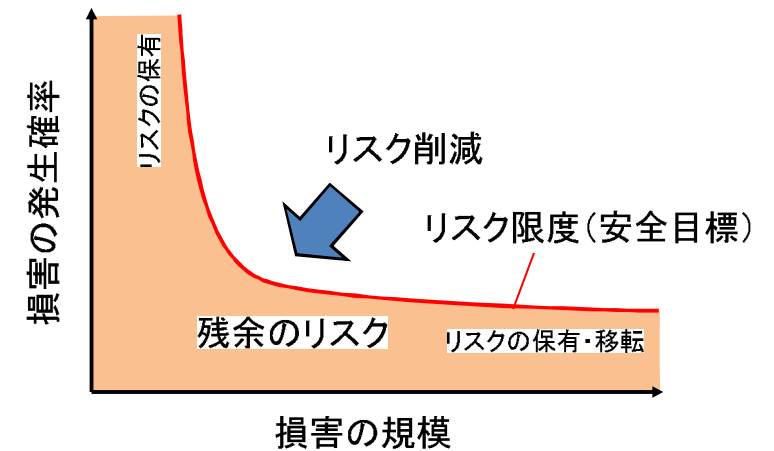


## 大都市重要インフラの レジリエンス

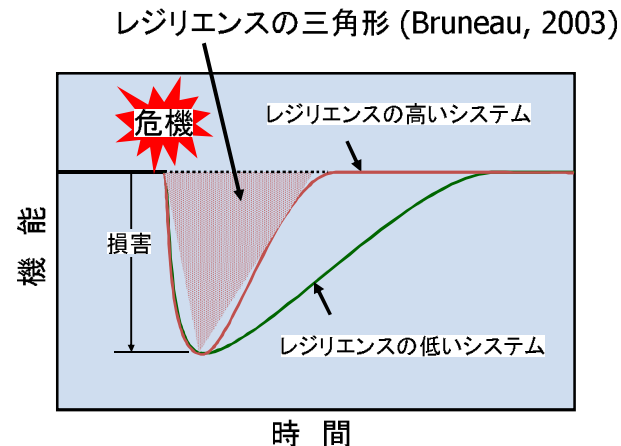
古田 一雄



## リスクに基づく安全



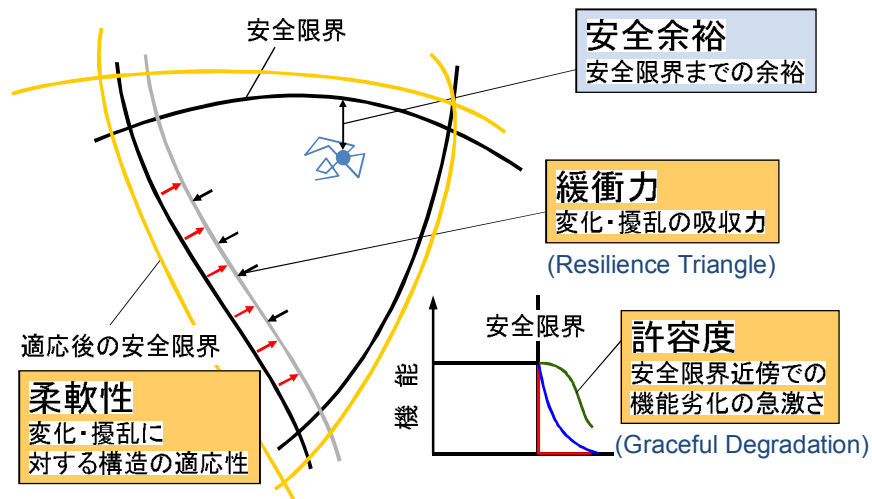
## レジリエンスの一例



## レジリエンスとは

- 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)
- システム安全におけるレジリエンス
  - 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わらず必要な機能を継続するシステム固有の能力 (Hollnagel, 2006)

