

Lecture

「安全率を考える」第5回

Returning to the fundamentals of safety factor No.5

5. 大規模システムと安全率

Large scale complicate system and its safety factors

キーワード：大規模システム，確率的安全評価，組織要因，ヒューマンファクター

Key words : large scale system, probabilistic safety assessment, organizational factor, human factor

高野研一Ken-ichi TAKANO / 慶応義塾大学Keio University

5.1 はじめに

近年発生した大規模プラントおよび大規模システムの事故を俯瞰すると、システムそれ自身が持つ安全裕度に問題のあった事例もあるが、それを取り巻く社会環境、組織（運用）環境、人的過誤が間接的に関わった事例が圧倒的に多い。原子力業界で最大の事故であるチェルノブイリ原子力発電所事故は、当時のソビエト連邦の社会的疲弊、組織風土が引き起こしたことが広く認識され、国際原子力機関はその報告書の中で組織における安全文化の重要性を説いている¹⁾。このように、設備システム（ハード）の健全性を維持するためには、運用主体である組織および従業員の健全性が確保されて始めて可能となることから、設備システムと運用システムの双方を合わせて全体をシステムとして捉え、その安全性を考える必要がある。

図-1には原子力発電所等での過去の大事故をその発生時刻に着目して整理したものである。この一例でも分かるとおり、事故の発生時刻が夜半の作業者の覚醒水準がもっとも下がる時期（眠気の強い時期）と一致するなど運用する人・組織の問題が大きく関与していることを示唆する証拠は多い²⁾。

また、表-1に、組織の運用環境や人的過誤が関与したと思われる事故について、その問題点を列挙した³⁾。インタフェースの不整合、規則違反、安全意識の低さなどが指摘されている。同じように、我が国で1999年から多発した大規模な事故についても、顕在的には人間のミ

スや違反（不安全行為）が引き金となってはいるが、この行為を引き起こした背景を探っていくと組織要因の問題に突き当たる。すなわち、経営層、管理層が進めた安全体制の緩慢な後退、工程管理・手順管理の形骸化、教育の欠如、工程優先の職場風土など組織の安全文化に係

表-1 最近の大規模システムヒューマンファクターが関与した事故の要因

西暦	おもな事件や事故	おもなヒューマンファクター上の問題点
1979	・米国、スリーマイル島 (TMI) 原子力発電所事故	・制御室の設計不良、運転員の判断ミス、メンテナンス不良
1980	・川治温泉ホテル火災	・防災管理体制の不備
1982	・赤坂ホテルニュージャパン火災	・防災管理体制の不備、防災意識の低さ
	・羽田沖日本航空機墜落事故	・乗員の健康管理体制
1983	・サハリン、大韓航空機墜落事故	・自動操縦装置（オートパイロット）の過信
1984	・インド、ボパール化学工場有毒ガス漏洩事故	・作業者の知識と技能の不足、勤務態度の怠慢
1985	・御巣鷹山日航ジャンボ機墜落事故	・メンテナンス不良、品質管理体制の不十分さ
1986	・スペースシャトル、チャレンジャー号発射事故	・設計ミス、マンマシンシステムの問題、組織内報告体制の硬直化
	・ソ連、チェルノブイリ原子力発電所事故	・安全規則違反（安全文化の欠如）
1987	・ベルギー、大型フェリー転覆事故	・車両出入口のドアの閉め忘れ
1988	・潜水艦「なだしお」、釣り船「第一富士丸」衝突事故	・海上交通ルール違反、回避判断の遅れ
1989	・アラスカ、タンカー「バルディーズ号」座礁原油流出事故	・操船者が無資格、船長が飲酒
1990		
1991	・広島新交通システム建設工事橋げた落下事故	・ジャッキの誤操作、事故防止策の怠慢、安全確保の軽視（工事区間の交通可能を優先）の風土
	・信楽高原鉄道衝突事故	・安全装置の欠陥、異常時対応の規則違反、安全投資の削減
1992	・島原鉄道衝突事故	・信号の見落とし、運転手の若年化と経験不足
1993	・大阪新交通システム暴走事故	・無人運転システムのあり方、新技術や高度技術の導入法
1994	・名古屋中華航空墜落事故	・人間と機械（自動操縦装置）との不整合
1997	・大月列車衝突事故	・ATSの取り外し（規則違反）、信号見落とし

