

## 〔Ⅱ〕 数学の授業における T.M. の使用法とその評価

矢 木 修 高 須 照 夫  
柳 田 嘉 久 富 田 昇

### 1. はじめに

我々 T. M. グループの中の数学科のメンバーは、今までに、数学の授業の中で、如何に T. M. を利用したら、最も効率よく、しかも生徒にとって、最も理解し易い授業になるのか、色々な方法で試みを行ってきた。しかし、その時点では、T. M. 本来の特性を見落してきていたのではないかと自省する。T. M. といえば、ティーチング・マシーンという事であり、教える為に使う機械という意味で、情報処理機器と視聴覚機器とを区別なく、すべて T. M. という概念で考えてきた。T. M. の特性、即ち、生徒に情報を与え、それに対して生徒の反応を要求する。そして、この反応に答えて、それが適確な反応であったか判断し、それを生徒に知らせる。これによって生徒は個人の能力に応じて学習を進める事ができる。これらの特性のうち本校の T. M. 設備が完全に作動すれば問題はないのだが、現状では、生徒に情報を提供し、それに対して反応を要求し、その反応を集積していくといった事はできるが、最後の個人の能力に応じた学習ペースでの授業は、あまり達成されていない。このような状態の中で、T. M. を利用した効果的な授業法というには、多少言い過ぎの嫌いがあるが、今までの研究の積み重ねという形で、ここに一つの考えをまとめてみることにした。

### 2. 研究経過

今回までの研究経過を述べると、昭和45年に教育学部により、本校にアナライザーを主とする教育機器が設置された。昭和48年に、日立ミニコンピューター・HITAC-10とを直結させ、システムカードの制御信号によって振り分け（正答者・誤答者用に振り分けを行なう）機能を含んだ授業を自動進行させる事のできるシステムを完成させた。昭和48年の本校の研究協議会において、中学2年生の生徒に対して、「数の集合と計算（計算の意味とその可能性）」を題材にした1時間連続の振り分け機能を含んだ全自動の授業についての実践報告を行なった。その時の反省として、振り分けを行なうにも、そのプログラム作成に相当な教師の負担がかかり、T. M. 教室専属の助手でも定員化しないかぎり、教師の生徒に対する直接指導ができな

くなくなってしまい、本来の T. M. を利用する意義が薄らいでしまう。本来ならば、教師が行なう普通授業を分析し、T. M. 任せられる事のできる点は T. M. に任せ、その分教師は、多面的に生徒を観察し、遅進生徒に対して個別指導できるメリットを持っている。が、実際には、T. M. 操作を熟知している教師はほんに少数のみで、ほとんど T. M. に関して素人と言ってもよく、実際に T. M. 授業を行なうとなると、1時間のプログラムを作成するのがやっとの事で、T. M. のメリットを半減させてしまう。また生徒側にとっても、1時間中ヘッドホンを耳にあてて授業をする事でかなり苦痛を与え、授業内容を理解するという以前の壁に突き当たってしまって効果が上がらないという問題が生じた。このように問題点が数多くある中でまず、T. M. を利用すると、どんな効果が現われるか、また1時間の授業の中で、どの部分に T. M. を利用したら最も効果が現われるのか、そして、どのような利用形態をとったら、どんな教師も気軽に T. M. 設備を利用していけるか、……等を考えてみる事にした。

### 3. 授業中での T. M. の位置付け

一昨年高校2年生を対象にして、次の3つの形態で授業を行なった。

- ① 導入、まとめて T. M. を利用。展開部は普通授業。
- ② 導入、まとめは普通授業。展開部で T. M. を利用。
- ③ 適宜 O.H.P. を利用。生徒の反応をアナライザーで集積。

この学年は、中2の時に前述の振り分けを含んだ全自動の授業経験があった。この授業の後での生徒の意識調査、生徒の事後テストでの理解状況から判断すると、比較的効果が上がると思われる順に順位をつけていくと、②⇒③⇒① となった。また、この形態の他に全自動授業と普通授業とを加えて比較すると、

普通授業 ⇒ ② ⇒ ③ ⇒ ① ⇒ 全自動授業 となった。

この結果を踏まえて、今回中1、中3、高1を対象にして、中1では「文字式の計算」「方程式」、中3では「円とその性質」、高1では「関数（2次関数）」について T. M. を利用した授業を行なった。数量的分

野, 図形的分野の二大分野を3学年にわたって, ③に近いパターンではあったが, T. M. を利用するとどんな問題点が生ずるのか, また, 同じ学年でT. M. を利用した組と利用しなかった組とを比較する事によって, その問題点をもう少し掘り下げてみることにした。これから生徒の意識調査をもとにして, それらの問題点を考えてみることにしよう。

