



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년10월14일
(11) 등록번호 10-0921424
(24) 등록일자 2009년10월06일

(51) Int. Cl.

G01W 1/14 (2006.01) G01W 1/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0112791

(22) 출원일자 2008년11월13일

심사청구일자 2008년11월13일

(56) 선행기술조사문헌

JP3720848 B2

KR1019990076841 A

김형우, 도플러 레이더 자료를 리용한 집중호우의
중규모 대류계 분석, 2000년 2월, 서울대학교 이
학석사학위논문

강민 외2인, POSS를 이용한 강수입자분석과 Z-R
관계식 산출(I), 한국기상학회지 제40권 제5호,
2004년 10월

전체 청구항 수 : 총 4 항

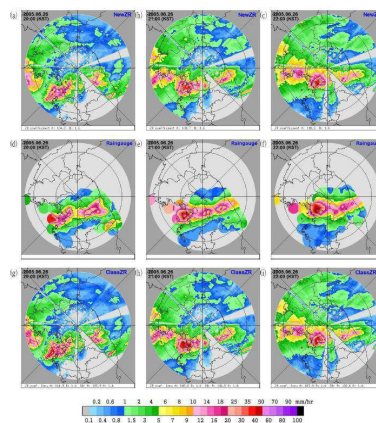
심사관 : 김상희

(54) 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 관한 것으로 Z-R관계식에 의해 강수량을 추정하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 있어서, 레이더에서 출력되는 신호를 전 처리하여 노이즈를 제거하는 제1단계와; Z-R관계식에 관측범위 전체에 하나의 b값을 할당하고 각 지점별로 관측 자료를 사용하여 구한 추정강수량의 시계열 자료와 해당 지점의 실제강수량의 시계열 자료 간의 차이의 제곱의 합을 최소로 하는 A값을 결정하는 제2단계와; 결정된 계수 A와 b를 Z-R관계식에 대입하여 각 지점의 강수량을 계산하고 상기 강수량이 속하는 범위에 따라 각 지점의 강수형태를 판단하는 제3단계와; 각 지점에 대해 제3단계에서 구해진 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입하고 상기 제2단계와 동일한 방법으로 각 지점의 A값을 결정하는 제4단계와; 관측자료와 제4단계에서 결정된 각 지점의 계수 A값과 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입한 Z-R 관계식을 사용하여 각 지점의 강수량을 추정하는 제5단계;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법을 기술적 요지로 한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

Z-R관계식에 의해 강수량을 추정하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 있어서, 레이더에서 출력되는 신호를 전처리하여 노이즈를 제거하는 제1단계와;

Z-R관계식에 관측범위 전체에 하나의 b값을 할당하고 각 지점별로 관측자료를 사용하여 구한 추정강수량의 시계열 자료와 해당 지점의 실제강수량의 시계열 자료 간의 차이의 제곱의 합을 최소화 하는 A값을 결정하는 제2단계와;

결정된 계수 A와 b를 Z-R관계식에 대입하여 각 지점의 강수량을 계산하고 상기 강수량이 속하는 범위에 따라 각 지점의 강수형태를 판단하는 제3단계와;

각 지점에 대해 제3단계에서 구해진 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입하고 상기 제2단계와 동일한 방법으로 각 지점의 A값을 결정하는 제4단계와;

관측자료와 제4단계에서 결정된 각 지점의 계수 A값과 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입한 Z-R 관계식을 사용하여 각 지점의 강수량을 추정하는 제5단계;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법.

(단, Z-R 관계식은 $z = AR^b$ 이며 여기서 Z=레이더 반사도 인자이며 R은 강수강도(mm/h)이고 A와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)

청구항 2

제1항에 있어서, 제2단계는

계산에 사용된 b를 구하기 위하여 관측범위 전체의 각 지점의 추정강수량과 실제강수량의 차이의 제곱의 합을 최소화 하는 A와 b를 구한 후 그 중 b만을 취하게 되는 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 구해진 A와 b를 사용하여 계산한 추정강수량과 실제강수량 간의 상관계수가 0.5 이하이면 추정강수량과 실제강수량의 차이가 평균제곱오차의 근(RMSE)에 대해 2배 이상인 자료는 삭제하고 다시 계산하여 상기 상관계수가 0.5를 초과하거나 반복횟수가 5회일 때까지 반복하여 b를 구하게 되는 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1단계의 레이더 관측 자료는 실제강수량과 역치 이하의 신호를 제거한 레이더 관측 자료로부터 마샬-팔머의 Z-R 관계식을 사용하여 추정된 추정강수량 간의 상관관계를 최대로 하는 역치를 구하여 상기 역치 이하의 신호를 제거한 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법.

