

# 김포국제공항 지역의 시정변화에 대한 통계적 분석

송 병 흠\* , 최 승 회\*\*

## The Statistical Analysis to predict Visibility Changes in KIMPO International Airport Area

B. H. Song , S. H. Choi

### 목 차

- I. 서론
- II. 시정예측을 위한 자료분석
  - 2.1 시계열 시정자료 분석방법
  - 2.2 시정자료의 회귀추세 분석
  - 2.3 시정자료의 주기성 분석
  - 2.4 시정자료의 종속성 분석
- III. 통계적 분석을 통한 시정예측 확률모형의 구축
- IV. 결론

### Abstract

On the basis of KIMPO visibility data measured for 17 years(Jan.1983 to Oct.1999), time-series data analysis is accomplished for regression trend, cyclical periodicity, dependency of these data in this paper. After that, to predict visibility in KIMPO international airport a probability model is presented using this statistic probability characteristics.

\* 한국항공대학교 항공운항학과 교수

\*\* 한국항공대학교 교양학부 교수

## I. 서론

현재 항공교통수단은 다른 교통수단과는 달리 가장 신속하게 이동하는 장점을 지닌 대중적인 교통수단으로서 모든 부문에서 우위를 점하지만 결항이나 지연으로 인한 정시성이 낮아지게 되면 교통수단으로의 경쟁력도 낮아지게 된다. 이러한 결항이나 지연의 주요원인인 시정은 영향정도를 대략적으로 알아보기 위하여 김포국제공항에서의 자료를 참조하면 1990년부터 1999년까지 안개로 인한 결항율은 전체적으로 증가하고 있고 결항률에 미치는 영향도 증가하여 50%까지 되고 있다.(표-1 참조) 즉, 현재 김포공항에서는 시정의 영향이 결항률에 약 50%정도까지 미칠 수 있어서 시정은 항공기운항의 주요 영향요소가 되고 있다.

장래에 첨단항공기를 개발하고 지상에 새로운 항공보안시설을 설치한다고 하여도 비행단계중 사고확률이 가장 높은 이·착륙단계에서는 활주로주변의 시계확보가 이루어져야 안전운항을 할 수 있을 것이다. 그러나 지구의 온난화, 도시개발로 녹지환경의 파괴, 산업화로 인한 대기오염, 기타요소 등으로 인하여 우리 나라에서도 대부분 공항의 시정은 시간이 지남에 따라 서서히 낮아질 가능성이 높다. 이는 장래 운항환경을 현재보다도 더 나쁘게 변화시키는 주요 영향요인이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 과거 17년간(1983.1-1999.10) 김포공항 지역에서 오전 7시부터 오후 11사이에 관측된 시정에 대한 일일의 자료를 평균한 월별 시계열 자료를 기초로 하여, 시정 변동에 대한 回歸趨勢, 週期性 및 從屬性 등을 포함한 確率 및 統計의 특성을 분석한다. 이와 같은 성질을 기초로 하여 시정에 대한 장기변동의 예측을 위한 확률모델을 구축하고자 하며, 이 예측모델이 장래 기상예측, 비행안전과 운항계획에 기초자료로 활용될 수 있다.

표-1 김포국제공항에서의 안개로 인한 결항률영향 추세

구분	'90	'91	'92	'93	'94	'90-'95 평균	'95	'96	97'	98'	'99	'95-'99 평균
총운항편수중 안개로 인한 결항률	1.7	0.9	0.4	0.6	0.5	0.8	1.6	1.8	0.8	1.8	1.4	1.5
결항률 중 안개로 인한 결항률	52.1	27.7	19.3	23.7	18.6	28.3	49.8	60.1	33.3	55.8	49.1	49.6

\*자료 : 한국공항공단, 결항요인은 안개, 강설, 강우, A/C접속, A/C정비, 여객처리, 복합원인, 기타로 구분됨.  
\*참고 : 1999년도 자료는 1월부터 10월까지의 자료를 평균한 것임.