④ 導入部での利用

授業の導入部でT. M. を利用したとき, どんな感じがしましたか。

1. 説明が詳しく, 自然に授業に入っていくことができた。
2. 抵抗を感じながらも, 何とか授業に入っていくことができた。
3. これから何を学習していくのか, 目標がつかめなくて困った。
4. その他。

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	17	9	12	11	49	11	9	20	9	6	15	49	35	84
2	2	4	5	1	12	5	7	12	4	4	8	16	16	32
3	3	6	4	3	16	4	0	4	5	5	10	16	14	30
4	1	1	1	5	8	0	4	4	7	4	11	9	14	23

約6割の生徒がスムーズに授業の中に入っていくことができた。中1は, 内容も比較的簡単であった事と機器に対する好奇心の強さから抵抗感が少なかったようである。高学年になると, やや抵抗感を持つ生徒が増加しているが, その生徒達の主な理由は,

- ① 機器を使う事の堅苦しさ。
- ② 隣りの人の反応が気になり, わからないとあせってしまう。
- ③ 機器の調子が悪い。
- ④ 授業の進行スピードが速い。

などがあげられる。

3.と答えた人は, どうして目標がよくつかめなかったですか。

1. 数学そのものが嫌いだから。
2. 数学そのものは嫌いではないが, 今回の学習内容が難しくよくわからなかった。
3. 学習内容は特に難しくなかったが, 説明が単調でかえってわからなくなった。
4. その他。

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	0	3	1	0	4	1	0	1	2	4	6	4	7	11
2	2	3	0	0	5	1	0	1	0	0	0	3	3	6
3	1	0	2	3	6	2	0	2	1	1	2	6	4	10
4	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2	3	0	3

数学が嫌いだという先入観が抵抗感を倍加させているようである。

このように学習する目標を握みそこなった2割弱の生徒に対しては, 機器に対する強い反発心を持っている者もいるが, 機器の使い方, 説明の仕方を工夫する事によって, もう少し多くの生徒に, 数学に対する興味を持たせる事が可能になるのではないかと思う。

導入部での利用は, その後の授業の動機付けとして最も重要であるから, 十分内容を分析・検討し, 単調にならないよう工夫する必要がある。

④ 展開部での利用

定義の解説や, 例題の説明について,

1. 説明が順序立てられていてわかり易い。
2. 少しわからない点もあったが, ほぼ把握できた。
3. わからない部分が多かった。
4. 全くわからなかった。
5. その他。

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	9	4	5	2	20	6	5	11	1	3	4	21	14	35
2	10	6	11	11	38	7	10	17	10	8	18	38	35	73
3	4	9	5	5	23	5	4	9	7	6	13	21	24	45
4	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	2
5	0	0	1	2	3	1	1	2	7	2	9	9	5	14

定義の解説, 例題の説明については, 3分の2弱の生徒が理解していたようである。しかし, 残りの生徒は理解できなかったと訴えている。これは導入部より人数が増加している。T. M. 設備の問題, 学習プログラムの内容における問題点が同程度に作用しているようだ。定義, 例題の説明でこれだけの生徒が理解できないとなると少々問題が残る。

3.4.と答えた人はどうしてですか。

1. ノートする間がなく, とても進度についていけない。
2. 先生の説明内容がよくわからない。
3. 説明が単調でおもしろ味がない。

4. O.H.P.が見にくくてよくわからない。
5. T.M.教室だと落ち着いて勉強できない。
6. わからない点が生じてもすぐ質問できない。
7. その他。

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		男	女	計
1	1	0	2	0	3	1	4	5	4	1	5	8	5	13
2	0	2	2	2	6	1	0	1	1	3	4	4	7	11
3	0	2	1	0	3	3	0	3	0	1	1	4	3	7
4	2	5	0	0	7	1	0	1	2	1	3	5	6	11
5	1	1	1	4	7	1	0	1	4	0	4	7	5	12
6	1	0	0	2	3	1	0	1	0	0	0	2	2	4
7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	2	1	2	3

わからない部分の多かった生徒の理由さまざまであるが、T.M.設備の問題があげられる。例えば、O.H.P.の位置とか、教室の明るさ、T.M.教室に設置されている諸機器の配置などが影響して、O.H.P.が見づらいとか、また、生徒にとって普通授業の時は、教師の板書に従ってノートできるが、O.H.P.又はスライド……etcでは、すでに整理してあるいくつかの内容のものが一度に提示される為にノートをする間がなく取り残されてしまうとか、教師の人間味ある説明が聞けない等によって、これが理解の妨げとなっているようである。