(여기서 마샬-팔머 Z-R 관계식은 $z = 200R^{1.6}$)

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1>

본 발명은 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 관한 것으로 보다 상세하게는 Z-R 관계식의 계수 중 b값을 관측범위에 대해 하나의 값을 정한 후 관측자료와 실제강수량을 사용하여 각 지점에서의

계수 A를 구한 후 다시 상기 계수를 사용하여 구한 추정강수량으로부터 강수형태를 구하고 상기 강수형태별로 서로 다른 b값을 할당한 후 이를 사용하여 계수 A를 다시 구한 후 강수량을 추정하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 도플러 기상 레이더의 관측 자료를 이용하여 강수량을 추정하기 위하여 Z-R관계식을 사용하게 된다. 상기 Z-R 관계식은 $Z=AR^b$ 이다. 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며 R은 강수강도(mm/h)이고 A와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.
- <3> 많은 학자들이 최적의 A와 b를 구하기 위한 연구를 수행하고 있다. 대표적인 연구를 살펴보면 Marshall 과Palmer는 층상운에 대해 A=200, b=1.6의 값을 제시하였고 Fujiwara는 A가 1~120, b가 1~2 사이에서 변하며 대류성이 증가할수록 A가 증가하고 b가 감소한다는 연구결과를 발표했다. 그리고 Austin은 강수의 유형에 따라 A를 층상운, 대류세포를 포함한 층상운, 강한 대류운에 대하여 각각 100, 200~300 및 400 정도의 값을 적용할 수 있음을 제안하였고 Wilson and Brandes는 전체 지상강수량과 레이더 강수량의 비율을 이용하여 레이더 강수량을 보정하는 방법을 제시하였으며 Zawadzki는 레이더 반사도 인자와 지상 강수량 자료를 이용하여 Z-R을 산출하는 방법을 제시하였고 Rosenfeld 등은 확률밀도함수를 이용하여 통계적으로 A, b를 산정하는 방법을 제시하였다.
- <4> 상기와 같은 연구는 A와 b를 사전에 결정한 상태에서 상기와 같은 연구는 레이더의 관측범위 내의 모든 지점에 대해 동일한 A와 b를 사용하고 있어 국지적인 호우가 일상적인 한국에서는 정확한 예측이 어렵다. 즉 동일한 시점에서 각 지점에 따라 강수의 유형이 다를 경우 이를 반영하지 못하므로 오류가 발생하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <5> 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위하여 발명된 것으로 보다 각 지점에서의 최적의 Z-R 관계식을 구하여 정확한 강수량의 예측이 가능한 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <6> 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위하여 Z-R관계식에 의해 강수량을 추정하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 있어서, 레이더에서 출력되는 신호를 전처리하여 노이즈를 제거하는 제1단계와; Z-R관계식에 관측범위 전체에 하나의 b값을 할당하고 각 지점별로 관측자료를 사용하여 구한 추정강수량의 시계열 자료와 해당 지점의 실제강수량의 시계열 자료 간의 차이의 제곱의 합을 최소화 하는 A값을 결정하는 제2단계와; 결정된 계수 A와 b를 Z-R관계식에 대입하여 각 지점의 강수량을 계산하고 상기 강수량이 속하는 범위에 따라 각 지점의 강수형태를 판단하는 제3단계와; 각 지점에 대해 제3단계에서 구해진 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입하고 상기 제2단계와 동일한 방법으로 각 지점의 A값을 결정하는 제4단계와; 관측자료와 제4단계에서 결정된 각 지점의 계수 A값과 강수형태에 따라 사전에 할당된 b값을 대입한 Z-R 관계식을 사용하여 각 지점의 강수량을 추정하는 제5단계;를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법을 기술적 요지로 한다.
- <7> 바람직한 실시예에 따르면 제2단계는 계산에 사용된 b를 구하기 위하여 관측범위 전체의 각 지점의 추정강수량과 실제강수량의 차이의 제곱의 합을 최소화 하는 A와 b를 구한 후 그 중 b만을 취하게 되는 것을 특징으로 한다.
- <8> 바람직한 실시예에 따르면 구해진 A와 b를 사용하여 계산한 추정강수량과 실제강수량 간의 상관계수가 0.5 이하이면 추정강수량과 실제강수량의 차이가 평균제곱오차의 근(RMSE)에 대해 2배 이상인 자료는 삭제하고 다시 계산하여 상기 상관계수가 0.5를 초과하거나 반복횟수가 5회일 때까지 반복하여 b를 구하게 되는 것을 특징으로 한다.
- <9> 바람직한 실시예에 따르면 상기 제1단계의 레이더 관측 자료는 실제강수량과 역치 이하의 신호를 제거한 레이더 관측 자료로부터 마셜-팔머의 Z-R 관계식을 사용하여 추정된 추정강수량 간의 상관관계를 최대로 하는 역치

