

人的信頼度評価システムの開発

1991年9月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター 技術開発部・技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-chō, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-Ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)1991

人的信頼度評価システムの開発

佐久間 孝志*

要 旨

高速炉プラントの確率論的安全評価 (PSA: Probabilistic Safety Analysis) 作業の一環として、主としてTHERP (Technique for Human Error Rate Prediction) 手法に基づき人的信頼度の評価を行うための支援システムSHERI (System for Human Error and Reliability Investigation) の開発を行った。THERP手法は原子力プラントに代表される巨大技術システムにおけるヒューマンエラーの確率評価手法として、A. D. Swainによって開発されたものであり、WASH-1400, Zion, Indian Point, IRBP, ASEP等のPSAで利用されるなど、使用実績も多い。しかしながらTHERPの適用は膨大なページ数の手引書を参考に行われるため、その内容に十分に精通していなければ正しい評価を行うことは困難であり、これまでTHERPの適用はTHERPの専門家のみによって行われてきたのが実情である。

SHERIはTHERP適用上の必要な知識を計算機上に実装し、人的信頼度評価の専門家以外であっても手引書の内容を正しく評価に適用できることを目的としたシステムであり、解析者を支援すると共に、解析者の作業負担を大幅に低減し、整合性のとれた人的信頼度評価を可能とするものである。

* 大洗工学センター 技術開発部 システム解析室

Development of Human Reliability Analysis System

Takashi Sakuma*

Abstract

System for Human Error and Reliability Investigation SHERI which is mainly based on THERP method has been developed as a part of the probabilistic safety assessment (PSA) of a liquid metal fast breeder reactor. THERP was developed by A. D. Swain as a method to perform probabilistic evaluation of human error in complicated systems such as nuclear power plant. This method has been widely used in PSAs such as WASH-1400, Zion, Indian Point, IRBP, and ASEB. However THERP is applied using a handbook of huge pages, and it is only possible to perform analysis correctly provided that he is well acquainted with the methodology. So THERP has been applied actually by an expert.

SHERI is a system which loads knowledge about human reliability analysis (HRA) on computer program, and support the human reliability analyst. It is aimed to perform human reliability analysis consistently, even if the analyst is not an expert of HRA. It is expected to decrease misunderstanding in the analysis and to reduce workload of the analyst.

* O-arai Engineering Center

Technology Development Division, Systems Analysis Section

目 次

1. 緒 言	1
2. 機能と構成	3
3. 評価内容	6
3.1 タスク解析	6
3.1.1 概 要	6
3.1.2 診断エラー解析	18
3.1.3 行動エラー解析	22
3.2 HRA-ETの作成・解析	36
3.3 感度解析	37
3.4 不確定性解析	41
3.5 SLIM手法の適用	43
3.6 プリント出力	45
4. 結 言	58
参考文献	59
付録 人的過誤率データ表	60

略語一覽表

BHEP	:	Basic Human Error Probability
CD	:	Complete Dependence
CHEP	:	Conditional Human Error Probability
EF	:	Error Factor
ECOM	:	Error of Commission
EOM	:	Error of Omission
FLI	:	Failure Likelihood Index
HCR	:	Human Cognitive Reliability
HD	:	High Dependence
HEP	:	Human Error Probability
HRA	:	Human Reliability Analysis
HRA-ET	:	Human Reliability Analysis - Event Tree
JHEP	:	Joint Human Reliability Probability
LD	:	Low Dependence
MD	:	Moderate Dependence
NHEP	:	Nominal Human Reliability Probability
PE	:	Potential Error
PSA	:	Probabilistic Safety Analysis
PSF	:	Performance Shaping Factor
RF	:	Recovery Factor
SHERI	:	System for Human Error and Reliability Investigation
SLI	:	Success Likelihood Index
SLIM	:	Success Likelihood Index Methodology
THERP	:	Technique for Human Error Rate Prediction
ZD	:	Zero Dependence

1. 緒 言

原子炉施設の安全性を評価するにあたり、総合的かつ定量的に評価できる確率論的安全評価（PSA：Probabilistic Safety Assessment）を利用することが定着しつつあり、近年、PSA手法に関する研究も各国で盛んになってきている。システム解析室においては高速炉プラントを対象にレベル－1 PSAを実施してきており、その作業の一環としてPSA手法の信頼性を向上させ、その有効性を高めるために、システム信頼度解析手法の高度化、及び実機評価用信頼性データベースの開発・整備を図ってきている。

近年の原子力プラントにおける事故例（米国：TMI、ソ連：チェルノブイリ等）からハードウェアの故障による影響と共に、人的因子（ヒューマンエラー）に起因する影響がリスクの観点から無視できないとの認識が高まり、プラントの安全性向上を図るためにPSA上で取り扱う人的信頼度評価（HRA：Human Reliability Analysis）技術の高度化が必要となってきた。

このような状況を受けて、本PSA作業においてもHRA技術の整備を図るため、これまでの先行PSAでの評価例や公開されている評価手法を可能な範囲で検討し、原子力プラントに代表される巨大技術システムにおけるHRAでは実績も多く著名なTHERP（Technique for Human Error Rate Prediction）手法を基にした人的信頼度評価支援システム（SHERI：System for Human Error and Reliability Investigation）を開発した。

THERP手法は、米国サンディア国立研究所でA. D. Swain氏等が開発したもので、プラントの運転操作時のヒューマンエラーや保守等の作業時に発生する可能性のあるヒューマンエラーに関して、定性的評価、及び定量的評価を行うものである。THERP手法は、基本的なヒューマンエラー確率も含めてハンドブック（NUREG/CR-1278）⁽¹⁾としてまとめられている。しかしながら、かなり複雑な手順と多くの基本データ、及び状況に応じて使い分けなければならない多くの計算式を含むなど膨大なページ数の手引書となっているため、ヒューマンエラー解析に十分に精通した専門家でなければこれを使いこなすことは困難である。そのため、SHERIはTHERP手法適用上の必要な知識を計算機上に実装し、HRAの専門家以外でも手法の内容を正しく評価に適用できることを目的として開発され、解析者を支援すると共に、解析者の作業負担軽減、及びタスク（仕事）解析上の種々の適用ミス低減に

よる整合性のとれた評価の実施が可能である。

SHERIは、THERP手法以外にタスクに関する時間的な制約を考慮した診断エラー評価（HCR：Human Cognitive Reliability）⁽²⁾、並びに専門家の判断に重きをおいた評価（SLIM：Success Likelihood Index Methodology）⁽³⁾機能を有している。

本報告書では、SHERIプログラムの機能・構成を2章に、評価内容を3章に示すと共に、4章にまとめを述べる。

2. 機能と構成

SHERIはTHERP手法をベースに、HCRおよびSLIM評価機能を付加した人的信頼度評価プログラムである。THERP手法は次のような仮定に基づいて人的過誤の確率の評価を行う。

- (1) 人間をマンマシンシステムの中の一つの構成要素として取り扱う。この中での人間の振舞いは、a)状態表示／警報等による事象情報の入力、b)情報の認知と処理および行動の判断、c)行動の実行とに分けてモデル化できる。
- (2) ヒューマンエラーの確率を評価するためにb)の過程における動的な人間の振舞いを完全に理解する必要はない。思考・判断を要する場合でも、そのために利用できる時間のパラメータとして診断エラーの確率が評価できる。
- (3) 人間の振舞いは小単位に分割でき、各々の単位に適合するデータが何らかの方法で可能である。
- (4) ヒューマンエラーの確率の主要な決定因子は行動影響因子（PSF：Performance Shaping Factorと呼ぶ）である。
- (5) 人間の振舞いのエラーは各小単位の連鎖によって表現され、全体の確率（JHEP：Joint Human Error Probability）は各小単位の確率の組合わせから算出できる。

(1)－a)は単なる外部信号の発生であり、人間のモデルは、(1)－b)に関係した診断エラー及び(1)－c)に関係した行動エラーについて、各々異なった方法を用いて評価が行われる。

SHERIは次のような特徴を有している。

- 1) 診断エラー評価は、時間－信頼性曲線を用いた診断モデル、警報器への応答モデル、またはHCRモデルを用いて実施できる。通常の評価の他に、大まかなエラー確率値を導出するスクリーニング評価が行える。
- 2) 行動エラー評価は、各タスクの可能性のあるエラー（PE：Potential Errorと呼ぶ）をHRA-BT（Human Reliability Analysis - Event Tree）と呼ばれるイベントツリーに作成し、ツリーに展開された単位タスクにハンドブックのNHEP（Nominal Human Error Probability）と各種PSFのデータから成功／失敗の確率を算出し、最終的にタスクの定量化を行う。
- 3) タスク解析の支援を行うため、タスク分解データベース、並びにタスクPEデータベ-

スを有し、これらは解析に伴って知識の更改や修得ができる。又、データベースに適当なデータが無い場合には、プログラムが内蔵するPEの生成ルールに従って自動的にPEを作成する。

- 4) 重要度評価、不確定性解析、及び主要な項目に対する感度解析を容易に行うことができる。
- 5) 解析条件、適用データ、タスクエラー確率、およびHRA-ET等については、これらの画面表示とプリントアウトができる。また信頼度変化曲線等の図出力のためのデータ作成・出力が行える。
- 6) 解析はすべて会話形式で行い、選択の際の判断を支援するために種々のHELP機能が用意されている。

プログラムのハードウェアとソフトウェア仕様、及び解析上の制限条件は次のようになっている。

(a) ハードウェアとソフトウェア仕様

SHERIは次のようなハードウェアおよびソフトウェアの構成のもとで稼働する。

- IBM-PCおよびその同等品。
- 東芝J3100シリーズおよびその同等品。
- 日本電気PC9801シリーズおよびその同等品。
- MS-DOSオペレーティングシステム。
- ATOK日本語入力プロセッサ。
- カーソルが縦25行、横80行移動可能なディスプレイ装置。
- 必要メモリ480Kバイト以上。
- ハードディスクの必要空き領域として2Mバイト以上。

(b) 解析上の制限条件

SHERIが取り扱えるタスク及びポテンシャルエラーの最大数は次の通りである。

- (1) 入力タスクの総数 = 30
- (2) 各タスクに対して生成されるポテンシャルエラー数 (タスク毎) = 15
- (3) 最終的に取り扱うポテンシャルエラーの総数 = 150

さらに、HRAイベントツリーの画面への割付の際の制限から、以下の制約がある。

- (4) チェックオフ欄付きの手順書を使用するケースで、ポテンシャルエラーとして“運転管理に従わず、チェックリストを適切に使用しない”がある場合は、イベントツリーの分岐が増えるために、作図できるポテンシャルエラーの総数の上限は100となる。
- (6) 並列なタスクは最大3つまで扱える。この場合は、ポテンシャルエラーの総数の上限は80となる。

3. 評価内容

3.1 タスク解析

3.1.1 概要

タスク解析には、その利用目的によってスクリーニング解析とノミナル解析に分けられる。それぞれの目的と解析値の定義は次のようになっている。

○スクリーニング値； PSAでの利用を目的とした人間信頼性評価を行う際、システムのスクリーニング解析に使用する保守的なヒューマンエラーの値。

スクリーニング値の算出はタスク解析を行わずに、THERP Ch. 20 Table-1 及び 2（3.1.4 章参照）より単に数値を引用することによって行われる。これらの表は事故時の診断と行動に関する過誤率のみを与えているものであるため、スクリーニング計算が可能なのは事故時の場合に限られる。

○ノミナル値； PSAでの利用を目的とした人間信頼性評価を行う際、システムの最終解析において使用する best estimate なヒューマンエラー値であり、詳細なタスク解析を通して算出される。

通常のマンマシン・インターフェイス評価を行う場合にはこちらを指定する。

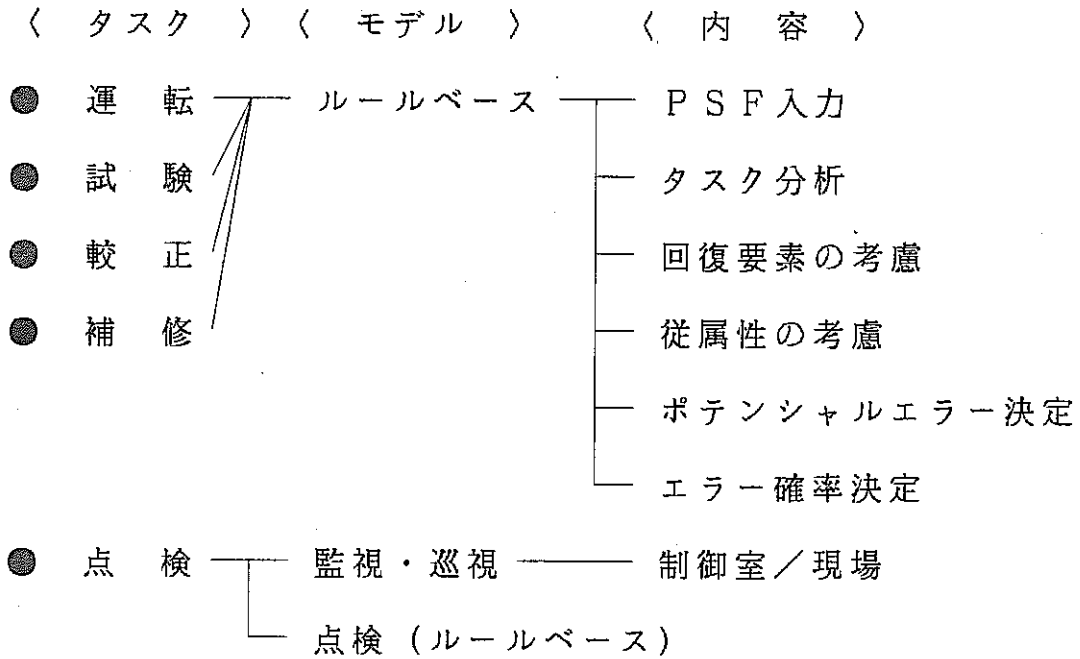
又、解析内容によって、診断エラー解析と行動エラー解析に分類されている。診断エラーは、事故などの異常発生時にその対応／判断に失敗する確率を求めるもので、警報に対する対応、診断に利用できる時間を考慮した診断、及びタスクの難易度と時間的余裕度を考慮した HCR モデルによって行われる。

行動エラーは、ポンプ起動、指示値記録などの行為自体に対する失敗確率を求めるもので、通常時と異常時の 2 ケースがある。取扱う主要なタスクとしては、運転、試験、較正、補修、点検があり、これらは手順書等を使用して作業する時の行動としてルールベースモデルによって評価される。尚、点検については静的な監視・巡視モデルも利用できる。

