

SEDT (Systematic Education Design Technology) と教育の効率化

日 比 野 省 三

1. はじめに

“現代は革新の時代”—すべての分野に革新の荒波が押し寄せている。教育の革新もまた現代の要請である。この要請に答えてここでは、教育計画にシステム概念を導入し、教育の効率化を促進しようとするものである。

2. 時代的背景

産業界に比較し、教育界の技術革新は相当遅れているように思われる。産業界で完全自動工場が出現しようとしている現在でも、教育界では、アルキメデスの時代以来のチョークと黒板の授業が続いている。しかし1970年代にはいり、この現象は、社会的要求から大変革を起こそうとしている。T.V, テープレコーダー, VTR, 小型 T.M. から始まって, CAI, CGI, など科学技術を駆使した教育革命がまさに起こらんとしている。20年先には、現在のような数年前のノートを取り出し黒板の前に立って授業をする先生は、見当らないかも知れない。SEDTは、そのシステム設計に役立ったため今後一層研究をすすめられなければならない。

教育は社会と共にあらねばならない故、まず本論に入る前に、その前提として、われわれの住む社会が、20世紀後半から21世紀にかけて、どんな変遷をとげるかについて概観を加える必要がある。

まず、われわれ人類の文明は第1表のように、今や過渡的な時代に到達したといってもよいように考えられる。知識産業文明のもとにおいては第2表に見られるように、社会の主導的立場は、かつての貴族やブルジョアから豊富な知識によって裏付けされた管理職やホワイトカラーへと移行

第1表 人類進化の段階

無の機物界	地球の誕生	50億年前
生物学的進化	生命の誕生	30億年前
	両棲類の出現	20億年前
	哺乳類の出現	1億年前
	猿と人との中間	100万年
	人種の区分	5万年
文明進化	農業文明	1万~5,000年前
	商業・手工業文明	500年前
	工業文明	200年前
	知識産業文明	10年前

第2表 文明を画する大転換の対比

	農業文明	工業文明	知識産業文明
軍事	組織的軍隊	火薬	核兵器とミサイル
交通	馬	蒸気鉄道	超高速鉄道
教育	家庭教育	義務教育	高等教育
情報	文字	印刷術	テレビ
産業	農業人口主導	工業人口主導	知識産業人口主導
主導階級	僧と王	貴族とブルジョア	管理職とホワイトカラー
社会的連帯の単位	血縁と地縁	民族	職縁
人間観	耕す人	工作する人	創造する人

し、社会の連帯性も国家とか民族というものから遠ざかって、職業による連帯感がより強くきいてくることになる。教育の面では、義務教育より、多人数多様の高等教育が普及し、特に創造性を持つ人材の育成が重要視されるようになる。

この時代には、我が国、アメリカをはじめとして西欧諸国やソ連などが大量消費社会を経て、脱工業化社会に足を踏み入れることになる。

脱工業社会においては、ハドソン研究所のハーマンカーンの言を借りれば、“一人当たり所得は前工業化社会におけるその約50倍に達し、経済活動の大半は第1次、第2次産業よりもむしろ、第3次、第4次産業で展開

される。したがって、企業は革新の主要な源泉ではなくなる。脱工業社会には所得と福祉がよって立つ効果的な基盤が存在し、能率はもはや主要な関心事ではなくなる。サイバネーション化が普及し、社会的変化がかけ足で進み、世界社会建設のための共通の技術的基盤が存在するようになる。仕事や成果や進歩を指向する価値と国益は減退し、かわりに感覚的、世俗的、人間的そしておそらく放縦な基準が知識機構とともに、社会の中心的存在となろう。”

このような社会の未来像について、同じくカーンは、より可能性ある状況として下記の13項目をあげている。

- a. 文化における感覚的（経験的，現世的，世俗的，人間的，实际的，実用的，退廢的，快樂的）要素の濃密化
- b. ブルジョア的，官僚主義的，能力主義的，民主主義的（そして民族主義的）エリートの存在
- c. 科学ならびに技術知識の蓄積
- d. 各種の変化とくに研究，開発，革新，普及の制度化
- e. 全世界的な工業化と近代化
- f. 豊かさと言語の増大
- g. 人口の増加
- h. 第1次産業の重要性の低下
- i. 都市化の進行とメガロポリスの出現
- j. 文盲率の低下と教育の普及
- k. 大量破壊能力の増大
- l. 変化のテンポの急速化
- m. これら諸傾向の一般化

このように考えてみると、今後出現が予想される脱工業化社会においては、人々は彼らの前の世代とはけた違いの豊かさの中に、十分な教育を受け、蓄積された科学技術の知識の恩恵をこうむり、そして、時には享樂的かつ退廢的にすらなり、より加速して変化しつつある環境条件への適応に苦心を払いながらダイナミックに次代へと進んでいくものと推定される。

現在の我が国においても、我々はこの脱工業化社会の入口に立ち、あるいは、すでに一步踏み入れているわけであるが、これから急速に押し寄せてくる変革後の社会の様相は、従来の我々が住んでいた工業化ないしは、大量消費社会の選択とはかなり離れたものとなるに違いない。

すなわち、従来我々が美德とすら考えたことのある、よく統制され規格化された社会よりは、人々はより多様性に富む、恣意的な社会を好むことになろう。新しい知識に関する情報は、それが何であれ、強力なマスメディアを通じて、地理的距離を乗り越えて、ほとんど瞬時に伝達されることになるだろう。このような情報社会においては、コンピューターの発達にともない、人間の欲望に瞬時に応答でき、多様の要求を同時に満たせ得る世の中になるにちがいない。

このことは、人々の性格、教育の世界にも影響を与えないわけにはいかなくなるだろう。すなわち、現代のマスプロ教育で多量生産された標準的な規格学生は姿を消すようになりそれに代って、より個性的な、多様性に富む学生が重要視されるようになるだろう。彼らは、その時代の激変する社会に敏捷に反応し独創的思考体系を持って新しい変化を創造していく人々が望まれるようになるだろう。

このような今後の社会的な環境条件から考えると我々の次代の教育システムは、現代の画一的なマスプロ教育に代って、

- ① 多様な教育
- ② 一度に多量の教育
- ③ 高等教育
- ④ 短期間教育
- ⑤ 創造性教育

の各条件を満たさなければならない。第4項目の短期であるという条件は、今後特に重要な問題になってくる。高等教育が普及するにつれ、全ての人々は、人生の半分を学校という非生産的な場所で過すことになりかねない。P. F. ドラッカーの次の言葉を、我々は十分検討する必要があるように思われる。

「何世紀もの間、教育者がわずかでも教育を普遍的に、できるだけすべてのものに教育を、と戦ってきたのは十分に理由のあることだ。教育はいまやこの目標を達成した。……(中略)……。しかし、要求しうる最大限の学校教育の年限が実現したか、あるいは実現しようとしている現在、学校教育の年限をさらに引きのぼさうというのは何の意味もない。

いまや教育者の目標は、学校教育の年限をのぼすことではなくて、学校教育の期間を十分に生産的なものとすることではなければならない。何よりも現在の教育者のすべきことはいかに学校教育の長期化を正当づけるかではなく、いかにして短期間に十分な知識を習得させることができるかの問題を深く考えることである。今日しなければならないのは、青年期を不必要にのぼすのを避けることだ。」

3. SEDT の開発の必要性

以上の5つの条件を同時に満たすためには現代における教育技術に代って、新しいシステムティックな教育技術を開発しなければならない。

現代の教育には王道がない。優秀なる教師は“天賦の才能”と、試行錯誤による経験”とだけにより、その優秀さを証明しているようなものである。名講義すら、我文化遺産として誰も継承することができない。バビロニア時代の先生が現在の学校へ来ても、十分優秀な先生として通用するだろう。なぜか？ それは、先生の才能に頼りきっていたため今までの教育法には、蓄積発展する要素がなかったのである。

P. F. ドラッカー曰く、「……。平均的な人間に相当な能力と実行力を与えてやる方法が開発されていないのは、主要な職業の中では教育だけである。教育では、ともかく教え方を知る“天賦の才能”に頼っているのが現状だ。しかし、普通人にはできなくて“天賦の才能”にだけできるものは何かということまでだれも知らない。また、普通人がしていることで、天賦の才能がしていないことは何かということを知るものはない。…(中略)…。我々に必要なものは優秀な教師ではない。優秀な教師を大量に捜し出すことなど、実際に望めるものではない。いかなる分野でも、人間の

品種改良など行なわれた試しはない。しかし、人間は変らなくとも、正しい方法と適切に仕事を組織化することによって、すぐれた成果を得ることができる。必要なのは“てぎわよい学び方と教え方”なのだ。」

