

企業内教育・訓練システム

In House Tutoring and Training System

横田 毅*¹ 仲谷 善雄*²
 Takeshi Yokota Yoshio Nakatani

* 1 (株)日立製作所 日立研究所
 Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

* 2 三菱電機(株)産業システム研究所
 Industrial Electronics and Systems Laboratory, Mitsubishi Electric Corporation.

1997 年 10 月 23 日 受理

Keywords: intelligent tutoring system, student model, situated learning.

1. ま え が き

近年、業務内容の高度化、複雑化に伴い企業内における教育・訓練の重要性が高まってきている。これらの教育・訓練は従来、人間の講師によって行われることが多かったが、最近の業務内容の専門化、教育コストの低減要求などにより、計算機を用いて企業内の教育・訓練をより効率的かつ効果的に支援することを目的としたシステムの開発が活発に行われている[人工知能研資 96]。

計算機を用いた教育支援システムは、学校教育を中心に古くから研究が行われてきた[大槻 88]。特に学習者の理解状況を判断し、学習者に応じた教育を行う知的教育システム(Intelligent Tutoring System: ITS)は人間の理解過程のアルゴリズムを解析するという点で AI 技術と密接な関係を持っている。近年の企業内教育・訓練を対象としたシステムにおいても、その基盤には学校教育を対象とした研究によって培われた技術が用いられている。

従来の学校教育を対象としたシステムに対して企業内教育・訓練システムが持つ特徴の一つとして、教育・訓練対象が多岐にわたることがあげられる。基本的なプログラミングの教育から原子力プラントの運転手順の教育まで、対象は多彩である。そのため、より効果的なシステムとするためには教育システムの基本的な機能にそれぞれの対象の教育・訓練に適した独自の機能を付加する必要がある。つまり、教育・訓練システムに対して AI 技術の応用を行う場合には、それ

らの独自の機能に応じた工夫に重点を置く必要があり、また、どのような工夫を行うかが研究者としての腕の見せどころとなる。このような点を考えると、企業内教育・訓練システムという研究対象は AI 技術の研究者にとって魅力的なものと考えられる。

今回の解説では「AI 技術の産業応用」の連載第 1 回として、上に述べた企業内教育・訓練システムについて述べる。具体的な教育対象としては、プログラミング技術に関する教育の一例として UNIX の学習に関するシステムについて説明し、より専門的で特殊な知識の教育の例として原子力プラントの運転手順の教育・訓練システムについて説明する。また、文末には今回説明したシステムで用いられている AI 技術の今後の展望についても言及を試みた。

2. 企業内教育・訓練システムに対する AI 技術適用の実例

2・1 ソフトウェア教育支援

計算機 OS のコマンドのように抽象的な知識体系を学習する場合には、その使用方法だけでなく、基礎にある考え方や設計意図などを理解する必要がある。例えば、代表的 OS である UNIX のコマンドを使いこなすためには、コマンドの種類や構文を覚えることはもちろん、コマンド体系を統括する設計思想、歴史的背景などの知識が必要となる。これらは部分的にはあれマニュアルに分散して記載されているが、膨大な量のマニュアルから関連箇所を探すことは一般ユーザーにとっては困難であり、通常は耳学問によって学習さ

れる。コマンドの種類や構文についてもマニュアルに一般的な説明が記載されているが、各ユーザの具体的な問題状況への適用方法は、記載されていないか記載が不十分である。現状ではユーザは身近な熟練者に聞くか、各自で試行錯誤を繰り返す必要がある。オンラインマニュアルの研究もあるが、基本的なシステム作成思想が紙マニュアルと同じであるため、必ずしもユーザを有効に支援できていない。

以下では、UNIX コマンド体系の学習を支援することを目的とし、従来のマニュアルとは発想を異にしたソフトウェア教育支援方法を提案する。

〔1〕 状況的学習論

従来、学習は頭のなかに文脈非依存の抽象的知識を蓄積することと考えられてきた。しかし実際の学習では、ある人工物(知識や制度なども含む広義)の使用に習熟するにつれ、学習者の価値観、行動様式、発話内容が変化する。また学習につれ、周囲が学習者を見る見方が変わり、人間関係も変化する。例えば、UNIX を学習することで、UNIX を用いた計算機利用ができるだけでなく、UNIX の用語や考え方をを用いて未知の対象を理解・説明したり、他の UNIX 利用者の行動や発話をより良く理解できるようになる。換言すれば、学習によって、人工物をめぐって形成されている学習者のコミュニティに参加し、その文化を支える構成員になったのだといえる。Windows ユーザと Macintosh ユーザとはまったく異なる人種だとよくいわれているが、それはこのようなコミュニティの文化の違いを指しているものであり、学習とは常にこのようなコミュニティへの参加を意味している。このことを指摘したのが状況的学習論(Situated Learning)である[加藤 94]。学習は、コミュニティに参加してその文化的実践に加担する文化適応の過程なのである。

