

contents

目次

第 I 部 現代産業システムの新リスク学序説	
—技術安全システムの設計思想とその現実および人的リスクとその対策	
第 1 章 新リスク学とは — 社会の安心を希求する技術安全システムの実践	3
1.1 はじめに	3
1.2 技術安全システムの体系	4
1.3 安全とリスク、リスク概念に基づく技術安全システムの実践	5
1.4 「学習する組織」によるリスクマネージメント	7
1.4.1 企業活動を取り巻くリスクとリスクマネージメント	7
1.4.2 変化する経営環境に即応する経営改革	8
1.4.3 組織のヒューマンファクター：経営改革への障害	8
1.4.4 学習する組織への変革	8
1.5 「社会の安心を希求する技術安全システム」の具体的イメージ	9
1.6 おわりに	11
第 2 章 現代の産業技術システムの安全設計思想	13
2.1 はじめに	13
2.2 安全確保の原理	13
2.2.1 確率論か確定論か	13
2.2.2 安全と危険の狭間	14
2.2.3 安全確認型システムと危険検出型システム	15
2.3 機器設備の安全設計の考え方	16
2.3.1 フェイルセーフ	16
2.3.2 機械設備の一般的機器構成	16
2.3.3 国際安全規格に見るシステムの安全方策	17
2.4 原子力発電所の安全設計を考える	22
2.4.1 原子力に見る深層防護の考え方	23
2.4.2 安全性を高める設計例としての原子炉保護系設計	25
2.5 まとめ	27
第 3 章 複雑大規模な現代産業システムの陥穽 — その人的要因の考察	29
3.1 はじめに	29
3.2 大規模・複雑システムにおける人間と機械の関わり	29
3.2.1 機械システムの大規模・複雑化の理由と問題点	29

3.2.2	自動化のアイロニー：その原因と解決法	30
3.2.3	人間機械系、自動化とコンピュータ	32
3.2.4	人間と機械のタスク配分とコンピュータ技術	32
3.3	システムの自動化とリスク低減	34
3.3.1	システムの自動化レベル	34
3.3.2	状況に応じて異なった自動化レベルの設定	34
3.3.3	人間と機械のタスク配分に関するリスク評価と評価の視点	36
3.3.4	機械重視から人的要因重視へのリスクアセスメントの転換	37
第4章	人のメンタル機能とパフォーマンスの基礎知識	39
4.1	はじめに	39
4.2	人のメンタル機能とパフォーマンス	39
4.2.1	人のメンタル機能のモデルとヒューマンエラー	39
4.2.2	注意の働きと特性	45
4.2.3	行動の制御モードと状況特性	46
4.2.4	人間のパフォーマンスに影響する要因	49
第5章	ヒューマンエラーの分析法	55
5.1	はじめに	55
5.2	ヒューマンエラー：過誤と違反	55
5.2.1	フロイト理論の示唆	55
5.2.2	ヒューマンエラーの定義の難しさ	57
5.2.3	ヒューマンエラーの3つの見方	58
5.2.4	システム安全からのヒューマンエラー分析の視点：過誤と違反	59
5.3	過誤分析	61
5.3.1	過誤分析のフレーム	61
5.3.2	監視・操作のヒューマンエラー特性	63
5.3.3	運転員の3つの行動モードの特性	65
5.4	違反分析	65
5.4.1	組織風土と安全文化	68
5.4.2	事故分析のモデル類型と根本原因分析	73
5.5	まとめ	78
第6章	ヒューマンエラーと人的リスクの防止対策	81
6.1	はじめに	81
6.2	システム安全対策の分類	81
6.2.1	過誤への防止対策	82
6.2.2	違反への防止対策	84

6.3	組織事故の防止対策	85
6.3.1	エラー管理	85
6.3.2	エラー管理と品質保証、安全管理との比較	87
6.3.3	安全情報システムを活用した不適合管理への取り組み	89
6.4	結びに	93

