



京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute
Kyoto University

地域防災実践型共同研究(特定)

2024RS-01

防災 DX 時代における行政の意思決定 を支援するための新たな情報可視化アプ ローチの開発と実践

Earthquake and Active Fault
Development and Implementation of
New Information Visualization
Approaches to Support Administrative
Decision-Making in the Era of
Disaster Prevention Digital
Transformation (DX)

令和 8 年 3 月

March, 2026

研究代表者 齊藤 正人

Coordinator Masato Saitoh

地域防災実践型共同研究（特定）（課題番号：2024RS-01）

課題名： 防災DX時代における行政の意思決定を支援するための
新たな情報可視化アプローチの開発と実践

研究代表者： 齊藤 正人
所属機関名： 埼玉大学研究機構社会変革研究センター・レジリエント社会
研究部門
所内担当者名： 畑山 満則
研究（滞在）期間： 令和 6 年 4 月 1 日 ～ 令和 8 年 3 月 31 日
研究（滞在）場所： 埼玉大学，京都大学
共同研究参加者数： 11 名（所外：齊藤 正人*，谷山 尚*，Goit Chandra
Shekhar*，堤田 成政**，田中 規夫*，五十嵐 善哉*，
長田 昌彦*，党 紀*，内村 太郎*，計 9 名，所内 畑山
満則***，廣井 慧***，計 2 名）
* 埼玉大学理工学研究科
** 埼玉大学理工学研究科から富士通株式会社 富士通研究
所へ転出(2026.03.01-)
*** 京都大学防災研究所

要 旨

地方自治体では地理空間情報の整備やビッグデータ等を含めた先端技術を積極的に活用した防災DXの取組が進められている。しかし収集された情報は十分に可視化されておらず意思決定に活用しきれていないため、減災が効果的に進んでいない現状にある。本研究は、行政の意思決定を支援する情報可視化アプローチを創出し、地震・気象・水害・地盤災害を対象に「情報・デジタル」と融合させることで、DXを高度に活用した地域防災の強化を目指す。本稿では本共同研究の成果について報告する。

1. はじめに

都道府県や市町村等の地方自治体の地域防災では、災害の発生のおそれや拡大を防止するために、災害に関する情報の収集及び伝達に努めなければならないことが、災害対策基本法に定められている。そのため、近年の地域防災計画には地理空間情報の整備やAI、ビッグデータ、宇宙技術等の活用などが盛り込まれるとともに、災害オペレーションシステム等に産学発の先端技術を積極的に利活用するなど、具体的な計画や実装が進められている。

一方で、防災DXが進みつつある社会において未だ減災が効果的に進んでいない理由の一つとして、災害時に行政の防災担当者がタイムリーかつ適切な意思決定を行うことが十分にできていないことが挙げられる。その原因は、行政が収集する膨大な情報が災害現象を収集しただけの未処理情報が大半であることに起因する。意思決定の判断材料となる、伝わる情報へ変換されておらず、それらが可視化されていないことが主な要因と考えられる。

本研究は、警戒状態から発災以後の行政の意思決定プロセスにおける災害情報の不足や情報集約・分析の不十分さなどの課題を対象に、単に収集された災害の未処理情報から、意思決定の判断材料となる、新たな情報可視化アプローチを創出し、それを地域防災の強化に活用することを目的とする。本研究では、地震、気象、水害、地盤災害を対象に、それらを「情報・デジタル」と融合・発展させ、「DXを高度に活用した災害対応」を社会実装につなげる。具体的には以下の検討を行った。

情報統合分野として、光学衛星とSAR衛星データの統合によるセンシングデータフュージョン技術を開発し、災害発生時の迅速な被害把握を目指す。このアプローチにより、災害現場の状況をより正確に把握し、迅速な水害検知を実現する。地震分野では、SNS情報から地震被害の高精度かつ迅速な推定を行うことを目標に、デジタルツイン空間を構築し被害状況の分析技術を開発する。水害分野では、降雨段階別の浸水要因表示による避難支援と流域治水対策のリスクコミュニケーションツールを開発し、浸水リスクの早期警告と対策の効果的な伝達を目指す。全流域の湿潤状況・低水流量モデルと降雨流出氾濫解析モデルの連携手法を構築する。気象分野では、微地形と気象レーダデータを統合したリアルタイム浸水深推定技術の開発により、気象条件に応じた迅速な浸水予測と対策の提案を可能にする浸水予測システムのプロトタイプを作成する。地盤分野では、斜面の降雨時や地震時の挙動を、独自の野外モニタリングの技術により常時監視し、地震時応答を含め

て、その災害特性を推定する手法を開発する。また、リスクコミュニケーション分野として、外国人を対象とした防災・災害情報の伝達に関する現状について調査を行い、地方自治体が推進する多様性を配慮した防災DXの課題を評価する。

本稿では、各分野における研究成果の概要を報告する。

2. 衛星リモートセンシングデータフュージョン技術の開発

2.1 本節の研究背景と目的

衛星リモートセンシング技術は広範囲の観測が可能であり、洪水による浸水域のモニタリングに適している。現在、Sentinel-1による合成開口レーダ（SAR）およびSentinel-2によるマルチスペクトル画像（MSI）が無償で提供されているが、これらの観測頻度は5～12日程度と限られており、災害時にどのセンサーで観測されるかは予測困難である。そこで本研究では、災害時や発生直後に即時利用可能なマルチスペクトルおよびSARデータを用いて、洪水浸水域を迅速かつ高精度に推定する手法を開発した。

本研究では、リモートセンシングデータ向けに開発された事前学習モデルPre-trained Remote Sensing Transformer (Presto) を基盤とした。Prestoは複数種類のリモートセンシングデータ（Sentinel-1, Sentinel-2, SRTM DEM, ERA5, Dynamic World）を扱うことができ、ピクセルレベルでの処理を行う。提案手法では、洪水データセットSen1Floods11を用いてPrestoモデルを洪水浸水域推定タスク向けにファインチューニングした。データセットは訓練用50画像、検証用20画像、テスト用36画像に分割し、Sentinel-1の2バンド、Sentinel-2の10バンド、およびNDVIを含む計13バンドのデータを使用した。

