

## 제주도지역 월강수량의 장기예측

이 명 훈

서귀포기상대

### Long-range Forecast of Monthly Precipitation in Jeju Island

Myung-hun Lee

*Seogwipo Weather Station, Seogwipo-si Jeju Special Self-Governing Province 697-010, Korea*

A statistical forecast model of monthly precipitation in Jeju Island is developed in this study. Multiple linear regression formula is adopted as the model equation. The independent variables of the model are heights of 850, 700, 500, 300, 200, 150, 100hPa which are strongly related with Jeju Island precipitation anomaly. The variables have 2~12 month lags with respect to the month to be forecasted. The model is developed based on the data for 13 year period of 1989~2001 to examine the model performance. The skill score of the model for the forecasting period is 0.722~0.916, indicating that the model has a capability of forecasting the monthly precipitation in Jeju Island.

**Key words** : long-range forecast, regression equation, scatter diagram

### 서 론

월별 강수량의 장기예측은 예측과정에서 고려해야 하는 변수가 매우 다양하고 적용하는 자료의 종류와 양이 방대하여 그 정확성과 신뢰도의 측면에서 아직 미흡한 점이 많이 지적되고 있다.

강수량 예측에 관련된 연구를 보면 외국의 경우, Walker(1924)는 인도의 강수량을 예측하기 위해서 인도 강수량과 전세계의 기압, 온도와의 상관관계를 구했으며, 이것을 토대로 강수량을 예측할 수 있는 통계모형을 만들었다. Bell(1976a,b)은 홍콩의 여름철 강수량과 지난 1

월의 Irkutsk와 Tokyo 사이 기압차와 상관계수가 매우 높은 관련이 있음을 보였고, 이를 이용하여 홍콩의 여름철 강수량을 예측하였다.

국내에서 강수량 예측에 관련된 연구로, 강과 허(1992)는 한반도 6~7월의 강수량이 4월 북대서양과 시베리아에 500 hPa 고도값과 높은 상관이 있음을 밝혔고, 임(1992)은 200 hPa 12,400 m 등고선과 장마전선 사이에 밀접한 관계가 있음을 보였다. 또한 김과 변(2001)은 전국 고도값과 우리나라 1월부터 12월까지의 월강수량의 선형상관에 대해 조사하였다. 그리고 변(2001)등은 가을과 겨울에 가뭄을 발생시킨 근본적인 경향은 다음해

\* corresponding author : lmh502@kma.go.kr, 064) 733-1365, Fax : 064) 733-2365

봄철에는 물론, 장마철에까지 영향이 미침을 확인하였다. 그러나 이러한 연구의 대부분은 우리나라 전체평균에 대한 강수량을 예측하는데 그쳐서 지역적으로 커다란 편차를 보이는 각 지역에 대한 강수량의 예측은 전혀 없는 실정이다.

이번 연구에서는 강수량의 예측은 분석기간 동안의 월평균 강수량과 매달 각각의 표준등압면고도에서의 월평균 고도값과 파머 가뭄지수 사이의 다중상관관계를 모두 조사하였다. 이렇게 구한 다중회귀방정식을 채택하여 제주도 4개 지점의 월강수량을 예측할 수 있는 최적의 방정식을 만들었다. 또한 방정식을 만들 때 이용한 자료와 독립된 자료를 방정식에 적용하여 제주도 4개 지점의 월강수량을 예측을 시도하였으며, 생산된 예측강수량과 실제강수량을 비교하여 방정식의 신뢰성을 검증하였다.

### 자료 및 분석방법

이번 연구에서 사용된 자료는 1989년 1월부터 2001년 12월까지의 고산기상대의 고층관측자료 중 표준등압면고도(850, 700, 500, 300, 200, 150, 100hPa)에서의 월평균 고도값(gpm)과 같은 기간 제주도내 4개의 기상관측소(제주, 고산, 서귀포, 성산포)에서 관측된 월평균 강수량과 월평균 파머(Palmer)가뭄지수를 이용하였다. 분석기간의 선정은 고산기상대의 고층관측이 1988년 5월 이후부터 관측을 시작하였기 때문에 이 기간 이후부터 선정하였다.

