

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



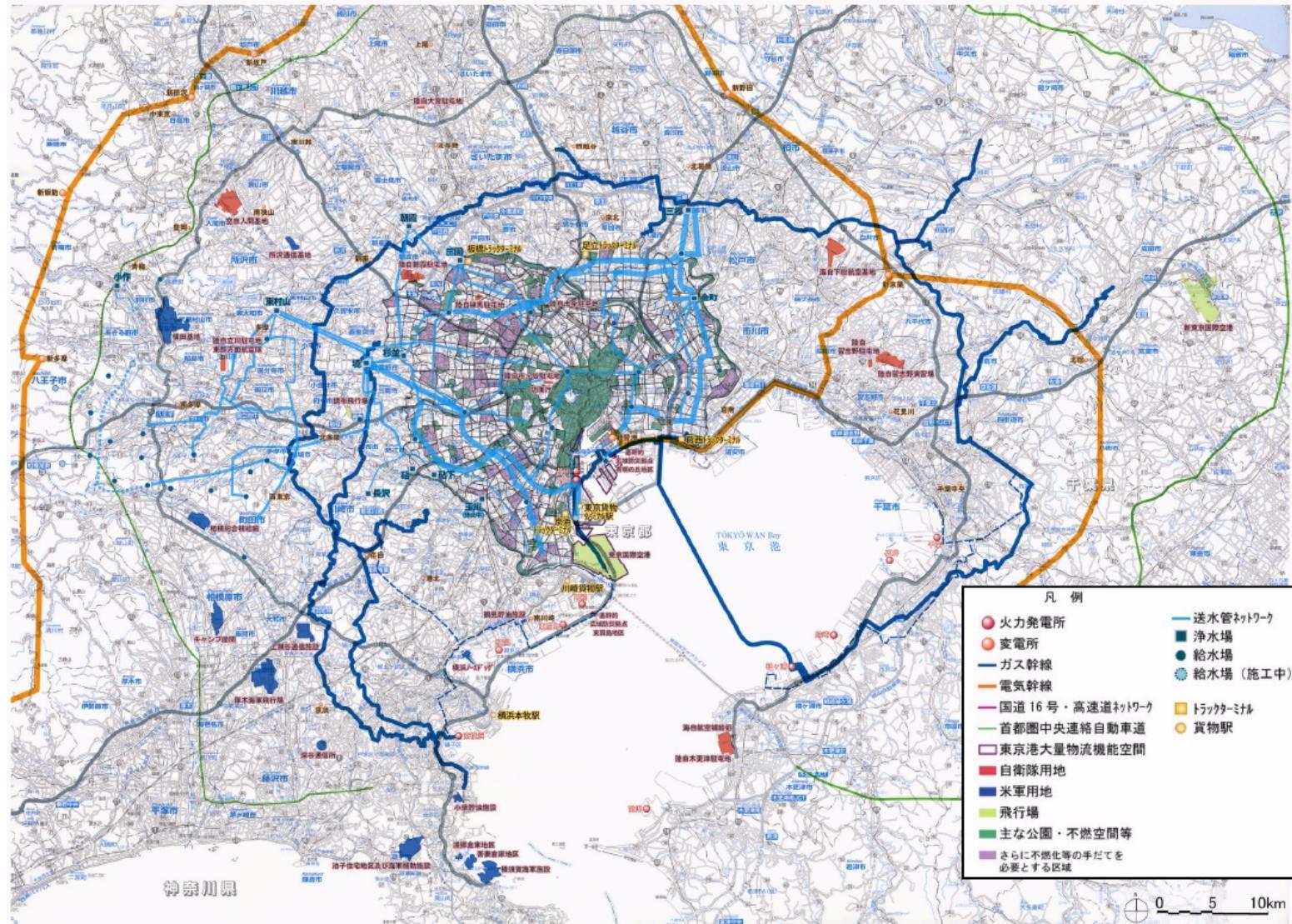


研究の背景

- 東日本大震災・福島事故後の状況
 - 国土強靭化基本法、国土強靭化基本計画
 - 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



