

統計的時系列モデルの学習による 道路交通異常事象の自動検知手法の構築

東北大学大学院 情報科学研究科 人間社会情報科学専攻
Infrastructure Planning Division, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
空間計画科学研究室 梅田祥吾
<http://www.plan.civil.tohoku.ac.jp/kuwahara/index.php>

1. 研究概要

地震や豪雨、豪雪等の自然災害を原因とした道路交通障害(道路損傷、冠水、スタック、立ち往生等)が多く発生している。こうした道路交通障害は住民からの通報、管理者のパトロールや固定センサーでの監視による発見がメインとなっているため、その発見が遅れることにより、国民の生活に大きな影響を及ぼすことがある。道路交通異常を自動で早期に予測・発見することが出来れば、適切な災害対応、道路管理に役立てることが出来る。

2. 道路交通異常事象の検出手法

道路交通異常発生 の定義と予測モデル

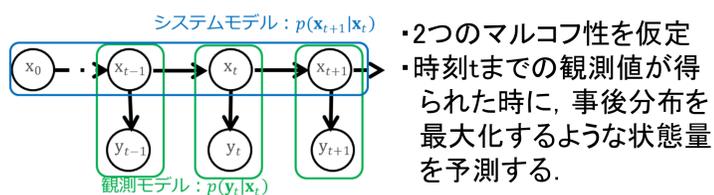
- モデルによる予測結果と観測値・状態量の乖離が大きい場合に異常が発生したと定義
- 予測モデルには、柔軟なモデリングが可能で説明力が高い(既存の知見を活かせる)状態空間モデルに着目。
- 状態空間モデルは2つの方程式を用いて、先の状況を逐次予測が可能なモデルである。

システムモデル: 求めたい状態量 x_t の時系列変化

$$x_t = f_t(x_{t-1}) + v_t, \quad v_t: \text{システムノイズ}$$

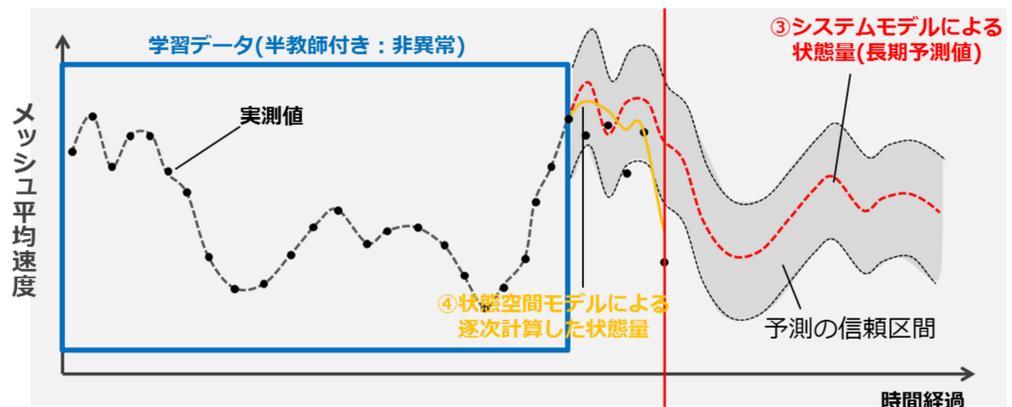
観測モデル: 観測値 y_t と状態量 x_t の関係

$$y_t = h_t(x_t) + w_t, \quad w_t: \text{観測ノイズ}$$



道路交通異常検出のフロー

- 分析エリア(1kmメッシュ単位)の時系列分析を実施(データ特性を把握)
- データ特性と既存の知見を考慮し、予測モデル(状態空間モデル)を構築
- 学習データを用いて構築した予測モデルのパラメータを推定
- パラメータ推定したシステムモデルのみで長期予測(状態量と信頼区間を算出)を実施
- カルマンフィルタにより逐次状態推定を実施
- ③と④の予測値の乖離により異常を検出(予測の信頼区間から外れた場合に異常を判定)

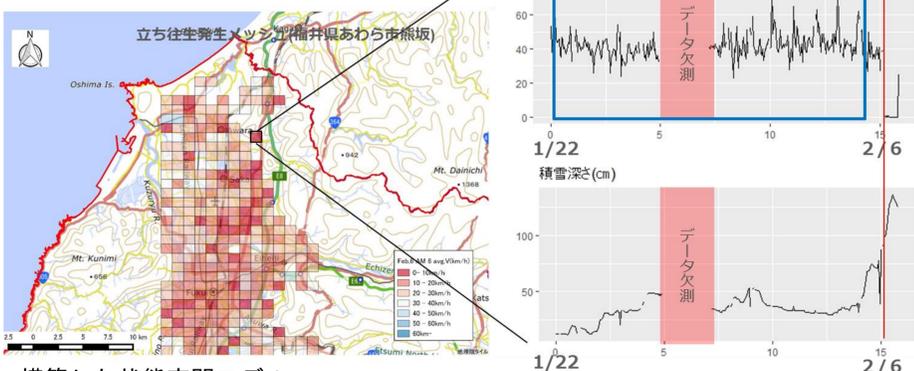


3. 提案手法の適用 —平成30年福井豪雪時—

福井豪雪時の交通状況分析とモデル構築

- 福井豪雪時に発生した平成30年2月6日～9日間の国道8号における1500台を超える立ち往生事象を対象に分析を実施した。
- 立ち往生が発生した区間を含む1km四方メッシュのプロープデータの平均速度の時間変動データを用いて、立ち往生発生区間の交通状況の分析を実施
- 交通状況分析結果から、データ特性を考慮した状態空間モデルを構築した。

立ち往生事象発生時(2/6 6:00)のメッシュ別平均速度



構築した状態空間モデル

システムモデル: 状態量 = 自己回帰項 + トレンド成分 + 周期成分 + 外生変数(積雪深効果) + システムノイズ

観測モデル: 観測値 = 状態量 + 観測ノイズ

$$\begin{aligned} \text{システムモデル: } & x_t = x_{t-1} + \delta_t + s_t + w_t, & w_t & \sim N(0, \sigma_w^2) \\ \text{観測モデル: } & y_t = x_t + v_t, & v_t & \sim N(0, \sigma_v^2) \\ & \delta_t = \delta_{t-1} + \xi_t, & \xi_t & \sim N(0, \sigma_\xi^2) \\ & s_t = -\sum_{l=1}^{23} s_{t-l} + u_t, & u_t & \sim N(0, \sigma_u^2) \end{aligned}$$

δ_t : 時刻 t のトレンド成分
 ξ_t : トレンドノイズ
 x_t : 時刻 t の状態量(メッシュ平均速度)
 w_t : 時刻 t のシステムノイズ
 y_t : 時刻 t の観測値(プローブメッシュ平均速度)
 s_t : 時刻 t の周期成分
 v_t : 時刻 t の観測ノイズ
 u_t : 時刻 t の周期成分ノイズ

提案手法の実データへの適用

- 提案手法を実データに適用することにより、豪雪災害時の立ち往生事象の発生を事前に自動で発見できることを確認した。