제주지역 강수량 예측에 사용된 다중회귀방정식은 종속변수와 2개의 독립변수사이의 선형함수로 나타낸 모형으로서 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$Y = aX_1 + bX_2 + c$$

여기서 Y는 예측하려고 하는 종속변수인 제

주도 각 지점에서의 월평균 강수량이고,  $X_1$ 은 독립변수로서 제주지역 강수량과 상관성이 있을 것으로 사료되는 표준등압면고도에서의 월평균 고도값이고,  $X_2$  역시 독립변수로서 제주지역의 가뭄(건조)정도를 추정할 수 있는 월평균 파머 가뭄지수이다.

또한 예측된 강수량의 정확도를 알아보기 위해서 Barnett와 Hasselmann(1979)의 방법을 사용하여 검증하였다. 그들이 사용한 예측의 정확도 S는 다음과 같이 정의된다.

$$S = 1 - \frac{\langle \epsilon^2 \rangle}{\langle y^2 \rangle}$$

여기에서  $\epsilon$ 는 실제강수량과 예측강수량의 차이인 오차를 나타내며,  $y$ 는 실제강수량이다.  $\langle \rangle$ 는 예측기간(1988년 5월~2002년 2월)동안의 평균을 나타낸다. S가 0이면 전혀 예측이 맞지 않고, 1이면 실제와 같이 예측되었음을 의미한다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 고산지역 8월 강수량과 전년 9월 100hPa 고도값 및 1월 파머 가뭄지수의 다중상관관계

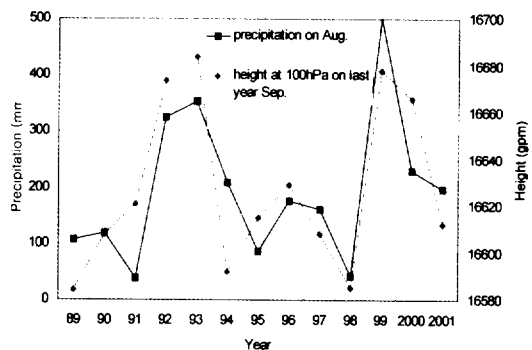


Fig. 1. Time series of the normalized height at 100hPa on last year September and the normalized precipitation on August in Gosan.

고산지역 8월 강수량과 전년 9월 100hPa 고도의 연도별 변화를 보면 91년과 95년을 제외하고는 대체로 같은 위상을 가지며 변하는 것을 볼 수 있다(Fig. 1).

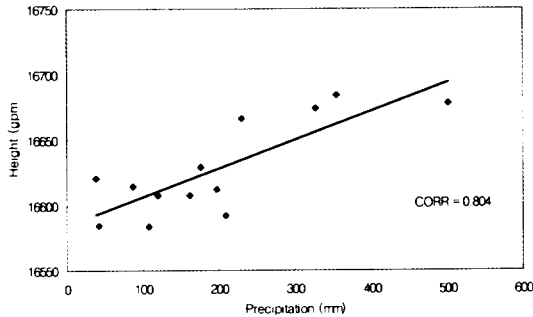


Fig. 2. Scatter Diagram between precipitation on August and height at 100 hPa on last year September.

고산지역 8월 강수량과 전년 9월 100 hPa 고도와의 분포도인데 이 둘 사이의 상관계수는 0.804로서 높은 양(+)의 상관을 보이고 있다(Fig. 2).

이 둘 이외에 파머의 가뭄지수까지 연관되어 구해진 다중회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = 3.108X_1 - 6.546X_2 - 51488$$

다중 상관계수 : 0.804

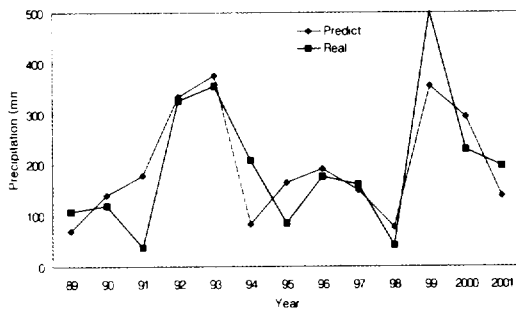


Fig. 3. Time series of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation for August in Gosan.

