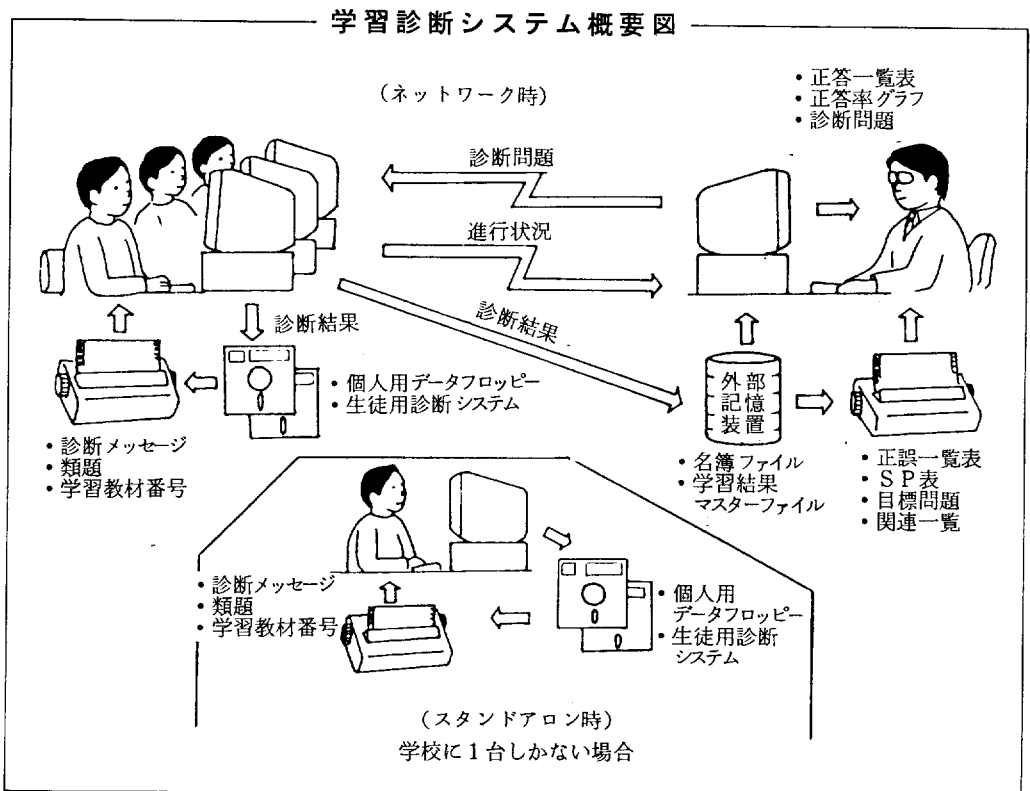


図 2

## (2) システムの構成と役割

学習診断システムは、次の11個のシステムから構成されており、各役割は下記のとおりである。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ① 学習指示システム      | ⑦ 進行データ作成システム   |
| ② 学習進行システム      | ⑧ 診断メッセージ作成システム |
| ③ データ回収システム     | ⑨ 上位下位目標作成システム  |
| ④ 学習診断システム（教師用） | ⑩ 診断基準作成システム    |
| ⑤ 学習診断システム（生徒用） | ⑪ 名簿管理システム      |
| ⑥ 解答欄作成システム     |                 |

