

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和2年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム
シナリオ創出フェーズ
「災害感応度の高い都市圏の災害連鎖の動的予測を
可能にするシナリオ策定」

研究代表者 渡辺 研司
(名古屋工業大学大学院 教授)

協働実施者 永松 伸吾
(防災科学技術研究所 災害過程研究部門長)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2 - 1. 目標	2
2 - 2. 実施内容・結果	4
2 - 3. 会議等の活動	10
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	12
4. 研究開発実施体制	12
5. 研究開発実施者	13
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	14
6 - 1. シンポジウム等	14
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	14
6 - 3. 論文発表	14
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	14
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等	14
6 - 6. 知財出願	14

1. 研究開発プロジェクト名

災害感応度の高い都市圏の災害連鎖の動的予測を可能にするシナリオ策定

2. 研究開発実施の具体的内容

2 - 1. 目標

(1) 目指すべき姿

東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県等の大都市圏では、社会経済活動を支える機能群や人流、物流、金流、情報流が極度に集中し相互依存しているため、ひとつの大規模災害を引き金として複合的な災害連鎖が急速に拡散し、被害が想定以上に拡大してしまう深刻な事態が懸念されている。特に広域首都圏では大きな昼夜間人口差を生み出している通勤・通学者の人流、また中部圏では日本の経済・産業活動を支える東西の物流・人流が大きな災害リスクに晒されている。

解決すべき社会問題を抱える特定地域における自治体を中心とした利害関係者（行政機関、重要インフラ事業者、企業、住民等）が、広域災害における災害連鎖のカスケードの防止や連鎖被害の起こりやすさ（likelihood）や影響（impact）の低減を可能とする「先手」を打つための意思決定支援機能と運用体制の設計を、本プロジェクトの「円卓会議」を通じて実施し、その後、より幅広い利害関係者を集めた訓練・演習を通じた可能性試験を段階的に実施する。

国連の世界都市人口予測（2018）によれば、現在、世界人口の半数以上が都市圏に暮らしており、2050年には7割近くに達する。また、世界の都市人口の8人に1人が1000万人以上規模の33大都市に居住しており、2030年には43大都市圏に増加し、その多くが途上国地域に存在することになる。このような世界的な都市化傾向の下、我が国でも東日本大震災や新型コロナウイルス等により、都市圏の「日常」の脆弱性が浮かび上がった。都市や国家の継続性やSDGs持続的開発を実現するためには、今後ますます激甚化・多様化する災害とその連鎖事象への柔軟な対応力を、下記の3ゴールを見据えながら、社会経済的な仕組みとして都市圏に導入する必要がある。

- ①ゴール11：包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市および人間居住を実現する
- ②ゴール13：気候変動およびその影響を軽減するための緊急対策を講じる
- ③ゴール17：持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

本プロジェクトでは、今後発生する大規模災害の連鎖事象を予測し、「先手」を打つ

ために、災害過程を可視化し意思決定と行動を支援するツール（プロトタイプ）を開発することと並行して、特定地域の自治体を中心とした行政機関、重要インフラ事業者、企業、住民といった利害関係者による「円卓会議」形式の対話を重ね、訓練・演習を実施する場を提供することで、地域共有の災害連鎖リスクに対するレジリエンスを、利害関係者の連携によって対応する当事者意識を醸成することを目的とする。その対話や訓練・演習には、災害対応にかかわる様々な専門分野から分野横断的に専門家や実務家を招聘し、助言を受けながら実効性の高い仕組みの基盤の構築を試みる。

プロジェクト開始時にはSATREPSプロジェクトの「災害リスクとその影響の可視化」、SIPプロジェクトの「訓練用災害シナリオ生成」技術を技術シーズとして活用し、災害連鎖要素の分析・体系化と表現形式の決定（研究開発項目A）、災害連鎖モジュールと動的シミュレータの試作（研究開発項目B）、特定地域の災害過程可視化方法の開発とシミュレータを用いた可能性試験（研究開発項目C）を通じて、

- ・過去の災害連鎖のメカニズムの解明不足
- ・過去の災害とは異なる連鎖パターンの頻発
- ・都市の災害感応度増加と想定外の災害連鎖の発生

といった現状の課題に対応する体制の基盤を地域に構築し、下記のような状態になることを目指す。

- ・都市圏の災害連鎖リスクの認知と備え
- ・今後発生する災害連鎖の早期予測と先手
- ・社会経済活動の経済合理的な縮退行動共有

そして、最終的には都市圏の社会経済活動にかかわる組織や人々が、今後発生する大規模災害と災害連鎖の展開を早めに予測し、利害関係者と調整が出来るようになることで、経済合理性を確保し社会的責任も果たしながら、都市圏全体でより効果的・効率的な災害対応を行うことができるようになることを目指す。