고산지역 8월 실제 강수량과 회귀방정식에 의한 예측 강수량을 서로 비교·검증한 그래프인

데 전년에 비해서 증가, 감소 경향은 대체적으로 예측이 가능하고, 평균 오차는 50 mm가량된다. 예측방정식의 정확도 S의 값은 0.881로써 두 개의 독립변수를 사용한 회귀방정식이 분석기간 동안의 강수량의 증감을 잘 예측하고 있음을 알 수 있다(Fig. 3).

## 2. 성산포지역 4월 강수량과 1월 150 hPa 고도값 및 전년 9월 파머 가뭄지수의 다중상관관계

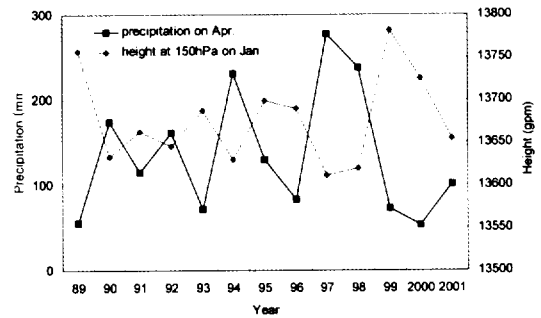


Fig. 4. Time series of the normalized height at 150 hPa on January and the normalized precipitation on April in Seongsanpo.

성산포지역 4월 강수량과 1월 150 hPa 고도의 연도별 변화를 보며는 Fig. 1과는 정반대로 반대 위상을 가지며 변하는 것을 볼 수 있다(Fig. 4).

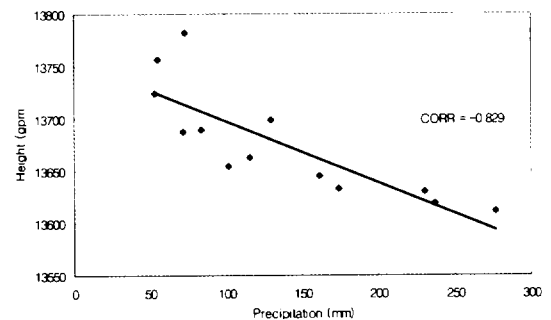


Fig. 5. Scatter Diagram between precipitation on April and height at 150 hPa on January.

성산포지역 4월 강수량과 1월 150 hPa 고도와  
의 분포도인데 이 둘 사이의 상관계수는 -0.829  
로서 높은 음(-)의 상관을 보이고 있다(Fig. 5).  
이 둘 이외에 파머의 가뭄지수까지 연관되어 구  
해진 다중회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = -1.096X_1 - 4.049X_2 + 15126$$

다중 상관계수 : -0.829

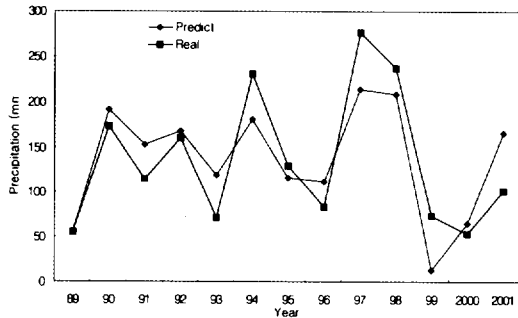


Fig. 6. Time series of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation for April in Seongsanpo.

성산포지역 4월 실제 강수량과 회귀방정식에  
의한 예측 강수량을 서로 비교·검증한 그래프  
인데 Fig. 3과 마찬가지로 증가, 감소 경향은  
대체적으로 예측이 가능하고, 평균 오차는 30  
mm가량된다. 예측방정식의 정확도 S의 값은  
0.914로써 Fig. 2보다는 좀더 정확하게 분석기  
간 동안의 강수량을 예측하고 있음을 알 수 있  
다(Fig. 6).

