

# 大都市重要インフラの レジリエンスと危機管理政策

工学系研究科レジリエンス工学研究センター

古 田 一 雄



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

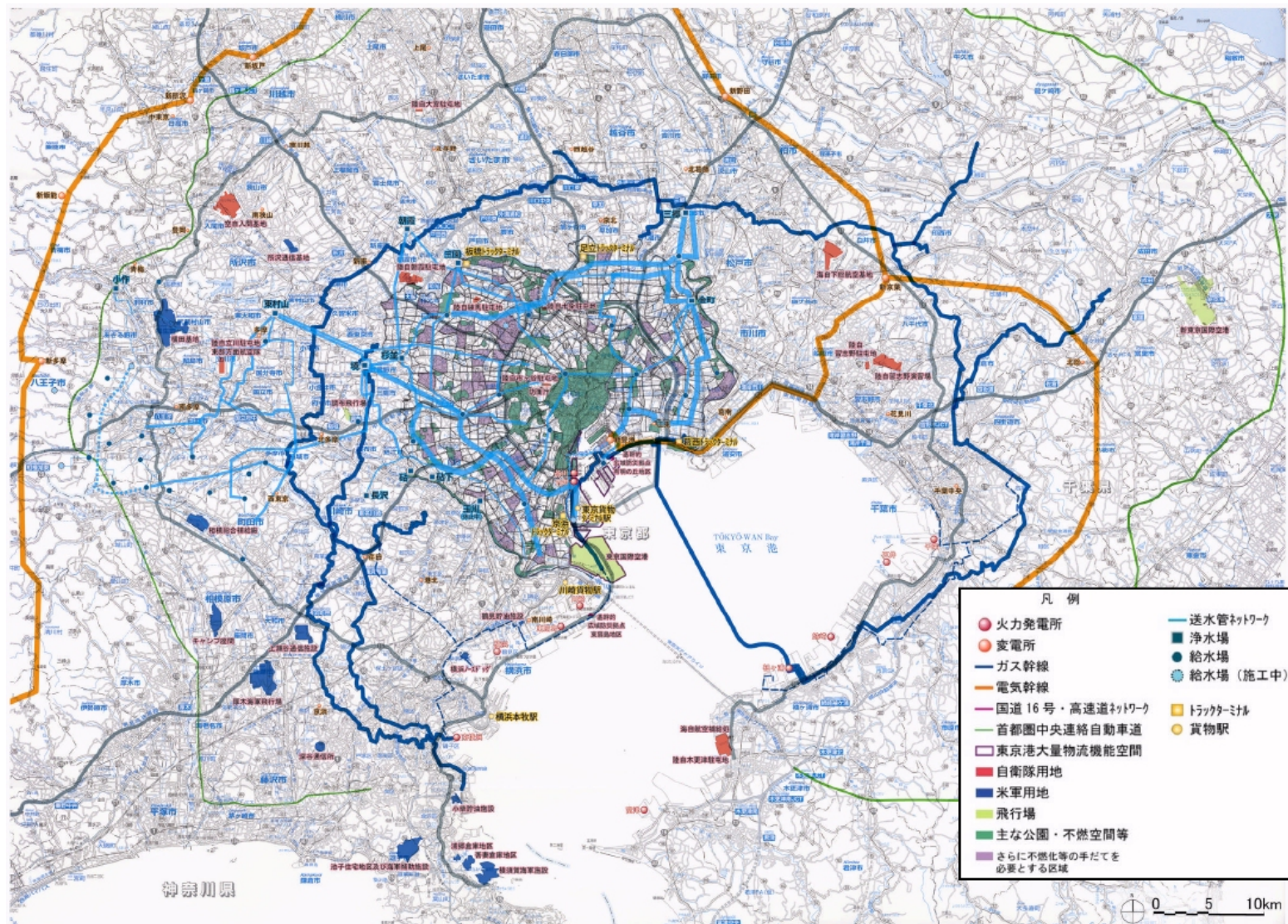


# 研究の背景

- 東日本大震災・福島事故後の状況
  - 国土強靱化基本法、国土強靱化基本計画
  - 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
- 解決が待たれる課題
  - 具体的で包括的なナショナルレジリエンス向上策
  - 市民生活に不可欠な重要インフラの脆弱性の把握
  - 危機管理、回復促進に関する社会制度設計



