

教育工学における「最適化」に関する研究(1)

古 藤 泰 弘

Consideration of Educatinal Technology from the Viewpoint of Optimization

Yasuhiro KOTOH

キーワード：教育工学，教育のシステム化，最適化，ティーチングマシン，教育機器

[章構成]

はじめに(「生きる力」と教育工学研究)

1. 「ティーチングマシン」が提起した波紋
 - (1) 「ティーチングマシン」との出会い
 - (2) 「ティーチングマシン」が提起した課題
 - (3) 「ティーチングマシン」の急速な展開
 - (4) 教師達の熱情と授業改革への取り組み
2. 「ティーチングマシン」に潜むコンビィビィアリティの思想
 - (1) プログラム学習の実証的研究
 - (2) コンビィビィアリティのための道具
 - (3) ティーチングマシンにみるコンビィビィアリティ
 - (4) ティーチングマシンやプログラム学習の停滞要因
3. 教育のシステム化における「最適化」の捉え方
 - (1) 教育工学の誕生
 - (2) 教育のシステム化にみる「最適化」
 - (3) 「三種の神器」による授業改善
 - (4) 機器システムの最適化と指導プログラム
 - (5) 反応分析装置とコンビィビィアリティ
4. ティーチングマシンや教育のシステム化からみた「最適化」の課題

はじめに(「生きる力」と教育工学研究)

第15期中央教育審議会は、1996年7月19日に中間報告として『21世紀を展望した我が国の教育の在り方について—子供に「生きる力」と「ゆとり」を一』を答申した。その中で「豊かな人間性など時代を超えて変わらない価値のあるものを大切にするとともに、社会の変化に的確かつ迅速に対応する教育」の必要性を強調し、これから求められる資質や能力は「変化の激しい社会を「生きる力」である」と述べ、そのための教育の在り方を提言した。

その「生きる力」については、次のように捉えている。

まず、これからは「変化の激しい、行き先不透明な、厳しい社会」であるとの認識に立ち、そのような社会にあって必要なのは、「いかに、社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」であるとし、このような資質や能力を「生きる力」の中核においている。

そして、「また、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性であると考えた。」とし、さらに「たくましく生きるための健康や体力が不可欠である」と述べ、「こうした資質や能力を变化の激しいこれからの社会を「生きる力」と称すること」にしたと、その捉え方を明らかにしている。これからの授業実践や授業改善・改革を推進していく際に看過できない資質・能力観であり、学習観である。

ところで、教育工学が教育学研究を構成する学問領域として、本格的な展開を始めてせいぜい30年程度であるが、その間にあって教育学研究の中での役割は一貫して「教育の改善」に向けられた。とりわけ、教育(授業)過程の改善研究の分野においては多大の貢献をしてきた。例えば、教育哲学との関係では、教育理念や教育目標の価値を授業レベルで実現していく方法を探究し、授業改善に向けて役立つ方策を提供する役割を演じ、同時に、行動主義的人間観や成功的教育観による授業改善の必要性の裏付けを教育哲学に求めてきた。また、教育の科学的研究との関係では、教育改善の科学的研究を実証的に適用する原理を提供したり、実践的に実証していく役割を担ってきたし、現在もそのような役割を果たしている。最近は、[資料1]の研究発表の領域別件数が示すように、授業改善の実証的研究のみならず、新たな授業改革の方向についての研究が目立って増加する傾向にある。

それは、[資料1]の研究領域の内容から察知できるように、高度情報通信社会を視野に入れており、「変化の激しい、行き先不透明な、厳しい時代」の教育の在り方への関心の高まりを示している。とりわけ、そういう時代に求められる資質や能力を培うための「教育(授業)の在り方」に対して、教育工学は何をしなければならないか、また何ができるのかを自らに問い、

教育工学における「最適化」に関する研究(1)

[資料1]

日本教育工学会（第11回／1995年度）における研究発表の領域別件数

領域（各会場別）	発表件数
ネットワーク（CSCWを含む）	42件
情報教育、情報教育カリキュラム	42
教育（授業）メディア	38
授業研究	30
教育評価（評価システムを含む）	30
学習環境	26
CAI	19
教材開発	10
教師教育	9
視聴覚教育	7
認知発達	7
語学教育	7
カリキュラム開発	6
データベース	5
English Sec.	10
合計	288件

その成果を教育科学や教育哲学に積極的に提言し、教育(授業)改革についての実践的資料を提供しようと懸命に努力している表れとみることができる。

そこで、本研究では、教育工学がその歩みの中で追求してきた「最適化」(optimization)の思想や内容を検討し、それがこれまでの授業改善や改革にいかに関与してきたか、またどんな問題点を提起してきたかを、授業実践レベルで捉えて明らかにするとともに、その知見をもとに、情報教育が著しく進展する中で、いま新たに求められている授業改善や授業改革(例えば「生きる力」を培う授業)の実践にどんな貢献ができるか、「最適化」の視点を再検討し今後の研究課題を提起してみたい。なお、今回は、1960年頃から1970年代末に至る教育工学前史・黎明期から初期発展時代を対象にみていくこととし、その中間のまとめまでにする。

1. 「ティーチングマシン」が提起した波紋

(1) 「ティーチングマシン」との出会い

教育工学の誕生に関する論議は他論に譲るとして¹⁾、日本における教育工学について語るには、どうしても「ティーチングマシン」から出発しなければならない。ティーチングマシンが

教育工学の祖であるだけでなく、「最適化」を考える重要な鍵が潜んでいるからである。

少々、個人的な話になるが、筆者の体験から始めたい。教育工学の祖ともいえるべき「ティーチングマシン」に最初に出会ったのは1960年である。この年の7月、第7回視聴覚教育研究協議会が国際基督教大学で開催された。この研究協議会の会長は西本三十二氏(当時は国際基督教大学教授、故人)で、西本教授の個人的な指導を受けていた筆者は、学徒(被教育者)の立場で参加した。西本三十二氏は、アメリカの大学や研究所等から収集された資料をもとに、アメリカでのティーチングマシン運動の展開状況やその将来展望について示唆に富む講演をされた。興味深い話に耳を傾けながら感動したことを鮮明に覚えている。講演内容の要旨は、雑誌『放送教育』(1960年9月号)に「ティーチング・マシンとテレビ教育」と題して掲載された。これはティーチングマシンに関して、日本の出版物に活字として発表された最初のものであったと、西本氏自身が著書の中で記している。²⁾

講演内容もそうであったが、この大会の中心テーマはティチーニングマシンによる「自学自習」とりわけ「学習の個別化」と「学習の自動化(オートメーション化)」であった。当時は教室で一斉集団授業が当然のように考えられ、白黒のテレビジョンの教育利用が始まったところであった。そういう時代にあって、取り上げられた問題提起の内容が新鮮で、教育への切り口に新奇性があり、強烈なインパクトがあった。きわめてセンセーショナルな内容であった。