### ① 学習指示システム

診断問題の範囲指定及び、診断モードか○×表示モードかの設定を行うシステム

### ② 学習進行システム

指定範囲の診断問題を実際に生徒に実行させるシステム

### ③ データ回収システム

生徒の個人フロッピィから個人別データ（正誤結果、応答解答など）を生徒管理ファイルに回収するシステム

### ④ 学習診断システム（教師用）

学年、組、出席番号、診断問題番号を指定すると、正誤表、正答率、SP表を教師に出力するシステム

### ⑤ 学習診断システム（生徒用）

診断問題の結果から診断し、診断メッセージ・類題・学習プリント番号・学習コースウェア番号・学習ビデオ番号を生徒に出力するシステム

### ⑥ 解答欄作成システム

スクール・エースで作成した診断問題に正答・○×表示位置・解答欄位置・全角倍角指定・カーソル形状等を設定するシステム

### ⑦ 進行データ作成システム

上位目標と診断問題画面の関連づけを設定するシステム

### ⑧ 診断メッセージ作成システム

生徒に対する診断メッセージ及び、類題を管理・入力するためのシステム

### ⑨ 上位下位目標作成システム

上位目標、下位行動目標を管理・入力するためのシステム

### ⑩ 診断基準作成システム

診断基準を管理・入力するためのシステム

### ⑪ 名簿管理システム

小学校4年から6年、中学校1年から3年生全員の氏名・出席番号・学習結果を管理するシステム



### (3) システムの機能

本システムには、生徒用，教師用，運用環境に次のような機能を持たせている。これは現在のC A I教材開発支援システムにはない機能なので新たに開発したものである。

#### •生徒用

1. 診断問題画面の解答欄で，自分の好きな所から答えを入れられ，また訂正もできる。
2. グラフを書く場合に矢印キーを使って座標平面に点をとって書く方法と点の座標を入力して書く方法の2つが使える。(あらかじめ教師の方で設定)
3. 画面上のカーソルの形が，従来のアンダーライン型と鉛筆型の2つから選択できる。(あらかじめ教師の方で設定)
4. 分数の答えの入力がしやすいように，ファンクションキーに [分] の字を割り当ててあり， $2 + 3$  分  $1$  と入力すれば，画面上に  $2\frac{1}{3}$  と表示される。
5. キー1つで画面単位に移動できるようにファンクションキーに [前ページ]，[次ページ]，[元ページ] を割り当ててある。
6. キーボードから入力できない文字や記号が入力できるように，162個の外字パターンを新たに作成し，登録してある。これはファンクションキーに割り当てた [記号] キーを押すことにより，簡単に入力できる。
7. 小学校低学年用に入力した答えを全角，倍角のどちらでも表示できる。(あらかじめ教師の方で設定)
8. 現在どのくらいの問題をやったかが生徒にわかるように，画面左下すみに，問題数と残りの問題数が常時表示され，また，何画面中どこにいるかも表示される。
9. ファンクションキーに [使い方] を割り当ててあり，このキーを押せばいつでも，[分] キーや [記号] キー等の使い方がわかるようなヘルプ画面を設定してある。
10. 画面下に常時，[前ページ]，[次ページ]，[元ページ]，[記号]，[分]，[使い方]，[○×]，[終了] と各ファンクションキーの機能がわかる表示が出る。

## •教師用

1. 教師が小学校4年から中学校3年までのどの範囲の診断問題を行うかを指定できる。連続範囲でも、とびとびの問題でも指定可能である。
2. 診断モードと○×表示モードの2つが指定できる。通常は診断モードであるが、診断問題を問題演習としても使えるように、○×表示モードが指定できる。
3. 進級、クラス替え、転入、転出、留年に対応できるように名簿及び診断結果が管理されている。これにより、生徒の氏名を4月に1回だけ入力すれば、卒業まで入れ直す必要はない。また、小学校時の診断履歴はそのまま中学校へ移行できる。
4. 生徒が過去に行った診断問題の全正誤結果は生徒管理ファイルに格納されるため、教師が各種データを得る場合に、学年・クラス・出席番号・診断問題範囲は自由に指定でき、過去にさかのぼっての解析が可能である。
5. 教師機の画面上に診断問題、正誤一覧表、正答率グラフを表示することができる。また、プリンターからSP表、上位下位目標と診断問題の関連一覧表、正誤一覧表を出力することができる。
6. システムの汎用性と操作性を考慮し、フロッピィに出し入れ、正答・目標・診断メッセージ・類題・診断基準・各種関連づけの入力については、画面上に細かく、操作手順を表示してある。

## •運用環境

本システムの運用環境としては、スタンドアロン時とネットワーク時の2つを考えている。スタンドアロンとは、学校にコンピュータが1台しかないというような単体のものであり、ネットワークとは、教師の親機（コンピュータ）と生徒の数十台の子機（コンピュータ）が結ばれている状態であり、普通LAN：ラン（ローカル・エリア・ネットワーク）と呼ばれているものである。

本システムは、スタンドアロンでもネットワークでも運用できる。

### 1. スタンドアロン時

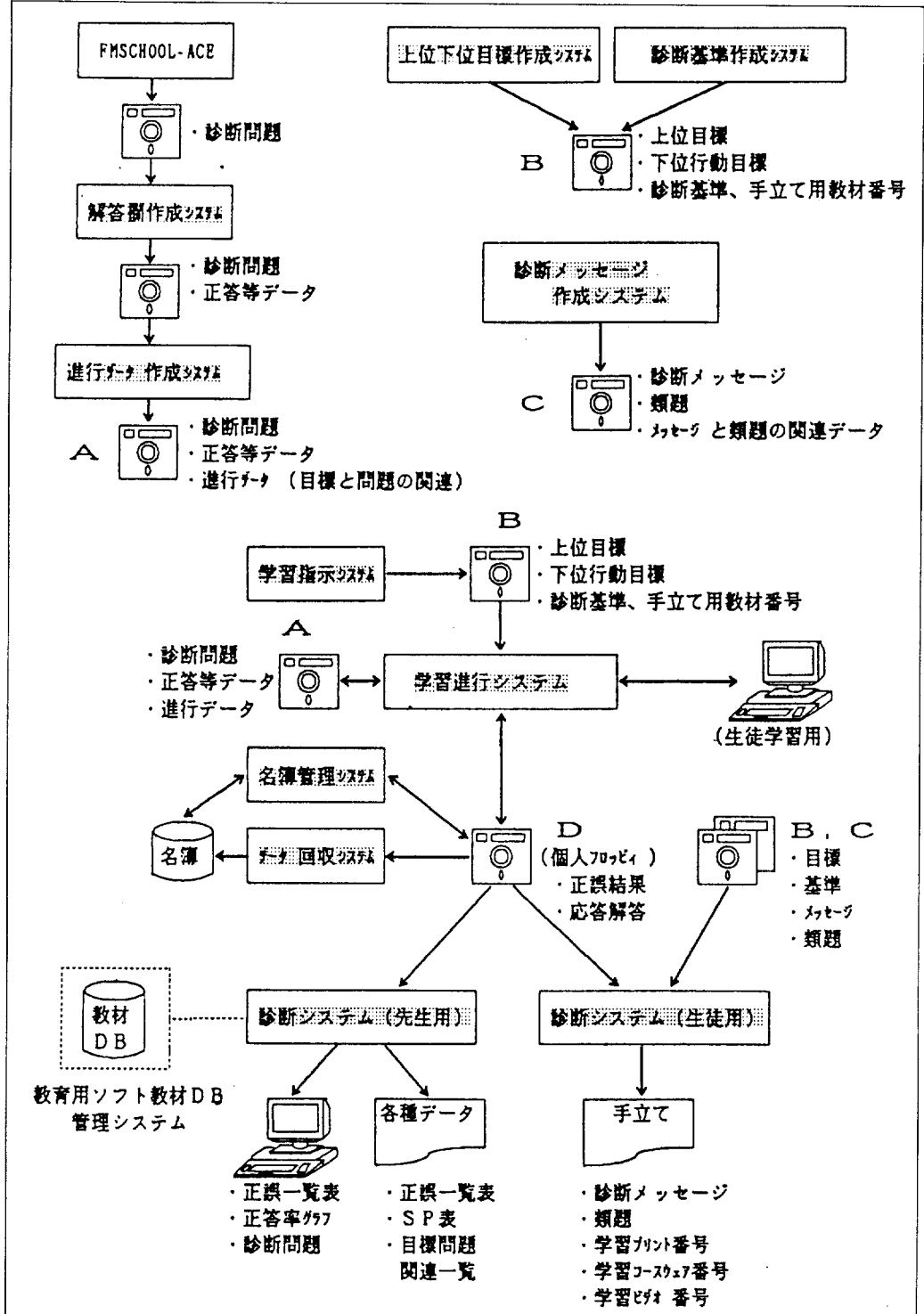
学校で容易に使ってもらえるためにも最低1台のコンピュータがあれば、本学習診断システムを運用できる。放課後や学習相談の時などに、フロッピィを渡して、「ちょっと、何番から何番の問題をやってごらん」といった指示を与えれば、児童生徒だけで利用できるものである。

