

物理シミュレーションモデルをベースにした知的訓練 システムの開発

宮阪 信次, 乾 昌弘

大阪ガス(株) 技術開発部 新技術室

本論文では物理シミュレーションモデルをベースにし企業内教育を目的とした知的訓練システムの開発について報告する。人工知能の技術と定性モデルの様な対話型のツールを用いる事によって、強力で受講者のレベルに応じた教育システムを開発する事が可能である。ここでは、システムの構成、モジュールごとの内容、システムの特徴等について詳述する。又、応用例として、電力系統切り替え訓練を紹介する。

Development Of A Model-Based Intelligent Training System

Nobuji Miyasaka, Masahiro Inui

Research & Devepolment Planning Dept. Osaka Gas Co.,LTD.
1, Hiranomachi 5-chome, Higashiku, Osaka 541 JAPAN

This paper describes an effort to develop a model-based intelligent tutoring system (ITS) for industrial uses. Through the use of artifucial intelligence techniques and interactive simulation tools such as qualitative modelling, it is now possible to build robust, individualized training systems. Topics covered in this paper include: the system architecture, system modules and the main features. An example, an ITS for a power distribution system, is also provided.

1. 緒言

技術の急激な発達によって、技術者の熟練した技能を向上させる必要が高まってきた。この最新の技術を保持させるために、技術者は、適切な訓練を受けなければならない。しかもインストラクターや訓練用の設備を増加させないで訓練内容が向上しなければならない。このため、教育界ではコンピュータによる教育(CAI)技術を開発する様になってきた。企業内では従業員が複雑なシステムの操作をマスターしなければならないという認識の高まりから、企業内におけるCAIシステムの重要性が明らかになってきた。AIソフトウェアの発達と急激な計算機のコストダウンによって、産業界では、エンジニアリングにおける知的CAIシステムや知的訓練システムにかなり注目し始めている。ここで言う「知的」とは、使用者の知識レベルや上達を基礎にして個人教育をする事ができるという意味である。今回のシステムの開発目的は、広い範囲に渡った領域での知的訓練システムを構築することができるGTS(Generic Training System)の構成を作ることである。

2. GTSの構成

第1図にGTSの概念的な枠組みを示す。システムは3層から成っている。一番目の層は、具体的なITSを作るためのコースウェアを作成する層である。まん中の層は、実際にITSで教育が行なわれ、受講者と対話をするところである。そして3番目の層は、ITS層をサポートするのに使われるソフトウェア群である。

GTSは μ VAX上で開発されており、各部分をインプリメントするために幾つかのよく知られたAI手法が使われている。例えば、連想データベース技術がテキストを基本にした指導部分(Text Based Tutor;以下TBTと略す)に使用され、ルールが教育方法作成部分(Strategist)を作るのに用いられ、黒板が学生モデルと学生の誤りを見つける部分(バクディテクター)に用いられ、オブジェクト指向プログラミングがモデルを基本にした指導部分(Model Based Tutor;以下MBTと略す)に用いられている。この様なAI手法を用いる事によって、汎用性も高めている。

(1)コースウェア開発層

1) Strategy Builder

Strategy Builderは、教育戦略を表わすリンクとノードの形でワーキングメモリの要素を作る。教育戦略は、基本的に受講者を教えるための方法を表わしている、リンクしたサイクリックな「知識グラフ」である。例えば、いつヒントを与えるべきか、いつ受講者を助けるべきか、いつ次の段階に移るべきか等は、このグラフでわかる様になっている。受講者の現在の状態に基づいて、グラフつまり都合よく選択されたパスに沿って進むインタープリターをOPS5上に構築している。このインタープリターは、応用される領域によって変更されることはなく、知識のみを変更すればよい。ここでは、新しいITSの領域を簡単に作るために、宣言型の表現形式を用いている。

2) I K E (T B T Builder)

対話型知識エディターは、テキストをベースにした教育システムを作るときにインストラクターが使う構築支援システムである。主にPEARL（後述）上に書かれたIKEは、インストラクターと会話をしながらPEARL上にインスタンスを作っていく。これらのインスタンスは、与えられたテキスト、質問、正解、評価方法等が含まれる。

3) グラフィックス

μVAX用にDVdraw/DVtools と呼ばれるグラフィックスパッケージを選んだ。このパッケージはC言語で書かれており、FRANZ LISPとインターフェイスができ、装置を表現する手段であるオブジェクト指向の考え方とうまく合う。コースウェアを作るためには、インストラクターはDVdrawを使って、教えるべき装置のグラフィックスを作る必要がある。これらのグラフィックスは、モデルをサポートしているオブジェクトから動的に操作できる。

