

§ 4 “よい指導”の工学的視点

4.79 授業の工夫

授業とは, 教師が黒板とチョークを用いて生徒に説明するものとの見方があります。実際, 多くの授業はこのパターンをとりますが, これに対して, 多少手間がかかってもビデオ, スライド, OHPを用いて教材提示したり, 授業の途中で演習を行うなど, いくつかの工夫を行う教師もいます。このような工夫は, できるだけ授業内容をわかりやすく説明し, 学習効果を高めるようなよい授業を行いたいという教師の一つの姿勢を表わしているといえます。また, 授業分析や授業評価なども, 教育現場では仲々行なわれませんが, これは教師の発言をはじめとする教授行動にもとづいて授業を見直そうとする分析的な方法論であり, やはり授業改善を志向するものといえます。

4.80 “よさ”の基準 とは

しかし, これらを具体的レベルで行おうとすると, 目標としての“改善”とか“よい”とはどのような意味かが問題になります。非常に結論の出にくい問題ですが, “よさ”のある程度の基準がないと, 授業の客観的な評価法すら見つからないことにもなります。しかし, これは避けることのできない問題です。教授・学習をとり扱う心理や教育など, それなりの見方があるものと思いますが, ここでは, 皆さんには比較的ふれる機会の少ない「工学」をとりあげて, その視点で“よさ”の意味を考え, また教育評価などにもふれることにします。工学がなぜ教育にかかわり合いをもつか疑問を抱くと思いますが, 以下に順をおって述べていきます。

1. 工学の発達とその枠組

4.81 工学的産物

「工学」と聴けば, 恐らくテレビ, ラジオ, 新幹線といった電気製品, 機械製品を思い起こす人が多いでしょう。どれも日常生活の中でよく見るものですから当然のことですし, 事実, 皆工学的産物といえます。しかし, このような目に見える製品が工学的産物のすべてかとなると, やや問題が生じます。

4.82 銀行のオンライン システム

身近なところで, 銀行ではコンピュータの端末でマネーカードを用いて即座に預金の引きおろしができます。暗証番号があるので, カード紛失の事態が生じても安全性が保障され, 多くの人がそのコンピュータシステムの便利さを買ってカード利用しているわけです。しかし, それを仮に暗証番号を用いないコンピュータシステムに変更したとなると, 従前のような窓口の利用に変更する人が少なくないはずで, つまり, 同じコンピュータや端末装置を用いても, 預金管理の手続きが異なると, まるで利用価値がなくなることがあります。

4.83
ハードウェア
とソフト
ウェア
4.84
発見と発明

結局、手続きの良し悪しが、直接便利さに影響するといえます。最も便利のように工夫された手続きは、目には見えませんがやはり工学的産物であり、場合によってはかなり高度の数学的技法を含むこともあります。この手続きは、(入力の時系列とそのときの内部状態だけで出力の時系列と新たな内部状態を表現できるもので)、機械的手続きということもできます。これに対して、既述の目に見える工学的産物を機械(又はマシン)と呼びます。あるいは前者がソフトウェアで、後者がハードウェアといっても差しつかえありません。

4.85
手続きの開発

昔は、たしかに機械や道具の製作という職工的・技工的作業が工学のイメージであったといえます。“発見”は新しい自然現象・法則の確認であり、“発明”は自然法則を利用した新しい技術的思想を意味しますから、それぞれが理学、工学の一概念となり得たわけです。

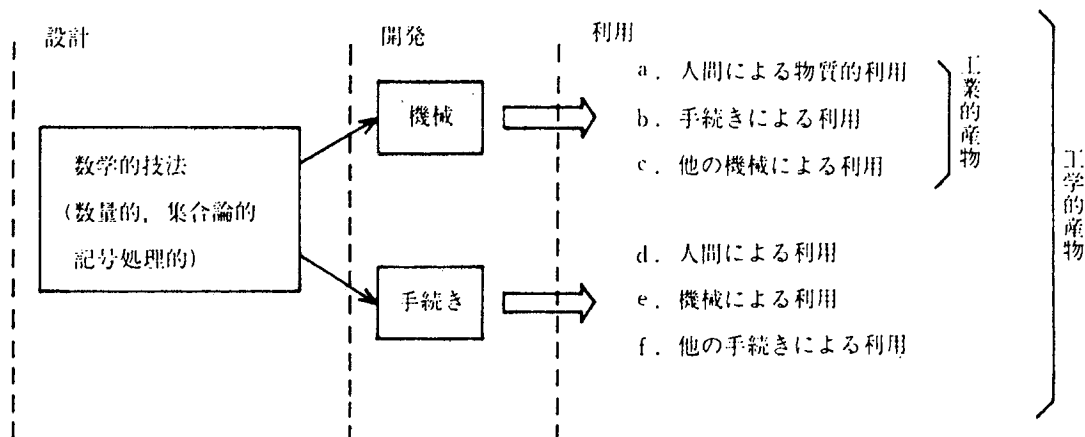
ところで、手続きの開発は、コンピュータの発達と歩調を合わせて興味の対象となった工学研究といってよいでしょう。その推進の動機は、歴史的には多国間の政治的な大きな出来事に強く依存したことも否定できません。その後のコンピュータの急激な発達で、各種の数学的技法が具体的に活用され、意思決定とが輸送ネットワークの問題解決などに利用されているわけです。

このように、今日の工学は、“発明”のほかに“開発”の概念をもつもので、「技術面で人間社会に実利的に貢献する研究領域」ととらえる方が適切といえます。以後工学的産物としての機械(マシン)を、特に工業的産物と呼ぶことにします。

4.86
工学研究の
枠組

図4.1に、工学研究の枠組を示します。機械の開発にあたっては、それが最大の機能を果たすように、また無駄が少ないように設計します。手続きの開発も同様です。ここに機械とは、大は新幹線から小はICまで様々です。一方手続きも、コンピュータのソフトウェアから紙面上に記載されたものまですべてを含みます。ところで、これらの工学的産物は、具体的にはa~fの形で利用できます。

図4.1. 工学の枠組



4.87
工業的産物
の利用

a. 機械の人間による利用——これは、生活や業務の中での製品の利用ということができ、たとえば工業的産物としての石油ファンヒータを日常生活に利用するなどに相

当します。

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“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建てられるなどの場合に相当します。

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という場合です。

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す。

e. 同じく機械による利用——石油ファンヒータ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す。

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す。

演習 4.1 上記 a～f に該当する例を、表記したものの以外でそれぞれ一つずつあげなさい。

4.88

マン・マシン
システム

特に d～f の説明から、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ありません。a と d は、工学的産物を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) と称されます。手続きはマシンそのものではありませんが、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てよいわけです。また、“人間によく適合する機械”という観点から、

4.89

マン・マシン
インターフェ
イス

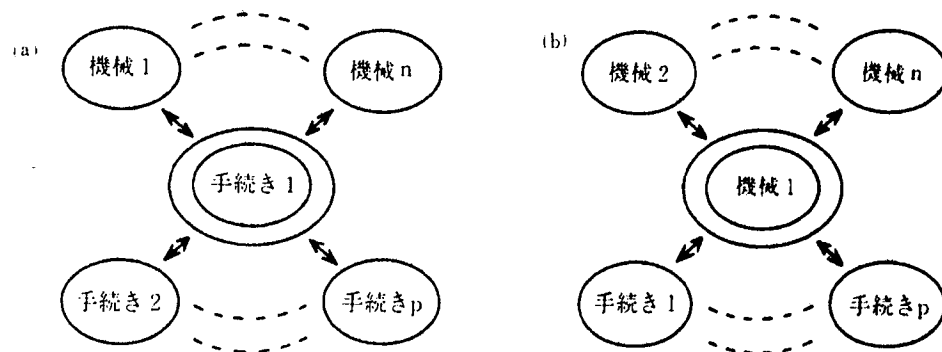
マン・マシンインターフェンスという用語も聞かれます。これに対して、他の b, c, e, f はマシン・マシンシステム (machine-to-machine system) と称されます。図

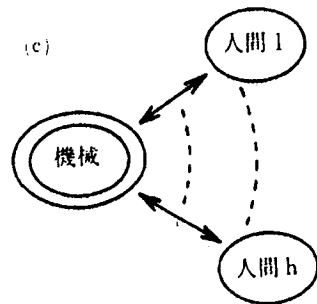
4.90

マシン・マシン
システム

4.2 (a), (b) にそれぞれ、手続きと機械がマシン・マシンレベルとで利用された場合の概念図を示します。又 (c) は、機械が直接人間に利用される場合で、後に詳述しますが、人間工学で機械対人間としてよくとりあげられる問題です。

図 4.2. 工学的産物の利用





4.91
手続きとは

以上の説明で、ここでのべている“手続き”の意味が大体わかると思いますが、改めて「所望の機能に関連するいくつかの単体を個々の特徴にもとづいて時系列的に組合せた論理」と定義します。以後の事例では、“手続き”をコンピュータプログラムと考えて下さい。

4.92
キャプテン
システム

次に、dつまり手続きを人間が利用する場合をもう少し詳しく調べてみます。図4.3を見て下さい。その利用範囲は、ア. 生活、イ. 業務、ウ. 教育の3つのモードがあげられます。ア. 生活では、現在のところ情報検索が主なサービス内容で、電電公社が最近開始したキャプテンシステムが代表例です。家庭でプッシュホンとテレビモニタを用いて、買い物、プレイガイド、飛行機の予約状況などを問い合わせることができます。イ. 業務では、単に情報を検索するよりも管理することが多く、手続きの中に記憶媒体に情報を格納したり、更新したりする機能が必ず含まれています。ウ. 教育もほぼイ. に準じます。

