



Title	教育とコンピューター
Author(s)	司馬, 正次
Citation	北海道大学教育学部産業教育計画研究施設研究報告書, 10, 1-50
Issue Date	1971-07-20
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/88001
Type	bulletin (article)
File Information	vol_10.pdf



[Instructions for use](#)

北海道大学教育学部 産業教育計画研究施設

研究報告書 10

教育とコンピューター

1971. 7

北海道大学教育学部産業教育計画研究施設

教育とコンピューター

司馬正次

目 次

教育とコンピューター

1. 序	1
2. 教育情報のコンピューター処理	1
3. 教育におけるシミュレーションの応用	22
4. コンピューターによるプロブレム・ソルビング	39

序

文

1970年代、好むと好まざるとにかかわらず、教育がコンピューターと何らかのかかわりを持つことを避けるわけにはいかないであろう。わが国では「教育とコンピューター」という場合、ともすると教授学習過程でのコンピューターの利用といった狭い意味にとられがちである。狭い意味でのコンピューターによる教育（Computer Assisted Instruction、略称CAI）は1958年のIBMでの開発着手以来、米空軍、BB&N社、SDO社、イリノイ大学などで開発研究がすすめられてきた。わが国においても電気試験所が先鞭をつけ、日立製作所、日本電気、東京芝浦電気および松下通信工業が協力して共同開発を行っている。しかし、学習者と計算機の間の情報交換機能の不足が大きな障害になつておりまた経済性の問題も、いまずぐ簡単に解決しうるとはみえないのが実情である。

だが反面、教育には広い意味でのコンピューターの適用が可能な、またそれが大きな威力を発揮しうる場が多く残されている。学校管理・学級管理の業務がそれである。

筆者 司馬正次助教授は、1969年8月以降「米国とアジア諸国における労働の質の国際比較研究」のためハーバード・イエンチエン研究所に出張中であるが、彼はまたオペレーション・リサーチやコンピューターの利用についても造詣が深く、このほどアメリカでの教育におけるコンピューターの利用状況についての報告書を寄せてきた。さきにも述べたように、教育におけるコンピューターの利用といえはすぐCAIだけが考えられがちであるが、もつと地道にコンピューターの利用を検討してみる必要がある。その意味において、本施設の研究報告書として公けにすることも、現在のわが国においては一つの意義を持つものと思う。

1971年5月

北海道大学教育学部

産業教育計画研究施設長

原 正 敏

1 序

1970年代の前半は日本の教育界にコンピューターが急速に導入される時期となるであろう。この際つぎの2つの点が、強調されなければならない。

第1は教育とコンピューターとの関連について巾広い視野のもとにたつこと。第2は、それについて現実的な認識を持つことである。

第1についていうなら、教育におけるコンピューターの利用すなわち Computer Assisted Instruction (C A I) といった短絡的な考えは、極わめて危険である。教育へコンピューターの健全な適用を妨げる以外の何物でもない。教育の全過程を広く見渡し、より効率的なコンピューターの利用領域を見出す態度こそ必要といえる。

また第2については、“可能なこと”についての多元的な考えの必要性を意味している。すなわち、将来可能なことか、現在すでに可能なことか、しかもそれが現在技術的に可能なことか、あるいは費用的にみても可能なのかといった観点が常に大事である。

とかくコンピューターの関係する世界は皮肉なことに神話が巾をきかせやすい領域である。神話は、夢の世界だけで充分である。現実の仕事をするためには有害無益のものといつてよい。

本稿では、米国におけるコンピューターと教育との関連を三つの異なつた領域からの実例によつて示す。それは夢ではなく、実際に日常のルーティンとして行なわれている事実である。これをみて、現状での教育におけるコンピューターの役割に失望するか、あるいは希望を見出すかは読者により分かれる所であろう。

しかしながら、繰り返すが1970年代の前半には、同種の変化が我国にも生じるのは確かである。米国の実例を日本の教育界にどう生かすかは、我々に与えられた課題といえるのではなからうか。

2 教育情報のコンピューター処理

学校の行事は1年を周期としてくり返される。同様に生徒に関する情報も年を周期として作られまた改訂されていく。

学校運営の観点よりその情報処理を眺めるなら3つの分野に分かれる。

1. クラス編成および時間表の作成
 2. 出席簿の管理
 3. 学籍簿および成績表の作成
- である。

もちろんこれ以外にも他官庁からの調査や各種統計表の作成や備品管理などの業務もあるだろう。それらも含めて学校運営に関する事務情報の量はきわめて多い。

これらの分野にコンピューターを導入し学校関係者をその負担より開放しようという試みが、米国では Educational Data Processing (以下 Ed. D. P と略す) の名のもとに1960年代の始めより積極的に進められてきている。

ボストン市の近郊にあるウエスティングハウス・ラーニング・コーポレーション (W L C と略す) はこの分野における代表的な企業である。米国東部からカナダにかけて約200にのぼる市町村の学校群がこの企業によつて生徒の教育情報を処理している。

たとえば、時間表の作成に関しては年間 25 万名、成績表、学籍簿については年間延 48 万名、出席統計については年間延 120 万名の児童のデータが処理されている。

まさに W L C 社での Ed・D・P の内容こそ米国における学校事務へのコンピューター適用の典型といつてよい。これを例にとり教育情報処理（Ed・D・P・）の実態を眺めてみよう。

2-1. 生徒基本ファイルの作成

Ed・D・P の基本となるのは、生徒個人別の基本ファイルである。クラス編成、成績表、出欠などいずれの記録を作る際にも、生徒の名前や番号、卒業予定年、クラス名などは不可欠の要素となる。それら生徒個々の情報をひとまとめにしておき、必要に応じて他の記録とつき合わせて用いるのが効率的である。これが生徒基本ファイルである。

基本ファイルの作成（および更新）の手続きは、第 1 図に示した書類を学校側で作る所より始まる。生徒 1 人当たり 1 枚づつ正確な情報が記入される。（但し第 1 図斜線記分を除く）

これは、W L C に持参され、数枚のカードにパンチされる。その後コンピューターにより卒業年、A B C 順など適当な方法に分類され、生徒一覧表がプリントされる。学校側はこのリストを点検し、誤りがあれば再び第 1 図のフォームを用いて修正の手続きをとる。

また年の途中での出入や変更の際にも、同様に第 1 図の様式により修正がなされる。

すでに述べた通り、Ed・D・P の最も基本となるのは、このファイルである。したがって、もしこのファイルが正確に維持されていないときには、その後の作業で多くの修正、変更が続出する。いかにして、このファイルが現状を正確にあらわしているようにするかが一番の問題といえる。

事実、W L C の例をみても、学校側とデータ処理センターとの関係で最も苦勞するのがこのファイルを正確に維持することであるとされている。多くの学校は、ややもすると、この修正措置をおろそかにし、結果としてあとで無駄な手数を多くひき起している。洋の東西を問わず人間とコンピューターとが接触する際に生ずる問題点は同じようだ。

WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION
STUDENT ENTRANCE & UPDATE FORM

Student ID Number (1-5) _____ School Code (6-7) _____
Type of Student Information New _____ Update _____ Date Submitted _____

	PCR	SEU	
STUDENT ID	1-5	01	
SCHOOL CODE	6-7	02	
STUDENT NAME	8-25	8-29 03	
STUDENT HOUSE NUMBER		30-33 04	
ADDRESS ALPHA		34 05	
STREET		35-49 06	
ZIP CODE		50-54 07	
TELEPHONE NUMBER		55-61 08	
DATE OF BIRTH		62-67 09	
YEAR OF GRADUATION	26-27	68-69 10	
HOMEROOM	28-31	70-73 11	
COUNSELOR	32	74 12	
HOUSE	33	75 13	
JUNIOR HIGH CODE		76 14	
REG'L HIGH CODE		77-78 15	
SEX	34	79 16	
CONTROL '5'		80	5
PARENT/GUARDIAN NAME		8-27 17	
PARENT/GUARDIAN ADDRESS		28-45 18	
PLACE OF BIRTH		46-65 19	
DAY OF E/W		66-67 20	
MONTH OF E/W		68-69 21	
CURRENT 'E' STATUS		70-71 22	
CURRENT 'W' STATUS		72-74 23	
PREVIOUS CREDITS		75-79 24	
CONTROL '8'		80	8
DAYS PRESENT-Q1		25	
DAYS PRESENT-Q2		26	
DAYS PRESENT-Q3		27	
DAYS PRESENT-Q4		28	
DAYS ABSENT-Q1		29	
DAYS ABSENT-Q2		30	
DAYS ABSENT-Q3		31	
DAYS ABSENT-Q4		32	
TIMES TARDY-Q1		33	
TIMES TARDY-Q2		34	
TIMES TARDY-Q3		35	
TIMES TARDY-Q4		36	
TIMES DISMISSED-Q1		37	
TIMES DISMISSED-Q2		38	
TIMES DISMISSED-Q3		39	
TIMES DISMISSED-Q4		40	
ZIP ADDRESS STATE		41	
CITY/TOWN		42	
SIMPLE SUM		43	
WEIGHTED SUM		44	
SUM OF WEIGHTING FACTORS		45	

FOR PCR
USE ONLY
15 COURSES

35-37	
38-40	
41-43	
44-46	
47-49	
50-52	
53-55	
56-58	
59-61	
62-64	
65-67	
68-70	
71-73	
74-76	
77-79	

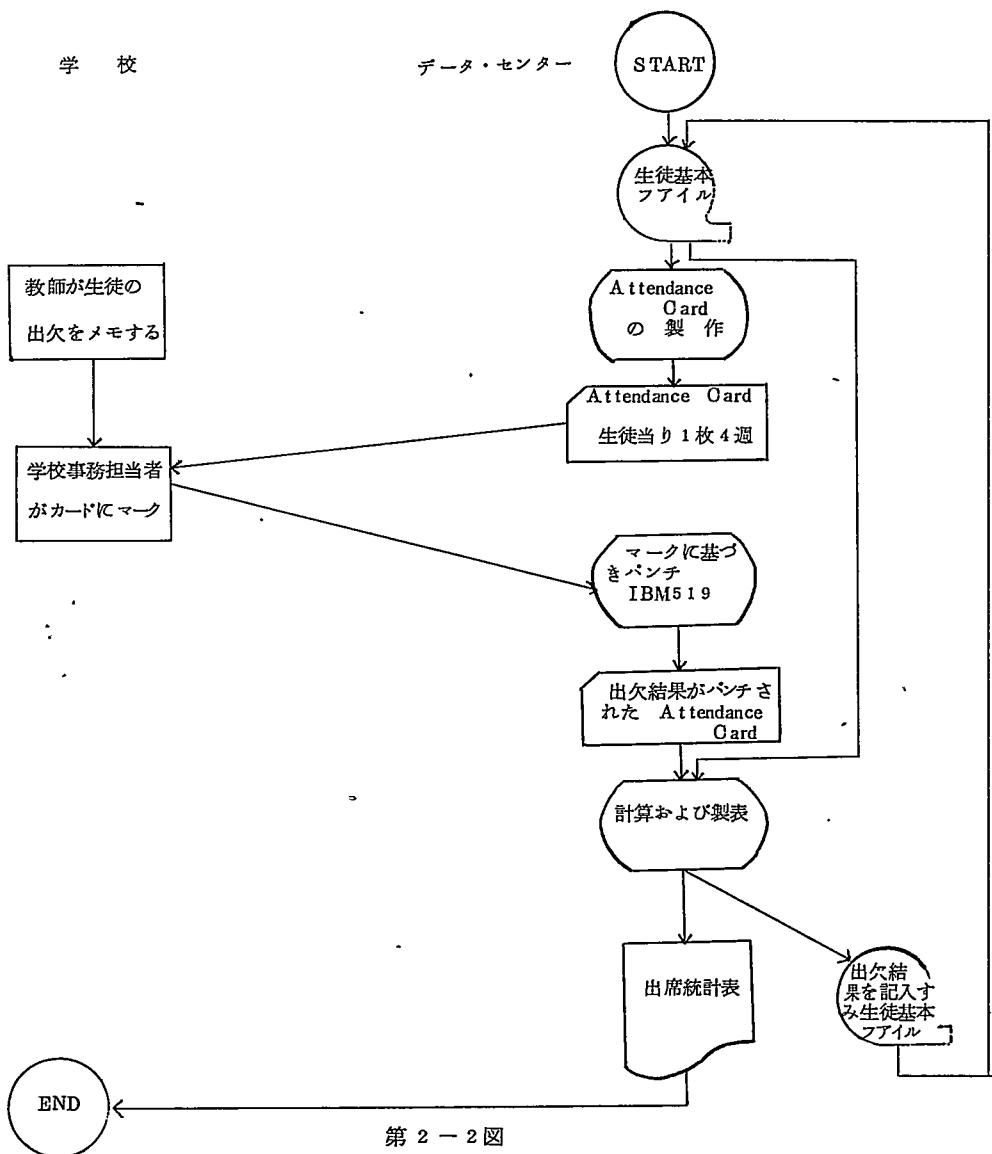
FORM WN2 1970

2-2. 出席統計の処理

Ed.D.P.のうち最も簡単であり早くより行なわれたのが出席統計の処理である。マサチューセッツ州を始め米国の多くの州では法律により毎月末に生徒の出欠統計を提出することが義務づけられている。したがってコンピューターの導入以前には、どの学校でも月末の金曜日は夜遅くまでその処理に追われるのが常であつた。

コンピューターによる出欠統計の処理は教師および学校事務関係者よりこの苦勞を完全に取り余いた。と同時に多くの教師達にコンピューターの効用を認識させるのに効果があつたといわれている。

出席統計処理の出発点は生徒基本ファイルである。(第2-2図参照)そのファイルに基づき、第2-3図のような生徒個人別の出席カードが作られる。出席カードには生徒名など必要事項はあらかじめパンチおよび印字されており、4週間分の出欠が記入できるようになっている。したがって4週間に1度ずつデータ・センターと学校の間をカードが往復することになる。



第2-2図

ATTENDANCE REGISTER

REPORT OF

STUDENT NAME HR

PERIOD BEGINNING 09/01/69

ENDING 09/26/69

REPORT OF STUDENT NAME		HR	YOG	SEX	1st WEEK					2nd WEEK					3rd WEEK					4th WEEK					MONTHLY					QUARTER					YEAR TO DATE					
					M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	P	A	M	T	D	P	A	M	T	D	P	A	M	T	D	
					09 / 01					09 / 00					09 / 15					09 / 22					P	A	M	T	D	P	A	M	T	D	P	A	M	T	D	
17765	CONWAY WILLIAM G	203	71	1	X	X																180		180			180		180		180		180		180					
18384	CORSETTI STEPHEN E	203	71	1	X	X																150	30	180			150	30	180		180		180		180					
18521	CORSO SANDRA	203	71	2	X	X	/	/	D													130	50	180	30	30	130	50	180	30	30	180	50	180	30	30				
18656	COSTELLO MICHAEL	203	71	1	X	X	A	A	A			T	D	D	A	A	A					150	30	180			150	30	180		150	30	180							
18867	COULES RENEE	203	71	2	X	X																180		180			180		180		180		180		180					
18978	COUTOMAS GEORGE A	203	71	1	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
19076	COYLE CHRISTINE	203	71	2	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
19619	CRISAPI JOAN E	203	71	2	X	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N						80		80			80		80		80		80		80					
19671	CROMELL CYNTHIA	203	71	2	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
20260	CUNIO NANCY	203	71	2	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
20466	CURRAN STEPHEN	203	71	1	X	X																180		180			130		180		180		180		180					
20560	CURRO PAULA	203	71	2	X	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N						80		80			80		80		80		80		80					
21073	DAHER SALEH JR	203	71	1	X	X	/	/	D			T	D	D	A	A	A					130	50	180	30	30	150	30	150	30	30	130	50	180	30	30				
21152	DALEY MICHAEL	203	71	1	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
21203	DANE KENNETH	203	71	1	X	X	A	A	A													150	30	180			150	30	180		150	30	180							
21999	DEDELLA DONNA M	203	71	2	X	X	/	/	D			T	D	D	A	A	A					130	50	180	30	30	130	50	180	30	30	130	50	180	30	30				
22108	DEGIACOMO GEORGE	203	71	1	X	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N						80		80			80		80		80		80		80					
22035	DELANDIS BEVERLY	203	71	2	X	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N						80		80			80		80		80		80		80					
22456	DELANEY EILEEN	203	71	1	X	X	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N						80		80			80		80		80		80		80					
23009	DEMORE BARBARA	203	71	2	X	X																180		180			180		180		180		180		180					
23915	DESTEPAND FRANK	203	71	1	X	X	/	/	D			T	D	D	A	A	A					130	50	180	30	30	130	50	180	30	30	130	50	180	30	30				
		PRESENT	ABSENT		MEMBER		TARDY		MEMBER		TARDY		DISMISSED		A.D.A.		A.D.M		%ATT.		SESSION DAYS		PUP ILS		W/D															
MONTHLY TOTALS		423.0	65.0		488.0		21.0		488.0		21.0		21.0		23.50		27.11		86.63		13.0		21																	
		PRESENT	ABSENT		MEMBER		TARDY		MEMBER		TARDY		DISMISSED		A.D.A.		A.D.M.		%ATT		SESSION DAYS																			
QUARTER TO DATE TOTALS		423.0	65.0		488.0		21.0		488.0		21.0		21.0		23.50		27.11		86.63		13.0																			

NEWENGLAND EDUCATIONAL DATA SYSTEMS

a division of WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

務の処理手順は大略第 5 図のようにまとめられる。

学年の始まる 9 月になると W L C は、成績表の作成方法について学校側と契約を結ぶ。つまりどのような形の成績表をえらぶか、またどのような統計表を必要とするか、またどのような計算方法により学年の総合点を求めるかなどこまかく決められる。この際注目に与いする点がある。米国の学校はひとつひとつ個性が強く、成績表に用いる記号にしても数字であつたり、A B C であつたりする。W L C は、学校側の要望に合わせるべく、11 種にものぼる異なつた成績表のフォームを用意している。学校側の持つ個性をなるべく生かすことを基本として処理されているのである。

成績表の体裁と内容が定まつたら、データ・センターにおいてコース・カードと成績カードが作られる。前者は、教師別授業課目毎に 1 枚ずつ作られ教師へわたされる。また成績カードは、生徒 1 人当り 9 枚～11 枚位の割で作られる。もし学校がアルファベットによる成績表をとるとしたら、第 6 図のようなカードが用いられ、それに生徒名、番号があらかじめパンチされて生徒にわたされる。そして学期が始まると生徒は、受講する課目の教師に自己の成績カードをわたす。教師は成績カードを保管して成績を^{注)}マークする。