4) Model Builder

今回のシステムでは、応用例である、PDT S (Power Distribution Training System) に対するModel Builder(モデル作成支援システム)を作った。PDT Sにおける汎用性のある定性モデルが用意されているため、容易に種々の具体的なシミュレーションモデルを作る事ができる。

(2) トレーニング層

トレーニング層は、特定の領域の知的訓練システムである。この層のそれぞれの要素を以下で述べる。

1) Strategist

Strategistは、教育方法を決定するため知的でダイナミックな計画をする部分である。このシステムも他のITSと同様、Strategistが中心となっている。他の主要なモジュールはそれぞれのタスクが終了すれば常にコントロールをStrategistに返す。例えば、予備テストの後、TBTが動き出し、学生モデルとの対話の結果を知らせる。テストの結果によってMBTが動き出したり、さらにTBTが与えられたりする。その決定はStrategistによってなされる。ここでは、完全に黒板に書き込まれた結果からのデータ駆動型になる様にシステムを設計した。

2) TBT

TBTの構成は本質的に連想データベースとつながった手続き型プログラムである。フレーム型の知識表現がテキスト、問題、解答や学生についての情報を記録するのに最善と考えたため連想データベースを選んだ。事実、フレームは、このタイプの知識をうまく表現する。ここでは、ツールとしてPEARLを使用している。

3) MBT

MBTは、Flavorで表現されるオブジェクトを使って作られる。システムのモデルとシミュレーションは、オブジェクト指向プログラミングスタイルを使って構築できるであろうという仮定のもとでMBTを設計したが、この開発を通して、この考えが正しい事を確認した。モジュール性、データの抽象化やメソッドのインヘリタンスの様なよく知られたオブジェクト指向の利点を最大限に利用している。そして、PDS (Power Distribution System) の一般的なオブジェクトや、

シミュレーションで電位のかかっている所や電流の状態を受講者にわかる様にするための電流と電位の伝達の方法を作ることができた。受講者は、広い範囲にわたって異なる場合に対するオペレーションが想像できる。

4) 黒板

[一般的な考え方]

黒板とは、フレームやワーキングメモリーの要素のような蓄えうる情報に対するどんなデータ構造をも取りうるものである。黒板についての一般的な議論は、黒板は特定の限られたデータ構造を持つべきかどうか、コントロールは制約すべきかどうかという事が中心である。GTSをインプリメントする際に、システムが黒板上の情報を把握するためにOPS5のワーキングメモリーの要素を使う設計をした。従って、このシステムでは、ワーキングメモリーと黒板は同じと考えられる。

[学生モデル表現に対する黒板の利用]

黒板は、学生モデルすなわち受講者が知っている事と知らない事に関する情報を蓄えるために便利な構造である。

[バグモデル表現に対する黒板の利用]

受講者の誤った行動(バグ)は、特定のバグを見つけるOPS5上のルールを作る事によって見つけられる。構造に関して言えば、特定のバグルールは、その条件が成立して初めてルールが評価されるため、ルールシステムは非常に適している。(具体的なバグモデルは、後述。)

5) Student interface

受講者は、キーボードとマウスを使ってITSと対話ができる。画面(ターミナル)は、テキスト用とグラフィックス用の2種類から成っている。将来は、1つの画面に両方を出したいと考えている。

(3) ツール層

ここでは、このシステムを構築するのに使用したツール類を列挙する。

1) LISP

Franz LISPを用いている。このLISPは、C言語で書かれており、以下のツール群でうまくコミュニケーションがはかれる。

2) OPS5

3) PEARL

4) Flavors

5) Graphics Support (DVdraw, DVtool)

3. GTSの特徴

(1) 定性モデルをベースにしたシミュレーション

具体的にどの様にモデルを構築したかをPDT5の場合を例にあげて述べる。

1) Device Centered Ontology

電力系統に含まれているスイッチ類を中心に階層構造を構築した。図2にその構造を示す。1番上の階層は、スイッチ(SW)というオブジェクトでまとめられている。スイッチをつないでいるラインやノードは、常に閉じたSWと考えてい

る。トランスは、Sink(消費機器)と Sorce(電源)のペアであると考えている。

2) Complex Constrained Propagation

系の状態がどの様に変化していくか、又、隣に伝播していくかは、各オブジェクト内のメソッドによって記述している。共通のプロセスは、階層構造の上部で、特定のプロセスは、下部で定義される。

