

事象ベース事故時手順書の自動作成システム設計

The Design of Advanced Generation of Event-base Emergency Operating Procedures

丹羽 雄二 (Yuji Niwa) * エリック ホルナゲル (Erik Hollnagel) †

要約 運転員の知識モデル（意味モデルと呼ぶ）から，事故時手順書（EOP: Emergency Operating Procedure）機械化表示のための中間データベース（構文モデル）に自動的に変換するシステム（高度EOP作成システム:Advanced Generation of EOP, AGEOP）の設計について考察し，概念システムを構築した．システムユーザーがある目標を与えると，これに至るタスクのパスを全て探しだし，構文モデルに自動的に変換するのが自動作成システムの動作原理である．さらに本来の目的であるEOPの保守の自動化を考慮して，この自動作成機能を核とした5つのユーティリティからなる新たなシステム，総合化EOP表示システム（Integrated Computerised Procedure Presentation, ICPP）の設計を行い，高機能EOP保守システムを実現した．

キーワード 事故時手順書，手順書自動作成，原子力発電所，意味モデル，構文モデル，知識ベース，総合手順書表示

Abstract The system that can convert from the knowledge model (called semantic model) of operators in nuclear power plants to the intermediate database for the computerised presentation for emergency operating procedure is designed. This system is called Advanced Generation of Emergency Operating Procedure (AGEOP). The primary AGEOP system has been installed. In principle, once users specify a goal to be attained, then the system searches all paths of tasks to the specified goal. It converts the syntactical model automatically. Furthermore, considering the maintenance of emergency operating procedures that is the main purpose of developing of the system, the principle design of the Integrated Computerised Procedure Presentation (ICPP) system has been also implemented that consists of five utilities and the kernel; it means the KERNEL function of advanced generation of emergency operating procedure. The ICPP system works for highly advanced EOP maintenance.

Keywords Emergency operating procedure, generation of procedure, nuclear power plant, semantic model, syntactic model, integrated computerised procedure presentation.

1. 緒言

ロシアのChernobyl原子力発電所の事故や日本のJCO核燃料加工施設の事故を契機として，事故時手順書遵守の重要性が指摘されている．この目的のために，既に事故時手順書（EOP: Emergency Operating Procedure）の機械化について考察してきた．^[1] EOPの機械化には，いくつか段階があり，最も進んだ形態が完全自動化であることを指摘し

た，そして実際に適用可能なEOP機械化は，EOPの表示であることを結論付け，その開発を行ってこのシステムをCPP(Computerised Procedure Presentation)と呼んだ．^[2] EOP表示機械化については，ヒューマンファクタの観点からも，その有効性を検討している^[3] EOPそのものの機械化を考察する一方で，運転の信頼性向上のために，EOPの使用勝手(Usability)や保守性(Maintainability)も視野に入れ，機械化することが得策である．例えば，使用さ

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

† Linköping University, Sweden

れるEOPは最新のものが保証されていることが必要であるし、EOPに掲載される機器名称や機器番号はプラントで供用されている機器名称と一致している必要がある。何よりもEOPを通して、その意味の一貫性が保証されなければならない。CPPでは、表示のためのデータベースを運転経験者がEOPの意味を斟酌し構築したものである。しかしながら、詳細な部分での意味の解釈が異なる場合も懸念され、まず、運転の意味を十分に反映したEOPを作成する必要がある。

従って、EOPの自動化とは別の観点から、EOPに対して、高度情報処理（AIT: Advanced Information Technology）の適用を試みることは、現場のニーズにも合致したものである。EOPを保守していくことは、発電現場の重要な業務であり、このために専門のスタッフを置いている。EOPの電子ファイル化は実施されているものの、保守業務の機械化は為されていないのが現状である。この機械化の取り組みはEOP信頼性向上、省力化の上からも重要な課題である。

本論文では、まず、一貫性のあるEOPを自動的に運転員の知識から作成するシステムである高度EOP作成システム（AGEOP: Advanced Generation of EOP）の基本原則について述べ、AGEOPの拡張であり、

EOP保守を助成した機械化システムである、総合EOP表示機械化システム、ICPP（Integrated Computerized Procedure Presentation：総合事故時手順書表示システム）の設計仕様について述べる。ICPPは、AGEOPの機能を核として、EOP保守のために重要と思われるデータ管理、及び表示を行うシステムであり、AGEOPにおける知識ベース編集機能のコマンドをマクロ化した5つのユーティリティから成っている。手順書機械化レベルとEOP保守といった計算機システムユーザーの利便性の関係を図1に示す。

2. 本システムに適用した運転操作の知識表現

AGEOP構築のために、EOPに対する知識表現をどのように行うかということを先ず検討しなければならない。目標指向の再帰的なタスク分析手法が提案^[4]されており、GMTA（Goal Means Task Analysis）として知られている。基本的な方法は、最終目標（原子力発電所の事故の場合は、一般的に冷態停止状態）を達成するためのサブ目標を論理的に分解し、これを達成するためのタスクを記述し、このタスクを実行するために成立させておくべき（事前）条件

