

教員養成大学における情報処理教育

野 坂 弥 蔵 ・ 林 隆 一

Yazo NOZAKA and Ryuichi HAYASHI :

INFORMATION-PROCESSING EDUCATION AT A TEACHERS COLLEGE

Abstract

This paper is an attempt to provide the goals of the information-processing education at a teachers college. It gives three goals as follows :

(1) To understand the basic knowledge of electronic analog and digital computers and their functions.

(2) To acquire a habit of thinking analytically and logically by writing flow charts of systems or modeling systems.

(3) To experience and acquire the system thinking.

The main contents are (1) digital computers (2) analog computers (3) system approach.

I は じ め に

自動車という物質 (material) とガソリンというエネルギーとがあっても、これを運転する人がいなければ車は正常に走らない。人と車は一体のもの、即ちシステムとなつてはじめてその機能を発揮する。運転者は眼や耳などによって道路の状況を知り、ハンドルやアクセルによって車の位置や速度を制御する。眼や耳から入る道路の状況などを情報 (information) と呼ぶ。

物質やエネルギーを扱う技術が発達するとともにシステムも大規模になり、これを旨くコントロールするための情報の量も増大してくることは、宇宙飛行システムをみれば明らかである。このように必要な情報の量が多くなると、情報を集め、整理し、貯えておいて、必要な時に再び取り出してくるという、いわゆる情報処理の仕事は、電子計算機の助けを借りなければ不可能となる。

従つて、これからの時代に生きる人々には、システム、情報処理、電子計算機などに関する知識が不可欠なものとなるであろう。

文部省大学々術局は最近、「情報処理教育振興に関する当面の施策」について中間報告をし、「学校における情報処理教育は、技術者の養成という見地もさることながら、むしろ情報化時代を主体的に生きる人間の教育はいかにあるべきか、という視点から適切なものでなければならぬ。即ち、情報化社会においては、はん濫状態にある各分野の情報を整理圧縮し、必要

に応じて検討する知識・技術が日常生活においても必須のものとなると考えられるし、そのような知識・技術なくしては、主体的に生活できないと思われるからである。」と述べ、また、「初等、中等教育の理科、数学等の教員に情報処理知識を修得させるため、教員養成大学においても効果的な措置を講ずることを検討する必要がある。」としている。

しかるに、教員養成大学における情報処理教育の目標、内容、方法について発表されたものは見当たらないので、著者等は、その目標、内容および方法について考察した。その結果、1 試案を得たので、各方面からの批判をあおぎ、より良いものに修正してゆく含みをもって、ここに発表する。

II 情報処理教育の現状

小・中学校、普通高校では殆んど取り上げられていないと思われる。高等学校で取り入れているのは、商業高校と工業高校であろう。

1. 商業高校の場合

松江商業高校では、昭和43年10月に NEAC-1210 を購入し、商業担当の先生が管理して、商業科の授業および課外活動に使用している。即ち、「事務機械」は、第2学年で年70時間、第3学年で年105時間、合計175時間の実習科目であるが、第3学年の始めに作表加算機、簿記機、会計機を約60時間実習し、後半約45時間で電子計算機の実習を行なっている。内容は、

- (1) 計算機の構造の概要
- (2) 四則演算、平均値等を求めるプログラミング
- (3) 簿記、会計用プログラミング

であって、将来は国家試験2種に合格する程度の実力を養成する予定である。

パンチ機械は1台しかないが、加算機などの実習でパンチ練習をしているので全員が自作のプログラムをパンチして電子計算機にかけることができる。ただし、国家試験合格のためには、もう少し授業時間を多くする必要がある。

2. 工業高校の場合

境港工高では、数年前に FACOM 334 を購入して、電子科で管理し、電子応用の授業35週×3時間=105時間の1部として講義している。内容は、

- (1) 電子計算機の構成概要(入出力装置、記憶演算装置、制御装置)
- (2) 計算機における数の表わし方
- (3) 加減乗除とその回路
- (4) 電子回路によって構成される基本論理回路
- (5) 記憶装置
- (6) プログラミング

この他に、実習を6時間行なう。その内容は

- (1) 論理回路の実験装置(logic trainer など)による基本論理回路の実験

(2) プログラミング演習

一般の実習時間内では、生徒各自が作ったプログラムを実際に計算機に入れて答をだすことはできない。その理由は、入力テープ作成機が1台しかないため、テープ作成に時間がかかるからである。

このため、課題専攻方式の学習を取り入れている。即ち、3年生の実習時間を一般の実習と課題専攻実習に分ける。課題専攻実習とは、電子計算機を専攻する班（5、6名のグループ）や、テレビを専攻する班などに分け、各自の専攻テーマだけを実習する方式である。電子計算機専攻班では、各自の作成したプログラムを実際に計算機に入れてみるので、9元1次連立方程式などを解いている。

