

Title	リモートセンシングおよびソーシャルセンシングに基づくマルチソースデータ統合による都市災害の推定および評価
Author(s)	楊, 一帆
Citation	
Issue Date	2026-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	https://hdl.handle.net/10119/20565
Rights	
Description	Supervisor: 郷右近 英臣, 先端科学技術研究科, 博士

氏 名	Yifan Yang
学 位 の 種 類	博士（知識科学）
学 位 記 番 号	博知第 405 号
学 位 授 与 年 月 日	令和 8 年 3 月 25 日
論 文 題 目	Multi-Source Data Integration for Urban Disaster Estimation and Assessment Based on Remote Sensing and Social Sensing
論 文 審 査 委 員	郷右近 英臣 北陸先端科学技術大学院大学 准教授
	藤波 努 同 教授
	HIEU CHI DAM 同 教授
	Mohammad Javad Koohsari 同 准教授
	竹内 涉 東京大学生産技術研究所 教授

論文の内容の要旨

Urban flood disasters pose increasing risks to human life, infrastructure, and socio-economic systems, particularly in densely populated cities where physical hazard processes and human behavioral responses interact in complex ways. From a theoretical perspective, this dissertation adopts a knowledge-oriented integration perspective that emphasizes the combined use of physical sensing data and human behavioral information for urban flood extent estimation. This perspective is grounded in Knowledge Science, emphasizing the transformation of diverse data sources into interpretable and actionable knowledge for disaster management.

To operationalize this concept, this dissertation proposes a comprehensive multi-source data integration framework that combines remote sensing, geographic information, and social sensing for urban flood estimation and assessment. The framework is applied to the 2019 Typhoon Hagibis flood in Nagano City, Japan, serving as a representative case of an urban riverine disaster.

The research is structured around three incremental experiments. Experiment I examines temporal and spatial anomalies in large-scale mobile phone GPS data, demonstrating that population mobility patterns reflect flood-related disruption and public response. Experiment II develops Random Forest-based flood estimation models that integrate Synthetic Aperture Radar (SAR), Digital Elevation Model (DEM), terrain indices (TWI, SPI), and GPS-derived population density, showing that the inclusion of behavioral information improves spatial coherence and reduces misclassification. Experiment III advances the framework to a fine-gridded (70 m × 70 m) urban model by incorporating Twitter-derived information, enabling near-real-time situational awareness through the integration of physical indicators and human-reported flood impacts.

Across all experiments, the results confirm that multi-source data fusion enhances the timeliness, spatial precision, and interpretability of urban flood estimation. Physical sensing data provides stable representations of inundation and terrain conditions, while social sensing data capture dynamic population displacement and disaster perception, which together reduce false positives and improve the spatial coherence of flood extent estimation across all experiments. Their integration

establishes a data-driven foundation for resilient city assessment. This dissertation contributes a unified methodological workflow linking sensing, data fusion, and application stages, demonstrating how theory-guided multi-source integration can support both real-time disaster response and long-term urban resilience planning.

Keywords:

Remote sensing; Social sensing; multi-source data integration; Urban flood estimation; Random Forest; SAR; GPS mobility data; Twitter data; Machine learning; Urban resilience; Disaster assessment

論文審査の結果の要旨

本研究では、2018年に長野で発生した千曲川の氾濫を対象に、被災前後の合成開口レーダ画像、スマートフォンGPSから得られる人流データ、位置情報付SNSデータの複合解析による洪水域検出手法を提案し、その評価を行った。

従来研究では、洪水推定には合成開口レーダ画像のみを利用した分析手法が提案されており、SNSデータから得られる写真やテキスト情報を目視で判読し、洪水域の推定にデータを利用した事例はあったものの、人流データ・SNSデータのようなソーシャルセンシングデータの空間情報処理により、物理的な洪水域を推定するという発想自体が存在せず、そのため、それらを統合的に分析し洪水域推定を行う方法論もなかった。

このような状況において、物理的に洪水ハザードに晒されることで、人流や被災地のSNSの内容に変化があるという仮説のもと、上記の異なる形式のデータ（画像、点、テキスト）を統一的な画像データへ変換し、洪水推定を行うマルチモーダルな分析手法を世界で初めて提案し、その有効性に関する検証も行った。その検討結果についてはQ1の査読付論文に掲載されており、本学の博士後期課程の学位取得の水準に到達しているものと考えられる。

一方で、上記の研究の新規性や独自性、その価値については、学位審査の場において本人が審査委員の先生方に対し、十分にわかりやすく説明できたとは言い難く、指導教員としては少し課題を感じる審査であった。