

第4回リスク学研究会

平成21年3月28日(土)

東京電機大学神田キャンパス

「原子力分野におけるリスク評価と ヒューマンエンジニアリング」

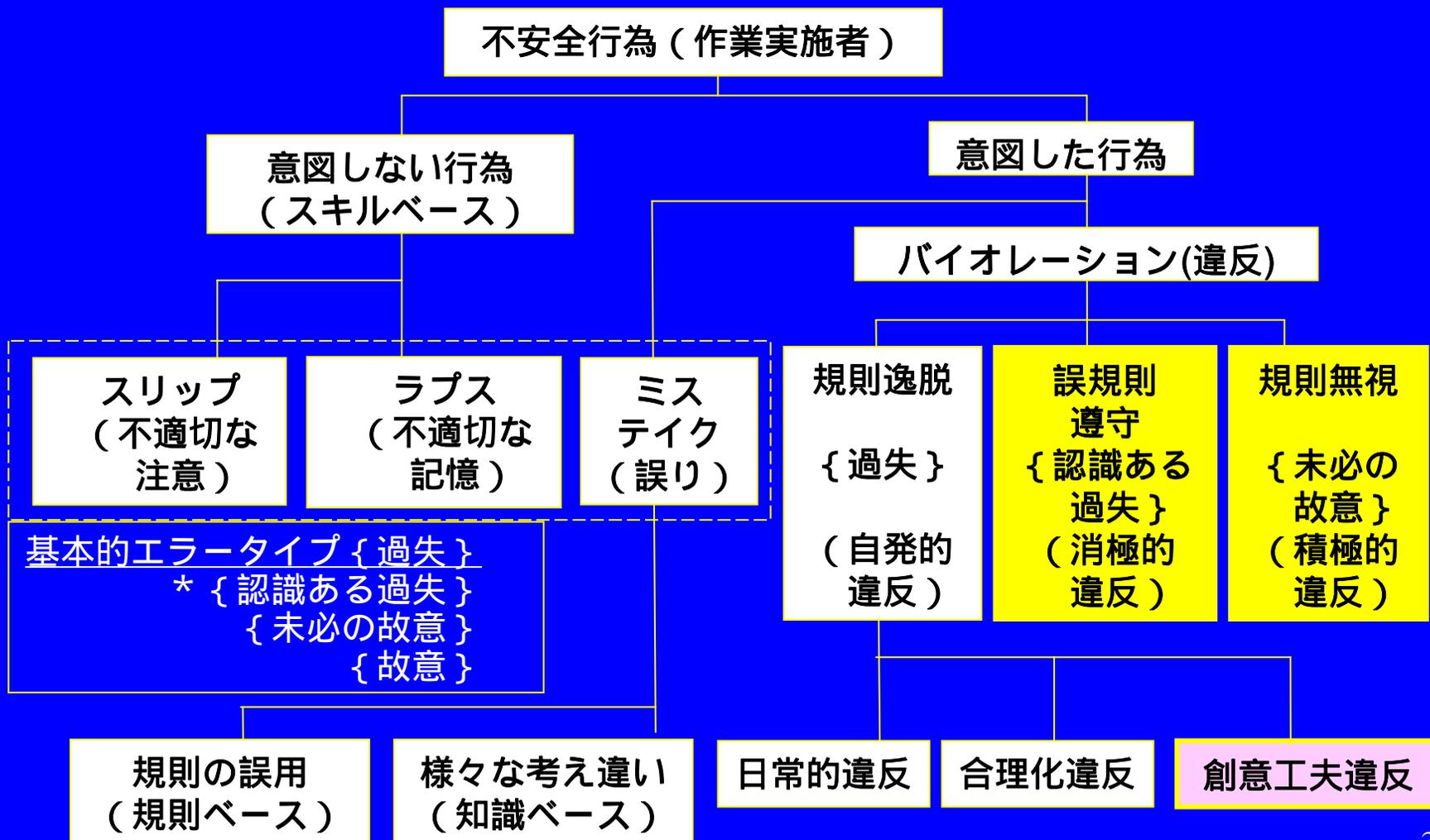
(財)エネルギー総合工学研究所

氏田 博士

1. エラーって何？

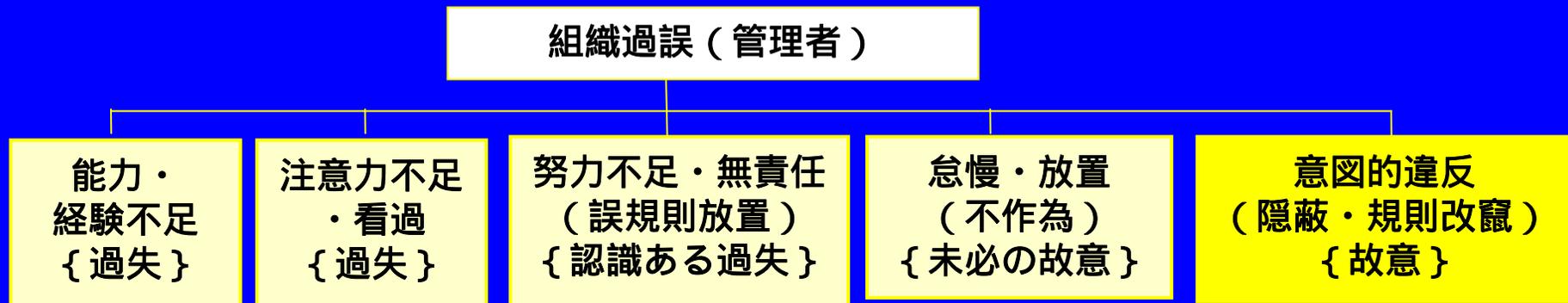
- 安全と品質保証と性能と経済性
- 刑法 : ケア、性悪説、規範的人間像
- 人間工学 : アテンション、性善説、もろい人間像？
To *err* is human, to forgive divine
- 認知科学 : 文脈の中での限定合理性下の判断と
神の目から見た判断
- 標準(スタンダード : 慣例・道徳)と基準(ルール : 法・規制)
- 社会の変化に応じて、規範も変化する
- 根本原因分析-未然防止-「安全とは、人間とは」の視点で！
- セキュリティ問題(悪意)の扱い？

不安全行為の分類(Reason, Jを改変)

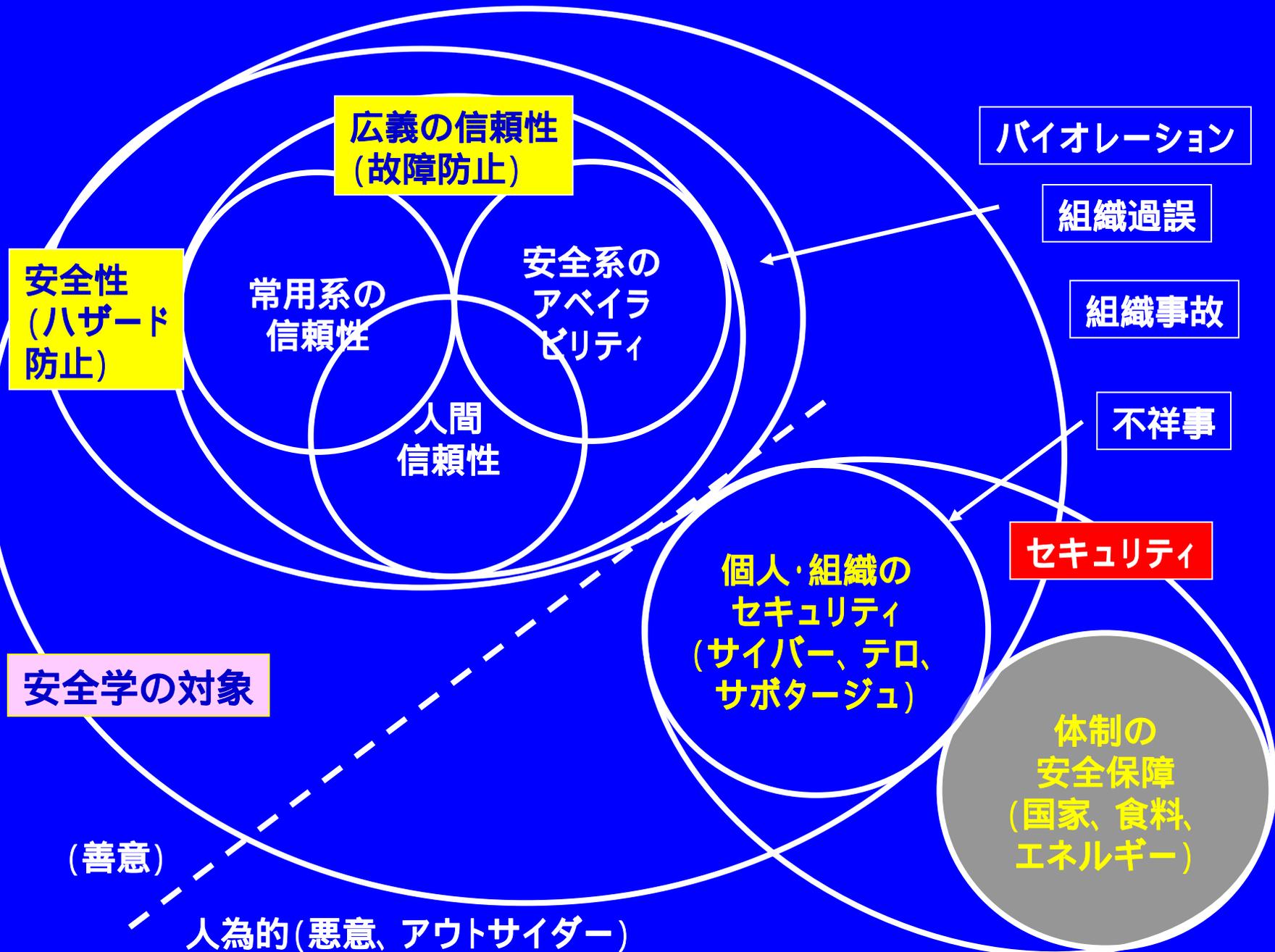


組織過誤の分類

- 個人の作業者の誤りに対し、組織過誤では**管理者**の問題を議論
- **違法性認識**と**責任 / 権限**の有無によって判断できる
- 権限があれば、過誤の分類に対応する
- 違法性認識は、**予見性**の評価と考察が重要
- モラルハザードは組織過誤の蔓延の結果生じる
- 悪意のあるサボタージュは議論の範囲外