状況的学習論の観点からは、UNIX コマンド体系の学習について、以下のような特徴を指摘できるだろう。

- (1) 学習の当初は、教科書などを通じた独学や教授により、最低限の知識の獲得が求められる。
- (2) (1)と並行して、具体的問題解決を通じて、関連知識を個別的に順次獲得する形で段階的に進行する。
- (3) 具体的問題状況の解決は、多くの場合、周囲のコミュニティ熟練者(以後、熟練者と呼ぶ)からの教示や示唆を受けて協調的に行われる[認知科学 95]。一般的に人間は問題に遭遇したときに、最初に、類似の問題に遭遇した過去の経験を思い出し、その問題解決方法を参考にする。経験がなけ

れば身近な専門家に尋ねる。経験がない学習者は、むしろ尋ねることや回答を聞くことによるのみ、コミュニティでの話し方や用語の使用方法などを効果的に学習できる[加藤 94]。

- (4) しかし熟練者が多忙であるなどの理由から、試行錯誤的な問題解決が求められる。このとき、教科書などを調べたり、観察学習が行われる。観察学習は、熟練者の行動の観察を通じた間接的経験による学習である。観察対象は人間でなくとも、書籍やビデオでもよい[祐宗 81]。
- (5) 他者の説明や教科書の内容が十分に理解されるためには、知識が学習者の理解の仕方に適合する形式で再体制化されなければならない。再体制化を促す方法として、内容の要約や要点の事前説明、説明途中でのメモ取り、学習者自身の言葉による内容の言換え、問題の抽象的構造の理解が有効とされる。特にメモや言換えは、内省による理解の深化を促すうえで重要な「疑似的な他人」[三宅 92]の役割をすると期待される。
- (6) 学習者が他者に質問する場合、一般に質問の表現方法がわからない[野島 95]。これはコミュニティに特有の表現フォームをまだ会得していないことによる。学習支援システムはこのような問題状況の表現を支援する方法を学習者に提供する必要がある。

〔2〕 UNIX 教育支援システム SOPHIA

以下では、状況的学習論の立場から UNIX 学習支援システム SOPHIA を説明する[Nakatani 96]。

SOPHIA は学習者の独学を支援するとともに、学習者が問題状況に遭遇したときに、熟練者と問題状況を共有しつつ、教科書的知識や各自の経験に基づいて、問題状況への対応を決め、実施した対応を次に生かせる環境を提供する。

(1) 概要：SOPHIA は以下のような特徴を持つ(図 1)。

- (a) ユーザは UNIX の使用中に疑問や問題状況に遭遇したとき、本システムに対して質問を入力する。ユーザの質問に対して、システム自身が回答する場合と、他者への質問を支援する場合を設けた。
- (b) システムが回答する場合、用語・コマンド説明テキスト(図 2 左上ウィンドウ)、コマンド使用事例、問題解決事例などを提示することで答える。これらの知識を、あらかじめ知識に付けたインデックスと、質問文を構成するキーワードとの類似マッチングにより検索する。

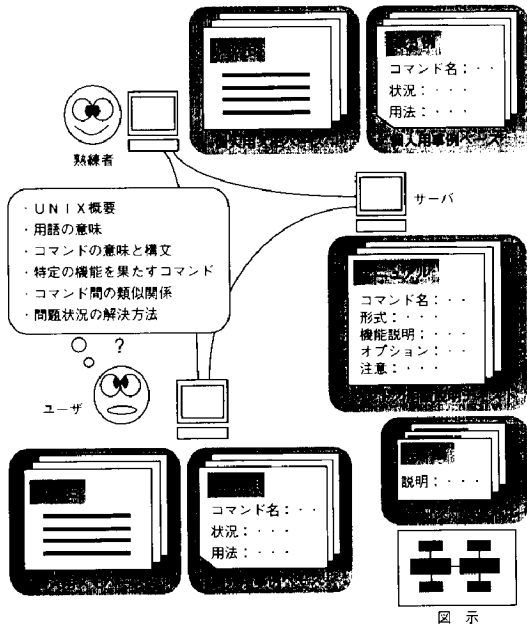


図 1 システムの機能構成図

- (c) 用語・コマンド説明テキストについてはユーザが説明の難易度を選択できる。デフォルトでは要点だけを説明したものを提示し、ユーザの要求によって詳細情報を提示する。
- (d) 説明テキスト中の用語の説明をハイパーテキスト形式で得られるようにした。
- (e) 事例検索用の事例検索用テンプレート(図2右ウィンドウ)を提供した。このようなテンプレートは、①特定の問題状況を解決している事例、②特定の機能を実現している事例、③特定の内容を持つ事例、という3種類の事例分類に対応して3種類を用意している。コマンド使用事例を提示する場合には、興味に応じて関連知識を得たいユーザのために、当該コマンドのほかの利用事例を合

