

기후 분과 [P-147]

지표 강제력이 유발하는 원격 대기 반응: 시스템 식별 방법을 이용한 연구

남지윤, 윤진호

광주과학기술원 환경·에너지공학과

지면-대기 상호작용은 가뭄, 폭염 및 계절 예측성에 핵심적이지만, 기존 방법론들은 제각각 한계를 지닌다. 현실적 지면 조건 초기화 실험(GLACE2 등)은 과도 신호가 내부 변동성에 묻히기 쉽고, 이상화된 극한 강제 실험은 강한 지속 강제력으로 모델 평균장을 변화시킬 수도 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 총합이 0인 강제력과 개선된 응답 분석 기법을 결합한 시스템 식별 방법으로 기후 평균 상태를 보존하면서도 미세한 지표 강제력의 대기 원격 영향을 추적하는 새로운 접근법을 제시한다. 대기대순환모형을 사용하여 동아시아 내륙 지역 지표온도에 합이 0인 구형파 인공 신호를 주입하고, 이동 회귀분석으로 신호의 시공간 전파를 추적하였다. 이 방법은 기존의 실험과 달리 작고 중립적인 강제력으로 시스템 교란을 최소화하면서 대기 응답을 명확히 탐지한다.

동아시아 내륙의 지표 강제력은 상층 제트류를 따라 약 6-7일 내에 북미까지 전파되었다. 온도 응답은 중층 대류권에서, 지위고도 응답은 200 hPa 고도에서 최대를 보여, 국지 비단열 가열과 상층 순환 조정이 뚜렷이 분리되어 나타났다. 특히 본 방법은 이상화된 극한 강제 실험과 달리 기후 평균장을 거의 교란하지 않아 순수한 파동 전파 메커니즘 진단에 유리하였다. 다만 내부 변동성이 강제 신호를 압도하는 시점으로 인해 안정적 추적은 10일 전후로 제한된다.

본 연구의 비침습적 접근법은 지표면과 상층 흐름 상호작용을 이해하는 새로운 도구를 제공한다. 이는 기후모델 평가와 계절 예측 향상에 기여할 수 있으며, 특히 동아시아 지표면 이상이 한반도를 포함한 중위도 순환에 미치는 영향 진단에 유용하다. 나아가 이 프레임워크는 지표, 해양, 대기의 다양한 지역적 변화의 원격 영향 진단으로 확장 가능하며, NeuralGCM과 같은 시 기반 기후 모델의 원격 상관 재현 능력을 평가하는 도구로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 지면-대기 상호작용, 시스템 식별(System Identification), 원격상관, 모델평가