## 大地震時の広域避難行動予測手法の検討

神 拓弥 ¹, 小川 芳樹 ²
¹ 東京工業大学 環境・社会理工学院, ² 東京大学 生産技術研究所 連絡先: < oki.t.ab@m.titech.ac.jp > Web: < http://www.arch.titech.ac.jp/okiLab/>

- (1) 動機: 大地震発生直後, 人々の滞留状況や避難 状況をリアルタイムに把握することは, 二次被害を 軽減する上で重要である. しかし, 従来のシミュレ ーション技術を災害時の初動対応等へリアルタイム に活用するためには, 計算時間や推定精度の課 題を克服する必要がある. そこで本研究では, 大 地震時の物的被害(建物倒壊, 道路閉塞, 火災延 焼) および避難者一人ひとりの行動を記述する精 緻な広域避難シミュレーションの結果を集約し, 大 地震発生時の避難行動を, 機械学習で得た計算 量の少ない行動モデルで予測する手法を検討した.
- (2) 方法:対象地域は東京都足立区千住とする. エー ジェントベース型の広域避難シミュレーションモデ ル(Osaragi and Oki, 2017)から得られる, 物的被害 も考慮した精緻な都市内広域避難シミュレーション 結果を、GPS 携帯端末などからリアルタイムに得ら れる観測軌跡と想定した. 避難行動軌跡は非常に 複雑かつ多様であるが、挙動の類似した避難者を ある程度集約することで、モデルが軌跡データを学 習しやすくなると予想した. そこでまず, DTW (Dynamic Time Warping: 動的時間伸縮法)により, 軌跡群を比較的少数のパターンに分類した. 次に, 特定のクラスタに属する, 避難者単位の避難行動 軌跡データ(XY 座標の時系列データ)を, LSTM (Long Short Term Memory: 長短期記憶)で学習し, 避難行動軌跡予測モデルを構築した. ①5 時点 (=2 分 30 秒)分の軌跡部分列から,次の 1 時点 (=30 秒後)の位置座標を予測する「逐次予測」と、 ②LSTM モデルを用いて次の 1 時点分の位置座 標を予測し、それをさらに次の 1 時点分の予測時 の入力データに含めるという処理を繰り返し,最初 の5時点分の正解軌跡のみから、その後の避難行 動軌跡を予測する「再帰予測」の2通りを試みた.
- (3) 結果:クラスタリングにより、移動傾向が類似している軌跡群を抽出できている様子が見て取れる(図1).また図2は、1つの軌跡についての避難行動予測結果の例である.逐次予測の場合(図2左上)と比較して、再帰予測の場合には、軌跡が上手く予測できていないことがわかる.特に、移動方向が大きく変化することで、それ以降の軌跡の予測誤差が大きくなっている.こうした避難行動特性を考慮可能な学習モデルの検討が今後の課題である.

## (4) 使用したデータ:

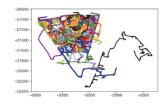
- ・「東京都都市計画地理情報システム 土地・建物 現況調査データ(平成28年区部)」東京都
- ・「平成20年東京都市圏パーソントリップ調査データ」東京都市圏交通計画協議会
- (5) 謝辞: 本研究は, JSPS 科研費 19K04946 および東大 CSIS 共同研究 No.885 の研究成果の一部である. ここに記して謝意を表す.

## (6) 参考文献:

T. Osaragi and T. Oki (2017) Wide-Area Evacuation Simulation Incorporating Rescue and Firefighting by Local Residents, Journal of Disaster Research, Fuji Technology Press Ltd., 12(2), 296-310.

## (7) 関連文献:

沖拓弥・小川芳樹(2020)大地震時を想定した広域 避難シミュレーション軌跡のクラスタリングと避難行 動予測への応用.「2020 年度人工知能学会全国 大会講演論文集」,1-4.



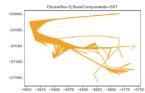


図 1:避難行動軌跡のクラスタリング(閾値 4km)

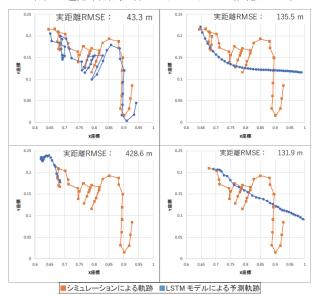


図 2:個別のシミュレーション軌跡の予測結果の例 左上:逐次予測(5 時点入力),右上:再帰予測(5 時点入力), 左下:再帰予測(10 時点入力),右下:再帰予測(15 時点入力)