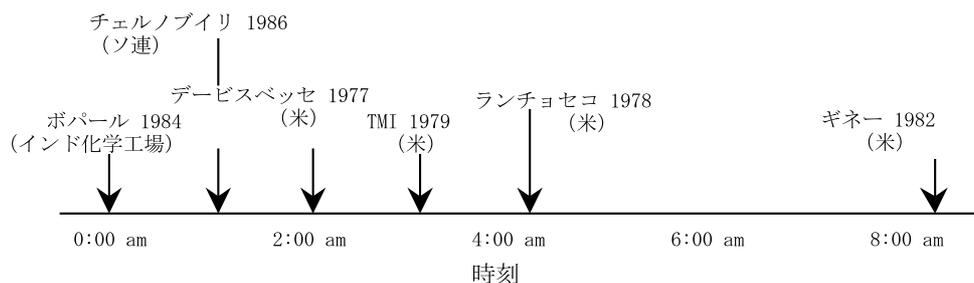


図-1 原子力等の大規模システムにおける事故の発生時刻

わる問題点があったとされている。いくつかの具体的な事故例を紹介する。

(1) スリーマイル島事故 (1979)

原子炉スクラム後の加圧器逃し弁の開固着（開いたままになること。ただし、表示ランプは閉を示していた。）に気付かず（排気管温度の読み違い）、また、加圧器の水位高の警報により、満水になることを恐れ（事実は水位が極端に低下していた。また、水位計はタグに隠れていた。）、自動的に起動した非常用高圧注入系を停止してしまった。また、炉心冷却のための一次冷却材ポンプも停止してしまったため、炉内にダメージが発生した。運転員の過誤の背景には、以前から指摘されていた加圧器逃し弁の不調が早期に是正されなかったこと、運転クルー全員が同じ精神状態（不安から恐怖）に陥ってしまったこと、同時多発した警報（クリスマスツリー状態）などインタフェースの不備など、が指摘されている。

(2) 羽田沖日航機墜落 (1982)

パイロットの精神管理の不備により、着陸直前に逆噴射により海中に墜落したものである。健康診断での精神状態のチェックが重要なことが示唆された。

(3) 大韓航空機撃墜 (1983)

フライト前の慣性航法装置への入力ミスが直接のきっかけとなったが、その後、航路の逸脱に気付かず、また、ソ連戦闘機による示威行為へまったくレスポンスしなかった。また、戦闘機側もスパイ機と民間航空の識別不十分（同形の航空機があった）なまま、撃墜してしまった。航路逸脱に気付かなかった原因として、コックピット内でのトランプ遊びに興じ、航路のチェックがおろそかになっていたとの推測も捨てきれない（過去に同様の事例があった）。

(4) スペースシャトルチャレンジャー (1986)

打ち上げ日程が決められていたことから、それによるタイトなスケジュールによる超過勤務、組織内部の異常確認報告の取扱い、設計ミスなどの要因が重なって、燃料シール用のOリング（前から問題が指摘されていた）のリークが発生した。発射当日の現地の気温がその耐寒温度以下に下がっているという事実を見逃してしまったためである。その結果、水素ガスが漏れ、発射直後の爆発に至ってしまった。

(5) 中華航空機名古屋空港墜落事故 (1994)

副操縦士が再着陸モード（ゴーイングアラウンドモード）の解除方法を知らなかったため、自動操縦装置と手動コントロールがコンフリクトを起こし、墜落に至ってしまった。パイロットの訓練と自動操縦装置の設計コンセプトが問われた。

このような過去の事故を見てくると、そこには何らかの組織要因が絡んでいることが分かる。スリーマイル島では故障修理がうやむやになっていたこと、羽田沖では従業員の精神面での健康管理、大韓航空では規則違反と

見做される悪い慣行の横行、スペースシャトルでは打ち上げ予定日に間に合わせるための過密なスケジュールと職員の超過勤務、中華航空では自動操縦装置についての訓練などであるが、これらは、単純なヒューマンエラーとは片づけられない面を含んでいる。これらを俯瞰すると、設備システムの安全率ばかりでなく、人・組織の安全率も同時に考慮することの重要性が理解できるであろう。