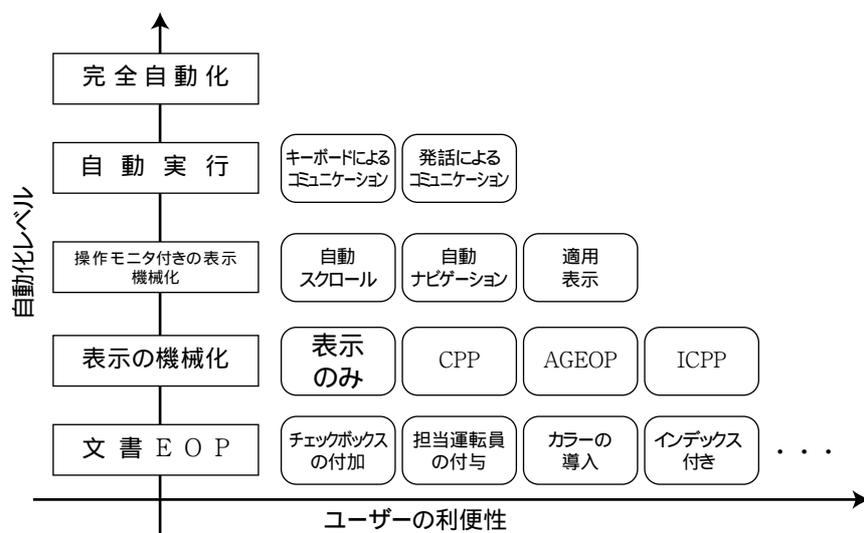


図1 機械化レベルとユーザー利便性の関係

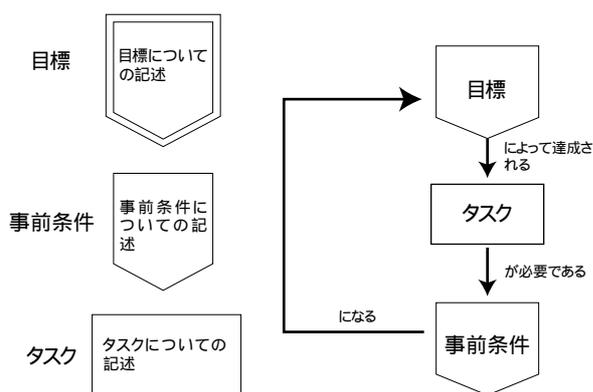


図2 GMTAの概念

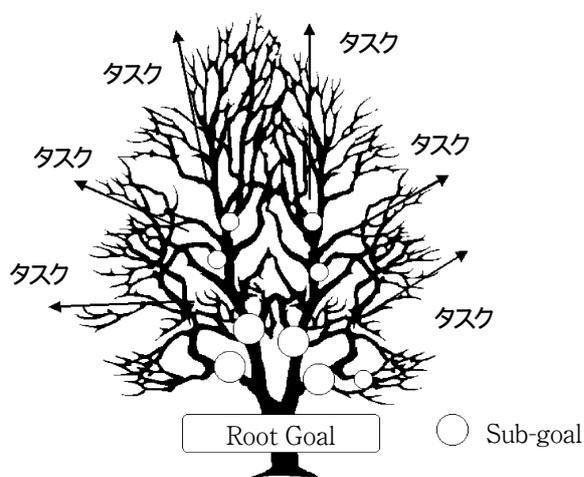


図3 GMTAの木構造

を書き下す．この事前条件は換言すると、達成すべき目標になっている．従って、同じ解析を再帰的に繰り返していけば、タスクが無限に詳細に分解されることを示している．実際はタスクが誰にも実施可能なように分解されたところで、分析をうち切る．この解析方法は再帰的なので、基本的にタスクの抜け落ちがなく、各タスク間の論理構造が明確になると考えられている．この概念を示したものを図2に示す．一般的な解析結果の表示は、グラフ的な表現で可能である．このようにして、ある事象に対する事故時操作を解析した結果を意味モデルと呼ぶ．意味モデルの構造は、木に例えると解りやすい．図3に示すように、事故時運転操作において、最終的に達成すべき目標は「冷態安定停止状態の確立」である．これを目標としてGMTAを開始するのだから、この目標は木の根 (Root Goal) となっており、タスク「冷態停止を確立する」が幹となっている．さらに樹枝状にサブ目標が伸び、終端の葉の部分には、最も詳細レベルのタスクとなる．これは一種の運転員の操作知識表現であり、図4に示すように、Frame型の知識で表現可能である．目標、タスク、事前条件を表すFrame型知識の1単位をオブジェクトと呼ぶ．一般に論理関係は、AND (選言的論理関係) とOR (練言的論理) 関係があるが、事故時操作の場合、同時並行操作等が考え得るので、AND,ORをさらにParallel (同時並行, Pで表す.) とSeries (逐次, Sで表す) に分解し、P-AND, S-OR

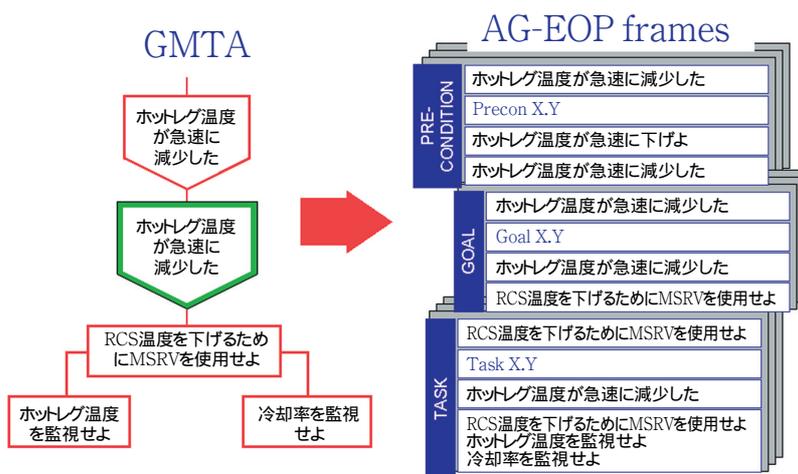


図4 GMTAとフレーム知識表現

等4種の論理関係でオブジェクト間を接続している．一般に論理関係の存在しない同レベルのタスクは一本の線で接続し，Sibling Taskと称している．

3. AGEOPの基本原則

EOPは，自然言語で書かれ，構文としての構造を持っている．これら構文とその論理接続関係を含むデータテーブル（これを構文モデル又はEOP Fileと言い，EOPを表示するCPPに表示する上での中間データベースである．）表示に変換するのが，AGEOPである．