また、同年11月には、京都で第10回全国視聴覚教育研究大会が開かれ、ここでも、ティーチングマシンに関わる問題が取り上げられた。矢口新氏(当時、国立教育研究所教育研究内容室長、故人)は、学習オートメーションとティーチングマシンについての講演の中で、人間形成における行動と学習の成立についての根本的な反省が必要である。学習における「ドゥーイング(doing)」の大切さを行動主義心理学の学習観に立って強調され、その当時の視聴覚教育のあり方に厳しく反省を求めたことを記憶している。ここでも、ティーチングマシンやプログラム学習の教育的意義とその必要性が強調された。

この2つの研究大会が、日本の教育界にティーチングマシン旋風を巻き起こす契機になったことは間違いない。

(2)「ティーチングマシン」が提起した課題

1960年には、雑誌『放送教育』9月号に、先に述べた西本三十二氏の論文のほかに、ベン・デューク氏の「ティーチング・マシンと視聴覚教育」が掲載されており、また同誌11月号では、稲垣一穂氏の「教育のオートメーションと放送教育」が紹介された。さらに、雑誌『視聴覚教育』は、翌1961年1月号で「日本教育の体質改善と学習オートメーション」(矢口新氏)

を掲載している。こうして、ティーチングマシン、放送教育、そして教育のオートメーション化など、教育における新しい波の到来を告げる論文が教育界だけでなく、広く産業界にも大きな反響を呼んだ。

ティーチングマシンが新鮮でセンセーショナルであったのは、当時の学校教育では常識であった一斉集団授業に対して、真正面から痛烈な批判を浴びせ、その対処として「教育の機械化」の必要性を訴えたことにある。とりわけ「学習オートメーション」の考え方はショッキングであった。学習者一人ひとりには能力が違う。だから、各自が自己の学習ベースに見合った能力と速度で、積極的な行動(ドーイング)の伴った学習を個別にさせる必要がある。それを可能にするのが新行動主義心理学に基礎をおいて製作された「ティーチングマシン」だ、というわけである。実に、簡単明瞭で説得力があった。学習は内観の変化としてではなく、刺激－反応－フィードバックによる人間の行動の変容をもって捉えるべきだ、という学習理論(新行動主義)に基づいており、学習の自動化を可能にするのがティーチングマシンだ、というわけである。

(3)「ティーチングマシン」の急速な展開

1962年7月に開催された第8回視聴覚教育研究協議会では、西本三十二氏の努力でアメリカで開発されたティーチングマシンやプログラムド・ブックが数多く展示された。やがて、これらのハードウェアの機能やプログラムド・ブックの形式を模倣して、日本製のティーチングマシンの試作品や製品(商品)、それに加えてブック形式のプログラム教材が続々と登場し始めた。

例えば、学習研究社は幼児向けの「キーペット」(1961)、学校教育向けの「S-Ⅲ型 TM」

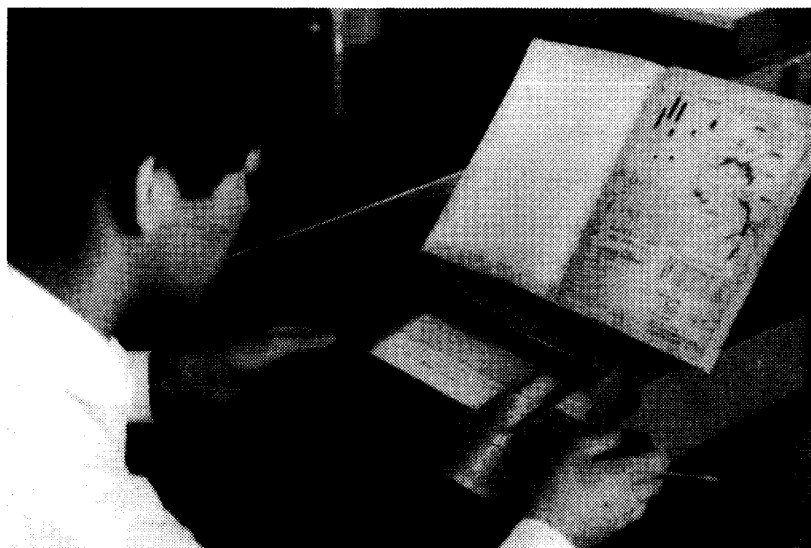


写真1 ティーチングマシンによる学習(S-Ⅲ型 TM)

(1962)や「S-T I 型」(1963)などを製品化している。また、NECは「TM-201」(1961・試作)、「TM-501」(1963)や「TM-2071」(1964)などを製作・発表している。このほかにも京三製作所の「オートマスター TM101」(1962)、芝電気の「TM-1 型」(1963)、リコーの「シンクロファックス」などが製品化された。また、東芝では「パーソナルトレーナー PTM101」(1968)を製作し商品化している。ただ、残念ながらほとんどが実験的ないしは試験的利用程度でその商品生命を終わっている。

また、市販プログラム教材の出版も始まった。小学館では『小学算数プログラム学習』や『中学英語プログラム学習』(いずれも 1962)を発行しており、学習研究社でも『オートメ社会』や『オートメ算数』(「オートメ」は「オートメーション」の意)、『中学英語マシンブック』のようなプログラムド・テキストブックを出版している。このほかにも、日本標準テスト研究会は、教科書準拠の学年・教科別の『日本標準のプログラム』(国語、社会、算数、理科)という書名の出版物(1963)を刊行している。

学校で「ティーチングマシン」を使用する事例が多少はみられたが、高価な商品であり、そのほとんどは貸与による研究的利用であった。多くは「ペーパーマシン」(例えば TOY 式)と称される方式やそれに近い方法で実践された。A4 版程度の紙に枠組みを付けて印刷し、厚紙で加工したマスク等を利用する方法で、「マシンレスのプログラム学習」とも呼ばれた。大切