4.93
手続きの
最適化

いずれの場合も、手続きの開発ののちは、さらにその最適化を図るために、ふつう(1) 手続きの利用記録と(2) 利用者のアンケート採取の手段が用いられます。この情報から、再設計のため客観的基準を得るわけです。そして折角設計したけれども実際には殆ど使われなかった部分を削除したり、不足と思われる部分を細かに設計し直します。特に情報提示の待ち時間が長すぎるとか提示内容が簡単すぎるなどの問題は、主に利用者の意見で明確化されます。一般に人間を対象とする工学、特に実用化を直接の目標とするレベルでは、開発システムを実際に適用することによって、その効用を確認するというのが基本的な姿勢です。

図 4. 3. 工学的産物の人間利用

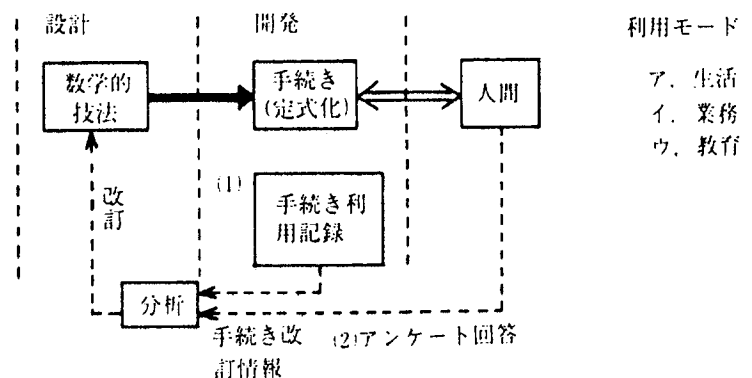


図4.3中の“数学的技法”とは、既述の意志決定モデル、ネットワーク解析のためのグラフ理論、計算幾何学、などの純数学的技法のほかに、当該のコンピュータに直結したソフトウェア技術をも多分に含みます。記憶容量、処理スピード、使用言語などが考慮されるわけです。銀行のオンラインシステムなど商品化されたものの場合は、システムダウン等非常事態をも考慮し、第1コンピュータが故障すると自動的に第2コンピュータが作動するといったバックアップが必ず実施されます。

2. 工学研究に必要とされるもの

工学研究は、ふつうどのような観点で行われるのでしょうか。とりあえずここでは、主にマシン・マシンレベルでその必要項目をのべることにします。

1. 有効性——その研究が、現在又は将来どのようなことに役立つのかということです。必ずしも、ただちに人間生活に直接役立てることを意味するものではありません。問題点を発見して人間社会の実利に結びつくような目標を設定し、研究成果が将来何らかの形で貢献する可能性があれば、有効性があるとされます。直ちには役立たないものとは、基礎研究の類のものです。

4.94
実利的目標
4.95
理学と工学

このように、工学では直接・間接に実利的目標をもつわけですが、これに対して理学たとえば物理では、現象の発見やその特徴解析に置かれる傾向にあります。このような見方の限りでは、結果として研究方法がかなり異なることになりませんが、最近はとり扱う内容が理学的で研究目標が工学的という場合もあります。地震の現象解析は理学（地学）の範ちゅうですが、地震対策まで考えると地震工学になります。遺伝法則は理学的（生物）内容ですが、遺伝子の組みかえによる品種改良となると遺伝子工学、生命工学になります。あるいは、集団としての人間の特質が社会科学の一分野とするなら都市計画などは社会工学になります。このように、人間社会に対して実利的な形で寄与するという含みをもつと、「工学的」になるわけです。

4.96
生産性

2. 実用性——有効性がいわば立て前として人間社会に役立つことを明記しているのに対して、実用性とは、現在又は近い将来、人間社会に直接役立つことを意味します。特に企業内での研究はこの項目が要求され、特許や実用新案でも独創性につづいてこの基準が重視されます。尚、製品の製作工程にかかわる研究では、“生産性”が実用性と同義に扱われることがあります。最近、工学全般において実用性が重視される傾向にあります。

4.97
SLと新幹線は
どちらが速いか

しかし、一口に実用化とか商品化とかいっても実際には仲々難しいものです。単に鉄道の最高スピードを競うだけなら、既にSL時代に新幹線をはるかにしのぐ記録を出しています。しかしその完走のちは、どこもかしこもベコベコで、もう2度と走ることはなかったといえます。一方、銀行のオンラインシステムの商品化は、200~300人のSE（システムエンジニア）が2年間も要するもので、ばく大な開発費を要します。作業内容は、前半がシステム設計、後半がプログラミングとデバッグ（プログラ

ムミスの修正)と考えてよいでしょう。特に人命にかかわる商品となると、安全性に相当の神経が払われます。

4.98
テクノロジー
アセスメント

ところで、科学技術が加速的に進歩する現今をみると、このままでは21世紀はいつたいどうなるのだろうかという不安をもつのも不思議ではありません。工学が大きく胎とうすれば、得する人間集団がいる一方損する集団も発生するとか、人間疎外になるのではないかという問題も生じ、これらはテクノロジーアセスメントとして問題解決にとり組みます。そこでは、工学だけでなく、行動科学、社会科学、人文など幅広い知見を必要とします。さらに、生命工学で人間に事が及ぶとなると、倫理的・法的问题もからんでくることになります。

4.99
複合領域の必要性

より身近な問題として、湖沼、川の汚染とか、ビル構築によるテレビ受信障害といった工業的発達に伴う弊害にとり組む分野もあります。環境××工学なるものがこれで、極めて現実的課題といえます。

このように、“実用性”は“現実的”と言いかえることもできますが、それと共に工学での課題が製品や手続きの開発にはとどまらないこともわかつて思います。さらに、多くの研究分野が合体したいわば複合的領域の必要性に気づくはずで

3. 独創性(新規性)——独創性や創造性がどうこうという議論がよくなされますが、その定義がはっきりしない限り、結論もあまりはっきりしないようです。ここでいう独創性とは、抽象的レベルでの用語でなく、その研究内容や方法が未発表又は既知の事実から容易に導き出されないものであるということです。いくら手間ひまかけても、同一のことが既に行われていれば、全く意味のないものとなります。工学研究の問題というより、常識的に考えてもわかつて思います。したがって、当該の研究を手がけるにあたっては、事前に同一研究がないかどうかを徹底的に調べることになります。特に、しのぎを削るような領域では、模倣と追い越されを恐れるあまり、研究発表自体とりさげるといった極端な例もあります。

4.100
特許でボロもう
けをする?

特許や実用新案での独創性は、むしろ新規性と呼ばれますが、やはり類似のことがいえ、出願の前に特許公報を血まなこになって調べます。2~3日に1冊の割で発行され、しかも分厚いもので、コンピュータでもぼう大な検索量となりますが、うまくいけばボロもうけができるからです。参考までですが、たまたま同一の願書が申請された場合、その新規性は、願書が郵送の場合は、消印の年月日と午前・午後(8-12,12-18)の区分けで争われます。

ここでのべた独創性は、一般的な工学研究にかかわるもので白黒がかなり明確な話ですが、独創性、創造性の問題を独自に扱う研究分野もあります。先とは別の観点で議論されることはいうまでもありません。

4.101
特許・実用新
案は研究か

4. 最適——では、工学研究と特許・実用新案とはどこが違うのでしょうか。それは、設計段階で最適化がなされているかどうかで決まります。特許は、新規性と実用性が審査官に把握されれば、特許すべきものと査定されます。これに対して工学研究では、仮に当該の工学的産物が独創的であっても最適化されていなければ、その分だけ低く評価されます。この項目があるために設計手段として細かな数式が度々用い

4.102

自動販売機の
購入

られるわけです。必要に応じて、製品のコストもこの計算の中にとり入れられます。

いま、ある会社が単一商品の自動販売機 A, B, C のいずれか一つをレンタル購入するものとします。月々のレンタル料は、それぞれ (A) 1 万円, (B) 2 万円, (C) 3 万円とします。又、その会社の立地条件では、月々の売り上げ個数は (A) 200 個, (B) 350 個, (C) 430 個が見込まれているものとします。商品は 1 個の仕入れ価格が 50 円, 販売価格が 150 円として、どの自動販売機を導入するのが最適か。この問題を解くために、月々の純益を G とすると次のように計算されます。

$$G = \text{個数} \times (\text{販売価格} - \text{仕入れ価格}) - \text{レンタル料}$$

$$A: G_A = 200 \times (150 - 50) - 10000 = 10000$$

$$B: G_B = 350 \times (150 - 50) - 20000 = 15000$$

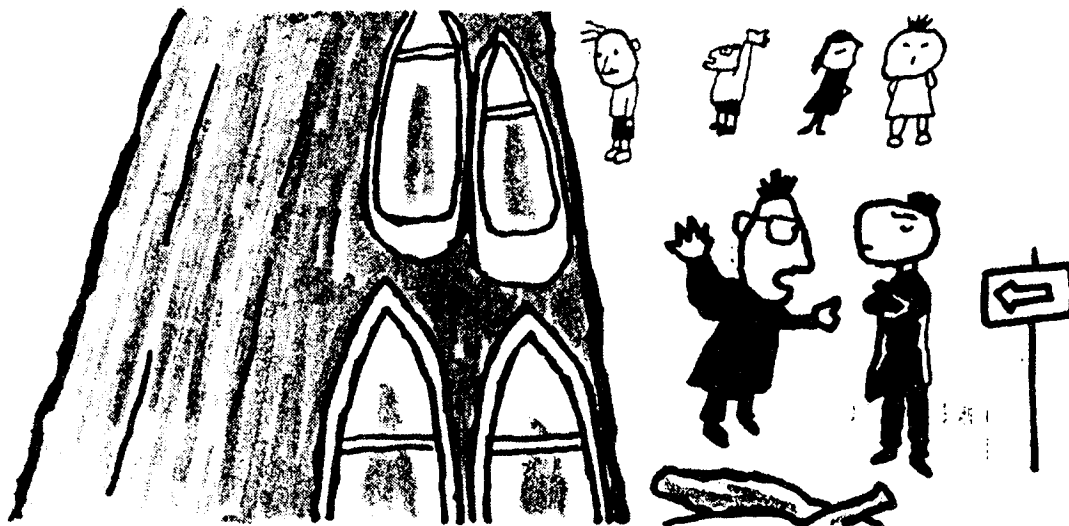
$$C: G_C = 430 \times (150 - 50) - 30000 = 13000$$

