

지역기후모의를 위한 GCM 특성 분석

○오재호, 김태훈, 강정훈

1. 서론

GCM은 대기의 3차원 운동을 유체역학적·열역학적으로 계산한다. 여기에 강수를 일으키는 수증기의 응결과정, 적운대류, 구름과 복사 등 대기물리과정의 효과 및 히말라야·록키산맥 등의 대규모 산악의 영향을 포함한다. 또한 지표면 및 해양에서의 현열·잠열수송, 설빙, 식생분포에 의한 알베도 차이 등도 포함하고 있다. GCM의 개발은 미국, 영국을 비롯해서 세계 각국에서 활발하게 진행되고 있지만, GCM의 결과와 현실 사이에는 다소 차이가 있다. 모형의 오차에는 강수과정이나 구름의 영향 등 현재의 지식으로는 충분하지 못하거나 제한적인 컴퓨터 자원으로 말미암아 정확성이 떨어지는 매개변수화를 채택하지 않을 수 없는 실정이다. 사실, 각각의 구름을 제대로 표현할 수 있는 GCM을 만들기 위해서는 현재보다 몇 만배 이상의 컴퓨터 용량이 필요하다. 또한 각각의 GCM이 채택하고 있는 여러 가지 아격자 물리과정에 따라 GCM의 결과는 다양하게 나타난다.

현재 대기 모델은 일반적으로 기온, 기압, 순환들의 대규모 분포의 계절적 진행의 위상과 진폭을 현실적으로 모사하고 있다고 평가하고 있다. 그러나 구름과 구름의 계절적 변동의 모의는 대기 모델에서 불확실성의 주된 원인으로 지적하였다. 접합모델에 대한 전반적인 평가는 현재 기후모델들의 기술단계로 관측된 대규모(반구규모 혹은 대륙규모) 기후의 여러 양상을 비교적 정확하게 모의할 수 있지만 지역규모 모의에서는 정확성이 떨어진다고 평가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 세계적으로 활용중인 기후모델의 현재와 과거의 기후를 모의하는 능력을 평가하고자 한다.

2. 자료 및 연구방법

모델들을 평가하기 위해 미국 국립환경예측센터(NCEP) (Kalnay et al., 1996)와 유럽의 중기예보센터(ECMWF) (Gibson et al., 1997)의 재분석 자료를 사용하였다. 재분석 자료는 전지구 격자 특성과 고해상도의 시간간격 때문에 재분석 자료의 정확도에 의심할 여지없이 매우 유용한 자료로 사용된다.

기후모델은 매우 복잡하기 때문에 실용성을 고려하여 모델의 복잡함과 계산 수치를 줄이는 단순화가 필요하며, 단순화 정도에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

부경대학교
환경대기학과

· 3차원 기후모델들

가장 복잡한 기후모델으로는 대기-해양 접합 대순환 모델(여기서는 줄여서 AOGCM)을 꼽을 수 있는데, 이 AOGCM은 3차원적 대기 대순환모델(AGCMs), 해양 대순환 모델(OGCMs), 해빙 모델, 지표과정 모델을 모두 접합하여 포함하고 있다.

· 간단한 기후모델들

단순한 모델들은 다양한 매개변수들 가운데 어느 특별한 과정에 대한 기후의 잠재 민감도를 실험할 수 있게 한다.

· 중간 정도의 복잡성을 가진 지구 시스템 모델들

최근 괄목할 만한 발전이 있었던 EMIC(Earth System Models with Intermediate Complexity)는 포괄적인 3차원 모델과 간단한 모델 사이의 차이를 연결하도록 설계되었다. 복잡한 모델의 대부분 물리과정을 함축적으로 내포하고 있다.

접합모델 평가에 있어서 두 갈래의 접근으로 평가를 시도하였다. 전통적인 방법으로, 모델들이 지표기온에 대한 계절 평균기후(즉, 여러 해에 걸쳐 모의된 계절의 평균)를 얼마나 잘 모의하는가를 조사하였으며, 또한 여러 영역의 시간 스케일에 걸쳐 모의된 기후 변동성과 함께 특정 현상에서 나타나는 변동성의 양상도 조사하였다.