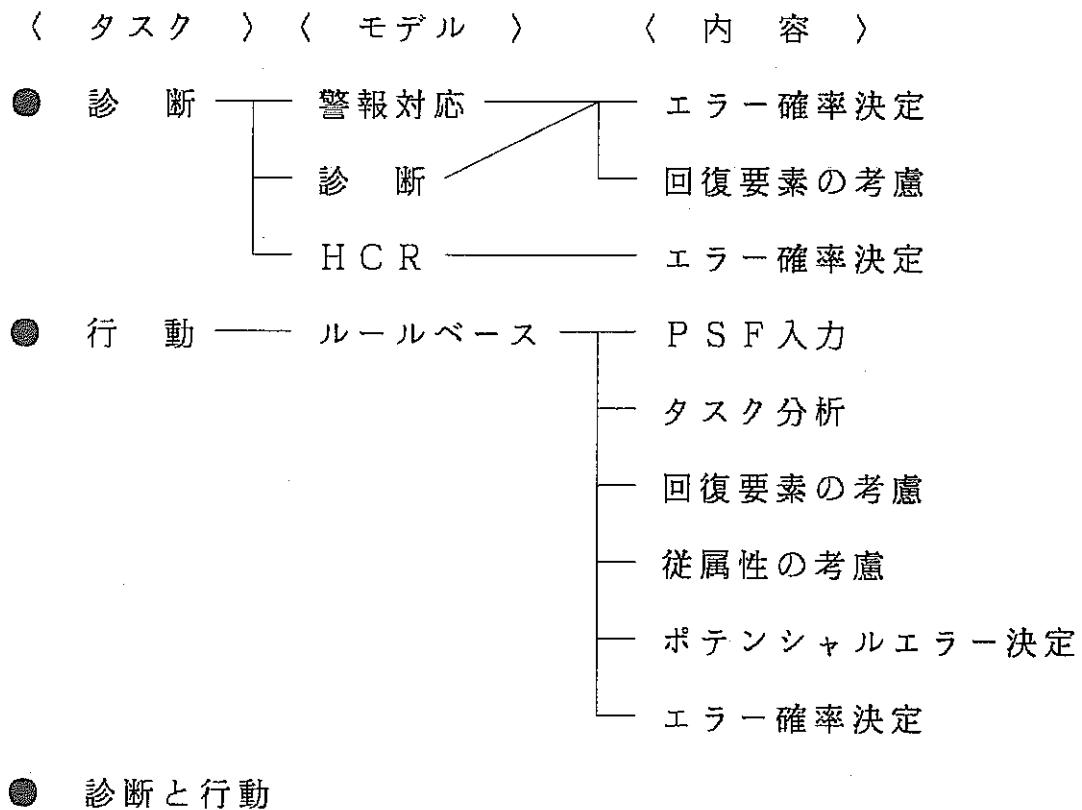
これらを通常時と異常時に分類して整理したものを次ページに示す。

解析に当たって考慮されるPSF, 回復要素, 従属性の取扱い, 及び使用する人的過誤率データについて以下に紹介する。

“通常時”



“異常時”



(PSFの取扱い)

PSF (Performance Shaping Factor) という用語はTHERPにおいて用いられてものであり、人間の振舞いに対して影響を与える諸要因として定義される。この用語は現在、人間信頼性解析の分野で広く使用されている。

過去の経験からPSFは原子力発電等のプラントにおける人間の振舞いに対してもっとも大きな影響を持つものであり、この影響の度合は少なくともおおよその評価は可能であるとしている。THERPで実際にヒューマンエラーデータに反映させているのは次のものであり、各々のPSFのレベルの影響が明確に定量化されている。

複数のタスクに影響する一般的なPSFとして次の4つを常に考慮する。

- ・ 作業手順の指示様式 (INSTRUCTION)
- ・ 経験や訓練のレベル
- ・ ストレスレベル
- ・ タグの管理レベル

各タスクに固有なPSFとして、機器の種類およびマンーマシン・インターフェイスに依存して次のようなものを考慮する。

- ・ 作業の際に必要とされる判断のレベル
- ・ スイッチやディスプレイの識別のしやすさ
- ・ スイッチの種類
- ・ スイッチの操作様式
- ・ ディスプレイの種類
- ・ ディスプレイ上の表示に対する判断のしやすさ
- ・ 読み取る情報の詳細さ
- ・ 情報の記録や計算の必要性
- ・ 手動操作が必要な機器の識別のしやすさ
- ・ 手動操作が必要な機器の状態認識のしやすさ
- ・ 同時に鳴る警報の数

このステップのアウトプットとして、各ポテンシャルエラーに対応してその確率に影響を及ぼすPSFのリストが得られる。THERPにおける人間の振舞いの定量的モデルでは人的過

誤の確率の主要な決定因子としてPSFの組合せを中心に考え、その影響を考慮して行くことによってタスクの失敗確率を評価する。

〔回復行為の取扱い〕

回復要素 (RECOVERY FACTOR) とは、異常な状態から望ましくない影響が生じないように防ぐ作用をする全ての要素を言う。異常な状態はヒューマンエラー、機器故障、あるいはこれらの組合せで起こる。もしヒューマンエラーがありそれが発見されて訂正されなかった場合には、回復されないエラー (UNRECOVERED ERROR) と呼ばれる。望ましくない影響を防ぐことが出来る時間内に回復要素が取られた場合は、そのエラーは回復されたエラー (RECOVERED ERROR) と呼ばれる。

原子力発電所等のプラントにおけるほとんどの回復要素は、ディスプレイ又は他の機器状態の表示器から得られる情報、他人の仕事の直接的な監督、又は他人の仕事の後での点検による。人間の冗長性という用語は一人の人間が他の人間の仕事をチェックすることによる回復要素を意味するものとして用いられる。巡視点検という用語は機器の状態を確認するために調べることによる回復要素として用いられる。

制御室においては多くのタイプの回復の機会がある。異常な状態に対する警報は最も注意を引くものであるが既に手遅れの場合もある。制御室外では異常な状態は定期的な巡視点検や他人の行為のチェックによって検出される。

THERPでは次の4種の一般的な回復要素を考慮している。

- ・人間の冗長性
- ・警報付きの表示器
- ・能動的な巡視点検
- ・受動的な巡視点検

各々について以下に記述する。

(1) 人間の冗長性

もし一人の人間が一つの職務を実行してエラーを犯しかつそれに気が付かなければ、そのエラーが何等かのシステムの機能を妨げるような結果をもたらすまで検出されないで残る。もし第二の人間が第一の人間の職務の遂行をチェックすれば、そのエラーを発

見し訂正する確率が存在する。一人の人間が自分自身の仕事をチェックするという回復も考えられる。このようなケースは個々に取り扱う必要があるものとし、THERPでは一人の人間が他の人間の仕事をチェックするケースのみを明確にモデル化している。

回復要素として人間の冗長性を用いる場合の制限の一つとして、チェッカーが誰の仕事をチェックしているのか知っている場合や、少なくとも仕事を行った人間の技術レベルを知っている場合がしばしばあることがあげられる。

この場合、作業者とチェッカーは独立ではなくなる。このような場合チェッカーの思い込みによってチェックの効果が低下することや逆に上がることが考えられる。作業員が、自分の仕事がチェックされることを知っている場合には、エラーを犯す確率に変化を生じることとも考えられる。

(2) 警報付きの表示器

運転パラメータが許容限度に達すると一般にそのパラメータに関する警報が鳴ったり表示灯が点灯する。このとき運転員が警報に応答し、その原因を決定してその影響を緩和するための行動を取るという回復が存在し得る。

ここでいう応答とは正しくとも正しくなくともなんらかの行動を取ることである。

回復要素としては警報付きの信号によるヒューマンエラーの回復の効果が評価されなければならない。

(3) 能動的な巡視点検

能動的な巡視点検とは機器の特定の項目の巡視点検を命じられた場合のものである。この命令は口頭での指示、書類で定められた計画または他の指令による。巡視点検による異常の回復に失敗する確率は、このような職務が行われない確率、及び行っても何等かの過誤によって異常を発見出来ない確率の両方を考慮して評価する。

能動的な巡視点検が口頭での指示によって行われる場合は指示内容を記憶してその通り遂行することに失敗するというオMISSIONエラーを考慮する。手順書が用いられる場合は手順書の用意とその使用に失敗するという過誤、および関連する機器の操作に係わるCOMMISSIONエラーを考慮する。

(4) 受動的な巡視点検

受動的な巡視点検とは、制御室のディスプレイの定期的な走査や歩行点検のような、

逸脱した状態に対する漠然とした走査のことを意味する。手順書は用いられないし、特に注意を払うべき機器も指示されていない。

〔従属性の取扱〕

HRAにおける主要な問題の一つとして、一つのタスクの成功／失敗が他のタスクの成功／失敗の確率にどの様に影響を及ぼすかを決定しなければならないことが挙げられる。

独立； $B = B \mid A = B \mid a$

従属性有； $B \neq B \mid A \neq B \mid a$

(英大文字は成功，英小文字は失敗を各々示す)

このタスク間の従属性について現実的な評価を行わなかった場合には、複合したタスクについてのヒューマンエラーの確率を過小評価してしまうことになる。

従属性は複数の人間が行う異なったタスクの間にも、また一人の間で行う異なったタスクの間にも起こり得る。

従属性を評価するには次のようにいくつかの方法があるが、一般には評価に必要なデータが利用不可能な場合が多い。

- a. 実際のデータを使用する
- b. 類似したタスクおよびPSFについての情報に基づいて、専門家が評価する
- c. 正の従属モデル
- d. 他の従属モデル

データが利用可能な場合にはa.の方法が最も良い。b.は直接利用できるデータが無い場合にしばしば用いられる。c.とd.は数学的なモデルを仮定して用いるものである。

THERPにおける従属性の取扱は以下のようになっている。

従属性はまずその原因によって次の2つのタイプに分けられる。

- a. 直接的な従属性
- b. 間接的な従属性

直接的な従属性は1つのタスクの結果が次のタスクの結果に直接的に影響を及ぼす場合に存在する。次のような例が挙げられる。

- ・タスクAの失敗により音声信号が発生し、その結果タスクBの遂行に対してより注

意が払われる。

- ・タスク A の失敗により極度の不安状態になり、その結果タスク B の失敗確率が増加する。

- ・タスク A の失敗によってタスク B の遂行を困難にし、その結果失敗確率が増加する。

間接的な従属性はある PSF あるいは複数の PSF がタスク間の関係に影響を及ぼすような場合に存在する。PSF が単に過誤率の値を上下させるだけであれば、これは間接的な従属性とは言わない。

- ・高いストレスレベルの状況においては、運転員は当直長の提案により強く従う傾向を持つ。従属性のレベルは運転員の経験レベルにも依存する。

これらの区別は PSA においてはさほど重要なものではない。

従属性の度合いは完全な負の従属性から完全な独立（従属性ゼロ）を通り、完全な正の従属性の範囲で存在する。負の従属性とはあるタスクでのエラーによって次のタスクにより大きな注意を払うようになり、そのタスクの失敗確率が小さくなるような場合であり、また逆にあるタスクの成功によって次のタスクの遂行に不注意になり、そのタスクの失敗確率が大きくなるような場合である。式で表すと次のようになる。

$$B \mid A < B \quad \text{または} \quad b \mid A > b$$

$$B \mid a > B \quad \text{または} \quad b \mid a < b$$

正の従属性とはあるタスクのエラーによって次のタスクの失敗確率が増加する場合や、逆にあるタスクの成功によって次のタスクの成功確率が増加するような場合である。式で表すと次のようになる。

$$b \mid a > b$$

$$B \mid A > B$$

THERP のモデルではこのうち従属性ゼロから完全な正の従属性までを考慮する。詳細な HRA では負の従属性まで考慮することが必要である。

THERP における正の従属性モデルはデータが利用不可能な多くの場合をカバーするために開発されたものである。このモデルは正の従属性に限られる。もし負の従属性が存在すると判断されたならば、データに基づくか専門的判断に基づいて条件付き確率を決定するか、または従属性が存在しないものと仮定する。

PSAのための人間信頼性評価では、この仮定に基づいた方が保守側の評価となるために、一般には負の従属性は考慮しない。

従属性は実際には連続性を持つが、THERPではモデルの単純化のために次の5つの離散的レベルに分けて取り扱っている。又、各従属性の評価式は次のようになっている。

- ・従属性ゼロ (ZD)
- ・低い従属性 (LD)
- ・中位の従属性 (MD)
- ・高い従属性 (HD)
- ・完全な従属 (CD)

従属レベル	成功／成功の場合	失敗／失敗の場合
ZD	$Pr[S_N S_{N-1}] = BHSP$	$Pr[F_N F_{N-1}] = BHEP$
LD	$Pr[S_N S_{N-1}] = (1 + 19 * BHSP) / 20$	$Pr[F_N F_{N-1}] = (1 + 19 * BHEP) / 20$
MD	$Pr[S_N S_{N-1}] = (1 + 6 * BHSP) / 7$	$Pr[F_N F_{N-1}] = (1 + 6 * BHEP) / 7$
HD	$Pr[S_N S_{N-1}] = (1 + BHSP) / 2$	$Pr[F_N F_{N-1}] = (1 + BHEP) / 2$
CD	$Pr[S_N S_{N-1}] = 1.0$	$Pr[F_N F_{N-1}] = 1.0$

BHSP ; Basic Human Success Probability

BHEP ; Basic Human Error Probability

$Pr[S_N | S_{N-1}]$; N-1番目のタスクに成功した後次のタスクにも成功する確率

$Pr[F_N | F_{N-1}]$; N-1番目のタスクに失敗した後次のタスクにも失敗する確率

2つ以上のタスクを含む解析においては、あるタスクの分岐確率は直前のタスクの分岐確率のみに依存するものとする (Markov Processにおける仮定と同じ)。この仮定は完全には正しくはないが、従属性が存在する場合には直前のタスクの影響が一般に第一のファクターであることから、合理的な単純化と考えられる。

2重以上の多重度の従属性を考慮することも可能ではあるが、データの不確定性の問題もあり、一般的には現実的でない。

以下に個々の状況に於て、5つの従属性レベルのどれを適用するのが最も適当であるかを判断するためのガイドラインを記述する。

a. Zero/Nonzeroレベルの定性的な違い

THERPの従属性モデルでは、BHEPの値が0.1以上でなければ条件付き確率に対するBHEPの影響は非常に小さい。BHEPがこの様に大きな場合は、タスクは明らかに普通ではないPSFに影響を受けている。

b. ゼロ従属 (ZD)

ゼロ従属は一つのタスクが次のタスクに影響を持たない場合に適用される。人間のタスクにおいては100%の独立性というものは一般的ではないが、従属性が非常に小さいと判断される場合にはゼロ従属を解析に適用する。