를 구하여 상기 역치 이하의 신호를 제거한 것을 특징으로 한다.

효 과

- <10> 본 발명의 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법에 의하면 Z-R관계식의 계수 중 b를 먼저 구한 후 각 지점에서 실시간으로 A를 구하여 강수량을 예측하므로 보다 정확한 예측이 가능하다는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <11> 본 발명의 명세서에 사용된 '관측자료'라 함은 기상 레이더가 발사한 빔이 대기중의 물방울에 반사된 에코를 취합한 정보이며 '실제강수량'이라 함은 관측하고자 하는 범위 내에 설치된 레인게이지들의 측정값에 의해 구해지는 강수량이며 '추정강수량'이라 함은 상기 관측자료를 Z-R관계식에 대입하여 추정한 강수량을 의미한다.
- <12> 본 발명의 강수량 추정 방법은 5단계로 이루어진다.
- <13> 먼저 제1단계에 대해 설명하기로 한다. 상기 제1단계는 레이더로부터 전달되는 관측자료로부터 노이즈 등을 제거하는 전처리 단계이다.
- <14> 본 발명에서 사용되는 레인게이지의 경우 0.5mm의 틱핑-버킷을 구비하며 1분 단위로 강수량을 측정한 결과를 제공한다. 따라서 상기와 같이 0.5 mm의 틱핑-버킷을 가진 레인게이지를 사용함에 따라 발생하는 미세한 오류를 제거할 필요가 있다.
- <15> 본 발명에서는 상기와 같은 오류를 제거하기 위하여 역치 이하의 신호를 제외한 관측 자료를 사용하여 추정강수량을 구하고 상기 추정강수량과 실제강수량의 상관계수를 최대로 하는 역치를 결정한 후 상기 역치 이하의 신호를 오류로 판단하여 관측 자료에서 제거하게 된다.
- <16> 즉 복수 개의 역치를 미리 설정한 후 각 역치별로 추정강수량을 구하여 실제강수량과의 상관계수를 구하고 이를 비교하여 최적의 역치를 구하게 된다. 최적의 역치를 구하면 관측자료에서 상기 역치 이하의 신호는 제거하게 된다.
- <17> 또한 상기 레이더의 관측 범위는 입체를 이루고 있어 동일한 지점에 대하여 고도 별로 다수의 관측 자료가 존재하므로 특정한 고도의 자료만을 사용하여 강수량 예측을 수행하는 것도 고려해 볼만하다.
- <18> 이를 위해 각 고도별 관측자료에서 구해진 추정강수량과 실제강수량의 상관계수를 최대로 하는 고도를 찾아 상기 고도의 관측자료를 강수량의 추정에 사용하게 된다.
- <19> 따라서 미리 다수개의 고도를 설정한 후 각 고도 별로 상관계수를 구하여 비교하고 이를 통해 최적의 고도를 구할 수 있다.
- <20> 여기서 본 발명의 실시예에서는 역치를 구하거나 고도를 구하기 위하여 관측자료로부터 추정강수량을 구하기 위한 Z-R관계식으로 마샬-팔머의 Z-R 관계식(이하 MP 라고 함)을 사용하고 있다. 상기 MP는 $z=200R^{1.6}$ 로 나타난다. 그러나 추정강수량을 구하기 위한 Z-R관계식을 상기와 같은 MP으로 한정하는 것은 아니다. 배경기술에서 상술한 연구 결과에 나타난 다른 Z-R관계식을 사용하는 것도 무방하다.
- <21> 또한 상기와 같은 전처리 과정 중 일부만 수행하거나 다른 전처리 과정(예를 들면 2차트립에코의 제거, 브라이트밴드의 제거)등을 추가적으로 수행하는 것도 무방하다.
- <22> 다음으로 제2단계에 대해 설명하기로 한다.
- <23> 제2단계는 각 지점의 시간대 별 관측자료로부터 구해지는 추정강수량의 시계열 자료와 해당 지점의 실제강수량의 시계열 자료의 차이의 제곱의 합을 최소로 하는 계수를 구하게 된다. 제2단계에서 구하는 계수는 A와 b이다. 여기서 계수 b는 모든 지점에 동일한 값이 할당되며 A는 각 지점마다 다른 값을 가지게 된다.
- <24> 본 발명에서는 먼저 b를 결정한 후 각 지점의 A값을 구하고 있다.
- <25> 상기 계수 b를 결정하는 방법으로는 추정강수량과 실제강수량의 차이의 제곱의 합을 최소로 하는 계수 A와 b를 구한 후 A는 버리고 b를 취하는 방법과 사전에 정해진 상수(예를 들면 마샬-팔머의 관계식에서 사용하는 계수 1.6)를 사용하는 방법 등이 있다.

