

## 被災地支援を促す地域コミュニティの構築 ―コミュニティ防災人材育成ツールの開発―

株式会社 T-Base-Life 天本浩未

新潟県立大学国際地域学部准教授 関谷浩史

### 1. 研究の背景

#### 1.1 対象地域の特性

小針台（新潟市西区）は、新潟砂丘列上に形成された住宅地で、背後（内陸側）には湿地・潟・池沼が連なる地形史を持つ。砂丘を構成する緩い砂質地盤に加え、地下水位が浅い条件が重なり、地震時に液状化が生じやすい。さらに、旧地形の低所や水部を埋め立てて宅地化した箇所では、地盤の不均質が被害を増幅しやすい。砂丘内陸側斜面の縁では側方流動が発生し得ることから、道路の不陸や沈下、排水不良が複合して現れやすい。加えて、高低差のある入り組んだ道路網と車依存の生活行動が、災害時の避難行動（特に車避難）における渋滞・導線阻害のリスクを高め、地域の不安要因となっている（図-1・図-2）。

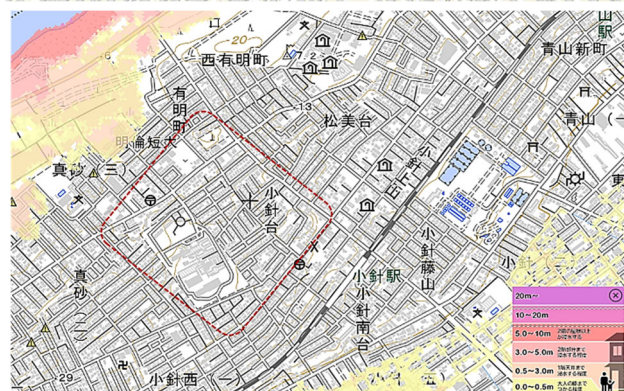


図-1 対象地域 図-2 ハザードマップ

#### 1.2 対象地域の課題

対象地域の課題は、能登半島地震時に顕在化した「地盤脆弱性」と「避難行動の集中」が重なり、地域の安全確保が機能不全に陥り得る点にある。小針台周辺では、低地部を中心に液状化や側方流動による路面の不陸・段差、排水不良が生じ、車両通行が阻害されやすい。加えて、広域避難拠点である西新潟中央病院へ向かう幹線道路に避難車両が集中し、渋滞が発生したことで、移動時間の長期化や車内滞留が生じた。これは救急・医療アクセスの低下や二次被害の誘発にも直結する重大な課題である（図-3）。

一方、小針台は高台に位置し、浸水想定が小さいことから、住民の危機意識が高まりにくく、「自分は大丈夫」という正常性バイアスが働きやすい。

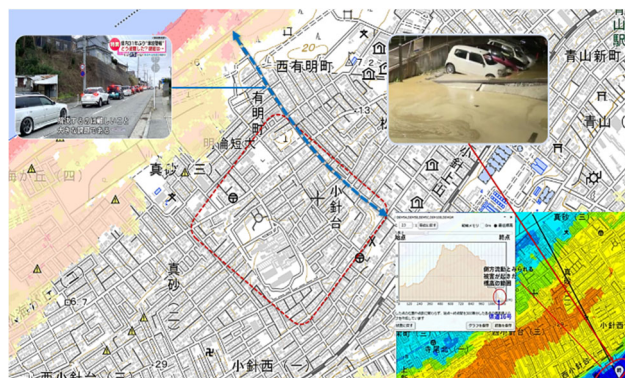


図-3 ハザードマップによる小針台周辺の地形的特性  
[https://be-do-inc.co.jp/nii\\_gata\\_240122/](https://be-do-inc.co.jp/nii_gata_240122/)

さらに高齢世帯が多い地域特性によって、避難時に徒歩ではなく車を選択しやすく、結果として道路容量を超えた交通集中を招きやすい。地形・地盤由来の脆弱性と、行動選択（車避難）・意識（危機感の希薄さ）が連鎖してリスクを増幅させる地域構造が、対象地域が有する根本的な課題として位置づけられる。

### 1.3 地域課題の検証

地域課題の検証では、能登半島地震により新潟市西区で顕在化した被害の実態と要因を、オープンデータに基づき整理した。具体的には、地形・地盤条件を読み解く手掛かりとして「小針台」という地名の由来に着目し、①砂丘地（新潟砂丘列上の緩い砂質地盤）、②内陸側に連なる湿地帯（潟・池沼に由来する浅い地下水位）、③低地の宅地造成（旧地形の低所・水部の埋立による地盤不均質）の三点から検証を行った（図-4・図-5）。

