

報 文

テクニシャン養成における計測制御用 エキスパートシステムと CAI

川内職業訓練短期大学校 電子・情報システム系 原 圃 正 博

Measuring control expert system and CAI for educating a technician

Masahiro Harazono

要 約 LA あるいは FA における CAT では、コンピュータを中心とした自動計測システムが重要な役割を演じている。そして、システムの構築、あるいは運用に携わる技術者には、高度技術者の要望する専門技術を理解する知識と共に、実際の運用形態における条件を把握した上でのプログラミング能力が要求されている。これは将に、職業訓練短期大学校において我々が育成しようとしているテクニシャン・エンジニアの領域の仕事である。各種の自動計測システムは、コンピュータやインターフェース技術の発達に伴って高機能化され、エキスパートシステムとしての特質を益々包含していく傾向にある。その内部には、多くの専門的知識と共にシステム化に必要な高度な技術が含まれていることから、それを教育用として再構築するならば CAI として大きな効果が得られるものと期待される。そこで、本報文では、既に構築し実用に供している自動計測システムを具体例として、システムを構築する上に必要となる知識を分析し、CAI における教材としての発展性を考察すると共に、計測システムにおけるテクニシャンの役割、必要性について議論している。知識工学的観点から考察すると、テクニシャンの役割は、エキスパートシステムを実際に構築する KE に相当する。従って、あらゆる分野の高度な技術内容に追従し得るためには、なによりもまず、しっかりとした学問体系に根ざした基礎を効率よく学ばせる必要がある。その基本の上に、実際のシステムを実例として与えることにより学習意欲を高め、内部を細分化して構築された CAI 教材を通して学習させることにより、高度な専門技術教育の一端を担えるものと期待される。

I 緒 言

電子、コンピュータ技術を中心とした技術革新は、あらゆる分野に波紋を広げ、今後の発展を期するために必要不可欠な基盤技術となってきている。そして、将来的には経済構造に大きな変革をきたすと共に、需要構造の大きな変化として、専門・技術職の需要超過と技能工・生産行程作業者の供給超過が生じることが予測されている。⁽¹⁾ このような急速な技術革新に対応できる技能・技術者の育成が職業訓練短期大学校における重要な使命であるが、⁽²⁾ 上記のような将来の予測等を鑑みると、従来の単能的な技能者に $+ \alpha$ の高度な技能を付与するのではなく、むしろ現在までの中堅技術者には及ばなかった高度な技能を合わせ持った技能・技術者を育てることこそが、最優先される課題のように思われる。従って、職業訓練短期大学校における今後の教育には、新たな着想と工夫を持った斬新的な訓練内容が必要であ

り、英断的な努力を鋭意展開して行く必要がある。

そこで、このような状況において電子・情報系における職業訓練としての教育・訓練内容をいかに設定していくかは極めて重要であるとともに、それはまた相当に困難な仕事でもある。即ち、現状において将来的な情報処理技術者の不足は十分に予測されるところであるが、常に過度期にある状態での細かい分析は困難であり、適切な訓練内容の設定については、現状と将来を見据えながら流動的に模索を繰り返す以外に道はないようである。そこで筆者らは、慎重に検討された現在のカリキュラムの遂行において効率のよい教育訓練を目指すと共に、学生になるだけ多くの時間をコンピュータにたずさわらせることによる効果を期待し、主に電子専門の内容のシミュレーション形式の CAI 教材を作成している。⁽³⁾ さらにまた、コンピュータを用いた自動計測システムを構築すると共に、実際の実習の中に取り込んでいる。⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ しかしながら、これらの教材を基に授業を進め、そ

して将来的な可能性を追求してみると、必ずしも楽観的な面だけが浮き彫りにされてくるわけではない。特に、CAIについては、きめ細かな教材を創るには膨大な時間を要すること、学問的に完成された教材にしてしまうと、参照することが主体になり単に書物の代替でしか有り得ないことなどを感じるのである。もちろん、コンピュータを教材として取り入れることのメリットは、視覚を通じた情報量の豊富さと動的教材を取り込めることにあるのは確かである。ところが、学生の反応を観察してみると、教材の良しあしの前にその便利さ、目新しさに興味を持つのであるが、教材が包含する意味を追求しようとしない、つまり深く考えようとしないのである。結果として、知識の吸収には、それだけのエネルギーの消費(つまり苦勞)がなんらかの形で伴わなければならないのではないかということを感じるのである。

