

第2章

教育工学研究と職業能力開発

1. 教育工学について

教育工学は、境界的あるいは複合領域的な研究分野の一つである。そのためか、教育工学にかかわる研究報告が最近量的に増加しているものの、研究価値や方法論にそれなりの相違があり又多様であるのが実状である。もっともこれは、“人間”の多様性をそのまま示したものと見え、各研究領域独自の視点・価値観があるのは、ごく自然な成り行きといえる。

さて、本報告では教育工学を「工学」の視点でとらえ、その研究価値の下に職業能力開発との概念的対応を示唆することにしたい。

まず、「工学」自体、過去数十年の間にとり扱う内容に大きな変革がある。従前は、電気機械類の設計・製作といった職工的・技工的作業が、その支配的イメージであった。しかしその後、論理または手続きの開発を目的とする工学が急速に発達した。いわば、コンピュータ関連工学である。今日では、コンピュータを中心とした高度情報化社会の構築が重要な課題となっていることを考えると、工学の利用モードを図2.1のように分類するのが適切といえよう。a～cは、従前の工学の範ちゅうに属するものでいわば工業的産物（機械又はマシン）の開発研究である。手続きとは、通常はコンピュータのプログラムとして差しつかえないが、単に紙面に記載されたものも含めて、「所望の機能に関連したいくつかの単体を、個々の機能にもとづいて時系列的に組合せた論理」と定義しておこう。

さて、a～fの具体例を示すと次のようになる。

- a. 機械の人間による利用——生活や業務の中での製品の利用を意味し、たとえば工業的産物としての電子レンジを日常生活に利用するなどに相当する。
- b. 同じく手続きによる利用——あるコンピュータプログラムがその関連の“機械”の操作コマンドを含んだ場合で、自動車の各部品・装置がプログラムにしたがって自動的に組み立てられるなどの場合に相当する。
- c. 同じく他の機械による利用——アンテナという“機械”がテレビという“機械”にとりつけて利用される場合である。
- d. 手続きの人間による利用——企業での意思決定モデルとか、ホビーとしてコンピュータと将棋をさすなどの場合である。

図 2.1 工学の枠組

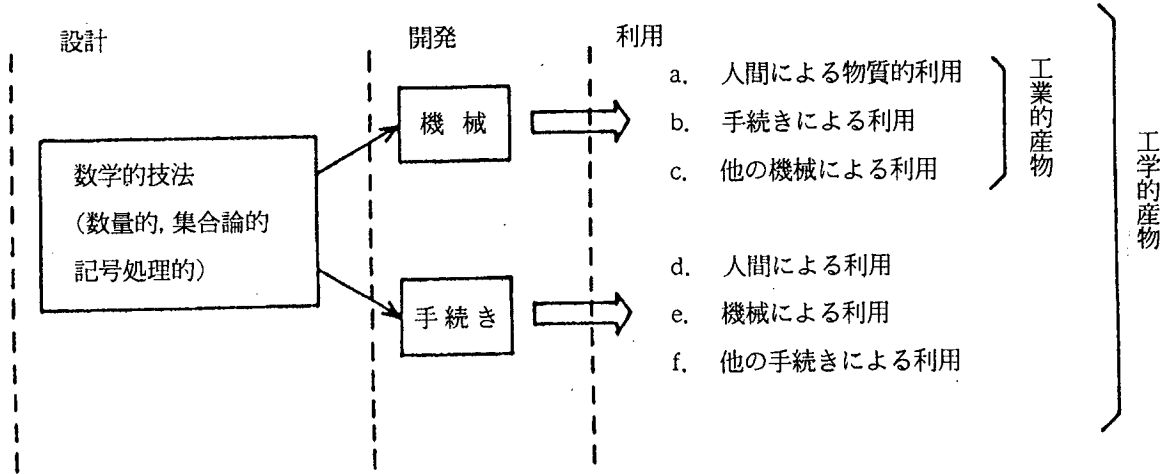
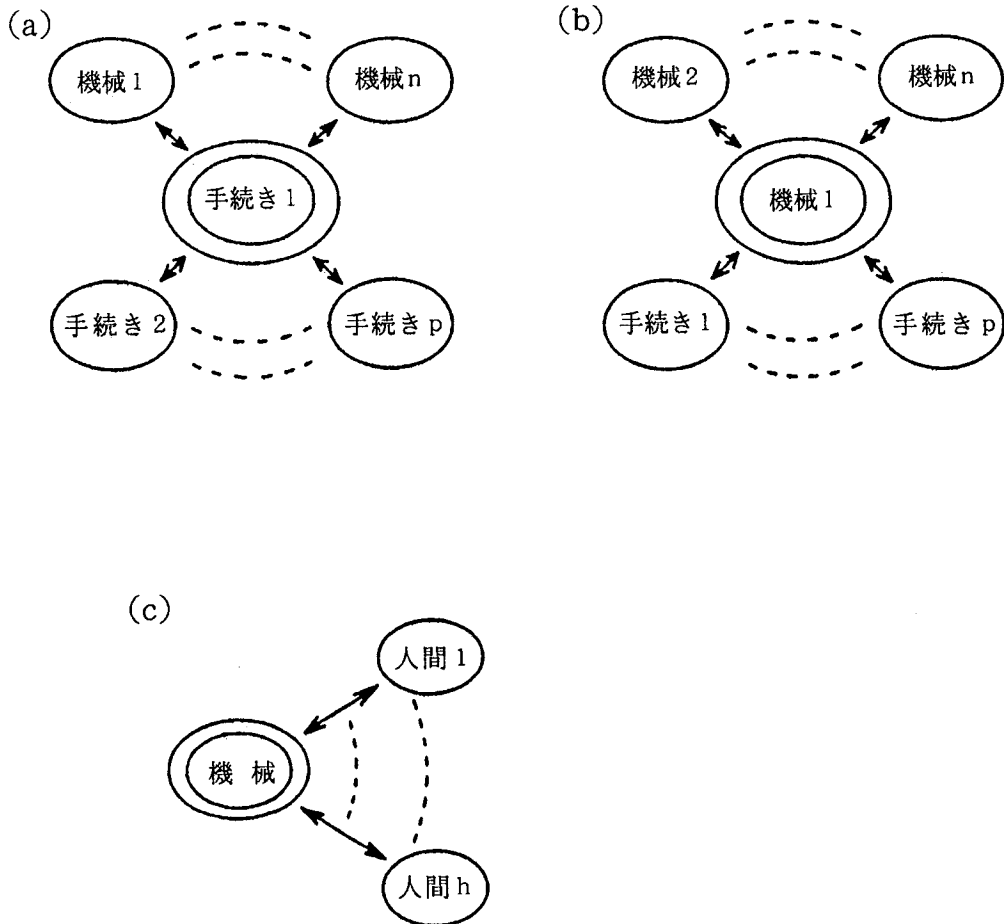