## II. 시정예측을 위한 자료분석

### 2.1 시계열 시정자료 분석방법

시계열 자료(time series dat)란 어떤 규칙이나 우연성에 의해 시간에 따라 변하는 현상을 기록한 자료이다. 경제학의 물가지수, 기상학의 월별 강수량과 오존양, 농학의 쌀 수확량, 의학의 심전도, 전자공학의 신호(signal)의 강약, 사회과학의 출생률과 사망률, 항공운항의 일별 비행시간, 일별 항공기 이용자수등 시계열 자료는 여러 분야에서 빈번히 발생한다.

시계열 자료를 분석하는 첫 번째 목적은 주어진 시계열 자료를 관찰하고 통계적으로 분석하여 시계열 자료가 내포하고 있는 확률적 체계를 조사하여 자료에 대한 확률적인 모형을 유도하는 것이다. 두 번째 목적은 과거의 자료로부터 얻어진 모형을 사용하여 미래를 예측하는 것이다.

시계열 분석은 접근방법에 따라 자기회귀이동평균(autoregressive moving average model)과 같은 시간영역분석(time domain analysis)과 스펙트럴분석(spectral analysis)와 같은 진동영역분석(frequency domain analysis)로 구분된다[3]. 자기상관관계가 있는 시계열 자료를 회귀모형으로 분석할 경우 오차를 줄이기 위해서 과거의 자료를 독립변수로 이용하는 자기회귀 방법이다. 스펙트럴분석은 정상성(stationarity)을 갖는 시계열에 대한 각각의 주기함수들의 영향력을 스펙트럴 밀도함수로 표시하여 영향력이 큰 주기를 찾아내는 방법이다.

시계열 자료에 대한 분해법(decomposition method)은 자료가 가지고 있는 패턴(pattern)을 여러 성분의 부분 패턴(subpattern)으로 분해하는 것이다. 시계열 자료의 변동요인은 인구증가나 일기의 변화와 같이 장기간에 걸쳐서 일정한 방향으로 증가 또는 감소하는 추세요인(trend effect,  $T_t$ ), 일정한 주기를 가지고 상하로 변동하는 순환요인(cyclical effect,  $C_t$ ), 요일, 월, 분기, 년등 고정된 주기에 따라서 변동하는 계절요인(seasonality

effect,  $S_t$ ), 그리고 이 세가지 요인으로 설명할 수 없는 오차에 해당되는 불규칙요인(irregularity effect,  $I_t$ )으로 나누어 진다. 시계열 자료의 특성에 따라 다음과 같은 모형으로 표시한다.

$$\text{가법모형} : Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t$$

$$\text{승법모형} : Y_t = T_t S_t C_t I_t$$

$$\text{log 가법모형} : \log Y_t = \log T_t + \log S_t + \log C_t + \log I_t$$

가법모형인 경우에는 불규칙변동은 평균이 0이고 분산이 일정한 정규분포를 가정하고, 승법모형인 경우에는 일정한 분산과 평균이 1인 정규분포를 따르는 것으로 가정한다.

본 연구에서는 과거 17년간(1983.1-1999.10) 김포공항 지역(110)에서 오전 7시부터 오후 11사이에 관측된 시정에 대한 월별 시계열 자료를 기초로 하여, 시정 변동에 대한 回歸趨勢, 週期性 및 從屬性 등을 포함한 確率 및 統計의 특성을 연구하고, 이와 같은 성질을 기초로 하여 시정에 대한 장기변동의 예측을 확률모형을 연구하고자 한다.

김포공항 지역에 대한 시정( $Y_t$ )의 가장 큰 특징은 그림-1에서와 같이 감소추세의 직선 주위를 상하 진동하며 같은 수준이 반복되는 뚜렷한 週期性이다. 이와같은 관점에서 볼 때, 시점  $t$ 에서의 시정  $Y_t$ 는 추세성분, 주기성분, 그리고 종속성분의 합인 가법모형