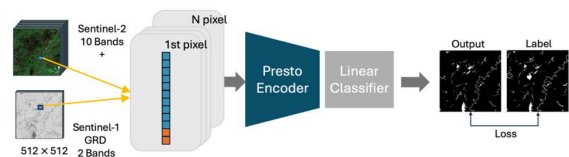


図2-1 提案モデルアーキテクチャの概要

2.2 結果と考察

実験では現実的な3つのケースを想定した：

- ケース1：MS+SAR（両方のセンサーデータが利用可能）
- ケース2：MS（マルチスペクトルデータのみ利用可能）
- ケース3：SAR（合成開口レーダデータのみ利用可能）

ファインチューニング時のデータに含まれていないボリビアの洪水データを用いたテスト結果において、以下の性能を達成した：

ケース1：mIoU 0.886, F1スコア 0.896

ケース2：mIoU 0.884, F1スコア 0.893

ケース3：mIoU 0.736, F1スコア 0.718

ケース1およびケース2では先行研究(Prithviモデル：F1スコア 0.876)と比較して同等かそれ以上の精度を示した。一方、ケース3では他のケースと比較して精度の低下が見られた。

2.3 本節の結論と今後の展開

本研究では、単一のモデルで複数の観測条件に対応可能な洪水浸水域推定システムを構築した。マルチスペクトルデータが利用可能な場合(ケース1, 2)については先行研究を上回る高精度な推定を実現した。主要な課題として、SARデータのみが利用可能な場合の精度向上が挙げられる。これは、SARデータに固有のスペックルノイズや都市部での複雑な反射パターンが影響していると考えられる。今後の研究では、SAR専用のモデルアーキテクチャの再設計や、ノイズ除去技術の統合に焦点を当て、より堅牢な災害対応システムの構築を目指す。

3. 3次元都市モデルとSNS等の2次元画像を活用した被災位置の特定手法の開発

3.1 本節の研究背景と目的

近年、SNS等のビッグデータを活用した地震被害や水害情報の収集分析システムに関して、多数の自治体において導入や実証実験などが進められている。一般にこうしたSNS等を利用した技術が提供する情報は撮影画像と緯度経度情報であり、後者は限定的なEXIF情報や推定手続きにより得られる。これらの情報には画像の方位角情報が不足していることから、被災位置を特定することは難しい。また、画像の方位角がすべて取得できたとしても、被災地点が画像中央に位置している保証はないことから、緯度経度と方位角情報のみでは被災位置推定の良好な精度は期待できない。地震火災のリアルタイム延焼予測など災害応急対策で活用するためには、精度の高い被災位置の特定が不可欠である。

そこで本研究は、災害事例として火災状況を拡張現実(AR)により構築し、撮影画像の方位角を既往の特徴点抽出手法と深層学習に基づく手法とを適用し推定及び検証する。また、3次元都市モデル(国土交通省PLATEAU)の3次元情報空間を利用し、2次元画像から被災(火災)位置をピンポイントで特定する手法を提案する。

3.2 方位角推定手法の従来法の適用と検証

本研究では方位角の自動判定システムを構築することを念頭に、撮影画像とGoogle Street Viewのパノラマ画像を等角度(ここでは北を0度として10度間隔)に分割した画像に対して類似度を計算し撮影方向の推定を行う。ここでは、既往の特徴点抽出手法として(SIFTとORB)と深層学習に基づく手法(VGG16, DenseNet, EfficientNet80, InceptionV3, ResNet50)を適用する。本研究で対象とした地域はさいたま市内の主に第1種中高層住居専用地域とその周辺地域である。

ARで構築した火災状況の画像を写真-3-1に、撮影地点(3点)と方位角を図-3-1に示す。また解析結果を表1に示す。撮影画像の緯度経度に最も近いGoogle Street Viewのパノラマ画像を利用した。36枚に分割した画像の類似度を降順にソートし、上位1位が対象画像の方位角 ± 30 度の範囲に入っているものをL1、2位をL2、3位をL3として、それ以外をFと判定した。表-1によれば従来の特徴点抽出手法は深層強化に基づく手法と対比して推定精度が低い。特に木造家屋に囲まれるA地点での推定に不向きな傾向が見られる。



写真-3-1 ARによる火災画像(左からA, B, C地点)



図-3-1 撮影地点(赤丸：東からA, B, C地点)と撮影方位角

表-3-1 従来法による方位角推定結果の比較

Method	SF	OB	VG	DN	EN	IC	RN
Photo A	F	F	L1	L1	L1	L1	L1
Photo B	L3	L2	L2	L2	L1	L1	L1
Photo C	L1	L1	L1	L1	L1	L1	L1

3.3 PLATEAUモデルとUnityを活用した2次元画像の再現と火災位置の特定手法の一提案

本研究では、統合プラットフォームUnityを用いて特定手法のシステムを構築する。前項で対象とした地域内の建物モデルを図-3-1のように3次元空間情報として読み込み、前項の撮影画像の緯度経度上に仮想カメラを設置する。火災位置を特定する方法は、仮想カメラの方位角を撮影画像と合わせ、撮影画像と仮想カメラ画像を一致させた上で、撮影画像上の火災位置を仮想カメラの画像上にオーバーラップさせる。画像上で火災位置をマウスのポインタで指定すると、仮想カメラ中央からその方向に200m長のBeamオブジェクトを照射する機能を構築している。この作業を3つの撮影画像に対して繰り返すことで、Unityの都市空間上に3つのBeamオブジェクトが表示され（図-3-3）、その交点は火災位置を良好に特定できていることがわかる（図-3-3右下）。

図-3-2のように、撮影地点と撮影方位の情報のみでは火災位置を特定することは容易ではないが、本手法のように3次元空間情報と2次元画像をリンクさせることで、火災位置を特定できる可能性が示された。

続いて、大規模災害を想定した複数出火シナリオに本手法を適用した。その結果、火災位置以外の複数の地点において出火点が誤って推定される外れ値が生じる結果となった。そこで本研究では、本手法で推定される火災位置以外の外れ値を除去するための方策として、ガウスカーネル関数による3次元空間上の重みを考慮したスコアリングを提案し、火災位置推定精度の改善を試みた。図-3-4に示すように、スコア量を表現する円は4つの火災位置に集中し、位置を精度良く推定できていることが明らかとなった。