2 - 2. 実施内容・結果

(1) スケジュール

研究開発期間中（24ヶ月）のスケジュール



(補足説明)

A-2: 論理的災害連鎖の要素定義と表現方法の決定

国内外の論文・文献調査や外部専門家からの助言等により、A-1で得られた過去の災害連鎖の分析結果（中間）で複数の表現方法を用いての試行錯誤を重ねたが、決定については、研究項目Cで進めている可用性試験の実施候補地（京都府他）で調整を開始した目的・対象等を勘案して行う必要があるため、次年度前半まで延長することとした。

C-1: 「円卓会議」形式の対話を通じた災害連鎖過程可視化手法の開発・実施

本年度は京都府危機管理部災害対策室との調整を開始したが、新型コロナ禍に伴い実際のワークショップ開催は難しい状況が継続中のため、次年度前半での実施を目標に準備を進めることとした。

(2) 各実施内容

今年度の到達点①

(目標) 過去・論理的災害連鎖の要素定義、表現方式の決定と描出を実施する。

実施項目A-1:

過去の災害連鎖の要素分解と描出 (期間: R2年10月~R3年9月)

実施内容:

これまでの災害連鎖のパターンを連鎖モジュールとして定義するために必要な災害連鎖の要素分解と時空間横断的なデータセット(災害名、連鎖事象、原因、発生時間、影響など)の構築を国内外の文献(報告書、論文、報道記事)を専修大学、三菱商事インシュアランス、英UCL(リスク・災害・レジリエンス修士課程プログラム)他からの協力を得ながら収集・分析することで実施した。また、次年度に実施する描出方法についての検討を開始した。

実施項目A-2:

論理的災害連鎖の要素定義と表現形式の決定 (期間: R3年1月~R3年9月)

実施内容:

未発生論理的な災害連鎖パターンの連鎖の要素定義とデータセットの構築に着手し、国内外の専門家(英国UCLのD・アレキサンダー教授、東大の廣井悠准教授、台湾国家災害防救科技中心のWei-Sen Li博士)とのワークショップを通じて得た助言も取り込みながら、研究開発項目Bで用いる災害連鎖の表現形式の決定に向けた候補(CIA: Cross Impact Analysis他)の絞り込みを実施した。最終決定には、更に実際のデータを用いた試行検討などをしながら評価軸を整理する必要があるため、MHE T分野横断専門家チームとの議論は次年度前半に改めて行うこととした。

今年度の到達点②

(目標) 特定地域他との当事者・利害関係者との対話の開始

実施項目C-1:

「円卓会議」方式の対話を通じた災害連鎖過程可視化手法の開発と実施 (期間: R3年1月~R4年3月)

実施内容:

研究開発項目A-1・2とB-1で構築する災害連鎖要素のデータセットと描画されたツリーを用いて災害連鎖過程の可視化に関わる対話を行うための「円卓会

議」を特定地域で開始すべく、まずは第一候補となった京都府の京都府危機管理部災害対策室と会議体の構成、ワークショップの目的・対象・方法等の企画に関する議論を2020年11月より開始した。また、プロジェクト協力者他が参加した災害連鎖シナリオ作成ワークショップの試行を2021年3月に実施した。

(補足説明)

今年度の計画期間内の目標としては設定されていなかった研究開発項目B-1の「イベント連鎖モジュール定義」についても、上記実施項目A-2の「論理的災害連鎖の要素定義と表現方法の決定」の議論・作業に併せて前倒しに開始。次年度で試作するシミュレータの利用場面を意識した表現方法や粒度の検討に着手した。

(3) 成果

今年度の到達点①

(目標) 過去・論理的災害連鎖の要素定義、表現方式の決定と描出を実施する。

実施項目A-1:

過去の災害連鎖の要素分解と描出 (期間: R2年10月~R3年9月)

成果:

