

# マンダラ集合知に基づく生成 AI を用いた産官学広域防災 連携プロジェクトの課題解決シミュレーション

MANDALA-based AI Simulation for Solving Problems  
in Industrial-Academic-Government Wide-Area Disaster Prevention Projects

小林 信三<sup>1</sup> 青木成 一郎<sup>2</sup> 加藤 知愛<sup>3</sup> 檜木 隆彦<sup>4</sup> 上石 陽子<sup>5</sup>

Shinzo Kobayashi<sup>1</sup>, Seiichiro Aoki<sup>2</sup>, Tomoe Kato<sup>3</sup>, Takahiko Naraki<sup>4</sup>, Yoko Ageishi<sup>5</sup>

<sup>1</sup>NPO 法人 CCC-TIES

<sup>1</sup>NPO CCC-TIES

<sup>2</sup>京都情報大学院大学

<sup>2</sup> The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

<sup>3</sup>北海道大学

<sup>3</sup> Hokkaido University

<sup>4</sup>園社会イニシアティブ株式会社

<sup>4</sup> Dennen-Shakai Initiative, Co. , Ltd.

<sup>5</sup>クラブツーリズム株式会社

<sup>5</sup> Club Tourism International Inc.

本研究では、2022 年に北海道で実施された産官学広域防災連携プロジェクトのワークショップで得られた、防災計画の立案プロセスにおける様々な意見やアイデアをマンダラ/DMM(Diamond Mandala Matrix)を用いて集合知として可視化した。さらに、そのマンダラ集合知をもとに生成 AI を利用し、ワークショップ参加者の属性(自治体、企業、学生)に基づいた課題解決策の立案シミュレーションを試みた。最後に、こうした複数の利害関係者を含むプロジェクトでの政策立案プロセスにおけるマンダラ集合知および AI シミュレーションのモデル化とその可能性について考察を加えた。

## 1. はじめに:事例プロジェクトの概要

本研究で対象とした「北後志広域防災連携プロジェクト」(以下、北後志プロジェクトとする)は、小樽市に隣接する 5 町村(積丹町、余市町、仁木町、古平町、赤井川村)の防災備蓄、避難所と備蓄倉庫の位置、食料と医薬品の提供を最適化するシステムを、官民学の力を合わせて創る社会事業である。[1]

2022 年、このプロジェクトに参加する関係者が、プロジェクトの課題とめざすゴールを理解することを目的に 2 回のワークショップが開催された。[1]

このワークショップで使用されたオンラインツールが、DMM(Diamond Mandala Matrix)である。DMM は、3×3 の行列を基本単位(DMM モジュール)として、その周囲 8 要素 (DMM エlement)の情報を象徴あるいは総称する情報を中心要素(DMM シンボル)に配置する。この DMM シンボルを他の DMM

モジュールの DMM エlementとして連結させることによって、複数のモジュール間およびそこに含まれる情報間の関係性および論理構造、言語構造、概念構造などを多面的かつ立体的に可視化することができる。[2]

このワークショップで DMM が用いられた理由としては、DMM が 5 階層のスコープで、複数のテーマについて、過去・現在・未来を移動して思考し、グループで共有することができるので、広域的・長期的な解決策を見出し、行動計画を導出するワークに適しているためである。[1]

第 2 回ワークショップ終了時には、31 ケースの「すべての被災者を安全に避難させる」ために「私が」行動すること(行動計画)がマトリックス上にアウトプットされた。[1]

図1. 第2回ワークショップの様子



図2. 自治体参加者による行動計画 DMM 記入例

担当者会議	私が	一同に会して (リアル会議)	防災計画等を 修正	私が	防災会議の開催、審議、承認を得る。
連携の具体化が必要	開催する	当事者意識を持ち連携を促進 (みなし備蓄が具体化)	災害対策基本法等	変更する	地元自治体を基に他町村との連携を図る
できる限り早期に	事務局長以下スタッフとともに	余市町以外の町村役場会議室で	令和4年度	職場、防災会議、近隣5町村防災担当者	町、防災会議

図3. 企業参加者による行動計画 DMM 記入例

備蓄品スキームを	サツドラが	各社のゴールを出しながら	北後志5町村それぞれの防災課題と共通課題を	私が	余市町職員に各自治体の本音を聞き出してもらって
広域での防災備蓄品の提供を行うため	計画する	地域間連携が取れている	地域全体で取り組みやすい最初の解決課題を見つける	整理する	広域連携の進め方がわかってくる
2022年から	北後志連携の各ステークホルダーと	リアルな場で	いまずに	余市町の職員といっしょに	東京で