注) 米国の高校は 10 週間づつ 4 つの学期に分かれる。

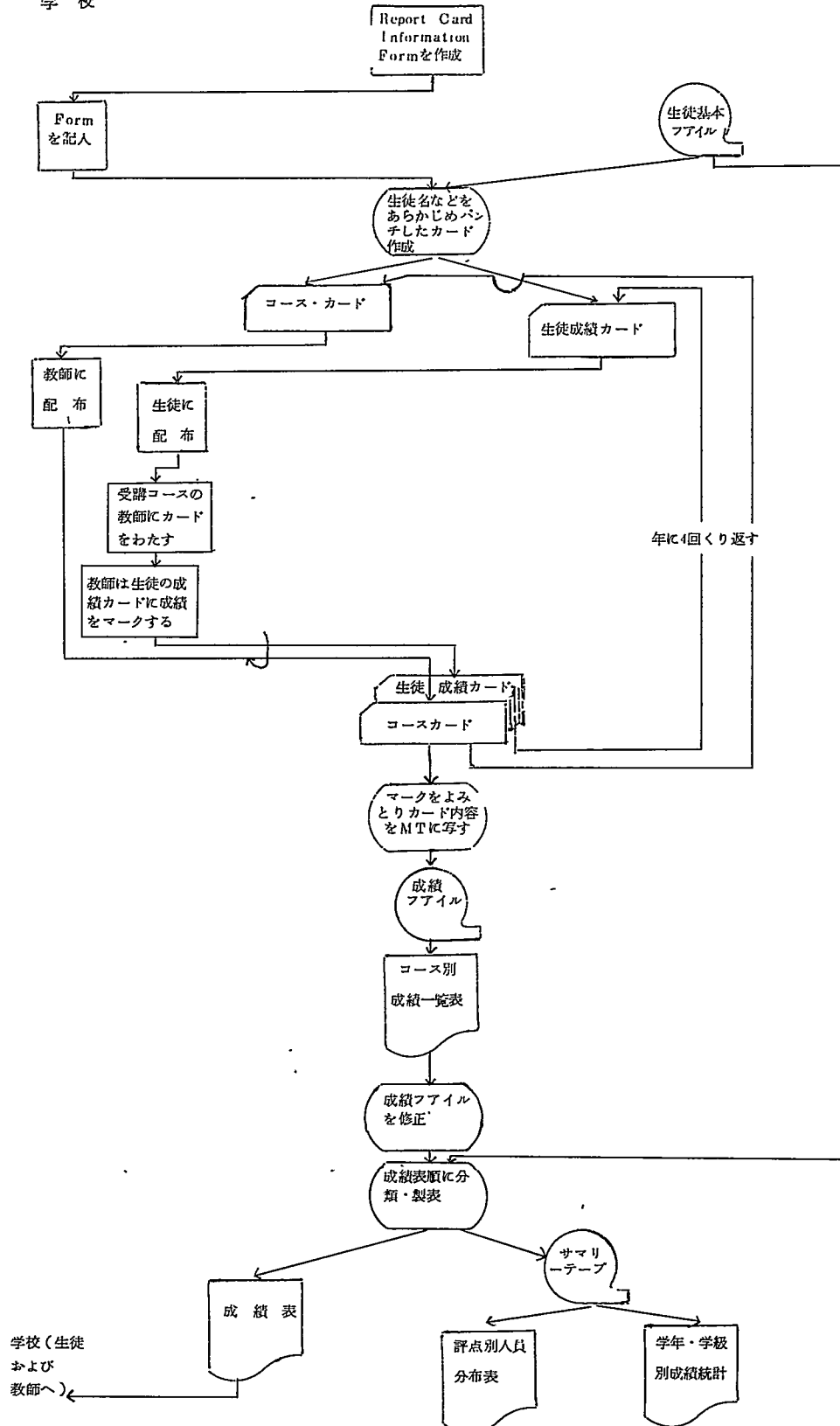
成績がマークされたカードは、コース・カードと共に W L C へ持参され成績表の作成が始まる。まず第 1 の処理は、マークされているカードの内容をそのまま磁気テープに移し成績ファイルを作る仕事だ。この手続きは、出席統計の処理の際、マークカードをパンチカードに変換したのと全く同じ意味を持つ。つまり、通常の電子計算機に直接よみこませることが可能な媒体に変えるのである。

成績ファイルは、コンピューターにかけられ、まず第 7 図のようなコース別成績一覧表が印刷され学校へ送られる。これは成績カードにしばしばある記入ミスや脱落を防ぐための措置だ。こうして完全な成績ファイルが出来上つたら、あとは、生徒基本ファイルとつぎ合わせ、成績表の印刷順に分類される。そして個人別の成績表が打ち出される。(第 8 図にその一例を示す)

また同時に、生徒別成績の要約(サマリ)が別の磁気テープに書き出される。学校側が必要な種々の成績統計は、このサマリーテープを用いて作られる。例えば評点別人員分布表、学年別、学級別の平均点などが通常印刷される。

このようにして、第 1 学期の成績表の作業が終わると、成績カードは、コースカードと共に再び学校へ帰される。そしてつぎの学期の成績のマークに用いられる。このようにして 4 つの学期が終り学年末の 6 月になると成績表や成績統計に加えて永久保存用の成績表が作られる。これは、第 9 図のように個人別に分かれ、裏面に糊のついている紙に印刷される。そして、その年間に生徒が得た課目、平均成績、単位などが印刷され、学校側は所定の帳簿に、このラベルをはりつけ永久に保存するわけだ。

学 校



第 5 図

PUPIL NO.	PUPIL NAME	SCHOOL CODE	YOG	HOMEL-ADM	SEX	HOUSE	CSUR	SECTION	CREDITS
00000									
00001									
00002									
00003									
00004									
00005									
00006									
00007									
00008									
00009									

第 6 图

CLASS LIST FOR PROGRESS HIGH SCHOOL SCHOOL CODE-T7 PERIOD-4 DATE-10/02/69 PAGE- 1
 COURSE TITLE-ENGLISH II COURSE- 121 SECTION- 0375 TEACHER-HAYDEN ALTIE TCH. NO.-135 ROOM- 7
 SEMESTR MEETING-GH CURR. LEVEL-1 GPA WT. FACTOR- 02.000 CREDIT- 02.00

PUPIL NO.	PUPIL NAME	HMRM	YOG	COUNSELOR	PRD 1	PRD 2	FINAL	PRD 3	PRD 4	FINAL	-CREDIT
06200	BEEM PAUL	8	71	A	C-1	C+1	C+	B-2	B-1	B-	02.00
08697	BLAKE JENNIFER	6	71	A	A-1	A-1	A-	A-2	B+2	B+	02.00
10092	BOURGEOIS DANA	8	71	B	C+3	B-	B-1	B+3	B+1	B+1	02.00
21720	COWPERTHWAITTE SUSAN	205	71	B	A-2	B+	B+	B+	B+2	B+	01.00
30371	FLAHERTY KIRK	205	71	O	C-	B-	C+	A-	A-	A-	02.00
35859	GORDON DEBORA	106	71	A	A-4	B+4	B+6	A-1	B+	B+7	02.00
37719	GRESLEY MARIE	106	71	C	B+	B-	B-8	B-	B+	B+8	01.00
49905	LABRECQUE VICTOR	206	71	C	C+7	B+5	B-	B+4	B+5	B+6	01.50
55044	LEE JEFFREY	208	71	O	A-	A-	A-1	A-	A-	A-1	02.00
36788	LEMIEX ANNE	208	71	C	B-8	B-8	B-	C+8	B+8	B-	02.00
57625	LEVESQUE JERRY	227	71	O	A-	A-	A-	A-	A+	A+	02.00
63765	MOGARY DONNA	227	71	B	B+1	B+4	B+4	A-2	A-5	A-5	02.00
64788	MELCHER PATRICIA	227	71	B	A-	B-	B+1	B+	B+	B+1	01.00
69625	MULHERN RICHARD	10	71	B	C+1	B-1	B-	B+1	C+1	B-	01.00
75113	PETERSON JEAN	10	71	C	B-2	C+	C+1	B-3	B+	B+1	02.00
84508	SALLIES BETSY	222	71	C	A+	A+	A+	A+	A+	A+	02.00
87299	SMITH KAREN	222	71	B	B+2	B-1	B-	B+2	A-1	A-	02.00
88229	SPARKS RICHARD	222	71	B	B+	B-	B-2	B-	B-	B-3	02.00
93810	TRZENSKA DAVID	226	71	O	A-5	A-6	A-	B+6	A-5	A-	02.00
96175	WEIR STEVE	226	71	B	A-	B+5	B+	A-	B+5	B+	01.00
98740	WORMELL RONALD	226	71	B	B+1	A-2	A-	B+1	A-2	A-3	02.00

PUPILS THIS SECTION- 21

FIGURE 2

第 7 图

1969 - 1970

BARRETT GARY R										1970	04200	120	2	75.00			
STUDENT MR JOHN BARRETT 14 BEVERLY RD MIDDLETOWN, USA C 1760										YR GR STUDENT NO HOME ROOM COUNSELOR							
										PROGRESS HIGH MIDDLETOWN, USA				PREF CREDITS			
SCHOLARSHIP REPORT										MARKING REPORT							
COURSE		NO.	TEACHER							1ST	2ND	MID	3RD	4TH	EXAM	YEAR	
ENGLISH I 313		113	MISS BEAUPARLANT							B-1	B+2	B 3	A-4	C+5	D-6	F 7	1.00
US HIST 312		213	MR D BENNETT							B-1	D+2	B 3	A-4	C+5	D-6	F 7	1.00
U S HIST 331		233	MR GHILANI							A-1	C+2	A 3	F-4	B+5	C-6	D 7	1.00
GEOMETRY 21-14		312	MRS SEERY							F-1	B+2	F 3	D-4	A+5	B-6	C 7	1.00
CHEMISTRY 214		412	MR CROW							A-1	C+2	A 3	F-4	B+5	C-6	D 7	1.00
SPANISH 215		532	MISS FLYNN							A-1	C+2	A 3	F-4	B+5	C-6	D 7	1.00
ART 441		744	MR BUCK							F-1	F+2	F 3	D-4	A+5	B-6	C 7	1.00
GYM IIIC		003	MR LEAVITT							A-1	C+2	A 3	F-4	B+5	C-6	D 7	1.00
00.0	01.0	07.0	15.0	00.0	00.0	00.0	05.0	00.0	00.0	00.0	00.0	CREDITS TO DATE				83.00	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
DAYS ABSENT				TIMES TARDY				TIMES DISMISSED									

ATTENDANCE AS OF OCTOBER 15, 1969

BARRETT GARY R

第 8 图

02626	BALFF	KATHLEEN	A	1972	
	CNS	HSE			
TNO	SUBJ	69 - 70	OND	YR	CR
622	ENGLISH	II	143	B	5.00
841	PUB	SPEAKING	171	B	1.00
822	SPANISH	II	237	C	5.00
655	GEOMETRY		355	B	5.00
855	COL	BIOLOGY	443	C	5.00
712	HOME	EC I	735	B	5.00
791	GIRLS	GYM SOPH	002	C	1.00
791	GIRLS	GYM SOPH	002	A	.00
ABS	TAR	DIS	P, C,		
TOT					.00
					27.00

第 9 图

2-4. 時間表の作成

米国の中学、高校の管理者にとつて最も頭の痛い仕事は、時間割の編成である。これは日本と異なり学校の内部に多くの課目があり、生徒の選択の自由がきわめて大きいことより生じる。例えば、ボストン近郊のウェイマス高校では、第10図にその一例を示すように140近い課目が開講される。生徒達は、自分の将来の志望や好みなどを考えながら、カウンセラーと相談して課目を選択していく。したがって、個人個人実に千差万別の授業の選択形態となる。

注) 代表的な都市近郊の市立の高校である。生徒数1,500名。

SUMMARY OF COURSES OFFERED - ARRANGED BY DEPARTMENT AND TYPICAL GRADE PLACEMENT				
DEPARTMENT	GRADE 10	GRADE 11	GRADE 12	UNGRADED
ART	Advanced Art I General Art	Advanced Art II General Art II Design I (Fashion Design)	Advanced Art III General Art III Design II (Home Design)	
BUSINESS EDUCATION	General Business Typing I	Bookkeeping I Business Law Typing II Shorthand I	*Clerical Office Practice *Business Math. Typing III Office Machines Shorthand II Bookkeeping II Distributive Ed.	Personal Typing Personal Short- hand
ENGLISH			*Lit. of the Utopias *Modern World Literature since 1918 *Mythology *Nature of Poetry *New Dimensions.. Black Lit. *Pub. Speaking & Theatre Arts * Shakespeare Scm. *Writing for Competency *Writing with Imagination *Writing for the Media: Journalism	*American Heritage *British Literature *Creative Writing *Debate *Faces of Lit *Film Appreciation *Fund. English *Great Lit. of Past: The Humanities *Indep. Reading - Dev. Reading Power *Indiv. Reading *Irish-Celtic Lit. Tradition *Language & Human Behavior *Lit. of Conflict *Lit. of the Sea
FOREIGN LANGUAGE	French IV (J) French I (H) Latin I Latin II Spanish I Russian I German I	French V (J) French II (H) Latin III Spanish II Russian II German II (1971-72)	French VI (J) French III (H) Latin IV Spanish III Russian III (1971-72) German III (1972-73)	

DEPARTMENT	GRADE 10	GRADE 11	GRADE 12	UNGRADED
HOME ECONOMICS	Clothing II Foods and Nutrition II Consumer Ed.	Clothing III Meal Planning & Food Prep. Chef's Course Nursery School & Kindergarten Aide Program I	Clothing IV Clothing Design Advanced Foods & Nutrition II Food Serv. for Boys Nursery School & Kindergarten Aide Program II Home Management & Family Econ.	
INDUSTRIAL ARTS	Adv. Ind. Arts I Ind. Technology I Mech. Drawing I Mech. Drawing II	Adv. Ind. Arts II (1971-72) Ind. Tech. II (1971-72) Mech. Drawing II	Adv. Ind. Arts III (1972-73) Ind. Tech. III (1972-73) Mech. Drawing III Arch. Drawing	
MATHEMATICS	Geometry Mod Algebra & Geometry Logic Geometry & Numerical Trig. Fund. of Math. Algebra I	Algebra II Mod. Geometry & Algebra II Algebra II and Trigonometry	Intro. to Analysis Mod. Alg. II and Numerical Trig. Calculus Adv. Algebra & Trigonometry	Survey of Math. Comprehensive Math
MUSIC	Music Survey	Techniques of Music Writing Techniques of Music Listening Humanities	Advanced Music Theory Music History & Literature	Band Orchestra Glee Club Chorus
PHYSICAL EDUCATION	Physical Ed. Boys I Physical Ed. Girls I	Physical Ed. Boys II Physical Ed. Girls II	Physical Ed. Boys III Physical Ed. Girls III	
SCIENCE	Biology Physical Science	Biology Seminar Chemistry Earth Science II	Chemistry Seminar Earth Science 12 Physics Physics Seminar	
SOCIAL STUDIES	*Shaping of Western Soc. *Tradition & Change in Four Societies World History Humanities *Comparative Economics *Comparative Government	Russian History Contemp. World Affairs American Studies U. S. History	*Sociology *Psychology	

ALSO: Driver Education

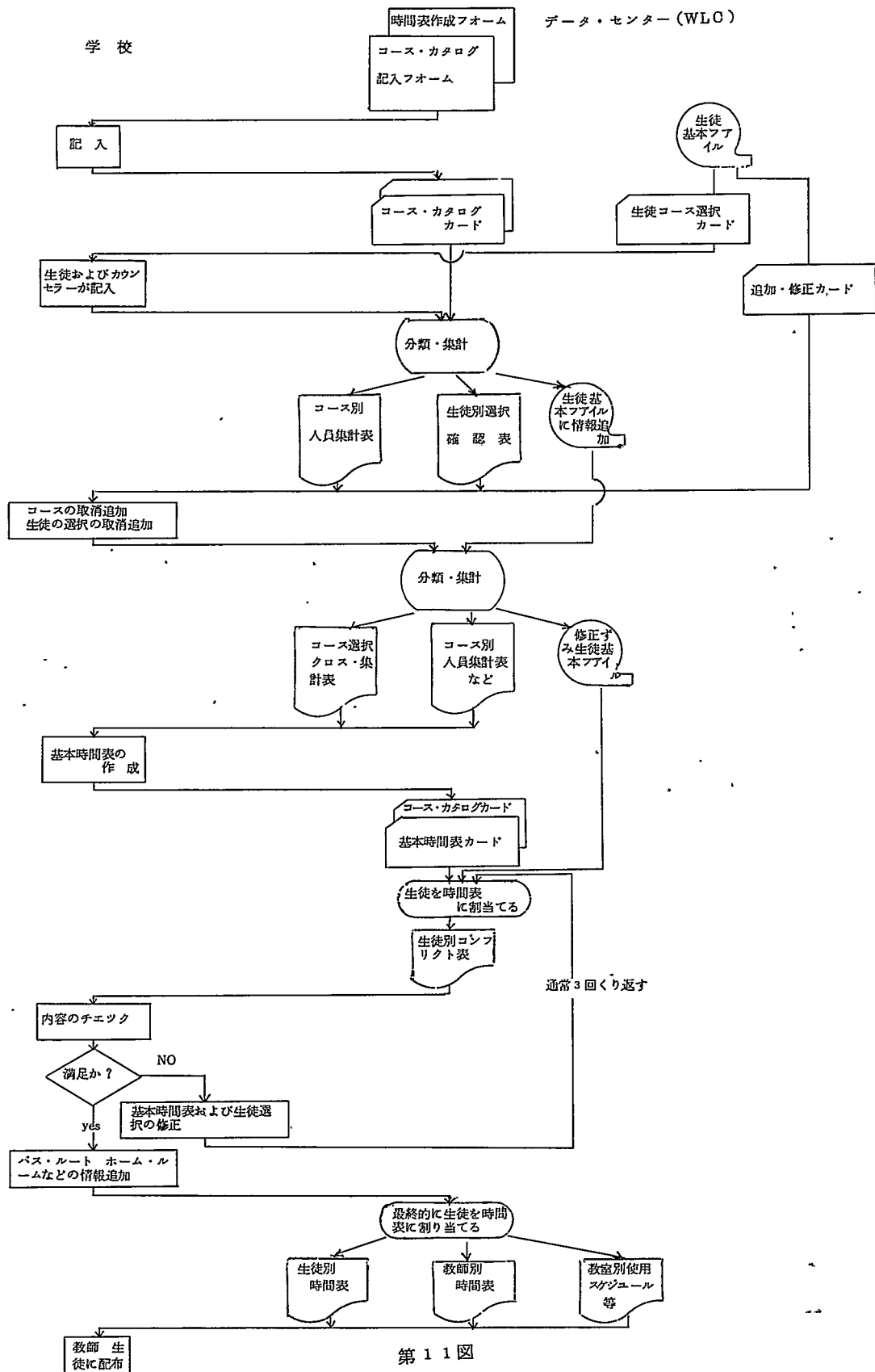
*Seminar Course

第 10 図 - 2

この互いに交錯する生徒相互の選択を可能とするような時間割を作るのは極わめてむづかしい。選択を希望する多くの課目と同じ時間に重なり合う結果（コンフリクトと呼ぶ）となりがちである。