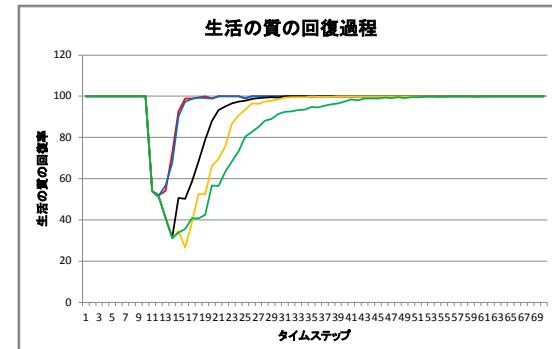
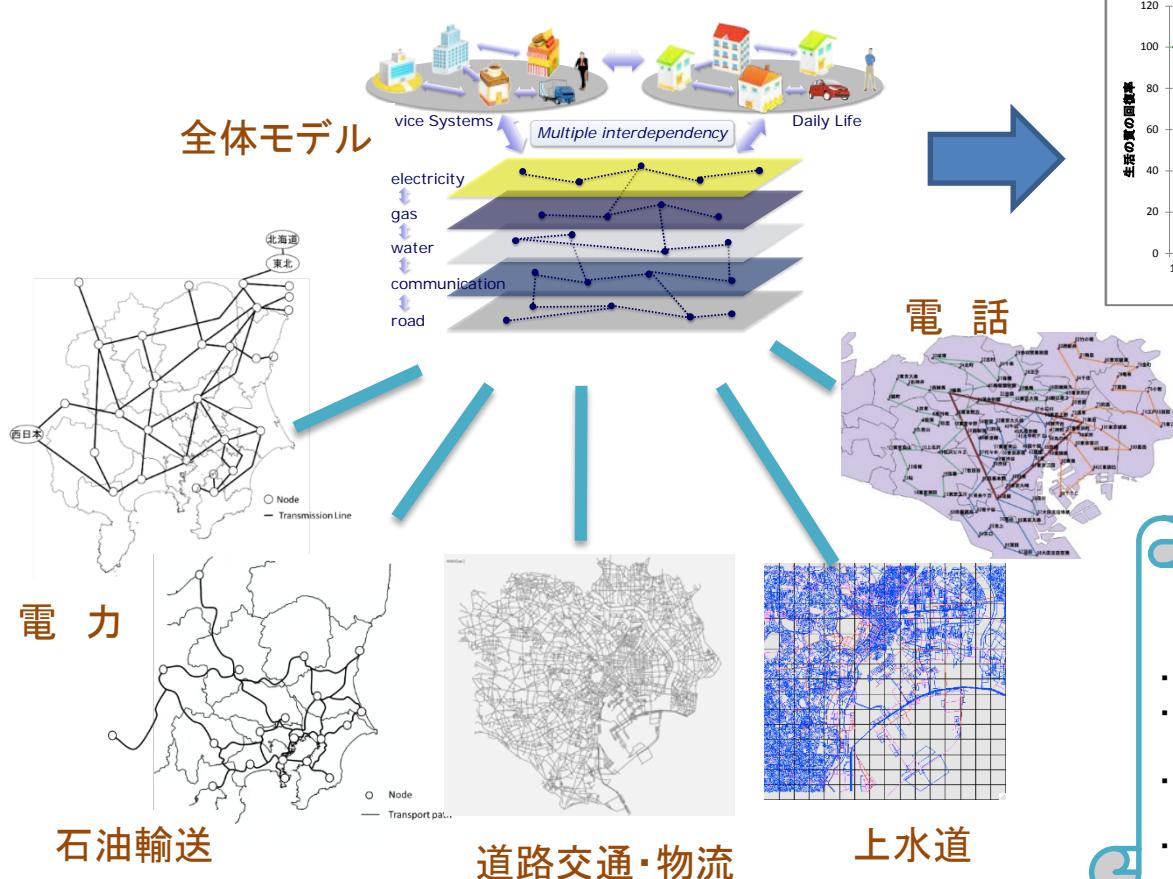


研究のねらい

- 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



レジリエンス分析

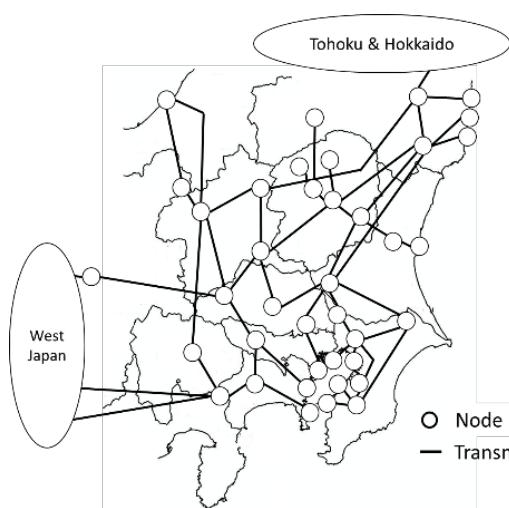
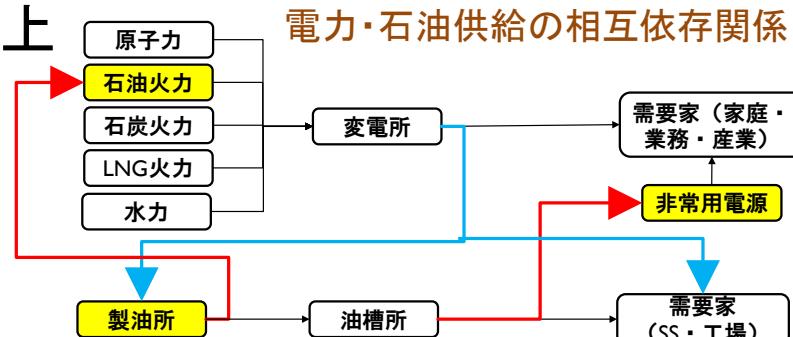
政策提言

