

# 原子力プラント事故時手順書表示機械化に 関する研究 (ステップ2) プロトタイプのガイドライン

Study on Computerized Presentation of Emergency Procedures  
of a Nuclear Plant (Step 2)  
— The Guidelines of the Prototype of  
the Computerized Procedure Presentation System —

丹羽 雄二 (Yuji Niwa)\* エリック ホルナゲル (Erik Hollnagel)<sup>†</sup>  
岩城 利夫 (Toshio Iwaki)<sup>‡</sup>

**要約** 情報提示とインターフェース設計の手法は現在の原子力プラントの中央制御室における作業条件に変革をもたらしている。このなかで注目すべき分野は原子力プラントにおいて重要な役割を果たす事故時手順書である。従来、これらの手順書はハードコピー形式で提示されていた。しかし情報技術の進歩により事故時手順書の計算機化に新たな可能性が生まれた。事故時手順書の機械化を考察する第1段階でこの表示について重要視されるべきである。事故時手順書の計算機による表示仕様が、問題の中心となる Navigation, 機械化のための再フォーマット, 操作の進行監視について議論し、さらにより進んだシステム構築を考慮して、ヘルプ機能, プラントプロセスとのリンクも既に考察した。

本論文では、事故時手順書の計算機による表示について実装を前提に、詳細の仕様のガイドラインを検討する。すなわち、手順書表示と手順書フォーマットの関係、手順書を通じた操作進行の登録、印刷文書に対する計算機表示の限界の補償、運転員の作業条件に普遍的に適用出来る機能の付加方法を、経験を通じて、その原理を検討する。

**キーワード** 事故時手順書表示機械化, ガイドライン, 情報技術

**Abstract** New methods of information presentation and interface design are changing the working conditions in the modern Nuclear Power Plant(NPP) control room. One area receiving considerable attention is that of Emergency Operating Procedures(EOPs), which plays an essential role in NPPs. Conventionally procedures are presented in a hard copy form. However developments in information technology have offered new opportunities for the computerization of such procedures. Consideration for the first stage of computerization should be focused upon the presentation of procedures. The specification of the computerized presentation of procedures is discussed with respect to the issues which were central to the project: navigation through procedures; formatting and presentation of procedures; and process monitoring. Issues that would be included in more advanced systems, such as help and explanation facilities features, and process linking, are also discussed. This paper deals with the specific design guidelines that were implemented for the computerization of procedure presentation. Issues of principal concern that were identified from this experience are highlighted, such as the relationship between procedure presentation and format; the registration of progress through a procedure; compensation for the limitations of computer displays versus printed documents; and the way in which the added capabilities of computerized presentation can be generally utilized in the operators' working environment.

**Keywords** computerized emergency operating procedure presentation, guidelines, information technology

\* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

<sup>†</sup> コンピュータソフト開発(株)

<sup>‡</sup> Human Reliability Associates Ltd., England

## 1. 緒言

現在の事故時手順書体系は事象ベースと安全機能(兆候)ベースの手順書体系から成立している。一般的に事象ベース手順書は、伝統的なテキストスタイルで記載される場合が多い。一方、安全機能ベース手順書は、フローチャートのように図式化したフォーマットで記述されている。どちらが運転員の視認性、把握性に良いかの評価は別研究に譲るとして、後者については、これをCRTを通じて表示するシステムが実際に稼働している反面、テキストスタイルで記述された事象ベース事故時手順書の表示機械化については、一部の例を除いて、稼働していないのが実状である。テキストスタイルで記述された事故時手順書の情報を、運転員に的確に、かつ迅速に提供するシステムのプロトタイプ的设计について考察するのが本研究の目的である。

手順書表示の機械化システム(Computerized Procedure Presentation System; 以下CPPSと言う。)仕様の考察に当たって、Navigation、電子化再フォーマット問題、プラントプロセスとのリンクを如何に採るか、操作進行の監視、如何なるヘルプ機能を付与するかの5つの局面から検討し、併せて、極めて基礎的なモックアップを提案した。<sup>(1)</sup>本報告は、このモックアップから実際のプロトタイプ作成までの検討結果について言及するものである。

## 2. プロトタイプの基本仕様の5つの局面からの決定

プロトタイプ基本仕様決定にあたって下記の事項が考慮されなければならない。

- (1) 市販のハードウェアをCPPSに使用する。それ故、原子力プラントプロセスとのリンクをとることについては十分注意をしなければならない。CPPSの原子力プラントへの実装については、さらに研究を進めた後の問題である。
- (2) 機械に自律的な機能を持たせるには、高度の信号処理や推論を行わなければならない。現状では、商用プラントに即、適用可能な技術が見あたらない。
- (3) 事故収束操作にあたって運転員のワークロードの増大を招くものであってはならない。
- (4) 現状では運転員の意見が十分に反映されているとは言えない。

