

不確かさへの対処と レジリエンス概念

糸井達哉（東京大学准教授）

青木萌（東京大学大学院修士課程）

はじめに

- 「レジリエンス」
 - 辞書によると'rebounding or spring back (反発あるいは跳ね返り)' or 'elasticity (弾性)'
- リスク評価に関わるさまざまな用語
 - Prevention & Mitigation (防災・減災)
 - Vulnerability (脆弱性)
 - Robustness (ロバスト性)
 - Resilience (レジリエンス)
 - . . .
- さまざまな「レジリエンス」の解釈
 - 混乱のもと
- なぜ、今「レジリエンス」概念が着目されているのか、その背景も含めて、既往の文献を整理・考察

防災とは？

- 災害対策基本法では、
 - 災害とは、「暴風、豪雨、豪雪、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する（・・・）原因により生ずる被害」
 - 防災とは、
 - 国語辞典によると、台風・地震・火事などの災害を防ぐこと
 - 一方、災害対策基本法では、
 - 災害を未然に防止し、
 - 災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び
 - 災害の復旧を図ること
- であるとされる。

災害には、狭義と広義の定義があり、広義の防災には、狭義の「防災(disaster prevention)」に加えて、「減災(disaster mitigation)」、「復旧(disaster recovery)」も含まれる。

システムのアプローチ

- 例えば、
 - 宇宙船、原子力発電所などの巨大複雑システム
 - 自然災害下の都市社会（塩崎他、2015）
 - 世界規模の社会生態系（Gallopín, 2006）
- システムとは？
 - いくつかの要素によって構成される
 - システムは所定の目的をもつ
 - システムは境界条件を有する（環境が既知である）