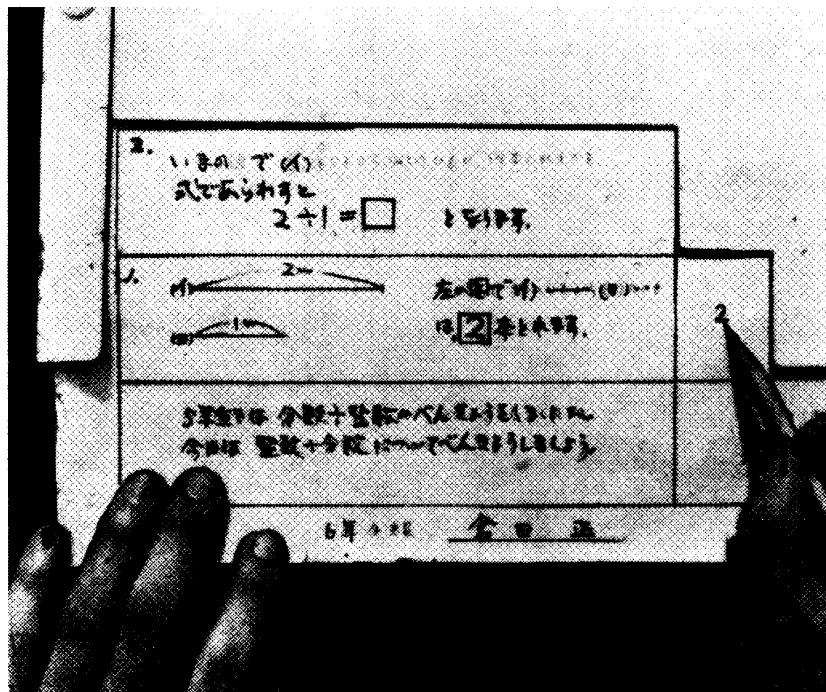


写真2 TOY 式によるプログラム学習

なのは、教材としての「プログラム」だという認識から「プログラム学習」という呼称がより一般化した。

当時の状況について、波多野完治氏(当時、お茶の水女子大学教授)は、『プログラム学習入門』(1962年11月)の中で次のように述べている。³⁾

「おそらく、戦前、戦後を通じて、教育刷新の問題でこれほど早く全国にひろがったものはないのではあるまいか。」「テープ・レコーダの普及はずいぶん早いものだった。これは1950年ごろから国産のものができはじめ、教室にはいり出したのだが、1955年には、すでに全国の三分の二の学校に普及してしまった。それほど、録音機の普及は映写機にもスライドにも増して早く、教育界の驚異であったが、プログラム学習の普及は、これに輪をかけて早く、その考え方は二、三年で、全国にひろがってしまうと予想される。」

確かに、ティーチングマシンの国産品が登場し、プログラムド・ブックというこれまでになかった形式の出版物が出回るなど、学校をめぐる外的環境からの刺激も強烈であったが、これほどまで急速に、ティーチングマシンやプログラム学習が全国の学校教育の中に、根を張っていった内的要因は何だったのだろうか。

(4) 教師たちの熱情と授業改革への取り組み

1961年5月には、プログラム教材の開発とその促進運動を推進するため、矢口新氏を会長として「学習オートメーション研究会」(東京都大田区清水窪小学校での研究会)が結成された。日本で初めてのティーチングマシンに関する研究組織である。早速、同年8月には、学習オートメーション研究会主催の「第1回夏季ゼミナール」を東京の日本女子会館で開催、学習プログラミングについての研修が行われている。やがて、全国的な研究組織として、1963年11月に「全国プログラム学習研究連盟」が誕生する。

全国の教師たちが「個別学習」「学習の効率化」「学習のオートメーション化」というキーワードに魅せられ、同時に、一斉授業のマンネリ化を突き破りたい願望と期待が、このティーチングマシンやプログラム学習に込められていた。[資料2]に掲げるような時代的背景もあって、教師たちの授業改革への熱情が全国各地にプログラム学習の研究サークルを誕生させていった。1963年のはじめには、全国の地域研究サークルの数は36に及び、開発されたプログラム教材の数は1300点に達している。1960年7月に初めて日本に紹介されて2年余の間にである。自主的研究サークルの活動がいかに活発であったかがわかる。

例えば大分市立金池小学校では、1961年度から早々にプログラム学習の実践に入っていた。その実践をまとめた冊子『プログラム学習の展開、事例集2』(1963)には、学年別に各教科の

[資料2]

[ティーチングマシン（プログラム学習）運動の背景]

1. 社会的な要請
 - ① 科学技術の革新 →教育技術の近代化
 - ② 「新教育」の批判→基礎学力の保障
 - ③ 教師のあり方 →教師の機能分化
2. 心理学からの要請
 - ① 「学習」の実証的なとらえ方→授業の科学化
 - ② 効率のよい学習への転換→個別学習、「強化」理論の適用
3. 教育界の姿勢
 - ① 一斉集団授業の反省
 - ② 学習者中心主義のあり方
 - ③ 学習内容の精選のあり方
 - ④ 学習評価の科学性

学習指導案とプログラム教材が数多く(16点)掲載されている。その「はしがき」で、衛藤賢章校長(当時)は次のように記述している。(引用部分はすべて原文のまま)

「本校は、かねてからの、『すべての子どもに積極的な学習を』という願いを、昭和36年度から、プログラム学習の中に追求してきた」と、取り組みの経緯を述べ、「知識や技能を獲得する『し方』こそが、いま要請されている『能力』であり、学力である」との考えに立って、「すじ道を追って、思考行動を丹念に積み重ねる「訓練」をする(これが学習)こと」に、プログラム学習を位置づけたという。

つまり、「思考活動を訓練する学習」、「しかも、ひとりひとりすべての子に積極的参加のできる学習」にしていく。そうした授業改善に役立てようと考えたわけである。当時の一斉集団授業からの脱却を「活発な思考活動」と「一人ひとりの積極的参加の学習」に求めたのである。当時、「最適化」ということばは用いられていなかったが、この授業改善の方向は、まさに学習活動の最適化を目指していたといえよう。

もう一つ取り上げてみよう。野瀬寛顕氏は『プログラム学習の授業』(1963)の巻頭言⁴⁾で、次のように述べている。

「本書は、このプログラム学習によって、いままでの一斉画一主義の授業を根底から改革して、授業のなかで、すべての子どもの学習を成立させる」ことのできる実例を集めたと述べ、「授業のなかで子どもの学習が成立する場面を、基本的に考えてみると、次の四つの場合がある。」として、

- 一. 教師の「教え」をうけて学習が成立する。

二. めいめいが学びとることによって学習が成立する。

三. 話し合うことによって学習が成立する。

四. 生活することによって学習が成立する。

を列記する。そして、次のように説明する。

「一. の教えをうけて学習が成立する」は、いままでの授業であって、学習が成立するのはせいぜい「学級の10パーセント内外の子どもだけで,」「ほかの多くのものは学級の底辺に沈殿して」しまう弱点がある。「この一斉授業の弱点を強化して, どの子どもにも学習が成立するようにするためには, 『二. のめいめいが学びとる…』点を, 授業のなかでつよくうち出す必要がある。」それが「このプログラム学習である。」

「授業の体質改善は, めいめいがプログラム学習によって学びとったことを, さらにたがいに話し合う集団学習によって, より確かな学習に成立させる『三. の話し合う』場面が必要であり, さらに, その学習したことを, 生活のなかで使わせて, 完全に学習したことを定着させる『四. の生活すること』まで育ててこそ, 学習は完全に成立したことになるのである。これからの授業の体質は, ここまで改善されねばならない。」と, 学習の成立過程におけるプログラム学習の位置づけを明らかにする。そして, 「授業を改造する, その第1の急所は, なんといても, 『めいめいが学びとる』ことである」と述べ, 授業の体質改善におけるプログラム学習の重要性を強調している。

ここで注目したいのは, めいめいが確かに学びとっていく「プログラム学習」を中核に位置づけ, それを「話し合い学習」そして「生活することによる学習」に発展させていく。そういう学習過程全体のシステム化の必要性を説いていることである。これは「最適化」の捉え方そのものである。

2. 「ティーチングマシン」に潜むコンビィビィアリティの思想

(1) プログラム学習の実証的研究

新しい教育への熱情とそれに注ぎ込んだ教師たちのエネルギーには敬服させられる。新しい教育実践には新鮮さと真摯さに魅力があった。筆者も, 未熟ながらそれを体験的に確かめようと, 1961年から1963年にかけて, プログラム学習の小実験による実践的研究に取り組んだ。自らの実証的研究を通じて得た体験をもとに紹介してみることにする。