図 2.2 工学的産物の利用



e. 同じく機械による利用——電子レンジの中に自動温度調節用プログラムが内蔵されるなどの場合である。

f. 同じく他の手続きによる利用——汎用性のあるコンピュータプログラム（ユーティリティ）が、他のプログラムに参照されるなどの場合である。

d~fからも明らかなように、工業的産物以外の工学的産物とは、コンピュータプログラムそのものといっても過言ではない。aとdは、工学的産物を直接人間が利用する場合で、よくマン・マシンシステム（man-to-machine system）と称される。

手続きはマシンそのものではないが、機械的な作動をするので、広義にマシンレベルと同一に考える。機械も手続きも相補的役割を持つことがあり、一般的にはその関連を図2.2のように表記できよう。(a)、(b)はそれぞれ、手続き、機械が支配的な様子を示したものであるが、いずれも人間社会での利用を志向するものであることには変りがない。このように考えると、今日の工学は、「技術面で人間社会に実利的に貢献する研究領域」という共通理解があるといえよう。そして、図2.1の枠組の下での教育関連手続きの技術的開発は、おのづから工学研究の範ちゅうに入ることになる。

しかしその開発では、工学的に取扱いやすい要因をとりあげて設計を行う傾向になるため教育マシンや工学的産物としての教育情報は、実際の適用の際には要因の取り上げ方（又は情報の欠落）を再考する必要が生ずる。さらに、ある対象には適切であっても別の対象には不適切という事態も起り得る。したがって対人間工学では、「工学」をある固定したものとしてよりも、概念的にとらえるのがより実際的という見方もできよう。そこで、今日の工学研究一般で、ある程度共通理解が得られていると思われる概念を示すことにしたい。

1. **有効性**——現在又は将来その研究が何の役に立つのかを示す。ただし、必ずしも人間社会の実利にただちに結びつくことを意味するものではない。
2. **実用性**——現在又は近い将来その研究が何の役に立つのかを意味する。特に製品の製作工程にかかわる場合は、生産性がこれと同義に扱われる。又、湖沼や川の汚染あるいはビルの構築による電波障害といった工業的発達に伴う弊害は、環境××工学として問題解決にあたる。やはりその時点での社会問題であるから、この項目に含めることができよう。
3. **新規性（独創性）**——説明略
4. **最適**——当該の製品が、機能性、安全性などの面で最大の効果を発揮するように設計を行うことを意味する。

