

パーティクルフィルタを用いた 災害時におけるリアルタイムな人流推定手法

矢部 貴大, 金杉洋, 樫山武浩, 須藤明人, 関本義秀

研究の背景・目的・課題

近い将来、南海トラフ沖地震や首都直下地震など様々な災害の発生が想定されている。そこで問題視されているのは、帰宅困難者の都心部への密集による二次災害や救急活動の遅れである。そのため災害対策を司る意思決定を行う立場からは**災害発生から数時間先の人流の予測の重要性が高まっている**。

本研究の目的は、災害行動シミュレーションとリアルタイムな観測データをデータ同化手法により組み合わせ、災害発生後から数時間先までの人流を高精度で推定することである。

災害時の人流推定問題における課題としては、人々の行動が平時と大きく異なることや被災状況の変化によって人流が急激に変化する事が挙げられる。これらの課題を考慮し、本研究ではパーティクルフィルタをデータ同化手法として用いる。

災害時の人流推定における課題

- ①災害時の人々の行動は平時と異なる
- ②過去の災害時のデータが少ない
- ③人流は急激に変化する可能性がある



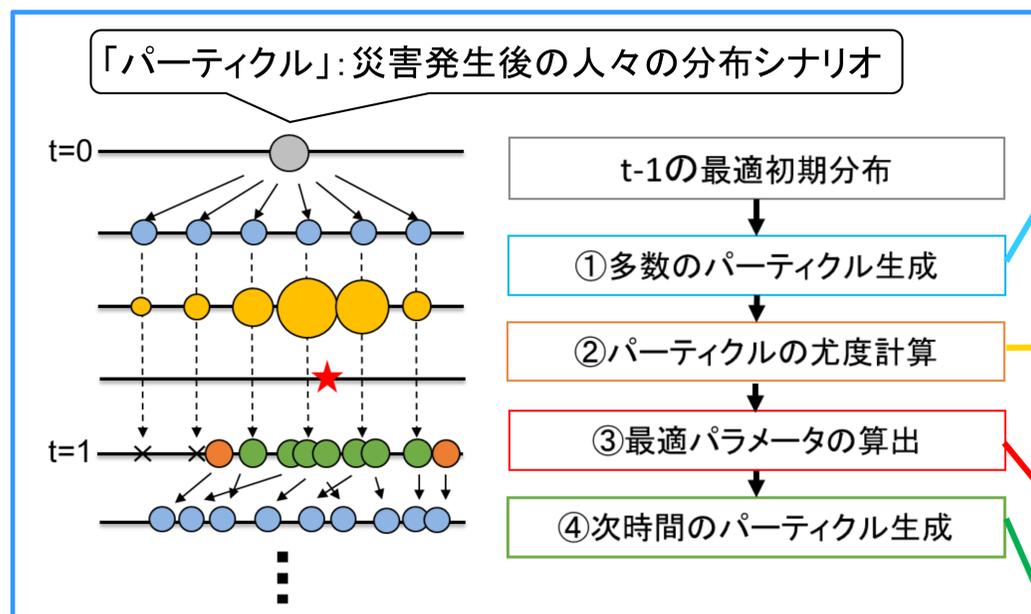
シミュレーションの結果



リアルタイムな観測データ

パーティクルフィルタによって同化し、災害発生から数時間先の人流を推定

推定手法



本手法では以下の①～④をデータが観測される度に繰り返し、最適パラメータを更新

各人の行き先・移動開始時刻を決定する災害行動モデルのパラメータ($P_1 \sim P_4$)を多様な値に変化させシミュレートすることで、多数のパーティクルを生成する。シミュレーションには、待ち行列モデルを組み込んだシミュレータを用い、渋滞状況などを再現しながら人々を動かす。

それぞれのパーティクルの結果を500mメッシュに集計し、観測データと比較し以下の式を用いて尤度を計算する。

$$L_i(M_i|M_D) = g(M_D); \quad M_i: \text{メッシュ}i\text{の推定人口},$$

$$g(x) = N(M_i, M_i * 14.47 * (M_i)^{-0.51}) \quad M_D: \text{メッシュ}i\text{の真値の人口}$$

最適パラメータは次の式により求める。

$$Para_{opt}(t) = \frac{\sum_i L_i Para_i(t)}{\sum_i L_i} \quad L_i: \text{パーティクル}i\text{の尤度}$$

$$Para_i(t): \text{パーティクル}i\text{のパラメータ}$$

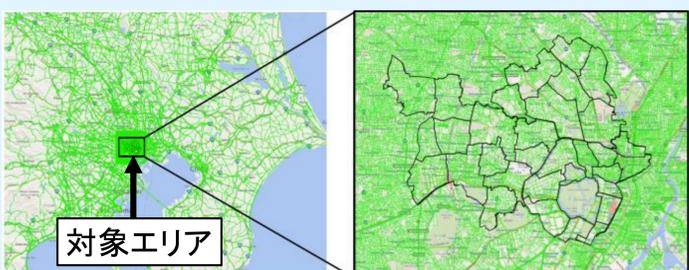
この最適パラメータを用いて数時間先まで推定を行う。

次時間のパーティクルは、尤度に応じてパーティクル数を分配する標準的なパーティクルフィルタの手法に加え、人流の急激な変化に備えて補助パーティクル(茶色)を設ける。

東日本大震災における都心の人流の推定結果

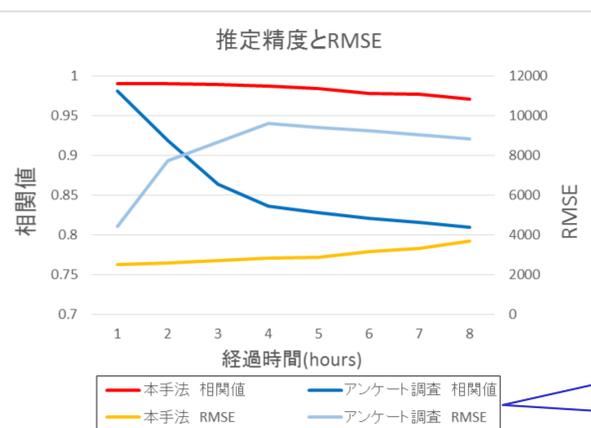
実験概要

対象エリア	新宿区・千代田区・文京区
人口	約250万人
パーティクル数	約120
推定時刻	14:47 ~ 22:47
観測データ	1時間ごとに取得と仮定



実験結果

推定人口分布の相関値とRMSE



真値と比較して

- 相関値が0.97程度
- RMSEには平均メッシュ人口の25%程度という高い精度で推定を行うことができた。

大佛(2008)で使われた帰宅確率を用いた場合 (青線・薄青線)