3. 工業高専の場合

今秋、文部省大学々術局技術教育課が全国高専における情報処理教育の現状を調査したところ、情報処理教育を実施しているのは、電気工学科が最も多く44高専中36校であり、年間35～455時間をとっている。次いで、機械工学科は44校中22校で、年間35～385時間である。

内容は、電気工学科ではプログラミングとハードウェア、機械工学科ではプログラミングが多いようである。

担当教官は、夫々の専門教官および数学の教官で、プログラミングの例題としては、数学（多項式の値、平均値、標準偏差、相関係数、多元1次連立方程式の解、1元多次代数方程式の解、微分方程式の解、定積分の値、LP）、材料力学（梁）、データ処理（振動変位の度数分布、沈降法による粉体粒度の測定）等が用いられている。

4. 教員養成大学の場合

教員養成大学における情報処理教育の現状と見解を知る目的で、昭和44年10月に45国立教員養成大学技術科にアンケートをだし、29大学より回答をえたので、次にその結果の概要を示す。

現在、一般教養科目として情報処理関係の講義がもたれているのは、29校中1校であるが、将来開講する必要があるという回答は、29校中27校あり、その内容としては、OR、システム工学、情報理論等の要点を再構成したもの、電子計算機概論、統計学等が適当であると考えられているようである。

数学科、技術科の専門科目として「電子計算機」の講義が開かれているのは、5校ある。

情報処理教育の必要性を感じながらも現在殆んど実施されていない主な原因は、教官の不足にあるようである。

5. 教員養成大学における情報処理教育の目標

従来の学校教育では、数学、理科などの教科を通じて分析的、論理的思考の訓練を行っていたと思われるけれども、多くの内容を限られた時間で消化するため、学習者をして再創造的に定理や法則を発見せしめるだけの余裕がなかった。練習問題にしても、答を出すのに必要で十分な条件が与えてあるので、数学で練習したことは、数学の中では役立つが、実生活と直結しなかった。

即ち、

- (1) 複雑な現象を分析して、必要な因子を抽出する訓練
- (2) 物事を総合的視野から眺める訓練

はあまりやられなかったので、面倒な分析を避けて直観的な勘に頼ったり、サブシステム (subsystem) を最適にすれば全システム (total system) も最適になるであろうという錯覚に陥りがちであったと思われる。

電子計算機のプログラムを組む時には、先ず問題を明確にし、計算手順を分析し、論理の流れを誤らないようにしなければならないため、分析的、論理的思考の訓練にはプログラミングは絶好の手段であろう。

システム全体の最適化は、必ずしもその各部分 (即ち、サブシステム) の最適化によっては達成されないという、いわゆるシステム思考を出発点として、全システムを最適化する方法を追求するシステム工学的手法の実践は、論理的思考および総合的思考の訓練手段として有効であると考えられる。

以上の考察にもとづき、教員養成大学における情報処理教育の目標を次の3点におくことにした。

- (a) 電子計算機の機能についての基礎的知識の理解
- (b) 論理的思考の訓練
- (c) システム思考の体得

〔注〕 この目標に基づいて内容を選択する際に、注意しなければならないことは、前述のアンケートにもあるように、教員養成大学での情報処理教育はあくまでも一般教育であって、経済学部や工学部におけるような職業教育ではないということである。

III デジタル電子計算機

電子計算機 (electronic computer) にはデジタル型とアナログ型がある。ここでは、デジタル型を単に電子計算機と呼び、アナログ型をアナコンと呼ぶことにする。

電子計算機の教科書を見ると、ハードウェア (hardware) に重点をおいたものと、プログラミングに重点をおいたものと、両方をほぼ同程度に扱ったものとあり、II章で述べた調査結果によると、電気工学科や電子工学科ではハードウェアも扱うが、機械、化学、経済、商業などの学科ではハードウェアはあまりやらないようである。

教育学部では、ハードウェア、例えば、flip-flop は、トランジスタ、ダイオード、抵抗、コンデンサーなどがどのような回路に組んであるかというような知識は不必要と思われるが、電子計算機の中で命令や数値が、どこに記憶され、どのレジスタに送られて演算されるのかというような信号の流れを理解する程度の知識は必要であろう。また、プログラミングにしても、工学部や経済学部のように、FORTRAN, COBOL などの自動言語 (automatic language) によるプログラミングを詳しく扱う必要はないと思う。むしろ、重点は問題を分析して、基本的

演算の系列に分け、計算手順 (algorithm) を明確にすることによって、分析的、論理的思考の訓練をする点にあると考える。具体的には、フローチャート (flow-chart) を作ること、および記号言語 (symbolic language) によるプログラミングに重点をおくことになり、取り上げる練習問題は、数学、論理学、およびシステムのシミュレーション (これについてはV章で述べる) から選ぶことになる。