### 3. 제주도지역 강수량 예측 다중회귀방정식 산출

제주시 지역의 월별 강수량(Y)을 예측하기 위  
해서 두 독립변수에 대한 시계열을 이용하여 제  
주시 지역의 1월, 2월, 4월, 10월, 11월의 강수량  
예측을 가장 잘 표현하는 다중회귀방정식을 구  
하였다. 독립변수에 대응되는 표준등압면고도에  
서의 월평균 고도값( $X_1$ )과 월평균 파머 가뭄지  
수( $X_2$ )를 Table 1에 나타내었고, 예측의 정확도  
S의 값은 0.722~0.910이다.

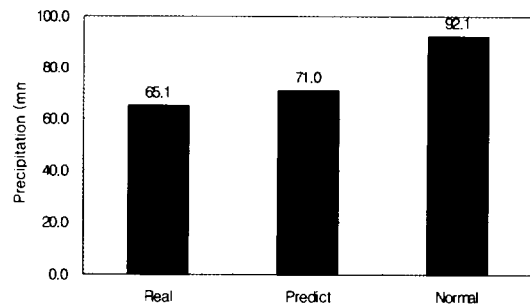


Fig. 7. The comparison of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation and normal precipitation for April in Jeju city(2002).

제주시 지역에서 다중회귀방정식을 검증하기  
위해서 조사기간 이후인 2002년 4월 실제 강수  
량과 예측 강수량과의 비교를 Fig. 7에 나타내  
었다. 이 그래프에서 실제 강수량은 65.1 mm로  
서 평년보다 27 mm 가량 적게 왔고, 다중회귀방

Table 1. Jeju city(North-Jeju Island)

Y	$X_1$	$X_2$	Multiple linear regression equation	S
Jan.	Last year Mar. 850hPa	Last year Aug.	$1.866X_1 - 1.715X_2 - 2692$	0.870
Feb.	Last year Aug. 200hPa	Last year Aug.	$-0.734X_1 - 5.222X_2 + 9215$	0.910
Apr.	Jan. 150hPa	Last year Oct.	$-0.696X_1 - 5.235X_2 + 9605$	0.880
Oct.	Aug. 500hPa	Jun.	$2.098X_1 + 13.043X_2 - 12219$	0.722
Nov.	Oct. 100hPa	Jul.	$-0.600X_1 - 7.034X_2 + 9971$	0.856

Table 2. Gosan(West-Jeju Island)

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Multiple linear regression equation	S
Feb.	Last year Aug. 150hPa	Last year Aug.	$-0.591X_1 - 5.739X_2 + 8493$	0.888
Apr.	Mar. 850hPa	Last year May.	$1.963X_1 - 13.327X_2 - 2825$	0.853
Jun.	May. 200hPa	Feb.	$0.961X_1 + 26.437X_2 - 11533$	0.916
Jul.	Last year Dec. 150hPa	Last year Aug.	$2.083X_1 - 25.632X_2 - 28448$	0.826
Oct.	Mar. 500hPa	Jan.	$-0.411X_1 + 5.523X_2 + 2349$	0.822
Nov.	Oct. 100hPa	Jun.	$-0.650X_1 - 20.462X_2 + 10781$	0.836

정식을 이용하여 산출한 예측 강수량은 71.0 mm 이다. 이 둘의 차이는 5.9 mm이다.

고산지역의 월별 강수량(Y)을 예측하기 위해서 두 독립변수에 대한 시계열을 이용하여 고산 지역의 2월, 4월, 6월, 7월, 10월, 11월의 강수량 예측을 가장 잘 표현하는 다중회귀방정식을 구하였다. 독립변수에 대응되는 표준등압면고도에서의 월평균 고도값(X<sub>1</sub>)과 월평균 파머 가뭄지수(X<sub>2</sub>)를 Table 2에 나타내었고, 예측의 정확도 S의 값은 0.822~0.916이다.

고산지역에서 다중회귀방정식을 검증하기 위해서 조사기간 이후인 2002년 7월 실제 강수량과 예측 강수량과의 비교를 Fig. 8에 나타내었다. 이 그래프에서 실제 강수량은 273.7 mm로서 평년보다 약 110 mm 가량 많이 왔고, 다중회귀방정식을 이용하여 산출한 예측 강수량은 평년값의 영향을 받지 않고 247.0 mm로 예측되었다.

이 둘의 차이는 26.7 mm이다.