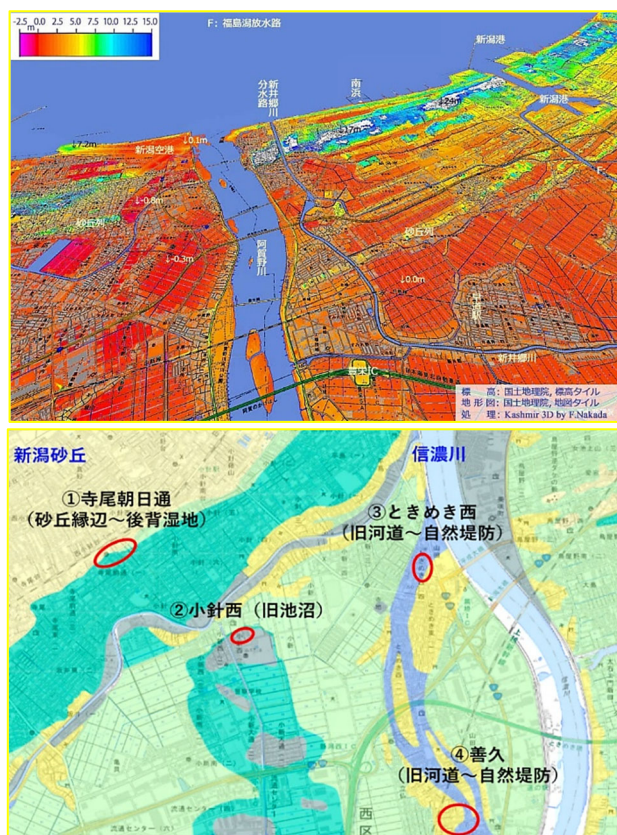


図-4 砂丘地（高低差） 図-5 湿地帯と災害との関係  
<https://escnel.com/2024/02/post29174.html>（下図）

地質・地形データ、ハザード関連資料、被害分布等を重ね合わせることで、西区では砂丘列と湿地の境界域や旧低地の造成地で液状化や地盤変状が生じやすく、道路の不陸・亀裂、宅地沈下、排水機能の低下が複合的に発生する構造が確認された。すなわち、様々な被害は偶発的なものではなく、砂丘・湿地・造成という地形史に根差した脆弱性が、地震動によって増幅・顕在化した結果がもたらした災いであることを明確化させた。

## 2. 研究の目的

### 2.1 科学的根拠の提示

被害を偶発事象として扱わず、地形・地盤・水条件に根差す脆弱性として整理し、住民・行政・支援者が共通理解できる状態をつくる。

### 2.2 リスク情報の基盤化

現場の危険箇所や生活導線の問題を、写真・位置・属性として蓄積し、属人的な記憶に頼らない更新可能なデータ基盤へ変換する。

### 2.3 可視化による合意形成の促進

低地・狭隘道路・重要導線などが重なる複合リスクを、誰でも理解できる形（高さ・色）で提示し、優先対策の議論を成立させる。

### 2.4 意思決定の訓練並び人材育成

単なる啓発ではなく、限られた資源（時間・人手・費用の総計＝AP）で対策を選択し、結果を指標で評価し、改善案を導く意思決定能力を育成する。

### 2.5 コミュニティ形成及び人的負担の軽減

行政の人的制約下でも支援が継続するよう、大学・専門家・住民・学校・企業が役割分担できるネットワークを形成し、復旧・減災の共同実践を促すコミュニティの形成と仕組みを構築する。

### 2.6 共有プラットフォームの構築

一度作って終わりにせず、観測→更新→共有→訓練→改善の循環を回し、他地区にも移植可能な方法論（データ項目・評価式・運用手順）として提示する。

## 3. 研究の方法

### 3.1 オープンデータを活用した被災地調査

(1) オープンデータを活用した被災地調査では、能登半島地震により新潟市西区で顕在化した被害の実態と要因を、公開情報に基づき検証した。地質・地形・土地利用等の基礎データ（砂丘列、湿地・潟・池沼、旧地形の低所・水部の分布、造成履歴の推定）と、被害関連データ（被害分布、通行障害、浸水想定等）を重ね合わせ、小針台周辺の脆弱性の空間的特徴を整理した。特に「小針台」という地名が示唆する砂丘地形に着目し、①緩い砂質地盤と浅い地下水位、②旧低地・水部の埋立に伴う