次に実際に問題演習を行なう時にT.M.を利用する場合について、

- 問題演習をT.M.を利用して行なうとき、どんな感じがしましたか。(いくつに○をつけてもよい)
1. 問題演習だと熱中できる。
  2. 問題演習だと熱中できない。
  3. T.M.だと競争心がおき、気が引きしまってよい。
  4. T.M.だと自分の結果が表示されるので緊張する。
  5. T.M.だと時間が区切られるのであせる。
  6. T.M.だと隣りの人のスピードが気になって考えがうまくまとまらない。
  7. T.M.だと細かな点まで注意が行き届かない。
  8. 途中質問できない。
  9. 途中自分のペースで学習できる。
  10. 答えを選択肢する場合、わからないと山勘にたよってしまう。
  11. 問題演習の解答についての解説がよくわからなかった。
  12. 問題演習の解答についての解説は筋道が通っていてわかり易かった。
  13. その他

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		男	女	計
1	7	7	8	10	32	8	10	18	8	2	10	31	29	60
2	7	3	6	5	22	5	2	7	9	5	14	27	15	42
3	4	2	7	11	24	5	2	7	10	5	15	26	20	46
4	12	13	12	4	41	7	9	16	13	7	20	44	33	77
5	14	12	8	9	43	7	9	16	11	14	25	40	44	84
6	6	4	5	11	26	1	6	7	8	5	13	20	26	46
7	6	2	4	4	16	6	5	11	6	2	8	22	13	35
8	3	0	0	3	6	2	3	5	2	1	3	7	7	14
9	3	2	4	4	13	3	2	5	2	2	4	12	10	22
10	7	11	8	10	36	3	11	14	9	9	18	27	41	68
11	6	2	3	6	17	3	2	5	5	5	10	17	15	32
12	7	6	7	3	23	2	3	5	2	2	4	18	14	32
13	1	0	3	1	5	2	0	2	3	3	6	9	4	13

T.M.を利用しての問題演習は、生徒に対して心理的には、普通授業よりかなり影響を与えている。この緊張感という心理的影響が、成績上位者に対してはかえってプラスの方に作用し理解を深めているようだ。しかし、成績下位者にとっては、緊張する、あせる、隣りの人が気になるといようにマイナスの方に作用し、結果的にT.M.の授業はおもしろくない、わからないという事になってしまうようである。T.M.が本来個別的に各個人の学習能力に応じて、教師に代って授業を行なうのが、実際には、他人に影響されて自分のペースで理解を深めていく事ができなくなっているという現状ではかなり問題が残る。このような点はCAIシステムが完全に導入されれば問題はないが、経費、プログラミングの理論・技術の未発達で、現状での導入は無理である。

◎ まとめでの利用

- まとめでT.M.を利用したとき、どんな感じがしましたか。
1. まとめが整理されていてわかり易い。
  2. 一番大事な点は何か、要点がつかみにくい。
  3. 一体この時間何をやっているのかわからない。

クラス 問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		男	女	計
1	15	8	9	8	40	13	14	27	16	10	26	53	40	93
2	8	11	12	11	30	5	6	11	6	4	10	31	32	63
3	0	1	1	1	3	6	0	6	3	5	8	6	7	13

積極的な姿勢でT.M.授業に取り組んできた生徒は、成績の上では比較的向上し、まとめでも整理されていて理解し易いと感じているが、導入部、展開部

で抵抗感を持った生徒は、一番大事な点は何か、要点をつかみそこねたようである。

また単元によっても、図形的教材の時は、きちっとしたまとめがあった方が理解し易そうだが、式と計算では、まとめと意識的に行なうより、計算練習を多くやり、その練習過程の中で、どのような点に注意しどんな方法で行なったら一番能率が上がり、かつ誤まりが少なくなるのかという方法で計算力を身につけていくようである。つまり、思考過程を特に重要視する分野では、しっかりしたまとめをする事が必要であるが、技術的な熟練さを重要視する分野では、まとめよりむしろ問題を数多くあたる方が効果があがるようだ。