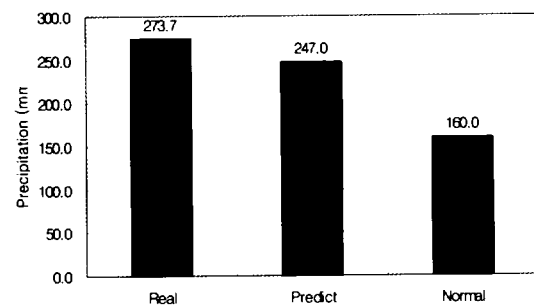


Fig. 8. The comparison of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation and normal precipitation for July in Gosan(2002).

서귀포 지역의 월별 강수량(Y)을 예측하기 위해서 두 독립변수에 대한 시계열을 이용하여 서귀포 지역의 2월, 3월, 4월, 6월, 8월, 10월, 11월

Table 3. Seogwipo(South-Jeju Island)

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Multiple linear regression equation	S
Feb.	Last year Jun. 100hPa	Last year Aug.	$-1.099X_1 - 6.152X_2 + 18342$	0.785
Mar.	Feb. 200hPa	Last year Apr.	$-0.416X_1 - 19.650X_2 + 5069$	0.902
Apr.	Jan. 100hPa	Last year Sep.	$-1.067X_1 - 9.280X_2 + 17439$	0.897
Jul.	Last year Dec. 100hPa	Apr.	$3.622X_1 - 94.008X_2 - 58453$	0.869
Aug.	Last year Sep. 100hPa	Jul.	$2.876X_1 + 10.383X_2 - 47511$	0.849
Oct.	Mar. 300hPa	Feb.	$-0.598X_1 + 11.977X_2 + 5592$	0.808
Nov.	Oct. 100hPa	Jun.	$-1.019X_1 - 21.291X_2 + 16889$	0.813

의 강수량 예측을 가장 잘 표현하는 다중회귀방정식을 구하였다. 독립변수에 대응되는 표준등압면고도에서의 월평균 고도값( $X_1$ )과 월평균 파머 가뭄지수( $X_2$ )를 Table 3에 나타내었고, 예측의 정확도 S의 값은 0.785~0.902이다.

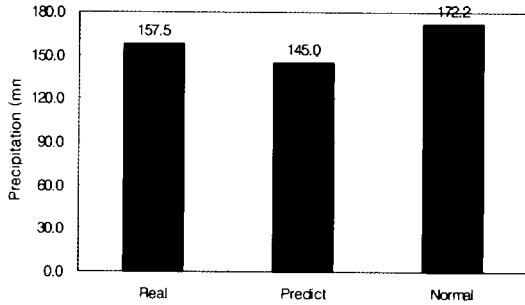


Fig. 9. The comparison of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation and normal precipitation for April in Seogwipo(2002).

서귀포지역에서 다중회귀방정식을 검증하기 위해서 조사기간 이후인 2002년 4월 실제 강수량과 예측 강수량과의 비교를 Fig. 9에 나타내었다. 이 그래프에서 실제 강수량은 157.5mm로서 평년보다 약 15mm 가량 적게 왔고, 다중회귀방정식을 이용하여 산출한 예측 강수량은 145.0mm이다. 이 둘의 차이는 12.5mm이다.

성산포 지역의 월별 강수량(Y)을 예측하기 위해서 두 독립변수에 대한 시계열을 이용하여 성산포 지역의 2월, 3월, 5월, 6월, 7월, 11월의 강

수량 예측을 가장 잘 표현하는 다중회귀방정식을 구하였다. 독립변수에 대응되는 표준등압면고도에서의 월평균 고도값( $X_1$ )과 월평균 파머 가뭄지수( $X_2$ )를 Table 4에 나타내었고, 예측의 정확도 S의 값은 0.793~0.896이다.

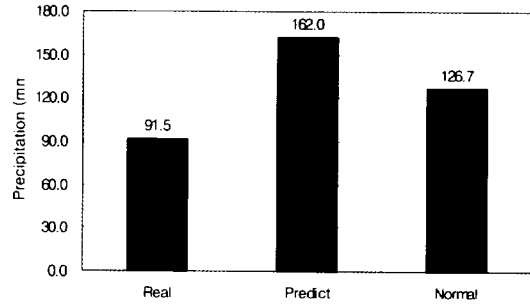


Fig. 10. The comparison of the precipitation which calculated by regression equation and the real precipitation and normal precipitation for March in Seongsanpo(2002).