$$(1.1) \quad Y_t = D_t + C_t + S_t + E_t$$

으로 생각할 수 있다. 여기서  $D_t$ ,  $C_t$ ,  $S_t$ 는 각각 시정에 대한 회귀추세, 주기성 그리고 종

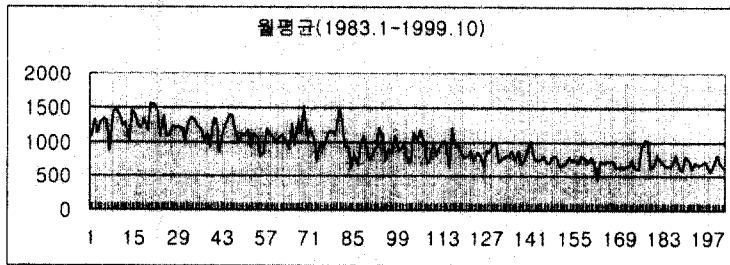


그림-1 시정에 대한 월 평균

속성을 표시하는 성분함수이며  $E_t$ 는 측정오차를 포함하는 확률오차성분을 표시한다. 특히 종속성분과 오차성분의 합인  $Z_t (= S_t + E_t)$ 는 보통 정상인 계수(p,q)의 自己回歸移動平均인 ARMA(p,q)모형

$$\sum_{j=0}^p a_j Z_{t-j} = \sum_{k=0}^q b_k e_{t-k} \quad (p, q \text{는 양의 정수})$$

으로 설명된다. 이 때  $e_t$ 는 白色(white noise)誤差이다. 기본식(1.1)에 위에서 정의한  $Z_t$ 을 이용하면 시정은

$$(1.2) \quad Y_t = D_t + C_t + Z_t$$

으로 표시된다.

본 연구에서는 시정에 대한 장기적인 예측을 위하여 추세성분, 주기성, 그리고 종속성에 대하여 차례로 추정한다.

## 2.2 시정자료의 회귀추세 분석

시정( $Y_t$ )에 대한 회귀분석이란 전체 자료에 대한 증가와 감소의 변화량을 적절하게 설명하는 함수와 함수의 미지수를 찾아내고 그 유의성을 검증하는 것이다.

아래 그림-2에서와 같이 시정 자료는 지속적으로 감소하는 경향이 있다. 시정에 대한 장기적인 추세는 선형 함수, 지수함수, 그리고 로그함수를 사용하여 표시할 수 있다.

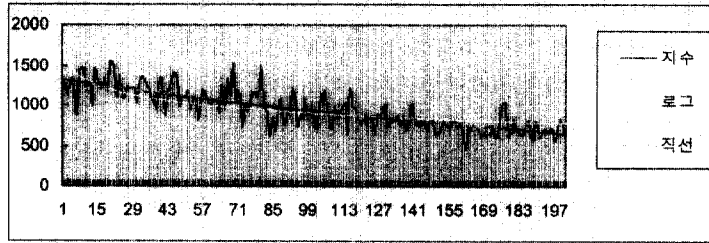


그림-2 시정자료에 대한 추세선

감소하는 시정에 대한 추세선으로 세 함수 모두 사용할 수 있으나 비선형 회귀분석 결과 로그함수는 t값이 증가하면 증가할수록 시정자료와의 오차가 점 점 커짐으로 시정자료에 대한 추세를 설명하기에는 부적합하다고 볼 수 있다. 따라서 시정에 대한 전체적인 감소추세를 설명하는 추세선을 1차함수와 지수함수로 하고 각 함수의 모수를 최소자승법(least square method)

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i, \theta))^2 = Min!$$

을 사용하여 추정한 결과는 다음과 같다.

$$Y_t = \hat{a} + \hat{\delta}t = 1294.552 - 3.4319t$$

$$Y_t = \hat{a}e^{t \cdot \hat{\beta}} = 1341.1225e^{-0.0037t}$$

회귀추세의 특성중 시간에 따른 변화를 설명하는 모수  $\beta$ (혹은  $b$ )는 중요한 의미를 가지는데 만약  $\beta$ 의 추정량이 0에 가까우며 실제로 이 값이 0인지, 아닌지에 대한 有意性 검정을 하여야 한다. 代立假說 " $\beta < 0$ "에 대한 歸無假說 " $\beta = 0$ "은 t-통계량 값이

$$t^* = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})} = \frac{-0.0037}{0.0002} = -19$$

이고 p-값이 0.0001이므로 有意水準 0.01에서도 쉽게 棄却됨을 알 수 있다 (표-2 참고).

