

바람장을 이용한 단시간 강우 예보모형 개선

Improvement of the Short-Range Rainfall Forecasting Model using Wind Fields

김광섭*, 한건연**, 김종필***

Gwangseob Kim, Kun Yeun Han, Jong Pil Kim

요 지

연속된 두 장의 레이더 반사도(합성 CAPPI)를 이용하여 설정된 두 윈도우 사이의 최대 상관계수를 찾아냄으로써 강수의 움직임을 파악하는 기존의 TREC(Tracking Radar Echoes by Correlation) 기법은 단지 통계적인 상관법을 이용하여 산출된 TREC 벡터를 외삽하기 때문에 강우 시스템의 이동양상을 물리적으로 표현하는데 한계를 가질 뿐만 아니라 강수가 직선운동을 하는 것처럼 묘사될 수밖에 없는 기법의 한계성을 지니고 있다. 본 연구에서는 도플러 레이더로부터 생산되는 시선속도를 이용하여 바람장을 산출하고 이를 TREC 벡터와 연계시켜 단시간 예보모형을 개선하고자 하였다. 시선속도는 레이더로부터 멀어지거나 다가오는 물체의 속도성분이며, 이를 이용하여 강수 영역 내의 바람장을 산출할 수 있다. 이러한 바람장 정보와 연계한 TREC 벡터의 개선은 단시간 강우 예보모형의 개선을 통하여 짧은 시간에 급격한 발달하는 집중호우 등에 대한 보다 정확한 예보를 가능하게 한다.

핵심용어 : TREC, 레이더, 바람장, 단시간 예보

1. 서 론

우리나라는 대부분의 강수가 여름철에 집중되어 있고, 단시간에 강수의 변화가 크다. 또한, 강수일수는 감소하나, 80mm/hr이상의 호우일수는 증가하고 있는 추세이기 때문에 단시간 강우예측기법의 개발이 불가피한 실정이다. 현재 MAPLE(McGill Univ.), VSRF(JMA), SWIRLS(HKO) 등 해외 여러 기관에서는 기상 레이더 에코의 상관법을 이용한 단시간 예보 시스템을 운영하고 있으며, 0~6시간 이내에서는 수치예보모델(NWP; Numerical Weather Prediction)보다 훨씬 나은 예측성을 보여주었다. TREC(Tracking Radar Echoes by Correlation) 기법은 연속된 두 레이더 반사도 자료의 최대 상관계수를 찾아냄으로써 TREC 벡터를 산출해내는 기법이다. 본 연구에서는 반사도 자료뿐만 아니라 도플러 레이더로의 시선속도로 산출한 바람장 자료를 이용함으로써, 보다 정확한 실제에 가까운 단시간 강우예보 모형을 개발하고자 하였다.

2. 방법 및 적용

2.1 레이더 시선속도 및 바람장

도플러 시선속도는 레이더로부터 멀어지거나 다가오는 물체의 속도성분으로서, 도플러 레이더로 관측할 수 있다. 여기서 레이더로부터 관측된 시선속도는 그 물체의 실제 이동속도가 아니라는 점에 주의하여야 한

* 정회원-경북대학교 토목공학과 조교수E-mail : kimgs@knu.ac.kr

** 정회원-경북대학교 토목공학과 교수E-mail : kshanj@knu.ac.kr

*** 경북대학교 토목공학과 석사과정E-mail : gangster3569@hotmail.com

다. 레이더에서는 물체가 정확히 시선방향으로 이동하지 않는 경우에 대해서는 그 물체의 이동속도를 과소평가하게 되어 있으며, 레이더의 시선방향과 직각으로 물체가 이동할 경우에는 마치 물체가 정지한 것으로 평가하게 된다. 시선속도(V_r ; radial velocity)는 DZ(uncorrected reflectivity), CZ(corrected reflectivity), SW(spectrum width) 등과 함께 UF(universal format)의 형식으로 생산되며, 생산된 시선속도 자료로부터 바람장을 산출할 수 있다. 강수영역 내의 바람장에 대한 정보는 단시간 내의 강수의 발달과 쇠퇴를 예측하는데 필요한 정보로 단시간에 급격히 성장하여 좁은 영역에 집중적으로 큰 피해를 입히는 기상재해에 대한 신속한 예보에 용이하다(박균명 외, 2005).