手順書中の個々のステップを遂行するエラーの確率を評価する場合には、コミッションエラーに対してもオMISSIONエラーに対しても普通ZDを仮定する。手順書を正しく使用しなかった場合には、ZDを適用することは不適當である。

チームとして行動している人間のエラーの評価や他の人間の行為のチェックを行う際のエラーを評価するにはZDはめったに用いられない。

c. 低い従属 (LD)

低い従属はモデルの中で最も小さいレベルの従属性を表す。先行するタスクでエラーがあった場合には、この最も低いレベルの従属であっても一般にCHEPに大きな変更をもたらす。先行するタスクが成功している場合には、変化は小さい。ZDを適用することにならずかでも疑問がある場合には、通常LDを仮定する。

d. 中位の従属 (MD)

中位の従属は一つのタスクと次のタスクの遂行との間に明らかに関係があり、その関係がLDよりも大きいときに仮定される従属性である。MDは一般に、当直長が運転員と相互に影響を持つことが見込まれるときに、その関係に適用される。

e. 高い従属 (HD)

高い従属は連続的な正の従属性のZDとCDの中間のレベルに相当するものである。HDは一つのタスクの遂行が次のタスクの遂行に非常に大きな影響を及ぼすが、その影響が完全なものとは言えない場合に適用される。

HDは、権限が大きく異なり、従って一方の決定が他方の人間に大きな影響を持つような場合に存在する。

f. 完全な従属 (CD)

普通の環境下では二人の人間の間には完全な従属性があることはまれであり、同じ人間による二つの行動の間の従属性としてのほうが有り得る。

g. タスク間の機能的な関係

従属性は第一に人間の間や個人内に存在するものと考えているが、システムインターフェイスのいくつかのパラメータがタスク間の機能的な関係に影響を及ぼし、その結果人間の行動間の従属性のレベルに影響を与え得る。最も高いレベルの関係は二つ以上の事象や項目が運転員にとって一つの単位と見なされる場合（例えば二つのスイッチを同時にいれる場合や手順書の一つのステップで隣接した手動弁を操作する場合）に存在する。

ディスプレイ等における外観、運転モード、読取モード等の他のパラメータもまた同様にして従属性に影響を持ち得る。

h. エラーの知覚の影響

ストレスがない状態では、エラーを犯したことに気が付いた場合は次のタスクの遂行にはより注意を払うようになり、従って負の従属性を持つことになる。この負の従属性はTHERPのモデルでは考慮しない。

高いストレスの状況下では、同様に負の従属性をもたらすこともあるが、エラーを犯すことによってより高いストレス状態になり、その結果次のタスクの失敗確率を増加させる場合もある。これらの相対的な強度を評価することは困難であるため、これらはバランスしているものと仮定する。

従って、エラーを犯したことに気が付くことは従属性の仮定には影響を与えない。

i. 従属性のレベルを評価するための一般的なガイドライン

決まったルールはないが、以下に示したようないくつかの一般的なガイドラインが利用できる。

項目	ガイドライン
(1)	関心のあるタスクに対する直前のタスクの成功または失敗の影響を評価する。
(2)	2種類の従属度のどちらが適当か疑問が残る場合は高い方のレベルのものを選ぶ。
(3)	全ての事象間の空間的および時間的關係を評価する。2つの事象間の従属度は事象が空間および時間的に近接して発生すれば大きくなる。
(4)	事象間の機能的な關係を評価する。2つの事象間に機能的な依存性があれば従属度は増加する。
(5)	人間の間々の従属度に対するストレスの影響を評価する。ストレスが増すに連れて従属度は増加し、この傾向は経験レベルの差が大きいほど顕著になる。
(6)	全ての関連した要素について、人間の間々の類似性を評価する。資格、訓練、責任、そして多くの社会的・心理学的要素が類似しているほど従属性は大きくなる。
(7)	一人が他の人間のチェックを行う場合、もしJHEPが 10^{-6} 以下である場合には従属性のレベルを再評価する。同様に一人の人間によって行われる複数のタスクのJHEPが 10^{-5} 以下である場合には従属性のレベルを再評価する。この様な低い確率は可能ではあるが普通ではない。

(人的過誤率データ)

人間信頼性評価の実施の際には、解析手法と併せて利用可能な人的過誤率のデータベースが必要となる。これは一般に、それが適用される手法に適した形が与えられている必要がある。

THERPでは前記の通り、各タスクに対するポテンシャルエラーを解析上の最小要素とし、この組合せをHRAイベントツリーの形で表現して定量化する。この解析上の最小要素となるポテンシャルエラーについては、考え得る主要なものについて、原子力発電所の人間信頼性評価用に評価されたものがデータベースとして用意されている。この中では各ポテンシャルエラーはさらに、PSFの状況によって異なった評価値として与えられている。

これらは原子力以外の一般産業プラントの人間信頼性評価にも利用できるデータと考えられる。

尚、付録にTHERPの主要な人的過誤率データの表と時間-信頼性曲線を示す。

3.1.2 診断エラー解析

(1) スクリーニング解析

スクリーニング解析は、異常発生後の診断エラーと行動エラーに限って行うことができる。

診断エラーは、時間-信頼性曲線（3.1.4章参照）による診断モデルを利用して行われる。すなわち、許容診断時間を設定することによってエラー確率が決定される。

行動エラーは、ルールベースの行動として取扱われ、次の2項目の条件の組合せによってエラー確率が決定される。

- ① 手順書の有無, ② 回復行為の有無

(2) ノミナル解析

(a) 警報器への応答モデル

最初に、短時間に同時に発生する警報数を設定することによって、警報への応答に失敗する確率が下記のように決定される。

警報数	1.	(警報への応答に失敗する確率 = 0.0001)
	2.	(" " 0.0006)
	3.	(" " 0.001)
	4.	(" " 0.002)
	5.	(" " 0.003)
	6.	(" " 0.005)
	7.	(" " 0.009)
	8.	(" " 0.02)
	9.	(" " 0.03)
	10.	(" " 0.05)

次に、人間の冗長性による回復要素を考慮するかどうかを判断し、もし考慮するとした場合には、さらに2人の運転員間の従属性のレベルを下記の5レベルから選択し本モデルのエラー確率を決定する。

2人の人間の間での従属性レベル

- (ZD) ゼロ従属
- (LD) 低い従属性
- (MD) 中位の従属性
- (HD) 高い従属性
- (CD) 完全な従属

(b) 診断モデル

最初に許容診断時間を設定し、次に異常事象に対する運転員の訓練レベルを次の①～③から選択することによってエラー確率が決定される。

① この事象に関する訓練は行われていない

または、訓練は行われているが初期に1度行われるのみである

または、この事象に関係した警報の発生パターンを運転員が把握していない

[エラー確率は、時間-信頼性曲線の上限值を取る]

② この事象はよく認識されているものであり、シミュレータを通して運転員の訓練もよく行きとどいている かつ、

運転員はこの事象に関係した警報の発生パターンをよく把握しており、それに対する対処方法もよく理解している

[エラー確率は、時間-信頼性曲線の下限值を取る]

③ この事象に対しては、シミュレータによる運転員の訓練が行われている

または、上記のいずれのルールも適用されない

[エラー確率は、時間-信頼性曲線の中央値を取る]

さらに、回復要素として警報による回復を考慮することができ、上記(a)に示した方法によって評価を行う。

(注) SHERIでは、2人を超える運転員等による回復は考慮しない。2人以上による回復が見込まれる場合には、従属性のレベルの低い方を考慮するものとする。

この段階で、警報の発生に伴う本人による回復行為と、これにも失敗した場合の他の人間（複数存在する場合には従属性の低い方）による回復と

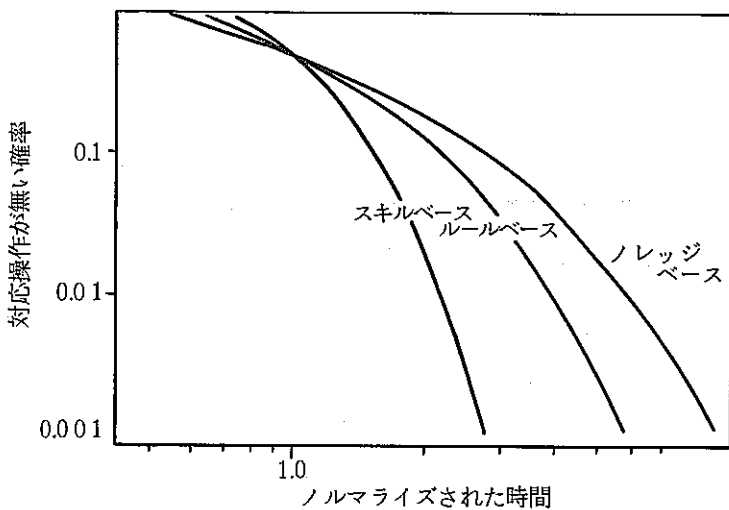
の2重の回復を考慮しており、一般的にはかなりのファクターでの回復となるはずである。過度の回復要素の導入は、非現実的にエラー確率を低減してしまうことにもなりかねないため、SHERIでは上記のような範囲での回復を考慮するにとどめている。

(c) HCRモデル

HCRモデルの概要は次の通りである。

ある許容時間内で運転クルーが行動に失敗する確率を、標準的応答時間及び3種のPSF（運転員の経験、ストレス、人間-機会インターフェース）で標準化した時間上にワイブル分布で表現したものである。まずクルーの行動をイベント・ツリーで表現し、区分けを行い個々の行動に許される時間を推定する。その一方で実際のクルーの標準的応答時間の実験値を求め、上記3種のPSFで調整する。両者の比を時間軸として最適な曲線からエラー確率を求めて、全作業に適用してタスクの失敗確率を求める。

HCRモデルの例を下図に示す。



$$P(t) = \exp\left[-\left(\frac{t/T}{C_n^i}\right)^{\beta_i}\right]$$

ここで、
 T : クルーが活動またはタスクを終了するのにかかる平均実時間（タスクに失敗する確率が0.5の時間）
 β_i, C_r^i, C_n^i : 認知過程の違いにより変化する係数。
 $P(t)$: 与えられた時間tの間で、クルーが失敗する確率。ここでtはプラントの状態が変化する前に、活動またはタスクを終了するためにクルーに許される時間。

HCRモデルに使用する係数の一覧

認知過程のタイプ	β_i	C_r^i	C_n^i
スキルベース	1.2	0.7	0.407
ルールベース	0.9	0.6	0.601
ノレッジベース	0.8	0.5	0.791

注*: C_n^i の値はT=0において $P(T) = 0$ となるよう変えられる。

尚、各行動タイプは次の様に定義される。

- Skill : 行動は事前に予測が可能で、操作（対応）手順も整備されている。
 担当運転員は、十分な訓練を受け、プラント運転の豊富な経験を

有し、手順書を用いなくても対応できる技量を有している。

〈原子炉スクラム及びスクラム後の崩壊熱除去への移行操作〉

・ Rule : 行動は、手順書に従って対処が可能な定常的内容で、担当する運転員は手順書に従ってスムーズに対応できる技量を有している。

〈原子炉の起動・停止や定期保守作業〉

・ Knowledge : 行動は事前の予測が不可能で、対応に当たって運転員自身が知覚した事象を診断し対処方法の判断を要求される。

〈偶発的事象への対応操作〉

HCRモデルによる解析は、次の6項目の条件を選定することによって行う。

Q1. 運転員の経験レベル？

1. エキスパート
2. よく訓練されている
3. 初級者

Q2. マンマシン・インターフェイスの良否？

1. 優良
2. 良好
3. 普通
4. 貧弱
5. 極めて貧弱

Q3. 認識処理のタイプ？

1. スキルベース
2. ルールベース
3. 知識ベース

Q4. 運転員の作業状態（ストレスレベル）？

1. ストレスが低い状態
2. 最適な状態
3. 作業負荷の高い状態／事故の可能性
4. 危急時

Q5. 運転員がタスクを遂行するのに要する平均的な時間（分）

Q6. タスクを遂行するのに利用できる時間（分）

HCRモデルによって得られた診断エラーの確率は、他のモデルの場合と同様に使用される。HCRモデルではエラーファクターは与えられないため、SHERIではここで算出された値のエラーファクターを10として不確定性解析や最良値・最悪値の算出の際に使用している。

また他のモデルと違って、HCRモデルはクルーの応答モデルであるために、回復行為はすでに考慮されたものとなっている。

3.1.3 行動エラー解析

行動エラーの解析はタスクカテゴリーに依存して次のように分類される。

(1) タスクカテゴリー＝運転，試験，較正，保守

(2) タスクカテゴリー＝運転員交替時の点検

(1)の場合には次の手順でタスクの解析を行う。

(a) 一般的なパフォーマンス・シェイピング・ファクター（PSF）情報

(b) タスク分析

(c) 回復要素の考慮

(d) タスクの特性の考慮

(e) ポテンシャルエラーの決定と、そのために必要なその他のPSFに関する追加情報

(f) 各ポテンシャルエラーの確率の決定

(g) タスク解析結果のデータベースへの格納

(2)の定期的な点検の際のエラーの評価の場合には以下の2つのモデルがあり、いずれを選択するかによって解析内容が異なる。

(a) 受動的な点検モデル

(b) 能動的な点検モデル

(1) タスクカテゴリーが“運転，試験，較正，または保守”の場合

(a) 一般的なパフォーマンス・シェイピング・ファクター（PSF）

4項目の主要なPSFに関して選択を行う。

① 指示様式

- (1) 手順書：≤10項目 (2) 手順書：>10項目
(3) 口頭での指示を書取る：≤5項目 (4) 口頭での指示を書取る：6-10項目
(5) 口頭での指示を書取る：>10項目 (6) 口頭での指示のみ
(7) 緊急性を要するため手順書は用いられない

② 経 験

- (1) ≤6ヶ月 (2) >6ヶ月

③ ストレス

- (1) 低い (2) 適度
(3) 高い (4) 極めて高い

④ タギング

- (1) タグや鍵を用いた作業の管理が極めて良好である
(2) タグは発行されるが個々の作業項目毎には使用されない
(3) タグ等による作業管理が不良

さらに、上記の選択項目によって、次の追加情報を与える。

- 1) 指示様式＝手順書の場合（①の(1)と(2)）

手順書にチェック欄が付いているかどうか。

- 2) 指示様式＝口頭での指示のみの場合（①の(6)）

- a) 口頭での指示内容は詳細(D)/概括的(G) (D/G) ?
b) 口頭での指示項目数 (1~5) ?
c) 指示された順番は重要ですか (Y/N) ?