さらに、生徒の選択以外の問題もある。ある課目は特定の教室を必要としたり、特別な時間を必要とする。また教える教師の条件もある。同一時間に同じ教師が 2 課目を教えられないことは勿論だし、適当な時間間隔が望ましい。

設備や教師などの条件よりくる制限のもとで、いかに生徒のコンフリクトをすくなくするかは時間割作製者は頭を痛めるのだ。この領域への電子計算機の導入は、学校関係者を面倒な事務労働より殆んど



第 11 図

[illegible]

解放してしまった。

第 11 図は、WLC で 1970 年に 25 万名の生徒について行なつた時間表作成作業の概念図である。新学年の開始と同時に生徒および教師は時間表が必要だ。したがつて、時間割作成作業は、学年の始まる 9 月前の夏に通常行なわれる。

まず学校側は、次の年に開講するコース（科目）や時間割のフォームなどをこまかく決める。一方データセンターでは、生徒の基本ファイルに基づいて、生徒当たり1枚ずつの“コース選択カード”（第12図）を作る。生徒は、カウンセラーと相談のうえ次の年にとる科目を決定し、所定の欄にマークをつける。

開講予定の課目と生徒の選択カードが集まったら、第1次の集計が始まる。

第13図、14図のようなコース別聴講人員集計表、生徒別の選択確認表が印刷され学校へ送られる。学校側は、コース別の人員をみて、必要ならクラスを幾つかに分割したり、また希望者の極わめてすくない科目は開講取消の措置をとつたりする。一方生徒の方は、自分の選択確認表をみて、誤りがないかを確かめると共に、もし必要なら、聴講科目の追加、取消しを行なう。

これらの修正が終った所で、基本時間表作成のための集計に入る。この際にも、さきと同様にコース別人員集計表や生徒別の確認表が印刷される。しかし、それだけでなく第15図のようなコース選択クロス集計表が学校に送られる。この集計表は2つの課題間の生徒の選択実態をあらわすもので、時間表の作成にまたとない貴重な情報を与える。たとえば、集計表のうち選択人員零のます目に注目しよう。そのような課題は、同じ時間に授業を行なっても生徒のコンフリクトは生じない。一方選択人員の多います目に該当する課題は、別の時間に開講する必要がないことを示している。

学校では、データセンターで作られたこれらの集計表を基礎に、また去年の時間表なども参考にしながら、試験的に基本時間表を作成する。課題名（番号）、教師名、開講時間、教室名、クラスの適正人員（あるいは最大と最少）などが各課題毎一定の様式で書かれデータセンターに送られる。

WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

NEW SIMPLE TALLY

COURSE NO.	REQUESTS	COURSE NAME	YOG = 70	71	72	73	74	75	S=MLE	FMLE
3	101	B PHYS ED		101					100	1
4	93	B PHYS ED	88	4					93	
5	87	B PHYS ED	1						87	
6	125	G PHYS ED		125						125
7	105	G PHYS ED	105							105
8	90	G PHYS ED								90
120	21	ENGLISH II		21					6	15
121	49	ENGLISH II		48					24	25
122	97	ENGLISH II	1	96					43	54
123	61	ENGLISH II	1	60					33	28
130	9	ENGLISH III		9					5	4
131	51	ENGLISH III	51						18	33
132	68	ENGLISH III	68						37	31
133	63	ENGLISH III	60						26	37
140	7	ENGLISH IV								7
141	45	ENGLISH IV							18	27
142	50	ENGLISH IV							20	30
143	73	ENGLISH IV							47	26
150	0	AMER LIT SEM								
152	0	READING								
220	0	READING								

第 1 3 图

COURSE REQUEST VERIFICATION

JOHNSBURY HIGH SCHOOL 1973-74

MR. & MRS EDWARD SMITH 26 APPLETON ST CLOVERDALE MASS 02132			SMITH JOHN J			
			STUDENT NAME			
			02167	23	76	25.00
			STUDENT NUMBER	COUNSELOR	GRAD	PREVIOUS CREDITS
COURSE NO.	COURSE ELECTIONS	CREDITS	COMMENTS TOTAL CREDITS 51.50 SIGNATURE OF PARENT/GUARDIAN			
023	PHYS ED	2.00				
122	ENGLISH 10	5.00				
122	DUPLICATE REQUEST					
223	WORLD HIST 10	5.00				
304	FRENCH IIB	5.00				
421	MATH 10	5.00				
522	BIOLOGY CP	4.50				
		26.50				

NEWENGLAND EDUCATION DATA SYSTEMS

第 1 4 图

COURSE	B P H Y S E D	G P H Y S E D	B P H Y S E D	G P H Y S E D	E N G L I S H I	E N G L I S H I I	E N G L I S H I I I	E N G L I S H I I I I	F R E N C H I	F R E N C H I I	F R E N C H I I I	F R E N C H I I I I	S P A N I S H I	S P A N I S H I I	S P A N I S H I I I	L A T I N I	L A T I N I I	A L G E B R A I	A L G E B R A I I	A L G E B R A I I I	G E N M A T H I	G E O M E T R Y	G E O M E T R Y	G E O M E T R Y	G E N M A T H I I
	001	002	003	004	110	120	130	140	210	220	232	240	251	261	271	310	320	410	411	412	413	420	421	422	423
001 B PHYS ED (101)	101	—	—	—	59	42	—	—	6	3	—	—	20	—	—	5	8	9	10	19	21	5	3	10	2
002 G PHYS ED (112)	—	112	—	—	59	53	—	—	3	8	—	—	19	1	—	8	4	14	7	12	27	7	2	10	13
003 B PHYS ED (80)	—	—	80	—	4	2	40	35	—	3	1	8	2	7	1	—	2	—	—	1	2	—	—	3	3
004 G PHYS ED (103)	—	—	—	103	—	3	47	53	—	5	10	10	2	4	—	—	1	—	1	—	1	3	1	2	2
110 ENGLISH I (122)	59	59	4	—	122	—	1	—	4	—	—	—	28	—	—	13	—	23	17	30	49	—	—	—	—
120 ENGLISH II (101)	42	53	2	3	—	101	—	—	5	13	—	—	12	1	—	—	14	1	—	1	1	14	5	22	18
130 ENGLISH III (87)	—	—	40	47	1	—	87	—	—	4	9	—	4	8	—	—	1	—	—	1	—	—	—	3	3
140 ENGLISH IV (88)	—	—	35	53	—	—	—	88	—	2	2	18	—	3	1	—	—	—	1	—	1	1	1	—	3
210 FRENCH I (9)	6	3	—	—	4	5	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	2	—	2	1	2	—
220 FRENCH I (19)	3	8	3	5	—	13	4	2	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	4	—	8	—
232 FRENCH III (11)	—	—	1	10	—	—	9	2	—	—	11	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
240 FRENCH IV (18)	—	—	8	10	—	—	—	18	—	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
251 SPANISH I (44)	20	19	2	2	28	12	4	—	—	—	—	—	44	—	—	—	—	14	6	8	1	4	2	6	1
261 SPANISH II (12)	—	1	7	4	—	1	8	3	—	—	1	—	—	12	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—
271 SPANISH III (1)	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
310 LATIN I (13)	5	8	—	—	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	6	2	4	—	—	—	—	—
320 LATIN II (15)	8	4	2	1	—	14	1	—	2	—	—	—	—	1	—	—	15	—	—	—	—	5	—	9	—
410 ALGEBRA I (24)	9	14	—	—	23	1	—	—	1	—	—	—	14	—	—	6	—	24	—	—	—	—	—	—	—
411 ALGEBRA I (18)	10	7	—	1	17	—	—	1	1	—	—	—	6	—	—	2	—	—	18	—	—	—	—	—	—
412 ALGEBRA I (32)	19	12	1	—	30	1	1	—	2	1	—	—	8	—	—	4	—	—	—	32	—	—	—	—	—
413 GEN MATH I (51)	21	27	2	1	49	1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	51	—	—	—	—
420 GEOMETRY (15)	5	7	—	3	—	14	—	1	2	4	1	—	4	—	—	—	5	—	—	—	—	15	—	—	—
421 GEOMETRY (6)	3	2	—	1	—	5	—	1	1	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—
422 GEOMETRY (25)	10	10	3	2	—	22	3	—	2	8	—	—	6	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	25	—
423 GEN MATH II (24)	2	15	3	4	—	18	3	3	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
424 GEN MATH II (24)	3	16	—	5	—	19	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425 GEN MATH II (27)	19	—	6	2	1	19	6	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
430 ALGEBRA II (16)	—	—	6	10	—	—	15	1	—	1	9	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
431 ALGEBRA II (21)	—	—	16	5	—	—	10	11	—	3	—	6	—	7	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
440 ADVANCED MATH (11)	—	—	6	5	—	—	—	11	—	—	—	5	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

これから以後は、コンピューターの本領を発揮する領域だ。選択カードに示された希望に基づいて、コンピューターは基本時間表に生徒一人一人を当てはめていく。そしてもしコンフリクトが生じたら、同じ課題で他の時間に開講されているものを探し、ちがった時間の組合せをいろいろ試みる。しかしそれでもなおコンフリクトが生じたら、その生徒のコンフリクトの状況をこまかく印刷していく。

その結果は、直ちに学校へ送られ、再び基本時間表の検討に移される。コンフリクトを起こしている生徒一人一人の状況を考えながら、基本時間表を修正したり、時には生徒との話し合いで選択方法を修正したりして、データセンターへ戻され再度時間表に生徒の当てはめが行なわれる。

このように時間表へ生徒をあてはめ、その結果に基づいて修正する作業は、コンフリクトが殆んどなくなり時間表が適当と判断されるまで続けられる。通常の場合3回位のくり返しでほぼ目的を達する。

満足な時間表が出来たあとは、生徒のホームルームやスクール・パスの経路などの情報が追加され最終結果の印刷となる。それは、第16、17図のような生徒および教師別の時間表であり、これに基づいて新年度の授業が開始されるのである。

2-5. 情報処理のための組織と費用

いままでWLCの例によりEd・DPの処理内容をみて来た。しかし米国のEd・DPの処理方法はWLCのような民間の計算センターによつてだけ行なわれているわけではない。種々の形態がある。

第1は、市または町の学校群が自己のデータ処理設備を持つ場合

第2は、市または町全体のデータ処理施設を学校が共同利用する場合

第3は、多くの市または町村の教育機関、学校が共同して計算センターを作り処理する場合

第4は、民間の計算センターを利用する場合である。

第1の例として、ウェイマス市の場合があげられる。同市には4つの公立中学、3つの公立高校（内1つは工業高校）がある。その全生徒6,500人についての情報処理がウェイマス高校のデータ処理室で集中処理されている。

第2の例はマサチューセッツ州ニュートン市だ。同市には、24の小学校、5つの中学、3つの高校がある。その全生徒17,000名の情報処理がニュートン高校のデータセンターで行なわれている。しかしこのセンターは学校だけでなく市のデータセンターも兼ねている。朝7時より夕方5時までが教育関係のセンターであり、それ以外の時間は市のセンターと変化する。

第3の例としてはNEEDS(New England Educational Data System)をあげることが出来る。この組織は1960年に、ハーバード大学、NESDEC、州教育庁の三者により共同で設立された非営利の法人である。以後1969年7月にその使命を終り、WLCに売りわけられるまで、学校運営の機械化に実験的な多くの試みを行なつて来た。と同時に最終時には、米国東部77市町村の学校群、年間約12万名の教育情報を日常業務として処理して来たのである。

このNEEDSの組織を買いとり、営業を始めたのが前節までみて来たWLCである。ボストン近辺には、WLCのような民間の教育情報処理センターが5社もあり、相互に競争しあっている。これらが第4の例である。

いま、各例について、用いられている設備や費用の点をみてみよう。それらは取扱い情報の量、言葉をかえれば処理する生徒数により大きく規定される。

STUDENT SCHEDULE



WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

STUDENT NAME	STUDENT NUMBER	HOME ROOM	CNSLR.	PREVIOUS CREDITS	YEAR OF GRADUATION	DATE
--------------	----------------	-----------	--------	------------------	--------------------	------

CAREY JAMES

12348

233

1971

1970-71

MR G E CAREY

11 CLARENDON RD

BELMONT HIGH

BELMONT

MASS 02178

BELMONT

MASS

COURSE	SECT.	COURSE DESCRIPTION	NO.	ROOM	TEACHER		
971	01	GUIDANCE	3		CAMERON		
442	02	MATH 3	3	110 A	MCGUIRK		
122	06	ENGLISH 4	3	234 B	ELIZ BURKE		
702	02	MECH DRAW	3	111 C	HEDEMARK		
912	04	PHYS ED	3	GYM D14	WHATLEY		
010		STUDY	3	CAF D235F245			
532	02	PHYSICS	3	210 E13F13	SIMONS		
532	02	PHYSICS	3	209 E245	SIMONS		
652	05	SOCIOLOGY	1	241 G	MACBAIN		
642	08	PSYCHOLOGY	2	241 G	MACBAIN		
TELEPHONE		DATE OF BIRTH	BUS ROUTE	LOCKER NUMBER	LOCKER COMBINATION	YEAR OF GRAD.	STUDENT NAME
						71	CAREY JAMES

STUDENT SCHEDULE



WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

STUDENT NAME	STUDENT NUMBER	HOME ROOM	CNSLR.	PREVIOUS CREDITS	YEAR OF GRADUATION	DATE
--------------	----------------	-----------	--------	------------------	--------------------	------

CARLSON ROBERT

12516

233

1971

1970-71

MR A CARLSON JR

142 GUDEN ST

BELMONT HIGH

BELMONT

MASS 02178

BELMONT

MASS

COURSE		SECT.	COURSE DESCRIPTION	NO.	HOUSE	ROOM	TEACHER	
971	01		GUIDANCE	3			CAMERON	
642	05		PSYCHOLOGY	2		239 A	MOLTZ	
010			STUDY	1		CAF AC		
281	01		SPANISH 2	3		331 B	WHITESIDE	
623	04		MOD PRQB B	2		209 C	CROWLEY	
531	03		CHEMISTRY	3		211 DE4	DESMOND	
912	06		PHYS ED	3		GYM E13	ARANGIO	
010			STUDY	3		322 E25		
422	03		MATH 4	3		333 F	DAVIS	
122	03		ENGLISH 4	3		232 G	FOLEY	
TELEPHONE		DATE OF BIRTH		BUS ROUTE	LOCKER NUMBER	LOCKER COMBINATION	YEAR OF GRAD.	STUDENT NAME
							71	CARLSON ROBERT

TEACHER SCHEDULE

WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

TEACHER NAME	TEACHER NUMBER	HOME ROOM	DATE
ALMQUIST	110		1970-71

BELMONT HIGH
BELMONT

MASS

COURSE	SECT	COURSE DESCRIPTION	PERIOD	ROOM	REMARKS
140	01	ENGLISH 2	3	232 A	
121	01	ENGLISH 3	3	232 B	
121	02	ENGLISH 3	3	232 D	
140	02	ENGLISH 2	3	232 E	
142	02	ENGLISH 4	3	233 G	
TELEPHONE		TEACHER NAME			

ALMQUIST

TEACHER SCHEDULE

WESTINGHOUSE LEARNING CORPORATION

TEACHER NAME	TEACHER NUMBER	HOME ROOM	DATE
BARKER	115		1970-71

BELMONT HIGH
BELMONT

MASS

COURSE	SECT	COURSE DESCRIPTION	PERIOD	ROOM	REMARKS
180	01	DEVEL READING	1	101 A25	
190	01	DEVEL READING	2	101 A25	
180	02	DEVEL READING	1	101 B13	
170	01	DEVEL READING	1	101 B24	
190	02	DEVEL READING	2	101 B24	
180	03	DEVEL READING	1	101 C14	
190	03	DEVEL READING	2	101 C14	
180	04	DEVEL READING	1	101 D13	
190	04	DEVEL READING	2	101 D13	
190	05	DEVEL READING	2	101 E25	
180	05	DEVEL READING	1	101 E25	
180	07	DEVEL READING	1	101 F13	
170	02	DEVEL READING	1	101 F25	
190	06	DEVEL READING	2	101 F25	
180	06	DEVEL READING	1	101 G13	
170	03	DEVEL READING	1	101 G25	
180	08	DEVEL READING	1	101 G25	
190	07	DEVEL READING	2	101 G25	
TELEPHONE		TEACHER NAME			

BARKER

第1の市町村の中学・高校単位では、せいぜい数千名の規模、それが第2の例では小学校も加え、あわせて市の業務も入れて数万の規模となる。これが広域的な学校の連合体や民間の計算センターでは10万名の規模に拡大する。これらの規模に応じて用いられている設備が当然異なる。極わめて概括的に分類するなら、数千名の規模を持つ第1の例ではPCS(Punched Card System)とよばれるシステムであり、コンピューター以前の段階といえる。ウェイマス高校の例では、IBM514, 407, 082, 026といった合計機、ソータパンチ機などによつて構成されている。

ところが第2のニュートン市の場合では、第2世代の小型コンピューターとPCSの組合せとなる。(機器構成は第18図参照のこと)そして第4のWLCとなると主記憶容量131K、8つのMT、2つのDISK、2台のL/Pを持つ第3世代のコンピュータ・システムとなる。