# 首都圏都市インフラのイメージ





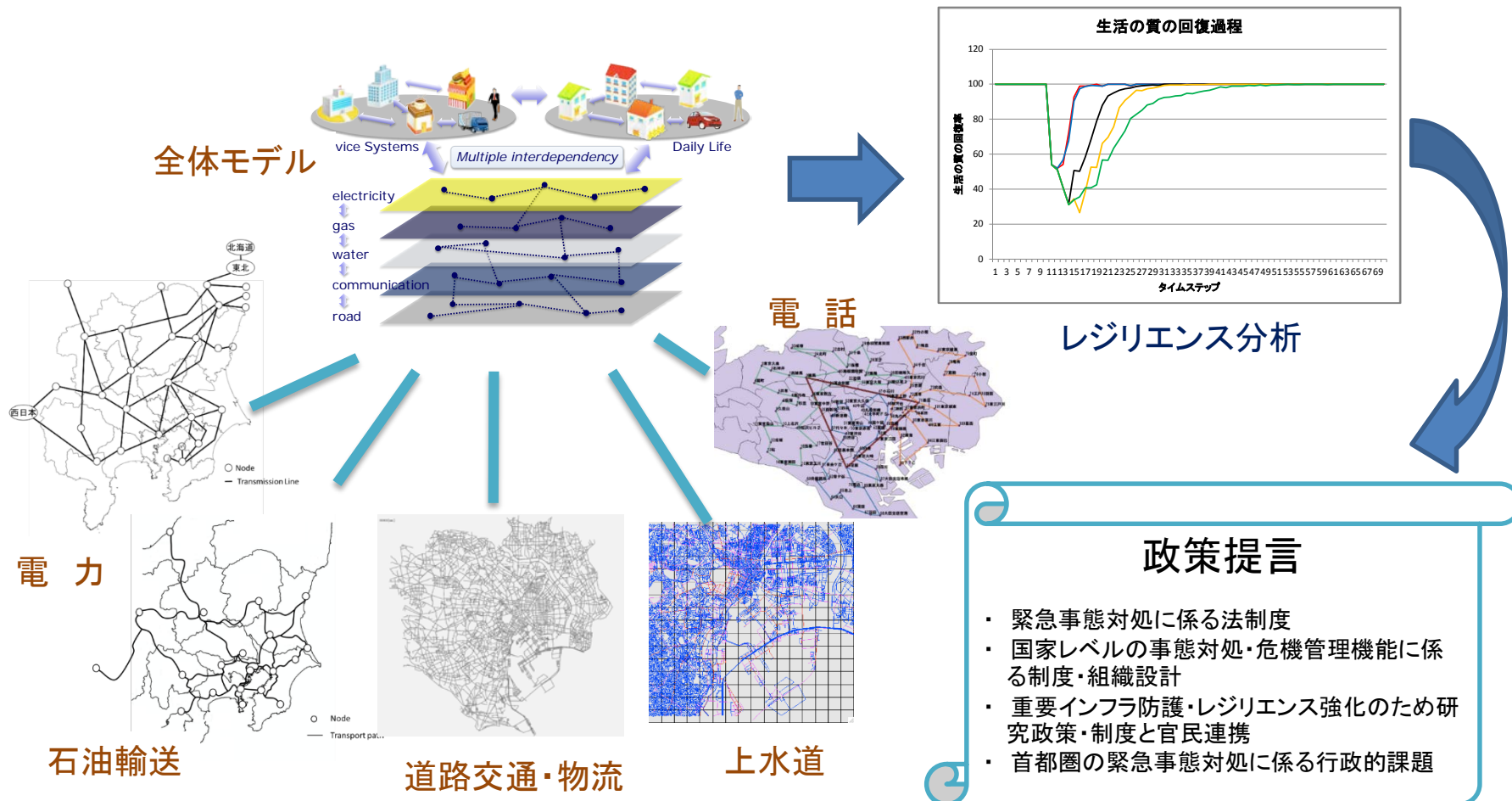
# 研究のねらい

- さまざまな脅威に対する**複合インフラシステム**の挙動をその**相互依存性**も考慮した上でシミュレーションし、複合インフラシステムの**レジリエンス分析**のための手法を開発する。
- 分析によって得られた知見に基づき、**政府省庁横断**による**危機管理政策**のための包括的な枠組みと施策の必要性への理解を促し、**政策・制度設計**に資する情報を提供する。





# プロジェクトの概要



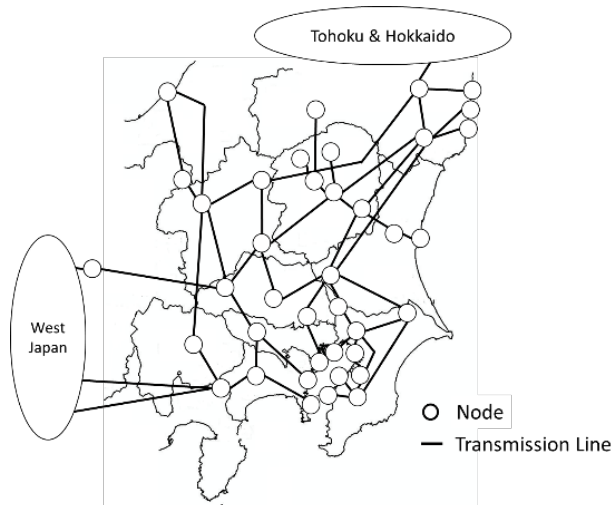
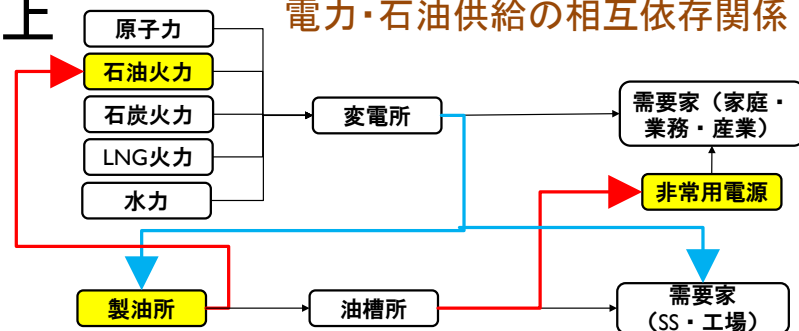