### 2. ネットワーク時

スタンドアロン時の機能に加えて、ネットワーク時では、通常、親機にハードディスクが装備されており、このハードディスクから診断問題を子機に一斉転送でき、また、学習結果もネットワークを介して親機に吸い上げることができる。この他に、今学習している子機の画面を親機の画面で見ることができる。

(4) システムの構造

本システムの構造は次のようである。



### 3. 学習診断問題の作成について

学習内容と目標の関連を考えながら、目標分析を行い、下位行動目標に対応した診断問題を作成した。

診断問題作成までの手順は次のようである。(対象、小学校4年から中学校3年までの関数領域)

#### (1) 学習内容の構造図の作成と検討

現行の教科書(6社)を参考に教材のまとめり、関連、系統性、前提条件を調べ、戻りや診断箇所の検討を行った。これにより関数教材について共通意識が持てた。

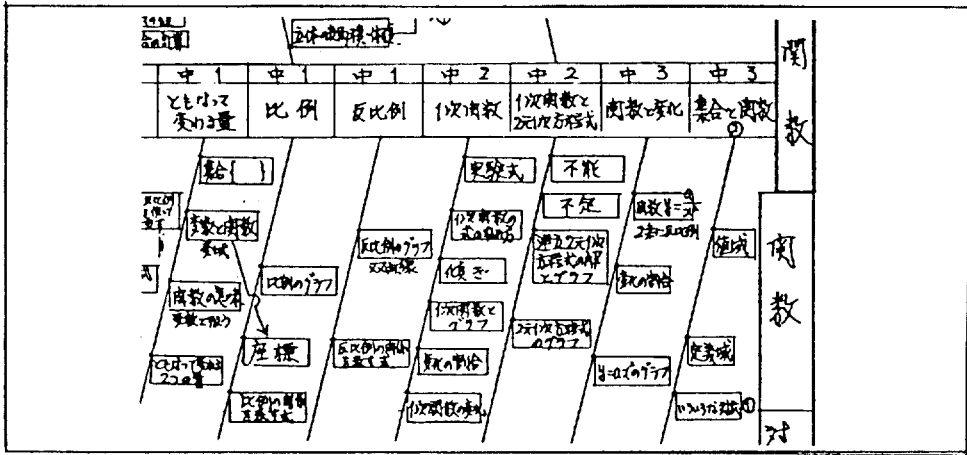


表 1

#### (2) 教科書(6社)で扱っている関数課題の洗い出し

関数課題を導入、例題、問題、練習、まとめ、章の問題といった箇所別に抜き出して、一覧表を作成した。この課題や具体的事象を作問の参考にした。

		教育出版	啓林館	大日本図書	東洋館
1 2 次 年 関 数	導 入	水やり ( $y=2x+5$ ) (110頁)	水遣と水道の夜 (206頁) 水遣の夜、水遣の夜、水遣の夜 $y=2x$ , $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道 (206頁) $y=2x+5$
	例	水遣の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$
	問 題	水遣の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$
	練 習 卒 業 検 査	水遣の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$	水遣と水道の夜 (206頁) $y=2x+5$

表 2

(3) 学習内容と関連表(枠)の作成と検討, 目標分析(上位目標・下位行動目標の作成と検討) 指導要領の目標, 観点別評価, 関数のねらいからの目標と学習内容の関連表を作成し, 目標分析の参考にした。指導の流れに沿って, 診断問題作成の基本となる上位目標, 下位行動目標を作成した。

〈小・中・高等〉学校 第 学年 担当者〈 〉 No.								
目 標	概念・原理・法則の理解		7	数学的表現処理の能力	イ	活用の態度	ウ	
	関数の理解		関数の表現		関数の発見		関数の利用	
	知識・理解	A	技	能	B	数学的な考え方	C	数学に対する関心態度
内 容								