5. 客観性—日常言語にはそれなりのあいまいさがあるため、数量的・定量的表現が重視される。そして、所望の処理対象が、日常言語で表現される事象であるときは、客観データに変換されたり、何らかの客観的枠組に対してカテゴリー分けされる。
6. 信頼性—対人間工学では、上記の情報の変換を行うことが少なくないが、その際の情報の欠落が多すぎると処理結果の信頼性に問題が生ずる。データ収集に際しては、信頼性と客観性は排反的という見方もできる。(資料1,pp.220-221参照のこと)。
7. 再現性—主に実験にかかわることで第3者が同一実験を行い、誤差の範囲内で同じ結論を引き出せるかどうかを意味する。
8. 一般性—当該の研究の応用の広さ、重大さを意味する。

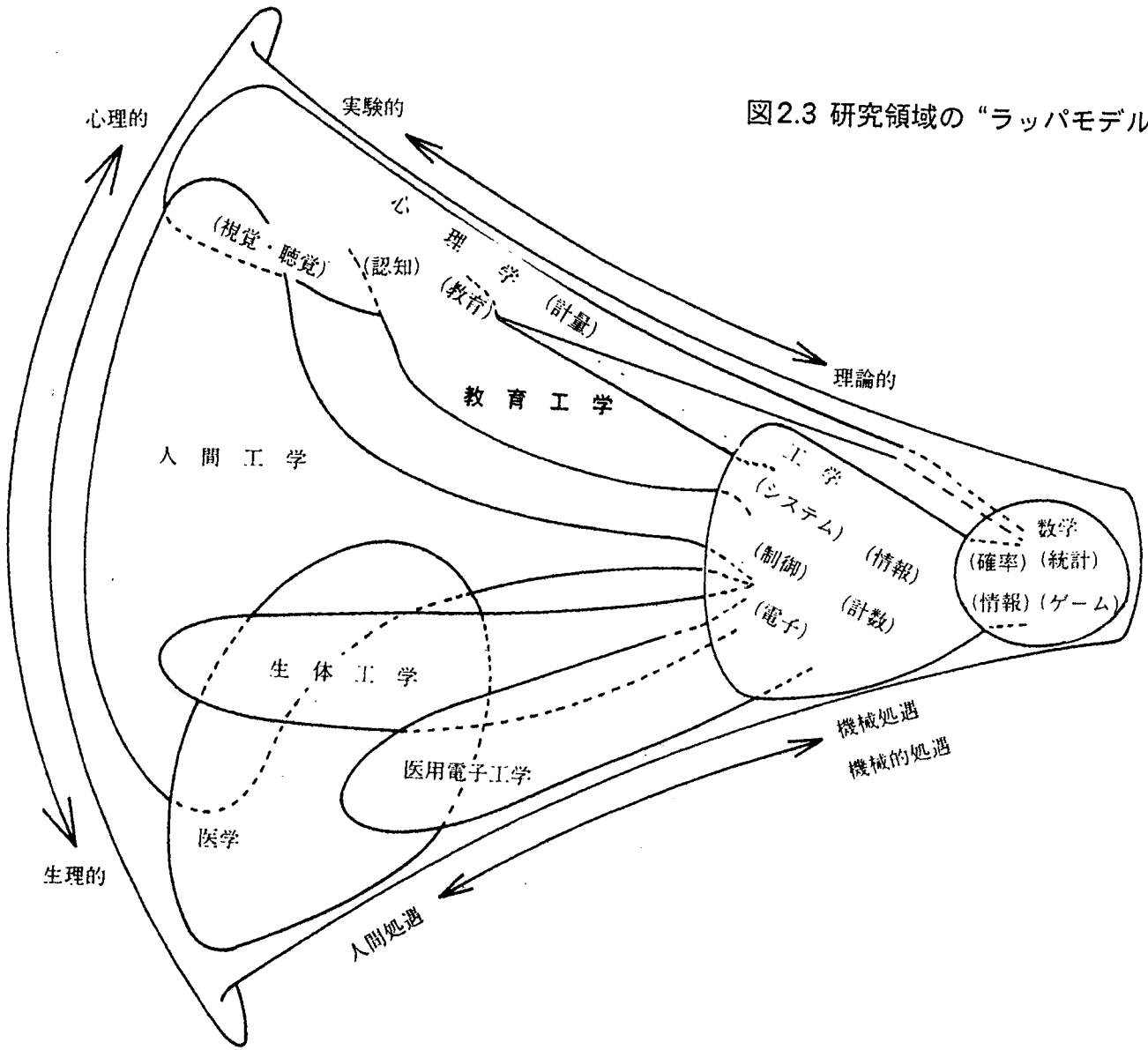
主に上記の工学概念の下に、教育工学を次のように定義する。

- (1) 教育の工学化を図る研究である。工学化された教育とは、工学的手続きを拠所とする教育を意味する。ここに工学的手続きとは、他の工学的手続き、工業的産物を含む教育資源および教育事象・情報の工学的処理を図る手続きであり、かつ具体性をもつ手続きである。ところで、情報と事象とは本質的相違はなく、発生した事象が、関連の問題意識を持った人にとっては情報となる。その意味において、事象は客観的であり、情報はより主観的といえる。例えば、「交通信号が赤になる」はタクシードライバにとっては重要な情報であるが、乗客にとっては単なる事象にすぎない。
- (2) 情報化・工学化社会への教育的対応を図る研究である。つまり、コンピュータ、生命工学などが日常生活に身近なものとなれば、その理解力や活用力さらには工学アセスメント¹¹⁾にかかわる知見などがいわば工学教養として培われなければならないし、またコンピュータなどの基礎知識を修得しておくこと、それを実社会で活用することが可能になる。あるいは、(1)で開発された工学的産物は、それがうまく機能するように当該の教育者が状況判断と環境整備を図らなければならない。つまり、状況に応じて適切な工学的産物を取捨選択しうまく組み合わせることが、教育者の知的作業として必要となる。端的にいえば、新技術にかかわる基礎技能・知識の付与と大局的判断力の育成である。

さて、図2.3は教育工学の相対的位置づけをより明確にする。これは、心理的—生理的、実験的—理論的、人間処遇—機械・機械的処遇の3つの尺度に対して位置づけ可能な研究領域を示したもので、次のような関係を言い表わしている。