このような設備の相異は、処理業務の質と費用に直接関係する。まず第1のPCSでは、単に出席統計の処理と成績表の作成が出来るだけである。学校管理の上で最も負担の大きい時間割の作成は全く不可能である。さらに、成績表の作成に於ても、WLCの際にみたような種々の分析的な統計資料は作ることが出来ない。したがつて情報処理の質はかなり落ちるといつてよい。しかし、第2のニュートン市のような第2世代のコンピューターを持つようになると、大体WLCと同様な処理が可能となる。しかし、問題は、費用にある。ニュートン市の場合、生徒1人当り年間\$5.4が情報処理のため必要とされている。^{注)}これをWLCの値段\$3.65~\$3.40と比較するならきわめて割高だ。

、注) 各種の割り引きがある。その最高と最低の値を示した。

WEIMOUTH HIGH SCHOOL	NEWTON HIGH SCHOOL	WESTINGHOUSE LEARNING CORP.
(1) PCS	(1) HONEYWELL—200 SYSTEM	(1) RCA SPECTRA 70—45
IBM 519 1	C. P. 16K 1	C. P. 131.5 K 1
IBM 407 1	READER/PUNCH 1	M T 8
IBM 026 1	HIGH SPEED PRINTER 1	L / P 2
IBM 083 1	M T 4	C / R 1
	(2) PCS	C / P 1
	IBM 026 3	DISK 2
	056 1	(2) MINI COMPUTER
	083 1	W7970 A 8K 1
	085 1	W2116 B
	407 1	C / R 1
	519 1	M T 2
	557 1	C / P 1
		(3) その他若干のPCS

第18図

しかもニュートン市の費用は1日の60%近くを市の業務に使用してのものである。もしひとつの市の学校群だけでこのような性能の設備を維持するとしたら極わめて高価なものとなることは明白だ。

つまり教育情報処理の場合、質の良い処理を効率的に行なうためには、ある程度以上の処理量が不可欠なのである。正確にその数を規定出来ないが約10万~20万名の規模が必要であろう。このことは

市町村などの単位を越えた広域的な処理システムがいやでも要求されることを意味している。

しかしながら、このような大量処理の場合には潜在的な大きな問題点がある。規格化の危険である。Ed・D・Pを進める場合、最も大切なことは、データ処理の方法が学校を規制するのではなく、学校がデータ処理の方法を規制すべき点だ。各学校の特色を生かした成績表が作られ、また授業の時間表が作られなければならない。コンピューターはそれを助ける道具にすぎないのである。

とはいうものの、もしこれを極度に押し進め各学校とも全く異なつた様式と処理方法をとるとしたらどうであろうか。たとえいかに高性能のコンピューターを用いたとしてもかなり割高となるであろう。システム設計者にとっては教育の質をそこなわずに一体どこまで規格化が可能かが問題となるし、また学校側にとっては、費用の増加と個別化の効果とのバランスが検討されるべき問題となる。

しかし米国の例を見る限り規格化の危険は全く杞憂といつてよい。ソフトウェアの開発により規格化の弊害は全くあらわれていない。たとえば、成績表の場合、WLCでは11種にものぼる成績表の様式を用意しており、学校側の選択に任かせている。また年間の総合成績の求め方も学校が自由に規定できるようにしている。

また、そのような消極的な面だけでなく、Ed・DPが積極的に学校の新しい教育を開発している姿をみる事が出来る。例えば、最近Flexible Modular Scheduleの名のもとに新しい授業方法が広まりつつある。それは、生徒の各々の能力に合せて自分のペースで学習が出来るように配慮すると共に、教師が自己の専門をより良く生かして授業を行なえるようにすることを目的としている。そのため従来より極わめて弾力的な授業形態が必要となる。たとえば全くまちまちのクラスの大きさ、また異なつた時間の長さの授業が行なわれる。生徒は大きな講義形式のクラスに出る事もあるし、又次には小人数のクラスや実験のクラスに出るであろう。また、1日の25～50%の時間は課目にしばられず自由に自分の好きなことが出来るように配慮されている。

このような複雑きわまりない時間表を何千人の生徒について人力で組むことなど、とうてい考えられない。したがつてその限りでは、この素晴らしい授業形態も単なる絵にかいた餅にすぎない。しかしながらコンピューターの導入は、まさにこれを現実のものとしたのである。WLCを始め幾つかの企業や研究機関で開発されたFlexible Modular Schedulingのプログラムは、個人別の時間表を自動的に作成してしまう。

以上のべた如くEd・DPは出席統計にその例をみる如く、当初に於いては学校内の単純事務労働を肩代りすることより出発した。確かにこの効果は大きく、教師をより本来の仕事へ向うことを可能とした。しかし、いまやそれだけではない。Ed・DPの情報処理能力を積極的に活用する方向へ向いつつある。それはあるいは新しい授業形態を試みる場合もあるしあるいは、過去の児童の成績を分析し授業方法を改良する場合もある。ともあれ、Ed・DPを単なる事務労働の代替と考えている時代は徐々に終りつつある。“Ed・DPの存在しない学校など、創造的な教育が出来る学校とは考えられない”というニュートン高校の教師の言葉こそ、Ed・DPに対する米国学校関係者の態度を一番良くあらわしているといつてよいのではなかろうか。

3 教育におけるシミュレーションの応用

ハーバード大学、経営大学院 (Graduate School of Business Administration) の図書館 120 号室は、タイム・シェアリング・コンピュータ用のターミナル室である。約 40 台にのぼるテレタイプ型ターミナルが配置され、朝 8 時より夜 12 時まで授業に学生の宿題にあるいは研究に用いられている。

大学院の M I S に関連した教材のひとつに “MIDWEST” とよばれるシミュレーションのケースがある。ターミナルを用いてこれを行なってみよう。

3-1. ケースの背景

ミドウェスト工科大学は米国西部にある 2 年制の大学である。1946 年に設立され、その後拡張に拡張を続け現在 3,000 名の生徒を持つている。今後も 5 % 位の割合で生徒数は増加すると予想されている。

学生は、航空工学、自動車工学、電子計算機、および情報処理、経営管理の 5 つの専攻に分かれ、18 のコース (単位) をとつたものに、各専攻別の技術資格が与えられる。

大学の財政は、生徒からの授業料、大学の持つ基本金、卒業生などよりの寄付金によつてまかなわれている。授業料は 2,200 ドルであり、基本金より年 2,500 万ドルが、また年に 100 万ドルの寄附金が見込まれている。

一方、大学の教授陣の総員は現在 162 名であり、それ以外に 54 名の外部からの講師によつて授業が行なわれている。教授陣のなかには、助教授、準教授、教授の三段階に分かれる。助教授は 5 年の任期であり、過去の統計によるとそのうち約 40 % が準教授へ昇進していく。準教授は 4 年の任期でいままでの例だと約 60 % が教授となる。教授には定まつた任期がなく、自己都合による退職しかない。過去の例からいうと年 3 人程度の移動があるだけである。

現在助教授、準教授はそれぞれ総員の 25 % づつ、教授 50 才以上および以下の者がそれぞれ 25 % づつの構成となつている。

教官は、自己の 48 % の時間を授業および学生指導に、25 % を研究に、17 % を専門領域の知識獲得に、残りの 10 % を授業の改良のためについやしている。

さて、ミドウェスト工科大学では現在いずれの米国の大学が悩んでいると同様に、大学財政の赤字が大きな問題となつている。それは現在の米国の深刻なインフレーションに加えて、人件費の高騰、技術変化にともなう新規設備の補充のために生じてきているものである。ちなみに現状のまま推移すると次年度においては約 48 万ドルの赤字と見通されている。

このような大学の現状にかんがみ、大学財政に関するシミュレーションモデルが作られた。そして大学内の種々なる条件を変化させる事により財政状態がいかに変化するかを検討されることとなつた。」

以上のような背景を頭にいたした上で、ターミナルに向つてみよう。

3-2. シミュレーションの実施

ターミナルは、右端に電話のダイヤルがある以外、普通のテレタイプライターと同様である。これらのターミナルは、電話回線を通じて PDP-10D とよばれるタイム・シェアリング・コンピュータと連結している。

注 1)

まず、ターミナルを起動させ、計算機会社の電話番号をダイヤルしよう。電話が通じると同時に、ターミナルは、自動的に CONNECTED TO TELCOMP PDP-10D. と打ち出す。これよりコンピュータ

ーとの対話が始まる。まず開始のきまり文句 LOGIN をタイプする。計算機は、Job番号、日付を打ち出し、(第3-2図、3行目)つぎに、使用者の利用番号とパスワードを聞いてくる。(第2-2図、4行、5行目)HBS2V2と利用番号を、7VYS2と合言葉をタイプする。^{注2)}これらの番号により計算機は利用者の資格をチェックし、もし不適当なら利用不能をタイプしてくる。また第3-2図6～7行は、利用者に与えられた利用条件を計算機がタイプしたものである。

注1) Bolt Beranek and Newman Inc.

注2) 合言葉(PASS Word)は印刷されない。

行番号

```
1    CONNECTED TO TELCOMP PDP-10 D.
2    . LOGIN
3    JOB 32  TELCOMP 10D - 4S72. E 11 - 8 - 70
4    ID: HBS2V2
5    PASSWORD: _____
6    STATUS: HOURS ALLOWED 50, USED 17. 15
7    STORAGE BLOCKS ALLOWED 15, USED 14
8    TTY63  21:29  12-DEC-70
9    . BASIC
10   VERSION 15
11   NEW OR OLD--OLD
12   OLD FILE NAME--MIDWES(HBFVD4)
13   READY
14   RUN
15   MIDWES  21:32  12-DEC-70
16   THE MIDWEST PLANNING MODEL IS NOW RUNNING. PLEASE ANSWER
17   QUESTIONS WITH YES OR NO, UNLESS ASKED FOR A NUMBER.
```

第3-2図

このように、タイム・シェアリング・コンピュータの利用においては、人間がタイプを通じて情報を計算機に送ると、計算機は直ちにそれに対してなんらかの反応を示す。あたかも人間と機械とが1対1で会話をしているように進行していく。

さて、12行目に注目して戴きたい。計算機より

OLD FILE NAME--

と問合せがあつた所で、ミドウエスト工科大学のシミュレーションモデルのプログラム名

MIDWES(HBFVD4)

をタイプする。計算機は、そのプログラムをDISK FILEより取り出し、すぐ利用出来るように手配し、

READY

と答えてくる。つぎに

RUN

とタイプする事によりシミュレーションが始まる。シミュレーションは、計算機からの質問にYES, NO または数字で答えることにより条件が選択されて進行する。(第3-2図16～17行)

最初の質問は財政状態のシミュレーション・モデルがどのような条件のもとに構成されているか知りたいか否かである。(第3-3図1行目)。yesと答えてみよう。29項目にわたるモデルのなかの主要な条件値がつぎつぎとプリントされてくる。たとえば50才以上の教授の年給は21,000ドル、今後の

給与上昇率は年 10%、1 クラスの平均人数は 75 名といった具合である。

WOULD YOU LIKE THE CURRENT ASSUMPTIONS PRINTED ?YES

MIDWEST PLANNING MODEL, CURRENT ASSUMPTION VALUES

NO.	ASSUMPTION	VALUE
1	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF OVER 50	21000
2	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF UNDER 50	18000
3	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASSOC PROF	14000
4	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASST PROF	11000
5	% ANNUAL SALARY INCREASE	10
6	% STUDENTS ON FINANCIAL AID	25
7	FACULTY/STAFF RATIO	1.5
8	ANNUAL SAL & BENEFITS, STAFF	8000
9	FACULTY/ADMINISTRATOR RATIO	4
10	ANNUAL SAL & BENEFITS, ADMIN, TORS	18000
11	% FAC TIME - PROFESSIONAL DEV	17
12	% FACULTY TO BE VISITORS	20
13	ENROLLMENT, START OF SIMULATION	3000
14	AVERAGE CLASS SIZE	75
15	CLASSES REQUIRED FOR CERTIFICATE	18
16	% FACULTY ON RESEARCH	25
17	DESIRED % OF FAC PROF OVER 50	25
18	DESIRED % OF FAC PROF UNDER 50	25
19	DESIRED % OF FAC ASSOC PROF	25
20	DESIRED % OF FAC ASST PROF	25
21	ANNUAL TUITION	2200
22	OTHER COSTS ON PER STUDENT BASIS	850
23	ANNUAL % GROWTH IN STUDENT BODY	0
24	% OF FACULTY ON COURSE DEVELOPMENT	10
25	ANNUAL % INCREASE IN ENDOWMENT	3
26	ANNUAL % YIELD ON ENDOWMENT	5
27	ANNUAL % INCREASE IN ALUMNI GIFTS	4
28	% OF RESEACH ASSUMED FUNDED	50
29	ANNUAL % INCREASE IN TUITION	5

第 3 - 3 図

条件がすべて示されたあと、計算機は、「この条件値を変えるか」否かを聞いてくる。これに対して NO と答え、現状のまま将来も推移したらどのような結果になるかを 5 年先まで見てみよう。(第 3 - 4 図 1 行目および 3 行目)

DO YOU WANT TO CHANGE ASSUMPTIONS ?NO

WOULD YOU LIKE TO RUN ?YES

PLEASE ENTER THE NUMBER OF YEARS ?5

第 3 - 4 図

計算機は直ちに、シミュレーション結果の総括表を打ち出してくる。それは第 3 - 5 図のごとく大学内人員構成と収支バランスの推移をまとめたものだ。

シミュレーションの条件設定において、学生人数を始め教官、事務職員数に変化がないとした。当然の結果として人数面には予測の全期間を通して何らの相違もあらわれていない。

一方収支のバランス表をみると、年々赤字額が増大していく様子がわかる。次年度は 48 万 2 千ドル

の赤字であるのが 5 年先々はなんと 268 万ドルといった大赤字となる。

MIDWEST^{est} MODEL SUMMARY REPORT

YEAR	1	2	3	4	5
NUMBER OF PEOPLE:					
FACULTY	215	216	216	216	216
ADMINISTRATION	197	198	198	198	198
STUDENTS	3000	3000	3000	3000	3000
DOLLARS(1000'S)					
INCOME	9279	9729	10203	10701	11226
EXPENSE	9761	10676	11656	12731	13909
DIFFERENCE	-482	-947	-1453	-2030	-2683

WOULD YOU LIKE THE FACULTY REPORT ?YES

第 3 - 5 図

当然このような収支バランスを生み出す根拠を知りたいと思うであろう。計算機は、総括表を打ちしたあと三つの表を打ち出す用意がある。第 1 は、教官層の人員構成についてであり(第 3 - 6 図)、第 2 は、収入の細目表(第 3 - 7 図)、第 3 は、支出の細目表である。(第 3 - 8 図)。

FACULTY MANNING ANALYSIS

YEAR		1	2	3	4	5
PROF > 50	EXISTING	44	44	45	45	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	10	10	9	9	9
PROF < 50	EXISTING	31	36	39	43	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	23	18	15	11	9
ASSOC PROF	EXISTING	44	35	31	28	23
	NEW HIRES	40	3	3	2	5
	VISITING	10	16	20	24	26
ASST PROF	EXISTING	40	39	43	44	45
	NEW HIRES	12	15	11	10	9
	VISITING	1	0	0	0	0
TOTAL		215	216	216	216	216

WOULD YOU LIKE THE INCOME REPORT ?YES

第 3 - 6 図

INCOME

YEAR	1	2	3	4	5
TUITION	6600	6930	7277	7640	8022
ENDOWMENT YIELD	1250	1288	1326	1366	1407
ALUMNI GIVING	1000	1040	1082	1125	1170
RESEARCH GRANTS	429	471	518	570	627
TOTAL INCOME	9279	9729	10293	10701	11226

WOULD YOU LIKE THE EXPENSE REPORT ?YES

第 3 - 7 図

EXPENSES					
YEAR	1	2	3	4	5
FACULTY SALARIES	3445	3802	4182	4600	5060
ADMIN SALARIES	2116	2336	2570	2827	3110
FINANCIAL AID	1650	1733	1819	1910	2006
OTHER EXPENSES	2550	2805	3085	3394	3733
TOTAL EXPENSES	9761	10676	11656	12731	13909

第 3 - 8 図

これらを検討することにより赤字の原因を理解することが出来る。しかし、問題はどのような手段により、この赤字を減少するかである。とりうるべき変数としては、数多く考えられる。また、それら手段の複合した適用が当然考えられるであろう。もし考慮する変数が 3 つや 4 つであるなら、それ等を総合した数式を作り結果を計算することも可能である。しかし、考える変数が 20 ~ 30 となると、とうてい手に負えるものではない。又手段相互の関係を数式化できるとは限らない。

残された方法は総合した数式を作るかわりに、各変数それぞれの影響のしかたを解きほぐし、それぞれの影響結果を積上げていき最終結果を求めるしか方法がない。これがシミュレーションである。

この問題においては、第 3 - 3 図に示された 29 個の条件が現状を変化させるためにとりうる手段と考えられている。これらの条件を適当に変化させ、その結果財政状態がいかになるかを試行錯誤的に見ていけるようになっていく。

さて第 3 - 8 図をプリントし終つた所で計算機は、いま行なわれたシミュレーション結果がよつて立つ条件のプリントをつぎにそれを変更するか否かを聞いてくる。もし変更を希望するなら、第 3 - 3 図の条件番号をさらにその変更希望値をタイプすればよい。

第 3 - 3 図の条件をみると大きく 5 つのカテゴリに分けて考えられる。第 1 は与件とでもいうべき項目で、現在人員、技術資格に必要な単位数、教職員の賃金などがそれである。

第 2 は教育の質に直接関連する条件だ。教授陣の時間配分の比率、クラスサイズ、生徒一人当りの費用などである。第 3 は大学内の人員構成の条件、第 4、第 5 は直接的に支出および収入に関連する項目である。

いま、教育の質はすくなくとも現水準を維持し、赤字克服の方策を考えてみよう。すなわち第 1、第 2 のカテゴリの項目を現状以下にすることなく、第 3、4、5 のカテゴリの項目を適当に変化し財政状態の変化をみようというわけだ。仮りに、収入を増す方策としては、

1. 基本金の増加率を年 3 % より 4 % に増すよう努力する (条件 25)
2. 寄附金募集に力を注ぎ現在年 4 % の増加率であるのを倍の 8 % にする (条件 27)
3. 更に政府や財団よりの研究費獲得をはかり、研究費総額の 60 % が補助されるようにする (条件 28)。

一方支出を押さえるためには、

1. 給与の上昇率を年 8 % に押さえる (条件 5)
2. 組織の合理化をはかり、FAC-STAFF 比率および FAC-ADM 比率をそれぞれ 1:2 および 1:5 とする (条件 7、9)。