3. 분석결과

3.1. 지표기온 비교

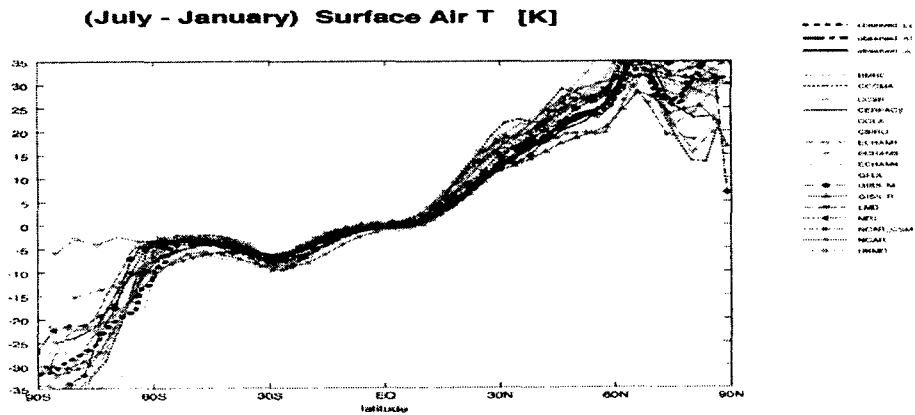


Fig 1. Climatological mean zonal (July - January) surface air temp.

그림 1은 각GCM의 7월과 1월의 surface air temperature의 차를 zonal mean 하여 나타낸 것이다. 대부분의 GCM이 관측과 유사하게 나타나고 있으나 60N, 60S이상의 지역에서는 조금씩 높거나 낮게 나타나 관측값과 차이가 나타난다. 특히 UKMO haddley centre의 GCM은 60S 이하지역에서 관측이나 다른 GCM보다 상당히 낮은 값을 가지는 반면 MPI의 ECHAM은 높은 값을 가진다. 한반도가 속해있는 30N에서 60N 사이를 살펴보면 GCM 마다 다소 차이가 보이며 대부분의 GCM이 관측보다 높게 나타나나, GISS, UKMO 등은 낮게 나타난다.

그림2는 1월과 7월의 surface air temperature이다. 대부분이 관측과 유사하게 나타나나, 극지

방으로 갈수록 각 모형의 차이가 보인다. ECHAM은 1월에 극지방에서 낮게 나타나고, NCAR는 7월에 전체적으로 높게 나타난다. GFDL은 ECHAM처럼 1월에 극지방에서 낮게 나타나고, CCM은 1월에 북극은 낮게 남극은 높게 나타나고, UKMO는 1월이 전체적으로 낮게 나타난다.