安全性、信頼性、セキュリティの概念図



2. リスクアナリシス - 事故のシーケンスを考える

危険

即発的エラー
による穴

安全防護障壁
(安全機能)

潜在的原因
による穴

事故

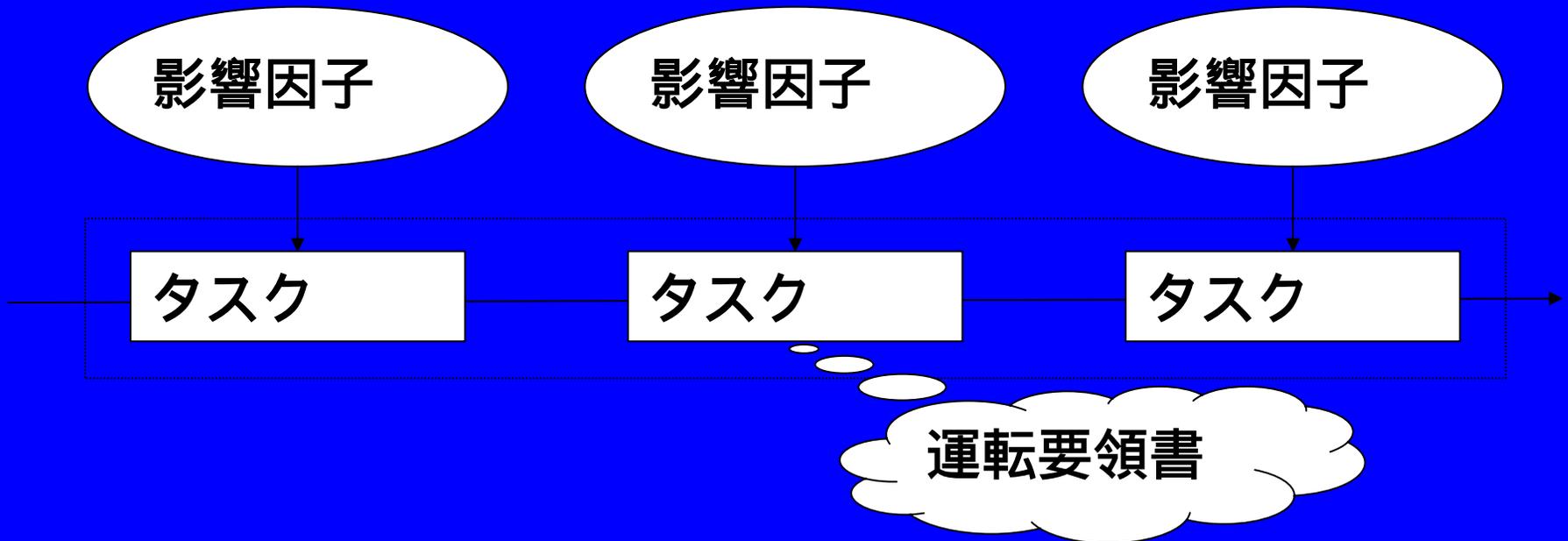
深層防護の誤謬 組織事故

3. 人間信頼性解析 (HRA: Human Reliability Analysis)

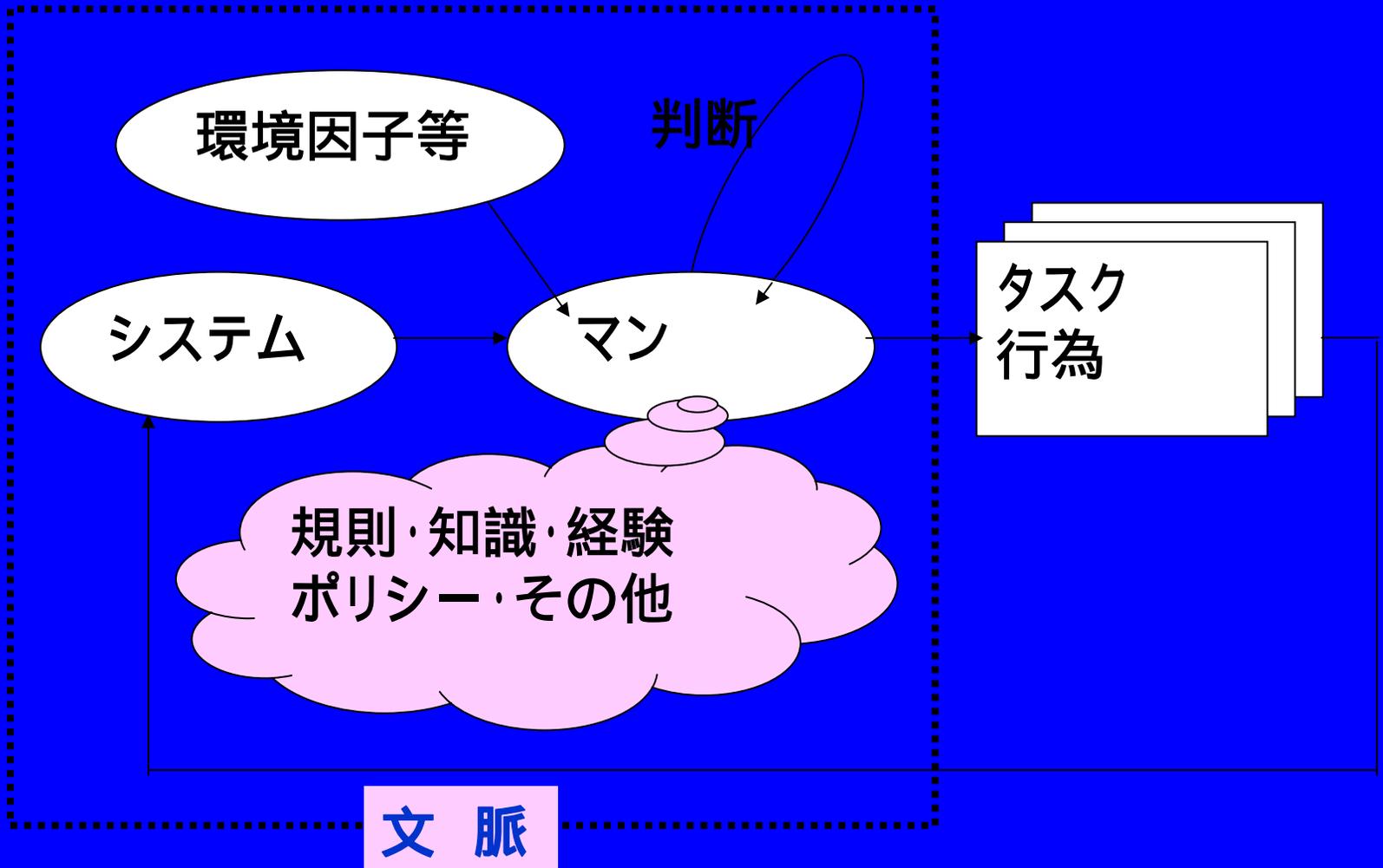
- ある状況において人間が取るべき行動から逸脱する確率を評価
- 緊急時に期待される対応(主にETの分岐) - 時間に強く依存
 - *OAT(Operator Action Tree)*
 - TRC (Time Reliability Correlation)
 - HCR(Human Cognitive Reliability correlation)
- 通常時の操作(主にFTの一部) - 操作ステップの組み合わせ
 - *THERP(Technique for Human Error Rate Prediction)*
 - SLIM-MAUD(Success Likelihood Index Methodology - Multi-Attribute Utility Decomposition)

HRA1への批判（THERPの場合）

- マンの内的メカニズムのモデル化が欠如
 - タスク構造主体の見方
 - 文脈性に欠如したパフォーマンス影響因子の扱い



HRA2 : 動的性格・影響因子間の相互依存性・大局的影響...