たとえば、数学は理論的で(数や情報の)機械的処遇を図る領域の典型であると共に、心理的—生理的の尺度概念からはほど遠い領域である。一方、人間工学は、“人間”を実

図2.3 研究領域の“ラッパモデル”



験実証的に研究する。またこれは、心理的－生理的の尺度概念を多分に含み、さらに工学的的方法論を規範としている。また、教育工学と生体・医用電子工学が、心理－生理尺度に関して対称の位置に占めている。

これらの中で、教育工学と人間工学はいずれも境界領域であるが、これらにあえて相対的な特徴づけを図るならば、教育工学は（少なくともこれまでは）学校という一教育空間を主な研究対象として発展したものであり、一方人間工学は、多分に産業とのかかわりにおいて発展している。そして、対象が異なれば、工学という共通基盤はもつものの、方法論にはそれなりの相違を生ずる。このような観点から、教育工学の場合には、便宜上、次の研究概念をつけ加えることが望まれる。

9. 普及・交流— 研究開発の事前・事中・事後における意見交換と情報提供の促進を図る。つまり、研究機関－教育機関、研究機関－研究機関、教育機関－教育機関の情報交換を意味する。

産業レベルでの工学研究の場合は、たとえば従来より高性能のICがより安く提供されれば、それまでのICは自然淘汰的に消滅する。つまり、その普及は“それなりの必然性”をもって全うされる。これに対して、こと教育に関しては、人間にかかわる評価がより困難なためか、現状維持すなわち保守的傾向を示すことが多く、したがって、先の工学概念の一つである“新規性”を促進するために“普及・交流”が新たに必要となるし、またその方法論自体が研究対象となるわけである。

このように考えると、教育工学は、暗に“直接的な実用化”を志向するようにも思われるが、むしろ、その方法論や教育システム¹²⁾の“具体性”を志向するものといった方がよい。さらに最近は、既述のように情報化社会への教育的対応を図るなど内容論的な研究も重要とされる。教育工学は、一種の境界領域であるため、研究の価値感が一意とはいえないが、強いていえば“思考の具体性”と“新技術の援用”が比較的共通した研究概念といえよう。

2. 職業能力開発との概念的対応

まず“職業能力開発”の方向性とコンピュータを中心とした教育工学の研究内容を概観し、そののち、これらの概念的対応の示唆を図る。職業能力開発については、訓練ニーズ、労働者自身の意識調査、職業能力開発基本計画など様々な視点が考えられるが、「コースウェア開発」が第4次同基本計画の中で直接的に触れられていることなどから、とりあえずここでは、「基本計画」を基にその方向性をとらえることにしたい。