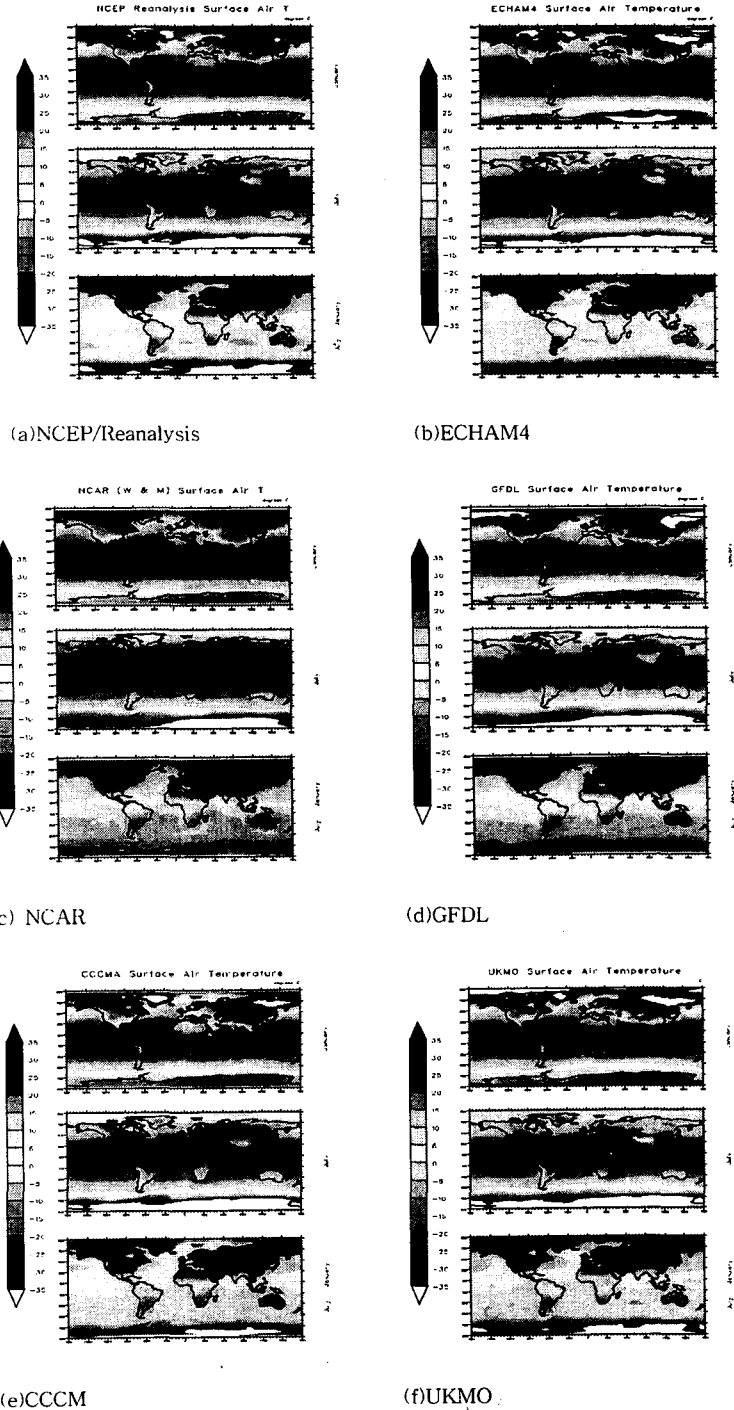


Fig. 2 GCMs' Surface air temperature(degrees C). Upper panel is January, middle is July and lower is difference between July and January.

3.2 특이현상

기후모델에 의한 특이 온도, 특이 강우의 모의실험에서 통계 값에 대한 6개의 AGCMs사이의 상호비교는 전지구 규모 변동성의 관점에서 모델들 사이에 합리적인 수준으로 합의한 반면 특이 강우는 재생성하기 어렵고, 특히 폭우의 강도와 형태에 대해서는 국부적인 규모에 의해서 강하게 영향을 받는다.

온대성 폭풍의 발생과 진로 분석에서 ECHAM3 모델은 겨울동안에 30°N 북쪽의 폭풍 수를 모의할 수 있었으며, 북태평양과 대서양, 중위도 폭풍 진로는 CCC GCM2에 의해서 잘 모의되었다. 9개의 AGCMs 상호비교에서는 고해상도 모델이 폭풍 진로를 더 잘 재현하는 것을 보였다. 또한 ECHAM3/LSG 모델에서 폭풍 발생 수, 위치 그리고 밀도가 관측과 잘 일치됨을 보였다.

100 km 격자 간격의 JMA 대기 모델을 이용한 열대 저기압 모의실험에서 모의 실험된 열대 저기압이 관측된 것보다 규모에 있어서 더 약하고 덜 크다할지라도, 이 모델은 관측된 열대 저기압의 일부 구조를 재생한다.

4. 결론

본 연구에서는 실용성을 위해 단순화 정도에 따라 모델을 분류하였으며, 지표기온에 대한 계절 평균기후 모의를 조사하고 특이 현상에서 나타나는 변동성도 조사하였다.

모델들이 여러 가지 면에서 서로 다르고 (관측된 값도 마찬가지지만), 모델을 활용한 모의에서 여러 장·단점을 종합적으로 검토할 때 어느 특정 모델이 객관적으로 기후예측을 위한 전 영역에서 최고의 모델이라고 단정하는 것을 불가능하다. 설령, 어떤 모델이 현재기후 예측에서 좋은 결과를 보였어도, 섭동에 대한 문제가 확실히 해결되었다고 확신할 수 없다. 따라서 특정 모델 결과를 활용하는 것보다는 일련의 모델들을 활용하는 것이 타당하다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 수자원의 지속적 확보개발사업단의 연구비 지원(1-3-1)에 의해 수행되었다.

참고문헌

K.R. Sperber, C. Brankovic, M. Deque, C. S. Frederiksen, R. Graham, A. Kitoh, C. Kobayashi, T. Palmer, K. Puri, W. Tennant, and E. Volodin, 2000: Dynamical seasonal predictability of the asian summer monsoon., PCMDI Report NO. 56.

James S. Boyle, 2000: Comparison of atmospheric water vapor in observational and model data sets., PCMDI Report NO. 54.

Yi Zhang, K.R.Sperber, J.S.Boyle, M.R.Dix, L.Ferranti, A.Kitoh, K.M.Lau, K.Miyakoda, D.Randall, L.Takacs and R.Wetherald, 1997: GCM simulated east asian winter monsoon: Results from eight AMIP models., PCMDI Report NO. 39.

기상청: 기후변화 2001. 기상청, 서울, 991pp