〈小・中・高等〉学校 第 学年 担当者〈 〉 No. 3 1987. 9. 4								
目 標	概念・原理・法則の理解		7	数学的表現処理の能力	イ	活用の態度	ウ	
	関数の理解		関数の表現		関数の発見		関数の利用	
	知識・理解	A	技	能	B	数学的な考え方	C	数学に対する関心態度
内 容								
1 次 関 数	4. 1次関数関係の具体的な事象を表したグラフの比例定数を求めることができる。							
	① 関数の意味を説明できる。				① 関数の意味を説明できる。		① 関数の意味を説明できる。	
	② 関数の意味を説明できる。				② 関数の意味を説明できる。		② 関数の意味を説明できる。	
1 次 関 数	5. 1次関数関係の具体的な事象を表したグラフの比例定数を求めることができる。							
	① グラフの意味を説明できる。				① 関数の意味を説明できる。		① 関数の意味を説明できる。	
	② グラフの意味を説明できる。				② 関数の意味を説明できる。		② 関数の意味を説明できる。	
1 次 関 数	6. 1次関数関係にある具体的な事象を式で表すことができる。							

表 3

(4) 目標の関連の検討

基本的には1つ前の学年とその学年の目標の関連を調べるために, 関連表を作成した。これによってどこまで, 戻って学習したらよいかということの参考にした。

		(中 1 目標構造図)					
		4年		2つの量の関係		5年 文字式	
		知	技	知	技	知	技
中(年)	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						
	関数の意味を説明できる。						

表 4

(5) 下位行動目標に応じた診断問題と診断基準の作成

下位行動目標に対応する診断問題を作成した。診断問題の正誤からの下位行動目標の達成基準、下位行動目標からの上位目標の達成基準を作成した。この達成基準が診断の基になる。


下位目標	下位目標行動	到達	診断問題	問題点	
1. 比例について表・グラフの作成・阅读と理解ができる。	① 分数の定義を正確に理解し、 $\frac{a}{b}$ の値を1. 決めることができる。2. 加減乗除の計算ができる。	→	(1) 次の各数値、2つの量と、その比に表したものである。比の問題に表したものを番号で答えてください。 1. $\frac{2}{3}$ 2. $\frac{3}{4}$ 3. $\frac{4}{5}$ 4. $\frac{5}{6}$ $\frac{6}{7}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{10}{11}$ $\frac{11}{12}$ $\frac{12}{13}$ $\frac{13}{14}$ $\frac{14}{15}$ $\frac{15}{16}$ $\frac{16}{17}$ $\frac{17}{18}$ $\frac{18}{19}$ $\frac{19}{20}$		
	② 比例の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。		(2) 次の式のうち3つの比例関係の一般式を番号で答えてください。 1. $\frac{1}{2} = \frac{3}{4}$ 2. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ 3. $\frac{3}{4} = \frac{5}{6}$ 4. $\frac{4}{5} = \frac{6}{8}$ 5. $\frac{5}{6} = \frac{7}{9}$ 6. $\frac{6}{7} = \frac{8}{10}$		
	③ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。		(3) 次の式で与えられた比例式を、 $x$ の値を求めることができるものを、次の各問の横線に記入し、その方法を答えてください。 1. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ 2. $\frac{3}{4} = \frac{5}{6}$ 3. $\frac{4}{5} = \frac{6}{8}$ 4. $\frac{5}{6} = \frac{7}{9}$ 5. $\frac{6}{7} = \frac{8}{10}$		
	④ 具体的な数値の中での比例関係を読みとることができる。		(4) 次の各数値(各数)で比例関係にあるものを番号で答えてください。 1. $\frac{1}{2}$ の水を入れた水筒に水を入れたとき、水筒の水の量と水の量。 2. 長さ20cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。 3. 長さ30cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。 4. 長さ40cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。		
	⑤ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。				
	⑥ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。				
	⑦ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。				
	⑧ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。				
	⑨ 比例関係の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。				
	⑩ 比例のグラフを書くことができる。				

表 5

(6) 予備調査用診断問題の作成・妥当性の検討と実施

学校での予備調査用(プリントレベル)の診断問題を作成した。これを市内小学校地区別4校、中学校地区別6校で実施した。

中学2年生(1次関数)用診断問題 (No.1)	
(下位行動目標)	(診断問題)
・分数の比例関係にあるものを番号で答えてください。	① 次の各数値、2つの量と、その比に表したものである。比の問題に表したものを番号で答えてください。 1. $\frac{2}{3}$ 2. $\frac{3}{4}$ 3. $\frac{4}{5}$ 4. $\frac{5}{6}$ $\frac{6}{7}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{10}{11}$ $\frac{11}{12}$ $\frac{12}{13}$ $\frac{13}{14}$ $\frac{14}{15}$ $\frac{15}{16}$ $\frac{16}{17}$ $\frac{17}{18}$ $\frac{18}{19}$ $\frac{19}{20}$
・比例の一般式 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ を用いて、 $\frac{3}{4} = \frac{x}{10}$ のとき $x$ の値を求めよ。	② 次の式のうち3つの比例関係の一般式を番号で答えてください。 1. $\frac{1}{2} = \frac{3}{4}$ 2. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ 3. $\frac{3}{4} = \frac{5}{6}$ 4. $\frac{4}{5} = \frac{6}{8}$ 5. $\frac{5}{6} = \frac{7}{9}$ 6. $\frac{6}{7} = \frac{8}{10}$
・具体的な数値の中での比例関係を読みとることができる。	③ 次の式で与えられた比例式を、 $x$ の値を求めることができるものを、次の各問の横線に記入し、その方法を答えてください。 1. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ 2. $\frac{3}{4} = \frac{5}{6}$ 3. $\frac{4}{5} = \frac{6}{8}$ 4. $\frac{5}{6} = \frac{7}{9}$ 5. $\frac{6}{7} = \frac{8}{10}$
・具体的な数値の中での比例関係を読みとることができる。	④ 次の各数値(各数)で比例関係にあるものを番号で答えてください。 1. $\frac{1}{2}$ の水を入れた水筒に水を入れたとき、水筒の水の量と水の量。 2. 長さ20cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。 3. 長さ30cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。 4. 長さ40cmの糸に糸を2つ折ったとき、糸の長さの半分と糸の長さ。