第1次職業能力開発基本計画（昭46年度～昭50年度）では、労働力の需給問題に一つのポイントをおき、第2次産業での労働力不足の面から、職業訓練の必要性を説いている。

第2次の同計画（昭51年度～昭55年度）では、その労働力が景気後退と共に剰余の状態になる可能性を指摘し、経済社会情勢が変化しつつあることを述べている。と同時に、職業訓練を展開するにあたって、労働者自身のいわゆる自己啓発が必要であることを述べている。

また第3次の同計画（昭56年度～昭60年度）では、労働力の需給問題を産業構造の変化や労働者の高令化などの視点からとらえる一方、第2次での自己啓発の問題を、制度面のみでなく教育上の問題としてもとらえている。

そして、第4次の同計画（昭61年度～）では、産業構造と経済社会情勢の変化、労働力の高令化、またそれらに伴う需給のミスマッチの発生を指摘し、その問題解決のために、自己啓発や教育訓練を重視している。特に教育訓練については、CAIやそのコースウェアの積極的開発を詠ったり、情報関連機器の基本操作の修得の必要性をのべるなど、内容論、方法論の具体化が一つの特色といえる。

以上、職業能力開発基本計画を概略視したが、そのほか、労働者の日常的な価値感の多様化などが示唆される¹³⁾ ことなども考えると、“変化”と“多様性”が職業能力開発を概念的に特徴づけており、さらに“新技術の教育的活用”が昨今の関心事といえる。

一方、教育工学では、1980年頃からパソコン（パーソナルコンピュータ）を用いたCAI研究への関心が急速に高まり、コースウェアの開発が盛んに行われているが、コンピュータを導入した学習システム的设计思想の背景には、次のような共通認識があるといえよう。

第1は、学習システムの柔軟性を重視することである。一般に学習は、何らかの順序だてつまり系列化が必要とされるが、その系列を固定的にとらえるのではなく、柔軟にとらえるのである。具体的には、システムを構成する単体としての教材は、モジュール化される傾向にあり、その属性としてのパラメータの種類が多くなる。また、ドキュメント¹⁴⁾ としての単体の特徴が明記されたり、その前提となる学習内容や次のステップになり得る学習内容が示唆されることはあるにしても、一つの独立した教材としての性格が保たれるように配慮される。この場合、教材モジュールの選択は、教師が行うこともあれば学習者自身で行うこともある。そして、一教室内には、関連の多くの教材モジュールを準備したり、パソコンを持ち込むことになり、一方学習者も室内を動き回ることに

なる。付随的に、それに応じた教育環境の整備も必要になる¹⁶⁾。昭和61年4月にスコットランドで“flexible learning system”という主題の下に教育工学国際学会が行われたが、やはり人間による学習制御が最近の興味の対象の一つである。

第2は、上記とやや重複するが、学習者による学習制御を重視することである。この場合、教師は、教具を提供したりその基本操作を教えたり、学習者からの質問に答えたり何らかの示唆を与えたりする存在となる。我国ではCAIの用語が現存するが、海外ではCAL (Computer Assisted Learning) が一般的で、学習者ベースという視点からすれば、むしろCALの方が適切な表現といえよう。

第3は、教材の了解性に配慮することである。言うまでもなく、教材内容は、当該の学習者にとってわかり易く構成されていなければならない。また、コンピュータ画面上の描写図なども見易いものであり、混乱を招く表現であってはならない。実際、細かすぎる図は、疲労の原因になる。教材の適切な配列や、理解度をチェックするための診断用テスト問題の構成に関する工夫のほか、視覚心理・生理的な研究も重要とされる。

以上のように、学習システム・教材の最近の設計概念を概観してみると、職業能力開発基本計画と教育工学研究には、図2.4のaとbの間に図示した概念的対応を示唆することができる。以下、同図で主な部分のみ説明を行う。

まず、最左端のaでは、同基本計画に記された主なトピックまたは支配的概念(1~8)を掲げた。このうち、8は制度的検討課題と思われるので、欄外に記した。

次にbは、コンピュータなどの新技術を援用した場合の教育工学研究の概念を示している。このうち、3で“メディア構成”とは、教師が、教育活動に資する多くの媒体(OHP、VTR、コンピュータ、印刷物など)の中から当該の教授・学習活動の促進に寄与するようないくつかのものを、なるべく学習効果が大となるように、一つの手続きとして組合せる作業を示す。つまり、情報化社会の進展と共に、教育媒体の選択範囲が格段に大きくなり、ややもすると多種類のハードウェアに振り回された学習指導にもなり兼ねない。“メディア構成”は、裏を返せば、今日における教師の知的な取捨選択技能の必要性を表現したもので、黒板とチョーク以外を用いない伝統的な教育現場には、このような概念は存在価値が少ない。