このような状況を考慮してみると、従来の問題解決形式、あるいはシミュレーション形式のCAI教材がもっとインテリジェント化され、学問上の興味を与えると共に教育・訓練上に不可欠な要素となる必要性を感じるのであるが、その一つの方法として本質的に共通な面を有していると思われる知識工学やエキスパートシステム等との融合を試みるのが考えられる。即ち、エキスパートシステムは一般に特定の目的・用途を対象にして構築されるが、システムの内部には教育・訓練の観点から貴重となる多くの知識が包含されているのが普通である。従って、システム自体に学習意欲を抱かせると共に、それをCAIの教材としてアレンジする事により、新たな可能性を引き出すことができるように思われるのである。

そこで、本稿では直面しているテクニシャン・エンジニアの育成を念頭において、コンピュータを利用した計測制御の分野、特にエキスパートシステムとしての特質を多く含んだ高度な計測システムの教育・訓練への利用について考察する。そして、具体的な計測システムを例に取りながら、現実的なテクニシャン・エンジニアの役割と必要性について言及してみるものとする。

II 計測システムとテクニシャン

LA(Laboratory Automation)における実験・計測の分野、あるいはFA(Factory Automation)におけるCAT(Computer Aided Testing)等では、標準インターフェースを用いた自動化が積極的に計られている。このような自動化は、測り知れないほどの経済的効果をもたらすことは言うに及ばないが、それに加え、プログラム開発によっては多くの作業が比較的容易にインテリジェント化

され、しかもあらゆる場面に適用できうるなどの無限の可能性を秘めている。即ち、単にデータを取り込むというように単機能を期待するのではなく、データ解析、信号処理等の数値計算を含めて、最終資料作成に至るまでの一連の、いわゆるCAE(Computer Aided Engineering)の分野と融合させることにより、システムとしての機能はさらに強化される。もちろん、昨今の測定機器では、CPUを中心としたインテリジェント化、スマート化が計られ、計測システムが一つの計測器に驚くべき早さで変貌して行く事実は良くみかけるところである。しかしながら、一般に計測器の機能の向上は、そのままオペレータの複雑化を意味し、そのオペレータを会得することと、計測結果を解釈することとは必ずしも同一では有り得ない。即ち、計測の価値が単にデータを取ることにあるのではなく、得られたデータからいかに物理的解釈を引き出すかということにあると考えるとき、必ずしも機器そのものの性能が解析結果を最適にしむけると言えないのである。

このようなことを教育・訓練の面から考慮すると、システムを構築する技術には必ず専門性が必要であり、またシステムを構築できる能力には測定結果の分析を可能ならしめる潜在力があると考えられることができる。つまり、総合的な判断力を育成するためには、出来上がったシステムのオペレートの方法を教えるのではなく、あくまでもそのシステムに係わる理論的背景とシステムの構築技法を習得させる必要がある。

ところで、実際の現場的な感覚から考慮してみると、FAやLAを目的とした現場においては、細かな作業や試験の中に単純にもかかわらず多大の時間を必要とするような実験・計測が多数存在するものである。このような場合に、コンピュータを用いた自動化を取り入れようとすれば、具体的にそのシステムの構築を行なうのはどのような技術者なのであろうか。一般に計測システムは必要に応じて構築されることが多く、将に一品料理的な独自性を有しているのが普通である。そこで、経済的、時間的な余裕がある場合においては特注されることもあるが、逆にメーカー側では汎用的なソフトを開発し、システムと組合せにして販売しているものが多く見られる。しかしながら、それでは融通性に欠け、しいてはシステム全体として大きな損失につながる危険性を有している。そこで、専門性を追求するだけの力を有し、システム構築を実際に遂行すると共に、ソフトとハードの両面からシステムのメンテナンスに携われる技術者がいるのであれば貴重な存在となりうるのは明らかである。高度な