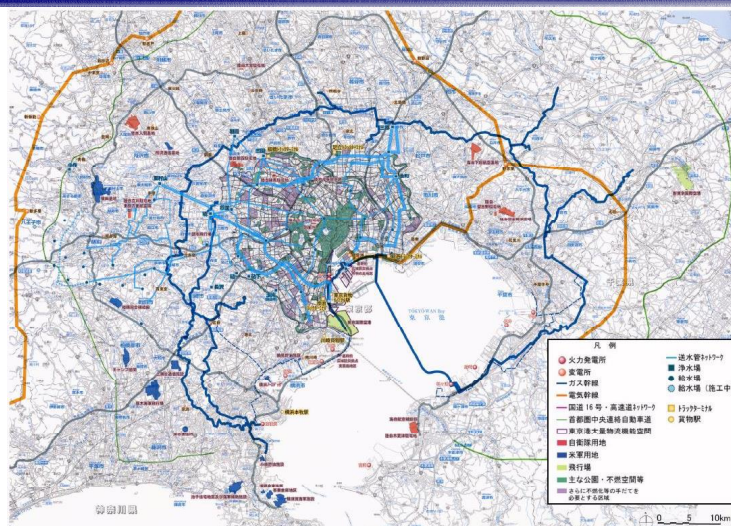
## レジリエンスとシステム特性



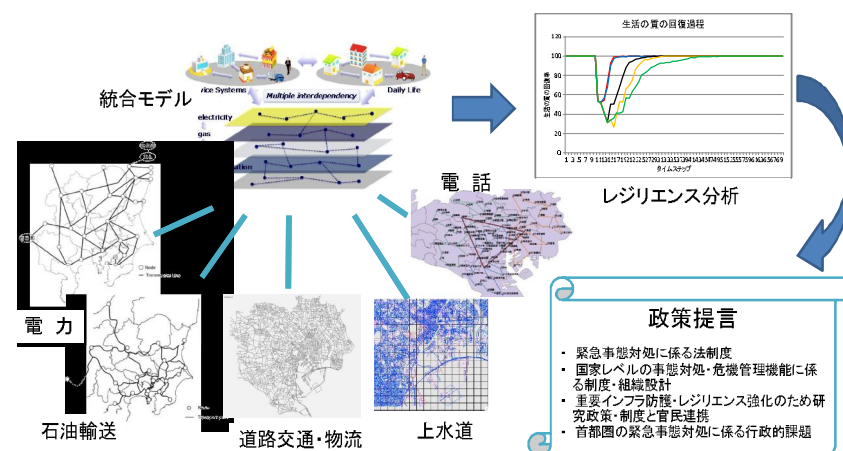
## 大都市重要インフラの重要性

- 東日本大震災・福島事故後の状況
  - 国土強靱化基本法(2013)、国土強靱化基本計画(2014)
  - 非常に高い地震リスク(首都直下、南海トラフ)
  - 市民生活に不可欠な重要インフラの脆弱性
- 残された課題
  - 世界経済の混乱、テロ、パンデミックなどの脅威
  - 世界的なナショナルレジリエンスへの認識の高まり
  - 危機管理、回復促進に関する社会制度設計

## 首都圏重要インフラの概要

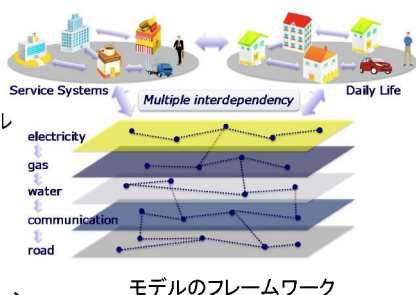


## 政策提言のためのレジリエンス分析



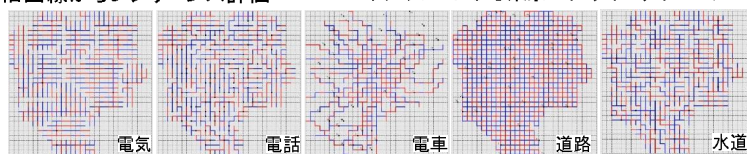
# 複合インフラの統合モデル

- シミュレーションモデルの特徴
  - 人間中心視点の採用(都市システム)
  - 拡張された複合相互依存性
  - ネットワークモデル&エージェントモデル
  - 災害復旧過程の最適化(GA)