以上の事項より、本プロトタイプでは Stand Alone のシステムを考え、自律、能動的な動作は行わない。ヘルプ機能等は運転員のインタビューを基に後に付加するものとする。以上を纏めれば、本 CPPS プロトタイプの5つの局面における実現範囲は表1の黒く塗りつぶした部分通りになる。尚、Navigation については、Hyper Text の概念の一部を導入する

ナビゲーション	単なるシーケンシャル表現	階層構造	ハイパーテキスト構造	インテリジェントアクセス
フォーマット	文書のハードコピー	手順記述の分解	各運転員の役割の明確化	論理構造の明確化
操作進行のモニタ	進行モニタなし	チェック欄に手動チェック	半自動モニタ	全自動モニタ
プラントプロセスとのリンク	リンクなし	制限値の改変	自動パラメータ読採り	制限値改変 + パラメータ読採り
ヘルプ機能	ヘルプ機能なし	Context とは無関係のヘルプ	Context 依存のヘルプ	Human-Model ベースのヘルプ

表1 5つの局面からの仕様検討

手順タスク	要求される行動	詳細な行動
ステップ毎の実行	次のステップの同定	認識と手動の混合状態である。 次ステップの同定は認識行為を含む。もし手順書が他の手順書や次のページの手順ステップとリンクしている場合には、手動行動を含む。 次のステップの同定については、以前のステップかサブステップが多数にのぼる場合は、現在のステップの最初の情報が必要になることもある。 注意デマンド：Medium
	手動でページを捲る	単にマニュアルスキルである。 注意デマンド：Very Small
手動チェック	チェックマークの記入	単にマニュアルスキルである。 注意デマンド：Very Small
追加情報による修正	要求情報源の同定	主として認識行動である。 注意デマンド：Very high
	要求情報源へのアクセス	主としてマニュアルスキルである。 注意デマンド：Very high
	情報の発見	認識と手動の混合状態である。 注意デマンド：Medium

表2 現状のタスク分析

手順タスク	要求される行動	詳細な行動
ステップ毎の実行	次のステップの同定	認識と手動の混合状態である。 もし、ステップが近傍のサブステップとリンクされている場合は、同定には、手動スクロールが必要かも知れない。 次のステップの同定については、以前のステップかサブステップが多数にのぼる場合は、現在のステップの最初の情報が必要になることもある。それ故、追加情報の表示が必要である。 注意デマンド：Medium or high
	必要表示の選択	表示画面間の動きはページをくる程、簡単ではない。表示のアクセスには、特別な工夫が必要である。このナビゲーションは追加の作業を要求する。 注意デマンド：Small or medium
手動チェック	チェックマークの記入	マウスやキーボード操作が必要である。それ故、現状よりも複雑になる。 注意デマンド：Small or medium
追加情報による修正	要求情報源の同定	主として認識行動である。表示が良く定義されている場合は、簡単になるであろう。 注意デマンド：Very High or high
	要求情報源へのアクセス	分析が十分されている場合には、計算機により改善され得る。 注意デマンド：Small
	情報の発見	認識と手動の混合状態である。しかし、手動操作は表示システムの設計が良好ならば、簡単になる。 注意デマンド：Medium

表3 CPPS導入後のタスク分

ことを考えているので、当該エリアの半分に斜線を施した。さらにCPPSについては、下記の使用条件を仮定する。

- (1) CPPSは中央制御室に1台のみ設置され、CPPS操作に当たるのは、運転責任者クラスの職位の者1名である。操作者はCPPSにより「肩ごし」のチェックを実施し、また、CPPSに当該操作完了を入力するものとする。
- (2) CPPSのディスプレイが設置されるのは、運転責任者クラスの職位の者の机上である。

### 3. 事故時手順書使用にあたってのタスク分解とCPPS導入の影響の検討

さらにCPPSの機能の明確化を行うために、事故時にどのように手順書が使用されるかが記述され、考察されなければならない。事故時手順書の使用が要求される場合には、運転員はシステムの状態を同定し、適当な修復操作を採らなければならない。多くの場合、通常、事故収束においては、時間的拘束を伴う場合が多い。マンマシン・インターフェースの複雑さと自動化の程度により、運転員の事故認知状況での困難さが異なる<sup>(2)(3)</sup>。事故時手順書使用におけるタスク分析を次に示す。