技術者との橋渡しができ、しかも実践的な面で活躍し得る、将にテクニシャン・エンジニアの領域の仕事になるものと思われるのである。

Ⅲ 残響時間計測システム⁽⁴⁾

それでは、実際のシステムの構築においてどのような知識が必要とされるのであろうか。ここではそれほど一般的ではないが、建築音響分野において室内の吸音の程度を表わす数値である残響時間の計測システムを具体例として考察を加えてみるものとする。

1 残響時間

残響時間はホール等の音響的設計において、遮音材料や音場の吸音特性を評価するために用いる数値であり、幾何音響学における残響理論に基づいている。具体的には、音場の音響エネルギーが均一となり定常状態になったときに、音源を停止した後の音の強さのレベル、もしくは音圧レベルが60dB 減衰するのに要する時間と定義されている。実験的に残響時間を求める場合には、音源を停止したあとの減衰特性を測定して算出している。

2 計測システムの概要

一般には、高速レベルレコーダを用いた計測システムが残響時間の測定に用いられている。⁽⁶⁾ また、先述のように類に洩れず、残響時間を自動で測定できる計測器もすでに売り出されている。ここでは、あくまでもシステムのインテリジェント化を目指し、さらに CAI への拡張性を前提にしていることから、コンピュータを中心として、プログラム開発によってはあらゆる要求に答えるような柔軟性を持ったシステムとして独自に構築している。⁽⁴⁾ システムのブロック図を Fig.1 に示しているが、システムを構築する上の基本的な考え方は、GP-

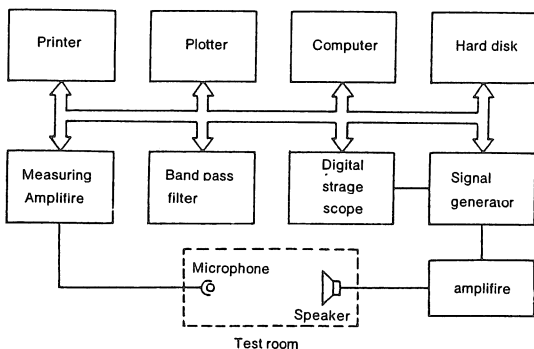


Fig.1 Diagram of reverberation measuring system making use of computer.

IB インターフェースを有した各機器のそれぞれの性能をいかに有機的に結合するかということである。一般に現場では、極めて特異な治具等は別として、本来の目的を遂行するためには、細かい周辺機器を製作するよりも、既に製品化された物を有効利用の方がはるかに経済的、効率的である場合が多い。従って、全体の有効利用の鍵を握るのはソフトウェアであり、それは設計者自身の有する専門性そのものであるといえる。そこでまず、計測の自動化を意識しない場合について Fig.1 の測定器を利用した計測のフローを考慮してみると、次のように整理することができる。

- 1) 音源を（普通はピンクノイズ）を発生し、音場を定常状態とする。
- 2) 音源を停止するとともに、オシロスコープをシングルモード、トリガモードとして、減衰波形を取り込む。
- 3) 減衰波形にエンベロープを想定し、減衰係数を求めさらに残響時間を算出する。

実際には、音源として広帯域のノイズを用いるが、残響時間の測定は1/3オクターブ、もしくは1オクターブ毎に可聴周波数帯域で計測される。さらに平均的なエネルギーを扱うというランダム性を考慮して、各帯域で数回試行してその平均を取るとともに室内の空間平均をとることから、その計測回数は膨大なものとなる。

3 計測プログラムの構築

システムの全容を把握した後、実際のプログラミングに入ることになるが、計測プログラムで最も肝要なことは、計測そのものを理解していない限りプログラムは決して構築できないということである。即ち、計測プログラムにおいては計測方法そのものがアルゴリズムであり、計測者自身の知識がそのままプログラム化される。先のフローにおいてまず1) に関しては、ノイズ発生器が GP-IB コマンドとして、音源を ON, OFF できる機能を