P. F. ドラッカーに言われるまでもなく、次代の教育が天賦の才能を持った教師や、熟練教師に依存していかなければならないとしたら、とても上記5条件を満たす教育は不可能であろう。前時代の工場が熟練工によって支えられていたのに対し、近代工場では、アルバイトのおばさんで十分立派な仕事がやはりとげられることと同じように、全く平凡な普通の教師でも、“ある学び方と教え方”に従って行えば、天賦の才能を持つ教師以上の効果をあげることができる……そんな技術が開発されなければならない。

SEDTは、教育方法にシステム概念を導入し、組織的、体系的に教育の設計を行なう技術として今後大いに研究開発、実施されなければならない。

4. SEDT の 定 義

SEDTとは、Systematic Education Design Technology（組織的教育設計技術）の略で、その学問的体系が整っているわけではない。それは教育革新、技術革新、時代の流れに従って、むしろこれからの研究の方向を示す言葉にすぎないといってよい。SEDTは、永遠に固定された概念ではなく、常に教育の真髄を求め、その時代の科学技術にサポートされながらダイナミックに変化していくものである。

最近、プログラム学習とか視聴覚機材に対する関心が高まりつつあるが、これらはSEDTの一部ではあるが全部ではない。SEDTの特長は、システム概念であり、全体から細部への設計概念である。SEDTは、あくまでも教育の理念、目標、哲学から出発して細部までの設計と実施にある。

SEDTは、より広い範囲で、よりダイナミックに研究を進めるため、より高い次元より定義されなければならない。

我々は次のように定義したい。

「SEDTとは、創造的、生産的で理想的な市民の育成のため、諸科学、及び工学における専門的な知識と技術を駆使して、人間、情報及び物的な資源を最も効果的、論理的に統合した教育システムの設計、設置、運用を目的とする技術体系である。」

英 文 訳

Systematic Education Design Technolgy is concerned with the design, installation, and operation of the most effective, logical and integrated education system of human, information and physical resources, drawing upon specialized knowledge and skills in other sciences and engieneering in order to promote the growth of creative, productive and ideal citizens.

5. SEDT の設計, 実施手順

今までの教育技術では、教育全体の設計、特に、設計手法ということが欠けていたように思われる。それ故、教育学者は、教育目標を、電気工学者は、提示装置を、心理学者は、学習心理を、教師はプログラム学習をと、別々になって研究してきた。それらの間の関係があやふやなため残念なことに、新しいシステムは、あまり良い成果を挙げ得なかった。

SEDTでは、これらの各研究をシステムの的にまとめあげ、効果的な教育ができるようにする強力なる手法として今後大いに用いられなければならない。

SEDTにおいては、次の10ステップで、教育を設計、実施していかなければならない。

- step 1. 教育目標展開
- step 2. 設計されるべき最小限度の制限条件
- step 3. 教育目標分子の決定
- step 4. 決定目標分子達成のための理想的教育計画案展開
- step 5. 情報収集
- step 6. 実施すべき教育計画, 学習計画の決定

- step 7. 教育計画，学習計画に基づいた
プログラム作成
プロジェクト学習法
プログラム学習法

step 8. 教育現場提示

step 9. 達成度測定

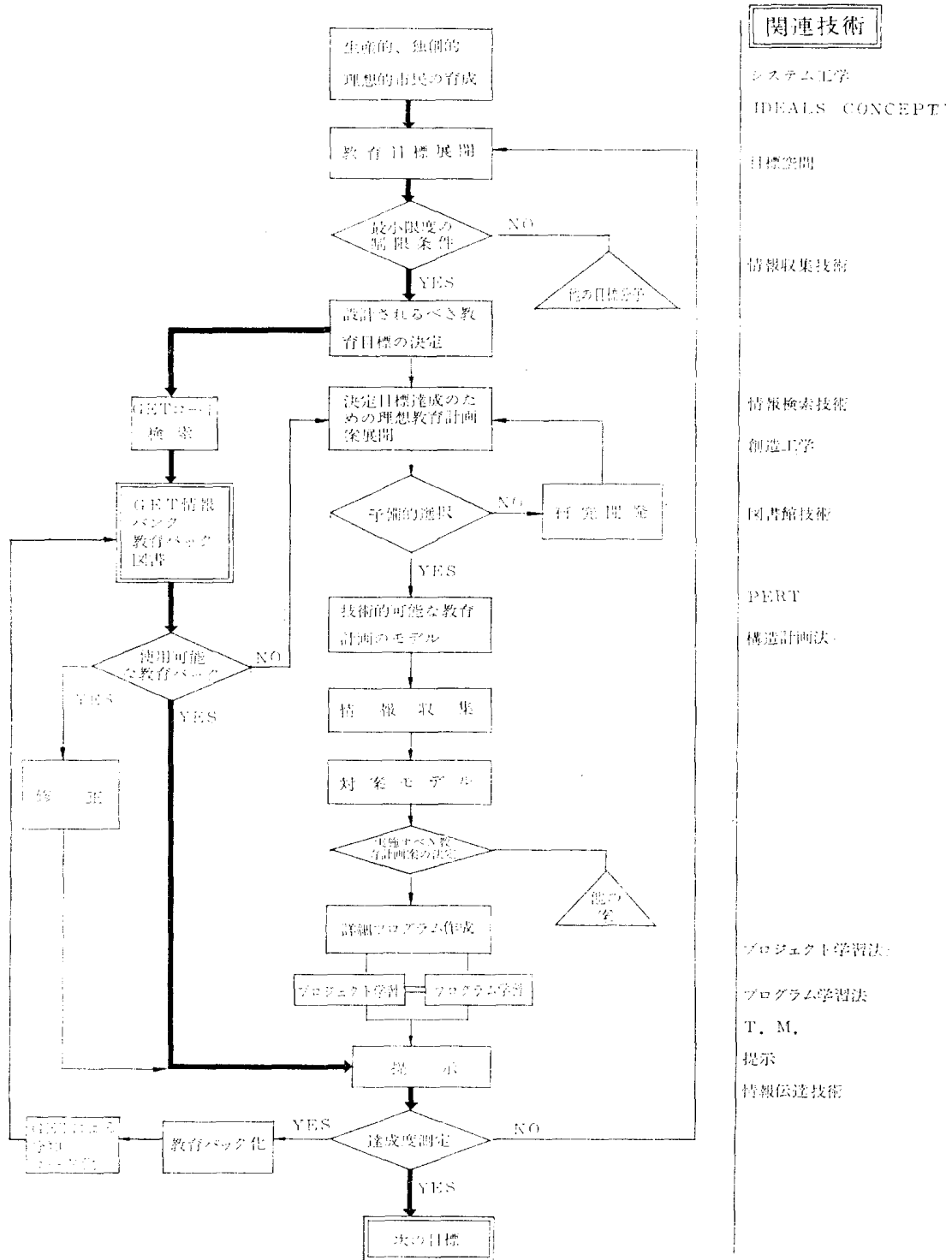
step 10. GETにより分類コード化，保存すること

以上の10ステップは，設計の大まかな手順を示すのであって，実際に応用していく場合は，各ステップは，明確に区分されているわけではない。ひとつのプロジェクトの中で，設計の部分が，前のステップに戻ったり，ひとつ先のステップへ進んだりしながら連続して進んでいかなければならない。ある場合はあるステップが，はぶかれることがあり，また，他の例では，特定のステップが頻繁にくり返されることもある。すなわち，教育設計的アプローチの特徴は，特定の教育目標に適していると考えられる情報を処理し，交換し構成し，創造し，評価し，等々のことを行なう過程であるといえる。各ステップごとに，次のステップに対して送られる情報が形成され，それに新たな情報と問題がつけ加わる。情報の有効性と特性により，ひとつ，またはそれ以上のステップが，簡単に進められてしまう場合もあり，特に重要な第1，第2のステップにかなりの時間を費す場合もでてくる。

教育設計は，くり返しの多い過程である。ひとつのステップで行なわれるいくつかの決定が完全に終わっていない場合であっても，次のステップに進むだけのために，何らかの決定が行なわれることがある。後のステップでは，前のステップに差し戻しを必要とするような情報を持っていて，最初の決定あるいは他の面に関して行なわれた決定が，修正される場合が多い。また，後のステップでは，解決不可能な問題が生じて，設計のための各種の決定の間で妥協，仮定，代替などが必要とされることもある。したがって，このような決定は，すべて記録にとり，他の教育計画を設計する際利用されるために，保存しておかなければならない。

