

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
平成26年度研究開発実施報告書

「科学技術イノベーション政策のための科学」
研究開発プログラム

研究開発プロジェクト
「市民生活・社会活動の安全確保政策のためのレジリエンス分析」

古田 一雄
(東京大学、教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の要約	2
2 - 1. 研究開発目標.....	2
2 - 2. 実施項目・内容.....	2
2 - 3. 主な結果.....	2
3. 研究開発実施の具体的内容	3
3 - 1. 研究開発目標.....	3
3 - 2. 実施方法・実施内容.....	3
3 - 3. 研究開発結果・成果.....	11
3 - 4. 会議等の活動.....	31
4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	32
5. 研究開発実施体制.....	32
6. 研究開発実施者	33
7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	34
7 - 1. ワークショップ等	34
7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	35
7 - 3. 論文発表.....	35
7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	35
7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	36
7 - 6. 特許出願.....	36

1. 研究開発プロジェクト名

「市民生活・社会活動の安全確保政策のためのレジリエンス分析」

2. 研究開発実施の要約

2 - 1. 研究開発目標

最新のモデリング及びシミュレーション技術を活用し、電力、ガス、水道、物流、通信など複数の重要インフラ相互の依存性を考慮に入れながら、脆弱性・耐性、リスクの評価および評価結果の見える化を行う。さらに、重要インフラに関して、ダメージからのシステムの回復能力であるレジリエンスの包括的評価手法と、復旧プランの策定に関する判断支援手法を開発する。以上の成果に基づいて、政府のレジリエンス向上策の立案、非常時対応のための組織制度設計を支援するための提言を行う。

2 - 2. 実施項目・内容

- ① 複合インフラシステムのモデリングとシミュレーション
 - ・ 関東圏の電力・ガスインフラのシミュレーション分析
 - ・ 物流システムのモデリング
 - ・ 上水道システムのモデリング
 - ・ 議論モデルに基づく政策の脅威シナリオ創出
- ② レジリエンスの総合評価と意思決定支援
 - ・ 複合相互依存性モデリング
 - ・ 固定電話網のモデリング
 - ・ 物資再配置計画アルゴリズムの開発
 - ・ 災害コンテキストモデリング
- ③ 市民社会・社会活動の安全に係る政策・制度の選択肢研究
 - ・ 緊急対処事態に係る法制度の現状分析と課題の構造化
 - ・ 危機管理機能の組織制度設計
 - ・ 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

2 - 3. 主な結果

関東圏の電力基幹系統ネットワークの精緻化を行い、確率計画法により首都圏のエネルギーベストミックスを評価できる分析ツールを構築した。東京都区部の主要地区の道路網モデルの構築と、交通流シミュレータMATESの高速化を行った。既往研究に基づき、東京都区部の主要地区の配水管網の構築を行った。政策議論を論理的に記述するための撤回可能ゴール構造表記法を提案するとともに、議論分析システムを用いて事例分析を実施した。

複合相互依存性モデルを首都圏対象の実世界モデルに適用するために拡張するとともに、感度解析を行うことでモデルの機能検証を行った。東京都区部の固定電話網をモデル化し、ネットワークの脆弱性評価を行うシステムを開発した。大規模災害後の災害地域とその周辺における短期の重要物資の再配置を、トリアージ原則に基づいて計画する手法を開発した。

昨年度開発した災害コンテキストモデルに基づいて、具体的な病院（災害拠点病院）とそこでの災害対応を想定した詳細なモデルの構築を行った。

米国や欧州諸国の制度との比較に基づいて、わが国の緊急事態に係る法制度について課題の構造化と論点整理を行った。「レジリエンス政策研究会」で定期的に外部有識者を招聘し、政府及び東京都や静岡県など地方自治体の専門家と意見交換を行った。米国及び英国の重要インフラ保護・レジリエンスに関するリスク分析活動や科学技術政策について文献調査およびヒアリング調査を行った。

3. 研究開発実施の具体的内容

3 - 1. 研究開発目標

本研究プロジェクトでは、市民生活・社会活動に不可欠な重要インフラに自然災害、人為的脅威、事故といった脅威が加わったときの複雑な挙動について、如くなる部分が脆弱なのか、如何なるリスクが生じる可能性があるかを様々なシナリオの下でシミュレーション分析し、相互依存性の考慮や多角的視点からの包括的レジリエンス評価の必要性に関する科学的根拠を明かにする。

こうして得られた根拠情報に基づいて、わが国の市民生活・社会活動に係る危機管理政策やリスクガバナンス戦略への選択肢を創出し、この社会的課題の解決に寄与することを目標とする。すなわち、国土強靱化基本法成立後、内閣府に新たに設置が想定される司令塔的役割を担う組織に対し、重要インフラのレジリエンス強化のための政策・制度設計に関する選択肢を制度設計の議論のたたき台として提供することを考える。また、事例分析結果および包括的なシナリオシミュレーション分析結果を含むシナリオライブラリーや、重要インフラの復旧プランニングの手法を開発し、危機対応の際の意思決定支援の手段として内閣府、首都圏自治体、重要インフラ事業者ならびに監督官庁へ提供する。

3 - 2. 実施方法・実施内容

(1) 関東圏の電力・ガスインフラのシミュレーション分析

本サブテーマでは、地震等の災害に伴うエネルギー供給途絶などの突発的リスクに対しても強靱な関東圏/首都圏のエネルギーシステムのあり方に関して分析することを目標としている。そして、その分析ツールとして、首都圏を含む関東圏の電力・ガスインフラの地理的配置を明示的に考慮したエネルギー需給分析モデルの構築に取り組んでいる。

平成26年度は昨年度構築したモデルの中で、関東圏の電力基幹系統ネットワークと既存の火力発電所等の地理的配置に関して最新の情報を元に精緻化を行い、さらに関東圏以外の電力供給管内である北海道、東北、西日本地域の電力システムを一点近似して関東圏のモデルに結合した(図1)。これにより、関東圏の電力需給を日本全国の電力需給とも整合した形でシミュレーション実行を可能とした。

また、災害発生リスクを明示的に考慮するため、昨年度のモデルを確率計画法により拡張した。すなわち、従来のシステム総コストを、災害発生確率で重み付けした期待コストとして表される以下の目的関数 TC を最小化するモデルに拡張した。

$$TC = FC + \sum_a p_a \times VC_a$$

ここで FC 、 p_a 、 VC_a はそれぞれ設備投資費、シナリオ a の発生確率、シナリオ a の可変費用

である。これにより、東京湾岸に集中する集中型電源の停止リスクや、送電線の災害リスクを考慮した上で、関東圏や首都圏のエネルギーベストミックスを評価できる分析ツールを構築した。

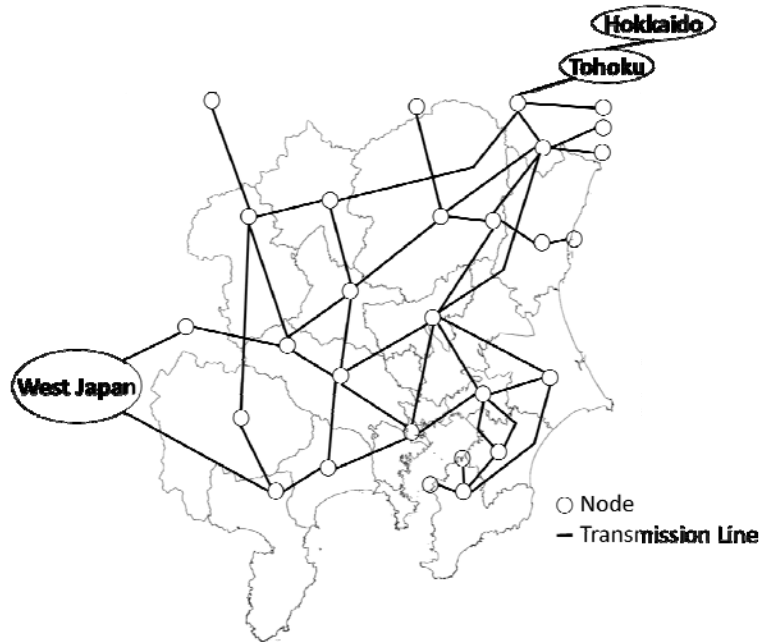


図1 関東圏の電力系統ネットワークモデル

(2) 物流システムのモデリング

物流（陸上輸送）に関して、平成26年度は昨年度に引き続き、吉村・藤井が開発している知的マルチエージェント交通流シミュレータMATESのフォーマットで東京都の一部（およそ13km四方、図2赤枠部分）の詳細なデータ（単路・交差点詳細構造等）を整備した。

また上記のような大規模ネットワークにおける交通物流シミュレーションを高速に実行するための手法について検討を進めた。

まずシミュレータの実装を見直し、大規模シミュレーションの処理のボトルネックとなる部分の特定とその改善を行った。

続いて、路探索の高速化を実施した。これは中村らによる既往研究（「すべての道路リンクに相当する単純化ネットワーク作成手法の構築」土木計画学、2006）におけるアイデアを実装するものであり、複雑な道路ネットワークを単純化したうえで、階層的に経路を探索するプログラムである。

さらに、並列化された交通流シミュレータの性能評価を実施した。当該グループの過去の研究成果（小橋ら、「知的マルチエージェント交通流シミュレータMATESの並列化」日本計算工学会論文集、2010）により領域分割法を用いた並列化が有効であることが分かっていたが、過去の研究で評価に用いられた道路ネットワークは仮想的に作成されたものであったため、本プロジェクトで整備した実都市大規模道路ネットワークデータ（図2の全域に相当する）を用いたシミュレーションを実施し、並列化効率等の性能指標を求めた。

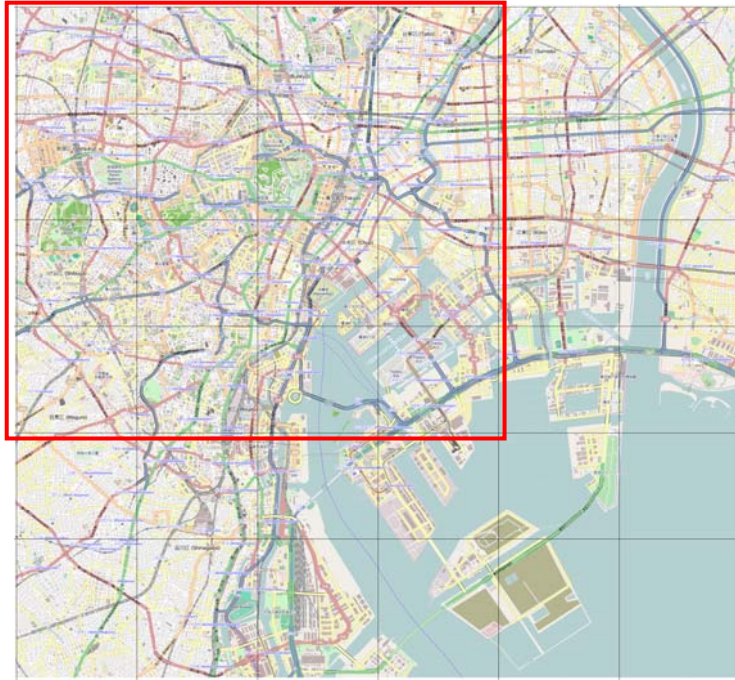


図2 詳細データ整備対象とした地域（赤枠）
（OpenStreetMap (<http://osm.jp/>)をもとに作成）

（3）上水道システムのモデリング

上水道システムに関しては、小林らによる既往研究（「道路網のGISデータに基づく上水道管路の分布推定」地域安全学会論文集、2013）に基づき東京都区部の主要地区の配水管網の構築を行った。ここでは前項の物流システムのモデリングで述べた知的マルチェージェント交通流シミュレータMATESで用いる道路ネットワークデータを基にした上水道網の推定を行った。また、地震被害を想定するに当たり耐震化（耐震継手化）された配水管の位置を推定するため、国土交通省国土制作局国土情報課が提供する国土数値情報ダウンロードサービスから公共施設位置データを取得し、対象とする東京都区部主要地区に存在する警察機関、病院、消防署などの2,659か所を重要施設として位置づけ、図3に示すように、これらの重要施設から近接する給水地点までの上水道網が耐震化されていると推定した。ここで、重要施設から近接する給水地点までの最短経路の探索には経路探索手法の一つであるダイクストラ法を用い、また、単一経路のみではなく、多重化のため隣接する経路においても耐震化が行われていると想定した。図4に上水道システムのモデリングで構築した東京都区部の上水道網、重要施設と給水地点を示す。平成26年度はこのモデルに基づいた地震被害予測を行った。