第2世代人間信頼性評価 (HRA2)

ATHEANA(A Technique for Human Event Analysis)

[NUREG/CR-1624, 2000]

人間はある特定の状況においては一意の行動をするはずであり、
対応時のエラーの誤差幅が大きいのではなく、
エラーに導く状況の多様性が大きい
人間行動が状況に支配されるとすれば、
分析対象は人にエラーを強要する状況であり、
エラー率はエラー強制状況(EFC)の発生確率

エラー率 $HEP = P(\text{エラー} | \text{状況}) \cdot P(\text{状況})$

右辺第1因子の条件付き確率は、ある特定の状況でエラーを起こす確率
人の認知特性で決まるが、EFCではこの確率が1に近いと考えられる
HEPはほとんどEFCの生起確率である第2因子に左右され、
HEPの評価はこの確率の評価を行うことと同じ

ソフトバリアの概念

ハードによる安全障壁（ハードバリア）

- ・深層防護（止める、冷す、閉じ込める）
- ・多重防護（臨界管理：距離、形状、濃度、容量）

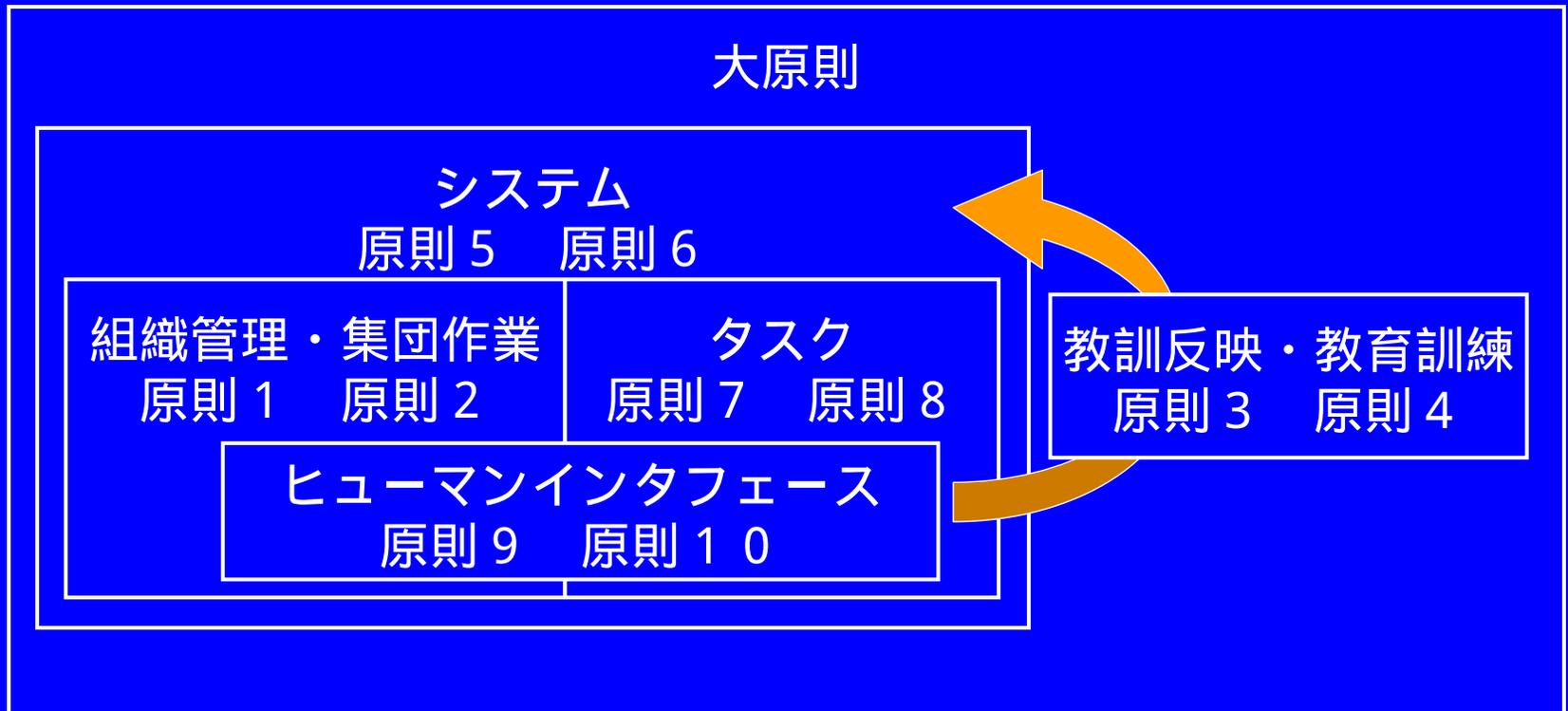
ソフトによる安全障壁（ソフトバリア）

- ：ハードバリアを期待される状態に維持管理し、必要なときに期待された機能を発揮させ、さらに万一ハードな防護壁が機能しなかった場合に災害を防止するために必要な人間の活動とこれを保証する手順書、規定、法令、組織、社会制度など
- ・ソフトウェア（安全ロジック、使い勝手）
- ・ヒューマンウェア
（運転員、保守員、組織、文化、こちらが運用に近い）

ヒューマンファクターの原則 (原子力学会、HMS部会)

大原則

「安全確保においては、
ハードとソフトの双方による安全防護障壁を考慮に入れた
システムズ・アプローチを実施せよ」



組織過誤信頼性評価（ORA）への展開

- 組織信頼性解析（ORA）の研究は必要
- アプローチとしては、HRA2、VFCと同様の、シチュエーションアウェアネスとして組織の環境条件を評価し、組織過誤に導く状況（OFC）を考慮することにより、その状況において最適な方策を採るものと作業仮説をおくことにより組織における個人の行動を予測できる
- 絶対的な合理性でなく、資源制約の下に入手しうる情報と知識とを活用して得られる最善の合理性、制約された合理性における決断であると見なす

4. 組織事故と不祥事

- 【組織事故の定義】
 - 組織内部の要因で組織を揺るがす規模まで拡大した事故
 - 同時に倫理的問題を含み、不祥事にいたる場合が多い
 - **安全問題** (善意の行為だがエラーとなる)との関連性が高い
 - 組織内に潜む欠陥が知らず知らずに拡大し、その影響が組織全体や社会に及ぶ(Reason)
- 【不祥事の定義】
 - 組織事故やイベントの原因やその対応あるいは外部対応に、道徳的・倫理的問題が含まれ、社会的問題にまで拡大した事象
 - 事故そのものを問題とせず、組織の社会性を問題とする
 - **セキュリティ問題** (本質的に悪意があると社会から指弾された)との関連性が高い

組織事故の分類

- 技術レベルの問題(技術と経済性)
 - ボパール事故: 発展途上国への技術移管の問題
 - TMI事故: インタフェース設計の重要性認識の不足
 - チェルノブイリ事故: 安全性原則無視の設計
 - チャレンジャー号事故: 経済性重視の設計、ノルマの重視
 - コロンビア号事故: 経済性重視の設計、蓄積疲労
 - みずほ銀行 情報システムトラブル: 情報システム統合の困難性認識の不足
 - 雪印乳業食中毒事件 大樹工場: 殺菌の効果に対する無知
- 長期の安全性(安全文化)の劣化
 - ブリジストンタイヤの工場火災: 規定に反して一人で溶接工事
 - 信楽高原鉄道事故: 誤出発検出装置を逆手にとって遅延を取り戻そうと強引に出発
 - JCO事故: 品質と経済性重視の中で軽微な違反の長年における蓄積
 - 雪印乳業食中毒事件 大阪工場: HACCP規定無視

不祥事の分類

- 緊急時の不作為
 - 阪神大震災の村山総理：不作為
 - えひめ丸事故の森総理：重要性認識欠如
 - 農水省・厚労省 狂牛病対策不備：重要性認識欠如、不作為
- 行動自体が非道徳
 - 大和証券：NY支店のトレーダーが犯罪的取引で巨額損失
 - 石川銀行、三越、・・・：オーナー社長の乱脈経営
 - 東京女子医大カルテ改竄：麻酔医(専門家)を呼ばず、それを虚偽報告
 - 日本学会事務センター：理事長が学会の預かり金を流用
 - 外務省 外交機密費流用：経済原則無理解の組織の個人
 - 日本興業銀行：頭取が料理屋の女将に手だまに取られた
 - 牛肉偽装事件：会社としての目先の利益追求
- 外部対応の不手際
 - フォードピント車の懲罰賠償：人間の価値を金銭換算
 - 雪印乳業の社長対応：社内連絡体制、危機管理の欠如
 - 動燃 もんじゅNa漏えいビデオ隠し：社会性認識の欠如
- 虚偽の連鎖
 - 三菱ふそう・三菱自リコール隠蔽：重工体質
 - 東京電力 自主点検記録不正問題：規制と安全性との矛盾
 - 東京電力 格納容器漏えい率検査偽装問題：安全性上問題ないとの認識
 - ミドリ十字 非加熱製剤：既得権益確保

日本における安全追求の阻害要因である

「言霊意識」 井沢元彦「言霊(コトダマ)の国」解体新書

日本は、いまだに「言霊：言葉に出すとそれが現実になる」に支配されている

- 「自分の国は自分で守る」という「世界の常識」を口にする、「平和の敵」
- 受験生の前で「滑って転んだ」、「落ちた」は、タブー
- 結婚式で、終わるの切れるの分かれるのは、厳禁
- 4は「死」、9は「苦」に通じる