- (1) 使用すべき手順書の同定
 

診断と同定のタスクである。これは、安全機能ベースと事象ベースに依存している。事故同定は手順の最初の典型的な行動である。
- (2) ステップ順の実行
 

予め定められたナビゲーションに従って手順が実行される。これは、認識というよりもスキルを含むであろう。意志決定のブランチがある場合には、追加情報に基づく修正行動が必要になる可能性がある。
- (3) 手順書に規定されたステップまたはサブステップの実行
 

多種のタスクより成立している。例えば、「比較」、「統合」、「意志の疎通」、「確性」、「制御」、「Manipulation」、「同定/認識」、「記録」、「Scanning」、「実行」<sup>(4)</sup>である。このようにスキルベースの行動と認識の結合とすることができる。手順表示に関し、運転操作実行と表示画面参照の干渉問題については、表示画

面の1ページ以上に広がっていない限り、考慮する必要はない。

- (4) 操作ステップのチェック
 

基本的には、殆ど認識を必要としないスキルベースの行動である。
- (5) 追加情報の検索
 

操作ステップは、付加的な情報(手順書内の付録、他の手順書)の参照を必要とする可能性がある。これは、検索行動或いは、コミュニケーションを必要とする。従って、手順書の表示に含めても良いものである。

さて、CPPSを考えた場合、この導入により如何なる不必要な付加タスクも運転員にもたらしすべきではない。一方、CPPSは全体のタスクを軽減しなければならない。CPPSの導入により影響を受けるのは、上記の(2)、(4)、(5)となる。表2、表3にCPPS導入前後のタスク評価を示す。

## 4. ユーザー要求の明確化について

CPPS導入による利点を前節では明確にしたが、一方、ユーザーの要求を明確にしておき、ユーザーにとって使い勝手のよい仕様を決定する必要がある。ユーザー要求を機器に付与される能力と機器の制約からの2つの側面から考察しておく。これらは、上記のことと重複する部分もあるが、仕様考察の上から、再掲されるものもあることに注意しよう。

### 4.1 能力要求

#### 4.1.1 本質的要求

- (1) CPPSは可及的速やかに適切な事故手順書を探索出来るように運転員にナビゲート情報を与えなければならない。
- (2) CPPSは現在どの手順が実行中なのかを明確に表示することができなければならない。
- (3) CPPSは手順に付随する条件を明確に表示することができなければならない。
- (4) CPPSは明確に行動(操作)と条件の従属性(リンク)を表示することができなければならない。
- (5) CPPSは手順ステップに付随するコメントを表示することができなければならない。

- (6) CPPSはどのステップが実行され、どのステップが未実行かを明確に表示できなければならない。
- (7) CPPSは運転員が事故収束過程における自分の位置を把握するために必要な情報を提供できなければならない。
- (8) CPPSの仕様にあたっては、標準的な干渉、即ちキーボード操作かマウス操作のみが導入されなければならない。

#### 4.1.2 付加的要求

- (9) CPPSはその入力方法において冗長な手段を採用しなければならない。
- (10) CPPSは可能な限り実際の操作の進行に適応しなければならない。
- (11) CPPSは手順の表示に関して実プラントのプロセス信号は採用せず、手動によるチェックを採用する。
- (12) CPPSは手順がどのように実行されたかをログできる機能を有さなければならない。

#### 4.2 制約要求

- (13) CPPSの表示は遅延があってはならない。特に表示が変わるときの表示速度に注意しなければならない。
- (14) CPPSはグラフィック・ユーザー・インターフェース(GUI)の人間工学的ガイドラインに沿ったものであることが基本的に必要である。
- (15) CPPSは設置される中央制御室の標準に準拠したものでなければならない。
- (16) CPPSは現行の事故時手順書を変えるものであってはならない。
- (17) CPPSでの表示ページ、手順書間の移行は最小にしなければならない。
- (18) CPPSには高解像度のVDUが使用されなければならない。

### 5. 一般的な表示のガイドライン

#### 5.1 基礎となる推奨項目

一般的なガイドラインを与えるにあたっての基礎

となる推奨項目を列挙する。

##### (1) 手順書間の動き

手順書間の動きは、連続的に行なうよりも表示ページ(スクリーン)、セグメント単位で実施するのが良い。これはナビゲーションの認識のためである。表示はスクリーンを越えるものであってはならない。スクリーンより大きい場合は、(水平、垂直)スクロールが要求される。不必要なスクロールは運転員操作の負担の観点から避けるべきである。

##### (2) フォーマット作業

決まった立場から定義されていなければならない。運転員は、手順書のページを認識できるように注意しなければならない。情報を探す必要のないように心掛けなければならない。