注) ・詳細な口頭指示 ; 機器の名称等を含んだ詳細な指示を行う場合

・概括的な口頭指示 ; 口頭での命令がタスクの詳細まで含まない場合

・口頭での指示が5項目を超える場合には、指示内容は必ず一度書き取られるものとする。

・指示された順番の重要性とは、口頭で指示された項目を記憶しその順番通りに実施することの必要性を質問している。もし指示された順番で作業を行わなかった場合に作業全体が失敗するというのであれば、

個々のタスクの順番を正しく守る必要がある。

(b) タスク分析

タスクとは、一般的には弁 A を開く、指示計 B を読む等の個々の 1 作業単位のことをいう。従って、タスク分析においては対象とする機器タイプとそれに対する行動の情報が必要である。SHERI には、次の〈機器タイプ〉と〈行動〉が内蔵されているが、この他のデータも任意に取扱うことが可能である。

〈機器タイプ〉

a. ポンプ、弁、フィルター等

MDP (MOTOR DRIVEN PUMP)	; 電動ポンプ
TDP (TURBINE DRIVEN PUMP)	; タービン動ポンプ
EDP (ENGINE DRIVEN PUMP)	; エンジン動ポンプ
XV (MANUAL OPERATED VALVE)	; 手動弁
MOV (MOTOR OPERATED VALVE)	; 電動弁
AOV (AIR OPERATED VALVE)	; 空気作動弁
HOV (HYDRAULIC OPERATED VALVE)	; 油圧 (水圧) 作動弁
SOV (SOLENOID OPERATED VALVE)	; 電磁弁
RV (RELIEF VALVE)	; 逃し弁
FAN	; ファン
MOD (MOTOR OPERATED DAMPER)	; 電動ダンパー
XD (MANUAL DAMPER)	; 手動ダンパー

b. 電気系統

DGN (DIESEL GENERATOR)	; ディーゼル発電機
MGN (MOTOR GENERATOR)	; 電動発電機
CB (CIRCUIT BREAKER)	; 回路遮断器
MO (MOTOR)	; モーター
CON (CONNECTOR)	; コネクター

c. 計測器

CON (CONNECTOR)	; コネクター
-----------------	---------

d. インターフェイス

SWT (SWITCH)	; スイッチ
REC (RECORDER)	; レコーダ
MBT (METER)	; メーター
DIS (DISPLAY)	; ディスプレイ

〈行 動〉

MANIPULATE	; 操作する
OPERATE	; 運転する
START	; 起動する
STOP	; 停止する
OPEN	; 開く
CLOSE	; 閉じる
THROTTLE	; 弁を調節する
SET	; 設定する, 調整する
VERIFY	; 確認する
MONITOR	; モニターする, 監視する
CHECK	; 確認する, 照合する
READ	; 読み取る
RECORD	; 記録する
CALCULATE	; 計算する

注) ・ディスプレイ等から表示された値を読み取り, それを記録したり何等かの簡単な計算を行う場合には, タスクはREADというアクションとRECORDまたはCALCULATEというアクションを持つ二つのタスクに分けて取り扱うことが必要である。

・例えばOPEN, CLOSE, MANIPULATE等, アクションのキーワードは違っているが実際の操作の内容に違いはないものについては, 生成されるポテンシャルエラーは同じである, 従ってこれらを特に区別して使用する必要はない。例えばOPENやCLOSE, SRARTやSTOPのかわりに常にMANIPULATE

というキーワードを用いても良い。

(c) 回復要素の考慮

回復要素として次のものを考慮する。

- ① 人間の冗長さ（タスクがチームで行われるか、点検者がいる場合）
- ② 警報（エラーがあった場合に何らかの警報がある場合）
- ③ 次のタスクからのフィードバック（自分自身による回復）
- ④ 試験後の点検
- ⑤ 保守後の点検
- ⑥ 較正後の試験

各要素の回復内容はタスクカテゴリー毎によって以下のようにになっている。

① 人間の冗長さ

1) タスクカテゴリー・運転の場合

0. 回復行為の考慮をやめる
1. タスクは複数の人間のチームで行われる
2. 手順書を用いない、点検者による点検がある
3. 手順書を用いた、点検者による点検がある
4. 特に要請された点検がある
5. 点検すべき機器の状態が、点検者の安全に影響を持つ

2) タスクカテゴリー・試験、較正、保守の場合

0. 回復行為の考慮をやめる
1. タスクは複数の人間のチームで行われる
2. 手順書を用いない、点検者による点検がある
3. 手順書を用いた、点検者による点検がある
4. 特に要請された点検がある
5. 計測機器を用いた点検がある

② 警 報

短時間内に発生する警報数

0. 回復行為の考慮をやめる

- 1. (警報への応答に失敗する確率 = 0.0001)
- 2. (" " = 0.0006)
- 3. (" " = 0.001)
- 4. (" " = 0.002)
- 5. (" " = 0.003)
- 6. (" " = 0.005)
- 7. (" " = 0.009)
- 8. (" " = 0.02)
- 9. (" " = 0.03)
- 10. (" " = 0.05)

③ 次のタスクからのフィードバック

0. 回復の考慮をやめる

1. 低い回復の可能性がある

(回復失敗確率=0.5)

2. 中程度の回復の可能性がある

(回復失敗確率=0.2)

3. 高い回復の可能性がある

(回復失敗確率=0.1)

①～③によって個々のタスクの回復要素が決定後、タスクカテゴリーが試験、保守、又は較正の場合は、タスク終了後の点検・試験によるエラー回復を考慮する。

④ 試験後の点検

⑤ 保守後の点検

ここでは、保守員によって成された作業について運転員が点検（確認のため）するものとしている。

0. 回復を考慮しない
1. 手順書を用いない, 常例的な点検がある
2. 手順書を用いた, 常例的な点検がある
3. 特に要請された点検がある

⑧ 較正後の試験

0. 回復を考慮しない
1. 設定点の試験による回復を考慮する

(d) タスクの特性の考慮

タスクの直列性/並列性, ステップバイステップ/ダイナミック, および従属性の考慮を行う。

〈直列性/並列性〉

1. 直列なタスク; ひと続きの行為のいずれかが正しく行われなかった場合には失敗となるようなタスク
2. 並列なタスク; ひと続きの行為の両方が正しく行われなかった場合に失敗となるようなタスク

但し, 三重以上の並列性はSHERIでは取り扱わない。

〈ダイナミック・タスク/ステップバイステップ・タスク〉

1. ステップバイステップ・タスク; 手順が決まっているタスク
2. ダイナミック・タスク ; より高度のマンマシン相互作用を必要とするタスク

〈従属性のレベル〉

- (ZD) ゼロ従属
- (LD) 低い従属性
- (MD) 中位の従属性
- (HD) 高い従属性
- (CD) 完全な従属

(e) ポテンシャル・エラーの決定と, そのために必要その他のPSFに関する追加情報

各サブタスクに対し, ポテンシャル・エラーを決定する。各タスクステップで

対象となる機器のタイプおよび行動の種類に基づき、ポテンシャル・エラーのプログラクシヨナルール（プログラムが内蔵する）に従って自動生成される。生成されたポテンシャル・エラーに対しては適当な変更を行うことができる。

追加情報の内容は機器タイプによって異なり、それぞれ次のようになっている。尚、各項目とも番号の小さいものの場合がエラー確率は最も大きく（保守側）になっている。

(1) 機器タイプ=CBの場合

1. 類似のサーキットブレーカが周辺にあり、ラベルのみで識別される
2. PSFはより好ましい状態にある

(2) 機器タイプ=MDP, TDP, BDP, MOV, AOV, HOV, SOV, RV, MOD, DGN, MGN, MO, FANまたはSWTで、行動=MANIPULATE, START, STOP, OPEN, CLOSE, OPERATE, THROTTLE, SET, CHECKまたはVERIFYの場合

1. 回転スイッチ
2. 2方向スイッチ

1. 設計上、ステレオタイプによる影響が考えられる
2. ステレオタイプによる影響はない

1. 制御スイッチはラベルのみによって識別される
2. 制御スイッチは機能別にグループ分けされて配置されている
3. 制御スイッチはミミックレイアウト中に配置されている
4. 付近に類似した制御スイッチはない

1. 機器の状態を完全に変更するために、スイッチをしばらく保持することが必要である
2. スイッチの保持は必要ない

(3) 機器タイプ=DIS, REC, またはMETで行動=VERIFY, MONITOR, CHECK, またはREADの場合

1. ディスプレイから定量的な情報を得る
2. ディスプレイから定性的な情報を得る

1. ディスプレイはラベルのみによって識別される
 2. ディスプレイは機能別にグループ分けされて配置されている
 3. ディスプレイはミミックレイアウト中に配置されている
 4. 付近に類似したディスプレイはない
- (3.1) ディスプレイから定量的な情報を得る場合
1. 設計上、ステレオタイプによる影響が考えられる
 2. ステレオタイプによる影響はない
1. 多くのパラメータを出力するプリントレコーダ
 2. グラフ
 3. チャートレコーダ
 4. アナログメータ
 5. デジタルメータ
 6. 表示灯を定量的表示に用いている
- (3.2) ディスプレイから定性的な情報を得る場合
1. アナログタイプのチャートレコーダ
 2. アナログメータ
 3. デジタルメータ
 4. 表示灯
- (3.3) ディスプレイの種類がアナログメータで、定性的な情報を得る場合
1. メータにはリミットマークがない
 2. メータにリミットマークがあるが見にくい
 3. わかりやすいリミットマークがついている
- (3.4) ディスプレイの種類がチャートレコーダで、定性的な情報を得る場合
1. チャートレコーダにはリミットマークがない
 2. リミットマークがある

(4) 機器タイプ=XVまたはXDで、行動=MANIPULATE, OPEN, CLOSE, THROTTLE, SET, CHECKまたはVERIFYの場合

1. 弁に対するラベルが明瞭でなく、付近に以下の全てが類似した弁がある
大きさ、形、状態、およびタグの状況
2. 弁に対するラベルが明瞭でなく、付近に以下のいずれかが類似した弁がある
大きさ、形、状態、またはタグの状況
3. 弁に対するラベルが明瞭でないが、近くに大きさ、形、状態、タグの状況のいずれかが類似した弁は存在しない
4. 弁に対するラベルは明瞭であり、付近に以下のいずれかが類似した弁がある
大きさ、形、状態、またはタグの状況

5. 弁に対するラベルは明瞭であり、付近に類似した弁もない
1. 手動弁には上下軸も位置指示器もついていない
 2. 上下軸は付いているが、位置指示器はついていない
 3. 上下軸、位置指示器ともに付いている
 4. 位置指示器のみが付いている

(5) 機器タイプ=DIS, RED, またはMETで、行動=RECORDの場合

1. 記録すべき文字数は3文字を超える
2. 記録すべき文字数は3文字以内である

自動的に生成されるポテンシャルエラーとしては、次の25種類の基本的なポテンシャルエラーを考慮している。

1. オミッションエラー
 - a. タスクの開始に失敗する

事故時に診断の失敗によって、タスクを適切なタイミングで実行できないこと。または、通常運転時にタスクそのものをオミットしてしまうこと。

- b. 運転管理に従わず，作業に取りかからない
定期的な試験や保守，シフト毎の点検のようなプラントポリシーを怠って作業に取りかからない事。
- c. 運転管理に従わず，手順書を使用しない
運転手順書，作業手順書等の使用が義務づけられているのに，使用を怠ること。
- d. 運転管理に従わず，チェックリストを適切に使用しない
チェックリストまたはチェックオフ欄を正しく使用しないこと。
- e. 書類に記載ミスがある
手順書，タグ，口頭による指示のメモ書き等の内容に抜けなどの間違いがあること。リカバリーファクターは考慮していない。
- f. チェックリストを適切に使用した場合に，手順書中の実施項目を省いてしまう
チェックリストまたはチェックオフ欄付きの手順書を正しく使用したが，手順書中の1項目の実施を怠ってしまうこと。
- g. チェックリストを適切に使用しなかった場合に，手順書中の実施項目を省いてしまう
チェックリストまたはチェックオフ欄付きの手順書を正しく使用しなかった場合に，手順書中の1項目の実施を怠ってしまうこと。
- h. チェックオフ欄なしの手順書を使用した場合，手順書中の実施項目を省いてしまう
チェックオフ欄がない場合に，手順書の1項目の実施を怠ってしまうこと。
- i. 手順書の使用を怠った場合，手順書中の実施項目を省いてしまう
手順書が利用できるのに利用しなかった場合に，作業の1項目の実施を怠ってしまうこと。
- j. 書き取った実施項目を省いてしまう
口頭での指示を書き取ったメモの1項目の実施を怠ってしまうこと。

- k. 口頭で指示された実施項目を忘れて省いてしまう

口頭による指示項目の実施を怠ってしまうこと。（複数の項目の場合もあり）

2. コミッショナー

- a. ディスプレイの選択にエラーを犯す

間違ったディスプレイを選択してしまうこと。リカバリーファクターは考慮していない。

- b. ディスプレイからの定量的な情報の読み取りにエラーを犯す

種々のタイプのディスプレイから定量的な情報を読む際にエラーを犯すこと。

- c. ディスプレイからの定量的な情報の記録にエラーを犯す

ディスプレイからの定量的な情報を読んだ後に、それを記憶する際にエラーを犯すこと。

- d. ディスプレイからの定量的な情報に基づいて計算を行う際にエラーを犯す

ディスプレイからの定量的な情報を読んだ後に、それに基づいて簡単な計算や比較を行うことによって目的とする情報を得る際にエラーを犯すこと。

- e. 計算結果が望ましい範囲にないことを検知するのに失敗する

正しく計算を行ったが、その結果が望ましい範囲にないことを検知することに失敗すること。

- f. ディスプレイの指示値が許容範囲にあることの確認にエラーを犯す

ディスプレイの指示が許容範囲内にあることを定性的にチェックするのに失敗すること。

- g. 間違ったスイッチを選択する

類似したスイッチが近くにあった場合に、間違ったスイッチを選択すること。

- h. スイッチを間違った方向に操作する

ロータリーコントロール・スイッチや2方向スイッチを間違った方向

に回したり入れたりすること。

i. スイッチを間違った位置にセットする

ロータリーコントロール・スイッチの場合に、間違った位置にセットしてしまうこと。

j. 機器の状態を完全に変更しきらない

機器の状態が変わるまでしばらくの間スイッチを入れ続けなければならない場合に、機器の状態を完全に変えることに失敗すること。または弁の調節による流量等の制御に失敗すること。

k. 間違った手動弁を選択する

類似した弁が近くにあった場合に、現場で弁の選択ミスを犯すこと。

l. 手動弁の操作に失敗する（固着していた場合に気がつかない）

弁が途中で固着した場合に、それに気が付かずに操作に失敗すること。

m. 間違ったサーキットブレーカを選択する

サーキットブレーカのグループの中から、間違ったサーキットブレーカを選択すること。

n. コネクタを間違えて接続する

コネクタを繋ぎ間違えること（不完全に繋ぐことも含む）。

(f) ポテンシャルエラーの確率の決定

以下の種類のエラーの確率が決定される。これはプログラムによって全て自動的に行われ、従って入力は何等必要ない。

1. NHEPの決定

各タスクに対するポテンシャルエラーが決定された後、各々のポテンシャルエラーの確率が、THERP Chapter 20のHEPデータテーブルに基づいて決定される。テーブル番号、アイテム番号の選定理由についての情報が保存され、これらはワークシートデータファイル出力の際に出力される。