図3 重要施設（緑）から給水地点（黒）の経路推定

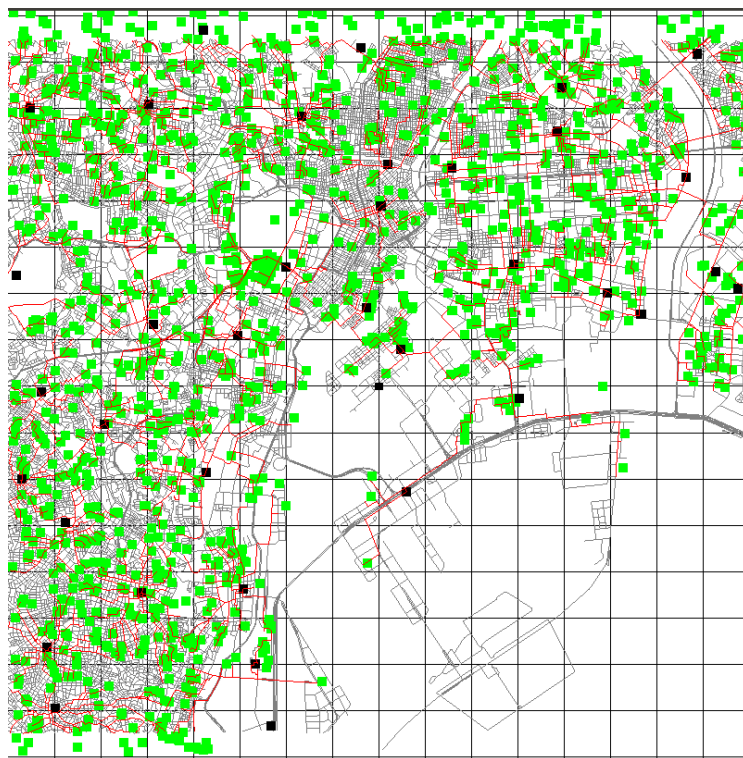


図4 東京都区部主要地域の上水道網、重要施設（緑）と給水地点（黒）

（４）議論モデルに基づく政策の脅威シナリオ創出

利害関係者の合意形成手段、責任者の説明責任遂行手段、国際規格への準拠手段として、特定の環境下での特定のシステムの安全を示す説得材料一式、およびその取り組みであるアシュアランスケースが注目されている。アシュアランスケースの記法には、主張とそれ

を支える理由、理由を裏付ける証拠を木構造で表現するゴール構造表記法がある。

本サブテーマでは、政策が機能する前提や政策の効果を分析し、それらの関係を論理的に記述するためにゴール構造表記法を用いる。しかし、アシュアランスケースの取り組み一般に言える弊害に、自身の信念を強化する証拠を集める人間の傾向と定義される確証バイアスがある。そこで本研究では確証バイアスを回避するために主張や理由に対する反証の記述を許容するようにゴール構造表記法を拡張する。

ゴール構造表記法の拡張版である撤回可能ゴール構造表記法では、主張に賛成する立証と反対する反証が混在する。従って、結論の主張が信じるに値するかを判断するための客観的基準が必要となる。

本研究では、人工知能の領域で研究されている議論学の知見を用いて結論の主張の妥当性を評価する基準を与える。政策分析におけるこの意図は、政策が機能するために対処されるべき前提や政策が履行されることで生じる望まない副作用を評価することである。

撤回可能ゴール構造表記法に従い議論を構築するとき、それは一般に多数の立証と反証からなる。たとえ提案する基準を用いたとしても人手で主張の妥当性を評価することは容易ではない。また、議論の構築過程で何度も議論の修正作業が生じるのが普通である。

以上の成果を応用することで議論描画および妥当性自動評価をサポートする議論分析システムを開発した。さらに開発した議論分析システムを用いて、国土強靱化アクションプラン2014の頑健性を分析した。任意の政策は新しいリスクを生み、それへの政策があるものはないものよりも頑健である。例えば、情報の多元的収集は事態の多面的把握という効果をもたらす一方で、緊急に対応すべき事態への遅れという負の側面がある。専門家を交えてこの負の側面に対する対策が講じられていることを分析し、政策の頑健性を評価した。

(5) 複合相互依存性モデリング

平成25年度では、「ライフラインインフラ」、「経済・サービス」、「市民生活」の3つのサブシステムを設定し、サブシステム内、間に存在する相互依存性を整理、記述するモデルを提案した。また、計算機シミュレーションのためのモデリングフレームワークと簡易シミュレーションモデルの開発、および簡易シミュレーションモデルを用いたテストシミュレーションを実施した。平成26年度では、まず、昨年度に開発した簡易シミュレーションモデルをさらに首都圏を対象とした実世界モデルに拡張するために必要となるモデル要件を検討、整理した。

具体的に実施した内容は、ライフラインインフラシステムモデルへの容量パラメータの導入とライフラインシステムのサービスモデル化である。昨年度に開発したライフラインインフラシステムのシミュレーションモデルはノードとリンクからなる単純ネットワークモデルを用いて実装されており、サブシステム内、間の相互依存性はノードの可達性のみを考慮していた。そこで、該当するライフラインインフラシステムのモデルパラメータに容量 (Capacity) を追加し、供給物の分配や需給関係を考慮できるようにモデルの拡張をおこなった。また昨年度モデルでは、ライフラインは水道管や電線、電話網といった物理的なハードウェアネットワークの観点のみを対象としていたが、実際のライフライン供給は必要リソースや労働力投入によるオペレーション (タスク実行) によって供給が可能となる一種のサービス活動である。そこで、ライフラインインフラを単純ネットワークとしてではなく経済・サービスエージェントの一種として再実装を行った。拡張モデルでは、物理的ライフラインの可達性は必要なリソース・労働力入力のための一前提条件とな

る。ライフラインインフラモデルのこれらの拡張によって、「ライフラインインフラ」、「経済・サービス」、「市民生活」のサブシステム内、間の相互依存性が様々なりソース（人、物質、情報など）の需給・入出力関係で統一的に整理することが可能となり、東京圏を対象とした実世界モデルへの拡張が容易になった。

次に、拡張ライフラインインフラモデルを組み込んだ全体シミュレーションモデル（ライフラインインフラ×経済・サービス×市民生活）をもちいて災害からの復旧過程のシミュレーションの感度解析を行うことでモデルの基本検証を行った。具体的には、R4と呼ばれるレジリエンス向上に寄与する影響因子（Robustness、Redundancy、Resourcefulness、Rapidty）の観点から、モデルパラメータを変化させた際に得られる復旧過程（シミュレーションの出力結果）からレジリエンスの三角形の面積を評価することでシミュレーションモデルが妥当であるかどうかを確かめた。また、エージェント（企業、市民）の地理的人口分布などを変化させた際のレジリエンスへの影響評価も行った。

（6）固定電話網のモデリング

情報通信インフラの中でも災害時に重要な役割を担う固定電話網に着目し、現実に近い詳細なモデリングと需要量変化を考慮したパフォーマンス評価、およびそれによるネットワークの脆弱性評価を行うシステムを開発した。これにより、通信ネットワークの脆弱性を把握するとともに、信頼性強化のための政策・制度設計に関する知見を得た。

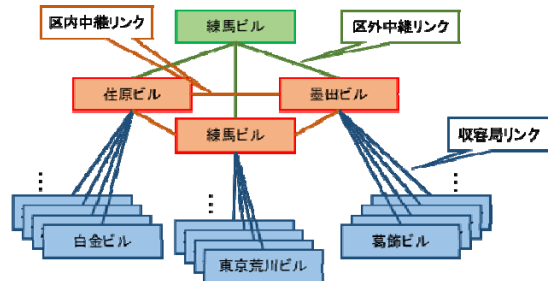
電話は発信元の電話機から受信先の電話機まで交換機を経由して、ケーブルを通して接続される。交換機は地域ごとに設置され、交換機間を共通の回線で結ぶことでネットワークが作られており、地域の交換機からの回線をまとめて中継する中継交換機を介した多段階構造のネットワークを構成する。本研究で使用するデータはNTT東日本の東京都区部の電話回線網を模擬したものである。都区部内の電話局は102あり、その機能によって加入者収容ビル、23区内中継ビル、23区外中継ビルの3種類に分類される。物理的トポロジーはノードとリンクの物理的な配置のことであり、図5(a)に示すように、全ての電話局は物理的に1つのリング状に接続されていると仮定した。これに対して、実際に電話局間で中継が行われる経路を論理的に決定するための論理的トポロジーを図5(b)に示す。ノード間の設計回線数は、都区部における現状の最大通信需要の実績を基に、2倍の安全余裕を見込んで推定した。

トラフィック理論に基づいて、以下のアルゴリズムで電話網の動作をシミュレーションし、パフォーマンスを示す指標である呼損率（電話がかからない確率）を評価するシステムを開発した。

- 1) ノード間回線数の初期設定をする。
- 2) 呼を生起させる。
- 3) 呼の保留時間を設定する。
- 4) それぞれの呼の伝送経路を設定する。
- 5) 通信の成否を評価する。
- 6) 現時刻に終了する呼を消去する。
- 7) 呼損率を計算する。
- 8) 2)~7)を着目する時間長だけ繰り返す。



(a) 物理的トポロジー



(b) 論理的トポロジー

図5 東京都区部固定電話網のモデル

(7) 物資再配置計画アルゴリズムの開発

震災など大規模災害後の災害地域とその周辺における短期の重要物資の再配置を行うための手法を開発した。災害後の短期における回復を実現する課題に対して、災害直後に必要な重要物資再配置の効率的アルゴリズムをトリアージ原則に基づいて提案し、さらに提案手法の様々な特性をシミュレーションにより明かにした。

コンピュータ上に、図6に示すような被災地域の仮想的なモデルを構築した。モデルは県あるいは数県レベルの規模とし、地域は道路網で結合された多数の都市によって構成される。地域は被災地、非被災地に存在する都市間は道路網で接続され、都市間の移動所要時間、物資の車載施設の容量は所与とする。各都市の人口はあらかじめわかっており、日常生活を維持するのに必要な物資の量 Q_{ic} は人口に比例する。被災時、各都市にはこの必要量を上回る物資のストック Q_i がある。モデル内のある一部地域が災害による被害を受けるものと仮定する。被災地では必要物資のストックの一部は毀損し、さらに住民避難などにより平常時よりも多い物資需要が発生する。また、被災によって道路網の一部が寸断されることも考慮する。

物資を送る側の非被災都市は入手し得た被災都市からの情報に基づいて優先順位付けを行い、輸送計画を策定する。これを各都市独立に、あるいはある程度の情報集約の下に繰返し行う。被災都市の全てに必要な最低限の物資が分配された時点で、短期の物資再配置を完了する。必要最低限の物資量 Q_{ic} に対するストック量 Q_i の割合を、必要物資の充足度の指標とし物資輸送計画を行う。

(8) 災害コンテキストモデリング

本課題は、危機対応におけるインフラ事業者や行政などの意思決定を支援する手段として、起こりうる様々な災害シナリオを可能な限り網羅するシナリオライブラリー構築のための基盤技術となるものである。昨年度は災害時の医療・看護活動を例題にシナリオの核となる災害コンテキストのモデル化を試みた。今年度は前年度開発したモデルに基づいて、具体的な病院（災害拠点病院）とそこでの災害対応を想定した詳細なモデルの構築を行っ