$G_A > 0$, $G_B > 0$, $G_C > 0$ であるからいずれも商売が成り立つが、 $G_B > G_C > G_A$ より、B を導入するのが最適ということになります。単純な課題なので、ふつうの数学の問題と何らかわりませんが、実際には仕入れ先、運送経路、意思決定など非常に多くの要因を入れて計算するので、そうすると最適という概念がより明確になります。

尚最適化が、同一入力（又は同一の労力）に対して出力を最大にするという観点に立つ場合は、効率という用語が使われることもあります。

演習 4.2 (渡川問題) 川の片岸に 4 隻の船 A, B, C, D があり、1 人の船頭で、これらをできるだけ短時間で向う岸にもってゆきたい。渡川時間は、行きも帰りも同じでそれぞれ、1, 2, 4, 8 時間とする。船は 1 度に 2 隻までつなげるが、その場合は、遅い方の船で渡川時間が決まるという。ある人は、この渡川手続きを次のように定め、16 時間で渡川が完了するようにした。

1. A と B をつないで渡川する…… 2 時間
2. A のみでもどってくる……… 1 時間
3. A と C をつないで渡川する…… 4 時間



4. Aのみでもどってくる……………1時間

5. AとDをつないで渡川する……8時間（合計16時間）

上記の手続きを最適化しなさい（正解：15時間）

5. 客観性——入力データとしての情報の質や議論の進め方を意味します。研究を進める場合、その前提から結論にいたるまで、できるだけ論理のあいまいさを低くしなければなりません。日常的な言語表現は、それなりのあいまいさを含むため、論旨が不明瞭にならない範囲で数学的表現が重視されます。

4.103

日常の言語表現
とあいまいさ

ところで、とり扱うデータがもともと数量化又は演算可能なように記号化された形式であれば、問題ないのですが、所望の処理対象が日常言語による表現形式のことがあります。この場合は、当該の事象を何らかの基準で客観データに置換する必要がありますが、その置換方法が不適切だと無意味な処理となってしまいます。いくら客観的ではあっても、当該の事象に縁のうすいデータでは、次項でのべる信頼性に影響してしまいます。特に人間関連学では、行動や思考にかかわるデータでこの問題に悩まされることが多く、また大いに頭をひねるところです。客観性を重視するあまり、一見冷やかなデータ処理と感ずることもままありますが、逆に言えば、工学ではそれだけ客観性を重視しているということです。

演習 4.3 次の a, b でどちらが工学的表現といえるか。

- a. A男さんもB子さんも金持ちだ。したがって、この2人がカップルになったら大金持ちだ。
- b. A男さんとB子さんの財産はそれぞれ100万円と200万円である。したがって、その2人がカップルになったら、その財産は300万円だ。

6. 信頼性——客観性と裏腹ですが、処理手続き、入力データ、研究の進め方の信頼性などがあげられます。処理手続きや研究の進め方は、それが数学的表現に依存するのであれば、信頼性の度合がより明確といえます。しかし、仮にそのような途中経過の信頼性が高くても、処理対象としての入力データの信頼性が低ければ、処理結果の信頼性は入力データの質で規定されてしまいます。

4.104

データ変換に伴う
情報の欠落

当該の事象がもともと客観データと見なせないときは、既述のようにデータ変換を行うため、情報の欠落を生じます。これは、マン・マシン個有の問題ともいえます。そのために工学では、処理結果としての出力からもとの事象の性質を推理する場合、よく「一つの目安」とか「一基準」などといった言い方をします。つまり情報の欠落がある限り、あまり強い結論は出せないという含みを持たせるわけです。

人間に関する“よさ”とか“うまさ”の測定は正にその典型で、入力データに客観

4.105

データの客観性
と信頼性は両立
するか

性を持たせようとする信頼性に問題を生じ、逆に信頼性を高めようすると客観性に問題を生じるので、研究内容との兼ね合いのうえで、適切な策を講じ、システム設計を行う必要があります。強いていえば、客観性をより重視し、信頼性は言語的に解釈を加えたり何らかの定量的表現をとるのが一般的です。

次は、研究の進め方の信頼性です。「AならばB、BならばC。したがってAならばC」とは、よく知られた3段論法です。しかし、それぞれの論理がどの程度の信頼性で当たっているのかをよく考えないと、とんだ論理の飛躍を生じます。

4.106

研究の進め方の
信頼性

因果関係があまりにも間接的でお話しにならないことのたとえに、「風が吹けば、おけ屋がもうかる」との古語があります。「風が吹けば、砂ぼこりが立つ。砂ぼこりが立てば、目にも入るので目をこする。すると、目を傷つけ、中には失明する人も出てくる。失明者がふえると、（江戸時代は三味線弾きになる人が多かったので）三味線がよく売れる。すると、（その材料には猫の皮を使うので）猫が減る。猫が減ると、ねずみがふえる。ねずみがふえると、（木製の）風呂おけがよくかじられる。おけがよくかじられると、おけの売れゆきがよくなる。したがっておけ屋がもうかる」という長ったらしい“論理”です

4.107

風が吹けば、
おけ屋がも
うかる？

一つ一つとりあげてみればわからないこともないですが、結論は全く馬鹿げたものです。これは極端な例ですが、一つの3段論法でもそれぞれの信頼性を考慮しないと、結論の信頼性が保障されません。よく相関係数などで、その度合が表現されます。この類の信頼性は、研究の本質にかかわることなので、特に慎重に検討しなければなりません。

7. 再現性——主に実験にかかわることですが、第3者が同一実験を行い同じ結果を出せるかどうかということです。このために、実験材料、実験条件・環境をすべて明記することが要求されます。そうすれば、再実験が可能となり、誤差の範囲内で同

風が吹けば、
おけ屋がもうかる



4.108
一過的現象

一の実験結果を確認できることになります。もしこれらの情報が不明確であると、再実験が困難となり、場合によっては研究そのものの真偽が問われるという重大な問題にも発展します。“一過性”は“再現性”と裏腹といえますが、一過的な現象は、たとえ何らかの効果が認められたにしても偶発的なものと見なされ、工学的には低く評価されます。再現性は、先の信頼性と共に工学研究の本質にかかわる重大な項目といえます。

4.109
人間関連学で
厄介な再現性

ところが、人間関連学で厄介なのはこの再現性です。人間が実験対象としてデータ採取されるわけですが、“同一人間は存在しない”ということです。生理データはまだよいのですが、特に心理データはアンケートとかテスト解答に頼ることになり、実験前に同一の“材料”を準備できないために、2つの異なった人間システムを別々に適用してもその2つの回答結果からシステムの比較ができないことになります。仮に同じ人間に時刻を変えて適用しようとしても、最初のシステムの適用によって学習がなされ、状態がかわってしまいます。

4.110
仮説の真偽

人間というものについて、「あるカテゴリーの中では、個々の状態はその平均からの誤差として表現できる」と考えるか、「どのようなカテゴリーをもってしても、一人一人を全く別のものとみなすべき」と考えるかで話が大きくかわりますが、いずれにしてもかなり大胆な仮説です。自然科学の場合は、仮説の真偽の証明が不可能な場合は、その研究に都合のよい仮説を採択して議論を進めるという方法がとられます。とはいっても、理論的に証明不可能とか、殆ど見込みのない特殊な場合に限られます。なぜなら、ある仮説のもとに手間をかけて論理を押し進めたとしても、誰かがその仮説が偽であることを証明してしまうとその瞬間に過去の研究が全て崩れ去ってしまうという危険を伴うからです。

4.111
人間のデータ

話を人間にもどしますが、実際問題としては、事前に当該の変数に関して特異と判断される人間を対象から除外して多数データ採取します。一方、幾通りかの前提が考えられる場合は、当該の前提が成立するような人間集団がすくなくないと断ってから、話を進めます。もちろん、それに関する事前研究があるか、若しくは多くの人がある前提を感覚的に納得するものに限りませんが、完全な再現性が不可能だけに、人間関連学では特に実験条件や実験中の観察結果を明記する必要があります。またそうすることによって、その研究が有効に活用されます。別の研究者が再実験したら、一方では効果あり、他方では効果が認められずということもあります。効果の測定法などが明記されていないと、水かけ論で終わってしまいます。

