



Title: Predicting transitions in intermittent chaos using reservoir computing

(リザーバコンピューティングを用いた間欠性カオスの遷移予測)

Authors: Shoma Ohara, Kazutaka Kanno, Atsushi Uchida, Hiroaki Kurokawa

(小原 翔馬(東京工科大 助教)、菅野 円隆(埼玉大 准教授)、内田 淳史(埼玉大 教授)、
黒川 弘章(東京工科大 教授))

Journal: Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE 16, 4 (2025) 832

掲載年月: 2025 年 10 月

研究概要: 本研究は、半導体レーザに生じる間欠性カオスの状態遷移を、リザーバコンピューティングを用いて予測する方法を提案・評価した。遷移タイミングの正確な予測を目的とし、予測ステップ数に応じた精度低下を分析し、許容遅延ステップを導入することで性能向上を実証した。

研究背景: 間欠性カオスは突発的現象の一種であり、ラミナーと呼ばれる高速かつカオス的な振動から、バーストと呼ばれる突発的かつ不規則な逸脱が発生するダイナミクスである。間欠性カオスでは複数の局所アトラクタ間で予測困難な遷移が生じ、レーザ応用や異常検知などで重要な課題となっている。従来手法は非線形性や突発的変化ゆえに遷移予測が困難であった。本研究は、時系列予測との相性が良いリザーバコンピューティングを用いて、間欠性カオスの遷移予測を行う。

研究成果: リザーバコンピューティングを用いて遷移予測を行った結果、1 ステップ予測では遷移タイミングを高精度で再現でき、予測ステップを増やすと遅延や失敗が生じることを明らかにした。また、遷移タイミングのわずかなずれを許容する「許容遅延ステップ」を導入し、中期的な予測精度が大幅に改善されることを示した。さらにノイズや入力次元の影響も評価した。

社会への影響: 本成果は、レーザ動作や光通信の安定化に寄与するだけでなく、異常検知、臨界現象予測、複雑系のリスク管理など幅広い分野に応用可能である。突発的な状態変化を事前に予測する技術基盤として、今後の予兆検知システムの高度化に貢献する。

専門用語:

リザーバコンピューティング: 近年注目されている新たな機械学習手法。リカレントニューラルネットワークから派生した概念であり、入力層とリザーバ層の重みはランダムに固定され、出力層の重みだけが学習されることにより、計算量を低減し、高速な学習が可能な手法。