実験対象の教科は中学社会で, 地理的分野(単元は九州地方)である。プログラム化した手書きの地図帳を作成, 全体で15ステージ・613アイテム(フレーム)から成るプログラム教材を

作成(自作)した。プログラム教材・資料等については西本三十二氏(学習プログラムの質的検討や指導)と尾崎虎四郎氏(当時、東京学芸大学教授社会科教育法担当、社会科としての学習内容の検討や地図資料の指導、故人)の両恩師、及び佐藤英一郎氏(当時、東京都立教育研究所員、のち専修大学教授、教育思想史、故人)に指導を受けた。

実験のねらいは、プログラム学習と教科の学習構造との関わりの分析を通じて、プログラム学習の地位と問題点を明らかにすることにあった。都内の中学校2校を選び(中野区立と港区立の各1校、中学一年生)、それぞれ実験群と統制群の計4学級を設定した。両群に同一のポストテストを実施し、そのデータの比較・分析を行った。実施に当たり、実験群(プログラム学習群)は学研製ティーチングマシン「S-Ⅲ型」とカードによるマスク方式を併用した。なお、この研究の一部は、東京学芸大学の研究報告(1963年度)に掲載し⁵⁾、また社会科教育学会(1963)でも「プログラム学習の実証的研究」として発表した。



写真3 カード製マスク方式によるプログラム学習(実験授業の様子)

プログラム学習による学習効果の考察の中で、基礎的知識の獲得や実態概念の知的理解の学習には、きわめて有効であるが、関係概念の修得には統制群との有意差がみられないなど、学力形成との関連でいくつかの問題提起をした。最適化からみて注目したいのは、学習進度差と学習成果(効果)との関係である。学習の進度差(実験群)では3:1の開きが生じたが、学習成果の差幅は小さく、進度差と学習成果の間に相関がみられなかった。

つまり、プログラム学習群についてみると、学習進度の早い生徒は遅い生徒に比べて3分の1の時間で全学習を終了しており、全体的にポストテストの達成度も高い。同時にまた、学習進度が遅い生徒も達成度が決して低くないのである。早い生徒と変わらないのである。早い生徒も遅い生徒もともに、一人ひとりが自分の学習ペースで、自己にとって最適な学習をしている。また、学習成果(達成度)の個人差のばらつきは、実験群が統制群に比べて小さいことが判明した。「生徒の感想」をみると、「自分で納得しながら学習できた。」「よくわからない箇所は、(先生に)いつでも、直接聞けた。」「間違っても(先生から)叱られないし、安心して勉強できた。」「よく分かったので、嬉しかった。」などと記しており、情意面におけるプログラム学習群の優位性が認められた。

(2) コンビビビィアリティのための道具

ところで、ティーチングマシンやプログラム学習方式は、学習者にとってどんな意味をもつ「道具」だったのだろうか。先に紹介した金池小学校の実践をはじめとして、当時の実践校の記録や報告書、それに筆者の実証的研究による体験等を加味して、総合的に検討してみると、結論からいって、学習者にとって「コンビビビィアルな道具」ではなかったかと、考えている。

コンビビビィアリティ(Conviviality)というのは、日本では『脱学校の社会』⁶⁾で知られるイヴァン・イリッチ(Ivan Illich)が、別の著書名(『Tools for Conviviality』1973)に用いた言葉である。翻訳書では『相互親和のための道具』(日本エディタースクール, 1989)となっており、Convivialityを「相互親和」と訳しているが、これではその意味するニュアンスがわかりにくい。辞典では「浮かれ騒ぎの好きな(さま)」とか「陽気さ」といった意味だと書かれている。古瀬幸一氏は『インターネットが変える世界』(1996)⁷⁾の中で、コンビビビィアリティは、「みんなで一緒にいきいき楽しい」(p. 6)とか「みんなでワイワイがやがやと楽しい」(p. 189)というニュアンスの言葉であると述べ、「共愉」(p. 190)と訳している。「共愉的な道具」(convivial tool)といわけである。少し解説しておこう。

古瀬氏らはイリッチの著書(『Tools for Conviviality』)のまえがきを引用し、「イリイチは、産

業文明が生み出したさまざまな“道具”が、その用いられ方によって二つの相反する結果を、人々に与えると言っているのだ。」(p. 7)と述べ、大量生産ラインという道具、あるいは書物や教科書という道具が、人々にとってコンビィビィアルな道具でなくなってきた経緯を解説している。⁸⁾これを筆者なりに解釈してみると、次のように言えよう。

科学技術の成果が生み出した「道具」は、用いられ方によって2つの相反する結果を人々に与える。1つは時の特権階級が人々を支配するための使い方であり、他の1つは人々が自分たちのために自由に利用する使い方である。前者は人々を単なる機械の付属物にかえてしまう。後者は一緒にいる人々がワイワイ楽しくやれるための道具になる。「コンビィビィアリティのための道具」というのは、誰でも自由に学べ、誰でも楽しく参加でき、互いに対等な立場で情報を共有し、愉しみながら交流し合える道具という、後者の意味である。まさに「共働的な道具」という訳語がふさわしい。

なお、古瀬幸一氏ほか・前掲書によると、ソル(SOL)やオズボーン 1(ポータブルコンピュータ)等の開発で知られるリー・フェルゼンシュタインや、インターネットに取り組んだパイオニア達は、イヴァン・イリッチの上掲書を好んで読んだという。それは、「コンビィビィアリティのための道具」に共感したからで、ネットワークやパーソナルコンピュータを、支配・統制のための「操作的な道具」にさせないで、市民が主人公となって新しい文化を創造するための「共働的な道具」にするためだったという。

(3) ティーチングマシンにみるコンビィビィアリティ

この「共働的な道具」の思想を、教育工学の視点から捉えてみると、その根底に「最適化」(optimization)に通ずる考え方がある。教育工学で「最適化」というとき、一般には「ある教育目的が効率的に実現できるよう、関与する構成要素を最良に組み合わせること」と解されている。授業の効果や効率を上げるために学習活動のシステム化を工夫したり、教育機器の最良の組み合わせを工夫することなどが、その例である。もう少し厳密に定義して、「システムの構成要素と要素間の相互作用を、システム全体の目的・目標に適合させ、もっとも効率的なシステムにしようとする」⁹⁾や「特定の制約条件が与えられたときに、ある明確に定義された目的を最大限に達成させるように、制御因子を定めること」¹⁰⁾と、いってもよからう。筆者は、「教育目標の価値を合理的かつ効率的に実現できる道筋や条件について、その根拠を実証的に追求し、目標価値の実現に向けて最良の組織立てをしていく過程」と捉えており¹¹⁾、工学が追求する「最適値」(the optimal point)と区別している。

ここで大切なのは、「最適化」が何をもたらす(した)かである。その過程や成果を享受する

のは学習者である。学習者にとって「最適」な学習である(あった)かどうかである。「効率的かつ着実に目標価値を修得できる(できた)だけでなく、その過程での学習が学ぶ者にとって快適である(あった)」かどうかである。