3.4 本節の結論

方位角推定手法の検証は今後の詳細な検討に向けた試行的な位置づけであり、用途地域の違いや地域の特徴などを踏まえた更なる検討を行う必要がある。また、PLATEAUを活用した災害（火災）位置の特定方法は、災害時の家屋被害状況を自動で推定できる可能性を示唆するものであった。

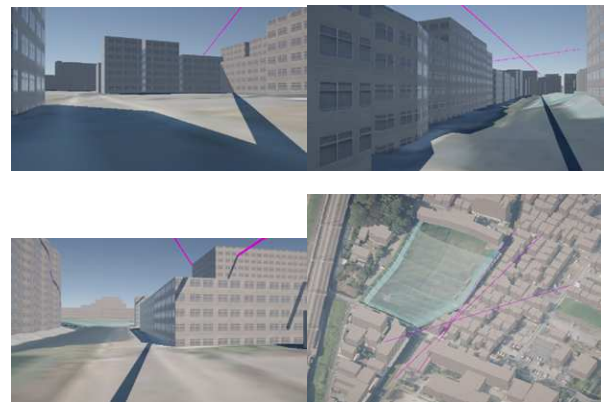


図-3-3 Unity内に設置したCameraの撮影画像とビーム照射の様子（左上からA, B, C地点、全体）



図-3-4 対象地域における仮想火災位置4か所（赤色星印）と仮想カメラ位置（緑丸印）及びブスコア球（黄色丸印）

4. 浸水要因河川を考慮した避難支援

4.1 本節の研究背景と目的

河川堤防を越水し破堤に至る洪水被害が頻発している。ハード整備だけではなく、避難などのソフト対策に加えて、まちづくりや住まい方という視点での対策が必要である。研究対象の埼玉県川島町は、荒川本川とその支川群（市野川、入間川、越辺川、都幾川）に囲まれた地形になっており、破堤河川・破堤箇所により氾濫流の向きが大きく異なる。本研究では、異なる想定破堤河川・破堤点に対する避難解析を行うことで、吉見町・川島町での避難困難地域を明確にすることを目的とする。

4.2 解析モデル

小内ら（2021）の氾濫解析（15の破堤点）より得られた浸水深の時系列データを用いて、藤野ら

(2025)は川島町内の各家屋から避難所への避難解析を行った。本報告では、第一段階として藤野ら(2025)の解析の詳細データをもとに避難に失敗する可能性のある地域を明らかにした。第2段階として、d2PDFの降雨シミュレーションデータから荒川本川と支川の降雨ピーク時間の違いを考慮した洪水流出波形を設定した。荒川本川のピークが早い出水(Ara_PE)、支川のピークが早い出水(Iru_PE)を対象としてリスクマップを作成した。

4.3 結果と考察

図-4-1に破堤点No.5の場合の破堤2時間時点での各グリッドの最大湛水深と避難状況を示す。避難所と氾濫流にはさまれた地域付近の避難失敗者(黒色)が多い。加えて、土地の低い南西方向に向かう氾濫流の影響と安藤川の内水氾濫の影響をうけて広い範囲で避難失敗または避難途中(赤色)となっている。

15の想定破堤における避難解析において、すべて成功した場合を水平避難可能エリアと定義した。水平避難可能エリアと判断された地域以外では、二階への垂直避難、避難指示が出た段階から時間をおかないタイミングでの避難、町外避難が必要になる。

図-4-2に二波形でのリスクマップを示す。川島町では、安藤川の東側の領域で避難困難になる可能性が高く、特にAra_PEで顕著に表れている。この地域は避難所の数が少なく移動距離が遠い点や、外水氾濫と内水氾濫に挟まれるため避難経路がなくなる点要因である。吉見町では、破堤点が市野川で生じるIru_PEにおいて水平避難が困難な領域が広がっているが、垂直避難が可能である。一方で、垂直避難不可の領域は土地が低く、Ara_PEの場合と共通している。破堤位置に関わらず、この地域では早期の水平避難が重要であることが示唆される。

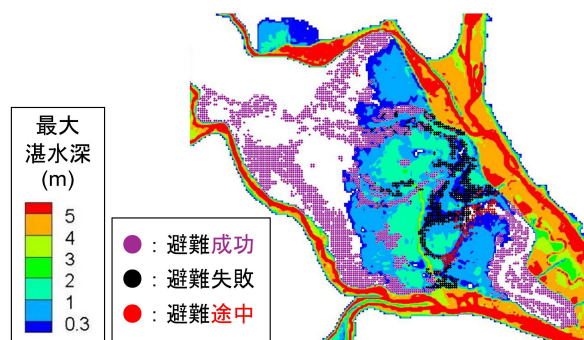


図-4-1 破堤2時間後の氾濫状況と避難状況(破堤点No. 5の場合) : 第一段階計算

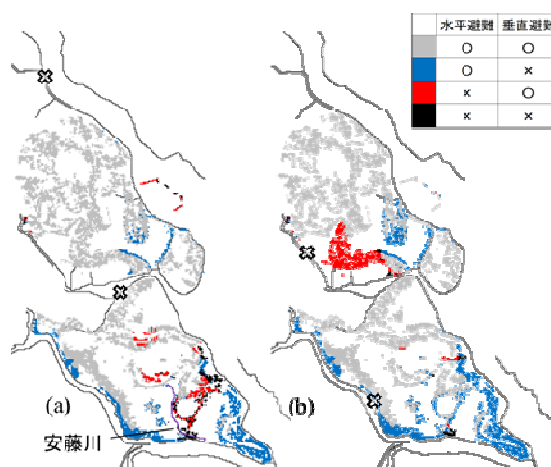


図-4-2 警戒レベル5でのリスクマップ

((a):Ara_PE (b):Iru_PE) (×印は破堤位置を示し、紫は安藤川の位置を示す)

4.4 本節の結論

第一段階では、破堤点毎の避難上の弱点を明らかにした。特に、安藤川の内水氾濫地域と破堤氾濫流にはさまれるような状態になる避難所付近で局所的に大きな避難困難者となることなどの地域性を明らかにした。第二段階では、様々な降雨波形を考慮した氾濫解析結果を用いて避難解析を実施した。吉見町と川島町では避難警戒レベル4の段階であれば水平避難が可能であった。しかし、吉見町では破堤の位置に関わらず、最大浸水深の関係で水平避難が必須となる地域が存在した。また、川島町の安藤川の東側の地域では、外水氾濫と内水氾濫の影響で早期に水平避難を完了させておく必要がある。