図4. 学生参加者による行動計画 DMM 記入例

対象地域の住宅、公営住宅	わたしが	実測調査、アンケート調査	発災直後の状況	わたし	英語で説明できるようにする
自分の専門、できることで地域に貢献できることか	調査する	(冬季における) レジリエンス住宅を提案	自分自身をまもるため	判断する	後悔しない
いつでも	全てのステークホルダー	大学	今学期中	もうひとりの日本人学生	研究室で

ワークショップで表出した参加者の行動計画は、参加者の属性に順じて、自治体の行動計画(6例)、企業の行動計画(4例)、学生の行動計画(17例)、その他(4例)に分類することができ、各行動計画が「すべての被災者を安全に避難させる」プロジェクトに統合するアクションマップの構成要素となっている。

図5. 各行動計画の DMM が統合されたアクションマップ

表1: 行動計画: すべての被災者を安全に避難させる」ために「私が」行動すること

自治体の行動計画					
アプローチ	公共政策	技術・ビジネス による課題解決	意識化	その他	合計
自治体	6	0	0	0	6
企業	0	5	0	0	5
学生	4	3	10	2	19
その他	0	0	0	1	1
合計	10	8	10	3	31

  

企業の行動計画					
・担当者会議の開催					
・広域防災計画の策定					
・新しい防災計画の策定					
・北後志広域防災連携担当者会議の開催					

  

学生の行動計画					
・ペル・データ株式会社とサツドラホールディングスによる 仮想在庫スキーム					

©Hokkaido University

さらに、報告書[1]のなかで、加藤、米田らの研究チームは、このワークショップをとおして得られた個々の DMM の情報を政策過程論に基づいて総合的に分析、検討した。その結果、それぞれの属性において以下の7つの行動計画案 (A~G) に分類した。[1][6]

#### 【自治体の行動計画案】

自-A 案: 担当者会議の開催 (北後志広域防災連携)

自-B 案: 広域防災計画の策定

自-C 案: 新しい防災計画の策定

#### 【企業の行動計画案】

企-D 案: 仮想在庫スキーム

#### 【学生の行動計画案】

学-E 案: 公共政策アプローチの計画

学-F 案: 技術・ビジネスにより課題を解決する計画

学-G 案: 情報を収集し、「意識をもつところから行動する:意識化アプローチ」の計画

## 2. ワークショップの成果:マンダラ集合知

一方、このワークショップの終了後、この DMM ツールの研究開発をおこなっている小林、青木らの研究チームは、これまで他分野で実施してきた手法と知見[3][4][5]を基に、このワークショップで得られた DMM 情報を言語的な観点から分析し、その集合知のデータ化と可視化を試みた。

以下、それぞれの図は、DMM に記入された語句を形態素解析によって名詞/名詞句 (知識、概念) に分解し、その言語的な特徴を属性ごとに可視化したものである。

[illegible]

パートナー企業  
 避難生活 備蓄品スキーム 会社  
 本音 地域間連携 解決課題  
 北後志連携 基礎自治体  
 広域連携 防災担当者 余市町  
 提供 避難所 進め方  
 余市町防災 地域全体 サツドラ  
 実現度 場  
 ゴール 共有化 自治体  
 市町 広域避難  
 防災備蓄品  
 プロダクト 2022年北後志課題 向上  
 それぞれ 広域  
 共通課題 各社  
 担当 避難所生活  
 QOL 東京 防災課題 ハードル  
 職員  
 ステークホルダー

自分

ステーキホルダー 判断  
ため 地震 文字 対応 専門  
今学期 ともに アンケート 貢献 冬季 学生  
提案  
英語 記憶 こと 津波 調査 研究  
地域 公営 音声 住宅 直後  
後悔 人々 機会 対象 大学 実測 日本人  
全て 次 会話 言葉  
自身 災害 恐怖 ひとり  
説明 レジリエンス  
発災 状況

次に、小林、青木らの研究チームは、DMM 情報から抽出した上記のマングラ集合知のデータを基に、生成 AI による属性別の行動計画案のシミュレーションを試みた[2].