- 安全であれば問題ないのに安心を求める姿勢
- リスクリテラシーがあることが本当の意味で安心に生きる道
- リスクを考慮すること自体が不吉とする考え方

- 安心ですよというポジティブな言葉は作る
- リスクがあるよと言うネガティブな言葉は作らなかった

- 言葉に対する感受性を大いに高める
- 芸術、文藝の分野には良い方向に威力を発揮
- 科学技術、経済、政治、その他現代社会の根底の部分に悪影響

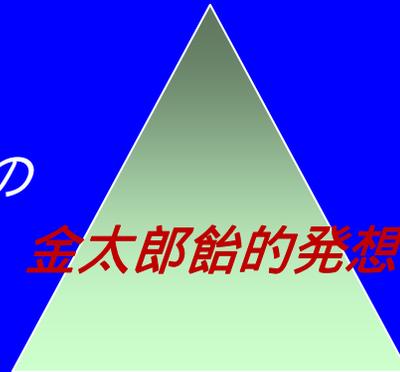
日本における安全追求の阻害要因である 「金太郎飴的発想」と「同心円の仲間意識」

固定的な階層構造組織 皆でわたれば怖くない化

ボトムアップの
意思決定構造

トップマネジメントの
不在

- 意思決定の遅延
- 安全の価値の無理解



多層の
派閥構造

機能体の
共同体化

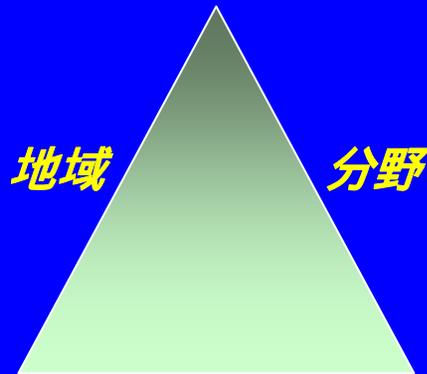
- 癒着
- 非能率



有機的な組織を作る（柔軟な文化とする）

- [堺屋,1993]オーケストラ型からジャズ型への変換が必要
- 最近のインターネットの普及で、社員が直接的に社長に意見具申できる、新規提案をする、などの形態である程度実現しつつある
- 最近流行りの知識管理は、このようなフラットな組織づくりのための技術

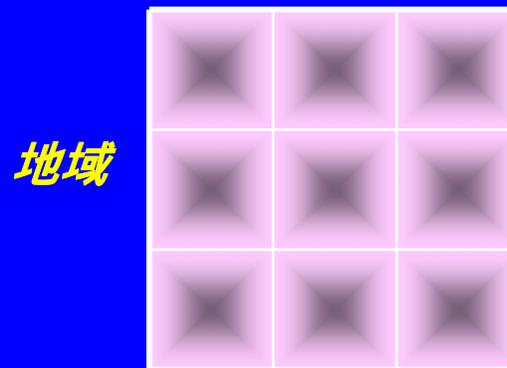
機能体の共同体化
ボトムアップ



(日本の大企業)階層構造

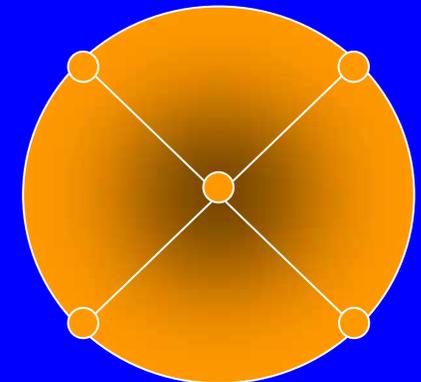
機能体の維持
トップダウン

分野



(ABB)マトリクス組織

地域分野



ネットワーク型組織

5. 技術者倫理よりリスクリテラシーを倫理感の醸成

・皆でわたれば怖くない

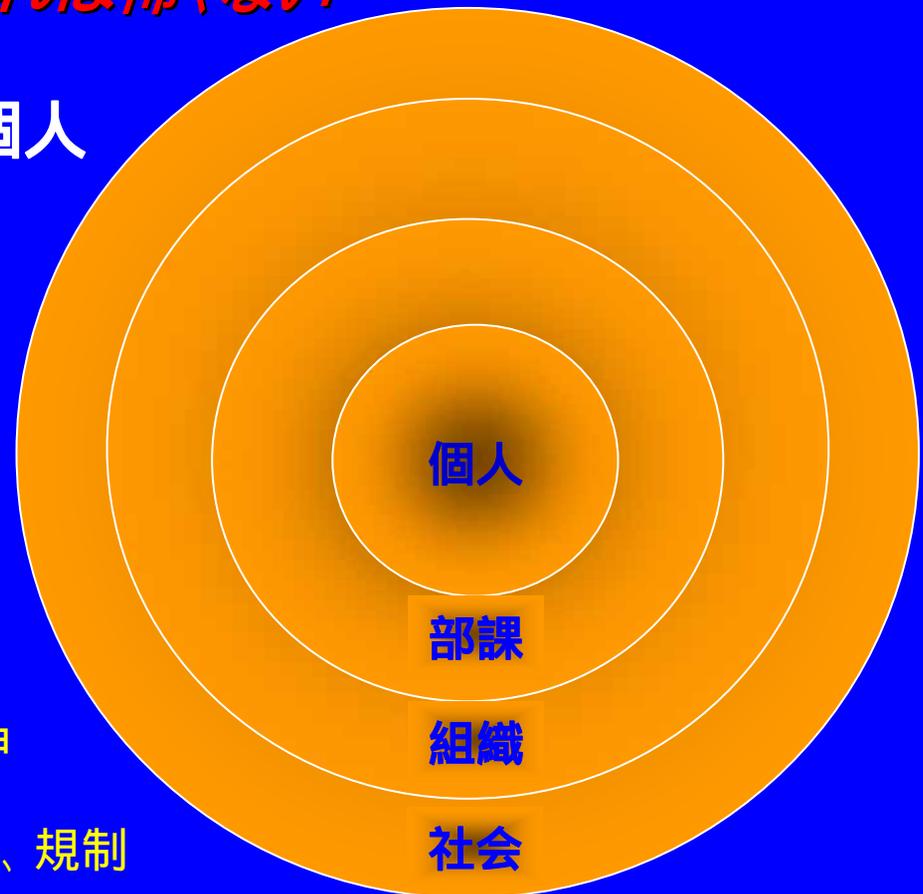
- 組織の一員の前に一個の個人
- 会社人間の前に社会人

■ 技術者倫理

■ 企業倫理綱領、内部監査、内部告発

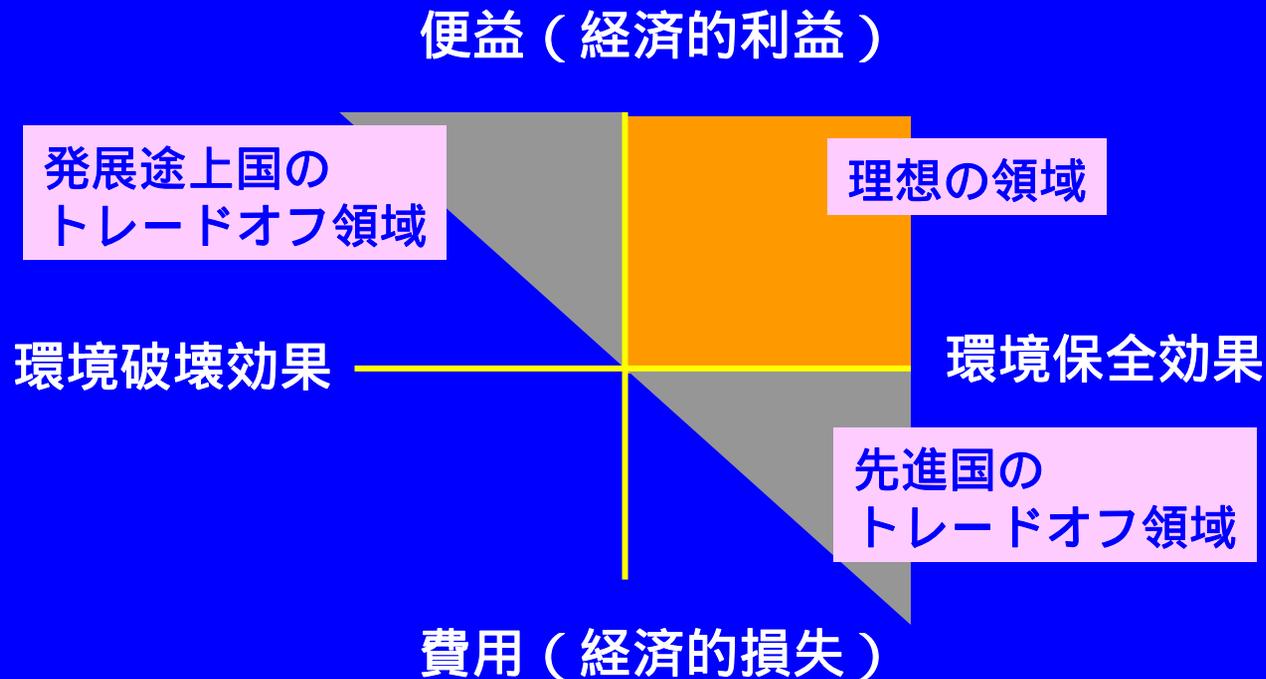
■ CSR、創業者精神、トップの精神

■ 社会道徳、外部監視の目、規制



リスクベネフィット解析に基づく 環境保全と経済性の関係

-水の環境戦略、中西準子、1994



- 安全問題も同様
- リスクベネフィット解析に基づく合理的判断を

リスクリテラシー：福知山線脱線

-事例で学ぶリスクリテラシー入門、林 志行

- 解析力
 - 収集力：事故例収集
 - 理解力：信楽鉄道衝突、日比谷線脱線
 - 予測力：当日の宴会、ゴルフコンペの問題性
- 伝達力
 - ネットワーク力：情報発信力：事故の重要性の組織伝達
 - コミュニケーション力：影響力：テレビ広報
- 実践力
 - 対応力：今ある危機対応：被害の拡大防止
 - 応用力：抜本対策：組織の是正