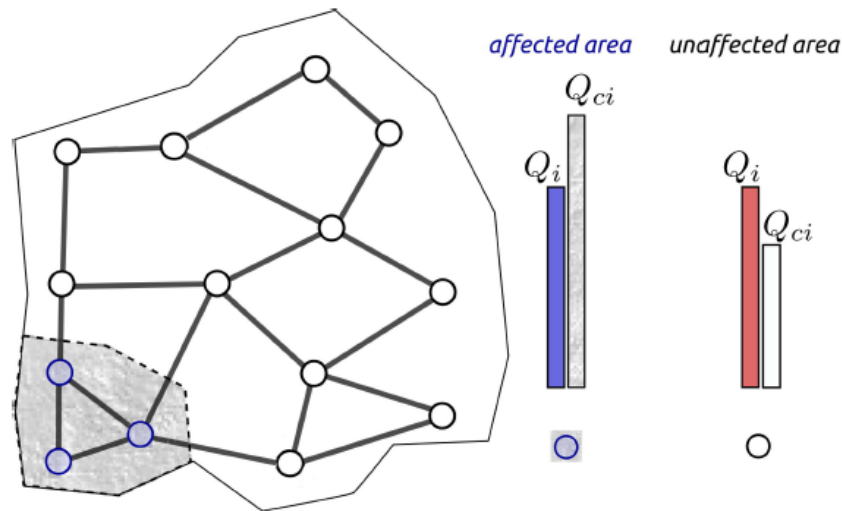


図6 物資再配置のための被災地域モデル

た。災害コンテキストモデルを構成する「災害状況」、「タスク」、「制約」のそれぞれの詳細モデルの構築の方法は以下の通りである。

災害状況：対象とする病院の詳細情報（病院敷地、建物、病棟、フロア、部屋、設備などとそれらの詳細情報）を前年度開発した災害状況モデルに従ってXMLファイルに記述した。

タスク：実際の訓練で想定されている災害時の対応タスクを訓練シナリオから抽出し、前年度開発したタスクモデルの改良モデルに従って記述した。改良タスクモデルでは、前年度モデルで考慮できなかった複数タスクの並行実施を記述可能にした。

制約：タスクを実行する上で生じる問題を、「制約」と「障害」に分類した。「制約」とはタスクを実行する際に必要となるリソースが不足・利用不可になることで生じる問題。「障害」とは物理的な被害によってタスク実行が困難となるものを表す。前者はタスク実行の前提条件から列挙、整理した。後者は災害状況の構成物の被害状況をもとに列挙、整理した。

具体的な対象病院の災害コンテキストモデルを構築した後、昨年度同様に、データの組み合わせによって半自動的に仮想のコンテキストを作成するソフトウェアの開発を行った。このソフトウェアでは、ユーザーが必要最小限の災害状況や病院に関する情報と災害時に行うタスクを選択入力すると、ソフトウェアは残りの災害状況パラメータを自動的に（ランダム）に設定し、作成された仮想状況とタスクの関連から起こりうる制約・障害をデータベースから検索し提示する。ソフトウェアの機能評価のために前年度同様に社会技術の定性評価手法を用いて専門家に対するヒアリングを行い、各機能の定性的機能や、ソフトウェア全体に対する有用性の主観的評価を得た。

（9）緊急対処事態に係る法制度の現状分析と課題の構造化

平成25年度に調査した、わが国の自然災害等（いわゆるオールハザード）への対応に係

る法的枠組み、緊急事態（非常事態）に関する政府、国会等での論点整理について、米国や欧州諸国の制度との比較を行い、課題の構造化を行った。平成25年度に成立した国土強靱化基本法、政策大綱および首都直下地震対策特別措置法などに係る政府機関および地方自治体の動向を継続的に調査した。

（10）危機管理機能の組織制度設計

政策ビジョン研究センター内に「レジリエンス政策研究会」を設置し、定期的に外部有識者を招聘し、政府及び地方自治体における危機管理の現状と課題について意見交換を行うとともに、前年度に文献調査した米国のNIMS、ICS等の危機管理機能の運用実務面での課題等について米国国土安全保障省・緊急事態管理庁、大学へのヒアリング調査を行った。また、英国の緊急事態対処の組織制度について文献調査及びヒアリング調査を行った。

（11）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

米国及び英国の重要インフラ防護・レジリエンスに関するリスク分析活動や科学技術政策について文献調査およびヒアリング調査を行った。訪問調査の対象は、米国の連邦危機管理庁（FEMA）、農務省食品安全検査局（USDA-FSIS）／食品医薬品庁（FDA）、国土安全保障省（USDHS）、ジョージワシントン大学、英国の内閣府（Cabinet Office）、オックスフォード大学などである。

3 - 3. 研究開発結果・成果

（1）関東圏の電力・ガスインフラのシミュレーション分析

今年度構築した確率計画法による関東圏/首都圏のエネルギーシステムモデルを用いて、災害リスクを考慮した最適な電源構成のあり方に関して、予備的にシミュレーション分析を行った。災害発生シナリオとして、東京湾沿岸の火力発電と電力システムに関して、正常状態、異常状態（稼働率低下）の2種類の状態を想定した。異常状態（災害発生）の年間発生確率として、政府による首都直下地震の発生確率（南関東地域でM7クラスの地震が発生する確率は今後30年間で70パーセント、年間発生確率3～4%相当）を参考として、4つのシナリオ（0%（No Risk）、1%、3%、5%）を想定し計算を行った。

その結果（図7参照）、災害発生確率の上昇につれ、①天然ガス複合火力導入量が電力需要の集中する東京湾岸から他地域へシフトすること、②東京湾岸地域で自家発電導入が増加すること、③同じく東京湾岸地域で蓄電池導入が増加することが分かった。この結果より、経済合理性も考慮した上で、災害に対して強靱な関東圏のエネルギーシステムを構築する上で、これらの施策が有効であると考えられる。特に、政府想定とほぼ同様の想定（災害発生年間確率3%）での計算結果では、関東圏の天然ガス複合火力の設備量の約半分を、電力需要の集中する東京湾岸ではなく関東圏の他地域で導入することが最適な解であるという興味深い結果を得ることができた。首都直下地震のリスクも考慮して経済合理的な関東圏の電源開発を今後進める上で、有益な示唆を与える結果であると考えられる。

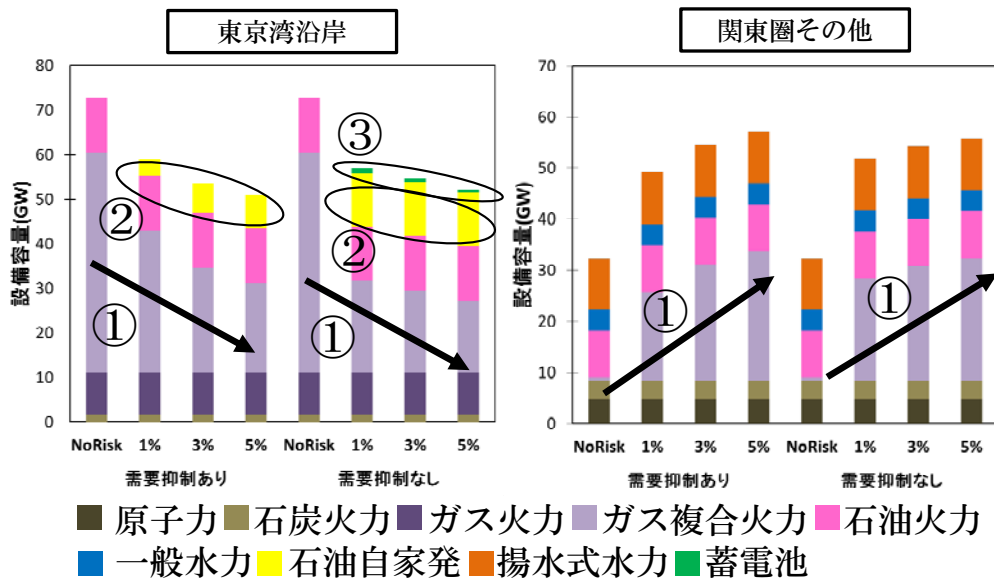


図7 関東圏の発電設備容量の構成

(2) 物流システムのモデリング

詳細な道路ネットワークを整備した部分のシミュレータ上での表示を図8の赤枠に示す。



図8 東京都区部の道路ネットワークデータ

また、シミュレーションの高速化に関する第1の検討として処理のボトルネックの解消を実施した。シミュレーション中に多数回参照される道路構造に関する計算結果を保持することで、計算時間が3分の1以下に短縮された。第2の検討として単純化道路ネットワークを用いた階層的な経路探索手法の実装を行い、これまで経路探索に要していた時間の98%を削減することに成功した。第3に実都市大規模道路ネットワークを用いた並列シミュレーションの性能評価であるが、既往研究で得られた結果ほどの性能を出すことはできなかった (図

9)。図中のMap1～Map3が既往研究の成果であり、Map2、1、3の順でネットワーク規模が大きくなるものであるが、ネットワークの規模が大きくなるにつれて高い並列加速率を得られるというのが既往研究で得られた知見であった。本研究では大規模なネットワークであるにもかかわらず並列加速率が低いのが、分割された領域に含まれる道路の粗密のばらつきにより負荷分散に失敗していることが原因であることが分かった。

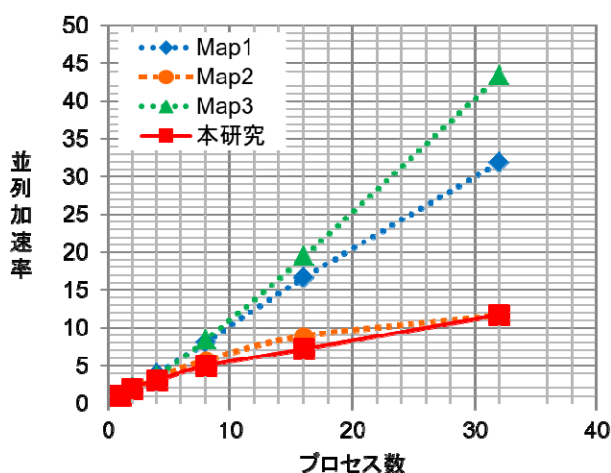


図9 既往研究と本研究のシミュレーションの性能比較

平成27年度以降は、粗密のある道路ネットワークの効率のよいデータ分割について検討を行い、シミュレーションの高速化を進める予定である。あわせてよりシンプルな交通物流シミュレーション手法について検討する。

(3) 上水道システムのモデリング

東京都防災ホームページで公開されている「首都直下地震等による東京の被害想定」に従い、上水道網の被害予測を行った。東京都の水道管被害予測式では、上水道網データだけでなく、地震の大きさを表す地動最大速度と地盤の弱さを表す液状化係数が必要となる。このため、地動最大速度については簡便のため80cm/秒で対象範囲一定とし、液状化係数については東京都土木技術支援・人材育成センター技術支援課が提供する「東京の液状化予測平成24年度改訂版」を参考に、対象地区を3区画に分けそれぞれ一定の液状化係数を設定した。これらの想定に基づく被害予測結果を図10に示す。ここで、被害率は500mメッシュのブロックごとに、そのブロック内での上水道網被害箇所数で色付けを行った。図10中で太線は液状化係数の変化位置を示し、東（左）から西（右）へと液状化係数が高くなる。このため、被害予測は重要施設周りの耐震化されたブロック以外は液状化係数に支配された分布となり、開発したシミュレータによって東京都区部の主要地区の上水道網被害予測が可能であることを示した。平成27年度以降はこれらの成果を踏まえ、上水道網復旧戦略の検討等が可能となるようシミュレーションシステムの高度化・拡張を行う計画である。

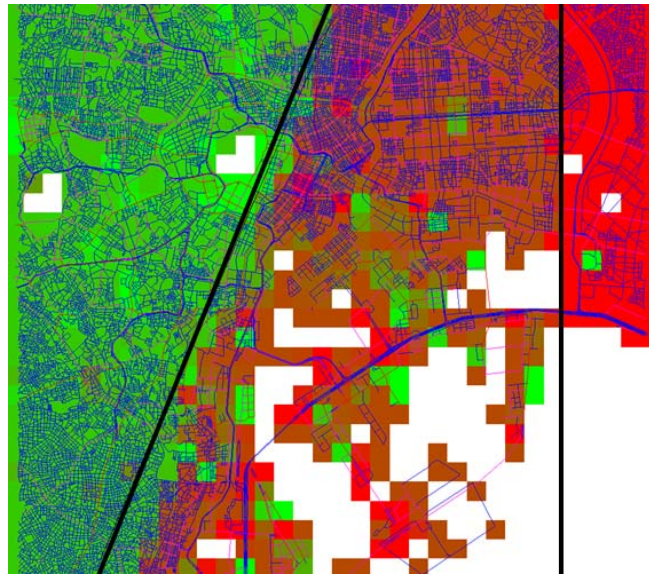


図10 東京都区部主要地域の上下水道網被害予測図

(4) 議論モデルに基づく政策の脅威シナリオ創出

撤回可能ゴール構造表記法およびその意味論を定義し、それらを議論分析システムに搭載した。ゴール構造表記法の議論分析システムであるAstah GSNの拡張機能としてこれらを実現した。図11は議論分析ツールを用いて記述および評価した議論の例である。四角（図ではGoal）のノードは主張（図では<<presumption>>）または例外（図では<<except>>）を表し、平行四辺形（図ではStrategy）のノードは上位の主張を立証（図では<<pro>>）または反証（図では<<con>>）する戦略を表す。楕円（図ではContext）のノードは補足情報を表し、円（図ではSolution）のノードは上位の主張の証拠（図では<<pro>>）または反対証拠（図では<<con>>）を表す。緑色（赤色）のノードは意味論によって受理可能（受理不能）であると機械的に評価された主張および戦略を表す。

