

大気汚染濃度の予測に関する一考察

信州大学工学部 正 員 奥谷 巖
信州大学工学部 学生員 ○馬 上 英 機

1 まえがき

近年、自動車の大衆化によって、自動車からの排出物質による大気汚染が注目されるようになった。本研究は、道路評価の観点から、排気ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)をとり挙げ、交通量をはじめとする状態量と大気汚染の関係を考えるとともに、大気汚染濃度の予測を行なおうとするものである。

2 系の状態量と汚染濃度の単相関

まずはじめに、大気空間を1つの系と考えた場合の、その系の状態量と NO_x 汚染濃度の相関分析を行う。本研究でとり挙げた状態量は以下のとおりである。

- 1 交通量(台/時) 2 X方向の風速($\text{m}/\text{秒}$)
- 3 Y方向の風速($\text{m}/\text{秒}$) 4 気温($^{\circ}\text{C}$)
- 5 湿度(%) 6 日射量(cal/cm^2)
- 7 雲量(割)

また、説明の便宜上、 NO_x 濃度を8番目の状態量としておく。なお、Y方向は交通の流れ方向を、X方向はそれに直角な方向を表し、また NO_x 濃度は路肩3地点の1時間ごとの平均値を表し、合計10数日分のデータが得られている。分析結果は表1、2に示す通りである。

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.000							
2	-0.201	1.000						
3	-0.033	0.058	1.000					
4	0.503	-0.316	-0.018	1.000				
5	-0.476	0.225	0.251	-0.596	1.000			
6	-0.362	-0.067	-0.035	0.184	-0.345	1.000		
7	-0.482	0.233	0.044	-0.408	0.382	-0.224	1.000	
8	0.613	0.102	0.199	0.066	0.085	0.156	-0.228	1.000

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.000							
2	-0.371	1.000						
3	-0.052	0.225	1.000					
4	0.624	-0.485	-0.058	1.000				
5	-0.655	0.482	-0.063	-0.760	1.000			
6	-0.490	-0.453	-0.083	0.599	-0.718	1.000		
7	0.087	0.065	0.048	0.005	0.323	-0.169	1.000	
8	0.566	-0.336	-0.066	0.562	-0.490	0.307	0.062	1.000

これらの表より次のことがいえる。すなわち、説明変数となる各状態量間では強い相関はみられず、表の最下行は NO_x 濃度と他の状態量の単相関を示しているが注目に値する程相関の高いものは見あたらない。このことは汚染濃度を単独の説明変数で説明することの困難性を示唆するものであろう。3重回帰分析・数量化理論I類による大気汚染濃度の予測

(予測方法I) 重回帰分析による予測

予測のために用いる m 個の状態量を $X_1(t) \sim X_m(t)$ とする。ここに t は時刻を表すものとする。現時点をいまとして r 時点前までの状態量を説明変数とし、 NO_x 濃度 $Y(t)$ を予測すると、

$$Y(t) = Q_1^0 X_1(t) + Q_1^1 X_1(t-1) + \dots + Q_1^r X_1(t-r) \\ + Q_2^0 X_2(t) + Q_2^1 X_2(t-1) + \dots + Q_2^r X_2(t-r) \\ + Q_m^0 X_m(t) + Q_m^1 X_m(t-1) + \dots + Q_m^r X_m(t-r) + b_0$$

となる。ここに Q_m^r , b_0 は最小二乗法によって定めた係数である。本研究では上式を用いて各地点とも、10日分の実測値により Q_m^r , b_0 を定め、各々残りの日数にそれを用いて NO_x 濃度の予測を行なった。分析結果は表3に示す通りである。

次に我々は予測精度を高めることを考え以下のような実測値の変換を行う。

第1に実測値は時間ごとのばらつきが激しいため、指数平滑法を用いて実測値を滑らかにする。

第2に予測は10数日という短期間なものであるから、気象条件、交通需要に顕著な変化は見られず、にがよったパターンを示す。そこで d 日目の t 時刻における実測値も n 日前の t 時刻までさかのぼり平均化する方法をとった。 d 日目の t 時刻の変換値は次式で表される。

$$\bar{x}_i^d(t) = x_i^d(t) + x_i^{d-1}(t) + \dots + x_i^{d-n}(t) / (n+1)$$

以上のように実測値を、指数平滑化、平均化した時の予測を行う。分析結果は表4に示す通りである。

なお状態量としては前節で示したもののすべてを採用しており、また0~9は γ の値を、A, B, C, T, MCCは単純平均誤差率、荷重平均誤差率、最大誤差率、一致係数、重相関係数、DIは1次平滑化データを、D2は2次平滑化データを、D3は平均化データをそれぞれ表しており、各欄中、上段の値は真値を生データとした場合の誤差率を、下段の値は真値と平滑値とした場合の誤差率を表わしている。

関東A市

表3.