•倫理感よりリスクリテラシーの養成！

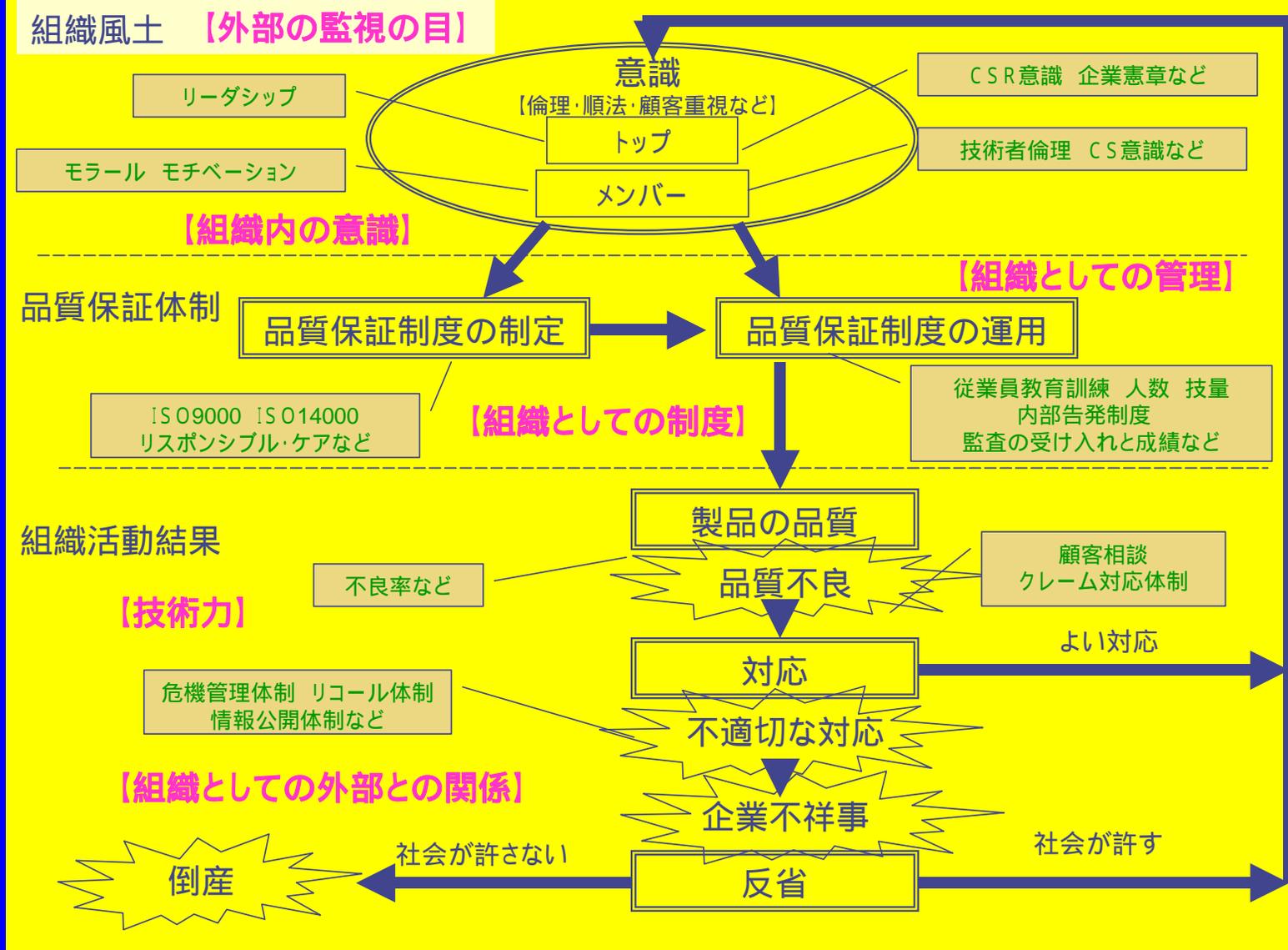
6. エラーマネジメントの視点

1. 【外部の監視の目】
組織の外から社会的に監視する枠組み
2. 【組織としての外部との関係】
文書の有無とその内容の有効性により判定
3. 【組織としての制度】
文書あるいは組織の有無とその内容の有効性により判定可能；
体制の一貫性
4. 【組織としての管理】
文書とその内容の有効性により判定可能；制度の運用方針
5. 【組織内の意識】
インタビュー、アンケート、社内報などにより判定可能；組織とし
ての制度、管理との比較で評価
6. 【技術力】
技術系の組織の場合、この観点が重要

根本原因分析では、この視点が重要！

組織事故階層モデル(EM研)

組織事故階層モデル



エラー分析における対象の人員と範囲

対象の要員	作業者	管理者	組織	個人あるいは組織
分析するエラーモード	不安全行為 ヒューマンエラー	組織過誤 管理エラー	組織事故	不祥事
対象範囲	ハード・ソフト	個人、環境、部門	全社、社会	全社、社会
防止対策の範囲	自社へのフィードバック			他社事例の模擬シミュレーション 
備考			根本原因分析要	根本原因分析要

* 左側が従来のエラー分析に相当し、右側に行くほど組織事故の分析のレベル右側ほど根本原因、特に共通要因の分析が必要となるが、困難ともなる領域

エラーや故障から学ぶ3段階のフィードバックループ

	解析のループ	統計のループ	解析・統合のループ
評価方法	個別事象に対する 根本原因分析(RCA) * (臨床医学)	故障統計による故障傾向評価 集積RCA (社会医学)	リスク解析による 統合システム評価 (人間ドック)
対策	直接的な改善	故障の共通な特徴に応じた改善	安全上クリティカルな個所の改善 総合安全の向上
フィードバックの対象	類似システムへの適用性大	類似システムへの適用性大	個別システム
フィードバックの規模	局所的・限定的	中規模	システム全体