3) No Function In Structure

「系の部分に関する法則の記述においては、系の全体の機能を前提としてはならない。」という原理を用いている。このため、具体的なスイッチの名前(例、252SA,189B)と、そのつながりをスイッチのインスタンスとして定義するだけで、シミュレーションモデルを作ることができる。

(2)教育の方法

GTSに採用している教育方法の特徴を以下に述べる。

1) 受講前の理解度に応じた教育

受講者は、教育が始まれば、前もってどれだけ理解しているかを調べる予備テストを受けなければならない。このテスト結果を基に、受講者は、違うレベルのトレーニングを受ける。

2) TBTとMBTの融合

プロトタイプシステムを開発した段階では、モデルベースの教育をする前に必要なものとして、テキストベースの教育が含まれていた。しかし、ITSの機能を組み立てるときに、グラフィックス画面と定性モデルに関するいろいろなレベルの知識をテキストベースのレッスンとうまく組み合わせられる事がわかった。それで、現在のシステムでは、前半ではテキストベースのレッスンに重点を置き、後半ではモデルベースのレッスンに重点が置かれている。

グラフィックスと簡単なモデルを含んだテキストベースのレッスンに重点を置く事によって、直接教育のモードとして最初に基本概念を示す事ができる。PDSの操作に関する受講者の知識が増せば、システムはモデルベースに重点を置いた教育に移行する。そこには、現在の教育理念と、応用を学習し新しい状況に適用するためには、システムを操作しながら帰納的に学習を行なう表現技術が必要であるという研究を取り入れている。

3) 進捗度に応じた教育

このシステムは、いくつかのレッスンから成り立っており、各レッスンは、Instruct(講義部分)、Test、補習、Retestの4つのモードから成っている。通常は、この順番に教育される。

Testは、Barrett Taxinomyによってliteral、inferential、applicative、evalutiveの4つのタイプに分けられている。例えば、literalのタイプは、講義内容をそのまま問い返す問題であり、以下順々に応用問題になる。Testが合格点に達しない場合は、補習に入る。補習も、Keyword(そのレッスンに必要な言葉の説明)、Repeat(再講義)、Hint(間違った問題に対するヒント)、Help(間違った問題に対する詳細な説明)の4つのタイプに分けられており、Testのタイプ及び結果を分析して、最適なアドバイスが行なえる様になっている。

4) バグモデル

ここでは、バグモデルの事をバグディテクタと呼んでいる。これは、MBTでのシミュレーションをベースにした操作訓練の途中での受講者の間違いを監視するものである。手順は、以下の様に行なわれる。

- ①操作途中の間違いを見つける。
- ②予め定義されたバグに分類分けをする。
- ③受講者に対して適切なアドバイスを与える。

P D T Sの場合、Interlock-Error、Bottom-Up-Error、Top-Down-Error等9種類のバグが用意されている。

4. P D T Sについて

前述したようにP D T Sは、電力系統操作盤の個人指導と、シミュレーションによる訓練を実施する目的で作られたG T Sの応用例である。これは、インストラクターによって行なわれているトレーニングコースの中で使える様に設計してある。図3に示す様にP D Sは、電源、トランス、スイッチと負荷から構成されている。P D T Sでは、たくさんの概念と原理を教えなければならない。これらは、投入と遮断についての手続き的な知識等の一般的な操作原理と共にシステムのコンポーネントについての概念も含まれる。T B Tは、システムのコンポーネント、機能及びお互いの関係について教える。M B Tは、基本的に小さなシミュレーションとP D Sの動きを表現し教える定性的モデルである。小さなシミュレーションとは、全体のシミュレーションをするのではなく、少数のコンポーネントを含んだ簡単な手順の操作をするものである。後半の練習は、P D S全体を含んでおり、受講者は、P D Sのオペレータが実際に行なう状況に似た幾つかの手順の操作をしなければならない。

5. 結論

ここで述べた汎用訓練システムの構成が、工学におけるいろいろな知的訓練システムを開発するのに適当だと思われる。一連の教育モードの中でテキストベースとモデルベースが融合されているのが大きな特徴である。この方法が工学の分野の教育に使われる方法論を反映している事になる。

しかしながら、今回開発したG T Sが、十分に汎用になる前には改良すべき幾つかの課題がある。まず、テキストとモデルに対するもっと強力なエディターが必要である。特に、違った領域に応用する時にモデルをベースにしたTutorを作るためには、どの様に特定領域で具体的なオブジェクトを作るかを研究しなければならない。次に、よりすぐれた学生モデルとバグモデルが必要である。興味あるアプローチとしては、学生モデルを更新したり新しいバグモデルを得るのに計算機による学習が考えられる。最後に、1つの構造に基づいた統一された構造とスタンダードなグラフィックスを使えば、G T Sは、多くのハードウェアに移植できるであろう。

