

災害リスクを軽減させる自主防災メソッドの開発

「天明町における避難計画立案に向けた避難経路の評価」

関谷 浩史

新潟県立大学 国際地域学部 e-mail: hsekiya@unii.ac.jp

海拔ゼロメートル地帯の市街地に形成された住宅密集地の災害リスクの軽減を目的に、自主防災の一手段である避難計画を策定すべく、避難上の障害となる避難経路の路面状況に関する調査を実施した。調査結果をもとに避難の際にリスクの高いエリアを抽出し、安全な避難ルートの評価につながるメソッドの開発に取り組んだ。

Key words : 災害リスク，自主防災，避難経路，避難計画，ヒートマップ

1. はじめに

(1) 研究の背景

信濃川と阿賀野川の河口付近での合流は、地形を変えるほどの大量の土砂を堆積させ、新潟の中心地は数回にわたっての移転を余儀なくされた。砂がたまって川幅が広がると町ごと川のそばへ移転し、川が流れを変えて氾濫すれば安全なところへ町を移す行為を重ね、信濃川の最下流に位置している現在の市街地は、自然排水に不適切な海拔ゼロメートル地帯を形成し、ポンプ排水に依存した雨水排水を行っている（図1）。

調査対象地である天明町（面積 65,000 m²）は、北前船が往来する信濃川の中州「流作場」の埋め立てによって誕生した町で、昭和30年の「新潟駅前埋め立て工事」を契機に新潟を代表する中心市街地に発展した。当時の天明町は、天明堀で囲まれた商いの盛んな町だったが、新潟国体（1964年6月6日）を契機に掘割が埋められ、道路整備によって車中心の町に変わり、商業機能は次第に衰退していった。現在の天明町は、新潟駅から徒歩圏内にある近隣商業地域となり、商業地である「万代シティ」、海の玄関口「朱鷺メッセ」の中継地でありながら、土地利用の約9割が住宅という土地効率の悪い木造住宅密集市街地になっている（図2）。