AGEOPにおけるデータ処理は簡単である．ユーザーがある目標を設定した場合に，知識工学で言う，Instantiation が行われる．AGEOPは指定された目標に至る全てのパスを探索し，これをSearch list fileとして出力する．Search list fileは，意味モデルの部分集合となっており，Root Goalを指定した場合は，意味モデルそのものになる．Search list fileは機械内では，詳細タスク，これを規定する事前条件や詳細ゴール（自然言語）とこれらの論理接続関係（記号）のレコードとして記憶される．Search list fileはCPP表示のための最終中間データベースに機械内で変換される．GMTAでタスク間の論理構造が明確にされているので，EOP Fileに変換することは，比較的容易である．

まず，CPPのレコードは下記の通りとなっている．

[SeqNumber],[OperatorId],[Operation],[ConditionType],[Condition],[Comment] (1)

SeqNumber ::=integer (2)

OperatorId ::=”制御員” | ”当直長” “ | ”補機員” | ”主機員” | ”全員” (3)

Operations ::=text (4)

ConditionType ::=”AND” | ”OR” | ”EX/AND” | ”DR” (5)

Condition ::=text (6)

Comment ::=text (7)

ここで(5)式におけるEX/ANDはある説明的操作（例えば「充てん / 抽出を復旧せよ」）があった場合，説明的操作とその具体操作（「充てん / 抽出を復旧する」とは弁Aを開放し，弁Bを閉止し，・・・という一連の操作を意味する時，弁Aを開放し，弁B

を閉止し，・・・は具体操作である．）の接続を意味する．DRはある操作を実施した場合に，プラント計装への影響を意味する．具体的には確認行為である．例えばポンプAを起動した場合に，（プラントの設計として）警報Bが発信するので，それを確認せよという記述がEOPにある場合，警報Bを確認せよというのが，DRとなる．

一方，Search list fileのデータレコードは下記の形態を採る．

[SubGoal],[Label],[ObjectNumber],[ObjectType],[Description],[Connection],[LinkObject] (8)

[SubGoal] ::=text (9)

[Label] ::=text (10)

[ObjectNumber] ::=integer (11)

[ObjectType] ::=事前条件 | 目標 | タスク (12)

[Description] ::=text (Objectの内容) (13)

[Connection] ::=”Simple” | ”P-AND” | ”P-OR” | ”S-AND” | ”S-OR” | ”DR” (13)

[LinkObject] ::=integer (14)

[LinkObject] は，どのオブジェクトに繋がっているかという情報を表し，リンク先の[ObjectNumber] とのマッチングにより，一連のオブジェクトは繋がる．[Description]の”P-AND”，”S-AND”，”P-OR”，”S-OR”に関して操作の意味としては，並行に操作するのか，逐次的に操作するのかは重要であるが，EOPの構文では，これを表現できず，これらは，CPPでは，ANDやORとして認識される．基本的には，事

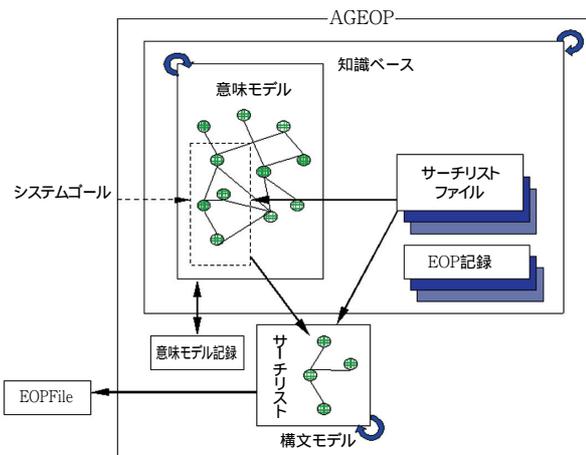


図5 AGEOPの概念

前条件をCPPの[ConditionType]，タスクを[Operation]のレコードに入れていけば，CPPの中間データベースは，Search list fileから変換できる．実際の処理はもっと複雑であるが，本論文では，原理的な説明を行った．意味モデルがGMTAにより再帰的に解析されているので，CPPのレコードのEX/ANDは何層にも亘って出現することになる．Search list fileの[Label]は，再帰的解析のレベルの深さを表している．CPPに表示する時には，これらの入子構造になったEX/ANDの表示は特別な配慮を要する．基本的にはインデントの深さで詳細化レベルを表しているが，視認性の観点から改良が必要である．この改良については，現在鋭意取り組んでいる．

AGEOPのシステム構成を図5に示す．情報の処理としては，上記のような単純なものである．寧ろ，多くの知識処理システムがそうであるように，知識をシステム内に構築することが問題である．今回は，予め4つの事象を指定し，これらの知識表現を実施した．

4．AGEOPの設計仕様

システム設計で肝要なことは，ユーザーに使用にあたっての負担をかけないことである．使用時にマニュアルから手を離せない，様々な画面上を頻りに参照しなければならないということは避けなければならない．さらに本システムでは，簡単な知識処理を行うので，知識ベースの構築や編集を知識(GMTA)の可視化によってユーザーに出来るだけ負担をかけることなく実施できるようにするようなシステム仕様とした．

GMTAと同様のタスク分析手法に階層的タスク分析手法(HTA: Hierarchical Task Analysis)^[6]が良く知られた手法である．これは，目標に対して実行すべきタスクを時間の流れに沿って，荒く書き下す．その意味では，PSAで知られているEvent Treeと似ている．各々のタスクについて階層的に分析を行って，順次，タスクを分解，詳細化していく．GMTAに似て居り，分析が簡単という長所があるが，反面，論理構造が明確にされないという欠点がある．

AGEOPで行う処理は前章で述べたように，意味モデルから構文モデルに変換し，これをCRT画面上

に表示するという時系列に展開しやすいものである．このため，HTAを適用し，意味モデルを作成し，これから作成されたEOPを表示するまでのユーザーが計算機に対して行わなければならない操作処理流れを時系列に書き下し，これに対してHTAを適用した．この結果は，AGEOPの初期メニュー画面，各メニュー画面内でのボタンをどのように設定すれば良いかの設計に反映されている．HTAの分析とその後のレビューで，初期メニュー画面には，{意味モデルの呼び出し}，{意味モデルの編集}，{サーチリストの作成・編集}，{EOPファイルの作成}，{戻る}(AGEOP終了)の5つのメニューを用意することに決定した．{戻る}以外のメニューについて説明する．

