

〔一〕 教育工学と 学習過程の研究

水越 醜 高須 照夫 三橋 一夫 加藤 佳孝
富田 昇 服部 晴子 鈴木 孝

総論

水越 醜

1. 教育情報

生の情報として質、量ともに雑多なものの中から、学習活動に使う材料は取捨選択しなければならない。学習目標に沿い、生徒の能力と施設・設備等の条件を考慮して授業を計画し、組織化しなければならない。目的に沿って教材を分析し、まず基本的事項を抜き出し、それ等について、いかに配列するか考える必要がある。いかに伝達するか、考えさせながら伝達していくか、練習させるか等、研究すべきである。考えさせるときには、教師が予測の先取りをすることを慎むべきである。教材内容をきめ細かくしてやるか、大まかにして思考の一人立でいく距離を長くした過程とするかは生徒の能力に対する問題の難易度によって決定されよう。進む過程を細かくしてやるのは丁度、幼児の一人歩きの練習と同じように、少し前に居て、ここままでおいで式から、相当その距離を長くして歩かせてやるのと対比できよう。初歩的段階では歩行具も必要であろう。途中でのつまづきも重大な怪我でもしない限り忍耐強く見守ることも大切である。時によってはつまづく前に注意すべきであろうが段々と自分で解るようになり、また、つまづき、ころんでも起きることを覚えるであろう。学習に対する生徒反応の評価によって、それ以後の伝達に質、量、順序、速さの変化がおこるであろう。

説明展開、論理展開の短かいものは、他少の雑音（生徒自身の雑念、無駄口、他生徒からのじゃまに）によって、その一区切内容は影響を受けても残りは良い。しかし、長い展開のときは、その影響は大である。教材に関係のある冗長的内容は例えば電報文を送る時の例～アサヒのア、英単語を覚えるのに英文、同じことを繰り返す言う、などのように本質を誤りなく伝えられるようになる。即ち言葉のみによる伝達よりも、写真、図、表、グラフ、モデル、実物等が組み合わさった方が有効であるなどは、重要な点である。これに対し、関係のない冗長の刺激が入ると学習が妨害される。

映像による知識情報伝達は有効であるが思考は充分なされるであろうか。読書等、言語による情報は伝達がおそい。言語能力が必要で頭の中で分析整理、再構成したり、それを貯えたり努力がいる。このためメモしたり、図を書いたりして理解を助けたりしているこれで大いに思考活動が楽になる。映像であると確かに情報量多いし、わかりやすい、逆に言えば、それだけ思考活動はなされなくてすんでいる。だから、映像は先程のように付随的情報として与えるか、単なる多量の情報伝達か、考える内容ならば理解を助けるまとめ、モデル等として使うべきであろう。

教材内容が難かしいときは生徒にとって負担大きく思考にエネルギーを費す。発見的過程を辿るときも同じことが言える。しかし、その過程を細かくして学習すれば負担は軽くなり、抵抗は小さく処理しやすくなると考えられる。従って学習意欲を持続させる基本條件が考慮されるべきであろう。

2. 授業過程(思考過程)

授業過程において分析できる要素として次のようなことが考えられる。学習内容、その提示方法が言語的な面と図、写真、映画、実験、観察。思考、情緒、活動、質問の面において生徒と教師の過程、記憶、理解の面における生徒の過程。冗長内容における教師の過程が考えられる。簡単に分類するならば教師と生徒の過程になり、これを総合して組織化する必要がある。合理化された学習過程の中に冗長的内容を付加することの根拠と内容、程度が考えられるべきであろう。

冗長的なものがS/Nを増すものならば学習効率は増加するがS/Nが減少するようなプログラム構成ではいけないと思う。また、集中力の持続、疲労度の軽減への考慮から変化が必要である。S/Nを減少させないもの、たとえば学習内容の前後に関係あるもので、論理的思考を伴わない想像的内容、画、図がある。