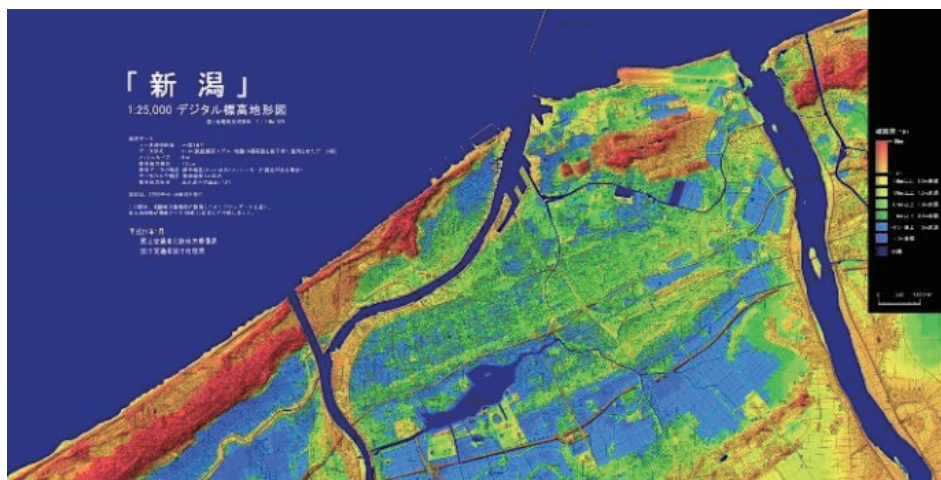


図1 新潟の中心地における標高

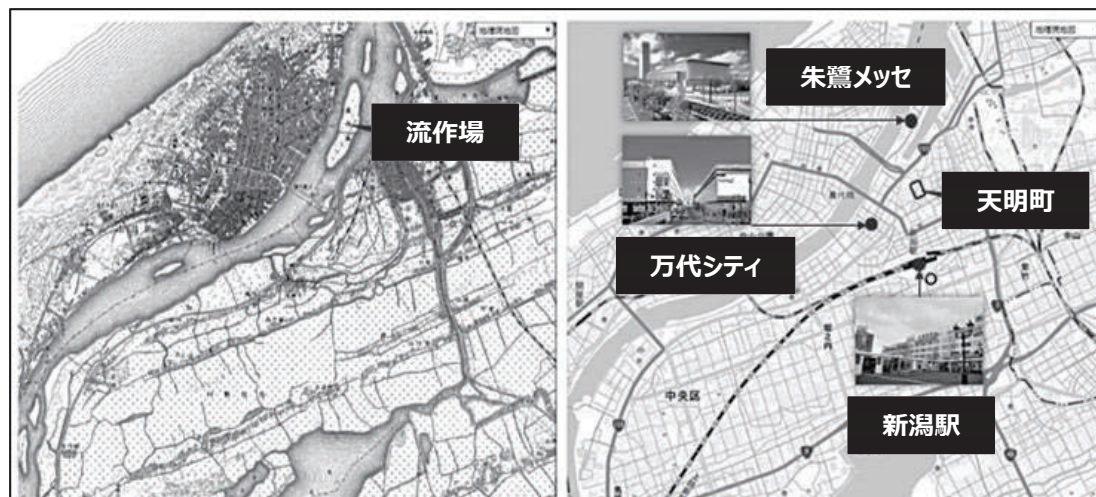


図2 新潟の市街地の過去と現在

(2) 既往の研究

減災にむけた自主防災活動を促進させるメソッドの研究は、建物倒壊や道路閉塞等のモデル化による避難経路のリスク分析や、マルチエージェントを活用した避難者行動のモデル化による避難シミュレーション、地域コミュニティの防災活動を促進させる災害リスクコミュニケーション、実践的な避難対策を検討するロールプレイング形式による体験ゲーム等、多岐にわたっている。

市川他¹⁾は、密集市街地における人的被害軽減を目指した事前対策として、密集市街地での避難地への到達可能性の評価を目的に、建物倒壊や道路閉塞のモデル化を通じた避難経路の危険度を分析している。上田他²⁾は、東京都杉並区の木造密集市街地を対象に、マルチエージェントによる地震火災時の要援護者救助行動のモデルを開発することで、救助対策に関する基礎的知見を明らかにし、地域防災力の活用を促進させるケーススタディを行っている。李他³⁾は、地域コミュニティの防災活動を支援する災害リスクコミュニケーション手法を構造化し、小学校区を対象にした地震防災取り組みへの適用を通じ、災害に対する地域社会の対応力向上への有効性を検証している。生田他⁴⁾は、外国人旅行者等の幅広いステークホルダーを対象に、ロールプレイング形式で災害時における実践的な対応を学び、対応力を向上させることを目的に「避難者カード」、「イベントカード」、「アイテムカード」の3種類のカードを使用した体験ゲームを実施し、宿泊施設や観光施設等の事業者向けの防災教育教材の開発を行っている。

このように既往の研究における主なメソッドは、「シミュレーション形式」による災害リスクの予測や軽減を目的とした研究領域が大半で、減災にむけたリアルな状況（災害リスク）に対応した「課題解決形式」のメソッドに関する未開拓性が確認された。従って本研究では、研究対象地が有する災害リスクに着眼し、現況の課題を解消する方策の抽出までをメソッド開発に位置付け、減災につながる自主防災活動の精度向上（課題解決型メソッド）につながる仕組みを検証する。

2. 研究の目的と方法

(1) 天明町の課題

ハザードマップにみる天明町含む万代地区は、信濃川の氾濫時に3mから5mほど浸水する危険性を有しており、1964年の新潟地震の際には町全体が浸水した実体験を有している。天明町付近に整備された「古信濃川ポンプ場」が、浸水の影響によってポンプ機能が停止したため、大規模な内水氾濫と液状化を誘発させたことが要因であった。