- レジリエンス評価の手順
  - 想定被害を設定
  - ライフライン復旧計画の作成
  - 復旧計画下での復旧過程シミュレーション
  - 復旧曲線からレジリエンス評価

3次メッシュによる東京23区ライフラインモデル



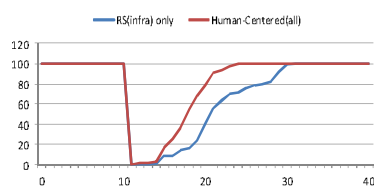
# 複合インフラの相互依存性

## 相互依存性の再分類

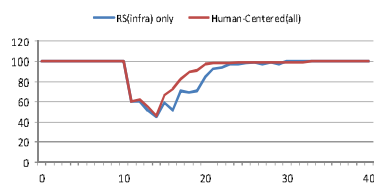
|           | 生活                                                                                                        | 企業・サービス活動                                                                                                        | ライフライン機能                                                                                                           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生活        | ①生活活動間の依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>リソース競合/分配</li> <li>地理的依存性</li> </ul>                    | ②生活のサービス依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul>                              | ③生活のライフライン依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul>                              |
| 企業・サービス活動 | ④サービスの生活依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>需要依存性</li> <li>(労働力)供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul>   | ⑤サービス間の依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>供給依存性</li> <li>需要依存性</li> <li>(代替性)</li> <li>地理的依存性</li> </ul> | ⑥サービスのライフライン依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul>                            |
| ライフライン機能  | ⑦ライフラインの生活依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>需要依存性</li> <li>(労働力)供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul> | ⑧ライフラインのサービス依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>(需要依存性)</li> <li>供給依存性</li> <li>地理的依存性</li> </ul>         | ⑨ライフライン間の依存性 <ul style="list-style-type: none"> <li>供給依存性</li> <li>需要依存性</li> <li>(代替性)</li> <li>地理的依存性</li> </ul> |

# 目的関数の違いによる影響

## サービス達成度の回復



## 生活者満足度の回復



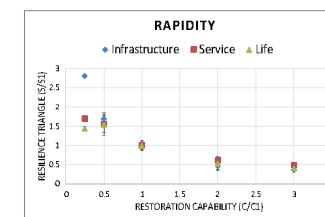
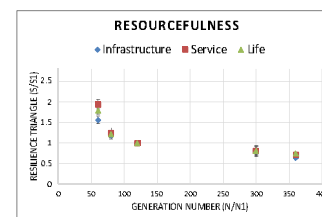
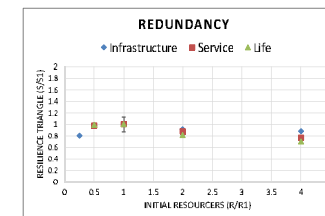
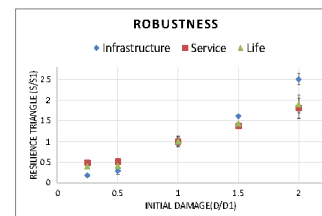
目的関数 =  $(\alpha RS + \beta SA + \gamma CS) - \delta RE$

RS : 復旧速度  
SA : サービス達成度  
CS : 生活者満足  
RE : 回復努力

✓ 技術社会システム相互の依存性の考慮

✓ 人間中心の視点

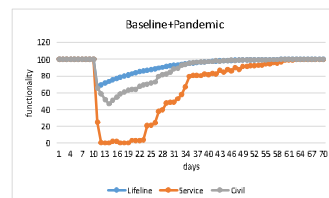
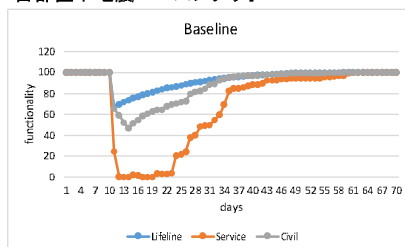
# 4Rフレームワークによる検証