第1図は、SED TのフローチャートとSED T関連技術を示す。

この図において、特に教育設計の効率化に貢献するのは、GETシステムであろう。



関連技術

- システム工学
- IDEALS CONCEPT
- 目標空間
- 情報収集技術
- 情報検索技術
- 創造工学
- 図書館技術
- PERT
- 構造計画法
- プロジェクト学習法
- プログラム学習法
- T. M.
- 提示
- 情報伝達技術

第1図 SED Tのフローと関連技術

GETとは、Group Education Technology（グループ化教育技術）の略で、詳細は最後に示されている。GETのおかげで、ほとんどの教育計画は、目標さえ決定されれば、教育設計をする必要もなく、教育バックとして得られ、最も教育において重要と思われる目標の展開検討と決定に、十分時間を費すことができるようになる。さらに、第1図の太線の経路が、教育設計としては効率がよく、このシステムが動き出すにつれて、教育バックが設計され、修正されて蓄積されるため、時間がたてばたつほど、良い教育が実施され、太線の経路を通る可能性が多くなる。これは今までにない重要な点である。以下順を追って説明していくことにする。

6. 生産的・独創的・理想的な市民の育成

教育の最大の目標は、生産的・独創的・理想的な市民の育成であると考えてもよい。理想の市民の育成ということを考えることなしに教育設計をすることは、かじのないヨットを設計するようなものである。船に羅針盤とかじが必要なように、理想を求める心は常に必要である。船と同じように、もし我々が希望する目的に理想を向けたとすれば、その途中で困難に出会うこともあるが、少なくとも希望する目的の方へ近づく機会を得ることができる。理想市民の育成という大目標は我々を常に刺激し、新しい方法を探求させ、現在行なわれていることよりも一段と進んだ目標を持たせ、たえまなくより良き方向へ前進させるであろう。

7. 目標展開

現在の視聴覚教育でおちいりやすい欠点は“物”に主眼がおかれるため、どうしても目標を失いがちである。“このような目標を達成するため、こんな機材を開発して使いたい”という発想ではなく、“今度PTAで、オーバーヘッドプロジェクターを買った。どうして使おうか”という発想により、しばしば授業計画がたてられてしまう。前者は“アイディア”からの発想で、目標機能中心であり、後者は“物”からの発想で“その物”にとらわれて目標にはあまり関係することはない。我々は常に前者の立場より設

計にあたらなければならない。目標空間の概念，目標展開技術を用い，目標を十分に検討し，目標にあった教育計画を設計することが必要である。

7-1. 目標の概念と目標空間の導入

SEDTを考えるにあたり，先ず最初に，SEDTの出発点となる理想（夢）とか，目標とか，手段とかについての概念を正しくとらえることが必要である。

我々はこれらの目標を0次元，1次元，2次元，3次元4次元の5種類に分けて考え3次元以上には特に目標空間を導入し，今後の研究上の助けにしたい。

0次元，1次元の目標は，レベルを持たない目標系列であり，現実には問題にならない。2次元の目標は第2図の如く，目標には，“大きな目標，小さな目標”のようなレベルが存在するというを示している。レベル軸（ y ）が大きくなればなるほど目標は大きくなり，ついには達成不可能なる目標すなわち夢（理想）となる。逆に， y が小さくなれば，非常に具体的な目標から手段になるまでに細分化され実現の可能性が多くなる。目標， $G=f(x, y)$ で表わされ， y が常に増大するように努力していかなければならない。

第3図は，目標空間を説明する3次元，4次元の目標を示す。

人間は，個人として生きることはもちろん必要であるが，あくまでも，社会的動物である故，社会性を無視するわけにはいかない。そこで，目標についても個人的な面，社会的な面を考慮に入れなければならない。

第3図(A)に示すように，

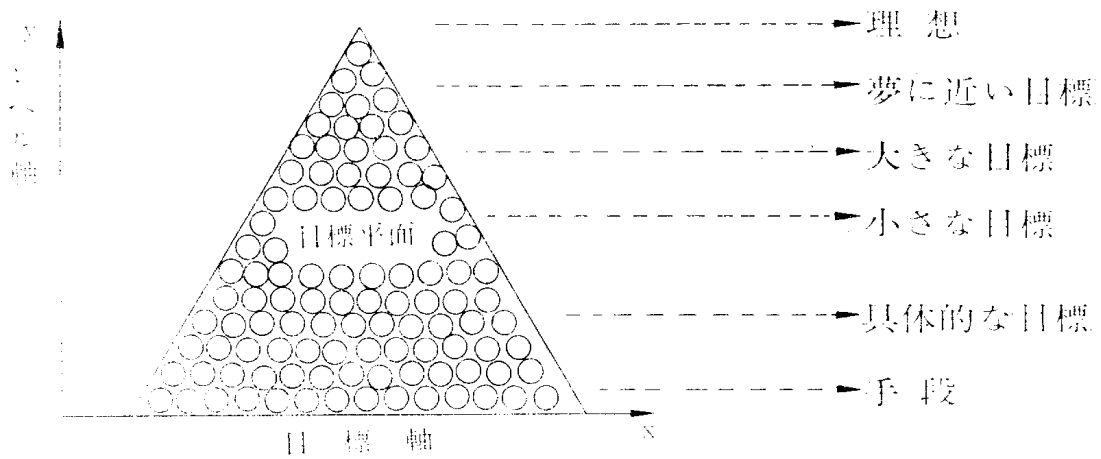
z = レベル軸

x = 個人軸

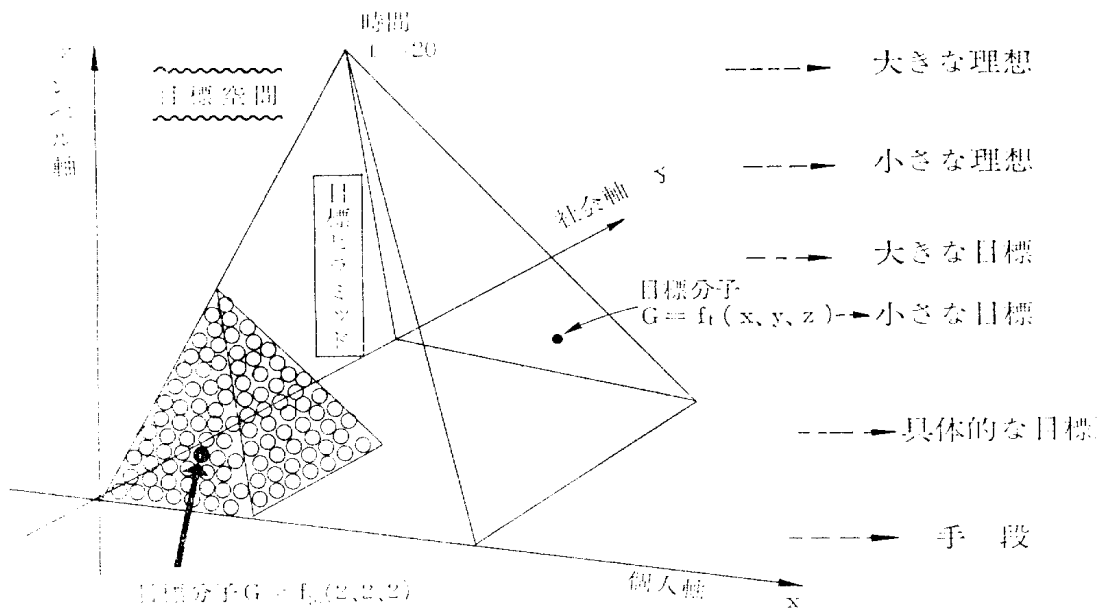
y = 社会軸

t = 時間軸

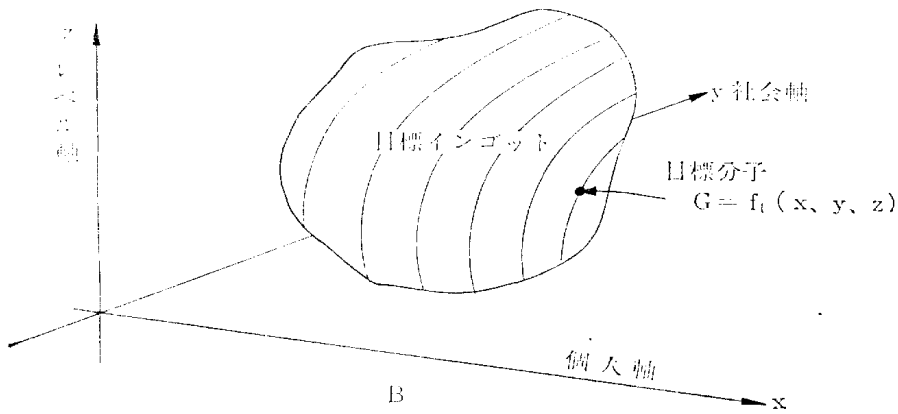
なる目標空間を考える。目標分子は， x, y, z, t によって位置づけることが可能になる。目標函数 G は，