5.2 大規模システムにおける安全率の考え方

大事故とそうでない事故の違いは、その影響の大小のみである。影響の大小はその設備、システムが持つ潜在的な危険性の大小によって決定されるため、人・組織サイドから見れば、その発生プロセスに大きな違いはない。ただし、安全防护のためのバリアが全部崩壊してしまったケースと何枚かあるいは最後の一枚が残ったケースでは、不適切な事象の連鎖の度合いは異なる。このように、不適切な事象の連鎖は確率的なものであり、偶然が支配する領域であることから、両者に本質的な違いはない。米国原子力運転協会（INPO）では、これまでの原子力発電所の顕在事象とニアミス事象の原因要素および状況要素を比較した結果について述べ、両者に統計的に有意な違いがないことを示している⁴⁾。

しかしながら、大事故は一端発生すると甚大な被害を与える可能性があるため、特に原子力分野ではその防止に万全を期している。いわゆるラスムッセン報告に始まる一連の確率論的安全評価では、炉心溶融（炉内構造物が溶ける状態となり甚大な被害が想定される。映画「チャイナシンドローム」で想定された）に至る確率をヒューマンエラー率を考慮して計算している。これは、炉心溶融に至るケースをフォールトツリーで洗い出し、そのイベントへの人的過誤率の寄与をTHERPと呼ばれる手法で評価することにより、その発生確率を求める手法である⁵⁾。

この手法の経緯を簡単に紹介すると以下の通りである。炉心溶融確率は、原子力プラントの個々の機器の故障率などに基づき膨大な計算により炉心溶融確率を算出したラスムッセン報告⁵⁾の公表を契機としている。しかしながら、この確率論的安全評価(PRA: Probabilistic Safety Assessment)による炉心溶融確率が低すぎるのではないかとする反論がルイス報告⁶⁾によってなされた。その根拠は、異常時オペレータ過誤率が低すぎること、共通要因故障（同じ要因により複数の機器が故障すること）が考慮されていないこと、などであったが、特に、人間信頼性の評価があいまいであることが強く認識された。これにより、人間信頼性評価の再検討の機運が高まり、SNLのSwain⁷⁾が中心となって、人間信頼性の評価を重点的に実施し、NUREG/CR-1278として発表した。この報告では人間の過誤率がオペレータの精神作業負荷(Mental workload)などのPSF(人間行動形成要因: Performance Shaping Factors)に依存して変化すること、

人間信頼性の評価のベースとしてTHERP（系統的人間信頼性評価：Technique for Human Reliability Analysis）と呼ばれる手法を開発したこと、人間の指標的過誤率（PSFを考慮しないベースとなる過誤率）を膨大な実データや実験データを整理してデータベース化したことなどにより、高い評価を得ている。現在、人間信頼性を評価する手法として、De-BDA（詳細ブロック解析図：Detailed block diagram analysis）^{8,9)}、SLIM-MAUDE（成功尤度指標法：Success Likelihood Index Methodology）¹⁰⁾、SHERPA（系統的的人的過誤低減予測手法：Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach）¹¹⁾など多くの手法が用いられているが、依然としてダイナミックな運転操作中の人的過誤率および人間信頼性の算定には問題を残している。一方、最新のPSAの実施手順書としてNUREG/CR-2300¹²⁾が、また過誤率データベースとしてNUREG/CR-4010¹³⁾が用意されるに至り、実在の原子力発電所の炉心溶融確率が算定され、その値はおよそ1炉年あたり 10^{-4} ~ 10^{-6} の間に分布している¹⁴⁾（図-2参照）。我が国の安全審査では、 10^{-5} 以下を目安とするガイドラインが制定されつつあり、ここに大規模システムの安全率の考え方の基本がある。