これら条件の変化を計算機に知らせているのが第 3 - 9 図であり、その新しい条件のもとでのシミュ

レーション結果が第 3 - 1 0 図である。

DO YOU WANT TO CHANGE ASSUMPTIONS ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?5

5 % ANNUAL SALARY INCREASE

10 CHANGE TO ?8

ARE THERE FURTHER CHANGES ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?7

7 FACULTY/STAFF RATIO

1.5 CHANGE TO ?2.0

ARE THERE FURTHER CHANGES ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?9

9 FACULTY/ADMINISTRATOR RATIO

4 CHANGE TO ?5

ARE THERE FURTHER CHANGES ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?25

25 ANNUAL % INCREASE IN ENDOWMENT

3 CHANGE TO ?4

ARE THERE FURTHER CHANGES ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?27

27 ANNUAL % INCREASE IN ALUMNI GIFTS

4 CHANGE TO ?8

ARE THERE FURTHER CHANGES ?YES

PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?28

28 % OF RESEACH ASSUMED FUNDED

50 CHANGE TO ?60

ARE THERE FURTHER CHANGES ?NO

PLEASE ENTER THE NUMBER OF YEARS ?5

第 3 - 9 図

MIDWEST MODEL SUMMARY REPORT

YEAR	1	2	3	4	5
NUMBER OF PEOPLE:					
FACULTY	215	216	216	216	216
ADMINISTRATION	150	151	151	151	151
STUDENTS	3000	3000	3000	3000	3000
DOLLARS(1000'S)					
INCOME	9365	9865	10395	10954	11543
EXPENSE	9275	10039	10846	11721	12669
DIFFERENCE	90	- 174	- 451	- 767	-1126
WOULD YOU LIKE THE FACULTY REPORT ?YES					

FACULTY MANNING ANALYSIS

YEAR		1	2	3	4	5
PROF > 50	EXISTING	44	44	45	45	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	10	10	9	9	9
PROF < 50	EXISTING	31	36	39	43	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	23	18	15	11	9
ASSOC PROF	EXISTING	44	35	31	28	23
	NEW HIRES	0	3	3	2	5
	VISITING	10	16	20	24	26
ASST PROF	EXISTING	40	39	43	44	45
	NEW HIRES	12	15	11	10	9
	VISITING	1	0	0	0	0
TOTAL		215	216	216	216	216

WOULD YOU LIKE THE INCOME REPORT ?YES

第 3 - 1 0 図 - 1

INCOME					
YEAR	1	2	3	4	5
TUITION	6600	6930	7277	7640	8022
ENDOWMENT YIELD	1250	1300	1352	1406	1462
ALUMNI GIVING	1000	1080	1166	1260	1360
RESEARCH GRANTS	515	555	600	648	699
TOTAL INCOME	9365	9865	10395	10954	11543

WOULD YOU LIKE THE EXPENSE REPORT ?YES

EXPENSES					
YEAR	1	2	3	4	5
FACULTY SALARIES	3445	3732	4031	4354	4702
ADMIN SALARIES	1630	1769	1911	2063	2228
FINANCIAL AID	1650	1733	1819	1910	2006
OTHER EXPENSES	2550	2805	3085	3394	3733
TOTAL EXPENSES	9275	10039	10846	11721	12669

第 3 - 1 0 図

収支バランスの推移をみよう。次年度は若干の黒字となるが、2年先より再び財政状態は悪くなる。しかし、それを現状のまま推移する場合と比較するなら大巾に赤字がすくなくなることがわかる。特に第3-8図に明らかな如く、赤字増大のテンボがかなりゆるくなつて来ている点は注目されてよい。

さていままでのシミュレーションは假定23に明らかな如く生徒数の増大を行なわないとして来た。しかし、過去の実績のように年間5%づつ生徒数を増加していくとしたら一体いかなる影響を与えるのであろうか。一クラス当りの学生数の増加を行なわないとするなら、当然教官層、ひいてはその他の管理、事務職員の増大をもたらす。一方生徒の増加は授業料の収入を招く。これらのバランス結果はどうなのであろうか。

さきほどと同様に計算機に、条件の変化を指示すればそれでよい。すなわち第3-11図の如く、条件23の数値を0より5(%)に変化すればよい。

DO YOU WANT TO CHANGE ASSUMPTIONS ?YES
 PLEASE TYPE THE ASSUMPTION NUMBER ?23
 23 ANNUAL % GROWTH IN STUDENT BODY 0 CHANGE TO ?5
 ARE THERE FURTHER CHANGES ?NO
 PLEASE ENTER THE NUMBER OF YEARS ?5

第 3 - 1 1 図

シミュレーション結果をみるとかなり大きな変化があらわれてきている。従来までは、大学内の人員数が常に一定であつた。しかし、生徒数の増大をはかるとクラス・サイズを75名に固定しているので必然的に教官の人員を増さねばならない。

第3-12図をみると、5年先までに45名の教官の補充が必要となる。それは現在の教官の21%近い値である。果して、これだけ多くの教官の拡充が出来るか大きな問題であらう。赤字の対策と共にいまひとつ大きな問題が浮び上つて来たわけである。

MIDWEST MODEL SUMMARY REPORT

YEAR	1	2	3	4	5
NUMBER OF PEOPLE:					
FACULTY	215	224	236	248	260
ADMINISTRATION	150	157	165	174	182
STUDENTS	3000	3150	3307	3472	3646
DOLLARS(1000 'S)					
INCOME	9365	10246	11201	12261	13423
EXPENSE	9275	10477	11898	13521	15322
DIFFERENCE	90	-237	-697	-1260	-1899
WOULD YOU LIKE THE FACULTY REPORT ?YES					

FACULTY MANNING ANALYSIS

YEAR		1	2	3	4	5
PROF >50	EXISTING	44	44	45	45	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	10	12	14	17	20
PROF <50	EXISTING	31	36	39	43	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	23	20	20	19	20
ASSOC PROF	EXISTING	44	35	37	39	41
	NEW HIRES	0	9	9	9	12
	VISITING	10	12	13	14	12
ASST PROF	EXISTING	40	39	45	49	53
	NEW HIRES	12	17	14	13	12
	VISITING	1	0	0	0	0
TOTAL		215	224	236	248	260

WOULD YOU LIKE THE INCOME REPORT ?YES

INCOME

YEAR	1	2	3	4	5
TUITION	6600	7277	8022	8845	9751
ENDOWMENT YIELD	1250	1300	1352	1406	1462
ALUMNI GIVING	1000	1080	1166	1260	1360
RESEARCH GRANTS	515	583	661	750	850
TOTAL INCOME	9365	10240	11201	12261	13423

WOULD YOU LIKE THE EXPENSE REPORT ?YES

EXPENSES

YEAR	1	2	3	4	5
FACULTY SALARIES	3445	3871	4404	4999	5660
ADMIN SALARIES	1630	1842	2088	2383	2688
FINANCIAL AID	1650	1819	2005	2211	2437
OTHER EXPENSES	2550	2945	3401	3928	4537
TOTAL EXPENSES	9275	10477	11898	13521	15322

第 3 - 1 2 図

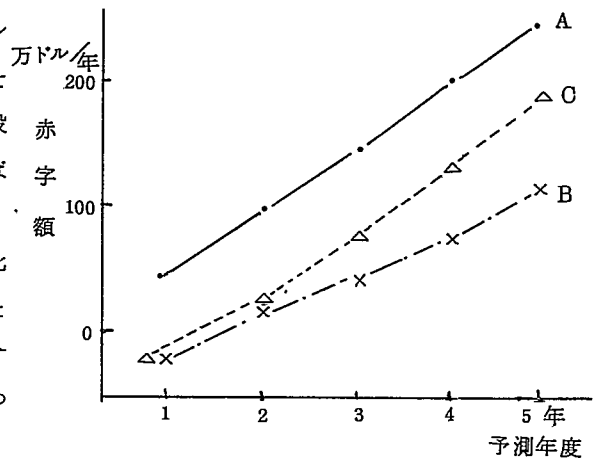
さて、このあたりでいままで行なつた三つのシミュレーション結果をまとめておこう。第 3 - 1 3 図に各シミュレーションの条件値を、また第 3 - 1 4 図にその結果として赤字がいかに変化するかがまとめられている。

MIDWEST PLANNING MODEL, CURRENT ASSUMPTION VALUES

NO.	ASSUMPTION	A	B	C
1	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF OVER 50	21000	"	"
2	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF UNDER 50	18000	"	"
3	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASSOC PROF	14000	"	"
4	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASST PROF	11000	"	"
5	% ANNUAL SALARY INCREAS	10	8	8
6	% STUDENTS ON FINANCIAL AID	25	"	"
7	FACULTY/STAFF RATIO	1.5	2	2
8	ANNUAL SAL & BENEFITS, STAFF	8000	"	"
9	FACULTY/ADMINISTRATOR RATIO	4	5	5
10	ANNUAL SAL & BENEFITS, ADMIN 'TORS	18000	"	"
11	% FAC TIME - PROFESSIONAL DEV	17	"	"
12	% FACULTY TO BE VISITORS	20	"	"
13	ENROLLMENT, START OF SIMULATION	3000	"	"
14	AVERAGE CLASS SIZE	75	"	"
15	CLASSES REQUIRED FOR CERTIFICATE	18	"	"
16	% FACULTY ON RESEARCH	25	"	"
17	DESIRED % OF FAC PROF OVER 50	25	"	"
18	DESIRED % OF FAC PROF UNDER 50	25	"	"
19	DESIRED % OF FAC ASSOC PROF	25	"	"
20	DESIRED % OF FAC ASST PROF	25	"	"
21	ANNUAL TUITION	2200	"	"
22	OTHER COSTS ON PER STUDENT BASIS	850	"	"
23	ANNUAL % GROWTH IN STUDENT BODY	0	"	5
24	% OF FACULTY ON COURSE DEVELOPMENT	10	"	"
25	ANNUAL % INCREASE IN ENDOWMENT	3	4	4
26	ANNUAL % YIELD ON ENDOWMENT	5	"	"
27	ANNUAL % INCREASE IN ALUMNI GIFTS	4	8	8
28	% OF RESEACH ASSUMED FUNDED	50	60	60
29	ANNUAL % INCREASE IN TUITION	5	"	"

第 3-13 図

いままでは、赤字克服に主点を置いてシミュレーションを行なつた。もちろん、このモデルはそのためだけのものではない。教育の質を向上させる手段の検討に際しても大きな効果を發揮する。例えばクラス・サイズを減少するときの費用の増加と、教官層の時間配分の変化による費用の変化との比較など Cost-benefit analysis が種々の条件のもとに可能となる。つまりモデルはひとつの道具にすぎず、それをを用いる人の目的意識によつて異なつた目的の検討が可能となるのである。



第 3-14 図

3-3. 教育におけるシミュレーションの利用領域

前節までの説明により、T. S. Sを用いたシミュレーションが、おおよそどのように進行するかが理解できたと思う。

ここで一寸、教育の世界に戻り、シミュレーションの利用領域を概観しておこう。それは2つの分野に分けて考えられる。ひとつは、教育管理または教育計画の領域での利用である。いまひとつは、授業の一方法として用いる場合である。

さきにのべたシミュレーションの例をひくなら、ミッドウエスト大学長が実際に、大学運営の意志決定をする際に、前者といえよう。それに対し、ハーバード大学の学生が意志決定の訓練のためにこれを用いる場合が後者といえる。ここではまず、学生の訓練として用いられる場合の授業の運営とその効果を、前節の“MIDWEST MODEL”を例にとりのべていこう。

授業は、シミュレーションモデルの背景を説明する所から始まる。大学の歴史、現在の生徒数など本章第1節でのべたような事項が明らかにされる。生徒は充分大学の置かれている事情を認識した上、大学学長となつたつもりで、ターミナルに向うわけである。

ターミナルにおいては、自らのポリシーに基づきシミュレーションを行ない、意志決定の結果を検討する。と共にモデルがどのような仮定のもとに成り立つか、またポリシーの変更により結果がどのように変わるかを理解する。この過程は、丁度我々が前節でみたのとまったく同じステップである。

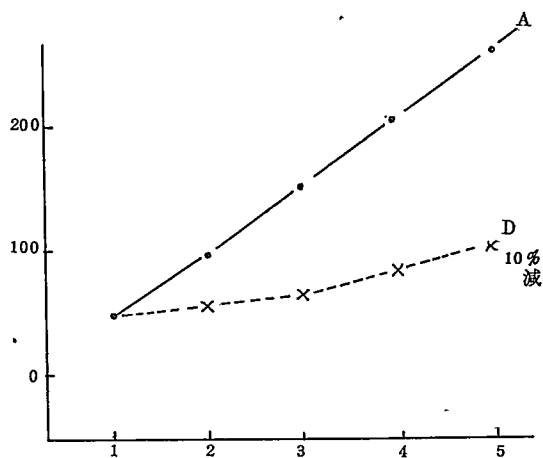
ターミナルでのシミュレーション実習のあと、クラスでの討論が行なわれる。この討論はもちろん多方面に分かれるであろう。しかしこまかい論議の前に“学長にとり何が最も問題であるか”がまず第1に討議される。つまり問題の定義一言葉をかえれば解決すべき事項に関して参加者の意志統一がはかれるわけである。

その後の討議は、採用したポリシーの妥当性とその結果がどのようにあらわれるかにしぼられる。シミュレーションの良い点は、多くの要因間の相互依存関係を明らかに出来る点である。たとえば、前節のシミュレーションCにおいてみた如く、生徒数の増加をはかると、教官層の増大、ひいては管理、事務職員の増大をもたらす。と同時に、それら人員の補充の問題が生み出される。また、大学の現状における財政状態の良否は、授業料値上げや賃金の切下げなどとも関連して考える。

このような検討は、しらすしらすのうちに現実の問題が持つ相互依存関係を生徒達に認識させる。

と同時に夫々相互に関連している要因のうちどの要因の変化が現実的であるか、また現実に変化可能な要因群のうち、どれが最も問題解決に効果的かをつかんで行くことができる。例えば、他の条件はすべて現状のままとし、生徒数だけを年々10%ずつ減少していき5年後には2,000名の水準に持つていくとしよう。第3-15図に示すごとく、赤字は依然として存在する。しかし、現状のままの生徒数(3,000名)を維持する場合(第3-15図A)と比較するなら格段の相異だ。赤字はほぼ横ばい状態といつてよい。すなわち現状のままの授業料収入は財政の健全化に寄与せず、大学内教職員の人件費、生徒費用などの支出の方が大きな赤字要因となつてることが理解できる。また、現在の大学の持つ基金や、寄附金の水準からみるなら大学の適正規模が現状よりもつとすくない生徒数の水準にあることを示しているといつてもよい。

多くの参加者の異なつたポリシーに基づくシミュレーションは、生徒自身に現実には経験できない多角的な経験を短時間に与えるものである。



第3-15図

ここにシミュレーションの教育訓練に果す大きな役割がある。

しかし、効果はそれだけではない。ここまでの段階は、いはばシミュレーションの表面的な利用にすぎない。つぎのステップは、現実とシミュレーションモデルとの食いちがいの検討とモデルの修正である。このステップを経ることにより、始めてシミュレーションが教育訓練に本当に生かされたというべきであろう。

例で示そう。いまかりに人員構成を変化させることにより人件費の減少をはかるポリシーをとるとしよう。第3-16図の如く教官のなかで高い給与をとる正教授の比率を減少し、かわりに準教授、助教授の比率を増す。そしてこれ以外の条件は現状と同一にしておく。

NO.	ASSUMPTION	VALUE A	E
1	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF OVER 50	21000	//
2	ANNUAL SAL & BENEFITS, PROF UNDER 50	18000	//
3	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASSOC PROF	14000	//
4	ANNUAL SAL & BENEFITS, ASST PROF	11000	//
5	% ANNUAL SALARY INCREASE	10	//
6	% STUDENTS ON FINANCIAL AID	25	//
7	FACULTY/STAFF RATIO	1.5	//
8	ANNUAL SAL & BENEFITS, STAFF	8000	//
9	FACULTY/ADMINISTRATOR RATIO	4	//
10	ANNUAL SAL & BENEFITS, ADMIN'TORS	18000	//
11	% FAC TIME - PROFESSIONAL DEV	17	//
12	% FACULTY TO BE VISITORS	20	//
13	ENROLLMENT, START OF SIMULATION	3000	//
14	AVERAGE CLASS SIZE	75	//
15	CLASSES REQUIRED FOR CERTIFICATE	18	//
16	% FACULTY ON RESEARCH	25	//
17	DESIRED % OF FAC PROF OVER 50	25	20
18	DESIRED % OF FAC PROF UNDER 50	25	20
19	DESIRED % OF FAC ASSOC PROF	25	30
20	DESIRED % OF FAC ASST PROF	25	30
21	ANNUAL TUITION	2200	//
22	OTHER COSTS ON PER STUDENT BASIS	850	//
23	ANNUAL % GROWTH IN STUDENT BODY	0	//
24	% OF FACULTY ON COURSE DEVELOPMENT	10	//
25	ANNUAL % INCREASE IN ENDOWMENT	3	//
26	ANNUAL % YIELD ON ENDOWMENT	5	//
27	ANNUAL % INCREASE IN ALUMNI GIFTS	4	//
28	% OF RESEACH ASSUMED FUNDED	50	//
29	ANNUAL % INCREASE IN TUITION	5	//

第3-16図

この条件のもとでのシミュレーション結果のうち教官の人員構成表に注目しよう。(第3-17図) 幾つかの点で、常識よりみて首をかしげざるを得ない結果があらわれている。

第1は、外部からの講師の配置である。準教授の欄をみると人員の増大をはかつたにもかかわらず年々内部の人員数は減少していき、その欠員及び増大分がすべて外部からの者によつて埋められている。5年目にはなんと準教授の層の73%までが外部からの講師によつて埋められる結果となる。

また第2は新規採用のしかたである。すでにのべたように準教授の層では5年の間に僅か1名しか新規採用がない。採用はすべて助教授の層で行なわれている。その結果、助教授の層では外部からの講師数が減少していつている。