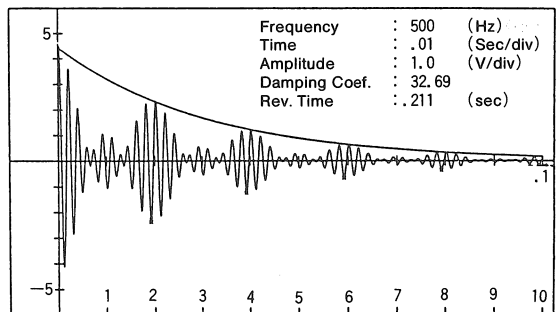


Fig.2 Decay curve of sound for measuring reverberation time.

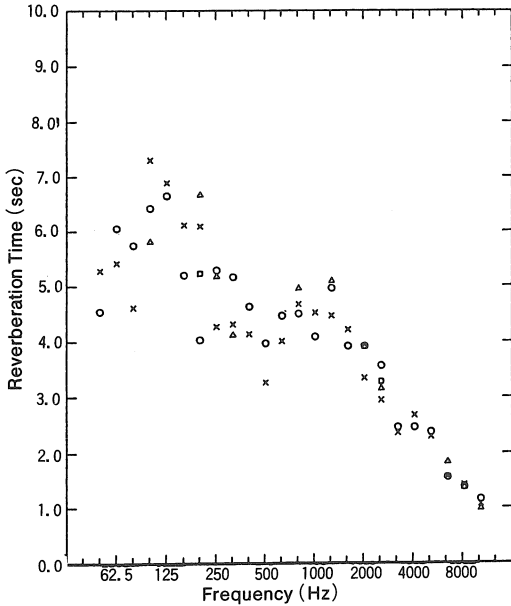


Fig.3 Reverberation time of a reverberation room.

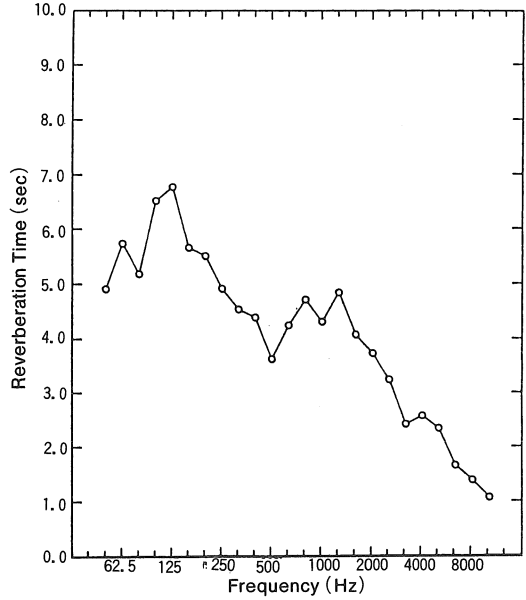


Fig.4 Reverberation time of a reverberation room.

有していれば特に問題はない。さらに2)についても基本的には同様であり、手動操作と全く同一の過程をコンピュータよりコマンドを転送して実行させれば良い。本システムで特に考慮されなければならないのは3)の過程である。即ち、測定結果の一例を Fig.2 に示しているが、このような減衰波形からいかにして減衰係数を、あるいは残響時間を一義的に決定するかということが問題となる。具体的には、減衰波形に沿う包絡線として指数曲線を、もしくはこの波形の実行値を計算し相対レベルで表わしたとするならばそれを近似しうる直線をいかに求めるかということになる。即ち、音圧を P 、初期音圧を P_0 、減衰係数を r 、時間を t とするとき、包絡線が $P=P_0 \exp(rt)$ で与えられたとするならば、60dB 減衰する時間を T_{60} として $60=20 \log \{ \exp(rT_{60}) \}$ より残響時間は算出される。