以上、G T Sの構造とインプリメントの方法が、構築するのに充分耐えられるものであるという事を示した。

協力して頂いたアメリカテネシー州Vanderbilt大学のC I Sの方々には、深く敬意を表する。

6. 参考文献

D.Sleeman and B.Brown,ed., Intelligent Tutoring Systems
Academic Press 1982

K.Kawamura,J.Bourne,N.Miyasaka,M.Inui,ed., "Development of an Intelligent Tutoring System," Proc.IEEE International Conf. on System, Man,& Cybernetics, pp.1205-1209, October, 1986

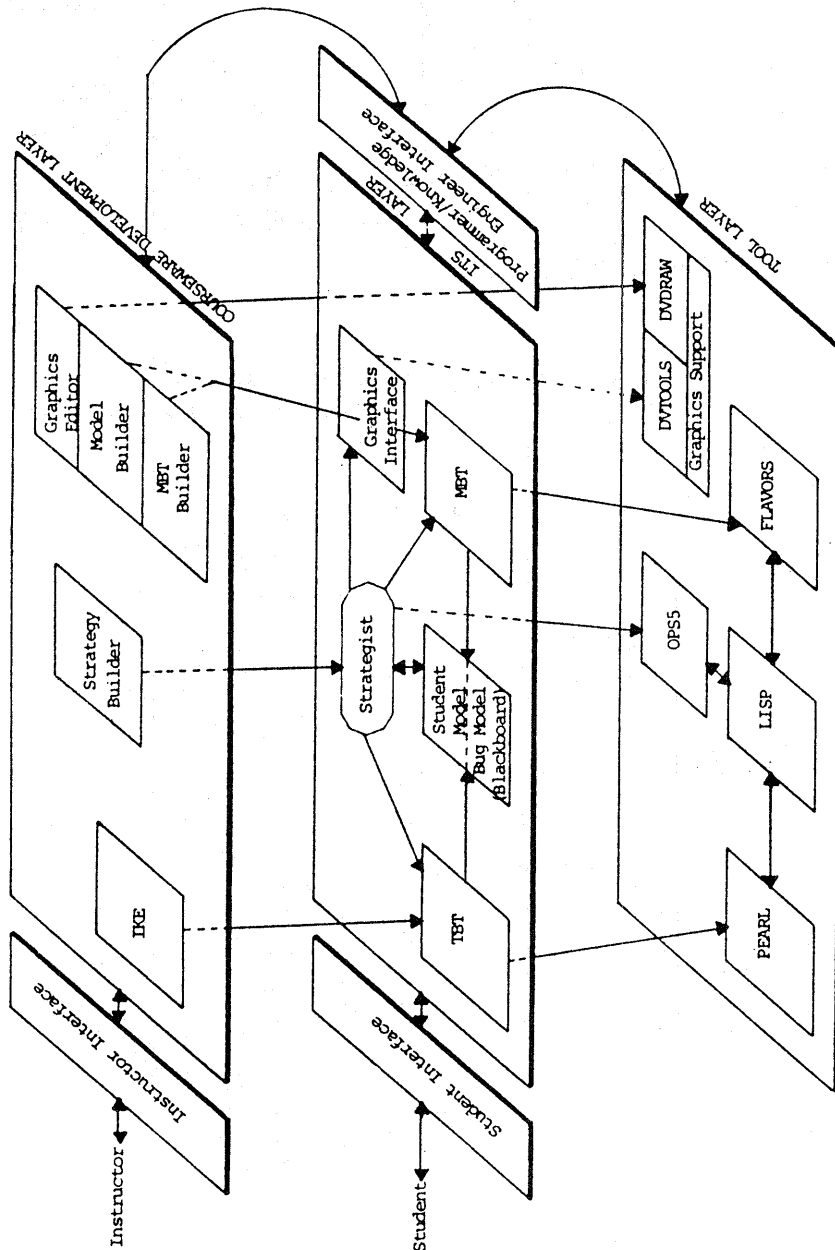


Figure 1. GENERAL OVERVIEW OF THE CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE GTS ARCHITECTURE