4.112
欠陥があれば
修正する

8. 一般性——研究課題自体があまりにも特定少数を対象にしているとか、採択した前提の現実性が少ないという場合は、一般性が問われることになります。基本的には、できるだけ広い範囲に貢献できることがのぞまれるのですが、必ずしも量的なものだけでは決めつけられません。事の重大さも考慮に入ります。身体障害者とかリハビリなどは、その意味において十分工学研究の対象となります。一般性に欠けると、その研究成果の被参照回数も少ないことになり、先の有効性の点でも問題を生じます。

9. 構築志向——これは工学研究の必要項目というより、研究態度とか取り組み方

とでもいった方がよいでしょう。それまでの知識をフルに活かして最善と思われるシステムを設計して、製作してみる。そして実際に使ってみて、よい部分は残し、問題のある部分は再度設計で再製作する、といった具合です。常に“構築”という方向で物事を考えるわけです。

4.113

批判的意見と 建設的意見

批判的意見は、建設的意見よりも易しいこととされています。工学研究に限りませんが、建設的意見はしばしば実用的なシステムの構築の原動力となるものです。皆さんも、将来の業務の中でできるだけ建設的意見をのべるように心がけて下さい。批判的意見のみや石橋を叩くのが趣味では、旧態依然としたカビ臭い体質が根をはるばかりです。

アメリカのあるエレクトロニクスの研究所の例ですが、他人の発想の批判は5分以内にとどめることというユニークな規定のあるところがあります。突拍子もない数多くの発想の中に、すばらしい発想がポツンと発生するものです。

3. 教育情報処理

先の図4.3で、開発手続きを教育情報処理システムとして書き改めたものを、図4.4(a)と図4.5に示します。図4.4(a)は、コンピュータ利用者が利用手続きを主体的に決定する場合です。利用者は教授者(又は主体的学習者)で、所望の学習データを検索・管理するなどします。学習者の立場で利用できるのは、かなり高年令で、学習中に自ら問題点を発見し検索内容を決定できる場合です。図4.5での利用者は学習者一般で、コンピュータには教材を提示したりテスト問題を与えて解答を処理するなどの手続き(コースウェア)が含まれます。以下、主だった部分のみ説明を加えておきます。

4.114

コースウェア

図4.4(a)の具体例を図(b)に示します。これは、小学4年から6年までの算数教材をそれぞれに高学力用、低学力用の2種類用意しておき、入力データとしての学力に対応して適切な教材を選択し、その情報を出力するという処理システムを表しています。ここでは、学力にかかわる変数として、4年生進学時に行なった共通学力テスト(算数)と各学年当初に行なった学力テストの素得点を用いています。これらは、既に数値化されたものですから、図(a)内のデータ変換は必要としません。処理は、a偏差値計算、b教育パラメータとしての対象学年に対応する処理手続きの呼出し、c教材の決定の3つから成っています。尚、図中の“fiの例”から手続きとしての関数は、高学年になるほど、共通学力テスト得点のウェイトを低くしていることがわかります。日常的言語表現は、cの処理結果をそのまま言い表したもので、この程度の表現なら従来のコンピュータの標準的出力で可能で、逆にいえば、教授者に直接把握されるほどの簡単な処理結果です。図(a)で「解釈・知見」は、処理システムの適用の結果として得られるものです。学力と適切な教材にかかわる信頼性は、利用者(教授者)にとって参考になる資料で、その面での知見などは、特に重要といえます。

4.115

スタディモ ジュール

4.116

情報の授受

次に図 (a) の中の「機械」は、コンピュータの例では考えにくいのですが、スタディモジュールで、学習の途中である教育機械の利用を指示するなどの場合に相当します。

図 4.5 が図 4.4 (a) と異なるのは、利用者が一般の学習者であるために情報の授受にある枠組が設けてあること、入力情報はコンピュータが直接処理できる形式であることなどです。入力情報は多くの場合、選択肢の数字入力で行われます。しかし最近では、後述のように日常言語をそのまま受け入れ解釈して処理するような知的なコンピュータもいろいろ研究されています。

4.117

KR について

情報の授受の順序は、表記の番号のとおりです。④の KR とは、Knowledge of Result の略で、解答処理結果を学習者自身に知らせるものの意です。つまり、正解の場合は「よくできました」とのほめ言葉を与えたり、誤答の場合は激励したり叱るなど、教授者サイドの意思を学習者に伝達するということです。

図 4.4. 教育情報処理 1

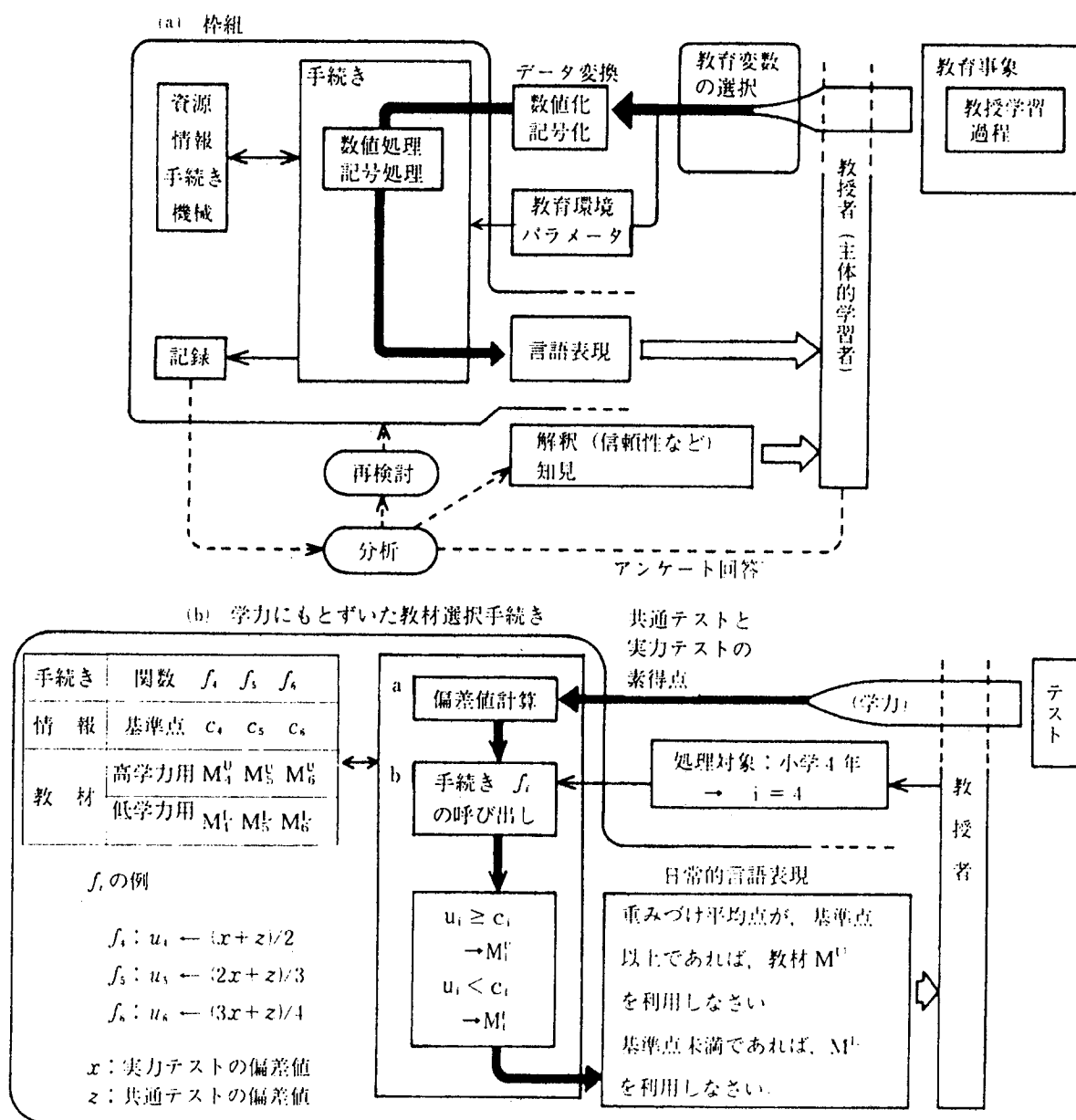
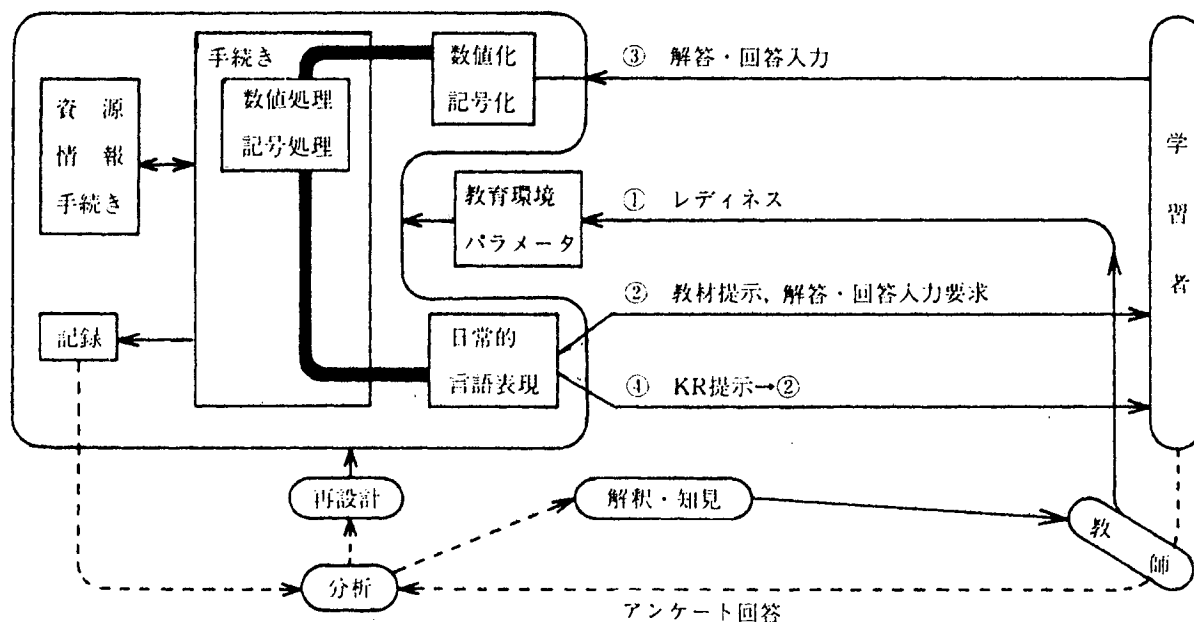