以下に、電子計算機についての講義内容の項目だけを列举してみる。

1. 2進法

10進数と2進数。2進数の加減乗除。補数。2進化10進数。

2. 基本論理回路

各種の gate (NOT, OR, AND, NOR, NAND)。flip-flop。Boole 代数の基本定理と各種の図法 (Venn 図, Reitch 図, Karnaugh 図)。一致回路。選択回路。半加算器と全加算器。resister。accumulator。counter。

この節の目標は、制御装置や演算装置の主要部をなす resister, 加算器, counter など、それ等を接続する各種の gate 類の機能を理解することによって、電子計算機の仕組みを知り、プログラミングを容易ならしめることである。gate や resister などの機能は実験によらなければよく分からないから、実験装置が是非必要である。これには、スイッチやリレーを組合せ、入力手でスイッチを押し、出力はパイロットランプの点灯で示すような簡単な装置 (写真1) と、ダイオードやトランジスタを使用した論理回路実験装置 (写真2) がある。

前者は著者等が試作し、実際に授業に使用してみたところ、理解を助けるには極めて効果的

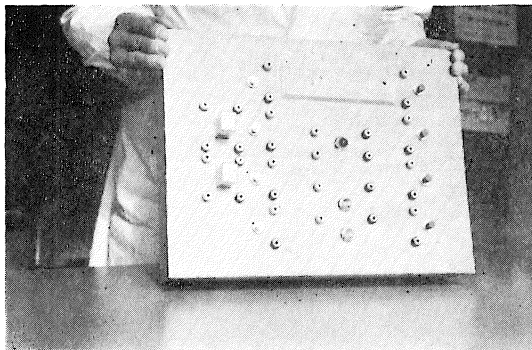


写真 1

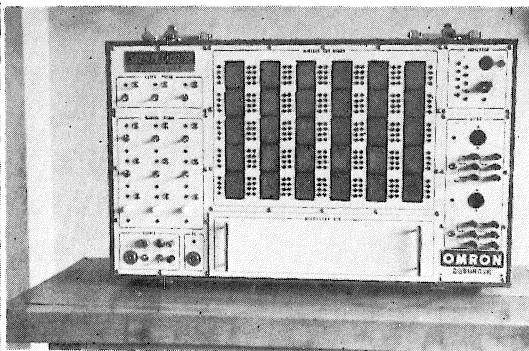
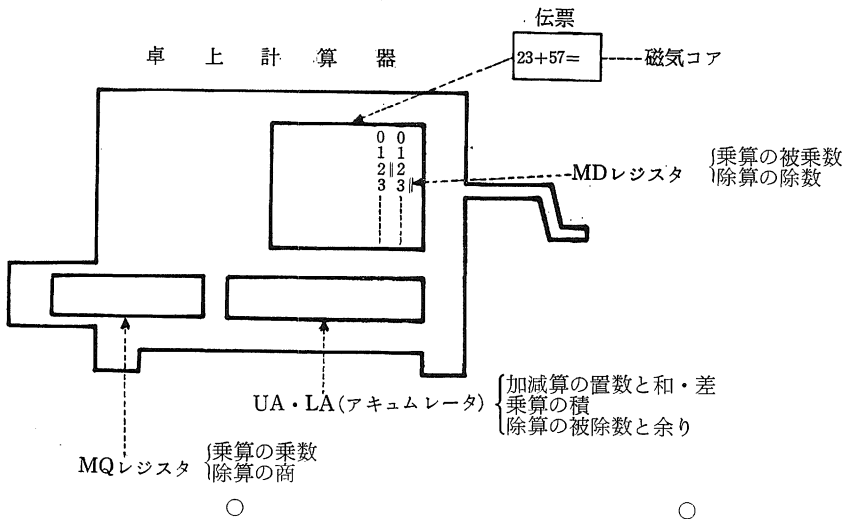


写真 2

であるが、入力が手であるため、1段目の出力を次段の入力へつなぐことに難点があることが分った。後者は、ロジック・トレーナとかデジタル・トレーナとかの商品名で市販もされている。

3. 演算装置, 制御装置

手廻し卓上計算機との対応



4. 記憶装置と入出力装置

紙テープと磁気ドラムに記憶された bit, byte, word の関係。word の構成 (命令語と数値)。数値 (固定小数点と浮動小数点)。磁気ドラム, 磁気コアの記憶番地。記憶装置の種類と access time, 記憶容量。テープ (またはカード) のパンチ機械と reader。line printer。

5. 機械言語 (machine language) による加減算プログラム

〔例1〕紙テープ上の命令語と数値が磁気ドラム上にどのように移されるかを明らかにし、次に磁気ドラム上の命令によって、磁気ドラムにある数値がアキュムレータに置かれ、そこで加減算され、答が磁気ドラムに記憶され、そこから出力装置へ送られるという順序の概略を卓上計算機と対応しつつ理解できるような例題。