- 緊急事態対処に係る法制度
- 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
- 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
- 首都圏の緊急事態対処に係る行政的課題

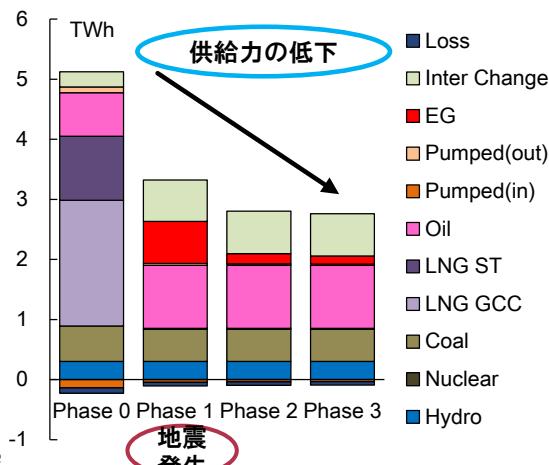


エネルギー・システム

- ・ 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

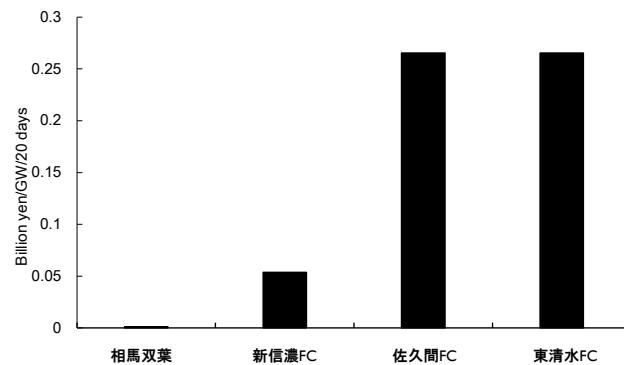


関東圏電力供給モデル



* 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

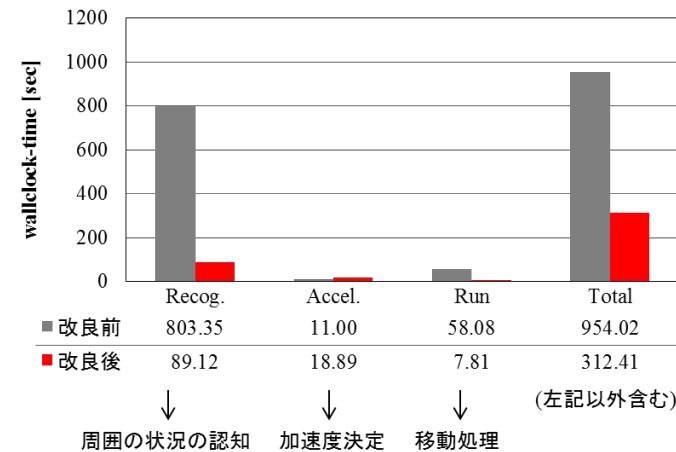


交通物流システム

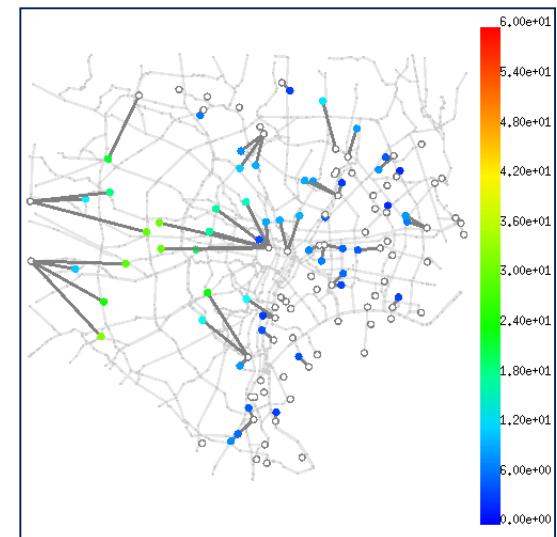
- 東京23区の交通物流シミュレーション
 - マルチエージェント交通流シミュレータ ADVENTURE Mates
 - 公開地図から東京23区道路網モデルを作成
 - 並列計算、探索アルゴリズム改良等によるシミュレーションの高速化
 - 道路網モデルの3次メッシュモデルへのマッピング(全体モデルとの接続)
 - 広域輸送基地から地域内輸送拠点までの輸送時間評価
 - 復旧計画の評価・最適化