ティーチングマシンやプログラム学習は、どんなに子供が間違えても、どんなにゆっくりしたペースで学習しようとマシン(権威)から叱られることはない。マシンが提示するプログラム教材と対面して情報交換し、正答と照合しながら、マシンの付属物にされることはなく、納得づくで学習を進めることができる。そして着実に学習目標に達成できる。生徒に学習過程での間違いが多いのは、そのプログラム教材の内容が悪いからである。作成した教師の能力不足のためである、という立場をとる。学習者中心主義が強く働いており、目標に対して快適な学習を保障しようとする「最適化」に通ずる観念が根底で生きている。まさしく、学習者にとってコンビィビィアルで最適な授業を目指していた。

ティーチングマシンやプログラム学習(方式)には、「共愉的」つまり「コンビィビィアリティのための学習道具」という思想がその根底にあったと、みることができる。この用語こそ使用していないが、当時の実践記録や児童・生徒のアンケート等をみると、学習者にとってコンビィビィアルな(共愉的)道具であったことがわかる。また、筆者の前述の実証的研究(1962年)での生徒の学習状況を振り返ってみると、プログラム学習方式が生徒にとってコンビィビィアルな道具だった、という実感がある。

教育工学が追求する「最適化」の考え方には、その根底にコンビィビィアリティの思想が流れていると考える。「最適化」を追究していくための重要な鍵があるように思われる。

(4) ティーチングマシンやプログラム学習の停滞要因

急激な変革には必ずその揺り戻しを伴う。華々しく全国の学校に波及したティーチングマシンやプログラム学習であったが、1964年頃からやや停滞気味になり、やがて急速に失速し始めた。その要因を次のように捉えている。¹²⁾

(1)まず第1に、「個別学習」が当時の日本の教育風土に馴染みにくかったことがあげられる。

社会風潮や文化的風土が「一斉集団授業」に馴染んでいて、ティーチングマシンがそれを突き破る力まで持つことはできなかった。だが、後述するように、提起された「個別学習」への課題は、日本風にアレンジされて引き継がれることになる。

(2)第2には、「マシン」が人間を教える(「ティーチ」する)という違和感を拭い去れなかった。

しかもその「マシン」自体があまりにも貧弱過ぎたし、また「ペーパーマシン」と呼ばれる「厚紙細工」程度の道具に過ぎなかった。「学習オートメーション」とはいうが、こんな

貧弱なマシンや道具で学習が可能なのかという疑問や不安感が高まった。さらに人間教育を産業界のオートメーションと同列に論じてはならない、という意見も出た。

(3)第3には、各地で自作された学習プログラム教材や市販教材が多くなるにつれて、その質が問われはじめた。問いと答えからなる問題集のような「形式だけがプログラム」の形骸化も見受けられ、これでは思考力は育成されないと危惧された。

(4)以上に加えて、教育現場と結びつかない理論的研究、現場教師の感情を逆なぜするような理論的(屁理屈的?)攻撃、運動論的で抽象的な主義主張、それらがもたらした実践と研究との乖離などが相俟って、ティーチングマシンの普及を鈍化させていった。

当時、出版された『ティーチング・マシン』(村井実ほか著、牧書店、1961)のまえがきには「どんな学校にもどんな教師にも、少なくとも一つの共通な夢がある。それは完全な学習という夢である。(中略)ティーチング・マシンというのは、こうした教育界の現状を改革して完全な学習という夢に近づく新しい試みの一つである。」と述べられている。しかし、実際はその夢と現実とがかけ離れていったのである。

ここで大切なのは、ティーチングマシン運動が全国的展開を繰り広げていった強烈なエネルギー源になった誘因は何であったか、逆に、停滞し衰退していった要因は何なのかを、しっかりと確認しておくことである。

3. 教育のシステム化における「最適化」の捉え方

(1) 教育工学の誕生

「1967年は教育工学の年であった」と言われる。もっとも「第1回教育工学研究会」が1965年に香川大学付属高松中学校で開催されており、教育工学の研究や実践はすでに始まっていたが、1967年にはとりわけ「教育工学」と題した研究会が急増している。

代表的な研究会を挙げておこう。この年の8月には「第2回教育工学研究会」と「教育工学セミナー」(静岡)が開催されている。全国プログラム学習研究連盟の「プログラム学習研究大会」(会津若松市、8月)も、「教育の体質改善をめざして—新しい教育システムを求める—」というテーマを設定、かつて1960年に、日本で始めてティーチングマシンを取り上げた視聴覚教育研究協議会(日本視聴覚教育学会と改称)は「教育工学をめぐる諸問題」と題して論議している。さらに10月に千葉で開かれた「視聴覚教育合同大会」でも「教育の質的改善をめざして」をテーマに教育工学を取り上げている。また、当時ティーチングマシンやプログラム学習に関する専門誌として知られていた『ティーチングマシン』は、1967年に誌名を『教育工

学』(教育工学社)と改題している。

なお、1961年に誕生した「学習オートメーション研究会」は「東京教育工学研究会」と改称(1969)、日本教育工学協会が設立され(1971)、教育工学研究協議会が発足(1971)している。また、書名で「教育工学」が最初に用いたのは、西本三十二・洋一共著『教育工学』(紀伊国屋、1964)だと思うが、1970年代に入ると「教育工学」と称する書籍や講座、雑誌が続々と出版され始め、名実ともに「教育工学」時代へと移行した。

「教育工学」は Educational Technology の翻訳語であり、その捉え方については、A. A.ラムスディーンが1964年の論文¹³⁾の中で、「ハードウェアとしての教育工学1」と「ソフトウェアとしての教育工学2」とに分けて定義しており、それが日本に紹介されていた。日本の文献の多くは、これを下敷きにして展開していた。そのことが、教育工学をソフトとハードの両面からアプローチする契機になった。教育工学の原理や方法について、米国を始め諸外国の動向や文献も紹介され、その学問構想や目的、研究領域や研究方法をめぐって研究会、教育雑誌や図書で様々な提案や論議が活発に交わされた。

(2) 教育のシステム化にみる「最適化」

論議の内容の多くは、行動科学の理論を基礎に、科学技術の著しい革新を背景にして、機器利用を含めて教育のシステム化をどう構築していくか、また授業の科学的分析(数量的・客観的分析)をどう進めていくかに向けられた。そして、そこでの中心的課題は教育における「最適化」をどう図っていくかにあった。

例えば、堀内敏夫氏は、『教育工学講座・全8巻』(大日本図書、1971)の刊行にあたり、その「発刊の辞」の中で、教育工学のねらいは「教育効果の促進を最大にはかるために、教育学、心理学、生理学、工学、建築学その他、関係諸科学の協力のもとに、教育の最適化(Optimization)に関する理論と技術と実践について研究する境界科学であり、総合科学である。」¹⁴⁾と述べている。また、坂元昂氏も「教育工学とは、授業過程に参加するあらゆる要因を動かして、その組み合わせを最適にし、教育の効果をあげる具体的策を提案する実践学である。」(1972)と記述している。¹⁵⁾東洋氏は「教育工学は、教育者がより適切な教育行為を選ぶことができる工学」¹⁶⁾と述べるなど、教育工学は教育活動に関与する諸要素を目的や目標に照らしていかに効果的に組み合わせるか、そのシステム化のためのソフトテクノロジーの在り方に関心が向けられた。