# エネルギーシステム

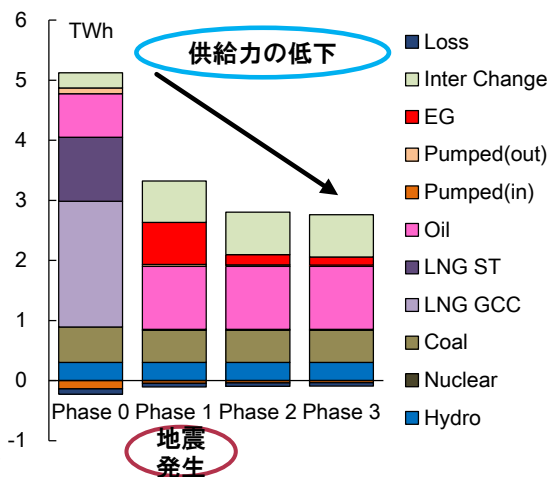
## ● 関東圏エネルギー需給のレジリエンス向上

- 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

### 電力・石油供給の相互依存関係

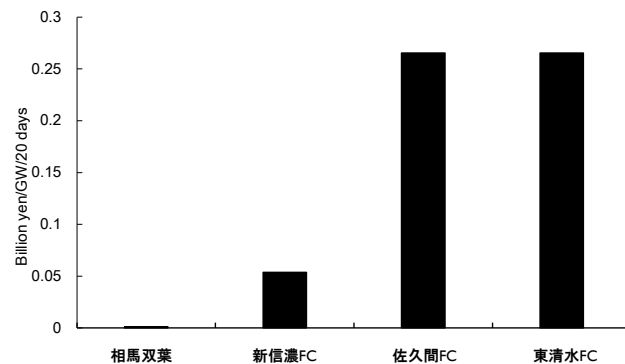


関東圏電力供給モデル



\* 1~5日目: Phase 0、6~10日目: Phase 1、  
11~15日目: Phase 2、16~20日目: Phase 3

関東圏の発電量の推移



地域間連系線増強の潜在価格

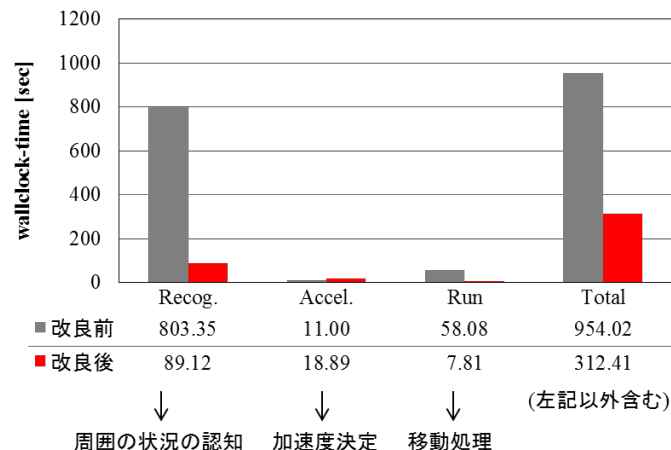


# 交通物流システム

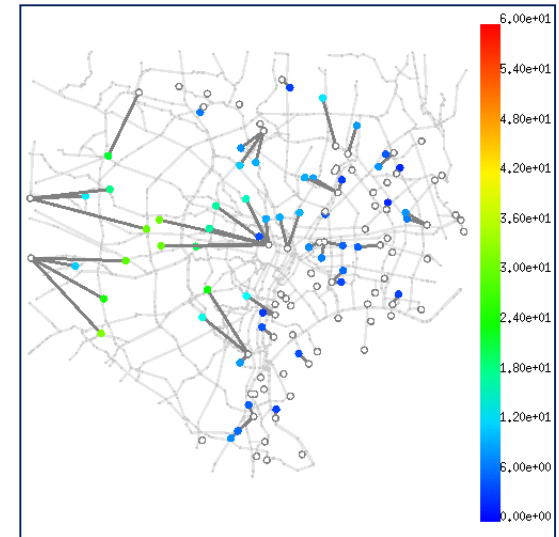
- 東京23区の交通物流シミュレーション
  - マルチエージェント交通流シミュレータ ADVENTURE Mates
  - 公開地図から東京23区道路網モデルを作成
  - 並列計算、探索アルゴリズム改良等によるシミュレーションの高速化
  - 道路網モデルの3次メッシュモデルへのマッピング(全体モデルとの接続)
  - 広域輸送基地から地域内輸送拠点までの輸送時間評価
  - 復旧計画の評価・最適化



詳細道路地図



計算ボトルネック解消による高速化

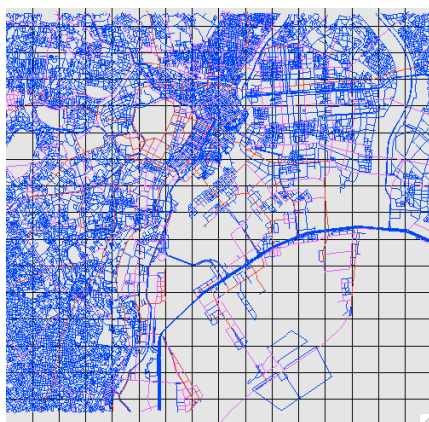


広域輸送基地からの輸送

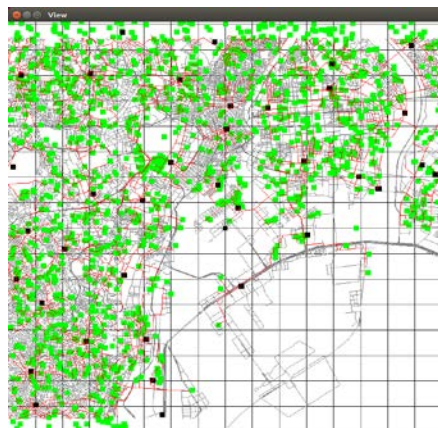


# 上水道システム

- 東京湾岸部12区の上水道管の被害予測プラットフォーム構築
  - 道路網から上水道管路を推定
  - 重要拠点の抽出、管径、耐震継手位置の推定
  - 重要拠点位置、液状化係数等導入
  - 耐震化戦略による将来被害予測(2020年耐震化率42.6%)