<26> 여기서 추정강수량과 실제강수량의 차이의 제곱의 합을 최소로 하는 계수 A와 b를 구한 후 A는 버리고 b를 취하는 방법은 다음과 같다.

<27> 상기 A와 b를 계산하기 위해서는 Z-R관계식을 다음과 같이 정리하여 계산이 용이하도록 한다.

<28> Z-R 관계식은 다음 식 (1) 과 같이 표시된다.

$$z = AR^b \quad (1)$$

<30> (단, z는 선형 레이더 반사 인자이며 R은 실제강수량이다.)

<31> 여기서 $z=y$, $\log R = x$ 로 두면 상기 식(1)은

$$y = 10bx + 10\log A \quad (2)$$

<33> 로 나타낼 수 있다.

<34> 여기서 $A' = 10b$, $b' = 10\log A$ 로 두면 식(2)는 $y = A'x + b'$ 로 변환된다.

<35> 여기서 최소자승법을 적용하여

$$A' = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n (\bar{x})^2} \quad (3)$$

$$b' = \bar{y} - A' \cdot \bar{x} \quad (4)$$

<38> 를 구할 수 있다.

<39> 상기 식(3) 과 식 (4)로부터 Z-R 관계식에서 사용되는 계수 A와 b를 얻을 수 있다. 여기서 상기 계수 b를 바로 사용하는 것도 무방하나 관측자료 등에 비정상적인 정보가 포함되어 있을 수 있으므로 이를 제거하기 위하여 상기 A와 b를 적용하여 계산한 추정강수량과 실제강수량 간의 상관관계수가 0.5 이하이면 추정강수량과 실제강수량 간의 차이가 평균제곱오차의 근(RMSE)에 대해 2배 이상인 자료는 삭제하고 다시 A와 b를 구하게 된다.

<40> 새로 구해진 A와 b를 사용하여 구한 상관관계가 다시 0.5 이하일 경우에는 상기 과정을 반복하게 되며 상관관계가 0.5 이상이거나 반복횟수가 5회 이상일 경우 반복을 종료하고 b를 취하게 된다.

<41> b의 값을 사전에 정한 상수를 사용하는 방법의 경우 상기 상수는 종래의 다른 연구자들의 연구결과나 관측자의 실험에 의해 결정할 수 있다.

<42> 상기와 같은 방법 외에도 b의 범위를 제한(예를 들면 $1 \leq b \leq 3$)하고 그 범위 내에서 상관관계수나 b를 최대로 하는 b를 결정하는 방법을 사용하는 것도 무방하다.

<43> 상기와 같은 방법으로 계수 b가 결정되면 상기 b를 Z-R 관계식에 대입한다.

<44> 이후 각 지점 별로 최적의 A를 구하게 된다. 지점의 크기는 레이더의 해상도에 의해 결정되는 것으로 본 발명의 실시예에서 이용한 관측자료의 경우 대한민국 강원도 철원의 광덕산에 설치된 기상레이더에서 관측한 것으로 상기 레이더의 해상도는 250m 이므로 약 250mX250m의 지역이 하나의 지점으로 나타나게 된다.