また、「4. 情報リテラシー」は、未だ確定した概念とはいえないが、「『情報』に通じること」とでもいえよう。その枠組の一例を、表2.1に示す。アの基礎的情報能力は、比較的身の回りにある情報媒体を用いて所望の情報授受を正確に行う能力(あるいはコミュニケーション能力)や、何らかの問題解決のために情報媒体を活用する能力を示す。また

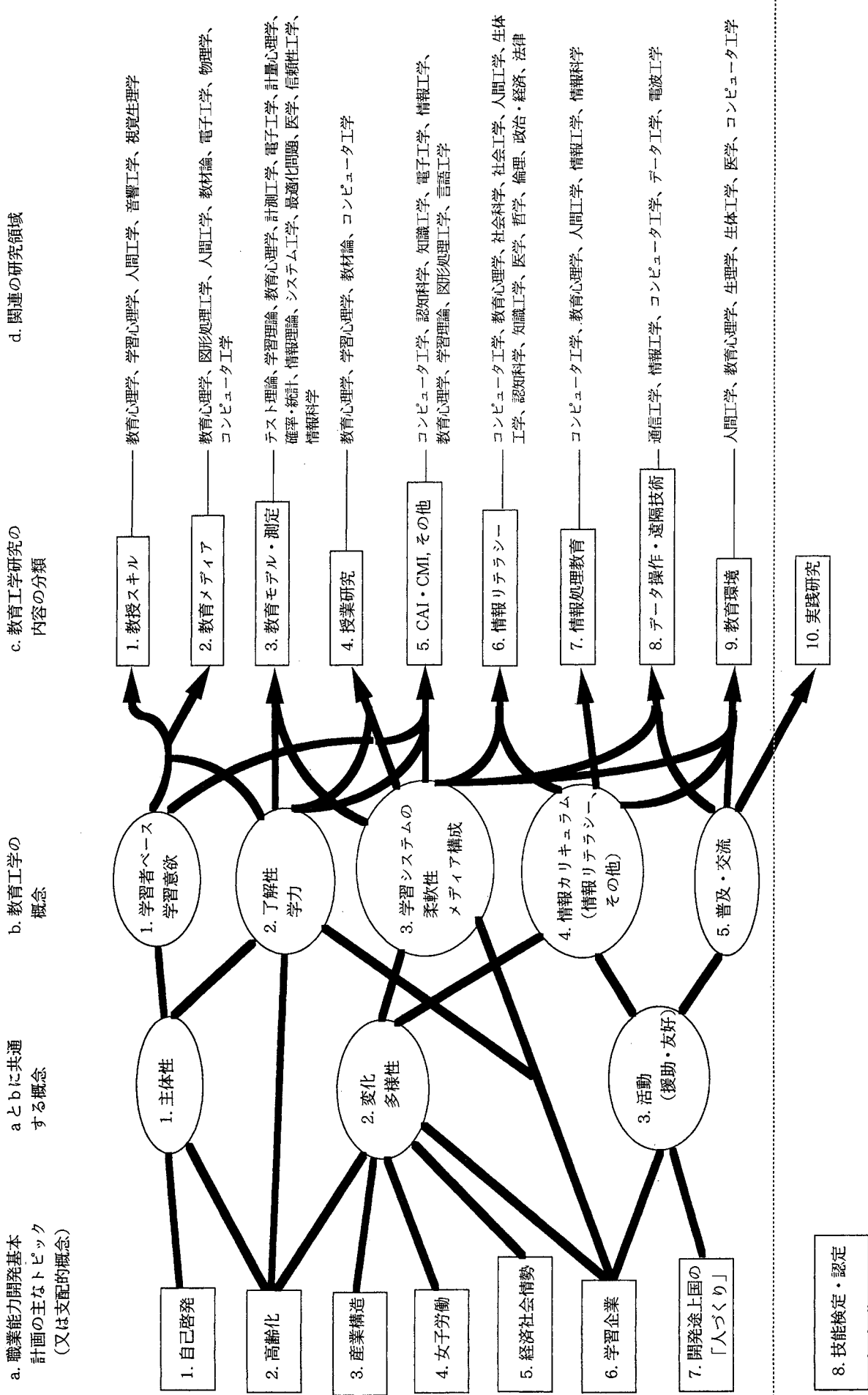


図 2.4 職業能力開発基本計画 (主に第 4 次) と教育工学研究などの概念的対応

表 2.1 情報リテラシーの枠組

	Ⅰ. 生活		Ⅱ. 業務			Ⅲ. 教育	
	大人	子供	情報 専門	情報 関連	その他 一般	教育者	学習者
ア. 基礎的情報能力	◎	○	○	○	○	◎	○
イ. 専門的情報能力			◎	(○)		(○)	
ウ. 大局的情報能力	○		◎	○	○	○	○