성산포지역에서 다중회귀방정식을 검증하기 위해서 조사기간 이후인 2002년 3월 실제 강수량과 예측 강수량과의 비교를 Fig. 10에 나타내었다. 이 그래프에서 실제 강수량은 91.5mm로써 평년보다 약 30mm 가량 적게 왔는데, 다중회귀방정식을 이용하여 산출한 예상 강수량은 162.0mm로써 평년보다 오히려 30mm 가량 많이 예측이 되었다. 이 둘의 차이는 70.5mm로써 가장 크게 나타난다.

Table 4. Seongsanpo(East-Jeju Island)

Y	$X_1$	$X_2$	Multiple linear regression equation	S
Feb.	Last year Aug. 200hPa	Last year Dec.	$-0.718X_1 - 18.397X_2 + 9022$	0.863
Mar.	Last year Aug. 100hPa	Last year Jul.	$1.453X_1 + 11.486X_2 - 24168$	0.896
May.	Feb. 200hPa	Jan.	$-0.780X_1 - 26.287X_2 + 9644$	0.890
Jun.	Last year Sep. 100hPa	May.	$-1.168X_1 - 10.334X_2 + 19664$	0.891
Jul.	Last year Dec. 100hPa	Feb.	$3.097X_1 - 91.791X_2 - 50012$	0.862
Nov.	Oct. 100hPa	Oct.	$-1.091X_1 - 12.140X_2 + 18080$	0.793

**결 론**

이 연구는 제주지역의 월평균 강수량과 매달 각각의 표준등압면고도에서의 월평균 고도값과 파머 가뭄지수 사이의 다중상관관계를 모두 조사하였고 이렇게 구한 다중회귀방정식을 산출하여 통계방정식을 만들었다. 또한 방정식을 이용하여 생산된 예측 강수량과 실제 강수량을 비교하여 방정식의 신뢰성을 검증한 결과는 다음과 같다.

1. 분석결과를 토대로 강수량 예측이 가능한 달의 다중회귀방정식을 산출할 수가 있었다.
2. 제주지역의 월강수량 예측은 전년에 비해서 증가, 감소 경향은 대체적으로 예측이 가능하지만 강수량의 오차는 있었다.
3. 예측의 정확도 S의 값은 0.722~0.916으로 나타나서 예측방정식은 어느 정도는 유의성이 있는 것으로 나타났다.

앞으로 이 다중회귀방정식의 정확성을 높이기 위해서는 이번 연구에서 사용된 13년보다 더 긴 기간의 자료가 필요하고, 고도값과 파머 가뭄지수 이외에 강수량에 영향을 미치는 다른 기상요소들과의 상관성을 조사하고, 이러한 상관에 대한 역학적인 원인조사도 이루어져야 한다고 생각한다.

**참 고 문 헌**

강인식, 허창희, 1992 : 한반도 여름철 강수량의 장기예측, 한국기상학회지. 28-3, 283~292.

김기훈, 변희룡, 2001 : 통계적 방법에 의한 월 강수량의 장기예보, 한국기상학회보(대기), 11-1, 234~238.

변희룡외 7인, 2001 : 봄철 가뭄의 예측가능성 연구, 한국기상학회보(대기), 11-3, 334~341.

임규호, 1992 : 한반도 강수량과 북반구 여름철 대기순환의 계절변화, 한국기상학회지. 28-3, 269~282.

Barnett, T.P. and K. Hasselmann, 1979 : Techniques of linear prediction, with application to ocean and atmospheric fields in the Tropical pacific. Rev. Geophys. Space Phys., 17, 949~968.

Bell, G.T., 1976a : Seasonal forecasts of Hong Kong summer rainfall. Weather, 31, 208~212.

Bell, G.T., 1976b : Seasonal forecasts and northern hemisphere circulation anomalies. Weather, 31, 282~292.

Walker, G.T., 1924 : Correlation in seasonal variation of weather. India Met. Dept. Memoirs X X IV, 275~345.