〔例2〕前問を少し詳しくする。即ち磁気ドラム上の命令語が命令レジスタに入り、そのレジスタからの指令によってゲートが開いて、ドラム上のデータがアキュムレータに入る仕組みや、ジャンプ命令によってインデックス・レジスタが働く様子が分るような例題。

6. 記号言語によるプログラミング

フローチャートを書いて計算の手順を明確にし、そのチャートを見ながら記号言語でプログラムを書くことによって、計算機内部でのデータの授受や演算の経過を知り、計算機の機能と使用法を理解するとともに、分析的、論理的思考の訓練を行なうのを目的とするのであるから適切な練習問題を色々な分野から集める必要がある。この際、特に注意すべきは、従来、数学の授業などでやっているように、練習問題を与えてその解を求めるといった方式だけにとらわれず、問題そのものを学習者自身に見出させるような方法を考えねばな

らないだろう。これについては、V章で述べる。

IV アナログ電子計算機

アナログ電子計算機（以下アナコンと呼ぶ）は、デジタル電子計算機の影にかくれてマスコミにあまり現われないが、優秀な計算機が次々と登場しても簡便な計算尺の価値が失われないうように、実用的にも、教育的にも有用な計算機である。特に、微分方程式を解く場合や自動制御系をシュミレート（simulate）する場合に威力を発揮する。

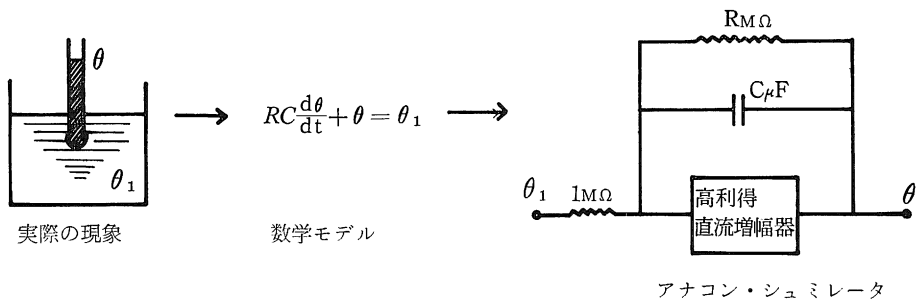
この章で目標としているのは、

- (1) 積分や微分方程式をより親しみ易いものにする
- (2) 実際の複雑な現象の要点を把握して、数学モデルが作れるようにする
- (3) このモデルをアナコンという電気回路に置き換える（即ち、シュミレートする）ことができるようにする
- (4) このアナコン回路で実験することによって、実際の現象を解明する方法を会得することである。

〔注〕多くの力学の教科書の大部分のページが微分方程式の解法などの数学的手段の説明に費されているのでも分るように、教育的に大切なのは微分方程式という数学モデルを作ることであるにもかかわらず、学習者は微分方程式の解法にエネルギーと時間をかけざるを得ないため、重点を見逃す傾向がある。もし、微分方程式の解法をアナコンにまかすことができれば、もっと教育効果が上がるであろう。

〔注〕“湯の温度が時間的に変動している時、これを普通のアルコール温度計で測定すると、真の温度 θ_1 °C と、温度計の示す温度 θ °C の間にどんな関係があるか。ただし、湯の量は不変である。”

このような簡単な問題でも、実際に実験しようとする時、温度を変動させるにはどうするか、湯を攪拌するにはどうするか、など面倒であるが、次のように数学モデルを作り、アナコンでシュミレートすれば、温度の変動は入力電圧 θ_1 を変動させればよいので簡単であり、直ちに解が記録される。従って θ_1 の変動の仕方を色々に変えた場合の実験を短時間でこなすことができる。アナコンでシュミレートする場合の手順を図示した。



ただし、 C は温度計の熱容量、 t は時間、単位時間に湯から温度計へ伝わる熱量を $\frac{\theta_1 - \theta}{R}$ とする。上記の4つの目標を考慮して、取り上げるべき教材を次のように考えた。

- (1) アナコンの原理
- (2) 定数係数常微分方程式の解法
- (3) シミュレーション

この章の目標は、実際にアナコンで実習してはじめて達成されるのであるから、アナコンは是非とも必要である。著者等が自作して学生実験に供しているアナコンを写真3に示す。