◎ : 特に必要とされる

○ : 必要とされる

(○) : あった方が望ましい。又は、ケースバイ
ケースで何ともいえない。

イの専門的情報能力は「情報」にかかわる原理、比較的高度のソフトウェア・ハードウェア技術などの知識を所望の問題解決に活用する能力を示す。さらに、ウの大局的情報能力は、社会的に影響をもつ何らかの情動的な事柄に関して、その内容を大局的に会得し、その社会的意義、将来の発展の方向性のほか適用範囲、副次的に起こり得る危険な事柄についての知見や良識を多面的に論ずる能力を指す。必然的に、幅広い知識の獲得がその前提となる。(尚、「リテラシー」が「非専門」の概念を多分に含むと考えれば、アとウの2つで充分かも知れない。)

cは、最近の教育工学研究を内容別に分類したものである。「1. 教授スキル」は、簡単には「教え方」のことである。発語を通じての学習者とのかかわり方を一つのスキルとしてとらえ論ずるものが多い。さらに、なるべく教科の内容に依存しないような枠組で一般化しようとするという特徴もある。尚、教授スキル研究には、黒板やOHPの適切な使い方とか音響的に見た発語のテクニックなど、特定の行為・断面に焦点を絞ったものもある。

「1. 教授スキル」と「4. 授業研究」は明確には分離し難いが、強いていえば、前者が教育実習、教授行動、行動計量などで特徴づけられるのに対し、後者は授業の構成要因、その構成の仕方の研究、モデル構成などで特徴づけられよう。

「3. 教育モデル」は、教育評価、授業設計などにかかわる数理モデル、図式モデルあるいは記述モデルを示し、所定の枠組の下に、「3. 教育測定」を行う。よく用いられる測定用具は、テスト問題とアンケートであろう。先の「教授スキル」は、実際にはFlanders

N.A.¹⁶⁾ や Bellack A.A.¹⁷⁾ などの分析カテゴリーを借用して研究を行うことが多いので、これを広義の教育モデルのうちにも含めることもできよう。

「5. CAI」は、コンピュータ利用学習のうち、コンピュータ側に何らかの学習制御機能をソフトウェアとして有するものを指す。普通、フレーム型CAIと知的CAIの2つに分類される。前者で、フレームとは「説明」または「発問－応答－KR」の論理的な最小単位のこと、それが系列化されたものがフレーム型CAIである。知的CAIは、我国では未だ研究段階であるが、コンピュータが、学習者の応答内容から、入力されたその言語のもつ概念にもとづいて学習者の理解の状態を推論したり、あるいは構造化された概念用語を記憶しておきその構造にもとづいて質問を発するなど行う（1～2の例を資料1pp. 237－239に示す）。必然的に、ある程度の自然言語理解システムが付加されていなければならない。アメリカの例では、バクテリア感染症の診断・処方を行うMYCINや地理の先生SCHOLARなどが有名である¹⁸⁾。

次に、「5. CMI」であるが、とり扱う教育情報はテスト得点であることが多い。学習者各個のテスト成績が毎回のテスト毎にどのように変わってゆくかを調べたり、学級集団における各個の位置づけをコンピュータ出力して、それを参考にして学習指導を行う。

また、上記のCAI以外のコンピュータ援用学習としては、シミュレーション、問題解決¹⁹⁾、ゲームなどのモードがあろう。ただし、CAIの中にシミュレーションなどが組込まれる場合もあるので、CAIとこれらのモードは必ずしも明確に区別できるものではない。

特に、職業能力開発でコンピュータ援用学習を活用する場合は、シミュレーションモードが重要となろう。つまり、そこでは作業的な学習内容が多いが、事前に関連の機械・器具の機能や作業手順を図を用いて概略的に説明することがある。あるいは、ある職業訓練校では、ビル管理作業の一つとしてボイラーの操作さらにはその原理を説明・指導しているが、対流とか輻射などの流体にかかわる物理的概念がつかめないと、所定のボイラーの学習が進行しないという。その意味からも、職業能力開発は単なる作業指導ではなく、中学・高校での科学教育と類似するところが多い。したがって、作図に工夫を要する科学教育でのコースウェアの開発技法は、職業能力開発に対しても十分に参考となるろう。

