

レジリエンス工学が目指す レジリエントな社会

古田 一雄



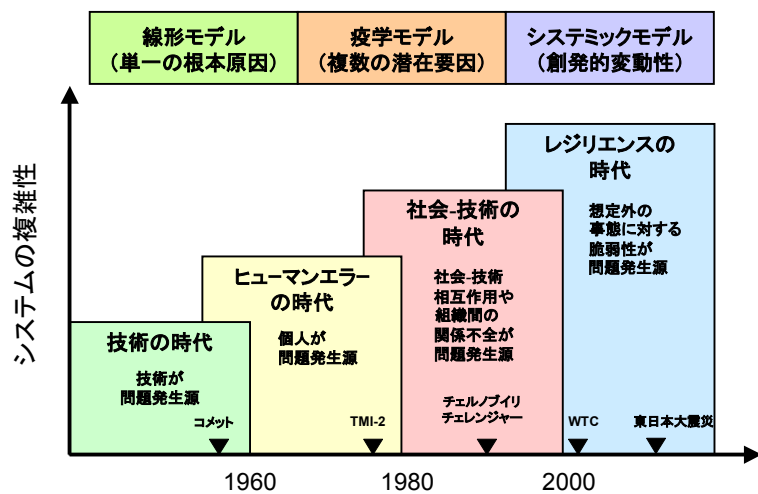
東京大学工学系研究科
レジリエンス工学研究センター
RESILIENCE ENGINEERING RESEARCH CENTER
THE UNIVERSITY OF TOKYO

© K. Furuta



安全問題の変遷

事故モデル



Resilience Engineering Research Center

© K. Furuta



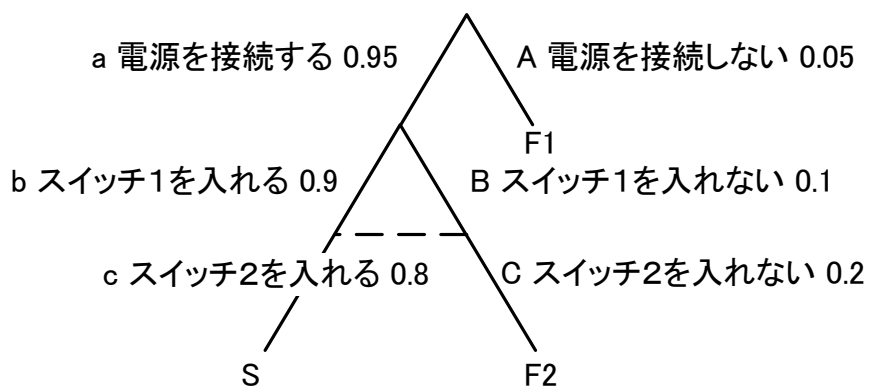
人間信頼性解析(HRA)

- 不安全行為の可能性・頻度とその影響を定性的・定量的に評価するための手法
- 第1世代HRA(-1990)
 - 機械装置に対する信頼性解析の応用
 - 人間行動の決定はブラックボックスで扱う
- 第2世代HRA(1990-)
 - 第1世代HRAの欠点克服(ミステイクへの対応)
 - 人間行動の決定メカニズム(認知心理)を考慮



THERPイベントツリー

- 基本操作の線形結合として人間行動を記述



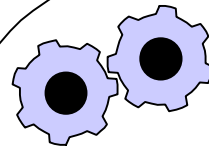


エラーの疫学モデル的な捉え方

個人的要因
環境的要因
社会的要因



状況



認知メカニズム

$$\text{エラー率} = P(\text{不安全行為} | \text{EFC}) \times P(\text{EFC})$$

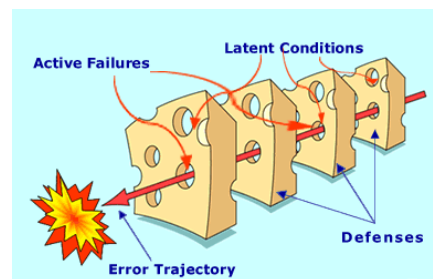
- 過誤強制情況 (EFC)
人にエラーを犯すことを不可避とさせるような情況



組織事故

- 組織内部に潜む欠陥が、知らず知らずのうちに拡大して発生し、その影響が個人レベルに留まらず組織全体あるいは社会に及ぶ事故

- チェルノブイリ
- チャレンジャー
- JCO
- エンロン



スイスチーズモデル



高信頼性組織(HRO)

