

保守教育支援システム ADVISOR の開発

吉沢純一 武藤昭一 田中秀雄 植田孝夫 西田正吾 山西麻雄 塩見実
東京電力株式会社 三菱電機株式会社

今日、コンピュータを利用した教育システムは様々なメディアとの結合、知識工学を応用した知的支援機能の付加等により、従来にない新しい教育・訓練環境を提供できるようになってきている。

本稿では、このような背景の下に筆者らが教育支援システムのあり方を考える1例として開発した、保守員を対象とした教育支援システム ADVISORについて述べる。本システムは“学習対象の理解を支援するためには、どのような形態で情報を提供すべきか”というインタフェースのあり方に視点をおいてアプローチしたもので、メディアテクノロジーと知識工学の応用、更に認知心理学の知見もいくつか取り入れている。

ADVISOR: An advanced computer assisted video instructor for maintenance of complex equipments

J. YOSHIZAWA, S. MUTO, H. TANAKA, T. UEDA, S. NISHIDA, A. YAMANISHI, M. SHIOMI

Engineering Research Center,
The Tokyo Electric Power Co., Inc.
2-4-1, Nishi-tsutsujigaoka,
Chofu, Tokyo, 182 Japan

Central Research Laboratory,
Mitsubishi Electric Corporation
8-1-1, Tsukaguchi-honmachi,
Amagasaki, Hyogo, 661 Japan

This paper describes an advanced CAI system for maintenance of complex equipments, called ADVISOR (ADVanced Video InStroctor). ADVISOR is based on media technology and knowledge engineering, and it also adopt some important viewpoints from cognitive science.

Our approach for designing CAI system is interface-centered one, and ADVISOR has some pedagogical interfaces, which are expected to enhance understanding of a student.

Our goal of the research is to design and develop interfaces that improve cognitive coupling between a person and a computer.

1 まえがき

コンピュータを用いた教育支援システムは様々なメディアとの結合、知識工学を応用した知的支援機能の付加等により、従来にない新しい教育・訓練環境^[1]を提供できるようになってきている。

そこで、筆者らは教育支援環境のあり方を考える1例として、電力設備の保守員を対象とした教育支援システム ADVISOR (ADVanced Video InStructOR)の開発を行った。本システムは“学習対象の理解を支援するためには、どのような形態でその情報を提供すべきか”という視点からアプローチしたもので、メディアテクノロジーと知識工学の応用、更に認知心理学の知見もいくつか取り入れている。

本稿では、ADVISORの教育戦略、システム構成、そして大きな特徴である知的支援機能等について述べる。

2 教育戦略

コンピュータを用いて教育支援を行う場合、学習のどういう側面に焦点を当て、どういう教育戦略をとるかが重要となってくる。ADVISORは熟練した保守員が持つ以下の振舞い^[2]のうち、次の振舞いの学習に焦点(--)の印を当てている。

- ・ Skill-Based Behavior: 技能的振舞い
-) ・ Rule-Based Behavior: マニュアル等の手順にもとづく振舞い
- ・ Knowledge-Based Behavior: 動作原理等の深い理解にもとづく振舞い

また、教育戦略^[3]としては、以下のタイプをトップダウン的に採用している。

- ・ Directed Learning: コンピュータが学習をコントロールするタイプ
-) ・ Open-ended Learning: 学習者が自由に explorationすることにより学んでいくタイプ

すなわち、学習空間を自由に探索できる環境を提供し、この過程で各保守作業について概念的に且つ具体的に理解を深める教育戦略である。

3 システム構成

システムの全容を図1に示す。学習対象である保守作業手順(保守空間)は図2に示すようなツリー状に展開されて管理される。ここで各ノードは個々の保守作業を表わしている。ノードからノードへのパス(実線)は1つの保守手順に対応する。一方各保守作業の詳細な説明(機器の名称、位置、操作方法等の情報)はサブノード(点線の流れ)として管理されている。

3.1 ハードウェア構成

ハードウェアは2つのサブシステムからなる。1つはビデオディスク、タッチセンサー等の周辺機器を制御するパーソナル・コンピュータ(PC)を中心とするシステムで、もう1つはPCを制御するワーク・ステーション(WS)である。