4.1 意味モデルの呼び出し

各事象のGMTAファイルを読み出し，セーブする．このメニューを開くと目標，事前条件，タスク毎(クラス毎)の全オブジェクトのリストが表示され，これを選択すると各々の情報，どのオブジェクトに接続しているか，接続先のオブジェクトは何か，オブジェクトの内容等が表示される．本メニューの基本的な機能は，オブジェクトのブラウザである．実質的な作成機能は編集画面にて実施する．

4.2 意味モデルの編集

意味モデルの編集画面を図6に示す．事象毎のGMTA(意味モデル)を読み出し，これを編集し，格納する．既にある事象のGMTA結果は格納されているので，これを編集することにより，新規事象のGMTAを作成することが出来る．ファイルを読み出した場合は，GMTAをグラフィックで表示する．描画領域が大きいので，全体のオブジェクトのOrientationを表すマップ画面を常に提示し，枠をマウスで動かすことにより，対象オブジェクトやその周辺のオブジェクト，接続関係を表示する．を表示オブジェクト関係の編集機能としては，次に記すとおりである．

オブジェクトの編集画面において，オブジェクト専用のアイコンは別のファイル関係のアイコン，ボ

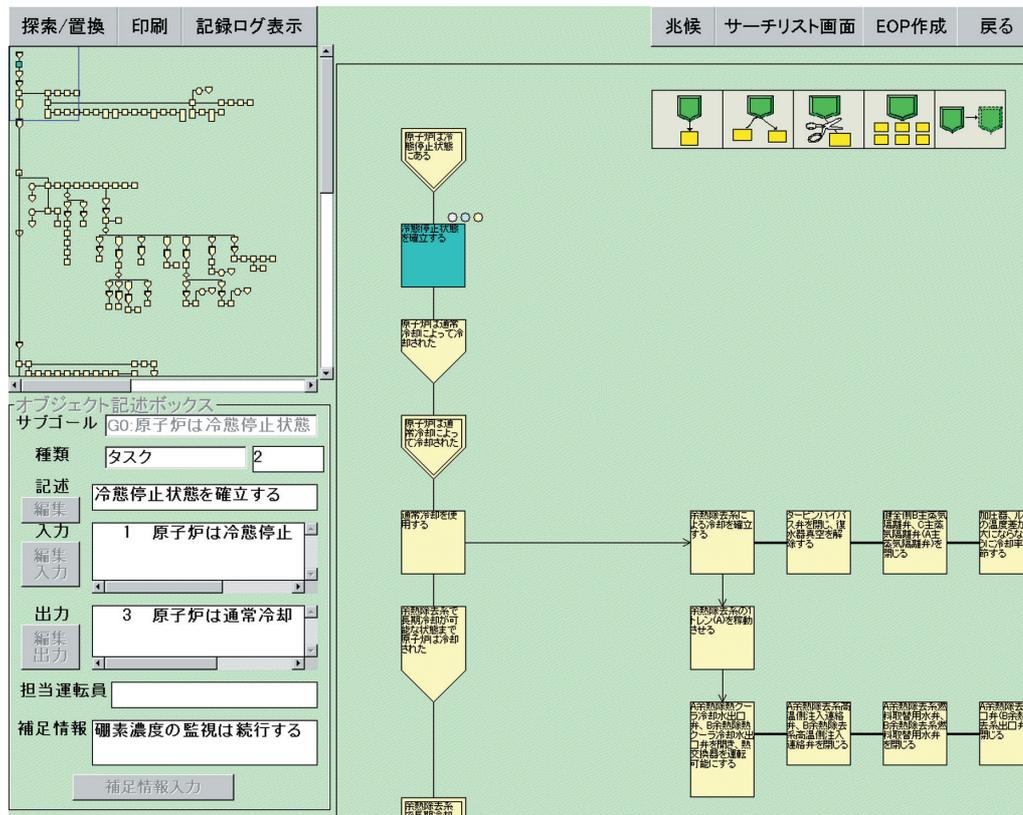


図6 意味モデル編集画面

タンとは明確に区別され、表示される。尚、これらのオブジェクト操作関係のアイコンは、ポインタがアイコン内に入った場合、ヘルプが必ず表示される。

4.2.1 オブジェクトの編集

当該アイコンをクリックすることにより、そのオブジェクトの詳細を表示する。又、新規オブジェクトの作成もこのアイコンをクリックすることにより可能である。新規オブジェクトの作成に当たっては、Front Processorが起動し、統一した記述のオブジェクトを作成することが可能である。具体的には、オブジェクトは、

<V> (動詞) + <O> (目的語) + <M> (修飾語)
 で一般的に書けることに注目し、Vをプルダウンすれば、「開く」、「起動する」等のEOPに使用される言葉の辞書の一覧が表示され、ユーザーはこの中か

ら、適当な言葉を選ぶことが出来る。Oの場合は系統、機器の辞書から、Mは「慎重に」、「速く」、「ゆっくりと」といったような辞書から選び、一連の言葉を作ることが出来る。従って、ユーザーによる使用言語のゆらぎの影響を受けにくいようになっている。

新規に作成したオブジェクトは、このアイコンを再度クリックすることにより、他のオブジェクトを連結をとることができる。連結作業にあたってはダイアログボックスが自動的に表示され、実施すべき操作がHelpとして表示されるので、このHelp通りに作業を進めれば、ユーザーは新しいオブジェクトを作成し、既存の意味モデル知識ベースに連結することができる。この連結にあたっては、GMTAで守るべきルール (GMTA Syntax) が記憶されており、これに抵触した場合は、警報メッセージを出すので、正しいルールに基づいたGMTAを作成することが可