雑誌『現代教育科学』(明治図書)は、1970年7月号で、「教育のシステム化は教育革新への道か」のテーマで特集を組んでいる。この雑誌の編集後記にも記されているように、特集の背

景には、その前年(1969)に発表された「日本の情報社会—そのビジョンと課題」(経済審議会情報研究委員会)があった。坂元忠芳氏は、特集の論文の中で、経済審議会の報告書を引用しながら、「システム化とは、あらゆる事象のつながりを、ある目標にてらして、その要素を『最適化』する—目標がもっとも効率的に達成される—ように計画されることである。」と述べている。¹⁷⁾ なお、この経済審議会の前掲報告書は、「第十章 教育方法の革新」という章を設け、その中で「手工業最後のトリデと評される教育の領域も大きく変貌を遂げる時代が迫って」おり、「教育のシステム化」は近代社会に求められている教育革新の道であると力説、システム化による教育改革の必要性を論じている。教育界に対する産業界からの風当たりも強まっていた。

ただ、坂元忠芳氏が前掲論文の中で指摘するうように、「システム化は、適切な教育目標を実現するために合理的に設定されるならば、のぞましい結果をもたらすが、目標を吟味することなく、あらゆる場合に、無原則にとり入れられるならば、(中略)『教育革新』の名において、きわめて非教育的な事態をもひきおこす結果となる」(p.18)危険性がある。また、矢口新氏は「教育機器を使って教育を近代化することができるのだという迷信が横行し出した」(p.31)と述べるなど、教育のシステム化に対する警鐘もみられた。

(3)「三種の神器」による授業改善

学校現場は、このシステム化をどのように受け止めたのだろうか。全国教育研究所連盟は共同研究のテーマの選定に当たって、全国の都道府県立及び市町立の各教育センター等に対してアンケート調査をしている(1974年)。それによると、「つまづきの分析と授業改造」「授業革新とその実践研究」「教育工学的授業の実践」の3つが上位を占めた。また「教育工学で何をするのか」の問いには、[資料3]に示すように、「授業のシステム化」との回答が8割に及んでおり、また教育機器や教育の機械化と捉える傾向が強かったことがわかる。教育工学による教育(授業)のシステム化や教育機器利用への期待がいかに高かったかがわかる。当時は、科

[資料3] 教育工学とは何か? (指導主事 457 人、1974 年)

授業のシステム化	80 %
教材の開発	78 %
教育のシステム化	76 %
教育機器の開発	37 %
授業の分析	36 %
教育の機械化	32 %

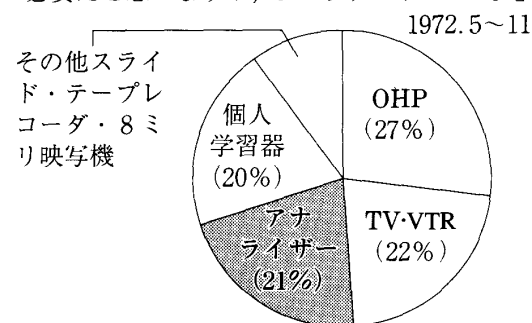
学技術革新の進展が経済の高度成長をもたらし、生活における現代科学の優位性とともに、国民の教育要求の水準が高まっていた。教育だけが「黒板とチョークと教科書による手工業的授業」でよいのか、教育の内容や方法を高度化(それを現代化と呼んだ)して時代的要請に応える必要はないのか、という論議が教育の内外から起こっていた。

こうした内外状況の中で、「授業改造(革新)」と「教育機器利用」を軸に「教育工学」で両者を結びつけ、「授業のシステム化」を図ろうとする動きが顕著になった。これに拍車をかけたのは、文部省が1969年に「教育課程研究指定校」として全国の中学校22校を指定した施策である。この実践研究の内容は教育機器利用による授業改善の先導的試行で、VTRと反応分析装置が貸与(OHPはかなり普及していた)された。この影響は大きく、地方自治体の多くが、教育機器導入のための予算化を図り、「教育の現代化」を進める重要な施策とするほどであった。「教育機器」が用語として市民権を得たのはこの時である。

その代表的な機器は、OHP、VTR、反応分析装置(略してRAまたはAN)で、「三種の神器」と呼ばれた。[資料4](筆者の調査¹⁸⁾)にみられるように「三種の神器」が授業改善に必須の教育機器とされ、授業の効率化や個別化あるいは科学化や自動化のためにいかに教育(授業)をシステム化するかが、授業の最適化を追究する教育工学の実践課題になった。

[資料4]

「あなたは、授業のシステム化にどんな機器が必要だと思いますか、3つあげてください。」



(4) 機器システムの最適化と指導プログラム

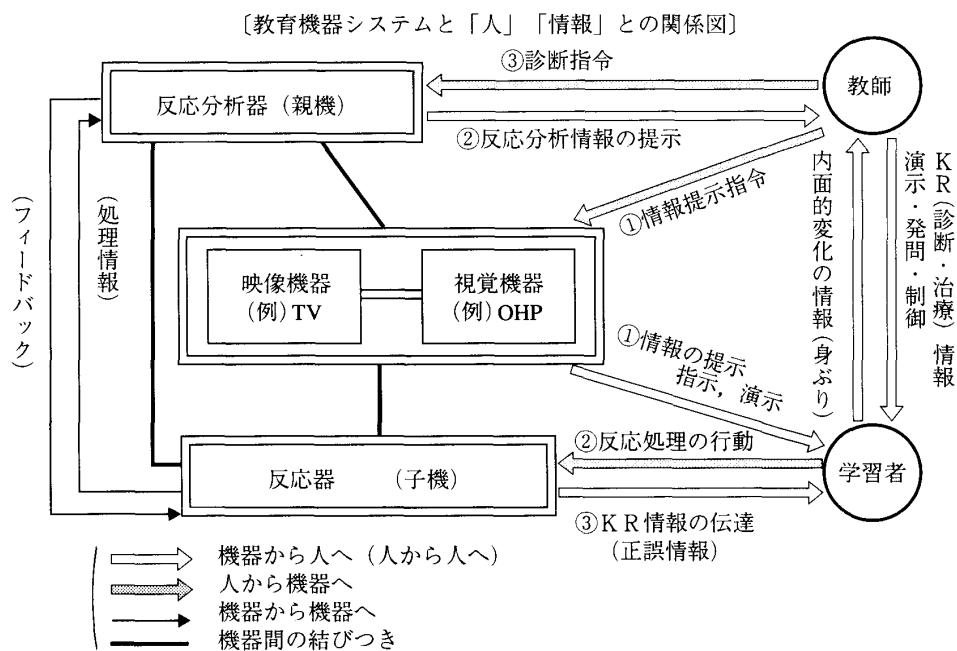
こうした動向は、1つにはハードウェアのシステム化を優先させる方向に拍車がかかった。とりわけ「三種の神器」をどう組み合わせると教育効果があがるかに重点が置かれ、その「最適化」を究明するのが教育工学だとする傾向を強めた。2つには、教育システムの最適化をソフトの側面から図るにはどのような手立てが必要か、その「指導プログラム」の在り方について