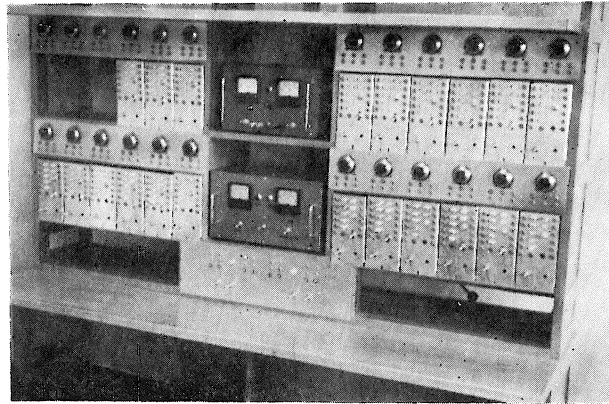


写真 3

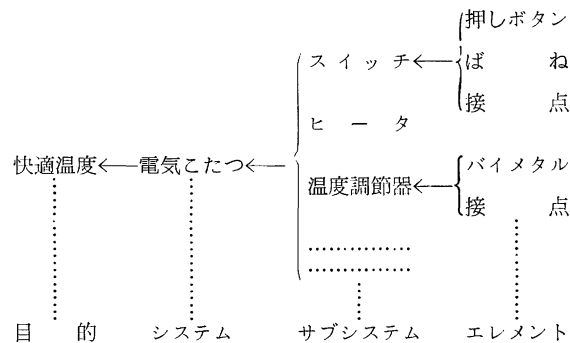
V シ ス テ ム

1. システム

(1-1) 1つの機械が複数の部品から組み立てられている時には、部品の1つが故障すれば、機械はその機能を発揮できないが、逆に部品の1つが極めて優秀で高価なものであっても、他の部品の性能が低ければ、機械全体の性能は高くならない。例えば電気こたつという機械は、スイッチ、ヒータ、バイメタル式温度自動調節器などの部品から構成されているが、スイッチが故障すれば、こたつとして役に立たないし、温度自動調節器が如何に優秀なものであっても、ヒータの容量が小さければ、暖かいこたつにはならない。

また、スイッチも押しボタン、ばね、接点等から構成されているから、その1つが悪くても働かないようになる。

この関係を表示すると、次の様になる。



このような場合、電気こたつは快適な温度を生ずるという目的をもったシステムであり、スイッチ、ヒータなどはサブシステム、押しボタンなどはエレメント (element) と呼ばれる。

(1-2) 人間の運転する自動車は安全・快適に、短時間で目的地へ到着するという man-machine system と考えられる。人、自動車はそれぞれサブシステムである。

(1-3) 会社は最大の利潤を得ることを目的とした1つのシステムである。それは、企画、研究、資材、生産、販売などのサブシステムより構成されている。生産部門だけが能率をあげても、販売がこれにともなわなければ利益はあがらないから、バランスのとれた管理が必要となろう。

(1-4) 電力供給システムは、昼は需要が多く、深夜は少なくなるといった需要変動に対しても円滑に電力を供給するという目的を持った巨大な複雑なシステムであり、発電、送電などのサブシステムより成る。

(1-5) 学校は、教育、研究の効果を最大に発揮するのを目的とした1種の社会システムであり、教官、事務官、学生、施設、設備はそのサブシステムと考えられる。

以上の例で分るように、システムとは、目的を持った行動体（即ち、行政、企業、学校、機械などの目的を達成するために遂行すべき各種の業務の総体）であって、多くのサブシステム或いはエレメントから構成されているものである。

2. システム工学

システム工学は、システムの目標（例えば利益最大、費用最小、自動化など）を最大限に、しかも安価に短時間に達成させる方法を追求する工学であって、その手法の大綱は次のようである。

(1) 目標を明確にする。

抽象的で漠然とした感覚的なものから、具体的で現実的な目標におきかえる。

(2) 現状を分析する。

サブシステム或いはエレメントは何かを分析し、各エレメントの動特性を把握する。即ちシステムを支配する因子を抽出する。

このためには、調査、観察、実験などによってデータを集め、因子分析、行動分析などの方法で分析する必要がある。

(3) 手段の列挙。

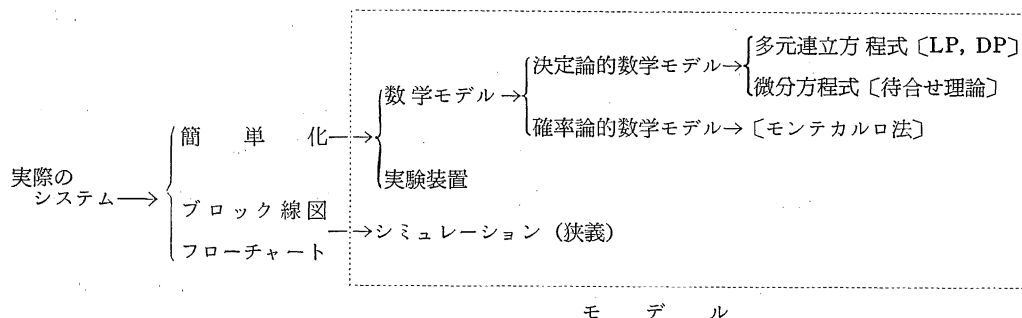
現状分析に基づいて、目標達成の手段を考える。

このためには、自由奔放な着想を期待した brain storming などの方法がある。

(4) モデル化。

列挙された多くの手段の中から、制約条件を満足するものだけを選び出し、それぞれに対するシステムの特性を論理的に記述する。

これをシステムのモデル化という。



(5) 評価関数を定める。

各種の手段の評価基準としては、システムの利益最大とか、システムの目標を達成するための費用最小とか、システムの寿命最長とかであって、これらの関係を関数として表わしたものを評価関数（目的関数）という。

