

KIM 모델의 계산 시간에 대한 해상도와 고차 기저함수의 영향 분석

이수현, 최석진

국립강릉원주대학교 대기환경과학과

KIM 모델은 분광 요소법을 이용하면서 Gauss-Lobatto-Legendre(GLL) 포인트를 사용하여 수치 적분을 효율적으로 계산한다. 적분 포인트의 수가 증가하면 기저 함수의 차수도 증가하게 된다(이하 고차 기저함수). 고차 기저함수를 적용하면 함수 내삽 정확도 개선으로 인해 정확도는 향상되지만 요소 내의 계산량 증가로 인한 계산 시간 증가도 수반된다. 하지만 증가된 계산 시간보다 성능 향상폭이 크다면 고차 기저함수를 적용한 모델을 사용하는 것에 대한 당위성을 입증할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 Jablonowski-Williamson Baroclinic Instability test(이하 JWBI)와 Initial state test(이하 JWIS)를 3가지 해상도($1^\circ \times 1^\circ$, $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, $0.25^\circ \times 0.25^\circ$)와 2가지 기저함수 차수(np3, np4)에서 30일 시뮬레이션을 통해 비교분석을 진행하였다. 계산 시간의 경우 시뮬레이션 환경에 따라 다르기 때문에 절대적인 수치비교보다는 비율을 사용하였다. 같은 해상도에 np3에서 np4가 되면서 JWBI의 경우 3가지 해상도에서 평균 14.3%, JWIS에서는 평균 8.3%의 계산 시간 증가가 나타났다. $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 해상도의 JWIS 결과를 사용하여 L2 Error Norm을 통해 성능 향상폭을 측정한 결과 시뮬레이션 기간 중 가장 오차가 커지는 30일차에서 지표 기압의 error norm은 14.66hPa에서 5.64hPa로 약 260%의 개선으로 고해상도 효과로 인한 개선보다는 기저함수 차수 증가에 기인한 성능 향상폭이 훨씬 크게 나타났다. Fourier transform을 사용하여 지표 기압장 분석을 진행한 결과 파수가 큰(파장이 짧은) small scale noise가 np3에서는 나타났지만 np4의 경우는 나타나지 않았기 때문에 small scale noise를 확실히 제거했다는 것을 확인했다. 위의 분석한 결과들을 통해 고차 기저함수를 적용한 모델 사용의 당위성을 입증할 수 있다. 추가로 계산 시간 측정 과정에서 KIM 내장 모듈(profiler)을 사용하여 JWIS 결과를 서버루틴 별로 세부적으로 측정하여 부하가 많이 걸리는 부분에 대한 분석을 진행했다. 기저함수 차수는 고정한 채 해상도를 높였을 때는 small_step_finish가 30배, calc_cq는 약 25배, small_step_prep은 20배로 비정상적으로 많은 부하가 생기는 부분들이 확인되었다. 이는 기저함수 차수와는 관계없이 같은 결과가 나타났다. 해상도를 고정하고 기저함수 차수를 높였을 때는 평균 7.19%의 부하가 발생했으며 tsxplct_dfsn 항목에서만 평균 29.2%의 부하를 보였다. profiler 분석 결과에 따라 부하가 많이 걸리는 서버루틴에 대한 상세한 분석과 개선이 필요해 보인다.

Key words: KIM, 고차 기저함수, 고해상도 효과, small scale noise, GLL 포인트

※ 본 연구는 기상청 출연사업인 (재)차세대수치예보모델개발사업단의 가변격자체계 기반 통합형수치예보모델 개발(KMA2020-02212)의 지원과 기상청공동활용시스템을 사용하여 수행되었습니다.