図 4.5. 教育情報処理 2



4. 教育工学の定義と関連領域について

4.118
教育方法の
改善

教育工学は、先にのべた複合領域の一つです。色々な分野の人がかかわっていますから、問題点の認識をはじめ研究方法にはある程度の相違があります。ある出身者は「効果」とかコンピュータそのものに興味をもちまた別の出身者は「最適」、「客観性」や数学的技法を重視するといった具合です。しかし、教育工学で多くの人が共通して感じているのは、机上の抽象的理論による教育方法は、教育現場にそれほど役立っていないのではないかという疑問点です。どのような教育方法を考案するにしても、それを具体的レベルで論じ、特に実用化を直接の目的とする場合には、実際に適用した結果から、その効用を測定する必要があるということです。教育方法が改善されればよいわけですから、もしある工学的産物を教育媒体として授業に持ち込んで、結果として良しと評価されれば、一応教育的価値があったと判断されます。このようなわけで、各人の領域こそまちまちですが、「実践」が教育工学の大きな共通概念になっているし、工学的産物にも大いに興味をもつことになります。

4.119
結果よければ
すべて良し？

ところで先の図4.4のモデルでは、コンピュータ利用という前提で話をすすめましたが、紙上の手続きであっても、勿論研究の対象となります。いずれにしても必要に応じて高性能の製品や数学的技法を用いて納得のゆく手続きを開発しようとするのはごく自然の成りゆきで、全体としてはやはり技術志向の傾向にあるといえます。

4.120
技術志向

教育工学についていろいろな定義が考えられますが、ここでは一工学的視点として狭義（注）に「技術志向による教育関連事象・資源・情報の処理手続きの開発」としておきましょう。ここに、事象・資源・情報は、主に教授学習にかかわるものとし、また技術とは電子・機械技術、情報処理技術、数学的技法などを指すものとします。具体的開発事項としては、次の3つが挙げられます。

- (1) 手続きの開発
- (2) 教育データ・パラメータの処遇
- (3) 処理システムの特徴析出と評価

(1)～(3)のどこに重点をおくかは、研究内容、研究者個人によってまちまちです。教授行動研究では、教育パラメータとしての行動カテゴリーの処遇が今日の重要課題とされています。教材教具の開発では、当該の教育事象あるいはその頻度の情報から教育的に重要なポイントを設定し、種々の教育的要因を設計の中にとり入れる手順つまり開発の手続きが重要になります。また、開発された教具を授業の中にとり入れて実用化しようとする研究では、一般性という意味で特徴析出や評価結果を明記する必要があるし、教具をどの学習過程のどの段階でどの順序で使用するかといった、教具の処遇手続きが重要になります。あるいは、コンピュータによる学習システムや教育情報処理システムの開発では、教育データ・パラメータの処遇や学習効果を高めるような処理手続きの最適化が重視されます。

4.121

教育工学とコンピュータ

最近、パソコンが安価に手に入りハード機能、ソフト機能共飛躍的に向上とため、教育工学関連の研究室は殆どパソコンを保有しています。そのためか、教育工学がコンピュータと同義に扱われてしまうことがあります。しかし、××教育関連機関にコンピュータが入ったから教育工学が始まったなどたまに耳にしますが、ただ導入しただけとか既存のプログラムにデータを入れたり出したりしているだけでは、石油ファンヒータをつけたり消したりするのと似たような話になってしまいます。所望の目的を達成するための必要かつ十分な手順を、論理的に客観的に示してこそ、まとまった研究になるものです。

4.122

既存のプログラムの利用

しかしこれは、既存のプログラムの利用を否定するものではなく、むしろ教育方法改善という点で推奨すべきものといえます。まず、市販や借用のプログラムを利用すれば労力的に楽であり、多忙な教育現場にとっては非常に助かるものです。決まり切った処理は、既存プログラムに任せればいいわけです。そのうちに、どのような処理がコンピュータでできるのか、身の回りでコンピュータに任せられることはないかなどの課題発見につながります。それと共に、各個の要求に適切に応答するようなプログラムの必要性を感じるようになります。実際にプログラミングを行えば、その作業が

(注) 広義には、教育工学は、第1に教育の工学化を図る研究である。工学化された教育とは、工学的手続きを拠り所とする教育を意味する。ここに工学的手続きは、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・情報の工学的処遇を図る手続きであり、かつ具体性をもつ手続きである。

第2に、工学的思考法の育成を目指す研究である。ここに工学的思考法は、a) 弁別力、b) 構成力、c) 評価・選別力およびd) 推理力の4つにかかわるものとする。すなわち、工学的手段を用いてa) 複数の単体の特徴から各個を弁別する技能であり、b) いくつかの単体を組み合わせて所望の複合体を構成する技能であり、c) 単体や複合体を評価したり所望のものを選別し不要なものを排除する技能であり、d) ある事実又は推理結果から新たな事実を推理する技能である。特に選別力は、当該の問題解決で、工学的思考法そのものの適用の是非にかかわる選別も含む。(尚、コンピュータは工学的思考法の育成のための有用な道具の一つになり得る)

第3に、上記の研究の推進に寄与する基礎研究を行う。

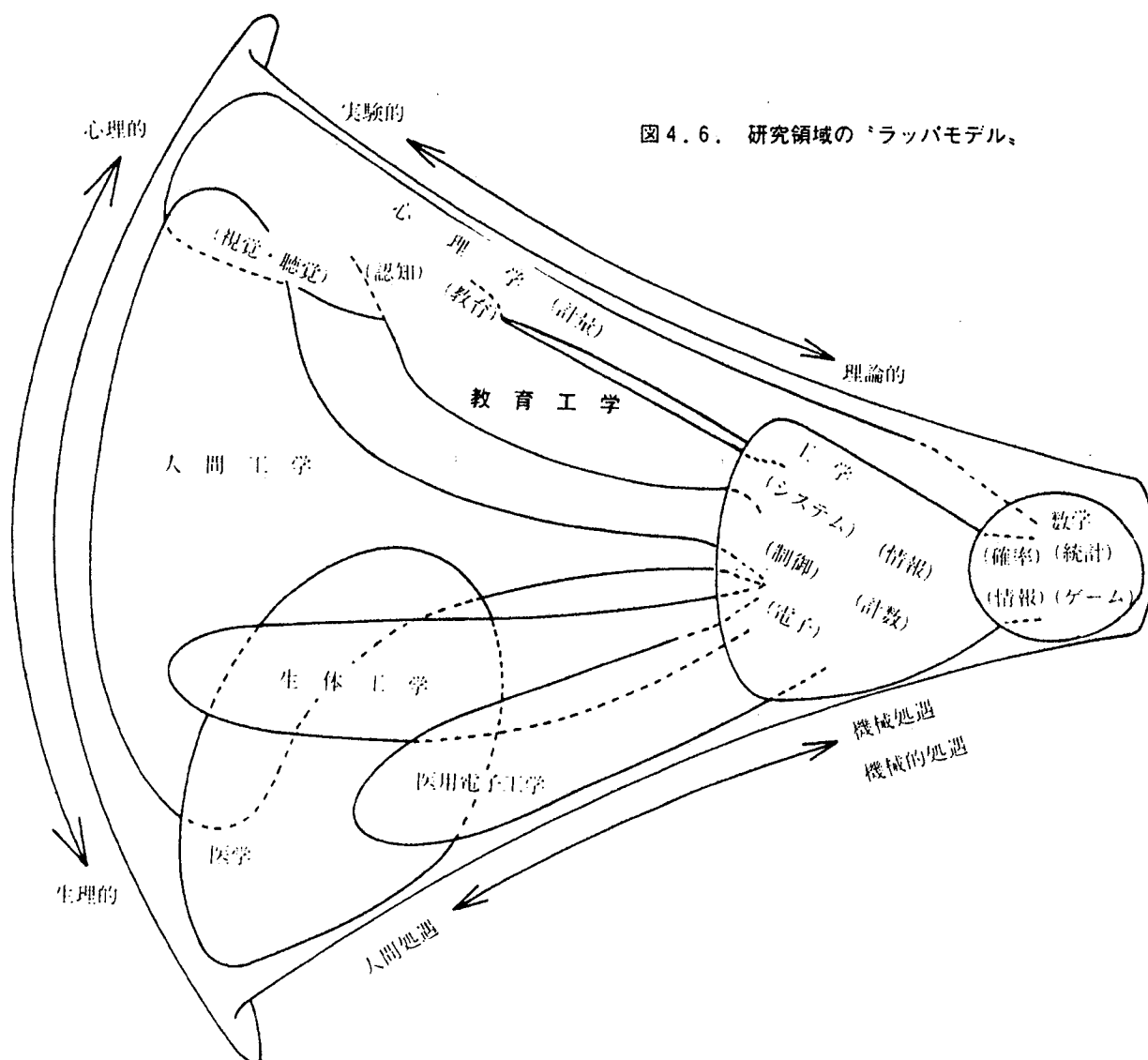
これら3種類の研究に共通して、工学的とは、有効性、実用性、独創性、最適、客観性、信頼性、再現性、一般性のほか構築志向の8～9の概念で特徴づけられるものとする。