次に、国土強靱化アクションプラン2014を取り上げ、そこで掲げられている政策の論理とそれらの政策が持つリスクの論理を抽出した。作成した議論のノードの総数は170個であり、結論の主張は「大規模自然災害発生直後から救助・救急、医療活動等が迅速に行われる」である。図12は構築した議論の部分議論である。緑枠の中は国土強靱化アクションプラン2014からの抜粋であり、赤枠の中は専門家を含む分析者によって指摘されたリスクである。最上位の緑枠で標準化が議論され、それに対する反論として赤枠で周知徹底および臨機応変さが議論されている。周知徹底に対する反反論として緑枠で訓練実施が議論されている。

分析の結果、国土強靱化アクションプラン2014で掲げられる35個の政策のうち6個については重要業績目標が未設定であることが判明した。また16個は反論が生じていないまたは反論に耐えうる政策であり、5個はリスクを軽減するための政策であることがわかった。政策が副作用としてリスクを生み、それを別の政策が軽減するという構造に着目し、議論分析システムで分析することで、脅威シナリオの創出につながるという重要な知見を得た。

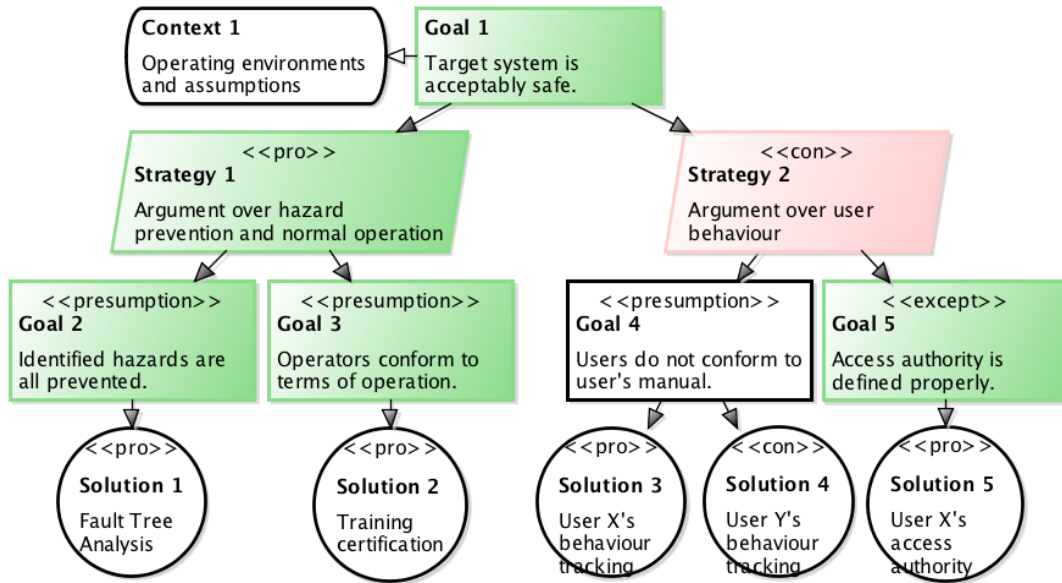


図11 撤回可能ゴール構造表記法の例

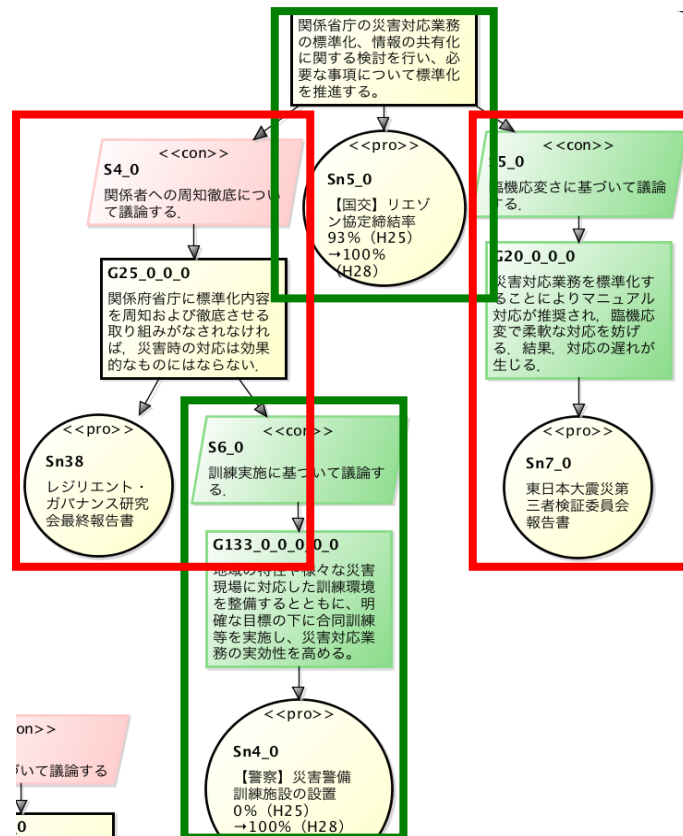


図12 構築した部分議論

(5) 複合相互依存性モデリング

拡張ライフラインインフラモデルの概念図を図13に示す。このモデルを用いることで、複合的相互依存関係は労働力の利用可能性、プロダクトを介した企業間の取引関係、ライフラインの利用可能性といった様々な形態のリソースの入出力関係として記述が可能になる。このモデルを組み込んで災害被害からの復旧過程のシミュレーションを実施した。シミュレーション条件は前年度と同等のもの(6×6グリッド、12種インフラ、550エージェント)を用いた。モデルの基本検証のためR4フレームワークの4因子のうち3つ(Robustness、Rapidly、Redundancy)を想定したパラメータ変更による感度解析を行いモデルの挙動を評価した。図12に結果例を示す。図14は被害量に対するレジリエンスの感度を示しており、ロバスト性とレジリエンスの関係を示している。被害量が増加(ロバスト性が低下)すると各サブシステムのレジリエンスが低下(レジリエンスの三角形が増加)することがわかる。その他の因子に対する感度解析の結果もR4が説明する定性的関係性が再現されておりモデルの基本的な正当性が確認できた。

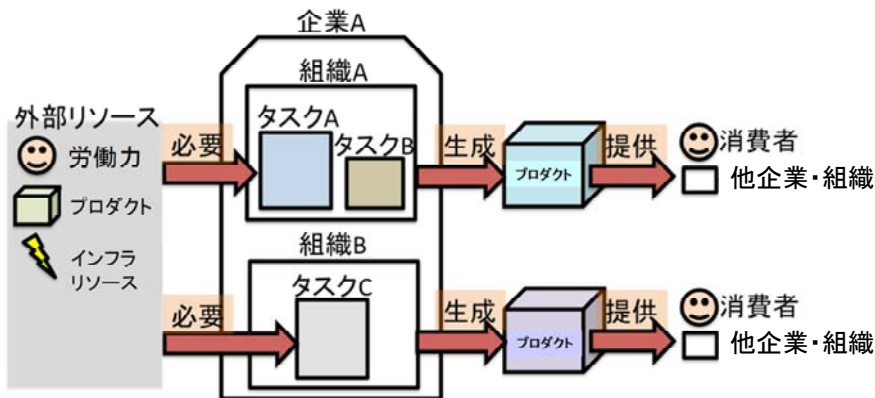


図13 インフラサービスモデル

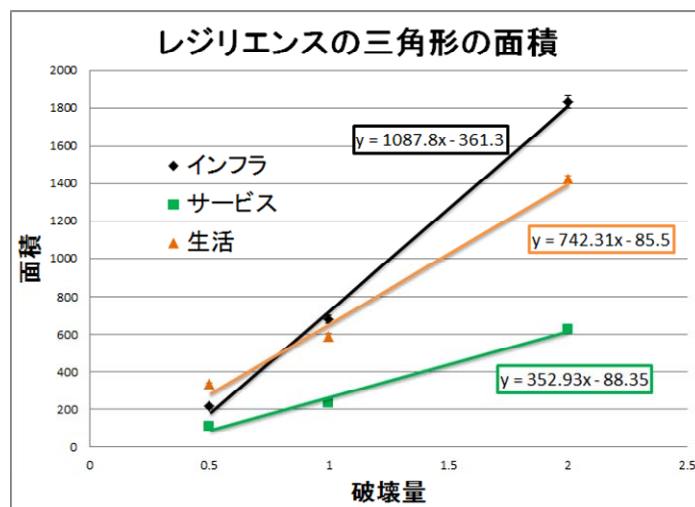


図14 被害量に対するレジリエンスの感度解析結果

(6) 固定電話網のモデリング

シミュレーションの妥当性を検証するため、シミュレーションにおいて生じた呼数が加わる呼量に対応する生起呼数と合致することを確認した。また、平常状態で加わる呼量を変化させた場合の呼損率が、待ち行列理論から導かれる理論的な評価式であるアーランB式で求めた呼損率と合致することを確認した。

次に、物理的接続モデルにおけるリンクを1つずつ破壊し、シミュレーションにより呼損率を評価した。破壊されたリンクが存在する場合、そのリンクを通る伝送経路が設定されないようにルーティングルールを変える。図15は物理的接続モデルにおける各リンクを破壊し、通信需要を平常時の10倍とした場合の最大呼損率をヒートマップで表したものである。各23区内中継ビルのカバーエリアの繋ぎ目付近では、そのリンクが破壊された場合の呼損率が比較的低く、頑健性が高いことがわかる。



図15 単一リンク破壊に対する呼損率の評価結果

さらに、災害時の通信規制の方法によって呼損率がどう改善するかについてシミュレーションにより評価した。ここでは、通信時間の最大値を1分に制限する通信時間規制と、多摩地区/他県発 - 23区内の各中継局着の呼量が平常時最大値の2倍を超える呼が発生した場合に、それらの呼を放棄するという通信量規制を比較した。図16は物理的接続モデルのリング部分のあるリンクを破壊し、通信時間、通信量、通信時間と通信量の両方を規制した場合における規制の効果を比較した図である。規制の効果は、規制をかけた場合の呼損率の減少で示す。図16から、通信量規制をかけた場合の効果は、通信時間規制をかけた場

合の効果よりも小さいことがわかる。また、需要が増加すると通信時間規制による効果は薄れるのに対し、通信量規制による効果は高まることが分かった。さらに、通信時間規制と通信量規制の両方を行うことで、これらの規制の効果の合計以上の効果が得られることから、両方の規制を同時に行うことにより相乗効果が生まれると考えられる。

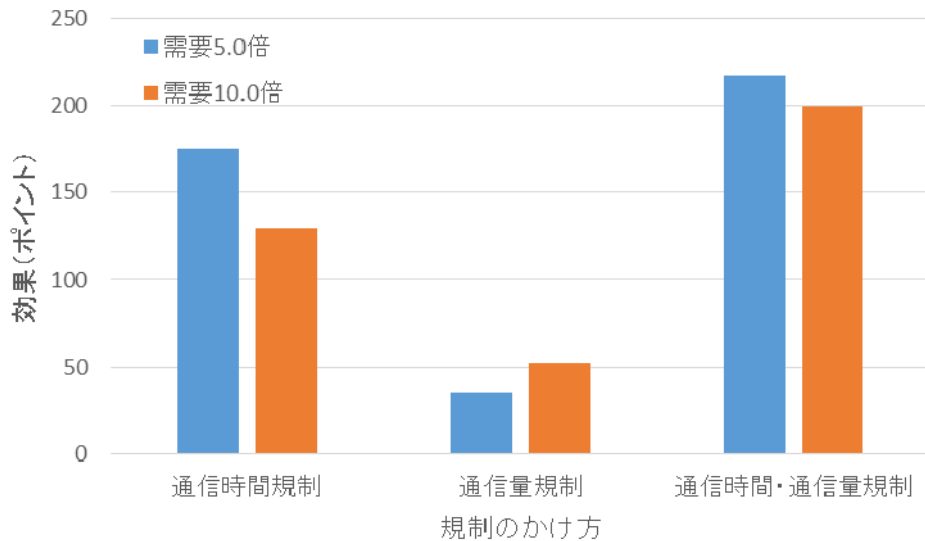


図16 通信規制の効果

(7) 物資再配置計画アルゴリズムの開発

本手法の有用性を確認するため、福島県の人口と面積を参考とする仮想的な地域モデルに対するさまざまな条件、シナリオを想定してシミュレーションを行い、完全情報下における理想的なケースとの間で評価指標の回復カーブを比較した。すなわち、①被災地域が必要とする物資の搬送制限や都市配置に起因する非線形効果、②地域の規模・都市数や損害規模などの問題設定の違い、③被災状況に関する情報の遅れや不完全性などの影響、④被災状況の評価における誤差の影響、⑤情報通信網が損害を受けた場合の影響などを調べた。