一方、新潟市の「第二次新潟下水道中期ビジョン」によれば、市内の下水道における「浸水対策の達成率」

は、政令市平均を下回っていて、「市全域への整備を進める必要がある」と記されている。さらに天明町を含む都市機能が集積した「鳥屋野・万代・下所島」は、「優先的な整備が必要」と明言されているものの、地区ごとの進捗状況を敷衍してみると、緊急性の高い地区の整備の遅れが目立ち、商業地（万代地区）が有するインフラの脆弱性が確認された（図3）。

(2) 研究の目的

一連の調査結果から、日常の安全対策を行政に一方的に依存する関係は、限界に直面していると判断し、住民自らが災害リスクを軽減させる「自主防災」の手法に着眼することで、行政の対策が及ばない避難経路における①避難計画の策定にむけたリスク要因の抽出、②避難時に生じる移動障害を計測する手法の開発、③各街路が有する移動障害要因の可視化を通じた、減災精度を高める自主防災メニューの開発を行う。

(3) 研究の方法

a) 天明町の将来人口推計等による地域リスクの抽出

天明町の将来人口推計を確認すると、現時点での地域住民の4割が高齢世帯であり、将来的に①「高齢の単身世帯の増加」が予見され、今後20年間で約4割の人口減少が見込まれるため、災害時の自主防災活動における②「地域体制の不備」が懸念された。さらに周辺調査からは、避難時に生じる道路の陥没や放置物、街灯の有無による③「転倒等の避難リスク」等の地域リスクが抽出された（図4、図5）。

b) センサー付車椅子を活用した歩行環境計測

避難経路の転倒リスクに直結する路面状況の調査を目的に、道路の陥没を検出する機材を電動車椅子に設置し、GPSを介して路面凹凸と位置情報を連動させて記録するシステム（図6）を搭載した歩行環境計測を2019年8月に実施した。本調査の実施に際しては、カーナビのコンテンツを制作する「株式会社グローバルサーベイ」、GPSデータを活用した地域分析を行う「株式会社プレス」の技術協力のもと、調査設計及び実験が執り行われた。