표-2 회귀분석에 대한 결과

추세함수	결정계수	추정량	표준오차(SE)	T-값	p-값
1차 함수	0.6504	1294.552	20.8268	62.158	0.0001
		-3.4319	0.178	-19.289	0.0001
지수 함수	0.6639	1341.1225	0.02145	335.1	0.0001
		-0.0037	0.0002	-19.875	0.0001

### 2.3 시정자료의 주기성 분석

관찰된 시정 자료( $Y_t$ )에서 추세요인을 제거한 제 1의 잔차( $r_t^1$ )들의 확률적 특성을 모형화 하기 위해 먼저 잔차( $r_t^1$ )가 0을 중심으로 완전히 임의적으로 분포하고 있는지를 알아 보아야 한다 (그림-3 참조). 만약 잔차( $r_t^1$ )가 유의수준하에서 0을 중심으로 무작위하게 분포되어 있지 않다면 잔차( $r_t^1$ )가 내포하고 있는 통계적인 사실을 규명하여야 한다. 잔차( $r_t^1$ )가 난수성(randomness)을 가지고 있는지 조사하기 위해 Fisher의 Kappa 통계량[5]

$$K = \frac{(M-1)\Gamma(\omega_i)}{\sum_{i=1}^{M-1} K(\omega_i)}$$

이 사용된다. 여기서  $K(\omega_i)$ 는  $\frac{2\pi i}{n}$ 에서 피리오도그램이며  $\Gamma(\omega_i)$ 는  $\{K(\omega_1), \dots, K(\omega_{M-1})\}$ 에서 최대값이다.

그리고  $n$ 은 전체 표본수이며  $M = [\frac{n}{2}]$ 이다. 또한 자료에 숨어있는 주기성을 찾기 위하여 Bartlett는 다음과 같은 Kolmogorov-Smirnov 통계량[1]

$$D = \max \left| C_i - \frac{k}{M-1} \right|$$

을 제시하였다. 여기서

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^k I(\omega_i)}{\sum_{i=1}^M I(\omega_i)} \quad (k=1, \dots, M-1)$$

이다. Kappa의 검정 통계량값이 1보다 아주 크면 “난수성이 없다”는 대립가설을 채택하고 통계량 값이 1에 가까우면 “난수성이 있다”는 귀무가설을 채택한다. 통계분석 프로그램인 SAS을 이용한 Spectral 분석 결과 Kappa 통계량 값은 14.0278이고 Kolmogorov-Smirnov 통계량 값은 0.19318이므로 난수성이 없다는 대립가설이 채택됨으로 추세선을 제거한 잔차( $r_t^1$ )에 대한 순환요인을 분석하여야 한다. 추세요인처럼 안정적이지 못한 순환요인은 상하로 하는 진동이 고르지 못하며 변동의 진폭도 다르므로 주기나 진폭에 대한 일정한 규칙성을 가지고 있지 않다.

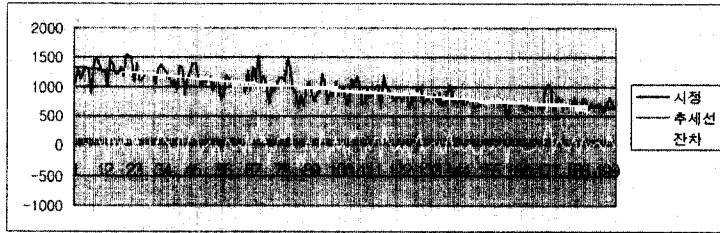


그림-3 잔차( $r_t^1$ )와 추세선

시계열의 주기성을 파악하는 방법은 잔차에 대한 피리오도그램이나 잔차에 적당한 가중치를 사용하여 평활시킨 스펙트럼의 추정값을 사용한다. 피리오도그램은 근사적 불편성은 만족하지만 충분한 크기에도 분산이 감소하지 않는 일치성을 갖지 못하는 결점을 평활법은 보완하여 준다[2]. 잔차에 대한 피리오도그램이나 가중함수의 이동평균에 의한 평활법을 이용하여 분석한 결과는 그림-4에서 처럼 월별 시정자료는 35개월의 주週期와 18개월의 副週期가 있음을 확인할 수 있다.