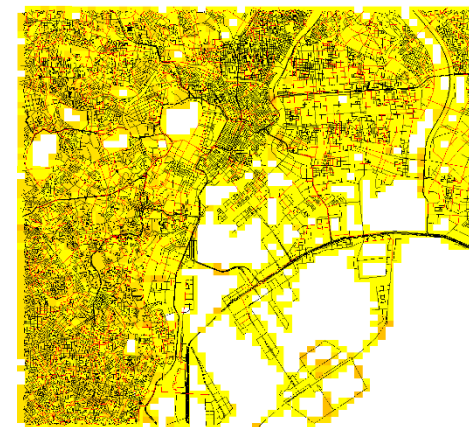
上水道管路の推定



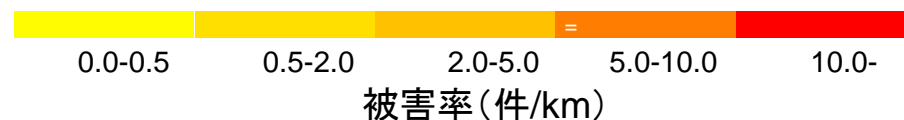
重要拠点の抽出



重要拠点優先



液状化危険地区優先



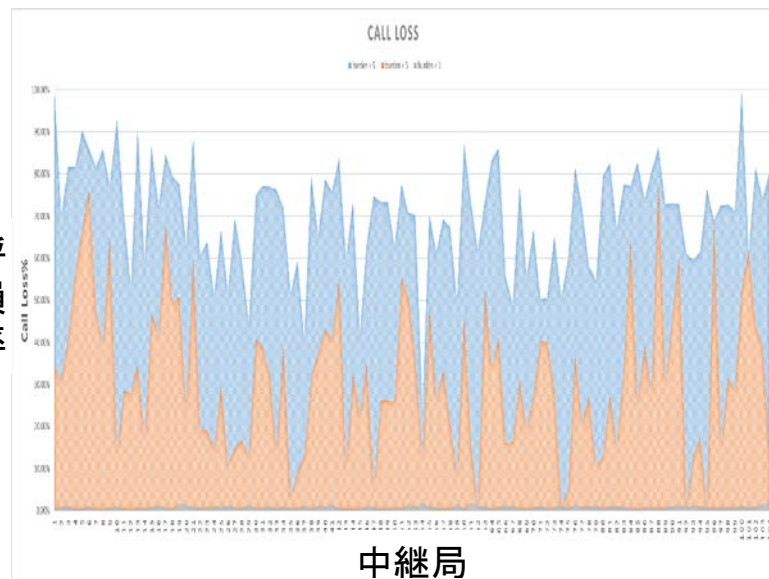




# 情報通信ネットワーク

- 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

呼損率

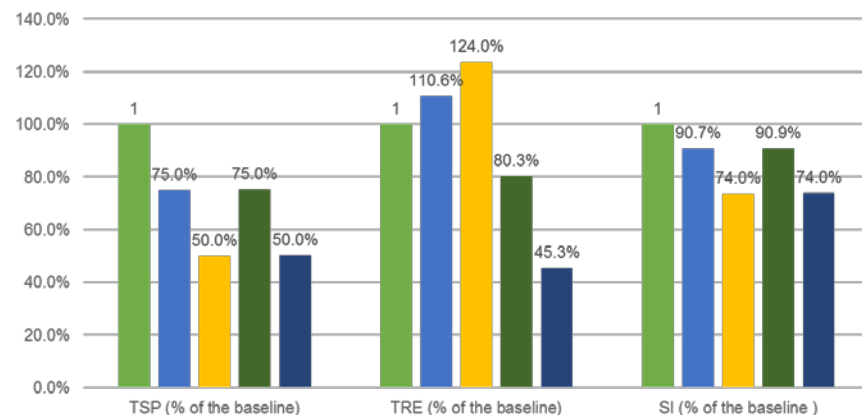


中継局

電話回線の脆弱性評価



東京23区論理／物理回線モデル

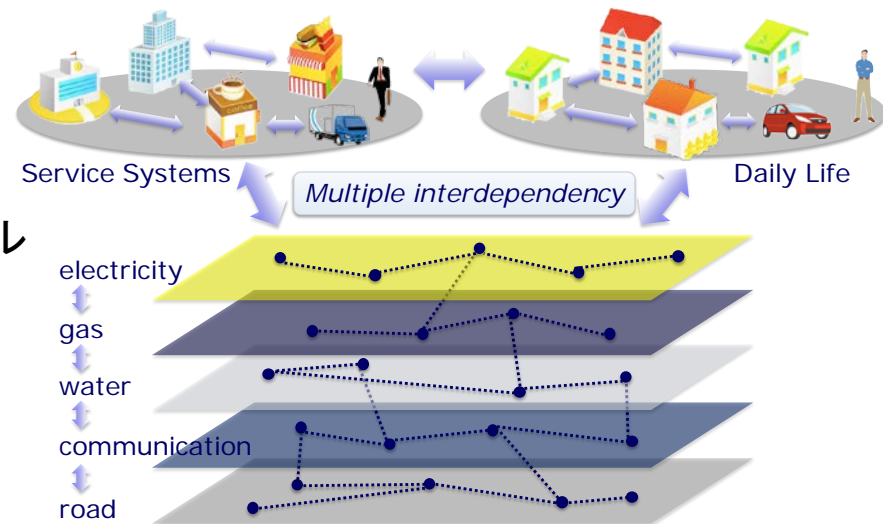


通信制限のかけ方の評価



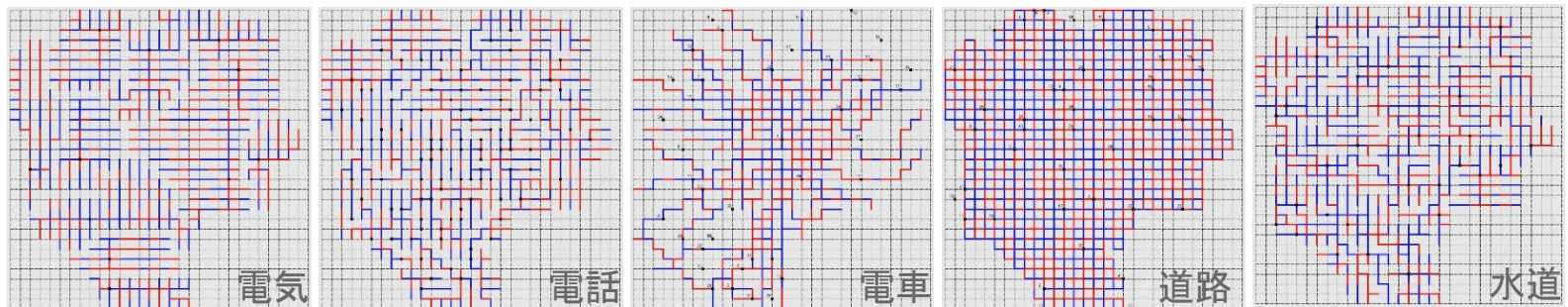
# 複合インフラの相互依存性解析(1)

- 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
  - 災害復旧過程のシミュレーション(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
  - 復旧計画下での回復過程シミュレーション
  - 復旧曲線からレジリエンス評価



モデルのフレームワーク

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解析(2)