레이더로부터 생산된 시선속도는 크기성분과 방향성분만을 가진다. 레이더로부터 멀어질 때는 양(+)의 값을, 가까워질 때는 음(-)의 값을 가진다. 이러한 정보는 모두 UF 형태로서 구면좌표계(spherical coordinates)로 생산되며, 본 연구에서는 이것을 보간법을 이용하여 데카르트 좌표계(Cartesian coordinates)로 변환하여 CAPPI 이미지를 산출하였다(Mohr and Vaughan, 1979).

2.2 TREC 기법

TREC 기법은 기상 레이더를 이용한 레이더 에코의 추적을 위해서 개발되었으며, 처음에 전체 폭풍의 움직임을 결정하는데 사용되었다. (Hilst and Russo, 1960). 그 후 더 높은 해상도의 레이더 자료를 이용함으로써, 이 기법은 폭풍 내부 셀(cell)의 개개의 TREC 벡터를 구할 수 있게 되었다. (Rinehart and Garvey, 1978; Tuttle and Foote, 1990). Tuttle와 Gall(1995)은 태풍 Andrew와 Hugo에 대해서 WSR-57 기상 레이더의 반사도 자료를 이용하여 이 기법을 적용시켰으며, 이는 비행기를 이용한 측정 자료와 상당히 일치함을 보였다. 상관법을 이용한 방법은 하나의 레이더로부터 서로 다른 두 시각에서 관측된 자료만 있으면 된다는 장점이 있다. 비록 이 기법을 통해서 구해진 이동장이 수평방향의 2차원이고 대류성 구름체계에서 발생하는 수직 활동을 포함하진 않지만, 단시간의 강수이동을 예측하기에는 충분하다. 일단 TREC 벡터가 구해지면, 몇 장의 벡터장의 외삽을 통해서 예측장을 구할 수 있다. 먼저, 시간 T_1 에서의 CAPPI를 여러 개의 같은 크기 window나 2차원 픽셀 배열로 나눈다. 이 반사도 값의 배열과 그 다음 시간($T_2=T_1+\Delta T$)에서의 배열과의 상호상관계수를 구한다. 상관계수 R은 다음과 같은 식으로부터 구할 수 있다.

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n Z_1(i) Z_2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_1(i) \right) \left(\sum_{i=1}^n Z_2(i) \right)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Z_1^2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_1(i) \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Z_2^2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_2(i) \right)^2}} \quad (1)$$

여기서, Z_1 과 Z_2 는 각각 시간 T_1 과 T_2 에서의 반사도의 픽셀 배열이다. n은 window 내의 자료 개수이다.

가장 높은 상관계수를 구하기 위해서 가능한 모든 배열에 대해서 계산이 반복된다. 이렇게 구해진 상관계수가 가장 높은 window의 중심은 TREC 벡터의 끝점이 되며, 다음 그림에서와 같이 T_1 에서 window의 중심은 벡터의 시작점이 된다.

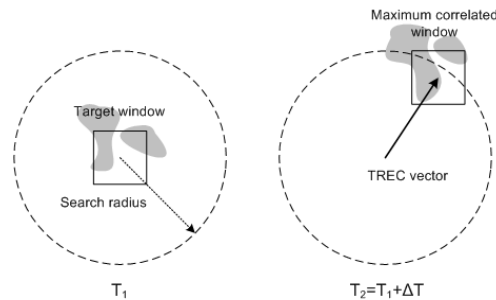


그림 1 TREC 벡터 산출반경 및 추적 원리

이렇게 산출된 TREC 벡터는 semi-Lagrangian 외삽법을 이용하여 이후 시간에서의 TREC 벡터를 구할 수 있게 된다. 본 연구에서는 1km 해상도의 CAPPI 자료를 사용하였지만, 컴퓨터의 계산수행능력 등의 이유로 10km의 TREC 벡터장을 산출하였으며, 이 TREC 벡터장을 이용한 외삽을 통하여 1시간의 후의 10km TREC 벡터장을 구하고, 이를 다시 내삽을 통하여 1km 해상도의 CAPPI 이미지를 산출하였다.