能である。

各オブジェクトには、画面内の付加情報の追加というボタンをクリックすることにより、Text情報、図情報、写真等のイメージ情報を付加することができる。付加情報のあるオブジェクトは、意味モデル画面で、右上に丸が表示される。Text情報だけの場合は丸が1つ、Text、図、写真の情報が付加されている時には、3つの丸が表示される。この情報の活用、表示については、後述する。

4.2.2 オブジェクトの整理

表示されたオブジェクトのGraphic画面上での移動を行う。移動の方法には、ユーザーの利便に応じて、数種の方法で実施することが可能である。

4.2.3 オブジェクトの複製

意味モデル画面で指定されたオブジェクトを複製することが可能なようにした。

4.2.4 オブジェクトの削除

意味モデル画面で指定されたオブジェクトを削除することが可能なようにした。

4.3 サーチリストの作成・編集

メニュー画面でこのボタンが押されると、ダイヤログボックスが現れ、キーワード又はPop-upでシステムが用意した目標を指定することができる。このユーザーが入力した目標に対して、AGEOPはBack propagation を行い、末端のタスクまで、全てのパスを探索する。これを3.3と同じフォーマットで表示する。サーチリストの結果であることを区別するため、3.2では、薄緑の背景色が使われ、サーチリストでは、薄い水色が使用される。ここではオブジェクトを編集できない。

4.4 EOPファイルの作成

このボタンをクリックすると、CPPのための中間

データベースが表示される。尚、ここでCPPのレコードに情報を付加することができる。エキスパートに必要ないと思われるときは、ここで、そのレコードを指定できる。この入力の実用性については、後の章で述べる。

その他、「戻る」ボタンを押すことにより、AGEOPを終了することが出来る。尚、GMTAを解りやすく説明した説明は、「GMTAチュートリアル」というボタンを押すことにより、プレゼンテーション資料用のソフトウェアが起動し、予め記憶しておいたファイルを動画付きで表示し、ユーザーにGMTAの理解を促す。

5 .ICPP(総合事故時手順書表示システム)

AGEOPは基本的に知識処理を行うシステムであり、知識工学の素養が求められる。しかしながら、多くのユーザーは、知識工学を習得している訳ではない。このため、発電所の現場サイドで、EOPの保守にあたっている者の業務が、支障なく目的を達成できるシステムを構築する必要がある。このため、既に述べたように、AGEOPを核(Kernel)とし、現場業務の支援を考慮して、5つのユーティリティを付加したものがICPPである。ユーティリティには、意味モデルにアクセスし、指定された支援を行うものと、構文モデルにアクセスするものがある。これらの構造は、ICPPの初期メニュー画面として、解りやすく表示される。初期画面を図7に示す。

5.1 - 意味モデルにアクセスするユーティリティ

5.1.1 類似EOPの作成機能(U-1)

前述のように、GMTAは目的指向のタスク分析なので、一旦、1事象のGMTAを実施さえすれば、類似事象のGMTAを作成することは比較的可能である。本来は、AGEOPで編集機能を使用すれば可能である。しかしながら、上述のように、GMTAや、情報技術(IT: Information Technology)の知識がなければ、編集作業は、困難を伴う。仮に、全事象のGMTA結果をmergeしたデータベースがあれば、目

事象ベースEOP総合表示システム

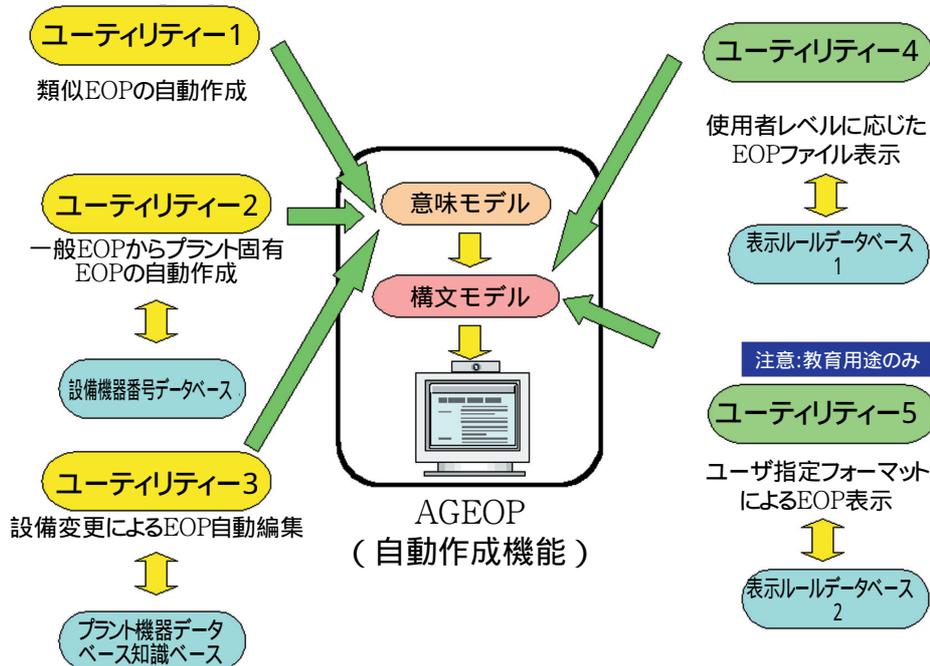


図7 ICPP初期画面

標を指定するだけで、その目標に達する全ての事象がサーチリストファイルとして得られる。これから、不要なオブジェクトを削除していけば、類似事象のEOPが得られるわけであるが、この作業自身も、GMTAの知識を必要とする。そこで、類似事象、例えば、安全注入を伴う事象、反応度に異常をきたした関連の事象、と予め事象を類別しておき、これらの類似事象毎に合併したGMTAデータベースを意味モデルとして持っておけば、目標「冷態停止の確立」を指定し、サーチリストファイルをAGEOPに出力させれば、類似事象のEOPが一括して作れることになる。今回作成した供試システムでは、「安全注入(SI)を伴う事象」の4事象のGMTA結果が意味モデルとして記憶されている。