生徒思考過程における一例を考えてみると、経験既習事項の整理、問題把握、情報収集、分析、整理、総合、帰納、モデルの利用、類推、演繹、演習（文章読

む、図示、分析、整理、総合、予測、類推、計算、検証）、観察実験が考えられる。

学習における生徒の持つ望ましい能力の基本条件としては、再生、再認の量と質、方法、分析、総合能力処理能力（時間、技能）、予測、拡散思考、演繹等である。学習内容が機械的模倣（暗記、技術）や、洞察的模倣（理解）的内容、原理、法則の再生産思考は工夫次第でTMで実施されうる。しかし、問題把握とか応用工夫等は思考過程票等に記入させることがよい。

単なる知識は新学習における新鮮味を失うことからじゃまとなってしまふ。不完全な知識は混乱となる。知っているが利用できない知識は洞察的理解もなく、機械的模倣であることが多い。また、機械的模倣も無目的興味等と結合すると学習を妨害する要素となるから注意する必要がある。

考える内容の学習過程は考えさせて理解し、演習することがよいであろう。詰め込み内容の場合は単なる詰め込みは十分な力となり得ない。密度の高い授業は生徒の活動が多く、准創造的再生産思考が多いときであろう。また、面白い、冗長さのある授業では、教材に付随的事項をつけ伝えるとか、思考活動の波と、その継ぎ目に想像させ、思考を休ませる図、写真、実験があったり、教材が理解できる、丁度よい難かしさ、等の条件があるときであろう。

理解しにくい難かしい内容である抽象的なものを具体的に説明するときモデルを使って類推させ分かりやすくする。モデル化という内面的な考え方、思考形式と外面的な見る（形、色、動き）、聞く、触、味、臭等についての場合が考えられる。模型により原理、構造を示し類推させることもある。例えば、まさつ面と砂ペーパーとかでこぼこ道、光の反射をピンポン球の反射、原子と原子核の大きさの比をボールとグラウンドの大きさに、原子の結合をばねに、であろう。これらは図に書いたりして説明するのだから理解しやすく情報量が多く分かりやすい。言葉だけの説明は直列情報で伝達少なく分かりにくく時間がかかる。即ち思考力を高度に利用しなければならない。

教材の提示は基本的には直列的であるのだが、場合によっては同時提示が実施される。写真と音楽、写真と写真等があり、勿論、授業における説明と絵、写真グラフ、モデル、実物は並列伝達である。思考の流れは直列的ではあるが、その過程においては一方向のみでなく、前後の繰り返し思考や、並列事項における上下繰り返し思考による総合等が行なわれている。

学習過程の流れは映画のコマの如く一つ一つは分割されているが映写機にかけたときはまとまりあるものとなるように考慮工夫されていなければならない。

提示と提示の移り変わりの時の説明に気をつけたり

その提示内容において注意されることが大切である。解答が遅いから思考力が弱いとは限らない。問題把握分析力、総合力に優れても計算速度がおそいのかも知れない。しかし思考力の弱い者に対し一般的には刺激と助言が必要であろう。難かしい教材、複雑なものについてはステップを生徒の能力と見合ったプログラムにしてやると良い結果が得られると考えられる。

学習過程の進度と定着度を左右する情緒的条件として次のことが考えられる。学習を強化する積極的因子として、内的（本人）条件は興味、意欲、目的性、外的条件は刺激情況、競争であろう。学習を阻害する消極的因子としては、内的（本人）条件として無気力、無意欲、不健康等であり、外的条件として環境不備、刺激不足が考えられるであろう。

思考の促進、停滞、混乱等の条件を考えて見ると、促進のときは、内的（本人）刺激は矛盾、興味、外的刺激としては、はげまし、賞讃、競争、叫責。停滞のときは内的（本人）には意欲喪失、不健康、難かしい、外的には難かしい、恐怖、しかる。混乱のときは難かしい、理解困難、類似事項との分類困難があげられよう。

思考過程において冗長要素の吸収化があると良い①励ましと賞讃（いい考えだ、いいとき方だ、もう少し考えるとよい、早いぞ）②診断（問題を良く読め、条件を分析せよ、図を書け、違ふ、一寸ちがう）③ヒント（この点を考えると良い、これに関係がある）④補充⑤競争などがある。