5. 降雨段階別の浸水要因表示と流域治水対策

5.1 本節の研究背景と目的

浸水被害には外水氾濫、内水氾濫、内水湛水などがあるが、地域・流域の特性によって浸水被害の要因や発生頻度は異なる。また、浸水被害が発生する降雨条件も異なる。さらに、近年の豪雨災害では、複数の浸水要因が重なることもある。浸水要因ごとに効果的な治水対策を分析することが重要である。

本節では、豪雨や洪水による浸水被害を受けやすい特徴を有する中川・綾瀬川流域を対象に、各支川で優先すべき治水対策の判断を支援することを目的として、分布型降雨流出氾濫解析モデルを開発する。

5.2 中川・綾瀬川流域の特徴

埼玉県と東京都を流れる中川・綾瀬川流域(流域

面積約987km²)を対象地域として選定した。中川・綾瀬川流域は、ほぼ全域が標高20m以下の低平地であり、河川勾配も1/4000程度と緩勾配である。昭和33年9月の狩野川台風や昭和41年の台風4号では、それぞれ流域面積の約28%、約46%が浸水するような大きな被害が生じた。その他にも、大規模な浸水被害が多数発生している。このような背景を踏まえて、中川・綾瀬川流域では、河川整備のみによる治水対策が困難であるとして、流域における総合的な治水対策が昭和55年から協議され、放水路や排水機場の整備など、様々な治水対策が実施されている。

5.3 休耕田を活用した内水氾濫対策の検討

中川・綾瀬川流域における排水機場や首都圏外郭放水路などの治水施設(図-5-1)の操作規則をモデル化した分布型の降雨流出・氾濫解析モデルを開発した(以降、分布型モデル)。分布型モデルを用いて、令和元年東日本台風の降雨データを対象に、休耕田を活用した内水氾濫対策の効果を検討する。休耕田面積等は農林業センサスで公開されている中で最新の2015年時点のデータを用いた。中川綾瀬川流域では、耕作地(水田)の面積が232.4 km²(流域面積の23.5%)、休耕田(水田)の面積が15.6 km²(流域面積の1.6%)である。

本解析では、3ケースの対策手法の効果を分析する(図-5-2)。Case_n_nは無対策のケースとして、耕作地への降水量に対し、排水抑制を一切行わないケース、Case_d_nは田んぼダム運用ケースとして、耕作地に落水量調整装置(宮津ら(2017))を設置し、排水量を抑制する(耕作地に貯留する)ことを想定したケース、Case_d_fは、耕作地への落水量調整装置の設置に加えて、休耕田は耕作地から20cm掘削し、洪水期間中は休耕田から水路や河川に排水をせず貯留させるケースとした。

5.4 結果と考察

令和元年東日本台風における実績の河川水位と解析水位を比較し、分布型モデルの検証を行った。上流域の一部水位観測所などでは水位上昇のタイミングやピークに課題はあるものの、流域内の主要観測所での水位のピーク値や傾向は高精度で再現できていることを確認した。

分布型モデルによる解析を分析した結果、特に休耕田面積割合が大きい農業集落付近がある支川流域では河川水位の低減効果が大きく、無対策のCase_n_nに比べて、田んぼダム運用ケースCase_d_nでは水位のピークが約31cm低減し、休耕田も活用したCase_d_fでは水位のピークが約71cm低減した。

流域全体での特性として、Case_d_fでは休耕田の

みで約685万m³を貯留しており、権現堂調節池の洪水調節容量(360万m³)の1.9倍となった。さらに、Case_d_fの耕作地と休耕田を合わせた最大貯留量は約4000万m³であり、荒川第一調節池の洪水調節容量(3900万m³)と同程度の容量を示した。

5.5 本節の結論

中川・綾瀬川流域の水位ハイドログラフの概形をおおむね再現可能な分布型降雨流出氾濫解析モデルを開発し、田んぼダムや休耕田活用の効果を示した。田んぼダム(耕作地に降った雨の排水抑制)のみを適用した場合でも河川水位が低下することが確認された。また、田んぼダムに加えて休耕田も活用した場合、休耕田が特に多い地域では河川水位のピークが約71cm低減し、休耕田の貯留機能を活用する有意性を示す結果となった。

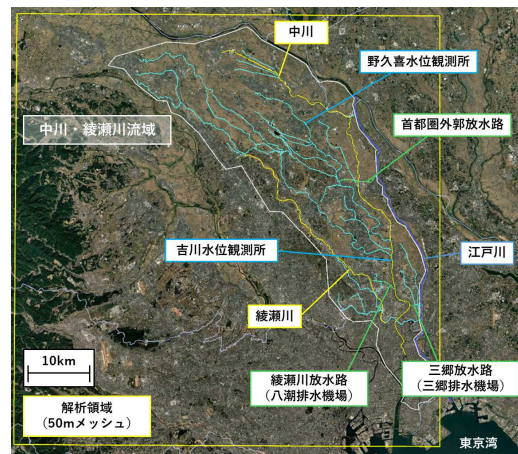


図-5-1 各支川流域における湛水量と累加雨量の比

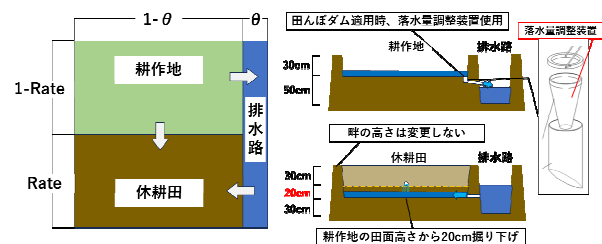


図-5-2 各支川流域における湛水量と累加雨量の比

6. 微地形と気象レーダーデータを統合したリアルタイム浸水深推定技術の開発

6.1 本節の研究背景と目的

近年、台風や集中豪雨の増加に伴い、各地で多くの内水氾濫が生じている。これに対応すべく、国土交通省の国土技術政策総合研究所をはじめ、いくつかのリアルタイム浸水予測システムが開発されつつあるのが現状である。しかるに、多発する内水氾濫に対して、未だリアルタイムで浸水予測情報は少なくともマスメディアからは伝わってこない。一方で、県や市からは、避難所設立など、発災後の準備をするために、床上・床下浸水の被害領域がどの程度なのかに関する情報を、概略でも早い段階で収集したいというニーズがある。