地盤不均質、③砂丘内陸側斜面縁での側方流動が、液状化や路面不陸、排水不良等を誘発する構造を説明可能な形で提示した。これにより、現地観測・ワークショップで重点的に確認すべき論点（低地部、主要導線周辺、造成地）を抽出し、後続のデジタルリサーチおよび 3D 可視化の基盤情報とした。



図 - 6 デジタルリサーチ及び 3D モデルの基盤情報

### 3.2 デジタルリサーチとワークショップ

(2) デジタルリサーチとワークショップでは、液状化と内水氾濫を同時に想定し、小針台の路上リスクを現地観測と対話を通じて把握・共有した。参加者（住民等）がスマートフォン等で危険箇所を撮影し、位置情報と属性（例：排水溝の詰まり、マンホール周辺の段差・逆流、路面亀裂、空き地・空き家による水溜まりや視認性低下等）を付与して ArcGIS に登録、データを蓄積した（図 - 7）。

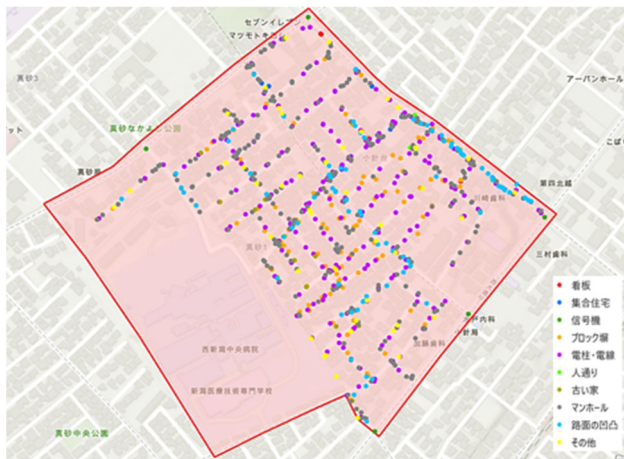


図 - 7 スマートフォンで収集されたリスクマップ

収集したリスク情報をヒートマップ化し、リスクの分布と集中域を可視化した上で、勾配や道路幅、交差点形状、主要導線（病院・避難所・通学路）との関係を確認しながら、避難時のボトルネックや車避難の渋滞要因を抽出した（図 - 8）。

さらに調査後に実施されたワークショップでは、可視化された結果をもとに「優先的に対策すべき地点」「周知すべきルール」「平時に可能な備え」を整理し、復興ゲームのクエスト設計（課題解決）と評価指標（阻害度スコア）の論点抽出につなげた。

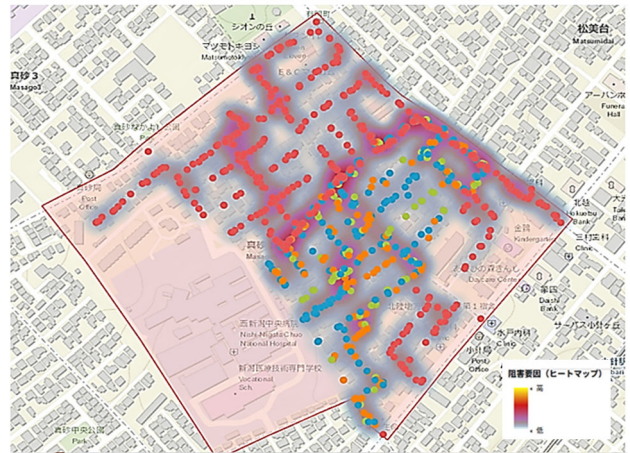


図 - 8 カーネル密度分析によるヒートマップ

### 3.3 「3D 被災マップ」の開発

(3) 「3D 被災マップ」の開発では、(2) で得たリスク情報とヒートマップ結果を、地域内で共有可能な意思決定支援の表現へ変換することを目的に、リスクの空間分布を三次元で可視化した（図 - 9）。具体的には、対象地区を 25m メッシュ等の格子に分割し、各メッシュに対して、路上リスク要因（排