本システムでは、Fig.2 のような波形に対し計測者が任意の区間を複数個指定すると、その区間におけるデータの最大値を求め、それを標本値として最小自乗法により指数関数を決定するようにしている。Fig.2 では10区間に分けたデータに対して、1~9の区間を2区間づつ分けたそれぞれの区間で標本値としての最大値を求めている。例えば、2~9の区間を2区間づつに分けたとすれば全く異なった結果となるのは明らかであり、また測定結果によっては様々の形態が現われることから専門家の知識が必要とされる場合が多い。但しそのパターンの学習と訓練によっては誰もが遂行できる内容であり、専門家

(エキスパート)に代わって実施できるという面において本システムの価値は多大である。そしてまた、エキスパートのみが持ち得る知識とそのプログラミング技法を教材とするならば、多くの価値が見いだされるものと期待される。

Fig.3 はある残響室の計測結果をグラフ表示したものである。さらに Fig.4 はデータに平均化を施し、最終的な結果として表示されたものである。本システムはこのように総合的な観点からコンピュータ化していることからそのメリットはきわめて大きく、また教材としての付加価値もお多く含まれていると言える。システムプログラムは、計測関係が約350ステップ、データ処理関係が300ステップ、グラフ処理関係が約600ステップとなっている。詳細については紙面の都合で割愛する。

IV エキスパートシステムにおけるテクニシヤンの役割

エキスパートシステムが人間の専門家によって行なわれる仕事に類似した内容の仕事のできるコンピュータシステムであると広く解釈するならば、ここに述べた計測システムは明らかにその一端を保有している。さらに解析技術も含めた総合的なシステムとしての機能も有しており、色々な応用面での発展性も期待される。

そこで、現実的にこのようなシステムの必要性が生じたとするならば、テクニシヤン・エンジニアはエキスパートである高度技術者の要望を理解すると共に、実際

の遂行条件までも考慮してシステムを構築しなければならない。これはエキスパートシステム構築における KE (Knowledge Engineer) の仕事に相当し、システムの評価は KE がエキスパートからいかに知識を獲得し、最適なプログラミングを行なうかに依存する。さらに、多くの経験を重ねることにより、テクニシャン自身がエキスパートと KE の両者の役割を遂行しなければならない場合も十分に考えられ、あらゆる役割とともにそれを実行できるテクニシャンが期待されることになる。

V 知識の整理と分析

上記の計測システムの全容を振り返ってみるとき、システム全体の構築と運用において必要な技術と知識を整理してみると Table 1 のように考えることができる。ただしここではシステムとしての必要性からではなく、教育的観点から考慮してまずコンピュータ技術、計測技術、専門技術の三つの技術に分類した。即ち、専攻課程を問わずコンピュータ技術の教育は不可欠である。そして特に計測に限って言及すると、ハードウェアに関してはインターフェース技術、プログラミングに関してはシステムの流れを把握したうえで、体系的・構造的なプログラム作成能力が必要とされる。次に、計測技術は元々幅広い知識を必要とされる分野であり、各種センサ、計測機器の取扱いを初めとして、データ処理においては多くの可能性を分析できるだけの知識、解析能力が必要とされる。なお、専門技術に関しては特に規定されるものではない。即ち、これは計測を必要とする要因であり高度な専門レベルの知識が必要とされるのは言うまでもないが、通常は測定対象により様々の専門分野に取って換わるものである。従って、実際にシステムを構築するものにとって必要とされるのは、特定の高度技術者の専門の深さではなく、システムに関係する最低限の知識をす早く理解し、システムが最適になるようにしむける应用能力であり、それは工学的な基礎学力、基本実習能力をいかに習得するか依存する。

VI CAI システムへの発展性

エキスパートシステムが知識の集合体であるとするれば、そのまま CAI 教材となりうるのではないかということとは容易に推察されるところである。問題は高度なレベルに完成された応用システムを教育用としていかにアレンジするかということに加え、そのシステムに必要とされる知識の教授がカリキュラムにおいて内容的、時間的に実現可能かどうかである。また、先述のようにシステム