そこで本研究では、埼玉大学に設置されている世界最新とよばれるマルチパラメータフェーズドレイ気象レーダ（以後、**MP-PAWR**とする）の**30** 秒ごとに観測されている全天の雨滴分布を用いて、内水氾濫に特化した、リアルタイム浸水深推定技術を開発することを目的とする。特に、各地域特有の微地形の情報を積極的に取り込み、地域密着型の仕様とする。

6.2 微地形と浸水実績

内水氾濫が発生するような場所には微地形的な特徴がある。平野部によく見られる氾濫平野や後背湿地、台地と低地の境界に位置する支谷閉塞低地などである。一例として、図-6-1に自然堤防に囲まれた氾濫平野の例を示す。左図は、国土地理院の治水地形分類図に加筆したものであり、右図は、治水地形分類図に内水ハザードマップをGIS上で重ね合わせたものである。図より、比高3mのお盆状の微地形と浸水領域がよく対応していることがわかる。雨水は低いところへ流れて集まるので当然の結果ではあるが、浸水深を推定するためには、この2km四方の領域における総雨量と排水能力を知る必要がある。

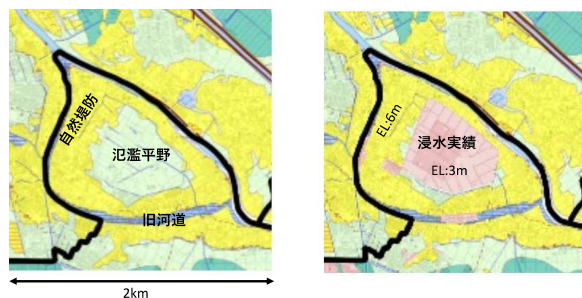


図-6-1 微地形と浸水実績の一例（国土地理院治水地形分類図と越谷市内水ハザードマップを使用）

6.3 2023年6月の越谷市周辺での内水氾濫

2023年6月の越谷市周辺での内水氾濫を対象として、浸水深推定のプロトタイプを作成した。

はじめに、越谷市内水ハザードマップと2023年6

月の浸水実績を比較した。その結果、ハザードマップの領域よりも広い範囲で浸水が生じていたことが確認された。そこで、2023年6月2日0時から6月3日24時のMP-PAWRデータを、市販のArc-GIS内の洪水シミュレーションへ入力し、1時間ごとの浸水領域を求めた。一例として、時間降雨量のピークとなった6月3日1時時点の浸水シミュレーション結果を図-6-2に示す。なお、浸水実績は越谷市内のものであり、隣接する松伏町等の実績は含まれていない。浸水実績と、右図で色の濃い浸水深が大きい箇所は概ね対応していることがわかる。またある地点での浸水深の時系列データが得られたことから、今後これを実測値と合わせるように、「対象領域全体としての排水能力」の推定を試みる予定である。

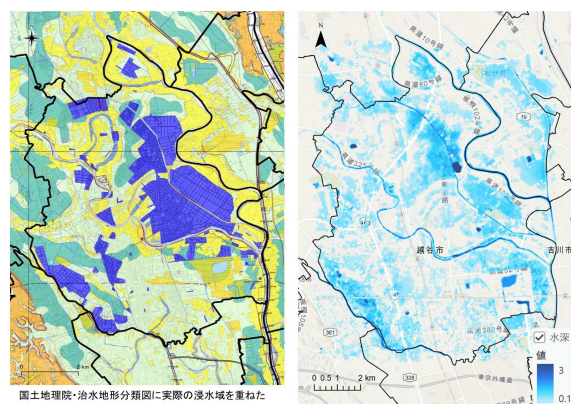


図-6-2 MP-PAWRデータを用いた浸水シミュレーション結果（右）と同領域の浸水実績（左）の比較

6.4 2019年台風19号による埼玉大学周辺の内水氾濫解析

2019年10月の台風19号による埼玉大学周辺での内水氾濫を対象として、浸水深の時間変化を検討した。ここでは、MP-PAWRの30秒ごとの解析雨量を内水氾濫解析で利用できるように、群馬大学で開発されたTAG-FLOW (Topography-based Analysis with Grid-based FLOW)(Nguyen et al., 2022)モデルを利用して、解析メッシュごとに異なる降雨量を与えた。得られた浸水深の時系列データは、ある時刻での浸水深の判明している埼玉大学グラウンドでの値と比較することにより精度を検討した結果、10cm以内の差であった。精度向上に努める必要があるが、リアルタイムでMP-PAWRの解析雨量から浸水深を推定することが可能である見通しを得た。一方で、計算速度の観点から、対象領域を微地形を頼りに絞り込む必要性も示した。これらの成果は、今後の地域防災活動へ活用していきたい。

7. UAV3次元モデルを用いた橋梁周辺の地形変動の定量評価手法

7.1 本節の研究背景と目的

近年、地球温暖化の影響により、世界各地で集中豪雨や洪水の頻度が増加しており、それに伴い橋梁構造物への被害も顕著になっている。特に洪水に伴う橋台や橋脚周辺の洗掘は、構造的安定性を著しく損ない、橋梁と周辺道路と切断される要因にもなる。従来、災害時の橋梁被害の評価は、図-7-1に示すように、応急点検と詳細調査という二段階のプロセスに依存してきた。しかしながら、このような手法は、現地へのアクセス制限や専門技術者の不足などにより、初動対応が遅延するという課題があった。

7.2 ケニア洪水による橋梁被害

2024年ケニアでは異常気象による大規模な豪雨が発生し、各地で深刻な洪水災害が発生した。特に複数の橋梁において甚大な構造被害が報告されており、その中でも以前著者らが調査されていたSabaki橋、図-7-2に示すように、およびThwake橋の被害もあった。

