지점 강수량 예측 모형

(Station Precipitation Prediction Model)

이 재 형 정 재 성* 장 경 호**

Lee, Jae Hyung Jung, Jae Sung Jang, Koung Ho

1. 서론

시우량 또는 일우량과 같은 강우예측은 반응이 빨리 나타나는 도시수문학에서는 물론이고 수자원 시스템을 발전적으로 운영하기 위해서도 매우 긴요하다. 본 연구는 구름 물리학에 바탕을 둔 점 강수량 예측 모형을 구성하여 실시간 유출량을 예측할 수 있게 하는데 있다. 또한 현대 추정기법을 적절히 사용할 수 있는 모형을 개발하는데 있다. 모형의 입력자료는 지표면 측후소에서 관측한 온도, 압력, 이슬점 온도등이다. 모형의 주요 매개변수는 운정(cloud top)의 압력, 평균 상승기류 속도, 운저(cloud base)의 평균 수적 직경의 역수값등이다.

2. 모형구조

고전 수문학 개념에 의하면, 스톰 구름계(the cloud system)를 물이 응결하는 저수지로 간주할 수 있다. 모형의 초기전개 과정에서, 중요한 점은 단위 면적의 기주를 고려하는 것이다. 그림 1은 단위 면적의 구름과 관련 변수들을 도시한 것이다. 구름은 연직방향으로 고도 Z_b로부터 Z_t까지 펼쳐있고 각각의 고도의 압력과 온도는 P_s, T_s와 P_t, T_t이다. 지표면의 기상학적 조건은 앞서 언급한 지상기온(T_o), 지상압력(P_o), 지상 이슬점 온도(T_d)이다.

단위면적 위의 기주에 대한 질량 보존식은 다음과 같다. X(t)는 구름

$$\frac{dX(t)}{dt} = I(t) - O_t(t) - O_b(t) \qquad ---(1)$$

전북대학교 토목공학과 부교수 * 전북대학교 대학원 토목공학과 **

내부에 저장되어 있는 수분의 질량이다; I(t)는 t시간 동안에 구름 내부

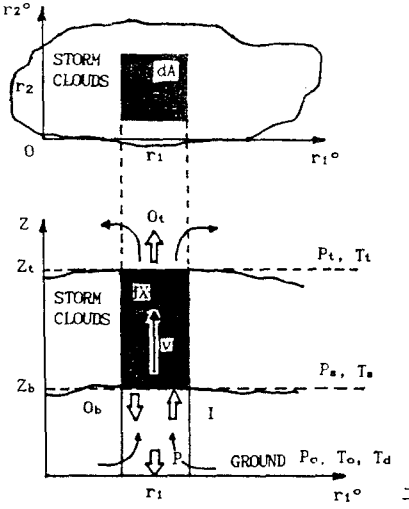

그림 1 단위면적 기주의 모형변수 표현도

로 유입하는 수분의 질량이다; $O_t(t)$와 $O_b(t)$는 운정과 운저를 통한 수분의 유출 질량이다.

$I(t)$, $O_t(t)$, $O_b(t)$등은 구름 물리학을 응용하면 지상에서 계측가능한 지상기온, 지상압력, 지상 이슬점온도 등의 함수로 나타낼 수 있다. 그 결과식을 풀면 단위면적 구름내부의 수분량을 추정할 수 있게 한다.

3. 모형 방정식

구름 물리학에 바탕을 두어 식(1)을 다시쓰면 식(2)와 같은 상태 방정식이 얻어진다.

$$\frac{dX}{dt} = f(u,a_1) - h(u,a_o)X \qquad ---(2)$$

여기서, X는 구름내부에 저류되있는 물의 질량이다. 비선형 함수 $f(\cdot)$는 운저를 통한 수증기 유입량이고 $h(\cdot)X$는 구름계에서 유출하는 수분량을 지배하는 함수인데, 변수 u는 입력변수이고 a_o는 매개변수이다. 기상학적 입력벡터 u^T는 다음과 같다.

$$u^T = [T_o, P_o, T_d] \qquad ---(3)$$

앞서 언급한 바와같이 T_o는 지상온도, P_o는 지상압력, T_d는 지상 이슬점 온도이다. 벡터 a_1와 a_o는 중요한 3개의 매개변수로 구성된다.

$$a_1^T = [P_t, v] \quad ---(4)$$

$$a_o^T = [P_t, v, c] \quad ---(5)$$

P_t는 운정의 압력, v는 구름내부 평균 상승기류 속도, c는 평균 수적직경의 역수값이다.