U-1では、ボタンがクリックされると図8の通り類似事象の階層構造が示される。この中から、例えば「安全注入(SI)を伴う事象」を選択すると、目標、「冷態停止の確立」に至る全てのパスが探索される。画面表示で、一番レベルのレベルの高いサブ目標が幾つかの枠に囲まれて現れる。これをリンクで結ぶことにより、再度、サーチリストファイルが

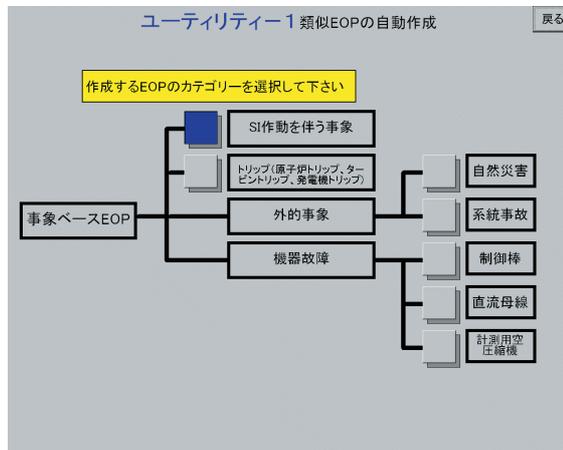


図8 ユーティリティ-1 初期画面

生成され、これをEOP Fileに自動的に変換し、CPPに表示する。このようにユーティリティの中では、GMTAを一切、意識することなく、作業を遂行することができる。従って本供試システムでは、AGEOP内でGMTAを編集した場合、「安全注入(SI)を伴う事象」の意味モデルに自動的に改訂結果が反映されるようになっている。

表 1 機器テーブル

一般プラント	プラント-A		プラント-B	
充填ポンプ	充填 / 高圧注入ポンプ		充填ポンプ	
主蒸気逃がし弁	主蒸気逃がし弁	V-1234	蒸気逃がし弁	MS-567
ブローダウンサンプル止弁			ブローダウンサンプル止弁	SS-678
抽出隔離弁	抽出隔離弁	MOV-005	抽出オリフィス隔離弁	CS-398
.....

5.1.2 一般EOPからプラント固有のEOPの自動作成 (U-2)

この作業を実施するのは、原理として簡単である。しかしながら、人間が行うとなるとマンパワーを要する業務であり、又、抜け落ちも多いものと思われる。ICPP内に、表1のようなテーブルを用意しておく。表1中、「-」は該当設備がないことを示している。U-2では、表1のようなテーブルを参照して、AGEOP内の置換機能を使い、先ず意味モデルを指定されたプラントの機器名称と番号を置き換え、一連のAGEOPの処理流れに流す。U-2では、これらの一連の作業を完全に自動で実施するものと、例えば、意味モデルのTextを書き換えた後に一旦作業を中止して、作業の要所所でユーザーに確認を求める2つのモードを選択することができる。ICPPが現在、どのような処理を行っているかは、U-2を選択した後に表示される画面で確認することができる。

5.1.2 事故時手順書自動改訂機能 (U-3)

一般のプラントでは、例えば、ある配管系統に弁を追加したり、あるポンプのインタロックを変更する等の設備の変更が必要に応じて行われることもあり、EOPにはこの変更が、確実に反映されなければならない。これは、EOPの保守業務の根幹をなすもので、自動化による恩恵は大きいものと予想される。ここで、操作の知識ベースであるGMTAの他に、配管（流体）系に関する知識ベースや動的機器の制御に関する知識ベース等のプラントそのものに関する知識ベース、さらにこれらとGMTAを連結する、「基礎的な操作がプラント状態にどのような変化をもたらすか」ということを表現した知識ベースが必要である。又、GMTAとの親和性、処理のし易さから、これら各々の知識ベースはFrame型で表現され

ていることが望ましい。

供試システムでは、そのような可能性を示唆するための簡単なデモンストレーション的な機能を搭載しているに過ぎない。現在のICPPはこの作業に関しては、高度な知能を持たず、画面上でスクリプト処理をしているだけである。このスクリプト処理の基本的なアイデアは、ある設備の変更により、影響の受ける機器をシステムが探しだし、その語句を含むオブジェクトを背景色を赤系の混合色に変えて表示する。ユーザーが、設備変更が操作に与える影響を評価し、選択されたオブジェクトを変更するというものである。しかしながら、これでは、AGEOPにユーザーの作業が移ることになり、ユーティリティ本来の目標を達成していない。極めて高度な知識情報処理が必要である。筆者らは本研究とは別に、高度知識処理の応用として、U-3の概念設計が行い、既にその原理は確立している。^[6]

5.2 - 構文モデルにアクセスするユーティリティ

この範疇のユーティリティは、EOP保守のためのユーティリティとは異なり、EOP運用（実際の運転）やEOPに関する教育に使用されるべきユーティリティである。EOP保守とは直接関係がないものの、原子力発電運転業務に携わる者を支援するものである。

5.2.1 使用者レベルに応じたEOPの表示機能 (U-4)

日本のEOPに関する使用方法で独特なのが、EOPを事故時に使用するばかりでなく、初級運転員のOJT（On the Job Training：職場内教育）で使用されることである。又、これは国内外に限らず、又一般の化学プラントにも共通したことであるが、操作中

に気づいたことを、自身のメモに書き留めておくという行動がある。これは秘密主義から行うのではなく、現場運転員に知識を共有しあうという概念が一般的に希薄であることに起因する。これらは、ヒューマンファクタの観点から、Black Bookと呼ばれ、知識伝承の観点からも、手順書への反映が重要視されている。