7.3 UAVを用いた調査と被害の定量評価

Sabaki橋では、洪水後にUAVを用いたビデオ撮影が実施され、SfMにより高精度な三次元モデルが構築された。これにより、作成されたオルソフォトと衛星写真との比較を通じて、図-7-3に示すように、洗掘による地表の変化を面積的に定量評価することが可能となった。

Thwake Bridgeでは、2022年の洪水で橋台背面の土が洗掘され、その状況を記録するためにUAV撮影が行われ、図-7-4に示す3Dモデルとしてアーカイブされた。2024年では補修が実施されてから洪水を経験し、その後でUAV撮影を実施した。両者の比較により、洪水前後の堤防の変化を図-7-5のようにDEMの差分により洗掘量を定量的に算出した。

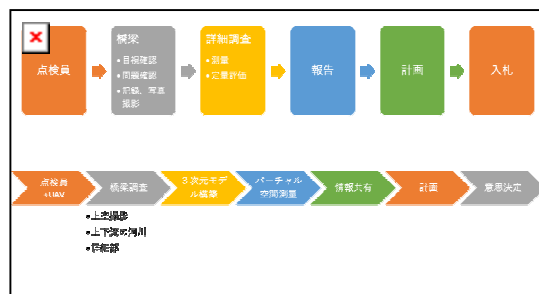


図-7-1 従来の被害調査(上)と提案手法(下)の概要



図-7-2 Sabaki Bridge橋台部の洗掘



図-7-3 Sabaki Bridgeの洗掘面積の抽出



図-7-4 Thwake Bridge2022年(上)と2024年(下)

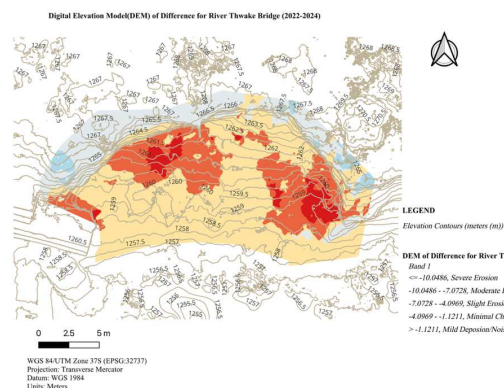


図-7-5 Thwake Bridge DEMの差分

8. 斜面の変位速度のふらつきによる崩壊予兆検知

8.1 斜面崩壊の予兆検知

主に降雨による斜面の表層崩壊の予兆を検知するために、表層に挿した鋼棒の微小な傾斜変位をセンサで連続的に測定し、異常を検知する技術を開発している。図-8-1に例示するように、斜面は突然崩壊するのではなく、崩壊までの過程で数日～数時間かけて微少だが継続的で加速的な傾斜変位が見られる。これをセンサを用いて早期に捉えて、何らかの判断基準の下に早期警報を出す仕組みを考えている。

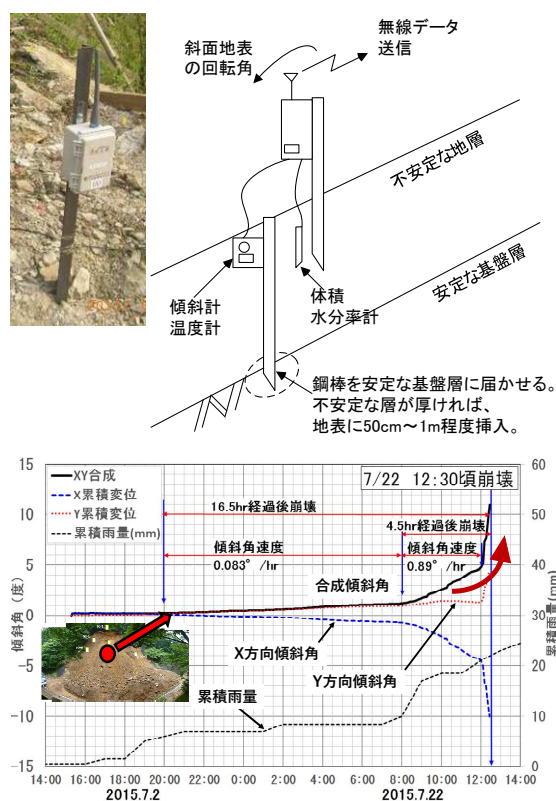


図-8-1 斜面表層の傾斜変位センサと崩壊前の典型的な挙動

8.2 変位速度のふらつきに注目した予兆検知

本研究では、この微小な変位の進み具合から、どのような基準で崩壊の切迫度を評価し、警報を出すべきか、模型実験や実斜面の計測データを分析して検討した。斜面の崩壊予測に関しては、「変位速度の逆数と崩壊までの残余時間が比例して減少する」という経験則があり、速度逆数法としてよく使われている。数理的には、各時点での速度と時間の関係であるから、比較的短い区間の時間、例えば「崩壊の1時間前の数分間」の速度の変化だけを見て、以後の崩壊までの推移を予測することができる。実際に

は、変位の進行には、表層地盤の不均一性や雨の降り方の変化など、様々なノイズ要因のため、図-8-2のように崩壊予測時間は大きく変動する。しかし、崩壊が近づくと、崩壊予測時間がぶれなくなり、速度逆数法のモデルに沿った挙動になることを本研究で見いだした。これにより、斜面表層が崩壊の最終段階に入った切迫した状況である事を検知できる可能性がある。