機能分担は図2に示す保守空間のうち、前者が各保守ステップ内の処理(ノード内の処理に対応する)を行い、後者が各保守ステップ間の処理(ノードリンク・データの管理)を行う。

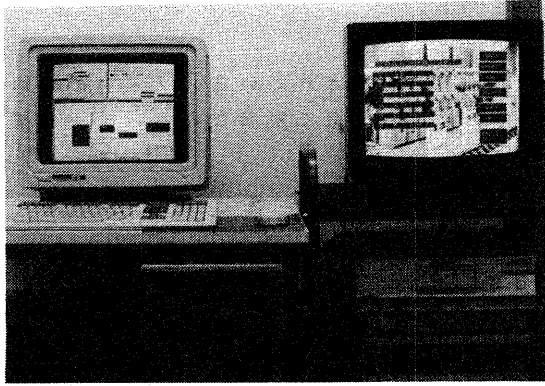


図1 ADVISOR

3.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアの構成は、PC側とWS側の2つに分けられる(図3)。

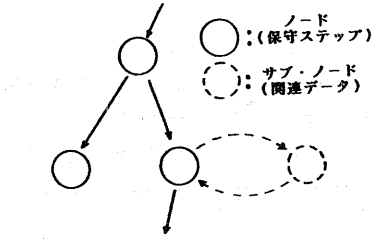
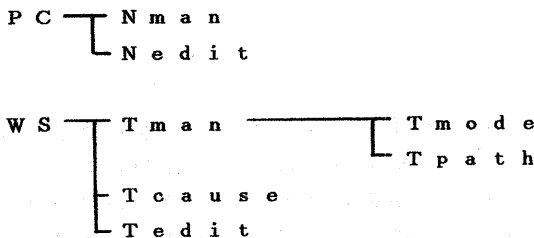


図2 シナリオ・ツリー

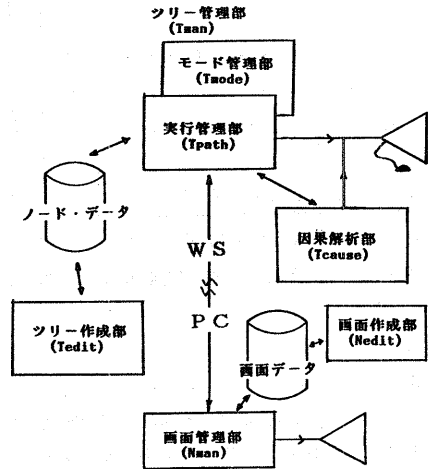


図3 ソフトウェア構成

- (1) 画面管理部 (Nman)：ノード内の制御を行う部分で、各保守作業ステップにおける映像表示、ユーザの質問に対する処理を行う。
- (2) 画面作成部 (Nedit)：ノードに対応する各画面データを作成・修正するエディタである。テキスト、ビデオ映像アドレス、矢印、タッチエリア・アドレス等から構成される画面データは、1つのファイルとしてPC側で管理される。
- (3) ツリー管理部 (Tman)：TmodeとTpathの2つの部分から成り、前者はADVISORのオペレーションをPC側で行うかWS側で行うかといったモードの管理を行い、後者は保守空間内の移動をモニターしたり、マウスによる自由な探索を可能にする。
- (4) モード管理部 (Tmode)：制御する主導権をPC側に与えるか、WS側に与えるかまた既に通ってきたパスを再表示するかで3つのモードがある。
- (5) 実行管理部 (Tpath)：現在位置を保守空間内で明確にするためのウィンドの管理(現在ノードの色反転、マクロ化されたノードの色反転、等)、マウスによる任意ノードへのジャンプ、ノード・パスの履歴の再実行を行う。
- (6) 因果解析部 (Tcause)：プロダクション・システムを利用して、複合故障時の因果関係を解析し、因果ツリーとしてWSディスプレイに表示する。
- (7) ツリー作成部 (Tedit)：保守空間であるシナリオ・ツリーを作成するための menu-drivenなエディタである。ノードの概要を示すテキストとPC上で定義されているノード名(ファイル名)のキー入力し、マウスによるノードのレイアウトやリンク付け等が行える。