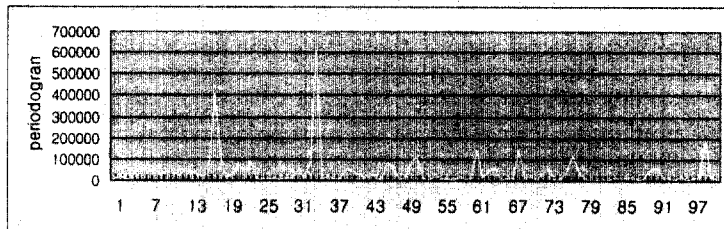


그림-4a 잔차( $r_t^1$ )의 주기성

스펙트럴분석을 사용하여 확인된 주기를 기초로하여 적은 개수의 모수를 가지고 나타낼수 있는 삼각함수들의 선형결합으로 회귀추세를 제거한 시정자료를 표현할 수 있으므로 시점  $t$ 에서의 시정자료의 주기성분  $C_t$ 는 다음과 같은 조화함수로서 나타낼수 있다.

$$C_t = p_0 \sin(p_1 + p_2 t) + s_0 \sin(s_1 + s_2 t)$$

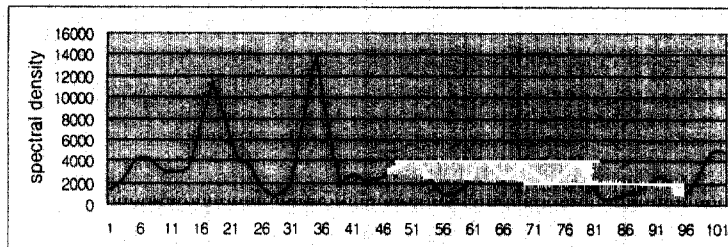


그림-4b 잔차( $r_t^1$ )의 주기성

이 때 계수  $p_i$ 와  $s_i$ 를 추정하기 위하여 최소자승법을 사용한다. 여기서 이용되는 최소자승법에 사용되는 모델의 오차항은 일반적으로 종속상태에 있으므로 종속성으로부터 파생되는 추정값의 불일치성을 고려하여 분산 공분산행렬을 가중행렬로 갖는 일반화된 최소자승추정법이 바람직하다. 그러나 殘差를 기초로하여 종속성 분석을 분석하는 본 연구에서는 항등행렬을 가중행렬로 하는 최소자승법이 더 유용하다.[2] SAS의 비선형회귀 분석을 사용하여 추정된 계수의 추정값은 다음과 같다.

$$\hat{p}_0 = 68.0035, \quad \hat{p}_1 = 9.698, \quad \hat{p}_2 = 0.523$$

$$\hat{s}_0 = 80.8449, \quad \hat{s}_1 = 10.333, \quad \hat{s}_3 = 1.051$$

또한 표-2에서  $MSR=23770084.41$ 이고  $MSE=16152.39$ 이므로 F-검정을 위한 검정통계량 값은

$$F_o = \frac{MSR}{MSE} = 1471.65$$

이다. 따라서 F-값이  $F_{8,194} = 1.94$ 보다 크므로 "추정된 모수가 零"이라는 귀무가설

(즉  $H_o: p_i = s_i = 0, i = 1, 2, 3$ )은 유의수준 0.01하에서 棄却됨으로 추정된 非線型回歸模型은 適合하다고 볼 수 있다.

표-3 비선형회귀분석의 분산분석표

Source	DF	Sum of Square	Mean Square
Regression	8	190160675.27	23770484.41
Residual	194	3133563	161152.39
Corrected Total	201	12437982	

### 2.4 시정자료의 종속성 분석

관측된 시정 자료에 앞에서 분석된 추세성분과 주기성분을 제외한 제 2의 잔차( $r_2^2$ )의 확률오차구조를 조사하여 보자. 시정 자료에 종속성이 내포되어 있는지를 알아 보기 위해 잔차( $r_2^2$ )의 종속성분을 설명하여 보자(그림-5 참조).