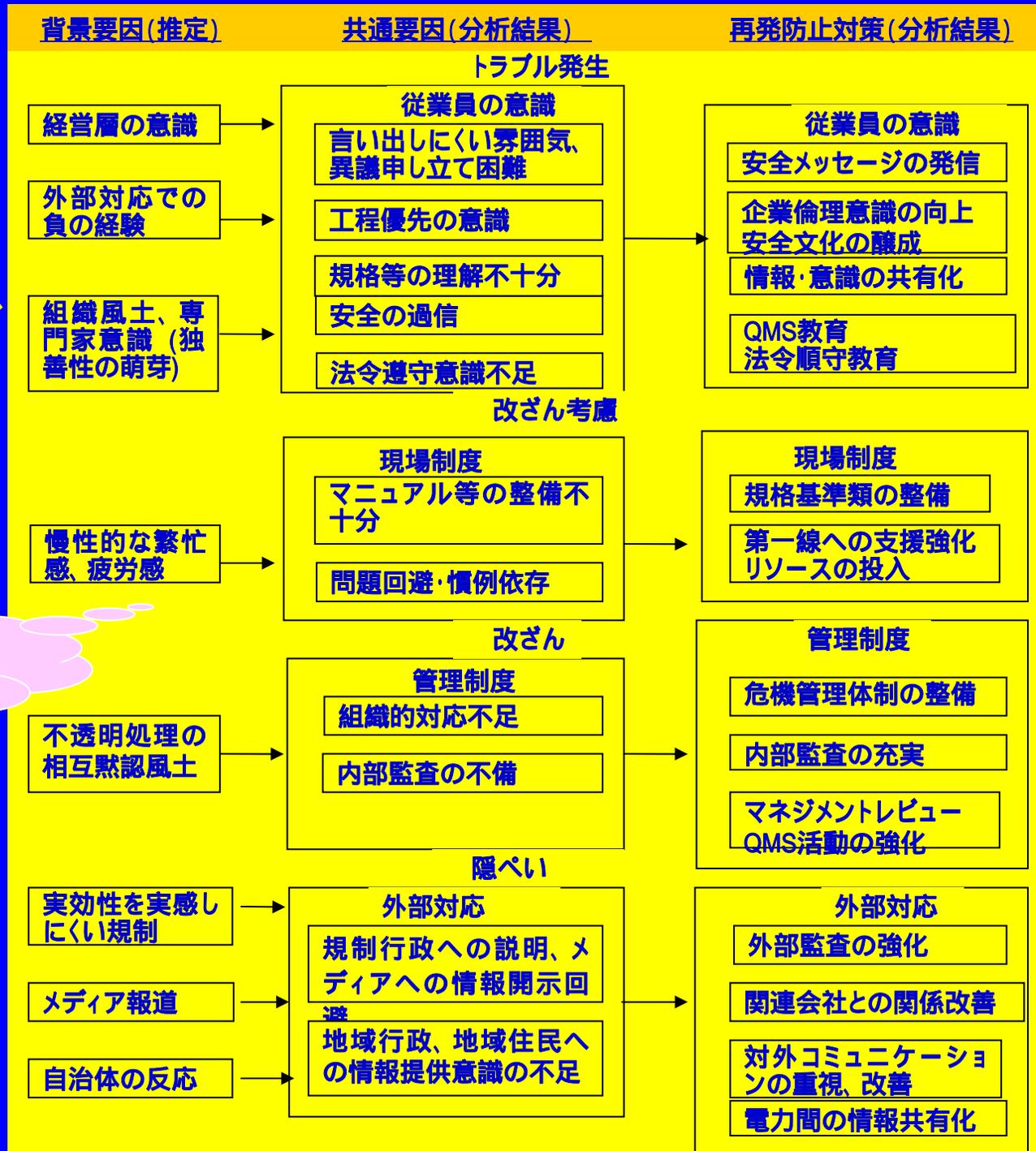
*** 共通要因分析**

- 体感と全体理解の相互作用が本質
- 故障モードの定義が大切

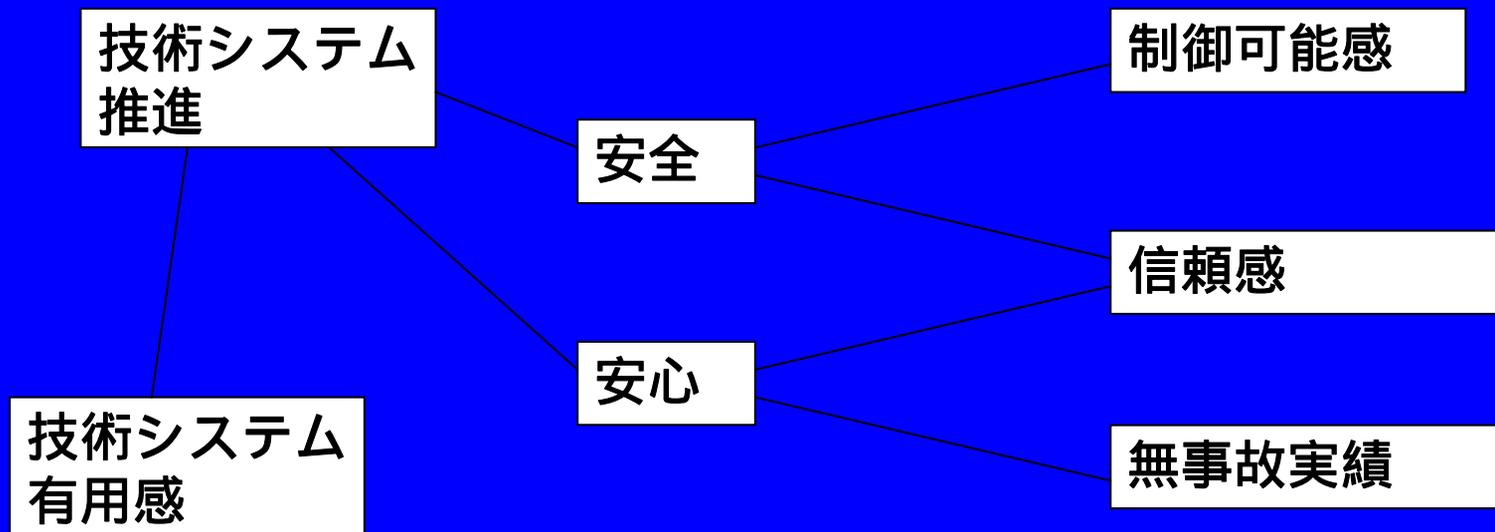
総点検結果 に基づく データ改ざん・ 隠ぺいプロセス と再発防止策 清川

根本原因！

集積RCA



7. 安全と安心と受容



下岡 浩：特集「原子力と社会」第I部、原学誌Vol.46, No.2 (2004)
に基づき筆者作成

「安全」「安心」のイメージ

酒井ら(2003)の研究、言語連想法：質問紙質問紙

「安全」「安心」という言葉から連想する事柄とその理由を自由記述分類

安全

酒井ら(2003)より堀井作成

	場所	モノ	人	行為相互	行為単独
危険がない	●	●		●	●
備えがある	●	●		●	●
頼る存在あり	●	●	●	●	
心が落ち着く	●			●	
その他					

「安全」「安心」のイメージ

酒井ら(2003)の研究、言語連想法：質問紙質問紙
 「安全」「安心」という言葉から連想する事柄とその理由を自由記述分類

安心		酒井ら(2003)より堀井作成			
	場所	モノ	人	行為相互	行為単独
危険がない	●	●		●	●
備えがある		●			●
頼る存在あり	●	●	●	●	
心が落ち着く	●	●	●	●	●
その他				●	●

8. リスク認知(吉川)

- リスク認知の次元は、以下の3種類
 - 怖い：制御不能、結果が致命的、非自発的、将来世代に及ぶ
 - 未知：観察不能、遅延効果、新奇
 - リスクにさらされる人数
- リスク認知 = 怖いと思う
 - 非自発的にさらされる：大気汚染とスポーツ
 - 不公平に分配される：原発（リスクとベニフィットの不公平）
 - 個人的予防行動では避けられない：大気汚染と喫煙
 - 未知・新奇
 - 人工的：自然界のリスクに比較して
 - 隠れた・取り返しのつかない被害：放射線被曝の後発障害
 - 子供や妊婦に影響
 - 通常と異なる障害：苦しみが大きい
 - 被害者が分かる：身近な人
 - 科学的に未解明
 - 信頼できる複数情報源から矛盾した情報：行政と消費者団体

リスクコミュニケーション例

- 社会技術分野の重要なテーマ
 - 文科省の社会技術システム
 - 安全安心プロジェクト
 - 科学技術社会学会
 - (産業技術総合研究所 技術と社会研究センター)
- 実施例
 - 各省庁のホームページ公開、パブリックコメント
 - 原子力安全委員会：国民との対話集会、安全目標パネル討論会
 - コンセンサス会議：運営委、専門家、市民より構成、リスクベネフィット議論
 - 欧米：テクノロジーアセスメントの方法として1980年代から盛んに実施
 - 日本:1998年から4回実施、1,2回は研究グループ(遺伝子治療、高度情報社会)
 - 3回目は農水省がスポンサー(遺伝子組み換え食品)
 - 4回目は科技庁がスポンサー(ヒトゲノム研究)

リスクコミュニケーションの歴史

Leiss : 3段階

Fischhoff : 7段階

- 第1フェーズ：(1975-84)
専門家による科学的なリスク評価
 - 第一段階：数値を把握すればよい
 - 第二段階：数値を市民に知らせればよい
- 第2フェーズ：(1985 - 94)
科学的な数値の把握に加え、「信頼」
 - 第三段階：数値の意味を知らせればよい
 - 第四段階：類似のリスクをこれまで受け入れてきたことを知らせればよい
 - 第五段階：「得な取引」であることを伝えればよい
 - 第六段階：丁寧に対応すればよい
- 第3フェーズ：(1995-)
非専門家を「パートナー」
 - 第七段階：パートナーとして扱わねばならない

9. 安全意識向上のための考察1

- 正の経済性評価の試み

- 安全ファンド

- 安全の仕組みを作る企業に投資する

- SRI: Socially Responsible Investment

- コンセプトファンド: エコ、ファミリーフレンドリー、森林

大阪ガススーパーシックスシグマOGウェイ

- 潜在リスク削減をプラス評価

- 技術者をプラス評価する仕組みを作れ

- 潜在的不安を顕在化し解消する

安全意識向上のための考察2

- 外部の監視の目

CSR : Corporate Socially Responsibility

- 「社会的信用の維持」を外部発信
デュポン、カンタス航空
報道と外部機関の役割

CSR vs . 消費者評価

- リスクマネジメント
製造法責任法(PL法)-H7
消費者基本法-H16.6
消費者基本計画策定(H15-19)