(6) 最適な手段の選出。

各モデルについて評価関数を計算して比較し、最適な手段を選び出す。

実際には、以上の手法を繰り返す。即ち、始めから細部にわたった詳細な分析やモデル化を行なうことは不可能であるから、始めは第1近似的なモデルを考え、計算、実験、修正を繰り返すことによって、より実際に近いモデルに改良して行く。

システム工学の応用例としては、次の様なものがある。

- (a) 鋳物工場の自動制御システム
- (b) 列車切符の集中販売システム
- (c) 情報検索システム
- (d) 工程管理システム
- (e) 在庫管理システム
- (f) 経営情報システム (MIS)
- (g) 天気予報システム

3. システム思考

1, 2で解説したシステムならびにシステム工学的手法の中で教員養成大学の教材として取り上げるべきは、

- (a) システムの概念
- (b) システム的方法
 - (イ) 目標の明確化
 - (ロ) 情報の収集、整理、因子分析、行動分析
 - (ハ) brain storming などによるアイデア発想訓練
 - (ニ) モデル化の手法
 - (ホ) 評価関数の概念

(F) フィードバック制御の概念

であろう。

ただし、これらの項目別に例題を示すことは困難な点もあり、教育的にも知識の断片的注入になる恐れもあるので、総合的例題を取り扱う過程で上記項目のいくつかづつを強調した方が効果的であろう。以下にそのような意図で選んだ例を示す。

【例題1】 道路交通制御システム

300m離れたA, B両地点間には、信号機のついた交差点が2カ所ある。A, B附近の車の混雑を最も少なくするには、2カ所の交差点のサイクル時間と位相をどう定めればよいか。

ただし、その附近の他の道路で交通渋滞しては困るので、青である時間は3分以内でなければならない。また車の制限速度は30kmである。

(1) この例題では、システムの目的があらかじめ与えてある。この事は、目標を明確にするという訓練には不都合である。A, B附近の道路の状況を学生が実際に調査してデータを集め、それに基づいて検討することによって、自力でシステムの目標を明らかにするようにすべきであろう。

(2) 車の混雑を最小にするという目標を達成するための手段としては、道路幅を拡げることも考えられるが、この例題では信号機のサイクル時間と位相を適当にするという手段を選んでいる。この点も教育的には良くなく、brain storming 的な討論をやった後に、この手段に到達すべきである。

(3) この系をモデル化するには、以下に示す様な3通りの方法がある。

(a) 微分方程式を立てる。

自動車の流れを流体の流れとみて、微分方程式を立てる。この時、信号機の青赤は弁の開閉に相当し、自動車の密度は流体の密度に相似させる。

(b) 実験装置を作り、模擬実験を行なう。

パチンコの玉を自動車と考えると模型道路に転がして玉の挙動を観察する。信号機の青赤は、道路を仕切で開閉することで模擬する。

(c) 車の流れを論理的に追跡し、その通りを電子計算機でシュミレートする。

ある瞬間に路上を走っている車の位置、速度、加速度、及び信号の色や歩行者の飛び出す可能性などを論理式で記述する。更に、その瞬間より Δt 時間だけ経た後の時点におけるそれ等の量を論理式で表わすという過程を繰り返して行くと、車の流れが論理的に記述できる。このようなモデル化を狭義のシミュレーションという。

(a)では実際の現象を単純化して微分方程式というモデルに、(b)ではパチンコの玉の運動というモデルに、(c)では実際の現象をできるだけ忠実に論理式に置き換えている。このようにモデル化した後は、実際の現象から離れて、このモデルについて考察し、その結果を利用して実際の現象の類推を行なうのである。

このようにある現象を解明するに当り、何らかの方法でその現象を代用させるのを広義のシ

ミュレーションという。

(c)で述べた電子計算機による狭義のシミュレーションは、電子計算機の容量の許す範囲内で実際の現象をできるだけ忠実にモデル化する方法であるから、単純化した後にモデル化する(a)や(b)の方法よりも、実際の現象に近いだけでなく、計算機の高速度を利用して実際の現象の経過を短時間で再現できるので、子供が横道から飛び出したために急停車するとか、隣の車線の車が前に割り込んできたために減速するとかという種々の場合を短時間で繰り返すことによって、多くの場合に含まれている法則を帰納的に発見できる可能性を持っている。

このように、電子計算機による狭義のシミュレーションは、電子計算機のもつ他の2つの機能(即ち、数値計算及び論理判断)とともに重要な機能であるから、教育面でも取り上げたいのであるが、そのためには電子計算機のプログラミングが出来なければならない。しかし、時間や設備(電子計算機が設置されているか否か)の点で不可能であろう。