この段階で得られたHEPは、NHEP (Nominal HEP) 又はTabled HEPと呼ばれる。

2. BHEPの決定

次にNHEPに対し、Stress/Skill Level (SSL) , Tagging Level (TL) およ

び個々のタスクに対するRecovery Factor (RF) を考慮した変更を行う。この結果得られたHEPはBHEP (Basic HEP) と呼ばれる。BHEPの算出式は次の通りである。

$$\underline{BHEP = NHEP * SSL * TL * (RF * SSL)}$$

BHEPの不確定性幅はNHEPの場合と同じである。NHEP→BHEPの変換理由についての情報が保存され、これはワークシートのファイル出力の際に出力される。

3. CHEPの決定

BHEPに対し、タスク間の依存性を反映させる。この結果得られたHEPは、CHEP (Conditional HEP) と呼ばれる。またこの際、不確定性幅の算出も行われる。CHEPの値はページ14の式に基づいて算出される。不確定性幅はこのCHEPに対して、NHEPのエラーファクターを乗除することによって求められる。

4. 試験、較正、または保守終了後の点検や試験によるエラー回復の確率

この種の回復が考慮される場合のみ、最後にこの確率が決定される。この回復率についても、NHEP、BHEPの2種類が算出される。

(g) ワークシートのデータベースへの格納

作成したワークシート・データをデータベースに格納する。これらデータは、タスクの感度解析、不確定性解析等に随時利用される。

(2) タスクカテゴリー＝運転員交替時の点検の場合

(a) 静的な点検か動的な点検かの選択

選択の目安は次の通りである。

“静的な点検”とは、制御室のディスプレイの定期的な走査や歩行点検のような、逸脱した状態に対する漠然とした走査のことを意味する。手順書は用いられないし、特に注意を払うべき機器も指示されない。これに対し“動的な点検”とは、機器の特定の項目の巡視点検を命じられた場合のものであり、ここでの命令は口頭での指示、文書で定められた計画または他の指令によるものである。

(b) 静的な点検の場合

(b-1) 制御室での定期的な走査か現場の歩行点検かの選択

選択の目安は次の通りである。

“制御室での定期的な走査”とは中央制御室での運転員によるディスプレイの走査のことであり，“現場の歩行点検”とはプラントの特定のエリアの定められた巡視（手順書を使用しない）のことである。巡回者は単に何か機器の異常があれば報告するように命令されているだけであり，特定の機器についての巡視は指示されない。

(b-1-1) 制御室での定期的な走査の場合

ディスプレイのタイプと警報表示器の数（1～5）の選択を行う。尚，ディスプレイのタイプの選択肢は次の通りである。

- ・表示灯
- ・警報なしの表示パネル
- ・警報装置を切った後の表示パネル
- ・リミットマークなしの，アナログタイプのチャートレコーダ
- ・リミットマークありの，アナログタイプのチャートレコーダ
- ・リミットマークなしの，アナログメータ
- ・リミットマークありの，アナログメータ

(b-1-2) 現場の歩行点検の場合

点検間隔（1～7日）を選択することによってエラー確率が決定される。

(c) 動的な点検の場合

ルールベースの行動評価と同様に取扱う。

3.2 HRA-ETの作成・解析

タスク解析データを用いて，HRA-ETの作成，タスクの遂行失敗確率解析，及び重要度評価を行う。

(1) HRA-ET作成

全ポテンシャルエラーを展開したツリーとポテンシャルエラーを各タスクのオMISSIONエラーとコミッションエラーにまとめた簡略化したツリーの作成が行える。

(2) タスクの遂行失敗確率解析

タスクの失敗確率の点推定値を求め，ノミナル値，最良値，最悪値の各値で結果を

示す。尚、最良値とは、全てのポテンシャルエラーについて過誤率の下限值を、最悪値とは上限値を使用した場合の結果である。

(3) 重要度評価

重要度評価は次の4種について行い得る。

- ・ Fussel-Vesely measure
- ・ Birnbaum Measure
- ・ Risk Achievement Worth
- ・ Risk Reduction Worth

3.3 感度解析

以下の13項目についての条件を変更した感度解析を行える。但し、変更できる条件は一度には1項目だけであり、複数条件の変更を組合せての解析は変更項目数に応じて繰返し実施することによって行える。

- ① 指示様式
- ② 経験レベル
- ③ ストレスレベル
- ④ タギングレベル
- ⑤ タスクの削除
- ⑥ ダイナミックタスク/ステップバイステップタスクの変更
- ⑦ 従属性のレベル
- ⑧ PSFに関する追加情報の変更
- ⑨ オMISSIONエラーの削除
- ⑩ コMISSIONエラーの削除
- ⑪ 全ての回復要素の削除
- ⑫ 回復要素の考慮の変更
- ⑬ 過誤率を直接変更

各項目の変更パラメータは次のようになっている。

① 指示様式

1) 手順書の長さ

1. ショートリストの手順書を使用 (≤ 10 ITEMS)
2. ロングリストの手順書を使用 (> 10 ITEMS)

2) 口頭での指示項目数

口頭での指示内容を書き取る場合には、

1. 口頭での指示内容を書き取る：指示項目 ≤ 5
2. 口頭での指示内容を書き取る：指示項目 6～10
3. 口頭での指示内容を書き取る：指示項目 > 10

又は、口頭での指示のみに従って行動する場合は次の情報を確認する。

- ・口頭での指示が詳細か概括的か
- ・口頭での指示項目数
- ・指示の順番が重要か否か

② 経験レベル

1. 経験レベル： ≤ 6 MONTHS
2. 経験レベル： > 6 MONTHS

③ ストレスレベル

1. ストレスレベル：低い
2. ストレスレベル：適度
3. ストレスレベル：高い
4. ストレスレベル：極めて高い

④ タギングレベル

1. レベル1：タグや鍵を用いた作業の管理が極めて良好
2. レベル2：タグは発行されるが個々の作業項目毎には発行されない
3. レベル3：タグ等による作業管理が不良

⑤ タスクの削除

対策とする解析タスクを指定し、一部のタスクを削除する。

⑥ ダイナミックタスク／ステップバイステップタスクの変更

対象とする解析タスクを指定し、一部タスクの設定を変更する。

⑦ 従属性のレベル

1. ゼロ従属
2. 低い従属性
3. 中位の従属性
4. 高い従属性
5. 完全な従属

⑧ PSPに関する追加情報の変更

各タスクステップ毎に、考慮されるポテンシャルエラーに依存して次のような内容となっている。

1) 「ディスプレイの選択にエラーを犯す」がある場合

1. ディスプレイはラベルのみによって識別される
2. ディスプレイは機能別にグループ分けされて配置されている
3. ディスプレイはミミックレイアウト中に配置されている
4. 付近に類似したディスプレイはない

2) 「ディスプレイからの定量的な情報の読み取りにエラーを犯す」がある場合

(a) 読み取り対象

1. 多くのパラメータを出力するプリントレコーダ
2. グラフ
3. チャートレコーダ
4. アナログメータ
5. デジタルメータ
6. 表示灯を定量的表示に用いている

(b) 設計上の課題

1. ステレオタイプによる影響が考えられる
2. ステレオタイプによる影響はない

- 3) 「ディスプレイからの定量的な情報の記録にエラーを犯す」がある場合
 1. 記録すべき文字数：> 3 文字
 2. 記録すべき文字数：≤ 3 文字
- 4) 「ディスプレイの指示値が許容範囲にあることの確認にエラーを犯す」がある場合
 1. リミットマークがないチャートレコーダ
 2. リミットマークがあるチャートレコーダ
 3. リミットマークがないアナログメータ
 4. 見にくいリミットマークがついているアナログメータ
 5. 判り易いリミットマークがついているアナログメータ
 6. デジタルメータ
 7. 表示灯
- 5) 「間違っただスイッチを選択する」がある場合
 1. 制御スイッチはラベルのみによって識別される
 2. 制御スイッチは機能別にグループ分けされて配置されている
 3. 制御スイッチはミミックレイアウト中に配置されている
 4. 付近に類似した制御スイッチはない
- 6) 「スイッチを間違っただ方向に操作する」がある場合
 1. ステレオタイプによる影響が考えられる
 2. ステレオタイプによる影響はない
- 7) 「間違っただ手動弁を選択する」がある場合
 1. 弁に対するラベルが明瞭でなく、付近に以下の全てが類似した弁が存在する
--大きさ、形、状態およびタグの状況
 2. 弁に対するラベルが明瞭でなく、付近に以下のいずれかが類似した弁が存在する
--大きさ、形、状態またはタグの状況
 3. 弁に対するラベルが明瞭でないが、近くに大きさ、形、状態、タグの状況のいずれかが類似した弁は存在しない
 4. 弁に対するラベルは明瞭である、付近に以下のいずれかが類似した弁が存在する

る --大きさ, 形, 状態またはタグの状況

5. 弁に対するラベルは明瞭であり, 付近に類似した弁もない
- 8) 「手動弁の操作に失敗する (固着していた場合にそれに気がつかない)」がある場合
 1. 手動弁には上下軸も位置指示器もついていない
 2. 上下軸はついていないが, 位置指示器はついていない
 3. 上下軸, 位置指示器ともについていない
 4. 位置指示器のみがついていない
- 9) 「間違っただサーキットブレーカを選択する」がある場合
 1. 類似のサーキットブレーカが周辺にあり, ラベルのみで識別される
 2. PSFはより好ましい状態にある
- ⑨ オミッションエラーの削除
対象とする解析タスクの全てのオミッションエラーを削除する。
- ⑩ コミッションエラーの削除
対象とする解析タスクの全てのコミッションエラーを削除する
- ⑪ 全ての回復要素の削除
対象とする解析タスクの全ての回復要素の考慮をとりやめる。
- ⑫ 回復要素の考慮の変更
対象とする解析タスクの, 各タスクについて回復要素の取扱いを変更する。
- ⑬ 過誤率を直接変更
対象とする解析タスクの, 各ポテンシャルエラーのNHBP値の変更を行う。ポテンシャルエラー値は任意の数値に置き換え処理される。

3.4 不確定性解析

PSAにおけるシステムの信頼性解析においては, 点推定計算よりも種々の不確定性の伝播を考慮するために確率分布としての評価が必要になる。従ってHRAの結果をPSAにおいて利用することを目的とした場合には, 人的過誤率も不確定性を考慮した確率分布形式で評価しておくことが必要になる。

SHERIでは、THERP手法とFuzzy積分を用いた解析を行う。

THERPのデータベースでは人的過誤率の推奨値（NHEP）と共にエラーファクター（EF）というかたちで上限値、下限値が与えられている。ここにいう上限・下限とは、人間の過誤率はたとえ同一の作業であってもいろいろな状況（人間工学的諸条件）で異なるものではあるが、最良の場合を考えても最悪の場合を考えてもその範囲内におさまると考えられるものである。推奨値とは、そのような範囲で変化する過誤率の代表的値を意味しており他に特別条件がない限り、この値を解析に用いれば良いというものである。

PSAへの利用のために人的過誤率の不確定性を考慮する場合には、このデータベース中のNHEPの値を中央値としEFを90%区間を表すパラメータとする対数正規分布を仮定する。一方、Fuzzy積分を用いた不確定性解析は、人的過誤率を確率的不確かさ（ランダムネス）を持つもの（過去のデータまたは実験から得られ、確率分布として表現可能なもの）としてではなく、曖昧さ（ファジイネス）を持つものとして取り扱う。すなわち、過誤率 x がデータベースから得られた場合、過誤率は x のまわりのどれかという不確かなものであり、与えられた場合の中の任意の値を取る可能性があるとして解釈する。可能性の度合いはメンバーシップ関数で表し、ファジイ数の演算はファジイ積分によって行う。THERPのデータベースで与えられている人的過誤率は機器の故障率データ等とは異なって、統計的な確率分布に従っているというよりも、知識や経験に基づいた可能性分布と考えた方が適切と考えられる。

この手法でも、エラーの分布をあらわすメンバーシップ関数は対数正規分布を仮定した。これが適切か否かも含めて、Fuzzy積分による不確定性解析はまだ試行的に行っているものである。またメンバーシップ関数として上記のように連続な対数正規分布を仮定している（個々のメンバーシップ関数の95%上限値は確率1.0を超えている場合もある）ことから、最終的に算出された上限値等も1.0を超えた値を持つ場合があることに注意されたい。

解析結果は、2手法ともに次の5項目で表示される。

- ・中央値
- ・5%下限値
- ・95%上限値

- ・ 平均値
- ・ エラーファクター

3.5 SLIM手法の適用

THERPのデータベースでは多くの種類のヒューマンエラーが系統的にまとめられているが、実際に運転種順等の評価を行ってみると必ずしも全ての必要なヒューマンエラーがデータ化されているわけではないことがわかる。またデータが用意されているものについても、実際の解析状況と照らし合わせると疑問を抱くようなものがあることも考えられる。これはTHERPで標準的なものとして用意されているHEP (NHEP) のための条件（経験や訓練の程度、運転員の資質、手順書の質、管理体制等）が米国の場合と日本の場合とで相違があることが1つの原因と考えられる。

このモジュールは、SLIM (Success Likelihood Index Methodology) によって既知ではないまたは条件の異なるヒューマンエラーの確率を評価するものである。SLIMにおける基本的仮定は次の通りである。

- (a) ある動作、もしくはタスクの達成の成功確率は、個人、状況、タスクそのものの様々な特徴 (PSF) によって影響を受ける。
- (b) 考慮されるPSFは互いに独立である。
- (c) 専門家の判断により、評価されるタスクの信頼性への影響について各PSFの相対的な重要度もしくは重みを評価することができる。
- (d) 専門家の判断により、評価対象としている各タスクにおけるPSFの状況の善し悪しについて、数字上の等級をつけることができる。
- (e) 上記の重みと等級付けにより、SLIという指標が得られる。
- (f) SLIは成功確率との関係によって簡単に確率値に変換することができる。

SLIMはその名称の通り、成功指標を評価してそれを成功確率に変換するものであるが、SHERIは人的過誤の評価を行うものであるため本モジュールは成功指標ではなく失敗指標 (FLI) を評価し、これを失敗確率に変換する方法を取った。評価手順は以下の通りである。