<45> 하나의 지점에 대한 최적의 A값은 다음과 같이 구해진다.

<46> 먼저 해당 지점에서의 시간대 별로 저장되어 있는 실제강수량의 시계열 자료와 관측자료의 시계열 자료를 전달 받은 후 상기 관측자료의 시계열 자료로부터 구할 수 있는 추정강수량의 시계열 자료와 실제강수량의 시계열 자료 간의 차이의 제곱합을 최소로 하는 A를 구하게 된다.

<47> 다음으로 제3단계에 대해 설명하기로 한다. 모든 지점에 대해 A의 값을 구하게 되면 3단계로 진행하게 된다. 상기 3단계에서는 제2단계에서 구해진 b의 값과 각 지점에서 구해진 A의 값을 사용하여 각 지점에서의 강수량을 추정하는 단계이다.

- <48> 상기와 같이 Z-R 관계식의 계수 A와 b가 정해진 상태에서 관측자료로부터 추정강수량을 계산하는 것은 당업자에게 주지관용의 기술이므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- <49> 상기와 같이 각 지점에서의 강수량을 구한 후 각 지점의 강수량에 따라 강수 형태를 분류하게 된다.
- <50> 본 발명의 실시예에서는 시간당 10mm/hr이상인 경우 대류형(convective)로 판단하게 되며 그 이하인 경우에는 층류형으로 판단하고 있다.
- <51> 그러나 상기와 같이 대류형과 층류형으로 구분하는 것으로 한정하는 것은 아니다. 상기 강수형태를 둘 이상의 다양한 형태로 분류하는 것도 무방하다.
- <52> 다음으로 제4단계에 대해 설명하기로 한다. 본 발명의 제4단계에서는 각 지점에 대하여 제3단계에서 판단한 강수형태에 따라 b 값을 다시 할당하게 된다. 본 발명의 실시예에서는 대류형의 경우 Woodley 등이 제안한 1.4를 사용하고 층류형의 경우에는 마샬-팔머가 제안한 1.6을 사용하게 된다.
- <53> 그러나 상기 값 대신 실험에 의해 결정된 값이나 기존 연구자들이 제안한 값을 사용하는 것도 무방하다.
- <54> 상기와 같이 각 지점에 대해 b값을 할당한 후 제2단계에서 수행되는 과정과 동일한 방법으로 관측자료의 시계열자료와 측정강수량의 시계열자료를 사용하여 각 지점의 최적의 A를 구하게 된다.
- <55> 다음으로 제5단계에 대해 설명하기로 한다. 상기 제5단계에서는 제4단계에서 구한 각 지점에서의 계수 A와 강수형태에 따라 사전에 할당된 계수 b를 Z-R관계식에 대입하여 강수량을 추정하게 된다.
- <56> Z-R관계식과 레이더의 관측자료를 사용하여 강수량을 추정하는 것은 당업자에게 주지관용의 기술이므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- <57> 이하에서는 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예에 따른 도플러 기상레이더의 관측 자료를 이용한 강수량 추정 방법의 작용과 효과에 대해 설명하기로 한다.
- <58> 본 발명의 실시예에서는 대한민국 강원도 철원 광덕산에 설치되어 있는 도플러 기상레이더에서 관측한 관측자료와 상기 광덕산 기상레이더의 관측범위 내에 위치하는 레인게이지로부터 구해지는 실제강수량을 사용하여 강수량을 예측하는 방법을 설명한다.
- <59> 도1은 광덕산에 설치되어 있는 레이더의 관측 범위와 상기 레이더의 관측 범위 내의 레인게이지가 설치된 지점을 나타내고 있다. 여기서 상기 레인게이지가 설치되지 않은 지점은 인접한 지점의 레인게이지들이 측정한 강수량으로부터 보간법 등을 사용하여 실제 강수량을 추정하게 된다.
- <60> 레이더에서 구해지는 로 데이터 (raw data)는 거리, 방위, 고도가 각각 250m, 1도, 1도인 해상도를 가지는 원좌표계의 각 점에서의 에코의 강도로 이루어져 있으므로 먼저 이를 직교좌표계로 변환하여 관측자료를 얻게 된다.
- <61> 상기와 같이 원좌표계를 직교좌표계로 변환하는 것은 당업자에게 주지관용의 기술이므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- <62> 먼저 노이즈를 제거하게 된다. 상기 노이즈로는 2차트립에코, 브라이트밴드 등에 의해 발생하는 것과 기기의 오류에 의한 노이즈 그리고 레이더의 빔이 가려져 발생하는 오류 등을 포함하게 되므로 이를 제거하게 된다. 상기와 같은 노이즈나 오류를 제거하는 것은 당업자에게는 주지관용의 기술이므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- <63> 다음으로 역치를 구하게 된다. 본 발명의 실시예에서는 MP를 적용하여 구한 시간당 누적 강수량이 0 mm/hr, 0.5 mm/hr, 0.1 mm/hr 인 것을 각각 역치로 설정하고 관측자료에서 역치 이하로 나오는 신호를 제거하게 된다.
- <64> 이후 각 역치별로 상관계수를 구한 후 이를 비교하여 상관계수가 가장 높은 역치를 구하게 된다. 예를 들어 0.5 mm/hr 일 때 상관관계가 가장 높으면 관측자료에서 시간당 누적 강수량이 0.5mm/hr 이하인 자료는 제거하게 된다.
- <65> 본 발명의 실시예에서는 레인게이지의 틱펄-버킷이 0.5 mm이므로 그 배수인 0, 0.5, 1을 각각 역치로 사용하고 있으나 상기 값 외에 다른 값을 사용하는 것도 무방하다.
- <66> 다음으로 고도를 결정하게 된다. 먼저 각각 고도가 1.5km, 2.0km, 2.5km일 때의 관측자료를 MP에 대입하여 구한 추정강수량과 실제강수량의 상관계수를 구하게 된다. 이들 중 가장 높은 상관계수를 가지는 고도를 구한 후