図17は地域内における人口分布の偏りが物資再配置に与える影響を調べた結果である。ケース①は地域内の全20都市が同じ人口規模である場合、ケース②は4都市の人口が地域の40%を占めている場合であり、ケース③はさらに中核都市のうち1つが被災都市に含まれる場合である。中核都市が被災していない場合には人口分布が偏っている方が物資再配置に要する時間が若干短い、中核都市が被災した場合には物資再配置に時間を要することがわかる。

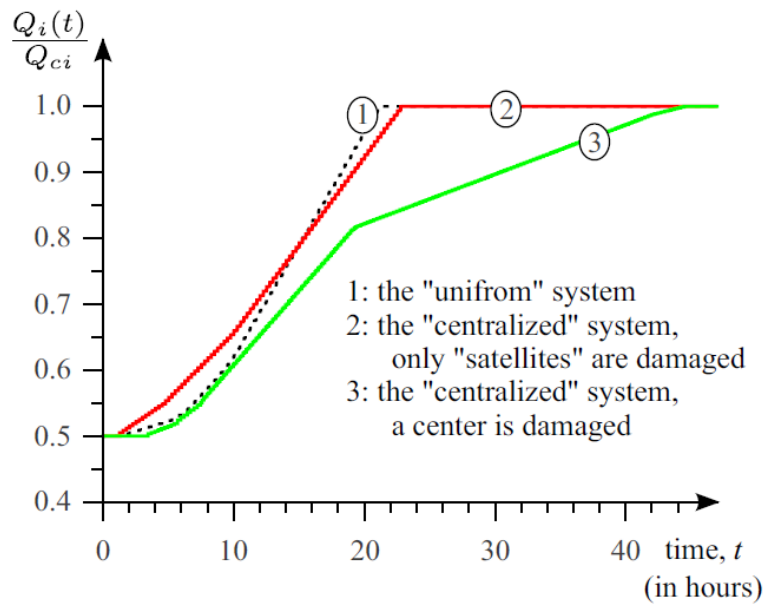


図17 人口分布の

図18は福島県の現実的なモデルに対して、太平洋岸に近いいわき、南相馬、田村の3都市が被災したと仮定したシナリオで物資再配置を実施した例である。曲線①がいわき、②が南相馬、③が田村の物資量の回復曲線である。いわき市の人口規模が大きいため、初期には同市を対象とする再配置が優先されるが、計画の最適化が図られて再配置は3市ともほとんど同時に終了することがわかる。

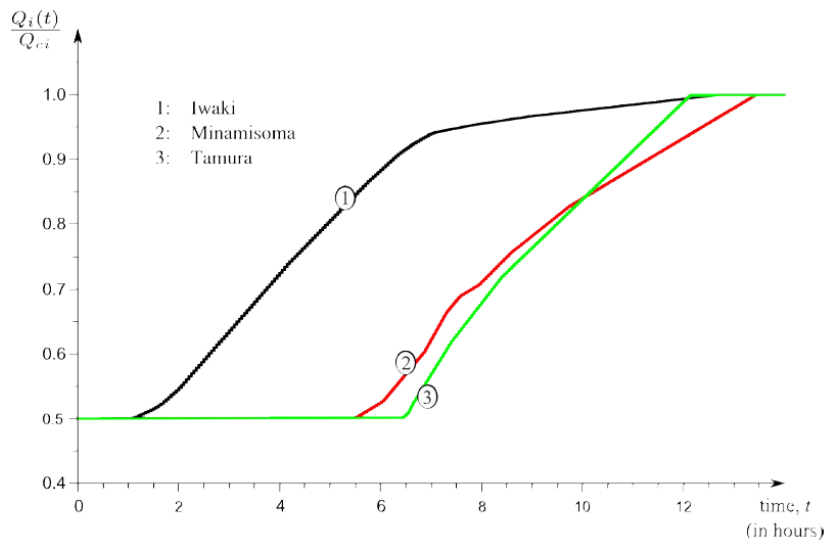


図18 福島県を対象とした物資再配置のデモ結果

トリアージ原則に基づき大規模災害後の短期的物資再配分問題を解く手法を開発した。開発手法は準最適な解を与えるばかりでなく、情報の欠落・遅延・不確かさなど、現実的な状況にも頑健に対応可能であり、線形計画法などに基づく従来手法より優れた手法であ

ると考えられる。

(8) 災害コンテキストモデリング

具体的な病院（災害拠点病院）を例題とした詳細な災害コンテキストモデルの構築と、仮定の災害シナリオを自動作成するソフトウェアの開発、評価を行った。ソフトウェアが自動生成した災害コンテキスト例（一部）を図19に示す。左図上部はタスクフロー、下部は対象病院の基本情報を、右図は状況変化をそれぞれ表している。



図19 コンテキストモデルの記述例（一部）

開発したソフトウェアに関して、災害看護を専門とする看護師4名に対して実現可能性と有用性の評価を行った。前年度と同様に社会技術システムの定性評価手法を用いてソフトウェア利用による影響シナリオについて10段階評価（-5～+5）を行った（図20）。図中の数字は各リンクに関する評価の平均値を示す。災害状況の理解や知見の蓄積・再利用に関して高い評価が得られた。その他のコメントとして、自動生成されたコンテキストの修正の必要性やシナリオに基づく訓練実施のファシリテーションの必要性が指摘された。

(9) 緊急処理事態に係る法制度の現状分析と課題の構造化

英国における緊急事態対処の現行法は2004年民間緊急事態法で、自然災害を始め戦争やテロやパンデミック等の様々なハザード・脅威による緊急事態への対処の包括的な枠組みの構築を目的とし、第1部に地方レベルの公的機関に課せられるあらゆる規模の緊急事態に応じた市民防護の義務、第2部にはより大規模な緊急事態における中央政府に付与される迅速かつ強力な規則制定の権限（緊急権）、第3部には施行・適用範囲等の通則、が規定されている。同法には、カテゴリー1対応者（地方自治体、警察、消防、救急医療サービス等）及びカテゴリー2対応者（電力、ガス、下水道、情報通信、交通事業者等）の緊急事態への準備・対応等が規定されている。また、緊急事態規則制定の条件や権限濫用に係る縛りも規定されている。米国の緊急事態対処の基本法はスタフォード法で、州および地方自治体に対する連邦災害支援を決定する法律、人命救助、一般市民の健康・安全・財産保護、地域社会の復旧に関する支援を効果的に行わなければならないことを具体的に定めている。また、「大規模災害」「緊急事態」などの危機管理に関する用語を明確に定義した上で、

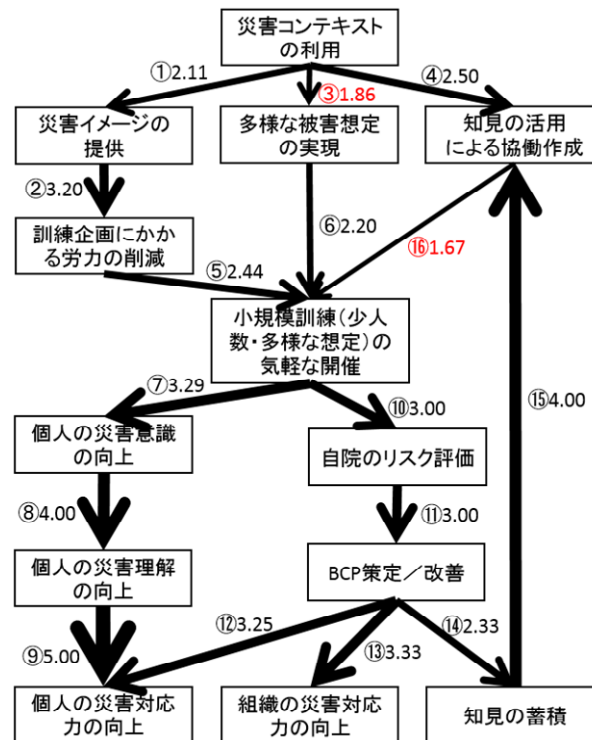


図20 ソフトウェアの利用に関する評価

緊急時の通信・輸送から資金貸付、公共住宅、保険等、広範にわたる活動・計画を規定している。

我が国の法制が英米等の比較において第一に異なる点は、あらゆるハザード・脅威を対象とした緊急事態対処一般についての包括的な法律は無いことである。これは緊急事態への総合調整ととれたシームレスな対処の実現を難しくしていると考えられる。また、緊急事態対処に係る制定法は、国際的にみると、緊急権に関する法制度と国民保護および民間防衛に関する法制度が併せて規定されることがあるが、我が国の憲法には緊急権の規定はなく、その規定の不在の是非に関する論争は今も続いており、個別法で規定された緊急事態想定を超えた緊急事態が生じた場合、その対処にあたって政府にどのような権限が与えられるか、国民の権利を制限する根拠をどこに求めるか等、現行法制ではこれらの点も明確ではない。一方、国民保護については我が国には平時から存在する文民保護団体（いわゆる民間防衛）はないため、テロ攻撃と自然災害といった複合事態対応の法制度的仕組みも大きな課題と考えられる。

(10) 危機管理機能の組織制度設計

① 英国の危機管理(体制、機能)の状況

英国の緊急事態対処の総合調整機関は、国家安全保障事務局を構成する組織の一つである民間緊急事態事務局CCSである。緊急事態対処の基本的な構成要素は地域対応者(地方自治体・警察・消防等)で、実務的には、平時には警察の管轄区域ごとに設置されている地域レジリエンスフォーラム(議長は一般的に警察署長)がカテゴリー1及び2対応者の調整を図り、リスク評価や緊急時対応計画策定を行う。緊急時には、カテゴリー1及び2対応者は

か多くの利害関係者が関わるため、戦略調整センター(地元警察本部に設置)の戦略調整グループに総合調整機能が移行し対応が行われる。

地域レベルでの対応が困難である場合には、事態(事象)ごとの主管省庁LGDと内閣府ブリーフィンググループCOBRという国家レベルの仕組みが発動する。中央政府機関が関わる緊急事態対応には、レベル1:重大な緊急事態、レベル2:深刻な緊急事態、レベル3:壊滅的な緊急事態があり、それぞれ対応スキームが決められている。また特徴的な点としてSAGE(議長:政府首席科学顧問)という科学的助言の仕組みがある。

重要国家インフラ防護・レジリエンスに関しては、国家安全保障会議に設置されている脅威・ハザード・レジリエンス・緊急事態小委員会を頂点とし、民間緊急事態事務局が13の重要セクター(政府、民生原子力エネルギー、情報通信、防衛、緊急時サービス(警察・消防・救急)、エネルギー(石油・ガス・電力)、金融、食糧、健康、宇宙(地上及び宇宙空間システム)、輸送、上下水道)に係る省庁・部局の合同会議を組織し、各セクターの脆弱性及びリスクの把握(セクターレジリエンス計画作成を義務化)を行うとともにリスク緩和及びレジリエンス方策に関する省庁横断的な資源の配分と優先順位付けを指導・監督、内閣府政策担当大臣の主導による大臣級年次レジリエンスレビューを作成、インフラのセキュリティ及びレジリエンスに関するフォーラムを年2回開催しCNI産業界の専門家やBCM担当者等と分野横断的な形で協議、を行っている。