- 組織のトップの意識

CSR vs . 技術者倫理

- リスクマネジメント
技術広報と技術に専念管理と技術者
技術者は技術

文明史からの考察

・古代ローマ帝国、大英帝国の衰退時

都市生活、海外旅行、温泉、軽薄趣味、文字より漫画、健康志向、グルメ、新興宗教、ポピュリズム、女権拡張、新規性志向

・トインビー：文明衰退論

「われわれはつねに、自らの内にある“虚ろなるもの”によって裏切られるのであり、他者に裏切られるのではない」

「自らを保ち続ける：独自の価値観、伝統、制度の維持」

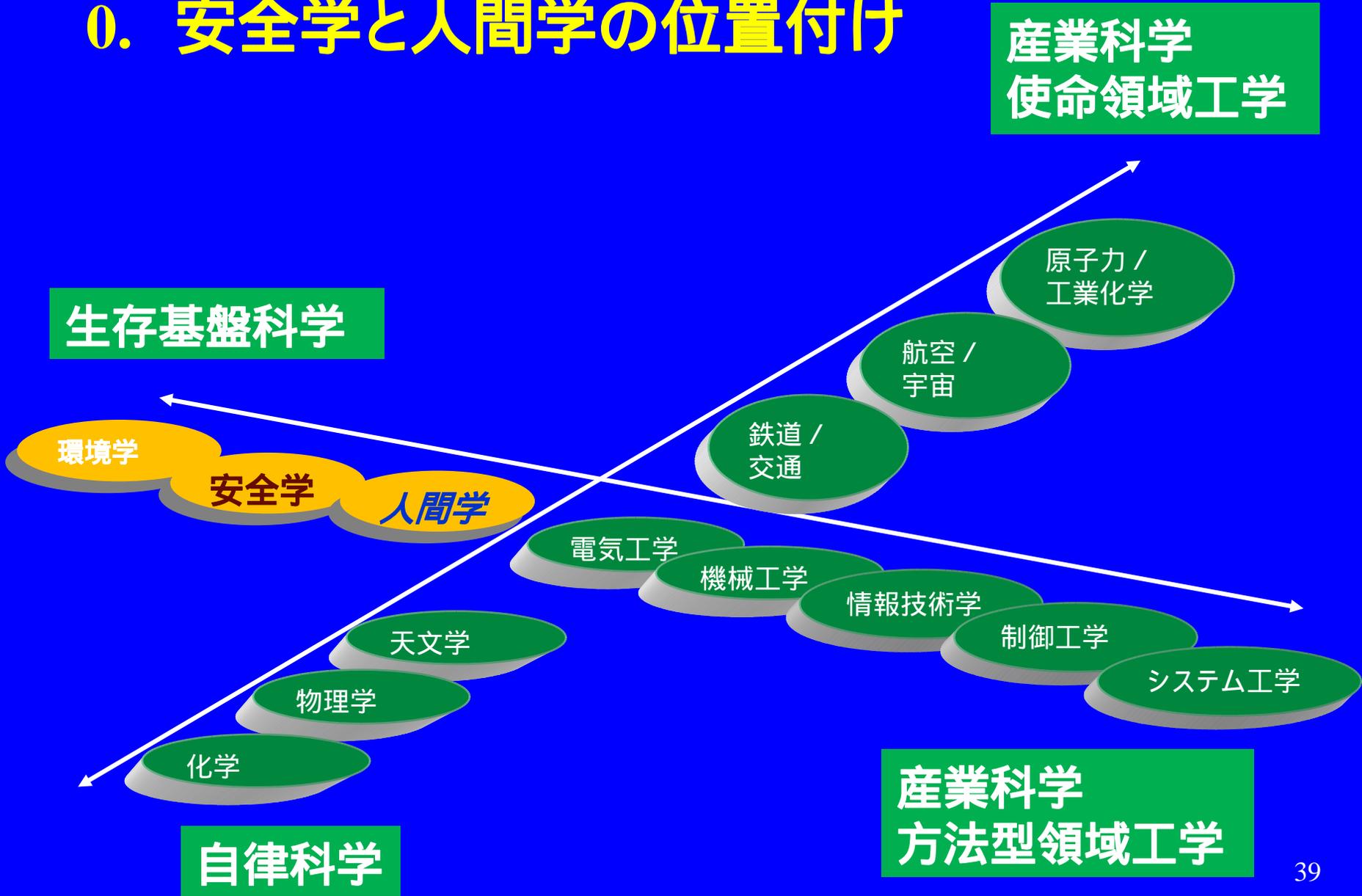
・サッチャリズム：社会的公正より個人の自由

自助努力、競争原理、自由市場、、、

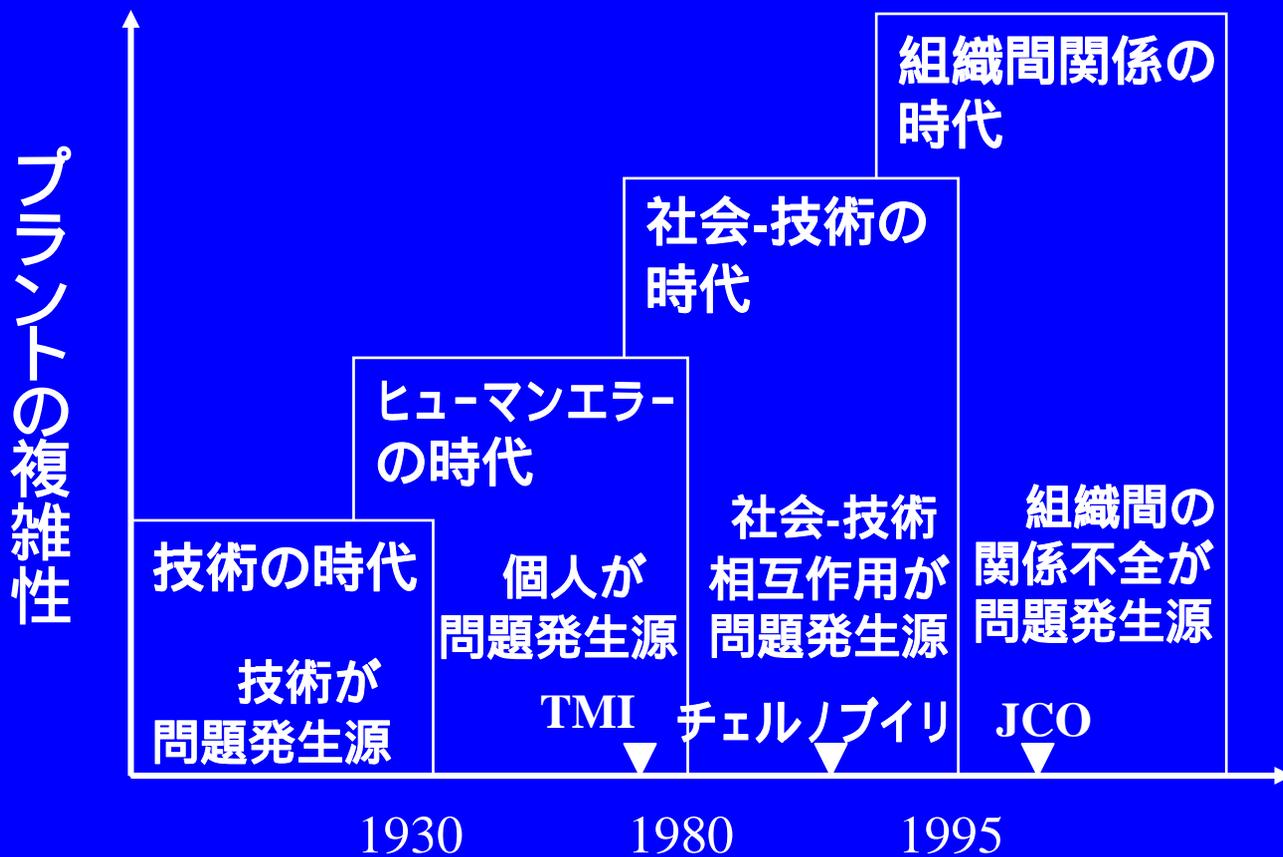
安全・安心のまとめ

- Socio-technical Systemの問題が、あらゆる技術分野で発生
- 安全は価値観、社会的意思決定の問題
- 人間の過誤から組織の過誤へ、安全文化が大切
- 安全・安心・有用感の共存
- リスク論・システムズアプローチが必要
- 安全は合理的であるべきーリスクリテラシーを身につける
- 国民的合意の下で、技術が発展するために、技術者もリスクコミュニケーションを図ることが不可欠
- 国民理解、立地地域との共生に向けた合理的な議論の場がのぞまれる

0. 安全学と人間学の位置付け



安全問題のスキープの広がり



人間工学的制御室設計 (ISO11064) が 目標とするキーワード

	キーワード	
大目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラントゴール ・ 規制 ・ 安全性/信頼性 ・ 生産性/効率 ・ 社会的影響 ・ 文化的特徴 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人に優しい ・ 運転方式 ・ 自動化レベル/役割分担 ・ 組織・管理 ・ 環境・建屋
中目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ タスクの定義 ・ 運転支援システム ・ クルーの協調支援 ・ 保守員との協調支援 	<ul style="list-style-type: none"> ・ マニュアル ・ 教育訓練 ・ エラートレラント (冗長性/インターロック)
小目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ アフォーダンス (トランスペアレンシー) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人体特性 ・ 知覚/特性

人間工学的制御室設計 (ISO11064)

制御室分類によるHF検討項目

	分類	対応する学問	対象とする集団	仕様決定責任
A	制御室管理棟	社会科学 (組織)	クルー + 外部支援 (異質集団)	ユーザ側が組織構造決定 メーカー側がネットワークシステム 仕様決定
B	制御室の配置設計	行動科学 (チーム)	制御室の配置設計 (均質集団)	ユーザ側がチーム構造決定 メーカー側が制御室レイアウト 仕様決定
C	制御卓の設計	人間工学 (外面的)	個人 (人体特性)	メーカー側がパネルとコンピュータの レイアウトと規模仕様決定
D	表示系と操作系	認知科学 (内面的)	個人 (認知特性)	メーカー側が表示内容と 制御系の設計

コミュニケーションエラーの分類

- 組織過誤を、組織内のコミュニケーション不足、あるいは人間関係の調和がくずれるとして捉え、分析することもできる
- 上/横/下/外の方向性で分類
- 原因分類との組合せ：
 - ・ 思いこみ(過失)
 - ・ 遠慮・努力不足(認識ある過失)
 - ・ 意図的(未必の故意)

コミュニケーションエラー (作業実施者/リーダー/管理者)