第Ⅱ部 現代産業技術のリスクアセスメントと応用

第1章	リスクとリスクアセスメントの基本的な考え方	97
1.1	リスクとは	97
1.1.1	リスクの語源とさまざまな使われ方	97
1.1.2	リスクの定義	98
1.1.3	PRAにおけるリスクの数学的定式化	99
1.2	リスクと安全性	100
1.2.1	国際規格に見る安全	101
1.2.2	ハザードとリスクの違い	103
1.2.3	科学的用語としてのリスクへの誤解と誤用	104
1.3	リスクアセスメントとは	104
1.3.1	リスクの要因分析	104
1.3.2	リスク算出の基としての事故モデル	105
1.3.3	リスクアセスメントの重要語	107
1.4	事故調査とリスクアセスメントの違い	108
1.4.1	事故調査	108
1.4.2	リスクアセスメントへの組織内の壁	108
1.4.3	日本と欧米の安全に対する考え方の違い	110
1.5	リスクアセスメントと学習する組織	110
1.5.1	失敗学とは	110
1.5.2	失敗学とリスクアセスメントの違い	114
1.5.3	組織の安全文化醸成とリスクアセスメント	114
1.6	まとめ	118
第2章	リスク分析と体系的なリスクの低減法	119
2.1	はじめに	119
2.2	リスク分析の手法	119
2.2.1	HAZOP	119
2.2.2	FMEA	121
2.3	体系的なリスク低減プロセス	125

2.3.1 全体プロセスについて	125	3.6 設備と人の信頼性を合わせて評価するPRA	149
2.3.2 基本的な設計仕様について	126	3.6.1 FTへのヒューマンエラーの取り込み方	149
2.3.3 危険源、危険状態、危険事象の同定	127	3.6.2 機器の故障率	151
2.3.4 リスク見積もりの工学的アプローチ	127	3.6.3 PRAの総合的評価手順	152
2.3.5 リスク低減対策と低減化されたかどうかの判断	131	3.7 リスク曲線	153
2.4 リスクを下げるための方法	131	3.7.1 リスク曲線の作り方	153
2.4.1 フェイルセーフ (fail safe)	131	3.7.2 リスク値の相互比較の問題点	154
2.4.2 フールプルーフ (fool proof)	131	3.8 まとめ	156
2.4.3 フォールトトレラント (fault tolerant)	131	第4章 確率論的リスク評価法 — 各論	157
2.4.4 フォールトアVOIDダンス (fault avoidance) と フォールトトレランス (fault tolerance)	132	4.1 確率論的リスク評価法の確率・統計論との関連性	157
2.4.5 ゼロメカニカルステート (zero mechanical state : ZMS)	132	4.2 機器の故障率とその確率表現	158
2.4.6 フェイルソフト (fail soft) ないしフェイルソフトリ (fail softly)	132	4.2.1 故障率の定義	158
2.4.7 広義のフールプルーフとヒューマンインタフェース設計法	132	4.2.2 対数正規分布について	160
2.5 まとめ	133	4.2.3 定期点検を考慮した故障率モデル	162
第3章 確率論的リスク評価法 — 概論	135	4.2.4 待機冗長系のモデル	162
3.1 はじめに	135	4.2.5 故障率データベース	163
3.2 確率論的リスク評価法 (PRA) とは	135	4.3 FT解析の理論と計算法	167
3.2.1 PRAの起源	135	4.3.1 FT解析の基礎	167
3.2.2 PRAの要点	136	4.3.2 FTの構造関数と定性的解析	168
3.3 リスクアセスメントにおけるETAとFTAの位置づけ	136	4.3.3 頂上事象の発生確率の解析的手法による評価法	176
3.3.1 FMEA	137	4.3.4 頂上事象の発生確率のモンテカルロ法による評価	181
3.3.2 リスクアセスメントの2つの側面	137	4.3.5 計算プログラムによる最小カットセットの計算	184
3.3.3 特性要因図	137	4.4 FTの各種のカットセット重要度とそれぞれの意味	186
3.3.4 フォールトツリー分析 (FTA)	138	4.4.1 各種のカットセット重要度とその意味	186
3.3.5 イベントツリー分析 (ETA)	139	4.4.2 カットセット重要度の原子炉安全設計への応用	190
3.3.6 プロセス決定計画図 (PDR)	140	4.5 実際の工学システムに対するFTの構築と計算法	191
3.3.7 FTA,ETAそしてPRAの位置づけ	141	4.5.1 モジュール単位のFTの構築と分析	191
3.4 フォールトツリー分析 (FTA)	142	4.5.2 対象システムの故障原因のFT表現の考え方	193
3.4.1 FTAの歴史	142	4.5.3 簡単なプロセスプラントのFT構築と非信頼度の計算	195
3.4.2 フォールトツリーの作成法	142	4.5.4 実際のFT構築	197
3.4.4 FTの定量的解析の概要	144	4.5.5 フロントライン系とサポート系を考慮したFT構築	203
3.5 イベントツリー分析 (ETA)	147	4.6 イベントツリー解析	207
3.5.1 ETAの手順	147	4.6.1 PRAに用いるETの概念と表現法	207
3.5.2 ETとFTによる事故シーケンスの生起確率計算	148	4.6.2 起因事象の選定	208
		4.6.3 ノード数が多くなる場合の問題	208