② 我が国の危機管理組織のあり方に関する論点

政府一体アプローチの観点を実現するには、現行の分権的・多元的なシステムを大きく変更し統合的な組織を創設するか、あるいは関係省庁間の相互連携の強化を強く促し現行体制の充実を図るか、あるいは総合調整機能を有する内閣官房・内閣府の権限強化を図るか、といった論点がある。しかしながら、緊急事態対応業務が平時業務の延長から想定されてきた現行の府省庁組織構造にはいずれの組織論的選択肢を採用したとしても課題は多いと考えられる。我が国の分権的・多元的なシステムは英国のLGDに似ているが、現行の防災基本計画をみると、項目ごとに関係省庁が実施する内容が記載されているものの、その項目の業務を一体のプログラムとして適切に調整し高度化し実施していくシステムは明確にされておらず、LGDのように主管省庁の役割・責任が明確化されていないという問題をもつ。この問題点は、オールハザード/複合災害対応の観点からみると一層重大と考えられる。それは事態の特性と予防を重視してきた現行体制では、被害・社会的機能確保を重視する事態対応ができないのではないかという点である。

(11) 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

① 諸外国におけるリスクアセスメントの実施・活用

OECD加盟国を中心に欧米諸国では国家リスクアセスメントが政府機関で実施されている。米国では国土安全保障省が戦略的国家リスクアセスメントを主導、SNRAでは次の3-5年を視野にオールハザードを対象としリスク評価が実施され、セキュリティとレジリエンスを強化するにあたり、国家としての準備力を支える中核的能力の同定と能力目標の開発での活用、防止・保護・緩和・対応・回復での要求事項に係る戦略的なニーズについての協働的思考の醸成、政府の全てのレベルでの脅威・ハザード・リスクに関する共通の理解と認識をもつため能力の促進、に活用される。一方欧州では、英国やオランダが先行して実施、2011年欧州理事会による加盟国へのNRA実施勧告がなされた。英国CCSは国家安全

保障戦略の下、国内事案及び国内外事案についてそれぞれリスク評価を実施している。前者は国家緊急事態への準備及び復旧に関するレジリエンス戦略という文脈でCCA2004に基づき、2005年以降毎年、次の5年を視野に80のリスクを対象に責任省庁（lead department = risk owner）が合理的最悪事態シナリオ（非公開）に基づき評価している。結果は機密で国家レジリエンス計画想定において参考とされる。またNRAの結果の一部は、2008年より国民向けに国家リスク一覧(National Risk Register: NRR)として公開されている。英国では、地方自治体は悪意のない脅威・ハザードに起因するリスクについて評価し、Community Risk Register(CRR)として公表することが義務づけられている。英国ではNRAに加え、次の5-20年というより長期的視野で国家安全保障リスク評価（NSRA）も実施されており、国家安全保障会議における戦略的防衛・安全保障レビューの意思決定プロセスにおいて活用されている。

我が国の国土強靱化アクションプログラムをみると、決定論的アプローチによる防災・減災でしかなく、順応的で柔軟的であるというレジリエンスの本質に迫っていない。欧米諸国が実施しているリスク論的アプローチ、特に重要インフラ（社会的機能）の脆弱性評価には相互依存性を考慮したシステムズ・アプローチが採られていない。国や地域が潜在的に抱えている主要なリスク群の構造を全体的に把握・評価し、対応の優先順位や資源配分への政策判断に資する戦略的リスク評価活動を可能とする体制を早急に構築する必要がある。

② 緊急事態対処に関する科学技術研究体制の状況

米国DHS科学技術局は国土安全保障関係組織及び最前線対応者グループを支援することを目的とし、DHS所管研究機関だけでなくエネルギー省所管研究所や大学や民間そして13か国との二国間協定と多様な研究開発パートナーシップを有している。DHS大学プログラムは設立11年目に入り、連邦議会の予算により国内外の大学（日本の大学はない）と連携している。2014年12月現在、米国内の23大学、計12センターをCOEに認定し、特別予算を配分（年総額4000万ドル、助成額は1センターにつき5年間で総額2000万ドル）している。目的は、大学研究者に実際のインフラと連携し実務的な研究をする機会を提供すること、アカデミズムと政府機関、異なるセンター同士を結び付けること、プロダクトを効率よくエンドユーザーに移転することである。現在、240以上のプロジェクトが進行中で、DHSと各省庁合せ約200人の関係者が従事している。

一方、我が国の緊急事態対処に係る科学技術研究体制をみると、防災に関する調査研究は公的研究機関（文部科学省、国土交通省、経済産業省、農林水産省、総務省所管）及び大学（40を超える研究所・研究センター等）で実施されているが、その内容や成果は個別組織に保有される傾向にあり、所管省庁を越えた研究機関間での連携・調整・共有もほとんど行われていない状況にある。また省庁内においても災害対応部局と研究所管部局の連携が弱いため実効的な施策に結びついていない。このような構図は、災害対応を行う実働機関を含む各所管省庁と大学や防災科学技術研究所を所管する文部科学省及び総合科学技術・イノベーション会議の間にも観察され、緊急事態対処の具体的ニーズと調査研究課題はミスマッチしており、研究の資源配分の俯瞰的・戦略的判断ができない状況にある。現状では、我が国の研究機関等のもつ科学的情報・知見・観測情報は内閣府（防災担当）には整理・集約化されておらず、政策立案や意思決定に効果的に反映される仕組みはない。加えて、我が国は自然災害の調査研究、特に自然科学（メカニズム解明、観測、予測シミ

ュレーション等)と工学(都市計画、災害対策技術、情報通信技術等)に偏重しており、社会科学的研究(行動科学、政治経済分析等)が進んでいないという問題もある。さらに、悪意ある脅威も含めたオールハザード・複合ハザードを対象とし、社会的に重要な機能が相互に連結・依存している社会経済システムの緊急事態対処を研究する研究機関あるいは研究コンソーシアム、包括研究プログラムは、主導する府省庁不在のため実施されておらず、また大学においても学際的な取り組みはほとんど行われていない。

(12) 海外訪問調査

① 米国・連邦危機管理庁(FEMA)

訪問部署: Office of Response and Recovery

訪問日時: 平成26年12月15日(月) 10:00-11:30

訪問者: 谷口、畑中、松尾、太田

FEMAは1979年に設立され、2003年の連邦省庁再編で新設された国土安全保障省(DHS)に編入された。今回は危機対応・復旧担当部署を訪問し、連邦政府内の調整、連邦政府と地方政府間の調整、重要インフラ・民間企業・市民団体等との調整等について聞き取り調査を行った。FEMAの最大の課題は、こうした政府内外の関係機関・民間も含めた「共同ケイパビリティ co-capability」の醸成であり、FEMAはその向上のために他機関を補助・支援する立場にある。例えば、州政府は地域特性を重視した高頻度高影響のハザードに重点化するが、FEMAは低頻度高影響にも配慮する。また、連邦・州・自治体・民間・非営利セクターを統合した予測メカニズムを構築している。一方、企業(特に重要インフラ)との連携は、業界団体を通じて行い、集合的な脆弱性・脅威の評価を行う。この時に用いられるシナリオは必ずしも全てが参加者に公開されるわけではないが、構築のプロセスを透明化することで、民間側にも参加・情報提供するインセンティブがもたらされる。国家緊急事態管理システム(NIMS)は共同ケイパビリティを高める枠組みとして、各層政府や官庁ごとの緊急事態総合調整システム(ICS)編成の統一化・類型化・用語等の共通化を図るものである。これにより、異なる法制度的・組織文化的背景を持つシステム間の統合が容易になる。FEMAは一方で、緊急事態における民間のソフト面のレジリエンスを高めるため、メディアやICTを用いたアウトリーチ活動を盛んに行っている。なかでも、包括的コミュニティアプローチと呼ばれるものにより、学校等での教育・訓練や、ウェブ、スマートフォンアプリの利用を通じて、緊急事態への対応・復旧を可視化が試みられている。また、重要インフラのトリアージについては、①生命の安全、②生命・生活の維持、③プロパティの向上、の順で、臨機応変に判断されている。

FEMAという組織の利点を総括すると以下ようになる。第一に、緊急事態への準備については、FEMA自身はその設立経緯より災害を主な専門とし、その他の各省庁が政策別専門分野を持つ一方、緊急事態の結果に対して責任を負うのはほぼFEMAだけである。第二に、連邦政府における横(省庁間)の連携と、地方政府との縦の連携を担うことができる。

② 米国・農務省食品安全検査局(USDA-FSIS) / 食品医薬品庁(FDA)

訪問日時: 平成26年12月15日(月) 16:30-17:30

訪問者: 谷口、畑中、松尾、太田

米国には、食品安全を担う連邦政府機関として、非加工品を規制対象とするFSISと加工品を規制対象とするFDAがある。食品防御（Food defense）に関する取り組みについては、DHS、FDA、USDA-FSISの三者が行い、具体的には17の重要インフラを対象に横断的対応をするための政府連携会議（GCC、FDAとUSDAが共同議長）にて調整される。FSISにおける規制はボランティアであり、実施率は現在84%。2014-15年度は90%以上を目標としているが、FDAの規制のように義務化することは当面考えられていない。食品医薬品庁（FDA）の取組みは、大きく食品安全（food safety）、食品防御（food defense）、食品安全保障（food security）に分かれる。このうち食品防御は意図的介入によるものを含む。食品防御の考え方として、一度の事故で一社のみならず食品業界全体が大影響を受けるので、食品流通全体の防御を確保することが重要となる。そのための取組みとして、政府と企業が協働し、セクター連携会議（SCC）にて、16の脆弱性評価を実施している。これは5つのシナリオに基づく、トレーニングパッケージとなっている。またDHSのFEMA、保健・インフラ部門、FBI等とは常に連絡を取り合う関係である。

③ 米国・国土安全保障省（USDHS）

訪問部署：Science & Technology Directorate / University Program

訪問日時：平成26年12月16日（火）9:00-11:00

訪問者：谷口、畑中、松尾、太田

<DHSにおける科学技術研究について>

DHSの科学技術局は基礎研究を担い、産業界や海外の連携先と情報共有し、迅速な分析を行う。顧客は政府の省庁・部局となる。IT・サイバーセキュリティ分野の基礎研究については、年間予算7千万ドル（84億円）の国家防衛プログラム局（NPPD）が担当する。サイバーを含む多くの重要インフラは民間が担うため、連携が不可欠である。サイバー問題は予測も重要で、MicrosoftやMcafeeと連携している。一方、例えば爆発物の分野では探知が重要となるが、大量輸送の課題がある（空港でのTSA pre-checkなど）。

DHSのカウンターパートとなるFirst responder（緊急対応要員）は全国7万の管轄の消防団等である。レジリエンスの概念はアメリカでも311の福島の影響で注目されるようになった。すなわち、災害を防ぐだけでなくいかに迅速な機能回復するか、そのために、変電所の機能、洪水を防ぐ貯水トンネルの機能（特殊素材に関して宇宙産業分野と連携）などが研究されている。2011年のニュージーランド地震（2011年）ではすぐビジネスが回復されたので、その教訓も参考にされている。

シナリオを誰がどのように作成しているかについて、科学技術局はリアクティブという批判も受けるため、よりプロアクティブにやろうとしている。シナリオは15～20年スパンのものであるが、サイバー分野の技術革新は非常に変化が激しい。一方で、変化に応答するのみならず、様々な対策を講じることで将来を変えようともしており、foresightの能力を高めようとしている。

<DHSにおける大学プログラムについて>

2003年設立のDHSの大学プログラムは、国内外の大学と連携し（日本は含まれていない）、その中心は米国内の23大学・計12センターに認定したCOEプログラムである。COEには、

年総額\$4千万、1センターにつき5年間で総額\$2千万ドル（約24億円）の助成金（特別予算）を配分しており、毎年厳しく審査が行われる。大学プログラムによる助成プロセスは“A coordinated university-based system”と呼ぶもので、その目的は、大学研究者に実際のインフラと連携し実務的な研究をする機会の提供、アカデミズムと政府機関、異なるセクター同士を結び付けること、プロダクトを効率よくエンドユーザーに移転することである。大学プログラムの中には、現在、240以上のプロジェクトが稼働しており、DHSと各省庁で約200人が関係者として従事している。

2014年度（12月現在）のCOEとそのプログラム分野は下記の通りである。

ノースイースタン大学ALERT (Explosives Detection) / ミシガン州立大学・ドレクセル大学CAMRA (Microbial Risk) / ノースカロライナ大学・ジャクソン州立大学CHC (Coastal Hazards) / 南カリフォルニア大学CREATE (Risk & Economic Analysis) / パデュー大学・ラトガース大学CVADA (Data & Visual Analysis) / ハワイ大学・スティーブンス工科大学MIREES (Maritime Security) / アリゾナ大学・テキサス大学NCBSI (Border Security) / ミネソタ大学NCFPD (Food Defense) / ラトガース大学・コネチカット大学・ロングアイランド大学・アーカンザス大学・サンホセ州立大学・テキサスサザン大学・トゥーガルー大学NTSCOE (Transportation Security) / ジョンズホプキンス大学PACER (Public Health Preparedness) / メリーランド大学START (Terrorism Studies) / テキサスA&M大学・カンザス州立大学ZADD (Animal Disease Defense)