FACULTY MANNING ANALYSIS

YEAR		1	2	3	4	5
PROF > 50	EXISTING	44	44	45	45	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	0	0	0	0	0
PROF < 50	EXISTING	31	36	39	43	45
	NEW HIRES	0	0	0	0	0
	VISITING	12	7	4	0	0
ASSOC PROF	EXISTING	44	35	28	22	16
	NEW HIRES	0	0	0	0	1
	VISITING	20	29	36	42	43
ASST PROF	EXISTING	40	39	45	49	52
	NEW HIRES	12	17	14	12	12
	VISITING	11	7	3	1	0
TOTAL		214	214	214	214	214

第 3 - 1 7 図

たしかに準教授、助教授各層の総人員数に注目するならば夫々は、教官総数の 30 % 近くを占め設定した条件を満たしている。しかし内部をみると、とうてい常識的には納得できないような人員構成のアンバランスが出現している。

すなわち、単に各層別の総人員を規定するだけでは充分でないことは明らかである。採用や外部からの講師の人数を規定する条件が必要かも知れない。また、モデルの中でそれらの人員を配置するしくみが何らかの欠かんを持つためかも知れない。

このようなモデルに対する批判の目を開くことは極わめて大事である。何故なら、モデルを作るときに現実のすべての条件が組みこめるわけではない。原理的にそのようなことは不可能である。何らかの観点に基づき現実を抽象し、——言葉をかえれば現実中存在する多くの要因のなかより、幾つかを取り出して作ったものである。したがって果して本当に必須な条件がすべて盛り込まれているか否かが常に大きな問題点となる。

さらに、仮りに、本質的な要因がすべて盛り込まれているとしても、そのからみ合いのしかた——これをストラクチュア（構造）とよぼう——が現実のそれを代表するのに充分かの問題がある。

つまり、シミュレーションを行なう際には、組みこまれている要因の範囲とその構造が常に問題とされなければならないことを生徒達は知るのである。この点に関しては、さらにもっと大きな問題が論じられるであろう。たとえばこのシミュレーションモデルが果して教育の本質的部分を投影しているかである。つまり種々の条件の変化により財政状態の変化はきわめて明白に把握できる。しかし、その教育の質の部分に与える影響は一切測定されずに放置されている点である。例えばクラス・サイズを 75 名より 100 名に水増しすれば財政状態は当然良くなるであろう。しかし、その結果教育の水準がどうなるかは全くこのモデルでは考えられていない。それは、このモデルを用いる意志決定者の評価にゆだねられているのではないかと。

これらの批判が単に口先での批判で終るなら全く無意味である。シミュレーションモデルを用いた教育においては、批判を新しい創造に転化させる力がある。たとえば最初の例にもどり新規採用者の配置方法が悪いとの批判があつたとしよう。それでは、いかに現在のモデルを改良したらその欠点がなくな

この過程は、かなり根気のいる仕事である。まずプログラム全体の大まかな構造を示すフローチャートが作られる。そして、欠点と思われる部分がプログラムのどこにあるかを見出す。またその部分がプログラムの他の部分にいかに関与を及ぼすかを知る。そして、プログラムのステップ毎の意味をたんに追って修正していくのである。

たとえば、ミッドウエストモデル全体の概念をあらわすフローチャートは第3-19図のように書けるであろう。さきの人員構成のアンバラスをもたらす箇所は、FINANCIAL SIMULATION と呼ばれる部分にあることがわかる。

つぎは、その部分について更に詳しい検討がなされる。FINANCIAL SIMULATIONの中味をみるとこれまた幾つかのブロックに分けられる。まず教官の必要数が計算される部分があり教官の雇傭状態が求められる部分がそれにつづく。その後、収入支出が計算されるといつた具合である。(第3-20図)

新規採用や外部からの講師の配置を決める部分は、教官の雇傭状態を決めるブロックにある。その部分の詳細は、第3-21図Aのようになっている。雇傭状態の決定は大きく3つのステップより成る。第1は、現在員の集計であり、第2は、新規採用の決定、第3が外部講師の決定である。いま新規採用人員が決めるロジックをプログラムにそって描くと第3-21図Bのようになる。

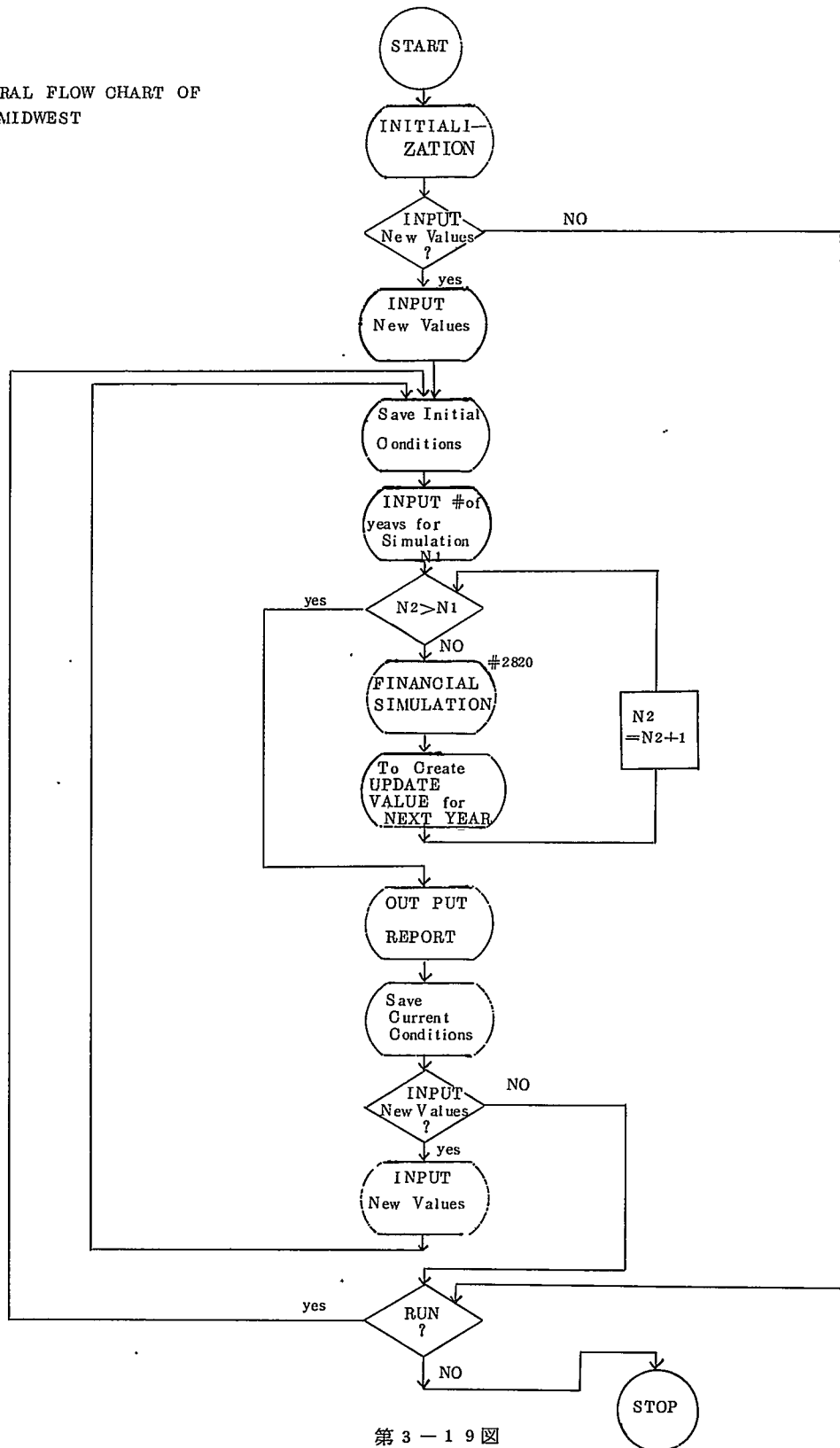
まず、教官全体の必要人員と手持ち総員とが比較される。もし現員の方が必要人員より多ければ一切採用は行なわれない。しかし、現員の方がすくないときは、その不足分がまず助教授の新規採用によつて埋められる。もちろん、助教授の教官全体のなかでの割合は決められているから、その枠に達するまでの現員との差が新規採用人員となる。助教授の人員が埋められたら、つぎは準教授の欠員が埋められる。このようにして、下の職位より順番に、欠員が埋められていく。

第3-17図において新規採用が助教授の職位にのみかたよつている点を指摘した。この原因はいまみた新規採用人員配分のロジックに起因することは明らかだ。第3-17図で同様に指摘した外部からの講師の配置についての欠点もプログラムを追うことにより確かめられる。

その部分は、第3-21図Aの外部講師決定の部分に含まれる。そこでは、新規採用の場合と全く逆に、高い職位より順に外部講師が配置されるロジックとなつている。したがつて第3-17図の場合準教授に集中した結果となつたのである。

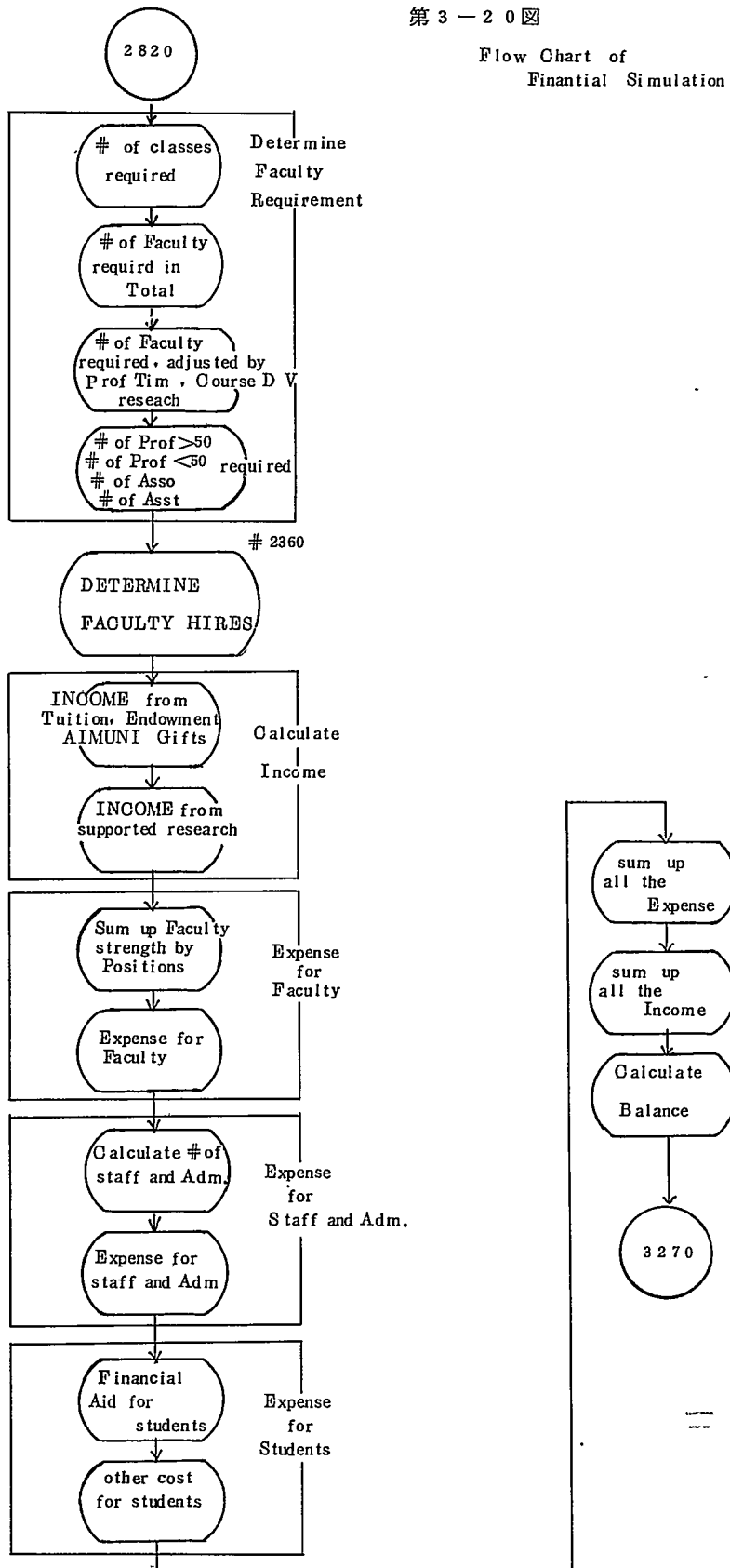
このように、モデルの欠点が明らかとなれば、それを修正する作業にとりかかる。つまり問題となつた部分のプログラムを自分で書き直す。そして出来上つた新しいプログラムにより再びシミュレーションを行ない結果が求める所となるか否かをチェックする、といつた手続きが何回かくり返されていく。モデルの修正のプロセスは、生徒達にシミュレーションがどのような“からくり”で行なわれるかをこまかく納得させるのに大きな効果がある。と同時に抽象的な批判をそれなりに終らせずに、物事を操作的に考える態度を植えつける。これこそシミュレーションを用いた教育効果の最大のものといつてよいであろう。

GENERAL FLOW CHART OF
MIDWEST



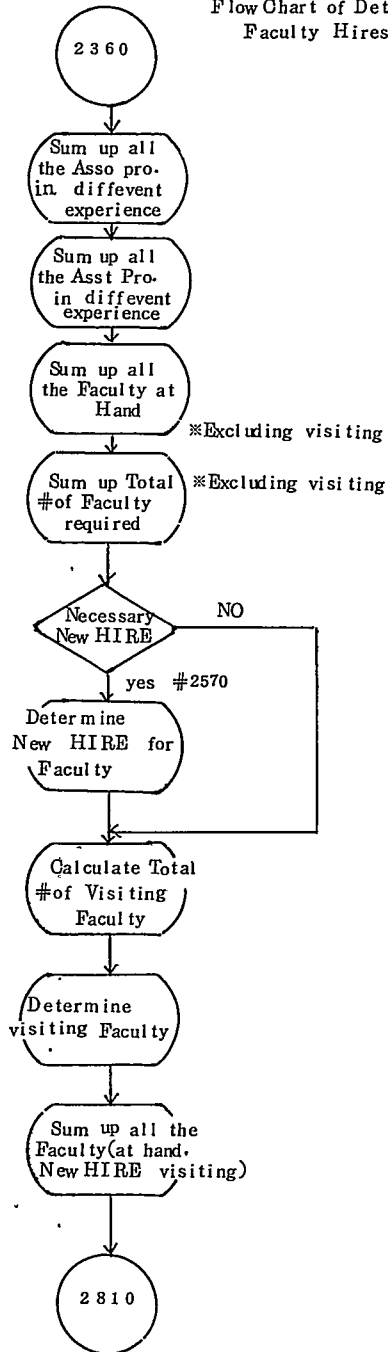
第 3 - 1 9 图

Flow Chart of
Financial Simulation



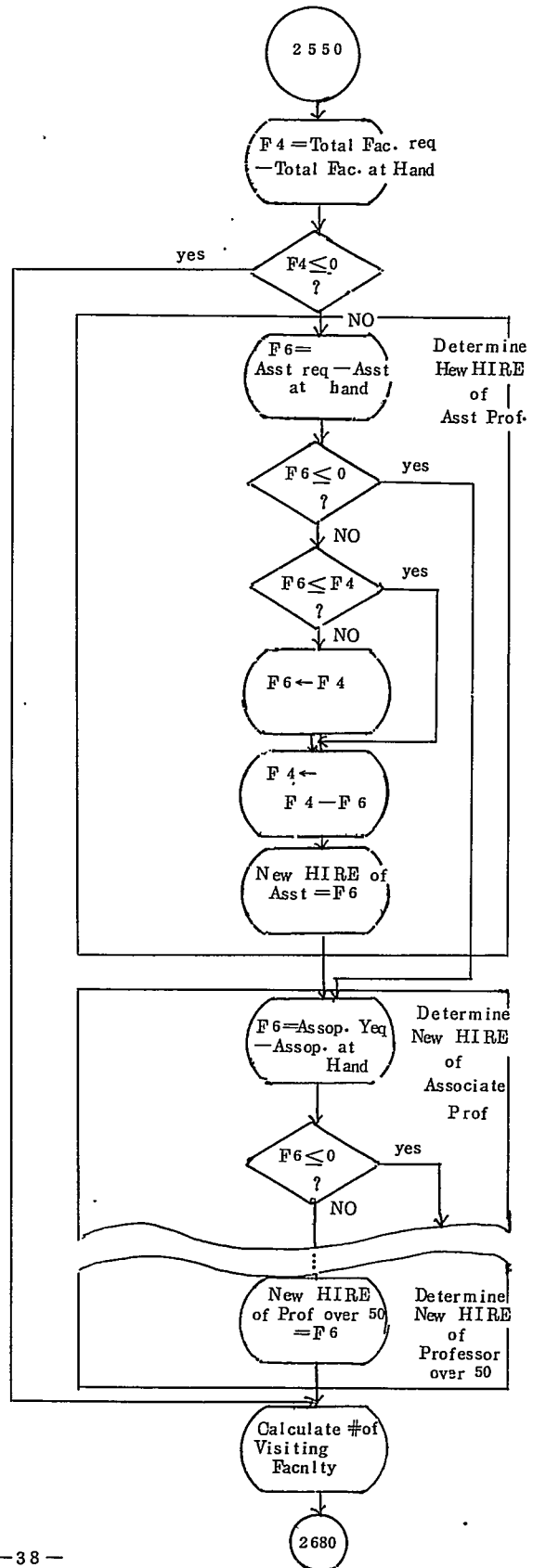
第3-21図A

Flow Chart of Determination of Faculty Hires



第3-21図B

Flow Chart of New Hire of Faculty



4 コンピューターによるプロブレム・ソルビング

4-1. レキシントン高校のコンピューター利用

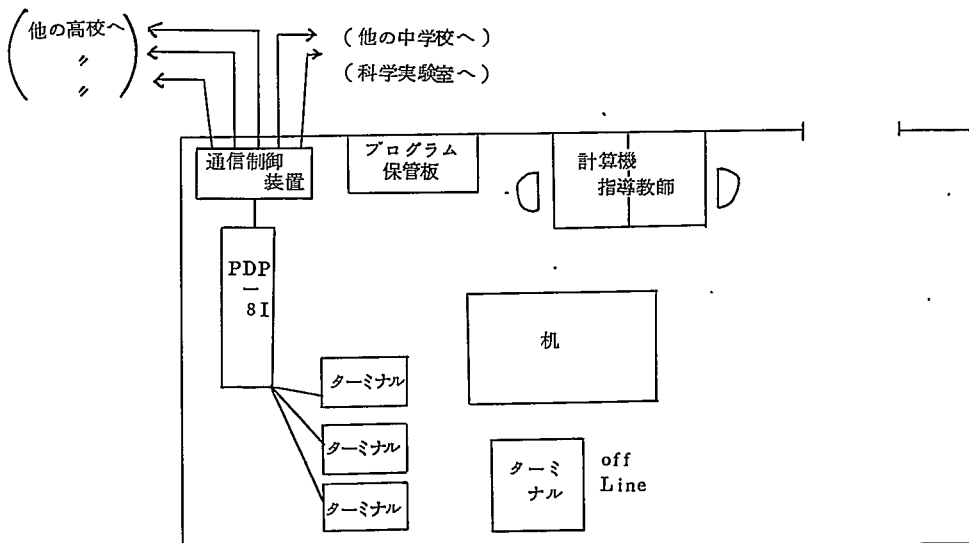
米国の都市中心部は空洞化しつつある。ボストン市もその例にもれない。市の中心より15-20kmの外側をぐるりととりまく環状128号線がある。そのまわりに、中産階級の美しい住宅、主要企業の管理部門、近代的なショッピングセンターが集まっている。