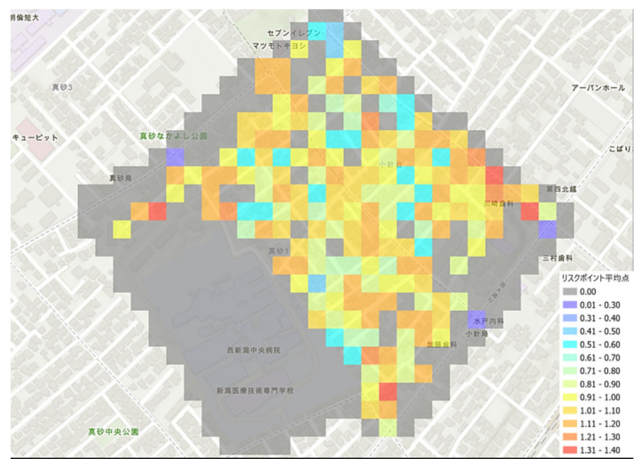


図 - 9 メッシュ分割された 3D 被災マップ

水溝・マンホール・路面亀裂・空き地/空き家等）の密度や強度を集計し、距離減衰を考慮しつつリスク値を割り当てた。割り当ては、キューブの押し出し（高さ）として表現し、さらに要因の重み付け（合計 10 点）に基づく色分けを行うことで、危険

度の差異を直観的に理解できるよう設計した。これにより、低地や谷地形、主要導線周辺にリスクが集中する傾向を視覚的に明確化し、避難時の渋滞・導線阻害につながる“危険な交点（地形×導線）”を共有可能な形で提示した。加えて、ArcGIS/PLATEAU等の基盤データを活用し、現実空間と対応づけた閲覧・更新が可能な構造とすることで、今後のワークショップや復興ゲームの入力データ（地点選択、優先順位付け）として利用できる共同基盤へ位置づけた。

### 3.4 被災マップを活用した「復興ゲーム」の開発

(4) 被災マップを活用した「復興ゲーム」の開発では、(2)(3)で整備した被災マップ/3D被災マップを入力に、参加者が対策を「選び、試し、学び、改善する」意思決定訓練の枠組みを設計した。入力データは、ArcGIS上のピン（排水溝・マンホール・路面亀裂・空き地/空き家等）とヒートマップであり、各地点に班ごとの追記属性として、勾配区分（上り/下り/谷地形）、道路幅（狭隘/標準）および交差点形状（T字/Y字/四差路）、想定冠水深（内水時）・液状化痕跡の有無、交通要の役割（病院導線/避難所導線/通学路等）を付与した。

これらを基に、地点ごとの優先度を定量化する指標として「阻害度スコア」を定義し、導線重要度(L)×リスク強度(R)×発生時確率(P)×回復困難度(D)×必要に応じた補正(M)の積で算出する枠組みを構築した(図-10)。

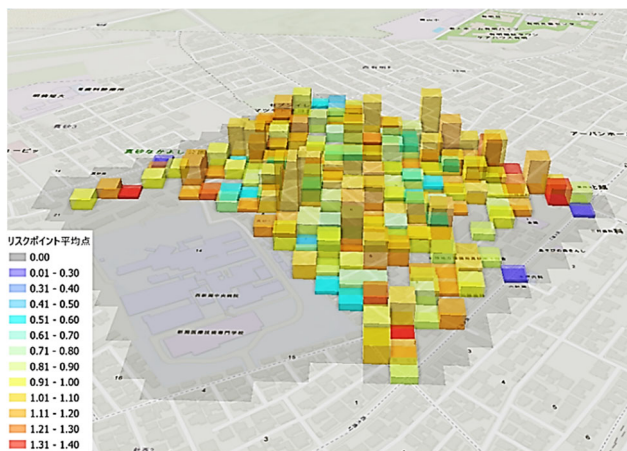


図-10 地域リスクを立体キューブ上に示したモデル

プレイヤーは行動ポイント(AP)の制約下で、排

水の初期対応、狭路の交通運用、迂回周知、歩行避難への切替、在宅安全化、要配慮者先行避難などの「クエスト(対策行動)」を選択し、スコアと5指標(安全性/導線復元/公平性/迅速性/持続性)の変化を見ながら最適解を探索する。さらに、合成点の算出→ランキング化→ドット投票→上位地点採択の手順により、定量評価と住民の納得感を両立した合意形成プロセスを実装し、次年度以降の優先対策や継続的改善につながる運用モデルとして位置づけた。