4.2.1節でも記したように追加情報を書き込む機能をAGEOPの意味モデル画面に持たせたのはこの為である。この機能で知識共有、知識伝承が期待できる。4.4節で指定した情報はU-4で使用される。U-4では、表示すべきEOPを「初心者用」、「通常」及び「エキスパート用」かを指定することができる。「初心者用」では、追加情報も含めて全ての情報がCPPに表示され、「通常」はCPPの画面表示と同じである。「エキスパート用」では、EOP Fileの編集で指定したレコード(事象の収束のためキーとなる操作)のみをCPPに表示する。従って、「初心者用」は、OJTや一種のCAIの媒体としての使用が期待され、「エキスパート用」は、実際に事故時に使用する(或いは表示する)EOPについて、どのレベルの情報が適切かを検討する材料を与える。

5.2.2 様々なフォーマット形式によるEOP Fileの表示 (U-5)

このユーティリティは、教育用である。実際のEOPの運用に使用されると、逆にEOPを使用する運転員に混乱を招き、ヒューマンファクタの観点からは好ましくない。ICPPの初期画面で、使用禁止のアイコンを表示し、その意味を伝えている。ここで、表示可能なフォーマット形式は、下記の通りである。

5.2.2.1 一般のCPPフォーマット形式^[1]

2カラム表示、左に操作記載、右に注意、留意事項記載。を記載する。パン構成を図9に示す。

5.2.2.2 Westinghouse社フォーマット形式

2カラム表示、左に操作記載、右に失敗時の操作(Contingency Action)を記載する。注意事項は、当

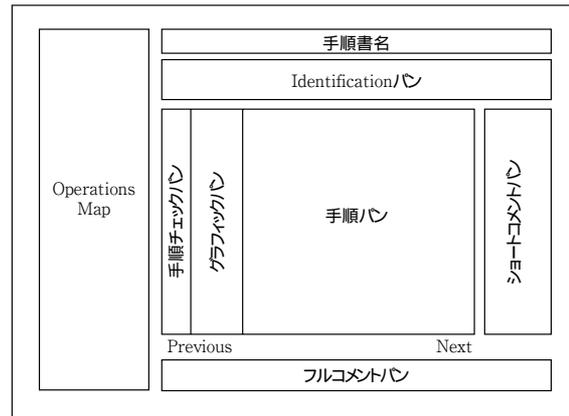


図9 CPP (日本のEOPの) のパン構成

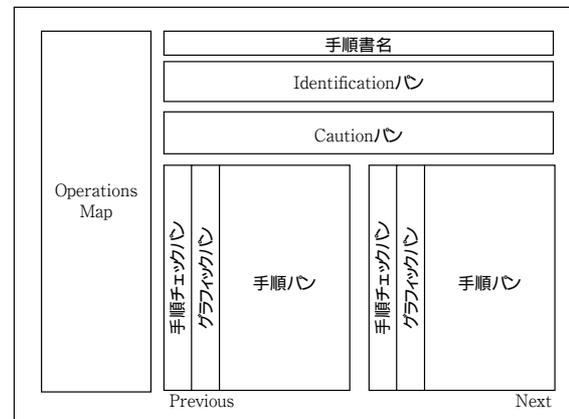


図10 Westinghouse社パン構成

該操作の上に記載する。このフォーマットを反映したパン構成を図10に示す。

5.2.2.3 Babcock & Wilcox 社フォーマット形式

1カラム表示であり、論理関係のみ強調して表示する。

5.2.2.4 フローチャート形式

ドイツ等で採用されている。又、安全機能ベースEOPは基本的にフローチャート形式で表示されている。

U-5では、EOP ファイル(CPP)レコードの情報のみを参照して行っている。ユーザーの指定により、

終了		R-2-(1) 安全注入自動作動	
SI作動確認		2. [当直課長] 安全注入、関連機器作動確認を実施する	
破損SG同定		3. [全員] 原子炉、タービン、及び発電機トリップを確認する。	
RMSインターロック		4. [全員] 安全注入による関連機器の作動を確認する。	
破損SG隔離		5. [制御員・主機員] 主蒸気隔離が自動作動したことを確認する。	
RCS急冷		<input checked="" type="checkbox"/> 原子炉トリップ、タービントリップ、及び発電機トリップを確認しその処置を行う。 <input type="checkbox"/> 原子炉トリップを確認する。 <input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。 <input type="checkbox"/> タービントリップを確認する。 <input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。 <input type="checkbox"/> 発電機トリップを確認する。 <input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。	(1)事故時操作所則 (R-1)参照 当直課長の指示によること。 (1)事故時操作所則 (T-1)参照 当直課長の指示によること。 (1)事故時操作所則 (E-1)参照 当直課長の指示によること。
イコライズ			
SG現場隔離	T-57 T-58		
SIUセット・停止			
T、V信号復旧			
YES	NO		
	外電使用可能		

図11 CPPに準拠したフォーマット画面

終了		R-2-(1) 安全注入自動作動	
SI作動確認		2. [当直課長] 安全注入、関連機器作動確認を実施する	
破損SG同定		3. [全員] 原子炉、タービン、及び発電機トリップを確認する。	
RMSインターロック		4. [全員] 安全注入による関連機器の作動を確認する。	
破損SG隔離		5. [制御員・主機員] 主蒸気隔離が自動作動したことを確認する。	
RCS急冷		<input checked="" type="checkbox"/> 原子炉トリップ、タービントリップ、及び発電機トリップを確認しその処置を行う。 <input type="checkbox"/> 原子炉トリップを確認する。 <input type="checkbox"/> タービントリップを確認する。 <input type="checkbox"/> 発電機トリップを確認する。	<input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。 <input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。 <input type="checkbox"/> (2)自動トリップしない場合 <input type="checkbox"/> 手でトリップさせる。
イコライズ			
SG現場隔離	T-57 T-58		
SIUセット・停止			
T、V信号復旧			
YES	NO		
	外電使用可能		