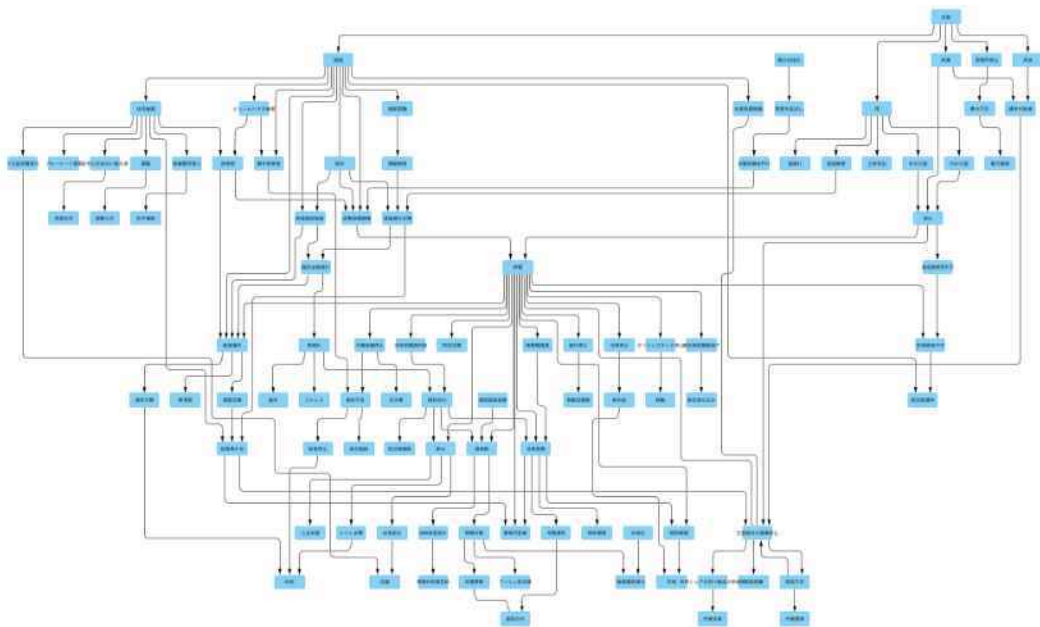
これまでの災害連鎖のパターンを連鎖モジュールとして定義するために必要な災害連鎖の要素分解と時空間横断的なデータセット(災害名、連鎖事象、原因、発生時間、影響など)の構築を国内外の文献(主に新聞記事DB。国内については日本経済新聞)を専修大学、三菱商事インシュアランス、英UCL(リスク・災害・レジリエンス修士課程プログラム)他(東電設計等)からの協力を得ながら収集・分析の切り口の検討について試行錯誤を繰り返しながら実施した。国内については2019年台風19号、2015年熊本地震、2018年台風21号についての新聞記事DBからの災害連鎖の抽出と整理・分析を行った。また、海外については豪雪・寒波における災害連鎖の情報収集を主に米国主要紙WEBサイト等から行った。

新聞記事検索から得られた災害連鎖の整理表(例示)と描出方法の検討(例示)は下記の通り。

検索キーワード: 台風15号, 記録 新記録体: 日本経済新聞

連鎖番号	記事名	種別	記事発行日付	要約	記事本文の要約	基礎情報-記事				
						ID-内閣(内閣)-市町村レベル	メディア名称(メディア)-報道機関の種別	メディア内閣(内閣)-種別	メディアID(内閣)-種別	種別
21	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	東京都は11月1日、台風15号の襲来を想定し、東京都民に避難を要しないことを発表し、東京都民は避難を要しない。	東京都(東京都)-報道機関	日本経済新聞	国内	記事	東京都民は避難を要しない
22	宮田市長	同	同	同	同	同	同	同	同	同
23	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
24	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
25	40日(11月14日)と15日(15日)	日本経済新聞	2019/11/7	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
26	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
27	10月19日(10月19日)	日本経済新聞	2019/10/11	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
28	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
29	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同
30	2019年台風15号	日本経済新聞	2019/11/2	台風15号で東京都の警報に反し、東京都民は避難を要しない	同	同	同	同	同	同

2019年台風15号の連鎖被害に関する整理・分析の枠組み(例示)



台風に伴う災害連鎖のネットワーク型描出(例示)

実施項目A-2:

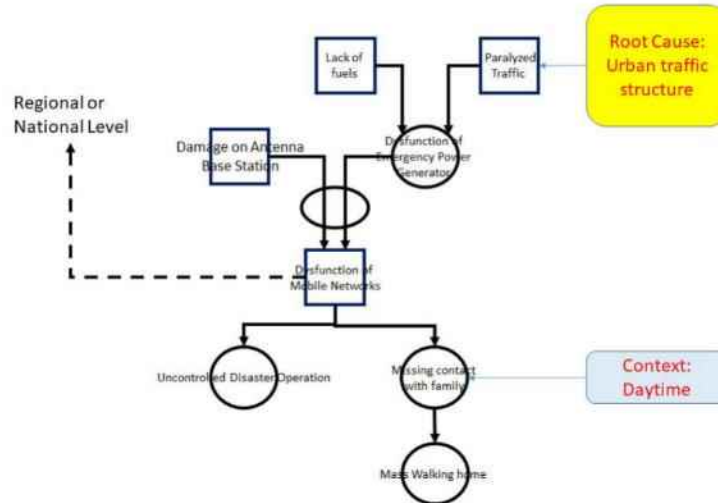
論理的災害連鎖の要素定義と表現形式の決定 (期間: R3年1月~R3年9月)