には多くの分野の知識が必要とされるが、実際にはそれぞれの分野の限られた部分の知識が有機的に結合されているという事実も考慮しなければならない。

従ってまずは、学問体系に従い一般教養、基礎工学、専門基礎等の習熟を踏まえ、システム全体の概要を把握できるだけの基礎能力を形成させることが肝要である。但し、ここで最も注意すべきことは、すべての科目において体系付けた講義を行なうことだけは避けなければならない。短い訓練期間を通して高度なテクニシャンを育成するためには、教授内容の適切な取捨選択を通して各科目の有機的な連携を確保することが最も重要かつ不可欠なことである。そしてもちろんのことながらこの過程に平行して一般科目において CAI の特徴を十分に生かすと共に、プログラム言語教育、数値解析演習等を通してコンピュータリテラシー教育と最低限の解析能力を付与することが望まれる。

Table 1 Knowledge required for reveberation time measuring system.

コンピュータ技術	コンピュータ・ハードウェア プログラミング
計測技術	計測工学 センサの知識 計測機器 統計・解析 データ処理
専門技術	電気回路 音響工学 建築音響学 振動工学

このような過程を経るとすれば、実際的な応用システムの概要をつかめるだけの素養が形成されるものと思われ、さらにシステムの細部にわたって学習する場合にも、それぞれの内容を深く推敲しうるだけの能力が形成されるものと思われる。そこで、例えば本システムについて応用面における CAI 教材の単元を整理すると次のような項目が考えられよう。

- 1) GP-IB とその利用について
- 2) 計測機器と取り扱い
- 3) コンピュータによるコントロールとプログラミング
- 4) データ処理

5) データの利用、グラフ処理

6) 残響時間、振動、その他専門内容

即ち、実際の応用プログラムに対し、以上のような内容を CAI 教材として盛り込み、現実的な運用と平行した学習を通して、効率のよい教育・訓練が可能になると思われる。無論、現実的にはその作成段階において、多大の時間と工夫が必要とされ、試行を繰り返しながら発展させていくことが肝要である。

VII 結 言

エキスパートシステムとしての特質を包含した高度な計測システムの自動化に必要な知識と、それを構築するためのプログラミング技法について具体的なシステムを例に取り、テクニシャン・エンジニアの必要性和システムを CAI の教材として転用する可能性について検討した。本稿で述べたシステムは特定な一例に過ぎないが、これに類似したシステムはあらゆる分野において今後ますます必要とされる傾向にある。従って、テクニシャン・エンジニアとしてこのような技術を習得しえるならば、今後の情報社会において確実にそのニーズは高まるものと考えられる。但し、その内容を深く考慮してみると、要求される知識は幅広く高度でもある。従って、限られた短い期間において密度の高い教育・訓練を実施して行くにはよほどの工夫と努力を重ねる必要が有る。幸いにも、ここまで川内職業訓練短期大学校において検討されてきたカリキュラムには基礎工学、専門基礎として基本的な内容は十分に網羅されている。また、特にコンピュータ技術に関しては重きを置き、機器の整備も十分に図られている。そこで今後は、これらの機器を用いた実際的な応用プログラムの構築を行なうと共に、それらを教材として効率よく使用するための周辺環境を整備する必要があり、そのための体系的な研究が望まれるところである。

尚、現在昭和63年度指定研究制度に基づき、計測制御分野におけるエキスパートシステムの新たな構築、並びにシステムの CAI への利用について研究を進めているところであることを付記する。

参考文献

- 1) 内田敏之, "2000年の職業構造と職業能力開発," 職業能力開発ジャーナル, Vol.30, NO.3, 28-32(1988).
- 2) 昭和63年度の職業能力開発行政, 職業能力開発ジャーナル, Vol.30, No.4, 8-18(1988).
- 3) 原圃正博, "電気回路学習プログラム," 昭和62年度

職業訓練教材コンクール出品資料, (1987).

- 4) 原圃正博, "コンピュータを用いた残響時間計測システム," 川内職業訓練短期大学校紀要, 第2号, 29-39(1987).
- 5) 原圃正博, 他, "ハル・ダンピング材の損失係数," 日本音響学会講演論文集, 1-6-4, (1984).
- 6) K. B. Ginn, M. Sc., Architectural Acoustics, B&K, (1978).