4.6.4	ノードの順序を変えてノード数を少なくする方法	208
4.6.5	ノード間の依存性を用いてノード数を減少する方法	208
4.6.6	ノード順序入れ替えに伴う問題	209
4.6.7	ETシーケンス最終状態が災害か否かの判断基準	209
4.6.8	ノードの表わし方について	209
4.6.9	バリアの性質を考える	210
4.6.10	ETの構築手順のまとめ	211
4.6.11	ノード選定のポイント	211
4.6.12	ETとFTの比較	211
4.7	PRAの総合的評価手順	214
4.7.1	総合化の方法	214
4.7.2	2通りのETとFTの結合のさせ方	215
4.7.3	リスク定量化における注意事項	217
4.8	不確かさの解析—頂上事象発生統計的揺らぎ	220
4.8.1	ディスクリット法	220
4.8.2	モーメント法	221
4.8.3	モンテカルロ法	221
4.8.4	超ラテン方格サンプリング法	221
4.9	機械システムの故障を考える	221
4.9.1	故障のメカニズムとその知識ベース化	221
4.9.2	機械システムの共通原因故障	223
4.10	リスク評価における共通原因故障の取り扱い方	228
4.10.1	共通原因故障の一般的解析手順	229
4.10.2	システム論理モデルの作成	229
4.10.3	共通原因故障機器群の同定	229
4.10.4	定性的スクリーニング	229
4.10.5	定量的スクリーニング	230
4.10.6	共通原因故障のモデル化	231
4.10.7	明示的方法	231
4.10.8	パラメトリックな方法	232
4.10.9	β ファクター法	232
4.10.10	MGL (マルチプル・グリークレーター) 法	233
4.10.11	BFR (Binomial Failure Rate) モデル	234
4.10.12	共通原因故障のデータベース	235

第5章	人間行動の失敗リスクを予測するタスク分析	237
5.1	はじめに	237
5.2	タスク分析の前提事項	237
5.3	タスク分析法の全体展望	238
5.4	運転員操作イベントツリー分析 (OAET)	239
5.4.1	PRAとOAETとの関係	240
5.4.2	OAETでの人間の認知タスクの取り扱い方	240
5.4.3	OAETでのヒューマンエラー分析	240
5.4.4	SGTRの認知でのヒューマンエラーの要因分析	241
5.4.5	ヒューマンエラー確率値の推定	241
5.5	階層的タスク分析 (HTA)	242
5.6	目標—手段記述によるタスク分析 (GMTA)	243
5.6.1	GMTAの基本概念	243
5.6.2	GMTAとHTAの比較	244
5.6.3	GMTAの実例	245
5.6.4	GMTAの手法のまとめと留意事項	248
5.6.5	タスク分析結果の別の見方について	249
5.7	運転手順書へのタスク分析の適用事例について	249
5.7.1	BWRのLOCA時運転手順のタスク分析の結果	250
5.7.2	タスク分析のその他の人的要因問題への活用	253
5.8	まとめ	253
第6章	人間信頼性解析	255
6.1	人間信頼性解析とは	255
6.2	HRAの歴史	255
6.3	第1世代HRAと第2世代HRAの違い	256
6.4	第1世代HRA	257
6.4.1	PRAのためのHRAとしての第1世代HRAの創出	257
6.4.2	HEPに関する議論	258
6.4.3	ヒューマンエラー発生確率の定義	258
6.4.4	HRA実施の全体作業	258
6.4.5	ヒューマンエラー率予測手法THERP	260
6.4.6	専門家の判断によるヒューマンエラー率推定	268
6.4.7	時間信頼性相関式	272
6.5	第2世代HRA	280
6.5.1	行動制御モードを支配するPSFからHEPを推定する方法	280