成果:

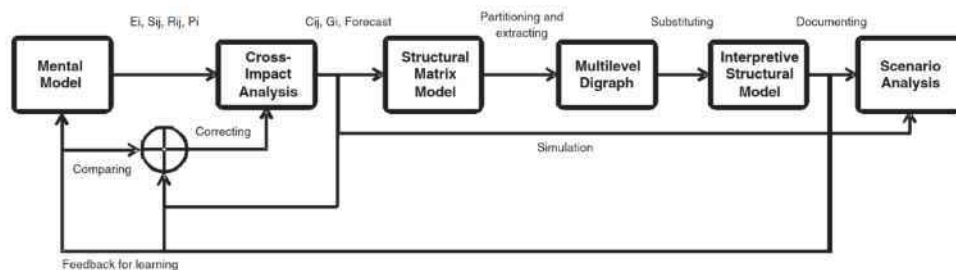
未発生の論理的な災害連鎖パターンの連鎖の要素定義とデータセットの構築に着手し、国内外の専門家(英国UCLのD・アレキサンダー教授、東大の廣井悠准教授、台湾国家災害防救科技中心のWei-Sen Li博士)とのワークショップを複数回(2020/12/17、2021/1/21及び2/25)実施することを通じて得た知見も取

り込みながら、研究開発項目Bで用いる災害連鎖の表現形式の決定に向けた候補（CIA: Cross Impact Analysis他）の絞り込みを実施した。

連鎖の要素定義の議論の際に用いた図表と、災害連鎖のパターンのシミュレーションの基盤に用いることを検討したCIAの概要は下記の通り。



海外専門家とのワークショップでの議論に提示した災害連鎖に関わる表記のたたき台（例示）



災害連鎖のパターンのシミュレーションの基盤として検討したCIA-ISM手法

(Victor A. Bañuls, et al, “Collaborative scenario modeling in emergency management through cross-impact”,

Technological Forecasting & Social Change, 80 (2013), pp.1756-1774より引用)

今年度の到達点②

（目標）特定地域他との当事者・利害関係者との対話の開始

実施項目C-1:

「円卓会議」方式の対話を通じた災害連鎖過程可視化手法の開発と実施（期間：R3年1月～R4年3月）

よりも進捗した。

また、従来のように災害連鎖を直接的にツリー構造によって表現する手法よりも、本年度に検討したCIA-ISMの手法を用いることによって、因果関係の具体的特定や、その強さの量的表現が可能になる上に、あるイベントの発生がどのように連鎖するかについて、簡便なシミュレーションが可能になることがわかった。その一方で、CIA-ISMの手法を用いた場合、イベント数が多くなると設定すべきパラメーターが等比級数的に増えるため、議論のドメインを限定し効率的にイベントを定義する必要があることも明らかになった。

【解決方法】

CIA-IMSによって作成するワークシートを、

- (1) 重要インフラ
- (2) 災害対応

の二つのレイヤーに分割することで、災害連鎖の因果関係を単純化することとする。また作成するワークシートのドメインを明確にし、適切なステークホルダーの参画を求める。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2020/11/24	プロジェクトミーティング	WEB会議	主な議題： プロジェクト運営、ワークショップ企画、過去の災害連鎖事例分析
2020/11/19 2021/3/9 2021/4/22	京都府危機管理部災害対策室	京都府庁	主な議題： 「円卓会議」の設置、災害連鎖予測の重要インフラ間相互依存レベルの確認、災害連鎖想定による意思決定支援ワークショップ訓練企画（目的・対象・内容）等
2020/12/4,9,22	プロジェクトミーティング	WEB会議・防災科研（東京）	主な議題： 過去事例分析の対象事象・対象文献・分析方法、ワークショップにおける討論テーマ等。
2020/12/17	災害連鎖の表現方法に関わるワークショップ①	WEB会議	危機管理における災害連鎖の分析に詳しい、英国UCLのD・アレキサンダー教授を招へいし、災害連鎖の表現方法についての議論を展開。（台湾・国家災害防救科技中心メンバーも参加。）
2021/1/14,28	プロジェクトミーティング	WEB会議	主な議題： 事例分析中間結果の災害連鎖要素

