

オートエンコーダを用いた人口分布異常検知技術の研究

— 令和6年能登半島地震における避難場所情報にもとづく検証 —

社会防災研究領域 総合防災情報センター／防災情報研究部門 花島誠人・佐野浩彬 (NTTドコモとの共同研究)

Point

- NTTドコモ社のモバイル空間統計を活用し、機械学習を用いて人口分布の異常から臨時避難場所を推定する手法を開発
- 災害時における臨時避難場所の把握について実証研究を実施
- 解析データとして常時滞在人口を用いることにより検知精度が向上

概要

本研究では、携帯電話の運用データに基づく準リアルタイム人口分布データ(NTTドコモ社モバイル空間統計)を用いて、災害発生時の人口分布の異常(平常時の人口分布とは著しく異なる分布状態)を自動的に検知する技術の開発に取り組んでいる。これまでの研究では、平成28年熊本地震における避難所のデータを用いて、全体の60%に及んだ指定避難所以外の避難場所(本報告では臨時避難場所)の位置を人口分布異常により検知する手法の開発を行い、精度検証と課題の抽出を行った^{※1}。

令和6年1月に発生した能登半島地震では、同様に多数の臨時避難所が開設され、その所在の確認に多大な労力を費やすことになった。本技術を活用してこのような事態を改善することが研究当初よりの目標であるが、そのためにはさらなる性能向上が求められる。

そこで本年度は、令和6年能登半島地震のデータに基づいて本技術による人口分布異常検知の精度検証を行った。^{※2}地震発生後の所定の期間(例：発生後48時間)のメッシュ(500m四方)ごとのリアルタイム人口 x が与えられた時、オートエンコーダで表現される特徴抽出関数 $f(\cdot)$ により抽出した特徴量 $x'=f(x)$ に基づき、あるメッシュの人口推移が異常か否かを判定した。人口推移異常の正解データとして、能登半島地震での避難場所(指定避難所、臨時避難場所)の地理空間データを利用した。

正月休みで帰省者や観光客が増加する時期に発生した災害

であることを考慮して、メッシュ内総人口に加えて、人口の時系列推移を解析して求められる平常時滞在人口(定常成分)および一時滞在人口(非定常成分)を対象とした。また、人口データには携帯電話の契約情報にもとづく居住地(市区町村)が属性として付与されているので、メッシュ内の被災市町の居住者数を知ることができる。よって、居住地による区分2種類(全員・居住者)、成分による区分3種類(総人口・平常時滞在人口・一時滞在人口)を組み合わせた6パターンのデータについて本手法を適用した。

上記6パターンのデータについて人口分布異常の検知を行った結果を下記の三指標により評価した結果を下表に示す。

- ① 人口分布異常として検知したメッシュのうち実際に避難所が存在したメッシュの割合(Precision)
- ② 実際に避難所があるメッシュを人口分布異常として検知できた割合(Recall)
- ③ RecallとPrecisionの調和平均値(F1スコア)

評価の結果から平常時滞在人口を用いた場合のF1スコアが良いことがわかった。「全員・平常時滞在人口」を用いた人口分布異常検知結果の地図を以下に示す。

| 居住地区分 | 成分 | Precision | Recall | F1 |
|-------|---------|--------------|--------------|--------------|
| 全員 | 総人口 | 0.332(0.127) | 0.243(0.108) | 0.244(0.057) |
| 全員 | 平常時滞在人口 | 0.285(0.088) | 0.349(0.059) | 0.301(0.044) |
| 全員 | 一時滞在人口 | 0.071(0.011) | 0.557(0.159) | 0.124(0.020) |
| 居住者 | 総人口 | 0.365(0.157) | 0.239(0.118) | 0.247(0.070) |
| 居住者 | 平常時滞在人口 | 0.273(0.066) | 0.351(0.064) | 0.297(0.039) |
| 居住者 | 一時滞在人口 | 0.059(0.014) | 0.583(0.165) | 0.107(0.026) |



■ 人口推移が異常と判定されたが実際には避難所がないメッシュ ■ 人口推移が異常と判定され実際に避難所が存在したメッシュ

※1: Ochiai, K., Terada, M., Hanashima, M., Sano, H., Usuda, Y., 2024. "Detection of non-designated evacuation shelters from real-time population dynamics using autoencoder-based anomaly detection." ACM Trans. Spat. Algorithms Syst. <https://doi.org/10.1145/3643679>

※2: 落合桂一, 寺田雅之 and 花島誠人 (2024) 'オートエンコーダを用いた人口異常検知による避難所開設状況把握の能登半島地震での評価', 情報処理学会研究報告(Web), 2024(MBL-113), pp. 2024-2113.

今後の展望・方向性

本研究では、帰省や旅行などにより人口変動が他の時期と異なる時期であっても、時系列推移の成分分解により得られる平常時滞在人口を用いることで異常検知の精度が向上することを確認した。今後の方向性としては、1つの人口成分のみを使うのではなく、複数の人口成分を利用し異常検知結果を統合する方法が考えられる。また、人口データに加えて地形や施設などの地理空間情報を考慮することで、より被災現場に整合した異常検知を可能にすることも考えられる。これらの方向性を検討しつつ、次年度以降の取組を進めていきたい。