思ったより易しいものか難しいものかがわかり、日頃の業務の中でどの程度のことができそうかがつかめます。このような形が進行すればやがては教育現場に密着した教育工学研究につながってゆくことが期待されるわけです

教育工学が複合領域の一つであることは、既にのべました。そこで、これに関連した研究領域を図4.6に示してみます。これは、理論的－実験的、心理的－生理的、人間処遇－機械・機械的処遇の3つの尺度で表現できる領域の関係を示したもので、“ラッパモデル”と呼んでおきましょう。たとえば数学は、理論的で（数や情報の）機械的処遇を行う領域の典型であると共に、心理的－生理的という概念からはほど遠い領域であることを表現しています。これに対して人間工学は、実験的で人間を対象し、しかも心理的－生理的の概念を多分に含む領域といえます。また工学は、数学と関連が深い一方、様々な領域から利用されていることがわかります。

4.123

ラッパモデル



又, 教育工学と生体・医用電子工学とが, 心理的－生理的の尺度に関して対照的に位置していることもわかります。

演習 4.4 ミラッパモデル、の中に、芸術や教育が位置づけられるかどうか考察しなさい。もし位置づけができないときは、新たにどの尺度をどの位置・方向に設定したらよいか。(言語的－非言語的の尺度をヒントにしてはどうか)

4.124
人間工学
について

4.125
ラフボロー工
科大学

人間工学について、もう少し述べておきましょう。効率的な飛行訓練を目的としたフライトシミュレータの設計から、妊婦の体型変化と経済的服装の関係調査にいたるまで、ありとあらゆるものをとり扱う領域で、正に超多角経営の感があります。歴史的には、ラフボロー工科大学の人間工学のカリキュラム調査を参考にして、昭和42年人間工学カリキュラム検討委員会が設定され、43年に報告書が提出されています。したがって、わが国ではこの頃にその体系が築かれたと言えます。人間工学は、scienceの演繹の結果として生じ、機械文明の発展に伴って生じた必要性によって盛り上がったものです。よく“作業環境の向上”がその研究の引き合いに出されるので、やや企業ベースとか機械のための人間とのイメージを抱きがちですが、家庭内災害、地震対策、スポーツ、リハビリ、騒音、都市環境なども多く扱い、むしろ人間の為の環境整備というイメージの方が強いといえます。

演習 4.5 Technology は科学技術, Engineering は工学, 機械技術, Industryは工業, 産業などと訳されます。これらを辞書で確認しなさい。又, Technology, Engineering と Skill とは、どのような概念の相違があるか。

5. 工学的評価尺度とシステム評価など

[工学的価値と評価基準]

4.126
工学的価値基準

教育機関で行われる教育工学について考えてみます。先に、工学研究の必要項目として、1. 有効性, 2. 実用性, 3. 独創性, 4. 最適, 5. 客観性, 6. 信頼性, 7. 再現性, 8. 一般性の8つをあげました。しかし、数が多いので、より大きなカテゴリーとして、Ⅰ. 効用(利得), Ⅱ. 説得性(論拠), Ⅲ. 目的意識(問題意識)の3つを選定しました。これを、表4.1と図4.7(a)に示します。つまり、当該の教育システムに関して、それ

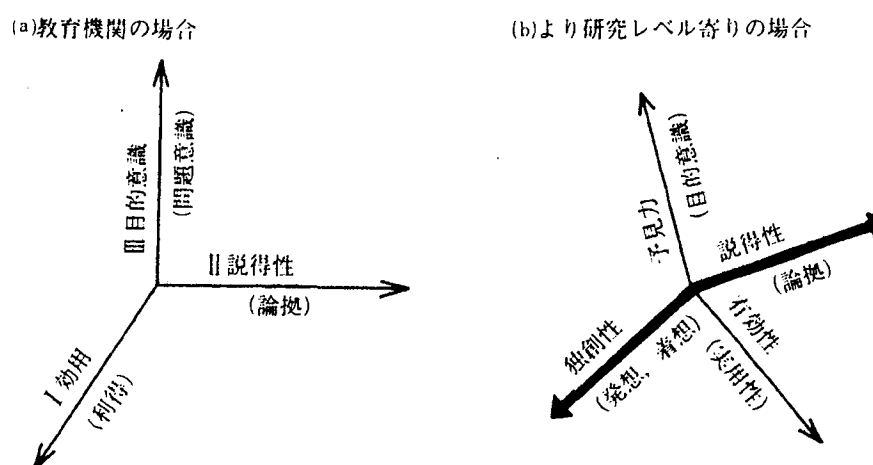
を開発するにあたっての目的意識の高さ，教育システムの効用，そして効用の確認方法やシステム開発の手順の説得力の強さの3つで，工学的価値を規定するわけです。

表中，有効性，一般性，汎用性，独創性などはあえて参考的項目としてかっこ書きし

表 4.1. 工学的評価尺度のカテゴリー化

カテゴリー	基準
I 効用（利得）	実用性，最適，生産性，効率（有効性）
II 説得性（論拠）	客観性，信頼性，再現性
III 目的意識 （問題意識）	重要性，必要性，緊急性，（一般性）， （汎用性）（独創性）（構築志向）

図 4.7. 教育工学研究の推進基準



てあります。つまり教育機関では，担当の学年，組あるいはその中の特定の学力の児童・生徒のための指導方法や教材などを開発することが少なくなく，有効性や一般性よりも実用性，生産性の方が現実的な要件と思われるからです。一方独創性は，元来目的意識とか問題意識とは別の項目です。しかし既存の教育システムを，特定の学習者グループを意識してそれに適合するように改訂し，それなりの効用が認められれば，一つの事例研究と考えることができます。つまり，個々の教育現場を考慮したそのような創意工夫は，目的意識の把握の具体的成果といえます。また事例研究結果は，逆にシステム設計者にとって重要な研究情報になります。これに対してどの学校にも共通して活用できるようなシステム開発を目ざすときは，通常の工学と同様に，独創性（新規性），一般性などが必要になります。より研究レベル寄りの場合の推進基準の一例を図4.7 (b) に示しますが，本書の目的からやや離れるので詳細は省略します。

次に，実用性について具体的評価基準をのべることにします。ここに実用性の高さとは，数量的表現は仲々困難ですが，一応，当該の教育システムの適用で学習者又は教師が受ける利得の大きさ（又は損失の少なさ）と同義に扱います。実際上の問題と

4.127 事例研究

4.128 教師と学習者の利得

して、学習者と教師の利得が相反することがあります。多人数教育の方式では、教師には負担がかからないが対応できない学習者は個別指導してほしいという要求を持ち、逆に個別指導に徹すると教師の手間がかかりすぎるといった具合です。簡単には結論の出せない問題ですが、これを含めた評価項目の例をその優先順位を含めて表4.2に示します。

4.129 学力面と情意面は、共に最高の優先順位です。つまり、教育システムの適用の結果、評価項目の優先順位と評価法 学力面と情意面の少なくとも一方が向上すれば、そのシステムは従来の方法より効用ありと評価されます。これに対して、学力面と情意面のうち片方が向上し片方が悪化したという場合は、この限りでは何とも言えないことになります。

表4.2. 評価項目と優先順位など (坂元昂氏のモデルを翻案したもの)

優先順位	評価項目	評価用具など
1	学力面	テスト (アンケート)
1	情意面	アンケート (GSR)
3	交流面	アンケート
3.1	学習者—学習者	授業記録
3.1	教師—学習者	
4	時間面	授業記録・
4.1	学習時間 (学習効率)	又は 実 測
4.2	授業準備時間・負担 指導時間 (指導効率)	
5	経費面 (経済性)	金 額

次に“学力”が向上し“交流”が悪化したという場合は、その優先順位の比較から、一応効用ありと評価されます。そしてその場合の“交流”は、別途解決策を構ずることになります。逆に“交流”は向上したが“学力”が悪化した場合は、従前の方法より効用が小と見なされ、この教育システムはとり下げることになります。

尚、同一の優先順位の2つの項目において同じと評価されるか、あるいは、ある項目が当該の教育システムに直接関連しない場合は、その次の優先順位の項目で比較します。

演習4.6 教材開発にかかわるコンピュータシステムの評価は、表4.2のどの項目で比較すべきか、考察しなさい。

[システム評価]

教育評価には、学習評価と授業評価（又は指導評価）があります。授業は、実際には教師、指導方式、教育メディアなどいくつかの教育的要因で構成されていますが、授業評価は実際上は教授行動の評価とか教師－学習者間の言語相互作用の上での評価とほぼ同義に使われるようです。