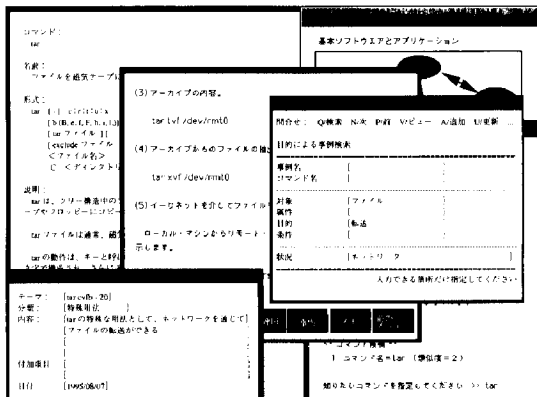


図 2 システムの画面例

わせて提示するようにした(図2中央ウィンドウ)。

- (f) 断片的な知識検索だけでは知識の整理をユーザに一任することになるので、個別知識を相互に関係づけるためにUNIX概略説明テキストを用意した。このとき、個別知識(コマンドや用語)から、UNIX概略説明テキスト中の該当箇所へのリンク、およびその逆のリンクをたどれるようにした。
- (g) 最初から完全な知識の一方的教授を想定せず、ユーザが本システムを使用するに従って成長するシステムとした。例えばユーザが、コマンド使用事例の追加・変更、説明テキストや事例への個人的メモの文章や図による添付(図2左下ウィンドウ)などを行える。事例の追加・変更用に事例記述用テンプレートを提供しており、前述の3種類の事例分類のいずれの種類(複数可)としても登録できる。
- (h) オフィス業務とのアナロジーでUNIXの用語・コマンドを説明できる。オフィス業務の選定理由は、多くの社会人にとって既知であり、多くの点でUNIXの機能と対応すると考えたことによる。オフィス業務知識とコマンドは同じ形式のインデックスを持ち、ユーザがコマンド名を指定すると、インデックスの直接的比較および同義語辞書によるインデックスの言換えにより、当該コマンドと似た機能(用語)の候補が提示される。例えばコマンドcpの場合、「ファイルの複写」などがアナロジーの候補として類似度順に提示される。ユーザは適当な候補を選び、説明を読めばよい。
- (i) 直観的な理解を支援するため、アナロジー検索時にコマンドとアナロジーを図示できる。各コマンドおよびアナロジーについて、一般的な処理フロー図ではなく、典型的な処理フロー例の説明図を一つ記憶している。図3は、ファイルのコピーコマンドcp(上)とファイルの複写(下)の視覚化の例である。図形部分をマウスで指定すると、ディレクトリに含まれるファイルのリスト、コマンドの意味などの情報がわかるので、コマンドや行為により何がどのように処理されるかを比較・理解できる。
- (j) コマンドの相互関係の理解のために、コマンドを特定の視点(処理対象や機能など)からシステムに分類させる機能を設けた。
- (k) 電子メールによる他のユーザへの質問を支援す

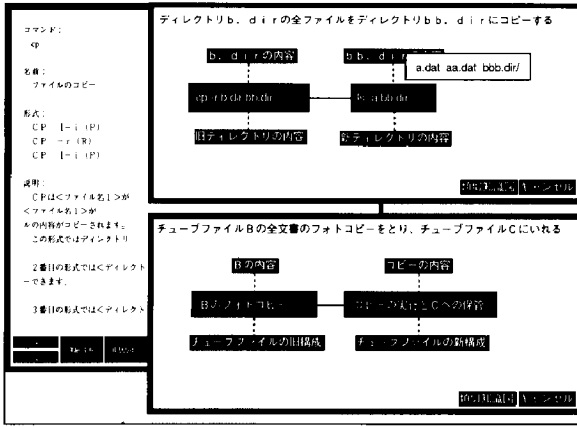


図 3 コマンドとアナロジーの図による比較

る。他者からの情報・援助獲得プロセスがデータベース検索プロセスと比較可能であるとの指摘から[野島 95]、事例検索キーワード入力用テンプレートを質問にも利用した。ユーザは寄せられた回答を個人的なメモや事例として登録できる。

- (l) 一般に未熟練者は質問の形式や用語が不適切な場合でも不適切さの自覚がない一方、熟練者は努力して不適切な質問内容を理解した場合でも、単に回答するだけで、不適切な箇所を指摘することは少ない[野島 95]。そこで添削を実効あるものにするために、質問回答書の下部に「添削欄」を設け、熟練者がユーザからの質問を添削できるようにした。
- (m) 観察学習における疑似経験として、他のユーザのコマンド使用事例や個人的メモ(当該ユーザが公開を認めたもの)を参照できる。また、問題解決事例の検索において、熟練者による問題解決過程のビデオを提示する。