表 6

(7) 採点と誤答分析

学校で実施した診断問題を採点，誤答分析表の作成と分析を行った。これから問題の妥当性，誤答例，思考過程を調査し，コンピュータにのせる本システム用診断問題，学習コースウェアの分岐などの参考にした。

(OX表)

購買-工予備調査用 診断問題 誤答分析表(表...) 小田高(2) 表 2/16 表 2/16 表 2/16 (表 1) 表 2/16

表 7

(8) 本システム用診断問題の作成

誤答分析の結果を基に，本システム用診断問題を入力用コーディングシートに作成した。

学習指導要領 システムコーディング用紙 563.08.13 No. /

コース名 問題番号 問題名 学年 上 中 下 年 級 5 (小) 作成者 大場 近藤・山田・弘田・円藤寺・津山 川崎教育センター (情報処理-1)

問題番号: TEX 例: 55 15 05 06

1. 下の各表は、2つの置数、yの値と表に表したものである。次の問いに答えて、その置数を番号で答えよ。

(1) $x = 3-2-1, a, a, 2, 3$	(2) $x = 3-2-1, a, 1, 2, 3$
$y = 1, 5, 3, 1, 1, 3, 5, 7$	$y = 1, 7, 6, 5, 4, 3, 2$
(3) $x = 3-2-1, a, 1, 2, 3$	(4) $x = 3-2-1, a, 1, 2, 3$
$y = 1, 7, 6, 3, 1, 3, 6, 9$	$y = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1$

答2 ① \*

2. 下の各式の中から2つの置数、yについて、次の置数を表した式が2つあり、yの値と表して番号で答えよ。(a, bは定数とする。)

(1) $y = \frac{a}{x}$	(2) $x y = a$	(3) $y = a x$	(4) $y = a x + b$
(5) $\frac{1}{y} = a$	(6) $x + y = a$		

答文 ②, ③, ④ \*

1. 誤答例: 式例から、置きかたの間違い、同値関係の誤り。

2. 誤答例: 表の置数とyの値の対応の誤り。

3. 誤答例: ① X 置数の置

4. 誤答例: 式例の一般式  $y = a x + b$  の置数とyの値の対応の誤り。

表 8

#### 4. 診断方法と診断基準について

本システムでの、上位目標、下位行動目標、診断問題、診断基準、メッセージ、類題、学習プリント番号、学習コースウェア番号、学習ビデオ番号の構造は次のようである。

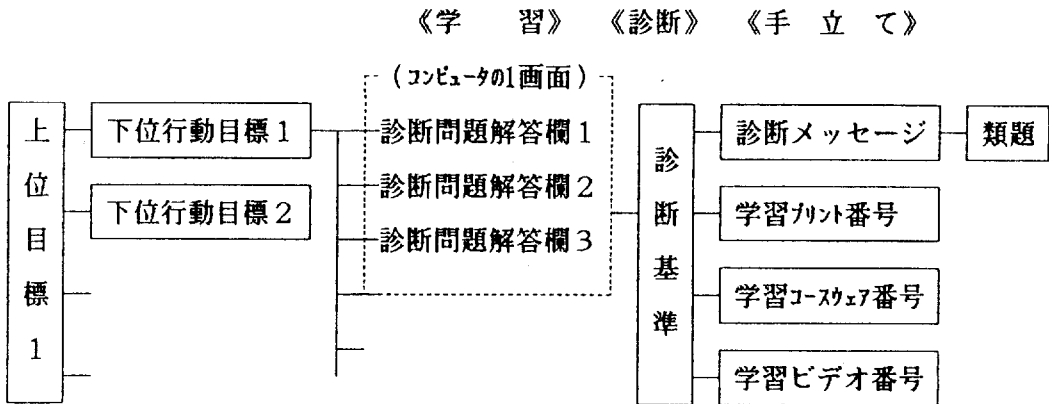


図 4

児童生徒の入力した答えの結果から、その児童生徒に応じた手立てとして、診断メッセージ、類題、学習プリント番号、学習コースウェア番号、学習ビデオ番号をプリントアウトするには、目標分析を基に、何番の問題が正誤であるかによって診断することが必要である。

診断基準に次の2つのパターンを設定し、問題によって使い分けられるようにした。1つは [正誤パターン] であり、もう1つは [正答率パターン] である。

きめ細かい診断を必要とする箇所は正誤パターンを使い、総合的な診断が必要なときは正答率パターンを使用した。

##### (1) 正誤パターン

	診断問題番号	メッセージ番号		学習プリント番号	学習ビデオ番号	学習コースウェア番号	教師
	5 6 7 8 9 0 1 2 3	NO.1	NO.2				
正誤パターン	0 0 0 0 0 0 0 0 ×	501	502	T2007P			0
1	0 0 0 0 0 0 0 × ×	503	504			T2007C	0
2	0 0 0 0 0 0 × × ×	503	504	T2007P	T2007V	T2007C	0
3	0 0 0 0 × 0 × 0	505		T2007P			0
4	0 0 0 × 0 × × × ×	506	507		T2008V		0
5	0 0 × 0 × × × ×	508		T2008P	T2008V		0
6	0 0 × ×					T2007C	0
18その他	× × × × × × × × ×	509 511	510 512	T2010P	T2009V		1