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

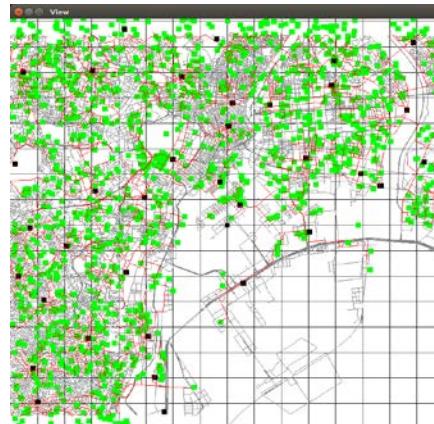


上水道システム

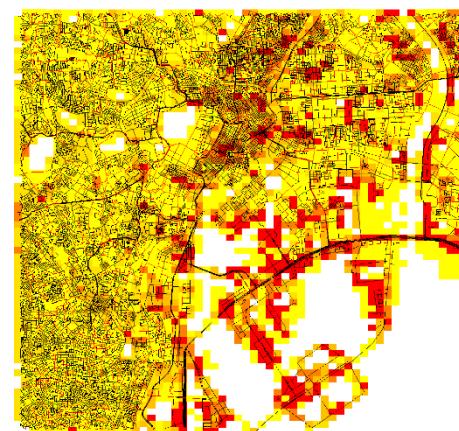
- 東京湾岸部12区の上水道管の被害予測プラットホーム構築
 - 道路網から上水道管路を推定
 - 重要拠点の抽出、管径、耐震継手位置の推定
 - 重要拠点位置、液状化係数等導入
 - 耐震化戦略による将来被害予測(2020年耐震化率42.6%)



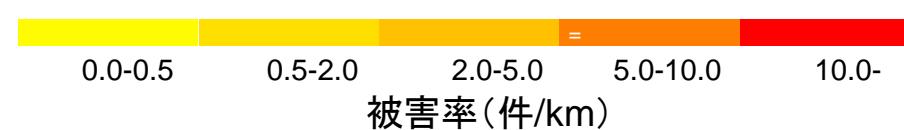
上水道管路の推定



重要拠点の抽出



重要拠点優先

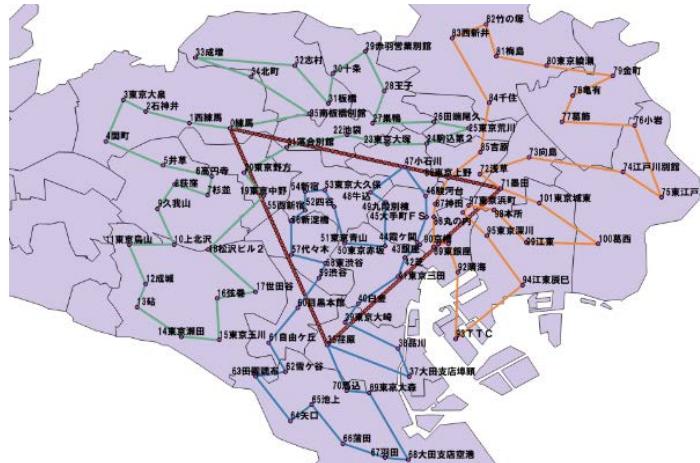


液状化危険地区優先

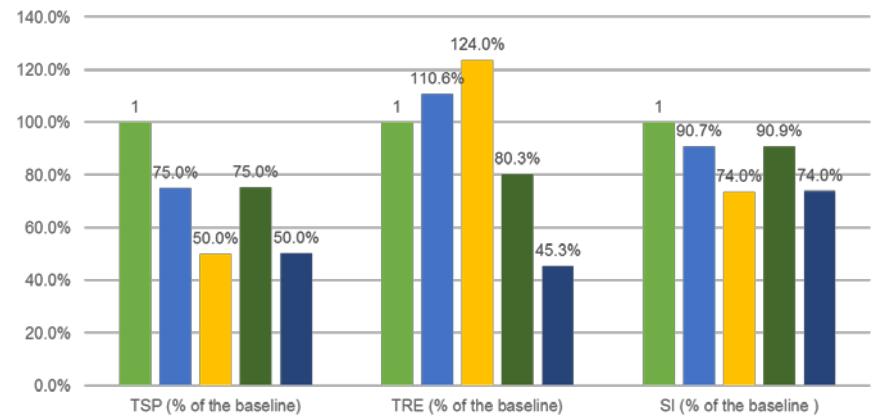
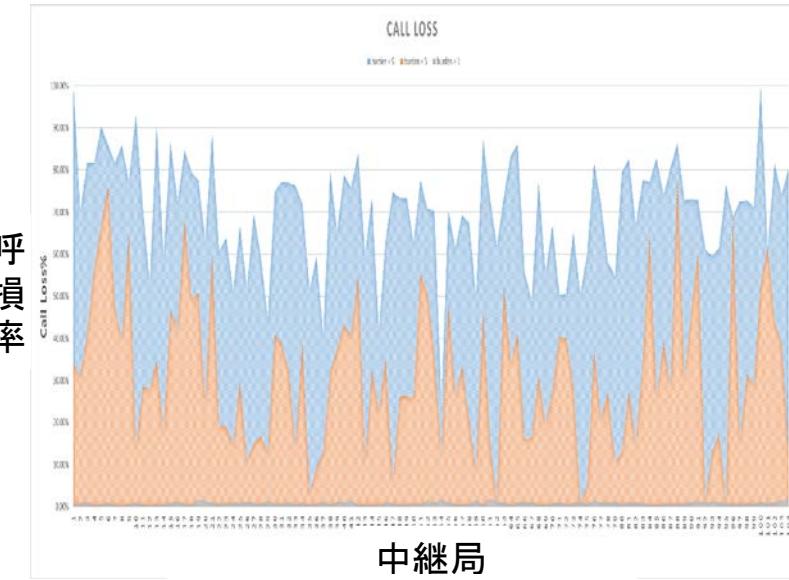