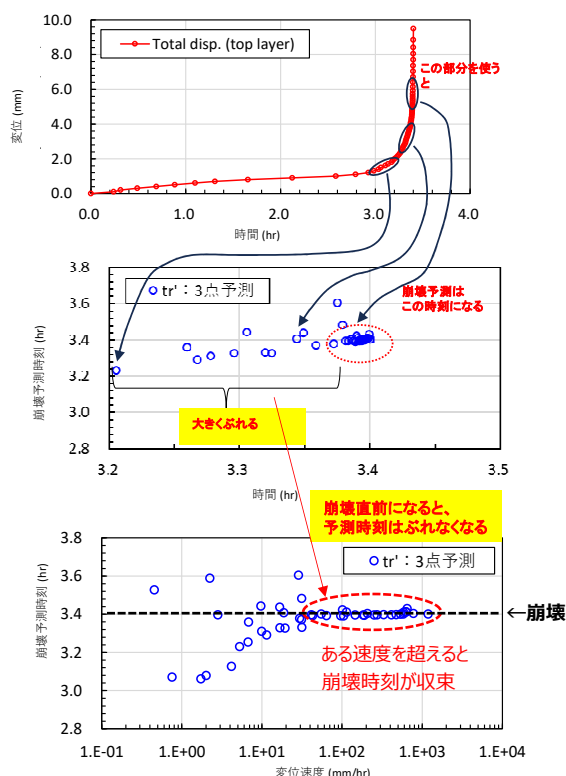


図-8-2 速度逆数法による崩壊時間の予測のぶれと切迫した状態の検知

8.3 実物大の斜面模型の堀削実験

2025年9月に、つくばの防災科学技術研究所の実験施設を利用して、実物大の斜面模型を法尻の堀削により崩壊させる実験を行った（図-8-3）。変位の計測手法として、連続画像による斜面表面の変位の読み取りによる方法を試み、図-8-4のように、表面上の多数の点の変位を読み取って平均することにより、連続的な変位の水位を読み取ることに成功し、変位計で測定した変位とも良好な一致が得られた。ただし、この実験では、堀削から崩壊までの時間が短く、速度逆数法を精度よく適用するのが難しかった。2026年度に、同様の模型で長時間の降水による崩壊実験を計画しており、上述の徒長検知手法の検証を試みる。



図-8-3 模型斜面の掘削崩壊実験

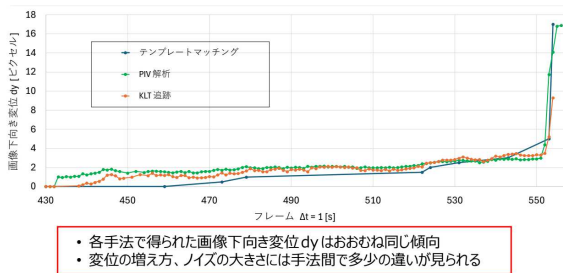


図-8-4 模型斜面の表面変位の画像読み取り結果

9. さいたま市在住外国人住民の災害意識と災害情報伝達の課題

9.1 本節の研究背景と目的

近年、日本における外国人住民数は増加の一途をたどっており（図-9-1は主要国籍の一部を示したものである）、地域社会における多文化共生の重要性が高まっている。こうした中、地震や台風、洪水などの自然災害が頻発する日本においては、外国人住民もまた災害リスクに直面している。しかしながら、言語的障壁や文化的背景の相違、地域社会との関係性の希薄さなどにより、災害時の情報取得や避難行動において固有の課題を抱えていることが指摘されている。一方で、外国人住民が直面する防災上の課題は一概ではなく、出身国の災害経験や文化的価値観、さらには地域社会への統合の度合いによって異なると考えられる。したがって、外国人住民を一括りに扱うのではなく、コミュニティごとの特性を踏まえた分析が必要である。

本研究は、令和6年度に実施したさいたま市在住ネパール人住民を対象とした調査を基盤とし、令和7年度にはフィリピン人住民を対象に同様の調査を実施することで、外国人住民に共通する防災上の課題と、コミュニティごとに異なる課題の双方を明らかにすることを目的とする。本研究の特徴は、同一都市における異なる国籍コミュニティを対象に、同一

設計の調査を2年間にわたり実施し、外国人住民の防災課題を構造的に比較可能とした点にある。さらに、両者の比較を通じて、多文化共生社会における効果的な防災施策のあり方について検討する。

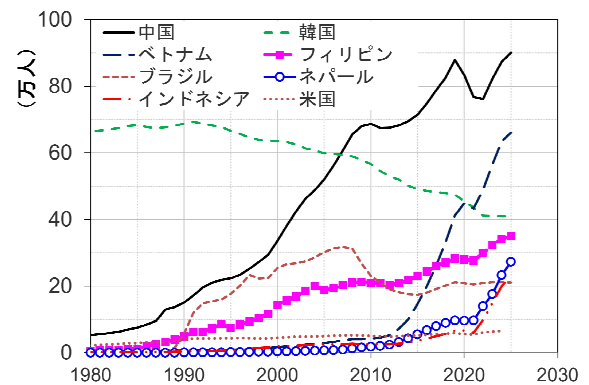


図-9-1 日本における国籍別外国人人口の推移

9.2 方法

本研究はさいたま市との共同研究として実施したものであり、2年間にわたり同一設計のアンケート調査およびワークショップを行った。令和6年度には、さいたま市在住の15歳以上のネパール人住民1,663名を対象にアンケート調査を実施し、191件の有効回答を得た（回収率11.5%）。質問は32問で構成し、日本語・英語・ネパール語で回答可能とした。また、同年11月には埼玉大学においてワークショップを開催し、外国人住民に加え、行政関係者および大学教員・学生の参加のもと、災害時の課題および改善策について意見交換を行った。

令和7年度には、フィリピン人住民1,651名を対象として、同一の質問票を用いたアンケート調査を実施し、316件の有効回答を得た（回収率19.3%）。調査は日本語・英語・タガログ語で回答可能とし、2025年11月にはさいたま市との共催により埼玉大学においてワークショップを開催した（写真-9-1）。両年度において同一の質問設計を採用することで、国籍間の比較分析の妥当性を確保し、得られたデータをもとに両コミュニティの比較分析を行った。

9.3 結果

令和6年度に実施したネパール人住民を対象とした調査では、避難所の場所を知らない住民が65%、避難経路を把握していない住民が64%、防災訓練に参加した経験がない住民が91%に上るなど、防災に関する基礎的知識および備えの不足が顕著であった。また、82%の住民が自治体から防災情報を受け取っていないと回答しており、情報へのアクセス段階における課題が明らかとなった。

一方、令和7年度のフィリピン人住民を対象とした調査では、分析の結果、フィリピン人住民は日本の自然災害リスクに対する認知度がネパール人住民と比較して高い傾向を示したものの、避難経路・避難場所の把握や防災訓練への参加は必ずしも十分とは言えず、一定割合の回答者において防災意識が具体的な備えや行動に結びついていない状況が確認された。また、非常用キットの準備や家庭内の危険要因への対策、緊急連絡先の整備といった項目についても、実施状況にはばらつきが認められた。