	A	B	C	T	MCC
1	0.374 0.299	0.397 0.359	1.659 1.170	0.794 0.812	0.817
2	0.361 0.282	0.380 0.342	1.699 1.027	0.800 0.819	0.834
3	0.355 0.280	0.374 0.334	2.009 0.751	0.800 0.821	0.846
5	0.359 0.277	0.381 0.330	1.825 0.983	0.803 0.826	0.866
7	0.336 0.278	0.367 0.327	1.161 0.914	0.811 0.830	0.879
9	0.369 0.296	0.390 0.349	2.415 1.338	0.813 0.827	0.902

関東A市

表4.

	A	B	C	T	MCC
D1	0.368 0.291	0.399 0.353	1.554 0.933	0.782 0.808	0.776
D2	0.362 0.293	0.419 0.365	1.743 1.045	0.768 0.800	0.766
D3	0.300 0.268	0.333 0.320	0.961 0.774	0.827 0.835	0.790

(予測方法Ⅱ) 数量化理論Ⅰ類による予測

予測方法Ⅰでは、状態量を定量的に与えたが、ここでは説明変数の非線形的影響を考察すべく、説明変数を定性的データとして与える。

まず $X_{ik}(t)$ を次のように定義する。

$$\begin{cases} X_{ik}(t)=1 & \text{時刻}t\text{において、}i\text{番目アイテムが} \\ & \text{}k\text{番目カテゴリーに反応するとき。} \\ X_{ik}(t)=0 & \text{そうでないとき。} \end{cases}$$

NO_x 汚染濃度 $Y(t)$ を予測すると、

$$Y(t) = \sum_k \sum_i X_{ik}(t) Q_{ik}$$

となる。 Q_{ik} は最小二乗法によって定めた係数である。本予測においては、予測方法Ⅰと同様に10

日分によって Q_{ik} を定め NO_x 濃度の予測を行なうものとする。数量化理論Ⅰ類による分析結果を表4に示す。なお1~7は2節の状態変量を、E, M, PCC, MCC, はレンジ, NO_x 濃度の平均値, NO_x 濃度との偏相関係数, 重相関係数を表す。

関東A市

	E	PCC
1	300.599	0.761
2	100.109	0.356
3	116.597	0.304
4		
5	157.707	0.525
6	21.004	0.123
7	25.981	0.124
M = 216.183		
MCC=		0.836

中国C市

	E	PCC
1	65.470	0.433
2	21.793	0.154
3	18.898	0.123
4	29.079	0.232
5	37.845	0.230
6	48.526	0.309
7	51.524	0.271
M = 71.030		
MCC = 0.705		

表5.

(予測方法Ⅲ) 一般化された重回帰分析(数量化理論Ⅰ類)による予測

予測方法Ⅰでは、状態変量を定量的に、予測方法Ⅱでは、状態変量を定性的(カテゴリー)として与えてきたが、本予測においては、状態変量を定量的なもの、定性的なものに分類して予測を行うものとする。そこで大気汚染濃度に最も関係の深い交通量を定量的で、その他の状態変量を定性的なものとして一般化された重回帰分析(数量化理論Ⅰ類)を行う。交通量を X_1 、その他の変量を X_{2-n} として NO_x 汚染濃度を予測すると、

$$Y(t) = Q_1 X_1(t) + \sum_{i=2}^n X_{i2}(t) Q_{i2} + b_0$$

となる。上式を用いて予測方法Ⅰ, Ⅱと同様に予測を行う。

4 NO_x 濃度をカテゴリー化した場合の予測

前節においては、 NO_x 濃度を定量的に考え予測を行なってきたが、道路評価の観点から見ると NO_x 濃度を分類尺度として与えてよい可能性もある。すなわち m 個の説明変数の持つ情報に基づいて、 NO_x 濃度が、どの濃度範囲に属するかということである。分析方法としては、判別分析、数量化理論Ⅱ類を用いる。

結果は当日発表するものとする。

参考文献

奥谷巖 大気汚染の予測に関する基礎研究