での検討が始まった。その際にティーチングマシンやその学習原理が応用され、低迷が続いていたプログラム学習は、装いを変えながら教育工学という新しい研究分野の中で見直されるていくことになる。

当時、機器システムの典型は MAI システム (Machines Assisted Instruction) と呼ばれる集団自動学習装置であった。それは、刺激的条件の装置 (OHP や VTR などの視聴覚機器) と反応的条件の装置 (子器及び反応収集分析器) を中核にした機器システムである。NEC の「TM505 型」、学習研究社の「オートトレーナー」や島津製作所の「アンサーチェッカー」などの製品が出現した。MAI の典型的な機器システムの機能を見ると、かつてのティーチングマシンの基本機能と酷似していることに驚かされる。さきに「装いを変えながら」といったのは、1 つには、学習の個別化や効率化あるいは自動化といったティーチングマシンが掲げてきた課題に対して、MAI システムによる一斉集団授業のシステム化をもって応えようとしたからである。

この MAI システムについて、筆者は [資料 5] のように捉えていた。¹⁹⁾ 単に複数の機器を組み合わせるだけでは「最適化」は期待できない。図に示すように、教育機器システムと人との間に「情報」を位置づけ、「人 (教師と学習者)」と「情報」と「教育機器システム」の三者の組み合わせで「最適化」を図る必要がある。さらに「情報」については、意味的情報 (機器から人へ、人から機器へ、人から人へ) と形式的情報 (機器から機器へ) の区別が重要で、

[資料 5]



そのためにはシステム全体を効果的に作動させるための指導の手立てとして「指導プログラム」が必要と考えた。「指導プログラム」は、先に述べた文部省の「教育課程研究指定校」の際に使用された用語で、機器システム利用の際の指導計画を意味していた。MAIシステムによって授業の最適化を目指すには、目標行動の設定や目標分析、分析と総合による指導過程の組立や、学習と評価の一体化などが不可欠で、そこにプログラム学習の原理や思想が取り入れられた。また、指導過程をフローチャートで表現するなどの工夫もみられ、こうして指導プログラム研究が全国的な広がりをみせ始めた。

だが、残念ながら現実には安易な方向に流れた。指導プログラムによるMAIシステムの「最適化」の工夫よりも、いかに機器を使用するかに追われ、「機器の組み合わせ利用」が「最適化」と捉えて実践研究する学校が少なくなかった。ここでは「人」と「情報」が疎外され、「機器システムの最適化」に重点がおかれた。その結果、機器システムによる授業の数量的データを“科学的に分析”する授業研究に重心が移動し、指導プログラムは内容の乏しい、形式だけのフローチャートに矮小化され、その形骸化を招くことになった。

(5) 反応分析装置とコンビィビィリティ

「三種の神器」のうちでも、特に反応分析装置に関心が集まった。学習反応を収集・分析す

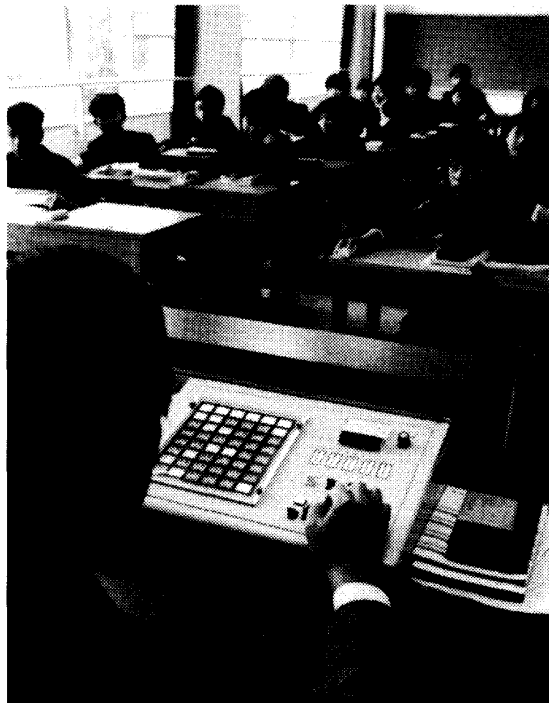


写真4 反応分析装置を利用した授業

るという、視聴覚機器にはみられなかった機能を持ち、システム化には欠如できない機器とされたからである。筆者は、この機器の性格について「暖かい人間教師によって冷たくあしらわれている子ども(学習者)に、冷たい機械によって暖かく対応しようとする教育機器である。」と、有効利用への期待を込めて記している。²⁰⁾ 集団による一斉授業では、教師が意図的に冷たくあしらっているわけではないが、結果的に冷たくあしらわれていると思う子どもが生じることは避けがたい。その冷たくあしらわれている学習者を温かく見守っていかう。そこに反応分析装置を位置づけて「最適化」を図るよう主張した。

当時(1969年～1980年ころ)、筆者が実践研究に関わったいくつかの学校²¹⁾について、有効利用の効果の一部を紹介しておこう。[資料6]にみるように、学習者にとって「よくわかる」とか「楽しい」という回答がきわめて多かった。注目したいのは「楽しい」が「よくわかる」を上回ったことである。自由記述をみると「手を挙げなくても、(ボタンを押すと)先生に自分の意見がわかってもらえる。」(山梨県富士小)や「先生にすぐわかってもらえるので、学習の励みになる」(宮城県仙台二中)とか、「話をよく聞くようになった。」(宮崎市小戸小)や「今までみたいに、いいかげんに授業を受けなくなった。」(青森県弘前二中)というように、教師との緊密感(コミュニケーション)や自己の学習態度(情意)についての意見が目につく。栃木市立西中学校の『研究集録』(1972)は、「『勉強がわかるようになった』『おもしろくなった』という生徒の声が聞かれ、とにかく全般的に生徒の学習に対する興味・関心・意欲が高まった。」と、反応分析装置活用の効果についてまとめている。

こうした効果の背景には、周到的指導プログラムの作成による授業の「最適化」への工夫など、教師の並々ならない努力を見逃すことはできないが、反応分析装置自体が「最適な」学習を可能にする機能をもっていたからである。子どもたちの証言を真摯に読みとると、反応分析装置は、学習者にとって「コンピビビィアリティのための道具」であったことがわかる。かつてティーチングマシンがそうであったように、ここでも、学習の「最適化」と「コンピビビィアリティ」との結びつきを確認することができる。

だが、一方では、反応分析装置を使用すると学習活動の記録を容易に収集・分析でき、授業

[資料6] 反応分析装置を利用した授業に対する児童・生徒の反応

	鹿児島県 照島小	八戸市 多賀台小	山梨県 富士小	仙台市 第二中	東京都 若木中	群馬県 太田東中
よくわかる	66 %	62 %	68 %	56 %	69 %	77 %
楽しい	73 %	79 %	84 %	76 %	90 %	89 %