6.5.2	意思決定の誤りの支配的認知モードを推定する方法	283
6.6	HRAモデルの国際比較研究	285
6.6.1	国際的HRAモデル比較プロジェクトの概要	286
6.6.2	HRAモデル評価チームのハルデンシミュレータ実験の解析	286
6.6.3	ハルデンによるシミュレータ実験のPSF分析	287
6.6.4	HRAモデル評価チームの結果に対するハルデン側の比較分析	287
6.6.5	HRA比較研究からのハルデンの提案	288
6.7	まとめ	289
第7章	原子力発電所PSAとその活用	291
7.1	原子力PSAの俯瞰	291
7.1.1	原子力PSAの対象	291
7.1.2	原子力PSAの概要	291
7.2	原子力発電所PSAの嚆矢—WASH-1400の全体的俯瞰	292
7.2.1	リスクの定義	293
7.2.2	WASH-1400で推定した原子力リスク	294
7.2.3	原子力発電所PRAの方法	295
7.3	原子力におけるPRA利用の拡大	318
7.3.1	PRAの手法成長と利用拡大	318
7.3.2	PRAの米国外への波及	318
7.3.3	PRAの規制面での位置づけ	319
7.3.4	米国の原子力事業界に見るPSAの活用	319
7.4	PRAによるリスク情報活用の基盤づくりへ	320
7.4.1	PSAのレベル分け	320
7.4.2	外部事象PSAとその手順	320
7.4.3	リビングPSA	323
7.4.4	数値安全目標	324
7.5	原子力発電所のPSAに基づくリスク情報活用の現状	325
7.5.1	PSAの分類と原子力発電所での利用	325
7.5.2	米国原子力界でのリスク情報の活用	326
7.5.3	リスクモニタリング	328
7.6	まとめ	330
第8章	原子力発電所の保全最適化とリスクアセスメント	331
8.1	保全の目的と保全活動の種類	331
8.2	保全最適化の動機とその要点	332
8.3	原子力発電所の保全最適化の目標と全体プロセス	332

8.3.1	保全最適化への要求条件	334
8.3.2	保全性能の指標	335
8.4	保全最適化の技術	338
8.4.1	管理的側面	338
8.4.2	保全最適化の2つの方法論	339
8.4.3	保全最適化の具体的な技術と手段	346
8.5	結び	350
第Ⅲ部	社会システムと産業技術リスク	
第1章	社会システムとリスク — 「リスク社会」としての現代社会	355
1.1	はじめに	355
1.2	リスク社会とはなにか	355
1.2.1	リスク社会の基本的特徴	355
1.2.2	行為の意図せざる結果	357
1.3	社会システム理論からみたリスク	358
1.3.1	行為の結果の不確実性	359
1.3.2	システムが産出するリスク	359
1.3.3	「リスク」と「危険」の対立	361
1.4	情報ネットワーク社会のリスクとチャンス	363
1.4.1	インターネットの開発とリスクの顕在化	363
1.4.2	知的所有権とオープンソース	365
1.4.3	インターネット上の「対話」	366
1.4.4	提言的なまとめ	368
第2章	リスクの組織論	371
2.1	組織のリスク	371
2.2	不祥事・不正	372
2.2.1	人間像の常識を問い直す — 「人間＝個人＝心を内蔵した肉体」	372
2.2.2	社会構成主義	373
2.2.3	誠実と真実	374
2.2.4	「かや」の重複構造	377
2.2.5	ある事例 — イラン・コントラ事件	378
2.2.6	当事者の感覚	380
2.2.7	解決策としての重複構造 — 異質性	380
2.3	事故・トラブル	381
2.3.1	活動理論	381