「7. 情報処理教育」は、コンピュータについての教育で、コンピュータのしくみやプログラム言語が学習の対象となる。

「8. データ操作」は、主に教材データベースと文献データベースの2つで、操作の対象は、それぞれ教材、文献である。操作対象の性質に応じて、最適なデータベースの枠組

を構築することが重要な課題となる。

「8. 遠隔技術」は、よく知られているものにはたとえば通信教育がある。又、一大学がいくつかのキャンパスに分かれている場合は、授業情報の遠隔キャンパスへの伝送が行われたりする²⁰⁾。あるいは、アメリカでは、たとえばスタンフォード大学の大学院の授業を無線テレビでカリフォルニア大学の院生が受講するという例がよく知られている²¹⁾。一般に、アメリカではPLATOシステム²²⁾をはじめ、遠隔技術による教育システムが活発といえる。

「9. 教育環境」は、通常、教室（特にオープンスクール²³⁾）の設計など教師や学習者の周辺的环境整備を意味する。

「10. 実践研究」のあり方は、現実の問題として、教育システムを実践レベルで普及してゆくのに決定的な要因である。「実践」のあり方は、研究報告としてこそ少ないが、この重要性の認識は非常に高い。非公式な形で議論されることが多いので、図示のように欄外に記しておく。実践研究の進め方は、広義の教育評価の対象の一つと言えるかも知れない。

図2.4で、cの研究内容の各項目について、bの中のどの概念を多分に含むかを、表記のように太い矢印で示しておく。さらに、cの各項目に関連が深いと思われるその他の研究領域をdに示す。

さて、「職業訓練」は、次に述べるような特徴から、教育工学との連関がより具体化される。

第1の特徴は、職業訓練では作業的な内容が多いが、たとえば旋盤加工では、切削条件と切削加工の関係、トラブルとその原因など、因果関係が興味の対象の一つとなっており、この場合原因と結果を比較的明確に区別できることである。

第2の特徴は、計画性や段取り能力が評価の対象とされ、個々のステップ（要素）を一つの系列として明記しやすく、“評価”を各要素で構成しやすいことである。

第3の特徴は、第1の特徴での「原因と結果」や第2の特徴での「ステップ」が被訓練者の行動として比較的観測容易なことが多いことである。

このように、職業訓練では、系列化・構造化と要素の可測性がこれを特徴づける。そして一方、教育工学では、学習をシステムと見なしたり、評価の客観性、信頼性を重視することなどを考えると、「教育工学」と「職業訓練」との方法論的類似性さらには「職業訓練」への教育工学的アプローチに対して興味を起こさせるものがある。

以上、教育工学研究と職業能力開発との対応関係を、本報告書の前置きとして概略視したわけであるが、以下、2章ではコースウェアの設計要因を列記し、又3章ではコースウェア開発にかかわる作図の基本技術をのべることにしたい。

注

- 11) 「工学」が、本当に人間社会に寄与しているかどうかの多面的な評価
- 12) ある有機体を、互いに連関のあるいくつかの要素から構成されたものと見なしたとき、その有機体をシステムという。資料1のpp.237参照のこと。
- 13) 大月和彦：生涯職業能力開発の新たな展開；変化に対応する教育訓練、昭61年度全国職業促進大会より（於中野サンプラザ）
- 14) 例えば、当該のプログラムの設計思想、入出力パラメータなどを第3者が理解できるように一括記述したもの。
- 15) 例えば、日本教育工学雑誌；特集学校建築、Vol. 9、4/Vol. 10、1、1986
- 16) Flanders N.A. Interaction analysis and inservice training、Jour. of Exper. Educ. Vol. 37pp.126-132、1968
- 17) Bellack A.A. et al. The language of the classroom、Teacher College Press、1966
- 18) O'Sea T and Self J. 坂元昂監訳、人工知能による学習革命、ホルトサウンダース、1984
- 19) 何らかの問題意識の下に、学習者自らコンピュータを駆使して所望の解決を図ること。通常、プログラミングそのものも学習者自身が行い、卒業論文の作成などかなり高度の内容も含む。
- 20) たとえば、東京工業大学では、大岡山キャンパスと約30km離れた長津田キャンパスとの間を光ケーブルで接続し、講義の画像情報の伝送を行っている。
- 21) アメリカでは、他大学の講義を単位修得に組込めることが多い。
- 22) イリノイ大学が中心に開発した大規模なCAIシステム。
- 23) 長倉、上野、山崎、オープンスペースの適正密度を求める実験的研究、日本教工雑誌、Vol.9、4/Vol.10、1、pp.159-172、1986