しかしながら、最近の事故を俯瞰すると、このPSAの想定範囲では不十分なことが次第に認識されつつある。すなわち、想定した工学的安全設備は組織によって健全に運営され、人的過誤も違反や規則無視などのケースは簡単に考慮できないため、いわば性善説にのっとった運用を前提としている。1999年以降に発生した我が国の事故はこのような性善説だけでは解決できない多くの問題を抱えることとなった。作業者の単純なエラーや作業特有の要因ばかりでなく、それを取り巻く組織要因や意図的過誤を考慮して始めて確率論的安全評価が意味を持つものとの捉え方が定着してきた。このように、表面的なエラーや故障だけではなく、組織要因が関与して発生する事故を、英国のリーズンは組織事故と呼び、その発生過程を図-3のようにモデル化した。すなわち、社会情

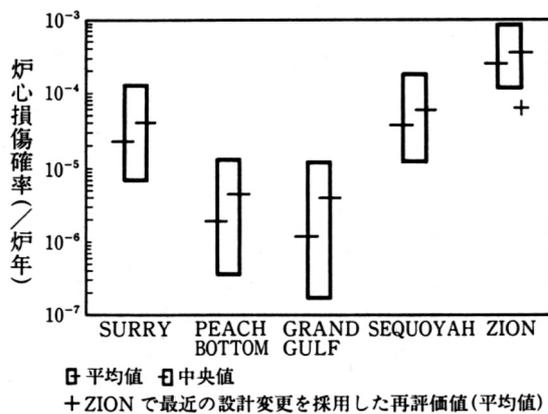


図-2 確率論的安全評価 (PSA) による米国発電所の炉心溶融確率の評価値

勢などの影響を受けやすい組織要因が、長い年月に渡り、潜在条件の抜け道を通して、幾重もの防護層が弱体化した状態を作り出し、ある不安全行動が引き金となって事故が発生するという図式である¹⁵⁾。このような傾向は様々な製造装置やプラントなどの技術システムが複雑かつ大規模化したばかりでなく、社会情勢の変化により、それらを運用する社会システムや管理システムも遅まきながら変貌を遂げつつあることと無縁ではないであろう。つまり、システムが複雑化・大規模化すれば、その信頼性・安全性を維持するために前述の深層防護(多重防護)の考え方を導入せざるを得なくなる。これらの複数の防護層に偶然あるいは意図的な欠陥が生じると、その防護層の数が多く、相互作用も複雑になりやすいため、十分な検査や監視が行き届かなくなる。また、防護層の弱体化、無力化が意図的に組織のコンセンサスが得られる形で実行されれば、ますます押し止めることは難しくなる。

5.3 人・組織を考慮した安全率の考え方の導入

組織要因が大きくクローズアップされたのは、旧ソビエト連邦で1986年に発生したチェルノブイリ事故である。この事故は、当時書記長であったゴルバチョフ大統領にグラスノスチ（情報伝達と公開）を決断させ、情報の公開と情報共有の重大さを示すとともに、組織としての意思決定や管理など組織要因の与える影響の大きさを全世界に警告した出来事であった。当時、事故の主席調査官であるバレリ・レガソフ（Valeri Legasov）は、1986年9月、ウィーンのIAEAで開催された国際会議の席上で、事故の原因は運転員のエラーと規則違反であるといきった。しかし、2年後の1988年4月、彼はアパートのバルコニーで自殺したが、「チェルノブイリ事故について、私は明確な結論を下した。それは、何年もの間、打ち続いた我が国経済政策の貧困がこの事故を引き起こしたということである。」と自らの思いをテープレコーダーに託した¹⁵⁾。