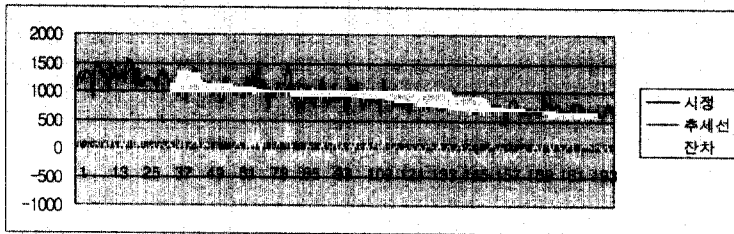


그림-5a 잔차( $r_2^2$ )와 적합계열

만일 잔차계열( $r_2^2$ )가 백색잡음(White noise)이면 시정자료는 종속성을 내포하지 않고 있으므로 시정자료는 추세성분과 주기성분 그리고 오차항으로 이루어진 것으로 분석할 수 있다. 잔차계열( $r_2^2$ )가 백색잡음인지를 알아보기 위해 다음과 같은 Box-Pierce가 제시한 Chi-Square 통계량이 사용된다.

$$Q = n(n+1) \sum_{i=1}^K \left( \frac{1}{n-i} \right) r_i^2(\epsilon)$$

여기서  $n$ 은 전체 시계열 자료의 수(202),  $K$ 는 시차(lag)로서 보통 12, 24, 36을 사용하며

$r_i^2(\epsilon)$ 는 잔차에 대한 시차  $i$ 에서의 표본자기상관계수이다.

표-4 백색잡음의 상관계수 검증

Lag	Chi-Square	DF	Correlation						
			0.552	0.033	0.086	0.070	-0.097	0.026	0.012
6	4.94	6	0.409	-0.148	0.059	0.048	0.016	-0.086	0.001
12	12.47	12	0.078	0.023	-0.106	-0.172	0.087	-0.126	0.037
18	27.06	18	0.109	0.060	-0.032	-0.113	-0.082	-0.021	-0.019
24	32.79	24							

표-4에서 시차 6, 12, 18, 24에 대하여 p-값이 모두 0.05보다 크므로 잔차계열( $r_t^2$ )은 백색잡음으로 판단할 수 있다. 따라서 시정자료( $Y_t$ )는 추세요인과 순환요인 그리고 관측할 수 없는 오차항으로 구성되었다고 판단할 수 있다. 시계열 모형에서 오차항의 구조는 정규분포를 따른다고 가정함으로 잔차( $r_t^2$ )가 정규분포를 이루고 있는지를 검정하여야 한다. "잔차( $r_t^2$ )가 정규분포를 따른다"는 귀무가설을 검정하기 위한 Kormogorov-Smirnov 검정 통계량값이 0.993667이고 p-값이 0.9939이므로 잔차( $r_t^2$ )는 정규분포를 따른다고 볼 수 있다.

한편 잔차계열( $r_t^2$ )의 자기상관함수(AFC)가 지수적으로 감소하지 않고 상당히 느리게 감소하고 있으므로 잔차( $r_t^2$ )는 평균과 분산 및 자기공분산이 시간의 변화에 영향을 받지않는 정상시계열이 아닌 비정상성을 내포하고 있다고 판단할 수 있다(그림-5 참조).

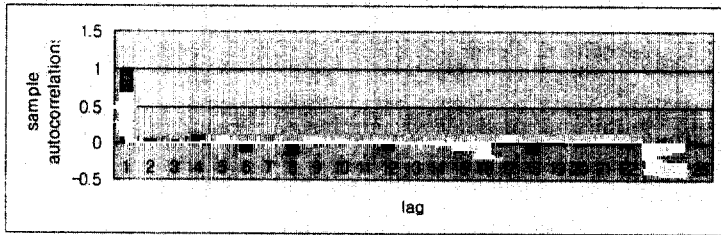


그림-5b 잔차( $r_t^2$ )에 대한 표본자기상관계수

주어진 시계열이 비정상성을 갖고 있다면 정상성을 가지는 시계열로 변형하기위해 변수변환을 통하여 시점에 관계없이 분산이 동일하게 하거나 차분을 이용하여 평균이 일정하게 할 수 있다. 잔차( $r_t^2$ )의 일차차분( $w_t$ )에 대한 Box-Pierce의 Chi-Square 통계량을 이용하여 일차차분( $w_t$ )는 백색잡음이 될 수 없다고 분석할 수 있다. 또한 그림-6에서 제시된 자기상관함수와 부분상관함수로부터 일차차분( $w_t$ )은 자기회귀(AR : Autoregression)과정