(4)評価関数を定めるには、まず混雑というものを明確にしなければならない。これも問題提起を行ない、討論の後に、「道路の単位面積当りに単位時間内に存在する車の台数」で表わすという結論に到着させる方がよいであろう。

【例題2】 2種の製品A、Bを製造販売している会社がある。これらの製品の原料はいずれも輸入によるもので、入手時期が季節的に限定されているから、生産計画を途中で変更することは得策ではない。一方、製品の貯蔵はあまりきかないから、生産過剰の場合は1kgあたり10万円ほどの損失になるという。

製品Aは東南アジア向けで、マージンはトンあたり1億円と大きいし、うまくまとまれば量も多いので、この仕事はなかなか魅力的である。この輸出は年1回あるかなしかの取引で、不足した場合には、その不足分をつぎの期に納入することはできないので、みすみすうまい商売をのがすことになるわけであるが、一方、需要は相手の国の政策によって決定され、価格条件など販売政策の効果もあまり期待できないとあっては、リスクも大きくならざるをえない。過去のデータによれば、需要は確率変数とみなすことができるようで、その分布は表のとおりである。また、輸出部長の勘によれば、来期は15トンの引合いがあるという。

需要量(トン)	確率
0	0.1
15	0.3
10	0.3
15	0.3

製品Bは国内向けで、そのマージンはトンあたり4,500万円と小さいが、来期の需要は事実上無限大と考えてよい。

製品A、Bとも2つの共通の工程をへて生産され、来期の生産能力は次式で与えられる。

$$12x + 9y \leq 180 \quad (1)$$

$$9x + 10y \leq 180 \quad (2)$$

ただし、 x, y はそれぞれ製品A、Bの生産量(単位トン)

で、工場は年中無休で稼働しているが、当分増設は困難である。

輸出部長は、製品15トンの輸出はまちがいないから、これを前提として、会社として最大の利益を上げることのできるような生産計画をたててほしいというし、生産部長はもっと科学的

に、利益の期待値が最大になるような生産計画をたてたいという。

経理部長は、企業経営は安全でなければならないから、最悪の場合を想定して、生産計画をたてるべきであるという。

購買部長は、どうせジリ貧なのだから、運を天にまかせていっちょやってみようかという。各部長の考えに対応する最適解を求め、比較検討せよ。

(1) この例題も〔例題1〕と同じ様に、目標と分析は与えられており、その点では不都合である。

(2) 各部長とも会社の利益を最大にするという同じ目的を持ちながら、各人が考えている手段は違っている。

例題としては、時間があれば、各部長が考えている様なことを討論により学習者自身にみつけ出させる方がよいであろう。

(3) モデル化を考えてみると次の様になる。

(a) 輸出部長の考えでは、製品A15トンの輸出はまちがいないというのであるから、これを前提として考えると、この問題は決定論的なモデルとして取り扱うことができるであろう。

(b) 生産部長は利益の期待値が最大になるような生産計画をたてたいというのであるから、これは確率論的モデルとなるであろう。

(c) 経理部長は、最悪の場合を想定して生産計画をたてるべきだというのであるから、この方針からすれば mini-max の問題としてモデル化すべきであろう。mini-max モデルとは不確定要素が含まれている問題において、最悪の場合を想定して、この最悪の場合に最大の利益が得られる政策をえらぶような型の問題をいう。

(d) 購売部長の考えでは、最も運のよいときに最大の利益が上がるような生産計画をたてようというのであるから、max-max の問題としてモデル化すべきである。max-max モデルとは、mini-max モデルが最悪の場合を想定していたのに対して、最も運のよい場合を想定している。

(4) これらのモデルに基づいて、それぞれの評価関数を決めて最適解を求めると、以下の様になる。

(a') 決定論的モデルとしてモデル化した場合

利益を G (百万円) で表わすと、式(1)、式(2)の制約条件のもとで

$$G = 100x + 45y$$

なる評価関数を最大にするような x, y の組合せを求めるLP (線型計画) の問題となる。

LPに帰着できる問題は多くあり、重要である。

$x = 15, y = 0$ の時、利益は最大で1億5千万円となる。

(b') 確率論的モデルとしてモデル化した場合

製品Aの需要が r (トン) である確率を P_r で表わし、利益の期待値を $E(G)$ (百万円) で表わす。製品Aの生産量がある値 x (トン) と定めると、製品Aの需要が生産量よりも大きいか、

これに等しい場合

$$G = 100x + 45y \quad (r \geq x)$$

製品Aの需要が生産量よりも小さい場合

$$G = 100r - 100(x - r) + 45y = 100(2r - x) + 45y$$

したがって評価関数は

$$\begin{aligned} E(G) &= \sum_{x \leq r \leq 15} [(100x + 45y) P_r] + \sum_{r < x} [\{100(2r - x) + 45y\} P_r] \\ &= 100x \sum_{x \leq r \leq 15} P_r + 100 \sum_{r < x} \{(2r - x) P_r\} + 45y \end{aligned}$$