운저에서 유출하는 강수량 산정식은 다음과 같다.

$$P = \Phi(u, a_o)X \quad ---(6)$$

Φ는 u, a_o와 비선형 관계이고 X와 선형관계이다.

4. 수치실험

앞장에서 정의한 모형을 전주 측후소의 1980 - 1990년 기상자료를 사용하여 계산한 강우량과 관측값을 다음표에 개재하였다. 상대 방정식의 초기값은 계산 강우량의 시점 구름내부 수분량을 사용했다. 호우사상은 기상청에서 발표한 해당년의 장마기간 동안, 무강우가 12시간 지속하지 않는 시간을 선택하였다. 그 결과는 다음과 같다.

표 4.1 1981년 8월 29일 12시 - 1981년 8월 30일 23시

입력값 / 시간	지표면 온도 (℃)	놋점온도 (℃)	현지기압 (㎜b)	관측강우량 (㎜)	계산강우량 (㎜)
8월 29일 12시	25.0	21.7	999.0	0.0	0.0
13	23.9	21.7	999.0	9.1	0.0
14	26.0	21.7	999.0	0.0	0.0
15	26.4	22.5	998.7	0.0	0.0
16	26.2	22.5	998.2	0.1	0.1
17	26.6	22.5	998.2	0.0	0.0
18	26.1	23.5	998.0	0.5	0.2
19	24.7	23.5	998.5	38.0	1.0
20	24.1	23.5	999.0	42.0	2.1
21	24.1	22.7	999.8	6.8	1.5
22	24.0	22.7	999.9	1.7	1.9
23	24.0	22.7	999.5	15.3	2.3
24	23.9	22.5	999.4	0.6	2.5
8월 30일 01시	23.2	22.5	1000.0	15.5	4.9
2	23.1	22.5	999.8	5.9	6.0
3	23.2	21.9	999.3	1.6	4.2
4	23.2	21.9	999.6	4.4	4.7
5	23.2	21.9	999.2	4.5	5.2
6	23.3	21.8	999.9	2.3	5.0
7	23.4	21.8	1001.0	6.7	5.1
8	23.9	21.8	1001.0	3.8	3.7

9	24.7	23.2	1001.7	0.3	6.3
10	24.9	23.2	1002.0	0.0	5.8
11	25.3	23.2	1002.2	1.0	4.4
12	25.4	23.1	1002.4	7.3	4.4
13	25.4	23.1	1002.5	3.3	4.7
14	25.3	23.1	1002.0	0.1	5.6
15	25.3	23.0	1002.0	4.0	5.5
16	24.9	23.0	1002.0	3.7	8.3
17	25.0	23.0	1002.0	0.0	8.2
18	25.3	23.4	1002.1	0.0	8.6
19	24.7	23.4	1002.2	0.0	15.3
20	24.2	23.4	1002.2	1.3	24.0
21	24.0	22.2	1003.2	0.0	11.9
22	23.9	22.2	1003.2	1.7	13.7
23	23.7	22.2	1003.2	0.0	17.1
총 강수량				181.5	194.2

표 4.2 1986년 6월 24일 02시 - 1986년 6월 25일 08시

입력값 / 시간	지표면 온도 (℃)	놋점온도 (℃)	현지기압 (mb)	관측강수량 (mm)	계산강수량 (mm)
6월 24일 02시	22.5	18.4	1028.0	0.0	0.0
3	22.1	19.2	1026.0	0.3	0.0
4	22.2	19.2	1031.0	0.1	0.0
5	22.0	19.2	1032.0	0.0	0.1
6	22.0	19.2	1035.0	0.0	0.1
7	22.0	19.2	1034.0	0.1	0.2
8	22.7	19.2	1030.0	0.1	0.2
9	22.6	19.0	1029.0	0.5	0.2
10	22.2	19.1	1023.0	2.0	0.3
11	22.0	19.0	1027.0	2.8	0.5
12	21.9	20.0	1030.0	9.4	1.2
13	22.5	21.0	1023.0	8.5	1.9
14	22.9	20.0	1020.0	3.2	0.8
15	22.8	20.8	1021.0	5.9	1.8
16	22.8	20.8	1020.0	5.0	2.0
17	23.0	21.9	1013.0	4.8	2.0
18	22.9	21.5	1011.0	6.9	4.2
19	22.7	21.5	1013.0	13.3	5.5
20	22.6	21.5	1017.0	19.1	6.5
21	22.4	21.2	1010.0	14.5	6.9
22	22.3	21.3	1005.0	10.1	8.3
23	22.5	21.3	1002.0	5.3	7.8
24	22.5	20.6	995.0	2.9	5.5
6월 25일 01	22.3	20.6	990.0	11.3	7.0
2	22.2	20.5	982.0	1.2	8.3
3	22.2	21.0	976.0	4.4	12.1
4	22.7	21.1	962.0	7.3	9.0
5	22.5	21.0	957.0	1.6	11.3
6	22.4	21.3	961.0	1.3	16.2
7	22.4	21.3	943.0	0.6	17.9
8	22.7	21.2	937.0	3.1	15.4
총 강수량				145.5	152.2