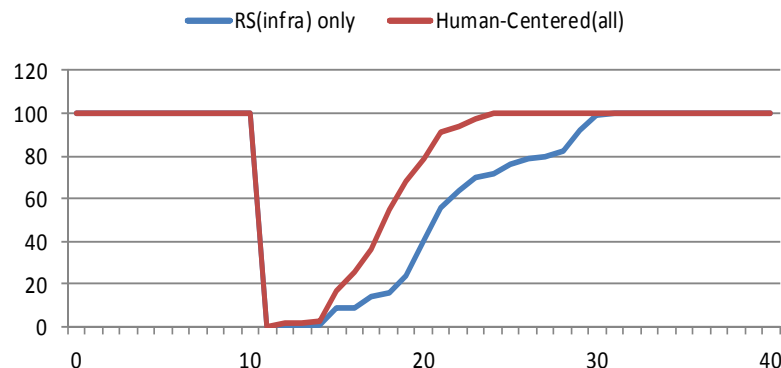
## 相互依存性の再分類

	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>

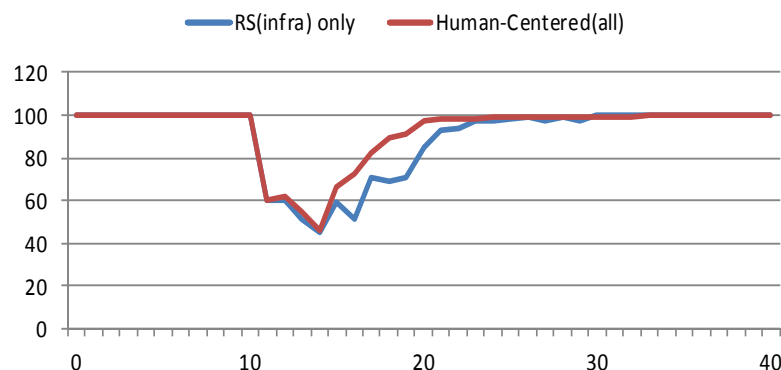


# 目的関数の違いによる影響

## 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

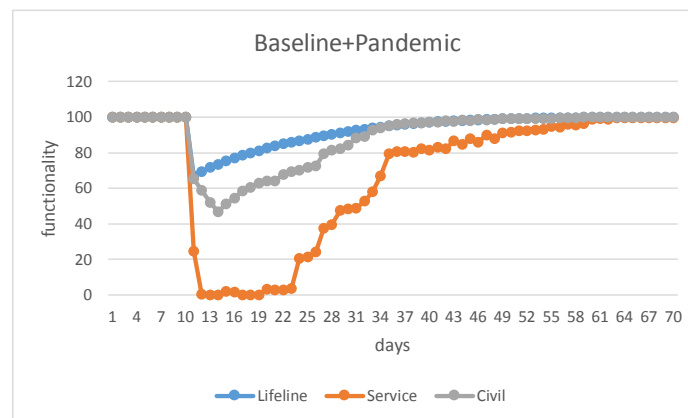
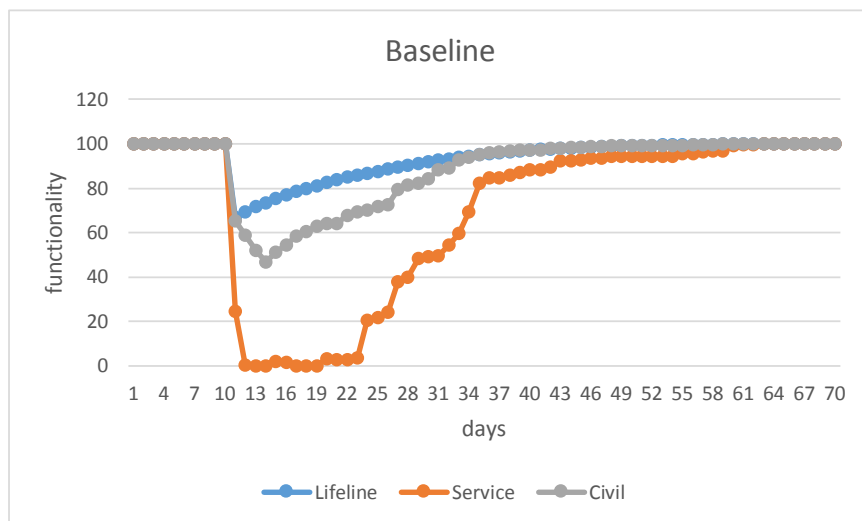
- ✓ 技術社会システム相互の依存性の考慮
- ✓ 人間中心の視点