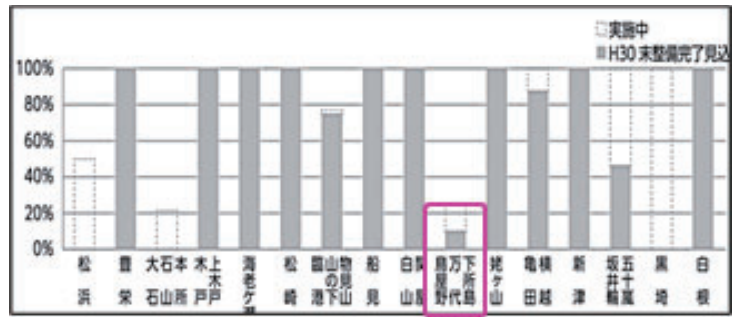


図3 地区の浸水対策達成率（整備面積割合）

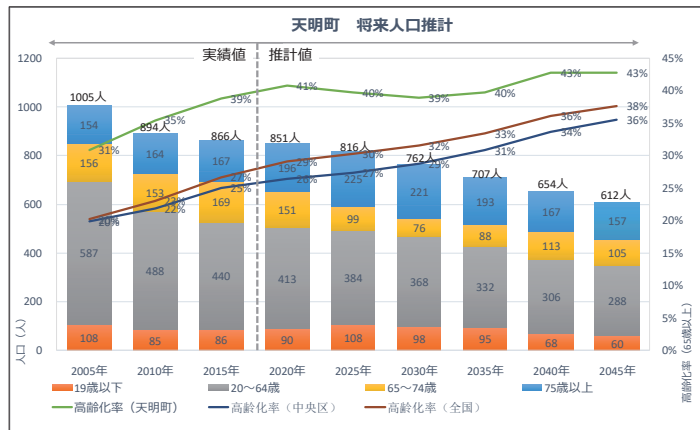


図4 天明町の将来人口推計



図5 避難時における地域リスク



図6 センサー付車椅子の装備

c) 避難経路にむけた「歩行環境ヒートマップ」の作成

電動車椅子の機材に内蔵された加速度センサーは、路面の段差や傾き具合を感知し、道路の段差を振動の大きさに置換させ、発生した場所の状態（凹凸度）を示すメッシュデータに変換することで、路面の状態が一目でわかるヒートマップとして可視化させる手法を採用した（図7）。

さらに本調査では、避難時に歩行者の転倒につながる中規模の振動を抽出すべく「電動車椅子」を選択し、天明町が有する全ての歩行空間に対する歩行環境計測を行い、歩行空間全体のヒートマップを作成した。

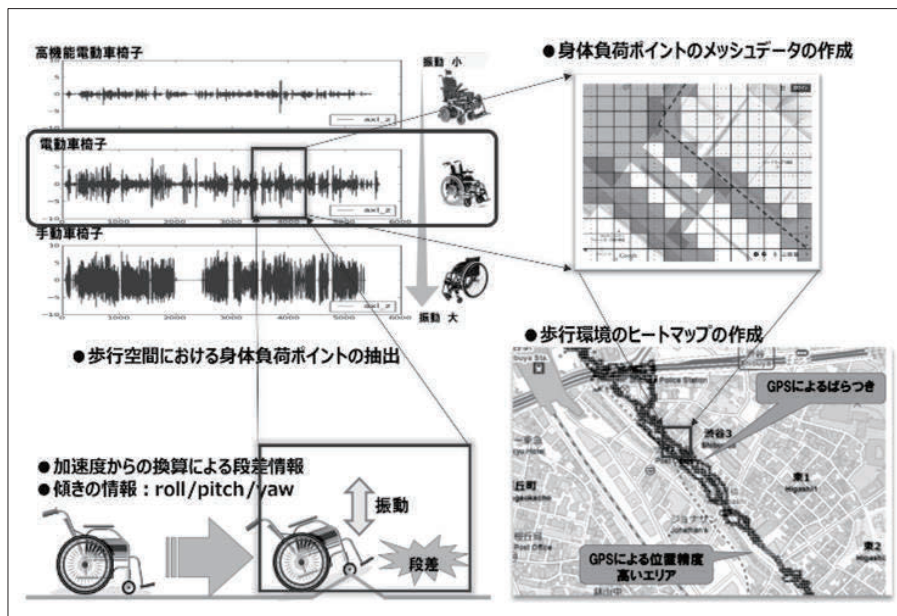


図7 歩行環境ヒートマップの作成プロセス

(4) 研究の結果

電動車椅子の操縦者 1 名、記録者 1 名、写真撮影者 1 名の計 3 名によって、前述した歩行環境計測調査を実施した。ヒートマップは、赤いポイントが集積されている部分が、路面に大きな段差が生じていることを表していて、避難の際に転倒する危険性が高いことを示している（図8）。

エリアマップを確認してみると、路面の凹凸を表す赤いポイントが密集している3つのエリア（エリアA・エリアB・エリアC）が表出化された。どのエリアにも共通する特性として、①細街路（道路幅員が4m未満）、②道路形状の不整形（道路が微妙に屈折）等があり、③小規模な住宅が密集しているエリアに多くみられる傾向が見受けられた。さらに、ヒートマップの作成によって、天明町における河川氾濫の避難猶予時間 20 分という時間制限に対し、移動時に生じる身体負荷を勘案した安全で効率的な避難の検討が可能になった。