$$w_t = a_0 + a_1 w_{t-1} + \dots + a_p w_{t-p} + \varepsilon_t$$

을 따르고 있음을 유추할 수 있다.

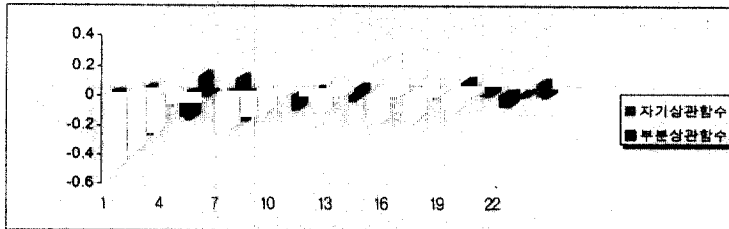


그림-6 일차차분( $w_t$ )의 표본상관함수

자기회귀이동평균(ARMA)모형을 객관적으로 식별하기 위하여 Akaike은 다음과 같은 통계량[1][5]

$$AIC(p, q) = \ln \hat{\sigma}_e^2(p, q) + \frac{2(p+q)}{n}$$

을 제시하였다. 이 때  $AIC(p, q)$ 를 최소화하는  $(p, q)$ 를 차수로 택한다. 표-5에서 표시된 AIC와 SBC의 값은 일차차분( $w_t$ )의 적절한 모형은 AR(9)이나 AR(7)임을 알 수 있다.

표-5 자기회귀모형에 대한 AIC와 SBC

AR(p)	AR(7)	AR(9)	AR(15)	AR(20)
AIC	2540	2535	2536	2539
SBC	2567	2568	2589	2608

일차차분( $w_t$ )을 9차의 자기회귀모형을 따르고 있으므로 다음과 같은

$$w_t = a_0 + a_1 w_{t-1} + \dots + a_9 w_{t-9}$$

식의 모수를 SAS의 ARIMA절차를 사용하여 구한 추정치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 &= 0.5489, & \hat{a}_1 &= -0.8679, & \hat{a}_2 &= -0.75849, & \hat{a}_3 &= -0.54856 \\ \hat{a}_4 &= -0.39067, & \hat{a}_5 &= -0.43973, & \hat{a}_6 &= -0.37575, & \hat{a}_7 &= -0.45736 \\ \hat{a}_8 &= -0.27129, & \hat{a}_9 &= 0.11550 \end{aligned}$$

이제 관찰된 시정자료( $Y_t$ )에 회귀추세, 주기성분, 종속성분을 제외한 잔차( $r_t^3$ )의 적합도 검정을 앞에서 사용한 Q-통계량을 이용하면 잔차계열( $r_t^3$ )은 백색잡음이 되는 것을 알 수 있다.

### III. 통계적 분석을 통한 시정예측 확률모형의 구축

(1.2)식에서 정의한 모형은 추세요인과 순환요인을 분석하여 얻은 결과를 이용하면 김포공항지역에서의 시정에 대한 확률적 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_t = & 1341.1225 \text{Exp}(-0.0037 * t) + 6.80035 \text{Sin}(9.696 + 0.523 * T) \\ & + 80.8449 \text{Sin}(10.333 + 1.051 * t) + \epsilon_t \end{aligned}$$

따라서 김포공항지역의 시정은 지수적으로 점점 감소하고 있으며 년별 주기성을 나타내고 있다. 또한 시정자료의 종속성을 고려하여 분석한 자기회귀모형에 의한 확률적인 모형도 위 모형과 비슷하게 나타남을 알 수 있다.