学習活動において予習の意義は教科によって異なるが新内容を概括的にも知っていれば、学習時に理解が深化、多面化する。理解不能な点を確認しておけば、集中できることから効率的学習ができ、理解度が増すであろう。既習事項を知っておけば、新学習内容の理解についての土台となるであろう。然し、再生産学習をさせる場合には分析、総合、類推等の学習効果は減ずるであろう。予習しておけば、一般に知識、技能等の理解と定着は図られるが思考の養成度は低いであろう。

復習による次時の学習思考過程に及ぼす影響は一般的に言って、関連教材での学習基礎材料となるであろう。再認でなく、再生できなければいけない重要事項は充分定着させておくことが必要である。この復習も事後復習と、間欠復習が実施されるべきであろう。できうれば、復習によって応用、発展まで進むことが望ましい。

3. 生徒の資質、能力と理解度

学習活動における効率の条件として、①忍耐力、身

体的条件②筆記能力，計算処理能力，読解能力③学力として考えられるのは情報量，知識量，思考力（帰納演繹，類推），情報として知っているが単体として知っている，知識として知って有機的に関連しているもの場合である。

学習過程の中における生徒同士の話し合いの様相は，①自分の考えや結果を確認したい②再認識③情報交換④相互補充⑤相互誘発等であろう。ここにおいて注意すべきことは模倣的情況が入りこむことは思わしくない。ヒントや補充になるべきである。問題把握をみんなで作らせようとするときは単時間なら有効であると考える。思考と情報の相互扶助により難問を解決するときによいであろう。多人数のときは多面的な思考法を知ることができるだろう。しかし，反発や，確認，同調，解決の思考過程においていたずらに時間を浪費しないように注意したい。

生徒に考えさせる再生産学習，教師の思考過程に参加させて考えさせていく洞察的模倣学習（理解），教師が考え，理解させ，暗記させる学習等考えられるが多くの場合教師が思考を独占先行する傾向がある。T Mの場合でもこの点を注意したい。情報の与え過ぎは学習意欲を減じたり，思考を散漫にさせたりする。プログラムを細分化すると理解度が増すが学習意欲を失わないように注意しなければならない。

多くの授業の場合，全員理解でなく不完全理解が多く，評価基準にもよるが100%の効率ではないと思う。理解率100%ということは，同一時間内という条件では無理であろう。従って再生学習，再認学習に進むような課題，質問，演習を必要とするであろう。

授業の進度についていけない生徒の場合，既学習内容の未定着，読み，計算能力，分析，総合能力の低さ等が考えられる。性格的な面（無緊張，放縦）も考えられる。問題解決（演習）で，すぐ解答を知りたいがる生徒がいる。考えることを面倒に思ったりする。自から問題を解くことで問題把握力，分析力，総合力，類推等の力がつく。また，情報収集時には付随的情報も得て，問題の位置づけができる。定着も確実なことが予想される。思考が行き詰って停滞した時にはヒント・補充を与えたりすることは良い。また，カセットテープ，シンクロフアクセス，CAI等により，復習用発展用，訓練用（コンピューター，計算尺，基本技術実験方法等）のものが用意されるとよい。

抵抗なく理解したときに比べ苦勞して問題解決した時には拡散的思考における付随的情報収集や，分析，総合，類推等の思考力が養われる。また定着よく忘れにくいと思われる。

生徒自身の思考確認や教師側の参考とするためにノートの右1/4位のところの空白に各学習の理解の確認や

考えたことを記入させる。これは学習内容を確実にさせるためにもよい。

生徒の記録した例を次に示す。

- 磁界との違いは？
- 作用，反作用，物質不滅の法則。
- 磁力線と同じかな？
- 定義とは？ FとEのかねあいは。
- Pは物体でなければいけないか？
すべてのものに通用するか。
- もし空気にも働いているとしたらどのような現象が起るのか？ バンアレン帯とは？
- Kは測定値だろうか。
- 説明が早かった。
- 中学の実験を思い出す。
- \oplus \ominus の距離はどれ位か。
- Fはどのように出すか思い出せない。
- 教科書を見よう。
- 電界の強さは+10についてのことだ。
- 山の斜面にこぶがあったらどうなるか。
- 9・8を忘れてこの間のテストまちがえた。