해당 고도의 관측자료만 사용하게 된다.

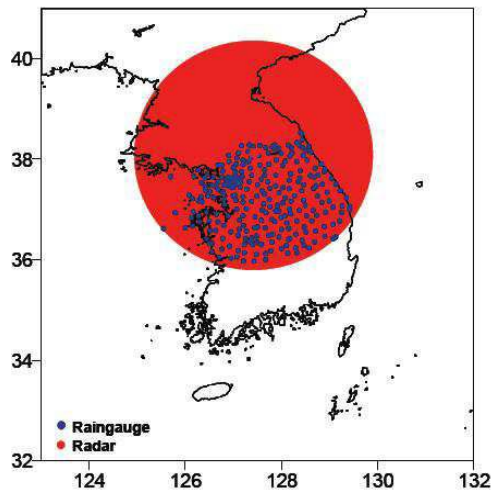
- <67> 상기와 같이 역치와 고도를 고려하여 관측자료를 구하면 다음으로 2단계를 수행하게 된다.
- <68> 본 발명의 2단계에서는 관측범위 전체에 하나의 b값을 할당하게 된다. 본 발명의 실시예에서는 상기 b를 상기 상수를 마샬-팔머의 Z-R관계식에 사용된 1.6으로 결정하여 사용하고 있다. 그러나 상기와 같이 b의 값을 1.6으로 한정하는 것은 아니며 종래의 다른 연구자들의 연구결과에 포함된 계수를 사용하거나 관측자의 실험에 의해 결정된 계수를 사용하는 것도 무방하다.
- <69> 그러나 상기와 같이 상수를 사용하는 대신 식(3)과 식(4)로부터 A'와 b'를 구한 후 A와 b를 계산하는 것도 무방하다.
- <70> b가 결정되면 다음으로 각 지점(250mX250m 구간)별로 A를 구하게 된다. 먼저 해당 지점의 레이더 관측자료의 시계열 자료를 구하고 이를 통해 구하는 추정강수량의 시계열 자료와 실제강수량의 시계열 자료 간의 차이의 제곱의 합을 최소로 하는 A를 계산하게 된다.
- <71> 모든 지점에 대해 상기와 같은 과정을 수행하여 A 값을 구하게 된다.
- <72> 다음으로 제3단계에서는 상기 A값과 b값을 Z-R관계식에 대입한 후 레이더로부터 구한 관측자료를 대입하여 각 지점에서의 강수량을 추정하게 된다.
- <73> 도2의 (a)는 MP를 사용하여 구한 추정강수량의 분포를 나타내며 도2의 (b)는 본 발명의 2단계에서 구해진 A와 b를 대입하여 구해진 추정강수량의 분포를 나타낸다.
- <74> 상기와 같이 각 지점에서의 강수량을 추정한 후 시간당 10mm 이상의 강수량을 가진 지점은 강수형태를 대류형으로 두고 그 이하인 지점은 층운형으로 둔다.
- <75> 도2의 (c)는 레이더의 반사도에 따라 분류한 것이며 도2의 (d)는 본 발명의 실시예에 따라 분류된 것이며 도2의 (e)는 Biggerstaff와 Listemaa의 알고리즘을 사용하여 분류한 것이다.