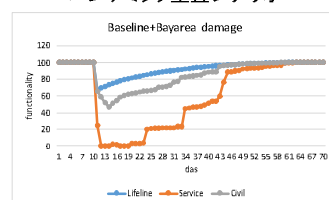


## 評価結果の例

首都直下地震ベースシナリオ

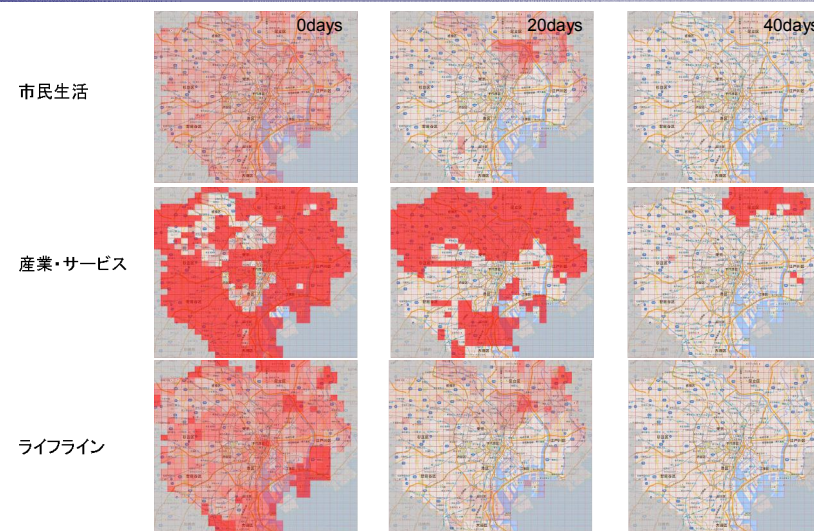


パンデミック重畳シナリオ



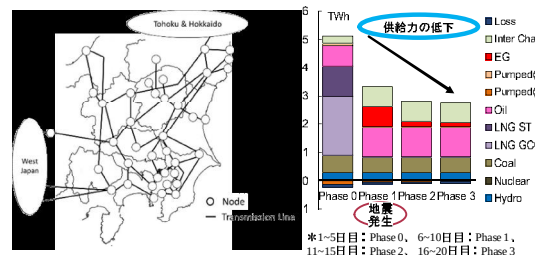
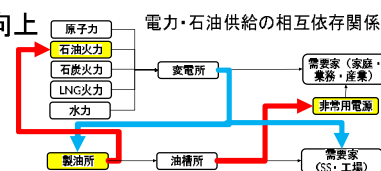
湾岸部被害拡大シナリオ

## レジリエンスマップ



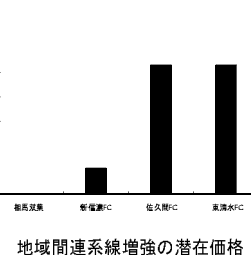
## エネルギーシステム

- 関東圏エネルギー需給のレジリエンス向上
  - 関東圏の電力・石油需給モデルの構築
  - 基準シナリオに首都直下地震を想定
  - 湾岸の電力・石油設備の事故リスク
  - 確率動的計画法によるコスト最小化
  - 電力・石油設備の強化策の費用対効果を評価



関東圏電力供給モデル

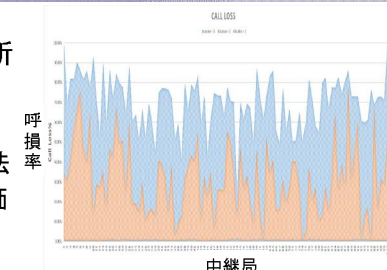
関東圏の発電量の推移



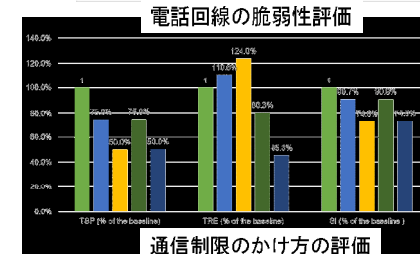
地域間連系線強化の潜在価格

## 情報通信システム

- 東京23区電話網のレジリエンス分析
  - 固定電話の論理／物理回線モデル
  - レジリエンス評価基準の検討
  - シミュレーションによる呼損率評価手法
  - 呼量サージ・損害に対する脆弱性評価
  - 通信制限の効果の評価