4. 学習過程（例）

生徒にどんな内容をどんな思考展開で指導していくか分析し授業の流れを考え組織化するとよい。ここに示すのは一部具体例である。

学習の定着における一工夫として関連ある絵，写真，実物，実験，観察等が考えられる。思考の休憩弛緩には関連ある写真や絵でもよいし，思考の転換にも，次の事項に関連ある絵，写真を示し，思考の連携にも両者に関連あるものを示すことが考えられよう。絵は細部まで表現されないから想像力を養うことができるが写真では全部表出されることが多く想像内容少ないであろう。

しかし，検証や問題把握には写真の方がよいと思われる。

学習過程における思考展開を別途表にしてみる。これは，授業の流れをこの面から検討するのに都合がよい。

問題演習（問題解決）における指導において充実した，組織化された思考展開をするために検討した具体例を示す。このようなものを基本事項の把握例について作成しておくといふ。思考過程の要点としてはヒントの段階が考えられる。それは無ヒント，基本ヒント（定石），誘導ヒント，指定ヒント，補充注意ヒントの五段階に分類した例である。

物理授業過程 例

水越 融

No.	カラー	(H 2) (C) (46) (6) (17) (木 4)	自動 テープ 0~610 物理 (T・M 教室)
01	衝突 人工衛星 ロケット	写真	T 教師 S 生徒
02	蒸気 機関車衝突		
03	ピストンモデル 気体の衝突		
04	タイトル 衝突		
05	衝突のときうける力は 1. 同じ 2. ちがう	教師実験	
06	2つの車がうける力は 1. 同じ 2. ちがう	20S	
07	方眼は同じか 1. 同じ 2. ちがう	20S	ヒント 力の方向(符号) に注意
08	$\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ 運動量変化と 方眼の関係を示せ	2m	解答
09	$m_1 v_1 - m_2 v_2 = F t$ $m_2 v_1 - m_1 v_2 = -F t$	2m	解答
10	2つの式より 関係式を予測せよ。	2m	解答
11	運動量保存法則 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$	20S	解答
12	$10 \times 10^3 \frac{1}{h}$ 15トン A → B 20 km/h ?	3m	解答 $10 \times 20 + 0 = 10v + 5v$ $v = 8 \text{ km/h}$ (バンクファイル記入)OHP
13	C. はねかえり 係数		T・M一時停止
14	ねんど 生徒実験		
15	プリント課題		計算結果表 バンクファイルM OHP
16	v_1, v_2, v_1', v_2' 速度差の比をe		
17	$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$		
18	完全弾性衝突 $e = 1$ 非完全弾性衝突 $e = 0$		
19	1mからおとしと $e = 1$ のとき頂まで上げる 1. 0.5 m 4. 0.1 2. 0.4 5. 0.9 3. 1.0	20S	ヒント $e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$ $h = \frac{v^2}{2g}$ $v = \sqrt{2gh}$
20	$e = 15$ $1 \text{ m} \rightarrow v_1$ $70 \text{ m} \rightarrow v_2$ v_1, v_2	5m	解答
21	$v = \sqrt{2gh}$ $v = \sqrt{2gh}$ $e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = 0.84$	5m	ヒント $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$
22	Q28 100g 200g $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $1.2 \text{ m} \rightarrow v_1, v_2$ $e = 0.70$?	5m	解答 (計算ちがいのボタン)

No.	つづき	S () () ()
01		
02		
03	$0.1 \times 1.2 + 0 = 0.1v_1' + 0.2v_2'$ $0.7 = \frac{v_2' - v_1'}{0 - 0.2}$ $v_1 = 0.16 \text{ m/s}$ $v_2 = 0.57 \text{ m/s}$	5
04	リベット ハンマー (空機ハンマー)	
05	打球	
06	問題2 宿題とする	
07		
08		
09		
10		
11		