情報通信ネットワーク

- 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
 - 呼量サーボ・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

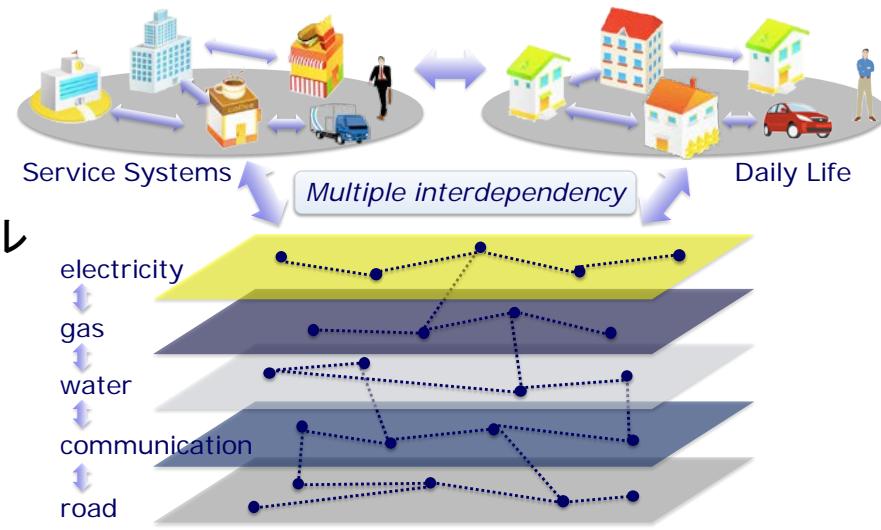


通信制限のかけ方の評価



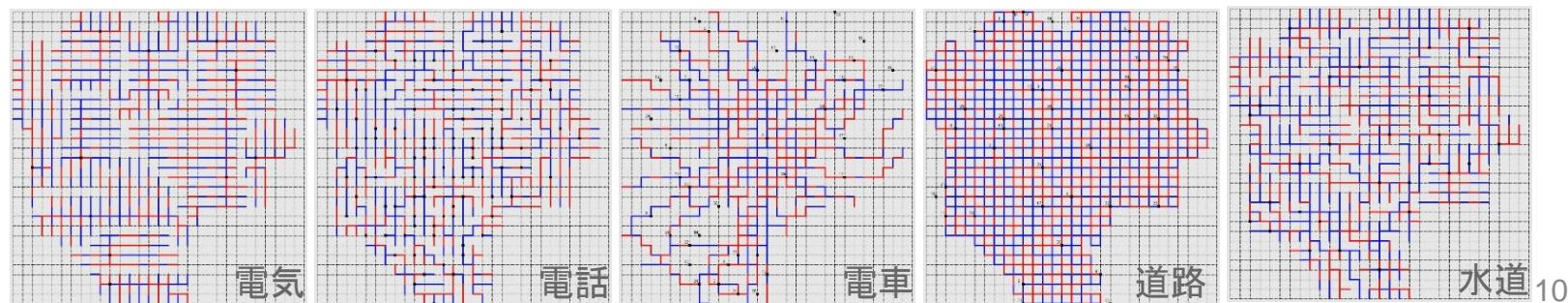
複合インフラの相互依存性解析(1)

- 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)