第2図 目標平面



(A)



B

第3図 目標空間と目標ピラミッド

$$G = f_t(x, y, z)$$

$$x = g(t)$$

$$y = g(t)$$

$$z = g(t)$$

と表わすことができ、目標ピラミッドは $G = f_t(x, y, z) \leq 0$ と考えることが可能になる。

実際は、第3図(B)に示すように、目標分子の集まった目標インゴットと考えることができるが、設計する段では、目標ピラミッドと考えておいた方が都合が良い。

この目標空間において、

- ① $z \rightarrow$ 大 大きな目標
- ② $z \rightarrow$ 小 基礎となる目標
- ③ 教育効率 $E = \frac{|z_1 - z_2|}{|t_1 - t_2|}$ と定義できる
- ④ $z \rightarrow$ 負 反個人的目標
- ⑤ $y \rightarrow$ 負 反社会的目標

など色々と目標空間を検討することにより、正しい目標を見出すことが可能となる。

なお、目標達成順序は、

$$z = 1 \quad f(1, 1, 1) \rightarrow f(1, 2, 1) \rightarrow f(2, 1, 1)$$

$$z = 2 \quad f(1, 1, 1) \rightarrow f(1, 2, 2) \rightarrow f(2, 2, 2)$$

⋮

$$z = 10 \quad f(3, 2, 10) \text{ 完成}$$

というような型で、 z の順に従って目標分子を1個1個達成していかなければならない。現在までは、目標空間はひとつの概念として提案されているだけであってこの概念に対しては、その他の数学的処理、目標分子間の関連、最小路の発見法など、今後の研究に待つところが多いと思われる。

7-2. 目標空間の展開

目標空間の概念が導入されたところで、目標分子をいかに設計するかを

考えなければならない。

(1) 下方への展開

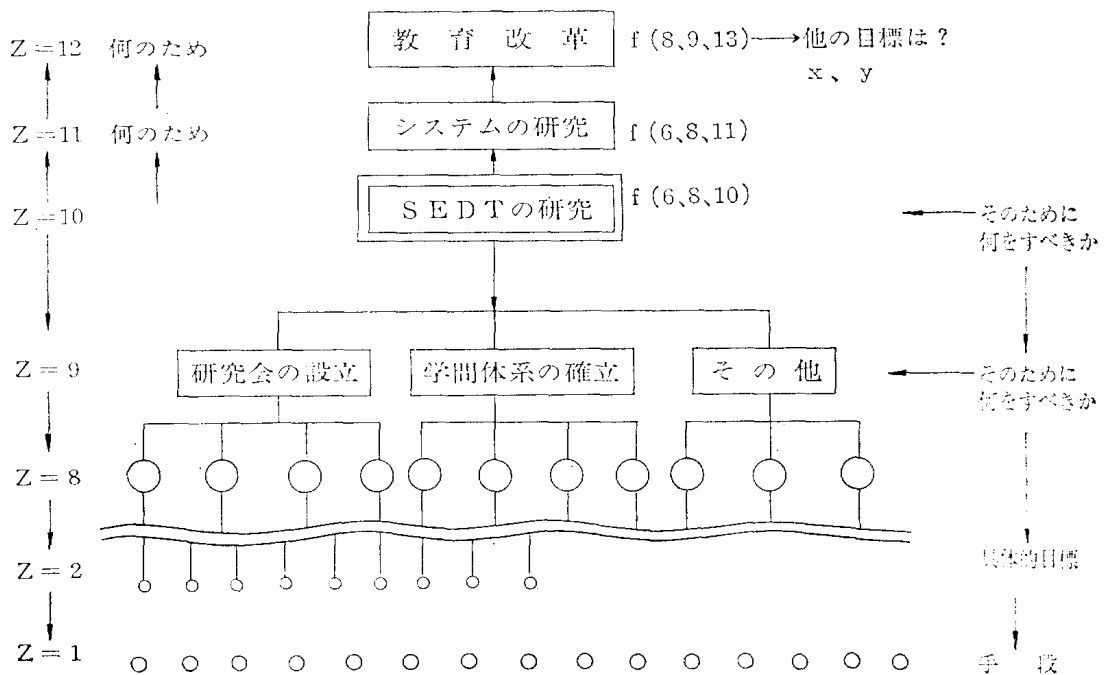
第4図にあるように、ひとつの目標分子から、“そのために何をすべきか”という質問をくり返しながら具体的目標分子になるまで下方へ展開していく。特にこの方法は、スキップする可能性が多いので、同じZでもよいかから、きめ細かく下降することが必要である。

(2) 上方への展開

第4図にあるように、ひとつの目標分子から“何のために？”“なぜか？”という質問を発しながら上方へ展開していく。

(3) x軸，y軸方向への展開

同じZレベル内で“他の目標はないか？”“社会的？”“個人的”“この目標に類似したものは何か？”など質問を発して水平に拡大していく。



第4図 目標空間の展開法

7-3. 実施すべき目標分子の決定

上述の如く、各方面より目標を十分に検討を加えた後、以下の順序で実施すべき目標分子を決定し、目標ピラミッドを設計する。

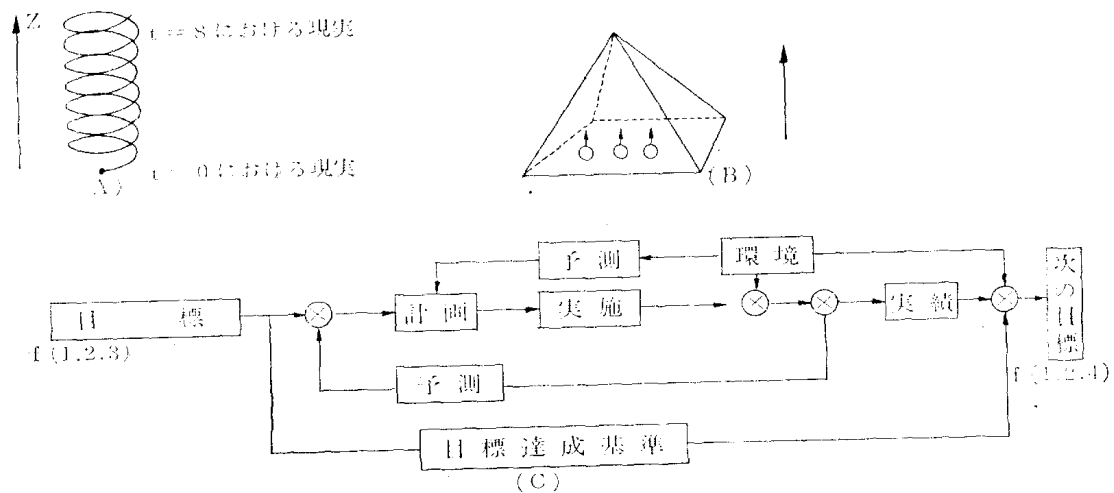
- ① 全ての目標分子に座標を定める。

- ② 実施すべき目標を決定する。
- ③ その目標を達成するに、どうしてもしなければならない。クリティカルな目標分子と、どうしてもよい目標分子とに分け、クリティカル分子のみで目標分子を設計する。

7-4. 実施におけるスパイラル理論

さて、クリティカル目標ピラミッドを設計したら、次に我々は、このピラミッドの建設をしなければならない。この場合はエジプトのピラミッドと同じように礎石より築かなければならないことは言うまでもない。我々はある最も合理的なステップをふみながら最下段($z=1$)より具体的目標を作りあげていくのである。これは、丁度スパイラルの階段を一步一步登って行くのと似ている。ここでも、設計は全体から部分へ、実施は、部分から全体へのポリシーを守る必要がある。なお、建設期間を早めるため平面活動(同一 z 面の目標分子の同時建設)と垂直活動(スパイラル理論)を同時に実行しなければならない。