- 過酷な条件下にもかかわらず、事故発生件数を標準以下に抑えている組織
 - 航空母艦、航空管制システム、送電所、原子力発電所、救急医療センター
- HROに共通に見られる特徴: 高い「マインド」
 - 失敗に対する予見的関心
 - 安易な単純化を許さない思考
 - 現場業務に対する鋭敏な感覚
 - 高い回復力(レジリエンス)の実現
 - 専門性に対する敬意

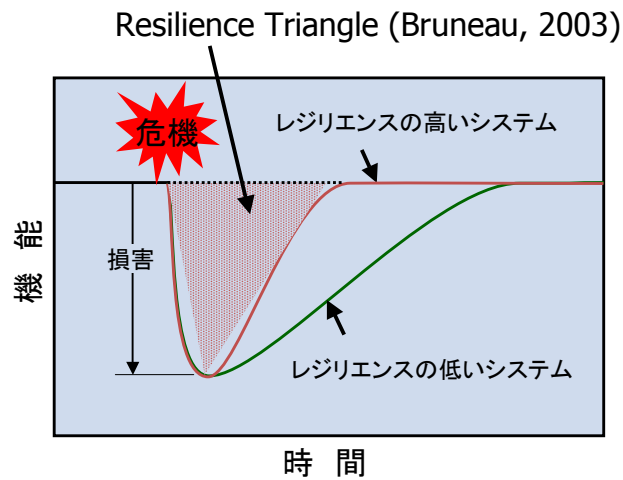


レジリエンス概念の誕生

- 生態系のレジリエンス
 - システムの持続性の程度の指標であり、変化や擾乱を吸収し、状態変数間の関係を維持するシステムの能力を表す(Holling, 1973)
- 防災工学におけるレジリエンス
 - 外乱に対して機能を維持しながら効率的に回復できるシステムの弾力的な性質(弾力性、回復力、しなやかさ)
 - ✓ 損害を避ける・損害を軽減する(robust)
 - ✓ 想定外の外乱に対応する(responsive)
 - ✓ 回復する(recovery)



レジリエンス三角形



技術社会的文脈でのレジリエンス

- システム安全を考える枠組みの変化
 - HRA手法開発における行き詰まり感
 - 複雑系研究の進展
 - 技術社会システムの非線形性
- システム論的観点からのレジリエンス
 - 変化や擾乱に対してシステムの機能を調整することにより、状況が予見可能か否かにかかわらず必要な機能を継続するシステム固有の能力