##### (3) ウィンドウとパン

重要な情報を隠すことがあってはならない。

##### (4) 手順

自分の操作ステップがハイライトで認識できなければならない。

##### (5) 多重のサブステップ

各々の項目が分離されて表示されなければならない。ステップが実行されれば、認識されなければならない。これは、操作監視、追加説明の基礎情報を与えるものである。

- (6) 要求される他の手順書との干渉(ナビゲーション)は最小にしなければならない。ユーザーの観点から構造は可能な限り単純でなければならない。

#### 5.2 情報表示に関するガイドラインの考察

CPPSに関する一般的ガイドラインを下記の項目について考察した。これは基本的に表1に記した5つの局面に関係が深い。

##### (1) 表示構造

表示構造とは、表示全体に亘って使用される情報表示エレメントの性質を言う。

被表示対象である事故時手順書を考えた場合、表示エレメントはテキスト、カーソル、



チェックボックス，その他ボタンから成立する．テキストには例えば付随するコメントを示すような特殊記号も含まれる．カーソルは常時ユーザーが認識できるものでなければならない．テキストはできるだけ簡単で短い文章で表されるべきである．現状の事故時手順書の文章表現をサーベイする限り，多くは冗長な表現もなく，問題がない．アイコンの使用にあたっては，各アイコンは単一の対象が行動を示すものでなければならない．アイコンは CPPS 全体を通じて同じものを用い，かつ，他と明確に識別できるものでなければならない．

## (2) 表示画面における情報の構成

**表示エレメントが全体としてどのように組織化・配置されているかを言う．**

表示構成は運転員が自分の求める情報を容易に探し出すことができるだけでなく，探し出した情報のカテゴリーを容易に同定でき，早急にかつ正確に情報を読みとることができなければならない．これらを勘案し，手順ステップを表示する Identification Segment，手順そのものを表示する Procedure Segment，コメントを表示する Comment Segment を図 1 のとおりの Tiled Window( 固定ウィンドウ )に割り当てる．Procedure Segmentにおいては，可能な限り Orientation( 手順ステップの目的・意味が把握できること )を失わない程度で字の密度を最小化しなければならない．図 2 にモックアップ<sup>(1)</sup>の概念を導入した例を示す．

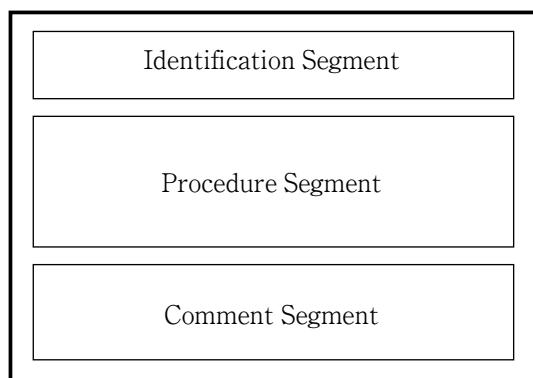


図 1 Segment( Pan )の割り当て

## (3) 情報のコーディング

**表示の構造を強調するため，あるいは状態，条件をシンボル化するために，特種な局面に対してユーザーの注意を引くために使用されるものである．**

最も重要な事項は，チェックボックスの状態と条件間の関係<sup>(1)</sup>を運転員に良好な誘目性を以て示すことである．また，現在実行中のステップが明確に表示されなければならない．さらに細目のガイドラインは下記のとおりである．

- 略語，記号の使用にあたっては，運転員が共通の認識を持つものでなければならない．
- 強調については，現在の実行ステップ，特別な条件，アクティブなフィールドを示すために適用されるべきである．これらは行動のフィードバックに供用されるべきものである．
- 強調の方法は本 CPPS を通じて共通したものでなければならない．
- カラーの使用の目的は，あくまで単一色でコーディングされた表示について付加的な役割を担うものでなければならない．従って，色の使用にあたっては保守的である方が良い．
- アスタリスク，矢印等の特殊記号の使用は運転員の誘目の目的で使用されるべきである．

## (4) 多重情報の表示

**多重表示問題は，表示すべき情報が 1 ページ以内に収まらない場合に生ずる．**

手順ステップが複数ページに及ぶ場合に多重表示の問題が生じる．また表示画面間の動きも本問題に含まれる．本来，事故時手順書のステップはシーケンシャルに実行されるためにデータ構造は簡単なものになることが予想される．従って，表示画面間の動きも基本的には単純なものとなる．CPPS ではページを繰るような動きを採用し，1 ステップの実行が終了すれば自動的にそのステップが消去され，画面に収まりきらない新しいステップが表示画面の最下部に表示されるという，いわゆる自動スクロールの手法は採らない．細目について下記に示す．

- 基本的には現在のページ(1画面に表示された全ての手順を示す、以下同じ)の条件節の全てが満たされなければ、次ページには進むことができないようにするのが適当である。