AI-⑪**地震対応の教育プログラムの開発**: 大学の学生と専門研究者が協力し、地震と津波に対するレジリエンスを高めるための教育プログラムを開発します。このプログラムでは、自分自身や地域の人々に対して、対応策や行動の判断方法を教え、恐怖や後悔を軽減します。

AI-⑫**言葉の壁を乗り越えた情報共有**: 英語ができる日本人学生とともに、外国の人々に対して津波や地震のリスクを説明するためのアンケート調査を実施します。これにより、情報が全ての人々に届き、災害発災後の対応が向上します。

AI-⑬**地域共同体のレジリエンス向上**: 地域のステークホルダーと協力して、冬季の災害に備えた住宅の提案を開発します。これにより、公営住宅や一般の住宅が地震や津

波に対してより強固になり、地域全体のレジリエンスが向上します。

AI-⑭ **記憶の保存と共有:** 災害発生時の状況を実測データとして記録し、文字や音声を用いて記憶を保存します。これにより、後で対応策を研究し、次の対応に役立ちます。

AI-⑮ **恐怖を軽減するためのサポートグループの設立:** 自分自身が恐怖や後悔に苦しむ人々のために、災害直後に支援を提供するサポートグループを設立します。このグループは、心のケアや経験共有を通じて、恐怖を軽減し、個人の精神的な回復を支援します。

#### 4. 行動計画案への AI シミュレーション結果の適用

AI によって生成されたこれら 15 の行動計画案を先に加藤、米田らの研究チームが属性別に分類した 7 つの行動計画案に生成 AI を用いて分類した。ChatGPT3. 5 への指示文/プロンプトは以下の通りである。

##### 【指示文/プロンプトテンプレート】

以下の項目をその内容要素の関係に基づいてカテゴリ A~G に分類しなさい。複数選択可能。

カテゴリ: [加藤、米田らによる 7 つの行動計画カテゴリ]

項目: [マンダラ集合知から AI が抽出した 15 の行動計画案]

##### 【生成 AI の回答結果】

###### 自-A 案: 担当者会議の開催

AI-① **自主防災組織を促進:** 担当者会議と連携して、町の防災担当者をスタッフとして配置し、防災地域内での自主防災組織を促進する。

AI-④ **広域防災計画の作成:** 広域防災計画を作成し、地元自治体と連携して承認を得るための審議会を開催し、地域の協力を確保する。

AI-⑤ **広域連携戦略の検討:** 防災会議を通じて、近隣町村との協力を強化し、無駄なリソースを削減するための広域連携戦略を検討する。

###### 自-B 案: 広域防災計画の策定

AI-④ **広域防災計画の作成:** 広域防災計画を作成し、地元自治体と連携して承認を得るための審議会を開催し、地域の協力を確保する。

AI-⑥ **広域避難計画の策定:** 広域避難を考慮した自治体の防災計画を作成し、余市町と周辺の市町と連携して実現度を向上させる。

###### 自-C 案: 新しい防災計画の策定

AI-② **地域研修会の開催:** 地域住民の防災意識を醸成するために、地域研修会を開催し、当事者意識を高める。

AI-③ **防災ワークショップの開催:** 町村役場会議室を利用して、地域の住民と共に避難経路と避難方法を具体化し、確認するワークショップを開催する。

AI-④ **広域防災計画の作成:** 広域防災計画を作成し、地元自治体と連携して承認を得るための審議会を開催し、地域の協力を確保する。

###### 企-D 案: 仮想在庫スキーム

AI-⑦ **防災備蓄品スキームの提供:** 各社と協力して、防災備蓄品を提供し、避難所生活の QOL を向上させるための備蓄品の共有化を進める。

###### 学-E 案: 公共政策アプローチの計画

AI-⑤ **広域連携戦略の検討:** 防災会議を通じて、近隣町村との協力を強化し、無駄なリソースを削減するための広域連携戦略を検討する。

AI-⑨ **地域間連携の促進:** 北後志連携と広域連携を強化し、地域間で共通課題を解決するための協力体制を構築する。

###### 学-F 案: 技術・ビジネスにより課題を解決する計画

AI-⑧ **パートナー企業との連携強化:** 地域全体の防災課題に対処するため、パートナー企業と連携し、防災プロダクトの開発や提供を進める。

AI-⑬ **地域共同体のレジリエンス向上:** 地域のステークホルダーと協力して、冬季の災害に備えた住宅の提案を開発します。これにより、公営住宅や一般の住宅が地震や津波に対してより強固になり、地域全体のレジリエンスが向上します。