このうち、メリーランド大学のテロリズムに関するデータベース (START) は目玉である。オーストラリアやカナダ等の政府も出資し、オープンアクセスであり、社会学者も参加し、様々なソフトを取り込んでデータ解析、多言語解析を行う。

④ 米国・国土安全保障省 (USDHS) サイバー・インフラ分析室

訪問部署：Office of Cyber and Infrastructure Analysis

訪問日時：平成26年3月16日（火）12:00-13:00

訪問者：谷口、畑中、松尾、太田

サイバー・インフラ分析室は、DHSの国家保護プログラム局 (National Protection and Program Directorate) の下の5つの室のうちの1つ。当室のリスク分析は、脅威、脆弱性、帰結のうち、帰結 (consequence) の評価のみを扱い、別のインフラ保護室が脆弱性評価を行う。脆弱性評価は手法としても十分に確立しておらず難しい。評価の視点としては、ある機能が失われたとしても代替可能であるなら問題なく、システム全体としての機能が維持できるか (レジリエントか) が着目点となる。当室は、具体的に電気、医療、地震等を対象としてモデリングを行う。また、サイバーセキュリティのインフラの分析・研究、輸送、医療などさまざまな分野の災害時のインパクトに関する疑問に答える。

DHSにはハリケーン、テロ、バイオテロなど16の国家シナリオがあり、FEMAの訓練で毎年使われている。訓練では、シナリオの中身を公開するより、誰と誰がコミュニケーションとるべきかを理解させるために用いられる。各種インフラ等の企業からの重要情報の収集は、状況や業界によりその反応は異なる。鉄鋼や自動車などは比較的オープンだが、情報通信分野には課題がある。なお、同室は規制省庁ではないので強制力はない。優先順位づけを行う法律は2001年の911後にできたが、あくまでも政府内の使用のためで、非公開である。FEMAとDHSの関係は複雑で、より歴史の古い (1979年設立) FEMAが2003年に

新設のDHSの下に置かれることになったが、緊急時にはFEMA長官はDHSより上の指揮系統に置かれる。

⑤ 米国・ジョージワシントン大学

訪問部署：Institute for Crisis、 Disaster and Risk Management (ICDRM)

訪問日時：平成26年12月16日（火）14:00-15:30

訪問者：谷口、畑中、松尾、太田

ジョージワシントン大学ICDRMは、1994年にエンジニアとメディカルスクールの共同で学際研究機関として設立された。両組織の間には事業継続、緊急対応、危機管理など様々なイニシアチブあったが、理論と実務的観点を含めた教育という目的が一致した。そこでは、公的セクターだけでなく民間セクターに対しても重要なことを教育するというスタンスで、ヒューマンモデリング、シミュレーション等の新しいモデルを、政策への含意を含めて提言している。

FEMAの評価について：1979年のFEMA設立のきっかけはボトムアップなものであり、州知事らによる連邦レベルの体制構築の要求であった。州知事連盟が専門家を呼び、包括的な緊急管理のコンセプトを作った。FEMAのオールハザードは正しいアプローチだが、連邦政府全体でみると必ずしも行われておらず、テロ対策が中心となっている。

NIMS、ICSについて：元々は森林火災を念頭に置いた消防士のシステムが起源のため、都市部には適用が難しい部分もある。州ごとのICSは異なってもよいが、インターフェースの整合性が重要である。州ごとのクオリティにも差異があり、例えばカリフォルニア州では住民緊急応答チームが機能している。また、医療の緊急搬送についてもカリフォルニアの訓練体制は良い事例である。実際の運用で最も問題になるのは、資源の不足ではなく、状況の把握が不十分で資源が適切に配分されないことである。

⑥ 英国・内閣府 (Cabinet Office)

訪問部署：Civil Contingencies Secretariat

訪問日時：平成27年2月24日（火）10:00-14:00

訪問者：畑中、太田

<英国のレジリエンス政策の概要>

内閣府民間緊急事態事務局（CCS）は2001年に内閣府の内閣官房に設立され、2004年民間緊急事態法（Civil Contingencies Act）の政策立案を担当し、英国のレジリエンス政策の中心となっている。民間緊急事態法制定の背景には、特に2000年代の米国同時多発テロ、口蹄病、大洪水等を教訓として、国全体の包括的な緊急事態への対処と調整が目指されたことがある。同法は、戦争、テロ、自然災害、伝染病など、多様な緊急事態に対応する包括的枠組みの構築を目指し、古くは1920年代、30年代に遡る多くの法律を置き換えるものとなった。第1部は緊急事態において地方自治体・警察・消防等のカテゴリー1レスポンドーを中心に課される市民保護の義務について、第2部はより大規模な緊急事態に際して中央政府に与えられる迅速かつ強力な規定制定権限について定めたものである。こうした二段構えの枠組みの中で、CCSは平時から政府内外の総合調整機能を担うとともに、緊急事態

に際しては中央政府における窓口となって情報を首相に伝達し、首相を議長とする危機管理司令塔である内閣官房情報室（COBR）の発動をバックアップすることになる。

国民緊急事態法の実際の運用は、全国のローカルレジリエンスフォーラム（LRF）による、地域ごとのリスクアセスメントや緊急時計画の策定を通じて行われる。LRFは州（County）レベルで設置され、イングランドとウェールズで全43（ロンドンには一つ）、カテゴリー1と2（地域のユーティリティ組織等）の代表者が参加するマルチエージェンシーの組織である。国民緊急事態法にはこうした地域での実施のためのガイダンスがあり、CCSは2年毎のナショナルリスクアセスメント（NRA）のサイクルに応じてガイダンスをアップデートし、LRFを支援・助言する。一方、地域レベルでは対応できない、より規模の大きな緊急事態に際しては、中央の主管省庁（LGD）、すなわちNRAに記載の主要80の各リスクに対する責任省庁を中心に対応され、さらに大規模・深刻な緊急事態の場合にはCOBRが発動される。

<宇宙気象について>

ハイインパクトリスクとしての宇宙気象は、2010年頃検討が開始され、2011年版のNRAに初めて追加された、比較的新しいリスクである。CCSのハイインパクトチームでは、影響度と発生可能性で計算されるNRAにおける高スコアの新しいリスクとして、宇宙気象と火山ガス噴火の2リスクを担当している。宇宙気象のリスクは、大規模太陽嵐、すなわち1859年のCarrington Event規模のコロナ質量放出が起きた場合の、現在の複雑な技術システムに依存した社会が経験するであろう合理的最悪事態シナリオ（reasonable worst case scenario）を想定して計算される。被害は主に、電力グリッドシステム、GPS等衛星システム、航空システム、通信システムを中心に及ぼされる。

リスクの想定、すなわち合理的最悪事態シナリオの影響力と発生可能性については、政府科学技術局（GO-Science）や王立技術アカデミー（Royal Academy of Engineering）等による科学者のレビューと助言に基づく。また、新しいリスクについて専門家、実務者、学術と協議するための常設の諮問機関SEIEGが毎月ベースでCCSに助言を提出する。また宇宙リスクについては英米、スカンジナビア諸国が課題認識を強く共有している。宇宙気象の大きな課題は、科学者自身にとっても不確実性が多いため政府内部でも認識共有が難しく、また国民とのリスクコミュニケーションには一層の困難を抱えることである。ただしCCSの役割は、宇宙気象のリスクについて国民を教育することではなく、そのアウトカムにフォーカスし、適切に情報を共有し注意喚起しレジリエンスを高めることである。宇宙気象と火山ガスは新しいリスクであるため現在はCCSが担当しているが、今後気象庁に引き渡す予定である。CCSはリスク発生時の対応にあたるのみで、継続的に計画を作るのは各リスクのLGDであるが、電力喪失、衛星の停止、など多くの被害が同時に起きた場合の対応を準備するのはCCSしかいないので、他省庁との連携は必須である。

<ナショナルリスクアセスメントについて>

英国政府の危機管理の制度的構造は、大きく国内事案と国際的事案に分かれるが、その上に両者を俯瞰する国家安全保障戦略がある。国内事案に対しては、最上位に国家緊急事態への準備および復旧についてのレジリエンス戦略があり、これに付随して対テロ戦略（CONTEST、公開文書）がある。対テロ戦略の4要素Pursue、Prevent、Protect、Prepareのうち、NRAは主にPrepareに対応するものである。NRA（5年スパン）は国内におけるリ

スクを扱う一方、国内外両方をカバーするのがナショナルセキュリティリスクアセスメント（NSRA、20年スパン）である。

英国政府のレジリエンス戦略は以下のようなプロセスを経て策定される。（1）まず2年かけてのNRA作成であるが、通常まず1年目に文献や方法論のレビューを各リスクの第一責任省庁が確認し、そのフィードバックを受けて2年目にアップデートを行う。80の各リスクのスコアは、各責任省庁によって合理的最悪事態シナリオ（非公開）に基づいてアセスメントが行われるが、CCSによって予め各リスクが同時発生した場合の計画策定もしやすいよう調整される。政府科学技術局は、NRAの省庁横断レビュープロセスにおいて鍵となる存在で、最新の科学的データ、最高度の技術的エビデンス、最も厳密な科学的方法論が提供される。（2）次に、NRAの成果が、リスクに起因する具体的な共通被害（死者数等）として国家レジリエンス計画想定（政府内でのみ回覧）に落とし込まれる。（3）最後にこの計画想定を用いて、ナショナルスケールで共通被害への対応能力を備えるための国家レジリエンスケイパビリティプログラムが作成される。

<重要ナショナルインフラについて>

重要ナショナルインフラ（CNI）チームの仕事は大きく4種類あり、第一は、首相が議長を務める国家安全保障会議（NSC）の下のインフラ小委員会（THRC(O)）である。これは英国のインフラの監督と保険およびレジリエンス強化を主導する目的で2014年7月に設置されたばかりで、現時点では担当大臣はなく安全保障副顧問が議長を務めるハイレベルの委員会であり、年4回開催される。政府科学技術局も含めた、約30名の省庁横断的な委員から成る。目的は省庁横断的なリソースの配分について優先順位づけの合意を得ることであり、フレキシブルで透明性の高い選別方法として各セクターを階層化（順位づけ）し、現在最重要セクターとしてエネルギー、金融、保健、防衛、平和的原子力利用等、13分野が選択されている。

第二に、セクターレジリエンス組織が、各セクターおよび各省庁によるリスク把握と緩和、およびレジリエンス手段の構築・監督を指導する。2007年の大洪水の後に政府に提出されたPitt Reviewにおける提言に基づき、2010年にセクターレジリエンス計画が策定された。その後毎年13のセクターに対してレジリエンス計画報告書の作成が求められているが、各セクターのアセット所有者は各々異なる規制監督機関（省庁）の下にあり、リスクについての考え方も異なるため、内閣府と各省・各規制監督機関とアセット所有者の関係性が鍵となる。第三に、内閣府の政策担当大臣主導により作成される、大臣級年次レジリエンスレビューを作成する。第四に、産業界によるインフラ安全保障レジリエンスフォーラムの開催である。これは6か月ごとに重要インフラ全セクターの専門家・技術者・業務継続マネージャー等が一同に会し、各セクターのインフラのセキュリティを協議したりベストプラクティスを共有するもので、異業種間の交流の貴重な機会となっている。

<ロンドンオリンピック対応について>

オリンピックの危機管理は、NRAの2年間のプロセスに準じて準備された。第一に、オリンピックはその規模と複雑性において過去に経験のないイベントであり、短期間であるものの、その間のリスクの種類と規模、すなわちリスク環境も平常時と大きく異なる。例えば、全国レベルの指令システムの配置と調整、人間を対象としたセキュリティ問題、群衆の安全計画、交通と移動、システムの統合と相互運用性、これらへの対応が求められる。第二に、通常のあるべき設備（地元警察・消防や洪水用排水ポンプ等）の配置が全国レベルで

大きく変わるなど、レジリエンスのランドスケープも大きく異なる。第三に、通常の縦割りの法規制システムの中で各々の規制当局の責任の下に行われている危機管理を、何らかのトップダウンの権限を用いて強制・監督しなければならなくなる。