④ 全般的について

教師の行なう普通授業と、T. M. を利用した授業では、それぞれ一長一短を持っている。T. M. の授業と比較して、普通授業の方が人間味のある、そして教師が生徒の顔色などを見て、暖か味のある生きた授業ができるのではないか。ベテラン教師であれば、T. M. よりむしろ普通授業の方が能率があがるし、さらに工夫する事によって、もっと効果的な授業がなされているようである。しかし、40数名の生徒1人1人が1つの問題に対してどのような反応を示したかを把握することはかなり困難である。ところが、T. M. では、この点すべて集約し記録する。だから生徒1人1人が授業に関して手を抜く事もできないから、積極的な姿勢で授業に臨める。こうした中で、生徒達が一体普通授業とT. M. 授業とでどちらを好むのか、アンケートでは次のようになった。

授業内容について、T. M. を利用するのと、普通授業とでは、どちらがわかり易かったですか。

1. T. M. 授業の方。
2. 普通の授業の方。
3. どちらもあまりかわらない。

問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高-1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	12	5	12	6	35	8	6	14	7	4	11	39	21	60
2	7	10	5	8	30	7	7	14	10	4	14	29	29	58
3	4	5	5	6	20	5	7	12	8	11	19	22	29	51

1.と答えた人はなぜですか。

1. 授業の流れがスムーズである。
2. 説明が整理されていてわかり易い。
3. 問題が能率よくできる。
4. 緊張して細かい点まで注意が行き届く。

5. 授業構成が計画的でしっかりしている。
6. むだな時間が省略され、充実した1時間がおくれる。
7. 先生によって差がでない。
8. その他

問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	5	1	2	2	10	3	2	5	2	1	3	12	6	18
2	3	2	2	1	8	3	3	6	3	2	5	11	8	19
3	3	0	4	2	9	1	0	1	2	1	3	7	6	13
4	1	0	2	0	3	0	1	1	2	0	2	5	1	6
5	0	0	1	2	3	2	1	3	1	1	2	4	4	8
6	3	2	1	1	7	0	1	1	0	1	1	4	5	9
7	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2
8	0	0	3	0	3	1	0	1	2	0	2	6	0	6

- 2.と答えた人はなぜですか。
1. 先生の方が親しみがもてる。
  2. いつでもわからない点がたやすく質問できる。
  3. T. M. だと機械に人間が振り回されている感じがする。
  4. 解説で細かい点まで説明してもらえる。
  5. 重要な点を強調してもらえる。
  6. T. M. だと先生との対話がなくなる。
  7. T. M. だと授業の進むスピードが速すぎる。
  8. その他。

問	中1A		中1B		小計	中3		小計	高1		小計	全体		
	男	女	男	女		男	女		男	女		計		
1	1	0	0	0	1	2	1	3	3	0	3	6	1	7
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2
3	1	1	2	0	4	3	0	3	6	2	8	12	3	15
4	3	3	2	4	12	2	4	6	5	1	6	12	12	24
5	1	4	1	1	7	2	2	4	2	1	3	6	8	14
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
7	0	1	0	2	3	2	2	4	2	2	4	4	7	11
8	1	1	0	1	3	0	0	0	1	1	2	2	3	5

T. M. を利用した授業と普通授業とではどちらがよいかという点で、生徒達は五分五分の感想を持っている。授業に精神的なものを要求する生徒は普通授業の方を良しとしている。教師対生徒このコミュニケーションの中で生まれる人間味ある授業、知識吸収よりも人間的触れ合いを大事にするには普通授業の方が望ましいと思っている。それに対して、計算力を身につけるとか、知識を貪欲に吸収したいと思う生徒は、物

事を反復練習し、自分の物事に対しての処理の仕方が適当であるか、すぐに判断してもらい、それによって自分の軌道を修正していくというように、能率的に処理していくという事でT. M. 授業を積極的に利用したいと願っている。

以上のアンケート結果により、もしT. M. を利用するとすれば、技術的な熟練さを要求する分野では、積極的にT. M. を利用していき、生徒の反応をアナライザーで集計し、即時フィードバック方式をとり、個別的に学習を進めていくという方法をとれば、かなりの学習効果が期待できるように思う。それに対して思考過程を重視する分野では、あまり効果的に本校のT. M. 設備を利用する事はできないが、まとめの部分でT. M. を利用し、最後の生徒の理解状況をアナライザーでテストしその結果を集積していくという方法が有効的であるようだ。

授業の導入部でT. M. を利用する場合は、余程うまくプログラムを作成しておかないと、一旦導入部でつまづきをみせた生徒は、その単元を通してずっと低迷してしまうし、また機器そのものに対してもアレルギー的な反発心を持ち、なかなか学習効果は現われないようである。成績上位者を差別するわけではないが、上位者は多少難しそうな方法で授業を行なっても、それが刺激となってかなり自分でカバーしていくが、成績下位者にとっては、一旦自信を落とすとなかなかその劣等感を拭い去ることはできない。だから学習プログラムを作成する時は、成績下位者を中心に考えるのも一つの手ではないかと思う。