(5) 研究の分析

ヒートマップを詳細に検討した結果、避難計画を立案するにあたり、災害リスクを高める要因が集積した3つのエリアを抽出した。さらに、各エリアが有する災害リスクの特徴を整理すべく、①接道、②路面状況、③道路形状、④住宅密集度(隣棟間隔が1m以内の建造物群)という4つの観点から分析を行った(表1)

エリアAは、3m未満の細街路に面して小規模な住宅が密集(住宅密度が高い)しているエリアで、路面上に地盤沈下で生じたアスファルトの陥没や亀裂が多数見受けられた。その一方で、道路の形状が直線的に整備されているため、避難時における空間上の死角が生じず、避難経路としては、見通しが良好な傍ら、足元に弊害を有する特性が確認された。

エリアBは、3m以上の道路に対して中規模な住宅が集積し、2m未満の細街路に面して小規模な住宅が密集しているエリアである。3m以上の道路はアスファルトで整備されており、劣化が進行して路面に亀裂や陥没が多くみられた。また迷路のように蛇行した道路形状を有しているため、避難時における空間上の死角が多く発生していて、避難経路としては、見通しが悪い上に足元に多くの弊害を抱えた災害リスクの高い特性が確認された。

エリアCは、2m未満の細街路に面して小規模な住宅が集積しているエリアで、整備されていない砂利道から構成された路面には、地盤沈下によって生じた多数の陥没や亀裂が確認された。さらに、狭い道路は雁行している上に路上に植木鉢等が放置されている現状を鑑みると、避難経路としては、エリア内で最も高い災害リスクの特性が確認された。

(6) 研究のまとめ

避難時に生じる移動障害を計測する手法「センサー付き車椅子を活用した歩行環境計測」を開発し、「歩行環境ヒートマップ」を活用した避難経路の分析から、避難の際に災害リスクにつながる路面凹凸の多い道路は、①総じて道路幅員が小さい細街路に集中し、②大通りへの接道がない不整形な道路形状であり、③小規模から中規模の住宅が集積した密集性を有している等、避難時において災害を誘発させる多様なリスク要因の抽出が可能になった。その一方で、避難時に生じる実際の災害リスクは、①接道、②路面状況、③道路形状、④住宅密集度、だけに留まらず、複合的な要因が介在していることを鑑みれば、本研究で提案されたメソッド開発は、路面環境を定量的な指標の一つにしたリスク可視化手法にすぎない。