この事故の教訓を図-4のように整理すると、人と組

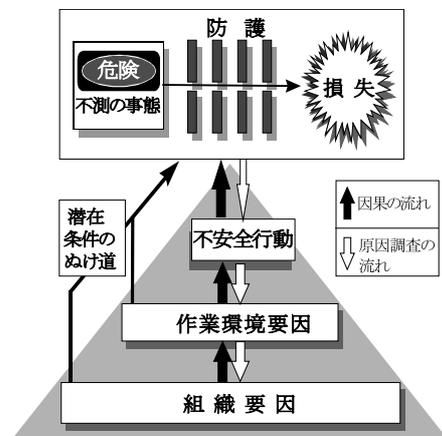


図-3 組織事故の発生過程

長年の安全性軽視や工程優先などの組織要因が「潜在条件の抜け道」を通じて徐々に無力化し、不安全行動が引き金となって防護が崩壊し、大惨事を引き起こす⁴⁾

織、人と社会、組織と社会の領域に多くの教訓が残されたと考えられる。また、前述した通り、JCO臨界事故を振り返るとき、この教訓が今日においても尚、残された課題を提起していることに気づく。IAEAは、これを解決するためのパラダイムとして安全文化の重要性を提唱し、次のように定義した¹⁾。「...安全に係わる諸問題に対して最優先で臨み、その重要性に応じた注意や気配りを払うという組織や関係者個人の態度や特性の集合体」。また、英国HSEは1993年、さらに具体的アクションに踏み込み、「組織の安全文化とは、組織の健全性・安全性プログラムへの参画、および形式と効率を決定する個人

とによって特徴づけられる。」と定義している¹⁵⁾。

ここに示した重大事故および無事故企業の共通点から分かることは、組織としての安全に対する取組み姿勢が日常管理、従業員の安全意識、さらには、行動にどの程度浸透しているかが明暗を分けるということである。また、組織事故をくい止めるには、組織としての安全に対する取組み姿勢とその浸透具合を定期的に監視し、問題が見つければ是正するシステムが必要となる。

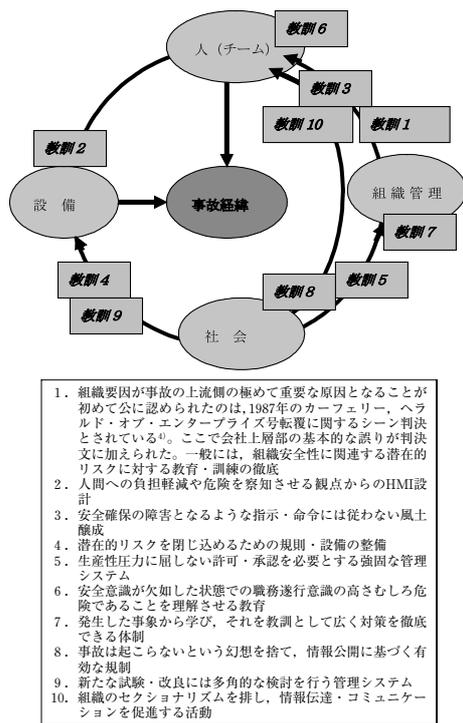
そのような組織の健全性を定期的にチェックし、是正するシステムの一例として電力中央研究所が開発した安全診断システムを紹介する。

5.4 組織の安全診断システム

この安全診断システムは図-5に示すように診断対象とする事業所の従業員(サンプリングあるいは全数調査)に診断用のアンケート(質問紙)に回答してもらい、その結果を集約・分析することにより診断結果を提供する形式である。診断は、別途、当所が実施した様々な産業界における診断結果の業界ごとのリファレンス(標準値:業界平均,標準偏差)と比較することによりなされる。現在までに、当所がこのリファレンスを有する産業界は、建設、化学、繊維、製造(自動車・機械)、食品、および電力(発電・電力輸送・配電)の各業界である。また、診断結果により、後に示す重要な安全要因から構成される安全プロフィール上の弱点が指摘される形式になるため、それを補う安全性向上の戦略および具体化した安全プログラムを提示できる。さらに、安全活動を強化した結果として、事業所全体の安全レベルが向上したか否かを知るためには、もう一度この安全診断システムにより判定することができる。以下に安全診断システムの内容と機能について説明する。

5.4.1 安全診断アンケートの内容

安全診断システムでは、従業員に回答してもらうアンケート様式が中心となる。このアンケート様式の質問項目には、その項目が全体をカバーしているか(網羅性)、それぞれの項目が個々の要因を的確に表現しているか(代表性)を確保する必要がある。ここでは、組織の構造について、谷口ら⁶⁾、および渡辺ら⁷⁾が示した安全パフォーマンスを頂点とした組織の階層構造を土台として、