- <76> 이에 따르면 본 발명의 실시예에 따른 분류가 Biggerstaff와 Listemaa의 알고리즘을 사용하여 분류한 것에 가깝게 나타난다는 것을 알 수 있다.
- <77> 다음 제4단계에서는 상기 제3단계에서 결정된 강수형태에 따라 각 지점의 b 값을 다시 할당하게 된다. 즉 도2의(d)에서 붉은 색으로 나타난 지점(대류형)에는 1.6을 할당하고 녹색으로 나타난 지점(층운형)에는 1.4를 대입하게 된다.
- <78> 상기와 같이 각 지점에 b 값을 할당하고 관측자료의 시계열자료와 실제강수량의 시계열 자료를 이용하여 제2단계와 같은 과정을 수행하여 A값을 구하게 된다.
- <79> 다음으로 제5단계에서는 각 지점의 A와 b값을 이용하여 다시 추정강수량을 계산하게 된다.
- <80> 도3은 제2단계만을 수행하여 구한 추정강수량의 분포와 실제강수량 그리고 4단계에서 구해진 계수를 사용하여 추정한 강수량의 분포를 나타내고 있다.
- <81> 여기서 (a),(b),(c)는 제2단계를 수행한 후 구한 추정강수량이며 (d),(e),(f)는 실제강수량이며 (g),(h),(i)는 4단계를 수행한 후 구한 추정강수량을 나타낸다.
- <82> 이를 보면 제4단계를 수행하여 구해진 추정강수량의 분포가 실제강수량의 분포에 더욱 가깝다는 것을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

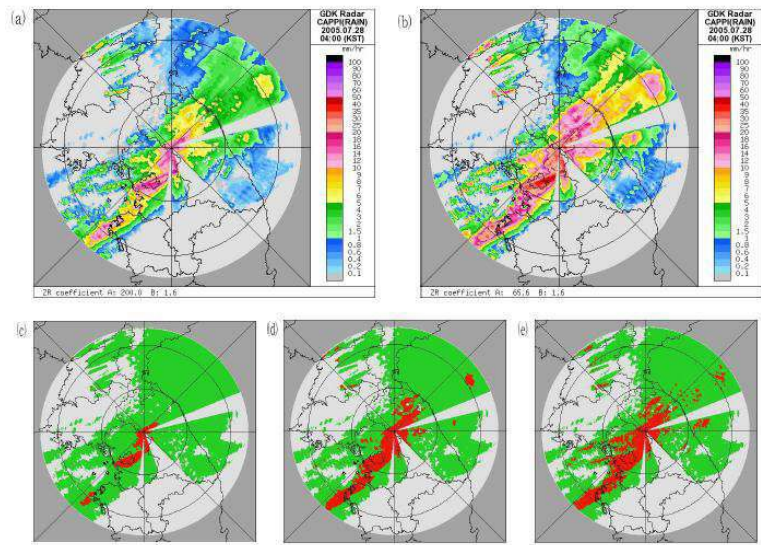
- <83> 도1 : 광덕산의 레이더의 관측범위와 관측범위 내의 레인게이지의 분포
- <84> 도2 : 다양한 방법으로 구해진 강수량의 분포와 강수형태의 분포를 나타낸 도
- <85> 도3 : 2단계에서 구해진 계수를 사용한 추정강수량과 실제강수량 및 4단계에서 구해진 계수를 사용한 추정강수량의 분포를 나타낸 도

도면

도면1



도면2



도면3