2.3 적용

본 연구에서의 적용 사상으로서 2003년 9월 12일 10시에 진도 레이더 지점을 통과하는 태풍 “매미”를 이용하였다. TREC 벡터를 구하기 위하여 사용된 CAPPI는 10시 정각과 10시 10분의 것이며, 바람장을 산출하기 위하여 이용된 시선속도는 10시 정각의 자료이다. 또한, 반사도 CAPPI와 시선속도 모두 고도 1.5km의 것을 사용하였다. 다음 그림은 진도 레이더로 관측된 1.5km CAPPI를 이용한 TREC 벡터와 동일 시간에서의 시선속도 벡터를 나타낸 것이다.

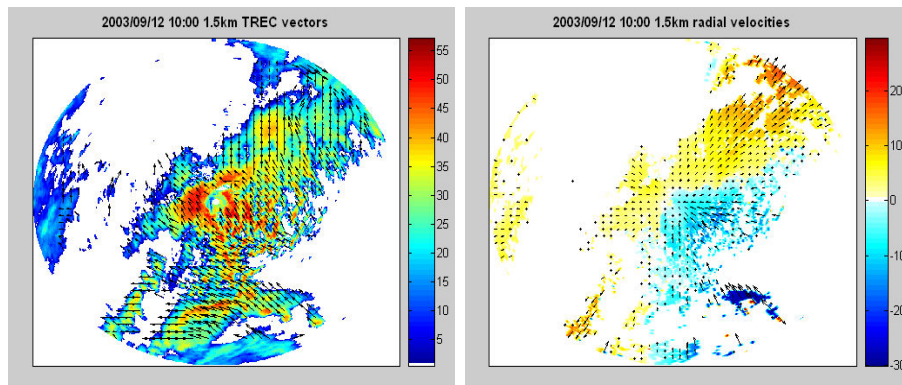


그림 2 TREC 벡터와 시선속도 벡터

3. 결 론

본 연구에서는 통계적인 상관법을 이용한 TREC 기법의 단점을 보완하기 위하여 도플러 레이더로부터 생산되는 시선속도를 이용하여 바람장을 산출하고 이를 상관법을 이용하여 산출한 TREC 벡터와의 조합을 통하여 단시간 예보모형을 개선하고자 하였다. 시선속도는 그 물체의 실제 속도를 나타내는 것은 아니지만 전체 시스템의 이동방향과 속도에 대한 정보를 제공해 줄 수 있다. 이러한 시선속도로부터 얻은 바람장 정보와 연계한 TREC 기법을 통하여 보다 실제에 가까운 단시간 예보모형의 개발을 가능케 하리라 생각된다. 향후 이러한 기법을 통하여 단시간 강우예보모형 개발에 대한 연구를 수행하고자 한다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. 박균명, 정효상. (2005). 기상레이더 입문. 토파민. pp. 57-68.
2. Hilst, G. R. and J. A. Russo, Jr. (1960). An objective extrapolation technique for semi-conservative fields with an application to radar patterns, *Tech. Memo.* No. 3, Travelers Weather Research Centre, Hartford, CT.

3. Rinehart, R. E. and Garvey, E. T. (1978). Three-dimensional storm motion detection by conventional weather radar. *Nature*, Vol. 273, pp. 287-289.
4. Tuttle, J. D. and Foote, G. B. (1990). Determination of the boundary layer airflow from a single doppler radar, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 7, pp. 218-232.
5. Tuttle, J. D. and R. Gall. (1995). Radar analysis of hurricanes Andrew and Hugo. *Proceedings of the 21st Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*. AMS, Miami, FL, pp. 608-610.