

기후 분과 [P-019]

Neural ODEs를 이용한 해수면 온도 계절 예측

이종한¹, 문우석¹, 함유근²

¹부경대학교 지구시스템과학부 환경대기과학전공

²서울대학교 환경계획학과

기존의 계절 예보 연구는 역학 기반 모델을 중심으로 발전해 왔으나, 대기-해양 시스템의 혼돈적 특성으로 인해 예측력은 리드타임이 길어질수록 급격히 저하되는 한계를 지닌다. 최근 인공지능(AI)의 발달은 이러한 한계를 보완할 새로운 가능성을 제시하고 있다. 본 연구에서는 해수면 온도를 대상으로 EOF(Empirical Orthogonal Function) 분석을 통해 공간 모드와 주성분 시계열(PCs)로 분해한 뒤, 각 PC를 단순 Neural Ordinary Differential Equations(Neural ODEs) 모델로 예측하여 이를 EOF 모드와 재구성하는 방식으로 계절 예측의 새로운 프레임 워크를 제안한다. 비교 실험 결과, 제안된 Neural ODEs 모델은 전통적인 RNN 기반 모델 GRU보다 안정적인 학습 및 장기 예측성을 보였으며, 역학 기반 다중모델 앙상블(NMME)과 유사한 수준의 정확도를 달성하였다. 특히 Niño 3.4 영역에서는 11개월 리드타임까지도 ACC(Anomaly Correlation Coefficients)가 0.5 이상의 값을 유지하여 장기 예측 가능성을 확인하였다. 이러한 장기 예측성을 증명하기 위한 주성분 시계열 데이터 내의 예측 가능성 및 예측 가능한 시간 척도를 분석하였다. MF-DFA(Multifractal Detrended Fluctuation Analysis)를 통해 각 PC의 메모리 특성을 진단한 결과, PC1은 pink noise 특성을 나타내며 예측 가능 시간 척도가 높았던 반면, 고차 모드들은 white noise에 가까운 무작위성을 보여 본질적인 한계가 나타났다. 이러한 결과들은 단순 Neural ODEs 모델로 장기 계절 예측에서 역학 모델에 비해 준수한 성능을 보였으며, 계절 예측에서 예측 가능성이 모드별 memory에 의존함을 시사한다.

Keywords: 계절 예측, 해수면 온도 예측, Neural ODEs, MF-DFA, Memory Characteristics