次に、授業をいくつかの教育的要因で構成されたものと見なし、その中の特定の要因を評価することを考えてみます。この場合、当該の評価が可能なように要因を意図的に構成して授業を行うことになります。先の授業評価と区別して、これを特にシステム評価と呼ぶことにします。まず、授業Sを次のように表記します。

だれが、だれを対象として、何を、どのような方式で、どの教育環境で、指導				
T	L	C	M	E
するのか。				

Sは、 $S(T, L, C, M, E)$ と表記されます。ここに各変数（教育変数）は、教育的要因を示します。

$T : T = \{T_1, \dots, T_i, \dots, T_l\}$ ——教師（1）

$L : L = \{L_1, \dots, L_j, \dots, L_d\}$ ——学習者（2）

$C : C = \{C_1, \dots, C_k, \dots, C_n\}$ ——指導内容（3）

$M : M = \{M_1, \dots, M_i, \dots, M_l\}$ ——指導方式（4）

$E : E = \{E_1, \dots, E_m, \dots, E_n\}$ ——教育環境（5）

(1)～(5)は、それぞれ教師、学習者、指導内容、指導方式（学習形態、教育メディアなど）、教育環境の集合を示します。また、上式の {} 内を要素と呼びます。このうち、(2)の各要素は一斉授業では学習者グループと考えて下さい。教育環境Eとは、普通教室、実験教室などの区別を示します。

次に、授業の評価点を $p(T, L, C, M, E)$ としますが、以後特に差しつかえない限り関係ある教育変数のみで p を表記します。なお評価用具は、個々のケースに応じて表4.2の中から選択します。具体的な評価事項は、これ以上一般的な表現はできませんが、序列尺度、間隔尺度、比例尺度のいずれかを基本とします。

< 途 中 略 >

4.130
またまた話
は脱線して

話がまた脱線しますが、ある教育方法を考案し、その実施の直後にアンケートなどで評価しようとする、「教育評価などそうすぐにできるものではない。真の教育的価値は、その人が棺桶に足を入れるときにはじめてわかるものだ」という人がいます。なるほど、真に価値あるものは普遍的なり、との見方もありますが、これに対してある工学者は次のように反論します。

ある人が、子供の時分に教育方法Mを受けたとします。その後70年ぐらい経過したとき、突然交通事故で死亡したものとします。しかしその直前に、たまたま子供の時に受けたものと全く同じ教育方法Mが、すぐれた先生によってうまく使われるのを

4.131

人間が棺桶に
足を入れる時

観察していたとすると、アンケートでは恐らく昔の教育方法Mに対して高い評価点を与える傾向があると思います。逆に、たまたまへたな先生によってへたに使われるのを観察しながら息をひきとったとすると、低く評価する傾向があるはずです。どちらが正しい評価かといえば、どちらも正しい評価とはいえません。このように、棺桶に足を入れる時でも、真の評価はできないことになります。

4.132

“直前の効果”

つまり、子供の時分のことなど完全に忘れていうえに、アンケート直前の不要な状況に左右されてしまうわけです。逆にいえば、記憶が最も新しいうちに評価することが望ましく、結局当該の教育方法の直後にアンケートをとるのが信頼性の点で最適といえます。例外的に、教育実習の評価のように実施期間が数週間に及ぶ場合は、先の“直前の影響”を防ぐために、あえて1~2週間ぐらい間をあけることもあります。しかし、忘れてしまっただけは何にもなりませんから、遅くとも4週間以内にされた方がよいでしょう。

これに対して、ある教育方法の実践で、それが将来どのように活かされたかを追跡調査するとなると、直接的な発問形式のアンケートでは手こずります。ケース・バイ・ケースですが、信頼性の点で行動科学的なデータ採取法が、検討の対象になります。

b.n個 ($n \geq 3$) の要素の比較

「2つの比較」を応用したリーグ式順位決定法というのがあります。囲碁や将棋の対局でもこの方式を用います。いま、一変数内の“対局”するn個の要素を $N_1, \dots, N_n$ 、それ以外の変数を固定したn個の授業をそれぞれ、 $S_1, \dots, S_n$ とします。そして、表4.5の $n \times n$ マトリクスの要素 (i, j) を次のように定めます。

$p(N_i) > p(N_j)$ のとき $(i, j) \leftarrow 1, (j, i) \leftarrow 0$

$p(N_i) \simeq p(N_j)$ のとき $(i, j) \leftarrow 0.5, (j, i) \leftarrow 0.5$

そして、各行の総計を最右列に求め、改めて各授業の評価点とします。その大小関係で、要素を序列化するわけです。

表 4.5. n 個の要素の比較

	N_1	N_2		N_n	総計
N_1					
N_2					
N_n					

演習 4.7 右表の得点に関して N_1, N_2, N_3, N_4 の順位を求めなさい。

	N_1	N_2	N_3	N_4	総計
N_1		0	0.5	1	
N_2	1		0	0	
N_3	0.5	1		0.5	
N_4	0	1	0.5		

[シンプソンのパラドクス]

2つの教育方法の比較に関連して、シンプソンのパラドクスを紹介しておきます。表4.6 (a) は、ある薬の効用に関して、投薬したグループAと投薬しなかったグループ $\bar{A}$ がそれぞれ病気回復したか(R)しなかったか($\bar{R}$)を調べたものです。マトリクス内の要素が、頻度すなわち人数を示しています。いま治癒率をPであらわし、投薬者に対する治癒率を P_A などと表記します。同表より、 $P_A=20/40=0.5$ 、 $P_{\bar{A}}=16/40=0.4$ となり、 $P_A > P_{\bar{A}}$ より薬の効用有りと判断されます。

表4.6. シンプソンのパラドクス

(a) 全体集計

	R	$\bar{R}$	計
A	20	20	40
$\bar{A}$	16	24	40
計	36	44	80

A：投薬グループ

R：回復グループ

$\bar{A}$ ：非投薬グループ

$\bar{R}$ ：非回復グループ

(b) 部分集計

男	R_M	$\bar{R}_M$	計
A_M	18	12	30
$\bar{A}_M$	7	3	10
計	25	15	40

女	R_F	$\bar{R}_F$	計
A_F	2	8	10
$\bar{A}_F$	9	21	30
計	11	29	40

一方、同表(b)は(a)を男女別に集計し直したものです。まず、男(M)の場合は、 $P_A^M=18/30=0.6$ 、 $P_{\bar{A}}^M=7/10=0.7$ となり、 $P_A^M < P_{\bar{A}}^M$ で薬の効用なしと判断されます。また女(F)の場合は、 $P_A^F=2/10=0.2$ 、 $P_{\bar{A}}^F=9/30=0.3$ でやはり $P_A^F < P_{\bar{A}}^F$ 、つまり薬の効用が認められません。全体で評価したら“薬の効用あり”であったのに、分類したらいづれも“薬の効用なし”となったわけで、一種のパラドクスといえます。この現象を防ぐのに、主に次の4つが指摘されています。

- (1) 当該の2つの因果関係に関して、第3の大きな要因がないこと
- (2) 情報の質を高めること
- (3) なるべく多くの要因の入れて評価すること
- (4) サンプル数に偏りがいないこと

[階層的評価]

学習評価に関することですが、テストで最終的な解答を出すに到るまでの過程を細分化し、構造化する手続きは、Gagné が四則演算の例で示しています。階層的評価は、この手続きの下に学習者がどこでつまづいたかを診断し、適切な指導を行うことを目的としています。形成的評価を一つのテスト問題内でとらえたものとの見方も

できますが、実際問題としては評価者にはかなりの手間を要することで、コンピュータの利用の下にいくつかの試みがなされています。

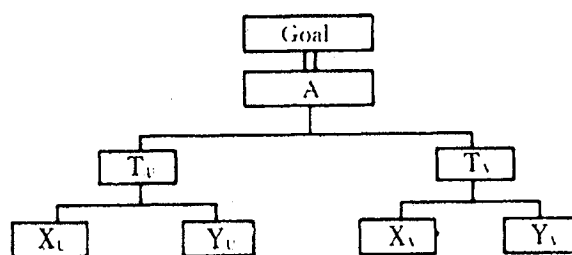
いま、2桁の概算 $PQ \times UV$ を考えると、解答までの過程は表4.7のようになります。ここで、 $\oplus$ は桁を考慮した加算を示します。この過程から、その階層構造に図4.7のようになります。逆に、構造化テスト問題の実施によって、誤答の際の診断ポイントが明確になります。さらに、各マスの解答をコンピュータ入力すれば、いわゆる自動診断が可能になります。尚、階層的評価の主な特徴は、次のとおりです。

- ・ 誤答の場合は、その原因がわかるので適切な指導ができる。
- ・ コンピュータによる自動診断ができる。
- ・ 評価法を考慮したテスト構造にする必要があるので、テスト制作の手間がかかる
- ・ 解答手順が定まるので、誘導型解答につながることもある。

表 4.7. 2 桁の掛算

XY	
$\times$ UV	
Y _v	$Y \times V$
X _v	$X \times V$
T _v	$Y_v \oplus X_v$
Y _u	$Y \times U$
X _u	$X \times U$
T _u	$Y_u \oplus X_u$
A	$T_u \oplus T_v$

図 4.7. 2 桁の掛算のテスト構造



演習 4.8 一学習者が次の解答を行なったとき、下記の中で最も適切と思われる診断はどれか、一つ挙げなさい。(誤答のテスト問題だけにとらわれないこと)