(2) システムの構成：図4に本枠組みをワークステーション上に実現した SOPHIA の S/W 構成を示す。

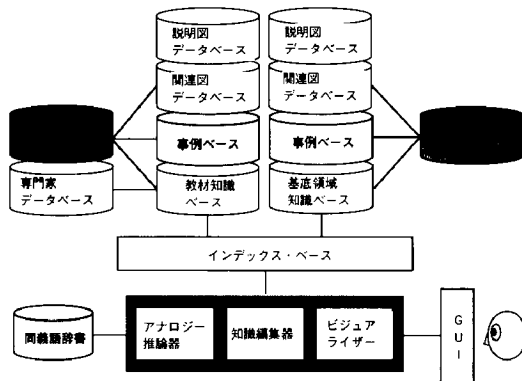


図 4 システムの S/W 構成

(i) データベース

- (a) 教材知識ベース UNIX に関する概略説明テキストと用語・コマンド説明テキストを管理する。
- (b) 基底領域知識ベース アナロジーの基底領域(事務処理など)に関する説明テキストを管理する。
- (c) 事例ベース 各コマンドの使用事例をユーザごとに記憶する。
- (d) メモベース 用語・コマンド説明テキストと事例に各ユーザが付けたメモを管理する。
- (e) インデックスベース 教材知識、基底領域知識、事例の特徴を表すインデックスを管理する。
- (f) 関連図 DB 教材知識、基底領域知識、事例に関するマルチメディアデータを管理する。
- (g) 専門家 DB 各コマンドを熟知する熟練者の名前や電子メールアドレスをユーザごとに管理する。
- (h) 同義語辞書 基底領域と目標領域の間で意味が同じ用語を対応づける。

(ii) 手続き的知識

- (i) アナロジー推論器 コマンド間の類似性や領域間での知識の類似性を判断する。
- (j) 知識編集器 データベースからさまざまなデータを検索して表示する。
- (k) ビジュアルライザー 一連のコマンド列に関する説明を視覚的に表示する。

(3) 評価：実際に10名程度の被験者に SOPHIA を試用してもらい評価を得た。被験者として UNIX を少しだけ知っているユーザを選んだ。SOPHIA のようにオープンで成長可能なシステムの評価は、周囲の熟練者や時系列的な使いやすさの変化などを考慮した長期的な評価を行うべきであるが、現時点ではそこまでの評価は得られていない。以下に評価結果を整理する。

- (a) 疑問や問題が発生したとき、ユーザは説明テキストよりも事例を参照することが多い。これは、事例が具体的な状況と結びついた知識であるためであろう。
- (b) 事例を各自で追加できる機能は評価が高い。この機能だけでもぜひ使ってみてみたいという人が多い。一方、事例の登録時に問題状況を記述することの難しさが指摘された。時系列的な一連の状況により生じた問題の場合、記述の範囲や内容の誘導が現在の事例記述用テンプレートでは扱えていない。

- (c) 他のユーザの事例の検索機能は評価が高いが、使用頻度は少ない。これは評価現場が大部屋で近くに熟練者がいたこと、および熟練者が席をはずしているときには電子メールで尋ねたほうが適当と考えたユーザが多かったことによる。この場合、あるレベル以上のユーザにとっては、質問用テンプレートをを用いない自由記述の質問のほうが好まれた。
- (d) アナロジーによる文章説明は、ユーザの興味を引くが利用頻度は少ない。アナロジーは口頭で説明される場合には直感的に理解できるが、文章で読むほどのことではないというコメントが得られた。
- (e) コマンドや基底知識を図示して比較する説明は、理解の容易さの評価が分かれた。わかりにくいと評価したユーザからは、コマンドごとではなく事例ごとに説明図があるほうが有効とのコメントが得られた。
- (f) 熟練者が問題解決している場面のビデオは、用意したビデオが少なかつたため、あまり使われなかつた。

〔3〕 まとめ

状況的学習論の立場から UNIX コマンド体系の学習を支援する計算機システム SOPHIA を紹介した。実用化のためには、各種知識の作成・編集支援ツールの完備が必要であり、またユーザ支援機能もさらに整備する必要があるといえる。

2・2 原子力プラント運転手順教育システム

本節では企業内教育・訓練システムの一例として原子力発電プラントの運転員に対してプラントの運転手順を教育するシステムについて説明する。

現在、原子力発電プラントの運転員に対しては人間の講師による教育や運転シミュレータを用いた訓練などが行われている[早苗 97]。一方、それらの教育・訓練を受ける際の基礎知識の自己学習を支援するために、計算機を用いた教育支援システムも用意されている[田中 90]。しかし、教育支援システムを用いて学習できる時間はある程度限られてしまうので、できるだけ短時間で効率の良い学習を行う必要がある。さらに、プラントの運転手順を学習する際には手順を知識として学習するだけでなく、それらの手順とプラントの物理挙動を結びつけて学習するのが効果的である。

そのため、当社では運転手順の教育とプラントシミュレータを用いた物理挙動の教育を組み合わせ、学習者の理解の度合いに応じて効率的な教育を行う教育・

訓練システムを開発した[横田 95]。教育の対象は特に緊急時運転手順を中心にシステムを構築した。緊急時運転手順は原子力プラントの安全性をさらに向上させるために導入されたもので、事故の起因事象が何であるかを問わず、プラントの安全を維持する機能をプラントのプロセス状態に応じて使用する運転手順である。