第5図は実施の一過程を示す。



第5図 目標ピラミッド建設過程

8. 教育計画作成技術

産業界においては、計画技術の進歩は特に近年にいたり、めざましいものがある。しかし教育界では、未だかなり複雑な問題があり実施されてい

ないようである。ここでは各種の計画法のうち、最も教育計画に適するものを述べてみたい。

教育計画には、次のステップが必要と考えられる。

- (1) 目標の設定
- (2) アイディアの開発
- (3) 構造計画
- (4) 手順計画

(1)の目標の設定については、前述の目標空間概念により十分検討し決定することが出来るので、以下(2)~(4)について、概略説明を加えてみたい。

8-1. アイディアの開発

1957年のソ連のスポーツニックショック以来、このアイディア開発技術は、創造工学という学問体系にて、アメリカにおいて著しく発展させられてきた。

創造工学の分野では、脳生理学その他の分野の助けを借りて、創造性についてかなり進んだ研究が進められている。この研究の基礎として、次のような各種の技術が開発され、実際に大学で教えられたり、社会で使われている。

- (1) Brain storming *⁽³⁾, ⁽⁴⁾
- (2) Check List Technique *⁽⁵⁾
- (3) Attribute Listing Technique *⁽⁶⁾
- (4) Morphological Analysis *⁽³⁾
- (5) Synetics *⁽⁷⁾
- (6) Related idea Generating Techniques *⁽⁸⁾

これらの技術の主たる役割は、次のような事項であって、脳それ自身をどうこうするというものではない。すなわち、

- (1) 我々の習慣、かたくな態度を克服するため
- (2) 物事に新しい見方を与えるため
- (3) 成功へ導びく、新しい考え方に我々を立せるため

- (4) 興味を持たせるため
- (5) 知識をふやすため
- (6) 連想速度をたかめるため

詳細については、最後に掲げてある参考文献を参照していただくことにして、ここでは、日本でも有名な **Brainstorming** の技術について考えてみよう。

Brainstorming という会議の仕方は、問題解決のために、新しい発想、アイデアを作り出すために考えられたものである。この方式の会議では、守るべき4つの注意事項がある。第1は、同席する他人の意見の批判をしないことである、「そんなアイデアはダメだ」とか言って否定しないことである。第2は、自由奔放に意見を述べよということである。つまり、「こんなことを言えば、バカげた話だと笑われやしないか」、ということを感じせず、大いに自由奔放に思いついたことをいえ、ということである。別の言方をすれば、自分に対して批判をするな、自己規制をするなということである。第3は量である。すなわち、できるだけ多量のアイデアを出せということである。したがって、色々な、角度からのアイデアを出るだけたくさん出せ、ということである。質より量をモットーにして出すことが必要である。第4は結合である。これは他人の意見をうけて、さらにそれを発展させるということである。他人の意見から触発されて、他人と自分の意見を結合してゆくことである。

以上の4つの条件を忠実に守って、出来るだけ多くのアイデアを、カード又は大きな厚紙（後ではさみで切り離して、1アイデア1カードにする）に、書き出すように努める。通常1つの目標分子に対して100アイデア以上を理想とする。

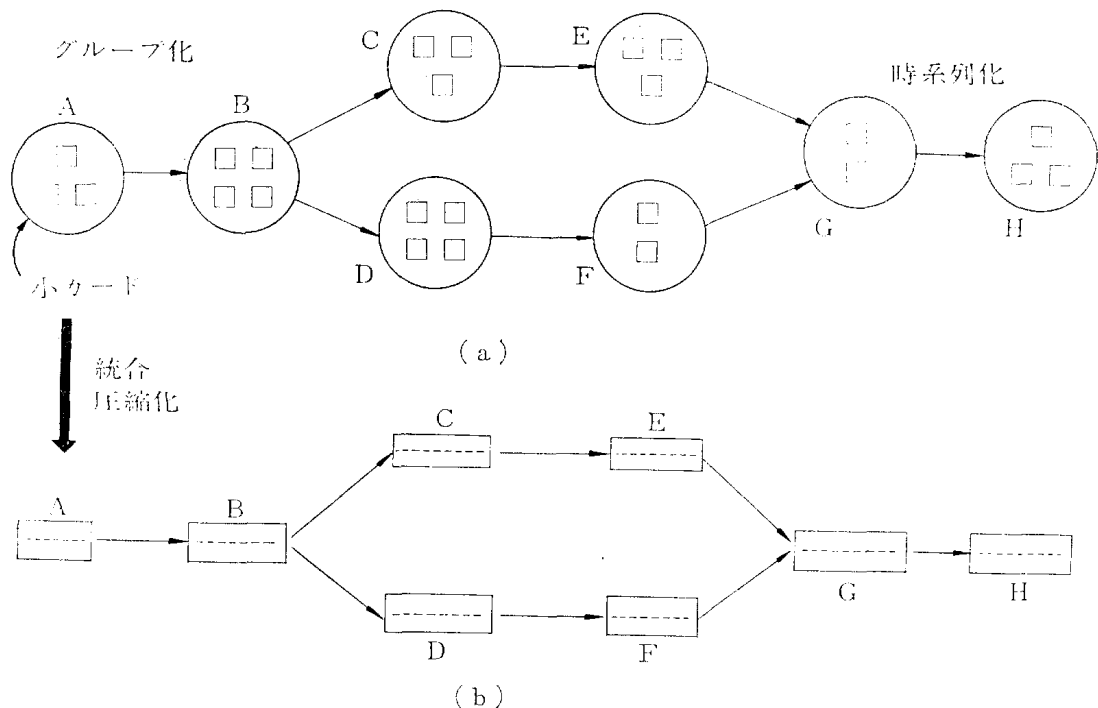
会議のメンバーは、5人のレギュラーと、5人の客、2人の正副リーダーにより構成され、メンバーの人々は、男女、専門の異なった色々な分野より集めるとよい。目標分子は、48時間前に示され、約30～45分間の会議時間が最も効率がよい。

8-2. 構造計画法 * (9)

Brainstorming 技術は、アイデアを出すという意味に於ては、非常に有意な技術であるが、出されたアイデアの処理法については、あまり考えられていない。

ここに述べる構造計画法は、ばらばらに出されたアイデアを、有意なものに発展させ組立てるために役立つ技術である。

先ず必要なことは、Brainstorming 中に出されるアイデアは、全て大きな厚紙に順序よく書き、会議後すぐにはさみで各アイデアごとに切り離す。次にこれらの切り離された小カードを、大きな机の上にならべて、眺めてゆけば、自然に小カード同士の間、その内容の上で、お互いに親近感を覚える紙きれどうしが目につくし、それらの間の順序関係がはっきりしてくる。



第6図 構造計画法の1例

第6図(a)に示すように、それらの類似するカードをグループとして集めて、時の流れる順序で並び変える。次に各グループ内のカードの内容を検討して、「なぜ我々はここに5枚のカードを集めたか?」、「5枚の内容を1

行見出しに圧縮して表現するとすれば、「どういうことになるか」ということなどを理性的に反問しながら、第6図(b)に示すように、各グループを1枚のカードに書き直し、数多くのアイディアを統合して、構造化を進めていくのである。

8-3. 手順計画

さて構造計画で作られた1枚のカードが、1つの作業ユニットであり、いよいよそれらの作業ユニットを手順計画に組み直さなければならない。前のステップで一応の順序は、概略決定されており、ここでは次の事を注意しながら、ガントチャート又はPERTで詳細設計を進めてゆく必要がある。

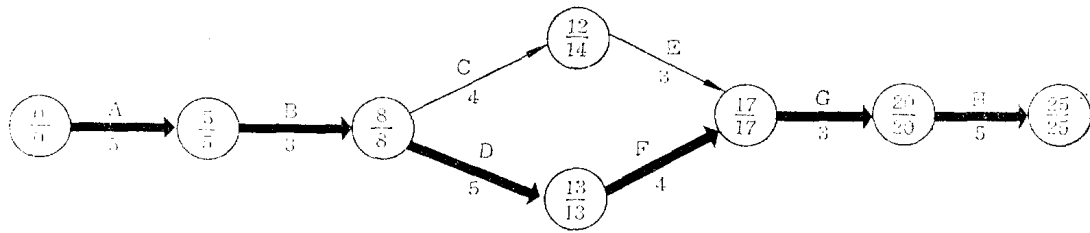
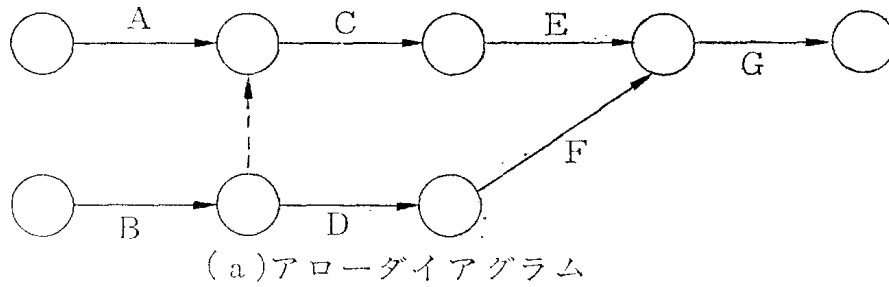
手順を考える時の注意事項として、