図 5

上の図のように、診断基準とメッセージ・学習プリント・学習ビデオ・学習コースウェアの関連をコンピュータに入力する。



(2) 正答率パターン

	正答率 (%)	メッセージ 番号		学習 プリント 番号	学習 ビデオ 番号	学習 コースウ ェア番号	教 師
		NO.1	NO.2				
正 答 率 パ タ ー ン	1	0-9	601	602	T2007P	T2007V	1 1 〇 〇 〇 〇 〇 〇 〇 〇
	2	10-19	603	604		T2007V	
	3	20-29	603	604	T2008P	T2008V	
	4	30-39	605	607			
	5	40-49	606	607	T2009V	T2007C	
	6	50-59	608	610			
	7	60-69	608	612	T2010P		
	8	70-79	609	610			
	9	80-89	611	612			
	10	90-100	613				

図 6

(1)の正誤パターンと同じように、上の図のように、診断基準とメッセージ・学習プリント・学習ビデオ・学習コースウェアの関連をコンピュータに入力する。

この他の診断基準のパターンとして、実際の児童生徒の解答によって診断を行う「応答反応パターン」を考えているが、フロッピ容量の制限から、これは本システムのバージョン2の機能で設定しようと考えている。

5. 診断メッセージと類題について

1つの診断メッセージには、2つまでの類題を設定でき、児童生徒の診断結果に応じたメッセージと類題がプリントアウトされる。これにより、児童生徒への即時応答（手立て）が可能になると考える。類題の登録については、文字だけの場合、ワープロ機能で作成でき、図形を含んだ場合はスクリーンエースで作成できるように設定してある。

また、メッセージは、一般的な「よくできました」、「もう少し頑張ろう」といったものではなく、「問何番の問題について……………」、「……………ノートや教科書で調べなさい」といった表現を使い、自分が次に何をしたらよいか分かるようにした。

次に、メッセージの例を示す。

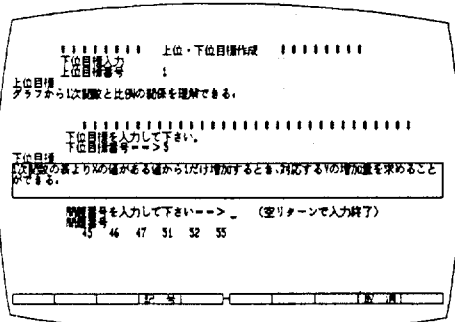
項目	診断基準 (OK・X・E)		作成済メッセージ	学習ビデオ	学習プリント	学習コースウェア	教師
	1	2					
上位問題	○	○					
1. 例題に当てはまるかどうかの判断を求めよ。	○	○	①				
	○	X	②				
	○	X	③				
	○	X	④				
	X	○	⑤				
	X	X	⑥				
	X	X	⑦				
	X	X	⑧				○