オリンピックに特化したリスクマネジメントは、大会開始の24～18か月前に実施されたが、その前1年程かけて検討が行われた。オリンピック安全セキュリティリスクアセスメントの第一段階は、NRAの手法を通じて何がリスクかを決定し、オーダーメイドの計画想定に基づいたケイパビリティのギャップを分析する。第二段階として、そのギャップを埋める計画を作り、第三段階として、厳密なレビューと査定、更にピアレビューを経てより信頼性の高い計画が実行に移される。オリンピック安全セキュリティリスクアセスメントを受けて、更に戦略的リスクアセスメントを行うことで、オリンピックに特化したリスクの優先順位づけと、これに応じた具体的な準備目標を定めることができた。

⑦ 英国・オックスフォード大学

訪問部署：Oxford Martin School (London office)

訪問日時：平成27年2月25日（水）10:00-11:00

訪問者：畑中、太田

オックスフォード大教授のBeddington卿は2年前まで、労働党ブラウン政権から保守党キャメロン政権にかけての政府首席科学顧問（GCSA）を務めた。その間に起きた日本の福島第一原発事故に際しては、在日英国大使館を通じていち早く合理的最悪事態シナリオに基づいた分析を公表してリスクコミュニケーションを行い、またその後の日本の科学技術アドバイザーについて助言を行うなど、日本との関わりも深い。英国では2009年に、個々の省庁とそれぞれの首席科学顧問が、危機の削減と評価を行うための方法論を協議し、緊急時にはCOBRが招集され、GCSA、各省科学顧問、外部有識者、LGDにより構成される緊急時科学的助言グループ（SAGE）がアドバイスを行うという体制が構築され、現在のところ適切に運用されている。SAGEは政府の科学技術顧問から構成されるが、対象となるリスクや分野や専門の対象はそれぞれであり、産業界からも参加することもある。SAGEの中でも専門的意見の齟齬が生じることがあるが、調整の努力をしながらも、最終的に多数意見と少数派意見の両方を提出する場合もある。真実が分からないときにとりうる唯一の方法でもある。

東日本大震災後の日本の科学アドバイザーの仕組みに対する評価をすると、特に震災後は政府によってなされる仕事の量が過多であったという。日本では首相・政権が変わると科学アドバイザーに関する政策も変化する一方、英国ではGCSAは公務員であるため、首相・政権が変わっても基本的なシステムは変わらない。また、首相と直接個人的なコンタクトをとれる立場にあるため、それほど頻繁ではないが、本当に緊急の政府対応が必要な場合、すなわち5年間の任務のなかで4回ほど直接のやり取りがあった。

NRAは5年のタイムスパンであるが、より長い想定として、20～30年をターゲットとするフォーサイトという大臣設置のプロジェクトもあり、これまで食品セキュリティや国際移民問題などが取り上げられ、政府の政策に影響をもたらしている。

3 - 4. 会議等の活動

・実施体制内での主なミーティング等の開催状況

年月日	名称	場所	概要
H26.4.4	第3回 RISTEX-CIR 研究会	東京大学 工8号館	進捗状況の報告と、H25研究開発実施報告のための調整
H26.7.16	第4回 RISTEX-CIR 研究会	東京大学 工8号館	進捗状況の報告
H27.1.19	第5回 RISTEX-CIR 研究会	東京大学 工8号館	進捗状況の報告と、3.11開催のワークショップの打ち合せ
H26.4.22	第1回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	伊藤哲朗・東京大学客員教授、前内閣危機管理監 「緊急事態における我が国の危機管理体制と危機管理の課題」
H26.5.20	第2回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	寺谷俊康・厚労省大臣官房健康危機管理・災害対策室 室長補佐 医療・公衆衛生領域の健康危機管理・災害対策について」
H26.6.17	第3回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	小川英雄・前静岡県危機管理監 「地方自治体における危機管理業務の課題」
H26.7.15	第4回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	原田忠義・防衛省運用企画局事態対処課 国民保護・災害対策室長 「自衛隊の災害派遣と国民保護措置の実施について」
H26.9.1	第5回レジリエンス政策研究会	工学3号館	Prof. L.K.Comfort (Director of CDM, University of Pittsburgh) “Building a Global Commons: Resilience in Managing Extreme Events”
H26.9.16	第6回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	中井亨・内閣官房行政改革推進本部事務局参事官 「内閣官房行政改革推進本部における最近の施策・動向について」
H26.11.17	第7回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	富井幸雄・首都大東京法科大学院教授 「Civil Emergency と国家的対応一軍出動を中心として：カナダとアメリカの法制と日本の課題」
H27.1.20	第8回レジリエンス政策研究会	伊藤国際学術 研究センター 特別会議室	前田哲也・東京都総務局総合防災部 計画調整担当課長 「東京都の防災対策（被害想定・

			地域防災計画について)」
--	--	--	--------------

4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

該当なし。

5. 研究開発実施体制

(1) モデリング・シミュレーショングループ

- ① 吉村忍（東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、教授）
- ② 複合インフラシステムのモデリングとシミュレーション

(2) レジリエンス総合評価グループ

- ① 古田一雄（東京大学大学院工学系研究科附属レジリエンス工学研究センター、教授）
- ② レジリエンスの総合評価と意思決定支援

(3) 政策・制度設計グループ

- ① 谷口武俊（東京大学政策ビジョン研究センター、教授）
- ② 市民社会・社会活動の安全に係る政策・制度の選択肢研究

6. 研究開発実施者

モデリング・シミュレーショングループ：東京大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	吉村 忍	ヨシム ラ シ ノブ	東京大学大学院工学系研究科	教授	統括／モデル構築と脆弱性・耐性分析	25	10	28	9
	大澤幸生	オオサ ワ ユ キオ	東京大学大学院工学系研究科	教授	シナリオ共創による脅威シナリオ作成	25	10	26	9
	和泉 潔	イズミ キヨシ	東京大学大学院工学系研究科	准教授	サービスシステムへの影響分析	25	10	28	9
	藤井秀樹	フジイ ヒデキ	東京大学大学院工学系研究科	講師	シミュレーションシステムの開発	25	10	28	9
	山田知典	ヤマダ トモノ リ	東京大学人好 物工学研究セ ンター	准教授	内的・外的脅威分析	25	10	28	9
	木藤浩之	キドウ ヒロユ キ	東京大学大学院工学系研究科	助教	シナリオ共創による脅威シナリオ作成	26	10	28	9
※	井上知子	イノウ エ ト モコ	東京大学大学院工学系研究科	研究 補佐員	データ整理	27	2	27	3

レジリエンス総合評価グループ：東京大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	古田一雄	フルタ カズオ	東京大学大学院工学系研究科	教授	統括／評価基準の策定	25	10	28	9
	菅野太郎	カンノ タロウ	東京大学大学院工学系研究科	准教授	復旧プランの最適化手法の開発	25	10	28	9
	小宮山涼一	コミヤマ リョウイ チ	東京大学大学院工学系研究科	准教授	エネルギーシステムのレジリエンス分析	25	10	28	9

※	Lubashevskiy Vasily	ルバシエフスキー ヴァシリ	東京大学大学院工学系研究科	特任 研究員	シナリオライブ ラリー構築	26	11	28	9
---	---------------------	------------------	---------------	-----------	------------------	----	----	----	---

政策・制度設計グループ：東京大学

	氏名	フリガ ナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	谷口武俊	タニグ チ タ ケトシ	東京大学政策 ビジョン研究 センター	教授	統括／政策・制度 選択肢の創出、評 価	25	10	28	9
	三國谷勝範	ミクニ ヤ カ ツノリ	東京大学政策 ビジョン研究 センター	教授	政策・制度選択肢 の創出、評価	25	10	27	3
	佐藤智晶	サトウ チアキ	東京大学政策 ビジョン研究 センター	特任 講師	危機管理組織の 制度設計	25	10	27	3
	畑中綾子	ハタナ カ リ ョウコ	首都大東京法 科大学院	助教	緊急事態の法制 度調査	25	11	27	3
	太田響子	オオタ キョウ コ	東京大学政策 ビジョン研究 センター	特任 研究員	国内外の政策・制 度の調査分析	26	2	28	9
※	小野理恵	オノ エリ	東京大学政策 ビジョン研究 センター	研究 補佐員	調査資料翻訳・整 理	26	9	27	9

7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

7-1. ワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H27. 3. 11	社会レジリエンス向上 のための政策技術に関 するワークショップ	東京大学工 学部3号館31 講義室	28	岐阜大学の能島教授の相互依 存性解析に関する招待講演の 後、本プロジェクトの研究成 果を発表し、議論を行った。

7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、DVD

該当なし

(2) ウェブサイト構築

該当なし

(3) 学会（7-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・「科学技術政策のための科学研究開発プログラム」プログラム全体会合、市民生活・社会活動の安全確保政策のためのレジリエンス分析、平成27年2月7日、クロスウェーブ府中

7 - 3. 論文発表

(1) 査読付き（2件）

●国内誌（0件）

該当なし

●国際誌（2件）

- ・ V. Lubashevskiy, T. Kanno, K. Furuta: Resource Redistribution Method for Short-Term Recovery of Society after Large-Scale Disasters, *Advances in Complex System*, 17, 1450026 (2014).
- ・ H. Kido, Y. Ohsawa, K. Nitta: Paretian Argumentation Frameworks for Pareto Optimal Arguments, *Journal of Logic and Computation*, 2015. (to appear)

(2) 査読なし（1件）

- ・ 谷口武俊: エネルギーとレジリエンス, *エネルギー・資源*, Vol.36, No.1, 14-18, エネルギー・資源学会, 2015.

7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議1件、国際会議1件）

- ・ 菅野太郎: 人間中心のレジリエンス工学（基調講演）, 第21回信頼性設計技術WS & 第34回最適設計研究会, 2014.
- ・ T.Taniguchi: Institutional Challenges for Building and Maintaining A Secure and Resilient Japan, Workshop on Risk and Security- Redefining the Concept and the Structure of Governance, Sanjo Concerence Room, UTokyo, 16th July, 2014.

(2) 口頭発表（国内会議4件、国際会議4件）

- ・ 松澤宏務, 小宮山涼一, 藤井康正: 確率計画法による災害リスクを考慮した関東圏のエネルギーシステム強靱化に関する分析, 第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 223-226, 2015.
- ・ 三田尚貴, 藤井秀樹, 吉村忍: 大規模マルチエージェント交通流シミュレーションのための経路探索の並列化, 第19回計算工学講演会, 広島国際会議場, 広島市, 2014.6.12.

- ・ 三田尚貴, 藤井秀樹, 吉村忍: 広域性と精緻性をそなえた交通流シミュレータのための経路探索の並列化, 日本機械学会第27回計算力学講演会, 岩手大学, 盛岡市, 2014.11.24.
- ・ 藤井秀樹, 吉村忍: 大規模微視的交通流シミュレーションの効率化, 日本機械学会第27回計算力学講演会, 岩手大学, 盛岡市, 2014.11.24.
- ・ T. Kanno, K. Ono, S. Hong, K. Furuta: Disaster Context Modeling for the Creation of Exercise Scenarios, Proc. 12th Int Conf. on Probabilistic Safety Assessment and Management, CD-ROM, TH2-160, 2014.
- ・ V. Lubashevskiy, T. Kanno, K. Furuta: Resource Redistribution after Large Scale Disasters: Case with Gradually Updated Information, 14th Asia Simulation Conference (AsiaSim 2014), Kitakyushu, Oct. 27, 2014.
- ・ H. Kido, Y. Ohsawa: Defensibility-based Classification for Argument Mining, Proc. of the 4th IEEE ICDM Workshop on Data Mining in Networks (DaMNet 2014), pp. 575-580, 2014.
- ・ H. Kido, T. Takai: Encouraging Critical Communication with Defeasible Goal Structuring Notation, International Workshop on Logical Analysis of Descriptions and their Representations, Talk, Jan. 28, 2015.

(3) ポスター発表 (国内会議0件、国際会議0件)
該当なし

7 - 5. 聞報道・投稿、受賞等

- (1) 新聞報道・投稿 (0件)
該当なし
- (2) 受賞 (0件)
該当なし
- (3) その他 (0件)
該当なし

7 - 6. 特許出願

- (1) 国内出願 (0件)
該当なし
- (2) 海外出願 (0件)
該当なし