さらに、防災情報を受け取っている住民は、これらの備えに関する各項目において一貫して高い実施傾向を示しており、情報アクセスが防災行動に直接的な影響を与える主要な規定要因である可能性が示唆された。また、アンケートおよびワークショップの結果から、防災情報は一定程度整備されているものの、「自ら検索しなければ辿り着けない」という情報流通構造上の課題が存在し、日常生活の忙しさやコミュニティ内外での防災コミュニケーションの不足が、行動実践を阻害する要因として指摘された。両者の比較から、ネパール人住民では「情報取得段階」における障壁が支配的であるのに対し、フィリピン人住民では「行動実践段階」におけるボトルネックが顕在化していることが明らかとなった。また、防災情報へのアクセスの有無が備え行動の差異に強く関連している点は、両コミュニティに共通して確認された。

9.4 本節の結論

本研究は、2年間にわたりさいたま市在住のネパール人およびフィリピン人住民を対象として防災意識調査を実施し、外国人住民が直面する防災上の課題の構造を明らかにした。その結果、防災訓練への参加率の低さや自治体からの情報伝達の不足といった共通課題が確認される一方で、ネパール人住民では情報アクセス段階、フィリピン人住民では行動実践段階における課題が顕在化していることが示された。

これらの知見は、外国人住民を一括的に捉えるのではなく、コミュニティの特性に応じた段階的かつ多層的な防災支援の必要性を示唆するものである。今後は、母国語による情報提供の強化、地域社会との関係性の構築、外国人住民が参加しやすい防災訓練の設計に加え、本研究の枠組みを他地域および他国籍コミュニティへ拡張することで、一般化可能な知見の構築が期待される。



写真-9-1 2025年11月に実施したワークショップの様子

10. おわりに

本研究は、災害時における行政の意思決定を支援する情報可視化アプローチを構築することを目的に、衛星・SNS・ビッグデータ・地理空間情報等を活用した被害把握や予測、避難支援に加え、外国人への情報伝達を対象とし、防災DXを通じて地域防災力の向上に資する知見を提示した。今後は、本プロジェクトで研究開発した技術の更なる精度向上と具体的な利用に向けた実証を重ねていく予定である。

参考文献

- 小田竜生，田中規夫，五十嵐善哉（2024）：内水・外水氾濫と土砂災害が発生した流域の災害要因分離が可能な分布型モデルの構築，土木学会論文集，80(16)，23-16011.
- 小内亮，田中規夫，伏見健吾，五十嵐善哉（2021）：破堤点の相違による氾濫特性を考慮した避難解析にもとづく地域に適した避難手法分類，土木学会論文集 B1(水工学)，77.2: I_1513-I_1518.
- 藤野晃慈，五十嵐善哉，田中規夫，小内亮（2025）：浸水情報による目的地の変更を考慮した避難解析手法の構築と洪水時の安全避難に関する検討，土木学会論文集B1(水工学)，Vol. 81, No. 16, 24-16213.
- 宮津進，吉川夏樹，阿部聡，フリードレーン方式の田区排水に適した機能分離型落水量調整装置の開発，農業農村工学会論文集 85.2，I_159-I_167，2017.
- Ministry of Foreign Affairs of Japan (2024): Specified Skilled Worker Program
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/ca/fna/ssw/us/>
- Piao, M., Kondo, A., Qian, H. (2024): Factors related to immigrants' disaster preparedness: A scoping review,

Health Emergency and Disaster Nursing, DOI:
<https://doi.org/10.24298/hedn.2023-0008>.
Statistics Bureau of Japan (2024): Population Stats.
<https://www.stat.go.jp/english/data/jinsui/2.html>

研究成果の公表

本研究の成果は、以下の通り公表された。

五十嵐善哉・内村太郎・長田昌彦・Chandra Shekhar Goit・齊藤正人・田中規夫・谷山尚・堤田成政 (2025): 防災DX時代における行政の意思決定を支援するための新たな情報可視化アプローチの開発と実践, 自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, Vol. 62, pp. 16-25.

齊藤正人・谷山尚・Chandra S.GOIT (2026): 3次元都市モデルとSNS画像を利用したスコアリングによる複数出火シナリオの被災位置特定手法の提案, 令和7年度京都大学防災研究所研究発表講演会, E307.

齊藤正人・谷山尚・Goit Chandra Shekhar (2025): 3次元都市モデルとSNS等の2次元画像を利用した被災位置特定手法の複数出火シナリオへの適用性の検証, 日本地震工学会第19回年次大会梗概集, Paper No. 20250210, pp. 1-5.

齊藤正人・谷山尚・Chandra S.GOIT・梶川駿介 (2025): 3次元都市モデルとSNS等の2次元画像を活用した被災位置の特定手法に関する一提案, 令和6年度京都大学防災研究所研究発表講演会, E202.

党 紀・Thelma Ntinyari MUKUNGA・水野千里・松永昭吾・中島隆志 (2025): UAV点群を用いた橋梁洗掘被害の定量的評価の試み, 防災研究所研究発表講演会, C316, pp. 1-2.

CS Goit, K Aizumi, M Saitoh (2026): Disaster Preparedness Among Filipino Residents in Saitama City: Insights from Questionnaire-based Survey, 令和7年度京都大学防災研究所研究発表講演会, E308.

CS Goit, Y Shimoyama, M Saitoh (2025): Disaster Preparedness Among Nepalese Residents in Saitama City: Insights from Questionnaire-based Survey, 令和6年度京都大学防災研究所研究発表講演会, E204.

Osada, M., Yoshinari, Y. and Shijo, A. (2025): Fundamental Study for Real-Time Inundation Depth Estimation Using a New Weather Radar, The 15th Asian Regional Conference of IAEG, Kathmandu, Nepal, 27-29 November 2025.

Tanaka T. and Tsutsumida N. (2025): Sensor-Adaptive Flood Mapping with Pre-trained Multi-Modal Transformers across SAR and Multispectral Modalities, Arxiv, <https://arxiv.org/abs/2509.23035>.

Tsutsumida, N., Tanaka, T. and Sultana, N. (2025): Automated flood detection from sentinel-1 GRD time series using Bayesian analysis for change point problems, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 63, pp. 1-13.