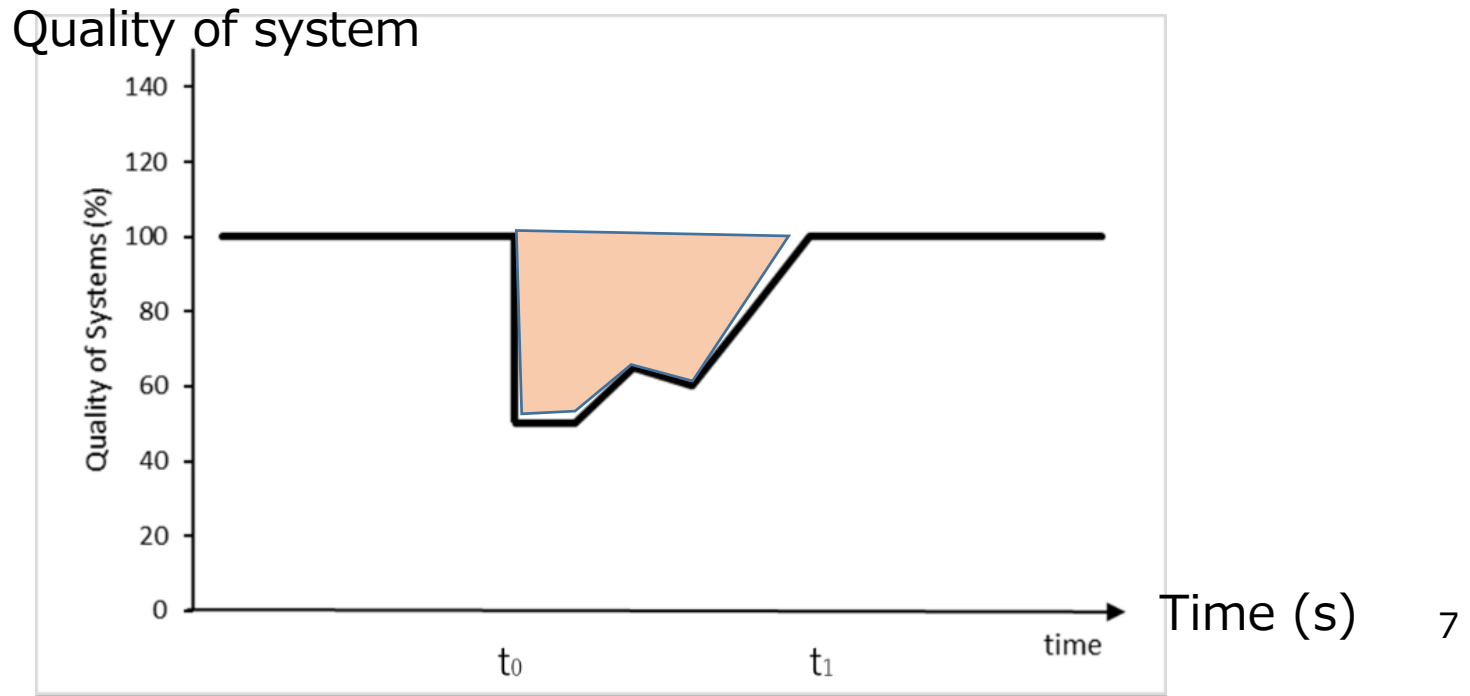
システムのアプローチ（続）

- 巨大複雑系社会経済システムの分類（日本学会議 提言、2008）
- クラス I
 - 目的および環境に関する情報が観測者にとって既知であり、問題を完全に記述できる。
- クラス II
 - 目的に関する情報は既知であるが、環境に関する情報が観測者には予測できず、問題を完全に記述できない。
- クラス III
 - 環境ばかりでなく、目的に関する情報も観測者には予測できず、問題を完全に記述できない。
- 建築物の安全性の問題の多くは、クラスIIIであると考えべきである。
 - 建築物の安全性に関する社会的要求（=目的）は、時代の変化に伴い変化する
 - 地震や強風等に関する環境は日々変化し、知見も日々更新される

(受動的な)レジリエンス Reactive resilience

(受動的な)レジリエンス

- Bruneau et al. (2003)の定義（地震に対するレジリエンス）
 - 衝撃が起こる可能性を低減し、発生したとしても衝撃を吸収し、迅速に回復する能力
- レジリエントなシステムは以下の特性を有する
 - 機能喪失の確率が小さい
 - 機能喪失時の影響が小さい
 - 回復までの時間が少ない



(受動的な)レジリエンスの構成要素

ロバスト性 (robustness)

- ・劣化や機能低下なく所定の力に耐える要素・系の強度あるいは能力



影響

冗長性 (redundancy)

- ・要素や系などがどの程度代替可能か(混乱、劣化、機能喪失の際に機能要求を満たすか)

Cf. 多重性、多様性

迅速性 (rapidity)

- ・損失を抑え、将来の混乱を避けるため、適時に優先順位の要求を満たし、目標を達成する能力



影響

対処能力(resourcefulness)

- ・要素や系の脅威となる状況において、問題を同定し、優先順位をつけ、リソースを動員する能力

時間+空間 (根本・肥田・高田)