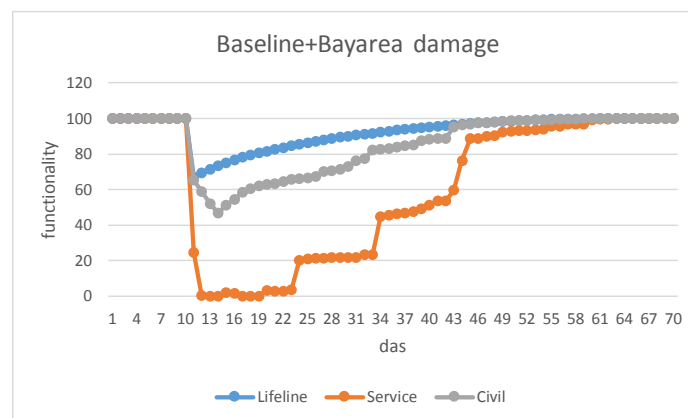


# 複合インフラの相互依存性解析(3)

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

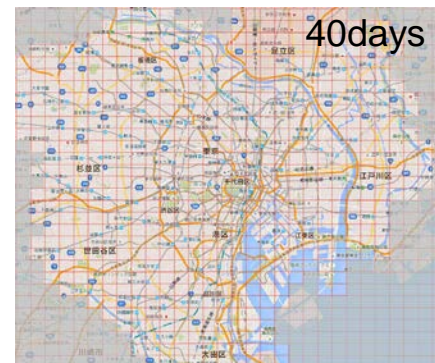
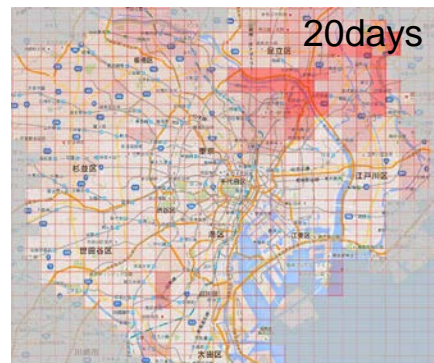
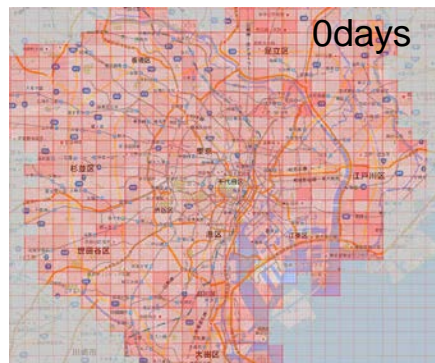


湾岸部被害拡大シナリオ

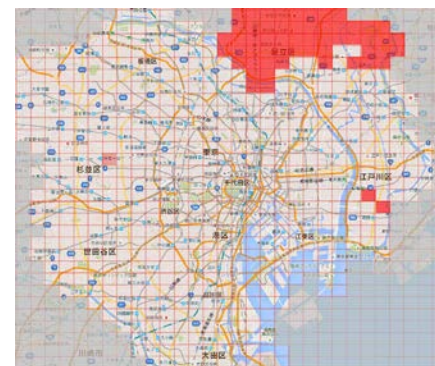
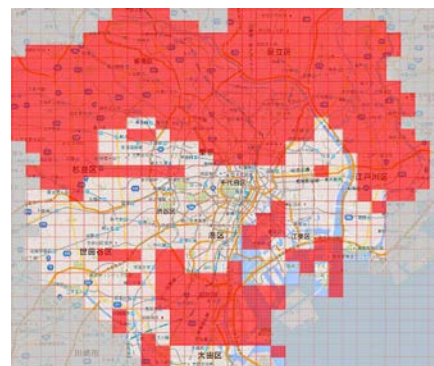
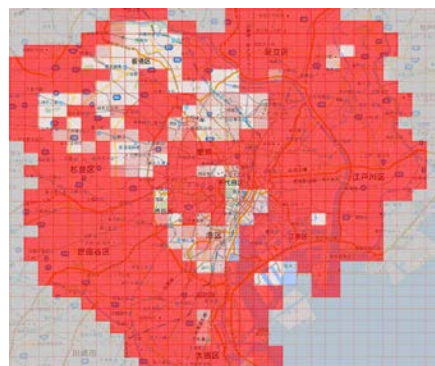