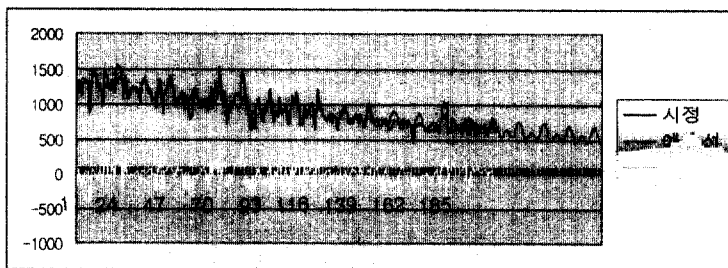


그림-7 종속성이 없는 적합선



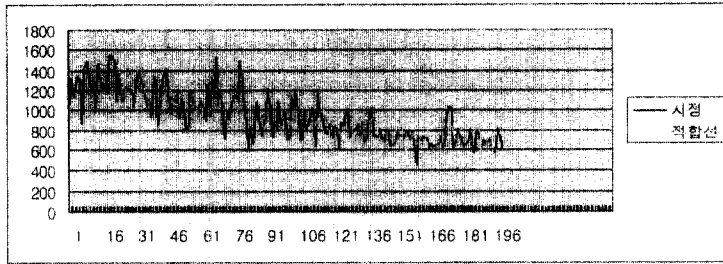


표-8 자기회귀모형을 이용한 확률적 모형

#### IV. 결론

이상과 같이 과거 김포국제공항의 월 평균 시정자료를 시계열 분석방법으로 접근하여 시정변동에 대한 회귀 추세, 주기성과 종속성을 분석하여 구축한 확률모형으로 장기변동예측을 연산하여 수치로 나타내 보았다.(표-6 참조)

예측은 1998년도에서부터 5년간(2003년)을 하였는데 김포의 시정은 변동주기를 가지며 매년 28~25m씩 감소할 것으로 나타나 장래 시정으로 인한 결항률이나 결항률에 미치는 비율이 증가할 것으로 예측된다.

향후 연구과제로는 결항률과 시정변동과의 관계를 규명하여 시정변화로 결항률을 예측할 수 있는 모형을 연구할 예정이다.

표-6 확률모형을 이용한 김포국제공항 시정 예측치 (단위 : m)

구분	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	평균
1월	581.0091	556.1158	532.5346	510.2043	489.0660	533.7860
2월	638.7997	613.4534	589.2480	566.1236	544.0230	590.3296
3월	667.7177	638.8522	611.0572	584.2803	558.4718	612.0759
4월	633.4865	601.4982	570.6773	540.9778	512.3557	571.7991
5월	578.6855	547.0489	516.7412	487.7153	459.9258	518.0234
6월	577.0684	548.8987	522.1156	496.6650	472.4947	523.4485
7월	653.7046	628.7113	604.9948	582.4952	561.1546	606.2121
8월	752.8317	727.7066	703.6855	680.7100	658.7240	704.7316
9월	787.6270	759.4489	732.3078	706.1526	680.9349	733.2942
10월	723.4972	692.7075	663.0562	634.4985	606.9917	664.1502
11월	612.1462	582.0896	553.3355	525.8376	499.5518	554.5921
12월	542.3291	515.8266	490.6845	466.8495	444.2703	491.9920
평균	645.7419	617.6965	590.8699	565.2091	540.6637	( 592.0362)

#### ▣ 참고 문헌

1. 최병선, 단변량 시계열 분석1, 세경사, 1992.
2. 김해경외 2인, 서울의 오존전량 변동과 경향, 한국기상학회지 30집, 1994.
3. 김영현, 시계열분석과 예측, 자유아카데미, 1990.
4. 이종협 외 1인, SAS/ETS-시계열분석, 자유아카데미, 1992.
5. Brocwell, Time series ; Theory and Method, Springer-Verlag, 1986.
6. 기상청, 김포공항의 시정, 강수, 바람 기상자료, 1999
7. 한국공항공단, 국내공항의 결항 및 지연 현황, 1999 / 항공통계, 1998