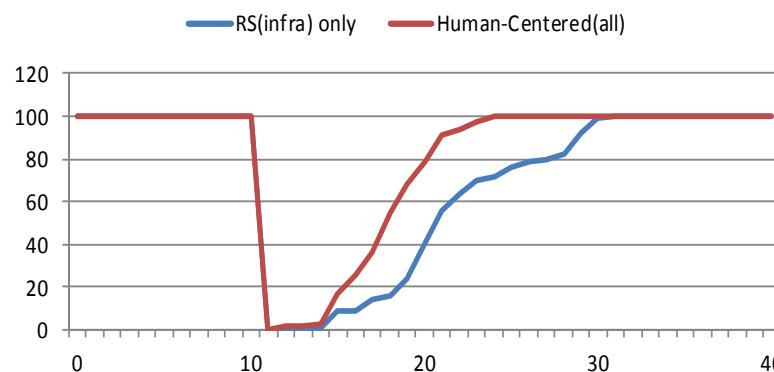
相互依存性の再分類

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

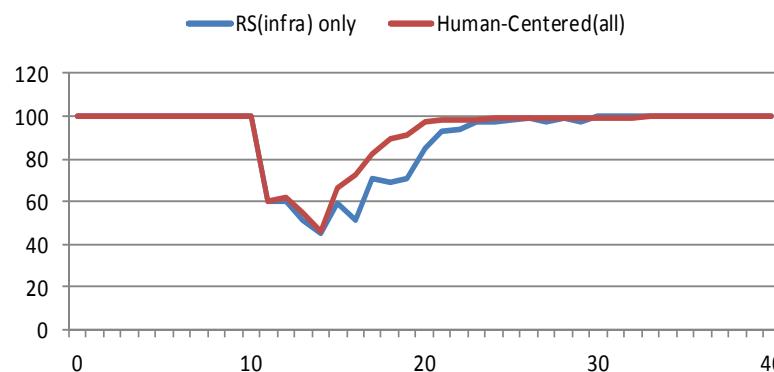


目的関数の違いによる影響

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

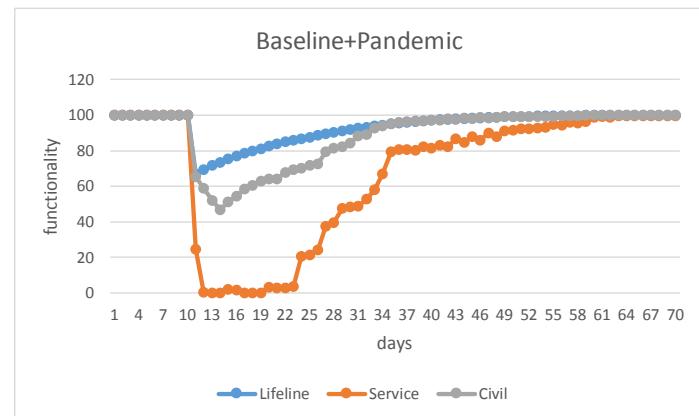
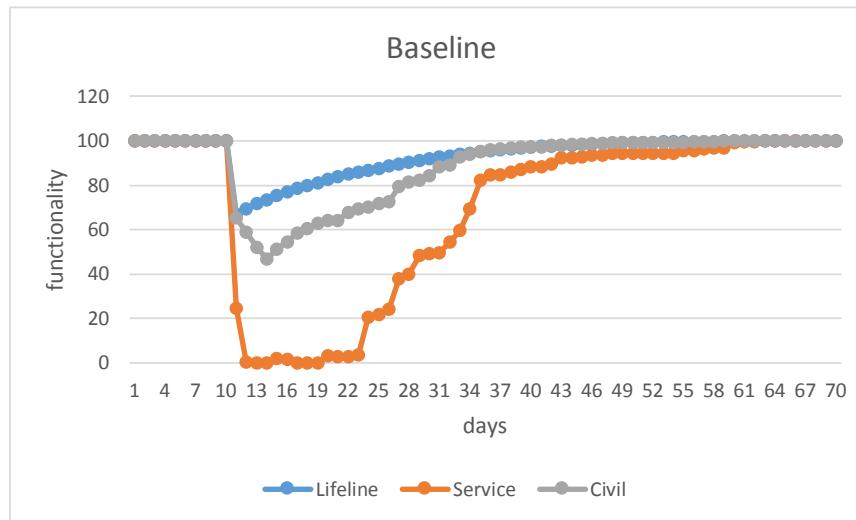
RE : 回復努力

- ✓ 技術社会システム相互の依存性の考慮
- ✓ 人間中心の視点

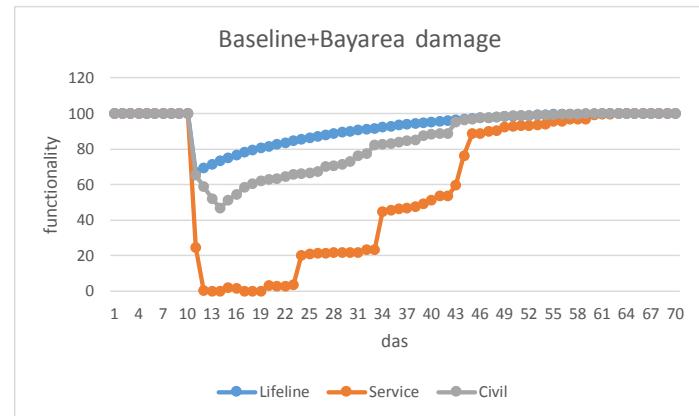


複合インフラの相互依存性解析(3)