# 複合インフラの相互依存性解析(4)

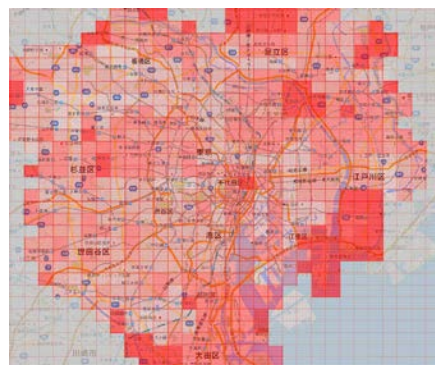
市民生活



企業・サービス



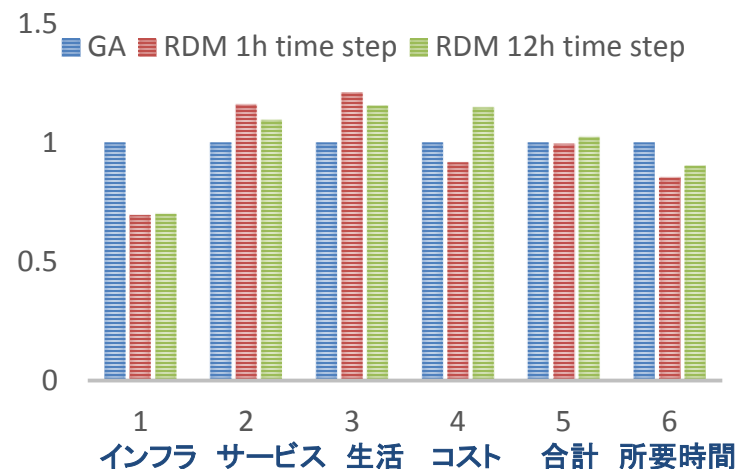
ライフライン



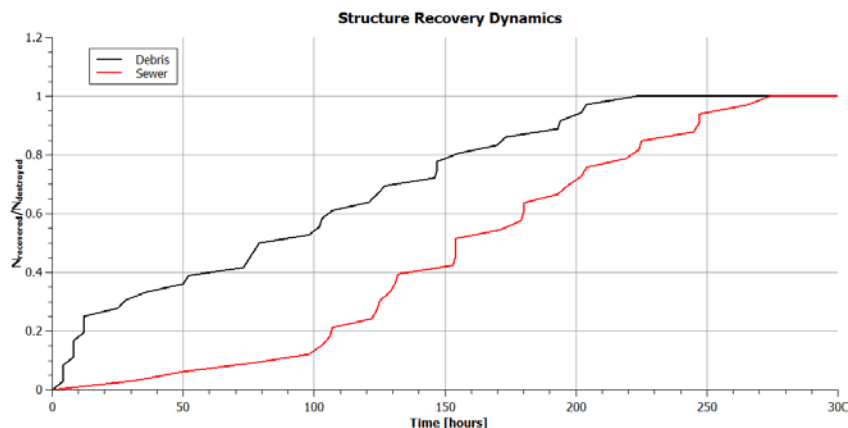


# リアクティブな復旧計画

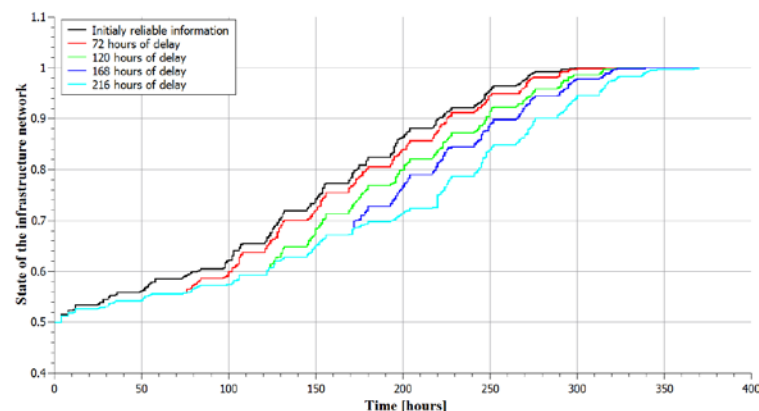
- リアクティブな復旧計画
  - ー 現実には情報の不完備性、局在性、状況変化がネック
  - ー 緊急度によるトライアージに基づき逐次的に意思決定
  - ー 状況依存で臨機応変に再計画