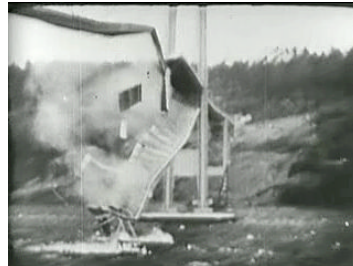


事故のシステミックモデル

前提 システムの機能パフォーマンスは絶えず変動

原因 要素機能の変動の共鳴による創発的なシステム機能の破綻

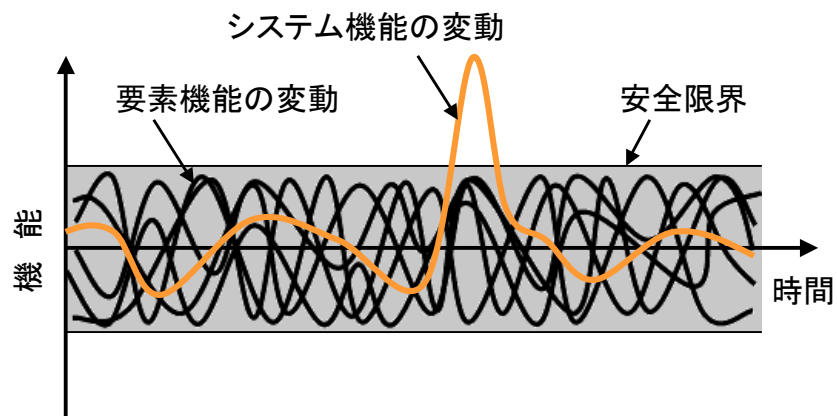
対策 機能変動を常にモニターし、共鳴の危険があれば変動を直ちに抑制



Tacoma Narrows, 1940

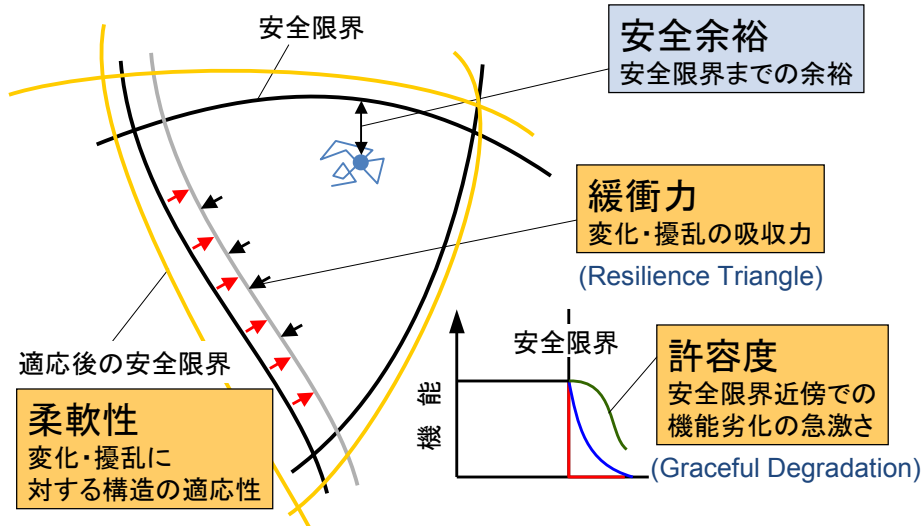


事故の機能共鳴モデル(FRAM)





レジリエンスの特徴要因



レジリエンスの評価

- レジリエンスの評価における課題
 - 多種多様な切り口、観点
 - 人によって異なる価値観、利害、ニーズ
- 東日本大震災インフラ復旧の事例
 - レジリエンスの総合評価はどうすればよいか
 - ⇒ マズローの欲求段階説
 - 個人ごとに異なる状況をどう反映するか
 - ⇒ ペルソナ手法



マズローの欲求段階説

- 生理的欲求
 - 飢餓・渇き・疲労・睡眠不足・痛みなどからの解放
- 安全の欲求
 - 安全、安定、保護、秩序、不安・恐怖・混乱からの解放
- 社会的欲求
 - 愛情、集団への所属、孤独・追放・拒否からの解放
- 承認の欲求
 - 自己に対する高い評価・尊敬・威信、出世、自尊心
- 自己実現欲求
 - 自己の確立、目標達成、本性への忠実



評価指標の階層分解

階層	項目	対象
生理的	飲料水	水道、給水車
	食料	商店、配給
	睡眠環境	自宅、避難所
	医療環境	病院、救護所
安全	電気	電力
	水	水道
	ガス	都市ガス
	情報	インターネット、TV
	移動手段	自動車、公共交通
	燃料	ガソリンスタンド
	食料	商店、配給
	日用品	商店、配給
気温	天気	

階層	項目	対象
社会的	プライバシー	自宅or避難所
	仕事	勤務先
	親族	親族
	固定資産	自宅、自動車など

基本データまで分解した後、上位階層項目の重要度を被災者の体験談に基づいて重み付け



個々の被災者ごとの評価

- ペルソナ
 - 具体的で詳細な特性を持つ架空のユーザモデル
 - 平均像、典型例ではない
- 特徴的な被災者のペルソナを作成
 - 今回は被災者の手記等を参考に

【ペルソナの例】

年齢: 40代

性別: 男性

住所: 仙台市太白区のマンション

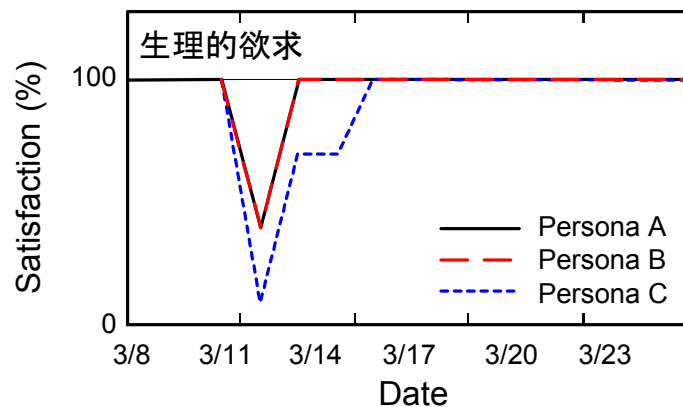
家族構成: 妻と二人暮らし

健康状態: 良好(血压が少し高く常備薬を服用、数日間服用しなくても特に影響なし)

職業: 自営業

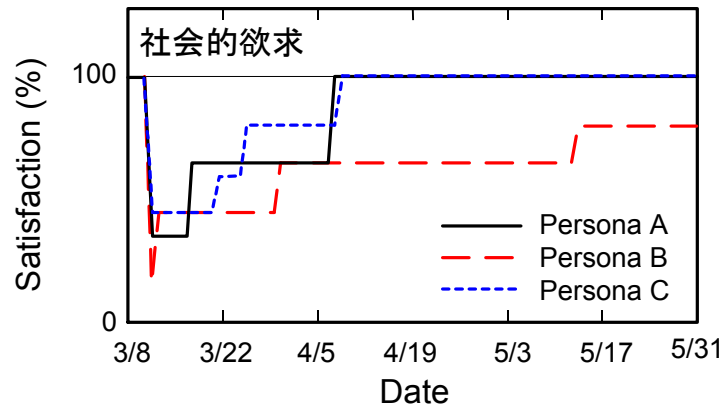


レジリエンス三角形の評価例(1)