東京23区論理／物理回線モデル

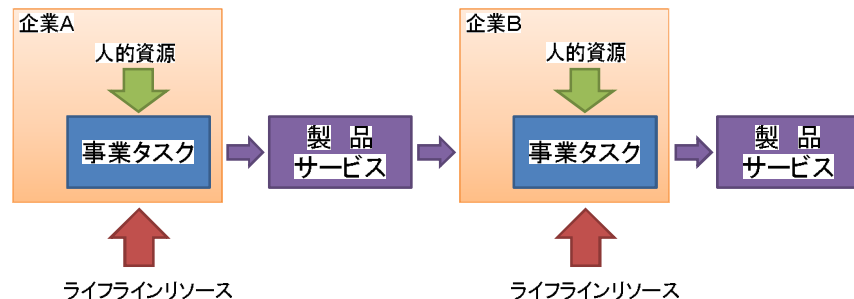


電話回線の脆弱性評価

通信制限のかけ方の評価

## モデルの拡張(サプライチェーン)

- 事業継続計画(BCM)のためには緊急時のサプライチェーンの組換えが必要



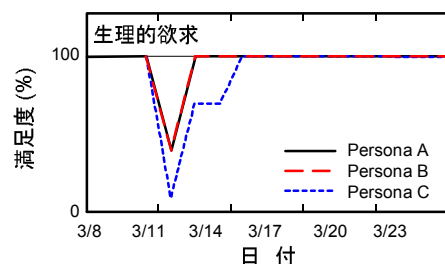
## モデルの拡張(価値観の違い)

- 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
- マズローの欲求階層
  - 生理的欲求
  - 安全欲求
  - 社会的欲求
  - 承認欲求
  - 自己実現欲求

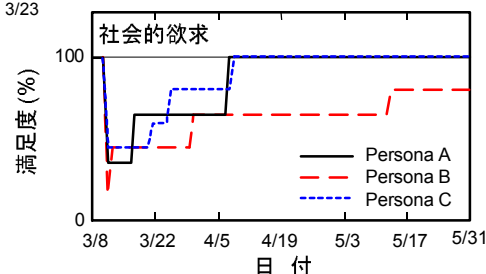
### 【ペルソナの例】

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(血圧が少し高く常備薬を服用、数日間は服用しなくても特に影響なし)  
 職業:自営業