図12 Westinghouse社EOPに準拠したフォーマット画面

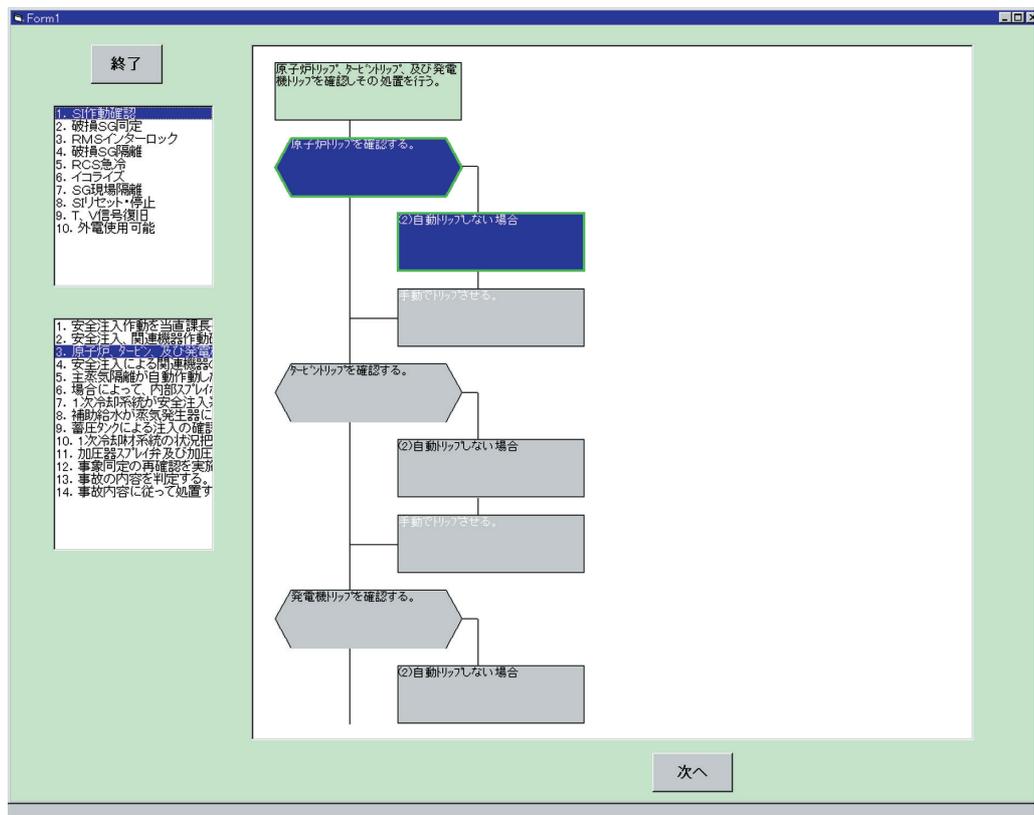


図13 フローチャートに準拠した表示画面

レコード中の論理接続子を参照して、表示位置等の制御を変えている。一般のCPPフォーマット形式、Westinghouse社式フォーマット形式、フローチャート形式の画面例をそれぞれ、図11、図12、図13に示す。ユーザーとしては、様々な国で自動作成されたEOPがどのような形式で表示されるかを理解することができ、国外のEOP情報を見る際に支障がなくなる。開発者としては、様々なフォーマット形式で表示されるEOP表示を提供することにより、発電現場で、より良いフォーマットに対しての議論が行われることを期待している。例えば、自然言語でEOPを表示するのが良いのか、フローチャートでEOPを表示するのが認知的に良いのかは、ヒューマンファクタやCognitive Engineeringでも議論があり、結論は出ていない。これらは、表示すべき媒体の論理構造にも依存するが、最終的には、参照すべきユーザーが決定するものであろう。

6. 結論

CPPのユーザーの利便性、情報技術の拡張という観点から、EOP自動作成システム（AGEOP）を開発した。運転員の知識ベース（意味モデル）から、CPP表示データベース（構文モデル）への変換システムであるAGEOPは、情報技術（IT）という学問的見地から興味深いものの、ユーザーのUsabilityの観点から問題が残ることを指摘し、さらにUsabilityを考慮したICPPの設計、供試システムの構築について言及した。AGEOP/ICPPは、従来なかった高機能を達成するシステムであることを報告した。運転操作の知識ベースの構築にGMTAを採用したが、さらに一般の運転員でも構築できる知識表現の方法についての考察は将来の課題である。

謝辞

本稿の最後に当たり，困難な仕様にも拘わらず，過不足なく供試システムのプログラミングを辛抱強く実施して頂いた，コンピュータソフト株式会社の関係者の方に謝意を表します．

文献

- (1) Y, Niwa., M, Terabe. and T, Washio., Autonomous Recovery Execution in Nuclear Power Plant by the Agent, International Journal of Cognition, Technology and Work, Vol.1 No.4, pp.197-210 (1999)
- (2) Y, Niwa., E, Hollnagel. and M, Green. Guidelines for Computerized Presentation of Emergency Operating Procedures, Nuclear Engineering and Design, 167, pp.113-127 (1996)
- (3) Y, Niwa., E, Hollnagel. and M, Green. The Contribution of Human Factors to the Development of Computerized Emergency Operating Procedures, International Journal of Cognitive Ergonomics, Vol.2, No.4, pp.321-329 (1997)
- (4) E, Hollnagel. *Human Reliability Analysis: Context and Control*. London, Academic Press (1993)
- (5) B, Kirwan. and L.A., Ainsworth, *A Guide to Task Analysis*, Taylor and Francis, London (1992)
- (6) Y, Niwa., T, Sakao. and M., Terabe., A principle study on automated updating of emergency operating procedures in nuclear power plants. In Morek & W. Karkowski (Eds.), *Manufacturing and Hybrid Automation III* (To appear, 2000)