- (1) 仕事に手落ちがないこと
- (2) 仕事から仕事への関連がはっきりしていること
- (3) 仕事の結果についての予測がついていること
- (4) 結果が予測通りにならなかったときの手が打ってあること
- (5) 仕事が作業に分解してあること
- (6) 時間割がついていること

計画管理法として、現在考えられているものには、Gantt-Chart, Flow Process Chart, Line of Balance, Mile-stone chart などがあるが、計算機の発達にともない最近特に著しく開発研究が進められているPERTについて、ここでは検討してみたい。

PERTとは、Program Evaluation and Review Technique の略で、1958年アメリカ海軍のポラリスミサイル開発計画に使用されたのが最初であるといわれている。

PERTでは、自分がいる時点を、○で表示し、node と呼び、それから仕事が始まる。それには時間と金と人と物が必要であり、それらはある方向で流れていくので、矢印（アロー）→を使う。この2つの記号で書かれた図面を、アローダイアグラムと呼び、PERTの骨組となる。



第7図 PERTアローダイアグラム

第7図(a)のように、CはAとBの仕事が終らないと始められない、DはBがおわれば始められる。Gは、EとFが終ると始められる。ここで…→はダミーの記号で、実際の作業はないが、ダイアグラム化に必要な時に用いる。ダミーの時間は、常に0である。

構造計画法で作成された構成をPERT化するためには、上述のカードに対し、それを実施するに必要な日数と資金 (PERT/COST) 用を書き入れ、それらをダイアグラム化すればよい。第7図(b)は、その1例である。太線のパスは、クリティカルパスと呼ばれ、このパス上にある作業は、いずれも余裕日数が0であり、日程上最重点がおかれなければならない。またこのパス上の所要日数の和が、この目標達成までに必要とする日数となる。node内の上部の数字は、そのnodeから始まる作業は、せいぜい早くてもこの日からでなければ開始できなく、下部の数字は遅くともこの日までには、終了していなければならないことを表わしている。その他、統計的処理、指示期日、計算機処理など、色々アローダイアグラムによるPERTの手法は、現在かなり進んだところまできている。

PERTの最大のメリットは、アローダイアグラムにあるといってもよい。アローダイアグラムの特徴を1口で言えば、“順序関係”である、この

順序関係が確立したならば、その基礎の上に立ってスケジューリングをたてる。PERT手法によれば、実行可能な解から、組織的に最適値を容易に見付け出すことができる。PERT手法は、アローダイアグラムという非常に強固な地盤の上に、その後さまざまな展開が行なわれてきた。すなわち、資金面を扱う PERT/COST 法、多重プロジェクト計画法である RAMPS、人材を扱う MAN-SCHEDULE などは、全てアローダイアグラムを基礎として可能となった計画手法である。

SEDTにおいても、今後大いにこの思想を導入して、教育目標分子の達成のため、最適計画を作成する必要がある。

9. プログラム学習法

目標展開から始まって、目標分子を決め、1枚の作業ユニットカード、及びPERTによる計画まで、我々は設計を進めてきた。我々は、このユニットカードを1枚ずつ日程計画に従って実施してゆけば、目標に達することができる。さてそのユニットカード自身をどのように達成したらよいだらうか、ここでは一応プログラム学習とプロジェクト学習法を導入したい。

9-1. プログラミングの諸型式

A 直線型プログラム

このプログラムの特徴は次の4点である。

- (1) 教材をスモールステップ（フレーム）に分割する。
- (2) 各フレームは生徒に情報を与え、生徒は反応を形に表わすことが必要である。
- (3) フレームは十分こまかくして、すべての生徒が正答を得られるようにする。
- (4) 生徒が答えれば、直ちに正答が得られるようにする。

この直線型プログラムでは、フレームの順序がきまっているから、全生徒に同じ順序で教材が与えられる。同じプログラムが全生徒に与えられ

ば、利口な生徒は頭のよくない生徒より早く終るが、最後は両方とも同じところへ到達することになる。

B 分枝型プログラム

分枝型プログラムでは、正しい答えの得られない生徒のために余分のフレーム（又は分枝フレーム）が用意されている。直線型プログラムでは、生徒が自分で答の正誤を確かめ、正しければ次のフレームへ進むのであるが、分枝型プログラムでは自分で確かめる必要はなく、いくつかの解答が用意されていて、その中から1つを選ぶようになっている。もし正しい答えを選べば、次のフレームに進むが、間違った答えを選ぶと、なぜ間違っただかを説明してある「誤答フレーム」へ導かれる。それからふたたびもとのフレームへもどって考えることになる。各フレームには、次の条件を加味しなければならない。

- (1) フレーム番号とは生徒が行き場所を間違えた時は、その前のフレームの指示
- (2) 前の答の反復
- (3) 答が正しいか否かの指示
- (4) なぜ正しいか、なぜ正しくないかの説明
- (5) 新しい情報又は誤解した点についての明確な説明
- (6) 解くべき問題
- (7) 可能性のある解答のリスト
- (8) 次に進む場所の指示

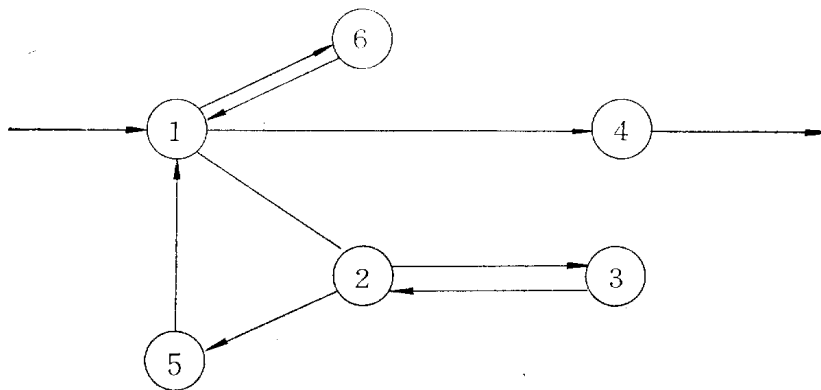
分枝型の主な長所は、1つのプログラムで直線型プログラムより巾広い生徒の能力に合せられることである。すなわち、説明をそれほど多くのステップに分割する必要がなく、それでもできる生徒は間違えずに進め、できない生徒にさらに説明が必要なときは、分枝プログラムが使えるからである。しかし分枝型プログラムに多肢選択問題が理想的なのかどうか、できない生徒のためにさらにふさわしい分枝法は、ないのかどうかという問題がある。

C スサップ分枝型プログラム

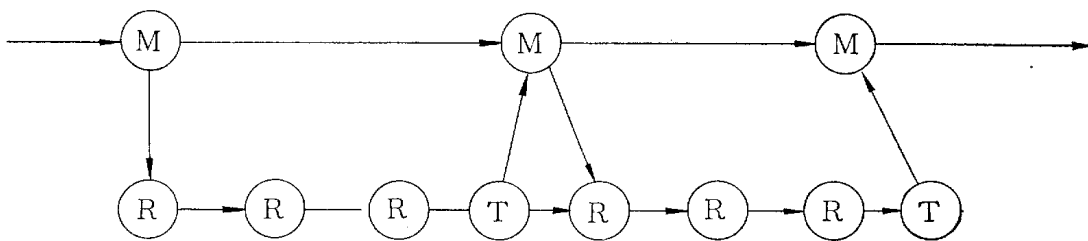
分枝型の目的は、生徒の反応に対して適切な処置をすることである。すなわち、生徒の答が正しければ、それを確認してから次の指示を与えるが、もし正しくなければ、満足に教えられなかったのだから、ふたたび教え直さ