首都直下地震ベースシナリオ



パンデミック重畠シナリオ

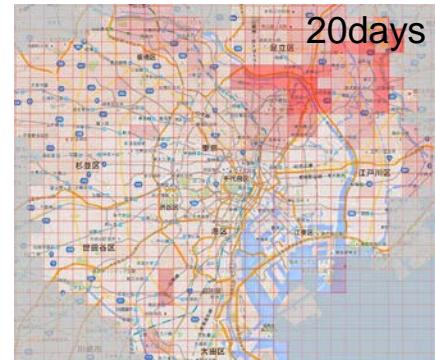


湾岸部被害拡大シナリオ

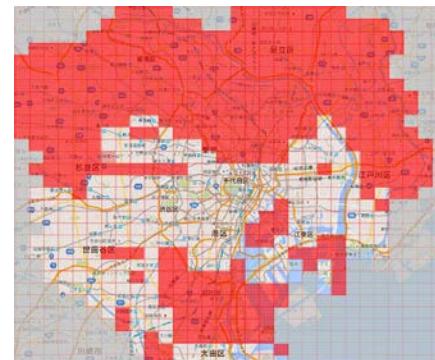
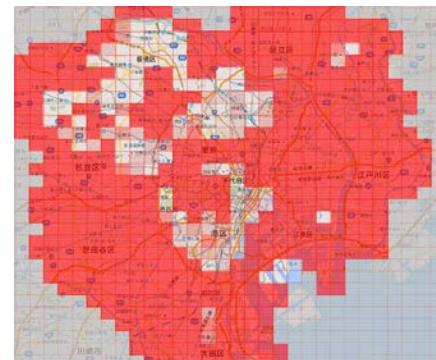


複合インフラの相互依存性解析(4)