			の抽出とモジュール化、連鎖予測の表現方法（連節・粒度等）
2021/1/21	災害連鎖の表現方法に関わるワークショップ②	WEB会議	前回（2020/12/17）に引き続き、英国UCLのD・アレキサンダー教授を招へいし、災害連鎖分析に基づく連鎖予測方法等についての議論を展開。
2021/2/4,18	プロジェクトミーティング	WEB会議・関西大学（東京）	主な議題： CIA（Cross Impact Analysis）を用いた災害連鎖分析、台風による災害連のネットワーク図表現、ワークショップ実施候補地の選定・概要企画
2021/2/25	災害連鎖事例分析方法に関わるワークショップ	WEB会議	過去事例の災害連鎖分析の関わる研究を展開中の東大・廣井悠先生を招へい、災害連鎖事例分析に基づく連鎖予測方法等についての議論を展開。
2021/3/3,13	プロジェクトミーティング	WEB会議・関東・防災科研	過去事例の分析結果に基づく連鎖の表現方法・意思決定支援の要素、ワークショップ開催候補地における「円卓会議」の構成・進め方等
2021/3/29	プロジェクトワークショップ	関西大学（東京）	災害連鎖シナリオ作成のワークショップ施行を研究協力者メンバー他（専修大学・三菱商事インシュアランス・富士通総研・東電設計）が参加し実施。

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

初年度である本年度は、過去の災害連鎖事例の調査・分析とその連鎖要素の抽出と表現方法の検討を国内外の専門家も交えながら実施した。本年度の結果を活用した実験（可用性試験）を次年度より候補地（京都府他）で利害関係者を集めたワークショップ形式で計画通り展開予定。

4. 研究開発実施体制

(1) 災害連鎖要素特定体系化グループ（研究開発項目A）

グループリーダー：渡辺研司（名古屋工業大学、教授）

役割：災害連鎖要素の分析・体系化と表現形式の決定

概要：過去の災害連鎖の要素分解と抽出、論理災害連鎖の要素定義と表現形式の決定を実施する。

(2) 災害連鎖モジュール・動的シミュレータ試作グループ（研究開発項目B）

グループリーダー：鈴木進吾（防災科学技術研究所、主任研究員・副部門長）

役割：災害連鎖モジュールの定義と動的シミュレータの試作を実施する。

概要：研究開発項目Aの結果に基づき、災害連鎖モジュールの定義を行った上でマルチハザードイベントツリーのクリティカルな部分についてのシミュレータを試作する。

(2) 災害連鎖過程可視化手法・シミュレータを用いた可能性試験実施グループ

(研究開発項目C)

グループリーダー：永松伸吾（防災科学技術研究所、部門長）

役割：「円卓会議」方式の対話を通じた災害連鎖過程可視化手法の開発及びシミュレータを用いた訓練・演習実施。

概要：解決すべき社会課題を抱える特定地域において、利害関係者を集めた対話の場を提供しながら並行して研究開発項目Bで試作するシミュレータを用いた訓練・演習で検証を行う。また、メディアの協力により災害対応に関わる特集番組等の番組企画への反映を試みる。

5. 研究開発実施者

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
渡辺 研司	ワタナベ ケンジ	名古屋工業 大学	大学院 社会工学専攻	教授
永松 伸吾	ナガマツ シンゴ	防災科学技術 研究所	災害過程 研究部門	部門長
鈴木 進吾	スズキ シンゴ	防災科学技術 研究所	災害過程 研究部門	主任研究員 副部門長
岩崎 祐子	イワサキ ユウコ	名古屋工業 大学	大学院 社会工学専攻	博士課程 後期3年

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

(特になし)

6-2. 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、フリーペーパー、DVD

(特になし)

(2) ウェブメディアの開設・運営、

(特になし)

(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

(特になし)

6-3. 論文発表

(1) 査読付き(0 件)

●国内誌(0 件)

●国際誌(0 件)

(2) 査読なし(0 件)

6-4. 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 0 件、国際会議 0 件)

(2) 口頭発表(国内会議 0 件、国際会議 0 件)

(3) ポスター発表(国内会議 0 件、国際会議 0 件)

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿(0 件)

(2) 受賞(0 件)

(3) その他(0 件)

6-6. 知財出願

(1) 国内出願(0 件)