1. 組織要因が事故の上流側の極めて重要な原因となることが初めて公に認められたのは、1987年のカーフェリー、ヘルルド・オブ・エンタープライズ号転覆に関するシーン判決とされている⁴⁾。ここで会社上層部の基本的な誤りが判決文に加えられた。一般には、組織安全性に関連する潜在的リスクに対する教育・訓練の徹底
2. 人間への負担軽減や危険を察知させる観点からのHMI設計
3. 安全確保の障害となるような指示・命令には従わない風土醸成
4. 潜在的リスクを閉じ込めるための規則・設備の整備
5. 生産性圧力に屈しない許可・承認を必要とする強固な管理システム
6. 安全意識が欠如した状態での職務遂行意識の高さむしろ危険であることを理解させる教育
7. 発生した事象から学び、それを教訓として広く対策を徹底できる体制
8. 事故は起こらないという幻想を捨て、情報公開に基づく有効な規制
9. 新たな試験・改良には多角的な検討を行う管理システム
10. 組織のセクショナリズムを排し、情報伝達・コミュニケーションを促進する活動

図-4 チェルノブイリ事故の4つの側面(設備・人・組織管理・社会)から見た10の教訓の位置付け

とグループの価値観、態度、能力、行動パターンから生まれるものである。ポジティブな安全文化を持つ組織は、相互信頼に基づいたコミュニケーション、安全の重要性に関する共通した認識、予防対策の有効性を確信するこ

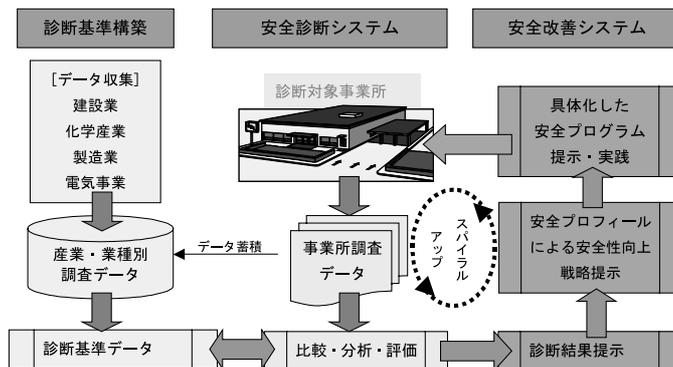


図-5 安全診断システムの全体構成と診断方式

作成したものであり、組織の健全性と安全文化の浸透度を測定するための122の質問から構成されている。

5.4.2 分析方法

(1) 業界平均との比較・有意差分析による評価

本診断システムでは、多くの産業界のリファレンスデータ（業界平均）をすでに取得していることから、新規の診断対象事業所で得られたデータはこのリファレンスデータと比較することにより評価できる。評価は、リファレンスデータとの有意差分析を行い、対象事業所のアンケート結果の各質問項目ごとに業界平均と比べた優劣を評価できる。

(2) 安全プロフィールによる評価

本システムの質問項目は、122項目であるが、これを安全上同じジャンルに入る項目20群にグループ分けした（図-6参照）。これにより診断対象とした事業所では安全上の弱点がどこにあるかを把握することができる。

(3) 総合的安全指標による評価

アンケート全体の傾向を把握し、安全を目に見えるものとするためには、事業所の安全レベルをできるだけ一つの数値で定量化することが望ましいと考え、得られた全質問項目の結果を主成分分析した。その結果、いわゆるアベレージング軸と呼ばれる安全上主要な要因が第一主成分に集中することがわかり、これを総合的安全指標と名付けた。図-7に示すように、自事業所がリファレンスとした同じ業界の各事業所群のどこに位置しているかを把握することができる。

5.4.3 安全診断アンケートの妥当性

安全診断として、アンケート調査が測るべき対象をどの程度正確に測っているかを示す指標が妥当性である。妥当性の概念には様々なものがあるが、ここでは基準関連妥当性を取り上げる。基準関連妥当性とは、外的な行動基準と呼ばれ、一般的にテスト得点（主成分得点などの合成得点を含む）と客観的に定められた基準との相関係数で表される。大学入学センター試験などで評価したいのは、入学後の成績との相関である。運転者適性試験で知りたいのは、実際の運転技術、すなわち免許取得後