今回の解説では AI 技術に関連性の高い、学習者の理解状況に応じた教育を行う機能を中心にシステムを説明する。

〔1〕 学習者モデル

それぞれの学習者に応じた効率的な教育を行うためにはシステムが学習者の理解状況を把握する必要がある。そのために、本システムでは学習者モデルを用いて学習者の理解状況の把握を行う。

学習者モデルは学校教育を対象とした知的教育システムにおいて古くから用いられてきた手法である。学習者の理解状況を把握するための具体的な手法はいろいろなものがあるが[渡邊 89]、代表的な手法としては、学習者の持っている知識を、教えるべきすべての知識の一部が欠落した部分集合として捉える方式があげられる。その際、学習者の持っている知識を正しい知識を持っているか、持っていないかのみで判定するものをオーバーレイモデル(overlay model)、学習者が知識を誤って理解しているかまで判定するものをパータベーションモデル(perturbation model)と呼ぶ。オーバーレイモデルの場合、モデルが単純で構築しやすいという利点はあるが学習者の誤った知識の認識ができないため、学習者の思い違いなどを考慮することができないという欠点を持つ。一方、パータベーションモデルの場合、学習者の誤った知識の判定に基づき学習者の理解状態をより適切に認識できるという利点はあるが、学習者の犯した誤りを正しく認識する仕組みの構築が難しいという問題点を持つ。

最近の研究では学習者の理解状況をより深く認識できるパータベーションモデルが用いられることが多い。そして、その際に学習者の犯した誤りをどのように認識し、それを学習者に対する指導にどう反映させるかが重要な研究テーマとなっている。

〔2〕 原子力プラント運転手順教育への適用時の問題点

先に述べたように、学習者の理解状況に応じた教育・訓練を実施すれば、学習者の弱点を重点的に学習させることによる学習効果の向上、および、すでによく理解している項目にかかる教育時間を削減すること

による学習効率の向上を図ることができる。ただし、その際には汎用的な手法に加えて、教育対象において特徴的な要因を考慮したシステムとすることが望ましい。特徴的な要因として何があるかは教育対象の種類によって変化するが、今回は原子力プラントの運転手順を教育する場合を例にとって説明する。

企業内教育・訓練、特に原子力プラントの運転手順教育の場合に重要なのは、ある程度教育システムを用いた学習を義務化できる学校教育の場合と異なり、システムを用いて学習するかどうかは学習者の自主判断にまかされることが多いということである。そのため、特に多忙な学習者の場合は教育システムを用いた学習機会が少なくなる可能性が高い。よって、そのような学習者ほど、より効率的な教育を行わなければならないが、そのためには学習回数が少なく学習履歴が十分得られない状況下でも学習者の理解状況をできるだけ適切に判定できる仕組みを持たせる必要がある。

また、学習者に対して指導を行う際にもシステムが1問ごとに次に何を学習するのかを細かく指導するよりも、システムは学習者の弱点や今後の学習ポイントの提示を行い、最終的な学習項目の決定は学習者の自主性にまかせるのが望ましい。

〔3〕 原子力プラント運転手順教育システムの実例

システムの基本構成を図5に示す。原子力プラントの運転手順を教育する際には、単に手順書の知識を教育するだけではなく、それに応じてプラントの物理挙動がどのように変化するかを直感的に把握させるのが効果的である。そのため、本システムでは手順書の知識を解答選択式の設問で教育するテキスト形式の学習コースと、プラントシミュレータを用いた物理挙動の学習コースを組み合わせる。そして、双方の教育手段で得られた学習履歴に基づき学習者モデルで学習者の理解状況を判定し、その情報をもとに指導戦略策定機能

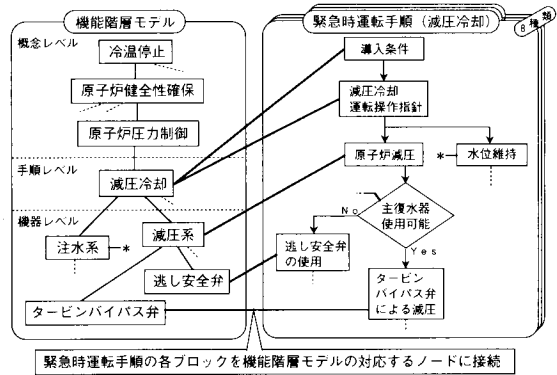


図 6 学習者モデルの構造

能において学習者に対する指導を行う。

(1) 学習者モデル：本システムで教育する知識は緊急時運転手順を構成する八つの手順書である。各手順書はフローチャート形式で記述されている。よって、学習者モデルの構造としてはそれら八つの手順書のフローチャートを構成する各ブロックごとにそのブロックに関する知識を持っているか、いないか、それとも誤った知識を持っているかを記録するパータベションモデルの方式を用いることを考えた。しかし、緊急時運転手順には八つの手順書が独立ではなく相互に関連性を持っているという特徴があるため、各手順書間の関連性を把握できるような学習者モデルの構造とすることが望ましい。よって、本システムでは図6に示すように、プラントを運転する際に運転員にとって必要なメンタルモデルを機能階層モデル[ラスムッセン 90]としてまとめたものを学習者モデルの基本部分として構築し、その機能階層モデルの各ノードと緊急時運転手順が持つ八つのフローチャートの各ブロックを結びつけたものを学習者モデルとして用いる。このような構造とすることにより、手順間で重複している知識の把握ができるばかりでなく、機能階層モデル上で学習者の理解状況をまとめることにより、プラントの運転に関する学習者の大局的な理解の傾向の把握が容易になるという利点も得られる。