表 9

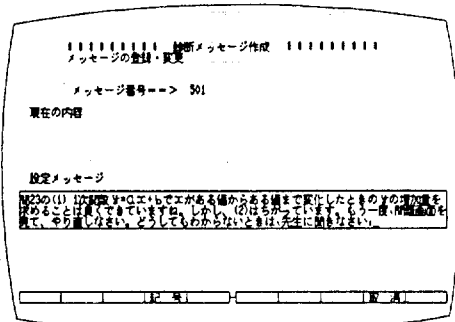
## 6. 学習診断システムのコンピュータ画面

次に、いくつかの学習診断システムの実際のコンピュータ画面（ハードコピー）を示す。

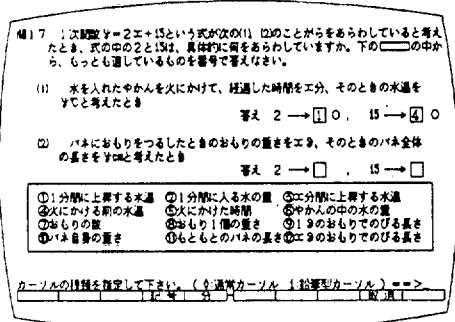
### ・下位行動目標入力画面



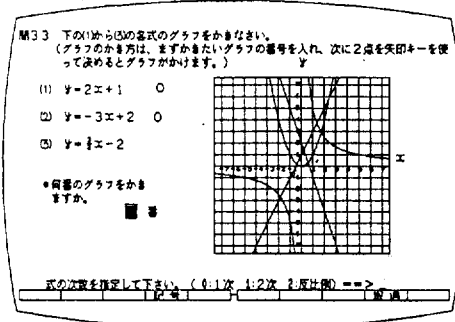
### ・診断メッセージの入力画面



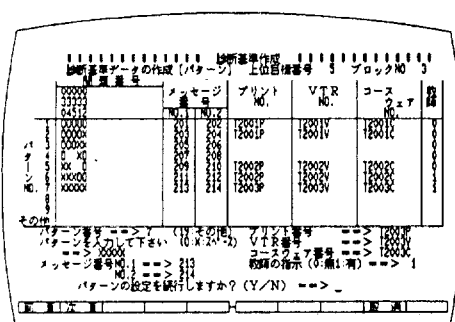
### ・カーソルの形状指定画面



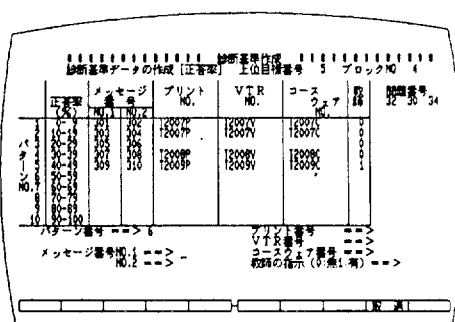
### ・正答グラフの指定画面



### ・診断基準入力画面（正誤パターン）



### ・診断基準入力画面（正答率パターン）

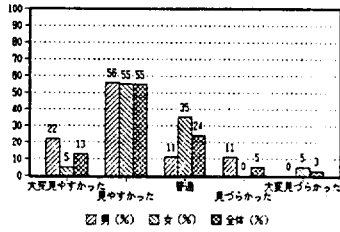


## 7. 学習診断システムの検証

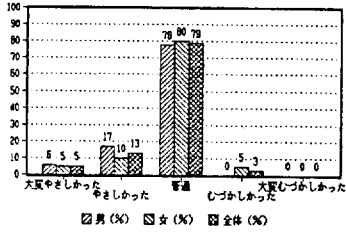
平成元年2月14日に川崎市立東高津中学校の2年生（1クラス）に実際に本システムを使って学習をしてもらい、システムの検証を行った。また、学習後、生徒に対してアンケート調査を行った。

なお、本システムを使用する際のキー操作やフロッピーの差し替え練習のための授業を事前に一度行った。そのアンケート結果と考察を次に示す。

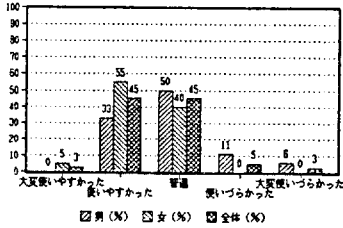
問1.画面に出てきた字は見やすかったか



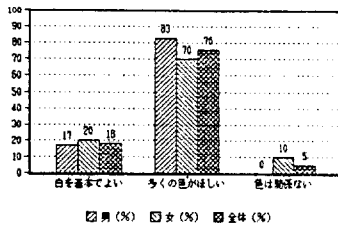
問2.画面に出てきた問題はどうか



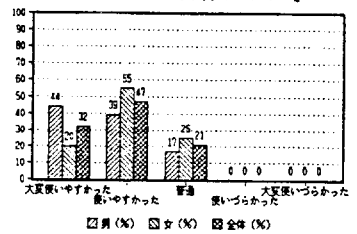
問3.キーの操作はどうか



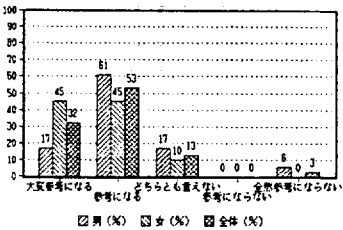
問4.画面の字の色はどうか



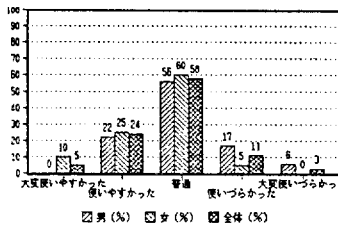
問5.グラフの入力について



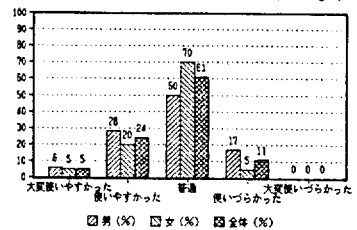
問6.メッセージと類題はどうか



問7.記号キーの使い方はどうか



問8.分数の使い方はどうか



各問についての結果は上のグラフのようである。このアンケートから言えることは、画面に表示された問題の見やすさに関して、中学校の場合、全て文字の大きさを全角で統一したが、生徒にとっては、我々が心配していたより見やすかったという感想が多かった。しかし、目の疲れなどを考慮した時、なるべく少ない文字数で大きな文字にするといった努力は必要であると考えられる。

また、画面中の文字の色は白を基本としたが、ほとんどの生徒が「もっと、色を使って欲しい」という感想をもっており、我々が考えるより、多色の中からも欲しい情報を読み取ることができるようである。なかには、「音を出して欲しい」という意見もあった。グラフ入力の方法については大変好評であり、メッセージ・類題のプリンタからの出力についても、「参考になる」、「大変参考になる」といった感想が大半をしめた。分数キー、記号キーについては、システムの使い方の練習が1回という事から考えると、現状の操作方法で十分、使用に耐えると考えられる。

しかし、フロッピィ差し替えについては、現システムでは学習終了後、診断に移る際、2回の差し替えが必要であり、その操作に戸惑う生徒も多くいた事は確かである。システムの統合をはかり、1回の差し替えで済むようにし、操作性の向上を図りたいと考える。

## IV 研究のまとめと今後の課題

2年間の本研究の柱は、大きく分けて2つあった。1つは、学習診断システムの開発であり、もう1つは、関数領域での診断問題の作成であった。このように、限られた期間の中でシステム開発と同時に、システムの中身である診断問題の作成も行ったわけであるが、当初の机上でのシステム開発構想にほぼ近いものが開発できた。

学校教育のサイクルであるPlan・Do・Seeについて、コンピュータ利用をみたとき、授業設計、授業改善といったPlan、およびコンピュータを使っての授業(CAI)といったDoに関する研究、実践は多くの研究機関、学校ですで行われている。しかし、評価、診断といったSeeに関しては限られた単元で研究しているところはあるが、本システムのような処方まで含めた診断・児童生徒の学習に視点をおいたここまで大きなシステムはないように思う。