レキシントン、ナティック、ニードム、ウエズレイ、ウエストウッドはそのような典型的都市近郊の町である。これら五つの町が共同して行なっているLOCAL計画(Laboratory Program for Computer Assisted Learning)は、高校・中学の授業にコンピューターをきわめて積極的かつ効果的に取り入れていることで米国の教育界に有名だ。

これら各町の高校には1台ずつ合計5台のタイム・シェアリング・コンピューターが配置されている。各コンピューターは最大8台から最少3台のターミナルを時分割方式で稼働させている。このターミナルを通して、地域全体の中学・高校生徒総数の約20%にのぼる3,500名が“コンピューターを用いた教育”を受けている。

その最も典型的な姿を、レキシントン高校で眺めてみよう。高校の建物の一角に通常の教室2つ分位の広さのデータ・センターがある。その内部は大略第4-1図のような配置となつている。一方の壁に面してDEC社(Digital Equipment Corp.)のPDP-8I型コンピューターがある。これは12K wordのCore記憶と250KのDISKを持つもので、8台のターミナルを稼働させることが出来る。データセンターにはそのうち3台のターミナルが備えつけられている。残りの5台のうち1台は、同高校内の科学部門の研究室に、1台はレキシントン市内の中学校に、その他の3台はボストン周辺の高校へ賃借^{注)}されている。

注) これら外部のターミナルとデータセンター内のコンピューターとの連結はすべて電話線を介して行なわれている。



第4-1図

さてこれらのターミナルは、第3章のハーバード大学の例でのべたと同様のテレタイプ社製の ASR33型モデルである。またコンピューターもハーバードのターミナルが連結していた PDP-10 と同じ企業の製品である。ただ相異はコンピューターの規模が小型であるだけだ。したがって、ターミナルを通してコンピューターを利用する手続きは、第3章でのべたと殆んど変りがない。人間が、ターミナルを通して計算機に情報を送れば、即座に計算機はそれに対して回答をターミナルに送り返してくる。人間と計算機との会話形式の利用が可能である。

レキシントン高校では、このコンピューターを数学や化学の授業に用いている。なかでも数学への利用が著しく、データ・センタにある3台の ON LINE、1台の OFF LINE ターミナルは主として数学の授業のためだ。数学の授業と一口にいつてもその種類は多く、なんと26ものコースがこの高校にはある。そのなかでコンピューターを最も集中的に利用しているのは“コンピューター関連コース”とよばれる3つの選択コースである。

(1) プログラミング入門 (2) コンピューター数学 (3) コンピューター科学 の三つがそれぞれあり、いずれも週2回、各1時間づつ半年のコースがある。最初のプログラミング入門は、数学に弱い生徒のためのコースだ。大半の生徒が中学ですでに習得して来ている Algebra II ^{注)} をまだすませていない生徒を対象とする。したがって20人位づつの小人数に分け、かなりていねいに指導を行なう。まず BASIC と FOCAL というプログラム言語が教えられる。つぎにそのプログラム言語を使つてやさしい代数の問題をプログラムさせることを内容としている。

注) 対数、2次方程式、不等式、各種函数のグラフなどのレベルまでを内容とする。

教室では、教師が例題をフローチャートの形に直して説明し、プログラミングの手引きとする。生徒は、毎週出される宿題について、自分でフローチャートを作り、プログラムを書く。そして計算機にかけ答えを得る。この過程が学期の全期間を通して続くのである。学期の最初のうちは第4-2図のように割合やさしい問題が宿題となる。しかしめきめきとプログラム能力は伸び学期の終りとなると、第4-3図に示すようなかなりこみ入った問題を解くことが出来るようになる。

218 / 4

DO TWO OF THESE PROBLEMS

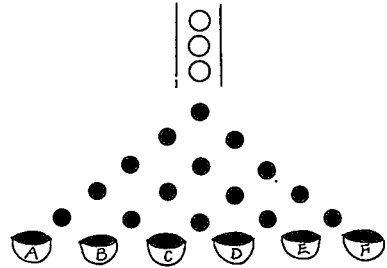
Write and RUN BASIC programs which will allow you to do the following :

1. INPUT a number and tell if it is in the solution set of $3x + 7 < 8$.
2. (A) Find the sum of $1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/24 + 1/25$
(B) INPUT N and find the sum $1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/N$
For example, if the user INPUTs 4, your program will output
2. 083333 ($1 + 1/2 + 1/3 + 1/4$)
3. INPUT a number N. Your program should then output the product of the first N consecutive natural numbers.
Examples : INPUT 3, output 6 ($1 * 2 * 3 = 6$)
INPUT 5, output 120 ($1 * 2 * 3 * 4 * 5 = 120$)
4. INPUT three numbers in any order, and output them in descending order.
5. The interesting "series" of unumbers : 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13 ... is credited to the mathematician Fibonacci (1170 - 1250).
What are the next three numbers in the series ? Write a program which will output the series endlessly, until interrupted by CNTRL/C. Turn in your output which shows all terms smaller than 1000.

P : S = NEAT LISTING AND SAMPLE RUN should be turned in. Also attach the flowchart which you used for each of the problems you turn in.

第4-2図

- Drop 1000 balls through this array and determine the probability of a ball landing in pot C. Turn in a neat list and all your output.
- You have two dice in the shape of pyramids. They have four identical sides in the shape of equilateral triangles. The four sides contain the numbers 1, 2, 3, 4. If each side is equally likely to appear, roll the dice 1000 times and find the probability of the sum of 5 appearing. Turn in a neat list and all your output.
- The rules for a game of dice are :
 - Two dice are tossed. If the sum of the numbers on the faces of the dice is 7 or 11, you win. If the sum is 2, 3, or 12, you lose, if the sum is any other number (4, 5, 6, 8, 9, or 10), the sum is called the "point" and the result is a draw.
 - If you draw on the first toss, the dice are tossed again. If the sum of the faces on the new toss equals the "point" from the first toss, you win. If the sum is 7, you lose. If the sum is neither the "point" nor 7, the result is a draw.
 - In the event of a draw you toss the dice again and repeat the process in (b) until either the "point" or a 7 appears.



Write and run a Basic program that will simulate this dice game. Your program should execute an appropriate number of simulations (500 will do), then use the results to determine the probability of your winning the game.

Turn in your flowchart, a neat listing, and all your output.

第 4 - 3 図

生徒は、1 回 15 分ずつ 1 週間に最高 1 時間までターミナルを使うことが出来る。学期は約 10 週間であるから、1 人最高 10 時間程度までの利用時間が割り当てられているのだ。月曜から金曜まで、朝 7 時 45 分より夕方 6 時頃まで生徒は自由にデータセンターのターミナルを使うことができる。利用の原則は先着順である。しかし 1 人 1 回の利用は 15 分が限度であり、しかも 3 台が常時稼働しているものであるから、たとえ混雑していても一寸待ちさえすればかならず利用できる。朝から夕方まで常にデータ・センターには 5 ～ 6 人の生徒がつめかけている。ある者は、ターミナルに向い、ある者は友達同志プログラムについて話しあい、また或る者はデータ・センタに居る教師に質問をしている。コンピューターを使うことが完全に日常のこととなりきっている。

注) 高校は週 5 日制である。また正式な利用可能時間は午後 3 時 45 分である。しかし通常 6 時頃まで利用できる。

第 2 のコンピューター数学は、数学の能力が平均あるいはそれ以上の生徒を対象とする。すなわち Algebra II の単位をすでに得た者だけが聴講できる。ここでもまず最初にプログラム言語 BASIC が教えられる。その後は、代数の全範囲よりコンピューターで解くのに適した各種の問題が取扱われる。(第 4 - 4 図) さらに、コンピューターを用いたゲームやシミュレーション、あるいは数字以外の文字のコンピューターによる処理(第 4 - 5 図)など非常に幅広い範囲が内容となつている。またそのプログラムおよび数学上の困難度はさきの“プログラミング入門”より一段と高くなっている。

最後のコンピューター科学のコースは、すでにのべたいずれかのコースを習得した者が対象となる。したがって非常に高度なコンピューターの利用技術を教えるコースといつてよい。BASIC といった習得に容易な言語だけでなく、アセンブラ言語を始め、コンピューターの構造、ファイル処理など高度なプログラミング技術および応用が教えられる。

Write a BASIC program that will determine all zeroes of most functions that are input. The user should be able to input a function using the DEF command, input a domain (A to B) to be searched, and a tolerance T such that $x = a$ will be accepted as a zero if $|F(a)| < T$. Your program should search the entire domain. All turning points of the function should be output and the program should correct for an input tolerance that is too low. You are urged to write your program according to the flow chart developed in class.

After your program appears to be working, be sure to test it with several functions for which the zeroes and turning points are known. Then use the program to locate zeroes and turning points of the two functions:

$$f(x) = \left(\frac{12x}{x-12}\right)^2 - x^2 - u$$

$$f(x) = x^{u/1000} - \frac{u}{100}x + \frac{u}{100}$$

where U = your user number.

Please TURN IN a sheet of paper containing your program name as saved on magnetic tape, the name of the tape, your user number, and all zeroes and turning points of the given function.

第 4 - 4 図

Write a BASIC program that will arrange a list of words in alphabetical order.

Specifically, your program should:

1. READ an integer N, where N is not greater than 75.
2. READ N words containing 1 to 6 letters each.
3. PRINT the same N words in alphabetical order.

Line numbers 500 through 600 should be reserved for DATA commands. When you submit your program it should NOT contain DATA commands.

Please turn in the name of your program and the name of the tape on which it is saved.

For the more spirited (and those needing additional praise), write a similar program that allows each of the N words to contain 1 to 18 letters. If this is done you should assume N is not greater than 30.

第 4 - 5 図

コンピューター数学、コンピューター科学のいずれの場合も生徒がコンピューターを利用する形態は、プログラミング入門の際のべたのと全く同様である。毎週、コンピューターを使う宿題が課せられ、1週最高1時間までデータ・センターのターミナルを自由に使うことが出来る。

したがっていままでのべた3つのコースのいずれかを習得した者は誰でも単にコンピューターの基礎知識を得たという段階よりはるかに高い能力を持つ。すくなくとも自分で問題をコンピューターに適合するよう定式化し、プログラムを作り解く能力を与られているといえよう。

現在、プログラミング入門コースに130名、コンピューター数学に90名、コンピューター科学に80名、合計300名の生徒が参加している。それは、レキシントン高校の総員2,900名の1割を上廻る人数だ。

コンピューターを利用している生徒はこれだけではない。“コンピューター関連コース”以外の多くの数学のコースでもコンピューターを生徒に利用させている。その程度は、課目を教える教師の状況によりまちまちだが、1学期に6題から2題位、コンピューターで解くべき宿題が出されている。

また、科学の部門——なかでも化学のコースでは、数値計算の問題を生徒にコンピューターを用いて

解くことを積極的に教えている。

これらの利用者も含めるなら、レキシントン高校の生徒のコンピューター利用人口は 1,400 名、約半数にものぼっている。

いままでレキシントン高校のコンピューター利用の姿をのべて来た。ここでの利用の特徴は 2 つにまとめられる。ひとつは、タイム・シェアリング・コンピューター (T.S.S.コンピューターと略す) の利用である事、第 2 は、コンピューターが生徒を教えるのではなく、生徒が主体的に自己の問題解決 (プロブレム・ソルビング) のための道具としてコンピューターを利用している点だ。これらの特徴について若干くわしくふれていこう。

4-2. 授業における T. S. S コンピューター利用の利点

T.S.S.コンピューターが教育の場で果す効果はきわめてき、大きい。いまかりに学校での授業にコンピューターを利用する場合に話を限定するなら、T.S.S.方式 以外の利用方法は考えられないとさえ極言できる。

その利点は 3 つあげられる。

第 1 は教育効果の点だ。すでに何回ものべているように、T. S. S 方式は、生徒とコンピューターがあたかもお互いに会話しあっているかのように結びつけられている。たとえば、生徒が自分で作ったプログラムを、ターミナルでタイプしたとしよう。そのプログラムによつて自分の求める答えが得られるか否かは、コンピューターからの回答によつて直ちに明らかとなる。つまり自分の努力の結果に対して YES か NO か式の厳密さで、即座に評価がなされるのである。

この即答性という利点は、T. S. S 以外の方式では、とうてい期待できないことである。一括処理の場合であるなら、生徒が情報を入れてより回答までの間にすくなくとも数時間、時には数日かかる。このような大きな間隔では、とうてい教室での授業に用いる事は出来ない。また用いた所で教育効果はきわめて低くなるといつてよいであろう。

第 2 は利用の簡易さである。

学校が、T. S. S. コンピューターを利用しようとする場合必要な設備は、ターミナルだけである。大がかりな電子計算機室もいらなければ、また、T. S. S. コンピューターを自分の学校に備えつける必要もない。

タイプライターを机の側におくのと全く同じだ。そして、必要なときに T. S. S. コンピューターを電話で呼び出し、電話線を通して利用すればよい。

ボストン市の附近には、1970 年末現在、約 40 以上もの T. S.S.コンピューター・システムが稼動している。したがって自分の目的に合ったプログラム言語や値段、サービスなどより適当なシステムを自由にえらぶことが出来る。さらに設備する設備がターミナルだけであるから、利用の開始、廃止がきわめて容易である。数日のうちに、利用可能となるし、また不要なときは何時でもターミナルを返却できる。さらに、現在利用しているシステムが不都合なときには、他のシステムに簡単に移ることも出来る。

この簡易さは、第 3 の費用の安さにつながる。かりに、学校がターミナルを 1 台備えつけ T. S.S 方式でのサービスを受けるとしよう。一体いくら費用がかかるだろうか。

まず初期費用である。ターミナルの契約および設置料としてそれぞれ100ドル、づつ、合計200ドルだけでよい。これ以後必要となる費用は毎月のターミナルの賃借料、電話代、計算機使用料と若干の用紙代だけである。

ターミナルの費用は、その形式により異なるが、月\$60～100位である。つぎの電話代はコンピューターをどれ位利用するかまた、コンピューターとの距離により異なる。つまり非常に多く、1日中使用するなら Private line でターミナルとコンピューターを結ぶのが効率良い。しかし、極く僅かしか利用しないなら1回づつ電話をかければ良い。また長距離の電話か否かによっても料金が変わるのは当然だ。ここでは約10マイル位の距離にあるコンピューターと個人回線で連結した場合を計算しよう。それは($\$3 \times 10 \text{ mile}$) + \$6 = \$36が月の電話料となる。

つぎの計算機使用料の計算方法はきわめてまちまちだが、大きく、2つの方法に分けられる。

第1は一定額方式、第2は利用量方式である。前者は一月間どれだけ用いても、また逆に利用しなくても一定料金を支払う方式である。後者は、(A)ターミナルとコンピューターとが連結している時間、(B)コンピューターの中央制御装置(C. P. U)の使用時間、(C)自分のプログラムやデータなどをどれ位コンピューターの記憶装置に保管したかの三要素に基づいて算定される。もちろん、或る場合には、この三者すべての組合せでなく、ひとつまたは二つの条件だけで算定されることもある。しかし、いずれにしろ、実際にコンピューターを利用した量に応じて支払う方式である点には変りがない。

一定額方式をとる場合の料金は大体\$300/月位である。したがってターミナル、電話代などを含めて、月に約\$400あれば30日×24時間=720時間コンピューターを自由に使うことが出来る勘定となる。或る場合には、このように大量の利用が必要でないかも知れない。例えば月に10時間位利用するとしよう。個人回線を引く必要もないし、一定額方式でコンピューターを使う必要もない。1回毎に^{注)}電話をかけ、また利用量方式で支払えばよい。その場合は合計して月に大体\$150位となるであろう。

注) ハーバード大学の例を用いたが	Connect time	10時間×\$4	= \$40
民間の料金も大体同じである。	CPU	10分×\$10.5	= \$105
			\$145

このように、T. S. S. コンピューターの場合最初に大きな費用の投下が不要であり、またその後の費用もきわめて妥当な金額であるといつてよい。さらに、自分の予算に応じて自由に利用量を調節できしかもひとたび使用している間は、コンピューターの持つ能力のすべてが利用可能となる。このような Cost-effective な点こそ最近米国の学校へ目覚ましい勢で T. S. S. コンピューターが導入されつつある大きな原因だ。たとえば、2年前にはボストン周辺の学校で僅か15台位しかターミナルが用いられていなかった。しかし、現在では極めて内輪に見積つても100台を越えるターミナルが学校に入っている。また他の推定によるとボストン周辺の学校群の25～35%は、すくなくとも1台のターミナルを持つといわれている。今後 T. S. S. コンピューターやターミナルの費用の低下とともにこの傾向はますます増大していくと思われる。まさに米国では、授業での T. S. S. コンピューター実用時代が1970年とともに始まつたといつてよいであろう。

4-3. プロブレム・ソルビングの効果

レキシントン高校でのコンピューター利用の特徴のひとつは、プロブレム・ソルビングにこれを用いている点であつた。

通常よくいわれる C. A. I. (Computer Assisted Instruction) とプロブレム・ソルビングとの相異を考えてみよう。C. A. I. には Drill and Practice, Tutorial, Dialogue の各形式があることは良く知られている。このいずれも、コンピューターが生徒を教える点では一致している。Drill and Practice に例をとるなら、コンピューターが一定の形式で問題を示し、生徒に幾つかの答えのうちの 1 つをえらばせる。選んだ答の正否に応じてコンピューターがつぎの問題を与える。生徒に許されている自由は解答をえらぶだけであり、コンピューターが生徒の行動を統制しているといえよう。これと全く逆なコンピューターの利用がプロブレム・ソルビングである。ここでは、生徒がコンピューターをコントロールする事が要求される。つまり、生徒自身が問題を解くためのプログラムを作る。コンピューターはそのプログラムに従って命じられたことを忠実にこなす。Drill and Practice の場合のコンピューターの役割が教師であつたとするなら、ここでは従順にして律義な従僕の役割にたとえられる。