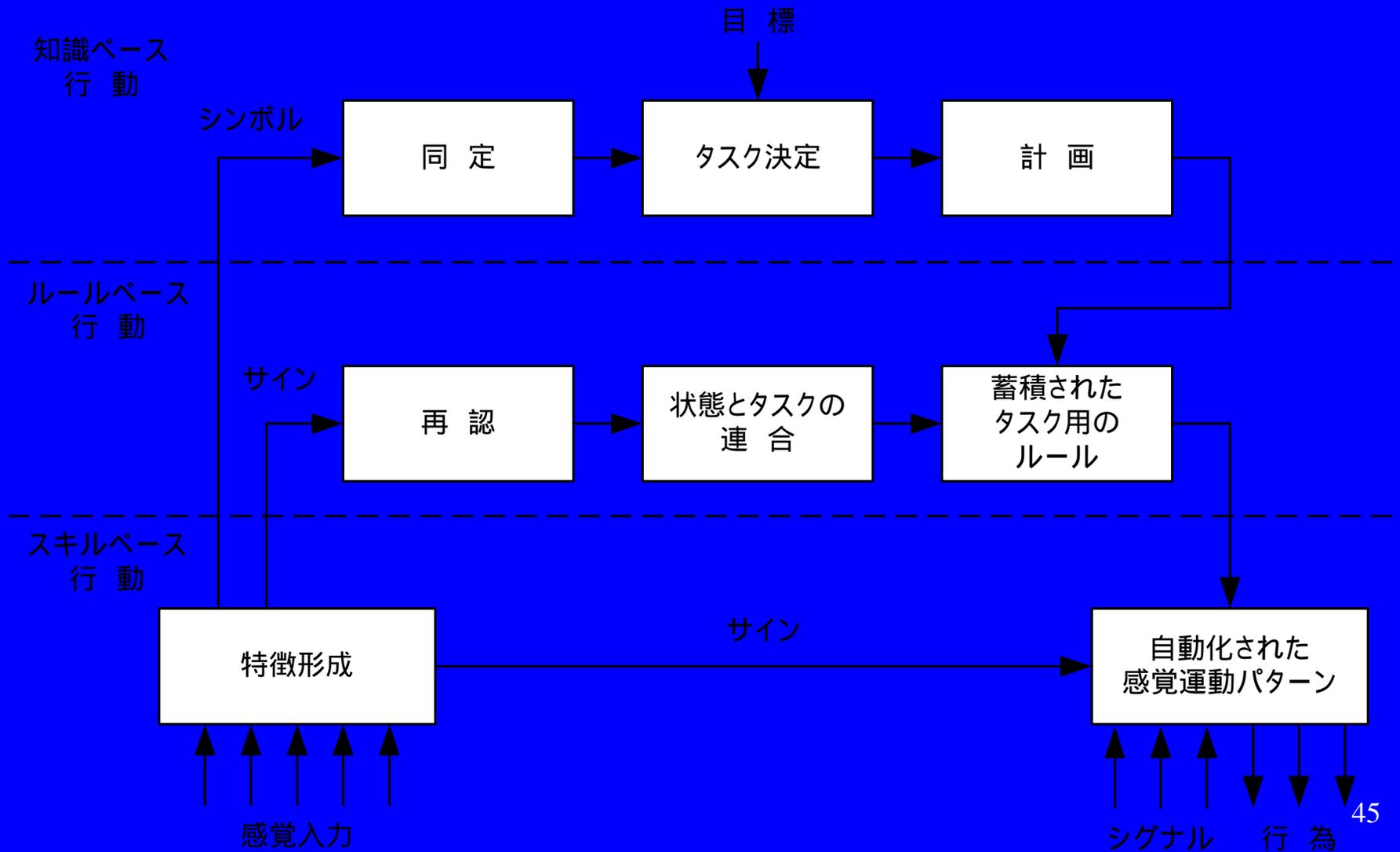
代表的な第2世代人間信頼性評価（HRA2）

- 文脈に着目した例(グループ1)
 - CREAM(Hollnagel)
- 文脈に着目した例(グループ2)
 - ATHEANA(米国NRC)
 - MERMOS(フランスEDF)
- 文脈に着目した例(グループ3:動的シミュレーション)
 - ADS-IDS(Mosleh)ほか >> 「第3世代？」
- 新たな評価対象領域に着目した例
 - SAMARA(Pyry)

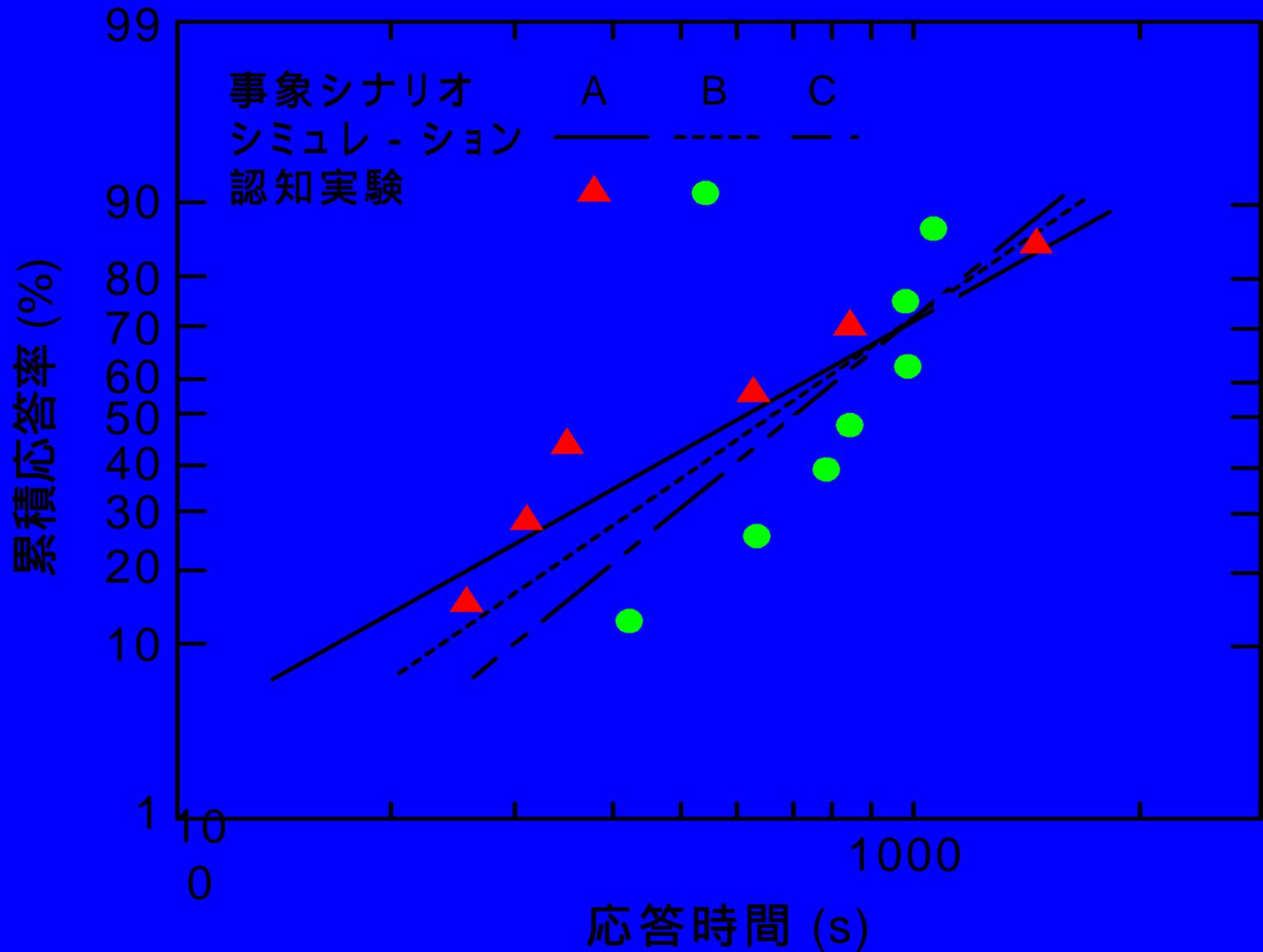
発生機構による分類

ReasonのGeneric-Error Modeling System (GEMS)

RasmussenのSRKモデル



モデルによるTRCの評価



「引き抜け」事象の再発防止

- 原子力学会報告書

- 根本原因： HCU全数隔離に加え、リターン運転の不実施の重畳
- 直接要因： 今回は、ARI試験は電気必修課が担当で認識不足に、手順書不備(引き抜けの可能性の注意書き無し)が重畳
- 背景要因1： 電力間の情報共有が無い
- 背景要因2： 米国では、オンラインメンテナンスなどで、HCU全数隔離を必ずしも実施していない
検査のあり方の問題が、一連のCRD引き抜け事象の背景か
- 再発防止対策1： リターンライン確保、FCVの全閉、CRDポンプ停止などにより、制御棒の意図されない引き抜けを抑止
(この措置の手順書への反映は、BWRグループとして完了)
- 対策2： HCU全数隔離のリスク評価と作業実効性の観点についての考察が必要
この方法が日本のBWRプラント共通の作業であり、これが無ければ想定外の制御棒引き抜けは発生しない
- 対策3： 現行の方式やオンラインメンテナンスも含め、検査のあり方を今後体系的に検討すべき

RCA(集積RCA)では共通要因分析が重要