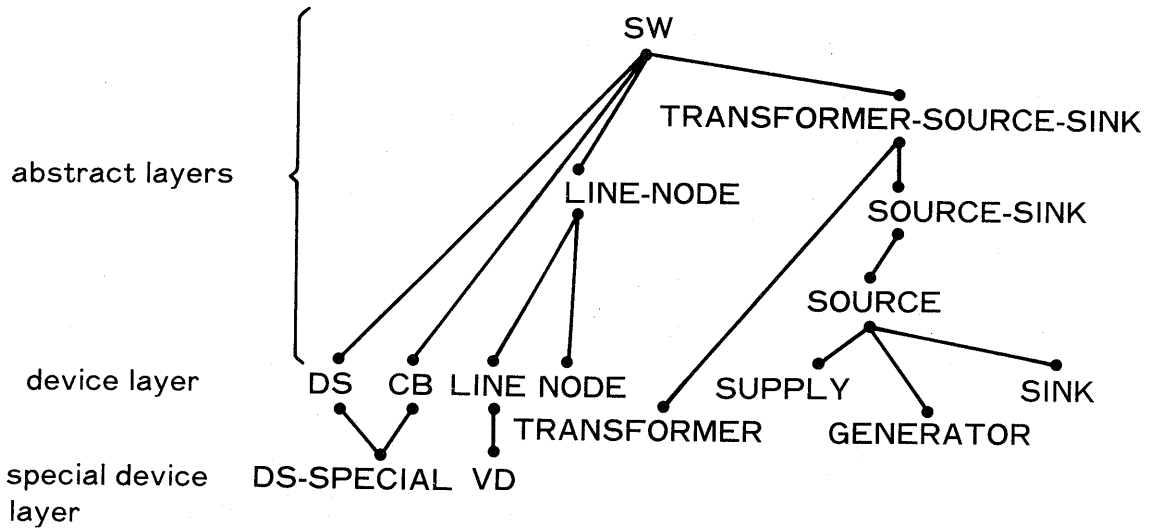


Figure 2. SIMULATION BASED ON QUALITATIVE MODEL

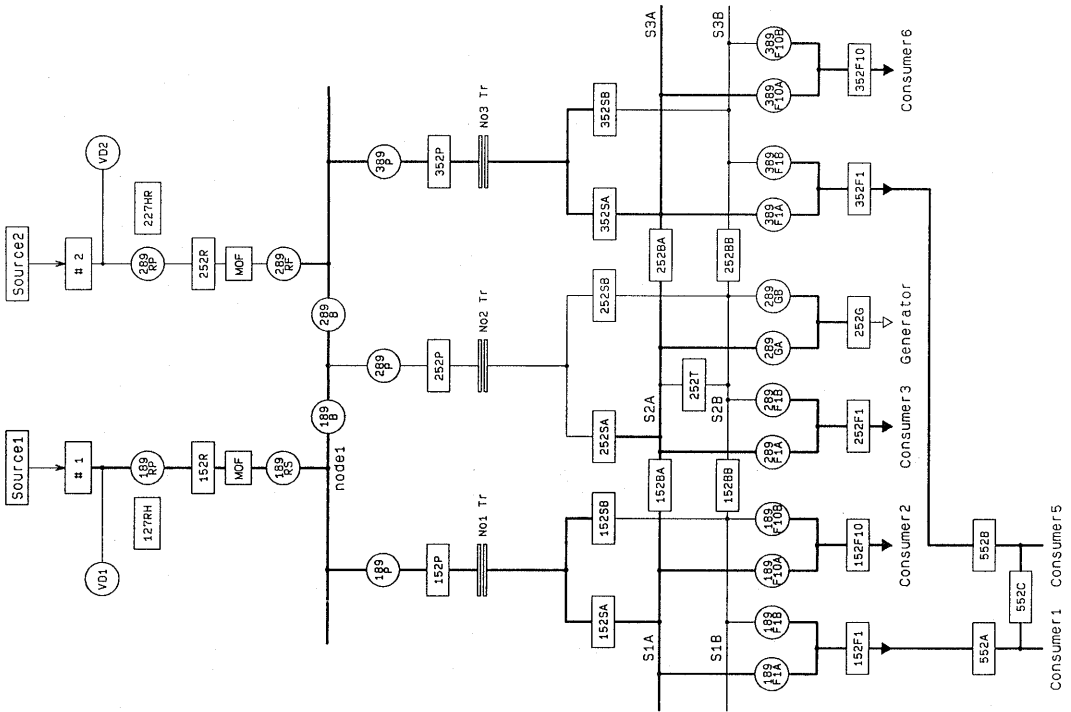


Figure 3. A POWER DISTRIBUTION SYSTEM