- 手順ステップが1ページに収まりきらない時は情報が次のページにも続くことが明確に表示されなければならない。また、最終のステップについては、それが最終であることも示されなければならない。

- ページ中の強制的スクロールやページ変換は複数の手段を用意するのが適当である。

- 上記の機能は運転員に明確に提示されなければならない。

- 強制的なページ変換を行う場合には、1ページのページ変換のみならず、複数ページのページ変換の機能も持たせるべきである。

#### (5) 表示バックグラウンド

表示、特に静的表示に関する一般的な「文脈 (Context)」を指すものである。

表示バックグラウンドは実質的に何の情報ももたらさないもので、受動的な要素であるべきである。さらに具体的には実際使用される中央制御室環境に応じて決められるべきもの

である。

### 5.3 Human-Computer Interaction に関する考察すべき一般的ガイドライン

一般的ガイドラインの考察に加えて、Human-Computer Interaction に関するガイドラインを考察しておく必要がある。これらは、実際のCPPSのソフトウェア構築時に重要となる事項であるので、ここでは、項目の列挙のみに止める。

#### (1) システムの反応時間

システムの使用を妨害しないように十分早い必要がある。

#### (2) 表示画面間の動き

利用できる異なる画面を如何にアクセスするかに関連する問題を言う。

#### (3) ウィンドウの干渉

様々の状態においてウィンドウの干渉に関する問題である。アクティブ/インアクティブ、オープン/クローズに生ずる問題がある。

#### (4) 表示画面における情報の取り扱い

情報がどのように選ばれ、編集されるの問題を言う。

#### (5) 構造化された表示シーケンス間の動き

R-2-(1)-X 事象X

34 [制御員] 信号[A]を当直課長の指示により[リセット]する。  
 35 [制御員] 通常の方角[E]ラインを復旧し、[F]タンクを経由する事故時モード注入を停止する。  
 36 [制御員] 信号[C]を再投入する。  
 37 [当直課長] 信号[D]のリセットを指示する。

通常の方角[E]ラインを復旧し、[F]タンクを経由する事故時モード注入を停止する。  
 [4]遮断弁(XZ-999)を「開」とする。  
 [1]表示灯「緑」→「赤」  
 [2]圧力調整弁CV-995が正常に作動することを確認する。  
 [5]原子炉マイクログラ制御をXに設定する。  
 [6]\* 2方角[G]第1隔離弁、第2隔離弁(CV-997,998)を「開」とする

表示灯「緑」→「赤」

前ページへ 次ページへ

[3]\* 操作は漸次実施すること。

図2 図1で示したレイアウトに適用した例

構造化された情報(例えばデータベース)に如何にアクセスするかに関連する問題を言う。

(6) ユーザーガイダンス

ユーザーガイダンスはユーザーがタスク遂行順序を把握するのを支援し、生じた事象からのフィードバックを提供することを言う。

(7) 機械システムとの相互会話

どの会話方法が可能かに関連する問題を言う。例えば、コマンドキー、マウス、自然言語入力他である。本CPPSでは、チェックボックス入力対象となる。

(8) キーストロークコマンドとカーソル

キーボードとの関係、スクリーン内でのカーソルの動きを言う。動的画面の設計で重要な概念である。

## 5.4 日本語表示のためのCPPSガイドライン

以上の一般的ガイドラインからさらに日本語(漢字+ひらがな、カタカナ)の表示を念頭におき、詳細なガイドラインを考察した。<sup>(5)</sup>

(1) ウィンドウの配置

CPPSの場合、各ウィンドウ内に表示される情報に対して運転員が連続して文章を読みとる必要がある。漢字の場合、14~17インチディスプレイを仮定した場合、視認性を考慮した場合、1行あたり40字程度が上限となる。従って、図1に示したような配置では横長となりすぎ、可読性が著しく劣ることとなる。図3に示すような配置が日本語表示を仮定した場合、より適当である。特にProcedure Segmentでは、表示内容を正確に読みとる必要がより高いので、1行の文字数を20~25文字に抑えることが肝要である。

(2) 表示極性

表示極性には、陰画表示と陽画表示があるが、人工照明、作業者の姿等がディスプレイ管面に映り込んで視認性への影響が少ない陽画表示を採用するのがCPPSの設置場所、目的を考慮した場合、より無難である。