(2) 学習履歴：学習者モデルの各ノードには学習履歴として解答の正誤判定結果と誤答の場合には学習者の犯した誤りの分類が記録される。本システムでは学習者の犯した誤りを、「機器使用法の誤り」、「指針適用法の誤り」、などといった誤りの種類を示すエラータイプと「軽微な誤り」、「重大な誤り」、などといった誤りがプラントに及ぼす影響を示すエラーレベルの組合せで表す。

エラータイプは各設問ごとに、また、エラーレベル

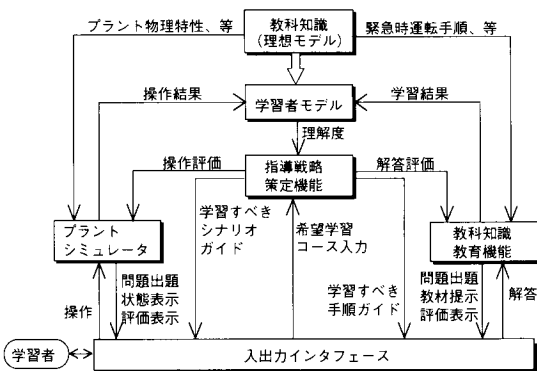


図 5 システムの基本構成

はそれぞれの解答選択肢ごとにあらかじめ設定しておくことで誤りの分類を行う。

また、学習履歴が少ない場合でもある程度の理解の傾向を把握できるようにするために、学習履歴の記録方法を工夫している。つまり、本システムの学習者モデルは機能階層モデルを中心にまとめられているが、ある設問に関する学習履歴は機能階層モデルの複数のノード(構成要素)に対応している場合が多い。よって、本システムでは関連するノードが複数存在する設問に関しては、学習履歴をそれらすべてのノードに記録するという方式を取る。また、履歴を記録する際には設問と各ノードの関連性の大きさを示す重要度という値も同時に記録する。重要度は0より大きい1以下の値として定義し、履歴を記録するすべてのノードの重要度の合計値が1となるように規格化する。なお、履歴を記録するノードと重要度の値は設問と解答選択肢の作成時にあらかじめ設定しておく。

(3) 理解度の算出：学習者モデルに記録された学習履歴を用いて、機能階層モデルの各ノードごとに学習者の理解度を算出する。理解度は0から100の範囲の定量値で表す。理解度は以下に示す履歴理解度と係数の積として求める。

(a) 履歴理解度 該当ノードの持つ過去の解答履歴(正解から不正解かのみ)にその履歴の重要度を掛け合わせた値を用いて算出する。基本的には正答率に近い意味を持つ値である。

(b) 係数 学習履歴が少ない場合でも学習者の理解の傾向をできるだけ適切に把握することを目的に導入した値である。学習者モデルとして用いる機能階層モデルは上下に接続しているノード間の関連性が高いという性質を持っている。そこで、ATMS(Assumption-based Truth Maintenance System)[de Kleer 86]の手法を参考にし、あるノードの理解度を計算する際にそのノードの上下に接続しているノードの理解度によって計算結果を補正する。具体的には、上下に接続しているすべてのノードの理解度の平均値を周辺理解度と定義し、それと最新の履歴のエラーレベルから係数を求める。

係数は最も良いほうに補正する場合の値1.2と、最も悪いほうに補正する値0.4の範囲内で定義される。ここで用いている1.2と0.4という値は、学習履歴のサンプルデータをもとに理解の傾向の把握状況を事前評価した結果から決定したものである。

本方式を用いることによって、少ない履歴数でも特異点的な理解度を平準化し全体的な理解の傾向を把握しやすくすることが可能となる。

(4) 学習者に対する指導の実施：本システムでは教育システムで一般的に用いられている指導として各設問ごとに、学習者の誤りの種類に応じたメッセージ、解説、ヒント、などの表示を行う。さらに、前述の学習者モデルから得られる情報を用いて以下の二つの指導を行う。ただし、以下の指導は学習者の自主性を尊重するために次に実施すべき項目を強制することはない。

(a) 学習者の理解の傾向の表示 学習者モデルとして用いる機能階層モデルには相互に関連性の高いノードが上下に隣接しているという特徴がある。よって、機能階層モデルの各ノード上に学習者の理解状況を表示することによって、原子力プラント運転手順に関する学習者の理解の傾向をわかりやすく表示することができる。具体的には、学習者の理解度の値に応じて各ノードの表示色の濃淡を変化させることにより、機能階層モデル上の表示色の分布状況で学習者の理解の傾向を表示する。このとき、理解の良いノードは薄い色で表示し、理解の良くないノードは濃い色で表示する。

