

研究開発項目

3. 気象情報の潜在空間表現

2023 年度までの進捗状況

1. 概要

本研究開発プロジェクトでは、海上豪雨を生成することにより、陸上における集中豪雨被害を避けることを目標としています。そのために、気象の運命を、避けるべき陸上での豪雨に向かうシナリオから、海上豪雨の発生により大気中の水蒸気

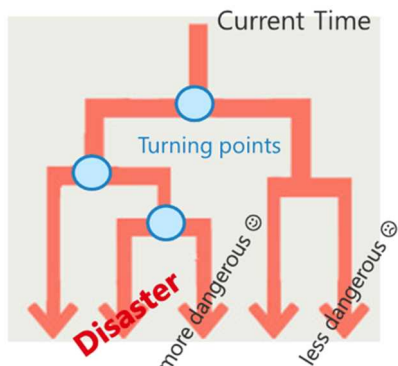


図1: 気象場の発展の潜在表現のイメージ

量が減少し、豪雨被害がなくなるというシナリオにうまく誘導する必要があります。ところが、例えば各地点での気温、湿度、風向きといった気象データを網羅的に記述すると、超高次元のデータとなり、予測や制御を行うための取り扱いが難しいものとなることが考えられます。一方で、例えばもし、似たような気象場の状態から進化した先の気象場が、いくつかの典型的なパターンに分かれて行き、そのうちの1つのパターンが避けたいシナリオ、というようなことがあるならば、そのような抽象化された気象場の運命をうまく記述することで、制御の効率化が期待できます。そこで本研究項目3においては、そのような、運命の分かれ道に関して重要かつ有効となる、本質的な低次元の自由度を抜き出す、ということを目指として設定し、研究を進めています。この本質的な自由度のことを、潜在空間表現、と呼んでいます。項目3は、気象制御に資する可能性のある潜在空間表現を獲得する手法として、大きく、レザバー計算、クーブマンモード分解、ランドスケープ解析の3つのアプローチを用いて検討を進めています。

2. これまでの主な成果

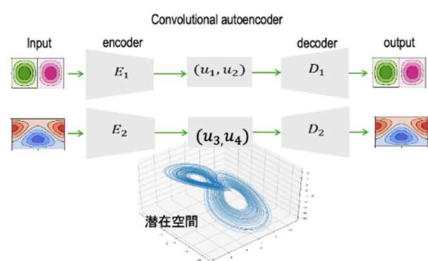


図2: 深層学習とレザバーを用いた潜在空間の時間発展の学習

レザバー計算を用いたアプローチでは、深層学習によるデータの低次元化技術とレザバー計算による非線形時系列予測手法の調査を行いました。特に、線状降水帯の発生予測において、深層学習を用いた気象場の低次元化技術を検討しました。Autoencoder や Convolutional Network などを調査し、気象制御に資する技術開発のために重要な文献を複数リストアップしました。これらを踏まえた2024年度における検討で、レザバー計算の枠組みで非線形対流現象の予測技術を調査し、初期的な結果を得ることにつながっています(図2)。クーブマンモード分解を用いたアプローチでは、クーブマンモード分解や動的モード分解を用いた気象情報の低次元化技術を調査しました。さらには、気象データへの適用可

<p>Original method</p> <ul style="list-style-type: none"> Schmid (2009) SVD and POD-based Initially applied to fluid data 	<p>Arnoldi-type method</p> <ul style="list-style-type: none"> Rowley et al. (2009) Companion matrix-based Initially applied to fluid data
<p>Exact method</p> <ul style="list-style-type: none"> Tu et al. (2013) SVD-based Widely used in literature 	<p>Prony method</p> <ul style="list-style-type: none"> Susuki & Mezić (2016) Hankel matrix-based Delay embedding utilized
<p>Kernel-based method</p> <ul style="list-style-type: none"> Williams et al. (2014); Kawahara (2016) Gaussian kernel normally used Applied to SST data in Navarra et al (2021) 	<p>Sparsity-based method</p> <ul style="list-style-type: none"> Jovanovic et al. (2014) L1 norm-based penalization Initially applied to fluid data

図3: クーブマンモード分解の技術

性を評価しました。周期的データに対しては Prony method、準周期的データには Original や Exact methods が有効であることを確認し、気象データへの適用に有効な技法をリストアップしまし

た(図3)。ランドスケープ解析を用いたアプローチにおいては、グラフ・ホッジ分解を用いて、気象場の時間発展をポテンシャル流れと回転流れに分解し、ポテンシャル流れから気象場の潜在的な流れを表すランドスケープを可視化しました。台風進路のアンサンブル気象予測データにランドスケープ解析を適用することで、台風の本質的な軌道とその終着点のシナリオを分ける分水嶺を抽出することに成功しました(図4)。

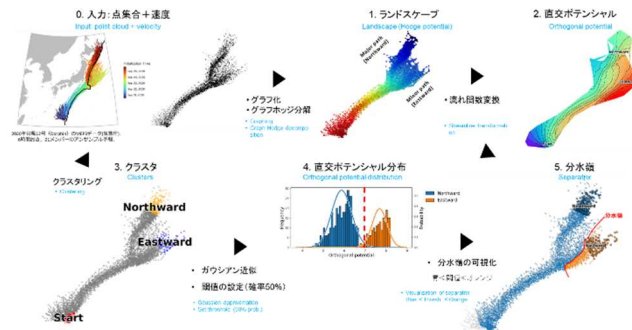


図4: 気象場のランドスケープと抽出された分水嶺

3. 今後の展開

次年度からは、初年度の調査によって得られた知見を用いることで、気象現象の潜在空間表現の獲得を行う手法のより具体的な定式化や、現実の気象データを含むより複雑なデータへの適用を進め、手法の有効性を検証する予定です。