(3) 文字の大きさ

視認性については、視角が決定的な要素と

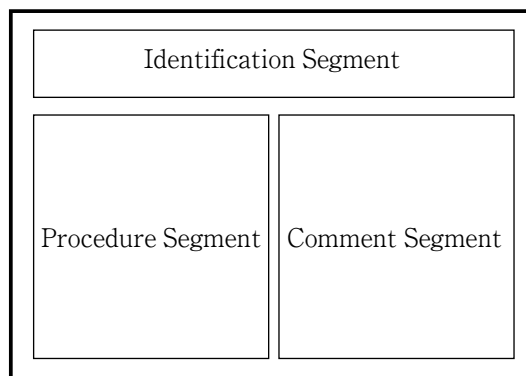


図3 再考されたSegment(Pan)の割り当て

なる。これらについては、一般的に視距離を400mm以上を前提に25分であることが要求されている。2章の設置条件(2)を考慮すれば、視距離が600mmと仮定される。これに比例計算を施せば、視角25分で文字の高さは約4.4mm以上必要なことが判る。これは12ポイントと13ポイントの間になる。CPPSでは13ポイント以上の文字を使用することが必要である。図4にこの概念を示す。

(4) 文字フォント

ペーパー文書では文字フォントを変えることによる強調、情報分散は有効な手段であるが、現状のCRTの解像度を考慮した場合、複数フォントを表示することを前提にして画面設計ガイドラインを検討することは困難と思われる。陽画表示では文字のストロークが広めの方が好まれ、陰画表示では狭めのストロークが好まれる傾向を勘案して、太めのストロークを有するゴシック体を採用する。

(5) 行間

テレビジョン学会での報告によれば、文字が大きくなる程、最適な字間、行間は相対的に狭くなり、文字の大きさ10mm程度以上で各々1/4(文字幅に対する比率)、3/4(文字高に対する比率)に収束することが見いだされている。この成果を利用し、13ポイントでは行間はダブルスペースに近づける努力を行う。

(6) 文字色、背景色

陽画表示ではコントラストの関係から使用



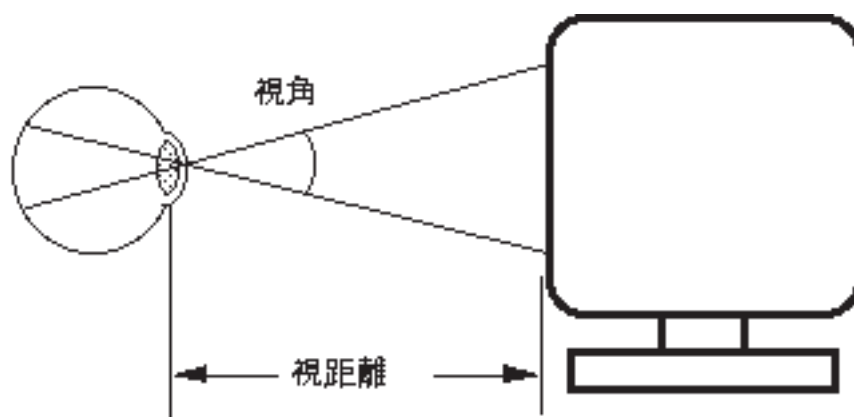


図4 視角と視距離

可能なカラーの種類は制約される。一般的に背景色については飽和度が低く、文字色と背景色の色差が強くない方がCRT使用者の評価は高い。また、純色は見やすいとは言えない。また、単一原色カラー表示機能の喪失を仮定した場合、原色を使用した画面は、当該の表示が全く画面から消えることから、原色の使用は避けるべきである。刺激純度(色の鮮やかさの指標で、飽和度が高く鮮やかで純色に近い程刺激純度は1.0に近づく。)または飽和度の低い文字色の方が視認性を要求される文字表示には適している。文字色については、ドイツ工業規格(DIN 66234)に単色表示では黄、緑、橙、白、灰が推奨されているが、多色表示では色数を減じ、色差を大きくすることとしている。また、可視域両端の赤、青は輝度や目の焦点調節が容易でないことから避けるべきである。以上を勘案し、陽画表示であるCPPSについては、背景が明るい灰で文字は黒、あるいは飽和度を多少下げた青を使用する。強調表示には、背景が黒で文字には飽和度を下げた黄、あるいは背景には飽和度を下げた青で文字は白という配色を採用する。

#### (7) 強調の方法

強調表示は重要な情報を強調し、識別しやすいようにするための表示方法であり、反転、点滅、下線、カラー化、高コントラスト化などのコーディング手法がある。単一の強調手

法を適用するよりは、冗長な、即ち複数の強調コーディング手法を併用することがCRTでの視認性を考慮した場合、重要である。カラーの使用数については、最大8色とされている。点滅もかえって目の疲労等により、視認性を低下させる可能性がある。その他上記の項目を総合的に勘案して、CPPSでは反転を中心とした強調表示を採用する。以上のガイドラインを踏まえて作成した例を図5に示す。