市民生活



企業・サービス



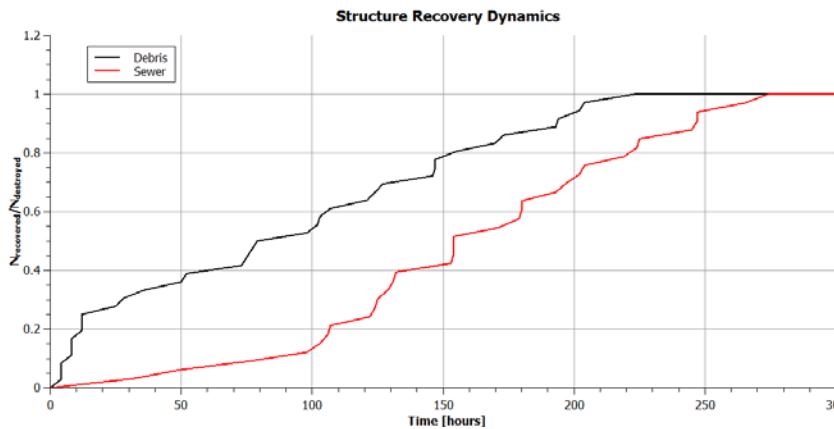
ライフライン



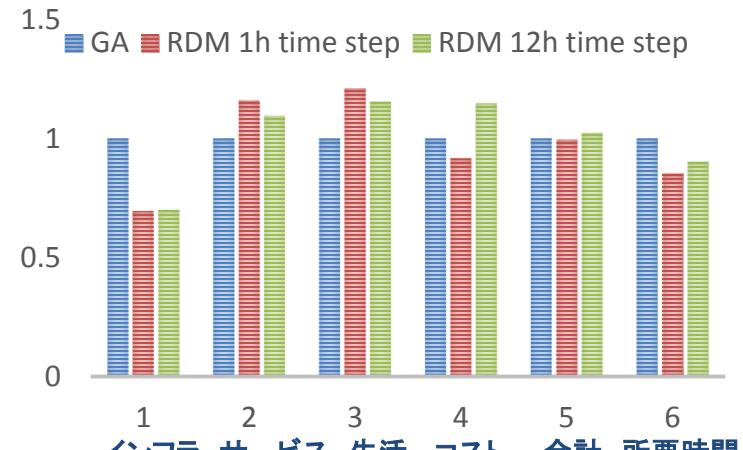


リアクティブな復旧計画

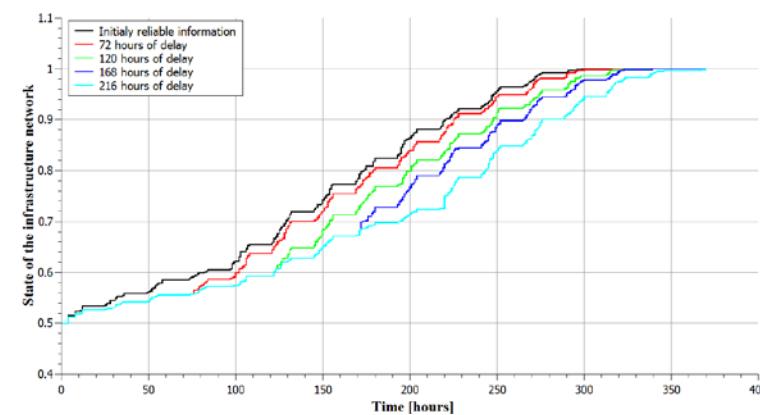
- リアクティブな復旧計画
 - 現実には情報の不完備性、局在性、状況変化がネック
 - 緊急度によるトリアージに基づき逐次的に意思決定
 - 状況依存で臨機応変に再計画



道路啓開と下水道修復の優先順位付け



GAによる復旧計画との比較

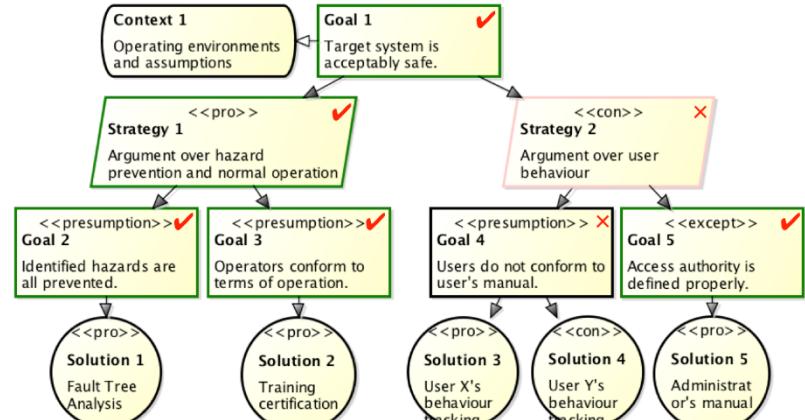


情報遅延による影響



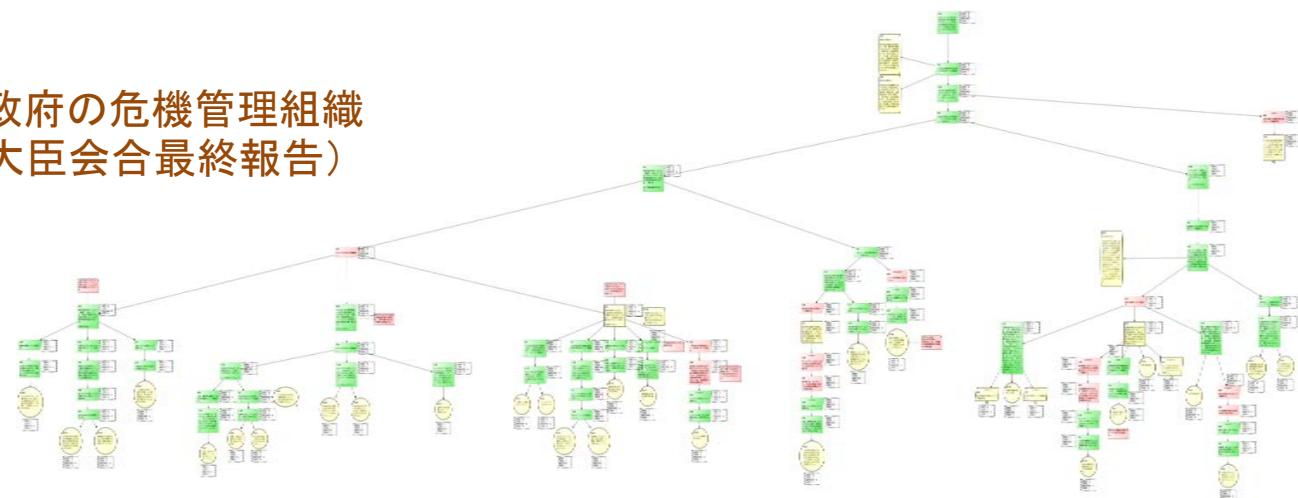
政策議論のレジリエンス分析

- 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

- 緊急対処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、日本の緊急事態対処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処は国土安全保障省(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
 - 日本の国土強靭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: 緊急事態対処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処・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リングの強化
- 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処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、緊急事態対処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する制度設計(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