(1) 評価するタスクの設定

3つ以上のタスクを同時に評価し、この中にエラーの確率が既知であるタスクが2つ含まれていることが必要である。

(2) タスクの遂行に大きな影響を及ぼすPSFの決定

主要なPSFを設定する。本モジュールでは以下のものの中から適当なものを選択することとしている。

- (a) マン・マシン・インターフェイスの状況
- (b) 先行するまたは併発する行動の影響
- (c) 作業の複雑さ
- (d) 手順書等の質
- (e) 経験や訓練の程度
- (f) 行動を完了するための時間的余裕
- (g) ストレス

(3) PSFの等級付け

各タスク毎に、各PSFの等級付けを0から10の間の点数をつけることで行う。

10の値はPSFが取り得る最も悪い状態を表し、0の値は最も良い状態を表す。

(4) PSFの重み付け

まず最も重要と考えられるPSFを1つ指定し、これを100という重みを与える。これは次のような手順で判断される。

- ・まず評価対象となっているタスクを考慮し、全てのPSFが考え得るかぎり悪い状態にある状況を考える。
- ・次にPSFを改善したときにタスクの成功確率を上げるのに最も重大な影響を及ぼすPSFを選択する。

次にこれ以外のPSFに対して0から100の間の相対的な重みを与える。

(5) FLIの値の算出

FLIはPSFの重みと等級の積の線形加法関数であると仮定され算出される。

(6) FLIから確率値への変換

FLIと失敗確率とは以下の関係にあると仮定される。

$$\ln(\text{失敗確率}) = a \cdot \text{FLI} + b$$

失敗確率が既知である2つのタスクがあれば、 a と b が算出され、FLIが求まっている他のタスクの失敗確率が算出される。

3.6 プリント出力

仮想的な問題を設定してSHERIを利用した評価例を紹介して、そのプリント出力や作図の一部を示す。

(1) 問題設定

プラントの給水制御系が異常を起こし圧力容器の水位低下が始まった場合、運転員は適切な対応操作により水位の維持を図ることによって、プラントの自動停止を回避することができる。この際に要求される診断および操作手順について、人間信頼性評価を実施する。

(2) 給水制御系異常（水位低下）対応操作手順

プラント異常時運転マニュアルがあり、異常の状況やマニュアルの内容は以下のようであるものとする。

・異常発生時の状況

プラントの定格運転時にある系統の給水制御系に異常が発生し圧力容器水位が低下し始めた。

・対応操作の基本条件

マニュアルに従って主機運転員が操作する。

・運転員の作業負担

状況の診断に10分、診断後の操作に10分を必要とする。これらの時間内に適切な操作が終了しなければ、プラントは自動停止するものとする。

・操作ステップ

(1) 原子炉水位低下の確認・診断

許容診断時間10分。

圧力容器水位がL2に低下時にアラームが1個鳴る。

圧力容器水位がL1に低下時にプラントは自動停止する。

給水制御系が故障した系統（複数の系統が存在する）の確認を行う必要がある。

以下、制御系が故障した系統について

(2) 給水調整弁ロック確認

制御系が故障すると自動的に給水制御弁は現状の開度にロックするので、ロックしたことを確認する。

(3) Manual/Auto切替器を手動に切換え

ロックした給水制御弁を手動に切り替える。

(4) 水位維持操作

給水制御弁の調整により、圧力容器水位の維持に努める。

(5) 循環ポンプ流量の減少による出力降下操作

循環ポンプの流量調節により、プラントの出力を適切なレベルまで降下させる。
出力レベルをモニターする。

(6) 運転継続

(3) 解析条件

以下のように条件を設定する。

- ・手順書（ショートリスト）が用いられる。
- ・運転員の経験レベルは熟練とする。
- ・特に重大な事故に至るわけではないので、ストレスレベルは適度とする。
- ・タギングレベルは2とする。
- ・他の運転員による回復行為は考慮しない（初期的な評価のため）。

以下のタスクを評価の対象とする。

A 原子炉水位低下の確認・診断

原子炉水位がL2に低下時にアラームが1個鳴るので、事象の診断を行い、給水制御系の壊れた系統の確認を行う。

許容診断時間は10分とする。

以下、制御系の壊れた系統について

B ロックした給水制御弁を手動に切り替える。

C 給水制御弁の調整により、水位の維持に努める。

D 水位をモニターする。

E 循環ポンプの操作により，出力を降下させる。

F 出力レベルをモニターする。

(4) 出力例（一部）

- タスク解析テーブル
- ワークシート
- ポテンシャルエラーのリスト
- 人的過誤率
- 人的過誤率の引用に関する記述
- HRA-ET（簡略タイプ）
- 点推定値
- ポテンシャルエラー情報
- 重要度分析

タスク解析テーブル

ステップ	機器名	行 動	表 示 器	直列/ 並列性	従属性	備 考
A		診断				診断エラーまたは応答エラー
B	SWT 1	SET		S		ロックした給水制御弁を手動に切り替える
C	ADV 2	MANIPULATE		S	ZD	給水制御弁の調整により、水位の維持に努める
D	MET 3	MONITOR	ANALOG METER	S	ZD	水位をモニターする
E	MDP 4	MANIPULATE		S	ZD	循環ポンプの操作により、出力を降下させる
F	MET 5	MONITOR	ANALOG METER	S	ZD	出力をモニターする

ワークシート

=====

- 1. 解析番号 ; サンプル
- 2. 問題番号 ; 1
- 3. 解析者名 ; 高橋
- 4. パフォーマンス・シェイピング・ファクター ;

指示様式	経験	ストレス	タギング
			1.
手順書	<= 6ヶ月	低い	* 2.
* <=10項目	* > 6ヶ月	* 適度	3.
>10 項目		高い	
口頭での指示を書取る		極めて高い	
<=5 項目			
6-10項目			
>10 項目			
口頭での指示のみ			
緊急時のために手順書を使用しない			

- 5. タスクカテゴリー ; 事象の診断および診断後の行動

=====

ポテンシャルエラーのリスト

ステップ番号 ; A	ポテンシャルエラー
機器名 ;	エラー番号 ; A-1
行動 ; 診断	エラータイプ ; オMISSION・エラー
	タスクの開始に失敗する (診断エラー)
ステップ番号 ; B	ポテンシャルエラー
機器名 ; SWT 1	エラー番号 ; B-1
行動 ; SET	エラータイプ ; オMISSION・エラー
	チェックオフ欄なしの手順書を使用した場合に、手順書中の実施項目を省いてしまう
	エラー番号 ; B-2
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	間違ったスイッチを選択する
	エラー番号 ; B-3
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	スイッチを間違った方向に操作する
ステップ番号 ; C	ポテンシャルエラー
機器名 ; AOV 2	エラー番号 ; C-1
行動 ; MANIPULATE	エラータイプ ; オMISSION・エラー
	チェックオフ欄なしの手順書を使用した場合に、手順書中の実施項目を省いてしまう
	エラー番号 ; C-2
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	間違ったスイッチを選択する
	エラー番号 ; C-3
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	スイッチを間違った方向に操作する
	エラー番号 ; C-4
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	スイッチを間違った位置にセットする
	エラー番号 ; C-5
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	機器の状態を完全に変更しきらない
ステップ番号 ; D	ポテンシャルエラー
機器名 ; MET 3	エラー番号 ; D-1
行動 ; MONITOR	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	ディスプレイの選択にエラーを犯す
	エラー番号 ; D-2
	エラータイプ ; コMISSION・エラー
	ディスプレイからの定量的な情報の読み取りにエラーを犯す

人的過誤率

エラー番号	表番号 & 項目番号	NHEP	& BF	ストレス / 経験因子	タギングレベル因子	回復要素	BHEP	CHBP	不確定性幅 (下限 - 上限)
A-1	20. 3 10	.10E-01	10				.10E-01	.10E-01	(.10E-02 - .10)
B-1	20. 7 3	.30E-02	3	1		.20E+00	.60E-03	.60E-03	(.20E-03 .18E-02)
B-2	20.12 3	.10E-02	3	1		.20E+00	.20E-03	.20E-03	(.67E-04 .60E-03)
B-3	20.12 8	.10E-03	10	1		.20E+00	.20E-04	.20E-04	(.20E-05 .20E-03)
C-1	20. 7 3	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)
C-2	20.12 3	.10E-02	3	1			.10E-02	.10E-02	(.33E-03 .30E-02)
C-3	20.12 5	.50E-03	10	1			.50E-03	.50E-03	(.50E-04 .50E-02)
C-4	20.12 11	.10E-02	10	1			.10E-02	.10E-02	(.10E-03 .10E-01)
C-5	20.12 12	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)
D-1	20. 9 3	.10E-02	3	1			.10E-02	.10E-02	(.33E-03 .30E-02)
D-2	20.10 1	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)
E-1	20. 7 3	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)
E-2	20.12 4	.50E-03	10	1			.50E-03	.50E-03	(.50E-04 .50E-02)
E-3	20.12 5	.50E-03	10	1			.50E-03	.50E-03	(.50E-04 .50E-02)
E-4	20.12 11	.10E-02	10	1			.10E-02	.10E-02	(.10E-03 .10E-01)
E-5	20.12 12	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)
F-1	20. 9 2	.50E-03	10	1			.50E-03	.50E-03	(.50E-04 .50E-02)
F-2	20.10 1	.30E-02	3	1			.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)

*** 人的過誤率の引用に関する記述 ***

エラー番号	表番号 & 項目番号	NHEP & EF	ストレス / 経験因子	タギング / レベル因子	回復要素	BHEP	CHEP	不確定性幅 (下限 - 上限)
A-1	20. 3 10 タスクの開始に失敗する (診断エラー) EXPL-1; 診断モデル EXPL-2; 許容診断時間 = 10.0 (分) EXPL-3; 訓練のレベル = 2 EXPL-4; EXPL-5; EXPL-6;	10E-01 10				.10E-01	.10E-01	(.10E-02 - .10)
B-1	20. 7 3 チェックオフ欄なしの順序ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-1; 手順ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-2; チェックオフ欄なしの順序ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-3; 手順ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-4; ストレスレベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-5; ノミナル値の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-6; 中程度の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する	.30E-02 3	1	1	.20E+00	.60E-03	.60E-03	(.20E-03 .18E-02)
B-2	20. 12 3 間違っったスイッチを制御する際、方向スイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-1; 手動制御スイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-2; パネル上のスイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-3; 制御スイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-4; ストレスレベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-5; ノミナル値の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-6; 中程度の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する	.10E-02 3	1	1	.20E+00	.20E-03	.20E-03	(.67E-04 .60E-03)
B-3	20. 12 8 スイッチを間違っった方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-1; 手動制御スイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-2; 二方向スイッチを間違った方向に操作すると、方向スイッチの動作に影響が EXPL-3; ステレオタイプレベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-4; ストレスレベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-5; ノミナル値の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-6; 中程度の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する	.10E-03 10	1	1	.20E+00	.20E-04	.20E-04	(.20E-05 .20E-03)
C-1	20. 7 3 チェックオフ欄なしの順序ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-1; 手順ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-2; チェックオフ欄なしの順序ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-3; 手順ブックは10レベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-4; ストレスレベルの回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-5; ノミナル値の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する EXPL-6; 中程度の回復可能な使用項目を使用 (タギング) する	.30E-02 3	1	1	.30E-02	.30E-02	.30E-02	(.10E-02 .90E-02)

解析番号 (s) ; サンプル
 問題番号 ; 1

A - 1 + F (1.000E-02)
 EOM A10E-01

B - O + F (5.940E-04)
60E-03

B - C + F (2.177E-04)
22E-03

C - O + F (2.968E-03)
30E-02

C - C + F (5.415E-03)
55E-02

D - C + F (3.920E-03)
40E-02

E - O + F (2.931E-03)
30E-02

E - C + F (4.863E-03)
50E-02

F - C + F (3.390E-03)
35E-02

S

点推定値(中央値)

ノミナル値	;	失敗の確率	=	3.430E-02
		成功の確率	=	9.657E-01
最良値	;	失敗の確率	=	8.304E-03
		成功の確率	=	9.917E-01
最悪値	;	失敗の確率	=	1.881E-01
		成功の確率	=	8.119E-01

*****ポテンシャルエラー情報*****

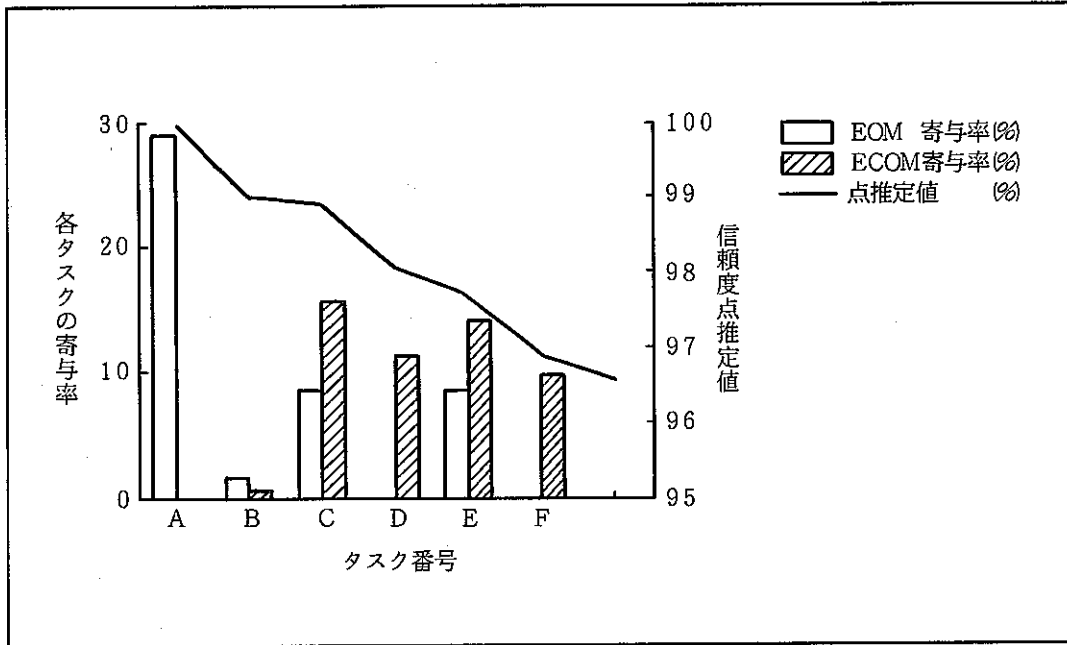
- A-1 : タスクの開始に失敗する
- B-O : オMISSIONエラー タスクB
- B-C : コMISSIONエラー タスクB
- C-O : オMISSIONエラー タスクC
- C-C : コMISSIONエラー タスクC
- E-O : オMISSIONエラー タスクE
- F-C : コMISSIONエラー タスクF

