



Title	Modeling Short Sample Trajectories and Applications to Streaming Time Series Analysis
Author(s)	藤原, 廉
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105501
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (藤原 廉)	
論文題名	Modeling Short Sample Trajectories and Applications to Streaming Time Series Analysis (短いサンプル軌跡のモデリングとストリーミング時系列解析への応用)
論文内容の要旨 Many modern time series applications operate in streaming, non-stationary environments, where data arrive as a sequence of short segments rather than as a single long stationary series. Each segment is generated under a local configuration of an underlying data-generating mechanism that can change over time, so fitting and repeatedly updating one global model is computationally expensive and difficult to interpret. This thesis instead represents such data using Short Sample Trajectories (SSTs): short, temporally dependent sequences generated under fixed local models, whose lengths may vary but are chosen to be just sufficient for reliable inference within a parameterized data-generating process. Part I develops methods for modeling and reasoning with these trajectories. The first study proposes a latent non-linear dynamical model that exploits temporal dependence within a single short trajectory to disentangle underlying dynamics from measurement noise and to obtain interpretable latent states. The second study introduces a model-agnostic, data-driven procedure that determines, using only data collected after a suspected change in conditions, when a segment has become long enough to justify training or updating a model, thereby formalizing a data-sufficiency criterion for streaming settings. Part II applies this viewpoint to controlled streaming time series. The first application presents a real-time forecasting method that learns local models and their transitions from short windows, and uses them to track changes in operating conditions. The second application proposes an online mixture model for time-delay systems that maintains a fixed-size summary of past trajectories, enabling accurate forecasting and delay tracking without unbounded growth in the number of models. Overall, the thesis shows that treating streaming time series as collections of Short Sample Trajectories leads to accurate, adaptive, and computationally efficient methods for non-stationary data.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (藤 原 廉)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	櫻井 保志
	副 査	教授	河原 吉伸
	副 査	准教授	早志 英朗
	副 査	教授	松原 靖子 (大阪大学産業科学研究所)

論文審査の結果の要旨

近年のデータストリームでは、非定常な運用条件の下でデータが継続的に到着し、十分に長い定常系列を仮定しにくい。このとき観測は「短い区間（短い窓）」として現れ、モデル更新のタイミングや短区間からの安定推定が主要課題となる。本論文は、これを Short Sample Trajectories (SSTs) という抽象化で統一的に捉え、短い軌道に適したモデリング・適応・予測アルゴリズムを提案・検証した。本論文では、実験評価を通じて以下の成果を得ている。

[Short Sample Trajectories による定式化]
SST を、パラメータ化された生成過程から得られる短い時系列軌道として定義し、同一を共有する多数の短軌道を「束」として扱う枠組みを提示した。

[短軌道の潜在非線形力学モデリング (LaNoLem)]
短い・雑音を含む軌道において、非線形なダイナミクス変化と観測ノイズの分離は本質的に困難である。本研究では、潜在状態を導入し、その時間発展をスパースな非線形力学系として表現することで、時間依存性を活用した頑健な推定と予測を可能にする潜在非線形力学モデルを提案した。さらに、軌道長の制約下で過学習を抑制しつつ推定精度を確保するための複雑度制御も組み込み、短軌道に適した推定枠組みを提示した。

[概念ドリフト後の再学習データ量推定 (CALIPER)]
ストリーミング環境では、ドリフト検知後に「どれだけデータが溜まれば再学習してよいか」というデータ十分性の判断が、性能回復の速さと推定の安定性の間のトレードオフとして現れる。本研究では、下流モデルの内部情報に依存せず、観測データのみから再学習に十分なドリフト後データ長を推定する手法 CALIPER を提案した。CALIPER は、状態依存性に基づく局所回帰と単調性テスト等により、最小十分窓を逐次的に判定し、ドリフト検知とデータ十分性判断のギャップを埋めることを示した。

[制御応答系列への応用 (C-Cast / DelayMix)]
外生入力に伴う制御応答系列に対し、運用条件の変化に適応しながらリアルタイム予測を可能にする枠組み (C-Cast) を示した。 さらに、遅れ構造が未知かつ時間変化する環境に対して、履歴を保存せずに遅れとダイナミクスの変化へ適応するオンライン同定枠組み (DelayMix) を提案し、非定常なストリーミング環境での有効性を示した。

以上より、本論文は、短い時系列区間が連なるストリーミング環境を SST の視点で統一し、短軌道のモデリング・再学習判断・制御応答予測を一貫して高精度かつ実用的に実現する方法論を提示したものであり、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。