(1) $\begin{array}{r} 32 \\ \times 81 \\ \hline 3042 \end{array}$ (誤)	(2) $\begin{array}{r} 48 \\ \times 31 \\ \hline 1488 \end{array}$ (正)	(3) $\begin{array}{r} 43 \\ \times 61 \\ \hline 2623 \end{array}$ (正)	(4) $\begin{array}{r} 95 \\ \times 35 \\ \hline 3325 \end{array}$ (正)	(5) $\begin{array}{r} 83 \\ \times 32 \\ \hline 2656 \end{array}$ (正)
(6) $\begin{array}{r} 52 \\ \times 66 \\ \hline 3531 \end{array}$ (誤)	(7) $\begin{array}{r} 25 \\ \times 36 \\ \hline 990 \end{array}$ (誤)	(8) $\begin{array}{r} 36 \\ \times 26 \\ \hline 936 \end{array}$ (誤)	(9) $\begin{array}{r} 12 \\ \times 76 \\ \hline 1191 \end{array}$ (誤)	

(1), (6), (7), (9)の正解はそれぞれ、2592, 3432, 900, 912である)

1. 2 が含まれる掛算の学習が必要
2. $\square \times 2$ の掛算の学習が必要
3. $2 \times \square$ の掛算の学習が必要
4. 2×6 の掛算の学習が必要

[システムとは何か]

4.133

分析的方法論
の出発点

“システム”は工学での専門用語であると同時に、日常一般によくきかれる用語です。使用範囲が広いのでやや漠然とした感がありますが、「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の、その有機体」を指してシステムといいます。ここに連関とは、(1) 情報授受、(2) 物理・化学的連関および(3) 概念的連関があります。いずれの場合も、“有機体”の一つのとらえ方であり、当該の問題解決のための分析的方法論の出発点になります。一つのとらえ方です

4.134

システムの思考

から、システムの思考などの言葉も存在することになります。思考の目的に応じて、要素のとらえ方や連関の意味も異なり、部分システムも考えられるわけです。人間の肉体を、骨格面でとらえれば物理的連関システムになり、神経構造面では情報システムになり、細胞組織的に見れば生化学的連関システムになるといった具合です。各要素は、それなりに独立したものですが、その有機体の構成の中にあっては、その目的に沿うように機能します。そして、最小の努力で最大の恩恵を被るように構成の最適化が図られます。教授学習でもできるだけ不要な無駄を少なくし、教育効果を高めることが必要とされていますから、教育のシステムの思考が一つの課題になります。つまりこれは、教育メディアを含む各種の教育的要因の最適な構成を図るもので、教育方法改善のための合理的な攻究法といえます。

6. 知識工学とこれからのコンピュータ

4.135

知識情報処理

コンピュータは、現在、人間が不得手とする作業あるいは単純な作業を代行する活用モードと、学習を伴う人間的思考活動を模倣する活用モードの相反する2つの方向があります。

前者は最も一般的な使用方法で、数値演算や情報記憶・授受を高速かつ正確に行うという特長を活かします。後者では、人工知能に類するもので、人間に医者、法律家、教育者などの専門分野が存在するのと同じように、コンピュータにも特定の領域の知識に精通したものを作りあげるので、このようなソフトウェアを、一般にエキスパートシステムと呼びます。人間の知的な活動を模倣しようとするのが第5世代コンピュータ(表4.8)の概念で、知識工学とか知識情報処理などといわれます。(コンピュータは、日本語では電子計算機、中国語では電腦と訳されますが、偶然か、各訳語がそれぞれの活用モードを表現しているといえそうです)

4.136

エキスパート
システム

表4.8. コンピュータの世代

世代	概念
1	真空管
2	トランジスタ
3	IC
4	LSI, 超LSI
5	知識ベース 並列処理
6	音声処理・応答?

4.137

意味ネット

この場合知識とは、特定の用語としてではなく、「もし～ならば、～である」というプロダクション・ルールとして記憶されています。またその知識自体、学習によって蓄積されてゆきます。実際、私達がある人を指して「あの人はよく知っている」というとき、用語のことのほかに、適格な状況判断ができるの意にも多分に用います。そしてコンピュータは、その時々状況に対応して、どのルールを用いるのが適切かを推論して結論を出すわけです。また情報は、それに付随した概念と共に蓄積され、概念と概念を連結した意味ネットを形成しています。

4.138

沖縄県の
経度は？

例として、沖縄は“県”という概念であり、“県”の上位概念を“国”とします。“県”は“人口”、“隣接県”“隣接海域”のみに関してそれぞれデータが記載されているものとします。また“国(=日本)”は、“人口(=約1億)”、“緯度(=北緯35°)”、“経度(=東経135°)”などのデータをもつものとします。このような意味ネットに対して、「沖縄の経度を教えてください」とコンピュータにたずねたとします。するとコンピュータは、沖縄が“県”の概念であることを調べ、“経度”の情報をもっていないことを知ります。そこで“県”の上位概念である“国”を調べて“経度”の情報をもち、東経135°であることを知ります。これらの手順でコンピュータは「沖縄の経度は知りません。しかし沖縄県は日本国の中にありますから、東経135°ぐらいでしょう」という返事を出すわけです。

4.139

石頭のコンピ
ュータ

資料1.

GUS：今日は！ 私の名前はGUSです。あなたの飛行スケジュールを手助けします。どこに、行きたいのですか？

お 客：5月28日、サンディエゴに行きたいのだが……。

GUS：何時頃出発したいのですか？

お 客：サンディエゴに、午前10時までには着いていたいのです。

GUS：午前9時15分にサンディエゴに着くPSA 102便はどうですか？

お 客：その次の便はどうですか。

GUS：午前8時30分に出発し、10時に着くカリフォルニア航空31便があります。

お 客：それでは、初めの便にします。

GUS：予約する人の名前を教えてください。

お 客：ダン・ボブров。

GUS：予約便を確認します。5月28日(水曜日)の、サンディエゴ行のPSA 102便です。午前7時30分に出発して、午前9時15分に着きます。それで、何日におもどりですか。

お 客：金曜の夜です。

GUS：午後7時45分発の便はどうですか。

お 客：けっこう。

GUS：帰りの予約を確認します。5月30日金曜日の、サンディエゴ発、サンホセ行のPSA 307便です。午後7時45分に出発し、午後9時30分に着きます。

お電話ありがとうございました。さよなら。

(溝口、北沢、知識工学入門(ブルーバックス)より抜粋(p.17-18)し、横線を加筆したもの)

4.140

GUSシステム

実際、生徒が社会科教師に上記の質問をすれば、恐らく似たような返事をするはずです。しかし、これまでのコンピュータのように意味ネットがなければ、たとえ日本

の経度の情報が蓄積されていても、「沖縄の経度は知りません」といった石頭の返事しかないわけです。わが国では、このような類の問い合わせシステムが最近試作されていますが、アメリカでは既に10年も前に報告されています。次に、知識ベースによる航空券予約システムを一つあげておきましょう。サンフランシスコの近くにパロアルトという小さな町があります。資料1は、ゼロックスのパロアルト研究所で開発されたGUSシステムです。横線に注意して読んで下さい。

かなり人間に近い柔軟な問答で、コンピュータは入力文の意味のみならず状況も適格につかんでいます。それと共に、かなりの文章解析能力をもっていることもわかります。

4.141
空想在宅CAI

先の図4.5は、CAI/CALなどと呼ばれてますが、教師の代替を図るという視点で設計することが少なくありません。また在宅CAI用として、そのソフトも数多く出回っています。そこで、在宅CAIの可能性を一つの例で少し考えてみましょう。現実の問題として、国鉄で通学する生徒は、数多くいるはずですが、しかし、もし赤字ローカル線の廃止でバスへの転換が余儀なくされたとします。すると通学費は一挙に2倍近くにはね上がって大きな社会問題となり、恐らく早急に何らかの対策が必要になります。

この事態に対して、集団教育も考慮したうえで在宅学習で効果があげられないものかとの考えも出てきます。たとえば、カリキュラムを3ヶ月単位とし、そのうちの2ヶ月は学校での集団教育とし、実験・実習、音楽、体育、学級討論などの特に集団教育を必要とするものを重点的に指導し、あとの一ヶ月は在宅CAIを行うといった具合です。又、その一ヶ月は親子の対話が増えて一石二鳥かも知れない。いずれにしても、通学費は確実に3分の2に減少します。そして、制度面で話が進めば、それに類する基礎研究ができていれば、直ちに実用に移されることになります。これは、通学に往復2～3時間もかかる過疎地帯とか豪雪地帯についても、似たようなことがいえます。

4.142
通学費を浮かす法

しかし、同じシステムが大都会で通用するかといえば、案外、うさぎ小屋のような狭い室にパソコンなど置ける訳がない、との反論も十分予想されます。このとき、仮に壁かけテレビでも出現すれば、その反論も減少するはずですが。

このように、一口に在宅CAIといっても、工学の発達、居住環境さらに気候・風土など多くの要因でその可能性も異なり、かなりローカル色の強い議論になるはずですが。やはりコンピュータは、その利用を一つの流行としてとらえるのではなく、「当該の環境下でのメリットとディメリット」を公平に考えれば、それなりに役立つことが期待されるわけです。一般に、研究は、流行とは無縁のものでなければならないのです。

< 北垣郁雄 >