## 6. CPPSのデータベースについて

CPPSの表示すべき基礎データが、行動(操作、観察行動)、操作を駆動するための条件、コメント(説明、ヘルプ等)、担当者である(1) CPPSのデータベースを構築する方法は基本的に表4のようなワークシートを用意し、もととなる文書の事故時手順書の記述を分解していけば良い。この作業のために文書の事故時手順書の「表現」に関して明確にしておくことが必要である。一般的に行われるパッカス法(BNF)による表現をしておけば、ソフトウェア構築に極めて有利である。この概念を図6に示す。文書の事故時手順書とCPPSのデータベースでの表現は可能な限り同一のものにする必要がある。基本的な事故時手順書の構造をBNFで表す。

```
Procedure ::= <ProcedureIdentifier> <ProcedureSteps>
(1)
```

```
ProcedureSteps ::= <ProcedureStep> | <ProcedureStep>
<ProcedureSteps>
(2)
```

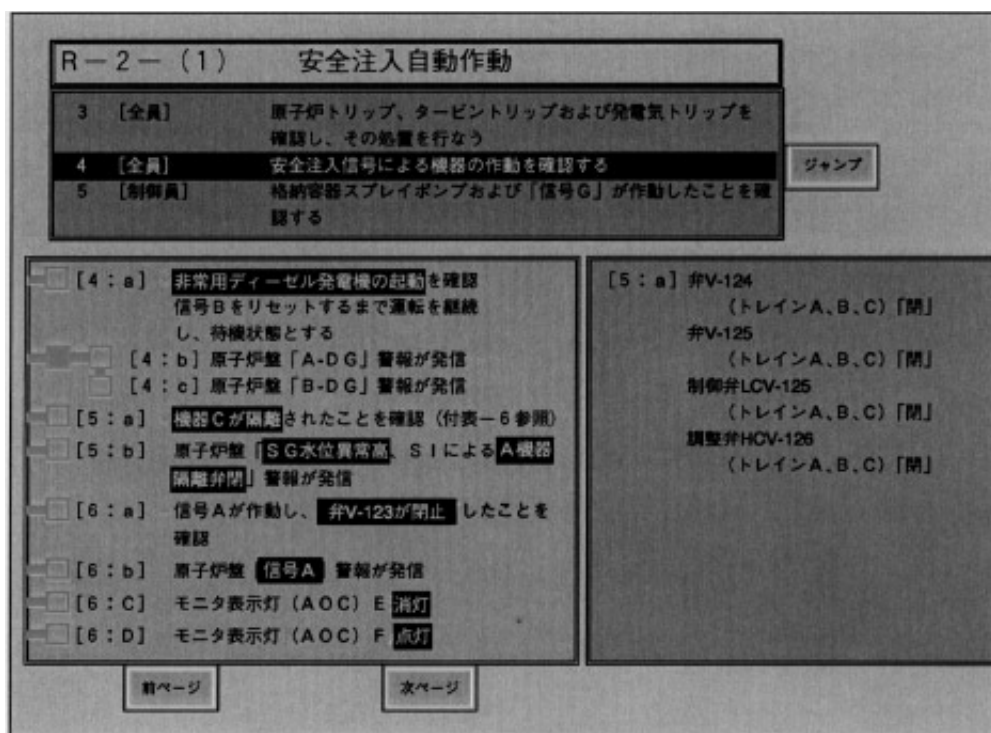


図5 ガイドラインに基づいて作成された画面例

担当	操作	擬ナンバ	条件	手順書内のコメント	インデックス
制御員	RCS流量計でSI流量を確認する。	1 : a	SI流量計： FI-900P, 901P, FR-900	計器横の緑マークが正常値	100
			AND		101
		1 : b	RHR流量計： FI-604P, 605P, 614P, 615P, FR-604		102
××× ××	××××	××× ××	××××××	×××	×× ××