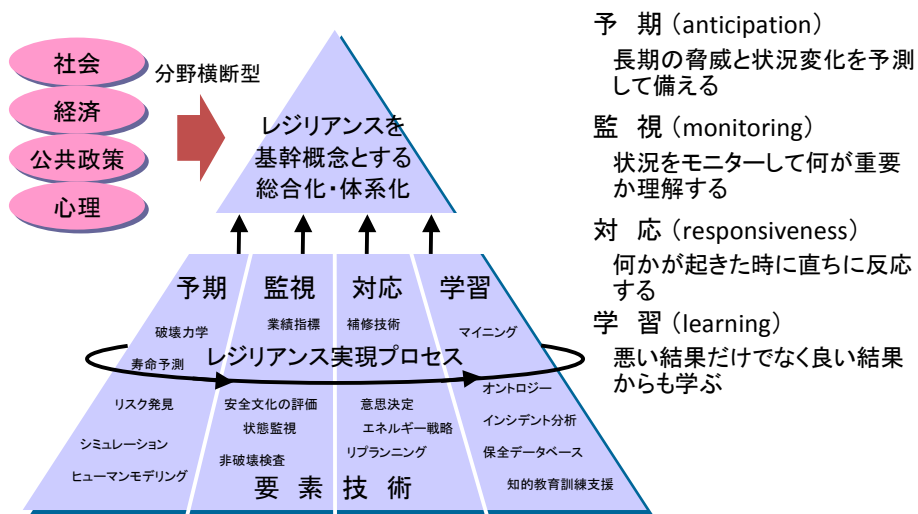




レジリエンス三角形の評価例(2)



レジリエンスの実装





スーパーレジリエンス

- レジリエンスは自然災害、事故、テロなどに対する危機対応ばかりでなく、より緩やかな変化に対する適応力も含む概念
 - 3E問題の解決(持続可能性)
 - 変化する国際経済環境において継続的イノベーションによる競争力の維持
- 自己再構成によって、変化に曝される前の水準よりもより強く、賢くなる社会の能力

スーパーレジリエンス



レジリエンス工学研究センター

- レジリアンス実現のために必要な学理と方法論に関する研究の推進
- 確率的なリスクの概念を超える安全に関する新たな枠組みの確立
- 想定外の事態に対処可能なレジリエントで持続可能な社会の実現に貢献

【システムレジリエンス工学部門】

レジリエンス概念の体系化、レジリエンスの評価基準、評価手法、システムの統合化などのレジリエンスの基本学理、レジリエントシステムの実現に必要な要素技術開発

【エネルギーシステムレジリエンス部門】

自然災害、テロ攻撃、経済混乱などの外乱、長期の世界経済環境の変化や気候変動などに耐え得る複合エネルギーシステムの実現

【ビジネスレジリエンス部門】

自然災害、テロ攻撃、経済混乱などの外乱に対しても事業継続可能な生産・サービス・市場システムの実現、経済社会環境の変化に対してもイノベーションを継続し、競争力を失わない企業経営のための方法論



レジリエンス工学横断型教育プログラム

必修科目 (4単位)

- レジリエンス工学特別演習
- レジリエンス工学特論

選択必修科目

(各群2単位以上合計10単位以上)

レジリエンス基礎工学

- システム安全学
- システム保全学
- 先進構造システム管理学
- 先端材料の強度と設計
- レジリエントシステムのためのセンシング
- イノベーションのためのレジリエンス情報学
- リスク評価論
- シミュレーション科学特論

レジリエンス実践工学

- グローバル生産システム
- エネルギーシステム特論
- 環境・エネルギー技術政策
- 資源戦略学
- リスクマネジメント
- 金融レジリエンス情報学
- グローバル経営戦略と政策

レジリエンス社会科学

- 社会科学基礎
- 科学技術社会特論
- 科学技術と公共政策
- 先端レギュラトリーサイエンス



まとめ

- 従来のリスクマネジメントの考え方では現実に対処できなくなりつつあり、システムックモデルに基づく新しいアプローチが求められる。
- 複雑系における事故のシステムックモデルやレジリエンス工学の発想は、これを解決するための有力な手がかりになり得る。
- レジリエンス工学研究センターは、その学理と方法論に関する研究を推進する。