の事故率などとの相関である。このように、アンケートにより、評価したい外的な基準が明確に定義されているのであれば、この値とアンケートによる得点との相関を取り、この相関係数を妥当性係数とする。実際のアンケート調査やテストで妥当性係数は0.8を上回ることはないようである（理論的には妥当性係数は0.75を越えない）。しかしながら、0.3以下では疑問が残るとされている。したがって、0.4-0.7の間であればおおむね妥当性係数とされる¹⁶⁾。

本診断システムの目的は安全診断であり、客観的に定められた基準として、ある産業界の複数の事業所における設備災害（故障、トラブル等）、労働災害（怪我、中毒等）の発生率（件/年）の3年間の平均値を取り上げた。これらの事業所の設備・労働災害発生率を調べ、アンケート調査結果から得られる代表的指標である第一因子の主成分得点（総合的安全指標）との相関を分析した結果、表-2の通り、多くの産業界で有意な相関関係が認められた。以上から本診断システムの妥当性は実際のデータにより確認されている^{17),18),19)}。

5.5 おわりに

以上の通り、設備システムおよび人・組織システムの双方を全体システムとして捕らえた場合の個々の安全性を評価する方法について述べた。設備の信頼度では、確率論的安全評価について解説し、組織の信頼度では、安全診断システムを紹介した。このように、全体システムの健全性をチェックする手法が今後の事故防止には不可欠であり、安全率についてもこの2つの側面からの評価が求められることになるであろう。また、安全率は安全のマージンとも考えられるが、組織の安全性にはこの考え方は適用しにくいのも事実である。相対的に同種企業の上位何%に入ることを目標とするなど組織の自律的な取組みの中で目標を定めることになる。すなわち、人・組織の健全性には閾値を設定することができないため、ここまでは安全であるという線引きが難しいことも影響している。また、大規模システムのハード側についても確率的事象であるため、安全率というよりも、安全目標

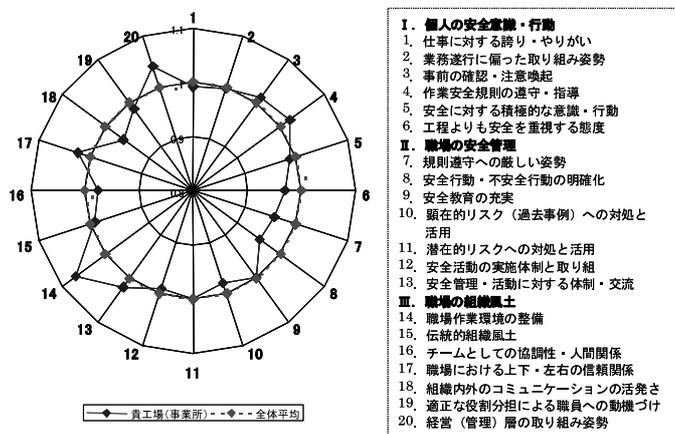


図-6 安全プロフィール(20群)による診断対象事業所の診断結果

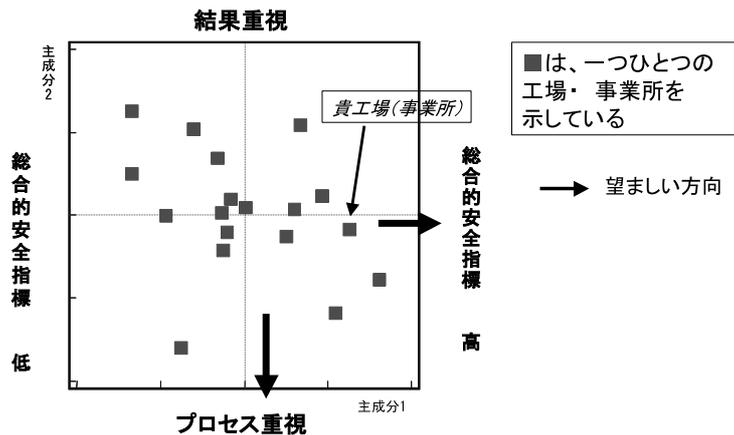


図-7 総合的安全指標による診断対象事業所の安全レベル評価

表-2 各種産業界における総合的安全指標と災害発生率の相関分析
(相関性により総合的安全指標が高ければ災害発生が少ないことが示される)