3.3 データ構造

(1) WS側データ構造

WS側のソフトウェアの大部分はCOMMON LISPで記述されている。ノードの管理は、defstruct文を利用して次のような簡単なフレーム構造で定義される。データ構造はグラフィック、リンク、PCの3つの部分からなる。

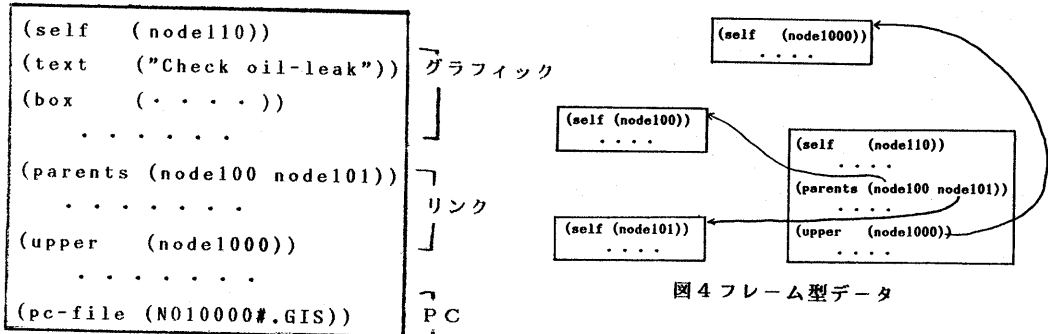


図4 フレーム型データ

リンクスロット部分にはノードの親・子ノード、階層化された上位ノードへのポインターが記録される(図4)。また、PCスロットにはPC側で管理されているノード名が入る。

(2) PC側データ構造

PC側で管理される個々の保守ステップ・データは、ユーザの保守空間のアクセスにより、“映像+テキスト”の形でPCディスプレイに表示される。具体的には、WSからPCに対してノード名(PC上のファイル名)が指定され、PCはこの指定ファイルをロードし、画面表示を行う処理になる。PC側のファイル構造は次のように、3つの部分からなる。

映像データ	テキストデータ	タッチデータ
-------	---------	--------

3.4 作成支援ツール

(1) Tedit

WS上に作成されたノード管理用の menu-driven なエディタである。次の機能がある。()は操作デバイスを示す。

- ・ノード概要、pc-file名の入力(キー)
- ・ノードの移動(マウス)
- ・ノードのX, Y位置揃え(マウス)
- ・ノード間のリンク付け(マウス)
- ・ノードスロット・データの表示(マウス)

(2) Nedit

PC上に作成されているノード画面定義用のエディタである。次の機能がある。

- ・テキスト入力(キー)
- ・映像データ(再生速度、アドレス)入力(キー)
- ・タッチエリア定義、矢印位置の定義(タッチセンサー)

(3) ノードの作成手順

まず、Neditを使いPC上にノード・データを定義したファイルを作成する。次に、TeditでWS上にノードを作成し、PC上とWS上のノードの対応付けを行う。その結果、WSから見るとWS上のノード名は論理名に、そしてPCのノード名は物理名として管理されることになる。

4 ビジュアル・インタフェース

今回、対象とした機器の保守空間は二百数十の保守ステップから構成され、また各保守ステップ内容の理解には様々な機器や器具についてその位置や操作方法等を知る必要がある。このため保守空間の大きさと実際の保守操作の複雑さから生じるインタフェースの問題^[5]がある。

4.1 設計方針

ADVISORのビジュアル・インタフェース設計では、認知心理学で得られた以下の知見をトップダウン的にとり入れ、上記の問題を解決している。

(1) 保守空間内での“Getting lost”現象^[6]の解消

ユーザがデータ空間内の関係の明確な概念を持たず、画面表示構造上の自分の現在位置を知らないために現在位置が何処で、必要なデータを得るにはどの方向へ行けば良いか、わからなくなる“Getting lost”現象の解消である。