活動の様相を客観的に数量化できる利便さもあって、いわゆる「S-P表」等の授業分析が、教育工学研究者の間で歓迎され、その研究報告も数を増加した。反応分析装置の活用により授業分析を科学化して「最適値」を求める。それが反応分析装置の最大の効能であるかのような研究報告もみられた。こうして、反応分析装置は、指導プログラムによる授業改善ののほかに、研究のための授業分析の方向にも進展し、二極化現象がみられるようになった。とりわけ、後者が研究校などに影響を与え、科学的な授業改善には授業についての数量的な分析が必要で、そのためにこそ反応分析装置を活用すべきだ、との傾向が強まった。

残念なことに、授業分析と反応分析装置が結び付けば付くほど、反応分析装置の授業での活用が低下するという結果を招いた。授業研究のための授業分析と授業改善のための活用との混乱が生じたのである。それは反応分析装置にとって不幸であった。授業分析のための機器とみなされ、イリッチのいう「操作的な道具」として利用され始めると、コンピュビィアルな道具の座を急速に喪失し、その生命をも短縮させることになった。

4. ティーチングマシンや教育のシステム化からみた「最適化」の課題(中間まとめ)

今回は、教育工学前史・成立期から黎明期・初期発展期にかけて、教育工学がどのように捉えられ、実践されてきたか、「最適化」の視点から考察し検討した。とりわけ、ティーチングマシンと授業のシステム化に絞り、教育実践の場で学習者がどう受け止めたかを中心にみてきた。提起された課題のいくつかを中間のまとめとして列記しておくことにする。

- (1)「最適化」は、教育(授業)のシステム化を推進していく際の重要なキーワードとして誕生した。ただし、それ以前から、この考え方(思想)は存在していた。
- (2)授業改善や授業改革に際しては、必ずといってよいほど「最適化」の考え方が、「改善(改革)の思想」の中核をなしてきた。だが同時に、形式化や表面的な模倣など形骸化されやすい脆さを露呈してきた。
- (3)「最適化」は両刃の剣であって、設定する目標の価値(方向)によって事態の状況が左右される。常に良好な事態になるとは限らない。好ましくない事態をもたらす危険性もある。良好な事態か否かのメルクマールは目標の価値におかれる。
- (4)「最適化」は、目標の効率的で確実な実現を目指して、関与する要素を組織化するトップダウン方式(例えば教育のシステム化)が一般的である。だが、学習者の「最適な学習づくり」に関与する要素を組み立てながら、目標価値の効果的な実現を図っていくボトムアップ方式(例えばプログラム学習)も考えていく必要があるのではないか。

- (5) 学習者が快適に学習できて始めて「最適化」は意味を持つ。「最適化」かどうか、それは学習者にとっての「最適さ(快適性や確実性)」が決め手になる。その際にはコンビィビィアリティの思想が大切で、目標の修正(改善)も視野に入れて捉えていく必要がある。
- (6) 「最適化」は機器(ハードウェア)のシステム化に陥り、「操作的な道具」になる危険性がある。必ず「人(教師と学習者)」と「情報」を包含したシステムで考える必要がある。
- (5) 「最適化」は、工学でいう「最適値」(th opimal point)を求めることではない。だが、あまり明確に区別されていなかったのではないか。

以上の課題を踏まえながら、次回でさらに検討を深めていきたい。

(注)

- 1) 以下の文献を参照。『新教育の辞典』(平凡社, 1979)の項目「教育工学」(坂元昂)の説明(pp. 187-189)。宇川勝美「教育工学の成立」(講座『教育の現代化と教育工学』第1巻・大内茂男ほか編『教育工学の成立』明治図書, 1971, pp. 7-11)。西之園春夫「教育工学の展開」(教育工学講座第1巻・坂元昂編『現代社会における教育工学』大日本図書, 1971, pp. 112-113)。小池栄一著『教育工学の現代的課題』酒井書店, 1991, pp. 13-16。
- 2) 西本三十二, 洋一著『教育工学』紀伊国屋書店, 1964, p. 125。なお, 本格的な翻訳書(A5版, 600頁余)として, 1961年に『学習プログラミングとティーチングマシン』(西本三十二監訳, 学習研究社)が出版された。原著は, Lumsdain, A. A. & Robert Glaser: TEACHING MACHINES AND PROGRAM-MD LEARNING a source book, DEPARTMENT OF AUDIO-VISUAL INSTRUCTION NATIONAL EDUCATION ASSOCIATION, 1960。
- 3) 波多野完治「学習心理学と教育の革新」, 『プログラム学習入門』別冊教育技術 No. 1, 小学館, 1962, p. 8。
- 4) 『プログラム学習の授業』別冊教育技術 No. 2, 小学館, pp. 2-3, 1963。
- 5) 古藤泰弘「実践と実験を通してみた中学社会科プログラム学習 2. 地理的分野におけるプログラム学習」, 『東京学芸大学研究報告第14集』1963, pp. 64-68。
- 6) イヴァン・イリッチ著, 東洋・小澤周三訳『脱学校の社会』東京創元社, 1977。
- 7) 古瀬幸広・広瀬克哉著『インターネットが変える世界』岩波書店, 1996。
- 8) 古瀬幸広ほか・前掲書, p. 7。
- 9) 西本洋一・篠田功編『教育工学用語辞典』(学習研究社, 1975)の項目名「最適化」(p. 112)の説明。
- 10) 沼野一男編『教授工学基本用語辞典』(国土社, 1974)の項目名「最適化」(p. 134)の説明。
- 11) 古藤泰弘著『CAI学習ソフトウェア作成の理論と実際』(財)才能開発教育研究財団, 1988, pp. 2-3。
- 12) 古藤泰弘「TMの歩み」, 研究誌『教授・学習過程の工学的研究』教育工学研究協議会, 1971, pp. 15-16(要約的にまとめ直した)。
- 13) Lumsdain, A. A.: Educatinal technology, Programed learning and Instructional Sciences. In Hilgard, E. R.(ed.) Theories of Learning and Instruction. The 63rd Year book of NSSE.: Univ. of Chicago Press, 1964。

教育工学における「最適化」に関する研究(1)

- 14) 坂元昂編『現代社会における教育工学』（教育工学講座第1巻，大日本図書，1971）の冒頭に所収.
- 15) 坂元昂著『教育工学の原理と方法』明治図書，1972. p. 2.
- 16) 東洋「教育工学とは何か」，『数理科学』5号4巻，ダイヤモンド，1969, pp. 2-7.
- 17) 坂元忠芳「教育の『合理化』ではないか」，雑誌『現代教育科学』No. 153, 1970年7月号，明治図書，p. 18.
- 18) 沼野一男・古藤泰弘編著『反応分析装置と指導プログラム』学習研究社，1974, p. 8. なお，文部省初等中等教育局『昭和46年度教育機器利用に関する講習会講義要項』参照.
- 19) 古藤泰弘「教育機器のシステム」，研究誌『教育システムの基礎研究』教育工学研究協議会，1972, p. 29.
- 20) 沼野一男・古藤泰弘編著・前掲書 p. 12.
- 21) 筆者が，当時，実践研究に関わった学校名や個人名，教育センター等(約25余)については，授業技法研究会(代表・古藤泰弘)編『指導細案の作成と実例』（学習研究社，1982）のp. 4に掲載してある.