(b) 学習すべき学習コース、学習分野の表示 効率的な学習を支援するために、今後学習したほうが良い学習コースと学習分野の提案を行う。学習すべきコースは、学習者モデルの理解度の情報と、エラータイプの履歴を用いて以下のように判定する。

まず、学習者モデルの各ノードを図6のように概念、手順、機器の三つに分類し、それぞれの分類ごとに理解度の平均値を求める。そして、三つの平均値を比較し、相対的に理解度の平均値が低い分類があるかどうかを判定する。次に、各エラータイプの発生数から学習者が犯したすべての誤りに対する、各エラータイプの相対的な発生頻度を求め、それと事前検討によって別途定義してある一般的な学習者の各エラータイプの発生頻度を比較し、特に発生頻度の高いエラータイプがあるかどうかを判定する。そして、上述の二つの判定結果の組合せから、今後学習すべき学習コースを決定する。一例を示すと、機器の分類の理解度が低く「機器使用法の誤り」が多い学習者にはシミュレータを用いた学習を重点的に行うように提案する。また、今後学習すべき分野は、機能階層モデルの全ノードのなかで理解度の最も低い三つのノードとする。

〔4〕 まとめ

原子力プラントの緊急時運転手順教育システムに関して、学習者の理解状況を判定する部分に重点を置いて説明した。本システムは学習者の理解状況を評価する機能の機能評価を行った後、実際に製品化されてい

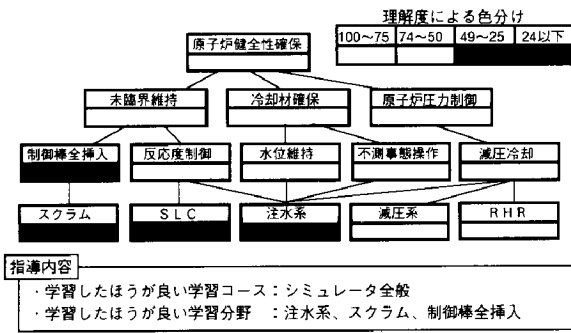


図 7 理解状況の評価結果の一例

る。機能評価時の評価結果の一例として、ある被験者の理解状況の評価結果を機能階層モデル上に表示した図と、評価結果に基づきシステムが学習者に対して行った指導内容をまとめたものを図 7 に示す。

3. 今後の展望

以上、UNIX の学習支援システムと原子力プラントの運転手順教育システムを例にとり、適用された AI 技術として状況的学習論と学習者モデルを中心に説明した。本章ではそれぞれの技術に関して今後の展望を論じる。

3.1 状況的学習論

状況的学習論は認知科学、人工知能、教育などの分野で活発に研究されており、ここで提案したシステムは状況的学習論の考え方からシステムを構築した一例にすぎない。元来、状況的学習論とはシステム構築論ではなく、新たな学習支援方法の提案でもない。学習の社会性、状況性に注目し、従来の学習観とは異なる学習の側面を指摘した学習分析方法論である。そこでは、あらゆる人間の活動を、まず「実践のレベル」から考えていこうという分析の視座を与える。したがって「実践」が異なればシステム化も異なり、対象分野により、学習者により、さらにコミュニティ風土により、多様なシステム化が可能である。日常的に UNIX を利用する学習者にとっては、学習したいのは当面の問題を解決するための方法であり、一般的なコマンドの構文ではない。また、自己の経験を将来に生かせる枠組みが望まれている。改めていうが、状況的学習論は万能の新たな学習支援方法を提供するわけではない。しかし近年盛んに研究されている Learner-Centered Education [Norman 96]、発見的学習の支援、CSCL[楠 95]などの学習支援研究の基礎となり、あるいは影響を与えている。重要なことは、研究者、

開発者がこれまでの学校教育に典型的に表現されるような学習観だけにとらわれず、社会的関係などのより開かれた視座から学習および学習支援を見直すことだろう。

3.2 学習者モデル

企業内教育・訓練システムにおいて学習者モデルの適用を考えた場合に、今後期待される機能について考える。現在の学習者モデルは学習者の理解状況を判定し、それに応じた教育を行う機能が中心である。しかし、学習者の振舞いに基づいて学習者の理解状況を判定するという仕組みは教育分野以外にも適用可能性の高い技術であると考えられる。例えば、ユーザの理解状況(レベル)に応じて、情報提供形態や提供する情報内容を変えたり、レベルに応じた指示を行うなどの機能として一般的なユーザ支援システムなどへの適用が期待できる。企業内における教育・訓練システムも今後は教育だけではなくユーザを支援する機能と統合化したトータルシステムとして発展していく可能性も強い。このような点を考えると、今後は学習に限らないユーザの一般的な振舞いを高度に取り込み、より広い分野でユーザの理解状況を適切に把握できるような技術の研究に期待したい。