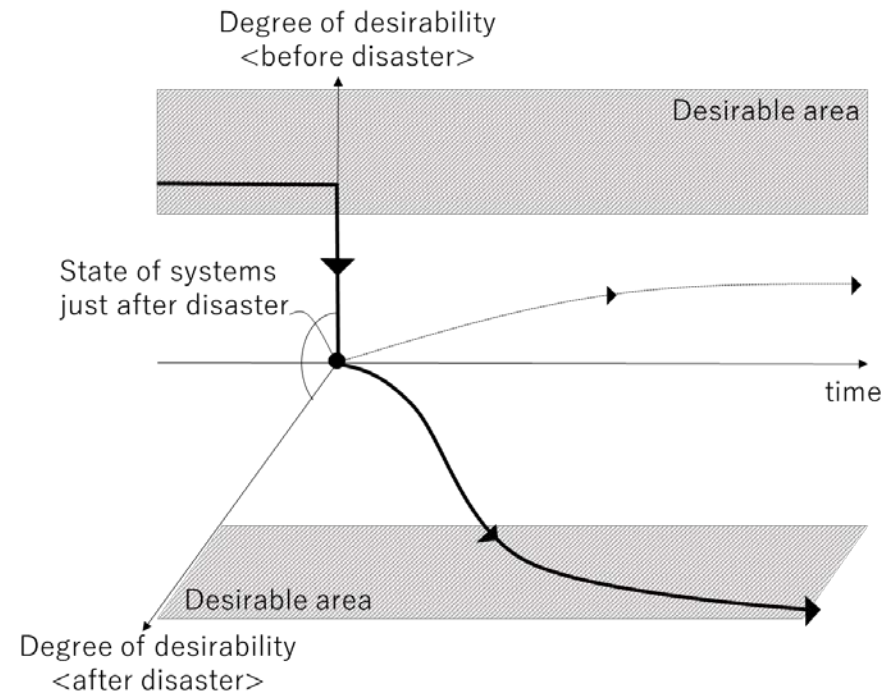
レジリエンスの定量評価

- 巨大複雑システムでは、(そもそも)システムの状態を定量的に評価することが難しい (レジリエンスの定量化においても同様)
- 脆弱性 (vulnerability) の定量評価
 - 物理的な脆弱性
 - 人口 (死傷者)
 - 都市、建築物、インフラの被害 など
 - 社会的な脆弱性
 - 社会・経済 など
- レジリエンスの定量評価
 - PEOPLES (MCEER-10-0006, 2010)
 - 人口統計 (Population and demographics)
 - 環境・生態系 (Environment and ecosystem)
 - 行政サービス (Organized government services)
 - 物理的インフラ (Physical infrastructure)
 - 生活様式・コミュニティの力 (Lifestyle and community competence)
 - 経済発展 (Economic development)
 - 社会文化資本 (Social-cultural capital)

(主体的)レジリエンス
Proactive resilience

適応的再構築能力としてのレジリエンス

- 都市システムには、被災前の状態以外にも望ましい状態が複数存在する可能性があることが前提
- 被災前の状態が最適であるとは限らない
 - 時代の変化とともに望ましい状況が変化し、震災前の状況は必ずしも望ましい状況ではないことも



適応能力 (Adaptive capacity)

- 気候変動などの継続的なストレスに対する適応能力
 - 適応のための選択肢を計画、準備、促進、実行する能力

この「適応能力」をレジリエンスと呼ぶことも

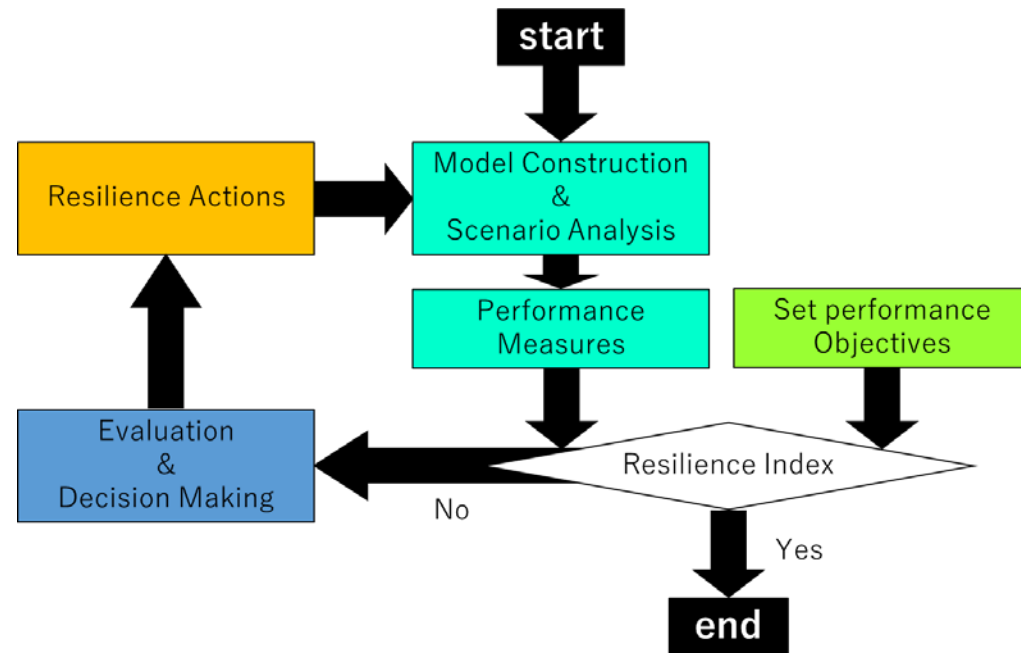
- 建築物の安全性の問題の多くは、クラスIIIであると考えられる。
 - 建築物の安全性に関する社会的要求 (=目的) は、時代の変化や技術の進歩に伴い変化する
 - 地震や強風等に関する環境は日々変化し、知見も日々更新される