###### 学-G 案: 情報を収集し、「意識をもつところから行動する: 意識化アプローチ」の計画

AI-⑫ **言葉の壁を乗り越えた情報共有:** 英語ができる日本人学生とともに、外国の人々に対して津波や地震のリスクを説明するためのアンケート調査を実施します。これにより、情報が全ての人々に届き、災害被災後の対応が向上します。

AI-⑮ **恐怖を軽減するためのサポートグループの設立:** 自分自身が恐怖や後悔に苦しむ人々のために、災害直後に支援を提供するサポートグループを設立します。このグループは、心のケアや経験共有を通じて、恐怖を軽減し、個人の精神的な回復を支援します。

#### 5. 政策立案プロセスにおける DMM と AI シミュレーションのモデル化

以上のように、本研究では産学官といった複数の利害関係者を交えたワークショップにおいて、それぞれの参加者の立場や課題意識に基づく意見やアイデアを情報源(DMM)とし、そこから以下の①~⑤のプロセスによって、行動計画案を導き出した。

① ワークショップにおける利害関係者間の情報共有、および参加者個人々々による DMM の記入と蓄積

② 専門家(加藤、米田ら)による政策過程論に基づいた DMM の分析と行動計画の立案

- ③ 外部協力者(小林, 青木ら)による, DMM データの集合知化と AI による行動計画案の生成
- ④ AI による②と③における行動計画案の統合
- ⑤ ④を参考にした継続的なワークショップの実施と防災担当官へのフィードバック

最後に, AI によって生成された行動計画案については, それ自体が生成 AI という大規模言語モデル (Large Language Model) に基づく "作文" と "仕分作業" であることから, 本研究ではその合理性や妥当性, 実現性を論理的に評価, 検証する術はない/意味はない. しかし, 加藤らが指摘するように[6], 「災害対応に係る制度的な課題を, 発災前に解決することにより, 望ましい防災システムを構築すること」それが「防災分野における政策イノベーション(防災イノベーション)」であるならば, こうしたさまざまな立場の利害関係者一人ひとりの意見やアイデアを統合的かつ継続的に可視化, 言語化することは, それぞれの地域の防災担当官らにとって既存制度に潜む課題の発見や解決策の創出に少なからず寄与するのではないかと考えられる.

## 謝辞

本研究にご協力頂いた自治体, 企業, ならびに学生の皆様に深く感謝します. 本研究の一部は科研費 21K02672 の助成によるものです.

## 参考文献

- [1] 加藤知愛, 米田夏輝, 中野佑美: コマンドコード: すべての被災者を安全に避難させるために: 北後志広域防災連携プロジェクトの事例研究, 日本災害復興学会 2022 年度京都大会, 2022 年 10 月 1 日
- [2] 小林信三, 青木成一郎, 土持法一, 小林祐也, Nepal, Ananda: 生成 AI・MANDALA・ICE アプローチを取り入れた主体的な協調型学習の提案, 情報教育シンポジウム論文集 2023 109-116 2023 年 8 月 11 日
- [3] 青木成一郎, 小林信三, 小林祐也, 土持ゲリー法一, 岡本敏雄: ICE アプローチによる大学のオンライン反転授業でのデジタル Diamond Mandala Matrix を用いた実践と分析, 日本教育工学会 2023 年秋季全国大会講演論文集 57-58 2023 年 9 月
- [4] 三宅創太, 加藤知愛, 檜木隆彦, 小林信三: 白川郷の「結」が生み出すイノベーションに関する実践的研究, 人工知能学会第二種研究会資料 2022(CCI-010) 03 2022 年
- [5] 青木成一郎, 檜木隆彦, 井戸正也, 三輪京士, 小林信三, 中島浩平, 大前諒真, 加藤克吾朗, 加藤佑一, 杉

本翔, 高橋東宙, 安江陽菜, 安江桃菜: 農林高校の生徒による「星の見える里山」造りプロジェクト, 第 36 回天文教育研究会 2022 年天文教育普及研究会年會集録 106-109 2022 年 8 月

- [6] 加藤知愛, 米田夏輝: 道内自治体における地域防災システム構築と政策イノベーションの実装に関する研究 -千島海溝周辺海溝型地震に備える-, (一財)北海道開発協会令和 4 年度研究助成サマリー, 開発こうほう'23. 7(p. 11-p. 15)