3.3 ま と め

ご一読いただければおわかりになると思われるが、今回紹介したシステムは必ずしも AI の新しい手法を開発し適用したわけではなく、従来手法を対象に合わせてアレンジし、適切に組み合わせて適用している。しかし、実用化を目指した AI 技術の産業応用について考えた場合、まず最初のステップとしてこのようなアプローチが有効なのではないかと考える。そのような観点で今までに開発・提唱されている各種 AI 技術を見てみると、産業応用に効果的なものがたくさんあるのではないだろうか。それらの技術は新規性という観点からは必ずしも高く評価されないかもしれない。しかし、それらの技術を産業応用し、いわゆるどろくさい作業を通じて社会に対して貢献できる製品を開発することも学会に貢献するところが大きいと考える。実用化を進めるなかで遭遇するさまざまな問題点を定式化し一般化することから、新たな課題や考え方が生まれてくることを期待したい。

謝 辞

本解説の SOPHIA については科学技術庁科学技術振興調整費による研究を基礎としている。共同研究者

であった関西学院大学総合政策学部の福田豊生教授に 感謝します。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [de Klèer 86] de Kleer, J.: An Assumption based TMS, *Artif. Intell.*, Vol. 28 (1986).
- [Nakatani 96] Nakatani, Y., *et al.*: Situated Learning Support Framework of Novice Workers, *Workshop on Knowledge-Based Instructional Systems in an Industrial Setting, PRICAI '96*, pp. 13-22 (1996).
- [Norman 96] Norman, D. A. and Spohrer, J. C.: Learner-Centered Education, *Comm. ACM*, Vol. 39, No. 4 (1996).
- [大槻 88] 大槻説乎ほか3名: 知的CIAの最近の動向, 情報処理, Vol. 29, No. 11, pp. 1254-1316 (1988).
- [加藤 94] 加藤 浩: 状況論的アプローチによる教育システムのデザイン, 計測と制御, Vol. 34, No. 2 (1994).
- [楠 95] 楠 房子, 堀 浩一: 共同学習におけるインタラクションの支援について, 人工知能学会研究会資料, SIG-IES-9503-11 (1995).
- [早苗 97] 早苗勝重, 三森光二郎: 原子力発電所の運転と訓練, 電気学会誌, Vol. 117, No. 8, pp. 528-531 (1997).
- [人工知能研資 96] 第15回知的教育システム研資: 特集「企業内教育・運転訓練関連および招待講演」, 人工知能学会研究会資料, SIG-IES-9602 (1996).
- [田中 90] 田中数馬ほか3名: 原子力プラント向けエンジニアリングシミュレータ, 火力原子力発電, Vol. 41, No. 7, pp. 74-82 (1990).
- [認知科学 95] 日本認知科学: 特集「認知における内的, 外的資源」, 認知科学, Vol. 2, No. 4 (1995).
- [野島 95] 野島久雄: データベースとしての社会: 外部知識としての他者の役割, 認知科学, Vol. 2, No. 4 (1995).
- [三宅 92] 三宅なほみ: 「教育の, 機械による支援」を考えるために, コンピュータ科学, Vol. 2, No. 5 (1992).
- [横田 95] 横田 毅ほか3名: 緊急時運転手順の知的CAIシステムの開発, 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 6, pp. 895-903 (1995).
- [祐宗 81] 祐宗省三: 観察学習, 新版心理学事典, 平凡社 (1981).
- [ラスムッセン 90] ラスムッセン: インタフェースの認知工学, 啓学出版 (1990).
- [渡邊 89] 渡邊 茂, 坂元 昂: CAIハンドブック, フジ・テクノシステム (1989).

—— 著 者 紹 介 ——



横田 毅(正会員)

1987年東北大学工学部精密工学科卒業。1990年同大学院工学研究科修士課程精密工学専攻修了。同年、(株)日立製作所入社。同社エネルギー研究所を経て、現在、同社日立研究所に所属。原子力システムを対象としたヒューマンインタフェース、知的教育システム、建設計画作成支援などの研究に従事。1994年度人工知能学会研究奨励賞受賞。原子力学会、情報処理学会各会員。



仲谷 善雄(正会員)

1981年大阪大学人間科学部社会心理学科卒業。同年、三菱電機(株)入社。中央研究所を経て、現在、産業システム研究所に勤務。この間、集合避避行動の情報処理モデル、オフィス業務分析手法、事例ベース推論によるエレベータ設計支援、水処理プラント設備異常診断、運転員モデルによるプラント向けインタフェース評価手法などの研究に従事。1989年学術博士。1991年9月より1年間スタンフォード大学言語情報研究センター客員研究員。1996年度人工知能学会研究奨励賞受賞。計測自動制御学会、システム制御情報学会、情報処理学会の会誌編集委員などを歴任。情報処理学会、計測自動制御学会、日本心理学会、日本認知科学会などの各会員。