*****重要度分析 (s)*****
 (Sorted by Fussell-Vesely measure)

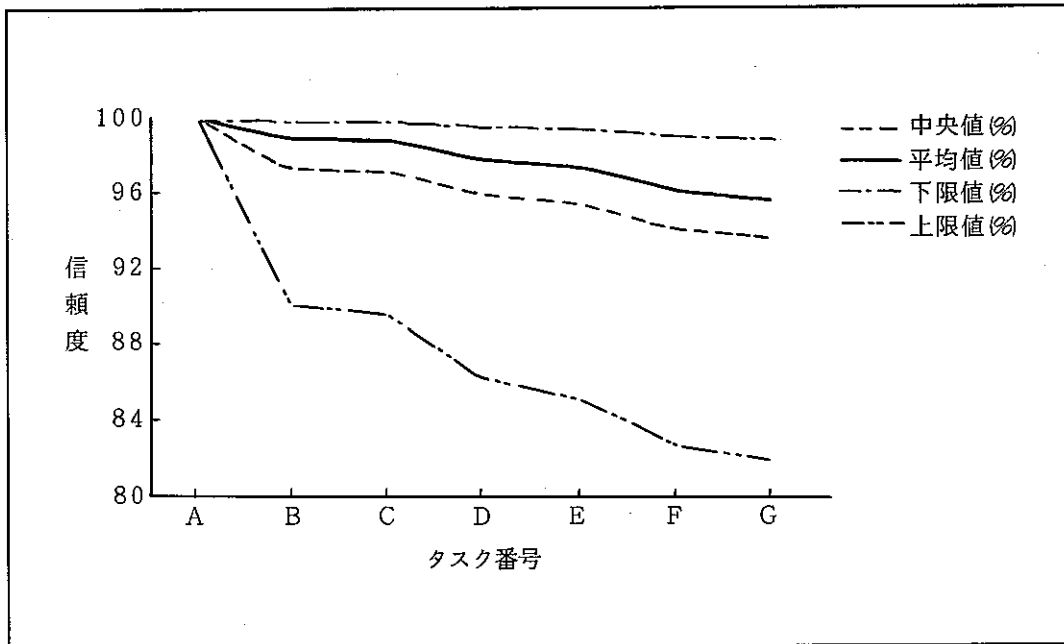
PE-NO.	F/V	B/B	R/A	R/R
A - 1	2.844E-01	9.755E-01	2.916E+01	1.397E+00
C - C	1.554E-01	9.710E-01	2.916E+01	1.184E+00
E - C	1.413E-01	9.705E-01	2.916E+01	1.165E+00
D - C	1.130E-01	9.696E-01	2.916E+01	1.127E+00
F - C	9.885E-02	9.691E-01	2.916E+01	1.110E+00
C - O	8.472E-02	9.686E-01	2.916E+01	1.093E+00
E - O	8.472E-02	9.686E-01	2.916E+01	1.093E+00
B - O	1.690E-02	9.663E-01	2.916E+01	1.017E+00
B - C	6.195E-03	9.659E-01	2.916E+01	1.006E+00

(5) 作図例

a) 各タスクのオMISSIONエラーとコミSSIONエラー別の表示も含めた信頼度曲線



b) 不確定性幅の表示も含めた信頼度曲線



4. 結 言

高速増殖炉プラントの確率論的安全評価のための手法整備の一環として、人的信頼度評価支援を目的とした評価プログラム“SHERI”を開発した。

SHERIに基本知識として採用したTHERP手法は、使用実績も多く著名であるが、本報告書に紹介したように各種PSP、従属性、回復要素などの正しい適用、基本エラー確率データ選択、及び状況に応じた計算式の使い分け等、大変に複雑な手順から成る膨大な内容が盛り込まれているため、THERPの専門家以外にとって正しい評価を行う事は困難であった。

SHERIプログラムの開発によって、種々のPSP条件やタスク間従属性等を考慮したヒューマンエラー確率、及び感度解析などの多岐に亘る解析が、迅速に効率的に実施する事が可能であり、解析者のヒューマンエラーも極力排除できると考えられ、統合化された評価が可能である。さらに、評価を支援するHelp機能の充実によって、人的信頼度評価の専門家以外でも計算機上での会話形式で容易に評価が実施できると考えられる。

SHERIは、原子力プラントのPSAにおける利用の他に、人間が関わって運転・管理を行っている各分野のプラントにおけるマンマシンインターフェイスの設計、運転/保守要領書の改善、及び運転管理等における適用も期待される。

今後は、ヒューマンエラーデータの充実・整備が望まれるところである。

参 考 文 献

- (1) A. D. Swain, H. E. Guttmann, "Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application, Final Report", NUREG/CR-1278, August 1983
- (2) G. E. Hannaman et al., "A Model for Assessing Human Cognitive Reliability in PRA Studies", IEEE Forth Conference on Human Factors and Power Plant", 1985
- (3) D. E. Embrey et al., "SLIM-MAUD : An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgement", NUREG/CR-3518, 1984

付録 人的過誤率データ表

表1 診断エラーに関するスクリーニング・モデル
(THERP Table 20-1より)

T (T ₀ 後の 時間；分)		単一又は最初 の事象の診断 に対するJHEP	EF	T (T ₀ 後の 時間；分)		2番目の事象 の診断に対す るJHEP	EF
(1)	1	1.0	--	(7)	1	1.0	--
(2)	10	0.5	5	(8)	10	1.0	--
(3)	20	0.1	10	(9)	20	0.5	5
(4)	30	0.01	10	(10)	30	0.1	10
				(11)	40	0.01	10
(5)	60	0.001	10				
				(12)	70	0.001	10
(6)	1500 (1day)	0.0001	30				
				(13)	1510	0.0001	30

注) このモデルは一人の人間に対するものよりむしろ制御室のクルーに対するものである

表2 異常事象の診断後の規則ベースの行動に関するスクリーニング・モデル
(THERP Table 20-2より)

ポテンシャルエラー		HEP	EF
(1)	手順書が利用可能でかつ使用された場合に、ルールベースの行動の遂行を失敗する。回復要素はない	0.05	10
(2)	手順書が利用可能でかつ使用された場合に、ルールベースの行動の遂行を失敗する。回復要素はあり	0.025	10
(3)	手順書が利用可能でないか使用されない場合に、ルールベースの行動の遂行を失敗する	1.0	--

注) このモデルは一人の人間に対するものよりむしろ制御室のクルーに対するものである

表3 診断エラーに関する推奨値
(THERP Table 20-3より)

T (T ₀ 後の 時間;分)	単一又は最初 の事象の診断 に対するJHEP	BF			
(1) 1	1.0	--			
(2) 10	0.1	10			
(3) 20	0.01	10			
(4) 30	0.001	10			
(5) 60	0.0001	30			
(6) 1500 (1day)	0.00001	30			

T (T ₀ 後の 時間;分)	単一又は最初 の事象の診断 に対するJHEP	BF	T (T ₀ 後の 時間;分)	2番目の事象 の診断に対す るJHEP	BF
(7) 1	1.0	--	(4) 1	1.0	--
(8) 10	1.0	--	(5) 10	1.0	--
(9) 20	0.1	10	(6) 20	1.0	--
(10) 30	0.01	10	(7) 30	0.1	10
(11) 40	0.001	10	(8) 40	0.01	10
(12) 70	0.0001	30	(9) 50	0.001	10
(13) 1510	0.00001	30	(20) 80	0.0001	30
			(21) 1520	0.00001	30

注) このモデルは一人の人間に対するものよりむしろ制御室のクルーに対するものである

表4 手順書作成時のミス
(THERP Table 20-5より)

ポテンシャル・エラー	HBP	BF
(1) 項目が省かれている	0.003	5
(2) 口頭での指示を書き取ったノートの中の 1項目を省く	無視可能	
(3) 項目が間違っていて書かれている	0.003	5
(4) 口頭での指示を間違っていて書き取る (指示が5項目以内)	無視可能	
(5) 口頭での指示を間違っていて書き取る (5項目を超える指示)	0.001	5

注) ・回復要素を含んでいない
 ・回復を考慮した場合にはHBPの値は大きく減少する
 ・(1)と(3)の対象としては公式の手順書, 非公式の手順書, タグを含む
 ・口頭での指示は5項目以内とする。これ以上の項目を書き取る場合は, 項目毎にHBP=0.001 (BF=5) を適用する

表5 不適切な業務管理に関連した人的過誤率
(THERP Table 20-6より)

タ ス ク	HEP	BF
(1) 定期試験や保守等、週に一度やそれ以上の間隔で行われる計画的なタスクの遂行	0.01	5
(2) 直毎の点検や巡視の遂行	0.001	3
(3) 通常運転時に手順書を使用する	0.01	3
(4) 異常事象時に手順書を使用する	0.005	10
(5) 弁の変更または復旧リストを使用する	0.01	3
(6) 試験や較正作業に手順書を使用する	0.05	5
(7) 保守作業に手順書を使用する	0.3	5
(8) チェックオフ欄を正しく使用する	0.5	5

表6 手順書の使用を定められているときに、手順書中の一項目を省いてしまう過誤率

(THERP Table 20-7より)

項目のオMISSION	HEP	BF
チェックオフ欄のある手順書が正しく使用された場合		
(1) ショートリストの手順書 (10項目以下)	0.001	3
(2) ロングリストの手順書 (10項目を超える)	0.003	3
チェックオフ欄のない手順書を使用する場合、または チェックオフ欄を正しく使用しなかった場合		
(3) ショートリストの手順書 (10項目以下)	0.003	3
(4) ロングリストの手順書 (10項目を超える)	0.01	3
(5) 手順書が利用可能であり使用義務があるのに、使 用しなかった場合	0.05	5

注) ・各項目間の従属性はZDとしてある。ゼロでない場合を仮定するのであれば、変更する必要がある

表7 口頭での指示内容の記憶ミス
(THERP Table 20-8より)

記憶すべき項目数に依存したHEP							
口頭での 指示項目数	項目Nを 思い出す 順番は重要でない (a)	項目Nを 思い出す 順番は重要でない (a)		全ての項目を 思い出す 順番は重要でない (b)		全ての項目を 思い出す 順番は重要 (c)	
		HEP	EF	HEP	EF	HEP	EF
		指示内容が詳細である場合					
(1)	1	0.001	3	0.001	3	0.001	3
(2)	2	0.003	3	0.004	3	0.006	3
(3)	3	0.01	3	0.02	3	0.03	3
(4)	4	0.03	5	0.04	5	0.1	5
(5)	5	0.1	5	0.2	5	0.4	5
指示内容が一般的である場合							
(6)	1	0.001	3	0.001	3	0.001	3
(7)	2	0.006	3	0.007	3	0.01	3
(8)	3	0.02	5	0.03	5	0.06	5
(9)	4	0.06	5	0.09	5	0.2	5
(10)	5	0.2	5	0.3	5	0.7	5

注) ・口頭での指示項目が5項目を超える場合には、書き取られるものとする

表8 警報無しディスプレイの選択エラー
(THERP Table 20-9より)

間違ったディスプレイの選択		HEP	EF
(1)	近くに類似したディスプレイがない場合	無視可能	
(2)	ミミックラインが描かれたパネル上の、類似したディスプレイの中から選択する場合	0.0005	10
(3)	パネル上で分かりやすく分類された、複数のディスプレイの中から選択する場合	0.001	3
(4)	ラベルのみによって区別された、類似したディスプレイの中から選択する場合	0.003	3

表9 警報無しのディスプレイから定量的な情報を読み取ったり
記録する際のコミッションエラー
(THERP Table 20-10より)

ディスプレイの種類またはタスク	HBP	EF
(1) アナログメータ	0.003	3
(2) デジタルメータ	0.001	3
(3) チャート紙記録計	0.006	3
(4) 多くのパラメータを持つプリンター	0.05	5
(5) グラフ	0.01	3
(6) 数値を示すインディケータランプからの値	0.001	3
(7) 読み取り中の計器が故障中であることに気付く (計器に故障の表示器がない場合)	0.1	5
(8) 3文字以下の文字や数字の記録	無視可能	
(9) 4文字以上の文字や数字の記録 (1文字当り)	0.001	3
(10) 簡単な数値計算の実施	0.01	3
(11) 計算結果が正常値の範囲を越えていることに気付く	0.05	5

表10 ディスプレイのチェックミス
(THERP Table 20-11より)

ディスプレイの種類またはタスク	HBP	EF
(1) デジタル表示器	0.001	3
(2) 容易に判断できるリミットマークのついたアナログメータ	0.001	3
(3) 見にくいリミットマークのついたアナログメータ	0.002	3
(4) リミックマークなしのアナログメータ	0.003	3
(5) リミットマーク付きのアナログ式チャート紙記録計	0.002	3
(6) リミットマークなしのアナログ式チャート紙記録計	0.006	3
(7) 状態表示灯の状態変化の確認	無視可能	
(8) 表示ランプの意味の取り違い	無視可能	

表11 マニュアル・コントロールに関するコミッションエラー
(THERP Table 20-12より)

ポテンシャル・エラー	HEP	BF
(1) 制御スイッチの不注意による操作 パネル上の類似したスイッチの中から間違っ て選択する		
(2) スイッチはラベルのみによって識別される	0.003	3
(3) スイッチは分かり易く分類されている	0.001	3
(4) スイッチはミミックレイアウト中に配置されている	0.0005	10
(4') 近くに類似したスイッチはない	無視可能	
回転式のスイッチを間違っ た方向に操作する		
(5) 回転方向が常識的な場合	0.0005	10
(6) 回転方向が常識と逆で通常運 転時の場合	0.05	5
(7) 回転方向が常識と逆で事故 時の場合	0.5	5
2方向スイッチを間違っ た方向に操作する		
(8) 操作方向が常識的な場合	0.0001	10
(9) 操作方向が常識と逆で通常 運転時の場合	0.01	5
(10) 操作方向が常識と逆で事 故時の場合	0.1	5
スイッチの設定ミス		
(11) 回転式のスイッチを間違っ た位置に設定する	0.001	10
(12) 機器の状態を完全に 変えるためにしばらくの間 スイッチを保持する必要がある 場合に、機器の状態の変 更に失敗する	0.003	3
回路遮断器の選択ミス		
(13) 回路遮断器が密に配置さ れていてラベルのみによっ て識別される場合	0.005	3
(14) (13)の場合よりもPSFが良 い場合	0.003	3
コネクター		
(15) コネクターの接続エラー	0.003	3

表12 現場で操作する弁の選択エラー
(THERP Table 20-13より)