### 3.5 シンポジウムの開催

(5) シンポジウムの開催では、(1)～(4)で得た知見と成果物(オープンデータ分析、現地観測データ、3D被災マップ、復興ゲーム)を地域へ還元し、行政・住民・企業・学校等の関係主体間で共有・合意形成を促すことを目的に、成果報告と交流の場を設計した。シンポジウムでは、対象地の地形・地盤条件に基づく被害要因の説明、ヒートマップが示したリスク集中域と主要導線の脆弱性、メッシュ×押し出し×色分けによる3D可視化の意義、阻害度スコアとAP/クエストによる意思決定訓練の枠組みを段階的に提示し、参加者が「どこを優先し、何を誰が担うか」を具体的に判断できる構成とした。あわせて、上位地点採択のプロセス(ランキング化・ドット投票)を紹介し、データに基づく優先順位付けと住民の納得感を両立させる手法を共有した。これにより、成果を単発の



写真-1 シンポジウムの会場風景

報告に留めず、次年度以降の更新運用(観測→

可視化→訓練→改善)と、地域内外の協働体制(コミュニティ防災人材ネットワーク)の拡充へ接続する社会実装の起点とした。

## 4. 研究の結果

### 4.1 リスクの集中エリアの特定

「デジタルリサーチとワークショップ」、および「3D被災マップの開発」を通じて、路上リスク要因の分布には、単に「低地に集中する」という一般的傾向に留まらない、危険な矛盾が存在することが明らかになった。すなわち、リスク要因が最も高密度に集中しているのは、地形的に低地であるだけでなく、病院への緊急輸送路として指定されている道路の周辺であった。これは、災害時に最も機能維持が求められる導線が、同時に最も阻害されやすい条件を抱えていることを意味する。

ヒートマップおよび3D可視化から得られた主要な知見は以下の通りである(図-11)。

- ① **低地特有の脆弱性**：浅い地下水位や微地形により、内水の滞留・排水不良が生じやすく、液状化痕跡や路面不陸が重なることで通行性が低下する。
- ② **緊急輸送路の危機**：救急・医療アクセスを担う幹線道路周辺でリスクが集中し、車避難の集中と重なると渋滞・通行阻害が生じ、救急搬送の遅延や二次被害を誘発し得る。
- ③ **優先対策の必要性**：対策は「低地」一般ではなく、地形(低地)×導線重要性(緊急輸送路)が交差するボトルネックから優先順位付けすることが合理的である。



図-11 ヒートマップから見た地域の脆弱性

### 4.2 リスクの集中エリアの特定

3D被災マップ(メッシュ×キューブ×色分け)により、路上リスク要因の密度や強度を空間的に統合した結果、従来の平面地図では把握しにくかった「危険の集積」と「回避可能性」が直観的に可視化された。特に、リスクが“点”として散在するのではなく、地形条件と交通導線の重なりによって“面”として現れることが確認され、避難時の意思決定(車避難の集中・渋滞)に直結する構造的課題が明確化された(図-12)。

① **主要道に多くのリスクが集積**：病院アクセス等の主要導線に近い道路リンク/メッシュでキューブの高さが大きく、色も高リスク帯を示す区画が連続的に分布した。これは、災害時に機能維持が求められる導線ほど、路面不陸や排水不良等のリスク要因が重なりやすいことを示す。

② **低地に高いリスクが集中**：地形的に低い区画では、内水の滞留や地下水条件に由来する液状化影響が重なり、複数要因が同時に高まる傾向が確認された。3D表現により、低地部が“高リスクの塊”として視認でき、重点監視・重点対策エリアの抽出が容易になった。

③ **渋滞を回避する低リスクの代替ルート**：主要道の高リスク帯に対し、周辺にはキューブが低く、色も低リスク帯を示す区画が連続する経路が確認され、車避難時の渋滞回避に資する代替ルート候補を抽出できた。これにより、避難誘導は“最短距離”ではなく“阻害度の低い経路”を優先する設計が有効であることが示唆された。



図-12 3D被災マップから見たリスクの集中エリア

## 5. 研究の分析

### 5.1 リスクの集中エリアの特定

研究の分析として、本事業では「可視化の次に必要なのは意思決定である」という課題設定に立脚し、シリアスゲームとしての「復興ゲーム」開発に着手した。3D被災マップにより、低地や主要導線周辺にリスクが集積する“危険な矛盾”や、渋滞回避に資する代替ルートが存在は直観的に共有可能となった。しかし、可視化はあくまで現状把握であり、災害時に地域を守るには「どこを優先して、何を、誰が、どの順番で実行するか」を選び取る判断が不可欠である。特に災害対応では、人手・時間・資機材・連絡調整といった資源が常に不足し、全地点を同時に改善することはできない。そこで本研究は、限られた資源を“配分”する行為そのものを学習対象とし、ゲーム形式で意思決定訓練を設計した。