(2) 保守空間に対するメンタルモデルの形成

認知心理学の一つの考えでは、環境とその心的マッピングである心の中に形成されるモデル間の整合性によって、理解という状態を説明しようとしている。

そこでこの考え方を考慮して、保守空間の構造的、概念的理解、更に具体的理解を支援することで、保守空間に対するメンタルモデルの形成を支援する。

ADVISORでは、WS上で保守作業全体の概念的構成とその中での現在の保守ステップ位置、そして保守作業空間の絞り込み過程が把握できる。一方、PC上では保守作業の個々の具体的操作内容が理解できるようになっている。

4.2 WSのインタフェース

WSディスプレイは、基本的には以下の4つのウィンドから構成されるビジュアルインタフェースが提供されている(図5)。ウィンドの構造を図6に示す。

- (1) Overview: 保守空間全体の構造を視覚化したシナリオ・ツリーが表示される。このウィンドでは保守空間の細部はわからないが、例えば、『このパス(保守作業の一連の流れ)は多くの操作を必要としそうだ』といった、保守空間全体の構成が理解できる。また、各保守作業を行うにつれ、故障原因を絞り込んでいく過程も、順次このウィンドに示される。
- (2) Top-view: Overviewに表示されたシナリオ・ツリーのノードを概念的にカテゴリ化したツリーが表示される。すなわち、保守空間のマクロな構造が理解できる。
- (3) Bot-view: Overviewツリーの一部が切り出され表示される。

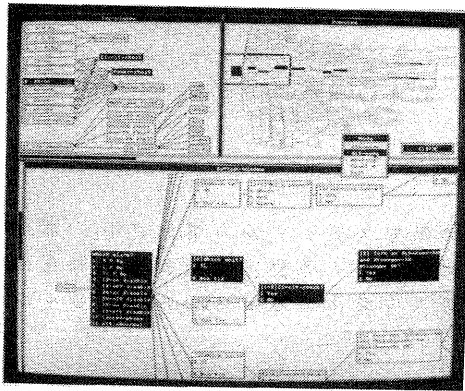


図5 WSディスプレイ例

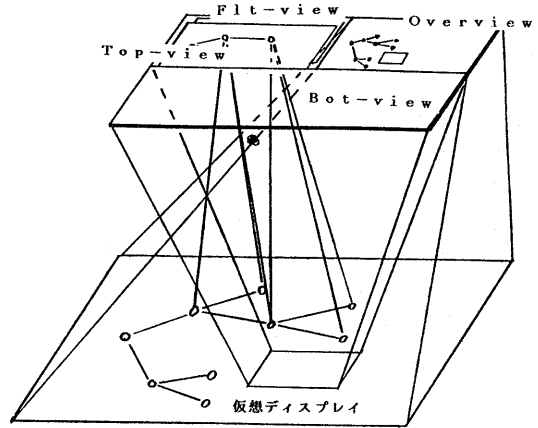


図6 ウィンド構造

ここでは、ノード（保守操作）の概要を知ることができ、またマウスでノードをピックアップしてそのノードへ制御を移すことができる。

- (4) Flt-view: 保守作業の各ステップを進めにつれ、故障原因は絞り込まれていく訳であるが、現時点で可能性のある故障原因のリストが表示される。

4.3 PCのインターフェース

PCディスプレイには、“実感”のある映像をベースとした保守作業の指示情報が示される。ビデオディスクに記録された、実際の保守で必要とする様々な情報（コンポーネントの位置情報、操作や動作情報）が表示され、実際の機器や動作とリンクして保守作業を具体的に理解することができる。

ディスプレイにはタッチセンサーが装着されており、タッチオペレーションでインタラクティブに必要な情報がアクセスできる（図7）。

5 知的支援機能

保守空間をトランスペアレントにするために、以下の知的支援機能を提供している。

(1) 保守空間における現在位置の理解

保守空間内の各保守作業状況（現在位置）はWS上の4つのウィンドに時々刻々モニターされる。ユーザはTop-view、Overview、そしてBot-viewの各ウィンドから保守空間内の概念的な位置、全体的な位置、具体的な位置を知ることができる。