本システムの開発により、コンピュータを利用したPlan・Do・Seeのサイクルが確立できたと考えよう。

また、システム開発の中で、汎用性に重点を置いてきた。これにより、他領域、他教科での利用が可能であると考えている。

本研究の今後の課題と問題点は、次のようである。

1. 1台のコンピュータがあれば、機能できるように、フロッピーベースでの運用を第1に考え開発してきたが、大きなシステムのため、フロッピーの差し替えなどを考えると、ハードディスクでの運用がのぞましい。これからの学校へのコンピュータ導入にあたっては、40メガ以上のハードディスクが標準で装備されることが必要であると考えている。
2. 診断結果に基づいた処方(指針、手立て)として、学習が終わった段階でプリントアウトされる診断メッセージおよび類題については本研究で開発するが、学習プリント、学習コースウェア、学習ビデオについては、数本開発した試作例を示すまでにとどめる。しかし、今後、時間が許す範囲で、開発をしていきたいと考えている。
3. 診断方法について、本システムでは、正誤結果のパターンと正答率のパターンの2つの診断基準をもっているが、児童生徒が入力した答えよっての診断を可能にする応答パターン指定ができるようにしたいと考えている。現時点では、バージョンアップの形で本システム第2版で、開発する予定である。
4. 情報処理 - Iの研究会議で今、研究・開発を行っている教育用ソフト教材データベースとの連携も今後考えていきたい。
5. コンピュータが1台しか導入されていない学校でも、本システムが使用できるようにしたいと考えている。その1つの方法としては、本システムにのっている診断問題をプリントで行い、まるつけは担当の教師がし、正誤の結果を1台のコンピュータから児童生徒の個人ファイルに直接書き込むことで、本システムが使用可能になると考えている。

## ・参考文献

- |                 |   |                |
|-----------------|---|----------------|
| 佐藤 隆博           | 「授業設計と評価のデータ処理技法」                       | 明治図書，1986年     |
| 佐藤 隆博           | 「S-P表の作成と解釈」                            | 明治図書，1975年     |
| 金井 達蔵，石田 恒好     | 「教育評価の技術」                               | 図書文化           |
| 梶田 毅一           | 「ブルームの理論に学ぶ」                            | 明治図書，1986年     |
| 水越 敏行           | 「個を生かす教育」                               |                |
| B. S.ブルーム，梶田 毅一 | 「個人特性と学校学習」                             | 第一法規           |
| 加藤 幸次           | 「個別化・個性化，実践に学ぶ」                         | 明治図書，1985年     |
| 池田 央            | 「テストで能力がわかるか」                           | 日経新書           |
| 中嶽 治磨           | 「授業の最適化研究入門」                            | 明治図書，1980年     |
|                 | 「学習情報研究 8月，9月号」                         | 学習情報研究所        |
|                 | 「個別資料作成システムの利用方(1)(2)学習評価結果の入力と個別資料の出力」 | 岐阜大            |
| 福森 信夫           | 「生徒が意欲的に学ぶ数学の授業④⑤⑥（関数編）」                | 明治図書           |
| 片桐重男，古藤怜，平岡忠    | 「数学科基礎・基本の体系的指導中1～中3」                   | 明治図書，1984年     |
| 大野清四郎，福森信夫      | 「中学校数学科指導細案1年～3年」                       | 明治図書，1985年     |
|                 | 「新，中学校数学指導講座(4)関数」                      | 金子書房，1978年     |
| 雨宮 正彦           | 「教育はコンピュータを必要とするか」                      | エム・アイ・エー，1985年 |
| 堀口 秀嗣           | 「コンピュータと教育情報処理」                         | 東京書籍，1987年     |
| 芦葉 浪久           | 「コンピュータの学校教育利用」                         | 東京書籍，1987年     |
| 中山和彦，木村捨雄，東原義訓  | 「コンピュータ支援の教育システムCAI」                    | 東京書籍，1987年     |
| 西之園晴夫           | 「コンピュータによる授業設計と評価」                      | 東京書籍，1987年     |
| 後藤 忠彦           | 「コンピュータと教育情報システム」                       | 東京書籍，1987年     |
| 芦葉 浪久           | 「CAIコースウェア作成技法」                         | 東京書籍，1987年     |
| 中山和彦，東原義訓       | 「未来の教室，CAI教育への挑戦」                       | 筑波出版会，1986年    |
| 川崎市教育委員会        | 「学習指導評価の資料（算数編）」                        | 川崎市小学校教育研究会    |
|                 | 「— 観点別学習状況評価について —」                     | 1977年          |
| 川崎市教育委員会        | 「学習指導評価の資料（数学科）」                        | 川崎市中学校教育研究協議会  |
|                 | 「— 観点別学習状況評価について —」                     | 1977年          |
|                 | 「小・中学校学習指導要領」，「教育課程実施状況調査研究と達成度調査」      | 文部省，1984年      |

## ・指導助言者

- |                   |         |             |         |
|-------------------|---------|-------------|---------|
| 国立横浜大学助教授（専門員）    | 大島 聡先生  | 川崎市立西御幸小学校長 | 市川 道夫先生 |
| 川崎市立藤崎小学校長        | 中嶋 肇先生  | 川崎市立向丘小学校長  | 今野 実先生  |
| 川崎市立白山中学校長        | 石井 栄一先生 | 川崎市立田島中学校長  | 矢吹 勝弥先生 |
| 川崎市立中原中学校長        | 石田 啓一先生 | 川崎市立東高津中学校長 | 根岸 茂先生  |
| 川崎市総合教育センター第1研究室長 | 石川一雄    |             |         |