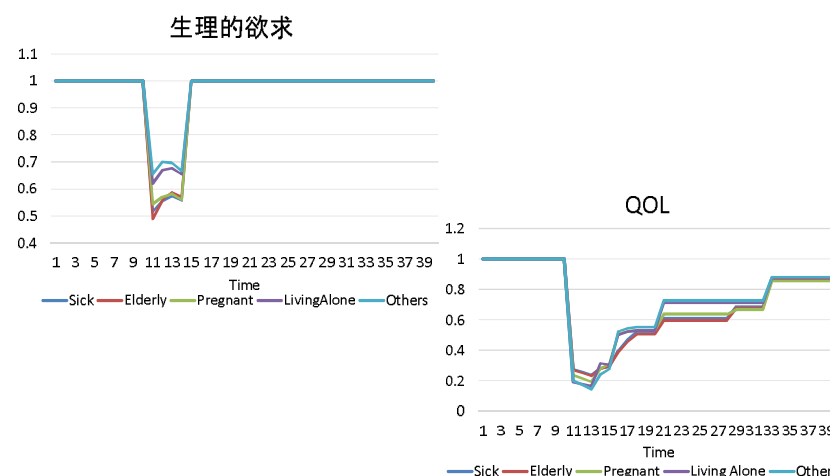
## 東日本大震災後の試験評価



気仙沼市在住の3人  
 A 会社員  
 B 自営業者  
 C 退職後の高齢者



## ペルソナごとの評価

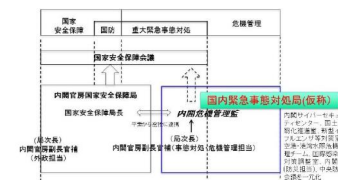


## 政策提言(1)

- 緊急事態対処に係る法制度
  - 提言1: 国家レベルでの事態対処を主眼とする国内緊急事態対処法(仮称: Civil Emergency and Resilience Act)を制定すること
    - 「緊急(対処)事態」の統一的定義、具体的な構成要件
    - オールハザード・アプローチによる事態対処
    - プッシュ型事態対処: 全体スキーム、関係主体の役割・権限・責任、発動要件・手続き
    - スタンバイ法の発動
    - 国家リスクアセスメント、広域リスクアセスメントの義務付け、知見活用
    - 重要インフラ防護・レジリエンス確保とセクター・レジリエンス計画の義務付け
  - 提言2: 緊急事態においてやむを得ず行われる超法規的措置を可能な限り減らすために、緊急事態において妥当すべき法、いわゆるスタンバイ法(行政法規の特例セット)を予め用意すること

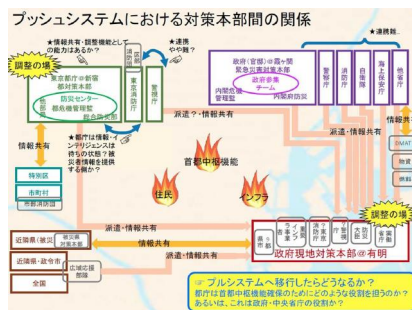
## 政策提言(2)

- 国家レベルの事態対処・危機管理機能に係る制度・組織設計
  - 提言1: 国内緊急事態対処局(仮称、Civil Emergency and Resilience Secretariat)を内閣官房に創設し、国家レベルの危機管理・レジリエンス機能の強化を図ること
  - 提言2: 各省庁に緊急事態対処の専門部署(Emergency and Resilience Division)の設置および緊急時の科学的助言システムを構築すること
  - 提言3: 政府レベルでの戦略的フォーサイト機能を有すること
- 重要インフラ防護・レジリエンス強化のため研究政策・制度と官民連携
  - 提言1: 分野横断かつ省庁横断的な俯瞰的研究を継続的に実施可能とするスキームを構築すること
  - 提言2: 緊急事態対処の観点から防災調査研究のあり方を再考すること
  - 提言3: オールハザードを対象とした緊急事態対処・レジリエンスに関する大学COEプログラムを創設し、先端研究および教育を推進し、緊急事態対処を担う行政・学術・産業界の次世代の人材を育てること
  - 提言4: 重要インフラ事業のセクター・レジリエンス計画策定を通して官民パートナーリングの強化を図ること



## 政策提言(3)

- 首都圏の緊急事態対処に係る行政的課題
  - 提言1: 首都圏における合理的な最悪事態シナリオを複数想定し、包括的なリスクアセスメントを早急に実施すること
  - 提言2: 首都中枢機能確保に係る目標と業務を定めた上で、業務の主導・支援省庁システムを設計し、政府として首都中枢機能確保の業務継続計画の十分性、実効性を精査すること
  - 提言3: 首都圏の緊急事態対処のスタンバイ法を予め用意しておくこと
  - 提言4: 首都東京の特殊性(警察制度・消防制度と特別区制度)を踏まえた、緊急事態対処上の課題と方策を検討しておくこと
  - 提言5: 政府対策本部、政府現地対策本部、被災都県対策本部の役割について改めて検討し、実効性ある体制を構築すること



## まとめ

- 大都市重要インフラのレジリエンス評価
  - 人間中心視点
  - 複合インフラモデル(複合的相互依存性)
  - 複合的脅威(オールハザード)
- シミュレーションは大都市重要インフラのレジリエンス分析を行い、政策提言につなげるためのほとんど唯一のアプローチ