

MACS SG12 外れ値で見る理学 Early-Warning Signal の理論と応用を目指して

MACS SG12 外れ値で見る理学
大江優希 (M1), 竹田航太 (D2), 松田凌 (D2)
参加教員: 宮路智行 (京大), 林邦好 (京都女子大)

2023 年 2 月 13 日

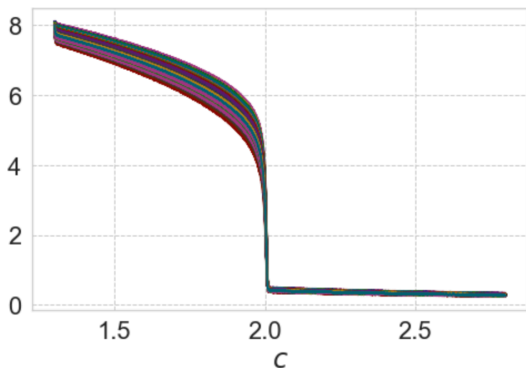
EWS の概要

パラメーターを持ち時間変化する系(力学系)が, パラメーターも時間に依存している状況を考える. パラメーターが時間に対して, ゆっくりと変化すると, 安定状態にあった系に急激な変化が起こり, **他の安定状態に遷移する現象 (Critical Transition, CT)** が観察される ([Mat2019]). このような現象を, 状態変数の特徴量から, 事前に検知する指標を **Early-Warning Signal (EWS)** という ([Sch2012]). 安定状態にある系の時系列データから, EWS を構成すると, CT に近づかない限り安定した振る舞いを行う. したがって, EWS が意味をなすのは, **変化点** とみなせるときであると考えられる. そこで, 我々は EWS が特徴的な振る舞いをしていることを判断するために, 統計的な変化点検出の手法や, 外れ値の手法が有用であると考えた.

CT の例

$$\frac{dx_j}{dt} = r_j x_j \left(1 - \frac{x_j}{K}\right) - \frac{cx_j^2}{x_j^2 + h^2} + D \sum_{j,k \in E} (x_k - x_j) \quad (*)$$

(ただし, $r_j = 1 - H\delta_j$ ($j = 1, \dots, N$), δ_j は $[0, 1]$ 内の一様乱数, 無向グラフ (V, E) を $V = \{1, \dots, N\}$, 定数 D とする.) [Mat2019]



活動と課題

活動 …

- EWS および関連事項に関する基本的文献の輪読 (隔週ペース)
- パーシステントホモロジーとリザーバーコンピューティングについて勉強し, 議論した (11/27, MACS セミナー)

課題 …

- ネットワーク上の力学系に対して, そのネットワーク構造に応じた適切な EWS の構成
- 時系列データからデータドリブンな EWS の構成と経済への応用
- 時系列データから適切に外れ値を取り除くための統計的アプローチの確立
- 交通流モデルである OV モデルに対する EWS の構成と, 渋滞発生の予測検知 (関西大学友枝明保氏との共同)

- [Ban1995] M. Bando, et al.. Dynamical Model of Traffic Congestion and Numerical Simulation., *Physical Review E* Volume **51.2** (1995): 1035-1042.
- [Sch2012] Scheffer, M., et al.. Early-warning signals for critical transitions. *Nature*, **461** (7260) , 53-59 (2009) .
- [Che2012] Luonan Chen, et al.. Detecting early-warning signals for sudden deterioration of complex diseases by dynamical network biomarkers. *Scientific Reports* , 2:342 (2012).
- [Mat2019] 松森唯益, 力学系における分岐現象の early-warning signals, 生産研究 **71**(2), 169–172, (2019).
- [NOI2016] 中川拓麻, 奥牧人, 合原一幸. 動的ネットワークマーカーによるシステムの転移の予兆検出. 生産研究. **68** (3), 271–274 (2016).