(A) 直線型



(B) 分枝型



Ⓜ 主系列のフレーム

Ⓡ サブ系列のフレーム（学習治療用フレーム）

Ⓣ テストフレーム（前のⓂフレームと同じ問題を含む）

(C) スキップ分枝型

なければならない。失敗の理由は、各生徒によって違うだろうが、それをいちいちはっきりさせることはできない。したがって、失敗した教材の説明をもっとていねいに、しかも簡単にする必要がある。この種のシステムはスキップ分枝型といわれ、第8図(c)のようなものである。この図において反応が正しければ、Mフレーム（主フレーム）の系列を進むが、間違えるとRフレーム（サブフレーム）の系列に枝分かれする。生徒がサブ系列から主系列に戻るまでに、フレームはいくつでも用意できる。これは分枝型プログラム中の直線型プログラムともいえる。このスキップ分枝法は、生徒を前進させるのにも使える。つまりサブ系列には、キーフレームが用意されていて、生徒がこれに正しい反応をすれば、主系列にもどれる。学習の初期段階で、教材に対する生徒の能力に差があるときには、プログラムのはじめにこれを使うと有効である。

D その他のプログラム

その他に熟達ということに主眼においたマセテックスプログラムや、生徒の必要に応じて説明を与えるラーナーコントロールドインストラクションなどが開発されているが、詳細は参考文献* (11) に譲ることにしたい。

9-2. プログラムの書き方

まずプログラム作成時における原則を列記してみよう。

- (1) 誤りをしたら、かならず修正されなければならない。
- (2) プログラムは、まず生徒の興味を引くステップから出発すること。
- (3) フレームは簡潔に、繰り返しながら、変化をつけて作成すること。
- (4) プログラムの目標集団の程度を明確にすること。
- (5) ユニットカード上の作業目的を明確にすること。
- (6) プログラム使用後に期待される能力についての客観的説明、生徒の学習条件と学習装置、教材作成と、その使用条件とに関する制約、あるいは特殊環境などを十分検討すること。

以上6条件を十分に考慮に入れて、次のステップで、プログラムを作成してゆく。

- step 1. ユニットカード，目標の設定
- step 2. 教材分析
- step 3. 構造計画
- step 4. 手順計画

これらを実施してゆく技術は，上述したとおりである。ただし教材分析法には，いくつかの方法が，すでに開発されている。代表的なものは，ルーレグ法と呼ばれるもので，教材をいくつかの説明文に分割し，その説明文を法則と実例に分類していく方法である。

10. プロジェクト学習法（研究開発型学習法）

プログラム学習は，知識の伝達という面から考えれば，かなり有効な手法であると考えてもよい。しかも教育には，他の面すなわち創造性を開発するという面においては，少々欠けるところがある。この学習法においては，全てのステップがプログラマーによって設計され，生徒はそのプログラムに乗って，プログラマー以上の方法とか，考え方とかを積極的に求めていこうとするシステムとはなっていない。いわば誘導尋問的な学習法と考えてもよい。立山山頂へいつもバスとケーブルカーで登っていた人達は，決して道なき道を切り開いて，苦しみ楽しみながら山頂へ登ることなど考えもつかないだろう。前者の人達にとっては，エベレスト山頂に登る勇気も方法も技術も持たないが，道なき道を切り開くことになれている人達ならば，なんとかして新しい方法を見つけ出し，登る勇気を出して山頂にたどりつくだろう。教育で必要なことは，バスで行くことと同様に，さらに重要なことは，自ら新しい目標を設定し，自らの力で新しいプログラムを創り出し，新しい道を切り開いて，目標に到達できる能力を養うことである。

S E D T では，この点を十分に考慮に入れ，プロジェクト学習法（研究開発型学習法）を導入していきたい。

プロジェクト学習法では，教育計画に従いユニットカード1枚を1プロジェクトと考えて，生徒には具体的に，

- (1) 実行すべき目標（又は自ら設定させる）
- (2) 使用する材料
- (3) 最小制限条件
- (4) 完成すべき日時

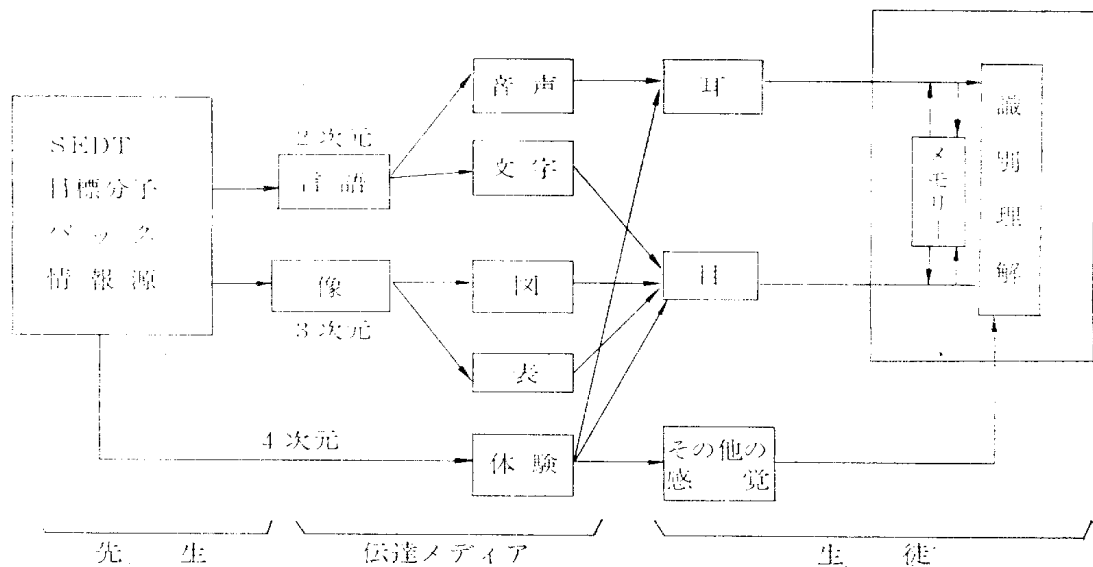
などを与えて、生徒自身の今まで養ってきた能力を全部使って実施させるのである。この際、目標は若干能力よりも高く設定し、方法その他については、生徒自身の創造性を発揮できるように、実施の自由度を大巾に拡大しておくべきである。

プロジェクト学習法は、創造工学を基礎として今後大いに研究が進められなければならない。独創力とパイオニア精神の開発こそ、今後の教育に最も要求されることである。

11. 提示, 情報伝達技術

教育目標の展開により、我々は目標分子を設定し、それらについての実施プログラムまで設計してきた。今度は実際にこれらのプログラムをいかに生徒に提示し、情報を伝達するかを設計しなければならない。

情報の伝達は、第9図に示すように、その大部分がある種のパターンとして、音声によって耳へ $[f(x-ut)]$ 、文字や図表によって目へ $[f(x_1 y_1 - ut)]$ と2種のチャンネルを通して行なわれるので、それぞれ単独で用い



第9図 学術知識の情報の伝送第

るより、これらを組合せた方が理解しやすく、かつ伝達速度を増すことは明らかである。この2種のチャンネルの組合せ方の技術が、すなわち視聴覚教育技術である。

第3表 視覚教育の忘却度に対する効果

説明の方法	記憶保持率	
	3時間後	3日後
話をしただけの場合	70%	10%
見せただけの場合	72%	20%
見せながら話した場合	85%	注 65%

(ソニーオイル会社調べ)

第3表は米国ソニーオイル会社調べの視聴覚教育の忘却度に対する効果である。この表より考えても、いかに視聴覚技術が、教育に重要な役割をはたしているか推測できる。SEDTでも、情報伝達にはできるだけ高次元の技術を使用して効率よく教育を進めていかなければならない。

以下実際の設計時に必要となる技法と機材について若干説明しておこう。

11-1. パターン表示の基本

(a) 抽象化（記号化，線画化）

写真や複雑な画像は、これを簡単な線画や略画または記号として表示すると、印象を強め記憶しやすくなる。

(b) 識別化

アンダーラインを引いたり、文字を太くしたりして、目的のパターンをきわだたせる。また白黒より色彩を用いて情報量を多くし識別しやすくする。

(c) 基準化

絶対的な値より他のものと比較して相対的に示す方が識別が容易となり、理解しやすくなる。例えば東京タワーと比較する。

(d) 系統化（分類整理）

構成や順序配列など，表現を分類整理して，表，列記，系統，構成の形で示すとわかりやすい。

11—2. パターン提示の基本

上述の注意にもとずいて作られたパターンは，これを提示する場合にも製作の場合と同様の周到な配慮が必要である。すなわち，むしろパターンは，あらかじめSEDTにより設計されたプログラムに従い，ここに述べる提示法を考慮して，その効果をあげるように作成されるべきであろう。