ポテンシャルエラー	HEP	BF
(1) はっきりとした明瞭なラベルが 付いて、大きさ、形状、状態、 タグの全てにおいて類似して いる他の弁から離れている場 合	0.001	3
(2) はっきりとした明瞭なラベルが 付いて、大きさ、形状、状態、 タグのいずれかが類似した一 個又は複数個の他の弁に隣接 している場合	0.003	3
(3) ラベルは不明瞭であるが、大 きさ、形状、状態、タグの全 てにおいて類似している他の 弁から離れている場合	0.005	3
(4) ラベルは不明瞭で、大きさ、 形状、状態、タグのいずれか が類似した一個又は複数個 の他の弁に隣接している場 合	0.008	3
(5) ラベルは不明瞭で、大きさ、 形状、状態、タグの全てにお いて類似している一個又は 複数個の他の弁に隣接して いる場合	0.01	3

表13 手動弁が途中で固着した場合、操作時にそのことに気が付かない
(THERP Table 20-14より)

ポテンシャルエラー	HEP	EF
(1) 手動弁には位置指示計のみがついている	0.001	3
(2) 手動弁には位置指示計と上下軸がついている	0.002	3
(3) 上下軸はあるが、位置指示計はついていない	0.005	3
(4) 上下軸も位置指示計もついていない	0.01	3

表14 ストレスおよび経験レベルによるHEPの値の変更
(THERP Table 20-16より)

ストレス・レベル	NHEPに対する変更因子	
	熟練者	初心者
(1) 非常に低い	x2	x2
(2) 適度		
a. 段階的作業	x1	x1
b. 動的作業	x1	x2
(3) わずかに高い		
a. 段階的作業	x2	x4
b. 動的作業	x5	x10
(4) 非常に高い		
a. 段階的作業	x5	x10
b. 動的作業	0.25 (EP=5)	0.50 (EP=5)

表15 点検者が他人の作業ミスを発見し損なうエラー
(THERP Table 20-22より)

点 検 内 容	HEP	BP
(1) 手順書を用いて行う、慣例的な点検作業	0.1	5
(2) 手順書を用いなく、慣例的な点検作業	0.2	5
(3) 日常的なものではなく、特に要求された点検	0.05	5
(4) 計測機器等を用いるような、操作を伴った点検	0.01	5
(5) 位置指示器のみがある手動弁の点検	0.1	5
(6) 上下軸のある手動弁の点検	0.5	5
(7) 位置指示器も上下軸もない手動弁の点検	0.9	5
(8) 二人一組で、一人が作業者もう一人が点検者の場合 または第二の点検者の場合	0.5	5
(9) 点検者の安全の影響を持つような機器の点検を行う 場合	0.01	
運転員が補修作業員の行った作業を点検する場合		5
(10) 手順書を用いて行う、慣例的な点検作業	0.06	5
(11) 手順書を用いない、慣例的な点検作業	0.11	5
(12) 日常的なものではなく、特に要求される点検	0.035	5
センサーの較正後に設定点の試験を行う場合		
(13) 計測機器等を用いるような、操作を伴った点検	0.02	5

- 注) ・この表中の値は通常運転時の状態において、一人の人間が他の人間の行った、または行っている作業を点検する場合のものである。
- ・手動弁の位置指示器とは、完全な開／閉に対する位置関係が明確にわかるような目盛りがある場合も含む。上下軸に目盛りがついていれば、これは位置指示器として扱う。
 - ・(10), (11), (12), (13)の値は、オMISSIONエラー (Table 20-6(1)) の値も含めたものであり、SHERIで引用している。

表16 複数の警報器が短時間内に警報をした場合の各警報器に
 対する認知エラー；警報器への応答モデル
 (THERP Table 20-23より)

警報器 の数	各警報器に対する認知エラーの確率Pr[Fi]										Pr[Fi]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	
(1) 1	.0001	-----										.0001
(2) 2	.0001	.001	-----									.0006
(3) 3	.0001	.001	.002	-----								.001
(4) 4	.0001	.001	.002	.004	-----							.002
(5) 5	.0001	.001	.002	.004	.008	-----						.003
(6) 6	.0001	.001	.002	.004	.008	.016	-----					.005
(7) 7	.0001	.001	.002	.004	.008	.016	.032	-----				.009
(8) 8	.0001	.001	.002	.004	.008	.016	.032	.064	-----			.02
(9) 9	.0001	.001	.002	.004	.008	.016	.032	.064	.13	-----		.03
(10) 10	.0001	.001	.002	.004	.008	.016	.032	.064	.13	.25	-----	.05
(11) 11-15												.10
(12) 16-20												.15
(13) 21-40	10を超える各警報器に対してはPr[Fi]=0.25とする											.20
(14) >40												.25

注) ・警報の数とは異なった内容の警報に対するものであり、同じ内容の警報が複数あってもこの場合には警報は一つと数える。
 ・ここでの人的過誤率は必要な行動の開始に失敗するものである。ストレスの影響をすでに含んだ値となっているのであらためて考慮する必要はない。
 ・BFは10を適用する。
 ・短時間内に複数の警報が発生するとは、数秒以内または運転員が一群の警報と受け取るような時間内のこと。
 ・Pr[Fi]は各行のPr[Fi]の平均値であり、ランダムに選択した警報器に回答して行動を開始することに失敗する確率である。

表17 警報表示灯に対する応答エラー
 (THERP Table 20-24より)

タ ス ク	HEP	BF
(1) 一つ以上の表示灯による警報に回答する	表4-2参照	
(2) 他の作業に妨害されてから、1分以内に表示灯による警報に対して再び注目する(妨害前にブザーとフリッカーはキャンセルされる)	0.001	3
(3) 他の作業に妨害されてから1分以上経過後に、表示灯による警報に対して回答する(妨害前にブザーとフリッカーはキャンセルされる)	0.95	5
(4) 初期の点検時に、常時点灯している表示灯に対して回答する	0.90	5
(5) その後の点検時に、常時点灯している表示灯に対して回答する	0.95	5

注) ・手順書は用いられない
 ・“回答する”とは、その行動が正しくとも正しくなくとも、表示器に回答して何等かの行動を開始すること。これには警報や点滅を停止することを含まない。警報音や点滅の停止は常に行われるものと仮定される。

表18 1時間に1度の点検で1つの無警報のディスプレイ上の異常の発見に失敗する確率

(THERP Table 20-25より)

ディスプレイの タイプ	点 検 回 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
(1) リミットマークのある アナログメータ	0.05	0.31	0.50	0.64	0.74	0.81	0.86	0.90
(2) リミットマークのない アナログメータ	0.15	0.47	0.67	0.80	0.87	0.92	0.95	0.97
(3) リミットマークのある アナログタイプの チャート記録紙	0.10	0.40	0.61	0.74	0.83	0.89	0.92	0.95
(4) リミットマークのない アナログタイプの チャート記録紙	0.30	0.58	0.75	0.85	0.91	0.94	0.97	0.98
(5) ブザーやフリッカーを 停止された警報灯	0.9	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
(6) 警報灯以外の表示灯	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
(7) 表示ランプ	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

注) ・ “1つのディスプレイ” とは、1つの又は完全な従属関係を持った一群のディスプレイのこと
 ・ 手順書は使用されない
 ・ (6), (7)の表示灯やランプは普通、せいぜい直当り1回しか走査されない。
 従って点検回数は実際には意味を持たない

表19 定期的な走査において、無警報の5つまでのディスプレイ中の複数の異常値をひとつも発見できない確率 (単一のディスプレイの異常を発見できない確率の関数として表示)

(THERP Table 20-26より)

	異常値の数				
	1	2	3	4	5
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(1)	0.99	0.985	0.98	0.975	0.97
(2)	0.95	0.93	0.90	0.88	0.86
(3)	0.90	0.85	0.81	0.77	0.73
(4)	0.80	0.72	0.65	0.58	0.52
(5)	0.70	0.59	0.51	0.43	0.37
(6)	0.60	0.48	0.39	0.31	0.25
(7)	0.50	0.37	0.28	0.21	0.16
(8)	0.40	0.28	0.20	0.14	0.10
(9)	0.30	0.19	0.13	0.08	0.05
(10)	0.20	0.12	0.07	0.04	0.03
(11)	0.10	0.05	0.03	0.02	0.01
(12)	0.05	0.03	0.01	0.007	0.004
(13)	0.01	0.005	0.003	0.001	0.001

注) ・ 手順書は使用されない

表20 同じ人間による巡視点検に於て、同じ異常を発見する
 / 発見出来ない確率
 (THERP Table 19-2より)

	点検日 (日)	Pr[S]	L_b	Pr[F]	EP
		(a)	(b)	(c)	
(1)	1	0.1	--	0.9	5
(2)	2	0.05	0.05	0.95	5
(3)	3	0.025	0.075	0.975	5
(4)	4	0.01	0.09	0.99	5
(5)	5-30	0.001	0.099	0.999	5
(6)	>30	0	--	1.0	--

注) ・ L_b は最初の巡視点検から他の巡視点検への検出効率のロスであり、 $Pr[S_{Day1}] - Pr[S_{Dayn}]$ で計算される。
 ・ Pr[F]はその日以前の全ての日に失敗しているという条件の元で、その日の点検時に失敗する確率。
 ・ 異常状態が30日以上発見されなければ、その後も発見されないものと仮定する。

表21 巡視点検に於て30日以内に異常状態を発見する確率
 (THERP Table 19-3より)

巡視点検の周期 (日) (点検者当り)		Pr[S<30days]	
		One Shift (a)	Three Shift (b)
(1)	1	0.20	0.48
(2)	2	0.37	0.75
(3)	3	0.63	0.95
(4)	4	0.86	0.997
(5)	5	0.94	0.9998
(6)	6	0.96	0.9999
(7)	7	0.96	0.9999

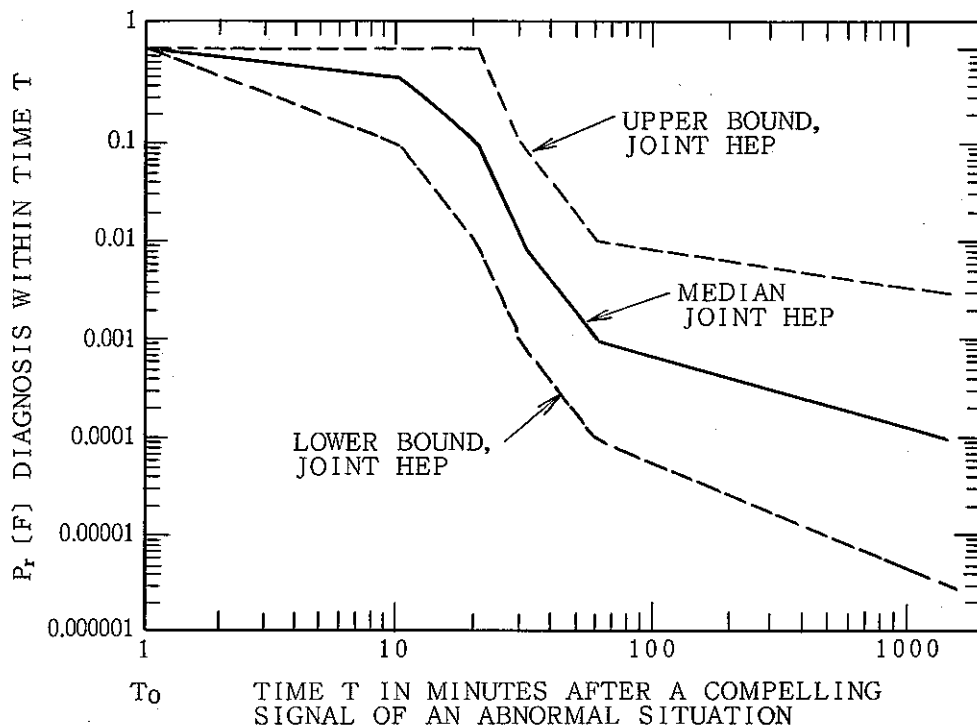
注) ・ 一人の点検者が点検を行う周期は一定と仮定する。
 ・ 記載内容は表4-6から求めたものである。

表22 制御室外での巡視点検で30日以内に機器の異常を発見
できない確率

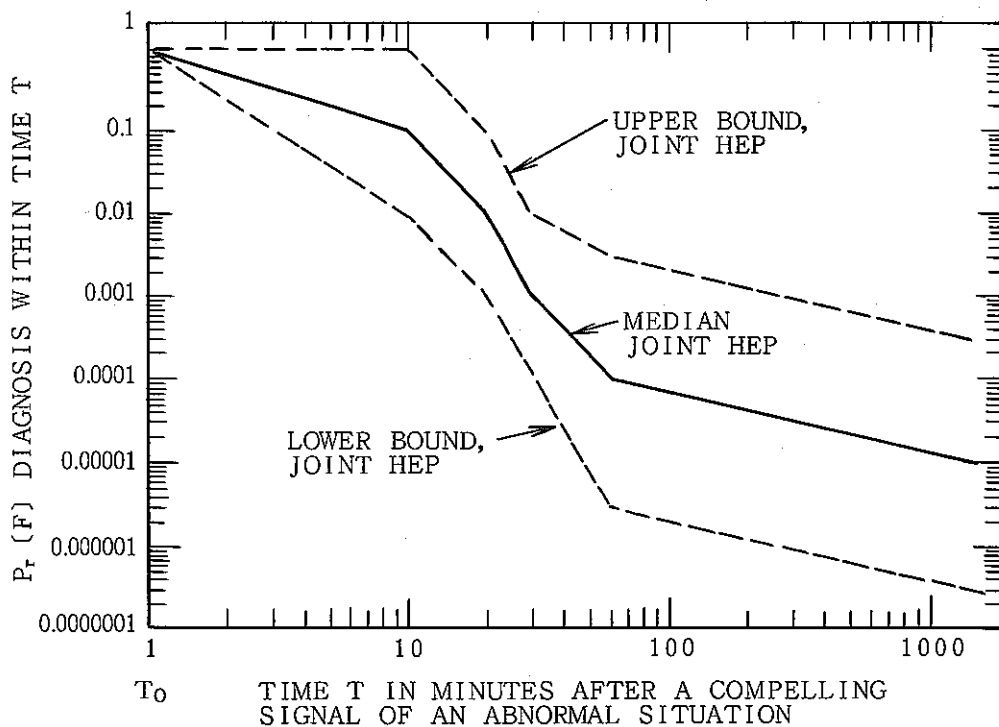
(THERP Table 20-27より)

	巡視点検の周期 (日) (点検者当り)	Pr [$P_{<30days}$]	EF
(1)	1	0.52	10
(2)	2	0.25	10
(3)	3	0.05	10
(4)	4	0.003	10
(5)	5	0.0002	10
(6)	6	0.0001	10
(7)	7	0.0001	10

- 注) ・直当り1度の巡視点検を仮定
 ・1日に3直を仮定
 ・一人の点検者が点検を行う周期は一定と仮定する
 ・手順書は使用しない



(1) スクリーニングモデル



(2) ノミナルモデル

図1 時間-信頼性曲線