本事業では、3D被災マップによる可視化の次段として、「では、どう対策するのか」を学ぶ意思決定訓練を目的に、シリアスゲームとして復興ゲームを設計した。そのゲーム進行アルゴリズムは以下の通りである（図 - 13）。

**Step1 (入力)：** 3D被災マップ/ArcGISピン/ヒートマップを読み込み、道路リンクまたはメッシュ単位でリスク情報を初期化する。

**Step2 (状態化)：** 各地点に勾配・幅員・交差点形状・冠水深・液状化痕跡・導線役割等の属性を付与し、阻害度スコア（導線重要度×リスク強度×発生確率×回復困難度）を算出して初期状態を確定する。

**Step3 (資源制約)：** 対応可能な資源をアクションポイント (AP) として設定し、「全地点を同時に改善できない」という災害対応の制約条件をゲームルールに組み込む。

**Step4 (意思決定)：** プレイヤーはAPの範囲内で、排水の初期対応、狭路の交通運用、迂回周知、歩行避難への切替等のクエスト（対策行動）を、対象地点・導線を指定して選択する。

**Step5 (効果反映)：** 選択した行動に応じて阻害

度スコアと5指標（安全性・導線復元・公平性・迅速性・持続性）を更新し、対策の効果と副作用（渋滞移動等）を可視化する。

**Step6 (反復)：** Step4～5を複数ターン反復し、限られた資源配分の最適化と、優先順位付けの妥当性を学習する。

**Step7 (合意形成)：** 最終的に、合成点算出→ランキング→ドット投票→上位地点採択の手順で優先対策地点を確定し、次の実装（周知・訓練・改善メニュー化）へ接続する。

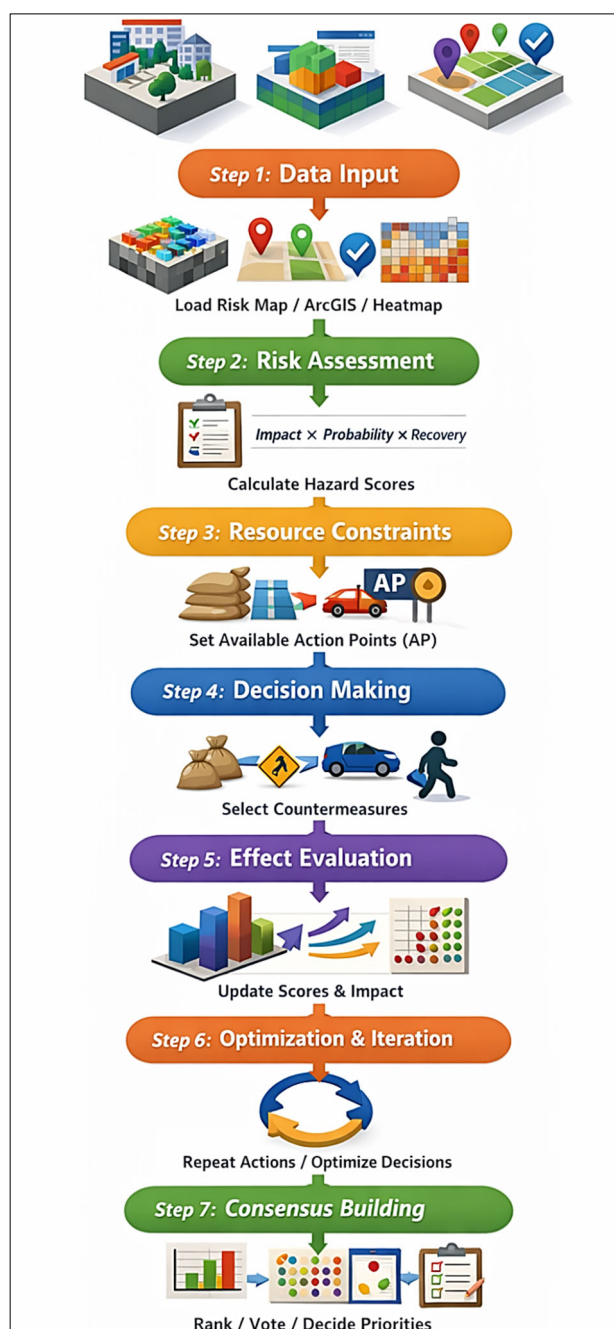


図 - 13 復興ゲームを駆動させるアルゴリズム