(a) 動作化

動きを持つパターンは，静的なものに比較して，感情を刺激する点で興味を与える効果大きい。スライドよりも動画，映画，TV効果的である。

(b) マルチ・チャンネル化

万博で注目すべき点は，視聴覚による情報の伝達技術である。どの展示館も現代技術の最高をもって，何かを見学者に語ろうとしていた。特に未来を暗示する点は，視聴覚のマルチチャンネル化であろう。マルチスクリーンの方式では，「猫」という概念を伝えるために多数のスクリーンに，いろいろな猫の写真を一度に写し出して，全体として猫という概念を与える方法である。

さらにこれを拡張すると，マルチメディアシステムとなる。すなわち，スライド，映画音，声，立体モデルなど，時空間のすべての表現技術を駆使して提示する方法で，ジオラマなどは，その1例である。教育効果としては，高次元の代理体験となり非常に有効となる。

(c) 系統化

全体の組織，系統，相関関係などを与えるパターンがある場合，全体を一度に示すことをせずに，順々に提示して行って，最後に全体の系統が与えられるようにすると効果があがる。

以上表示と提示の基本について述べてきたが，最後に現在利用可能な提

示装置をまとめておこう。ただし提示装置は、今まで設計してきた内容に応じて適当に組合せて用いられるべきである。

第4表 提示装置の比較表（◎大変良い，○良い，×良くない）

メディア	明室使用	表現		パターン製作の安易さ	パターン再使用性	経済性		拡大展示の可能性
		静	動			設備	運転費	
黒板	◎	○	×	◎	×	○	◎	×
掛図	◎	○	×	○	○	◎	◎	×
スライド	×	○	×	○	○	○	○	◎
O.H.P	○	○	○	◎	○	◎	○	◎
モデル	◎	○	◎	×	○	×	◎	×
映画	×	○	◎	×	○	×	○	◎
T. V.	○	○	◎	○	○	×	◎	◎
V. T. R	○	○	◎	◎	◎	○	◎	◎

12. GET (Group Education Technology)

GETとは、あらゆる分野の最新技術を基礎として類似する事象をグループ化することにより、教育の効率化を目標とするものである。SEDTにより作成された教育目標パック（目標展開から提示までパック化したもの）は、全て目標達成度を測定し、不合格のものについては修正を行ない、合格したものは、コード化されGET情報センターに保管され、同じ目標分子のために再使用される。

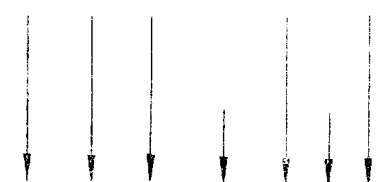
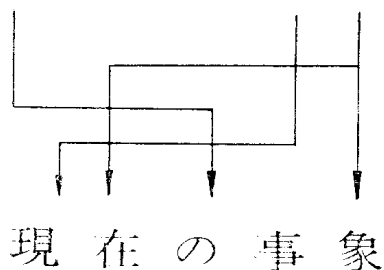
従来のシステムでは、教師の実力と、その時の調子に、全てがかけられていた。ある教師がある日すばらしい授業が出来たとしても、それが1年後にその通りには繰り返せるはずはない。一部ではよくなっても、一部では逆に悪くなる所がでてきそうである。SEDT—GETによる教育パックは、最初に特に効果的でなくとも、信頼はできるし、欠点は修正でき、よい点は残せる。それ故時がたつうちに自然SEDT—GET教育パックは、どんな優秀なる先生よりも優秀なる教師となるだろう。これは、優秀なる教師の実力を蓄積改良を加えて成長し、再使用を可能とするのである。

さて若干ここでGETの分類法を考えてみよう。

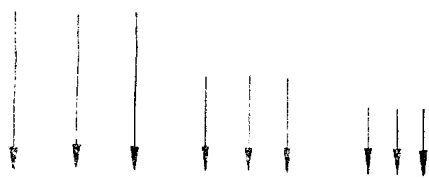
広辞苑によると「分類とは、区分を完全に行ない、事物またはその認識を整頓し体系づけることと」定義している。

ここで区分の原則は、次の如くである。

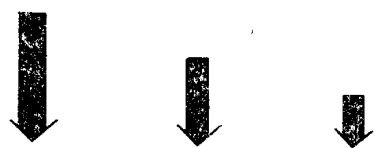
- (1) 1つの区分においては、終りまで区分基準がただ1つであること。
- (2) 区分された各単位は互に排他的であること。
- (3) 区分は余すところなく一切の単位を含むこと。
- (4) 分類は漸進的で飛躍してはならないこと。



分類一覧表作成



整理

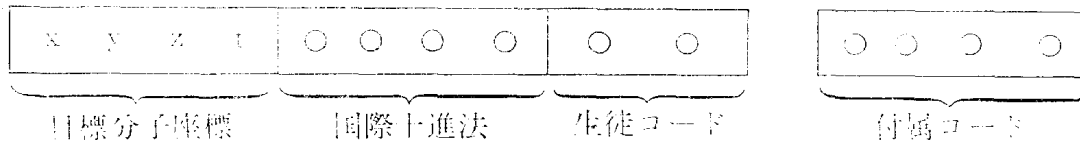


修正単純化

第10図 GET分類法

GETにおいては、第10図に示す順序で、目標、方法、教材、生徒、先生などを分類していくのである。多種多様な現在の事象に対して、一覧表を作成して、特に目的と機能に焦点を合わせて類似する事象ごとに整理分類し、それらを単純化し、その後コード化をするのである。なおコード化にあたっては、(1)単純性、(2)簡潔性、(3)伸縮性に注意をしなければならない。

第11図は、GETコード配列の1例を示す。このコードさえ押せば、GET情報センターから、その生徒に合った教育パックが出てくるということになれば、教育も非常に効率がよくなるだろう。目標さえ決定すれば、生徒も先生も、センターへ自由に行って、教育パックを手に入れ勉強ができるということになれば、全く理想的である。我我はその理想を求めて、SEDTの完成に努力しなければならない。



第11図 GETコードの1例

13. お わ り に

ともあれSED T—GETは、完成された技術ではない。教育の効率化を目標に今後ますます研究されなければならないものである。そしてこれらの技術を用いて、すばらしい教育システムをこの世に実現することが、最終的には、この技術の結果である。

さて、SED T—GETによるシステムが導入させれるとするならば、次のような効果が期待できるものと思われる。

- (1) 優れた教育パックが蓄積され、それらの有効な再使用が可能となる。
- (2) これらの教育パックにより、海外との教育交換が可能となる。特に発展途上国の教育にも役立てることができる。
- (3) 先生達は、教育の準備から開放され、根本的な教育目標の検討に重点をおくことができる。
- (4) 類似別にするため、事象の種類を減少させ、処理が容易になる。
- (5) 学生の質を安定させる。
- (6) 教育期間が大巾に短縮可能となる。
- (7) T. M. など教育機械の有効稼動。
- (8) 教育設備投資効率の向上
- (9) 管理費の節減
- (10) 教育パックにより、高等教育の大衆化が可能
- (11) SED T—GETは、教育ソフトウェア開発に大いに役立つ。

最後にこの原稿を書くにあたり、ドイツ留学中にグループ化のアイデアを御指導下さいましたアーヘン工業大学の Opitz 教授の研究室の皆様、及びSED Tに対し真剣なる討論を加えていただきました日本教育システム研究会の皆様には厚く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) H. Opitz "Werkstücksystematic und Teilefamilienfertigung" Verlag W. Girardet, Essen, West Germany, 1967.
- (2) 長谷川幸男編 "多品種少量生産システム" 日刊工業新聞社, 1970.
- (3) Alex F. Osborn "Supplied Imagination" Charles Scribner's Sons, 1963.
- (4) Clark C. H., "BrainStorming" Doubleday, 1958.
- (5) A. L. Simberg "Creativity at Work" Industrial Education Institute, 1964.
- (6) Crawford, R. P. "Techniques of Creative Thinking" Hawthorne, 1954.
- (7) William J. J. Gordon "Synectics" Harper & Row, 1961.
- (8) Eugene K. Von Fange "Professional Creativity" Prentice Hall, 1959.
- (9) 川喜田二郎 "発想法" 中央公論社, 1967.
- (10) Richard I. Levin and C. A. Kirkpatrick "Planning and Control with PERT/CPM" McGraw-Hill, New York, 1966.
- (11) Harry Kay "Teaching Machines and Programmed Instruction" Charles E. Tuttle Co, 1970.
- (12) 末武国弘 "教育用 Display" 電子通信学会誌, Vol 53, No. 4.
- (13) G. Nadler "Work Design" Irwin, 1963.
- (14) 坂本二郎 "知識産業革命" ダイヤモンド社。
- (15) P. F. Drucker "The Age of Discontinuity" Harper & Row, New York, 1969.