(2) 保守目標に対する現在位置の距離の理解

保守空間を探索するにつれ、残りの保守作業範囲と可能性のある故障原因は絞り込まれていく訳であるが、この処理はカレントノードの全ての子ノードを逐次サーチして範囲と故障ノードを求め、その結果を各ウィンドに(Overview & Flt-view)表示することで実現している。その結果、目標までの距離と範囲が視覚的に把握できる。

(3) 保守空間の自由な探索

WS上の各ウィンドを介して、保守空間内の自由な探索が可能である。Overview内の適当な位置へマウスを移動してピックアップし、Bot-viewへ切り出す

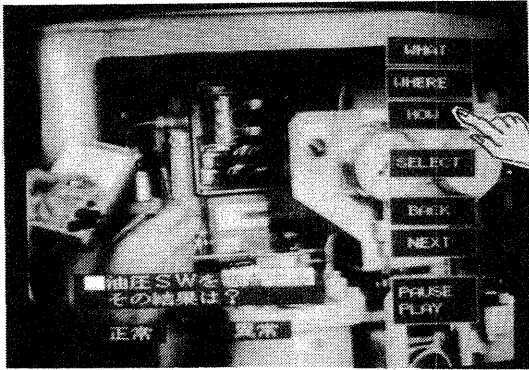


図7 PCディスプレイ例

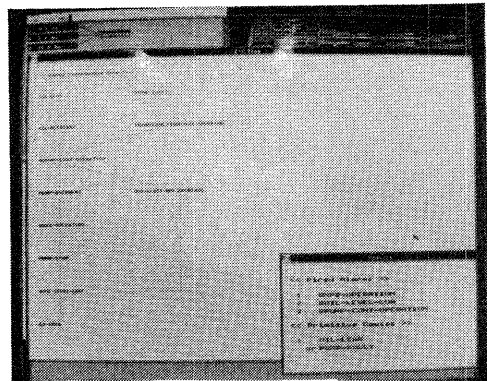


図8 因果解析例

エリアを指定する。次に、Bot-viewのノードをピックアップする。探索済みのノードはリストとしてヒストリーがとられているので、リプレイが可能である。

(4) 複合故障における因果理解の支援

複合故障時に根本原因の同定及び因果関係の理解を支援する環境が用意されている。結果は、因果ツリーとしWSのディスプレイ上に表示される(図8)。

この部分のアルゴリズムは、以下のようにOPS5で記述されたプロダクションルールをベースとしている。

```
[例] (p initialset-CB5
      (initialset)
      (event ^name @GAS-PRESSURE-LOW ^member-of alarm ^status accepted)
      --)
      (modify 2 ^status satisfied)
      (make event ^name GAS-DECREASE ^member-of cause ^status unknown
        ^supported-by @GAS-PRESSURE-LOW)
      (make event ^name GAS-LEAK ^member-of cause ^status unknown
        ^supported-by GAS-DECREASE)
      (make event ^name CB-LOCK ^member-of consequence ^status unknown
        ^supported-by @GAS-PRESSURE-LOW))
```

6 おわりに

学際的アプローチで開発された保守教育支援システム ADVISOR について述べた。ADVISOR自身は、様々な種類の保守教育に共通した重要なファクターを考慮しており、異なった対象に対してもシステム構築が容易である。

参考文献

- [1] A.Lippman: "Movie Manual: Personalized Cinema as an Instructional Partner" MIT Media Lab. 1982
- [2] Rasmussen: "Skills, Rules & Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models", IEEE Trans.S.M.C, SMC-13, 1983
- [3] E.Soloway: "Knowledge-Based Tutoring Systems", CHI+GI'87, Toronto, 1987
- [4] 土井, 他: "アラント診断のためのインテリジェント・アラームプロセッサ" SICE, 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, 1985
- [5] 植田, 他: "ビジュアル・インタフェースに関する一考察" SICE, 第2回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, 1986
- [6] D.D.Woods: "Visual momentum: a concept to improve the cognitive coupling of person and computer", Int. J. of Man-Machine Studies, vol.21, 1984
- [7] 佐伯: 認知科学の方法 東大出版会 1986