표 4.3 1990년 8월 20일 13시 - 1990년 8월 21일 12시

입력값 / 시간	지표면 온도 (°C)	노점온도 (°C)	현지기압 (mb)	관측강수량 (mm)	계산강수량 (mm)
8월 20일 12시	32.5	21.9	998.2	0.0	0.0
14	28.5	21.8	998.0	3.0	0.0
15	28.6	22.2	998.0	0.0	0.0
16	28.6	22.2	998.0	0.0	0.0
17	27.0	22.1	998.2	6.5	0.0
18	26.7	25.2	998.3	0.0	0.4
19	26.7	25.2	998.5	0.0	0.6
20	26.2	25.2	998.5	0.5	1.2
21	26.0	25.0	999.0	0.3	1.5
22	25.9	25.0	999.0	0.2	2.1
23	25.6	25.0	999.0	0.5	3.2
24	25.0	24.0	998.0	2.0	2.9
8월 21일 01	24.7	24.0	997.8	2.4	4.2
2	24.5	24.0	997.0	3.8	5.6
3	24.2	23.7	997.0	2.3	6.5
4	24.1	23.7	997.0	9.5	7.8
5	24.0	23.7	996.5	5.9	9.3
6	24.0	23.6	996.2	0.8	10.4
7	24.0	23.6	996.2	2.3	11.6
8	24.0	23.6	996.8	16.7	12.9
9	24.0	22.9	996.5	11.5	8.5
10	24.0	22.9	996.0	3.8	9.3
11	24.3	22.9	996.0	11.4	8.0
12	24.3	23.3	996.0	5.6	11.8
총 강수량				89.0	117.8

본 연구에서 제시한 강수 모형은 구름 물리학을 강수 현상에 관련시킨 것이다. 매개변수 동정이 아직 미비한 실정이어서 모형의 성과를 논하기는 아직 어려우나 이상의 수치실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

3개의 표본에서 기상변수 예측값이 표본의 값들과 일치한다고 하는 전제로 총 강우량은 대차가 없으나 시우량은 편차가 크게 나타났다. 각각의 호우사상에 대한 첨두부분이 시간적으로 일치하지 않았다. 그 이유는 가정한 매개변수 값과 상태 방정식의 초기값 결정 문제가 아직 불확실한 상태에서 나타나는 결과가 아닌가 생각한다. 이 문제점들은 앞으로 보다 많은 연구가 이뤄져야 할 대상이다.

본 상태 방정식형 강수량 예보식은 기상 변수의 예보가 선행된다는 전제를 하고 있으며 수분으로부터 강수로 변환하는데 필요한 f, h, ϕ등의 함수계산이 단순하지 않다. 그러나 이러한 몇가지 결점을 가지고 있음에도 불구하고 유출량 예보에는 매우 적합한 모형이라고 생각하는데 그 이유는 매개변수를 시시각각 조정해서 실제예보에 적용시킬 수 있고 선형

상태 방정식이 갖는 잇점을 최대한 활용할 수 있기 때문이다.

참고문헌

A Short Course in Cloud Physics By R. R. Rogers.

氣象力學序說, 正野重方 著.

Hydrometeorology By C. J. Wiesner.

一般氣象學, 郭宗欽, 蘇鮮燮.

Beard, K. V., Terminal velocity and shape of cloud and precipitation drops aloft.

Marshall, J. S. and W. McK. Palmer, The distribution of raindrops with size.

Pruppacher, H. R., and J. D. Klett, Microphysics of Clouds and precipitation.