#### 4. ま と め

今後、教育の効率化、教育人口の増大、個人の学習進度に合わせた個別教育の必要性から、教育機器の必要性は増々高まるであろう。

教師は常に普通授業の中で、情報提示、反応収集、フィードバックという事を繰り返し、できるだけ個々に応じた授業を行なうように努めている。しかしどんなに優秀な教師でも、どうしても細かな点にまで充分注意が行き届かない。そこで、T. M. が有効とってくるわけである。しかし、T. M. に欠点は多くある。生徒1人1人の反応に対して、プログラムに組み込まれた反応であれば、それに対して正否の判定してくれるが、プログラムに組み込まれていない反応に対しては臨機応変に反応してくれない。このように、生徒の多様な反応にすべて答えてくれるような授業進行プログラムを作成するには、教師の負担、プログラム技術、コストの面で相当問題がある。よって現状では不十分なプログラムになってしまう。だから教師とT. M. が並行していく方法が必要とってくる。その為

に、教師の行なう授業の利点、欠点や、T. M. の限界性、T. M. 授業の利点、欠点を十分に分析した上で、その両者の共存を考えていかねばならない。

教育機器の可能性と限界を考える事は、教育というものを、教える者が、教えられる者を変化させることを意図して、教えられる者に働きかけることとしてとらえた場合は、特定の機器がいかなる領域で、どの程度に教師の教授機能を拡大できるか明らかにすることであり、教育を、教える者が、教えられる者に意図的に働きかけて、教えられる者を変化させることとしてとらえた場合は、教育機器の利用は、いつでも教師の機能を拡大するものであるが、それがそのまま教師の意図を実現、あるいは教育の効率化に結びつくわけではなく、教師の働きかけの質が改善され、機器の利用技術が工夫されていなくてはならない。(NHK市民大学叢書19 沼野一男著 教育工学)

こうした、T. M. の限界性を把握した上で、両者の共存を考えたとき、やはり、一番の主体は教師即ち人間である。機器では、画一的・機械的になり、思考力・創造性を養う点では教師に到底かなわない。また機器では、個人個人の反応に対して答える事ができるが、生徒全体の集団から発生する反応には答えられない。だから集団への教育は無理であろう。そして、T. M. での授業を成立させる為のプログラムも、これは機器が自分自身で決めるべきものでなく、やはり教師がすべき仕事である。が、実際にはこの役割は教師にとって非常な負担である。

教授活動の一番の主体は教師であるが、教師も経験豊かな人から、まだ経験の浅い人までさまざまなタイプもあるから、数人でチームを作り、その集知を集めてすぐれた教師の教授活動を分析し、それをプログラム化していけば、大量の生徒に、しかも個別的に教授していく事ができる。

今回の研究の出発点の一つに、教育機器に精通していなくても、気軽にT. M. 設備を利用していくことができるようにという事があった。この点に関してはもって設備の機構そのものをもっと簡素化し、普通授業で生徒の挙手などで反応収集している段階を、アナライザーで収集し、その結果自分の行なった授業内容で、くどかった点はなかったか、また逆に説明不足の部分はなかったのか、その点について自分の行なった授業の分析をしていけばよいと思われる。このようにして、まず授業の中でどんな点について質問したらよいのか、またその質問によって生徒にどんな反応を期待するのか、よく題材内容を研究してみる事である。

要するに1時間の授業の中で一番の主体は生徒である。その生徒が、1時間の授業の中で何を吸収したのか、そしてどのように変化したかそれが問題である。

生徒は、自分でどのように変化したらよいか、その判断をする事はできない。だからその点を教師が助けてやる訳である。教師は生徒を授業を通してどのように変化させてやるのか、授業目標をよく検討し、その授業法の中で、人間対人間の接触でこそ初めて生まれる事については普通授業を大事にし、そうでなくて、機器にでも任せられる点があれば、それをどのように機器に任せていくのか充分検討していく。そして教師と

機器とが共存していくようにしていけば、プラスの面が出て来るのではないかと思う。T. M. があるからそれをどのように利用したらよいか、という事で、教師は自分の授業内容を分析していくという姿勢をとれば、これが結局は生徒の為になっていくと思われる。このように両者が助け合っていく姿勢がこれからも必要となっていくであろう。