となる。

$x = 5, y = 40/3$ の時、利益の期待値は最大で10億円となる。

(c') mini-max モデルとしてモデル化した場合

$r = 0$ の時の最大利益を考えるもので、 $x = 0, y = 18$ となり、この時利益は8億1千万円となる。

(d') max-max モデルとしてモデル化した場合

$r_{\max} = 15$ の時の最大利益を考えるもので、 $x = 15, y = 0$ となり、この時の利益は15億円となる。

(5) このように各部長の考えの利害得失を定量的につかみ、会社の経営状態などを考慮に入れて、総合的な判断のもとに会社の方針を決定する。しかし、定量的に比較できる資料がなければ、いつまで議論をたたかわせても水掛論に終わってしまい、とうていまとまらないであろう。

この例題の狙いは、モデル化のしかたによって、いわゆる最適解がいかに変わってしまうものであるか、ということについて体得させることである。

以上で、これらの例題についての項目別の検討を終るが、システムの思考を目標とする教育においては、データ収集の段階から最適な手段を得るまでのプロセスを学習者自身に体験させなければ、教育効果は上がらないであろうということを特に強調したい。

教科書にある例題は、先人の体験の中の要点だけを順序よく並べ、しかも紙数や時間の制約から、先人が苦心してみいだした目標や手段などを明確な形で与えた上で、以後の処理を練習させるという形式のものが多い。学卒者が社会に出て直ぐには仕事に順応できないのは、このような点に原因の1つがあると考えられる。

この体験的学習法を限られた時間と費用のもとで実施するためには、学習テーマの選択と学習者の意欲が問題になる。この点に関しては、教官が互いに情報交換しながら改善すべきであろう。

VI 結 び

1. 高校、高専、教員養成大学における情報処理教育の現状と、情報処理教育審議会の答申

案とを参考にして、教員養成大学における情報処理教育の目標、内容および方法について検討した結果、次の3目標を提案した。

- (1) 電子計算機の機能についての基礎的知識の理解
- (2) 論理思考の習慣化
- (3) システム思考の体得

また、内容中特に重視すべきは、

- (1) フローチャート
- (2) システムアプローチ実習

であろう。

2. 情報処理教育を行なうためには、少なくとも3,300万円程度の電子計算機が各大学に1台は設置されることが必要である。

3. 情報化時代の波は教育界にもうち寄せてきた。従来、教育といえば、人間と人間の直接対話だけによる情報伝達であったが、スライド、テープレコーダ、テレビなどが不完全ながら教師の代役をするようになり、更には、電子計算機が学習者の能力に応じた個別教育をも可能にしつつある。

一方、電子計算機は、ある程度の学習能力（例えば、人間と将棋をさせると、負けた場合を覚えていて、2度とその手は使わないので計算機は次第に強くなる。）を持っているが、パターン認識（例えば、円と正方形を区別する）の能力などに欠けている。このため、「人間が学習するとは？」、「教育効果とは？」ということが、論理的に明確に表現できるようになれば、人間と同じように学習する機械を作ることができるであろうという予見のもとに、既に工学者や企業が着々と学習機械や教育機械を通して教育の分野に進出している。専門であるべき教員養成大学が、教育の本質追求のコースから取り残されないためには、情報処理を主体とした教育工学科を新設して、その方向の教育、研究に取り組む必要がある。

電子計算機教育についての貴重な経験と意見を拝聴した松江商業高校の花田先生、真明先生、西野先生、境港工業高校の前田先生、松浦先生、資料を提供していただいた松江高専の三原先生、およびアンケートに回答していただいた国立大学教育学部技術科主任の先生方に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

内海修也，電子計算機講義，理工学社。

渡辺弘之，やさしい電子計算機，産報。

大塚政景・佐々木俊夫，電子機器（Ⅱ），オーム社。

渡辺龍雄，わかりやすい電子計算機の理論，理工学社。

萩原 宏，デジタル計算機，制御工学，11—6より連載。

佐々木元太郎，学校数学とコンピュータ教育〔上〕，(1969)，近代新書出版社。

文部省大学々術局, 情報処理教育振興に関する当面の施策, (1969)。

松浦俊二, 制御用小型電子計算機について, 工業教育。

大川善邦, 計算機制御の基礎, (1968), コロナ社。

宮武 修・中山隆, モンテカルロ法, (1960), 日刊工業。

依田 浩, 技術者のOR入門, (1967), 朝倉。

Chestnut, Systems Engineering Tools, John Wiley & Sons, (1965).

渡辺 茂, システム工学, 日本機械学会誌, **69**—574, (昭41—11)。

川畑正大, システム解析とシステム総合, 機械の研究, **20**—1, (昭43—1)。

日科技連, OR演習問題集。