思考展開 例

水越 融

No.	(H 2) (C) (46) (6) (17) (木 4)	物理・T・M・教室	
01	現象提示 (写真)	再認	問題把握 分析・予測 結論
02	現象提示 (写真)	再認	理解 検証 問題把握
03	現象提示 (写真)	類推	観察 把問
04	学習主題	問題把握	情報収集 予測
05	問題提示 (OHP上実物)	問把 分析・予測 総合	理解
06	解答要求	結論	理解
07	解答要求	結論	理解
08	問題提示 ヒント提示	問把 分析 総合・予測	問題把握 分析 結論
09	解答提示	理解 検証	問把 分析 結論
10	問題提示	問把 分析 予測	理解 検証
11	解答提示	理解 検証	問把 分析・予測 結論
20	絵提示	思考弛緩	

No.	つづき	S () () ()
01		
02		
03	解答提示	理解 検証
04	現象提示 (写真)	演繹
05	現象提示 (写真)	演繹
06	宿題提示	確認
07		
08		
09		
10		
11		

〔物理問題演習〕例

水越 醸

T 思考展開		S ヒント		T 思考展開		S ヒント	
01			ヒント1 図を書け	12			さらに α_2 で動くのに $m\alpha_2$ だけ余分に力が あって始めて動く
02				13			ヒント2 B車部の図をかけ。
03				14			ヒント1 B車の糸の長さ考 えよ。
04	(上の滑車Aとする 下の滑車Bとする Aの方の張力 T_1 とする Bの方の張力 T_2 とする)		ヒント2, 滑車に記号 つけよ。 ヒント2, 糸の張力に 記号つけよ。	15	mの動くきより $S_2 = 2S_1$		ヒント2 mの動く距離考えよ。 BがSだけ上昇するには糸は S+Sだけ長くしなければ ならないがその分だけmが上 昇して供給
05	3mの加速度 $\downarrow \alpha_1$ mの加速度 $\uparrow \alpha_2$ と する		ヒント2, 3mとmに 加速度記号 つけよ	16	$S_1 = \frac{1}{2}\alpha_1 t^2$ $S_2 = 2S_1 = \alpha_1 t^2$		ヒント2 B車とmの動く距 離を式にあらわせ
06	●運動方程式を考える ●運動方向+とする		ヒント1, 静止状態で 考えていけ ない。 ヒント1, 運動方向+ とせよ。	17	$\frac{S_1}{2S_1} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ $\alpha = 2\alpha_1$ ④		
07	●3mの運動 $3mg - T = 3m\alpha_1$ ①		ヒント3, 3mの運動の 式考えよ。	18	④ → ③ $T = mg + 2m\alpha_1$ ⑤		
08	●Bの運動 $T_1 - 2mg - 2T_2 = 2m\alpha_1$ ②		ヒント3, Bの運動式 考えよ。 ヒント4, $T_1 = 2T_2 + 2mg$ をまちがえるな	19	② ← ① ← ⑤ $-mg = 9m\alpha_1$ $\alpha_1 = \frac{g}{9}$		
09	mの運動 $T_2 - mg = m\alpha_2$ ③		ヒント4 $T = mg - m\alpha_2$ とま まちがえるな	20	動く方向は仮定方向 と反対		ヒント3 3mを引く力は $2m + m + m = 4m$ でB が下がり3mは上昇
10			$m\alpha_2$ において α_2 は上 に動くから $m\alpha_2$ は上 向きと考え mg と反対	21			ヒント4 $2mg + 2T_2 - 3mg = 5m\alpha$ の式を をとり入れてもよい。
11			だから $mg - m\alpha_2$ と しやすい。 つりあうために T_2 は mg がいり。	22			

○まちがった思考過程は☒ ○ヒントの段階
○教師が予測の先取りしない。

無ヒント
ヒント1 基本ヒント(定石)
ヒント2 誘導ヒント
ヒント3 指定ヒント
ヒント4 補充、注意ヒント