- 適応能力としてのレジリエンスの重要性
(例えば)
 - 既存不適格の問題等への対処
 - 社会の安全に対する要求の質・量の変化

レジリエンスベースの耐震設計に向けて

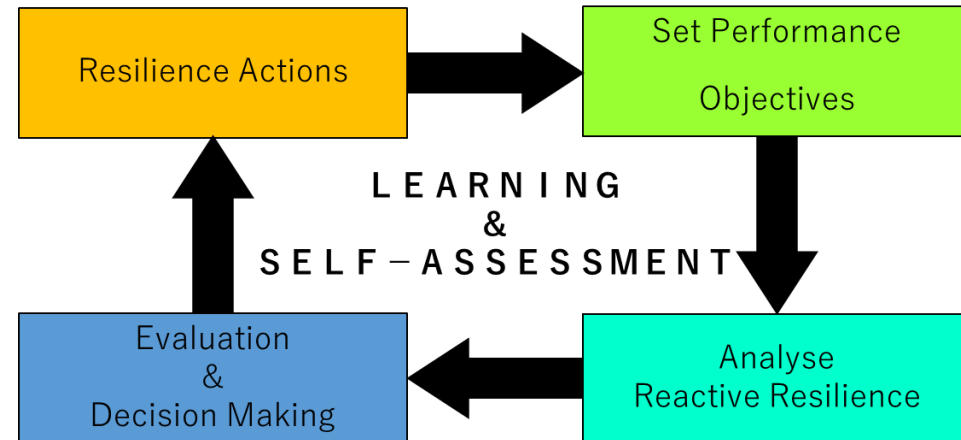
1. システムのレジリエンス評価モデルと考慮するハザードの定義、シナリオの分析
2. レジリエンスに関する性能目標の設定
3. いくつかのシナリオについて、レジリエンス指標を評価
4. 評価結果と性能目標の比較
5. ギャップと優先度の評価、意思決定
6. レジリエンス対策の実行



Cimellaro et al. (2016)を参考に作成

レジリエンスベースの ライフサイクルマネジメント

- 建築物設計・建設時の知見は、徐々に陳腐化する
 - 最新の知見に基づき設計・建設することは当然
 - 社会の安全に対する要求の変化
 - 自然ハザードに対する科学的知見の蓄積
 - 新技術の開発による既存技術の陳腐化
- レジリエンスベースのライフサイクルマネジメントが必要
 - 学習(新知見や新たな価値の受容)を中心にすえた継続的な改善



まとめ

- 「レジリエンス」の定義
 - 狭い定義（受動的レジリエンス）：災害の発生防止、被害低減、回復能力
 - 広い定義（主体的レジリエンス）：緩やかな環境変化等への適応能力も含む
- 地震を含めた自然災害に対する対処には、広い定義のレジリエンス（主体的レジリエンス）が必要
- 今後、レジリエンスベースの荷重・外力に対する設計、ライフサイクルマネジメントなどの具体的な議論が必要ではないか？