業種	設備災害発生率	労働災害発生率
食品	N.A.	-0.33*
化学	N.A.	-0.51*
機械器具	N.A.	-0.73**
電力原子力部門	-0.60*	-0.58*
電力火力部門	-0.71**	N.A.
工事請負会社	N.A.	-0.78**
電力送配電部門	N.A.	-0.77**

注) NA: 該当データなし, * : 5%で有意, ** : 1%で有意

という考え方を取り入れざるを得ないのが現状である。

参考文献

- IAEA. Summary Report on the Post Accident Review Meeting on the Chelnobyl Accident, Safety Series No. 75-INSAG-1, IAEA, Vienna Sept. 1986
- Light Science, Inc. *Lighted visor explanation materials*. 593 Massachusetts Avenue, Boxborough, MA 01719, 1992
- 電力中央研究所編. *人間と技術の調和に向けて*. 電中研レビュー, N0.32, 1995
- INPO. *An analysis of root cause in 1983 significant event reports*. INPO-84-027. Atlanta, Ga., 1985.
- U. S. Nuclear Regulatory Commission. *Reactor safety study - An assessment of accident risks in U. S. commercial nuclear power plant*. NRC, WASH-1400, NUREG-75/014, 1975
- Luwis, HW, et al. Risk assessment review group report to the Nuclear Regulatory Commission NRC, NUREG/CR-0400, 1978
- Swain, AD. *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. NUREG/CR-1278, 1983
- 林 喜男. *人間信頼性工学-人間エラーの防止技術*. 海文堂出版, 東京, 1984
- 行待武生, 飛岡利明. *人間-機械系の定量的信頼性解析の一技法-Detailed block diagramの事例研究*. 人間工学, 19, 197-204, 1983
- Embrey, DE. et al. SLIM-MAUD: An approach to assessing human error probabilities using structured expert judgment. NUREG/CR-3518, NRC, 1984
- Embrey, DE. SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach. Proc. Int. Mtg. on Advances in human factors in nuclear power systems, 184-193, 1988
- US. NRC. PRA-procedure guide: a guide to the performance of probabilistic risk assessment for nuclear power plants final report. NRC, NUREG/CR-2300, 1983
- Comer, MK. and Donovan, MD. Specification of a human reliability data bank for conducting HRA segment of PRA for nuclear power plants, NUREG/CR-4010, NRC, 1985
- Liparulo, N. J., Burns, N. L., Hitcher, M. J. and Mink, F. J. Enhancing design and operation, PRA. Nuclear Engineering International, 1988
- Reason, J. *Managing the risk of organizational accidents*. Ashgate, Aldershot, 1997 (邦訳: 組織事故, 塩見監修, 高野・佐相訳 日科技連出版社, 1999)
- 辻 新六, 有馬昌宏. *アンケート調査の方法*. 朝倉書店 (東京), 1994
- IAEA. INSAG-7, The Chelnobyl Accident: Updating on INSAG-1, Safety Series No. 75-INSAG-7, IAEA, Vov. 1992
- 高野研一, 津下忠史, 長谷川尚子, 廣瀬文子, 佐相邦英. 意識面組織面からみた安全診断システムの構築. 診断に必要な機能および診断結果の妥当性の検討-, 電力中央研究所 研究報告 S01002, 2001
- 廣瀬文子, 長谷川尚子, 津下忠史, 佐相邦英, 高野研一. 意識面組織面からみた安全診断システムの構築. 安全診断手法の妥当性検討のためのケーススタディー-, 電力中央研究所 研究報告 S01003, 2001
- 佐相邦英, 長谷川尚子, 廣瀬文子, 津下忠史, 早瀬賢一, 高野研一. 意識面組織面からみた安全診断システムの構築. 技術系企業への適用上のknow-howについて-, 電力中央研究所 研究報告 S02001, 2002
- 長谷川尚子, 廣瀬文子, 早瀬賢一, 佐相邦英, 高野研一. 意識面組織面からみた安全診断システムの構築. 電力産業以外の産業への適用性の検討-, 電力中央研究所 研究報告 S03002, 2003

(原稿受付2008年2月20日, 原稿受理2008年2月20日)