GAによる復旧計画との比較



道路啓開と下水道修復の優先順位付け

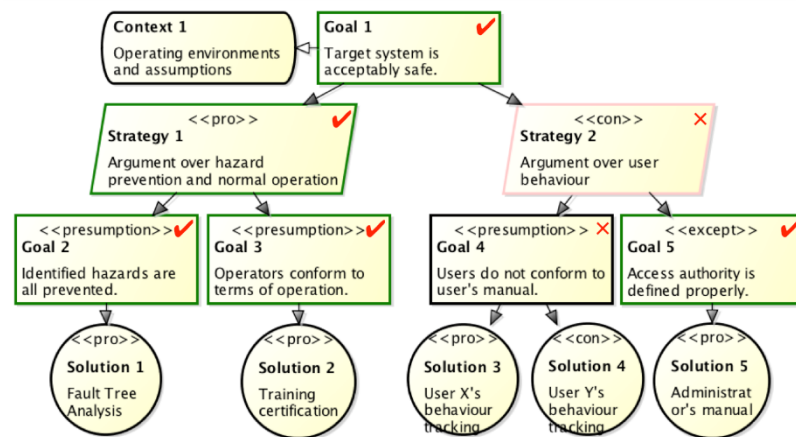


情報遅延による影響



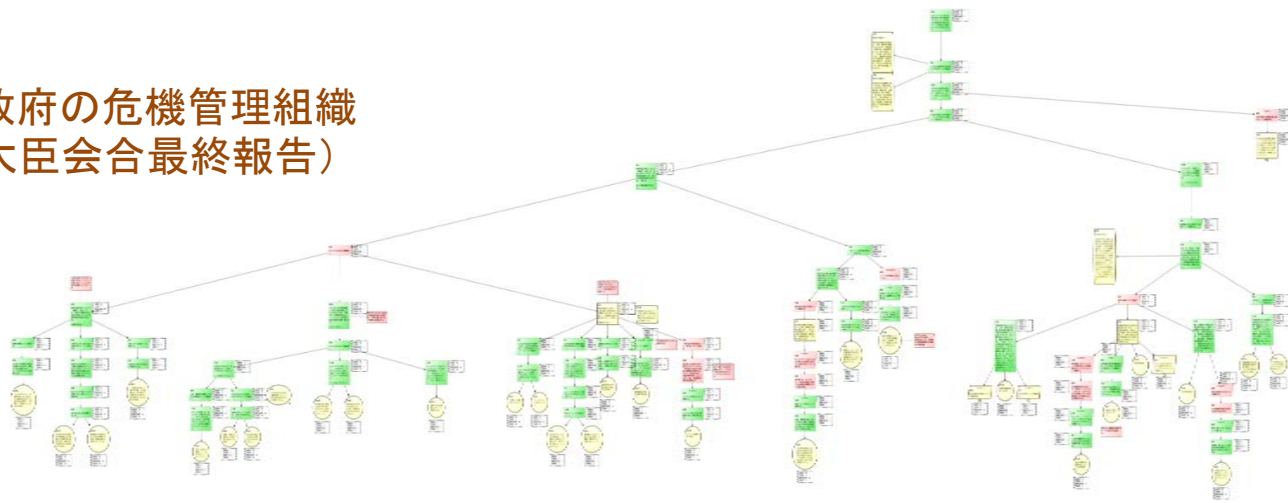
# 政策議論のレジリエンス分析

- 政策議論の分析システムの開発
  - 議論の論理構造の記述・可視化
  - 政策議論のレジリエンス評価手法  
頑健性、冗長性、臨機応変性、迅速性
  - 事例適用による有効性確認
  - 議論の論理構造からの賛否予測



撤回可能付きゴール構造表記法 (dGSN)

政策議論の議論構造 (政府の危機管理組織  
の在り方に係る関係副大臣会合最終報告)







# 制度・政策研究からの知見

- 緊急対応事態に係る法制度の現状分析と課題の構造化
  - 英米ではあらゆる脅威を対象とした**包括的な法律**があるのに対し、日本の緊急事態対応では脅威ごとに**個別法**で対応
  - 東日本大震災の際、平時法規の**特例措置がなかった**ことが障害
- 危機管理機能の組織制度設計
  - 英国は基本的に地域対応に加えて**主導省庁**方式を採用、米国では国家レベルの緊急事態対応は国土安全保障省(DHS)に**一元化**
  - 日本の体制は英国式に近いが、主管省庁の役割・責任が不明確
  - 首都機能を有する特殊事情に照らすと東京都は危機管理機能不足
- 重要インフラ防護・レジリエンス強化のための政策・制度設計
  - 欧米諸国ではオールハザードを対象とした**国家リスクアセスメント**を政府機関で実施、英米では**将来予測**を政策に反映
  - 日本の国土強靱化アクションプランは決定論アプローチによる防災・減災だけ



# 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
  - 提言2: 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)の制定
- 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を内閣官房に創設
  - 提言2: 各省庁に緊急事態対処の専門部署を設置し、緊急時の科学的助言システムを構築
  - 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



# 政策提言(2)

- 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するスキームを構築
  - － 提言2: 緊急事態対応の観点から防災調査研究のあり方を再考
  - － 提言3: オールハザードを対象とした緊急事態対応・レジリエンスに関する大学COEプログラムを創設
  - － 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
- 首都圏の緊急事態対応に係る行政的課題
  - － 提言1: 首都圏における包括的なリスクアセスメントの早急な実施
  - － 提言2: 首都中枢機能確保に係る業務の主導・支援省庁システムを設計
  - － 提言3: 首都圏の緊急事態対応のスタンバイ法の制定
  - － 提言4: 首都東京都の特殊性を踏まえた、緊急事態対応上の課題と方策を検討
  - － 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再検討し、実効性ある体制を構築



# 成果の概要

- 重要社会インフラの相互依存性、特にライフライン、サービス、市民生活間の相互依存性の重要性
  - ⇒ 省庁横断、官民連携的調整機能・制度
  - ⇒ 分野横断による俯瞰研究
- 社会レジリエンスに関わる制度設計（規制方式・優先順位付けなど）に対するシミュレーションアプローチの有効性
- 科学技術イノベーション政策のガイドラインとしてのレジリエンス
- 政策提言 [http://pari.u-tokyo.ac.jp/publications/policy180220\\_crg.html](http://pari.u-tokyo.ac.jp/publications/policy180220_crg.html)