したがって今後の研究では、住民による調査結果なども含めた包括的なリスク評価に基づいた、災害リ

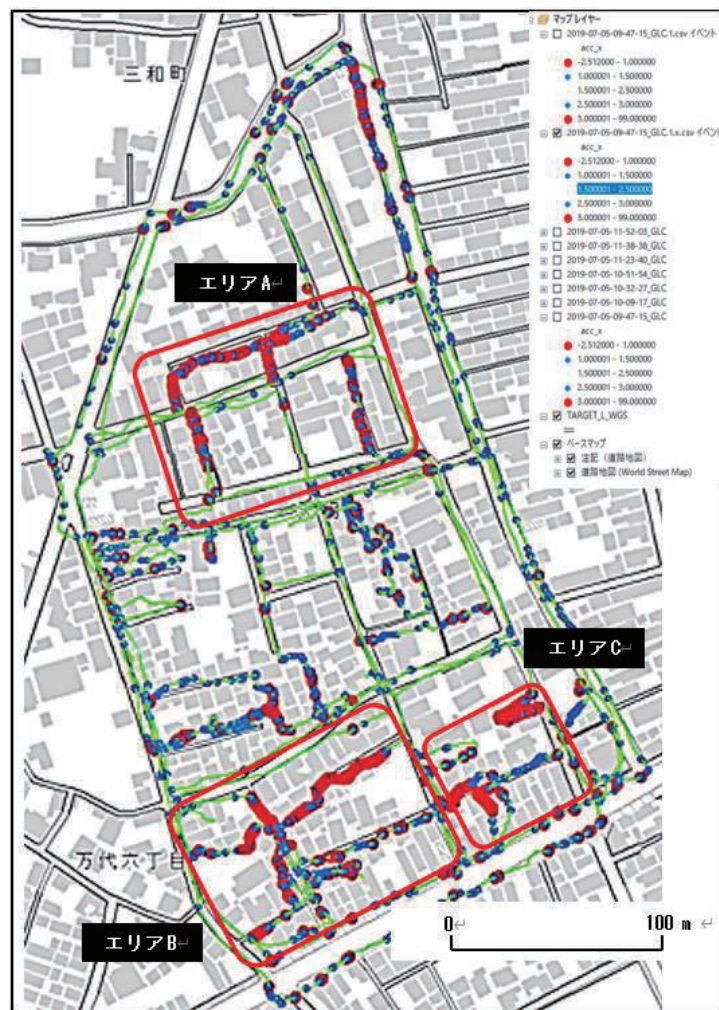

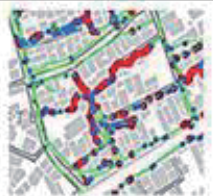
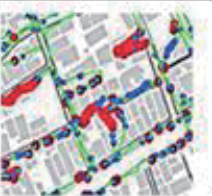


図8 避難経路のヒートマップ

表1 各エリアが有している災害リスク

	エリアA	エリアB	エリアC
			
横道	<ul style="list-style-type: none"> ・4m未満の街路が大半 ・3m未満の街路もある 	<ul style="list-style-type: none"> ・3m未満の街路が大半 ・2m未満の街路もある 	<ul style="list-style-type: none"> ・2m未満の街路が大半
路面状況	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤沈下の発生 ・アスファルトに亀裂 ・アスファルトの陥没 	<ul style="list-style-type: none"> ・砂利道 ・アスファルトに亀裂 ・アスファルトの陥没 	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤沈下の発生 ・砂利道
道路形状	<ul style="list-style-type: none"> ・直線状の道路形状 	<ul style="list-style-type: none"> ・蛇行した道路形状 	<ul style="list-style-type: none"> ・雁行した道路形状
住宅密集度	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅密集度が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の街路に住宅が密集 	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅密集度は低い

スクの最も低い避難経路の特定を目指し、避難時間を遅滞させる要因（世帯の構成，家屋の状況，街灯の設置，路上の設置物等）に対する周辺状況の調査を追加することで，避難経路に内在化されたリスク精度をより高める研究に着手する．さらに，災害リスクを軽減させる「自主防災メソッドの開発」の発展性を目的に，災害リスクの高い地区における相互扶助策となる「避難コミュニティ」の仕組みを導入することで，地元自治会による防災訓練の実施に連動させ，減災の取組としての実践的な実証実験につなげていきたいと考えている．

参考文献

- 1) 市川総子・阪田知彦・吉川徹（2004）：建物倒壊および道路閉塞のモデルによる避難経路の危険度を考慮した避難地への到達前能性に関する研究，Theory and Applications of GIS, Vol. 12, No. 1, pp. 47-56.
- 2) 上田遼・瀬尾和太・元木健太郎（2007）：地域防災力に着目した地震火災時の災害時要援護者救助シミュレーション，日本建築学会計画系論文集，第622号，pp. 137-144.
- 3) 李泰榮・田口仁・臼田裕一郎・長坂俊成・坪川博彰（2017）：地震防災取り組みにおける災害リスクコミュニケーション手法の構造化と実践効果，日本地震工学会論文集，第17巻，第一号，2017.
- 4) 生田英輔・宮崎千紗・米田亜希・小島一哉・野村恭代（2020）：災害時の外国人旅行者への対応体験ゲームの開発，都市防災研究論文集，第7巻，pp. 37-42.
- 5) 新潟市「中央区洪水ハザードマップ，信濃川ハザードマップ」，2021.
- 6) 新潟市「第二次新潟市下水道中期ビジョン」，2020，p. 8.