前節末尾でのべたように、この 1、2 年急速に T. S. S コンピューターが学校へ導入されつつある。それらの殆んどすべては、プロブレム・ソルビングとして用いるためである。また、米国全体を考えても、授業でコンピューターが用いられているうちの 90% 以上がプロブレム・ソルビング方式といわれている。

一体何故これほどプロブレム・ソルビングが盛んなのであろうか。

理由は 2 つにまとめられる。

第 1 はコンピューターによるプロブレム・ソルビングの教育効果であり、第 2 は C. A. I. に較べてはるかに安い費用ですむ点である。これらにふれる前に、生徒がどのようなステップで問題を解くかを若干こまかく示しておこう。

1. まず教師よりコンピューターを用いて解くべき問題が与えられる。
2. 生徒はその問題をどのような手順で解くかフローチャートの形に整理する。
3. フローチャートに従い、プログラムを書く。
4. プログラムが出来たら OFF LINE のターミナル (コンピューターと連結していないターミナル) を用いてペーパ・テープにプログラムをパンチする。
5. そのテープを ON LINE のターミナルよりコンピューターによみこませ、プログラムを実行させる。もし結果に誤りがあればターミナルのキー・ボードより修正部分のプログラムを打ちこみ、再び実行させる。そして結果をみて、必要なら修正するといった作業が連続してくり返される。
6. このようにして求める答えが得られたなら、そのプログラムを教師に提出する。
7. 教師は、生徒よりのプログラムを実際にコンピューターにかけ、完全に機能するかまた弱点があるかを点検する。
8. 結果の講評を加えて生徒にプログラムを返却する。

このうち最も中心となるステップは、第 2 および第 3 である。すなわち問題をフローチャートに書き、プログラムする段階である。しかしながら、問題の解き方が完全に理解されていない限り、これらのステップを行なえないことは明かだ。したがって、フローチャートを作る過程を通して、生徒達はいやでも教えられた内容を完全に理解するようになる。

ここでレキシントン高校のデータ・センタに大きく掲げられてあつた標語が思い出される。

“もし何かを学びたいと思うなら、それを人に教えよ。”

又もしそれを完全に自分の身につけたいと思うなら、コンピューターのプログラムを作れ。”

つまり、フロー・チャートを作りプログラムを行なう過程は、コンピューターに問題を解く方法を教えている過程なのである。しかもコンピューターは人間とことなり極わめて融通のきかない、しかし一面きわめて論理的なものである。人間に教える以上に完全にまた論理的に教えるければ受けつけない。それだけ教える側の高い理解を必要とする。

このように、プログラミングのステップを通して知らず知らずのうちに生徒自身の手によつて教育内容の reinforcement が行なわれていく。これこそコンピューターによるプロブレム・ソルビングの効果の第1である。

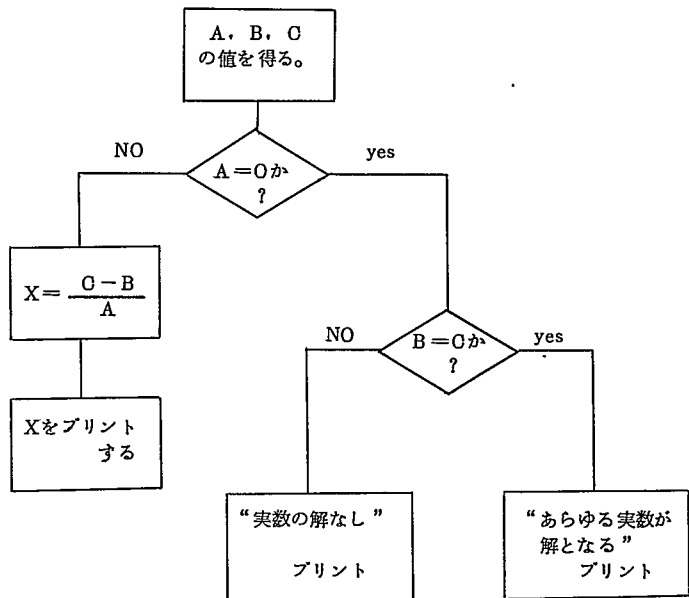
さらに、第2の効果は生徒達を一般化された問題解決法へと導いていく点である。たとえば A, B, C があらゆる実数の値をとるとして $Ax+B=C$ を解く場合を考えてみよう。これを解くための完全なフローチャートは、第4—6図のようになる。 A が0か否か、また B と C が同じ値か否かにより不能、不定、1つの解を得る場合とに分かれる。このように、あらゆる場合を考えそのすべてに対する解答をプログラムに組みこまない限り充分な答とはいえない。もし生徒がこのいずれかに気づかない場合には、各ケースに合致するような A, B, C の値を教師がコンピューターに与え結果を生徒にみせればよい。

生徒は、問題の特殊な場合の解だけでなく一般化された場合の解への目を開かれるであろう。

第3として、指導する教師の側にとつても大きな利点がある。

“結果”だけでなくそれを“解く過程”に教育の重点を移すことができる点である。たとえば、教師はフロー・チャート作りを通して生徒に問題解決の基本的ステップを指導できるであろう。また生徒の作ったフローチャートやプログラムを見て、解にたどりついた過程を追跡できるであろうし、また生徒の弱点をはつきりとつかむことも出来るであろう。

最後に、コンピューターとの対話が、きわめて大きな動機づけを生徒に与えている事実を強調したい。



第4—6図

これを良く示す言葉は最近米国ではやり出した“Computer bums”である。今まで多くいた“Ski bums”や“Surfing bums”に加えて、高校生の中にこのコンピューター狂が最近急速に増えている。

また、コンピューターによる数学のプロブレム・ソルビングを始めてから数学が好きになる例や、知恵遅れの生徒が急に学習に熱中するなどの例は、極わめて普通にみられる所である。

生徒が T. S. S コンピューターの利用に熱中する原因は幾つかある。

ひとつは、自分のプログラムにより、コンピューターが即座に反応を示す点である。しかもその反応がかなり知的な内容を持つ点も興味をそそる原因といえよう。

だがもつと基本的な点に注意しなければならない。それは、コンピューターが自己の能力あるいは努力の結果を客観的に反映する点にあるように思われる。自分が複雑あるいは高度な内容のプログラムを書けば書くほどコンピューターはそれに従って高度なことを行なう。したがって自分とコンピューターとの対話というより自分自身への挑戦といえる。コンピューターはその結果を客観化しているにすぎないといえる。その客観化された結果によつて成就の満足感を味わうとともに、また新たな挑戦への動機づけが生み出されるといえよう。

と同時にプログラムの独創性も動機づけの大きな原因である。同じ答を得るにしても、それに行きつく過程は千差万別である。各人各様に自己の能力に応じて独創性が発揮できる。ひとつの正解あるいはひとつの正解への道を教えられる場合とは、大きなちがいである。

いままでのべて来た、教育内容の生徒自身による再確認、概念の一般化の養成、問題解決能力の上昇、大きな動機づけの諸点こそコンピューターによるプロブレム・ソルビングの大きな効果といえるであろう。

つぎに、C A I と比べて費用が安く、その点からも学校が授業にコンピューターを導入する第 1 のステップとして最も適する点について若干のべておこう。前節でのべた如く T. S. S コンピューターの設置はきわめて簡単である。費用もそれほど多く必要としない。僅か 1 台あるいは数台のターミナルで数十人から数百人の生徒を充分コンピューターと接触させることができる。

もし、Drill and Practice や Tutorial 型の C A I を行なうとするなら、このようなわけにはいかない。ターミナルの数がずつと多く必要となる。それだけではない。教材の量によりコンピューターの使用時間が定められるため、予算に合わせてすこしづつ導入するなどの措置はとれない。常に一定量のしかもかなり大きな予算が必要となる。しかし、プロブレム・ソルビングの場合であるなら、現在可能を予算に合せ、利用内容や利用時間を変化させうる。またターミナルの数も変化させることができる。

プロブレム・ソルビングの利点はこのような導入の弾力性だけではない。必要な費用総額の点からも大きなちがいがある。

レキシントン高校の場合、現在の利用方法のもとで年間生徒 1 人当りのコンピューター費用は 25 ドル〜32 ドル位である。これと比較するため 1 日 10 分づつ年間 150 日 Drill and Practice 型式の C A I 教育を行なつたとしてみよう。現在最も安い C A I の費用は 1 時間、生徒 1 人当たり約 3 ドルから 5 ドルといわれている。したがって年間の生徒 1 人当たり費用は、75 ドルから 125 ドルとなる。

仮りに教育効果が同じとするなら C A I の場合約 3 倍近い費用がかかるといつてよい。もちろん Drill and Practice の場合とプロブレム・ソルビングの場合といずれがより教育効果があるか比較することは困難だ。しかし、3 倍近い費用を投じて現在それに飛びつくべき根拠があるとは、一寸考えられない。まずプロブレム・ソルビング方式を実施し、将来 C A I の費用の低下を待つて順次それを導入しようというのが、現在の米国の一般的考え方といえそうだ。

4-4. 問題点と将来の展望

米国の多くの学校にT. S. Sコンピューターを用いたプロブレム・ソルビングが普及しつつある。このとき何が一番問題となるのであろうか。コンピューターを利用するための費用であらうか。またコンピューターの能力であらうか。否である。

学校のなかの教師の参加が成否のかぎをにぎっている。つまりコンピューターの授業への導入に積極的かつ充分の知識を持つ教師が得られるなら、成功するであらうし、もし不幸にしてその条件が満たされないときには失敗するであらう。

教師の参加に関連して2つの問題点がある。ひとつは、教師の負担の増大である。いままで存在しなかつたコンピューターを新しく授業のなかに加えるのであるから当然、従来以上に多くの努力が教師に要求される。まず教師自身、プログラムの言語を学ばねばならない。簡単なBASIC言語にしても完全にマスターするためには15時間位の講義と演習が必要だ。またFORTRANであるなら最低1ヶ月位の学習が必要だ。さらにターミナルの操作や構造、T. S. Sコンピューターの構造などをかなり集中的に学ぶ必要がある。

授業を始めてからも苦労はつきまとう。現在の所コンピューターを前提とした完全なカリキュラムは出来上っていない。したがって種々の本を参考にしながら自分自身カリキュラムを組立て、問題を作っていかなければならない。当然ターミナルを用いながら問題の検討が必要であらう。また、フローチャートによる分析も必要であらう。

それだけではない。生徒はプログラムの不明な点について質問に来るであらう。多分かなり多くの時間がそのためにとられるであらう。またターミナルの故障、あるいは用紙の取替えなどの雑務もあるだろう。

これら多くの負担に教師はたえていかねばならない。だが個人の努力による解決限度がある。制度的にも負担を軽減あるいは補償する措置が必要なのはいうまでもない。たとえばレキシントン高校の場合、2名の数学教師がデータ・センターに常駐し、専心してコンピューターの管理に当たっている。彼等は、コンピューター関連コースを教えるのみで、他の教師から比べるなら授業の負担は軽減されている。とはいっても、生徒の質問に常にさらされる場にあるため実質的にかなりの負担となつていることは確かである。

問題点は教師の負担増だけではない。いまひとつ教師がコンピューター導入に尻ごみする大きな条件がある。プログラムの能力に対する不安である。

“教師より生徒の方が4倍は早くプログラミングに熟達する”あるいは、“生徒の方が教師より間違わずにプログラムの能力は上になる”といった言葉はどこかの学校でも聞かれる。

教師が生徒にプログラムを教えられるのは学期の始めだけにすぎない。学期も半ばになり生徒が一応プログラム言語に通じると、教師より生徒の方がずっと効率良い、時には天才的と思われるプログラムを作る。この事実は教師に大きなフラストレーションを与えることは事実である。特に老年の教師にとつてコンピューターの導入はかなり苦痛であり、また困難なようである。

このような問題点はあるにしろ、T. S. Sコンピューターが授業のなかに入っていく趨勢にある事はまちがいない。しかもかなり早い速度で導入されつつある。今後どのような方向に向かうのであろうか。

LOCAL計画の今後も参考にしながら、極わめて近い将来を現実的に眺めてみよう。

T. S. S コンピューターを用いたプロブレム・ソルビングは3つの方向へ発展しつつある。ひとつはコンピューターの導入領域の拡大である。現在までの所コンピューターを授業で用いているのは主として数学である。数学は最も多く数字を扱う科目であり、また問題自体がコンピューターのプログラムに適しているのは事実だ。したがってまずこの領域よりコンピューターが導入され出したのは極わめて自然といえる。しかしコンピューターの能力は単に数字を取り扱うだけではない。もつと広くアルファベットも含めたシンボルの処理が可能である。

現在、数字に割合近い物理、化学の領域への利用に拡がりつつある。同時に社会科、あるいは語学などにもその利用が拡大される傾向にある。

と同時に授業での利用方法も単に宿題をコンピューターで解かせるだけでなく、多くの変化をとりつつある。たとえば関数のパラメータを種々変えグラフの形がいかに変化するかなどクラスでのデモンストレーションに用いたり、ゲームやシミュレーションのために利用されてきつつある。この傾向は数学以外の科目でのコンピューター利用が増すに従って一層強まっていくであろう。

第2の傾向は、コンピューターを前提とした新しい授業の創造である。すでにのべた如く数学の科目でさえ、現在まだコンピューターを前提とした新しいカリキュラムが出来上っていない。従来のカリキュラムのなかで補足的にコンピューターを利用しているのが多くの学校の現状である。

このことはコンピューターの持てる力を授業に生かしている姿とはとうてい云えない。何故なら数学の教えようとする事とコンピューターによつて教えて効果のあることとは必ずしも一致しないからだ。もつともこの事実が気づかれ出したのは極わめて最近のことで、当初においては、数学を理解させるのにコンピューターがそのまま役に立つとの考えが強かった。しかし実際に授業を始めると両者の間に本質的とでもいうべき相異があることに気づかれ出したのである。

レキシントン高校で従来の数学の科目のほかに“コンピューター関連コース”を新設したのはまさにこのためである。つまり旧来の数学にとらわれず真にコンピューターによつて教えるのが意味のあるもの、あるいは、コンピューターによつて新しく必要となつて来た数学をその内容としようとしているのである。言葉をかえれば、コンピューターを前提とした新しい数学——コンピューター数学とでも呼ばれるべきものを指向しているのである。今後数学だけに限らず、他の科目でも同様の方向がとられていくであろう。

第3は、プロブレム・ソルビングが持つCAIと全く異なつた特徴を最大限に生かそうという方向である。つまりCAIの場合、生徒はコンピューターによつて完全に制御される。その意味で閉じた系のなかでの教育といえる。しかし、プロブレム・ソルビングでは、生徒がコンピューターを自分の好きなように制御する。その際にも教師から与えられた宿題に問題を限る必要はない。生徒自身の自発性・待ち自由な問題に対して問題解決を行なつて行こうという方向である。CAIと比較するならOPEN END な教育というべきかも知れない。

もちろん、自分で問題をみつけそれを定式化しプログラムするためにはかなりのプログラミング能力が必要だ。しかし、レキシントン高校にはすでに“コンピューター関連コース”を習得した生徒が数多くいる。それらの生徒のため週に30分まで科目や宿題に全く関係なく自由にコンピューターを利用す

ることが認められている。そのなかより市長の意志決定のコンピューターモデル、南北戦争のシミュレーションモデル、フランス語文法の練習プログラムなどが生み出されて来ている。これもコンピューターによつて新しく生み出されつつある教育のひとつといえるのではなからうか。

ともあれ、人間がいままで教えていたことを計算機に肩がわりさせるという方向は、コンピューターの教育への利用の一側面にすぎない。コンピューターによつて始めて可能となる教育方法の創造こそ今後必要となるのではなからうか。コンピューターを用いたプロブレム・ソルビングはそのための有力な手がかりを与えるといえよう。

産業教育計画研究施設研究報告書・研究紀要既刊

研究報告第1号	農業の近代化と農民の生活意欲 第1編	昭和37年 6月
	—— 農業未共同化グループと共同化グループの比較研究 ——	
※ 第2号	農業の近代化と農民の生活意欲 第2編	昭和38年 月
	—— 農業未共同化グループと共同化グループの比較研究 ——	
※ 第3号	産業社会における教育の役割	昭和39年11月
	—— 賃金決定における教育要因の分析 ——	
※ 第4号	労働類型と熟練形成過程	昭和39年11月
※ 第5号	地域開発と学卒労働力移動	昭和39年11月
	—— 北海道における中・高・大学卒業者の労働市場圏の研究 ——	
※ 第6号	地域開発と産業教育Ⅰ・地域開発と地域社会変動構造	昭和40年10月
	—— 道央・苫小牧リージョンを中心とした地域変動の実証的研究 ——	
※ 第7号	地域開発と産業教育Ⅱ・労働移動と職業意識	昭和41年 5月
	—— 苫小牧地方労働市場の変動構造と産業教育訓練生の意識構造 ——	
※ 第8号	地域開発と産業教育Ⅲ・地域開発と労働者教育	昭和42年10月
	—— 苫小牧地域工業化にともなう産業教育の展開過程に関する実証的研究 ——	
※ 第9号	建設業の構造変化にともなう建設職人層の賃労働者化と労働組合運動...昭和46年7月	
	—— 親方制的雇用構造の解体過程の進行と養成訓練の変容に関する実証的研究 ——	
※ 第10号	教育とコンピュータ	昭和46年 7月
研究紀要 第1号	昭和43年11月
	論文：アジア地域労働の質の比較研究（中間報告）	
	農業近代化と農業後継者教育	
	地域工業化に伴う農村社会変動と農民教育	

産業教育計画研究施設 研究報告書第 10号

昭和46年 7 月15日 印刷

昭和46年 7 月20日 発行

発行機関 北海道大学教育学部 産業教育計画研究施設

発 行 者 札幌市北11条西 7 丁目 原 正 敏

印 刷 所 札幌市北 3 条東 7 丁目 文栄堂印刷所