2.3.2 学習活動	383
第3章 技術倫理とリスク	389
3.1 複雑化する社会生活とリスク	389
3.2 現代社会の倫理課題	390
3.2.1 情報の非対称性	390
3.2.2 専門家の倫理とは	392
3.2.3 専門家の倫理要件	393
3.2.4 専門家の技術倫理の課題	394
3.2.5 学会倫理規定	397
3.3 まとめ	398
第4章 科学技術とリスク	399
4.1 はじめに	399
4.2 積極的自由と科学技術リスクへの対処	400
4.2.1 政治への積極的自由	400
4.2.2 政治への積極的自由とリスクへの対処	401
4.2.3 積極的自由から見たリスクの定義	402
4.2.4 科学技術自身が解決できない科学技術のリスク問題	402
4.3 地方自治と結社—トクヴィルの思考の現代風アレンジ	404
4.3.1 科学技術のリスク問題と地方自治	404
4.3.2 科学技術のリスク問題と結社	405
4.4 結社を審議会に参加させる提言	406
4.4.1 現在の審議会の姿と問題点—生命科学分野の場合	406
4.4.2 市民の望ましい決定と審議会	407
4.4.3 結社と代表者の選定方法	408
4.5 議会付きの科学技術評価機関	409
4.5.1 現在の審議会の状況	409
4.5.2 議会付きの科学技術評価機関	410
4.6 結社によるレポート作成	411
4.7 おわりに	414
第5章 リスク認知とマスメディア	417
5.1 リスク認知へのアプローチ	417
5.2 確率の認知について	418
5.3 結果の程度の認知について	420
5.4 一般人にとって“リスクが高い”とは	422
5.5 リスク認知と信頼	424

5.6 マスメディアの影響	428
5.7 メディアの報道姿勢とリスク認知特性の対応	430
第6章 ICTとリスク・マネジメント	433
6.1 はじめに	433
6.2 食品トレーサビリティ	434
6.2.1 ユビキタスID技術を用いた野菜のトレーサビリティ実証実験	436
6.2.2 水産加工品のトレーサビリティ	437
6.2.3 食品トレーサ情報の提供	439
6.3 ICT応用による運輸・交通のリスクマネジメント	440
6.3.1 運輸部門のインシデント情報提供システム	441
6.3.2 道路交通情報収集システム	442
6.4 情報通信システムのリスクマネジメント	444
6.4.1 災害時の携帯電話サービスの取り組み	444
6.4.2 事業継続マネジメント	447
6.5 まとめ	447
第7章 情報セキュリティ	449
7.1 はじめに	449
7.2 情報セキュリティとリスク	450
7.3 情報セキュリティを脅かす脅威	451
7.3.1 直接攻撃	452
7.3.2 間接攻撃	454
7.3.3 標的型攻撃	456
7.4 情報セキュリティを確保するための対策	458
7.5 まとめ	460
第8章 法・規制とリスク	461
8.1 はじめに	461
8.2 予防原則	461
8.2.1 予防原則の精神	461
8.2.2 予防原則適用の課題	463
8.3 法規制の現状と課題	464
8.4 コンプライアンス	465
8.4.1 コンプライアンスの心理	465
8.4.2 リスク・マネジメント	466
8.5 安全規制の国内外の動向	467
8.5.1 製品安全規格	467

8.5.2 化学物質安全規制	469
8.5.3 原子力安全規制	470
8.6 まとめ	471
第9章 生活者から見たリスク	473
9.1 誰にとってのリスクか?	473
9.2 安全と安心、そしてリスク	474
9.3 生活者にとってのリスク、専門家にとってのリスク	476
9.4 生活者とリスクの実態（社会調査のデータから）	480
9.5 日本人にとってのリスク	483
9.6 結び	488
第10章 リスク・データの解析	491
10.1 溢れるリスク情報	491
10.2 テキストマイニングとは	492
10.3 テキストマイニングによるリスク・データ解析の実際	494
10.3.1 対象事例：NUCIA	494
10.3.2 データの取得	495
10.3.3 初動探査と前処理	497
10.3.4 分かち書き・統計処理	497
10.3.5 データ解析（多変量解析・情報の視覚化・結果の解釈）	500
10.3.6 知見の活用	509
10.4 まとめ	511