表4 データベース構築のためのワークシート

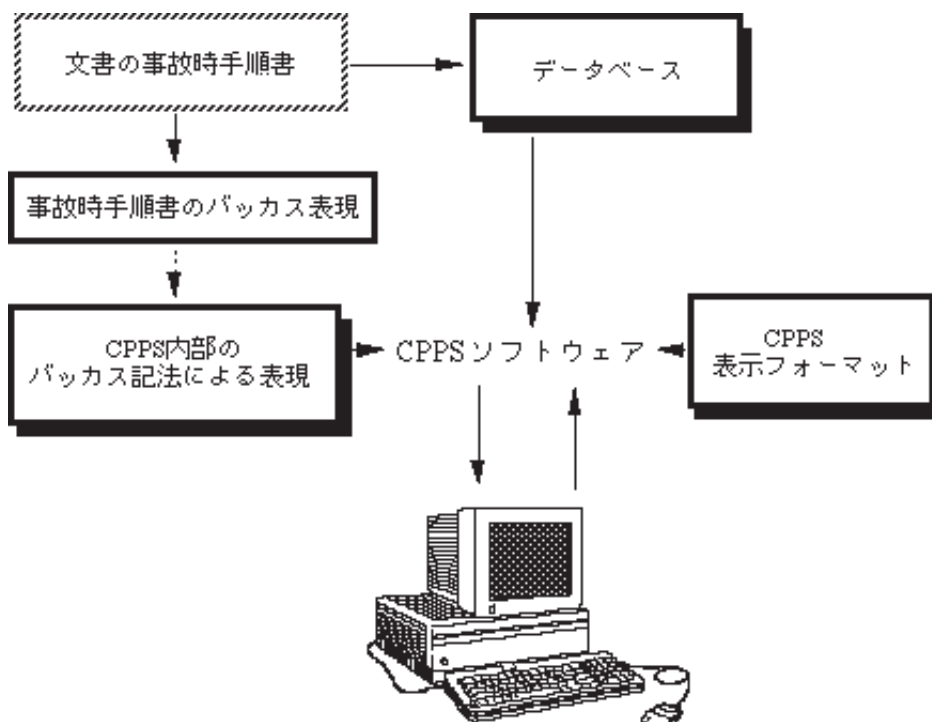


図6 CPPSソフトウェア構築の概念

ProcedureIdentifier::=<ProcedureNumber>		Conditions::=<Condition> <Condition><Conditions>	
<ProcedureName>	( 3 )		( 16 )
ProcedureNumber::= <b>symbol</b>	( 4 )	Condition::= <b>text</b>	( 17 )
ProcedureName::= <b>symbol</b>	( 5 )	Number::=<Digit> <Digit><Number>	( 18 )
ProcedureStep::=<Seqnumber><OperatorId>		Digit::= <b>digit</b>	( 19 )
<Operations><ConditionType>			
<Conditions><Comments>			
<RecordNumber>	( 6 )		
SeqNumber::=<Number>	( 7 )		
OperatorId::= "制御員" "当直長"			
"補機員" "主機員" "全員"	( 8 )		
Operations::=<Operation> <Operation><Operations>	( 9 )		
Operation::= <b>text</b>	( 10 )	[SeqNumber ( :integer ) ],	
ConditionType::=<Bracket><ConditionType>		[OperatorId ( :string ) ],	
<ConditionType><Bracket>		[Operation ( :string ) ],	
<ConditionType>	( 11 )	[ConditionType ( :string ) ],	
ConditionType::= "AND" "OR"	( 12 )	[Condition ( :string ) ],[Comment ( :string ) ],	
Bracket::= (" ")	( 13 )	[Number ( :real ) ]	( 20 )
Comments::= <b>text</b>	( 14 )		
RecordNumber::=Number	( 15 )		

本データベースにおいては、1手順はレコードの集合となる。レコード数はprocedure stepの一部であるoperations, conditions, commentsの数により決定される。各々のレコードは下記のように7つのフィールドから構成される。

このレコード形式に従い、CPPSのデータベースを構成した。

## 7. ソフトウェアについて

表示のためのソフトウェアは、Typeに応じてその条件節が満たされれば、次のOperationを表示するもので、これ自身は簡単なものである。但し、どこのSegmentがActiveであっても所要の手順ステップにアクセスでき、表示するための機能を十分に盛り込む必要がある。

## 8. 結言

モックアップ作成の知見に基づいて、より具体的なCPPSのガイドラインとこれに基づく静的なペーパーイメージの画面の設計・考察を実施した。しかしながら、実際のプロトタイプを作成するには、前章で記したように、なお考察すべき多くの点がある。今後はこの問題を解決しながら、実際のプロトタイプを作成する。最後に日本語表示のガイドライン作成にあたって有用な御助言を頂いた労働科学研究所の労働衛生心理部の高橋誠第2研究室長に謝意を表します。

## 参考文献

- (1) 丹羽雄二, エリックホルナゲル, 原子力プラント事故時手順書表示機械化に関する研究 (ステップ - 1 基本概念と仕様の考察) , INSS Journal No.1,1994
- (2) Bainbridge, L. Ironies of automation. In J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat, New technology and human Error. London: Wiley, 1987
- (3) Billings, C.E. Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines. NASA Technical Memorandum 103885, August, 1991
- (4) Rouse, W.B. Human-computer interaction in the control of dynamic system. ACM Computing Survey, 13 (1) , 1981
- (5) 高橋誠 運転手順書機械化に関する業務報告書 (財)労働科学研究所, 1994 (非公開)